

ZAŁOŻENIA METODYCZNE MONITORINGU KLIMATU W ŚRODOWISKU ZMIENIONYM PRZEZ CZŁOWIEKA

Grzegorz Żarnowiecki, Jerzy Leszek Olszewski

Żarnowiecki G., Olszewski J. L., 1993: *Założenia metodyczne monitoringu klimatu w środowisku zmienionym przez człowieka (Methodical assumptions of climatic monitoring in environment changed by man)*. Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego, nr 1, s. 19—22. Kieleckie Towarzystwo Naukowe. Kielce.

Zarys treści: W artykule dokonano przeglądu zadań i metod monitoringu klimatycznego w różnej skali jego przestrzennego zasięgu oraz w obrębie zintegrowanego monitoringu ekologicznego.

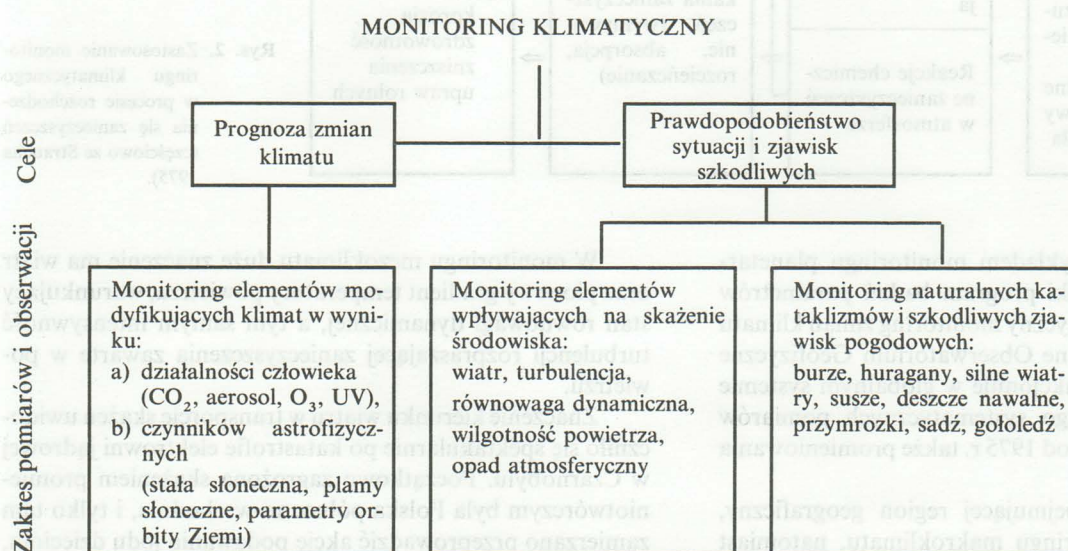
Grzegorz Żarnowiecki, Jerzy L. Olszewski, Instytut Geografii, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, ul. M. Konopnickiej 21, 25-406 Kielce.

1. WSTĘP

Monitoring klimatu w środowisku zmienionym przez człowieka można rozpatrywać ze względu na cele, którym służy, oraz na jego zakres czasowo-przestrzenny. Stąd też w uproszczeniu możemy dokonać podziału monitoringu na: a) służący do krótko- i długookresowych prognoz zmian klimatu, oraz b) służący do określenia prawdopodobieństwa

wystąpienia naturalnych zjawisk pogodowych i sytuacji sprzyjających skażeniom środowiska (rys. 1).

W zależności od celów różny jest zakres wykonywanych pomiarów, ich powszechność i stopień specjalizacji. Zadania i metodyka monitoringu klimatu zależą przy tym od skali wielkości kontrolowanego środowiska (tab. 1).



Rys.1. Podział monitoringu klimatu ze względu na cele i zakres pomiarów i obserwacji.

Tab. 1 Monitoring klimatyczny według skali wielkości (skala klimatu częściowo za Okołowiczem 1969)

Skala monitoringu	Przedmiot kontroli
Monitoring planetarny	Ziemia lub znaczne jej części np. strefa zwrotnikowa
Monitoring makroklimatu	region geograficzny, część lądu, morze
Monitoring mezoklimatu (klimatu lokalnego)	pasmo górskie, kompleks leśny, kompleks jezior, wybrzeże morskie, miasto
Monitoring topo i mikroklimatu	dolina, zbocze, polana leśna, jaskinia, ulica, wyrobisko kopalniane, strefa przygruntowa do 2 m, strefa koron drzew

2. ZADANIA I METODYKA MONITORINGU KLIMATU

Monitoring planetarny (w dużej skali) dotyczy klimatu kontynentów, oceanów, niekiedy całego globu. W tej ostatniej skali przedmiotem badań jest system Słońce-Atmosfera-Ziemia, a celem monitoringu jest kontrola bilansu cieplnego Ziemi jako planety, zawartości gazów szklarniowych, zmian aktywności Słońca, ogólnej cyrkulacji atmosferycznej — czyli głównych czynników modyfikujących

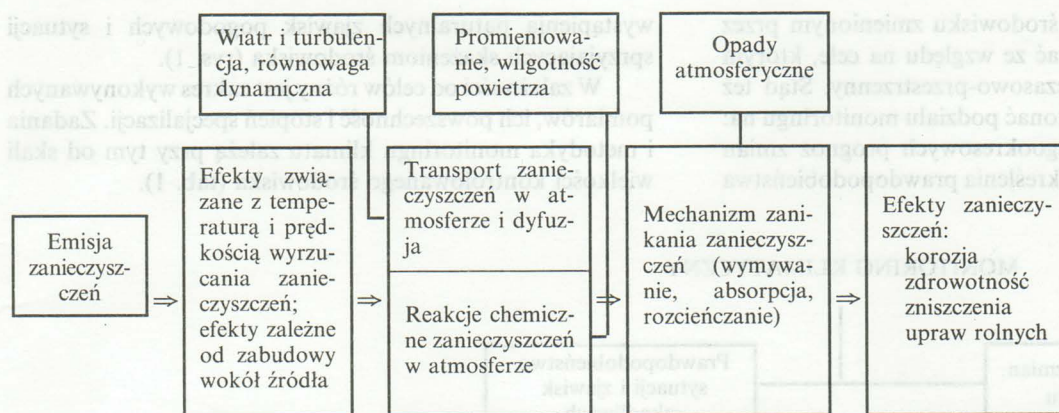
działalności przemysłowej, aktywności rolniczej, zmian stopnia zalesienia itp.

Ponieważ warunki pogodowe decydują o transporcie zanieczyszczeń w atmosferze, ważnym zadaniem monitoringu klimatu lokalnego w środowisku zmienionym przez człowieka jest kontrola struktury wiatru i turbulencji, równowagi dynamicznej (w tym zwłaszcza stanów inwersji), opadów atmosferycznych, których częstość, czas trwania i natężenie wpływają na oczyszczanie powietrza, a także promieniowania słonecznego i wilgotności powietrza, od których to elementów zależy przebieg procesów fotochemicznych w atmosferze (rys. 2).

Wprowadzane do atmosfery zanieczyszczenia gazowe i pyłowe stanowią zagrożenie dla życia biologicznego, ale zagrożenie to może być istotnie osłabione w określonych sytuacjach pogodowych, sprzyjających samooczyszczaniu się powietrza, albo przeciwnie — może być groźne w innych warunkach, na przykład kumulowanie się skażeń podczas inwersji termicznych.

Szereg elementów klimatu, jak promieniowanie słoneczne, zachmurzenie, widzialność, pole elektryczne atmosfery, podlega wpływom zanieczyszczeń powietrza. Efekty procesów radiacyjnych powodowane przez zanieczyszczenia bywają określane mianem odwróconej wyspy ciepła. Inne zjawisko, to zmniejszenie przezroczystości powietrza ograniczające dopływ promieniowania słonecznego, jako bezpośredni i natychmiastowy skutek występowania zanieczyszczeń.

MONITORING KLIMATYCZNY



Rys. 2. Zastosowanie monitoringu klimatycznego w procesie rozchodzenia się zanieczyszczeń (częściowo ze Straucha 1975).

klimat naszej planety. Przykładem monitoringu planetarnego może być amerykański program badań parametrów atmosfery, tak zwany geofizyczny monitoring zmian klimatu NOAA. W Polsce, Centralne Obserwatorium Geofizyczne PAN w Belsku Dużym funkcjonuje w globalnym systemie monitoringu ozonu, którego systematycznych pomiarów dokonuje się tu od 1963 r. a od 1975 r. także promieniowania ultrafioletowego.

W mniejszej skali obejmującej region geograficzny, możemy mówić o monitoringu makroklimatu, natomiast kiedy monitoring dotyczy na przykład kompleksu leśnego, czy miasta mamy do czynienia z monitoringiem mezoklimatu (klimatu lokalnego). Zadania tego monitoringu koncentrują się wokół analizy czynników warunkujących zmiany klimatu miejscowego wskutek procesów urbanizacji,

W monitoringu mezoklimatu duże znaczenie ma wiatr oraz pionowy gradient temperatury powietrza, warunkujący stan równowagi dynamicznej, a tym samym intensywność turbulencji rozpraszającej zanieczyszczenia zawarte w powietrzu.

Znaczenie kierunku wiatru w transporcie skażeń uwiarygodniło się spektakularnie po katastrofie elektrowni jądrowej w Czarnobylu. Początkowo zagrożona skażeniem promieniotwórczym była Polska północno-wschodnia, i tylko tam zamierzano przeprowadzić akcję podawania jodu dzieciom, ale po zmianie kierunku wiatru skażone promieniotwórczo masy powietrza przeszły nad całym obszarem kraju, co zarejestrowały stacje kontroli radiologicznej.

Przeważające kierunki wiatrów ilustrują ich różę bądź linie prądu. Te ostatnie informują pośrednio o warunkach

możliwego rozprzestrzeniania się skażeń nad danym obszarem. Zbieżnościom linii prądu towarzyszy tendencja do pojawiania się prądów wstępujących, które unoszą powietrze wraz z jego domieszkami. Natomiast rozbieżność tych linii wiąże się z ruchami zstępującymi, co stwarza niekorzystne warunki, gdyż hamuje rozpraszanie zanieczyszczeń. Można podać przykłady to potwierdzające. I tak Puławski Okręg Przemysłu Azotowego, który spowodował zniszczenie znacznych terenów leśnych położony jest w strefie silnej rozbieżności linii prądu [Strauch 1975].

Na intensywność rozpraszania zanieczyszczeń wpływa przede wszystkim prędkość wiatru i jego czas trwania. Oznacza to, że w monitoringu klimatycznym środowiska skażonego, obok kierunku i prędkości wiatru winno się uwzględnić trzeci parametr, jakim jest czas trwania wiatru o określonej prędkości i kierunku. Długie okresy z wiatrem o dostatecznie dużej prędkości powodują silniejszą dyfuzję skażeń, a tym samym poprawiają warunki higieniczne powietrza w jego przygruntowej warstwie [Strauch 1973]. Z danych pochodzących ze standardowej sieci meteorologicznej można określać częstość ciszy, co jednak tylko częściowo mówi o możliwości występowania niekorzystnych sytuacji dla rozcieńczania zanieczyszczeń.

Dla oceny warunków rozpraszania przemysłowych emisji Parczewski [1971] wprowadził wiatrowy współczynnik dyspersji. Wyznaczając rozkład przestrzenny tego współczynnika nad danym obszarem można określić nie tylko warunki rozpraszania zanieczyszczeń, ale także uzyskać dodatkowy wskaźnik dla ustalenia właściwej wysokości kominów, w celu osiągnięcia optymalnych charakterystyk stężeń zrzutów zanieczyszczeń przez źródła emisji.

Na natężenie turbulencyjnej dyfuzji cząstek pyłów i dymów wpływa stan równowagi dynamicznej, który zależy od pionowego gradientu temperatury powietrza [Parczewski 1970]. Określanie tego gradientu dokonywane jest na niektórych tylko stacjach meteorologicznych przez sondaż aerologiczne. Istnieją modele matematyczne, według których można oszacować średnią koncentrację zanieczyszczeń w każdym punkcie przestrzeni, w zależności od stanu równowagi [Lowry 1969].

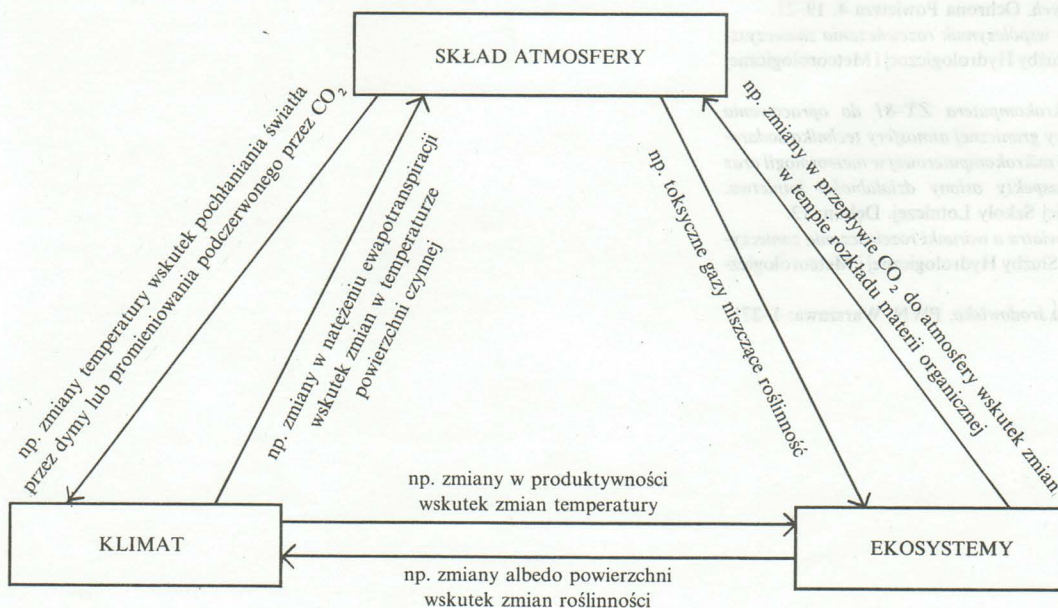
Nowoczesną techniką określania stanu równowagi jest akustyczny sondaż atmosfery za pomocą sodaru. Sondowanie akustyczne sodarem stwarza możliwości badania warst-

wy granicznej atmosfery przez określanie pionowego profilu wiatru, temperatury i wilgotności powietrza, położenia i intensywności warstw hamujących, widma turbulencji mechanicznej itd. [Fortuna 1987]. Uzyskuje się więc jakościowy obraz warunków termicznych warstwy granicznej atmosfery do wysokości około 1000 m nad poziomem gruntu. Za pomocą komputera zapis sodarowy może być kodowany, ujmując pełną charakterystykę warstwy granicznej w interwałach godzinnych wraz z graficznym obrazem wymienionych charakterystyk [Pyka 1987].

Jednym z zadań monitoringu mikroklimatycznego jest parametryzacja przygruntowej warstwy powietrza, głównie dla określania strumieni energii w ekosystemach. Tymi strumieniami są: bilans radiacyjny, będący motorem wszystkich procesów, ciepło na ogrzewanie atmosfery, ciepło na ogrzewanie gruntu oraz utajone ciepło parowania i kondensacji. Na powyższe strumienie energii wpływa głównie temperatura powietrza, wiatr i zawartość pary wodnej w powietrzu, ich pomiary są więc pomocne dla ilościowego określania strumieni energii. Komputerowe modele mogą przetransponować wyniki z kilku poziomów warstwy czynnej na wartości strumieni energii ponad tą warstwę. Monitoring mikroklimatyczny spełnia w ten sposób jeszcze jedną ważną rolę — jest nieodzowny do cechowania danych uzyskiwanych z satelity, stanowiąc ich punkt odniesienia.

3. PODSUMOWANIE

Stacje monitoringu ekologicznego, których przykładem jest stacja na górze Malik, łączą kontrolę mezoklimatu i mikroklimatu. Działają one w systemie, którego wejście stanowi uwarunkowany czynnikami radiacyjnymi i synoptycznymi mezoklimat, a przetwarzanie czyli modyfikacja klimatu dokonuje się w warstwie czynnej, którą stanowi roślinność lasu (fitoklimat) i wierzchnia warstwa gruntu (pedoklimat). Wyjście tego systemu w przypadku stacji na górze Malik znajduje się w Jaskini Raj [Kowalkowski 1992]. Zintegrowany monitoring ekologiczny pozwala na kontrolę powiązań i wzajemnych zależności między składem powiet-



Rys. 3. Związki między składem powietrza, klimatem i ekosystemami wg Harta (Köhler 1985).

rza atmosferycznego, klimatem i ekosystemami. Przykłady takich współzależności podaje Hart [cytowany przez Köhlera 1985] (rys. 3). W monitoringu tym kontrola zewnętrznych warunków pogodowych określających mezoklimat może stanowić podstawę do analizy stężenia skażeń w warstwie roślinności, na powierzchni gruntu, w wodzie i w glebie. Zasadniczym celem takiego monitoringu jest powiązanie danych meteorologicznych, bądź elementów klimatu z danymi o skażeniu środowiska w funkcji czasu.

Dla oceny intoksykacji środowiska leśnego dokonywane są pomiary depozycji suchej i mokrej nad lasem, tuż pod koronami drzew i nad glebą. Przez analizę wielkości depozytu skażeń w różnych warunkach meteorologicznych można wykazać zależności, na przykład między dominującymi kierunkami wiatrów, a kwasowością opadów [Malzahn 1992].

Korzyść z monitoringu klimatu jako części monitoringu ekologicznego można odnieść tylko wówczas, gdy występują ściśle synchroniczne powiązania z monitoringiem chemicznym powietrza, wody i gleby. Takie zadanie ma spełniać stacja na górze Malik.

4. LITERATURA

- FORTUNA J., 1987: *Sodar — nowe narzędzie badania atmosfery w warstwie granicznej*. W: *Wykorzystanie techniki mikrokomputerowej w meteorologii oraz meteorologiczno-klimatyczne aspekty osłony działalności lotnictwa*. Sympozjum Wyższej Oficerskiej Szkoły Lotniczej. Dęblin: 13.
- KÖHLER A., 1985: *WMO's activities on background atmospheric pollution and integrated monitoring and research*. W: *Proceedings of the International Symposium on Integrated Global Monitoring of the State of the Biosphere*. 2 Tashkent, USSR, 14-19 October: 1-24.
- KOWALKOWSKI A., 1992: *Koncepcja organizacji Świętokrzyskiej Stacji kompleksowego monitoringu powierzchni ziemi*. W: *Wybrane zagadnienia gospodarki wodnej w systemie zlewni województwa kieleckiego*. Red. E. Kupczyk, T. Biernat, Kielce: 13-29.
- LOWRY W., 1969: *Weather and Life. An introduction to biometeorology*. Academic Press, New York and London: 1-305.
- MALZAHN E., 1992: *Ocena intoksykacji środowiska leśnego w strefie małych zagrożeń*. Notatnik Naukowy Instytutu Badawczego Leśnictwa 7(17): 1-6.
- OKOŁOWICZ W., 1969: *Klimatologia ogólna*. PWN, Warszawa: 1-395.
- PARCZEWSKI W., 1970: *Wpływ równowagi atmosfery na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń przemysłowych*. *Ochrona Powietrza* 4: 19-21.
- PARCZEWSKI W., 1971: *Wiatrowy współczynnik rozcieńczenia zanieczyszczeń atmosfery*. *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej* 7/2: 17-25.
- PYKA J., 1987: *Wykorzystanie mikrokomputera ZX-81 do opracowania wyników pomiaru stanu warstwy granicznej atmosfery techniką sodarową*. W: *Wykorzystanie techniki mikrokomputerowej w meteorologii oraz meteorologiczno-klimatyczne aspekty osłony działalności lotnictwa*. Sympozjum Wyższej Oficerskiej Szkoły Lotniczej. Dęblin: 13.
- STRAUCH E., 1973: *Długotrwałość wiatru a warunki rozcieńczenia zanieczyszczeń powietrza*. *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej* 9,2/3: 69-76.
- STRAUCH E., 1975: *Meteorologia a środowisko*. PWN, Warszawa: 1-271.

Methodical assumptions of climatic monitoring in environment changed by man

SUMMARY

According to the purposes climatic monitoring serves forecasts of climate and designation of probability of harmful weather phenomena and situations which are conducive to environment pollution (Fig. 1). Tasks and methods of climatic monitoring depend on dimension scale of controlled environment (Tab. 1). In mesoclimate monitoring the objects of control are the elements which directly influence pollution dispersion: wind, turbulence, atmospheric stability, solar radiation, air humidity and precipitation (Fig. 2). Integrated ecological monitoring, e.g. Malik hill enable to investigate interdependences between climate, composition of atmosphere and ecosystems (Fig. 3). The main purpose of such monitoring is a connection of meteorological and environmental pollution data in a time function.

