

DOKŁADNOŚĆ POMIARU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA PRZYKŁADZIE STACJI
METEOROLOGICZNYCH POLSKI POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ

Edward Michna, Stanisław Paczos

Instytut Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie

Przy opracowywaniu opadów atmosferycznych na obszarze Polski południowo-wschodniej [4], opartym na analizie danych pomiarowych z 221 stacji meteorologicznych, zwrócono uwagę na znaczne zróżnicowanie miesięcznej i rocznej liczby dni z opadem dobowym $\geq 0,1$ mm. Różnice w wartościach notowanych na poszczególnych stacjach, nawet położonych w bliskim sąsiedztwie, były tak znaczne, że uniemożliwiały wykreślenie mapy ilustrującej przestrzenną zmienność tej charakterystyki opadowej.

Zastanawiające były również wartości współczynników korelacji, określających zależność między częstością opadów atmosferycznych a ich wysokością bezwzględną. Dla zależności między średnią roczną liczbą dni z opadem $\geq 0,1$ mm a wysokością n.p.m. (tab. 1) otrzymano współczynnik równy 0,49, natomiast dla zależności między liczbą takich dni a średnią roczną sumą opadów - 0,67. Te same współczynniki obliczone dla dni z opadem $\geq 1,0$ mm wynosiły odpowiednio 0,80 i 0,89, a dla liczby dni z opadem $\geq 10,0$ mm - 0,88 i 0,97.

Duży rozrzut wartości i niskie współczynniki korelacji obliczone dla liczby dni z opadem $\geq 0,1$ mm wskazują, że poza wpływem wysokości n.p.m. istnieją jeszcze inne czynniki decydujące o wartościach notowań [1, 2, 5-7].

W niniejszej pracy dokonano próby wyjaśnienia, czy notowana na stacjach meteorologicznych różna liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm uwarunkowana jest rzeczywistym przestrzennym zróżnicowaniem opadu, czy też wynika z rozmaitej dokładności pomiarów.

Materiałem wyjściowym do analizy były dobowe sumy opadów atmosferycznych notowane na 24 stacjach meteorologicznych z obszaru Polski południowo-wschodniej za okres 1951-1970 (rys. 1). Wyboru stacji - spośród 142 dysponujących wynikami pomiarów za pełny

T a b e l a 1

Współczynniki korelacji między poszczególnymi charakterystykami opadowymi a wysokością nad poziomem morza

	H_s	P	$R_{0,1}$	$R_{1,0}$	$R_{10,0}$
H_s	1,0000				
P	0,8925	1,0000			
$R_{0,1}$	0,4938	0,6048	1,0000		
$R_{1,0}$	0,8010	0,8918	0,6675	1,0000	
$R_{10,0}$	0,8760	0,9748	0,5326	0,8310	1,0000

Objaśnienia:

H_s - wysokość nad poziomem morza,

P - średnia roczna suma opadów,

$R_{0,1}$ - średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm,

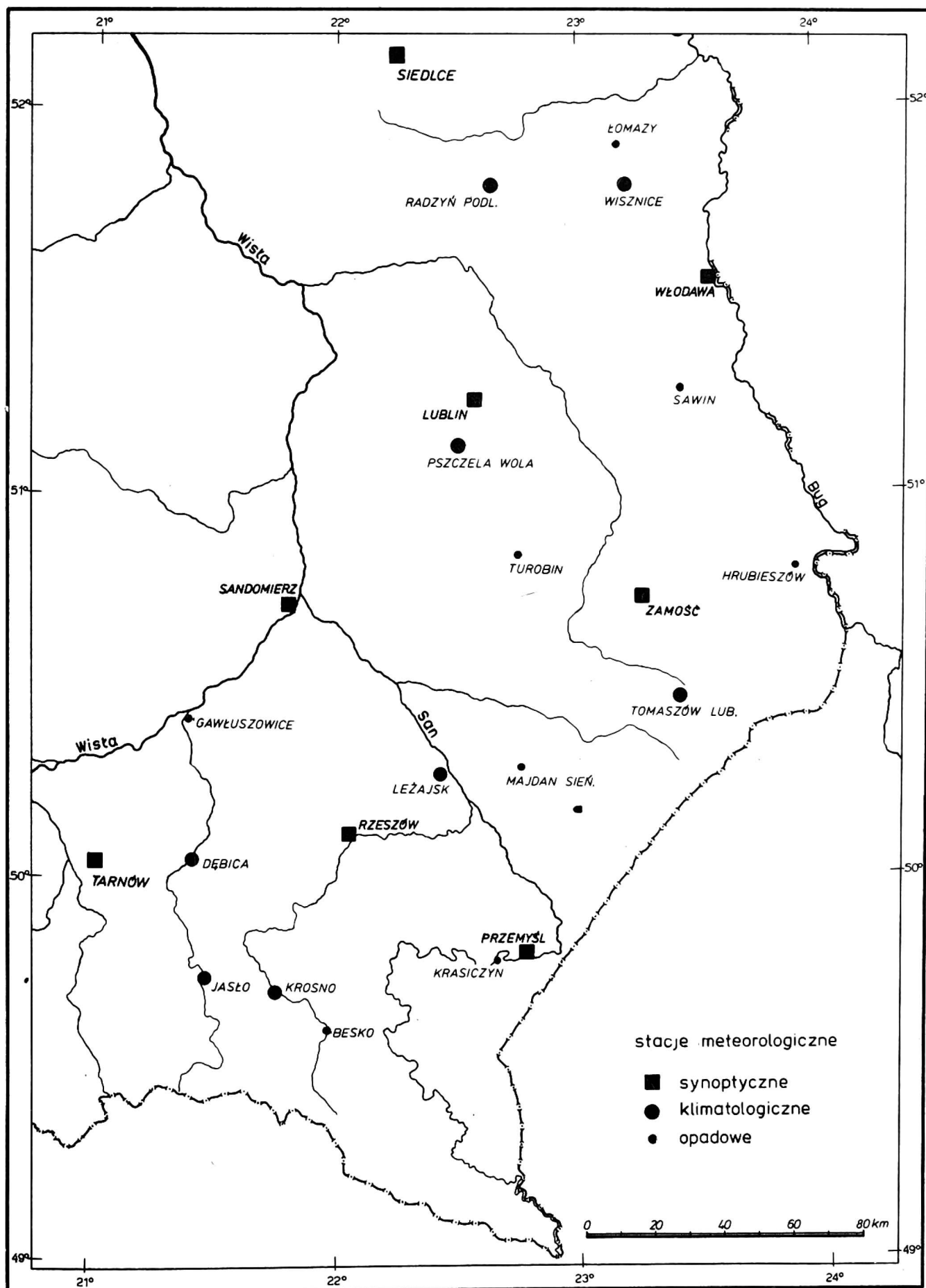
$R_{1,0}$ - średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 1,0$ mm,

$R_{10,0}$ - średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 10,0$ mm.

dwudziestoletni okres - dokonano według następujących zasad. Uwzględniono wszystkie stacje synoptyczne, łącznie 8, a następnie - drogą losową - wybrano po 8 stacji klimatologicznych i opadowych (według dawnego podziału stosowanego przez PIHM). Liczebność stacji w każdej z trzech grup została więc określona (ze względów metodycznych) przez liczbę stacji synoptycznych.

W wybranych stacjach obliczono liczbę dni z opadem w następujących przedziałach wielkości sumy dobowej: 0,0 mm, 0,1-1,0 mm, 1,1-5,0 mm, 5,1-10,0 mm i powyżej 10,0 mm (tab. 2).

Średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 0,0$ mm na stacjach synoptycznych (grupa A) wynosiła 205 dni, przy czym liczba tych dni w poszczególnych stacjach wahała się od 194 w Sandomierzu do 219 w Lublinie. Na stacjach klimatologicznych (grupa B) zanotowano średnio 164 takich dni, co stanowi 80% wartości średniej ze stacji synoptycznych. W poszczególnych stacjach grupy B liczba dni z opadem $\geq 0,0$ mm wahała się od 148 w Wisznicach do 178 w Jaśle. Najmniejszą liczbę dni z opadem $\geq 0,0$ mm zanotowano na stacjach opadowych (grupa C); wynosiła ona przeciętnie 144, co stanowi 70% liczby tych dni odnotowanych na stacjach synoptycznych. W poszczególnych stacjach grupy C wartości zmieniały się od 131 w Łomazach do



Rys. 1. Rozmieszczenie badanych stacji meteorologicznych

Średnia liczba dni z opadem o określonej sumie dobowej dla wybranych stacji meteorologicznych w okresie 1951-1970

Grupa	Stacja meteorologiczna	Przedziały wielkości opadów [mm]							
		0,0	0,1-1,0	1,1-5,0	5,1-10,0	>10,0	≥0,0	≥0,1	≥1,0
A	Siedlce	60,7	61,4	60,9	19,6	12,0	214,6	153,9	92,5
	Włodawa	45,9	57,7	62,7	20,6	13,3	200,2	154,3	96,6
	Lublin	51,8	67,5	63,0	22,9	13,6	218,8	167,0	99,5
	Zamość	39,0	69,1	62,2	19,5	13,7	203,5	164,5	95,4
	Sandomierz	36,6	62,1	59,8	21,0	14,7	194,2	157,6	95,5
	Rzeszów	53,1	60,6	61,9	23,0	17,8	216,4	163,3	102,7
	Tarnów	38,8	56,7	62,3	22,6	17,7	198,1	159,3	102,6
	Przemysł	43,7	60,5	58,4	20,0	14,7	197,3	153,6	93,1
	Średnia	46,2	62,0	61,4	21,2	14,7	205,5	159,3	97,3
	Radzyń Podl.	7,3	59,1	64,5	19,6	11,9	162,4	155,1	96,0
Wisznice	9,5	51,0	56,8	18,2	12,8	148,3	138,8	87,8	

B	Pszczela Wola	17,2	48,1	57,0	20,1	12,2	154,6	137,4	89,3
	Tomaszów Lub.	6,3	56,7	63,8	22,0	13,8	162,6	156,3	99,6
	Leżajsk	13,1	50,4	63,3	21,2	15,3	163,3	150,2	99,8
	Dębica	12,3	51,6	62,7	23,6	17,5	167,7	155,4	103,8
	Jasło	15,6	55,7	63,8.	24,2	18,9	178,2	162,6	106,9
	Krosno	20,4	45,5	63,8	24,6	19,3	173,6	153,2	107,7
	Średnia	12,7	52,3	62,0	21,7	15,2	163,9	151,2	98,9
	Łomazy	4,7	32,9	61,1	19,6	13,0	131,3	126,6	93,7
	Sawin	5,1	53,2	67,3	21,7	14,7	162,0	156,9	103,7
	Turobin	1,7	24,3	65,7	28,1	17,0	136,8	135,1	110,8
C	Hrubieszów	10,0	52,3	59,9	20,1	14,6	156,9	146,9	94,6
	Gawłuszowice	7,2	43,6	61,2	19,4	13,5	144,9	137,7	94,1
	Majdan Sień.	2,3	30,7	58,1	24,5	16,9	132,5	130,2	99,5
	Krasiczyn	6,1	40,2	57,4	22,9	20,2	146,8	140,7	100,5
	Besko	0,6	29,6	60,8	24,8	22,3	138,1	137,5	107,9
	Średnia	4,7	38,4	61,4	22,6	16,5	143,6	138,9	100,5

162 w Sawinie. W uwzględnionych 24 stacjach różnica między notowaną największą średnią roczną liczbą dni z opadem $\geq 0,0$ mm a najmniejszą wyniosła 87 dni.

Średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm w omawianych 24 stacjach zmieniała się od 127 w Łomazach do 167 w Lublinie; zatem różnica wynosi 40 dni. W grupie stacji synoptycznych notowano średnio w roku 159 dni z opadem $\geq 0,1$ mm, w stacjach klimatologicznych - 152 i opadowych - 139. Jak widać z przedstawionych danych, w stacjach klimatologicznych liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm zaniżona jest przeciętnie o około 5%, a w stacjach opadowych o około 13% (w skrajnych przypadkach wartość ta może być zaniżona o 25%), w porównaniu z notowaniami na stacjach synoptycznych.

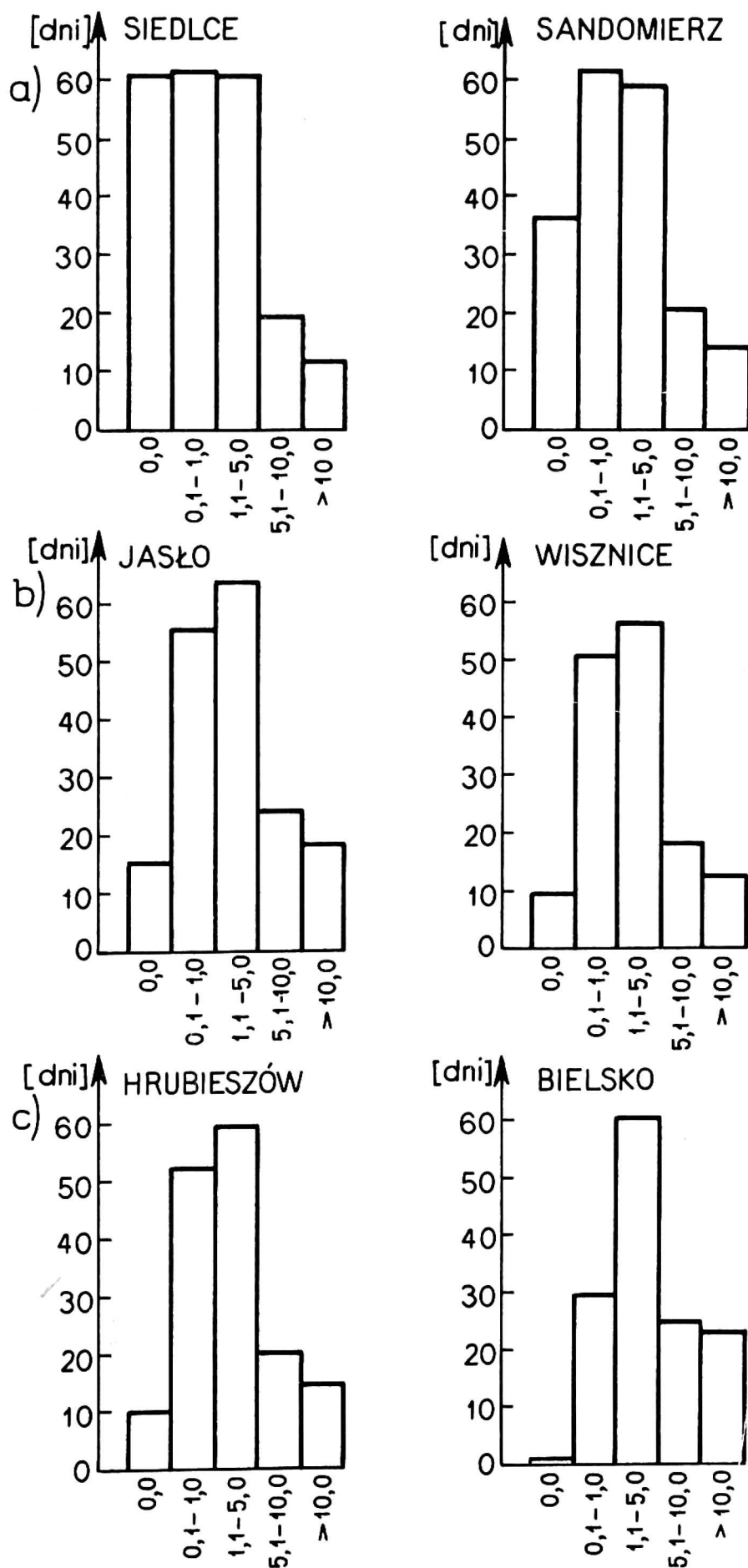
Wykonano również analizę liczby dni z opadem w poszczególnych przedziałach wielkości sum dobowych (tab. 2). Największe różnice między trzema grupami stacji stwierdzono w przypadku liczby dni z opadem 0,0 mm. Zmienia się ona średnio rocznie od 46 w grupie A do 13 w grupie B i do 5 dni w grupie C. Średnia roczna liczba tych dni w poszczególnych stacjach wahała się od 1 w Besku do 61 w Siedlcach (tab. 2).

W przedziale 0,1-1,0 mm opadu średnia roczna liczba dni wynosiła 62 w grupie stacji synoptycznych, 52 w grupie stacji klimatologicznych i 38 w grupie stacji opadowych. W poszczególnych stacjach wartości te zmieniały się od 30 w Besku do 69 w Zamościu.

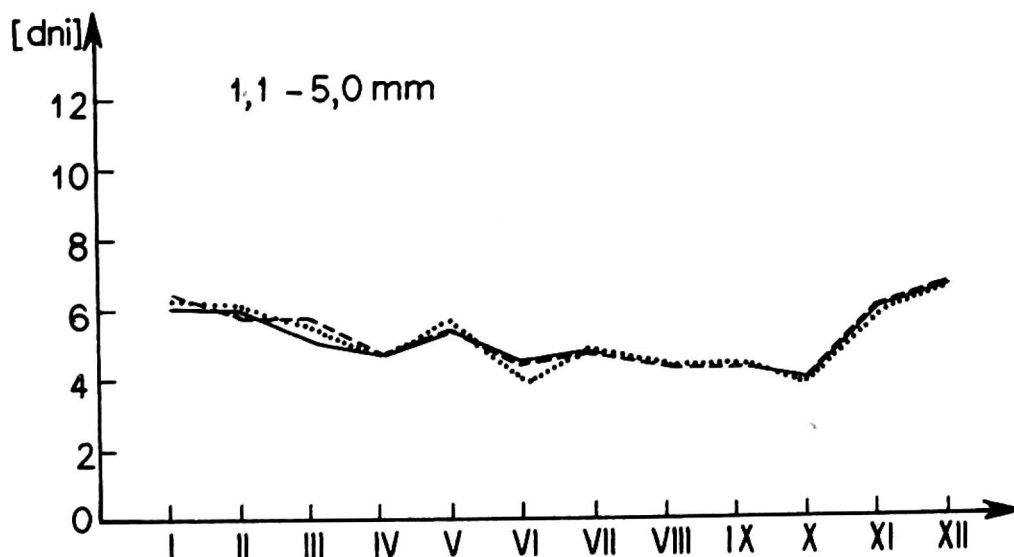
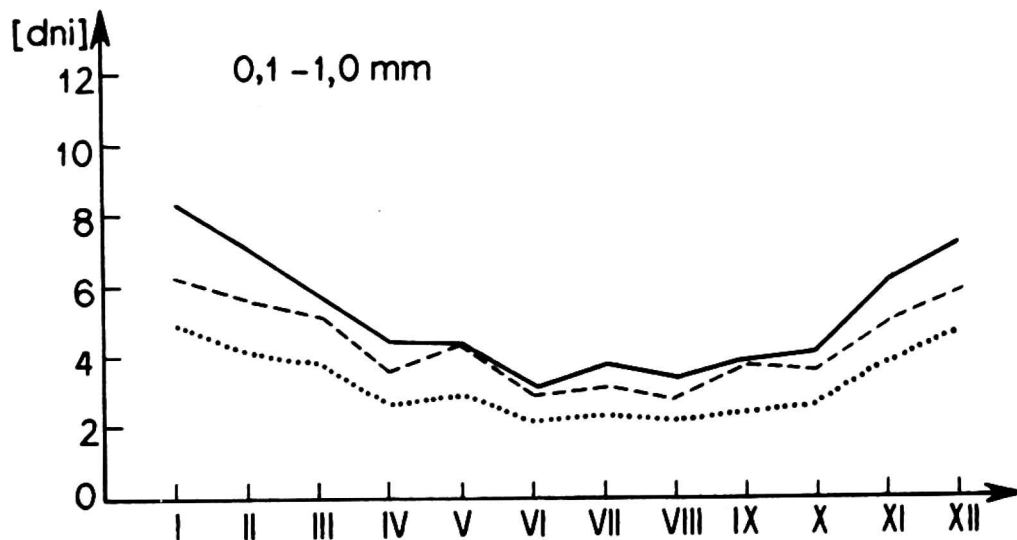
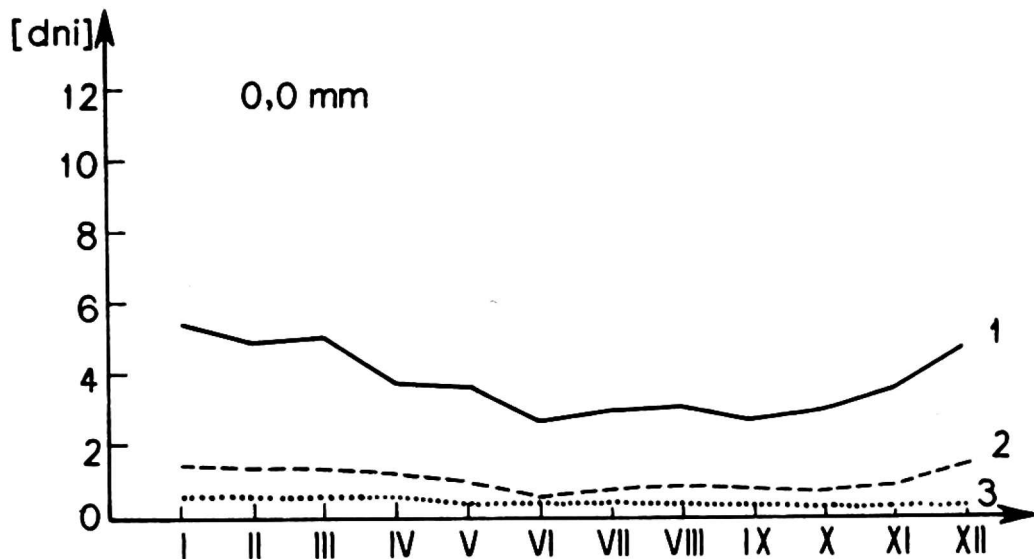
W przedziale 1,1-5,0 mm we wszystkich trzech grupach stacji notowano niemal identyczne liczby dni z opadem (61-62 dni).

Średnie roczne wartości liczby dni z opadem w wymienionych przedziałach wielkości dla dwu stacji wybranych z każdej grupy ilustruje rysunek 2. Z przedstawionych diagramów wynika, że w grupie stacji synoptycznych najwięcej notowano dni z opadem w przedziale 0,1-1,0 mm, a najmniej w przedziale $> 10,0$ mm. W grupie B i C najwięcej jest dni z opadem w przedziale 1,1-5,0 mm, a najmniej z opadem 0,0 mm.

Dotychczasowa analiza odnosiła się do wartości rocznych. Na rysunkach 3 - 5 przedstawiono natomiast liczbę dni z opadem w określonych przedziałach wielkości dla poszczególnych miesięcy, obliczoną jako wartość średnią dla 8 stacji danej grupy. Przy liczbie dni z opadem 0,0 mm i 0,1-1,0 mm (rys. 3) zaznacza się istotne różnicowanie przebiegu wartości charakteryzujących poszczególne grupy stacji. Na wykresach, obrazujących przebieg roczny liczby dni

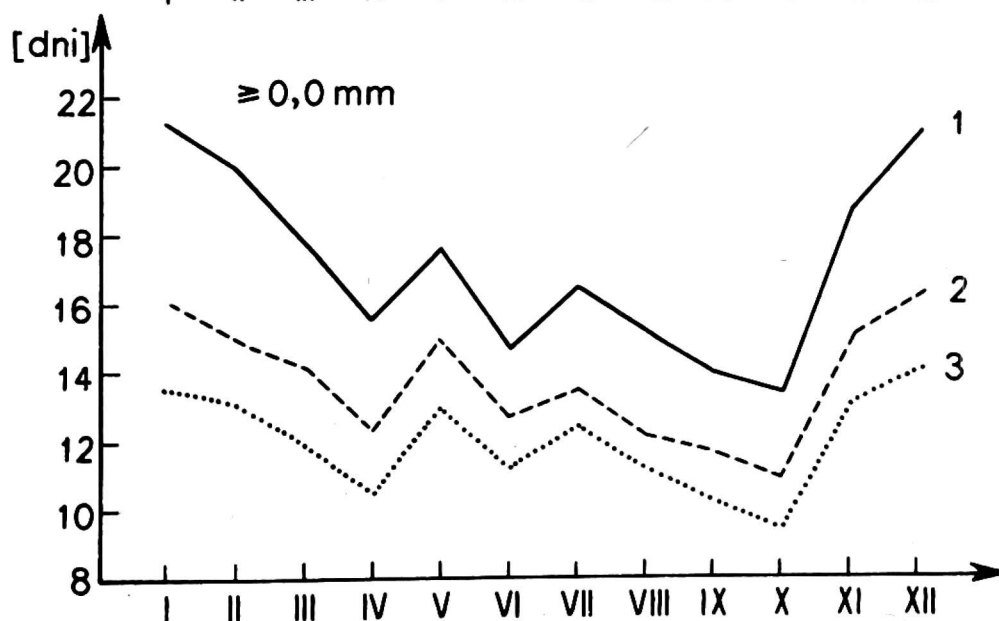
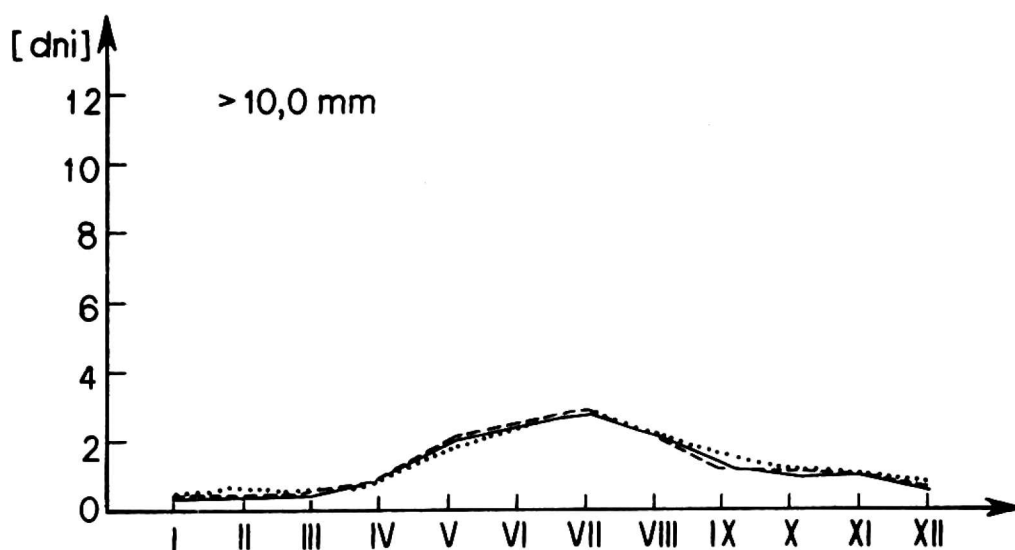
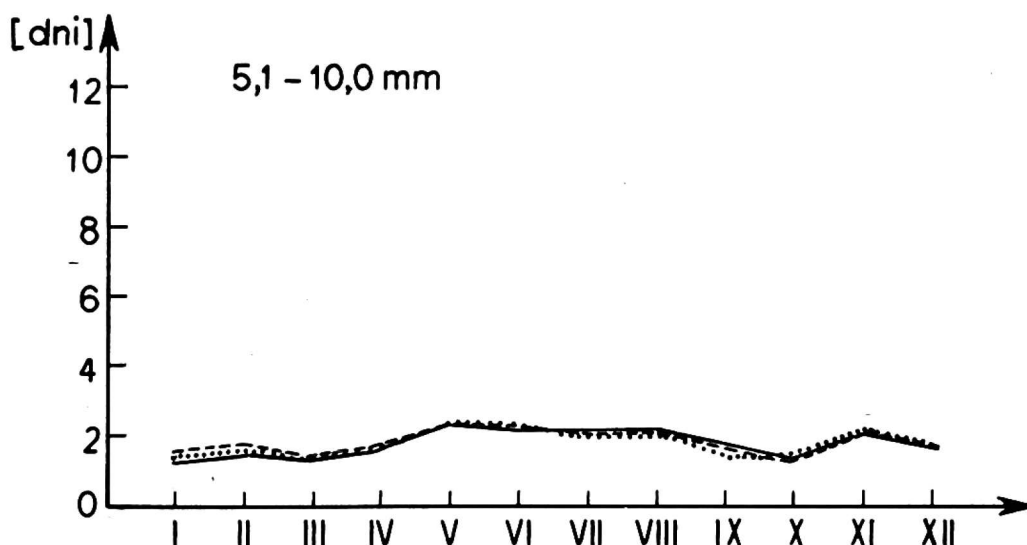


Rys. 2. Średnia roczna liczba dni z opadem o określonych przedziałach wielkości sumy dobowej dla wybranych stacji meteorologicznych
 a - stacje synoptyczne, b - klimatologiczne, c - opadowe



Rys. 3. Przebieg roczny średniej liczby dni z opadem 0,0 mm, 0,1-1,0 mm i 1,1-5,0 mm dla stacji synoptycznych (1), klimatologicznych (2) i opadowych (3)

z opadem 1,1-5,0 mm, 5,1-10,0 mm i >10,0 mm, krzywe dla poszczególnych grup stacji mają przebieg prawie identyczny.



Rys. 4. Przebieg roczny średniej liczby dni z opadem 5,1-10,0 mm, >10,0 mm i $\geq 0,0$ mm dla stacji synoptycznych (1), klimatologicznych (2) i opadowych (3)

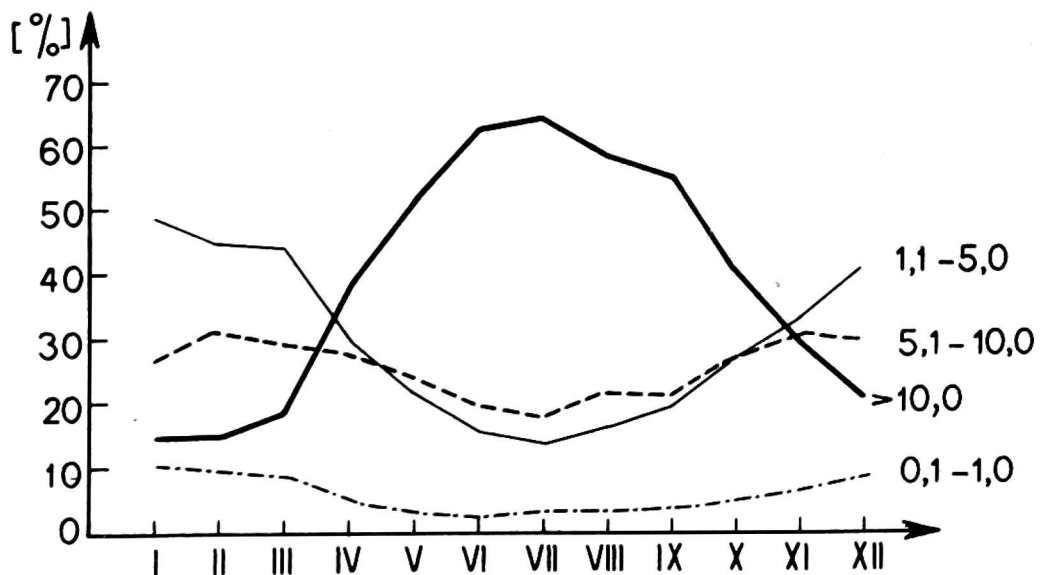
Z otrzymanych wyników należy sądzić, że stacje synoptyczne, klimatologiczne i opadowe zgodnie notują opady $> 1,0$ mm. Największe różnice występują przy notowaniu liczby dni z opadem $0,0$ mm, a mniejsze w przedziale $0,1-1,0$ mm. Liczba dni z opadem $0,0$ mm jest najczęściej pomijana w opracowaniach stosunków opadowych. Wydaje się, że nawet duże różnice w notowaniu tych dni nie mają wpływu na obraz rozkładu i częstości opadów atmosferycznych. Jednak rzeczywista liczba dni z opadem $0,0$ mm może okazać się niezbędną przy wprowadzaniu do obliczonych sum opadów poprawki na zwilżanie deszczomierza. Według klimatologów radzieckich [8, 9, 10], wielkość tej poprawki wynosi $0,2$ mm, niezależnie od zmierzonej sumy opadu. Wartość tę należy dodać do każdej sumy dobowej, wliczając także dni z opadem $0,0$ mm. Korekty sum dekadowych, miesięcznych czy rocznych można dokonać obliczając tę poprawkę za pomocą następującego wzoru:

$$P = \frac{0,2 R_{0,0}}{P} 100\%$$

gdzie: P - suma opadów za odpowiedni okres,

$R_{0,0}$ - liczba dni z opadem $\geq 0,0$ mm za ten sam okres.

Ważne staje się więc notowanie liczby dni z opadem $0,0$ mm, czyli z tzw. opadem śladowym. Wielkość tej poprawki jest znaczna i wynosi dla rocznych sum opadów od 4% na południu europejskiej części ZSRR do 28% w obszarach polarnych [9, 10].



Rys. 5. Procentowy udział poszczególnych przedziałów wielkości sumy dobowej w miesięcznych sumach opadu na stacjach synoptycznych

Wartość poprawki [%] na zwilżanie deszczomierza obliczona dla stacji synoptycznych z obszaru Południowo-wschodniej

Lp.	Stacja meteorologiczna	Miesiące												Rok
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1.	Siedlce	17,2	14,6	13,7	8,9	6,5	4,0	4,4	4,8	7,3	8,9	9,2	12,2	8,0
2.	Włodawa	13,2	11,0	10,8	8,8	5,4	4,3	3,8	4,7	6,8	7,3	1,2	10,8	7,0
3.	Lublin	13,9	11,5	11,5	7,7	6,1	4,3	4,2	4,8	6,9	8,0	8,6	10,8	7,3
4.	Zamość	15,7	11,9	11,6	8,1	5,2	3,7	4,0	4,3	4,0	6,4	9,1	11,8	6,9
5.	Sandomierz	12,4	10,9	10,4	6,9	5,3	3,6	3,2	4,5	6,2	7,6	8,1	9,6	6,4
6.	Rzeszów	13,3	12,6	11,6	7,0	4,8	3,5	3,7	3,8	5,5	6,3	8,0	10,2	6,3
7.	Tarnów	10,8	11,4	9,1	6,5	4,6	3,3	3,0	3,8	5,6	6,7	7,3	9,4	5,8
8.	Przemyśl	13,8	12,4	12,8	7,0	5,1	3,6	3,7	3,9	6,0	6,7	7,8	9,9	6,6
	Średnia	13,8	12,0	11,4	7,6	5,4	3,8	3,8	4,3	6,0	7,2	8,3	10,6	6,8

T a b e l a 4

Wielkość błędu miesięcznych i rocznych opadów sum w procentach przy danej liczbie notowań dni z opadem 0,1-1,0 mm

Liczba notowań [%] dni opadowych na stacjach synop- tycznych	Miesiące												Rok				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					
100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
90	1,1	1,0	0,8	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,8	0,5
80	2,1	1,9	1,7	1,0	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,2	1,6	1,0
70	3,1	2,8	2,6	1,5	0,9	0,7	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	1,9	2,4	1,5
60	4,2	3,7	3,4	1,9	1,2	0,9	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,9	2,5	3,2	1,9
50	5,2	4,7	4,3	2,4	1,5	1,1	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,4	3,1	4,0	2,4
40	6,3	5,6	5,2	2,9	1,8	1,4	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,9	3,7	4,9	2,9
30	7,3	6,5	6,0	3,4	2,1	1,6	2,3	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	3,4	4,3	5,7	3,4
20	8,4	7,4	6,9	3,8	2,4	1,8	2,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	3,8	5,0	6,5	3,8
10	9,4	8,3	7,8	4,3	2,7	2,1	2,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	4,3	5,6	7,3	4,3
0	10,5	9,3	8,6	4,8	3,0	2,3	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	4,8	6,2	8,1	4,8

Z zamieszczonych danych (tab. 3) wynika, że wartość poprawki na obszarze Polski południowo-wschodniej wynosi dla sum rocznych od około 6% w południowej części do 8% w północnej. W przebiegu rocznym najniższe wartości poprawki (3,8%) występują w czerwcu i lipcu, natomiast najwyższe (13,8%) w styczniu.

Liczba dni z opadem 0,0 mm nie wpływa bezpośrednio na miesięczną czy roczną sumę opadów (jeśli nie uwzględnimy poprawki), natomiast mniejsza liczba dni z opadem 0,1-1,0 mm, notowana na stacjach klimatologicznych i opadowych, zaniża rzeczywiste sumy opadów (tab. 4). Największy błąd w rocznych sumach opadu powodowany małą dokładnością notowań liczby dni z opadem 0,1-1,0 mm może wynieść 4,8%, ponieważ liczba dni z opadem w tym przedziale wielkości daje taką wartość rocznej sumy opadów. Wielkość tego błędu w sumach miesięcznych nie przekracza najczęściej 4%, a w sumach rocznych 2%.

Ze względu na małą statystycznie liczebność stacji w grupach, otrzymane wyniki nie rozwiązują w sposób jednoznaczny dokładności notowań opadów. Mogą być jedynie przyczynkiem do dalszych badań nad tym zagadnieniem.

LITERATURA

1. Hess M.: Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. nauk. UJ, Pr. geogr., 11, 1965.
2. Hess M.: Metoda określania ilościowego zróżnicowania mezoklimatycznego w terenach górskich. Zesz. nauk. UJ. Pr. geogr., 18, 1968.
3. Janiszewski F.: Metody analizy i weryfikacji materiałów opadowych. Instr. PIHM, 109, 1969.
4. Michna E., Paczos S.: Opady atmosferyczne na obszarze Polski południowo-wschodniej. Pr. i Stud. Inst. Geogr. UW, 26, Klimat., 11, 1978.
5. Olechnowicz-Bobrowska B.: Rozkład dni z opadem w Polsce. Prz. geof., 4, 1968.
6. Radomski C.: Wstępne obserwacje nad wpływem sposobu ustawienia deszczomierzy na stokach na ilość opadu atmosferycznego. Rocz. Nauk rol., ser. F, 73, 3, 1959.
7. Radomski C.: Studia nad rozkładem opadów w terenie pagórkowatym. Ekol. pol., ser. A, 10, 3, 1962.
8. Sadowski M.: Systematyczne błędy pomiarów opadów i metoda poprawiania wieloletnich wartości opadu. Biul. PIHM, 3, 1966.
9. Struzer L. P., Nechaev I. N., Bogdanova E. G.: Systematic errors of the precipitation measuring. Meteor. a. Hydrol., 10, 1965.

10. Struzer L. P., Nechaev I. N., Bogdanova E. G., Fjodorova E. A.: The correction technique of the long-term norms of precipitations. Meteor. a. Hydrol., 11, 1965.

Эдвард Михна, Станислав Пачос

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ПРИМЕРЕ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ ЮГОВОСТОЧНОЙ ПОЛЬШИ

Р е з ю м е

В труде анализируется точность суточных измерений сумм атмосферных осадков в рамках следующих интервалов величин: 0,0 мм 0,1-1,0 мм, 1,1-5,0 мм, 5,1-10,0 мм и выше 10,0 мм. Исходный материал составляли суточные суммы атмосферных осадков для 24 метеорологических станций юговосточной Польши за период 1951-1970 гг. Были учтены все метеорологические станции, 8 с однородным измерительным материалом (А), а затем были случайно выбраны по 8 климатологических (В) и омброметрических (С) станций.

Среднее число дней в году с осадком $\geq 0,0$ мм составляло в группе синоптических станций (А) 205, в группе климатологических станций (В) - 164, а в группе омброметрических станций (С) - 144.

Среднее число дней в году с осадком $\geq 0,1$ мм составляло в рассматриваемых группах соответственно А-159, В-152 и С-139. Гораздо меньшая разница между отдельными группами станций отмечалась в числе дней в году с осадком $> 1,0$ мм. Она составляла в группе А - 97, в группе В - 99 и в группе С - 100 дней.

Полученные результаты позволяют предполагать, что синоптические, климатологические и омброметрические станции определяют согласно среднесуточные суммы осадков $> 1,0$ мм. Самые большие разницы наблюдаются в записках числа дней с осадком 0,0 мм а меньшие в числе дней с осадками в интервале 0,1-1,0 мм.

Исчислены также величины корректуры на увлажнение дождемера, колеблющаяся для годовых сумм на территории юговосточной Польши от около 6% в южной до 8% в северной части указанной территории.

Ввиду статистически небольшого числа станций в отдельных группах, полученные результаты не позволяют однозначно разрешить вопрос точности измерений атмосферных осадков. Они могут лишь являться предпосылкой для дальнейших исследований по этому вопросу.

Edward Michna, Stanisław Paczos

ACCURACY OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION MEASUREMENTS
AS EXEMPLIFIED BY METEOROLOGICAL STATIONS OF THE SOUTHEASTERN
PART OF POLAND

S u m m a r y

The accuracy of daily records of atmospheric precipitation sums within the intervals of 0.0 mm, 0.1-1.0 mm, 1.1-5.0 mm, 5.1-10.0 mm and over 10 mm is analyzed in the paper. An initial material constituted daily precipitation sums for 24 meteorological stations from the southeastern part of Poland for the period 1951-1970. All synoptical stations with uniform measurement material, in total 8 (A), were taken into consideration and then by 8 climatological (B) and ombrometric (C) stations were chosen at random.

Mean annual number of days with precipitations of ≥ 0.0 mm in the group of synoptical stations (A) amounted to 205, in the group of climatological stations (B) - to 164 and in the group of ombrometric stations (C) - to 144.

Mean annual number of days with precipitations of ≥ 0.1 mm amounted in the above groups accordingly: A - to 159, B - to 152 and C - to 139. Much less differences between particular groups of stations were noted at the number of days with precipitations of > 1.0 mm, amounting in the A group to 97, in the B group - to 99 and in the C group - to 100.

The results obtained allow to presume that synoptical, climatological and ombrometric stations would record conformably daily precipitation sums of > 1.0 mm. The greatest differences would occur in recording the number of days with precipitations of 0.0 mm and the least ones of those with precipitations within the interval of 0.1-1.0 mm.

Also the value of corrections for wetting the raingauge has been calculated. It varied for annual sums in the southeastern Poland from about 6% in the southern part to 8% in the northern part of this territory.

The results obtained do not solve in an explicit way the problem of accuracy of recording atmospheric precipitations in view of a statistically little number of stations in particular groups; they can constitute only a contribution to further investigations on this problem.