ZESZYTY NAUKOWE
AKADEMII ROLNICZEJ im. H. KOŁŁĄTAJA
w KRAKOWIE
Rozprawa habilitacyjna nr 134

JANUSZ MICZYŃSKI

ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO W WARUNKACH GÓRSKICH

NA PRZYKŁADZIE WOJEWÓDZTWA NOWOSĄDECKIEGO

Praca wykonana
w Katedrze Meteorologii i Klimatologii
Pracę opiniowali:
doc. dr hab. Maria Horawska (Kraków)
prof. dr Zdzisław Czeppe (Kraków)

100 LAT
UNIWERSYTECKICH STUDIÓW ROLNICZYCH W POLSCE
KRAKÓW 1890 - 1990

KRAKÓW 1989

KIEROWNIK DZIAŁU WYDAWNICTW
Halina Jurkowska

REDAKTOR DZIAŁU
Jan Filipek

Wydano za zgodą Rektora AR
w Krakowie

Druk i oprawę wykonano w Zakładzie Graficznym Akademii Rolniczej w Krakowie. Nakład 125 egz. Ark. wyd. 6,0. Ark. druk. 7,4. Przyjęto do druku 1990-05-15. Druk i oprawę ukończono 1990-10-12.

Zam. ZGAR 128/125/90

SPIS TREŚCI

I. WSTĘP 5
1. Cel pracy 6
2. Przegląd wybranej literatury 7
3. Ogólna charakterystyka terenu badań 18
4. Metodyka badań i materiały 20
4.1. Metodyka 20
4.1.1. Pomiar ilości pyłu drobnego w powietrzu 20
4.1.2. Pomiar stężenia dwutlenku siarki w powietrzu ... 21
4.2. Materiały meteorologiczne i inne 21
4.3. Obliczenia, jednostki, normy 21
II. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W WOJEWÓDZTWIE NOWOSĄDECKIM 22
1. Interpretacja badań imisji przeprowadzonych w województwie nowosądeckim 24
2. Analiza próbek węgla pobranego z terenu badań 37
3. Przestrzenna zmienność stężeń zanieczyszczeń powietrza na terenie województwa nowosądeckiego 39
III. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W KOTLINIE SĄDECKIEJ 41
1. Rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń zanieczyszczeń powietrza na terenie Kotliny Sądeckiej 41
1.1. Rozkład stężeń pyłu drobnego 41
1.2. Rozkład stężeń dwutlenku siarki 43
2. Rozkład przestrzenny średnich sezonowych stężeń zanieczyszczeń powietrza 44
2.1. Rozkład stężeń pyłu drobnego 44
2.2. Rozkład stężeń dwutlenku siarki 44
3. Średnie miesięczne i roczne stężenia zanieczyszczeń powietrza na tle meteorologicznych warunków rozpraszania 44
3.1. Analiza zmienności mierzonych zanieczyszczeń na tle wiatru 60
3.2. Analiza zmienności mierzonych zanieczyszczeń na tle temperatury 61
3.3. Analiza zmienności mierzonych zanieczyszczeń na tle opadów atmosferycznych 62
3.4. Analiza zmienności mierzonych zanieczyszczeń na tle wilgotności powietrza 63

4. Tendencje przestrzennej zmienności średnich zanieczyszczeń w Kotlinie Sądeckiej 63
5. Próba interpretacji obrazów satelitarnych dla charakterystyki zanieczyszczeń powietrza w Kotlinie Sądeckiej .. 64
6. Podsumowanie 71

IV. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W MIEŚCIE NOWYM SĄCZU 74

1. Interpretacja badań przeprowadzonych w Nowym Sączu 74
2. Wpływ sytuacji synoptycznych na wartość stężeń mierzonych zanieczyszczeń 85
3. Badania statystyczne i sprawdzenie obliczeń w oparciu o materiał niezależny 88
4. Średnie dobowe stężenia zanieczyszczeń na tle sytuacji synoptycznych i możliwość ich prognozowania 103

V. WNIOSKI 105

1. Wnioski ogólne 105
2. Wnioski praktyczne 107

LITERATURA 108

I. W S T Ę P

Codziennie przybywa na świecie 200 000 ludzi, którym należy zapewnić schronienie. Uważa się, że jest to możliwe jedynie w aglomeracjach miejskich /?/. W Polsce zaludnienie miast wzrosło w ostatnim 10-leciu do 65 %. W Nowym Sączu przybywa rocznie około 3 tys. mieszkańców [168].

Skażenie środowiska gazami, pyłami, metalami ciężkimi i promieniowaniem elektromagnetycznym od dawna nęka populację ludzką. Szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczonego środowiska jest szczególnie widoczne na przestrzeniach silnie zurbanizowanych. Mimo intensywnych badań zakłóceń wprowadzanych do środowiska przyrodniczego przez żywiołowy rozwój różnorakiego przemysłu, nie określono dotychczas precyzyjnie jakości, ilości oraz czasu maksymalnej i minimalnej **ekshalacji** różnych związków i pierwiastków do atmosfery. Znajomość tych danych jest niezbędna, zwłaszcza w świetle najnowszych poglądów na temat roli mikroelementów w procesach biologicznych, zachodzących w organizmach roślin, zwierząt i ludzi [1-3, 211].

Spośród czynników działających korzystnie na środowisko miejskie, wyjątkowe znaczenie mają obszary pokryte roślinnością, które oprócz poprawy zdrowotności miast /produkcja tlenu, zatrzymywanie zanieczyszczeń powietrza, regulacja czynników klimatycznych/ sprzyjają regeneracji sił ludności.

Jednym z najważniejszych elementów regenerujących jest czyste powietrze.

Koncentracja lub rozpraszanie zanieczyszczeń w atmosferze uzależnione są głównie od warunków pogodowych, kształtowanych m. in. przez topografię i klimat. Na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym wpływają przede wszystkim:

turbulencja atmosfery i dyfuzja atmosferyczna,
pionowy gradient temperatury,
prędkość i kierunek wiatru,
grubość warstwy mieszania przyziemnej warstwy powietrza,
opady atmosferyczne,
zanik zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym oraz
czynniki topograficzne.

Istnieje silny związek pomiędzy stężeniem zanieczyszczeń powietrza a dyfuzją atmosferyczną i pionowym gradientem temperatury. Rozprzes-

trzenianie się zanieczyszczeń, ich konwersja i samooczyszczanie się atmosfery, poza początkową fazą dostawania się zanieczyszczeń do powietrza, odbywa się zgodnie z przebiegiem procesów atmosferycznych, w szczególności z wypadkową poziomych i pionowych ruchów powietrza oraz warunkami wilgotnościowymi. Im większa jest prędkość wiatru, tym większa objętość powietrza przepływa nad źródłami emisji zanieczyszczeń, zatem tym mniejsze ilości zanieczyszczeń dostają się do jednostki objętości w jednostce czasu. Średnie wielkości przepływu powietrza nad danym obszarem dobrze charakteryzuje współczynnik dyspersji [150, 152]. Najbardziej niekorzystnymi warunkami pogodowymi dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń są cisze atmosferyczne. W Nowym Sączu w wieloleciu 1956-1975, cisze w stosunku rocznym stanowiły 46 % częstotliwości wiatru /bywały lata o znacznie wyższym udziale ciszy/. Średnia roczna prędkość wiatru wynosiła w tym wieloleciu 1,8 m/s .Duży procent udziału cisz, mała prędkość wiatrów oraz specyficzna topograficznie lokalizacja Nowego Sącza w Kotlinie Sądeckiej, nie sprzyja rozpraszaniu zanieczyszczeń w atmosferze [108]. Podobnie niekorzystne warunki panują w wielu regionach woj. nowosądeckiego.

1. Cel pracy

Celem pracy jest określenie stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego pyłem drobnym i SO_2 w makroskali, tj. w woj. nowosądeckim oraz w mezoskali, tzn. w Nowym Sączu. Szczególną uwagę zwrócono na miasto Nowy Sącz oraz otaczający je obszar czyli Kotlinę Sądecką. Próbowano też poznać wpływ wybranych elementów meteorologicznych na zanieczyszczenie powietrza w rejonie Nowego Sącza.

Celem pracy była również próba opracowania modelu równania przedstawiającego związek statystyczny stopnia natężenia zanieczyszczeń powietrza z niektórymi elementami pogody. Przy stałej emisji równanie takie może dawać podstawy do prognozowania stężenia pyłu drobnego i SO_2 na podstawie prognozy pogody dla miasta Nowego Sącza. Opracowanie jednorodnej mapy rozkładu zanieczyszczeń powietrza na terenie woj. nowosądeckiego oraz Kotliny Sądeckiej będzie posiadać znaczenie przy planowaniu zagospodarowania przestrzennego regionu sądeckiego umożliwi właściwą rejonizację rozbudowy bazy komunalnej i przemysłowej przy zachowaniu walorów turystyczno-rekreacyjnych. Znajomość związku zanieczyszczeń z czynnikami meteorologicznymi ma ważny aspekt praktyczny. Może być pomocna przy przewidywaniu wysokich, niebezpiecznych stężeń zanieczyszczeń powietrza w Nowym Sączu.

2. Przegląd wybranej literatury

Teren woj. nowosądeckiego spełnia wielorakie funkcje społeczne, a w dużym stopniu rekreacyjno-turystyczne. Dzięki atrakcyjnemu położeniu wiele miejscowości stanowi cel wycieczek turystycznych i miejsce spędzania urlopów wypoczynkowych. Umożliwiają one regenerację sił.

Oprócz czynników higrotermicznych i insolacyjnych, na czołowym miejscu znajduje się stężenie zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym; są to bowiem podstawowe czynniki warunkujące prawidłowy wypoczynek, turystykę i rekreację na wolnym powietrzu. Niestety, w wielu miejscowościach, występujące wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza poważnie pogarszają miejscowe warunki higieniczne powietrza.

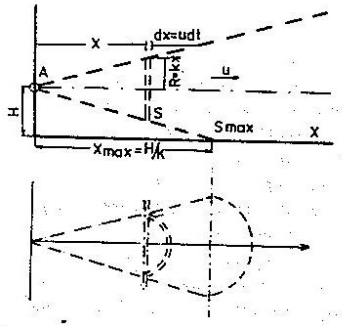
Stężenie zanieczyszczeń powietrza czyli wielkość masy zanieczyszczeń do objętości powietrza uzależnione jest od czynników meteorologicznych i topograficznych. Podczas stabilnego stanu powietrza o jednorodnej temperaturze rozpraszania zanieczyszczenia gazowego jest wynikiem ruchu cieplnego molekuł czyli dyfuzją molekularną [54].

Praktycznie przy rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym dyfuzja molekularna ma wpływ bardzo mały w porównaniu do udziału wiatru i udziału dyfuzji turbulencyjnej. Powietrze bowiem praktycznie jest w ciągłym ruchu pulsacyjnym. Jest to turbulencja atmosfery. Ruch ten powstaje wskutek mechanicznego tarcia powietrza o podłoże, dynamicznych zmian prędkości wiatru z wysokością oraz w wyniku sił termicznych hydrostatycznego wyporu na skutek różnic gęstości powietrza [54]. Istnieje ścisły związek pomiędzy dyfuzją atmosferyczną a stężeniami zanieczyszczeń powietrza. Przedstawia to uproszczony model rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z umieszczonego w p. A na wysokości H nad poziomem morza punktowego źródła. Zanieczyszczenia poruszają się wraz z powietrzem z prędkością u w kierunku osi X. Zakłada się też, że promień smugi R jest proporcjonalny do odległości x od źródła emisji R = kx /ryc. 1/. k jest więc pewną miarą dyfuzji atmosferycznej, w kierunkach poprzecznych do x. Przyjmując, że całość zanieczyszczeń zawarta jest w stożku obrotowym o wysokości x i promieniu kx, to stężenie w odległości x wyniesie:

$$s = \frac{dE}{dV} = \frac{Edt}{\pi k^2 x^2 u dt} = \frac{0{,}318\ E}{k^2 x^2 u}$$

zaś maksymalne stężenie na powierzchni ziemi występuje dla kx = H i wynosi:

$$s_{max} = \frac{0{,}318\ E}{uH^2}$$



A punktowe źródło
H wys. nad poziom ziemi
u prędkość
x oś
Smax max stężenie
dE masa zanieczyszczenia w objetości dV stożka ściętego o wysokosci: dx=udt i promieniu kx

Ryc. 1. Uproszczony model rozprzestrzeniania się zanieczyszczenia emitowanego z punktowego źródła emisji /wg Chrościela/

Fig. 1. Simplified model of the expansion of pollution emitted from a spot-source of emission /according to Chróściel/

zasięg oddziaływania źródła emisji x_z dla której $s/s_{max} = 0,05$

$$x_z = \frac{H}{k\sqrt{0,05}} = \frac{4,46\ H}{k} \qquad [54]$$

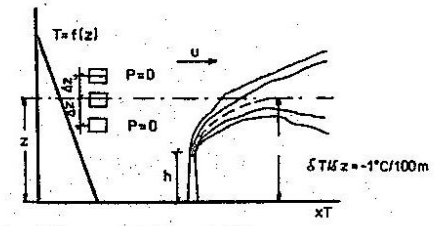
Pionowy gradient temperatury jest obok pionowego gradientu wiatru głównym mechanizmem rozpraszania lub kumulacji zanieczyszczeń.

Stan równowagi powietrza w pionie oceniany jest na podstawie wartości faktycznego gradientu i jego stosunku do gradientu adiabatycznego.

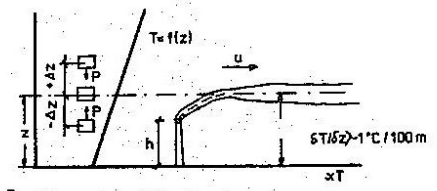
Zachowanie się elementu objętości powietrza i smugi dymu podczas równowagi atmosfery, stałej i chwiejnej przedstawiają ryciny 2 a, b, c.

Energia słoneczna dochodzi do powierzchni ziemi w formie różnego rodzaju promieniowania ulegając zmianie w przyziemnej warstwie atmosfery w zależności od rzeźby i ukształtowania terenu, charakteru podłoża, zanieczyszczeń powietrza oraz stanu pogody. Na skutek oddziaływania tej energii w przyziemnej warstwie powietrza występują wahania temperatury w kierunku pionowym, wywołując w warstwie przyziemnej ruchy turbulencyjne a wyżej prądy konwekcyjne.

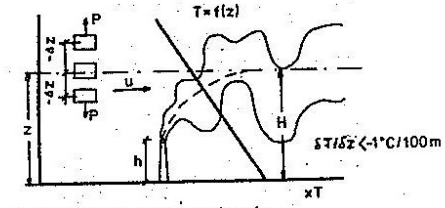
Z punktu widzenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza niezmiernie ważne są ruchy powietrza poziome i pionowe. Rzadsze od poziomych ruchów są prądy wstępujące w atmosferze /konwekcyjne/, one



A. Równowaga obojętna atmosfery



B. Równowaga stała atmosfery



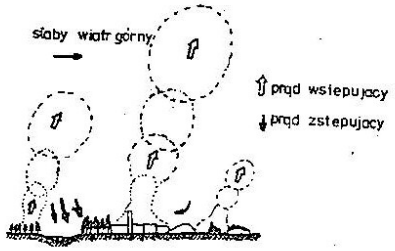
C. Równowaga chwiejna atmosfery

Ryc. 2. Zachowanie się elementu objętości powietrza i smugi dymu przy różnej równowadze atmosfery /wg Chrościela/

Fig. 2. Behaviour of the element of air volume and streak of smoke at different atmosphere balance /according to Chróściel/

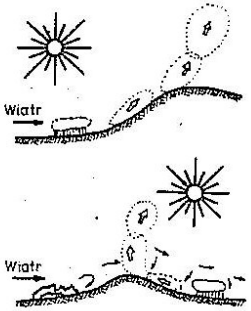
bowiem wynoszą **zanieczyszczenia**, a na ich miejsce napływa świeże powietrze z otoczenia.

Obszary zabudowane o podłożu betonowo asfaltowym nagrzewają się znacznie szybciej niż o podłożu naturalnym /lasy, pola itp./. Wtedy prąd wstępujący formuje się nad obszarem silniej nagrzanym /ryc. 3/.



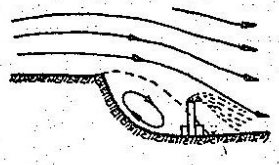
Ryc. 3. Tworzenie się "bąbli" cieplejszego powietrza nad terenami silniej nagrzewającymi się /wg Teicha/
Fig. 3. Formation of "bubbles" of warmer air over territories which get warmer more intensively /according to Teich/

Dynamiczne podnoszenie się powietrza do góry przy natarciu wiatru na przeszkodę przedstawia ryc. 4.

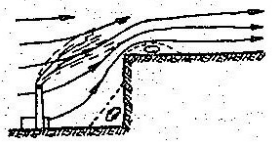


Ryc. 4. Prądy pionowe natury dynamicznej powstające wskutek wzniesienia terenu /wg Teicha/
Fig. 4. Vertical currents of dynamic nature formed as a result of the elevation of the area /according to Teich/

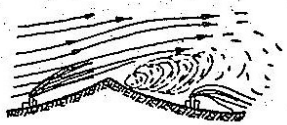
Podczas przechodzenia smugi gazowej przez przeszkodę o ostrych krawędziach tworzą się różne sfery zawirowań. Oddziaływanie skarpy i wzgórza na rozprzestrzenianie się smugi dymu przedstawiają ryciny 5, 6, 7.



Ryc. 5. Wpływ skarpy nawietrznej /wg Chróściela/
Fig. 5. Influence of the windward slope /according to Chróściel/

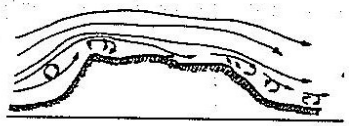


Ryc. 6. Wpływ skarpy zawietrznej /wg Chróściela/
Fig. 6. Influence of the leeward slope /according to Chróściel/



Ryc. 7. Wpływ wzgórza /wg Chróściela/
Fig. 7. Influence of the slope /according to Chróściel/

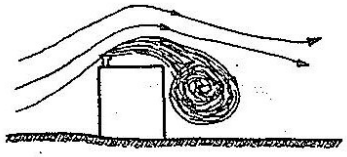
Rycina 8 przedstawia tworzenie się wirów powietrznych na krawędziach stromych stoków.



Ryc. 8. Tworzenie się wirów powietrznych na krawędziach stromych stoków /wg Teicha/

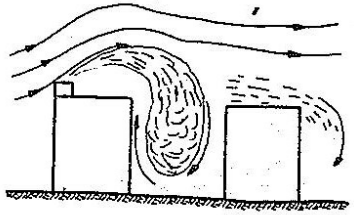
Fig. 8. Formation of air whirls on edges of steep slopes /according to Teich/

Innym przykładem są zawirowania powstające podczas wydobywania się spalin z komina wbudowanego w blok mieszkalny w terenie otwartym /ryc. 9/ oraz w terenie zabudowanym /ryc. 10/.



Ryc. 9. Rozprzestrzenianie spalin z komina kotłowni wbudowanej w blok mieszkalny w terenie otwartym /wg Jagusiewicza/

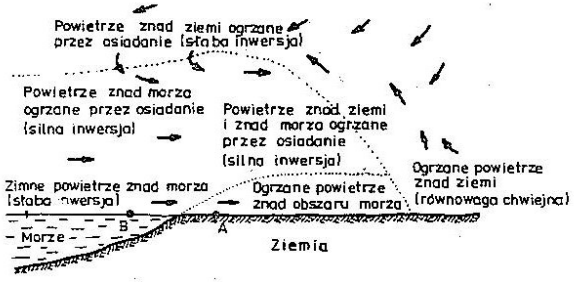
Fig. 9. Expansion of combustion gas a boiler-house chimney encased in a block of flats on the open area /according to Jagusiewicz/



Ryc. 10. Rozprzestrzenianie spalin z komina kotłowni wbudowanego w blok mieszkalny w terenie zabudowanym /wg Jagusiewicza/

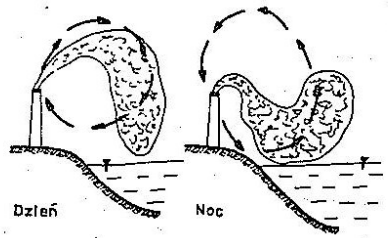
Fig. 10. Expansion of combustion gas from a boiler-house chimney built in a block of flats in the area of buildings /according to Jagusiewicz/

Skomplikowana sytuacja cyrkulacji powietrza powstaje w otoczeniu dużego zbiornika wodnego. Cyrkulację taką przedstawiają ryciny 11 i 12.



Ryc. 11. Cyrkulacja powietrza na brzegu dużego zbiornika wodnego /wg Chróściela/

Fig. 11. Air circulation on the bank of a big water reservoir /according to Chróściel/



Ryc. 12. Rozprzestrzenianie spalin z komina elektrowni usytuowanego nad brzegami dużego zbiornika wodnego /wg Jagusiewicza/

Fig. 12. Expansion of combustion gas from a power station chimney situated on the banks of a big water reservoir /according to Jagusiewicz/

W małej skali nawet grupy drzew, nierówności terenu czy zabudowa mają istotny wpływ na lokalny rozkład zanieczyszczeń powietrza. Oprócz topografii duże znaczenie ma wspomniana wcześniej termika. Rycina 13 przedstawia ruch powietrza w dolinie w zależności od nasłonecznienia

zbocza. Zbocze A w cieniu /opadanie powietrza/, zbocze B w słońcu /wznoszenie/.



Ryc. 13. Schemat powstawania cyrkulacji powietrza w dolinie /wg Chróściela/
Fig. 13. A diagram of the formation of air circulation in a valley /according to Chróściel/

Wielkość energii i charakter promieniowania słonecznego ulega stałej zmianie w obrębie warstwy przyziemnej atmosfery. Dla klimatu miejscowego szczególne znaczenie ma promieniowanie bezpośrednie. Miasto jakby kamienna pustynia nagrzewa się silniej niż zielone tereny przyległe. Często wskutek wytwarzania się różnic termiczno-dynamicznych nad miastem wytwarza się depresja ciśnienia atmosferycznego, która powoduje napływ powietrza do miasta [85]. Wytwarzane przez miasto zanieczyszczenia wraz z zalegającym powietrzem stagnują lub przesuwają się w kierunkach poziomych i pionowych. Kierunek i wielkość tych przemieszczeń zależy od wielu czynników, z których wielkość operacji promieni słonecznych jak też topografia terenu posiadają dominującą rolę.

Zatem przy stałej emisji gromadzenie się lub rozpraszanie zanieczyszczeń w atmosferze uzależnione jest w ogromnym stopniu od warunków meteorologicznych, które modyfikuje topografia terenu, pora roku i dnia itp. Jako wiodące meteorologiczne warunki rozpraszania uważa się uwarstwienie termiczne, miąższość warstwy mieszania i pionowy profil wiatru [55]. Mieszanie to zachodzi tym intensywniej, im większy jest pionowy gradient temperatury. O rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń decydują też prędkość i kierunek wiatru, opady atmosferyczne oraz przemiany zanieczyszczeń w atmosferze [171]. Duża ilość dni mglistych oraz duży procent cisz i słabych wiatrów tworzą ponadto sprzyjające warunki dla powstawania mgły inwersyjnej, prowadzą do wzrostu stężenia i zalegania zanieczyszczeń [12, 59].

Schmidt i Velds [175] oraz Dop i Kruizing [25] wnioskowali, iż zmiany w stężeniu SO_2 zimą mogą być prawie w zupełności przypisane czynnikom meteorologicznym, przy mniej więcej stałej emisji. Badacze ci uwzględniali prędkość wiatru

w m/s, temp. w °C i wysokość warstwy mieszania w m. Brali pod uwagę wielkość opadów w mm, lecz doszli do wniosku, że wpływy te są bardzo małe. Pominęli też kierunki wiatru. Wysokość warstwy mieszania uzyskali z sondowania warstwy kilkusetmetrowej miąższości. Opracowali również końcowe równanie [25]:

$$S_c = 6{,}32\ A$$ gdzie:

S_c - stężenie SO_2
A - indeks opisujący warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń

$$A = C_1 \cdot \Delta t + C_2 \cdot /LV/^{-1}$$

Δt - różnica temperatur z sondowania do 500 m
L - maksymalna wysokość warstwy mieszania, wyznaczona sondowaniem przy maksymalnej temperaturze /L = 600 m/
V - przeciętna prędkość wiatru
$C_{1,2}$ - współczynniki

Kanuo i wsp. [59] badali koncentrację SO_2 w przemysłowej części Japonii - Keihanie. Stosując metodę West Gaeke'a stwierdzili sezonowość stężeń w okresie doby, miesiąca i pory roku. Badane zanieczyszczenia rozpatrywali na tle niektórych czynników meteorologicznych. Stwierdzili usuwanie SO_2 z powietrza przez opady deszczu. Duży wpływ na SO_2 miał też kierunek i prędkość wiatru.

Peterson [158, 159] korelował SO_2 w St. Louis z temperaturą powietrza, wysokością opadów, stabilnością atmosfery, wiatrem przypowierzchniowym, kierunkiem wiatru, współczynnikiem wentylacji. Wiele z danych branych przez Petersona nie jest zazwyczaj mierzona przez standardowe stacje synoptyczne i klimatologiczne. Padmanabhamurty [145] oparł się o dane standardowe z Toronto. Uwzględnił on średnią temperaturę powietrza /prędkość i kierunki wiatru/ i temperaturę punktu rosy. Na podstawie wielokrotnych współkorelacji uporządkował on elementy meteorologiczne mogące wpływać na stężenie SO_2 według następującej kolejności: 1 - kierunek wiatru, 2 - prędkość wiatru, 3 - temperaturę punktu rosy. Jego analizy regresji wykazały, iż kierunek wiatru oraz jego prędkość były dominującymi czynnikami we wzajemnej relacji pomiędzy zanieczyszczeniami powietrza i czynnikami meteorologicznymi. Lut [88] przypisywał duże znaczenie w rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń powietrza prędkości i kierunkowi wiatru.

Podejmowano również próby określania cykli zmian koncentracji. Średnie tygodniowe zmiany koncentracji SO_2 charakteryzowały się minimum w końcu i na początku tygodnia, a roczne zmiany koncentracji SO_2

opisano letnim minimum i zimowym maksimum.

Grenberg i wsp. [36] stwierdzili, iż zimowe koncentracje zanieczyszczeń są 4–6 razy wyższe od letnich. W najgorszym położeniu znajdowały się stare, zabudowane przemysłowo miasta, gdzie było wysokie stężenie pyłu i SO_2 [43]. W dużych miastach wydziela się regiony zagrożenia powodowane zanieczyszczeniami powietrza, np. w Weronie o 3 gradacjach stężenia: 100–300–700 i powyżej 700 $\mu g/m^3$ przy prędkościach wiatru 0,5; 1,0 i 3,0 m/s. Takie zróżnicowanie dało podstawę do wyznaczenia najbardziej zagrożonych terenów [157]. Oddziaływanie terenów miejskich na czynniki klimatu w regionie krakowskim szeroko podejmuje Lewińska [84, 85], omawiając również warunki termiczno-dynamiczne podłoża i dolnej troposfery [80–83]. Morawska-Horawska [49, 117–125] przeprowadziła rozległe badania dolnej części troposfery i procesów meteorologicznych zachodzących w tej warstwie, mających wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza. Na podstawie szerokich badań profilu pionowego wyróżniła m.in. warstwy inwersyjne, ich ogromną hamującą rolę w procesie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. Opracowała pierwszą dla Krakowa metodę przewidywania zagrożenia atmosfery.

Problematykę wpływu czynników klimatycznych na kształtowanie się zanieczyszczeń powietrza podejmował Parczewski [149–155] oraz wielu innych autorów [5, 11, 14, 16, 33, 37, 46, 55,63, 70, 86, 90, 101, 102, 133, 134, 171, 173, 177, 182, 190, 193, 195, 206, 210].

Inne prace poruszają wielostronne związki zanieczyszczeń powietrza ze środowiskiem przyrodniczym [9, 50, 53, 68, 89, 177, 178, 185, 203].

Opracowanie Grodzińskiego i wsp. [39] obejmuje szeroko podjęte obiegi i bilansowania zanieczyszczeń w środowisku przyrodniczym. Kuźniar [75–77] badał wpływ zanieczyszczeń powietrza na lasy. Czeppe i wsp. [22–23] badali zagrożenie obszarów górskich. W ostatnich latach Walczewski [206–209] rozwinął obszerne badania smug i warstw pyłowych, przy pomocy akustycznego sondażu atmosfery. Metody te umożliwiły ciągły zapis stanów równowagi atmosfery, wykrywanie warstw inwersyjnych, intensywności konwekcji. Zagadnienie ogólnego sterowania ochroną powietrza było podjęte przez wielu autorów [52, 55, 57, 60, 61, 73].

Warunki topoklimatyczne w makro-, a szczególnie w mikroskali terenu, mają ogromny wpływ na kształtowanie się systemu sytuacji aerosanitarnej. O złożoności tego problemu traktuje obszerna praca Judy i Chruściela [54].

Ocena wpływu topoklimatu w skali kotliny, doliny czy też miasteczka może dać wiele informacji odnośnie ewentualnych koncentracji zanieczyszczeń powietrza w tym regionie. Warunki klimatyczne zostały dla wielu regionów woj. nowosądeckiego rozpoznane. Klimat Rabki-Zdroju opisał Trybowski [197–201] oraz inni autorzy [17,129, 131, 156, 160, 161, 194]. Opracowany został również klimat Krynicy-Zdroju [7, 8, 10, 18, 19, 38, 179, 180] i Doliny Popradu, tj. Muszyny Zdroju, Żegiestowa-Zdroju, Piwnicznej Zdroju i Starego Sącza [58,78,94,95,114]. Szczególnie dużo prac poświęconych było charakterystyce klimatycznej Podhala [6, 20, 21, 30, 38, 40–42, 45,47,51,58, 62, 64, 65, 79, 104–107, 127, 141–144, 149, 161, 166, 172, 183, 187, 188, 214–216]. Opisano klimat Beskidu Niskiego [35, 48, 126, 136, 145, 147, 186, 205] i Kotliny Sądeckiej [10, 34, 69, 91, 92–94, 96, 146]. W wielu publikacjach poruszono problem szerokiego lecznictwa bioklimatycznego w uzdrowiskach, których duża część znajduje się w woj. nowosądeckim [13, 44, 71, 72, 189, 202, 204].

Jedyne okresowe badania czynników meteorologicznych warstwy mieszania w Kotlinie Sądeckiej przeprowadzone zostały balonem na uwięzi [87]. Pomiary te potwierdziły znany fakt, że na ogół w sytuacjach antycyklonalnych poranne inwersje są wyższe i struktura warstwy granicznej bardziej złożona, a w terminach południowych występują wyższe wysokości warstwy mieszania [87]. Na uwagę zasługuje specyficzna struktura warstwy przyziemnej do wysokości około 200 m, jaką można zauważyć zarówno w terminach porannych, jak i południowych. W terminach porannych występuje na ogół bardzo płytka inwersja przyziemna do wysokości 25–50 m, a powyżej na ogół do wysokości 100–200 m występują izotermie lub warstwy obwiejne. Dopiero powyżej kształtuje się właściwa nocna warstwa inwersyjna, czasami również o złożonej strukturze, sięgająca kilkuset metrów [87]. Pomiary te były jednak wykonane w określonych warunkach pogodowych, charakteryzujących się małym gradientem ciśnienia /słabe wiatry/ i przeważnie pogodą o małym zachmurzeniu /brak opadu i mgły/, z reguły sytuacją wyżową.

Problematyka badawcza zanieczyszczeń powietrza w woj.nowosądeckim była podejmowana tylko przez nielicznych autorów [24, 82, 103, 138, 174, 195]. Kilkanaście prac na ten temat wykonał autor przedstawionej rozprawy [108–116].

Służby kontrolne i sanitarne Nowego Sącza wykonały w omawianym czasie szereg pomiarów w województwie [97–100, 212]. Niektóre, niepublikowane opracowania dały informacje o stanie środowiska wokół większych zakładów względnie ich emitorów, głównie w Kotlinie Sądeckiej [66, 74, 137, 164, 184, 191, 192]. Obliczono też bilans emisji zanieczyszczeń w oparciu o obliczenia teoretyczne emisji w Kotlinie

Sądeckiej w formie ekspertyz, względnie innych opracowań [4,135,140, 163, 165]. Inne również niepublikowane źródła podejmują próbę teoretycznego opracowania prognoz i trendów perspektywicznych stężeń zanieczyszczeń, m. in. na podstawie ilości spalonych paliw w Nowym Sączu [139]. Nie stanowiły one jednak materiału jednorodnego. Pomiary nieraz wykonywane były w zbyt krótkich ciągach, przez różne laboratoria i różnymi metodami. Dopiero w ostatnich latach zorganizowane zostały bardziej systematyczne i jednorodne pomiary przez służby sanitarno-kontrolne woj. nowosądeckiego. Biorąc pod uwagę powyższe fakty, oparto się wyłącznie o własne pomiary imisji. Jedynie dla sprawdzenia obliczonych zależności, posłużono się materiałem niezależnym, tj. odniesiono się do danych z Wojewódzkiej Stacji Sanitarno Epidemiologicznej.

3. Ogólna charakterystyka terenu badań

Z fizyczno-geograficznego punktu widzenia obszar ten należy do:
Strefy Alpejskiej,

Prowincji: Karpaty
Podprowincji: Karpaty Zachodnie
Makroregionu: Karpaty Zewnętrzne
Mezoregionu: Beskidy
Regionu: Beskid Sądecki [32].

Kotlina Sądecka wytworzyła się na granicy gór i pogórza u spływu Dunajca, Popradu i Kamienicy - posiada jakoby zarys trójkąta o podstawie równoleżnikowej, wydłużonego południkowo. Jej płaskie, starasowane dno opada od 310 do 270 m npm. Obejmuje 80 km^2 powierzchni. Ogólne warunki klimatyczne i glebowe ma korzystne. Średnia roczna temperatura w Nowym Sączu wynosi 7,5°C, średnia temperatura stycznia -3,3°C, lipca 18,2°C, amplituda roczna 21,5°C. Klimat Kotliny cechuje występowanie w zimie częstych inwersji temperatury oraz zjawisko wiatrów fenowych, zdarzających się w ciągu całego roku. Średnia suma opadów w Nowym Sączu wynosi 726 mm [67]. Obecny kształt zawdzięcza erozyjnej działalności trzech rzek: Dunajca, Popradu i Kamienicy. W północno wschodniej części Kotliny w widłach ww. rzek leży 70-tysięczne miasto Nowy Sącz - stolica województwa [168, 176].

Całe woj. nowosądeckie posiada powierzchnię 5576 km^2, 14 miast, 635 tys. ludności. W województwie jest 7 dużych zakładów uciążliwych. Z tego 6 posiada urządzenia do redukcji zanieczyszczeń pyłowych. Roczna emisja pyłów ogółem w województwie wynosi 4 tys. t /z tego popioły

lotne 3 tys. t/, zaś gazów ogółem /bez CO_2/ 10 tys. t /w tym SO_2 stanowił 5 tys. t, a CO 1 tys. t/. Zanieczyszczenia zatrzymane rocznie w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń pyłowych wynosiły 18 tys. t /tj. 80,2 % zanieczyszczeń wytworzonych, natomiast zanieczyszczeń gazowych zatrzymano około 0,1 tys. t /3,2 % zanieczyszczeń wytworzonych/ [168].

Zlokalizowane na terenie Nowego Sącza zakłady przemysłowe i przetwórnie są znacznym "producentem" wszelkich zanieczyszczeń powietrza Kotliny Sądeckiej. Nowy Sącz choć nie jest ośrodkiem przemysłowym, skupia na swym terenie 5 dużych i około 100 małych obiektów przemysłowych emitujących do atmosfery substancje szkodliwe. Ponadto na tym terenie występuje kilka tysięcy indywidualnych emitorów.

Na terenie Kotliny Sądeckiej dominuje przemysł lekki, działa tu około 40 różnych Spółdzielni Pracy. Do większych zakładów przemysłu lekkiego należą Sądeckie Zakłady Przemysłu Owocowo-Warzywnego, Nowosądeckie Przedsiębiorstwo Ceramiki Budowlanej, Nowosądecki Kombinat Budowlany. Przemysł ciężki reprezentują Sądeckie Zakłady Elektro-Węglowe i Nowosądecka Fabryka Urządzeń Górniczych "Nowomag". Ponadto do uciążliwych dla powietrza atmosferycznego zakładów należy zaliczyć Sądeckie Zakłady Napraw Samochodów, Zakłady Naprawcze Taboru Kolejowego i Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej, Rejon Dróg Publicznych, kotłownie miejskie. Znajduje się tu również około 200 szklarni prywatnych.

Z innych miejscowości województwa do najbardziej uprzemysłowionych należą Gorlice i w mniejszym stopniu Nowy Targ.

Te skupiska miejskie mają bardzo zróżnicowaną emisję, od znacznej przemysłowej po emisję wyłącznie z domów mieszkalnych. Skupiska te posiadają z racji różnej lokalizacji również diametralnie różne warunki topoklimatyczne.

Najlepsza lokalizacja miasta to grzbiet górski, to szczególnie dobre warunki dla letnisk, osiedli turystycznych, rekreacyjnych. Tak położona jest tylko Bukowina Tatrzańska i część uzdrowiskowa Rabki. Ta część Rabki położona na niezbyt wysokim grzbiecie wododziałowym wznoszącym się ponad dolinę rzeki Raby, ma z punktu widzenia klimatycznego i aerosanitarnego znacznie lepszą lokalizację od pozostałej części Rabki. Grybów, Limanowa i Szczawnica Zdrój zlokalizowane są na wyniesieniu terenowym. Miasta te mają ogólnie biorąc właściwą z punktu widzenia klimatu miejscowego lokalizację, choć mają różne warunki lokalne jak ekspozycja, wysokość, zalesienie itp. Wiele miejscowości, a nawet uzdrowisk zlokalizowanych jest na najgorszych klimatycznie terenach. Taką najmniej zdrową lokalizację ma część Krynicy i

Szczawnicy. Miejscowości te zlokalizowane są w przeważającej części na dnie doliny lub w pobliżu jej dna. W takich warunkach topograficznych występują inwersje temperatury, które hamują wentylację doliny, sytuację tę poprawiają wiatry dolinne i górskie, które sprzyjają wentylacji. Na samym dnie takiej doliny położone są: Zakopane, Nowy Targ i Nowy Sącz. W chłodne i mroźne noce spływa tutaj zimne powietrze na dno kotlin. Wyjątkowym terenem jest tu Kotlina Podhalańska - gdzie obszar spływu chłodnego powietrza jest niewspółmiernie duży w porównaniu z gardłem wypływu. Występują tu bardzo niekorzystne warunki, tj. najniższa i najdłużej utrzymująca się niska temperatura. Szczególnie uwypukla się to w okresie zimy - przy słabych wiatrach lub ciszy i braku insolacji. Wtedy powietrze zimne nie może ani wypłynąć z kotliny, ani nagrzać się dostatecznie od podłoża.

Złe warunki klimatyczne, wynikające z lokalizacji w dolinie rzeki Dunajec, ma miasto Nowy Sącz, które ma jednak stosunkowo lepszą lokalizację od Nowego Targu i Zakopanego, gdyż jest zlokalizowane na tarasie wzniesionym nad dno kotliny.

4. Metodyka badań i materiały

4.1. Metodyka

Wszystkie pomiary zostały wykonane przy pomocy przyrządów AKZA1 przystosowanych do pobierania średnich dobowych /24-godzinnych/ próbek powietrza. Przyrządami tymi pobierano próbki zanieczyszczonego powietrza atmosferycznego, które przepływało kolejno przez sondę, filtr bibułowy, rotametr, płuczkę, łapacz kropli, gazomierz i pompkę. Pył zawarty w próbce powietrza atmosferycznego zostawał zatrzymywany przez filtr bibułowy, natomiast SO_2 w płuczce wypełnionej płynem pochłaniającym. Oznaczenia stężeń zanieczyszczeń w jednostce normy na jednostkę objętości /$\mu g/m^3$/ dokonywano w laboratorium Katedry Meteorologii i Klimatologii Rolniczej AR w Krakowie. W wyniku weryfikacji materiału badawczego wyeliminowano wyniki obarczone błędem analitycznym oraz przypadki awaryjne.

4.1.1. Pomiar ilości pyłu drobnego w powietrzu

Pomiar ten wykonany został przy zastosowaniu do przyrządu filtracyjnej bibuły angielskiej "Whatman 1". Osadzony na bibule pył oznaczony był metodą reflektometryczną, polegającą na pomiarze stopnia zaczernienia materiału filtracyjnego. Pomiar zaczernienia wykonano przy pomocy reflektometru typu RM-1. Dokładność tej metodyki wynosi 1,5 $\mu g/m^3$.

4.1.2. Pomiar stężenia dwutlenku siarki w powietrzu

Pomiar SO_2 wykonany był metodą West-Gaeke'a [162]. SO_2 tworzył z czterochlororteęcianem sodowym trwały, nie ulegający rozkładowi dwuchlorosiarczyn ortęcian sodowy, który pod działaniem mieszaniny roztworu chlorowodorku p-rozaniliny w kwasie solnym oraz formaldehydu dawał zabarwienie czerwono-fioletowe. Intensywność powstałego zabarwienia była proporcjonalna do zawartości SO_2 w próbce. Dokładność tej metody wynosi 1,5 $\mu g/m^3$.

4.2. Materiały meteorologiczne i inne

Wszystkie uwzględnione w opracowaniu elementy meteorologiczne pochodzą z materiałów IMGW oraz publikacji autorów wykazanych w spisie literatury. Materiały dotyczące emisji pochodzą z Urzędu Wojewódzkiego w Nowym Sączu.

4.3. Obliczenia, jednostki, normy

Wszystkie obliczenia wyników wykonane zostały w Uczelnianym Ośrodku Elektronicznej Techniki Obliczeniowej na maszynie Cyber 72. Przeliczenia wyników dokonano na ogólnie stosowane jednostki, to jest:

1. ilość pyłu drobnego w powietrzu została podana w $\mu g/m^3$
2. Stężenie SO_2 podane zostało w $\mu g/m^3$
3. Pomiary i obserwacje meteorologiczne przeliczono na przyjęte jednostki /średnie/.

Klasyfikacja poziomu czystości powietrza została sporządzona w oparciu o normy [29] dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń.

Cały teren badań należy do obszarów chronionych, dla których obowiązują następujące normy dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń:

pył drobny ogółem		
średnie dobowe 150 $\mu g/m^3$	/od 12.02.1990 r.	120 $\mu g/m^3$ [217]/
średnie roczne 22 $\mu g/m^3$	/od 12.02.1990 r.	50 $\mu g/m^3$ [217]/
dwutlenek siarki		
średnie dobowe 350 $\mu g/m^3$	/od 12.02.1990 r.	200 $\mu g/m^3$ [217]/
średnie roczne 64 $\mu g/m^3$	/od 12.02.1990 r.	32 $\mu g/m^3$ [217]/

Z uwagi na specyfikę regionu sądeckiego oraz stosunkowo wysokie dopuszczalne normy krajowe w odniesieniu do norm obowiązujących w

innych państwach, w opracowaniu oparto się również o dopuszczalne normy japońskie, kształtujące się następująco: pył drobny ogółem - średnie dobowe 100 $\mu g/m^3$, dwutlenek siarki - średnie dobowe 100 $\mu g/m^3$.

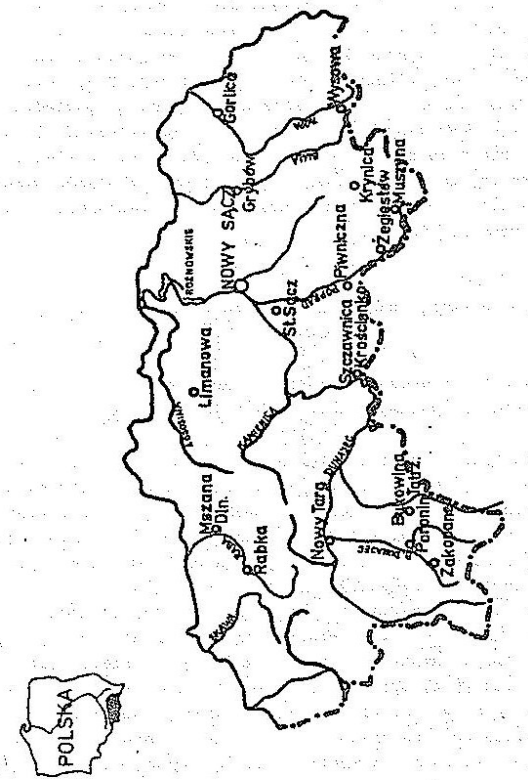
II. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ
ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W WOJ. NOWOSĄDECKIM

Posługując się aparaturą i metodyką opisaną w rozdz. I.4. w okresie 1977-1982 przeprowadzono pomiary imisji zanieczyszczeń powietrza w 17 wybranych miejscowościach. Badania zostały wykonane w uzdrowiskach oraz w największych skupiskach miejsko-przemysłowych woj. nowosądeckiego. Ze względu na ograniczenia techniczne i organizacyjne /powierzchnia województwa liczy 5576 km^2/ pomiary przeprowadzono według następującego harmonogramu:

1977 - badania w Nowym Sączu, Starym Sączu, Piwnicznej, Żegiestowie, Muszynie, Krynicy na stanowiskach pomiarowych I i II.
1978 - badania w Nowym Sączu, Limanowej, Mszanie Dolnej, Raboe na stanowiskach pomiarowych I, II, III.
1979 - badania w Nowym Sączu, Zakopanem, Poroninie, Bukowinie Tatrzańskiej, Nowym Targu.
1980 - badania w Nowym Sączu, Grybowie, Gorlicach, Wysowej.
1981/82 - badania w Nowym Sączu i Kotlinie Sądeckiej na stanowiskach pomiarowych I-VIII /ryc. 14, 24/.

Ze względu na czteroletni rozrzut czasowy badań wykonanych na terenie woj. nowosądeckiego, przeprowadzona została analiza wariancji, test "F"-Fischera-Snedecora. Miał on na celu określenie różnic pomiędzy wynikami pomiarów przeprowadzonych w poszczególnych latach badań. Test ten przeprowadzony został dla stanowiska reperowego zlokalizowanego w Nowym Sączu, gdzie w latach 1977-1980 dysponowano pełnym zestawem danych odnośnie elementów pogody jak i zanieczyszczeń powietrza. Do analizy wariancji wprowadzono w poszczególnych latach następujące średnie dobowe wartości $\bar{x}$: SP, SS, Tmin, H, V, f. Analizę wariancji wykonano testując metodą każdy rok okresu 1977-1980 z każdym kolejnym rokiem.

Testowano następującą hipotezę H_o: $u_1 = u_2$, gdy obliczone było większe od wartości odczytanej z tablic dla danej liczby stopni swobody odrzucono hipotezę H_o, gdy natomiast obliczone były mniejsze lub równe wartości odczytanej z tablic dla danej liczby stopni swobody nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Z analizy wariancji wynika, iż w przypadku zanieczyszczeń powietrza /SP i SS/, w kolejnych



Ryc. 14. Rozmieszczenie posterunków pomiarowych na terenie województwa nowosądeckiego
Fig. 14. Distribution of measuring posts in Nowy Sącz voivodship

latach nie ma istotnych różnic. Pewne statystycznie istotne różnice wystąpiły przy testowaniu średniej dobowej temperatury powietrza, mało statystycznie istotnych różnic zanotowano przy testowaniu średniej dobowej temperatury minimalnej. Pomiędzy opadami z lat 1977-1980 nie stwierdzono istotnych różnic. Zmienność wiatru występowała w tak dużych rozmiarach, iż nie było możliwe udowodnienie statystycznie istotnych różnic. W wypadku średniej dobowej wilgotności względnej stwierdzono istotne różnice pomiędzy latami 1-3, 2-3, 3-4.

Analizując zmienne metodą każda z każdą, można powiedzieć, że zdecydowana większość danych nie różniła się statystycznie istotnie. To znaczy, że nie było statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnimi dobowymi wartościami w poszczególnych latach 1977-1980. Założenie takie upoważniło autora do opracowania niżej prezentowanych map przestrzennego rozkładu imisji.

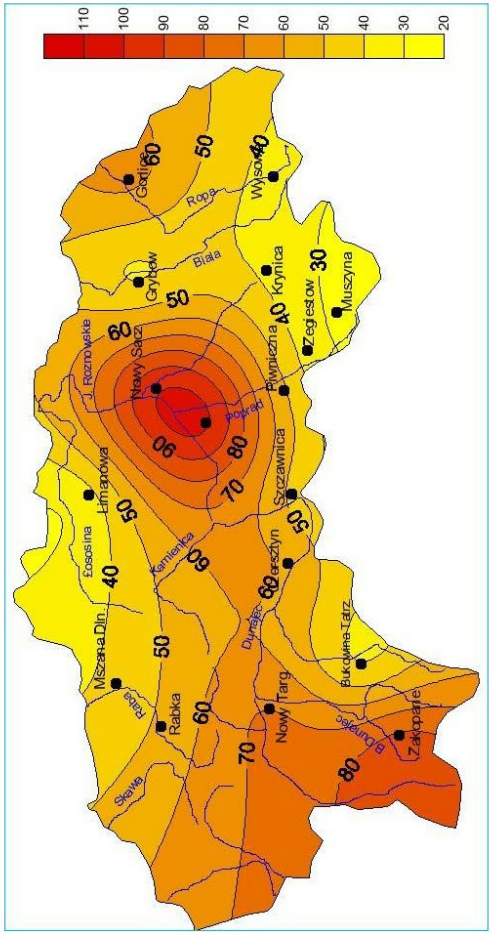
1. Interpretacja badań imisji przeprowadzonych w woj. nowosądeckim

Rozmieszczenie własnych sieci posterunków pomiaru zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na terenie woj. nowosądeckiego prezentuje ryc. 14.

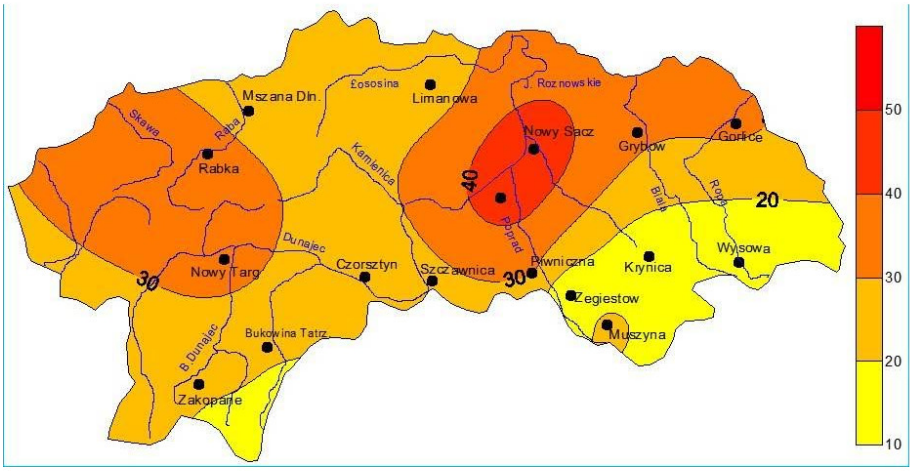
Średnie roczne izolinie stężeń pyłu drobnego przedstawiono na ryc. 15. Wyróżnia się na tym rysunku wyraźne centrum o zdecydowanie wyższych stężeniach niż na pozostałym obszarze - jest to region rozciągający się pomiędzy Nowym i Starym Sączem oraz w rejonie Zakopanego /100 $\mu g/m^3$/. Stosunkowo wysokie stężenia około 80 $\mu g/m^3$ występują w okolicach Gorlic i Nowego Targu.

Ryc. 16 i 17 przedstawiają rozkłady średnich letnich i zimowych stężeń pyłu drobnego w woj. nowosądeckim. Również i tu wyodrębnia się obszar o wyższych stężeniach pyłu - Nowy Sącz - Stary Sącz, ponadto w okresie zimowym wysokie stężenia zanotowano w pasie Zakopane - Poronin /120 $\mu g/m^3$/. Izolinie przedstawiające średnie roczne stężenie SO_2 na terenie woj. nowosądeckiego zaprezentowano na ryc. 18. Duże stężenia SO_2 zanotowano w okolicy Starego Sącza, Zakopanego, Gorlic i Piwnicznej /140 $\mu g/m^3$/.

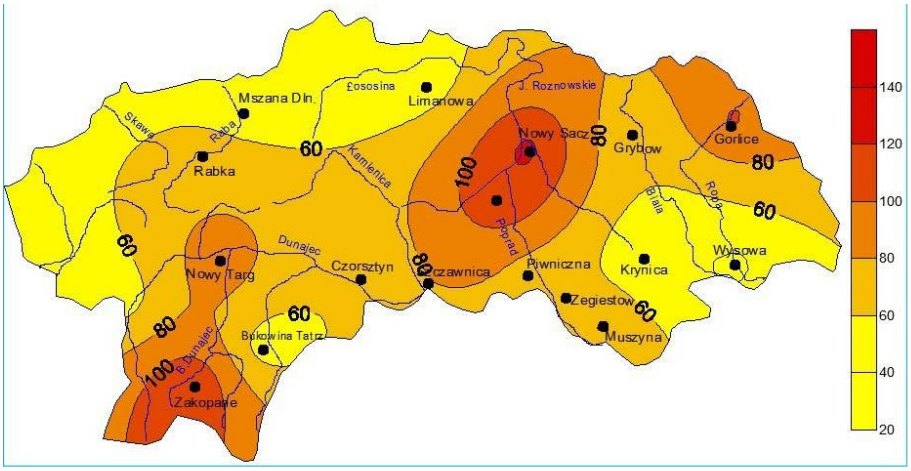
Analiza stężeń mierzonych zanieczyszczeń na tle róży wiatrów w Piwnicznej wykazała, iż wysokie /powyżej 100 $\mu g/m^3$/ stężenia pyłu i SO_2 wystąpiły 10-krotnie częściej przy wiatrach z kwadrantu południowego niż przy wiatrach z kwadrantu północnego. Można więc przypuszczać, iż zanieczyszczenia te napływają nad teren Polski z obszaru CSSR.



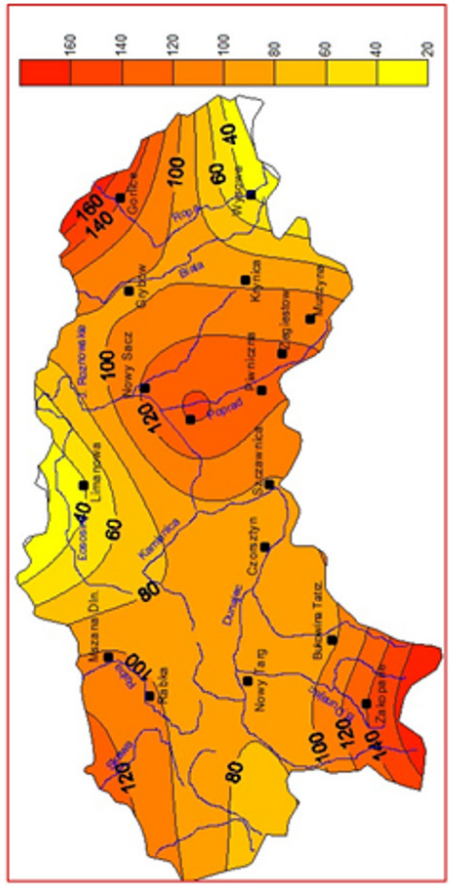
Ryc. Rozkład średnich rocznych stężeń pyłu drobnego na terenie województwa nowosądeckiego w latach 1977-1980 [$\mu g/m^3$].



Ryc. Rozkład średnich letnich stężeń pyłu drobnego na terenie województwa nowosądeckiego w latach 1977-1980 [µg/m³].



Ryc. Rozkład średnich zimowych stężeń pyłu drobnego na terenie województwa nowosądeckiego w latach 1977-1980 [µg/m³].



Ryc. Rozkład średnich rocznych stężeń dwutlenku siarki na terenie województwa nowosądeckiego w latach 1977-1980 [µg/m³]

Letnie linie stężeń SO_2 /ryc. 19/ wyróżniają jeden tylko obszar o podwyższonych wartościach tego gazu - obszar obejmujący Piwniczną - Żegiestów /120 $\mu g/m^3$/. Zimowe stężenia SO_2 były najwyższe w rejonie Gorlic, duże stężenia zanotowano w rejonie Piwniczna - Stary Sącz oraz Zakopane i Mszana Dolna /ryc. 20/. Mapy te doskonale uwidaczniają miejscowości o słabo rozwiniętym przemyśle, w których głównym nośnikiem energii cieplnej w domach jest węgiel, spalany nieraz w dużych ilościach, stąd zanieczyszczenia powietrza osiągają, szczególnie w okresie zimowym, wysokie stężenie.

Przeprowadzone przez autora w Starym Sączu, Piwnicznej, Żegiestowie, Muszynie i Krynicy badania wykazały silny związek zanieczyszczeń z konfiguracją terenu. Wszelkie obniżenia terenowe, naturalne przegrody /np. Łopaty w Dolinie Popradu/ przyczyniły się do zastoisk powietrza, w konsekwencji wyższych stężeń zanieczyszczeń. Stwierdzono również dużą sezonowość roczną stężeń związaną z niskimi temperaturami zimą i stosowaniem w tym okresie paliw, dających podczas spalania duże ilości polutantów [109].

Podobne pomiary przeprowadzono w Rabce, Mszanie Dolnej i Limanowej wykazały znaną z innych miejscowości roczną cykliczność mierzonych zanieczyszczeń, w wyniku której najwyższe stężenia występują w miesiącach zimowych, najniższe zaś w letnich.

Stwierdzono, że zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego pochodziły z następujących źródeł:

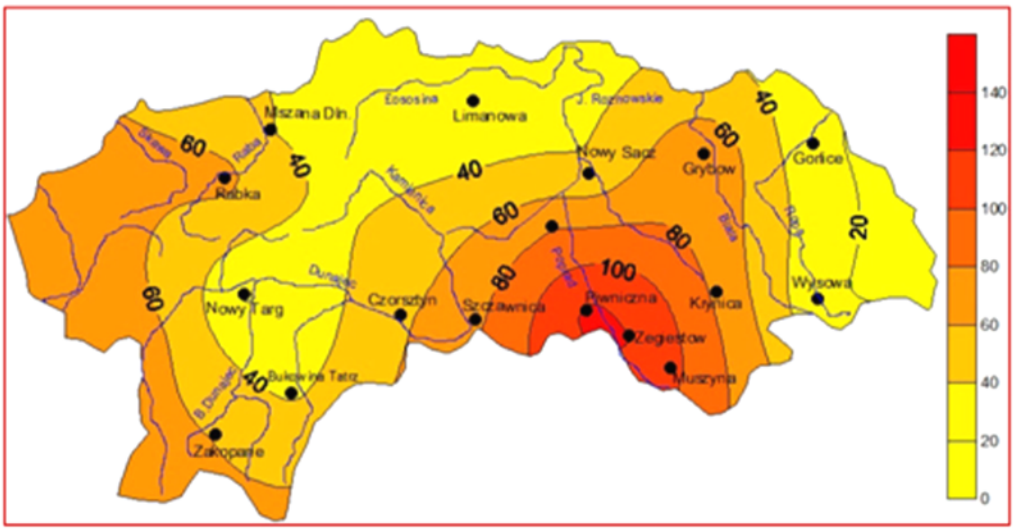
z palenisk domowych, dymy, sadze, pyły i gazy wytwarzane w procesach spalania paliw i z zakładów przemysłowych

z transportu emitującego spaliny oraz powodującego tworzenie się pyłów przez rozcieranie materiałów, a następnie unoszenie się ich na skutek ruchów powietrza w warstwie przyziemnej.

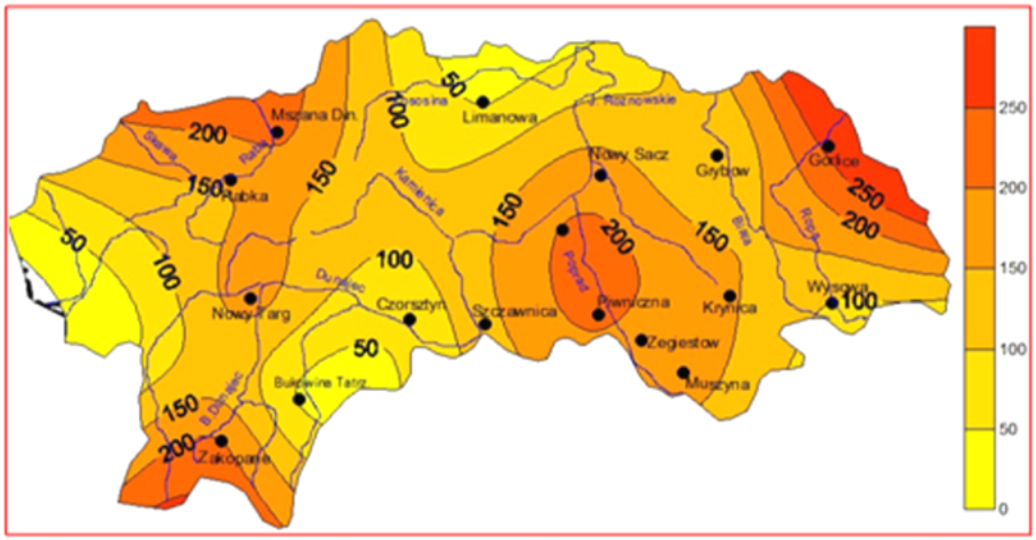
Najwyższe stężenia pyłu i SO_2 wystąpiły w dolinie Raby, najniższe zaś na grzbiecie wododziałowym, gdzie usytuowane jest uzdrowisko.

Na podstawie analizy ostatniego wielolecia stwierdzono, iż wystąpiły zmiany warunków mikroklimatycznych i środowiskowych Rabki, które mogą kompleksowo oddziaływać ujemnie na wyniki klimatoterapii [110]. W Limanowej stężenia mierzonych polutantów były niskie i nie przekraczały dopuszczalnych, zaś w Mszanie Dolnej przekroczenia zanotowano okresowo w sezonie grzewczym [115].

Badania przeprowadzone na terenie Podhala wykazały m.in., iż w miejscowościach położonych na dnie kotlin i dolin, tj. w Zakopanem, Nowym Targu, Poroninie i Szczawnicy, ukształtowanie terenu wpływa niekorzystnie na przebieg wartości elementów meteorologicznych, wywierających wpływ na stężenie polutantów. Do tych głównych niekorzystnych



Ryc. Rozkład średnich letnich stężeń dwutlenku siarki na terenie województwa nowosądeckiego w latach 1977-1980 [µg/m³].



Ryc. Rozkład średnich zimowych stężeń dwutlenku siarki na terenie województwa nowosądeckiego w latach 1977-1980 [µg/m³].

zjawisk zaliczyć należy:

spływ zimnego powietrza ze stoków do dna kotlin-dolin, co potęguje inwersję temperatury powietrza z wypromieniowania /inwersja temperatury występuje najczęściej w chłodnej porze roku, kiedy zwiększa się emisja zanieczyszczeń w sezonie grzewczym/,

duża liczba cisz i wiatrów b. słabych 0-2 m/s.

Wąska brama wylotowa w Czorsztynie nie pozwala na szybkie wypłynięcie wielkich mas chłodnego powietrza. Po Bramie Czorsztyńskiej jeszcze węższa jest Brama Pienińska. Rozległość i płaskość dna kotliny jest lokalnym czynnikiem rzeźby sprzyjającym powstawaniu inwersji.

Najniższe temperatury na dnie Kotliny Orawsko-Nowotarskiej występują przy słabych wiatrach, względnie ciszy i przy braku operacji promieniowania słonecznego. W miesiącach letnich również do Kotliny spływa chłodne powietrze.

Na wzrost stężenia pyłów i SO_2 w powietrzu ma wpływ nie tylko wielkość ich emisji, lecz przede wszystkim wytwarzanie się kompleksu czynników meteorologicznych, powodujących koncentrację stężeń w kolejnych dniach, co prowadzi do występowania wysokich i maksymalnych stężeń.

Badania przeprowadzone w Beskidzie Niskim /Grybów, Gorlice, Wysowa/ wykazały, iż zanieczyszczenia powietrza w Wysowej i Grybowie pochodziły głównie z procesów spalania paliw w paleniskach domowych, zaś w Gorlicach ponadto z dużych zakładów przemysłowych. Badania te wykazały, że średnio dla tych stacji pomiarowych zimowe stężenia pyłu SP były ogólnie 2,2 razy większe niż w pozostałych miesiącach. Zimowe stężenia SO_2 były ogólnie 3 razy wyższe. W badanym okresie najwyższe stężenia /i ilość przekroczeń dopuszczalnych norm/ stwierdzono w Gorlicach, mniejsze w Grybowie, zaś najniższe w Wysowej.

Badane miejscowości leżące na terenie Beskidu Niskiego, stanowiącego obniżenie w łuku Karpat Zachodnich są terenem przewietrzanym, co jest cechą korzystną, przeciwdziałającą koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Przyczynia się do tego również fakt, że wiatry o dużych prędkościach występują najczęściej w okresie zimowym.

Regiony górskie i podgórskie charakteryzują się zatem ogromną ruchliwością powietrza, która wynika z różnic poziomów oraz ekspozycji stoków. Wynikają stąd też specyficzne wiatry dolinne. Lokalna rzeźba i pokrycie terenu może mieć wielkie znaczenie na zmiany kierunków wiatrów.

Specjalne formy przestrzenne występujące na obszarze województwa nowosądeckiego /np. kotliny, doliny górskie/ odgrywają dużą rolę w kształtowaniu dalszego i bliższego przepływu powietrza w mikro i makro

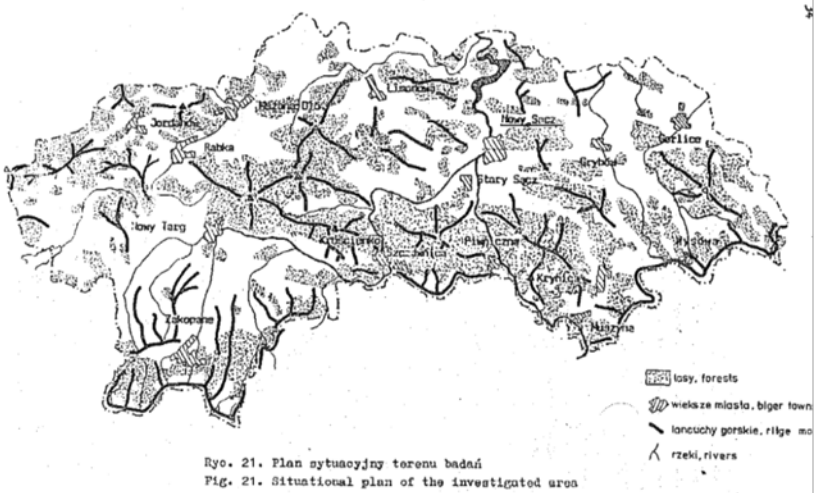
skali województwa. Zatem szczególnie ważne jest wyznaczenie na terenie województwa przebiegu kanałów uprzywilejowanych strug powietrza. Kanały takie zostały opracowane przez autora niniejszej rozprawy, przy uwzględnieniu następujących elementów terenu:

- przebieg dolin i łańcuchów górskich /ryc. 21/
- rozmieszczenie obszarów zalesionych i wód
- analiza częstotliwości kierunków wiatrów i ich prędkości /ryc. 22/
- wielkość lokalnej emisji z większych kompleksów miejskich.

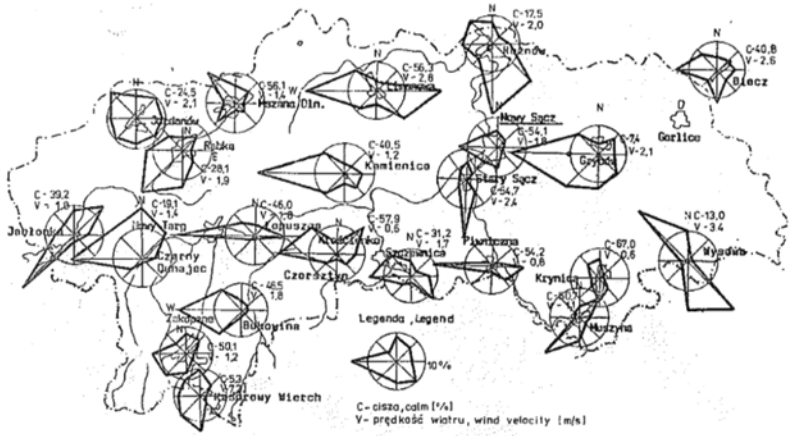
Rycina 23 prezentuje opracowaną przez autora ogólną emisję zanieczyszczeń powietrza pyłem i dwutlenkiem siarki z całego woj. nowosądeckiego. Emisję zanieczyszczeń obliczono z ilości spalonego paliwa przez około 4 tys. emitorów zlokalizowanych na terenie województwa. Dane wyjściowe pochodzą z Urzędu Wojewódzkiego w Nowym Sączu i są raczej zaniżone. Średnie roczne wartości emisji pogrupowano terytorialnie, tworząc 16 grup: emitory z Nowego Sącza, Starego Sącza, Gorlic, Limanowej, Krynicy, Grybowa, Jordanowa, Zakopanego, Szczawnicy, Krościenka, Muszyny, Męcany Dolnej, Rabki, Piwnicznej, Wysowej i Nowego Targu. Pod względem sumy emisji na pierwszym miejscu jest zdecydowanie Nowy Sącz, który emituje średnio rocznie około 1 800 ton pyłów, 2 600 ton dwutlenku siarki, na drugim miejscu są Gorlice - odpowiednio około 1000 ton pyłów, 1000 ton SO_2. Dalej jest Limanowa około 450 ton pyłów i 500 ton SO_2 i Nowy Targ 400 ton pyłów, 550 ton SO_2. Całość przedstawia ryc. 23.

Na terenie województwa nowosądeckiego wyznaczone zostały, zdaniem autora najważniejsze kanały uprzywilejowanych strug powietrza /ryc. 23/. Pierwszy bierze swój początek w okolicy Jeziora Orawskiego przebiegając pomiędzy pasmem Babiogórsko-Makowskim i Beskidem Wyspowym a Gorcami. Na wysokości Kotliny Nowotarskiej kanał ten rozdziela się i łączy z drugim, największym kanałem. Ten rozpoczyna się z obszaru zlewiska Dunajca. Z Kotliny Zakopiańskiej w kierunku Poronina spływa powietrze do Kotliny Nowotarskiej. Z kolei kanał ten przechodząc przez Bramę Czorsztyńską i Bramę Pienińską, rozdziela się, część powietrza kieruje się doliną Dunajca, część zaś wzdłuż pasma Radziejowej przedostając się do doliny Popradu a część może dojść do doliny Kamienicy. Dolinami Dunajca, Popradu i Kamienicy spływa powietrze do Nowego Sącza i dalej doliną Dunajca. Trzeci kanał uprzywilejowanych strug powietrza zaczyna się w zachodniej, przygranicznej części Beskidu Niskiego i prowadzi powietrze dolinami Ropy i Białej.

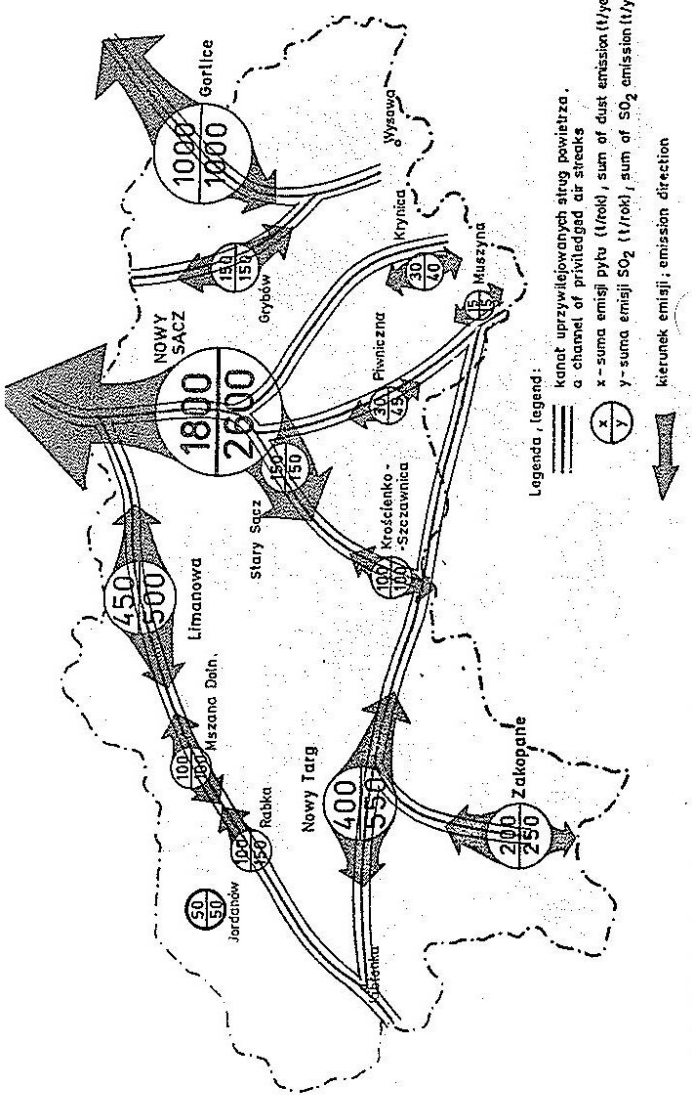
Powietrze nagromadza się w swoich obszarach źródłowych, w rejonie kotlin względnie innych obniżeń śródgórskich na skutek nocnego radiacyjnego wypromieniowania, w warunkach pogody typu wyżowego, utrzymują-



Ryc. 21. Plan sytuacyjny terenu badań
Fig. 21. Situational plan of the investigated area



Ryc. 22. Częstotliwość kierunków wiatru [%]
Fig. 22. Frequency of wind directions [%]



Ryc. 23. Przebieg kanałów uprzywilejowanych strug powietrza na tle sumy emisji zanieczyszczeń z poszczególnych miejscowości

Fig. 23. Route of channels of privileged air streaks against a background of the sum of emission of pollutions from particular places

gaj się przez dłuższe okresy czasu. Nagromadza się chłodne, a więc ciężkie powietrze, spływa ruchem grawitacyjnym w dół biegu dolin. Najgorsze warunki będą w okresach zimy przy słabych wiatrach lub ciszy, braku operacji promieni słonecznych i dużej emisji zanieczyszczeń powietrza. Zimne zanieczyszczone powietrze nie może ani nagrzać się dostatecznie od podłoża ani wypłynąć z Kotliny Zakopiańskiej, Nowotarskiej czy Nowosądeckiej.

W woj. nowosądeckim największa emisja zanieczyszczeń powietrza pyłem i dwutlenkiem siarki wywodzi się z regionu Nowego Sącza, dalej znajduje się rejon Gorlic, Limanowej i Nowego Targu. Są to równocześnie rejony o najwyższej imisji dla województwa, tereny zlokalizowane w większości w kotlinach śródgórskich. Analiza częstotliwości kierunków wiatrów i ich prędkości wykazuje niezwykle silny udział cisz /ryc. 22/. Biorąc pod uwagę powyższe fakty widać, iż niezwykle niekorzystne warunki rozpraszania się zanieczyszczeń występują w kotlinach Nowosądeckiej, Nowotarskiej i Zakopiańskiej. W kotlinach tych występują też aktualnie największe natężenia zanieczyszczeń powietrza a w przyszłości może wystąpić zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego. Dlatego też niezwykle ważna jest właściwa lokalizacja oczywiście tylko niezbędnych do funkcjonowania regionu zakładów przemysłowych oraz rozplanowanie terenów mieszkaniowych. Lokalizacja zakładów na tarasie wzniesionym nad rzeką a terenów mieszkaniowych na tarasie dolnym w kierunku biegu rzeki jest najgorszym rozwiązaniem.

2. Analizy próbek węgla pobranego z terenu badań

Na terenie woj. nowosądeckiego większość emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń powietrza pochodzi ze spalania węgla kamiennego. SO_2 powstający w procesie spalania węgla stanowi tu i w pozostałych warunkach polskich największe niebezpieczeństwo. Szczególnie groźne w położonych niekorzystnie pod względem topograficznym kotlinach, gdzie często przekracza dopuszczalne stężenia w powietrzu atmosferycznym [109, 110, 113].

Węgiel kamienny w bilansie paliw i energii pierwotnej jest i będzie na pierwszym miejscu, nawet w latach 1990-2000. Zaś zapotrzebowanie na energię podwaja się co około 7-10 lat. Pomimo ciągłych poszukiwań paliw zastępczych będzie w ciągu najbliższych przynajmniej 10 lat podstawowym nośnikiem energii. Z każdym rokiem rośnie więc ilość spalanego węgla - rośnie skutkiem tego emisja szkodliwych zanieczyszczeń do atmosfery.

Z 1 t węgla zawierającego średnio 1,5 % siarki całkowitej otrzymuje się praktycznie około 30 kg SO_2 [31]. Z tego względu przeprowadzono analizę chemiczną węgla dowożonego do niektórych składów opałowych w województwie, pod kątem określenia w nim zawartości popiołu i siarki - elementów stwarzających zagrożenie dla powietrza atmosferycznego. Każdą analizę powtarzano trzykrotnie , stosując następujące metodyki:

1/ zawartość popiołu oznaczano metodą wagową, polegającą na powolnym spopielaniu węgla i wyprażeniu do do stałej masy w temperaturze 800°C [169, 170].

2/ Siarkę oznaczono metodą Eschki, przez spalenie węgla w środowisku alkalicznym w celu ilościowego związania SO_2 i SO_3 - na siarczyny lub siarczany. Siarczyny utlenia się do siarczanów, oznacza wagowo jako siarczan baru [169, 170].

Uśrednione wyniki analiz węgla przedstawia poniższe zestawienie:

Lp próby	Miejsce pobrania	Ilość prób	%	
			popiół	siarka całkowita
1	Rabka /skład opałowy/	8	8,26	1,17
2	Grybów /skład opałowy/	4	13,80	2,26
3	Gorlice /skład opałowy/	6	13,00	2,15
4	Nowy Sącz	6	11,95	2,05

Badany obszar znajduje się w tzw. trzeciej strefie zużycia węgla kamiennego. Dla strefy tej określono parametry węgla zgodnie z wytycznymi doboru węgla, wydanymi przez Centralę Zbytu Węgla w Katowicach [148].

Analizując wyniki przeprowadzonych analiz węgla stwierdza się:

a/ części mineralne węgla /popiół/ stanowią od 3,8 % /gatunek I Kopalnia "Wieczorek"/ do 27,5 % /brykiety "Niedobczyce"/,

b/ zawartość siarki całkowitej w węglu wynosiła od 0,81 /orzech I gat. kopalnia "Lenin" Wesoła Śląska/ do 3,4 % /gat. I, kopalnia "Wieczorek"/.

Zawartość popiołu była więc bardzo zmienna, ogólnie jednak mieściła się w granicach określających maksymalną zawartość popiołu dla tych węgli. Siarka całkowita w węglu również nie wykraczała poza ramy norm węglowych, jednak ze względu na dużą ilość spalonego paliwa dużo siarki przedostaje się do atmosfery, gdzie stwierdzono wysokie, a zarazem szkodliwe stężenie jej związków.

3. Przestrzenna zmienność stężeń zanieczyszczeń powietrza na terenie woj. nowosądeckiego

Rozkład średnich stężeń pyłu drobnego wysuwa na pierwszy plan obszar obejmujący swym zasięgiem teren zbliżony do Kotliny Sądeckiej. Teren ten posiadą zdecydowanie wyższe stężenie pyłowych polutantów i wyróżnia się pod tym względem na tle całego województwa /ryc. 15, 16, 17/. Drugi co do wielkości stężeń zanieczyszczeń pyłowych teren to Kotlina Zakopiańska. Kotlina ta charakteryzuje się nieco niższymi stężeniami średnimi rocznymi i średnimi letnimi. Dorównuje natomiast Kotlinie Sądeckiej średnimi zimowymi stężeniami pyłu drobnego /ryc. 17/.

Rozmieszczenie izolinii SO_2 na terenie woj. nowosądeckiego wyróżnia kilka ośrodków charakteryzujących się wyższymi niż na pozostałym terenie stężeniami. Kotlina Sądecka, Zakopiańska, okolice Gorlic i Piwnicznej posiadają najwyższe średnie roczne stężenie SO_2 wynoszące 140 $\mu g/m^3$. Średnie letnie stężenia SO_2 wyróżniają teren Piwnicznej, natomiast zimowe średnie stężenia SO_2 uwypuklają na plan pierwszy rejon Gorlic /250 $\mu g/m^3$/, Kotlinę Zakopiańską, rejon Mszany Dolnej i Dolinę Popradu /200 $\mu g/m^3$/ /ryc. 18, 19, 20/.

Kotlinę Sądecką charakteryzował i charakteryzuje prężny rozwój budownictwa i przemysłu, jak też specyficzne warunki topoklimatyczne. Z roku na rok wzrasta tu ilość domów mieszkalnych, ciepłowni jak i zakładów - opalanych węglem. Zamknięty kształt Kotliny opasanej garbem wysokiego od południowego zachodu, pasmem Białej Wody od północnego zachodu i Dąbrowską Górą od północnego wschodu utrudnia swobodny wypływ mas powietrza. Wiatr na odcinku do Nowego Sącza jest zbieżny z doliną Dunajca, posiada bardzo duży udział cisz /często 50 %/. Zbieg tych czynników sprzyja powstawaniu warstw zastoiskowych i gromadzeniu się zanieczyszczeń powietrza. Szczególnie niekorzystną sytuację ma pod tym względem Nowy Sącz, gdzie cisze występują bardzo często. Natomiast Stary Sącz oprócz występowania okresowych wiatrów fenowych posiada średnią roczną prędkość wiatru zwykle 2-krotnie większą niż w Nowym Sączu, jest więc w lepszej sytuacji. Miasto Nowy Sącz leży ponadto u zbiegu dwóch dolin rzecznych Dunajca i Kamienicy. Przemieszczające się tymi dolinami masy powietrza łączą się ze sobą na terenie miasta. Jedynym zaś ujściem jest wąskie "gardło" Bramy Kurowskiej.

Podobnie niekorzystnie zlokalizowana jest Kotlina Zakopiańska, drugie po Kotlinie Sądeckiej "centrum" wyższych zanieczyszczeń powietrza. Boki tej kotliny tworzą od południa Tatry, od północnego zachodu pasmo Gubałówki, a od północnego wschodu wzniesienie Antałówki. Takie położenie odbija się nie tylko na stosunkach termicznych, lecz też na

zachmurzeniu oraz usłonecznieniu, szczególnie w czasie trwania bardzo częstych inwersji temperatury. Często inwersje temperatury występują również na obszarze Kotliny Podhalańskiej, reprezentowanej przez Nowy Targ. Na terenie Podhala najwięcej przypadków przekroczenia dopuszczalnych norm /SP i SS/ stwierdzono w Szczawnicy Zdroju /SP 28 % i SS 42 %/. Miejscowość ta jest uzdrowiskiem i obciążona jest innymi - niższymi normami, stąd też przekroczeń jest więcej. W pozostałych miejscowościach Podhala wysokie stężenia notowano przeważnie w okresach zimowych.

Na terenie woj. nowosądeckiego występują kanały uprzywilejowanych strug powietrza. Kanałami tymi przemieszczają się zanieczyszczenia gromadząc się w Kotlinach Nowosądeckiej, Nowotarskiej i Zakopiańskiej. W kotlinach tych oraz w Gorlicach stwierdzono najwyższe w województwie stężenia mierzonych zanieczyszczeń.

W woj. nowosądeckim najwyższe stężenia mierzonych zanieczyszczeń stwierdzono na terenie Kotliny Sądeckiej, Kotliny Zakopiańskiej oraz w rejonie Gorlic. We wszystkich punktach pomiarowych woj. nowosądeckiego stwierdzono zmienność stężeń zanieczyszczeń w przebiegu rocznym. W miesiącach zimowych stężenia mierzonych polutantów były średnio 2-3 -krotnie wyższe niż w okresie letnim. W miejscowościach położonych na dnie kotlin i dolin, tj. w Nowym Targu, Zakopanem, Poroninie, Szczawnicy ukształtowanie terenu wpływa niekorzystnie na przebieg wartości elementów meteorologicznych, mających wpływać na wartość stężeń pyłów i SO_2. Postępujące zanieczyszczenie powietrza pogarsza i tak niekorzystne warunki klimatyczne, szczególnie w Zakopanem, zmniejszając natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego i liczbę godzin usłonecznienia.

Występujące okresowo w tych rejonach wysokie wartości stężeń pyłów i dwutlenku siarki są wynikiem nie tylko dużej emisji, lecz przede wszystkich wytworzenia się kompleksu czynników meteorologicznych. Należy do nich głęboka i długo utrzymująca się inwersja temperatury powietrza, sięgająca do wyższych warstw atmosfery, jak i przygruntowa, oraz pogłębiające inwersję małe zachmurzenie i cisze.

III. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W KOTLINIE SĄDECKIEJ

Badania dotyczące zanieczyszczeń powietrza Kotliny Sądeckiej rozpoczęto w 1973 r. od wykazu ważniejszych obiektów występujących w Kotlinie emitujących do atmosfery substancje szkodliwe. W tym samym roku rozpoczęto własne pomiary zanieczyszczeń, będące pierwszymi tego typu pomiarami w tym regionie. W latach 1973-1975 wykonano w Kotlinie pomiary imisji przy pomocy metody osadowo-kontaktowej tzw. metody Liesenganga. Kontynuacją tych badań była praca doktorska autora, obejmująca swym zasięgiem terytorialnym całą Kotlinę Sądecką, szczególnie zaś miasto Nowy Sącz. W pracy tej przeprowadzono analizę chemiczną pyłów opadających oraz wykonano pomiary pyłu metodą aspiracji ciągłej [108, 111].

Badania przeprowadzone w Kotlinie Sądeckiej w latach 1973-1975 wykazały, iż najwyższa koncentracja opadu pyłu występuje na terenie zwartej zabudowy miasta Nowego Sącza, natomiast najwyższa koncentracja SO_2 została stwierdzona na obszarze między Biegonicami a centrum Nowego Sącza [108]. W latach 1981/82 powtórzono pomiary zanieczyszczeń powietrza w Kotlinie Sądeckiej. Pomiary wykonano w 8 reprezentatywnych punktach przy pomocy aparatów AKZA-1 /ryc. 24/.

1. Rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń zanieczyszczeń powietrza na terenie Kotliny Sądeckiej

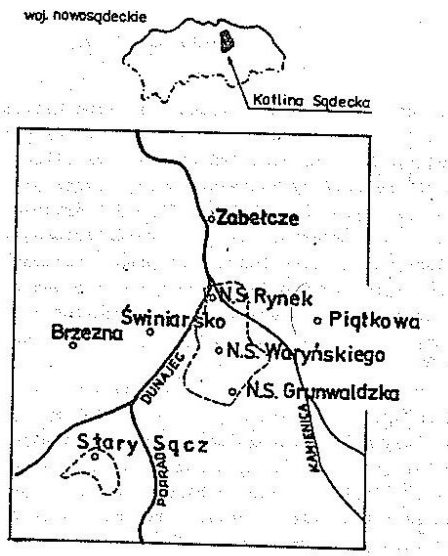
1.1. Rozkład stężeń pyłu drobnego

Lipiec - sierpień - wrzesień 1981

W omawianych miesiącach widać, iż najwyższe stężenia wystąpiły w granicach zwartej zabudowy miasta Nowego Sącza. Część ta wyróżniała się znacznie wyższymi stężeniami pyłu niż na otaczających obszarach. Szczególnie było to widoczne w sierpniu i wrześniu, gdzie stężenie pyłu na terenie miasta Nowego Sącza kilkakrotnie przewyższało stężenie występujące na obrzeżach /ryc. 25/.

Październik - listopad - grudzień 1981

Stężenie pyłu rozkładało się izoliniami, których bieg był okresowo prostopadły do kierunku doliny Dunajca. W miarę wzrostu odległości od miast Starego i Nowego Sącza, stężenia pyłu zmieniały się ze stop-



Ryc. 24. Rozmieszczenie posterunków pomiarowych na terenie Kotliny Sądeckiej

Fig. 24. Distribution of measuring posts in Sądecka Valley /Kotlina Sądecka/

niem malejącym. Najwyższa koncentracja tych zanieczyszczeń we wszystkich trzech miesiącach wystąpiła w obszarze obejmującym teren miasta Starego i Nowego Sącza i malała w kierunku obrzeży badanego terenu /ryc. 26/.

Styczeń - luty - marzec 1982

Obszary o najwyższej koncentracji zapylenia, to tereny objęte zwartą zabudową Nowego Sącza. Szczególnie widoczne jest to w styczniu i marcu. W lutym natomiast najwyższym zapyleniem charakteryzowała się południowa część miasta Nowy Sącz, z reguły przy wiatrach wiejących z połówki NW-SW-SE. Pozostałe tereny Kotliny Sądeckiej miały zapylenie niższe - malejące w miarę zwiększającej się odległości od miasta Nowego Sącza /ryc. 27/.

Kwiecień - maj - czerwiec 1982

W obrazie przestrzennym zapylenia powietrza stwierdzono spadek zapylenia. W kwietniu i maju zarysował się wyraźnie ośrodek centralny o najwyższej koncentracji pyłu, zalegający na południowo-zachodnim obrzeżeniu miasta Nowego Sącza. Teren między Nowym i Starym Sączem łącznie z doliną Dunajca wyróżniał się wyższym zapyleniem w porównaniu do obrzeży Kotliny. Ogólnie wystąpił spadek zapylenia powietrza /ryc. 28/.

1.2. Rozkład stężeń dwutlenku siarki

Lipiec - sierpień - wrzesień 1981

Miesięczne stężenia SO_2 w powietrzu uwidocznione na ryc. 29 kształtowały się na niskim poziomie. Maksymalna koncentracja SO_2 przekraczająca 30 $\mu g/m^3$ powietrza rozprzestrzeniała się w północnej części miasta Nowego Sącza w widłach jego rzek. /W lipcu stwierdzono również dość wysokie stężenie SO_2 w centrum Starego Sącza/. Pozostałe tereny Kotliny Sądeckiej posiadały stężenia SO_2 jeszcze niższe.

Październik - listopad - grudzień 1981

W ogólnym obrazie przestrzennym - izolinie stężeń SO_2 miały zbliżony przebieg jak poprzednio, jednak z postępem wzrastającym w kierunku centralnej części Kotliny /ryc. 30/.

Styczeń - luty - marzec 1982

Stwierdzono dalszy ogólny wzrost stężeń SO_2 w powietrzu. Bardzo wysokie stężenia stwierdzone zostały w miesiącach styczeń i luty /maksimum 250 $\mu g/m^3$/ w centralnej części Nowego Sącza. Stężenia SO_2 malały w miarę wzrostu odległości od miasta /ryc. 31/.

Kwiecień - maj - czerwiec 1982

Po przesileniu zimowym zanotowano ogólne obniżenie stężeń SO_2 w powietrzu atmosferycznym. W kwietniu i maju średnie maksymalne stężenie SO_2 stwierdzono w środkowej części miasta Nowego Sącza. Stosunkowo duże stężenia SO_2 obejmowały swym zasięgiem znaczną część miasta, szczególnie centralną część jego zwartej zabudowy. Obrzeża miasta oraz pozostałe części Kotliny Sądeckiej charakteryzowały się w kwietniu i maju niskimi stężeniami SO_2. W czerwcu stężenie SO_2 była bardzo niskie, stężenia poniżej 20 $\mu g/m^3$ obejmowały cały obszar badawczy Kotliny /ryc. 32/.

2. Rozkład przestrzenny średnich sezonowych stężeń zanieczyszczeń powietrza

2.1. Rozkład stężeń pyłu drobnego /SP/

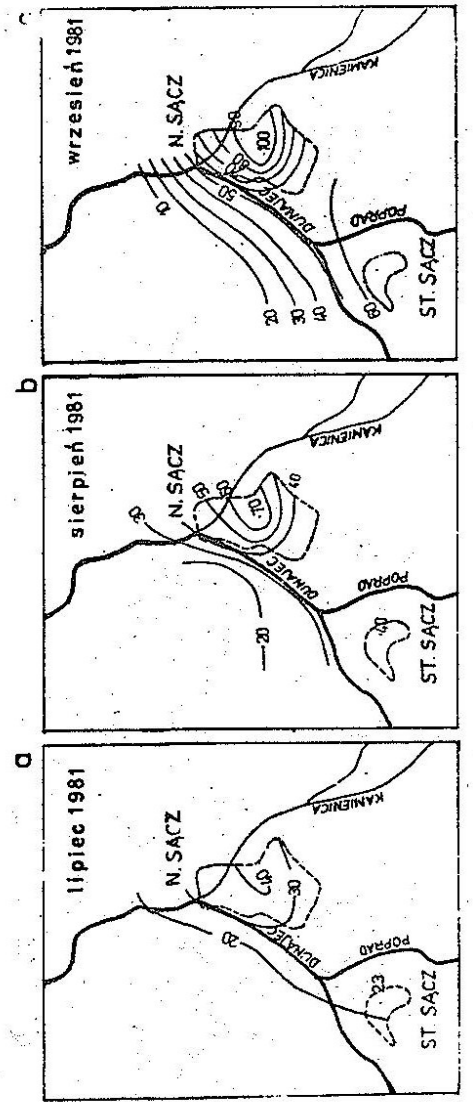
Najwyższe średnie stężenie pyłu drobnego, wynoszące około 90 $\mu g/m^3$ obejmowały swym zasięgiem zasadniczo południową część miasta Nowego Sącza. Znaczna część miasta objęta była stężeniem 80 $\mu g/m^3$. W Nowym Sączu wysokie stężenie pyłu spadało w miarę odległości od centrum tego miasta w kierunku N, W i E. Na obszarze między Starym i Nowym Sączem średnie stężenie kształtowało się na poziomie 70 $\mu g/m^3$ /ryc.34/. Stężenia letnie zapylenia powietrza były niskie, średnio stanowiły one 1/3 wartości stężeń zimowych. Najwyższe koncentracje pyłu stwierdzono w lecie w centralnej, a w zimie w południowej części miasta Nowego Sącza /ryc. 33/.

2.2. Rozkład stężeń dwutlenku siarki /SS/

Maksymalne średnie stężenie SO_2 stwierdzono na niedużym obszarze, obejmującym teren położony w widłach rzek Dunajca i Kamienicy. Średnie stężenie SO_2 wynosiło tam 90 $\mu g/m^3$. Południowa część miasta Nowego Sącza była w badanym okresie w zasięgu stężeń 80 $\mu g/m^3$. W miarę odległości od Nowego Sącza stwierdzono spadek średniego stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym /ryc. 36/. Zimowe stężenia SO_2 kształtowały się na dwukrotnie wyższym poziomie niż stężenia letnie. Maksimum zimowe 140, zaś letnie 60 $\mu g/m^3$ /ryc. 35/.

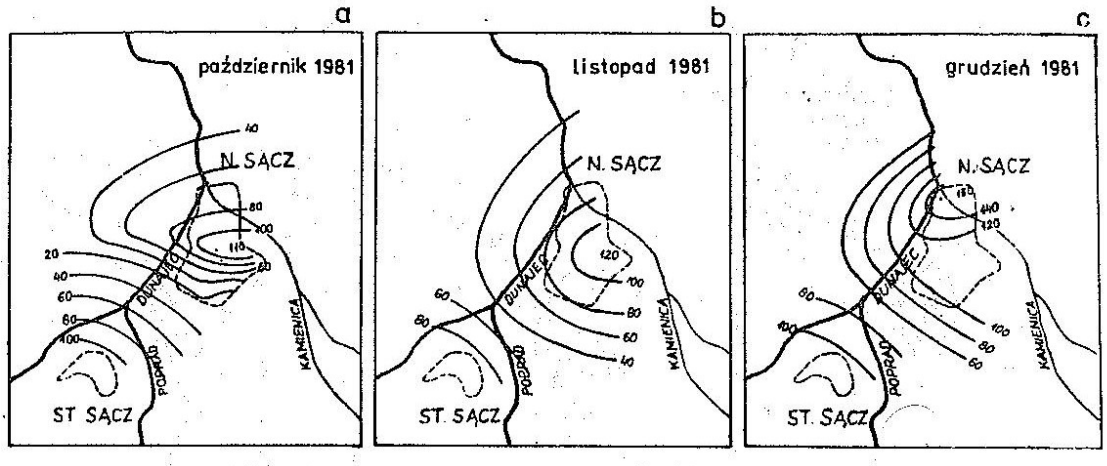
3. Średnie miesięczne i roczne stężenia zanieczyszczeń powietrza na tle meteorologicznych warunków rozpraszania

Porównanie opadu pyłu /ryc. 39/ i stężenia pyłu drobnego /ryc.34/ informuje jedynie, iż najwyższe zanieczyszczenia pyłem występowały zawsze w centralnej części Nowego Sącza, oraz, że zanieczyszczenia te są głównie pochodzenia lokalnego. Średnie stężenie SO_2 w okresie 1981/82 wzrosło blisko dwukrotnie w porównaniu do lat 1973-1975. Rozkład stężeń zanieczyszczeń na terenie Kotliny Sądeckiej uwarunkowany był i jest wieloma czynnikami, również topoklimatycznymi. Specyficzny układ fizjograficzny górski Kotliny Sądeckiej z wzniesionymi nad jej dno tarasem z miastem Nowy Sącz, leżącym równocześnie w widłach rzek Dunajca i Kamienicy kształtuje specyficzny klimat kotliny. Klimat ten charakteryzuje się niższą temperaturą roczną, uzależnioną od wzniesienia obszaru npm, dłuższym okresem zimowym, krótszym letnim, wyższymi wysokościami opadów, a szczególnie odrębnymi, zdecydowanie południowymi kierunkami wiatrów [10, 102].



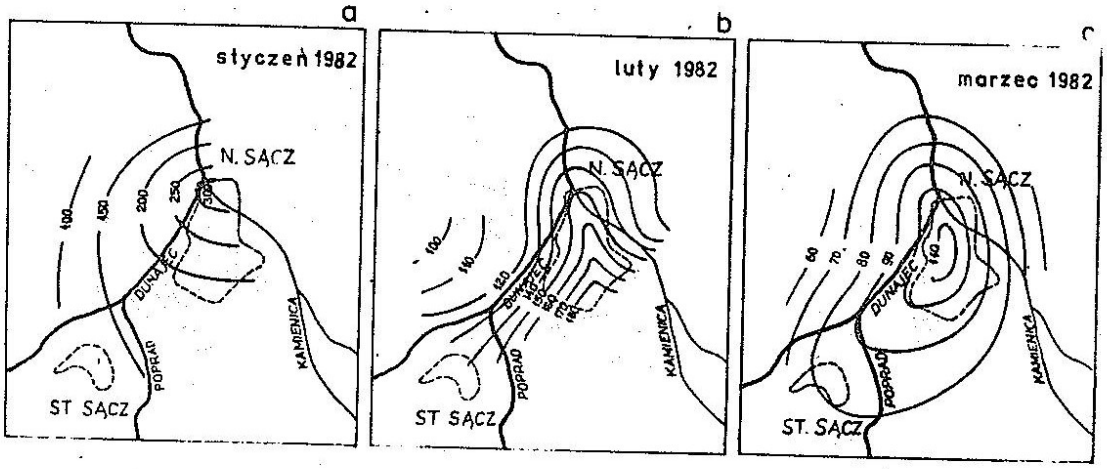
Ryc. 25. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń pyłu drobnego. Lipiec - wrzesień [$\mu g/m^3$]

Fig. 25. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of fine dust. July - September [$\mu g/m^3$]



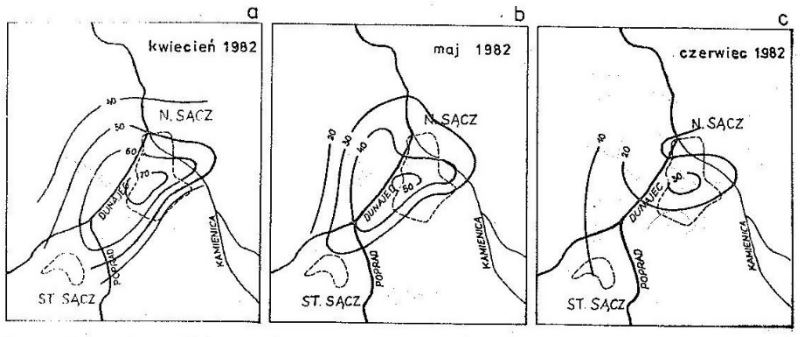
Ryc. 26. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń pyłu drobnego. Październik - grudzień [$\mu g/m^3$]

Fig. 26. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of fine dust. October - December [$\mu g/m^3$]



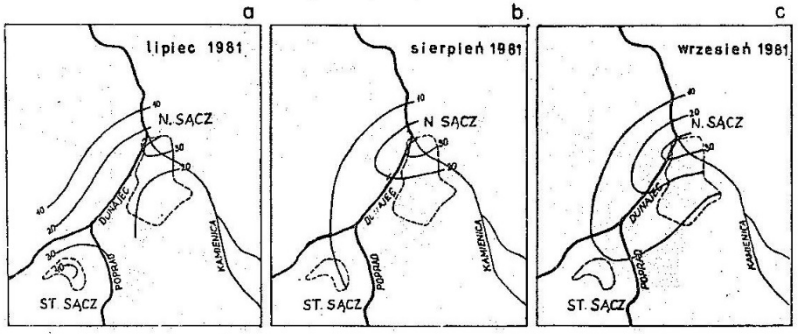
Ryc. 27. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń pyłu drobnego. Styczeń - marzec [$\mu g/m^3$]

Fig. 27. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of fine dust. January - March [$\mu g/m^3$]



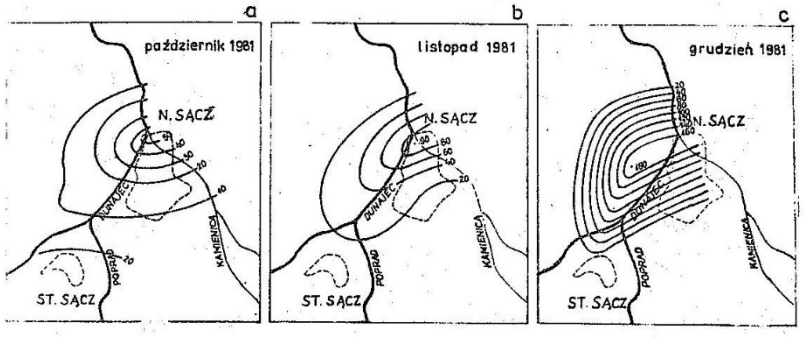
Ryc. 28. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń pyłu drobnego. Kwiecień - czerwiec [$\mu g/m^3$]

Fig. 28. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of fine dust. April - June [$\mu g/m^3$]



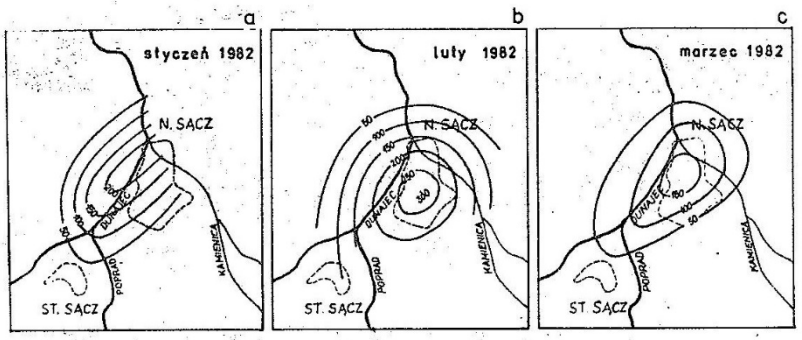
Ryc. 29. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń dwutlenku siarki. Lipiec - wrzesień [$\mu g/m^3$]

Fig. 29. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of sulphur dioxide. July - September [$\mu g/m^3$]



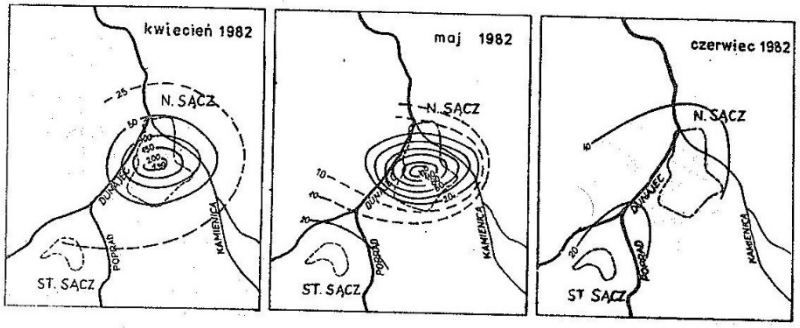
Ryc. 30. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń dwutlenku siarki. Październik - grudzień [$\mu g/m^3$]

Fig. 30. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of sulphur dioxide. October - December [$\mu g/m^3$]



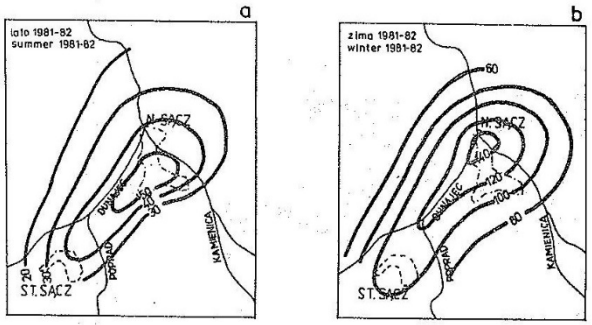
Ryc. 31. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń dwutlenku siarki. Styczeń - marzec [$\mu g/m^3$]

Fig. 31. Sądecka Valley - spatial distribution of mean monthly concentrations of sulphur dioxide. January - March [$\mu g/m^3$]



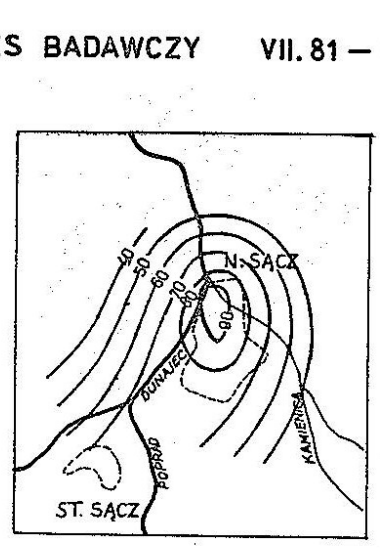
Ryc. 32. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich miesięcznych stężeń dwutlenku siarki. Kwiecień - czerwiec [$\mu g/m^3$]

Fig. 32. Sądecka Valley spatial distribution of mean monthly concentrations of sulphur dioxide. April - June [$\mu g/m^3$]



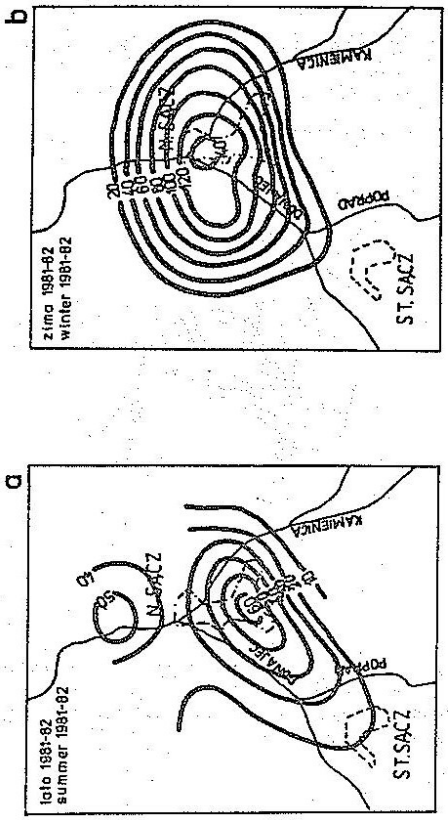
Ryc. 33. Kotlina Sądecka - rozkład średnich stężeń pyłu drobnego [$\mu g/m^3$]

Fig. 33. Sądecka Valley - distribution of mean concentrations of fine dust [$\mu g/m^3$]



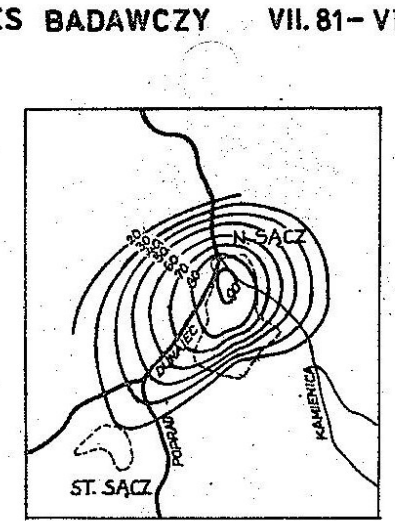
Ryc. 34. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich stężeń pyłu drobnego [$\mu g/m^3$]

Fig. 34. Sądecka Valley - spatial distribution of mean concentrations of fine dust [$\mu g/m^3$]

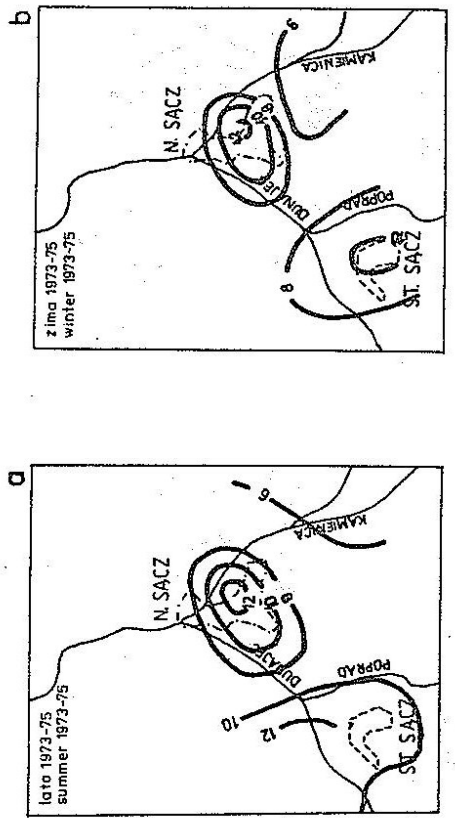


Ryc. 35. Kotlina Sądecka - rozkład średnich stężeń dwutlenku siarki [$\mu g/m^3$]

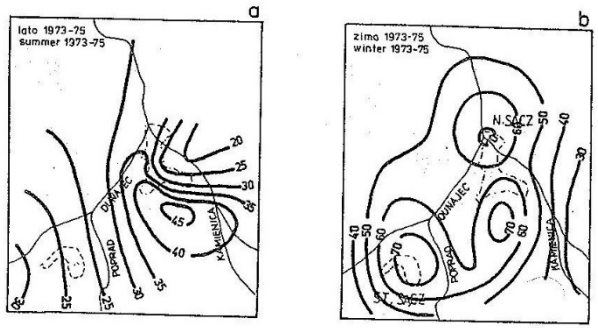
Fig. 35. Sądecka Valley - distribution of mean concentrations of sulphur dioxide [$\mu g/m^3$]



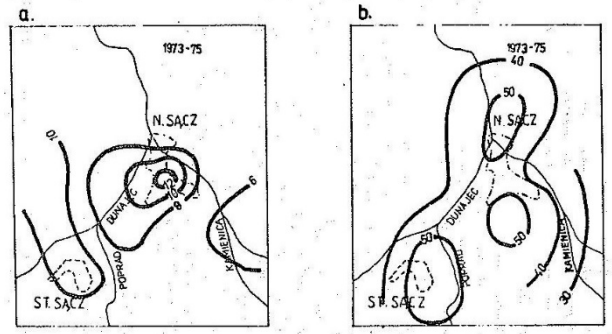
Ryc. 36. Kotlina Sądecka - rozkład przestrzenny średnich stężeń dwutlenku siarki [$\mu g/m^3$]
Fig. 36. Sądecka Valley - spatial distribution of mean concentrations of sulphur dioxide [$\mu g/m^3$]



Ryc. 37. Kotlina Sądecka - rozkład średniego miesięcznego opadu pyłu [t/km^2]
Fig. 37. Sądecka Valley - distribution of mean monthly dustfall [t/km^2]



Ryc. 38. Kotlina Sądecka - rozkład średnich stężeń dwutlenku siarki [$\mu g/m^3$]
Fig. 38. Sądecka Valley - distribution of mean concentrations of sulphur dioxide [$\mu g/m^3$]



Ryc. 39. Kotlina Sądecka - rozkład średniego miesięcznego opadu pyłu [T/km^2] /a/ i średnich stężeń dwutlenku siarki [$\mu g/m^3$] /b/
Fig. 39. Sądecka Valley - distribution of mean monthly dustfall [T/km^2] /a/ and concentrations of sulphur dioxide [$\mu g/m^3$] /b/

3.1. Analiza zmienności mierzonych zanieczyszczeń na tle wiatru

Do najważniejszych czynników dynamicznych należy wiatr powodujący poziomy transport zanieczyszczeń i ich rozprzestrzenianie w powietrzu. W ocenie warunków meteorologicznych uwzględniono rozkłady prędkości i kierunków wiatru. Prędkość wiatru może nam sugerować prędkość, z jaką zanieczyszczenia rozprzestrzeniają się w atmosferze.

3.1.1. Prędkość wiatru

Najbardziej niekorzystne warunki dla samooczyszczania przyziemnej warstwy powietrza związane są z przypadkami występowania słabych i bardzo słabych wiatrów, o prędkościach poniżej 2 m/s oraz cisze. Większość przypadków wysokiego zapylenia w Nowym Sączu /SP $>$ 150 $\mu g/m^3$/ została stwierdzona podczas wiatrów bardzo słabych /0,0–1,0 m/s/, co stanowiło 80 % wszystkich przypadków, podczas których SP $>$ 150 $\mu g/m^3$. Również średnie stężenia 50 $<$ SP $<$ 100 $\mu g/m^3$ wystąpiły znacznie częściej podczas wiatrów słabych i bardzo słabych.

Ogólnie zauważona została prawidłowość – im mniejsza prędkość wiatru, tym prawdopodobieństwo wystąpienia wyższego SP większa.

Uwidacznia się również ścisły związek stężenia SO_2 z prędkościami wiatru. Przekroczenia wartości 100 $\mu g/m^3$ stwierdzone zostały przy wiatrach słabych i bardzo słabych /do 2,0 m/s/ w ponad 30 % ogółu wszystkich pomiarów. Natomiast stężenia SO_2 powyżej 300 $\mu g/m^3$ wystąpiły wyłącznie przy prędkościach wiatru poniżej 2,0 m/s. Stężenia maksymalne przekraczające dopuszczalną normę krajową 350 $\mu g/m^3$ zanotowano wyłącznie przy wiatrach b. słabych /0–1,0 m/s/. Ogólnie stwierdzono następującą zależność – im większa prędkość wiatru, tym mniej przypadków stężeń SO_2 na poziomie średnim i wysokim /50 $<$ SS $<$ 150 i SS $>$ 150/.

3.1.2. Kierunek wiatru

Kierunki wiatru mają dość ścisły związek z mierzonymi polutantami. W okresie VII – XII 1981 r. uwidacznia się zdecydowana zależność koncentracji SP od kierunku wiatru. Wszystkie niemal przypadki SP $>$ 100 $\mu g/m^3$ wystąpiły przy wiatrach wiejących z obszaru od NW przez SW do SE. Przypadki o stężeniach wyższych od 150 $\mu g/m^3$ stwierdzono najczęściej przy wiatrach od S do SW. W przypadku stężeń niższych od 50 $\mu g/m^3$ nie stwierdzono zależności od kierunku wiatru.

W trzecim kwartale 1981 r./VII–IX/ około 15 % stężeń wysokich stwierdzono podczas występowania ciszy. W miesiącach X–XII 1981 r. średnie zapylenie było wyższe niż poprzednio i jego rozkład na tle cisz jest nieco inny. Najwięcej przypadków podczas ciszy stwierdzono w przedziale 50 $<$ SP $<$ 100/20 razy/. Zanotowano w okresie ciszy 15 przypadków

powyżej 150 $\mu g/m^3$. W okresie I–VI 1982 rozkład zapylenia na tle kierunku wiatru miał nieco inny obraz. W pierwszym kwartale /I–III/ przeważały zapylenia średnie /SP $<$ 150/, występowały również wartości wysokie /SP $>$ 150/, w drugim kwartale /IV–VI/ przeważało zapylenie niskie /SP $<$ 50/. W okresie I–III stwierdzono duży rozrzut zapylenia na róży wiatrów i nie zauważono specjalnej zależności SP od kierunku wiatru, wydaje się, iż wysokie zapylenia SP $>$ 150 występowały z reguły przy wiatrach wiejących z sektora NW–SW–SE.

3.1.3. Analiza stężenia dwutlenku siarki na tle wiatru

W kwartale VI–IX 1981 r. stwierdzono bardzo niskie stężenia SO_2, przede wszystkim w okresie ciszy, oraz przy wiatrach z kierunków S i N. W kolejnym kwartale X–XII zauważono znaczny rozrzut SS na tle kierunku wiatru. Generalnie stężenia wyższe od 100 $\mu g/m^3$ przy wiatrach z kierunków W – SW – S – SE. Nie stwierdzono ani jednego przypadku SS $>$ 100 przy wiatrach NE i E /których z reguły jest w tym regionie najmniej/. W pierwszym kwartale 1982 r. stwierdzono dość znaczny rozrzut SS na róży wiatrów. Niskich stężeń było niewiele, natomiast średnie /50 $<$ SS $<$ 150/ występowały głównie podczas cisz i wiatrów z kierunków S i NW. Wartości wysokie SO_2 SS $>$ 150, stwierdzono w przeważającej ilości przypadków podczas cisz. Wystąpiły one również przy wiatrach południowych.

3.2. Analiza zmienności mierzonych zanieczyszczeń na tle temperatury

Najkorzystniejsze warunki z punktu widzenia przenikania cząsteczek zanieczyszczonych przy zetknięciu z powietrzem otaczającym, związane są ze stanem równowagi chwiejnej w atmosferze. Inwersje często występują w nocy. Brak równowagi warstwy mieszania – zatem noc jest niekorzystną porą doby z punktu widzenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń.

Dla prawidłowej oceny wpływu pionowego rozkładu temperatury na warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, konieczna jest znajomość czasowo-przestrzennego rozkładu pionowego gradientu temperatury nad danym terenem.

W opracowaniu tym dysponowano jedynie wartościami charakteryzującymi temperaturę powietrza na stacji meteorologicznej w Nowym Sączu. Rozpatrując zależności między średnią dobową temperaturą powietrza, a mierzonym i opisanym poprzednio stężeniem pyłu w Nowym Sączu /k. Rynku/, można zauważyć odwrotnie proporcjonalną zależność. Najwięcej przypadków SP powyżej 90 $\mu g/m^3$ zanotowano przy temperaturze powietrza niższej niż 10°C. Przypadki, gdy SP przekraczało 190 $\mu g/m^3$ stwierdzano

najczęściej podczas temperatur niższych od 0,0°C.

Ogólnie w ciągu całego okresu badawczego stwierdzono, że wraz ze wzrostem średniej dobowej temperatury powietrza stężenie pyłu kształtowało się na proporcjonalnie niższym poziomie. Nasza krajowa norma została przekroczona we wszystkich przypadkach podczas średnich dobowych temperatur poniżej 10,0°C. Podobną, odwrotną zależność zanotowano podczas rozpatrywania stężeń SO_2 na tle temperatury. Wszystkie przypadki przekroczenia normy krajowej wystąpiły w dniach o średniej temperaturze niższej od 5,0°C. Natomiast niższa od naszej norma japońska przekroczona została w Nowym Sączu w Rynku 103 razy, z tego 100 razy przy temperaturze niższej od 10,0°C. Zarysowała się odwrotnie proporcjonalna zależność stężenia SO_2 i średniej dobowej temperatury. Jest to związane z porą roku i zużywaniem paliw na cele grzewcze.

3.3. Analiza zmienności mierzonych stężeń zanieczyszczeń na tle opadów atmosferycznych

Opady atmosferyczne mogą pochłaniać zanieczyszczenia atmosfery i kierować je do gleby lub wody. Ogólnie krople deszczu w czasie opadania stykają się z zanieczyszczeniami i oczyszczają atmosferę. Jest to zatem oprócz grawitacyjnego osiadania zawiesin, bardzo istotny proces oczyszczający atmosferę. Kłębiaste chmury deszczowe dające gwałtowne, przelotne ale krótkotrwałe opady oczyszczają powietrze w niewielkim stopniu z uwagi na często krótkotrwały czas trwania opadu.

Duże znaczenie w procesie mechanicznego oczyszczania mają opady długotrwałe, o umiarkowanej i dużej intensywności. Opady mogą również powodować wraz z innymi elementami meteorologicznymi zachodzenie różnych procesów fizyczno-chemicznych. Rozkład SP na tle wysokości opadu przedstawia się następująco: Zdecydowanie najwięcej przypadków o średnim zapyleniu występowało w dniach bez opadu lub w dniach z opadem poniżej 10 mm na dobę. Najwyższe, przekraczające normę krajową stężenia pyłu stwierdzono wyłącznie podczas dni bez opadu. Podczas opadów powyżej 10 mm na dobę nie stwierdzono ani jednego przypadku stężenia pyłu wyższego od 99 $\mu g/m^3$. Zatem wysokość opadu pozostała ww odwrotnie proporcjonalnym związku z zapyleniem powietrza. Podobnie koreluje stężenie SO_2 w odniesieniu do sumy dobowej opadu. Im w danym dniu opad niższy, tym z reguły wyższe stężenie SO_2. Najwięcej przypadków z niskim, średnim i wysokim SS stwierdzono w czasie dni bez opadu /przypadków takich stwierdzono w 53 % ogółu pomiarów/. Stężenia SO_2 powyżej 150 $\mu g/m^3$ stwierdzone zostały podczas dni bez opadu /około 20 %

wszystkich pomiarów/ około 5 % ogółu zanotowanych stężeń SS > 150 wystąpiło w dniach o opadzie b. niskim /0,1-1,0 mm/. Pozostałe przypadki nie wykazały zależności z opadem. Ogólnie zauważono odwrotnie proporcjonalną zależność pomiędzy wysokością dobowego opadu atmosferycznego i stężeniem SO_2 w powietrzu atmosferycznym.

3.4. Analiza zmienności stężeń mierzonych zanieczyszczeń na tle wilgotności powietrza

Wilgotność względna powietrza posiada największy wpływ na katalityczne utlenienie SO_2 w powietrzu /utlenianie to zachodzi w fazie ciekłej. Katalizatorami są najczęściej jony metali ciężkich - miedzi, żelaza, manganu/. W wysokiej wilgotności względnej utlenianie SO_2 zachodzi szybciej. Najszybciej zachodzi w środowisku bliskim nasycenia. Gdy wilgotność jest niższa od 70 % - utlenianie to zachodzi powoli.

W rozkładzie SS na tle wilgotności względnej na posterunku pomiarowym w Nowym Sączu w Rynku zauważono również prawidłowość. Przypadkom o wysokim stężeniu SO_2 towarzyszyła na ogół wysoka wilgotność względna powietrza powyżej 70 %. Procentowa wielkość przypadków SS powyżej 150 $\mu g/m^3$ przy wilgotności względnej poniżej 70 % wynosi jak 15 : 85.

4. Tendencje przestrzennej zmienności średnich zanieczyszczeń w Kotlinie Sądeckiej

Przez okres 12 miesięcy wykonano całodobowe ciągłe pomiary pyłu drobnego oraz stężeń SO_2. Rozkłady przestrzenne średnich miesięcznych zanieczyszczeń przedstawiają ryc. 25-32. Najwyższa koncentracja pyłu drobnego występowała w centralnej części miasta Nowego Sącza /ryc.25-28/. Średnie miesięczne stężenie SO_2 na terenie Kotliny Sądeckiej przedstawiają ryc. 29-32. Rozkład przestrzenny tego polutanta wyróżnia wyraźnie miasto Nowy Sącz na tle Kotliny. Szczególnie duże stężenia SO_2 stwierdzono w centralnej i północnej części miasta.

Średnie miesięczne maksymalne stężenie SO_2 stwierdzone zostało w lutym 1982 r. Przebiegi czasowe średnich miesięcznych zanieczyszczeń wskazują na wyraźny wzrost zapylenia i SO_2 w miesiącach zimowych. Z tego względu wykonano mapy prezentujące rozkłady zanieczyszczeń na terenie Kotliny Sądeckiej w okresie zimowym i letnim. Średnio w okresie zimowym stężenia pyłu oraz SO_2 wykazują ponad dwukrotny wzrost w porównaniu z okresem letnim /ryc. 33 i 35/.

Obszar o najwyższych stężeniach obejmuje centrum Nowego Sącza, tj. orientacyjnie teren Plant Miejskich po Rynek. Stężenia pyłu drobnego i SO_2 dochodziły na tym terenie do 100 $\mu g/m^3$. Stosunkowo wysokie średnie roczne zapylenie powietrza na poziomie 70 $\mu g/m^3$ stwierdzono na obszarze całego miasta Nowego Sącza i w kierunku Starego Sącza.

W celu określenia zmian jakie zaszły w perspektywie 10 lat porównano pomiary SO_2 wykonane w latach 1973-1975, wykonane metodą Liesenganga [56] z pomiarami przeprowadzonymi metodą West-Geake'a w okresie 1981-1982. W celu porównania tych danych na wszystkich opracowanych rysunkach zastosowano współczynnik przeliczeniowy obowiązujący zarządzeniem Instytutu Higieny Komunalnej - Zakładu Higieny Komunalnej w Warszawie. Współczynnik ten, wynoszący 0,1-0,125, umożliwił orientacyjne porównanie poprzednio wykonywanych pomiarów SO_2 metodą Liesenganga z nowymi wykonanymi metodą West-Geake'a.

Ryc. 39a przedstawia średni roczny opad pyłu na teren Kotliny Sądeckiej za wieloletnie 1973-1975. Opad pyłu w półroczu letnim /IV-IX/, jak i zimowym /III-X/ /ryc. 37/ niewiele różni się między sobą. Porównania rozkładu stężeń SO_2 z okresu letniego i zimowego 1973-1975 oraz okresu 1981-1982 można dokonać na podstawie /ryc. 35 i 38/. Analizując badania z okresu letniego można zauważyć wzrost stężeń SO_2. Najwyższe średnie letnie stężenie w latach 1973-1975 /ryc. 38a/ z 45 $\mu g/m^3$ wzrosły w okresie letnim 1981-1982 do 60 $\mu g/m^3$ powietrza /ryc. 35/. Natomiast średnie zimowe stężenia wykazują większy wzrost stężeń SO_2. Średnia z zim 1973-1975 prezentowała się na maksymalnym poziomie 70 $\mu g/m^3$, a w zimie 1981-1982 maksymalne stężenie SO_2 osiągnęło pułap 140 $\mu g/m^3$ powietrza /ryc. 38b i 35 b/. Podobnie porównanie średnich rocznych /ryc. 39b i 36/ uwidacznia prawie dwukrotny wzrost stężeń SO_2, szczególnie na terenie miasta Nowego Sącza.

5. Próba interpretacji obrazów satelitarnych dla charakterystyki zanieczyszczeń powietrza w Kotlinie Sądeckiej

Obok zasadniczego celu pracy prezentowanego dotąd, podjęto próbę wykorzystania obrazów satelitarnych dla określenia rozprzestrzeniania się dymów /aerozoli/ na terenie Kotliny Sądeckiej. Posłużono się wizualną metodą interpretacji zobrazowań satelitarnych wykonanych w różnych kanałach do określenia parametrów propagacji dymów przemysłowych, która była przedmiotem szeregu publikacji [15, 27, 28].

W tej części pracy oparto się na 2 obrazach satelitarnych uzyskanych z Ośrodka Przetwarzania Obrazów Lotniczych i Satelitarnych IGiK

w Warszawie. Główną przyczyną małej ilości przyjętych do interpretacji obrazów była niska czytelność i konieczność eliminacji dużej ilości zobrazowań wykonanych w momencie, gdy panowały niekorzystne warunki meteorologiczne, np. powierzchnie Ziemi zakrywały chmury. Nie mniej istotną przyczyną jest wysoka cena tych zdjęć.

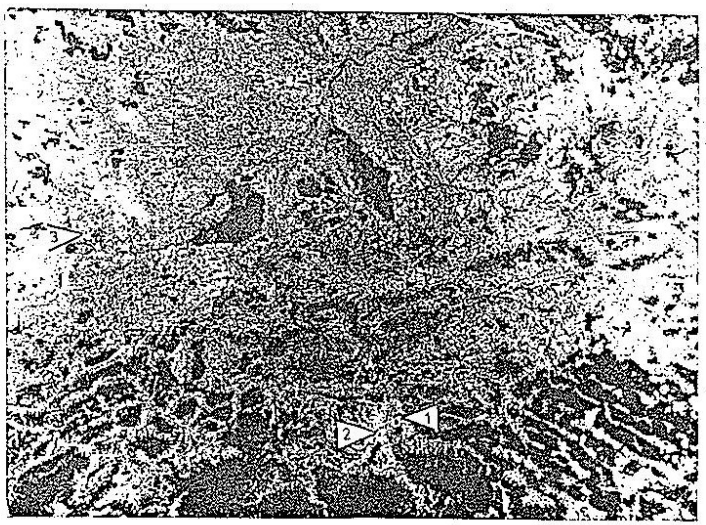


Ryc. 40. Fragment obrazu satelitarnego południowej Polski otrzymanego 26 sierpnia 1977 roku z satelity Landsat-2 wykonany przez skaner w kanale 6

Fig. 40. A fragment of a sattelite picture of southern Poland received from Landsat-2, Sattelite on 26th August 1977 drawn by a scaner in channel 6

Obrazy przyjęte do fotointerpretacji wykonane zostały: pierwszy 26.08.1977 r. otrzymany za pośrednictwem satelity Landsat-2, drugi 22.05.1979 r. przedstawiający zobrazowanie satelitarne Goscentr "Priroda". W pracy oparto się na obrazach w skali około 1:1 mln, wykonanych w kanałach 4 i 6, w których rozdzielczość terenowa obrazów wynosiła około 100 m. Ryc. 40 przedstawia fragment obrazu satelitarnego Polski południowej wykonany przez skaner w kanale 6. Informuje on

przede wszystkim o rozmieszczeniu rzek, gór, jezior, a także o wielkości aglomeracji miejskich widocznych jako ciemniejsze plamy na obrazie. Kilka z nich oznaczono strzałkami z następującą numeracją: 1- Nowy Sącz, 2 - Stary Sącz, 3 - Kraków.



Ryc. 41. Fragment obrazu satelitarnego południowej Polski otrzymanego 26 sierpnia 1977 roku z satelity Landsat-2, wykonany przez skaner w kanale 4

Fig. 41. A fragment of a sattelite picture of southern Poland received from Landsat-2 sattelite on 26th August 1977 drawn by a scaner in channel 4

Obrazy satelitarne przedstawione na rycinach 41 i 43 wykonane zostały podczas dwóch różnych sytuacji pogodowych. Pierwszy obraz /ryc.41/ wykonany został podczas sytuacji wyżowej - antycyklonalnej, drugi obraz /ryc. 43/ podczas sytuacji niżowej - cyklonalnej. Obu tym obrazom satelitarnym przypisano otrzymane z IMGW określone sytuacje pogody przedstawione na załączonych Mapach Synoptycznych Dolnych z godz. 00 /ryc. 42 i 44/. Na ich tle dokonano próby interpretacji wielkości za-

nieczyszczeń powietrza w Kotlinie Sądeckiej.

Sytuacja antycyklonalna /26.08.1977 r./

Na ryc. 41 zauważalne są jaśniejsze powierzchnie /plamy/ w obrębie Kotliny Sądeckiej, które można interpretować jako zalegającą teren, dość jednolitą warstwę aerozoli nieregularnego kształtu. Szczególnie wyraźnie widać to u zbiegu dolin dwóch rzek Dunajca i Kamienicy. Wydaje się, iż rzeźba tego terenu jest jednym z ważniejszych czynników decydujących o rozprzestrzenianiu się dymów.

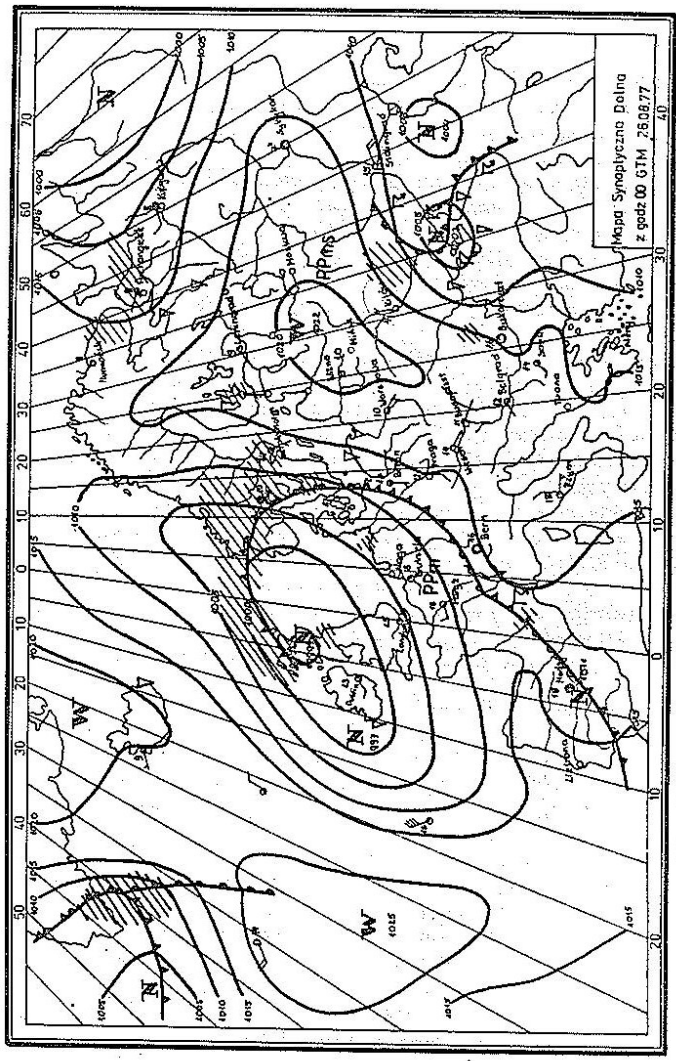
Obrzeże Kotliny Sądeckiej tworzą grzbiety górskie, będące mniej lub bardziej zwartym obramowaniem tego płaskiego obszaru, do którego "wejście" stanowią doliny rzeczne, zaś "wyjście" stanowi tzw. Brama Kurowska.

W analizowanym dniu tj. 26.08.1977 r. na terenie południowej Polski pogoda była słoneczna i bezwietrzna przy panującym układzie wysokiego ciśnienia, co potwierdza mapa synoptyczna /ryc. 42/. Również w dniu poprzedzającym występowała cisza przy powierzchni Ziemi. Sytuacja ta zaklasyfikowana jest w literaturze [129] jako Ka, tj. oś wału wysokiego ciśnienia.

Ta bezwietrzna pogoda antycyklonalna, w której przeważają prądy zstępujące wytworzyła sprzyjające warunki dla gromadzenia się dymów na terenie Kotliny Sądeckiej. Wyraźna koncentracja zanieczyszczeń widoczna jest na ryc. 41. W dniu tym średnie dobowe stężenie pyłów przy powierzchni Ziemi wyniosło 70 $\mu g/m^3$, natomiast SO_2 20 $\mu g/m^3$. Nad obszarem południowej Polski zalegało powietrze polarno-morskie stare, które napływało z południowego zachodu.

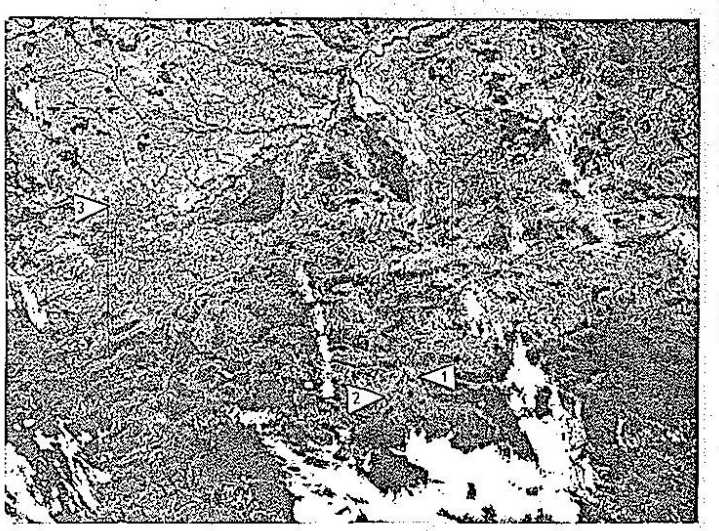
Sytuacja cyklonalna /22.05.1979 r./

Ryc. 43 przedstawia obraz satelitarny, zaś ryc. 44 pogodę, jaka kształtowała się w tym dniu. W sytuacji cyklonalnej dzięki bezchmurnej pogodzie, jaka panowała w momencie wykonywania zdjęcia satelitarnego - widoczny jest jaśniejszy obszar nad Kotliną Sądecką, który można interpretować jako słabą warstwę aerozoli. Powierzchniowo jest ona znacznie mniejsza niż przy sytuacji wyżowej /26.08.77 r./. Wynika to najprawdopodobniej z odmiennej sytuacji barycznej, sklasyfikowanej jako Bc - rozmyty obszar niskiego ciśnienia z różnymi kierunkami adwekcji i systemem frontów. W niżu tym prądy wstępujące o składowej pionowej skierowanej do góry wynosiły prawdopodobnie aerozole wyżej, sprzyjając ich propagacji. Potwierdzają to niższe niż przy wyżu wyniki pomiarów stężeń pyłów, które wynosiły w tym dniu 35 $\mu g/m^3$. Teren południowej Polski znajdował się w wycinku ciepłym niżu. Zale-



Ryc. 42. Mapa synoptyczna dolna z godz. 00 GTM 26.08.77
Fig. 42. Lower weather-chart at 00 hour GMT on 26th August 1977

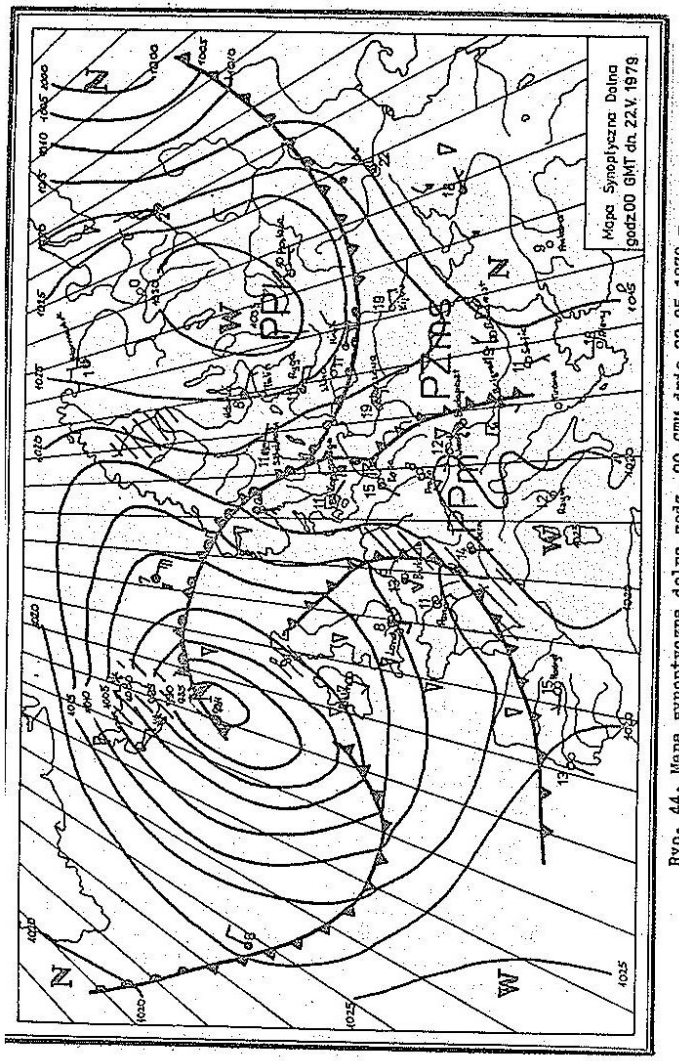
gało ciepłe powietrze zwrotnikowe morskie stare przy napływie z kierunku południowo-wschodniego. Podsumowując wydaje się, iż korzystnym uzupełnieniem badań podstawowych są obrazy satelitarne na materiale przeźroczystym wraz z sytuacjami synoptycznymi.



Ryc. 43. Fragment obrazu satelitarnego południowej Polski otrzymanego 22 maja 1979 roku z Goscentr "Priroda" wykonany przez scaner w kanale 4

Fig. 43. A fragment of a sattelite picture of southern Poland received from Goscentr "Priroda" on 22nd May 1979 drawn by a scaner in channel 4

Bezpośrednim wynikiem tej interpretacji jest określenie zasięgu występowania warstwy aerozoli w dniach o odmiennych sytuacjach barycznych. Szczupłość dostępnych zdjęć - związana z wysokim ich kosztem, nie pozwala jednak na pełniejszą interpretację całego okresu badań przyjętego w tej pracy.



Ryc. 44. Mapa synoptyczna dolna godz. 00 GTM dnia 22.05.1979 r.
Fig. 44. Lower weather - chart at 00 hour GMT on 22nd May 1979

6. Podsumowanie

Na całym terenie Kotliny Sądeckiej stwierdzono sezonowość roczną stężeń mierzonych zanieczyszczeń. Zapylenie dobowe powietrza atmosferycznego Kotliny Sądeckiej w lipcu i sierpniu 1981 r., maju i czerwcu 1982 r. było bardzo niskie i w tych miesiącach zasadniczo nie stwierdzono przekroczeń normy. Miesiące zimowe charakteryzowały się najwyższym zapyleniem i w tym okresie stwierdzono najwięcej przekroczeń dopuszczalnej normy.

Stężenia dobowe SO_2 w powietrzu Kotliny Sądeckiej kształtowało się na niskim poziomie i stosunkowo rzadko były przekraczane normy dobowe. Natomiast na posterunkach pomiarowych w Nowym Sączu przy Rynku oraz przy ul. Waryńskiego zostały przekroczone dopuszczalne roczne normy mierzonych zanieczyszczeń:

a/ średnie roczne normy zapylenia powietrza przekroczone 4-krotnie,

b/ średnia roczna norma stężenia SO_2 przekroczona 1,5-krotnie.

Na wszystkich pozostałych posterunkach pomiarowych została przekroczona 2-3-krotnie dopuszczalna średnia roczna norma stężenia pyłu drobnego w powietrzu atmosferycznym. W punktach tych średnie roczne stężenie SO_2 mieściło się w dopuszczalnej normie. We wszystkich posterunkach pomiarowych stwierdzono dużą zmienność stężeń przekraczających normę na tle poszczególnych dni tygodnia /tab. 6/. na posterunkach pomiarowych w Nowym Sączu przy Rynku i przy ul. Grunwaldzkiej i Waryńskiego oraz w Starym Sączu przeważały stężenia pyłu zasadniczo w przedziale 0-99 $\mu g/m^3$. W Zabełczu i Świniarsku w przedziale 0-74, w Brzeznej i Piątkowej 0-40 $\mu g/m^3$.

Stężenie SO_2 najczęściej występowało w przedziale 0-99 $\mu g/m^3$ /Nowy Sącz - Rynek, Stary Sącz/ oraz w przedziale 0-74 /Nowy Sącz - Grunwaldzka, Nowy Sącz - Waryńskiego, Zabełcze, Świniarsko/, w przedziale 0-49 /Brzezna, Piątkowa/.

Średnie dobowe stężenie pyłu w Nowym Sączu pozostawało w zależności od wielu elementów meteorologicznych:

a/ najczęściej wysokie zapylenia stwierdzano podczas słabych wiatrów i cisz,

b/ wysokie zapylenia powietrza miały miejsce z reguły przy wiatrach wiejących z kwadrantu południowo-zachodniego,

c/ ogólnie, w ciągu całego okresu badawczego stwierdzono, że wraz ze wzrostem średniej dobowej temperatury powietrza stężenie pyłu kształtowało się na proporcjonalnie niższym poziomie,

d/ najwyższe, przekraczające normę krajową stężenie pyłu występowało wyłącznie podczas dni bez opadu.

Z całego obszaru Kotliny Sądeckiej najwyższe średnie stężenie pyłu drobnego stwierdzono na posterunku pomiarowym w Nowym Sączu przy Rynku /średnie za okres badawczy 94 $\mu g/m^3$, również najwyższe średnie stężenie SO_2 wystąpiło w Nowym Sączu przy Rynku /średnie za okres badawczy 93 $\mu g/m^3$.

Najwięcej przypadków z przekroczoną normą dobową zapylenia powietrza atmosferycznego stwierdzono na posterunku w Nowym Sączu przy ul. Waryńskiego i Grunwaldzkiej oraz przy Rynku. Największa ilość przypadków z przekroczoną normą dobową stężenia SO_2 w powietrzu atmosferycznym wystąpiła na posterunkach pomiarowych w Nowym Sączu przy ul. Waryńskiego oraz przy Rynku i w Świniarsku.

Badania wykazały, że zimowe stężenie SP są ogólnie 2,5 razy wyższe niż w pozostałych miesiącach, a stężenia zimowe SS około 3,5 razy wyższe. Wartości te są w poszczególnych miejscowościach zróżnicowane i wynoszą:

1/ w Nowym Sączu, Rynek
   SP = 3 : 1
   SS = 4 :1
2/ w Zabełczu
   SP = 2 : 1
   SS = 4 : 1
3/ w Nowym Sączu, ul. Grunwaldzka
   SP = 3,5 : 1
   SS = 1 : 2
4/ w Nowym Sączu, ul. Waryńskiego
   SP = 2 : 1
5/ w Starym Sączu
   SP = 2 : 1
   SS = 1 : 1
6/ w Brzeznej
   SP = 3 : 1
   SS = 1,5 : 1
7/ w Świniarsku
   SP = 2,5 : 1
   SS = 5,6 : 1

Porównanie pomiarów SO_2 przeprowadzonych w latach 1973-1975 na terenie Kotliny Sądeckiej metodą Liesenganga oraz w okresie 1981-1982 metodą West-Geake'a wskazuje na znaczny, czasem dwukrotny wzrost stężeń mierzonych zanieczyszczeń.

W pyle opadającym na teren Kotliny Sądeckiej stwierdzono duży udział węgla /części organiczne/, poza tym obecność wapnia, żelaza i magnezu w ilościach dość zróżnicowanych w czasie i przestrzeni [111].

W Nowym Sączu wysokich, niebezpiecznych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym należy oczekiwać raczej w chłodnej porze roku, przede wszystkim w dni o średniej dobowej temperaturze poniżej 5,0°C, z ciszą atmosferyczną, lub z bardzo słabym wiatrem, wiejącym z południowego zachodu z prędkością 0-2 m/s , w dni bez opadów atmosferycznych, lub ze słabym opadem do 5 mm.

Stężenia zanieczyszczeń powietrza pogarszają warunki klimatyczne miejscowości Nowy Sącz - położonej na dnie Kotliny. Spływające ze stoków do dna Kotliny zimne powietrze potęguje inwersję temperatury. Wiatr halny często nie schodzi do samego dna Kotliny i ślizga się po poduszce zimnego powietrza /inwersje występują najczęściej w chłodnej porze roku, kiedy zwiększa się emisja zanieczyszczeń w sezonie grzewczym/. Sytuację pogarsza również duża ilość cisz i wiatrów bardzo słabych /0-2 m/s /, a tych cisz bywa w Nowym Sączu ponad 50 %. Zwiększająca się koncentracja pyłów i gazów w powietrzu, występująca podczas wiatrów wiejących z wycinka południowo-zachodniego nasuwa przypuszczenie, iż znaczna część zanieczyszczeń pochodziła ze zlokalizowanych w rejonie Biegonic szeregu zakładów przemysłowych.

Rozkład przestrzenny stężeń pyłu drobnego i SO_2 na terenie Kotliny Sądeckiej wskazuje, iż wysokie koncentracje tych zanieczyszczeń, występujące przede wszystkim w centralnych częściach miasta Nowego Sącza, a w mniejszym stopniu Starego Sącza są pochodzenia lokalnego. Wskazuje na to centralnie położony obszar obejmujący środkową /zlokalizowaną w widłach rzek Dunajca i Kamienicy/, część miasta Nowego Sącza. Obszar ten charakteryzuje się wyższymi parametrami SP i SS, niż tereny otaczające. Z reguły w miarę wzrostu odległości od tego "centrum", stężenia mierzonych zanieczyszczeń malały. Obrazy satelitarne jako uzupełnienie badań podstawowych, ułatwiły w pewnym stopniu interpretację propagacji aerozoli. Stwierdzono, iż podczas bezwietrznej sytuacji antycyklonalnej wytwarzały się sprzyjające warunki dla gromadzenia się dymów na terenie Kotliny Sądeckiej.

IV. WYNIKI WŁASNYCH BADAŃ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W MIEŚCIE NOWYM SĄCZU

Przy pomocy przyrządów AKZA-1 /Rozdz. I.5./ zostały przeprowadzo- pomiary w Nowym Sączu przy Rynku. Okres badań obejmował lata 1977-82. Wykonano codzienne pomiary pyłu drobnego oraz SO_2. Wyniki przedstawione zostały jako średnie dobowe.

Po sprawdzeniu i zweryfikowaniu danych wyjściowych oparto się o zbiór 1933 danych średnich dobowych stężeń pyłu drobnego oraz 1921 danych średnich dobowych stężeń SO_2. Okres ten podzielono na okres zimowy, obejmujący następujące miesiące: I, II, III, 1-14.IV, 15-30. X, XI, XII oraz okres letni tj. 15-30.IV, V, VI, VII, VIII, IX, 1-14. X. Podział ten dzielił zmienne według ich ilości następująco:

zima SP = 913 ziennych
SS = 915 "
lato SP = 1020 "
SS = 1006 "

Dobowym zanieczyszczeniom przypisano 13 elementów meteorologicznych, każdy z nich po 2191 zmiennych /okres zimowy 1093 zmiennych, letni 1098/, zestawione jako średnie miesięczne.

Oprócz wyżej wymienionych badań dotyczących wpływu poszczególnych elementów meteorologicznych na stężenia zanieczyszczeń powietrza przeanalizowano wpływ sytuacji synoptycznych na wartości tych stężeń. Sytuacje synoptyczne przyjęto według N i e d ź w i e d z i a [129] dzielając za nim 21 grup.

1. Interpretacja badań przeprowadzonych w Nowym Sączu

Zmienne zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, obliczone jako średnie miesięczne stężenia w latach 1977-1982 przedstawiają tab. 1 i 2 oraz ryc. 45.

W latach 1977, 1979, 1980, 1981 i 1982 średnie maksymalne stężenia miesięczne pyłu stwierdzono w styczniu, jedynie w 1978 r. w lutym. Absolutne średnie maksimum miesięczne wystąpiło w styczniu 1981 r. 407,1 $\mu g/m^3$. Minima średnie miesięczne wystąpiły z reguły w czerwcu lub lipcu /tab. 1/. Średnie maksymalne stężenie miesięczne SO_2 wystąpiły w styczniu /1977, 1980, 1981/, w lutym /1978/, w grudniu /1979/ lub w listopadzie /1982/. Średnie minimalne we wrześniu /1977, 1979/ sierpniu /1978, 1980/, w lipcu /1982/ i w czerwcu /1981/ /tab. 2, ryc. 45/.

Tabela 1

Średnie miesięczne stężenia pyłu drobnego w powietrzu atmosferycznym w $\mu g/m^3$ na stacji pomiarowej w Nowym Sączu w latach 1977-1982

Miesiąc \ Rok	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977-82
I	240,6	184,1	167,3	193,9	407,1	316,0	251,5
II	106,2	219,4	159,5	148,9	100,4	155,3	151,0
III	132,5	108,7	122,6	123,1	106,9	107,7	116,9
IV	68,2	64,5	61,7	109,6	70,1	54,6	71,4
V	40,0	46,1	49,4	74,1	42,9	34,2	47,8
VI	23,7	18,5	51,1	38,5	34,1	17,8	30,6
VII	27,6	34,9	30,2	35,5	36,1	19,9	30,7
VIII	34,4	27,3	46,5	45,0	43,2	21,0	36,2
IX	50,4	44,4	39,1	54,2	66,3	50,4	50,8
X	89,2	56,4	114,2	71,9	73,4	96,4	83,6
XI	80,5	82,4	139,9	125,8	79,1	147,4	109,2
XII	199,1	140,6	156,9	136,5	153,0	111,0	149,5

Tabela 2

Średnie miesięczne stężenie dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym w $\mu g/m^3$ na stacji pomiarowej w Nowym Sączu w latach 1977-1982

Miesiąc \ Rok	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977-82
I	266,9	200,4	118,9	224,2	218,3	230,0	209,8
II	201,0	349,8	131,1	157,0	115,2	215,0	195,0
III	157,5	123,7	112,8	189,7	77,2	148,7	134,9
IV	125,1	71,2	74,6	87,5	110,5	55,9	87,5
V	31,5	38,3	31,6	28,5	32,7	21,6	30,7
VI	24,4	41,7	59,0	33,8	24,5	17,8	33,5
VII	33,4	22,9	37,2	21,7	30,8	16,1	27,0
VIII	20,5	16,6	46,2	18,1	30,2	21,3	25,5
IX	15,7	41,4	28,3	46,9	34,6	47,2	35,7
X	47,7	56,6	35,5	113,6	51,0	138,7	73,8
XI	27,8	85,2	131,2	210,1	93,2	331,4	146,5
XII	125,9	130,2	132,0	95,7	174,2	250,0	151,3

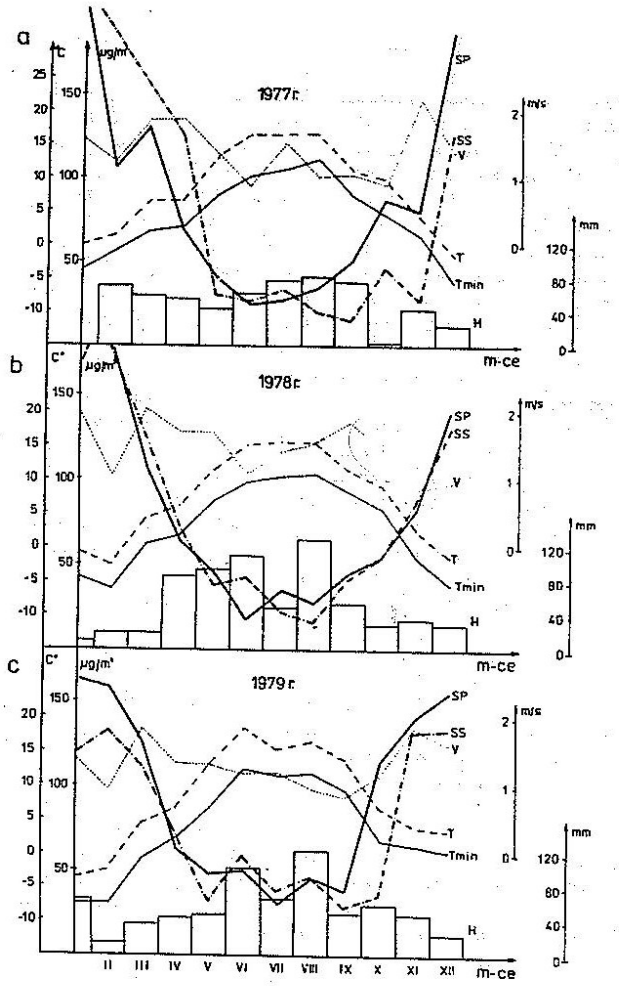
Rozkład częstości wyników pomiarów, wartości najniższe, najwyższe, mediany i średnie drobnego pyłu i SO_2 w poszczególnych latach badanego okresu i w wieloleciu prezentują tab. 3 i 4. Uwidacznia ona, iż największa częstość występuje w przedziale 20-49 $\mu g/m^3$. Średnio w latach 1977-1982: 98 razy. Następnie w przedziałach 50-99 i 0-19 /tab. 3/. Pył drobny najczęściej występował w przedziale stężeń 20-99 $\mu g/m^3$ /tab. 3/. Absolutne dobowe maksimum stwierdzono w 1977 r. 789,2 $\mu g/m^3$. Najwyższe średnie roczne stężenie pyłu drobnego było w 1979 r. - 95,6 $\mu g/m^3$. Stężenia SO_2 wahały się podobnie, z tym, że najwięcej przypadków zanotowano w przedziałach 20-49 i 0-19 $\mu g/m^3$ /tab. 4/. Następnie idąc w kierunku wyższych stężeń zauważa się tendencję spadkową. Absolutne dobowe maksimum SO_2 stwierdzone zostało w 1979 r. 862,1 $\mu g/m^3$. Najwyższe średnie roczne w 1982 r. - 122,8 $\mu g/m^3$.

Zmienne z wielolecia 1977-1982 rozpatrzone zostały również na tle poszczególnych kierunków wiatru /tab. 5/. Stężenie pyłu drobnego stwierdzone zostało na najwyższym poziomie przy ciszy /138,0 $\mu g/m^3$/oraz przy kierunkach SE /103,6/ i S /102,5/, najniższe podczas wiatru NW /57,8/. SO_2 swe maksymalne stężenia osiągnął również podczas ciszy /131,7 $\mu g/m^3$/ i podobnie przy kierunkach SS /105,6/ i S /108,7/ /tab. 5/. Okres wielolecia doskonale uwidacznia, iż zarówno maksymalne stężenia pyłu drobnego /138,0 $\mu g/m^3$/ jak i maksymalne stężenia SO_2/131,7 $\mu g/m^3$/ stwierdzone zostało przy ciszy atmosferycznej. Analizując pozostałe kierunki wiatru widać,iż przy wycinku południowym SW-S-SE, wartości pyłu drobnego i SO_2 są wyższe niż podczas pozostałych kierunków.

Tab. 6 przedstawia stężenia zmiennych polutantów w poszczególnych dniach tygodnia okresu 1977-1982. Pył drobny wykazuje wyższe wartości w środę, czwartek i sobotę. Stężenie SO_2 wykazuje natomiast swe wyraźne maksimum w sobotę. Przyczyną tego stanu rzeczy może być zwiększona w tym dniu emisja z palenisk domowych /opalanych węglem/.

Kształtowanie się poszczególnych zmiennych jako średnich miesięcznych okresu 1977-1982 przedstawia tab. 7. Najwyższe średnie stężenia występowały w miesiącach zimowych całego wielolecia, tj. styczeń, luty i grudzień; można tu nawet stwierdzić, iż w miesiącach, w których stwierdzono niskie /ujemne/ średnie miesięczne temperatury powietrza oraz minimalną temperaturę powietrza. Najniższe zapylenia notowano w miesiącach czerwiec - lipiec, natomiast SO_2 w miesiącach sierpień i lipiec.

Tab. 8 przedstawia zmienne SP i SS z okresu 1977-1982 na tle rocznych i sezonowych /zima, lato/ przekroczeń dopuszczalnych norm. Zastosowano tu dwie normy, pierwsza dotyczy obszarów chronionych /dla



Ryc. 45. Nowy Sącz - przebiegi czasowe średnich stężeń pyłu drobnego /SP/ i dwutlenku siarki /SS/ oraz niektórych elementów meteorologicznych

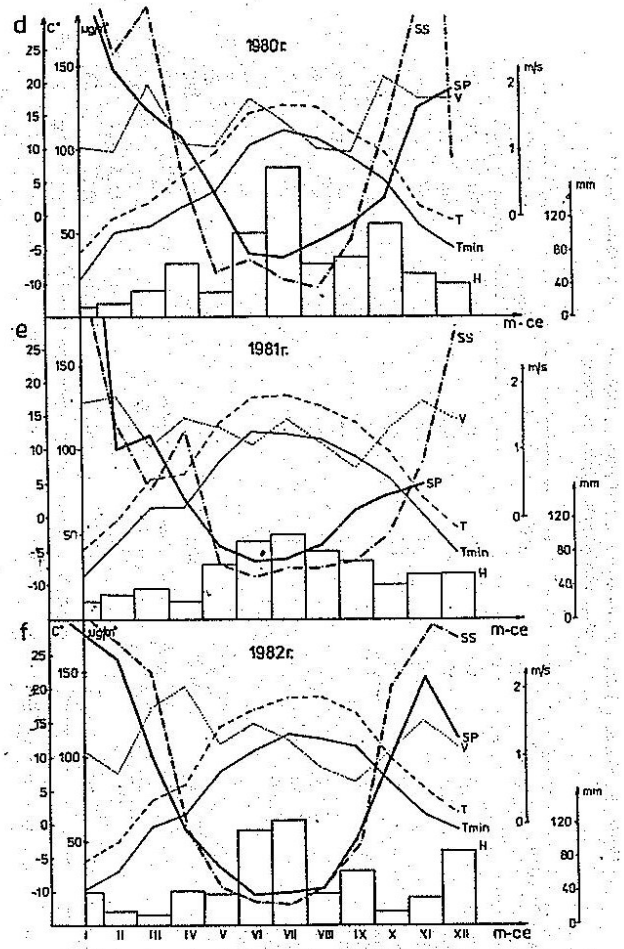


Fig. 45. Nowy Sącz - formation of mean concentrations of fine dust /SP/ and sulphur dioxide /SS/ and some meteorological factors

Tabela 3

Rozkład częstości wyników pomiarów, wartości najniższe, najwyższe średnie i mediany stężeń pyłu drobnego

Stężenia µg/m³ \ Lata	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977-1982
0 - 19	48	69	19	26	23	69	42
20 - 49	94	87	113	91	115	89	98
50 - 99	67	78	75	93	115	100	88
100 - 149	29	36	55	50	39	36	41
150 - 199	19	20	29	33	10	16	21
200 - 249	13	17	13	14	4	10	12
250 - 299	6	4	9	12	5	10	8
300 - 349	10	7	4	3	1	3	5
350 - 399	3	6	1	1	2	2	2
400 - 449	1	1	2	1	1	3	2
450	5	1	3	1	4	7	4
l. pomiarów	295	326	323	325	319	345	322
minimum	1,05	0,06	0,05	0,08	0,05	0,03	0,22
maksimum	789,2	493,7	654,8	526,9	674,7	754,1	648,9
średnia	94,2	83,5	95,6	94,7	79,8	93,5	90,2
mediana	52,6	53,9	65,0	75,6	59,0	55,6	60,3

Tabela 4

Rozkład częstości wyników pomiarów, wartości najniższe, najwyższe średnie i mediany stężeń dwutlenku siarki

Stężenie µg/m³ \ Lata	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977-1982
0 - 19	81	90	53	75	37	69	68
20 - 49	91	77	99	85	146	94	99
50 - 99	50	63	79	45	61	39	56
100 - 149	24	16	51	44	26	19	30
150 - 199	16	12	8	27	16	37	19
200 - 249	11	10	9	30	17	19	16
250 - 299	10	14	6	11	9	34	14
300 - 349	7	7	6	11	3	17	8
350 - 399	5	4	1	4	1	6	4
400 - 449	1	4	0	5	1	4	2
450	7	13	2	1	0	1	6
l. pomiarów	303	310	314	338	317	339	320
minimum	0,05	3,8	0,04	3,6	11,6	5,0	3,8
maksimum	619,8	585,9	862,1	469,5	407,3	436,7	563,6
średnia	90,5	97,8	76,8	102,1	73,1	122,8	93,8
mediana	34,6	41,8	50,7	53,7	46,0	51,5	46,4

Nowy Sącz - średnie wieloletnie /1977-1982/ stężenia pyłu drobnego i dwutlenku siarki dla poszczególnych kierunków wiatru

Stężenie µg/m³ \ Kierunek	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Pył	71,8	68,6	85,4	103,6	102,5	82,8	69,0	57,8	138,0
SO_2	81,2	66,7	81,5	105,6	108,7	88,7	77,6	70,0	131,7

Tabela 6

Nowy Sącz - średnie wieloletnie /1977-1982/ stężenia pyłu drobnego oraz dwutlenku siarki w poszczególnych dniach tygodnia

Stężenie µg/m³ \ Dni tygodnia	Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek	Sobota	Niedziela
Pył	90,7	82,6	95,2	98,0	85,1	96,5	82,9
SO_2	94,6	97,9	96,8	95,5	89,9	106,1	79,4

Tabela 7

Nowy Sącz

Kształtowanie się poszczególnych zmiennych jako średnich miesięcznych całego okresu 1977-1982

Miesiąc \ Zmienne	Pyły µg/m³	SO_2 µg/m³	T powietrza °C	T maks. powietrza °C	T min. powietrza °C	Prężność pary wodnej nPa	Opad mm	Niedosyt wilgotności hPa
I	251,5	209,8	-3,4	0,6	-7,4	4,1	33,4	1,1
II	151,0	195,0	-1,0	3,2	-4,6	4,8	28,9	1,4
III	116,9	134,9	4,3	9,8	0,4	6,4	34,4	3,0
IV	71,4	87,5	6,2	11,7	1,9	7,1	51,8	3,5
V	47,8	30,7	12,6	18,9	6,8	10,9	53,7	6,0
VI	30,6	33,5	16,5	22,7	11,1	14,5	96,7	6,7
VII	30,7	27,0	16,8	22,6	11,9	14,8	98,3	6,2
VIII	36,2	25,5	16,6	22,5	11,7	14,9	87,4	6,1
IX	50,8	35,7	13,3	19,2	8,9	12,7	65,9	4,3
X	83,6	73,8	9,1	14,9	4,9	9,5	44,1	3,3
XI	109,2	146,5	3,5	7,3	0,5	6,6	44,1	1,9
XII	149,5	151,3	-0,1	3,4	-3,5	5,2	43,3	1,3

Miesiąc \ Zmienne	Ciśnienie hPa	Temp. przy gruncie °C	Wilgotność powietrza %	Zachmurzenie 0-10	T_{min-gr} °C	Widzialność 0-9	Prędkość wiatru m/sek
I	79,4	-10,4	81	7	2,9	6	1
II	81,3	-6,8	81	7	2,3	6	1
III	78,9	-1,6	77	7	2,0	6	2
IV	78,6	-0,4	76	7	2,3	6	2
V	81,4	4,8	75	7	2,0	7	1
VI	79,5	9,1	77	7	2,1	7	1
VII	80,1	9,9	78	7	2,0	7	1
VIII	80,8	6,5	80	6	2,2	7	1
IX	83,8	6,5	82	6	2,4	6	1
X	82,7	2,2	81	6	2,7	6	1
XI	82,8	-1,6	82	7	2,0	6	2
XII	78,2	-5,4	82	7	1,9	6	1

Tabela 8

A. Roczne i sezonowe przekroczenia norm dla Nowego Sącza w latach 1977-1982

Norma	Stężenie	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977--1982
I	SP	57 100 %	56 98 %	60 105 %	65 114 %	27 47 %	51 89 %	316
	SS	13 100 %	21 161 %	3 23 %	10 77 %	2 14 %	11 85 %	60
II	SP	136 100 %	143 110 %	172 126 %	188 138 %	155 114 %	172 126 %	972
	SS	95 100 %	109 115 %	103 108 %	157 165 %	93 98 %	167 176 %	724

B. Przekroczenie norm w okresie zimowym

Norma	Stężenie	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977--1982
I	SP	56 100 %	51 91 %	56 100 %	58 104 %	27 48 %	50 89 %	298
	SS	13 100 %	21 161 %	2 15 %	10 77 %	2 15 %	11 85 %	59
II	SP	103 100 %	111 108 %	134 130 %	132 128 %	108 105 %	142 138 %	730
	SS	88 100 %	86 102 %	88 100 %	132 150 %	86 102 %	152 173 %	632

C. Przekroczenie norm w okresie letnim

Norma	Stężenie	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1977--1982
I	SP	1 100 %	5 500 %	4 400 %	7 700 %	0 0	1 100 %	18
	SS	0	0	1	0	0	0	1
II	SP	33 100 %	38 115 %	38 115 %	56 170 %	47 142 %	30 91 %	242
	SS	7 100 %	23 328 %	15 214 %	25 337 %	7 100 %	15 214 %	92

Norma I Obszary chronione /pył 150, SO_2 350 $\mu g/m^3$/
Norma II Obszary specjalnie chronione /pył 60, SO_2 75 $\mu g/m^3$/
Okres zimowy I, II, III, 1-14.IV, 15-30.X, XI, XII
Okres letni 15-30 IV, V, VI, VII, VIII, IX, 1-14.X

pyłu 150 dla SO_2 350 $\mu g/m^3$ powietrza/, druga zaostrzona dla obszarów specjalnie chronionych /pyły 60, SO_2 - 75 $\mu g/m^3$/.

W tab. 8 podano częstotliwości przekroczeń norm oraz procentowe zmiany tych przekroczeń przy założeniu pierwszego roku badań tj. 1977 jako 100 %. Dane liczbowe stężenia pyłu drobnego układają się na zbliżonym poziomie, za wyjątkiem 1981 r. Stężenie SO_2 wykazywało dość znaczny rozrzut przekroczeń, maksimum w 1978 r., 21 przekroczeń normy, natomiast minimum w 1981 r. - 2 przekroczenia. Częstość przekroczeń drugiej normy kształtowała się na dosyć zbliżonym poziomie, dla pyłu drobnego, natomiast SO_2 wykazywało rozrzut - w 1982 r. 167 przekroczeń /maksimum/, w 1981 r. - 93 przekroczenia /minimum/.

Przekroczenia wspomnianych norm w okresie zimowym i letnim prezentują tabele 8 B i C. Z tabel tych widać, że zdecydowana większość przypadków z przekroczoną dopuszczalną normą dobową wystąpiła w okresach zimowych. W zimach wielolecia 1977-1982 stężenie pyłu drobnego było przekroczone 298 razy /norma I/, 730 razy /norma II/.Podczas gdy w okresach letnich wartości te przedstawiają się następująco: 18 /I/ i 242 /II/. Podobnie było ze stężeniem SO_2 w powietrzu atmosferycznym: zimy 59 /I/, 632 /II/, lato 1 /I/ i 92 /II/. Uogólniając można powiedzieć, iż w okresach zimowych występuje kilkakrotnie większa częstotliwość przekroczenia norm w porównaniu z okresami letnimi /tab. 8 B, C/.

2. Wpływ sytuacji synoptycznych na wartość stężeń mierzonych zanieczyszczeń

Sytuacje synoptyczne rozdzielono na 21 typów /według Niedźwiedzia [129] /. Wprowadzono stosowne powszechnie oznaczenia literowe kierunku adwekcji z indeksem "a" dla układów antycyklonalnych /wyżowych/ i "c" dla cyklonalnych /niżowych/.

N_a, N_c - sytuacja z adwekcją powietrza z północy
NE_a, NE_c - sytuacja z adwekcją powietrza z północnego-wschodu
E_a, E_c - sytuacja z adwekcją powietrza ze wschodu
SE_a, SE_c - sytuacja z adwekcją powietrza z południowego wschodu
S_a, S_c - sytuacja z adwekcją powietrza z południa
SW_a, SW_c - sytuacja z adwekcją powietrza z południowego zachodu
W_a, W_c - sytuacja z adwekcją powietrza z zachodu
NW_a, NW_c - sytuacja z adwekcją powietrza z północnego zachodu
C_a - sytuacja centralna antycyklonalna, brak adwekcji,centrum wyżu nad Polską południową,

K_a - klin antycyklonalny, czasem kilka niewyraźnych ośrodków lub rozmyty obszar podwyższonego ciśnienia, oś wału wysokiego ciśnienia,

C_c - sytuacja centralna cyklonalna, centrum niżu nad Polską południową,

B_c - bruzda cyklonalna, rozmyty obszar niskiego ciśnienia lub oś bruzdy niżowej z różnymi kierunkami adwekcji i systemem frontów oddzielających różne masy powietrza,

X - sytuacje nie dające się zaklasyfikować i siodła baryczne.

Opracowanym przez Niedźwiedzia typom cyrkulacji [129] przypisano zmierzone przez autora stężenia zanieczyszczeń w Nowym Sączu za okres badań obejmujący lata 1977-1982. Analizę związku wyróżnianych 21 sytuacji synoptycznych na wielkość stężeń zanieczyszczeń powietrza przeprowadzano osobno dla okresu zimowego, letniego, jak również dla okresu całorocznego.

W półroczu zimowym badanego okresu 1977-1982 najczęściej występowała sytuacja synoptyczna W_c, tj. cyklonalna z adwekcją powietrza z zachodu /159 razy/, najrzadziej N_a - antycyklonalna, z adwekcją powietrza z północy /10 razy/. Najwyższe średnie stężenia pyłów zanotowane zostały w sytuacji baryczne C_a /267 $\mu g/m^3$/, tj. antycyklonalnej, bez adwekcji, z centrum wyżu nad Polską południową. Podobnie najwyższe stężenia SO_2 wynoszące 246 $\mu g/m^3$ zostało stwierdzone w sytuacji C_a. Najniższe stężenie zimowe pyłów i SO_2 stwierdzono w sytuacji baryczne NW_c, tj. z adwekcją powietrza z północnego zachodu /SP = 73 $\mu g/m^3$, SS = 103 $\mu g/m^3$/.

W półroczu letnim najwięcej było sytuacji K_a tzn. klinów antycyklonalnych, czasem kilka niewyraźnych ośrodków lub rozmyty obszar podwyższonego ciśnienia oraz oś wału wysokiego ciśnienia /198 razy/. Najrzadziej występowała sytuacja C_c /sytuacja centralna cyklonalna, centrum niżu nad Polską południową /12 razy/. Najwyższe letnie stężenia pyłu oraz SO_2 stwierdzone zostały przy sytuacji SE_a, tj. antycyklonalna z adwekcją z południowego wschodu /SP = 80 $\mu g/m^3$; SS 67 $\mu g/m^3$/. Najniższe stężenia wystąpiły podczas sytuacji E_c /SP = 26 $\mu g/m^3$, SS = 30 $\mu g/m^3$/.

W rozpatrywanym wieloleciu 1977-1982 dla okresu całorocznego najczęściej występowała sytuacja K_a /313 razy/, najrzadziej, bo tylko 19 razy sytuacja C_c. Maksymalne średnie stężenie pyłu w badanym wieloleciu wystąpiło w sytuacji C_a /145,9 $\mu g/m^3$/. Również w tej sytuacji stwierdzono drugie co do wielkości średnie stężenie SO_2 /122,3 $\mu g/m^3$/. Najwyższe stężenie SO_2 wystąpiło jednak w sytuacji SW_c 141,0 $\mu g/m^3$. Najniższe średnie stężenia pyłu i SO_2 stwierdzono ogólnie w sytuacji

Idąc za postulatem R e i n a [167] zredukowano liczbę typów 21 sytuacji baryczne przyjmując za N i e d ź w i e d z i e m [129] 10 typów sytuacji synoptycznych, 5 antycyklonalnych: N_a+NE_a, E_a+SE_a, S_a+SW_a, W_a+NW_a, C_a+K_a i 5 cyklonalnych: N_c+NE_c, E_c+SE_c, S_c+SW_c, W_c+NW_c, C_c+B_c. Grupom tym przyporządkowano średnie zmierzone w Nowym Sączu stężenia pyłu i SO_2.

W okresie zimowym zarówno pył jak i SO_2 zdecydowanie najwyższe stężenia osiągnął podczas występowania sytuacji C_a+K_a /SP = 203,4; SS = 206,8 $\mu g/m^3$/. Najniższe stężenia pyłu i SO_2 wystąpiły w sytuacji W_c+NW_c. W półroczu letnim najwyższe stężenia SP = 102,5 $\mu g/m^3$, SS = 41,3 $\mu g/m^3$.

Obliczono również średnie stężenia dla 10 sytuacji w całym wieloleciu 1977-1982 /bez względu na wyróżnione poprzednio pory zimową i letnią/. Stwierdzono ogólnie, iż wyższe stężenia zanotowano w sytuacji antycyklonalnej.

W drugim etapie badań wpływu sytuacji synoptycznych na zanieczyszczenia, rozdzielono stężenia pyłu oraz stężenia SO_2 na 3 grupy, stosując następujący podział:

I[x/] stężenia w przedziale 0-49 $\mu g/m^3$, niskie

II[x/] stężenia w przedziałach
a/ 50-99 $\mu g/m^3$ - średnie niskie
b/ 100-149 $\mu g/m^3$ - średnie wysokie
} średnie

III[x/] stężenia powyżej 150 $\mu g/m^3$ - wysokie.

Podobnie jak poprzednio obliczenia przeprowadzono osobno dla okresu letniego, osobno dla zimowego i dla roku /w badanym okresie 1977-1982/. Analizę przeprowadzono osobno dla 21 poszczególnych sytuacji synoptycznych i osobno dla 10 grup połączonych [129].

Dla 21 sytuacji synoptycznych w półroczu zimowym wysokie zarówno SP jak i SS stwierdzono zostało zdecydowanie najczęściej w sytuacji K_a. Średnie i niskie najczęściej występowały w sytuacji W_c. Okres letni charakteryzował się większą ilością stężeń niskich i średnich, w porównaniu do zimowego. Mimo to również w półroczu letnim częściej wystąpiły stężenia wysokie SP i SS podczas sytuacji K_a.

Obliczenia częstotliwości występowania stężeń wysokich SP $>$ 150 $\mu g/m^3$ lub SS $>$ 150 $\mu g/m^3$ wykazały, iż najczęściej występują one w sytuacji K_a /klin antycyklonalny czasem kilka niewyraźnych ośrodków lub rozmyty obszar podwyższonego ciśnienia, oś wału wysokiego ciśnie-

---

x/ ww. przedziały przyjęto kierując się normami polskimi obecnymi jak i mającymi obowiązywać w przyszłości jak też normami zagranicznymi

nia/. Częstość występowania przedziałów mierzonych stężeń na tle 10 grup synoptycznych przedstawia się następująco:

W okresie zimowym najwyższym stężeniom SP $>$ 150 $\mu g/m^3$, SS $>$ 150 $\mu g/m^3$ towarzyszyła sytuacja C_a+K_a. Średnie i niskie SP najczęściej zanotowano w sytuacji W_c+NW_c. Wysokie stężenia SO_2 najczęściej wystąpiły podczas sytuacji C_a+K_a. Podobnie jak SP, SO_2 na średnim i niskim poziomie najczęściej wystąpił podczas sytuacji W_c+NW_c.

Półrocze letnie to znów przewaga sytuacji C_a+K_a dla stężeń wysokich pyłu a sytuacji C_c+B_c oraz C_a+K_a dla wysokich stężeń SO_2. Dla okresu całorocznego bez względu na wyróżniony wcześniej okres letni i zimowy /1977-1982/ rozkład stężeń mierzonych zanieczyszczeń przedstawiał się podobnie. Najczęściej wysokie stężenia występowały w sytuacji synoptycznej C_a+K_a, natomiast średnie i niskie stężenia w sytuacji C_c+B_c.

3. Badania statystyczne i sprawdzenie obliczeń w oparciu o materiał niezależny x

W celu doboru "najlepszego" równania regresji zastosowano procedurę regresji krokowej [26]. W procedurze tej zmienne niezależne są w poszczególnych krokach wprowadzane lub wyprowadzane z równania regresji na podstawie oceny wielkości współczynnika korelacji cząstkowej ze zmienną zależną, jak również na podstawie wartości testu "F" [181].

Badając sumaryczny wpływ wszystkich zmiennych ze zmienną zależną, oparto się o współczynnik determinacji "R^2" oraz test "F" /Fishera-Snedecora/ z analizy wariancji w regresji. Jako zmienną zależną przyjęto zmierzone w Nowym Sączu przez autora w latach 1977-1982 zanieczyszczenia powietrza. Średnie dobowe elementy meteorologiczne przyjęto jako zmienne niezależne. Osobne obliczenia wykonano dla średniego dobowego stężenia pyłu drobnego, osobno zaś dla średniego dobowego stężenia SO_2.

Obliczenia wykonane zostały w pięciu wariantach:

1° Całość zbioru danych poddano analizie w stosunku rocznym, jak też w okresach zimowym i letnim.

2° Obliczenie wykonano osobno dla ciszy i osobno dla poszczególnych kierunków wiatru

x Wszystkie obliczenia wykonane zostały w Uczelnianym Ośrodku Elektronicznej Techniki Obliczeniowej na komputerze CYBER-72

3° Opracowano zależności przy wyróżnionych sytuacjach synoptycznych, przyjmując całość zbioru danych,
a/ dla 21 typów sytuacji synoptycznych
b/ dla 10 typów sytuacji synoptycznych

4° Opracowano zależności przy wyróżnionych sytuacjach synoptycznych, z uwzględnieniem 6 zmiennych niezależnych, stosowanych powszechnie w prognozach synoptycznych, a zarazem zdaniem autora najważniejszych, tj. T, T_{min}, H, f, V, M,
a/ dla 21 typów sytuacji synoptycznych
b/ dla 10 typów sytuacji synoptycznych.

5° Obliczenia wykonano jak w wariancie 4 b°, wprowadzając jednak dodatkową zmienną zależną - x_{15} - średnie stężenie danego zanieczyszczenia z dnia poprzedzającego.

Ogólna postać równania:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{k_i} + \varepsilon_i$$

gdzie k = 1, ..., n

Stosowane symbole:

Y_i - oznacza w równaniu zmienną zależną
Y_{i_1} = SP - stężenie pyłu drobnego w $\mu g/m^3$
Y_{i_2} = SS - stężenie dwutlenku siarki w $\mu g/m^3$
α - stała równania
ε_i - błąd losowy
β_k - współczynniki regresji
R^2 - współczynnik determinacji wielokrotnej
P - wartość testu "F" z analizy wariancji w regresji
x/ - w nawiasach podano błędy standardowe współczynników regresji
i - liczebność próby
xx - regresja statystycznie wysoce istotna
x_1 - średnia dobowa temperatura powietrza "T", w °C
x_2 - średnia maksymalna temperatura dobowa "T_{max}" w °C
x_3 - średnia minimalna temperatura dobowa "T_{min}" w °C
x_4 - średnia dobowa prężność pary wodnej "e" w hPa
x_5 - suma dobowa opadu "H" w mm
x_6 - średni dobowy niedosyt wilgotności "d" w hPa
x_7 - średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne "p" w hPa
x_8 - średnia dobowa min. temperatura przy gruncie "T_{min-g}" w °C
x_9 - średnia dobowa wilgotność względna "f" w %
x_{10} - średnie dobowe zachmurzenie "z" w skali 0-9

x_{11} - różnica pomiędzy średnią dobową temperaturą minimalną a temperaturą minimalną przy gruncie "X" w ^{o}C

x_{12} - średnia dobowa widzialność "w" w skali 1-9 km

x_{13} - średnia dobowa prędkość wiatru "v" w m/s

x_{14} - suma dobowa godzin z mgłą "M"

x_{15} - średnie stężenie danego zanieczyszczenia z dnia poprzedzającego "$\mu g/m^3$"

Przyjęto też powszechnie stosowane oznaczenia literowe kierunku wiatru. Ponadto wprowadzono 21 typów sytuacji synoptycznych - opisanych w rozdz. IV.2.

1° Postać równania regresji liniowej dla całego okresu 1977-1982

$$SP = \underset{/0,000/^{X}}{(0,471} - \underset{/0,00/^{X}}{0,005\ T} - \underset{/0,000/^{X}}{0,001\ H} - \underset{/0,000/^{X}}{0,001\ p} + \qquad /I/$$

$$- \underset{/0,000/^{X}}{0,001\ f} - \underset{/0,002/^{X}}{0,018\ W} - \underset{/0,001/^{X}}{0,009\ V} + \underset{/0,001/^{X}}{0,003\ X)} \cdot 15 \cdot 10^{2}$$

$R^2 = 0,28$ $\quad F = 87,76$

$i = 2191$

$$SS = \underset{/0,000/}{(0,483} - \underset{/0,000/}{0,007\ T} - \underset{/0,000/}{0,001\ p} - \underset{/0,000/}{0,001\ f} + \qquad /II/$$

$$- \underset{/0,004/}{0,019\ W} - \underset{/0,002/}{0,005\ V} + \underset{/0,001/}{0,003\ X)} \cdot 10^{3}$$

$R^2 = 0,20$ $\quad F = 64,54$

$i = 2193$

Dokonano również obliczeń dla okresów: zimowego i dla całego wielolecia 1977-1982.

Obliczone funkcje były wyjaśnione w niewielkim procencie przez zmienne niezależne /6-17 %/, zatem równania te pominięto.

2° Podobne obliczenia równań regresji przeprowadzone zostały dla ciszy i poszczególnych kierunków wiatru za lata 1977-1982

$$Y_{SP\ cisza} = \underset{/0,001/}{(0,235} - \underset{/0,006/}{0,009\ T_{min.p.g}} - 0,017\ W) \cdot 15 \cdot 10^{2} \qquad /III/$$

$R^2 = 0,41$ $\quad F = 150,104$

$i = 482$

$$Y_{SP.N} = \underset{/0,001/}{(0,243} - \underset{/0,002/}{0,004\ T_{min}} - \underset{/0,002/}{0,006\ d} - 0,006\ Z + \qquad /IV/$$

$$- \underset{/0,004/}{0,012\ W} - \underset{/0,004/}{0,009\ V)} \cdot 15 \cdot 10^{2}$$

$R^2 = 0,45$ $\quad F = 37,27^{XX}$

$i = 261$

$$Y_{SP.NE} = \underset{/0,001/}{(0,124} - \underset{/0,006/}{0,007\ T_{min}} - 0,014\ V) \cdot 15 \cdot 10^{2} \qquad /V/$$

$R^2 = 0,46$ $\quad F = 41,98^{XX}$

$i = 110$

$$Y_{SP.E} = \underset{/0,001/}{(0,140} - 0,004\ T) \cdot 15 \cdot 10^{2} \qquad /VI/$$

$R^2 = 0,13$ $\quad F = 9,88^{XX}$

$i = 86$

$$Y_{SP.SE} = \underset{/0,001/}{(0,368} - \underset{/0,001/}{0,006\ T} - \underset{/0,001/}{0,003\ p)} \cdot 15 \cdot 10^{2} \qquad /VII/$$

$R^2 = 0,50$ $\quad F = 27,69^{XX}$

$i = 71$

$$Y_{SP.S} = \underset{/0,001/}{(0,162} - \underset{/0,001/}{0,009\ p} + \underset{/0,003/}{0,008\ x)} \cdot 15 \cdot 10^{2} \qquad /VIII/$$

$R^2 = 0,20$ $\quad F = 27,74^{XX}$

$i = 257$

$$Y_{SP.SW} = \underset{/0,001/}{(0,261} - \underset{/0,006/}{0,005\ T} - \underset{/0,004/}{0,021\ W} + \underset{/0,004/}{0,022\ M)} \cdot 15 \cdot 10^{2} \qquad /IX/$$

$R^2 = 0,43$ $\quad F = 54,16^{XX}$

$i = 240$

$$Y_{SP.W} = \underset{/0,001/}{(0,393} - \underset{/0,001/}{0,007\ T} + \underset{/0,002/}{0,006\ e} - \underset{/0,002/}{0,007\ A} + \qquad /X/$$

$$- \underset{/0,000/}{0,001\ p} - \underset{/0,000/}{0,002\ f} - \underset{/0,002/}{0,007\ Z} - \underset{/0,002/}{0,012\ V)} \cdot 15 \cdot 10^{2}$$

$R^2 = 0,40$ $\quad F = 36,95^{XX}$

$i = 448$

$$Y_{SP.NW} = (0{,}086 - 0{,}004\ T_{min.p.g.} - 0{,}009\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XI/$$
$$/0{,}000/ \qquad /0{,}002/$$

$R^2 = 0{,}31 \qquad F = 91{,}04^{xx}$
$i = 236$

$$Y_{SS.cisza} = (0{,}282 - 0{,}009\ T - 0{,}017\ W) \cdot 10^3 \qquad /XII/$$
$$/0{,}001/ \quad /0{,}006/$$

$R^2 = 0{,}37 \qquad F = 120{,}69^{xx}$
$i = 482$

$$Y_{SS.N} = (0{,}139 - 0{,}007\ T) \cdot 10^3 \qquad /XIII/$$
$$/0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}32 \qquad F = 106{,}699^{xx}$
$i = 261$

$$Y_{SS.NE} = (0{,}436 - 0{,}006\ T_{max} - 0{,}003\ p - 0{,}006\ z) \cdot 10^3 \qquad /XIV/$$
$$/0{,}001/ \quad /0{,}001/ \quad /0{,}002/$$

$R^2 = 48 \qquad F = 30{,}78^{xx}$
$i = 110$

$$Y_{SS.E} = (0{,}187 - 0{,}006\ T_{max}) \cdot 10^3 \qquad /XV/$$
$$/0{,}002/$$

$R^2 = 0{,}14 \qquad F = 11{,}65^{xx}$
$i = 86$

$$Y_{SS.SE} = (0{,}185 - 0{,}007\ T) \cdot 10^3 \qquad /XVI/$$
$$/0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}38 \qquad F = 34{,}95^{xx}$
$i = 71$

$$Y_{SS.S} = (0{,}169 - 0{,}011\ e + 0{,}013\ X) \cdot 10^3 \qquad /XVII/$$
$$/0{,}002/ \quad /0{,}005/$$

$R^2 = 0{,}11 \qquad F = 13{,}82^{xx}$
$i = 257$

$$Y_{SS.SW} = (0{,}142 - 0{,}007\ T) \cdot 10^3 \qquad /XVIII/$$
$$/0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}27 \qquad F = 76{,}86^{xx}$
$i = 240$

$$Y_{SS.NW} = (0{,}018 - 0{,}006\ T) \cdot 10^3 \qquad /XIX/$$
$$/0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}26 \qquad F = 69{,}97^{xx}$
$i = 236$

$$Y_{SS.W} = (0{,}143 - 0{,}006\ T - 0{,}006\ V) \cdot 10^3 \qquad /XX/$$
$$/0{,}001/ \quad /0{,}003/$$

$R^2 = 0{,}24 \qquad F = 61{,}26^{xx}$
$i = 448$

Obliczono również związki pomiędzy zmierzonymi zanieczyszczeniami powietrza, a przyjętymi zmiennymi niezależnymi w 4 kwadrantach kierunków wiatru. Równania te pominięto z uwagi na niski procent wyjaśnienia i małe znaczenie praktyczne.

3° W wariancie tym analizę i interpretację współczynników regresji przeprowadzono dla całości zbioru, najpierw dla 21 sytuacji sytuacji synoptycznych, a następnie dla 10 połączonych sytuacji pokrewnych /opisanych w rozdz. IV.3/.

Ze względu na znaczne rozbudowanie równań i duże zróżnicowanie zmiennych, a zatem małą użyteczność praktyczną równania te zasadniczo pominięto, traktując je jedynie jako uzupełniające wariant 4. Są to równania: XXII, XXIII, XXIX, XXX, XXXI, XXXVI, XLI, XLIII, XLIV, XLV, XLVIII, LI, LII, LV, LVIII, LX, LXI, LXII, LXIII, LXIV, LXVII, LXXIII, LXXVII, LXXVIII, LXXXII.

4° Wariant ten obejmował obliczenia współczynników regresji wyłącznie dla okresu zimowego dla 21 sytuacji synoptycznych, a następnie 10 połączonych sytuacji pozostawiając w obliczeniach tylko te zmienne, które są zasadniczo objęte standardową prognozą synoptyczną, tj. T, T_{min}, H, f, V, M.

Wysokie, niebezpieczne stężenia występują wyłącznie w okresie zimowym. Dostępność bieżących danych odnośnie prognoz meteorologicznych również jest ograniczona do wymienionych elementów. Zdaniem autora wprowadzone eliminacje podnoszą znaczenie praktyczne reprezentowanych niżej równań.

Równania regresji w poszczególnych sytuacjach synoptycznych:

N_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z północy

$$Y_{SP} = (0{,}185 - 0{,}030\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXI/$$
$$/0{,}008/$$

$R^2 = 0{,}63 \qquad F = 13{,}55^{xx}$

$$Y_{SS} = (0{,}113 - 0{,}006\ T) \cdot 10^3 \qquad /XXII/$$
$$\qquad\qquad /0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}30 \qquad F = 14{,}82^{XX}$

$i = 13$

NE_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z północnego-wschodu

$$Y_{SP} = \text{brak zależności} \qquad /XXIII/$$

$$Y_{SS} = (0{,}085 - 0{,}005\ T_{min}) \cdot 10^3 \qquad /XXIV/$$
$$\qquad\qquad /0{,}002/$$

$R^2 = 0{,}20 \qquad F = 4{,}34^{XX}$

$i = 22$

E_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z północy

$$Y_{SP} = (0{,}090 - 0{,}010\ T_{min}) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXV/$$
$$\qquad\qquad /0{,}004/$$

$R^2 = 0{,}17 \qquad F = 7{,}39$

$$Y_{SS} = (0{,}151 - 0{,}012\ T) \cdot 10^3 \qquad /XXVI/$$
$$\qquad\qquad /0{,}005/$$

$R^2 = 0{,}11 \qquad F = 4{,}70^{XX}$

$i = 45$

SE_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z południowego wschodu

$$Y_{SP} = (0{,}101 - 0{,}011\ H + 0{,}011\ M) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXVII/$$
$$\qquad\qquad /0{,}002/ \quad /0{,}004/$$

$R^2 = 0{,}45 \qquad F = 16{,}66$

$$Y_{SS} = (-0{,}311 - 0{,}006\ T_{min} + 0{,}006\ f) \cdot 10^3 \qquad /XXVIII/$$
$$\qquad\qquad /0{,}003/ \quad /0{,}002/$$

$R^2 = 0{,}28 \qquad F = 8{,}11^{XX}$

$i = 51$

S_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z południa

$$Y_{SP} = (1{,}136 - 0{,}021\ e - 0{,}002\ P + \qquad /XXIX/$$
$$\qquad\qquad /0{,}005/ \quad /0{,}001/$$
$$+ 0{,}006\ T_{p.g.} - 0{,}004\ f - 0{,}059\ w) \cdot 15 \cdot 10^2$$
$$\quad /0{,}003/ \qquad /0{,}001/ \quad /0{,}014/$$

$R^2 = 0{,}59 \qquad F = 15{,}46^{XX}$

$$Y_{SS} = (0{,}184 - 0{,}014\ d) \cdot 10^3 \qquad /XXX/$$
$$\qquad\qquad /0{,}03/$$

$R^2 = 0{,}24 \qquad F = 18{,}12^{XX}$

$i = 62$

SW_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z południowego zachodu

$$Y_{SP} = (0{,}106 - 0{,}060\ H - 0{,}008\ T_{p.g.}) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXXI/$$
$$\qquad\qquad /0{,}020/ \quad /0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}44 \qquad F = 19{,}73^{XX}$

$$Y_{SS} = (-0{,}285 + 0{,}006\ f) \cdot 10^3 \qquad /XXXII/$$
$$\qquad\qquad /0{,}002/$$

$R^2 = 0{,}21 \qquad F = 7{,}76^{XX}$

$i = 35$

W_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z zachodu

$$Y_{SP} = (0{,}146 - 0{,}005\ T_{min} - 0{,}001\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXXIII/$$
$$\qquad\qquad /0{,}002/ \quad /0{,}007/$$

$R^2 = 0{,}20 \qquad F = 9{,}32$

$$Y_{SS} = (0{,}121 - 0{,}006\ T_{min} + 0{,}013\ M) \cdot 10^3 \qquad /XXXIV/$$
$$\qquad\qquad /0{,}002/ \quad /0{,}005/$$

$R^2 = 0{,}15 \qquad F = 7{,}84$

$i = 103$

NW_a - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z północnego zachodu

$$Y_{SP} = (0{,}147 - 0{,}005\ T - 0{,}019\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXXV/$$
$$\qquad\qquad /0{,}002/ \quad /0{,}007/$$

$R^2 = 0{,}46 \qquad F = 9{,}27^{XX}$

$$Y_{SS} = (0{,}082 - 0{,}006\ T_{p.g.}) \cdot 10^3 \qquad /XXXVI/$$
$$\qquad\qquad /0{,}001/$$

$R^2 = 0{,}47 \qquad F = 47{,}72^{XX}$

$i = 29$

C_a - sytuacja centralna antycyklonalna, brak adwekcji, centrum wyżu nad Polską południową

$$Y_{SP} = (0{,}136 - 0{,}019\ T_{min}) \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXXVII/$$
$$\qquad\qquad /0{,}019/$$

$R^2 = 0{,}49 \qquad F = 20{,}18^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,004/}{(0,219 - 0,010\ T)} \cdot 10^3 \qquad /XXXVIII/$$

$R^2 = 0,24$ $\qquad F = 6,70^{XX}$

$i = 39$

K_a - klin antycyklonalny, czasem kilka niewyraźnych ośrodków lub rozmyty obszar podwyższonego ciśnienia, oś wału wysokiego ciśnienia

$$Y_{SP} = \underset{/0,002/\ /0,015/}{(0,151 - 0,013\ T_{min} - 0,032\ V)} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XXXIV/$$

$R^2 = 0,31$ $\qquad F = 25,44^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,002/}{(0,195 - 0,006\ T)} \cdot 10^3 \qquad /XL/$$

$R^2 = 0,08$ $\qquad F = 10,72^{XX}$

$i = 152$

N_c - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza z północy

$$Y_{SP} = \underset{/0,001/\ /0,03/}{(0,\ 18 - 0,004\ T_{max} - 0,014\ "z")} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XLI/$$

$R^2 = 0,54$ $\qquad F = 27,32^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,008/}{(0,090 + 0,029\ M)} \cdot 10^3 \qquad /XLII/$$

$R^2 = 0,44$ $\qquad F = 11,82^{XX}$

$i = 21$

NE_c - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza z północnego wschodu

$$Y_{SP} = \underset{/0,001/\ /0,004/\ /0,003/}{(0,195 - 0,004\ T - 0,009\ "z" - 0,015\ V)} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XLIII/$$

$R^2 = 0,55$ $\qquad F = 22,14^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,001/\ /0,006/\ /0,005/}{(0,158 - 0,006\ T - 0,020\ V - 0,013\ X)} \cdot 10^3 \qquad /XLIV/$$

$R^2 = 0,52$ $\qquad F = 18,76^{XX}$

$i = 70$

E_c - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza ze wschodu

$$Y_{SP} = \underset{/0,001/\ /0,003/}{(0,198 - 0,007\ T - 0,008\ z)} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XLV/$$

$R^2 = 0,58$ $\qquad F = 34,87^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,007/\ /0,005/}{(0,234 - 0,017\ T - 0,011\ H)} \cdot 10^3 \qquad /XLVI/$$

$R^2 = 0,37$ $\qquad F = 7,02$

$i = 36$

SE_c - sytuacje antycyklonalne z adwekcją powietrza z południowego wschodu

$$Y_{SP} = \underset{/0,003/}{(0,132 - 0,012\ T_{min})} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XLVII/$$

$R^2 = 0,34$ $\qquad F = 14,82$

$$Y_{SS} = \underset{/0,003/}{(0,200 - 0,010\ e)} \cdot 10^3 \qquad /XLVIII/$$

$R^2 = 0,25$ $\qquad F = 15,77^{XX}$

$i = 36$

S_c - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza z południa

$$Y_{SP} = \underset{/0,021/}{(0,160 + 0,064\ M)} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /XLIX/$$

$R^2 = 0,23$ $\qquad F = 9,46^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,023/}{(0,153 + 0,108\ M)} \cdot 10^3 \qquad /L/$$

$R^2 = 0,41$

$i = 41$

SW_c - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza z południowego zachodu

$$Y_{SP} = \underset{/0,003/}{(0,241 - 0,013\ e)} \cdot 15 \cdot 10^2 \qquad /LI/$$

$R^2 = 0,14$ $\qquad F = 14,67^{XX}$

$$Y_{SS} = \underset{/0,006/}{(0,275 - 0,015\ e)} \cdot 10^3 \qquad /LII/$$

$R^2 = 0,06$ $\qquad F = 5,40^{XX}$

$i = 105$

W_c - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza z zachodu

$$Y_{SP} = \underset{/0,001/\ /0,002/\ /0,004/}{(0,160 - 0,006\ T - 0,005\ H - 0,013\ V +} \qquad /LIII$$
$$\underset{/0,004/}{+ 0,0341\ M)} \cdot 15 \cdot 10^2$$

$R^2 = 0,44$ $F = 30,70^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,194 - 0,006\ T - 0,021\ V + 0,015\ M) \cdot 10^3 \quad /LIV/$$
$$/0,002/\ /0,006/\ /p,005/$$

$R^2 = 0,23$ $F = 14,70^{XX}$

NW_o - sytuacje cyklonalne z adwekcją powietrza z północnego zachodu

$$Y_{SP} = (0,089 - 0,003\ T - 0,008\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LV/$$
$$/0,001/\ /0,003/$$

$R^2 = 0,16$ $F = 10,55^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,170 - 0,023\ V) \cdot 10^3 \quad /XVI/$$
$$/0,008/$$

$R^2 = 0,14$ $F = 7,6^{XX}$

$i = 56$

C_c - sytuacja centralna cyklonalna, centrum niżu nad Polską południową

$$Y_{SP} = (-0,397 - 0,006\ f + 0,063\ M) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LVII/$$
$$/0,002/\ /0,028/$$

$R^2 = 0,60$ $F = 8,27^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,185 - 0,010\ T) \cdot 10^3 \quad /LVIII/$$
$$/0,003/$$

$R^2 = 0,37$

$i = 16$

B_c - bruzda cyklonalna, rozmyty obszar niskiego ciśnienia lub oś bruzdy niżowej z różnymi kierunkami adwekcji i systemem frontów oddzielających różne masy powietrza

$$Y_{SP} = (0,170 - 0,029\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LIX/$$
$$/0,009/$$

$R^2 = 0,17$ $F = 10,60^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,500 - 0,004\ T_{max} - 0,003\ {}^{n}p^{n} - 0,018\ {}^{n}w^{n}) \cdot 10^3 \quad /LX/$$
$$/0,001/\ /0,001/\ /0,006/$$

$R^2 = 0,32$ $F = 29,88^{XX}$

$i = 61$

X - sytuacje nie dające się zaklasyfikować i siodła barycznе

$$Y_{SP} = (0,183 - 0,006\ T_{max}) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXI/$$
$$/0,001/$$

$R^2 = 0,45$ $F = 31,98^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,241 - 0,009\ T_{max}) \cdot 10^3 \quad /LXII/$$
$$/0,002/$$

$R^2 = 0,42$ $F = 29,52^{XX}$

$i = 55$

Modele równań dla połączonych ze sobą sytuacji synoptycznych pokrewnych

$N_a + NE_a$

$$Y_{SP} = (-0,039 - 0,013\ T_{min} + 0,018\ e) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXIII/$$
$$/0,004/\ /0,007/$$

$R^2 = 0,11$ $F = 5,64^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,081 - 0,005\ T_{min}) \cdot 10^3 \quad /LXIV/$$
$$/0,001/$$

$R^2 = 0,33$ $F = 42,61^{XX}$

$i = 105$

$E_a + SE_a$

$$Y_{SP} = (-0,143 - 0,008\ T_{min} - 0,032\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXV/$$
$$/0,002/\ /0,014/$$

$R^2 = 0,27$ $F = 14,66^{XX}$

$$Y_{SS} = (-0,327 - 0,007\ T_{min} + 0,006\ f) \cdot 10^3 \quad /LXVI/$$
$$/0,003/\ /0,002/$$

$R^2 = 0,19$ $F = 9,63^{XX}$

$i = 96$

$S_a + SW_a$

$$Y_{SP} = (0,231 - 0,015\ T + 0,008\ T_{min} - 0,026\ H) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXVII/$$
$$/0,003/\ /0,004/\ /0,009/$$

$R^2 = 0,41$ $F = 24,66^{XX}$

$$Y_{SS} = (-0,073 + 0,003\ f) \cdot 10^3 \quad /LXVIII/$$
$$/0,001/$$

$R^2 = 0,10$ $F = 5,84^{XX}$

$i = 72$

$W_a + NW_a$

$$Y_{SP} = (0,147 - 0,005\ T_{min} - 0,019\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXIX/$$
$$/0,001/\ /0,005/$$

$R^2 = 0,23$ $F = 17,49^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,119 - 0,005\ T_{min} + 0,014\ M) \cdot 10^3 \quad /LXX/$$
$$/0,001/ \quad /0,005/$$

$R^2 = 0,15$ $F = 9,77^{XX}$

$i = 132$

$C_a + K_a$

$$Y_{SP} = (0,155 - 0,015\ T_{min} - 0,036\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXXI/$$
$$/0,002/ \quad /0,014/$$

$R^2 = 0,36$ $F = 38,49$

$$Y_{SS} = (0,199 - 0,007\ T) \cdot 10^3 \quad /LXXII/$$
$$/0,002/$$

$R^2 = 0,11$ $F = 17,54^{XX}$

$i = 191$

$N_c + NE_c$

$$Y_{SP} = (0,214 - 0,004\ T_{max} - 0,011\ z - 0,006\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXXIII/$$
$$/0,0000/ \quad /0,003/ \quad /0,002/$$

$R^2 = 0,50$ $F = 34,74^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,108 + 0,007\ M) \cdot 10^3 \quad /LXXIV/$$
$$/0,003/$$

$R^2 = 0,11$ $F = 4,60^{XX}$

$i = 51$

$E_c + SE_c$

$$Y_{SP} = (0,424 - 0,010\ T_{min} - 0,003\ f - 0,031\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXXV/$$
$$/0,002/ \quad /0,001/ \quad /0,008/$$

$R^2 = 0,49$ $F = 16,99^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,194 - 0,009\ H) \cdot 10^3 \quad /LXXVI/$$
$$/0,004/$$

$R^2 = 0,10$ $F = 6,58^{XX}$

$i = 72$

$S_c + SW_c$

$$Y_{SP} = (0,253 - 0,014\ e) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXXVII/$$

$R^2 = 0,18$ $F = 30,89^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,267 - 0,015\ e) \cdot 10^3 \quad /LXXVIII/$$

$R^2 = 0,08$ $F = 12,42^{XX}$

$i = 169$

$W_c + NW_c$

$$Y_{SP} = (0,142 - 0,002\ T_{min} - 0,004\ H - 0,018\ V + \quad /LXXIX/$$
$$/0,001/ \quad /0,002/ \quad /0,003/$$

$$+ 0,027\ M) \cdot 15 \cdot 10^2$$
$$/0,004/$$

$R^2 = 0,35$ $F = 27,06^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,188 - 0,005\ T - 0,024\ V + 0,015\ M) \cdot 10^3 \quad /LXXX/$$
$$/0,002/ \quad /0,004/ \quad /0,005/$$

$R^2 = 0,22$ $F = 18,86^{XX}$

$i = 231$

$C_c + B_c$

$$Y_{SP} = (0,164 - 0,026\ V) \cdot 15 \cdot 10^2 \quad /LXXXI/$$
$$/0,007/$$

$R^2 = 0,16$ $F = 12,75^{XX}$

$$Y_{SS} = (0,335 - 0,005\ T - 0,003\ p - 0,015\ W) \cdot 10^3 \quad /LXXXII/$$
$$/0,001/ \quad /0,001/ \quad /0,006/$$

$R^2 = 0,32$ $F = 33,99^{XX}$

$i = 77$

5° W wariancie tym prowadzono dodatkową zmienną zależną "x_{15}"tj. średnie stężenie danego zanieczyszczenia z dnia poprzedzającego. Równań tego wariantu nie załączono ze względu na znaczną ich rozbudowę i ogólnie niski procent wyjaśnień, a zatem małe znaczenie praktyczne.

Dla sprawdzenia prawdziwości i możliwości praktycznego zastosowania wyprowadzonych modeli równań, wyliczono wartości stężeń zanieczyszczeń i porównano je z materiałem niezależnym.

Z okresów zimowych lat 1983-1985 wybrano losowo 100 dni /dób/ i dla nich wykonano obliczenia przewidywanych średnich dobowych stężeń pyłu oraz stężeń SO_2, przy zastosowaniu równań wariantu 4. Jako zmienne niezależne, do obliczeń przyjęto średnie dobowe wartości elementów meteorologicznych otrzymane z IMGW w Nowym Sączu. Obliczone w ten sposób stężenia zanieczyszczeń powietrza porównano ze średnimi dobowymi stężeniami pyłu i SO_2 zmierzonymi w wybranych dniach okresu 1983-1985 przez Wojewódzką Stację Sanitarno-Epidemiologiczną w Nowym Sączu.

Porównanie średnich dobowych stężeń pyłu i SO_2 obliczonych i zmie-

rzonych przez Sanepid wskazuje na dużą zbieżność uzyskanych wyników. Wartości te prezentują się następująco /$\mu g/m^3$/:

1. Stężenia zimowe dwutlenku siarki

rok 1983

średnie SS zmierzone 126
średnie SS obliczone 155

rok 1984

średnie SS zmierzone 138
średnie SS obliczone 161

rok 1985

średnie SS zmierzone 215
średnie SS obliczone 219

Średnia ogólna z lat 1983–1985
SS zmierzone 160
SS obliczone 178

Stężenie dwutlenku siarki stanowiło 111 % stężenia zmierzonego.

2. Stężenia zimowe pyłu drobnego:

rok 1983

średnie SP zmierzone 326
średnie SP obliczone 254

rok 1984

średnie SP zmierzone 300
średnie SP obliczone 207

rok 1985

średnie SP zmierzone 449
średnie SP obliczone 544

Średnia ogólna z lat 1983–1985
SP zmierzone 358
SP obliczone 285

Stężenie pyłu drobnego obliczone stanowiło 80 % stężenia zmierzonego.

W celu określenia istotności różnic pomiędzy stężeniami obliczonymi i zmierzonymi, przeprowadzono analizę wariancji. Wynika z niej, iż w przypadku zanieczyszczeń powietrza zarówno pyłem drobnym jak i dwutlenkiem siarki nie ma istotnych różnic pomiędzy wartościami obliczonymi równaniami a wartościami zmierzonymi w latach 1983–1985. Równania te mogą być zatem stosowane do obliczania - prognozowania stężeń pyłu drobnego oraz dwutlenku siarki dla Nowego Sącza.

4. Średnie dobowe stężenia zanieczyszczeń na tle sytuacji synoptycznych i możliwości ich prognozowania

Kierunek adwekcji i rodzaj układu barycznego zaszyfrowany przez N i e d ź w i e d z i a [128, 132] w 21 sytuacjach synoptycznych dość dobrze wiąże się z mierzonymi w Nowym Sączu zanieczyszczeniami powietrza. Wydaje się, że lepsze wyjaśnienie tego związku daje podział na 21 grup niż na 10 grup związanych.

Szczególnie wyraźnie uwypukla się związek wysokości stężeń zanieczyszczeń powietrza w Nowym Sączu w okresach zimy. Należy zaznaczyć tu, że okresy te charakteryzują się najwyższymi poziomami stężeń i z tego punktu widzenia w przebiegu rocznym są najważniejsze. W okresach tych najwyższe stężenia zarówno pyłu jak i SO_2 wystąpiły w typie sytuacji synoptycznej C_a, tj. sytuacji centralnej antycyklonalnej z brakiem adwekcji i z centrum wyżu nad Polską południową.

Wysokie stężenia zanieczyszczeń mają istotny związek z tą właśnie wyżową sytuacją synoptyczną. Prądy zstępujące w procesie osiadania sprzyjają gromadzeniu się zanieczyszczeń, które wraz z powietrzem z warstw wyższych dostają się do warstw przyziemnych.

Wysokim koncentracjom w sytuacji synoptycznej C_a sprzyja towarzysząca pogodzie wyżowej równowaga stała. W takich sytuacjach w zimie w pogodzie mroźnej, jasnej i bez opadów występują sprzyjające sytuacje powodujące wysokie i maksymalne stężenia pyłów i SO_2 w powietrzu atmosferycznym Nowego Sącza.

Osiadanie powietrza w zimie prowadzi do powstawania silnych inwersji w dolinach i kotlinach Karpackich, gdzie temperatury są o ponad 3°C niższe od średniej temperatury zimy /Nowy Sącz - 3,6°C [130].

W okresie letnim, przy generalnie niskich stężeniach polutantów, wartości najwyższych stężeń występowały w sytuacji synoptycznej SE_a tj. sytuacji antycyklonalnej z adwekcją powietrza z południowego wschodu. Najniższe stężenia SP i SS zaobserwowano zdecydowanie podczas sytuacji synoptycznych NW_o /sytuacja cyklonalna z adwekcją powietrza z północnego zachodu/.

W kierunku NW od Nowego Sącza brak jest dużych uciążliwych źródeł emisji i tym faktem można tłumaczyć zaistniałe zjawisko.

Rozpatrując napływające zanieczyszczenia w 4 kwadrantach/10 grup

synoptycznych/ zauważa się, iż w okresie zimowym najczęściej SP i SS w swej wysokiej postaci występuje podczas sytuacji C_a+K_a, natomiast w lecie podczas E_a+SE_a. Również w tych przypadkach potwierdza się związek wysokich stężeń z sytuacjami o silnym osiadaniu powietrza.

Przeprowadzone obliczenia statystyczne przy zastosowaniu procedury regresji krokowej umożliwiły badanie na każdym etapie regresji ścisłości związku zmiennych. Poszukując najbardziej odpowiedniej postaci równania badano łączny wpływ wszystkich zmiennych niezależnych na zmienną zależną, kierując się współczynnikiem determinacji "R^2" oraz testem "F" z analizy wariancji w regresji. Ścisłość związku pomiędzy stężeniem pyłu drobnego w Nowym Sączu a elementami meteorologicznymi najlepiej jest opisana przy obliczeniach wykonywanych osobno dla wydzielonych 21 typów sytuacji synoptycznych. Podobnie kształtuje się stężenie SO_2, również najlepiej opisane przy założeniu 21 sytuacji synoptycznych. Dla sytuacji C_a najczęściej towarzyszącej stężeniom wysokim, blisko 70 % zmienności zanieczyszczeń powietrza wyjaśnione jest przez zmienne niezależne - równania XXVII i XXXVIII. Jest to najwyższy procent wyjaśnienia spośród wszystkich równań.

Na 21 równań przedstawiających związek zanieczyszczeń z sytuacjami synoptycznymi, duża ich część wyjaśnia zmienność zanieczyszczeń w wysokim procencie i tak stężenie pyłu drobnego w 9 równaniach jest wyjaśnione powyżej 50 %, a w 5 blisko 50 %. Dla stężenia SO_2 wartości te wynoszą odpowiednio 5 i 6 równań.

W mniejszym procencie wyjaśniają zmienność zanieczyszczeń, równania obliczone dla połączonych ze sobą sytuacji synoptycznych pokrewnych /równania LXIII-LXXXII/.

Rozrzut procentowy wyjaśnień jest dość znaczny i tylko jeden raz /równanie LXXV/ wartość ta jest stosunkowo wysoka, bo wynosi 53 %. W sytuacji K_a - która często towarzyszy w Nowym Sączu zimowym, wysokim stężeniom zanieczyszczeń, równaniem XXXIX, SP jest wyjaśnione w 47 %, zaś SS w 42 %.

Analiza "najlepszych" równań, mogących służyć do obliczania wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza w Nowym Sączu daje informację, iż najczęstszym składnikiem równań jest temperatura powietrza. Jak wynika z równań średnia dobowa temperatura powietrza jak i temperatura minimalna, względnie temperatura przy gruncie ujemnie wpływa na wartości zanieczyszczeń powietrza, to znaczy, że jej spadkom towarzyszą z reguły wzrosty stężeń SP i SS. Podobnie, w ujemny sposób wpływają: prędkość wiatru, zachmurzenie i widzialność. W dodatni sposób, w sensie statystycznym wpływa w szeregu równaniach wilgotność powietrza.

Sądzić należy, iż ujemnie modyfikująca stężenia zanieczyszczeń, temperatura, bezpośrednio wiąże się z różnymi ilościami nośników energii uruchomionych w zależności od sytuacji termicznej. W półroczu zimowym następuje wyraźny wzrost emisji zanieczyszczeń, których rozprzestrzenienie hamują często zastoiska chłodnego powietrza, występujące na dnie Kotliny Sądeckiej, w czasie antycyklonalnych sytuacji barycznych. Ujemny wpływ zachmurzenia wiąże się zgodnie z charakterystyczną dla antycyklonu pogodą - małym zachmurzeniem i brakiem opadów.

Obliczone równania mogą służyć do prognoz stężeń zanieczyszczeń powietrza w Nowym Sączu. Ponieważ w większości obliczeń przy 21 sytuacjach synoptycznych - procent wyjaśnień jest wysoki - wyniki obliczeń mogą służyć do prognozowania stężeń wysokich, zagrażających człowiekowi i przyrodzie. Prognozując określoną sytuację synoptyczną można równocześnie dokonać obliczeń średnich dobowych stężeń SP i SS, korzystając z modelu równania, odpowiadającego danej sytuacji.

V. W N I O S K I

1. Wnioski ogólne

1. We wszystkich punktach pomiarowych woj. nowosądeckiego oraz w Kotlinie Sądeckiej stwierdzono zmienność stężeń mierzonych zanieczyszczeń w przebiegu rocznym. W miesiącach zimowych stężenia były ogólnie 2-3-krotnie wyższe niż w letnich.

2. Z całego obszaru woj. nowosądeckiego najwyższe stężenia mierzonych zanieczyszczeń stwierdzono na terenie Kotliny Sądeckiej, Kotliny Zakopiańskiej oraz w rejonie Gorlic.

3. Na przeważającej części woj. nowosądeckiego stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych norm średniego rocznego stężenia pyłu drobnego oraz średniego rocznego stężenia dwutlenku siarki.

4. Na obszarze woj. nowosądeckiego występują kanały uprzywilejowanych strug powietrza, sprzyjają one napływowi zanieczyszczeń, szczególnie do Kotliny Nowosądeckiej.

5. Wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza, stwierdzone szczególnie w Kotlinach Nowosądeckiej i Zakopiańskiej są wynikiem synergicznego oddziaływania szeregu czynników, do których należą przede wszystkim
- napływ zanieczyszczeń kanałami uprzywilejowanych strug powietrza
- duża lokalna emisja
- utrudniony odpływ zanieczyszczeń ze względu na specyficzne warunki topoklimatyczne.

6. Lokalizacja w kotlinach dużych źródeł emisji powierzchniowej tj. miast: Nowego Sącza, Nowego Targu, Zakopanego, Rabki, Poronina i Szczawnicy - sprzyja wysokim koncentracjom zanieczyszczeń.

7. Na terenie Kotliny Sądeckiej najwyższe stężenia zanieczyszczeń stwierdzono w Nowym Sączu w rejonie Rynku Głównego.

8. Porównanie pomiarów SO_2 przeprowadzonych na terenie Kotliny Sądeckiej w latach 1973-1975 z pomiarami z okresu 1981-1982, wskazują na około dwukrotny wzrost stężeń SO_2 na tym terenie, w okresie późniejszym.

9. Analiza przebiegu pogody w Kotlinie Sądeckiej wykazała, iż ze względu na podobne wartości czynników meteorologicznych w badanym okresie i w wieloleciu, uzyskane w badaniach wielkości zanieczyszczeń są zbliżone do średnich wieloletnich.

10. Analiza węgla dostarczanego do niektórych składów opałowych województwa nowosądeckiego wykazała, iż popiół i siarka mieściły się granicach określających maksymalne ich zawartości.

11. Analiza zdjęć satelitarnych Polski południowej potwierdziła, że najwyższa koncentracja aerosoli warunkowana była pogodą jak też ograniczona "zamkniętym" obszarem Kotliny Sądeckiej.

12. W zależności od sytuacji synoptycznej w Nowym Sączu, nawet średnie stężenia SP i SS mogą zmieniać się 10-krotnie, kształtując się granicach 25-250 $\mu g/m^3$.

13. Wysokie /powyżej 150 $\mu g/m^3$/ stężenia zanieczyszczeń powietrza Nowym Sączu występują najczęściej podczas sytuacji synoptycznej C_a, tj. sytuacji centralnej antycyklonalnej.

14. Najniższe stężenia zanieczyszczeń towarzyszą sytuacjom synoptycznym z adwekcją powietrza z północnego zachodu.

15. Z analizy równań wynika, iż lepsze wyjaśnienie związku stężeń zanieczyszczeń z czynnikami pogody dają obliczenia przy założeniu podziału na 21 sytuacji synoptycznych, niż przy 10 grupach sytuacji powszechnych.

16. Stężenia zanieczyszczeń powietrza najlepiej objaśnione są przez następujące zmienne niezależne: temperatura powietrza, prędkość i kierunek wiatru, zachmurzenie, widzialność i wilgotność powietrza.

17. Prognoza sytuacji synoptycznej dla rejonu Nowego Sącza winna być połączona z prognozą stężeń pyłu drobnego i stężeń SO_2, obliczoną przy pomocy uzyskanych równań regresji. W przypadku możliwości wystąpienia wysokich, niebezpiecznych dla środowiska stężeń, należy zorganizować administracyjny system ostrzegania /przejścia na paliwo interwencyjne, czy nawet okresowe wyłączenia niektórych większych zakładów/.

2. Wnioski praktyczne

1. Proponuje się stosowanie na terenach o najwyższych koncentracjach zanieczyszczeń paliw bezdymnych, ekonomicznie uzasadnionych, szczególnie paliwa takie winny być stosowane we wszystkich uzdrowiskach województwa.

2. Należy ograniczyć tranzytowy ruch kołowy /samochody/ w taki sposób, by obwodnice omijały miejscowości i nie były prowadzone najniższymi częściami dolin.

3. Preferować niską zabudowę terenu. Zabudowa typu wieżowcowego pogarsza warunki mikroklimatyczne i aerosanitarne.

4. Nie powinno się "schodzić" z perspektywiczną zabudową w najniżej położone części kotlin-dolin.

5. Proponuje się usunąć z terenu miasta Zakopanego ośrodki lecznictwa sanatoryjnego.

6. Najbardziej wskazane na lecznictwo sanatoryjne wydają się być tereny wschodniej części pasa Witów-Bukowina.

7. Nie wskazane jest zabudowywanie dna płytkiej kotliny rabczańskiej, a już szczególnie doliny Raby.

8. Korzystniejsze tereny pod perspektywiczną zabudowę sanatoryjną i mieszkaniową to łagodnie opadające ku Rabce stoki o południowej wystawie np. Kamionki, Koziego Wierchu, Bani i Grzebienia.

9. Wszelkie z punktu widzenia społecznego niezbędne źródła emisji zanieczyszczeń proponuje się lokalizować w kierunku NE względem Rabki, z uwzględnieniem maksymalnego oczyszczania spalin.

10. Nie powinno się zabudowywać mieszkaniowo najniżej położonych części Grybowa - doliny rzeki Białej.

11. W Wysowej korzystniejsze jest lokalizowanie wszelkich źródeł zanieczyszczeń i hałasu po północnej stronie miejscowości.

12. Zasadniczo rozbudowa miasta Nowego Sącza winna być rozciągnięta w kierunku północno-zachodnim oraz południowo-wschodnim.

13. Lokalizacja zakładów przemysłowych na tarasie wzniesionym nad koryto rzeki a osiedli mieszkaniowych na tarasie dolnym jest najgorszym rozwiązaniem.

Literatura

[1] Aleksandrowicz J., Metale życia, "Aura", nr 3, 1973.

[2] Aleksandrowicz J., Machnicki B., Gryl W., Ekologia - Metale życia - Zdrowie, "Zesz. Nauk.", AGH, Kraków, nr 3, 1974.

[3] Aleksandrowicz J., Wiedza stwarza nadzieje, Warszawa 1975, WP.

[4] Aktualizacja projektu ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniem opracowana w Nowym Sączu przez Bydgoskie Biuro Projektów Budownictwa Przemysłowego /maszynopis/, 1974.

[5] Altshuller A.P., Atmospheric sulfur dioxide and sulfate: Distribution and concentrations at urban and nonurban sites in the United States. "Environ. Sci. Tech.", nr 7, 1973.

[6] Baliński W., Wpływ orografii terenu na kształtowanie się pogody w Tatrach i Zakopanem przy różnych typach cyrkulacji barycznej. "Zesz. Nauk." UŁ, Nauki Mat. Przyr., ser. II, z. 32, Łódź 1969.

[7] Baliński W., Układy pogodowe w Krynicy i ich wpływ na człowieka. "Probl. Uzdr.", z. 10 /76/, Warszawa 1973.

[8] Baliński W., Klimat i bioklimat Krynicy Górskiej Zdroju ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowania przestrzennego w uzdrowisku. "Probl. Uzdr.", 5/6, /83/84/, 1974.

[9] Bartkowski T., Zastosowania geografii fizycznej, Warszawa 1986, PWN.

[10] Bartnicki L., Wierzbicki Z., Zarys klimatyczny Kotliny Sądeckiej i Krynicy. "Wiad. Służby Hydr. i Met.", t. 6, z. 3, 1958.

[11] Bell A., Meteorology and air pollution in the Letrobe Valley. Ecos: nr 43, 1985.

[12] Brimblecombe P., London air pollution 1500-1900. "Atmosp.Environ" t. 11, 1977.

[13] Brodniewicz A., Krzemiński J.K., Wybrane zagadnienia higieny uzdrowisk ze szczególnym uwzględnieniem zapylenia i ochrony przed dokuczliwymi owadami. "Probl. Uzdrow.", 9/10, 1975.

[14] Brodziak A., Meteorologiczne aspekty skażenia atmosfery. "Ochr. Pow.", r. 12, nr 2, 1978.

[15] Ciołkosz A., Majcher J., Sujkowska W., Wyznaczanie zasięgów rozprzestrzeniania się dymów przemysłowych na podstawie zdjęć satelitarnych. Prace IGiK, t. XXVIII, z. 1/67/, 1981.

[16] Cwynar B., Romańska A., Wpływ zanieczyszczenia atmosfery na niektóre elementy klimatu. "Ochr. Pow.", nr 5, 1979.

[17] Chełchowski W., Anomalie opadowe 1891-1930 w polskich uzdrowiskach, miejscowościach klimatycznych, wczasowych i punktach turystycznych. "Przegl. Met. i Hydr.", 2, 1955.

[18] Chełchowski W., Materiały aktynometryczne dla helioterapii w Krynicy Zdroju. "Baln. Pol.", VII, 1957.

[19] Chełchowski W., Natężenie promieniowania słonecznego w Krynicy. "Wiad. Służby Hydrol. i Met.", VII, 1958.

[20] Chełchowski W., Dni letnie, upalne i parne w Zakopanem w latach 1931-1960. "Prace PIHM", z. 86, 1965.

[21] Chomicz K., Opady w Zakopanem. "Wiad. Służby Hydrol. i Met.",VI, 5, 1958.

[22] Czeppe Z., Ziaja W., Structure of the geographical environment of the northwestern Sorkappland /Spitzbergen/. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., z. 63, 1985.

[23] Czeppe Z., Malara H., Zagrożenie środowiska obszarów górskich przez dzikie wysypiska śmieci. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr.,z. 87, 1986.

[24] Domański J., Sojusznicy czystego środowiska - inicjatywa nowosądeckich wędkarzy. "Aura", nr 12, 1980.

[25] Dop H., Kruizings S., The decrease of sulphur dioxide concentrations near Rotterdam and their relation to some meteorological parameters during thirteen consecutive winters /1961-1974/. "Atmos. Env.", t. 10, 1976.

[26] Draper N.R., Smith H., Applied Regression Analysis. New York London Sydney 1973.

[27] Dworak T.Z., Problemy interpretacji zdjęć lotniczych i satelitarnych dymów przemysłowych. "Przegl. Geofiz.", z. I, 1980.

[28] Dworak T.Z., Przykłady rozprzestrzeniania się dymów widocznych na wielospektralnych obrazach satelitarnych w zależności od warunków meteorologicznych. "Wiad. Inst. Meteorol. i Gosp. Wodn.", t. VI, z. 1-2, 1980.

[29] Dziennik Ustaw PRL, Nr 24. Rozp. Rady Min. z dn. 30.IX.1980 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem.

[30] Fedorowicz I., O przyszłości Gubałówki. Gaz. Obserw. PIHM, z. 6, 1949.

[31] Garścia E., Emisja związków siarki w Krakowie. Referat wygłoszony w PKE, ACH, 6.03.1981.

[32] Geomorfologia Polski, t. 1. Polska Południowa, Góry i Wyżyny.Praca zbiorowa pod red. M. Klimaszewskiego. Warszawa 1972, PWN.

[33] Głowiak B., Kabsch P., Kmieć G., Dobowy rozkład stężeń SO_2 i pyłu drobnego we Wrocławiu. "Ochr. Pow.", nr 1, 1976.

[34] Góra E., Rokita Z., Stosunki anemometryczne Nowego Sącza w latach 1966-1968. "Zesz. Nauk." WSR w Krakowie, nr 68, 1971.

[35] Góra T., Klimat Wysowej. "Probl. Uzdr.", z. 8, 1977.

[36] Greenberg A., Derack F., Harkow R., Lioy P., Daisey J., Policyclic aromatic hydrocarbons in New Jersej: a comparison of winter and summer concentrations over a two-year period. "Atmos. Env.", nr 8, 1985.
[37] Gregorczuk M., Wpływ zanieczyszczeń atmosfery na zmiany klimatu kuli ziemskiej. "Ochr. Pow.", nr 2, 1973.
[38] Groch J., Użytkowanie przestrzeni uzdrowiskowej Szczawnicy i Krynicy. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., z. 56, 1983.
[39] Grodziński W., Weiner J., Maycock P.F., Forest Ecosystems in Industrial Regions Studies on the Cycling of Energy Nutrients and Pollutans in the Niepołomice Forest Southern Poland. Ecological Studies 49, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 1984.
[40] Gurba A., O wielkości ochładzania w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu. "Przegl. Geofiz.", z. 1, 1956.
[41] Gurba A., Wyniki obserwacji ochładzania w Zakopanem. "Wiad.Służby Hydrol.", t. 6, z. 5, 1956.
[42] Gurba A., Wyniki obserwacji ochładzania w Zakopanem. "Wiad.Służby Hydrol. i Met.", VI.5.1958.
[43] Gurzo J., A levegőszennyeződés vizsgálata Tatabányán. "Földrajzi Értesito.", nr 1-2, 1984.
[44] Heizer J., Piątkowski K., Kubiak S., Skłonność do zanikowego nieżytu nosa u dzieci w zależności od mikroklimatu. "Wiad. Uzdr.", z. 1, 1967.
[45] Hess M., Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., z. 11, 1965.
[46] Hess M., O mezoklimacie wypukłych i wklęsłych form terenowych w Polsce południowej. "Przegl. Geofiz.", r. XI/XIX, z. 1, 1966.
[47] Hess M., Metoda określania ilościowego zróżnicowania mezoklimatycznego w terenach górskich. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., z. 15, 1968.
[48] Hess M., Niedźwiedź T., Obrębska-Starklowa B., Stosunki termiczne Beskidu Niskiego. "Prace Geogr." IGiPZ PAN, nr 123, 1977.
[49] Horawska M., Kasprzycki A., Wpływ czynników meteorologicznych na średnie dobowe stężenie SO_2 w Krakowie i możliwość prognozowania zagrożenia atmosfery zanieczyszczeniem przemysłowym. Prace IMGW, nr 1, 1974.
[50] Ionescu A., Zanieczyszczenia cywilizacyjne i ich skutki w rolnictwie. Warszawa 1978, PWRiL.
[51] Izdebska-Sędzimir J., Niektóre cechy stosunków termicznych lata w Zakopanem. Gaz. Obserw. IMGW, z. 10, 1976.
[52] Jagusiewicz A., Schemat prognozy długoterminowej emisji i imisji zanieczyszczeń w atmosferze w warunkach polskich. Prace Nauk.Ośr. Badań Prognostycznych Polit. Wrocł., nr 3, 1974.
[53] Jagusiewicz A., Powietrze - Człowiek - Środowisko. Warszawa 1981, LSW.
[54] Juda J., Chruściel S., Ochrona powietrza atmosferycznego. W N-T, Warszawa 1979.
[55] Juda J., Ochrona powietrza - program badań, "Problemy", nr 2,1981.
[56] Just J., Metody Sanitarnego badania powietrza atmosferycznego.PZH, Zakład Higieny Komunalnej, z. 10, 1968.
[57] Kaalsson W., Srawnienie koncentracji atmosfernych zagrazniajuszczych Weszczestw w Wirotahti /Finlandia/ i Lesogrodskom /ZSRR/. Tr. 3 Mieżd. symp. T. Z. Teszkent, 1986.
[58] Kaczorowska Z., Klimat lokalny uzdrowisk Iwonicz, Żegiestów i Szczawnica na podstawie badań klimatycznych. "Wiad. Uzdr.", z. 1/2, 1961.
[59] Kanno S., Fukui S., Ideda H., Ono Y., Atmospheric SO_2 concentrations observed in keihin industrial center and their relation to meteorological elements. "Int. J. Air Poll.", t. 1, 1959.
[60] Kapała J., Kryteria oceny jakości powietrza jako podstawa działań w zakresie jego ochrony. "Ochr. Pow.", nr 3, 1986.
[61] Kapała J., Stan zanieczyszczenia powietrza w przygranicznym rejonie PRL i CSRS w świetle obowiązujących przepisów krajowych i zagranicznych. "Ochr. Pow.", nr 5, 1986.
[62] Karasiński T., Opady atmosferyczne w Tatrach. "Wiad. Służby Hydr. i Met.", VI, 5, 1958.
[63] Kasina S., Rozkład stężeń SO_2 i opadu pyłu w rejonie zakładu przemysłowego Krakowa. "Ochr. Pow.", nr 2, 1970.
[64] Kłysik K., Wstępne wyniki badań nad klimatem Szczawnicy. "Probl. Uzdrow.", z. 5, 1973.
[65] Kołodziejczyk M., Charakterystyka promieniowania słonecznego w Tatrach. "Dok. Geogr.", z. 6, 1969.
[66] Kompleksowe Studium Ochrony Atmosfery - opracowanie dla ZNTK Nowy Sącz przez "Agromet - Projekt", Poznań 1979 /maszynopis/.
[67] Kondracki J., Geografia Fizyczna Polski, Warszawa 1965, PWN.
[68] Koreleski K., Klasyfikacja i przegląd metod oceny środowiska naturalnego dla potrzeb roślin uprawnych. "Zesz. Nauk." AR Kraków, Geodezja, z. 6, 1979.
[69] Koreleski K., Fizjograficzne bariery produkcji roślinnej w województwie nowosądeckim. "Zesz. Nauk.", AR Kraków, Geodezja, z. 8, 1982.
[70] Koreleski K., Magiera-Braś G., Sozologiczne problemy lokalizacji

ferm zwierzęcych, Kraków 1986.
[71] Kozłowska-Szczęsna T., Bioklimat polskich uzdrowisk jako podstawowa cecha ich warunków środowiskowych. "Dok. Geogr.", nr 1-2, 1984.
[72] Kozłowska-Szczęsna T., Metody badań bioklimatu człowieka."Probl. Uzdrow.", z. 1/2, 1985.
[73] Kozłowski S., Kierunki zmian w środowisku przyrodniczym. "Kosmos", z. 1/190/, 1986.
[74] Krasnokucki , Analiza zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego przez kotłownię Millenium w Nowym Sączu. Ekspertyza nr 9840 /84, cz. I /maszynopis/.
[75] Kuźniar K., Szkody w lasach Krakowskich. "Aura", z. 11, 1973.
[76] Kuźniar K., Wpływ zanieczyszczeń powietrza na stan zdrowotności lasów w województwach katowickim i krakowskim. Operat, Kraków 1974.
[77] Kuźniar K., Szkody w lasach spowodowane zanieczyszczeniem atmosfery, ze szczególnym uwzględnieniem strefy byłego woj. krakowskiego. Praca zbior. pod red. R. Wojtusiaka, "Biometeorologia a organizm ludzi i zwierząt", Warszawa 1986, PWN.
[78] Lewińska J., Wiatry ryterskie i rymanowskie. "Przegl. Geofiz.", 3/11, 1, 1958.
[79] Lewińska J., Rozkład i częstotliwość kierunków dolnych prądów powietrznych w Polskich Tatrach. "Wiad. Służby Hydrol.", t, 6, z. 5, 1959.
[80] Lewińska J., O pionowym gradiencie temperatury w przyziemnej warstwie powietrza. "Przegl. Geogr.", t. 15, z. 2, 1968.
[81] Lewińska J. i in. O stratyfikacji termicznej powietrza nad doliną górską. Prace PIHM, Warszawa, z. 100, 1970.
[82] Lewińska J., Kasina S., Ocena zanieczyszczenia powietrza w terenach górskich z lokalnych i odległych źródeł emisji. Referat,Warszawa 1977, PAN.
[83] Lewińska J., Klasy stabilności atmosfery na tle regionalnych warunków klimatycznych, "Ochr. Pow.", r. XII, nr 3/65/, 1978.
[84] Lewińska J., Koncepcja badań przyziemnej warstwy powietrza na potrzeby przemysłu, osadnictwa, rolnictwa i rekreacji w zasięgu wpływów Lub. Zagł. Węgl. "Przegl. Geofiz.", z. 3-4, 1979.
[85] Lewińska J., Lokalizacja przemysłu w świetle uwarunkowań klimatu lokalnego. "Człowiek i Środowisko", 5 /3-4/, 1981.
[86] Lisowski A., Wymywanie zanieczyszczeń z powietrza przez opady deszczu w pobliżu elektrowni. "Ochr. Pow.", nr 5, 1984.
[87] Lityńska Z., Badania meteorologiczne w Nowym Sączu. IMGW, 1981.

[88] Łut L.J., Wiatrowoj perenos i jewo rol w chranie wozdusznowo bassena czera Bajkał. Probl. issled. krup zera CCCP. 1985.
[89] Manecki A., Michalik M., Obidowicz A., Wilczyńska-Michalik W., Charakterystyka mineralogiczna i palinologiczna pyłów eolicznych z opadów w Tatrach w latach 1973, 1974."Pr. Min.", nr 57, 1978.
[90] Markowiak L., Jarzębski A., Metoda wykorzystania modelu klimatycznego do krótkoterminowych prognoz stężeń pyłów drobnych w wydzielonym obszarze dużej aglomeracji miejsko-przemysłowej."Arch.Ochr. Środ.", nr 2, 1984.
[91] Marzec Z., O zmrozowiskach na dnie doliny Dunajca /Świniarsko i okolice/. "Przegl. Geofiz.", r. X /XVIII/, z. 3-4, 1965.
[92] Marzec Z., Klimat Nowego Sącza /w latach 1956-1965/. "Roczn.Sąd.", t. XII, 1971.
[93] Marzec Z., Wpływ Zbiornika Rożnowskiego na klimat lokalny. Prace PIHM, z. 101, 1071.
[94] Marzec Z., Klimat Kotliny Sądeckiej i terenów przylegających od południa i południowego zachodu. "Rocz. Sąd.", t. XIII, 1972.
[95] Marzec Z., Klimat Doliny Popradu, "Rocz. Sąd.", t. XIV, 1973.
[96] Marzec Z., Charakterystyka stosunków anemologicznych w Nowym Sączu w latach 1966-75. 1978.
[97] Materiały Państwowego Wojewódzkiego Inspektoratu Sanitarnego dla woj. nowosądeckiego. 1977-1985.
[98] Materiały Samodzielnej Pracowni Badań i Kontroli Środowiska w Nowym Sączu, 1977-1985.
[99] Materiały Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Nowym Sączu - Zakładu Higieny Komunalnej. 1977-1985.
[100] Materiały Urzędu Wojewódzkiego w Nowym Sączu Wydziału Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska. 1977-1985.
[101] Matysiak Z., Głowiak B., Wpływ niektórych zanieczyszczeń atmosfery na przemiany dwutlenku siarki. Prace Nauk. Inst. Inż. Ochr. Środ. Polit. Wrocł., nr 43, 1977.
[102] Matysiak Z., Wzrost szkodliwego oddziaływania SO_2 w niektórych warunkach zanieczyszczeń powietrza. "Ochr. Pow.", nr 6, 1978.
[103] Mazur L., Stan zanieczyszczenia powietrza w województwie nowosądeckim. "Aura", nr 1-4, 1982.
[104] Michalczewski J., Częstotliwość występowania rodzajów chmur w Zakopanem. "Przegl. Met.", z, 3/4, 1950/51.
[105] Michalczewski J., Usłonecznienie i zachmurzenie Zakopanego."Przegl. Met.", z. 3/4, 1955.
[106] Michalczewski J.,Usłonecznienie i zachmurzenie Zakopanego w latach 1924-1948. "Wiad. Służby Hydrol.", t. 4, z. 5, 1959.

[107] Michalczewski J., Długotrwałe zastoiska mrozowe Kotliny Podhalańskiej. "Acta Geogr. Lodziensia", nr 13, 1962.
[108] Miczyński J., Pył i SO_2 w Kotlinie Sądeckiej. "Aura", nr 7,1978.
[109] Miczyński J., Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego Doliny Popradu i Krynicy. "Zesz. Nauk." AR w Krakowie, nr 160, Sesja Naukowa, z. 8, 1980.
[110] Miczyński J., Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w Rabce. "Probl. Uzdr.", z. 1-4, 1981.
[111] Miczyński J., Niektóre składniki chemiczne pyłu opadającego na teren Kotliny Sądeckiej. "Ochr. Pow.", nr 3, 1983.
[112] Miczyński J., Model równania umożliwiającego prognozowanie stężeń pyłu w powietrzu atmosferycznym Nowego Sącza. "Zesz.Nauk.", AR w Krakowie, nr 187, Melioracja, z. 11, 1985.
[113] Miczyński J., Melioracje powietrza atmosferycznego w Kotlinach Podhala. Komitet Meteorologii i Fizyki Atmosfery PAN i AR w Szczecinie. Materiały XIX Ogólnopolskiej Konferencji Agrometeorologów, 16-17.IX.1983,Szczecin 1985.
[114] Miczyński J., The degree of air pollution in the atmosphere at Stary Sącz, and its relation to selected meteorological elements. "Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.", z. 369, 1989.
[115] Miczyński J., Oddziaływanie niektórych czynników topoklimatycznych na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego na przykładzie Bukowiny Tatrzańskiej. "Probl. Uzdr.", nr 3-4, 1988.
[116] Miczyński J., Miczyńska M., Węgiel - potencjalne zagrożenie czystości powietrza w Rabce. "Aura", nr 2, 1981.
[117] Morawska-Horawska M., Wyniki badań rozprzestrzeniania się SO_2 od warunków meteorologicznych. "Ochr. Pow.", nr 6, 1970.
[118] Morawska-Horawska M., Wpływ struktury termicznej do wysokości 3000 m nad Krakowem na wielkość zanieczyszczeń powietrza. Referat, Warszawa 1977, PAN
[119] Morawska-Horawska M., Wpływ miejskich oraz peryferyjnych przemysłowych źródeł emisji na wartość stężenia dwutlenku siarki i zapylenia powietrza w Krakowie. "Zesz. Nauk." AGH, nr 669, "Sozologia i Sozotechnika", z. 12, 1977.
[120] Morawska-Horawska M., Tumidajski T., Cebulak E., Rysz. M., Metoda prognozy średniego dobowego stężenia dwutlenku siarki w powietrzu w Krakowie. IMGW Kraków, 1977 /maszynopis/.
[121] Morawska-Horawska M.,i wsp., Metoda prognozy średniego dobowego stężenia dwutlenku siarki w powietrzu w Krakowie, 1977 /maszynopis/.
[122] Morawska-Horawska M., Orografia a pionowy rozkład kierunków wiatru i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza w Krakowie. "Człowiek i Środowisko", t. 2, nr 2, 1978.

[123] Morawska-Horawska M., Przebieg zmienności pionowego profilu prędkości wiatru w warstwie 300 m w Krakowie. "Wiad. IMGW", t.4/25/, z. 2-3, 1978.
[124] Morawska-Horawska M., Struktura termiczna dolnej części troposfery i jej wpływ na zanieczyszczenie powietrza w Krakowie."Człowiek i Środowisko", t. 2, nr 1, 1978.
[125] Morawska-Horawska M., Przypadek wystąpienia opadów atmosferycznych wywołanych czynnikami antropogennymi. "Przegl. Geofiz.", t. 25, z. 1, 1980.
[126] Niedziałek H., Promieniowanie słoneczne całkowite na obszarze województwa rzeszowskiego w latach 1951-1970. "Biul. Lubel. Tow. Nauk. Geogr.", t. 15, nr 1, 1973.
[127] Niedźwiedź T., Częstość występowania układów barycznych, mas powietrza i frontów atmosferycznych nad Polskimi Karpatami Zachodnimi. "Przegl. Geogr.", z. 2, 1968.
[128] Niedźwiedź T., Sytuacja baryczna w Polsce Południowej i ich wpływ na niektóre elementy klimatu. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., nr 25, 1969.
[129] Niedźwiedź T., Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły. Rozpr. habil. UJ, nr 58, 1981.
[130] Niedźwiedź T., Temperatura i wilgotność powietrza w warunkach rzeźby pogórskiej Karpat /na przykładzie doliny Raby k/Gaika-Brzezowej/. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., z. 32, 1973.
[131] Niedźwiedź T., Dorzecze górnej Wisły. Typy cyrkulacji 1958-1985 /maszynopis/.
[132] Niedźwiedź T., Wpływ sytuacji synoptycznych na zróżnicowanie temperatur ekstremalnych powietrza na wiosnę w dolinie Raby. "Zesz. Nauk." UJ, Prace Geogr., z. 41, 1975.
[133] Niejner A., Zagraznienie wezduha harakternyj procesa preobrazowania sredy w usłowiah krupnego gorada. Yez. zan. Tart. uszta, nr 726, 1986.
[134] Nowicki M., Lokalizacja źródeł emisji zanieczyszczeń atmosfery w terenie górzystym. "Ochr. Pow.", nr 6/83, Warszawa 1983.
[135] Obliczenie emisji zanieczyszczeń dla kotłowni PZPOW w Nowym Sączu - Woj. Biuro Projektów w Nowym Sączu, 1982 /maszynopis/.
[136] Obrębska-Starklowa B., Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbarku. Dok. Geogr. IG PAN, z. 5, 1973.
[137] Ocena zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego przez dwutlenek

azotu na terenie miasta Zakopanego i Tatrzańskiego Parku Narodowego. Studenckie Koło Naukowe Chemików, Polit. Krak., 1984 /maszynopis/.

[138] Ochrona Środowiska, przewodnik po zagadnieniach prawnych i organizacyjnych. Komitet Naukowo-Techniczny NOT d/s Kształtowania i Ochrony Środowiska, Rada Oddziału Wojewódzkiego w Nowym Sączu, 1978 /maszynopis/.

[139] Określenie tła zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dla rejonu miasta Nowego Sącza z określeniem udziału poszczególnych źródeł emisji. Inst. Kształtowania Środowiska, Oddz. w Katowicach. Praca zbiorowa, 1985 /maszynopis/.

[140] Określenie tła zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dla rejonu miasta Nowego Sącza z określeniem udziału poszczególnych źródeł emisji. Praca zbiorowa. Inst. Ochrony Środowiska, Oddz. w Katowicach. Sprawozdanie końcowe, 1986 /maszynopis/.

[141] Olechnowicz-Bobrowska B., Wstępna charakterystyka stosunków termicznych i wilgotnościowych w Szczawnicy Zdroju. "Probl. Zagosp. Ziem Gór.", z. 3, 1967.

[142] Orlicz M., Orliczowa I., Inwersja temperatury na północnym skłonie Tatr. "Przegl. Meteorol.", z. 3/4, 1955.

[143] Orlicz M., Zych S., Parzyński J., Warunki meteorologiczne Zakopanego i okolicy. "Wiad. Służby Hyrol.", t. 6, z. 5, 1959.

[144] Orliczowa I., Zachmurzenie i usłonecznienie regionu tatrzańskiego. "Dok. Geogr.", z. 6, 1969.

[145] Padmanabhamurty B., Eigenvectors of sulphur dioxide in metropolitan Toronto and their association with meteorological parameters. "Atmos. Environ.", t. 9, 1975.

[146] Paczos S., Z badań nad opadami atmosferycznymi w województwie rzeszowskim. "Biul. Lubel. Tow. Nauk. Geogr.", t. 15, z. 1, 1973.

[147] Papierkowski J., Wysowa Zdrój - walory balneoklimatyczne, wskazania lecznicze i perspektywy rozwojowe. "Probl. Uzdrow.", nr 7/8, z. 1, 1974.

[148] Parametry węgla kamiennego do celów energetycznych dla III strefy zaopatrzenia węglowego. Wytyczne doboru węgla dla istniejących i nowobudowanych urządzeń energetycznych w Polsce. Wyd. IV, Katowice 1976 /projekt/.

[149] Parczewski W., O przepływie powietrza przez wyniosłości terenowe ze szczególnym uwzględnieniem Tatr. "Wiad. Służby Hydrol. i Met", VI, 5, 1958.

[150] Parczewski W., Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się gazów toksycznych w dolnej warstwie atmosfery. "Wiad. Służby Hydrol. i Meteor.", z. 59, 1965.

[151] Parczewski W., Pogoda a zanieczyszczenia przemysłowe atmosfery. Warszawa 1969, WKiŁ.

[152] Parczewski W., Wiatrowy współczynnik rozcieńczania zanieczyszczeń atmosfery. "Wiad. Służby Hydrol. i Meteor.", z. 2, 1971.

[153] Parczewski W., Całodobowe ciszе atmosferyczne i słabe wiatry dolne w Polsce. Prace IMiGW, nr 1, 1974.

[154] Parczewski W., Wilgotność względna powietrza w Polsce i jej wpływ na związki siarki. "Arch. Ochr. Środ.", nr 2, 1976.

[155] Parczewski W., Termiczne warstwy hamujące w Polsce. Prace IMiGW, nr 8, Warszawa 1976.

[156] Pasela E., Charakterystyka klimatu Rabki-Zdroju. AR Kraków, 1978 /maszynopis/.

[157] Perini G., Cogolini G., Inquinamento atmosferico da anidride solforosa e polveri nella zona agricola industriale di Verona. "Inquinamento", nr 5, 1985.

[158] Peterson I.T., Distribution of sulphur dioxide over metropolitan St. Louis as described by empirical eigenvectors and its relation to meteorological parametrs. "Atmos. Environ.", t. 4, 1970.

[159] Peterson I.T., Calculation of sulphur dioxide concentrations over metropolitan St. Louis. "Atmos. Environ.", t. 6, 1972.

[160] Pęchorek K., Zieleń B., Wpływ czynników klimatycznych i pogodowych Rabki na przebieg dychawicy oskrzelowej u dzieci. "Pediatria Polska", 1973.

[161] Pilarska-Mycielska H., Inwersja temperatury na obszarze Rabki, Obidowej i Nowego Targu. Gaz. Obs. PIHM, z. 9, 1977.

[162] Polska Norma PN-76/2-04104. Ochrona czystości powietrza. Oznaczanie zawartości dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym metodą kolorymetryczną z p-rozaniliną /imisja/.

[163] Pomiary unosu zanieczyszczeń pyłowych i SO_2 oraz określenie rocznej emisji z kotłowni zakładowej Podhalańskich Zakładów Przemysłu Owocowo-Warzywnego w Nowym Sączu - Ośrodek Rzeczoznawstwa i Postępu Organizacyjno-Technologicznego w Krakowie, 1982 /maszynopis/.

[164] Pomiary zanieczyszczeń w SZEW w Nowym Sączu I-VIII 85. Biuro Projektów Ochrony Atmosfery PROAT w Szczecinie, 1985 /maszynopis/.

[165] Projekt ochrony powietrza atmosferycznego przed zanieczyszczeniem opracowany dla SZNA w Nowym Sączu przez Bydgoskie Biuro Projektów Budownictwa Przemysłowego, 1984 /maszynopis/.

[166] Prochal P., Punzet J., Urbanowicz A., Czulak J., Analiza stosunków hydrologicznych i gospodarki wodnej w Karpatach. "Probl. Zagosp. Ziem Górs.", PAN, Kom. Zag. Ziem Górskich, z. 26, 1985.
[167] Rein P., Weather typing with regard to dynamic climatology."Studia Geoph. et Geodaet.", r. 3, z. 2, 1959.
[168] Rocznik Statystyczny 1981, Rok XVI Warszawa, 1982 Rok XLII Warszawa.
[169] Roga B., Wnękowska L., Analiza paliw stałych. 1958.
[170] Roga B., Wnękowska L., Ihnatowicz, Chemia węgla, 1960.
[171] Romańska A., Skiba E., Wpływ warunków meteorologicznych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w atmosferze. "Aura", nr 1-2, 1979.
[172] Różański S., Kotliny chłodu. "Przegl. Meteorol.", 1950/51.
[173] Różański S., Budowa miasta a jego klimat. Warszawa 1959,Arkady.
[174] Rudnik I., Epidemiological study on long-term effects on health of air pollution. Warszawa 1978, PZWL.
[175] Schmidt F.H., Velds C.A., On the relations between changing meteorological circumstances and the decrease of the sulphur dioxide concentrations around Rotterdam. "Atmos. Environ.", t. 3, 1969.
[176] Schneider-Skalska G., Rzeka w mieście: wczoraj i dziś /na przykładzie Krakowa, Nowego Sącza i Sandomierza/. "Aura", 7, 1983.
[177] Siuta J., Czajkowska M., Siarka w biosferze. Warszawa 1980, PWRiL.
[178] Siuta J., Ochrona ziemi, Warszawa 1982, IBW.
[179] Skrzypski J., Usłonecznienie i możliwości helioterapii w Krynicy. "Probl. Uzdr.", z. 9/10, 1974.
[180] Skrzypski J., Bioklimat Krynicy w świetle krótkotrwałych zmian ciśnienia atmosferycznego i zawartości tlenu /O_2/ w powietrzu. "Probl. Uzdr.", 1978.
[181] Snedecor G.W., Cochran W.G., Statistical Methods, IOWA, USA, 1974.
[182] Sorbian Z., Zanieczyszczenie atmosfery a klimat miast. "Ochr. Pow.", nr 6, 1973.
[183] Stachlewski W., Wiatry fenowe w wybranych miejscowościach wzdłuż profilu Kasprowy Wierch - Kraków. "Przegl. Geofiz.", z. 1. 1974.
[184] Stan zanieczyszczenia środowiska w uzdrowisku Rabka i sposoby jego poprawy. Studium Ochrony Środowiska Człowieka, PAN, Kraków 1980.
[185] Starkel L., Przemiany środowiska geograficznego Polski a dzisiejsze geosystemy. Warszawa 1988.

[186] Stenz K., Niektóre dane o promieniowaniu słonecznym w Karpatach, Sudetach i na przedgórzu. "Acta Geoph. Polon.", t. VII, 1959.
[187] Stenz E., O insolacji Karpat Polskich. Komisja Naukowych Badań Ziem Wschodnich, 1938.
[188] Stenz E., O usłonecznieniu możliwym miejscowości górskich wyznaczonym geometrycznie. "Wiad. Hydr. i Meteorol.", 1-6, 1934.
[189] Straburzyński G., Aerozoloterapia w polskim leczniotwie uzdrowiskowym. "Probl. Uzdr.", 1980.
[190] Strauch E., Meteorologia i środowisko. Warszawa 1975, PWN.
[191] Studium budowy geologicznej i warunków hydrologicznych i geologiczno-inżynierskich - rejon Rabki - zagadnienia sozologiczne. AGH Int. Kszt. i Ochr. Środ., 1978 /maszynopis/.
[192] Studium ochrony atmosfery dla SZEW Nowy Sącz - "PROAT", Szczecin 1983 /maszynopis/.
[193] Szal H., Krzyżewski Z., Rozkład przestrzenny oraz trendy zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego drobnym pyłem i SO_2 w Krakowie w latach 1973-1980. "Ochr. Pow.", nr 1, 1985.
[194] Szmytówna H., Urbanowicz S., Aerosole niepożądane w naszych uzdrowiskach. "Wiad. Uzdrow.", z. 1, 1967.
[195] Sztyler A., Wpływ terenów zurbanizowanych i uprzemysłowionych na klimat lokalny. "Ochr. Pow.", nr 3, 1976.
[196] Teich M., Wetterkunde für den Segelflieger, Halle a. Saale,1952.
[197] Trybowski C., O stosunkach opadowych w Rabce w latach 1934-1952. "Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.", t. III, 5, 1955.
[198] Trybowski C., Wiatry dolne w Rabce. "Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.", t. V, 2, 5, 1957.
[199] Trybowski C., Wyniki wstępnych badań nad ochłodzeniem w Rabce. "Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.", t. VI, 5, 1958.
[200] Trybowski C., Zachmurzenie i usłonecznienie Rabki. "Wiad.Służby Hydrol. i Meteorol.", t. V, z. 1, 1961.
[201] Trybowski C., Czy Rabka jest wilgotna? "Wszechświat", z.9, 1964.
[202] Trzeciak B., Matwiejszyn P., Dychawica oskrzelowa u dorosłych leczonych sanatoryjnie w świetle badań przeprowadzonych w sanatorium Ministerstwa Spraw Wewnętrznych w Kołobrzegu. "Wiad. Uzdrow.", z. 3-4, 1967.
[203] Tyczka S., Czynniki meteorologiczne jako bodźce biologiczne. "Wiad. Uzdrow.", z. 3-4, 1967.
[204] Uzdrowiska Polskie w XXX-leciu PRL. Praca zbiorowa. "Probl. Uzdrow.", 1975.
[205] Wacławik S., Ochrona i znaczenie lasów uzdrowiska Wysowa. "Aura", nr 11, 1980.

[206] Walczewski J., Niektóre cechy występowania warstw inwersyjnych w Krakowie w pierwszym roku sondażu akustycznego. "Przegl. Geofiz.", t. 26, z. 1-2, 1981.

[207] Walczewski J., Badania meteorologiczne w ramach monitoringu atmosfery nad Krakowem MONAT-84, Mat. T. Ogólnopols. Konf. "Klimat i bioklimat miast", Łódź, listopad 1984.

[208] Walczewski J., Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad Krakowem w oparciu o wyniki sondażu akustycznego. Mat. Badawcze IMiGW", ser. Meteorologia, nr 10, Warszawa 1984.

[209] Walczewski J., Łukaszewski J., Elementy klimatu Krakowa wpływające na jakość powietrza. "Zesz.Nauk." AGH, nr 1058, z.22, 1986.

[210] Wasilewska J., Wpływ niektórych parametrów meteorologicznych na rozkład przestrzenny zanieczyszczeń w atmosferze. "Ochr. Pow.", nr 4, 1976.

[211] Williams D.R., The Metals of Life. New York Cincinati Toronto Melbourne, 1971.

[212] Wojewoda nowosądecki, Informacja o realizacji programu ochrony środowiska naturalnego, uchwalonego przez Wojewódzką Radę Narodową w Nowym Sączu w 1977 r. z uwzględnieniem wykorzystania zasobów wodnych. Nowy Sącz 1983 /maszynopis/.

[213] Wywrot M., Śródmieścia: jak je modernizować i przekształcać na przykładzie Krakowa, Rzeszowa, Nowego Sącza. "Aura", nr 2, 1983.

[214] Zakręt S., Wyniki pomiarów natężenia promieniowania słonecznego w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu. "Przegl. Meteorol.", z. 3/4, 1955.

[215] Zych S., Gurba A., Problemy rozwoju Zakopanego z biometeorologicznego punktu widzenia. "Wiad. Uzdr.", z. 1/2, 1963.

[216] Zych S., Krysik K., Klimat i bioklimat Szczawnicy /ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowania przestrzennego/. "Probl. Uzdr.", 5/6, 1974.

[217] Dziennik Ustaw RP Nr 15, Rozp. Min. Ochr. Środ. Zas. Nat.i Leśn. z dn. 12 lutego 1990 r. w sprawie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniem.

AIR POLLUTION IN MOUNTAINS CONDITIONS ON THE EXAMPLE OF NOWY SĄCZ VOIVODSHIP

S u m m a r y

The thesis comprises air pollution investigations carried out in Nowy Sącz voivodship in the years 1977-1982.

The first part of the work presents a survey of 216 positions of bibliography concerning meteorology conditions and emission and imission of air pollution in Nowy Sącz voivodship. Applied methodology has been described /examinations of minute dust and of sulfer dioxide concentrations were done in a continuous way with an aspiration method/.

The second part of the thesis concerns interpretations of the author's own research carried out in Nowy Sącz voivodship. They gave the basis for working out spatial changeability of concentrations of air pollution and making, for the first time, maps of spatial distribution of air pollution in Nowy Sącz voivodship. Sums and directions of general emission have been presented and ducts of preferential air streams have been worked out.

The third part of the thesis presents time and spatial dynamics of distribution of air pollution in Kotlina Sądecka /the Sądecka Valley/. Measured concentrations of pollution were analysed in seasonal cycles and they were examined against a background of meteorological conditions of dispersion.

The analysis of results takes into account the author's earlier research /1973-1975 doctor's thesis/ and possibility of using sattelite pictures for determining smoke propagation.

The forth part shows attempts to work out a model of an equation which can be practically applied to forecast concentration of air pollution in Nowy Sącz. When meteorological factors and synoptic situations were taken into consideration in these equations, models of equations which can have practical application for forecasting high - dangerous concentrations of air pollution in this town were worked out.

Conclusions and practical instructions finish the thesis.