

JANUSZ CHMURA

## **Badanie zależności między właściwym przewodnictwem elektrycznym opadu a temperaturą opadu**

### WSTĘP

Na podstawie analizy materiału zawartego w publikowanych pracach dotyczących kwaśnych deszczy okazuje się, że niewystarczająco rozwinięte są ciągłe metody badań pojedynczych opadów deszczu. Najczęściej stosowane badania deszczy to analizy chemiczne dotyczące wykrywania oraz ilościowego oznaczania poszczególnych jonów, dla prób wody, które były zbierane do pojemników w dłuższych okresach, np. przez jeden miesiąc (Godzik 1995, Turzański 1991, Wróbel 1988, Zając, Bik, Zawodny 1990).

W wyniku działalności antropogenicznej do atmosfery zostają dostarczone zanieczyszczenia w postaci tlenków siarki, azotu oraz innych związków, które są wytworem motoryzacji i przemysłu. Zanieczyszczenia te, znajdujące się na różnej wysokości, mogą powrócić na ziemię wraz z deszczem. Deszcz może być charakteryzowany za pomocą takich wielkości fizycznych, jak przewodnictwo elektryczne, temperatura, napięcie powierzchniowe, pH, jak również może być określany jego skład chemiczny.

W troposferze jest zawarta prawie cała para wodna atmosfery i tu tworzą się niemal wszystkie chmury. Średnia roczna wysokość troposfery w strefie umiarkowanej wynosi 10-12 km i zmienia się w zależności od pory roku. Chmury niskie warstwowe, warstwowe deszczowe, kłębiaste deszczowe występują w dolnym piętrze do 2 km, ale ich wierzchołki mogą też sięgać piętra średniego. Oznacza to, że niektóre z tych chmur tworzą się w przestrzeni, w której znajduje się najwięcej zanieczyszczeń. Wymienione wyżej zanieczyszczenia występujące w postaci jonów są jądrami kondensacji pary wodnej i one decydują o wartości przewodnictwa opadu. Wraz ze wzrostem wysokości liczba jąder kondensacji zmniejsza

się. Na wysokości 3-4 km ilość ta jest określana rzędem setek cząstek w  $1 \text{ cm}^3$  powietrza (Chromow 1969). Wynika stąd, że przewodnictwo elektryczne właściwe opadu zależeć powinno od wysokości na jakiej nastąpiła kondensacja.

Atmosfera tworzy pewien system ekologiczny. Z punktu widzenia fizycznego atmosfera jest układem ciał będącym przedmiotem badania. Układ może stanowić jakąś część wyodrębnioną z całości. Układ otwarty jest wtedy, gdy może wymieniać z otoczeniem energię i substancję. Stan układu określają pewne wielkości zwane parametrami (zmiennymi). Zmiana parametrów stanu może powodować, że układ z jednego stanu równowagi przechodzi do drugiego; zjawisko takie nazywa się procesem. Stan układu określają pewne wielkości będące funkcjami parametrów stanu. W układzie jakim jest atmosfera można wyróżnić podsystem, tj. opad. Funkcją, która najlepiej będzie opisywała ten podsystem (opad) powinno być przewodnictwo elektryczne właściwe lub mineralizacja. Wielkości te w sposób ilościowy określają zanieczyszczenia sprowadzone na ziemię, co jest istotą badań w zakresie ochrony środowiska.

Z punktu widzenia analizy systemowej, podsystem jakim jest opad można ująć w model matematyczny. Aby taki model mógł być opracowany, a następnie aby funkcjonował – należy zbadać wpływ poszczególnych czynników na przebieg danego zjawiska (opadu).

O jakości opadu decyduje wiele parametrów. Parametry te można najogólniej podzielić na trzy grupy.

Do grupy pierwszej należałoby zaliczyć parametry związane z działalnością antropogeniczną. Parametry te powinny określać ilość oraz jakość zanieczyszczeń wyemitowanych do atmosfery w danym środowisku. Im więcej zanieczyszczeń dostanie się do atmosfery, tym więcej zostanie sprowadzone na ziemię wraz z opadami. Czynnikiem antropogeniczny jest w tym przypadku czynnikiem decydującym o jakości opadu i pozostaje w związku z rodzajem przemysłu.

Druga grupa czynników (parametrów) związana będzie z warunkami meteorologicznymi określającymi warunki tworzenia się chmur oraz ich przemieszczaniem się (kierunkiem wiatru).

Trzecią grupę czynników stanowią zmienne związane z własnościami fizycznymi, takimi jak adsorpcja, absorpcja gazów (jonów) na powierzchni kropli, a z tym związana jest zmiana napięcia powierzchniowego i wielkość kropli, temperatura opadu, stopień dysocjacji, ruchliwość jonów itp.

## CEL PRACY

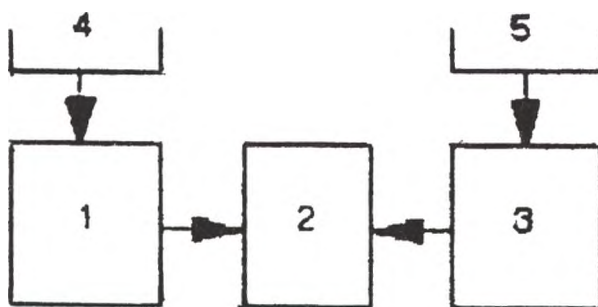
W pracy podjęto próbę określenia wpływu jednego z parametrów z grupy trzeciej, który związany jest z opadem i powinien mieć wpływ na przewodnictwo elektryczne właściwe opadu. Parametrem tym jest temperatura opadu.

Celem pracy było zbadanie zależności między przewodnictwem elektrycznym właściwym opadu a temperaturą opadu. Cel ten jest wynikiem kontynuacji badania zmian wielkości fizycznych metodą ciągłego badania pojedynczego opadu (Chmura 1993).

## METODA BADAŃ

Do pomiarów zastosowano aparaturę do równoczesnej rejestracji wysokości opadu, przewodnictwa elektrycznego właściwego oraz temperatury opadu (Chmura 1993). Schemat aparatury przedstawiono na ryc. 1.

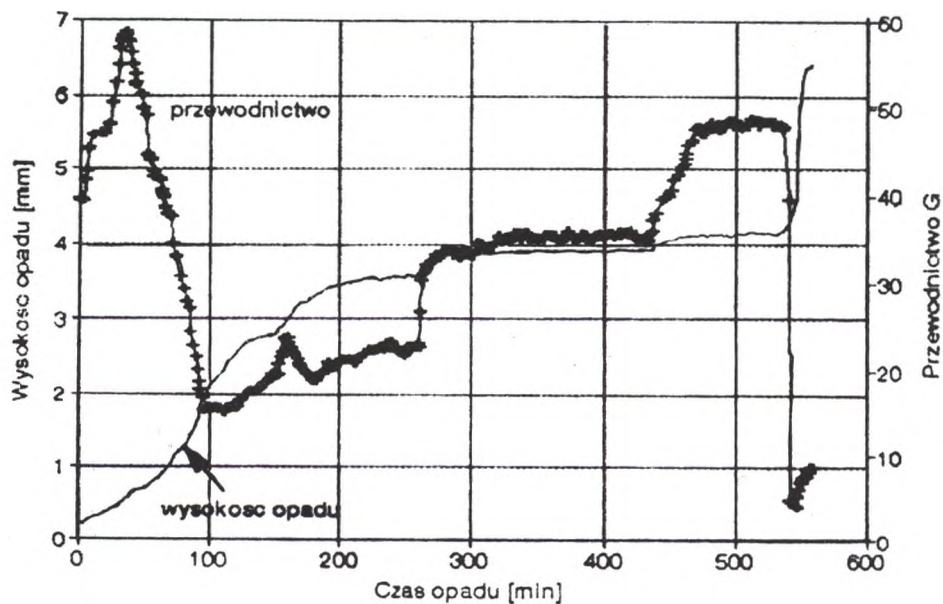
Pomiary przeprowadzono w okresach jesiennym 1994 r. oraz letnim i jesiennym 1995 r. w punkcie pomiarowym w Krakowie przy ul. Podchorążych. Zbiorniki wody opadowej umieszczono na dachu 5-piętrowego budynku. Wodę sprowadzano węzłem plastikowym do pracowni umieszczonej na piątym piętrze, gdzie mierzono wysokość opadu, jego temperaturę i przewodnictwo elektryczne z równoczesną ciągłą rejestracją tych wielkości.



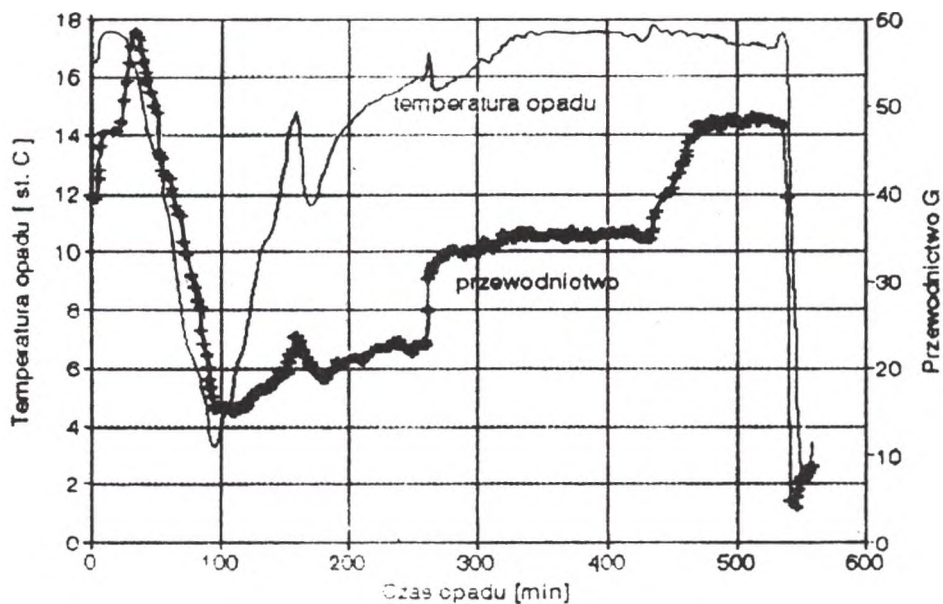
Ryc. 1. Blokowy schemat aparatury: 1 – urządzenie do pomiaru wysokości opadu, 2 – rejestrator, 3 – komora do pomiaru temp. opadu i przewodnictwa elektr., 4, 5 – zbiorniki zbierające opad

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

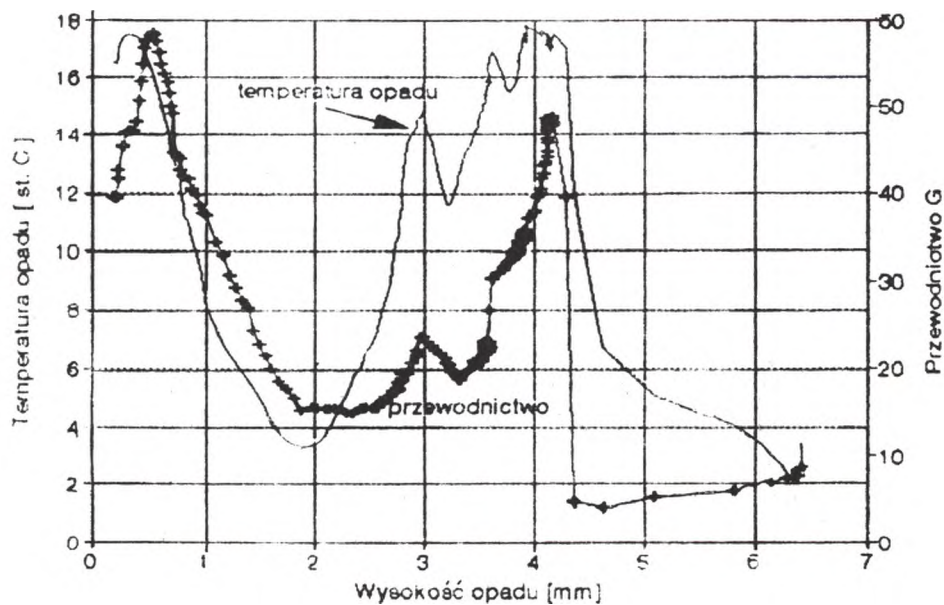
Wyniki pomiarów zestawione w postaci wykresów (ryc. 2-12) ukazują szczegółowo przebieg zmian przewodnictwa i temperatury opadów oraz ich wzajemne zależności.



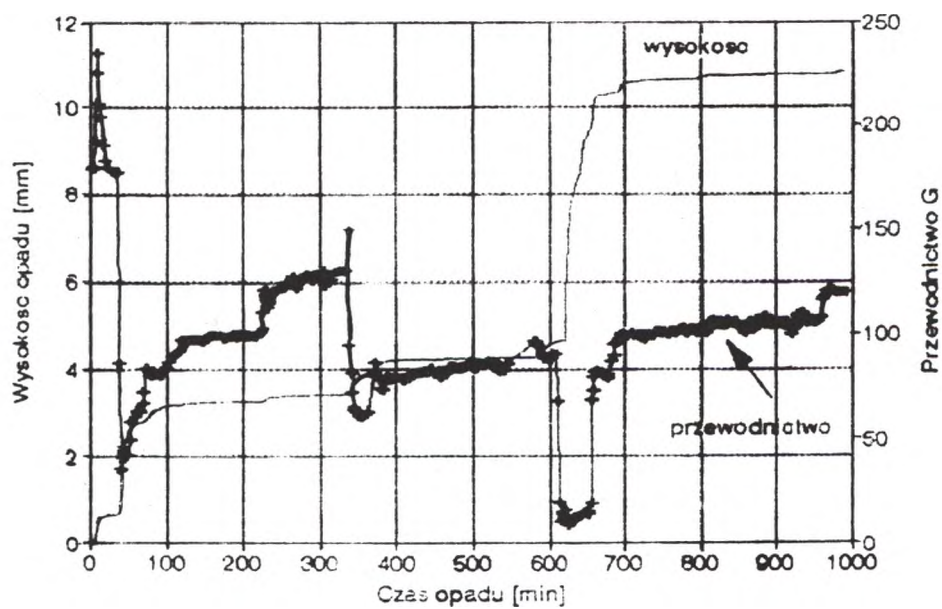
Ryc. 2. Opad z 18 XI 1994 r.



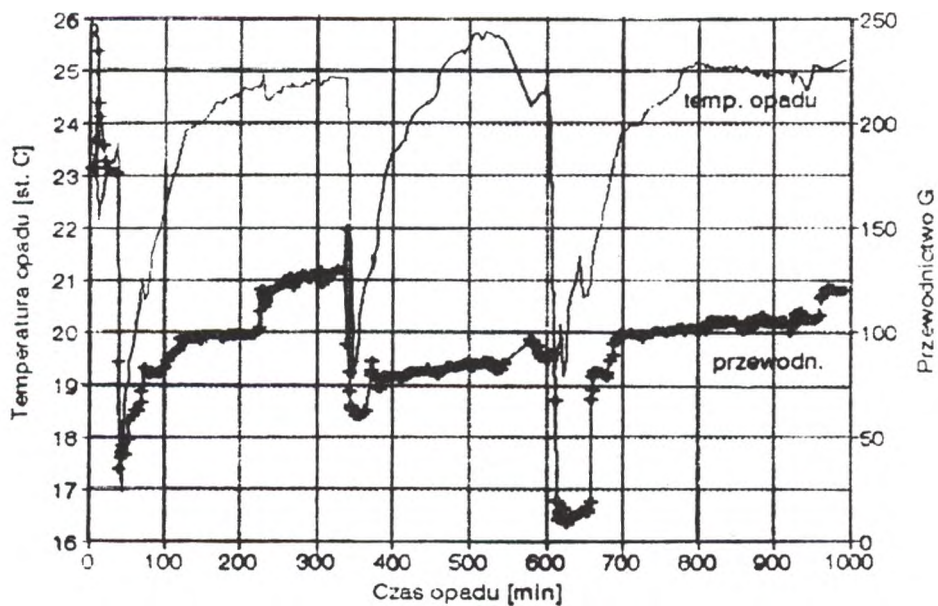
Ryc. 3. Opad z 18 XI 1994 r.



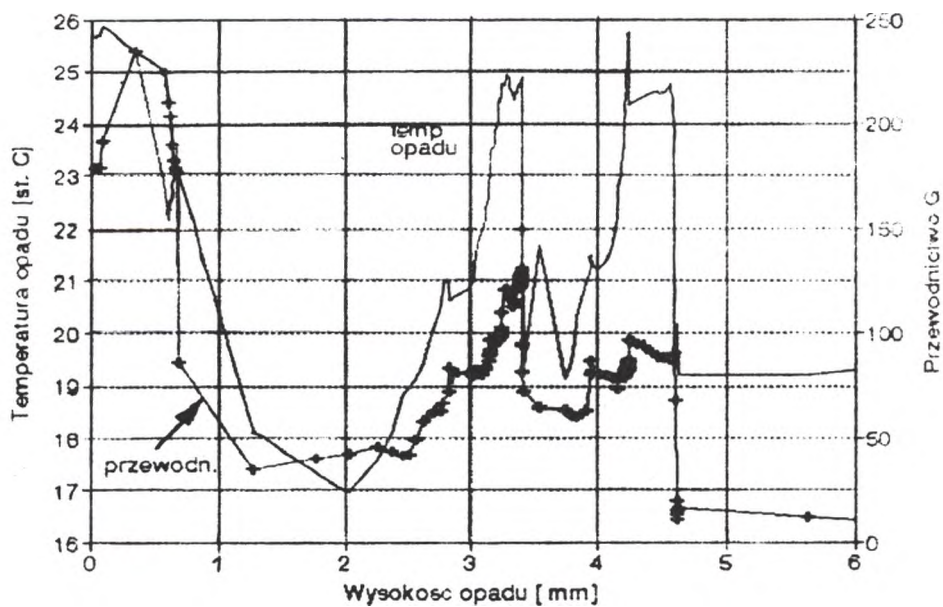
Ryc. 4. Opad z 18 XI 1994 r.



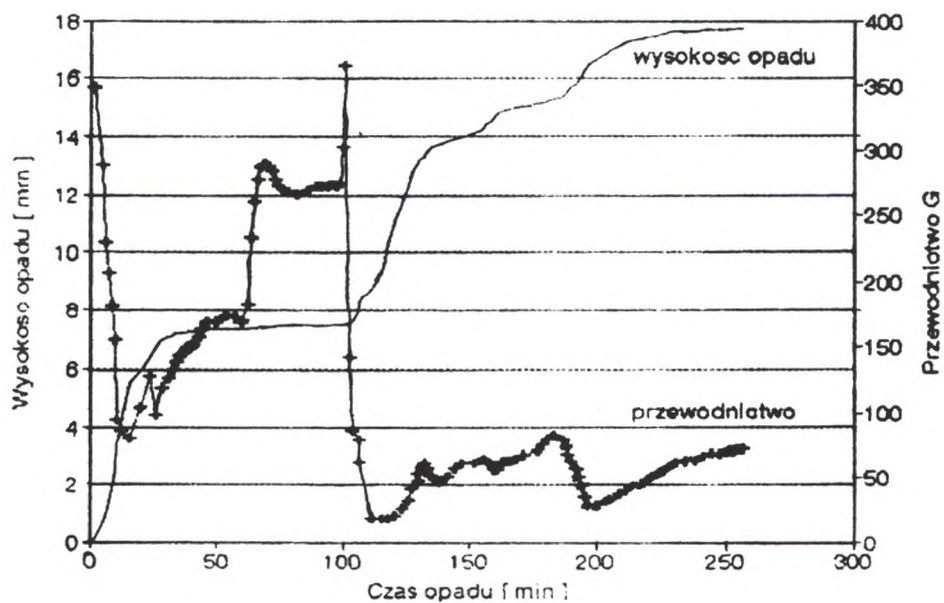
Ryc. 5. Opad z 5 VII 1995 r.



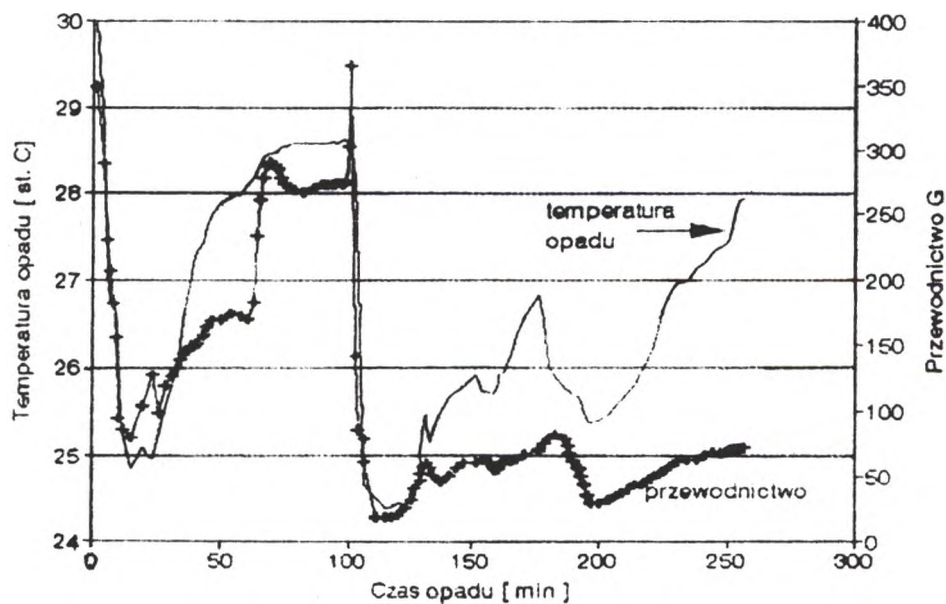
Ryc. 6. Opad z 5 VII 1995 r.



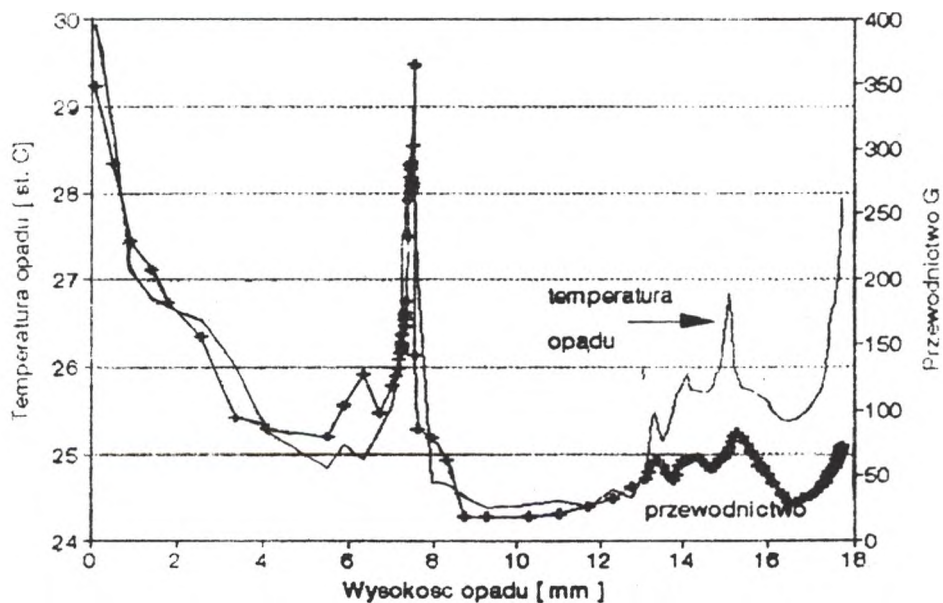
Ryc. 7. Opad z 5 VII 1995 r.



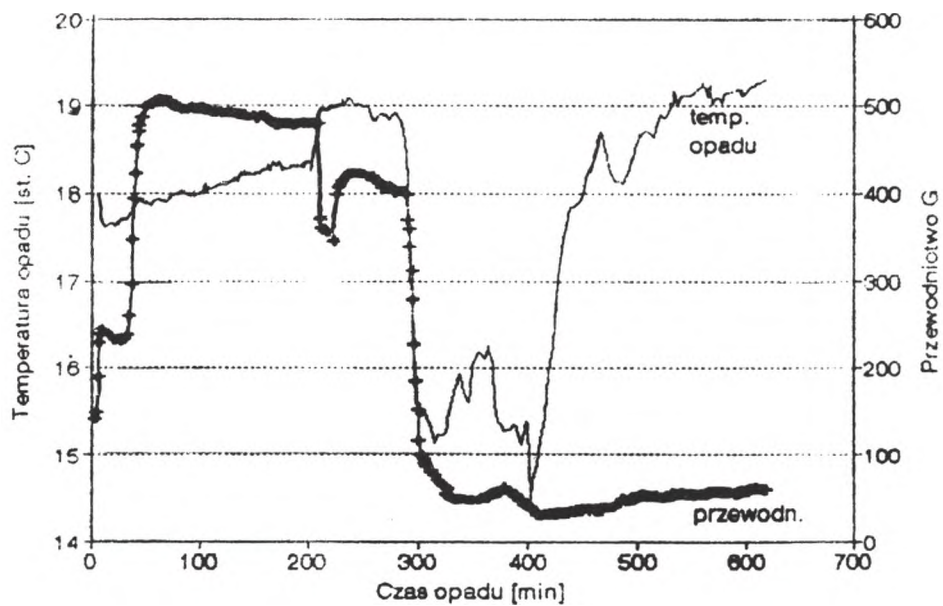
Ryc. 8. Opad z 15 VII 1995 r.



Ryc. 9. Opad z 15 VII 1995 r.

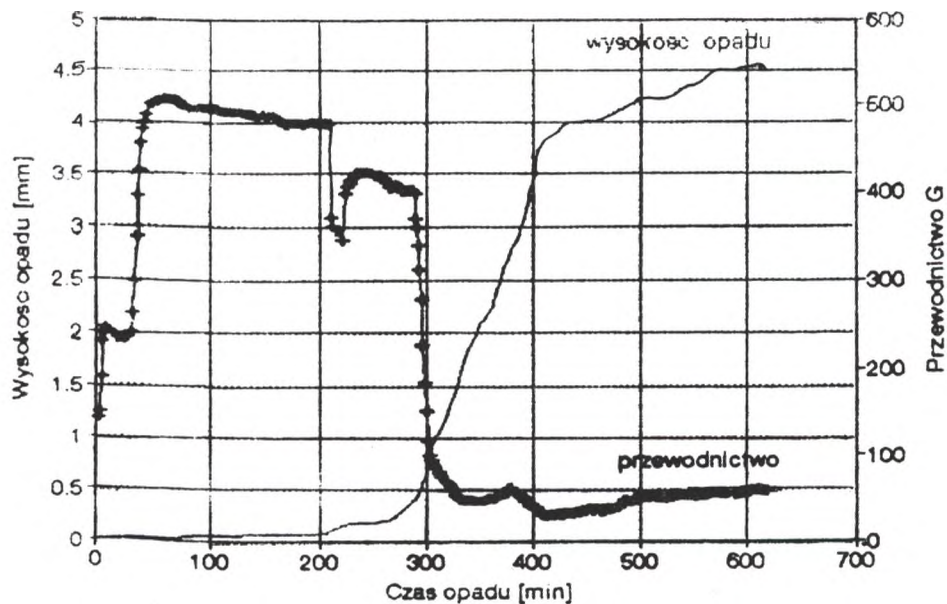


Ryc. 10. Opad z 15 VII 1995 r.

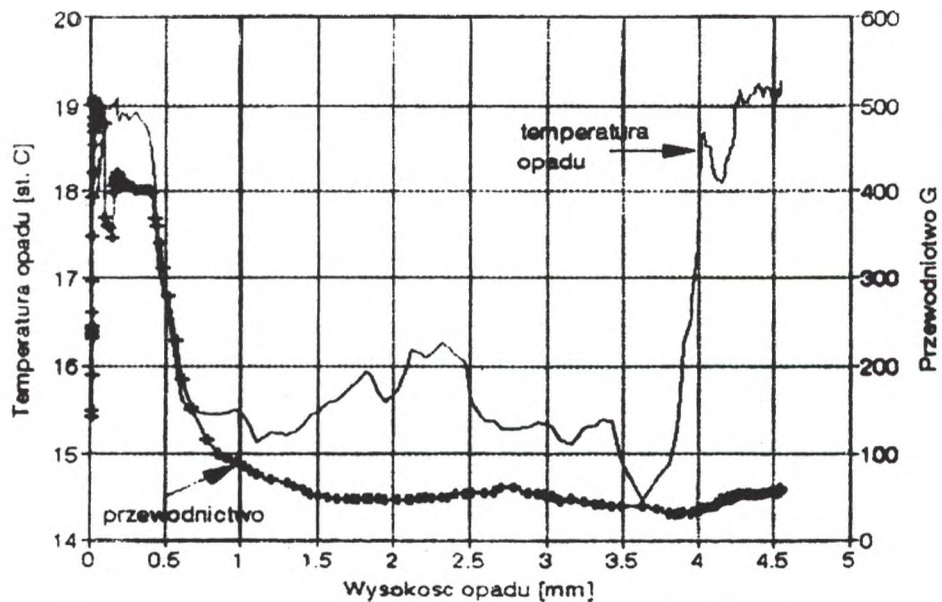


Ryc. 11. Opad z 27 IX 1995 r.





Ryc. 12. Opad z 27 IX 1995 r.



Ryc. 13. Opad z 27 IX 1995 r.

### *Opad z 18 XI 1994 roku*

Ryc. 2 przedstawia wykres zmian przewodnictwa elektrycznego właściwego  $G[\mu\text{Scm}^{-1}]$  w czasie trwania opadu.

W początkowej fazie opadu (od 50-100 min) obserwujemy spadek temperatury z  $17,5^{\circ}\text{C}$  do  $3^{\circ}\text{C}$  z równoczesnym spadkiem przewodnictwa (ryc. 3). Odpowiada to drugiemu milimetrowi opadu. Ponowny duży spadek temperatury opadu z równoczesnym spadkiem przewodnictwa obserwujemy pod koniec trwania deszczu, tj. dla piątego mm opadu. Analogiczne zmiany są rejestrowane dla 160. i 520. min opadu. Zmiany te wystąpiły dla 5. mm wysokości opadu (ryc. 4).

### *Opad z 5 VII 1995 roku*

Opad tego dnia jest bardzo charakterystyczny dla zależności między przewodnictwem  $G[\mu\text{Scm}^{-1}]$  a temperaturą opadu ze względu na długotrwałość opadu – ok. 1000 minut (ryc. 5). Obserwujemy tu spadek temperatury w 50., 350. i 600. minucie z równoczesnym spadkiem przewodnictwa elektrycznego właściwego (ryc. 6). Wzrostowi temperatury opadu w okresach 50-350, 350-600 i 650-1000 min odpowiada wzrost przewodnictwa. Zmiany temperatury opadu i przewodnictwa dla każdego kolejnego milimetra opadu przedstawiono na ryc. 7. Maksymalny spadek przewodnictwa obserwujemy dla wysokości opadu 1,2 mm.

### *Opad z 15 VII 1995 roku*

W początkowej fazie opadu (w 20. min) (ryc. 8) obserwujemy duży spadek przewodnictwa. Czynnikiem decydującym o tym spadku jest temperatura opadu (ryc. 9). Najwyższa temperatura opadu wystąpiła między 60. a 100. minutą opadu (ryc. 9). W tym czasie „spadł” na ziemię 7. i 8. milimetr opadu (ryc. 8). Siódmemu milimetrowi opadu towarzyszy wzrost temperatury z równoczesnym wzrostem przewodnictwa. Dla ósmego milimetra opadu obserwujemy równoczesny spadek temperatury i przewodnictwa (ryc. 10). W czasie od 120-170 min opadu następuje wzrost przewodnictwa (ryc. 8). Ta zmiana przewodnictwa pojawia się od 9. do 15. milimetra opadu (ryc. 10). Następnemu spadkowi temperatury opadu, który wystąpił w 170. min (ryc. 9) towarzyszy ponowny spadek przewodnictwa. Wystąpił on teraz z pewnym opóźnieniem. Zjawisko to odpowiada 15. milimetrowi opadu (ryc. 10).

## Opad z 27 IX 1995 roku

Na początku opadu (0-300. min) występuje wysokie przewodnictwo (ryc. 11). W 300. min wystąpił dość duży spadek temperatury opadu ( $\Delta t = 4,5^{\circ}\text{C}$ ), który spowodował znaczny spadek przewodnictwa (ryc. 12). Wysokość opadu 1,2 mm odpowiada ilości deszczu, jaka potrzebna jest do całkowitego wypłukania zanieczyszczeń jonowych z powietrza (ryc. 12), co potwierdza wyniki przedstawione w pracy (Chmura 1993). Dalszy wzrost temperatury opadu (od 400. min) powoduje już tylko nieznaczne przyrosty przewodnictwa, ponieważ powietrze zostało już oczyszczone. Mamy tu do czynienia z efektem „washout” – wymywania podchmurowego (Chmura 1993) i brakiem wiatru, który mógłby dostarczyć dodatkowe zanieczyszczenia z innych terenów. Zależność zmian temperatury opadu dla kolejnych milimetrów deszczu przedstawia ryc. 13.

Omówione zmiany wartości właściwego przewodnictwa elektrycznego opadu przy zmianach temperatury opadu są znacznie większe aniżeli wynika to ze zmian przewodnictwa właściwego wraz z temperaturą dla substancji jednorodnej.

## WNIOSKI

Przeprowadzona analiza przedstawionych przykładów oraz opadów, które wystąpiły w dniach 1 VIII, 4 IX, 8 IX i 28 IX 1995 r., pozwala stwierdzić, że:

- jednym z głównych parametrów mających wpływ na wartość właściwego przewodnictwa elektrycznego deszczu w danym punkcie pomiarowym jest temperatura opadu,
- zmiana właściwego przewodnictwa elektrycznego związana jest nie tylko z temperaturową zmianą przewodnictwa, ale wynika także ze zmiany ilości jonów zaabsorbowanych przez krople deszczu w różnych warunkach termicznych.

Na obecnym etapie badań jest to analiza jakościowa, ze względu na stosunkowo krótki okres prowadzonych badań.

## LITERATURA

- Chmura J., 1993. *Badania dynamiki i własności kwaśnych deszczy metodami (bio)fizycznymi*. Zeszyty Naukowe AGH, Sozologia i Sozotechnika, z. 38.
- Chromow S.P., 1969. *Meteorologia i klimatologia*. PWN, Warszawa.
- Godzik B., 1995. *Opady atmosferyczne w województwie krakowskim*. Aura 11/95.

- Turzański K.P., 1991. *Zanieczyszczenia wód opadowych południowej Polski. Kwaśne deszcze i ich monitoring*. Sozologia i Sozotechnika, z. 34.
- Wróbel S., 1988. *Kwaśne deszcze i ich wpływ na wody powierzchniowe w Polsce*. Aura 4/88.
- Zajac K.P., Bik A., Zawodny Z., 1990. *Zanieczyszczenie wód opadowych na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego*. Ochrona Powietrza 5(137).

Janusz Chmura

## INVESTIGATION OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY DEPENDENCE ON THE TEMPERATURE OF RAINFALL WATER

The quality of rainfall is determined by many parameters. Generally, these parameters can be divided into four groups. To the first group we can include parameters associated to antropogenic activity. The parameters of second group are connected to meteorological conditions. In the third group there are parameters related to physical properties such as adsorption and absorption of gases (ions) on the surface of rain drops (what influence surface tension and, in consequence, dimensions of drops), rainfall and air temperature, degree of dissociation, ionic mobility. In the last group there are parameters related to natural processes e.g. volcano eruption and carbon dioxide concentration produced in respiration process. The aim of presented research was investigation of dependence between electrical conductivity and temperature of rainfall water. Results point on fact that increase of rainfall temperature cause increase of rainfall water conductivity. Decrease of rainfall water temperature is associated with decrease of its electrical conductivity.