

POWÓDŹ LETNIA ROKU 1960 NA KARPACKICH DOPIŁYWACH WISŁY W WOJEWÓDZTWIE KRAKOWSKIM

KAZIMIERZ FIGULA

I. WSTĘP

Powódź w lipcu 1960 roku należała do największych jakie wydarzyły się na terenie górnej Wisły w ostatnim pięćdziesięcioleciu. Pod względem swoich rozmiarów i zasięgu, a także strat, jakie za sobą pociągnęła można by ją porównać z powodzią roku 1934.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie genezy powodzi, jej przebiegu, oraz analiza strat, co może być przydatne do opracowań planów gospodarki wodnej z uwzględnieniem lokalizacji potrzebnych retencji powodziowych i pogłębienia znajomości zagadnienia sterowania fal powodziowych.

W pracy wykorzystano materiały, uzyskane w Oddziale Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego w Krakowie w zakresie opadów na obszarze badanym oraz przebiegu stanów wody na wszystkich czynnych stacjach wodowskazowych. Przeliczenia stanów wody na przepływy oparto o aktualne krzywe konsumpcyjne, opracowane przez inż. Kohlbergera w PIHM w Krakowie. W trakcie tych przeliczeń pominięto z dalszych rozważań te stacje wodowskazowe, których bądź obserwacje, bądź krzywe konsumpcyjne budziły wątpliwości. Przy charakterystyce sytuacji barycznych wykorzystano mapy synoptyczne i opracowanie PIHM. Materiały dotyczące szkód i strat powodziowych uzyskano w Wojewódzkim Komitecie Przeciwpowodziowym, a także w Wojewódzkim Zarządzie Rolnictwa w Krakowie.

II. METEOROLOGICZNA GENEZA POWODZI

1. Opady w lipcu 1960 roku

Lipiec roku 1960 należał do miesięcy najbardziej obfitych w opady na Podkarpaciu od kilkadziesiąt lat. W wielu miejscowościach opady lip-

cowe osiągnęły i przekroczyły notowane maksimum. Opad lipca 1960 r. w Krakowie jest największym na przestrzeni 110 lat. W stosunku do średnich opadów z wielolecia opady lipca 1960 r. wynoszą 200—300%.

W porównaniu do pamiętnego z katastrofalnej powodzi lipca 1934 roku zasięg obfitych opadów był większy w roku 1960. Objął on bowiem nie tylko Tatry i Gorce, lecz także Beskid Śląski i Żywiecki (tab. 1).

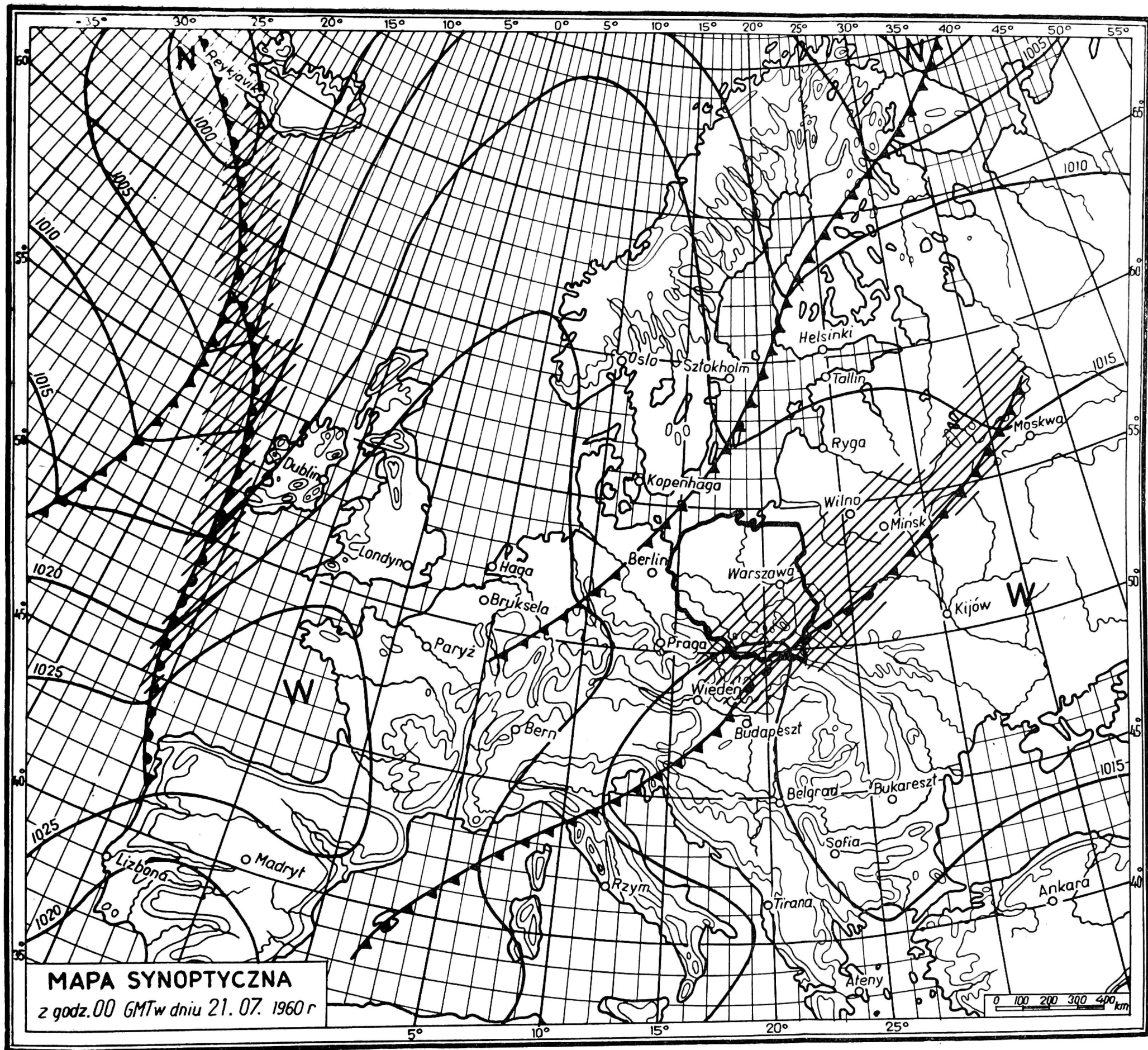
Tabela 1

Opady w miesiącu lipcu 1960 r. na tle długoletnich serii obserwacyjnych według Wiszniewskiego (5)

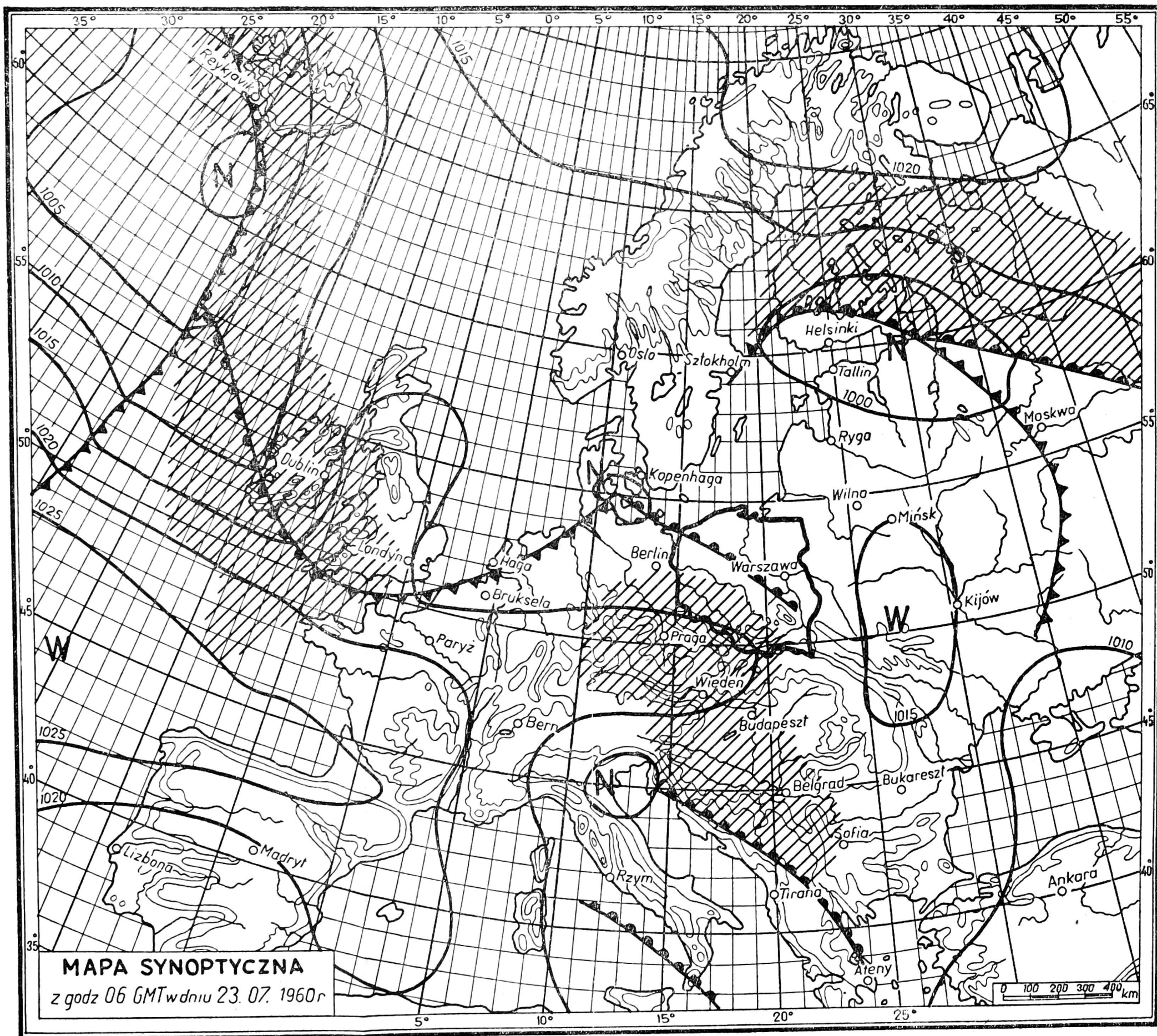
Stacja opadowa	Średnio 1890—1931	Maks. 1890—1931	Rok 1934	Rok 1960
Kraków	111	313	183	314,5
Dobra	148	320	436	487,0
Raba Wyżna	120	308	156	229,5
Nowy Sącz	119	241	261	304,6
Nowy Targ	136	311	—	258,6
Kościelisko	180	503	408	482,2
Poronin	155	371	445	334,6
Białka	130	306	322	252,3
Branówka	189	405	—	321,2
Piwniczna	129	379	283	221,0
Krynica	116	267	229	210,0

W rozkładzie czasowym opadu w ciągu lipca 1960 roku można by wyróżnić pięć okresów opadowych. Pierwszy przypada na 6—9 lipca z opadem przeciętnie około 40 mm z lokalnymi maksimumami, przekraczającymi nawet 100 mm w dorzeczu Soły i Skawy. Dobowe maksimum tego okresu nie przewyższa 70 mm. Drugi okres opadowy 1—14. VII osiągnął największe wartości w dorzeczu Raby i Dunajca, gdzie szczególnie 13. VII jest na szeregu stacjach dniem maksymalnego opadu miesięcznego. Całkowity opad tego okresu wyniósł 40—100 mm, średnio około 60 mm. Trzeci okres opadowy 16—17. VII przyniósł na ogół niewielkie ilości wody, przybierając jedynie lokalnie poważniejsze rozmiary (zlewnie Łososiny i Uszwicy).

Dwa ostatnie, bezpośrednio po sobie następujące okresy opadowe 20—23. VII i 24—28. VII, spowodowały katastrofalną powódź. Po gwałtownych opadach typu burzowego w dniu 20. VII, głównie w dorzeczu Soły i Skawy, zanikających stopniowo w następnych dwu dniach, nadsięgnęła główna masa opadu, osiągająca największą wydajność w dniach 25 i 26. VII, a stanowiąca około połowę opadu tego tak bardzo obfitego w wodę miesiąca. Rozkład opadów w ciągu miesiąca lipca na niektórych stacjach opadowych ilustruje tab. 2.

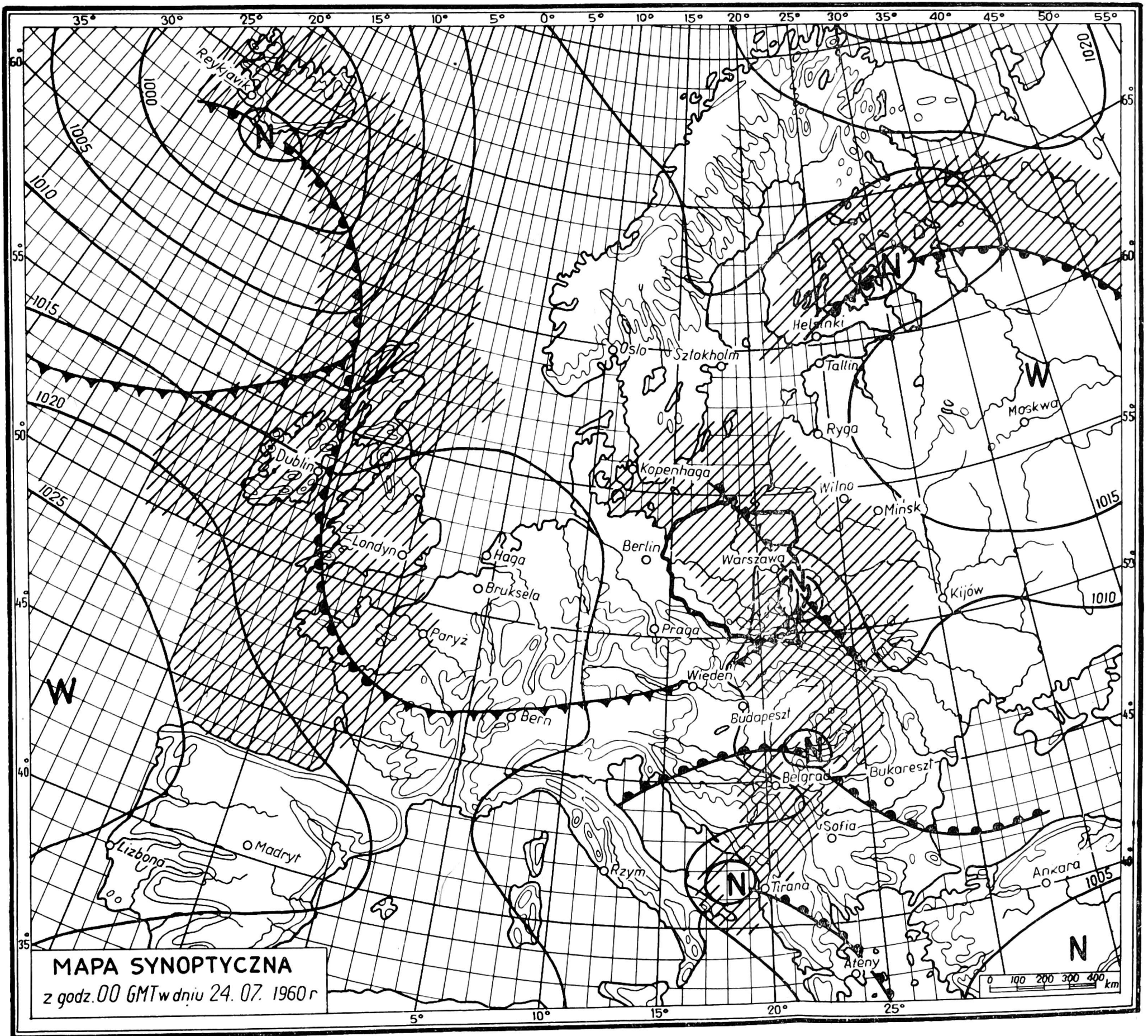


Rys. 1

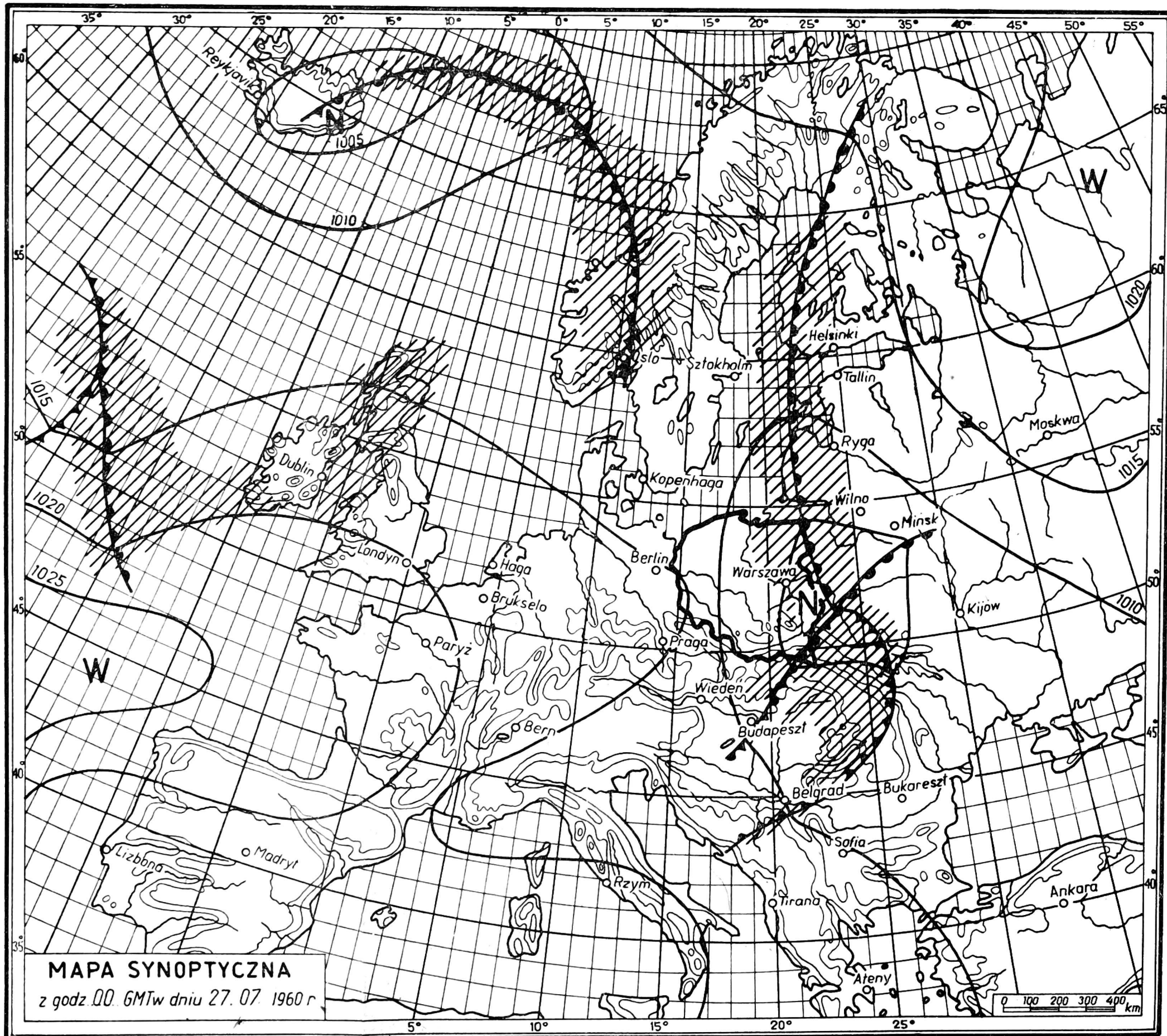


MAPA SYNOPTYCZNA
z godz 06 GMT w dniu 23. 07. 1960r

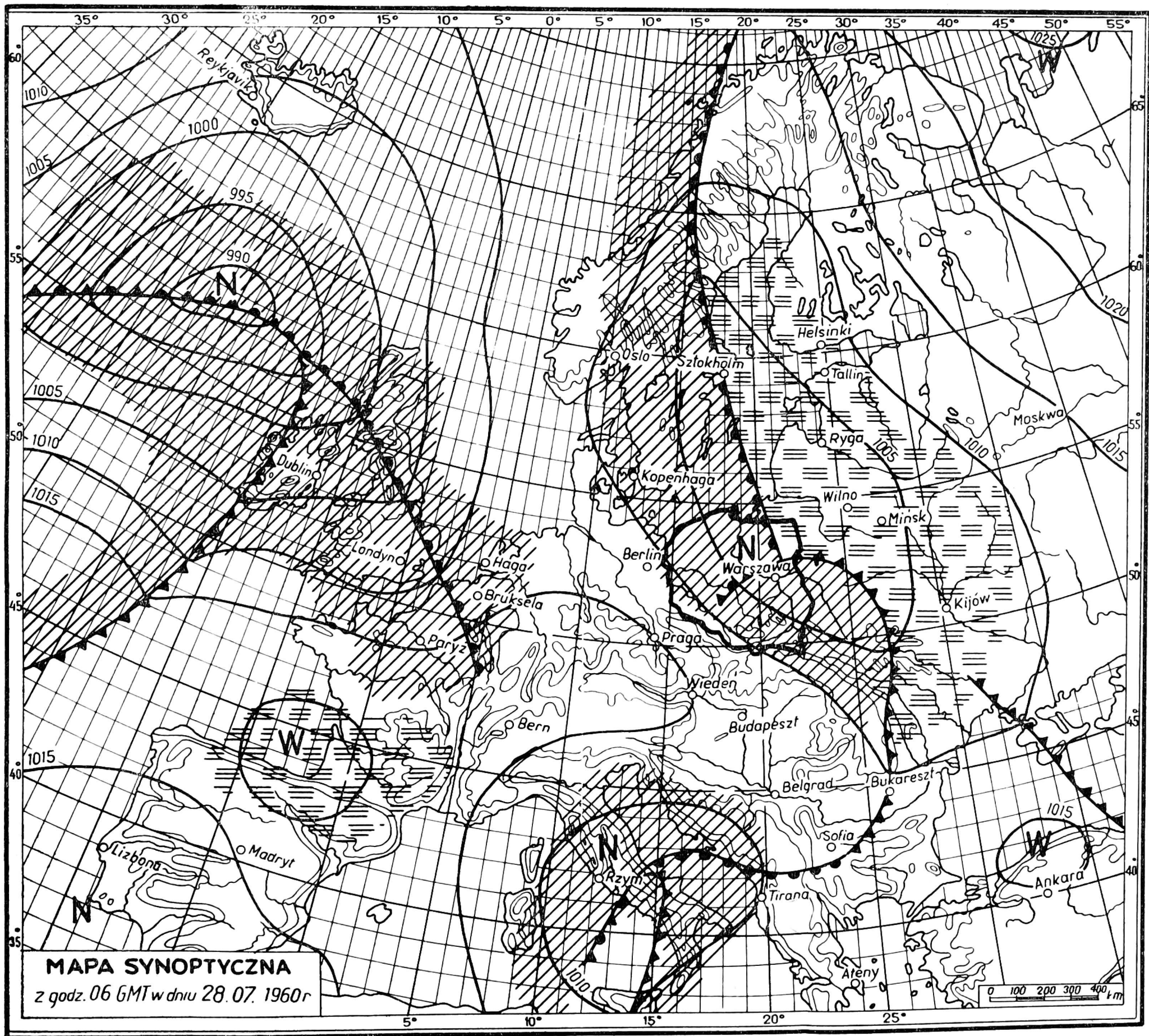
Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

2. Synoptyka wielkich opadów w miesiącu lipcu 1960 r.

Katastrofalny okres powodzi zapoczątkowały burze i towarzyszące im opady o dużym natężeniu, związane z wytworzonym na froncie chłodnym niżem, przemieszczającym się w kierunku północno-wschodnim wzdłuż Alp i Karpat Zachodnich, sterowanym przez układy wyżowe nad Azorami i Ukrainą. Drugi układ niżowy znad Morza Północnego kieruje jednocześnie nad Polskę chłodne masy powietrza polarno-morskiego (rys. 1).

W dniach następnych płytką zatoką niżowa związana z Morzem Śródziemnym ustępuje przejściowo na północ, wypierana klinem wysokiego ciśnienia, związanego z wyżem azorskim; opady zanikają. Ale nowy wytworzony nad Irlandią niż, sterowany nad Europę rozbudowującym się nad Oceanem Lodowatym wyżem, powoduje napływ chłodnych mas powietrza w kierunku południowo-wschodnim. W tym układzie ciśnienia powstają dogodne warunki tworzenia się następnej depresji w zatoce Genueńskiej, której droga przemieszczania w związku z utrzymującym się wciąż wysokim ciśnieniem nad południową Ukrainą będzie identyczna jak poprzednio. Ścieranie się tych dwu mas powietrza: chłodnego znad północnego Atlantyku i ciepłego znad Morza Śródziemnego powoduje silne opady w Sudetach i w Karpatach Zachodnich (rys. 2). Następuje zawirowanie obu tych mas powietrza, co w rezultacie doprowadza do utworzenia układu niżów nad Polską, hamowanych od północy i wschodu ciągle utrzymującymi się ośrodkami wyżowymi nad Skandynawią i Ukrainą, a zasilanych dopływem świeżych mas powietrza z północnego zachodu od tworzących się ciągle depresji w rejonie Grenlandii. Opady obejmują całą Polskę, osiągając szczególne nasilenie w górach, gdzie obok cyklogenetycznych procesów mieszania się dwóch mas powietrznych o znacznej różnicy ciepłoty doszedł jeszcze czynnik orograficzny (rys. 3).

Układ opisany utrzymuje się od 24 do 27 lipca, z tym, że różnice termiczne obu mas powietrza stopniowo maleją, pociągając za sobą także spadek intensywności opadów. Niż osiąga Ukrainę, a centra opadowe przesuwają się powoli na wschód (rys. 4).

W dniu 28. VII daje się zauważyć wzrost ciśnienia nad Europą centralną, Morzem Śródziemnym i Czarnym, a osłabienie wyżu Skandynawskiego. Powoduje to przemieszczenie się ośrodka niżowego, stacjonującego nad Polską w kierunku Bałtyku i stopniowe jego wchłonięcie w cyrkulację niżu Atlantycznego. Obszar Karpacki wchodzi w zasięg wyżu dominującego nad Europą wschodnią (rys. 5).

Ogólna sytuacja baryczna odpowiada w przybliżeniu typowi „4“, opisanemu przez Milatę (2) w okresie największych opadów, oraz typowi „5“ w początkowej fazie rozwoju sytuacji. W układzie górnym na wy-

Rozkład opadów w miesiącu lipcu 1960 r.

Lp.	Stacja opadowa	I okres opadowy					II okres opadowy			
		6	7	8	9	Σ	12	13	14	Σ
1.	Rycerka G.	4,9	17,9	21,6	38,6	83,0	20,4	17,8	—	38,2
2.	Skrzyczne	36,4	15,7	25,0	34,2	98,4	80,1	24,7	0,0	104,8
3.	Lipowska	63,4	16,6	18,5	28,4	126,9	38,4	54,5	—	92,9
4.	Pilsko	40,1	14,2	29,6	—	83,9	12,4	58,5	—	70,9
5.	Żywiec	17,3	14,5	10,2	26,8	68,8	30,5	34,6	—	65,1
6.	Oświęcim	—	6,9	10,7	11,4	29,0	27,4	42,3	—	69,7
7.	Zawoja 1	9,4	16,1	11,1	34,5	71,1	19,4	81,1	—	100,5
8.	Hala Krupowa	18,6	14,2	—	21,6	54,4	12,4	68,7	9,3	90,4
9.	Leskowiec	22,5	12,3	11,5	29,8	76,1	27,2	82,4	—	109,6
10.	Sucha	12,2	19,2	8,2	29,8	69,4	8,0	49,2	0,8	58,0
11.	Wadowice	11,0	10,4	8,8	22,6	52,8	22,5	48,6	—	71,1
12.	Raba Wyżna	6,0	7,5	—	32,5	46,0	3,5	39,5	—	43,0
13.	Turbacz	8,1	14,4	—	18,6	40,1	0,5	38,7	3,8	43,0
14.	Lubień	7,6	11,3	—	40,0	58,9	4,3	52,2	0,0	56,5
15.	Myślenice	15,1	14,5	—	34,5	64,1	20,7	60,2	0,3	81,2
16.	Trzemeśna	12,5	10,6	—	39,2	62,1	9,8	72,4	1,2	83,4
17.	Bochnia	2,8	9,8	—	25,1	37,7	5,9	87,9	2,4	96,2
18.	Kraków	0,5	9,1	0,5	28,6	38,7	28,1	66,3	—	94,4
19.	Świątniki	5,1	13,7	—	45,7	64,5	10,5	71,2	—	81,7
20.	Kościelisko	0,6	18,6	—	39,2	58,4	3,0	117,3	4,6	124,9
21.	Kasprowy	0,2	3,6	—	32,7	36,5	1,2	103,6	5,5	110,3
22.	M. Oko	0,8	4,0	—	18,5	23,3	0,8	83,0	3,6	87,4
23.	Zakopane	0,2	20,5	—	35,2	55,9	2,0	116,5	3,6	122,1
24.	Bańska G.	8,6	10,9	—	32,3	51,8	2,7	105,1	1,7	109,5
25.	N. Targ 500	11,3	10,6	—	22,2	44,1	0,7	42,1	1,1	43,9
26.	Szczawnica Zdrój	3,4	9,4	—	28,5	41,3	0,4	50,7	2,1	53,2
27.	Krynica	0,6	13,6	—	50,7	64,9	—	12,6	0,3	12,9
28.	N. Sącz	1,4	10,5	—	38,1	50,0	0,3	47,7	1,6	49,6
29.	Dobra	4,0	9,1	—	17,5	30,6	6,7	77,8	4,2	88,7
30.	Lipnica Dolna	3,4	0,3	—	26,6	40,3	1,1	76,3	5,1	82,5
31.	Grybów	10,3	3,5	—	29,9	33,7	—	33,1	1,8	34,9
32.	Rożnów	0,3	7,6	—	42,2	50,1	—	49,6	3,4	53,0
33.	Tarnów	0,7	15,3	—	14,6	30,6	—	72,5	6,3	78,8
34.	Jadowniki Mokre	0,3	11,6	—	19,1	31,0	22,1	28,2	5,4	55,7

Tabela 2

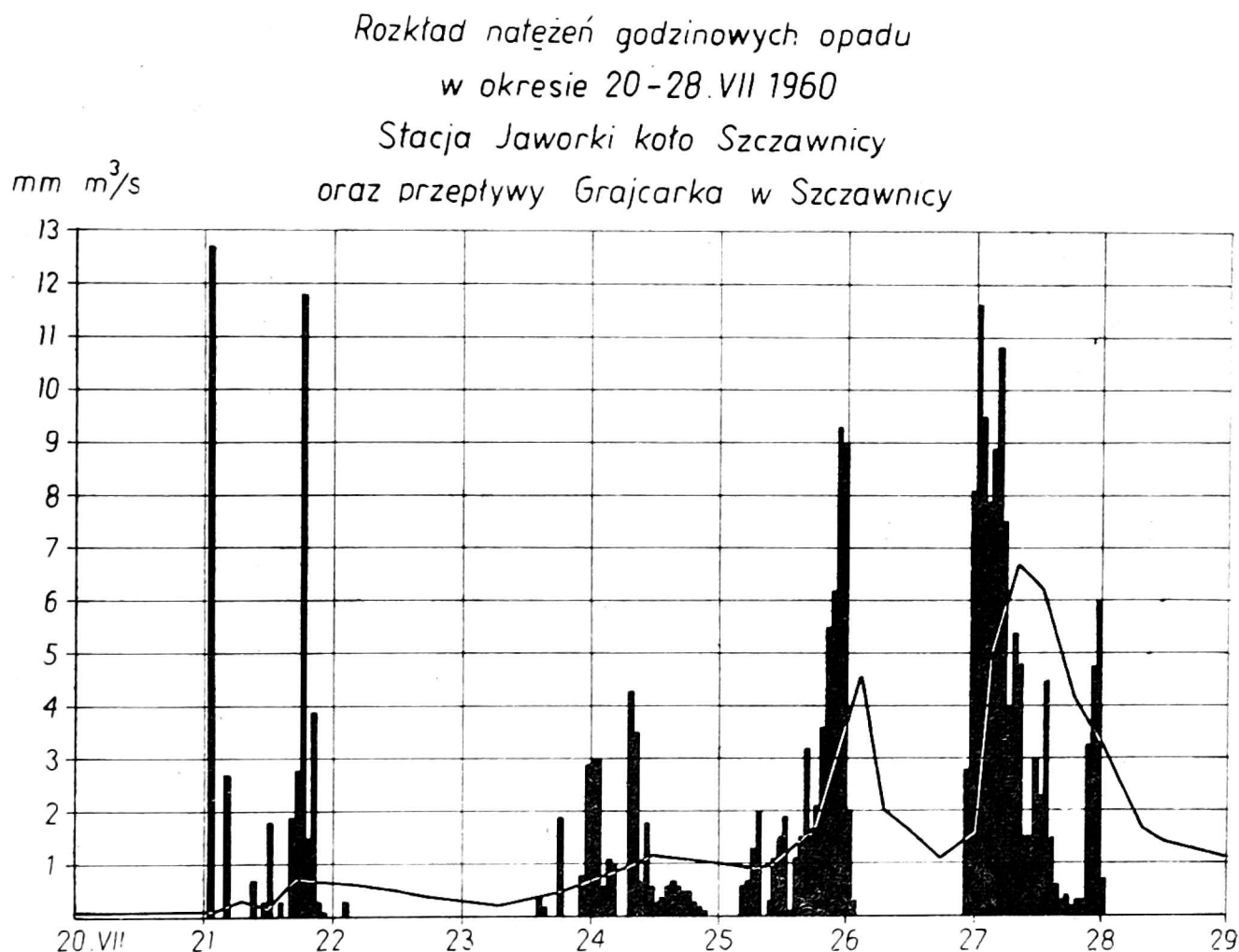
Wartości w milimetrach

III okres opadowy			IV okres opadowy				V okres opadowy							Suma mies.
16	17	Σ	20	21	22	Σ	23	24	25	26	27	28	Σ	
—	4,4	4,4	11,2	11,2	2,0	24,4	37,5	33,5	91,8	3,1	20,6	0,5	187,0	351,5
2,1	12,7	14,8	31,2	14,2	3,3	48,7	28,1	43,2	77,5	13,9	14,3	2,1	184,1	493,5
2,3	8,4	10,7		29,4	28,4	58,8	3,5	48,8	145,4	23,4	22,3	1,5	244,9	545,9
4,6	37,0	41,6	10,0	11,2	—	21,2	37,2	38,2	137,5	18,5	24,5	—	255,9	483,9
0,6	1,8	2,4	45,7	19,8	1,9	67,4	22,6	22,5	69,9	3,0	7,5	—	125,5	335,9
7,2	—	7,2	47,4	7,3	37,4	92,1	16,4	7,3	17,7	1,1	23,6	1,3	67,4	275,5
0,9	1,0	1,9	7,3	17,1	2,8	27,2	33,5	23,3	93,1	17,1	21,4	—	188,4	402,7
9,5	3,6	13,1	4,3	22,5	6,5	33,3	9,3	45,8	90,4	38,0	35,6	—	219,1	451,1
3,9	18,8	22,7	34,6	14,0	—	48,6	34,4	45,3	102,6	28,2	32,2	—	242,7	514,7
0,4	3,0	3,9	12,2	5,2	1,4	18,8	21,8	22,1	68,8	7,6	17,8	—	138,1	300,5
8,8	9,3	18,1	23,8	14,1	0,4	38,3	27,2	13,9	43,3	6,0	15,5	—	105,9	293,0
0,8	3,5	4,3	22,7	13,5	—	36,2	26,5	14,5	32,0	7,5	14,3	—	94,8	229,5
0,1	—	0,1	5,8	20,0	—	25,8	24,6	41,6	64,7	47,4	47,5	—	230,8	357,4
10,5	11,0	21,5	11,0	4,2	—	15,2	27,3	22,5	45,6	24,8	22,8	—	143,0	302,7
3,9	1,8	5,7	3,3	18,1	0,7	22,1	17,5	21,7	65,9	51,4	30,6	—	187,1	376,6
11,0	0,3	11,3	5,3	8,1	—	13,4	3,7	37,8	51,4	38,3	37,1	—	168,3	352,5
11,9	6,8	18,7	9,8	6,5	3,0	19,3	26,4	11,0	13,1	28,0	56,5	0,2	135,2	316,1
24,3	0,4	24,7	30,2	14,4	4,1	48,7	19,0	12,9	33,6	4,3	26,8	0,3	96,9	314,5
8,9	0,2	9,1	21,7	20,5	1,6	43,8	37,8	33,6	45,4	57,3	70,6	—	294,7	502,7
9,0	9,2	18,2	16,2	14,9	—	31,1	40,9	29,4	85,7	51,2	33,1	0,7	241,0	482,2
2,8	17,6	20,4	3,7	10,9	0,0	14,6	38,2	25,9	90,0	31,8	26,4	0,0	212,3	400,5
2,9	28,4	31,3	21,5	22,5	1,9	45,9	38,8	10,9	87,8	67,4	75,5	0,0	280,4	479,7
8,0	6,5	14,5	13,3	15,6	0,1	29,0	41,8	27,7	61,3	43,7	38,1	0,1	212,7	437,9
4,8	1,0	5,8	7,5	16,1	—	23,6	38,1	26,0	41,2	20,3	32,4	1,3	159,3	353,6
0,9	0,4	1,3	9,3	17,5	—	26,8	29,6	20,7	23,9	31,6	32,1	0,0	137,9	258,8
7,6	5,0	12,6	29,8	22,2	0,1	52,1	30,3	21,1	38,0	61,7	23,7	—	174,8	338,0
10,3	2,1	12,4	0,3	25,0	—	25,3	12,9	9,5	27,2	21,6	21,6	—	92,8	210,0
14,7	1,0	15,7	3,0	28,7	—	31,7	24,0	16,0	48,7	41,0	23,7	—	153,4	304,6
9,9	47,5	57,4	9,1	12,9	—	22,0	28,9	25,7	47,3	47,8	31,9	—	181,6	487,0
7,1	58,3	65,4	2,1	5,4	—	7,5	21,6	12,2	17,4	43,2	42,5	—	136,9	345,3
8,9	0,6	9,5	1,1	14,9	—	16,0	13,2	14,1	18,9	44,3	25,6	—	116,1	216,2
4,0	4,0	8,0	10,0	15,2	—	25,2	19,4	12,0	23,3	28,4	31,4	—	114,5	258,3
8,6	0,0	8,6	2,6	12,9	—	15,5	13,2	8,2	11,7	40,8	43,8	0,3	118,0	257,1
7,7	5,8	13,5	27,9	23,7	2,2	53,8	14,7	8,4	7,3	8,4	42,7	0,9	82,4	242,8

sokości 3 km uformowała się w dniu 23. VII głęboka zatoka niżowa stopniowo wypełniająca się w dniach następnych.

3. Rozkład natężenia opadów w okresie 20—28. VII 1960 r.

Charakterystykę natężeń opadów opracowano na podstawie notowania pluwiografu w Jaworkach koło Szczawnicy (rys. 6). Największe natężenie wykazuje pierwsza fala deszczu o charakterze ulewy, związana z fron-



Rys. 6

tem chłodnym. Osiąga ono wartość 12,7 mm na godzinę czyli 3,53 m³/sek i km². Następne fale deszczu, oddzielone 2—3 godzinowymi okresami bezdeszczowymi posiadają dużo mniejsze natężenie. Druga ulewa nadchodzi w 17 godzin za pierwszą, osiągając wydajność 11,8 mm/godz. Następnie opady zanikają i okres bezdeszczowy wynosi 36 godzin. Główny okres opadowy w dniach 24—28. VII 1960 charakteryzuje się stopniowo wzrastającą intensywnością deszczu. W pierwszej fazie, trwającej z krótkimi przerwami 24 godz. natężenie dochodzi do 4 mm/godz. Po sześciogodzinnej przerwie nadchodzi druga faza opadu, przy czym pod jej koniec wydajność osiąga 9 mm/godz. Trzecią fazę poprzedza przerwa 20-godzinna,

a natężenie dochodzi do 11,6 mm/godz. Przerwy między obydwu okresami opadowymi, a także falowy charakter następujących po sobie okresów wpływały na kształtowanie się wezbrań na małych potokach, które nie osiągnęły bardzo wysokich kulminacji, rozbite na poszczególne fale. Natomiast nie przeciwdziało to formowaniu się wysokich kulminacji wezbrań na większych rzekach, a przede wszystkim na Wiśle.

4. Rozkład przestrzenny opadów

Opady burzowe, związane z wdzierającymi się przez Bramę Morawską masami powietrza ciepłego znad Morza Śródziemnego, osiągnęły w dniu 20. VII 1960 największe wartości w dorzeczu Soły i dolnej Skawy (rys. 7). Wyraźne centra opadu wystąpiły w rejonie Żabnicy (74 mm), w Żywcu (73 mm) i w Andrychowie (79 mm). Dalej na wschód wystąpiły większe opady w rejonie Gorców (44 mm), Szczawnicy (30 mm). W Tatrach opady dochodziły zaledwie do 30 mm. Najdalej na wschód wysunięta partia dorzecza Dunajca otrzymała w tym dniu znikome ilości opadów.

W dniach 21 i 22. VII opady stopniowo zanikają, osiągając poważniejsze wartości jedynie w Beskidzie Żywieckim i w Gorcach.

Pierwsza fala głównego okresu opadowego, przypadająca na 23—24 lipca charakteryzuje się bardziej równomiernym rozkładem. W najdalej na zachód wysuniętych dorzeczach małej Wisły i Soły wysokość opadu osiąga wówczas około 50 mm, malejąc powoli do około 30 mm w dorzeczu Białej Tarnowskiej. Brak przy tym wyraźniejszej zależności między wzniesieniem nad poziom morza, a wysokością opadu. Główna masa opadu spada w dniu 25. VII. Zlewnia górnej Wisły otrzymuje w tym dniu przeszło stumilimetrową warstwę wody, zaś dorzecze Soły około 80 mm, a Skawa i potoki tatrzańskie 70 mm. Dalej na wschód położone dorzecza Raby i Dunajca otrzymują w tym dniu zaledwie 30—40 mm opadu (rys. 8).

W dniu 26. VII centrum opadowe przesuwa się na wschód nad dorzecze Dunajca (około 50 mm), podczas gdy opady nad zachodnią częścią dorzecza maleją i zanikają (Soła 15 mm, Skawa 20 mm, Raba 30 mm) (rys. 9). Dnia następnego większe opady ogarniają dorzecza Raby i Dunajca, osiągając tu jeszcze 30—40 mm wysokości.

W czasowym rozkładzie opadów zaznacza się zatem wyraźnie przesunięcie maksimum opadowego z dnia 25. VII znad Soły i Skawy na 26—27. VII na dorzecze Dunajca. Rysunek 10 przedstawia rozkład izohiet za cały okres opadowy. Największe ilości wody spadły w sumie na dorzecze górnej Wisły i rejon Tatr (250—300 mm). Dorzecze Soły otrzymało przeszło 200, górnego Dunajca również około 200 mm, Skawy 185 mm, Raby 180 mm, a niższe części dorzecza Dunajca 165 mm opadu. Kształto-

wanie się wskaźników opadowych na terenie poszczególnych zlewni jest zestawione w tabeli 3.

Tabela 3

Wskaźniki opadowe w okresie 20—28 lipca na terenie poszczególnych zlewni

Zlewnia		Wysokość opadów w mm						
rzeka	przekrój wodowskazowy	20. VII.	12—22. VII.	22—24. VII.	25. VII.	26. VII.	7. VII.	20—27. VII.
Soła	Sól	36,19	21,72	40,84	43,00	3,80	13,30	158,85
	Milówka	34,82	20,37	50,16	78,23	8,81	14,51	206,90
	Oświęcim	38,25	21,53	51,63	70,38	10,05	15,64	207,48
Kamesznica	Kamesznica	36,20	31,54	55,33	55,43	9,74	8,64	197,18
Zabnica	Węg. Górka	52,84	28,93	54,74	125,85	15,70	14,70	292,76
Koszarawa	Kielbasów	20,36	16,73	67,15	87,44	14,00	14,16	220,24
Żylica	Rybarzowice	26,71	17,75	70,46	100,75	15,42	17,07	248,36
Skawa	Jordanów	14,84	9,98	37,96	36,41	11,00	21,83	132,02
	Wadowice	13,62	14,83	49,32	67,89	17,95	22,79	186,40
Wieprzówka	Andrychów	59,85	21,70	60,36	75,74	19,88	27,81	265,34
Skawinka	Radziszów	10,09	13,80	39,49	60,10	24,81	28,87	182,16
Raba	Mszana D.	26,40	26,81	51,20	45,50	21,18	27,50	198,59
	Stróża	15,87	19,44	52,68	47,65	25,57	28,58	189,79
	Proszówki	13,62	14,12	44,88	39,05	28,60	34,54	174,81
Stradomka	Łapanów	11,22	12,35	47,10	36,30	38,23	37,22	182,42
Uszwica	Borzęcin	8,32	9,10	30,71	15,17	30,80	46,24	141,14
Dunajec	Kościelisko	21,25	15,00	75,37	84,44	51,00	41,22	288,28
	Czorsztyń	14,30	15,59	56,98	48,37	30,78	34,14	200,16
	Gołkowice	14,39	16,06	52,51	42,03	34,35	30,35	189,69
	Nowy Sącz	11,60	17,91	47,52	38,24	35,12	29,82	180,21
	Siedliszowice	8,37	16,86	40,10	32,52	38,32	21,57	167,47
B. Dunajec	Szaflary	12,55	15,90	70,05	62,63	32,80	44,84	258,77
Białka	Trybsz	17,46	15,88	57,54	62,88	45,45	52,43	251,64
Grajcarek	Szczawnica	17,08	25,00	45,41	28,26	61,90	31,34	209,99
Poprad	St. Sącz	2,32	24,06	30,90	27,31	37,10	27,93	149,62
Kamienica	N. Sącz	2,76	22,09	36,41	36,38	56,73	43,00	197,37

III. HYDROLOGICZNA CHARAKTERYSTYKA POWODZI

1. Stany i przepływy maksymalne

Maksymalne stany, przepływy i spływy jednostkowe, na niektórych przekrojach hydrometrycznych, są przedstawione w tabeli 4.

W dorzeczu Soły kulminacje fal powodziowych są niższe od dotychczas notowanych głównie podczas przedostatniej powodzi w roku 1958. Podobnie fala Skawy w średnim i dolnym biegu wykazuje o około 60 cm niższe kulminacje od najwyższych, dotychczas zarejestrowanych. Fala

Tabela 4

Maksymalne stany, przepływy i splywy jednostkowe

Lp.	Rzeka	Przekrój	Km biegu	Pow. zlewni km ²	Stan maks. obserwowany		Rok 1960		
					cm	rok	stan cm	prze- pływ m ³ /sek.	splyw jedn. l/sek. z km ²
1.	Soła	Milówka	66,0	293,63	500	1958	400	215	732,3
2.		Tresna	41,6	1 034,00	600	1958	534	1 066	1 040,6
3.		Porąbka	31,5	1 082,13	495	1958	432	1 125	1 025,7
4.		Oświęcim	3,6	1 370,59	720	1903	628	1 444	1 053,5
5.	Ujsoła	Ujsoły	2,6	50,94	230	1958	186	84	1 652,9
6.	Zabnica	Węg. Górka	0,4	36,18	368	1924	340	80	2 211,1
7.	Żylca	Rybarzowice	5,8	40,09	370	1958	316	52,2	1 302,1
8.	Skawa	Jordanów	65,6	99,97	550	1934	378	63,4	634,2
9.		Sucha	43,2	475,07	500	1931	446	311,0	654,6
10.		Wadowice	20,6	838,82	580	1884	522	466	555,5
11.	Wieprzówka	Andrychów	16,9	66,39	200	1903	196	81	1 220,0
12.	Raba	Stróża	76,1	642,23	516	1934	302	415	646,2
13.		Gdów	48,3	927,57	450	1934	390	830	894,8
14.		Proszówki	21,7	1 466,90	958	1934	760	1 035	705,6
15.	Czarny Dunajec	Kościelisko	239,3	34,51	298	1934	186	24	701,2
16.	Dunajec	Czorsztyn	173,7	1 141,24	662	1934	440	530	464,4
17.		Krościenko	150,9	1 598,31	714	1934	450	580	362,9
18.		Gołkowice	119,0	2 063,96	658	1934	370	680	329,5
19.		Nowy Sącz	106,9	4 360,51	595	1934	514	1 926	441,7
20.		Melsztyn	56,3	5 433,15	832	1934	698	2 614	481,1
21.		Zgłobice	38,6	5 666,30	815	1934	660	2 280	402,4
22.		Żabno	17,4	6 748,00	1050	1934	949	3 241	480,3
23.		Siedliszowice	7,1	6 780,80	960	1934	932	3 900	575,1
24.	Biały Dunajec	Szaflary	9,7	214,87	410	1949	315	140	651,5
25.	Poprad	Stary Sącz	3,1	2 072,71	497	1958	320	440	212,3
26.	Kamienica Naw.	Łabowa	18,8	67,21	430	1939	319	40	601,1
27.	Łososina	Jakubkowice	6,4	340,97	530	1903	446	402	1 178,9
28.	Biała	Tuchów	27,3	761,74	580	1948	602	548	719,4
29.	Wisła	Pustynia	0,5	3 914,76	710	1940	714	1 119	285,8
30.		Dwory	3,8	5 390,93	700	1915	745	1 700	320,7
31.		Smolice	23,6	6 714,00	736	1940	742	2 218	330,3
32.		Tyniec	63,5	7 524,24	800	1899	762	2 280	303,0
33.		Kraków	78,5	7 991,72	995	1813	950	2 338	292,5
34.		Popędzynka	138,1	10 685,95	760	1940	795	2 792	261,3
35.		Karsy	166,0	19 794,70	844	1934	828	4 442	224,4

Raby była wyraźnie niższa (o 100—200 cm), od katastrofalnej fali z roku 1934. Również i na górnym Dunajcu kulminacje wezbrania z 1960 roku były znacznie niższe od dotychczas notowanych, przede wszystkim od fali 1934 r. Różnice dochodziły tu do 250—300 cm. Natomiast rozwój fali na samym Dunajcu poniżej ujścia Popradu wykazał niekorzystne nakła-

danie się fal dopływów, przez co kulminacje w stosunku do największej zanotowanej fali z roku 1934 różnią się nie tak znacznie (Nowy Sącz 81 cm, Żabno 101 cm).

Na samej Wiśle od Pustyni po Karsy stany kulminacyjne w czasie ostatniej powodzi z reguły przekroczyły, lub prawie osiągnęły dotychczas notowane maksima. W Krakowie stan maksymalny był tylko o 45 cm niższy od stanu zarejestrowanego w czasie wielkiej powodzi w roku 1813. Stan wody na Wiśle w Karsach osiągnął 828 cm, czyli o 16 cm mniej niż w czasie powodzi w roku 1934, przy czym odpływ znacznych mas wód został zatrzymany na odcinku między ujściami Raby i Dunajca na skutek poprzerywania wałów.

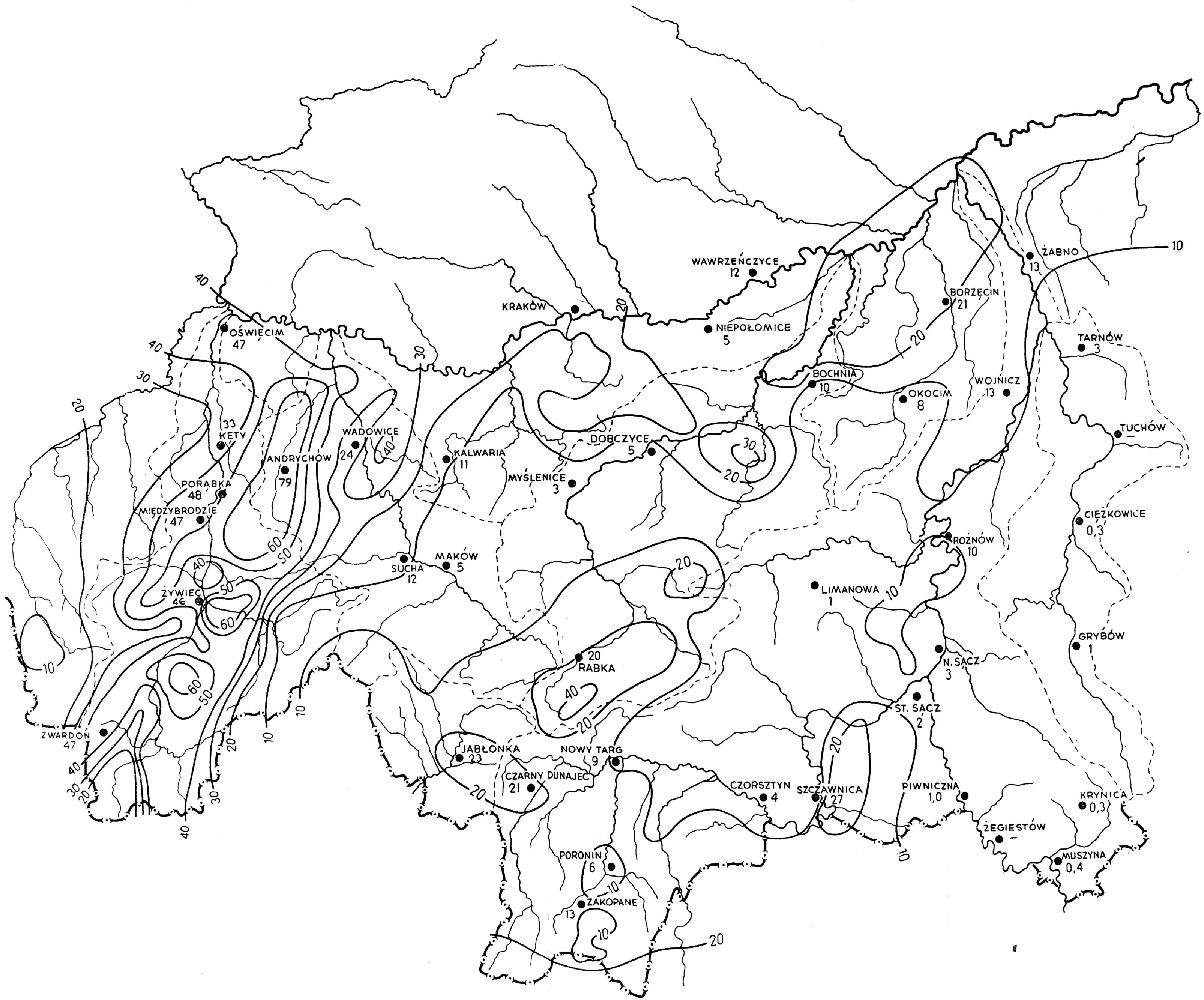
2. Przebieg wezbrań w lipcu 1960 r.

Zgodnie z przebiegiem opadów przeszło w lipcu przez rzeki karpackie kilka fal wezbrań, z których ostatnia przybrała katastrofalne rozmiary. Na Sole wystąpiły w okresie 6—30. VII cztery wezbrania z kulminacjami w dniach 9, 13, 21 i 26 lipca (rys. 11) i (tab. 5 i 6). Ostatnia, największa

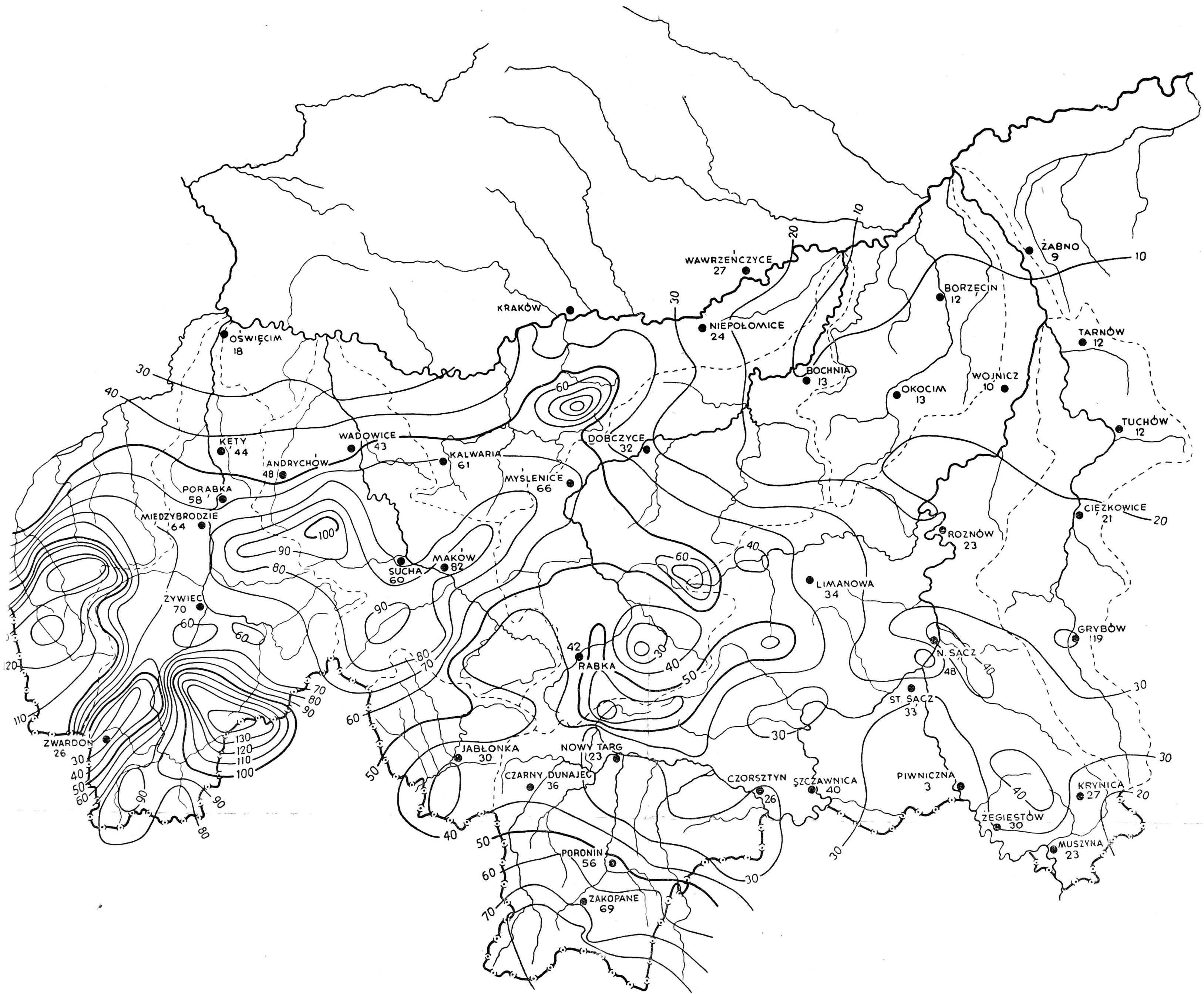
Tabela 5

Objętość fal wezbrań

Lp.	Rzeka	Przekrój	Fala I 6 - 15. VII			Fala II 20—23. VII			Fala III 24—31. VII		
			objętość w mio. m ³			objętość w mio. m ³			objętość w mio. m ³		
			całk.	nad pod. fali	szko- dl.	całk.	nad pod. fali	szko- dl.	całk.	nad pod. fali	szko- dl.
1.	Soła	Milówka	18,5	14,5	—	6,2	5,1	—	24,8	20,4	5,7
2.	Soła	Tresna	108,5	85,3	5,7	33,4	26,0	5,6	135,0	106,0	38,3
3.	Soła	Oświęcim	127,7	91,8	22,7	36,9	25,3	8,4	174,2	126,3	45,3
4.	Skawa	Jordanów	5,4	3,5	—	0,7	0,4	—	9,6	8,1	—
5.	Skawa	Sucha	13,9	6,0	—	—	—	—	30,0	22,4	2,7
6.	Skawa	Skawce	17,5	11,0	—	—	—	—	33,3	26,1	1,8
7.	Raba	Stróża	13,8	10,2	—	2,9	1,8	—	25,3	17,1	0,7
8.	Raba	Gdów	28,8	23,2	—	—	—	—	110,9	91,9	44,2
9.	Raba	Proszówki	75,4	57,3	12,0	7,9	2,1	—	191,4	164,1	61,3
10.	Dunajec	Czorsztyń	67,5	30,4	1,1	9,1	1,7	—	123,7	87,1	8,6
11.	Dunajec	Gołkowice	95,1	47,6	—	18,8	3,8	—	171,6	122,9	14,7
12.	Dunajec	Nowy Sącz	173,9	54,2	—	40,8	8,1	—	482,5	384,4	110,2
13.	Dunajec	Żabno	291,5	142,1	—	38,2	8,0	—	660,4	503,5	200,7
14.	Poprad	St. Sącz	27,5	6,2	—	8,8	1,2	—	137,3	104,0	25,8
15.	Łososina	Jakubkowice	16,6	11,1	1,6	10,5	8,8	2,4	37,7	33,1	14,6
16.	Biała Tarn.	Tuchów	26,4	15,8	—	1,1	0,0	—	77,2	69,7	13,0
17.	Wiśla	Pustynia	167,6	74,3	9,0	47,9	11,1	—	254,2	156,0	55,4
18.	Wiśla	Smolice	329,2	150,8	13,3	90,9	31,2	—	492,1	333,2	115,4
19.	Wiśla	Kraków	396,4	178,6	21,3	112,4	46,3	—	662,2	485,9	207,2
20.	Wiśla	Karsy	732,9	178,7	37,0	189,2	90,9	—	1 336,4	755,8	434,9



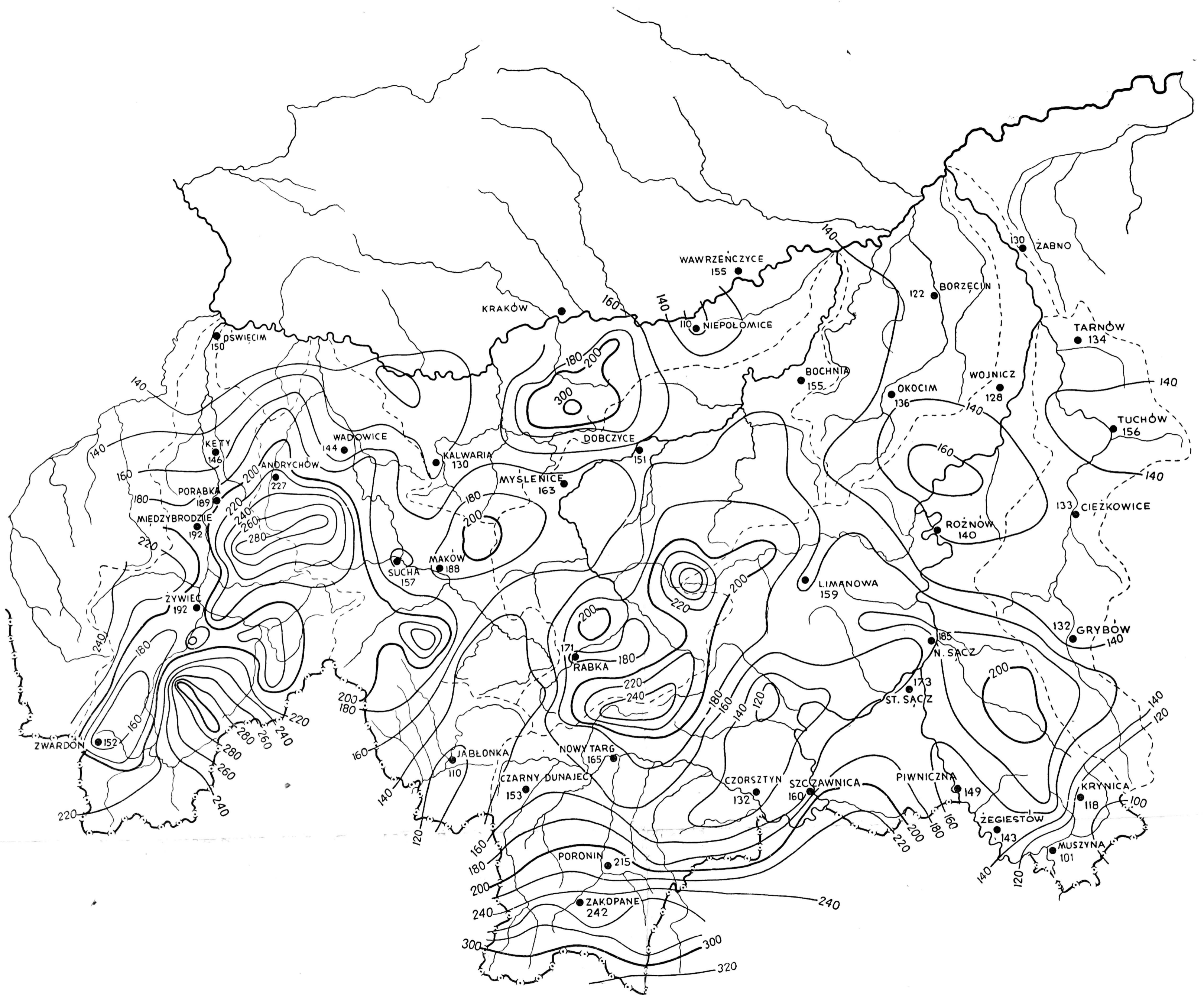
Rys. 7. Mapa opadów 20. VII. 1960 r.



Rys. 8. Mapa opadów 25. VII. 1960 r.



Rys. 9. Mapa opadów 26. VII. 1960 r.

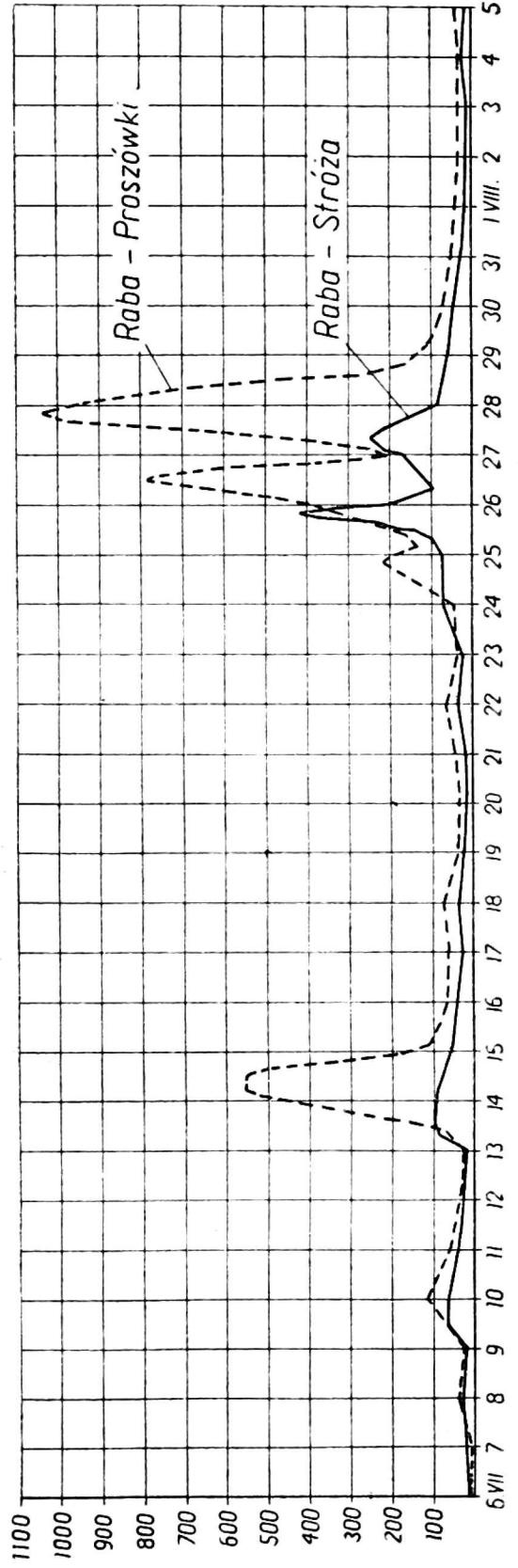
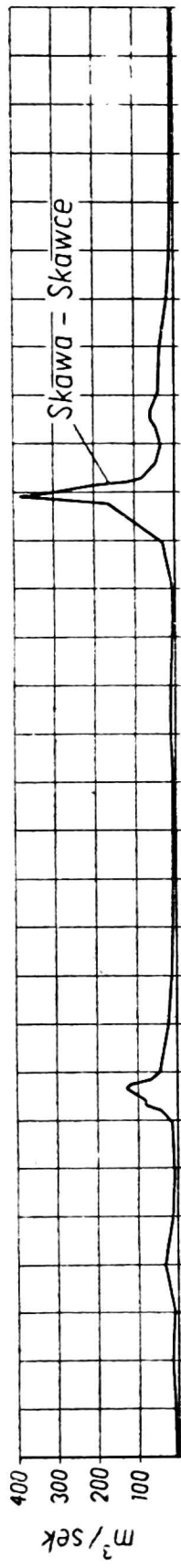
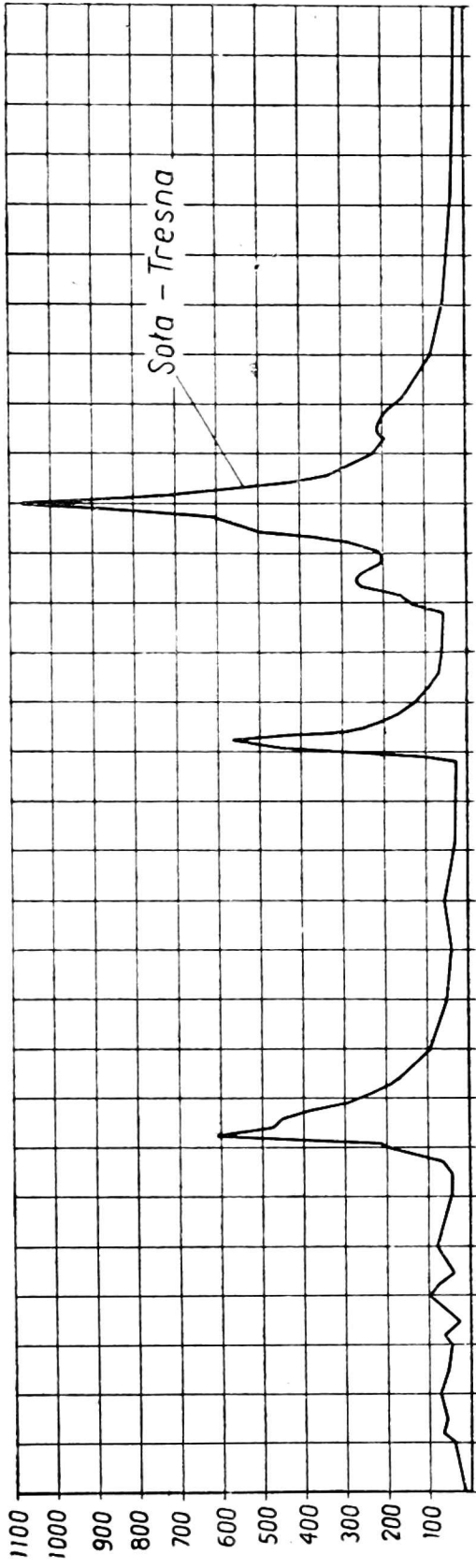


Rys. 10. Mapa opadów 20–28. VII. 1960 r.

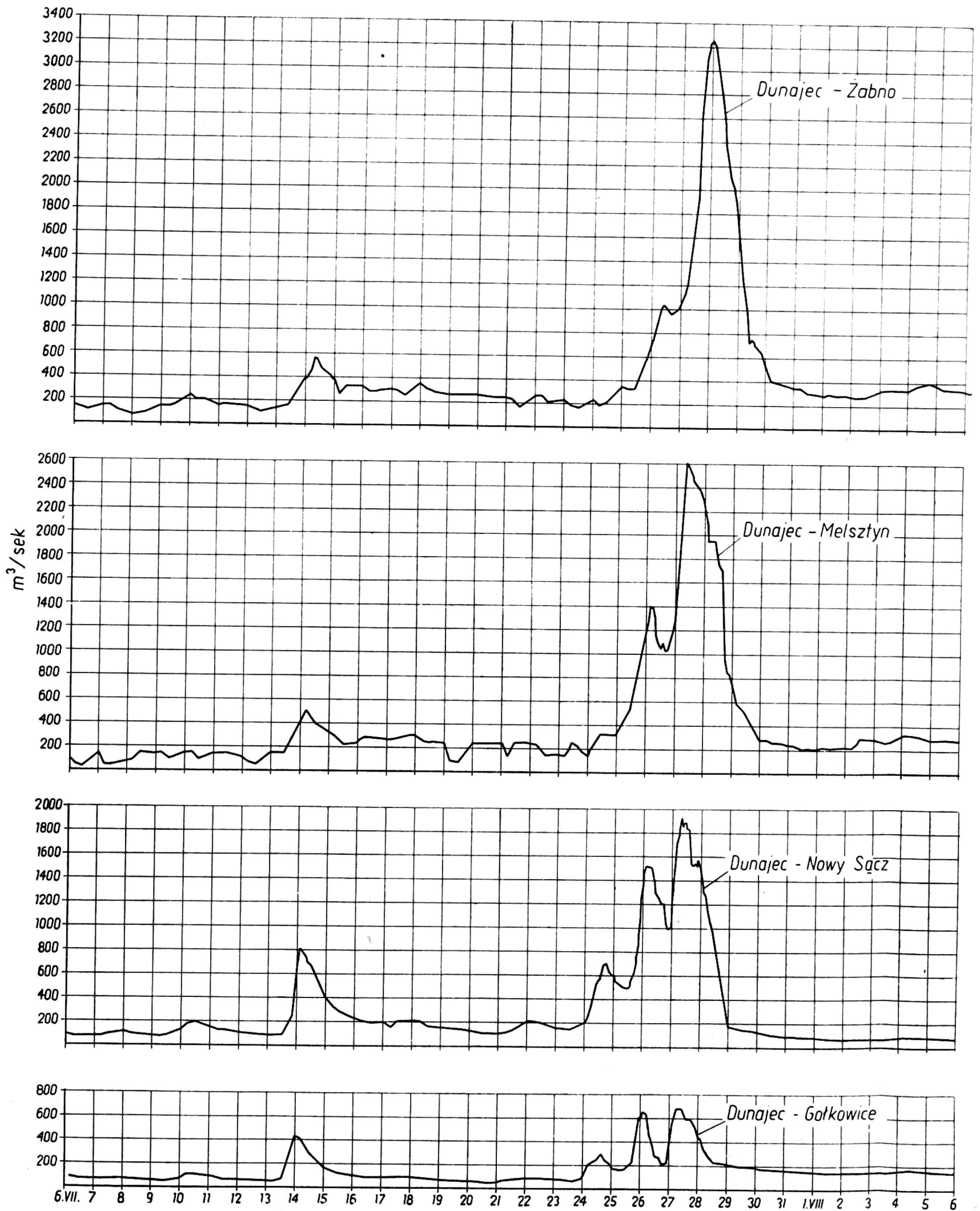
Tabela 6

Wskaźniki opadu i odpływu oraz współczynniki odpływu wezbrań w lipcu 1960 r.

Lp.	Rzeka	Przekrój	Fala I — 6 — 17. VII. 1960 r.				Fala II — 20 — 23. VII. 1960 r.				Fala III — 24 — 31. VII. 1960 r.									
			opad		odpływ		współcz. odpł.		opad		odpływ		współcz. odpł.		opad		odpływ		współcz. odpł.	
			całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.	całk.	pow.
1.	Soła	Milówka	143,78	62,94	43,40	0,478	0,343	55,19	21,22	17,49	0,380	0,320	151,71	84,54	69,39	0,557	0,457			
2.	Soła	Tresna	165,70	105,89	89,65	0,639	0,572	58,42	32,59	25,43	0,558	0,435	158,76	131,80	103,49	0,830	0,652			
3.	Soła	Oświęcim	163,82	93,15	67,00	0,569	0,409	59,78	26,92	18,49	0,450	0,309	147,70	127,12	92,16	0,861	0,624			
4.	Skawa	Jordanów	106,90	53,60	35,42	0,501	0,331	24,82	6,97	3,78	0,282	0,152	107,20	96,36	81,32	0,899	0,758			
5.	Skawa	Sucha	136,80	29,31	12,53	0,214	0,091	26,18	2,69	—	0,103	—	143,69	63,16	47,23	0,439	0,329			
6.	Skawa	Skawce	155,48	23,74	14,97	0,153	0,096	26,87	2,68	0,04	0,100	0,002	158,08	45,12	35,38	0,285	0,224			
7.	Raba	Stróża	129,24	55,94	25,50	0,433	0,197	35,31	5,71	0,74	0,162	0,050	154,48	105,63	70,72	0,684	0,458			
8.	Raba	Proszówki	144,63	51,44	39,07	0,356	0,270	27,74	5,39	1,44	0,193	0,052	146,87	130,46	111,87	0,888	0,762			
9.	Dunajec	Czorsztyn	125,74	59,12	26,68	0,470	0,212	29,89	8,04	1,46	0,269	0,049	170,27	108,41	76,29	0,637	0,448			
10.	Dunajec	Gołkowice	116,37	46,10	23,07	0,396	0,198	30,45	9,12	1,83	0,299	0,060	159,24	83,14	59,55	0,522	0,374			
11.	Dunajec	Nowy Sącz	109,50	39,88	12,42	0,364	0,113	29,51	9,36	1,87	0,317	0,065	139,59	110,66	88,15	0,793	0,631			
12.	Dunajec	Żabno	105,00	43,20	21,06	0,411	0,200	25,09	5,67	1,21	0,226	0,048	142,94	97,86	74,61	0,685	0,522			
13.	Biały Dunajec	Szaflary	148,82	77,64	54,48	0,522	0,366	28,45	2,97	—	0,104	—	217,23	107,29	92,71	0,494	0,427			



Rys. 11. Przebieg wezbrań na Sole, Skawie i Rabie w lipcu 1960 r.



Rys. 12. Przebieg wezbrań na niektórych wodowskazach Dunajca w lipcu 1960 r.

fala powodziowa posiada swój początek 23. VII o godzinie 7, nakładając się na opadającą fazę poprzedniej fali. Kulminacja przypada na 26. VII między 6 a 15 godz. Całkowity czas trwania wezbrania wynosi 7 dni.

Na Skawie zarysowuje się wyraźniej fala z 13. VII, natomiast w dniach 9 i 21. VII zaznacza się nieznaczne tylko podniesienie przepływu. Początek głównej, wyraźnie pojedynczej fali przypada na 23—24. VII; kulminacja 26. VII w godzinach rannych, koniec 31 lipca.

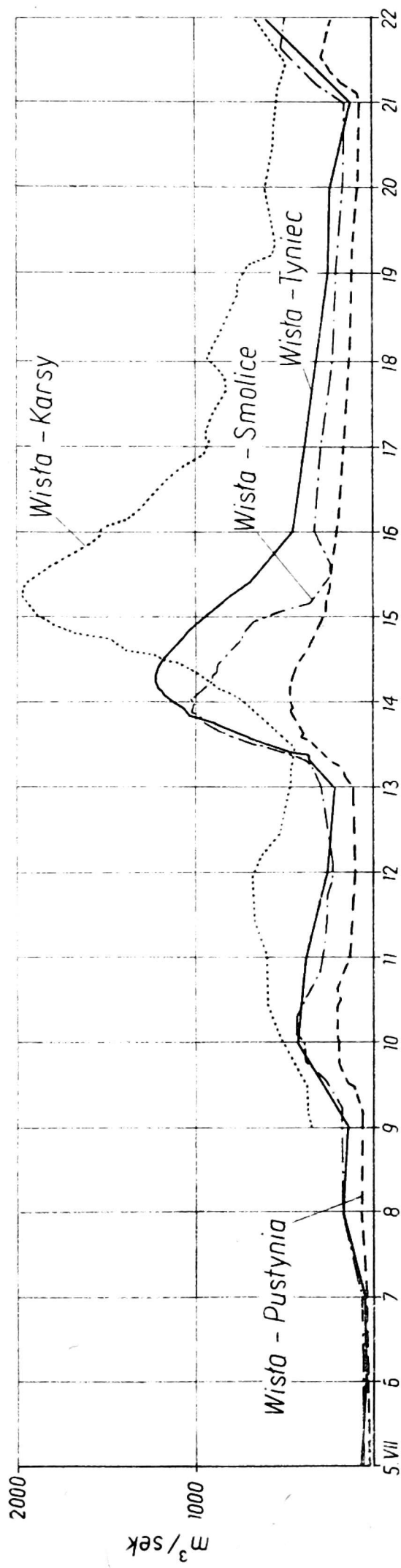
Przebieg wezbrań na Rabie posiada inny charakter. Wyróżniają się wzrastające fale w dniach 9 i 13. VII, natomiast główne wezbranie w dniach 23—31 lipca posiada trzy odrębne kulminacje, następujące po sobie w odstępach 34—36 godzin.

W dorzeczu Dunajca opady 6—9. VII wywołały nieznaczne tylko powiększenie przepływów. Wyraźniejsze wezbranie zarysowuje się po opadach w okresie 13—18. VII. Główne wezbranie powodziowe składa się z trzech fal z kulminacjami 25, 26 i 27. VII, przy czym stosunek przepływów kulminacyjnych przedstawia się w poszczególnych przekrojach hydrometrycznych rzeki i jej głównych dopływów jak następuje:

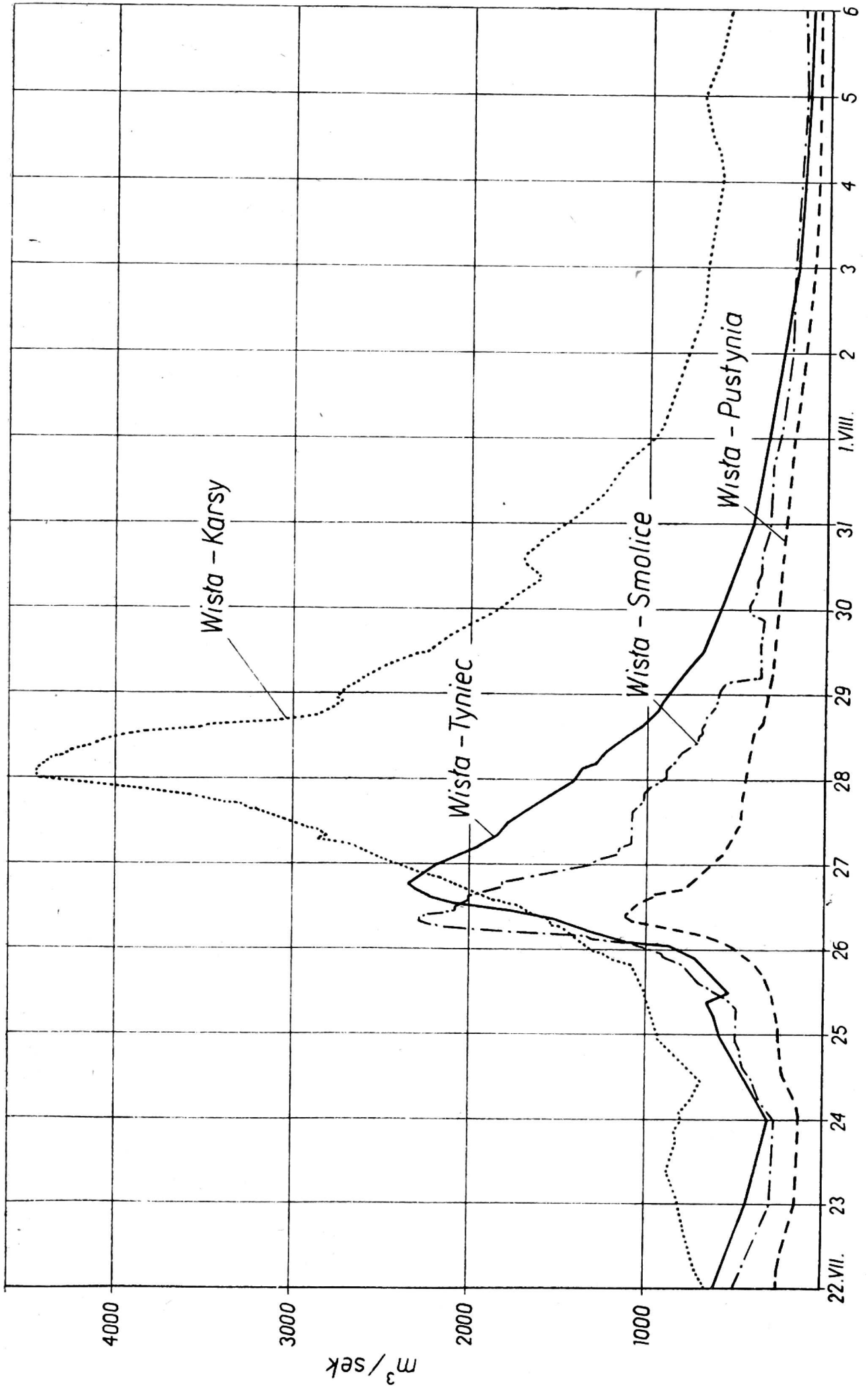
Rzeka	Przekrój	Kulminacja					
		I		II		III	
		m ³ /sek	%	m ³ /sek	%	m ³ /sek	%
Dunajec	Gołkowice	287	42	656	86	680	100
Poprad	St. Sącz	440	100	422	96	440	100
Dunajec	N. Sącz	689	36	1502	78	1926	100
Dunajec	Czchów	322	16	875	45	1940	100
Dunajec	Zabno	352	11	1028	52	3241	100
Kamienica	Łabowa	19	48	11	25	40	100
Łososina	Jakubkowice	56	12	204	50	402	100

W miarę powiększania się zlewni stosunek pomiędzy poszczególnymi kulminacjami rozszerza się na rzecz ostatniej, największej, co ma swą przyczynę w wypełnianiu się retencji dolinowej, a także w gospodarce wodami zbiornika Rożnowskiego. Stąd też fala u ujścia Dunajca do Wisły posiada już wygładzony kształt w wyraźną i wysoką kulminację główną (rys. 12).

Na rzece Wiśle na odcinku Pustynia—Karsy obserwuje się podobne zlewianie się blisko po sobie następujących fal wezbrań, tak iż w Karsach mamy już do czynienia z dwoma wyraźnymi falami o kulminacjach 15 i 28. VII (rys. 13 i 14).



Rys. 13. Pierwsza fala wezbrania na Wiśle 13—20. VII. 1960 r.



Rys. 14. Główna fala wezbrania na Wiśle w lipcu 1960 r.

3. Postęp głównej fali powodziowej

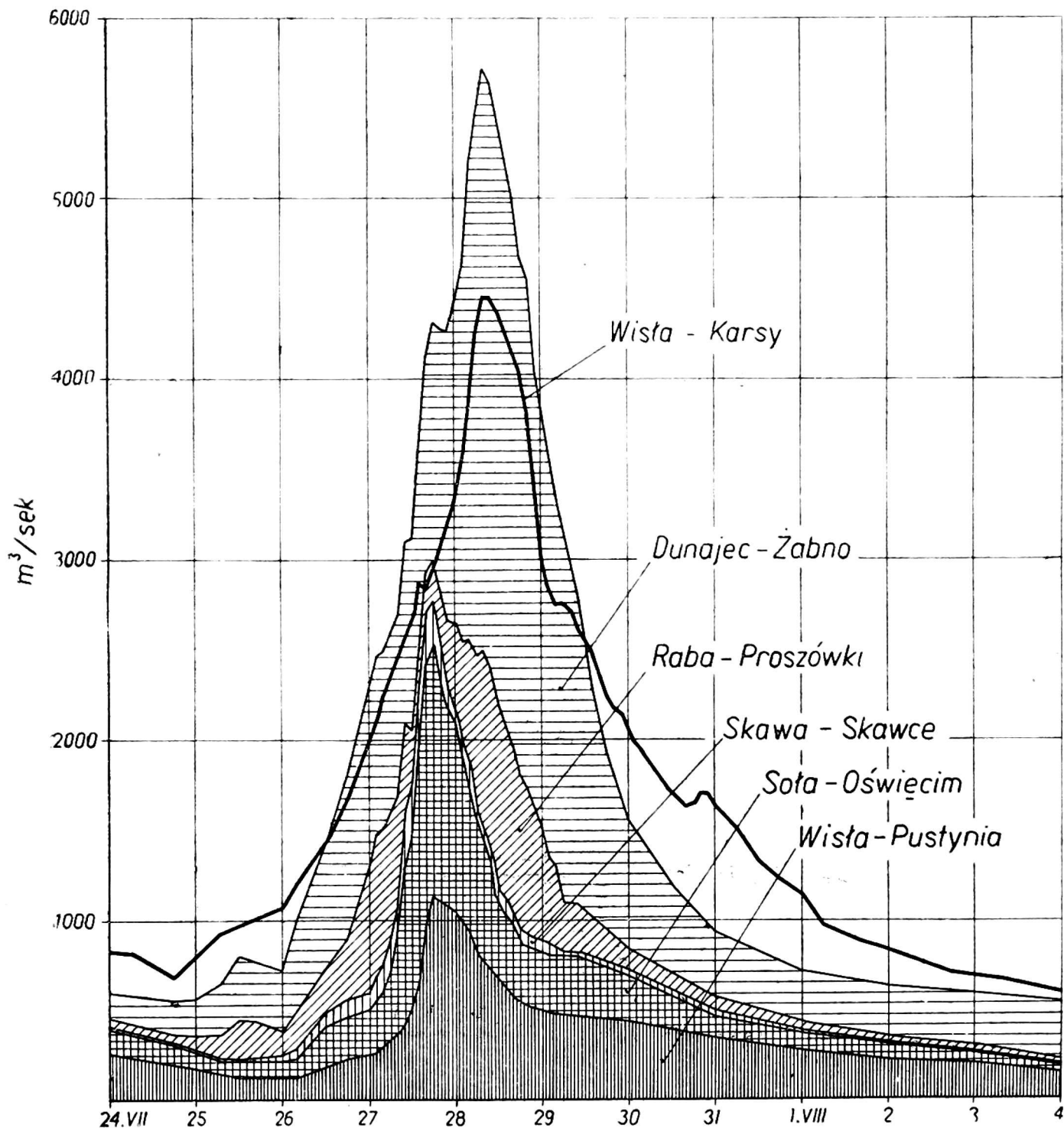
W związku z charakterem opadów kulminacje głównej fali przesuwały się stosunkowo powoli. Na Sole i Skawie prędkości postępu fali wynosiły 5—6 km/godz, na dolnej Raby tylko 3 km/godz. Większe prędkości można zaobserwować w górnym biegu Dunajca i niektórych jego dopływach. Na Wiśle przeciętna prędkość postępu fali na odcinku Pustynia—Karsy wyniosła 4,25 km/godz.

4. Rozwój fal wezbrań

Porównanie wykresów 11—14 rzuca światło na rozwój poszczególnych fal wezbrania. Widzimy z nich, że Soła, Skawa i górna Wisła kulminowały prawie równocześnie i zeszły się z pierwszą kulminacją Raby. Ostatnia, największa kulminacja Raby przypadała równocześnie z główną kulminacją Dunajca.

Rozwój fali na Wiśle przedstawia rys. 15. Opracowano go przez przesunięcie fal spływających z poszczególnych obszarów zlewni, zamkniętych badanymi przekrojami na przekrój Karsy z uwzględnieniem czasu i deformacji, wywołanych zmianami spadu i nałożono poszczególne fale na siebie. Fala wynikowa różni się od fali rzeczywistej w Karsach w związku z retencją międzywała i przerwaniem wału na odcinku Wisły między ujściami Raby i Dunajca. Przerwa ta wchłonęła pierwszą kulminację wezbrania, wynikłą z nałożenia się fal Wisły, Skawy i Raby, modyfikując znacznie falę w Karsach, oraz obniżyła wysokość głównej kulminacji o około 1000 m³/sek. Wody z obszarów zalewowych zaczęły odpływać po przejściu kulminacji począwszy od 24 lipca, poszerzając znacznie podstawę fali. W wyniku tego fala Wisły w Karsach uległa znacznemu spłaszczeniu.

Nieco inne wyniki daje analiza fali Dunajca, wykonana podobną metodą (rys. 16). Analizując wykres 16 można stwierdzić, że fale poszczególnych dopływów prawie dokładnie nałożyły się na siebie w profilu końcowym w Żabnie. Największy wpływ na podniesienie się kulminacji wywarły Łososina i Kamienica Nawojowska, częściowo także Biała Tarnowska. Fala Górnego Dunajca odegrała w formowaniu się fali wynikowej rolę podrzędną. Porównanie przebiegu fali wynikowej z rzeczywistą wykazuje opóźnienie kulminacji fali rzeczywistej o około 10 godzin, co wydaje się być spowodowane działaniem zbiornika Rożnowskiego i zalewu w dolinie Zakliczyńskiej. Wielkość tych retencji, na podstawie splanimetrowania wykresów przepływu, może być szacowana na około 186 mio m³. Spływ wód retencjonowanych rozpoczął się z chwilą przejścia kulminacji, co wpłynęło na jej nieznaczne podwyższenie (o około

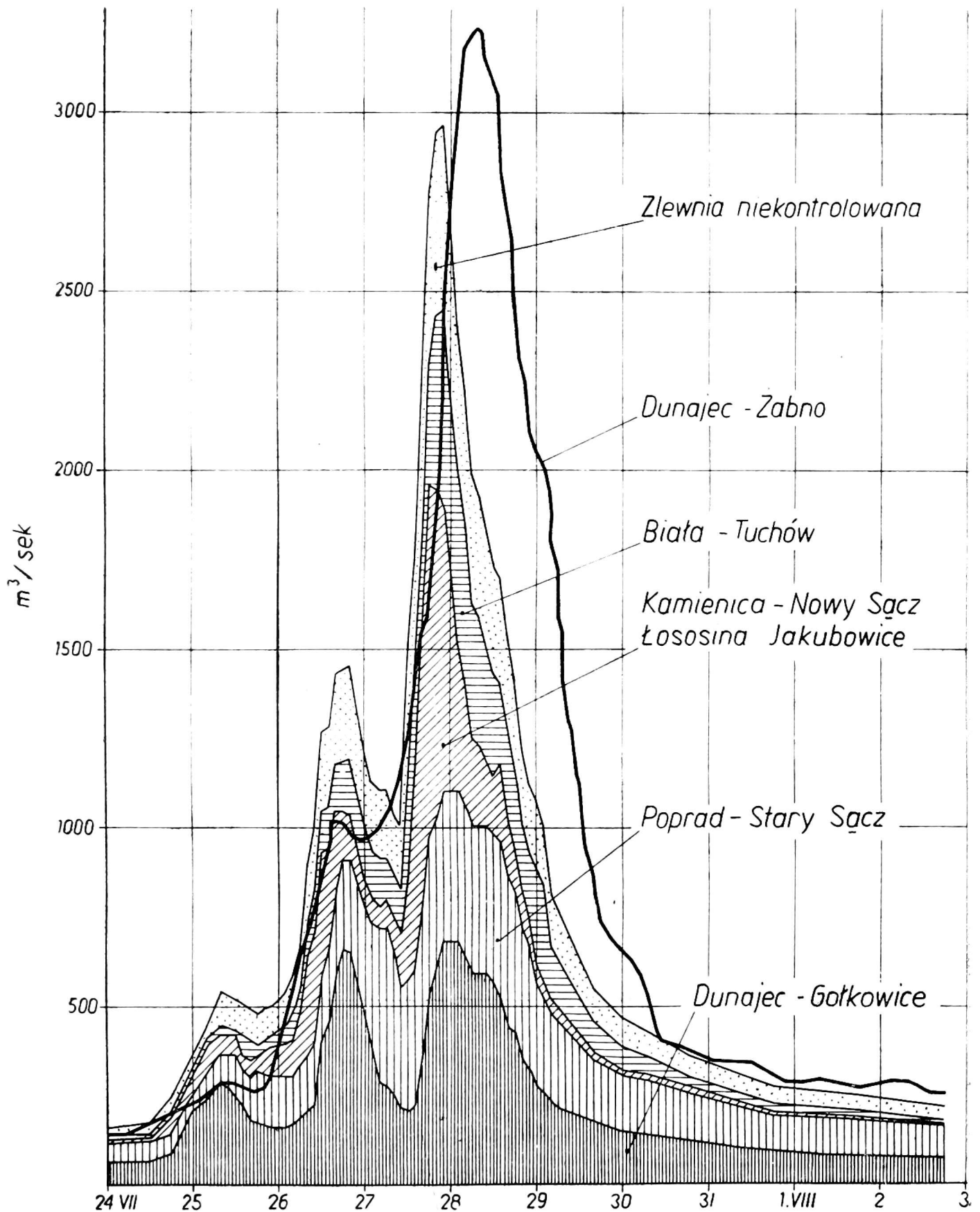


Rys. 15. Analiza fali Wisły w Karsach

250 m^3/sec). W wyniku tego splywu fala rzeczywista została poszerzona i podwyższona w gałęzi opadającej.

Bilans wód retencjonowanych w dolinie Dunajca można na podstawie wykresu 16 ująć następująco:

Retencja	I fali	50 mio m^3
Retencja	II fali	98 mio m^3
Retencja	III fali	38 mio m^3
Razem		186 mio m^3



Rys. 16. Analiza fali Dunajca w Żabnie

Spływ retencji w czasie opadania fali	139 mio m ³
Spływ retencji w podstawie po przejściu fali	7 mio m ³
Razem	146 mio m ³
Straty na wsiąkanie i parowanie	40 mio m ³

5. Objętość fal wezbrań

Obliczone objętości wezbrań, na niektórych przekrojach wodowskazowych, są zestawione w tabeli 5.

Wynika zeń, że wezbrania poprzedzające katastrofalną falę posiadały znaczną pojemność na Sole. Na innych rzekach objętość ich wynosiła $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ objętości fali głównej.

Objętości szkodliwe, obliczone jako przepływy wyższe od wody o prawdopodobieństwie 50% wykazały: Soła 45 mio m³, Raba 61 mio m³ i Dunajec 200 mio m³. Lokalizują się one przede wszystkim w ujściowych odcinkach rzek, co wskazuje na szczególnie niekorzystne warunki spływu wód i sposobu formowania się fal.

6. Bilans wezbrań

Na tabeli 6 zestawiono wskaźniki opadu i odpływu dla niektórych przekrojów wodowskazowych i obliczono na ich podstawie współczynniki odpływu. Te ostatnie osiągnęły dla głównego wezbrania wartości w granicach 0,8—0,9 w dorzeczach Soły, górnej Skawy i Raby, a 0,5—0,8 w dorzeczcu Dunajca. Dużo niższe współczynniki odpływu wykazują wezbrania poprzedzające: 0,3—0,6.

IV. SZKODY POWODZIOWE

Straty powodziowe w roku 1960 osiągnęły nie notowaną od roku 1934 sumę 1 344 184 tys. zł, dwukrotnie więcej niż straty z roku 1958, które wyniosły 680 mio zł. Największe straty skupiły się w dolinie Wisły przy ujściu Dunajca w powiecie dąbrowskim. Wyniosły one niemal 40% ogółu zarejestrowanych strat. Na następnych miejscach pod względem wysokości strat stoją powiaty: Żywiec, Nowy Sącz, Brzesko i Bochnia. Jeżeliby uszeregować straty według dorzeczy, to na pierwszym miejscu znajdzie się: Dunajec 60% strat, następnie Soła 13%, Raba 14%, Skawa 6%. Największe straty poniosło rolnictwo 58%. Straty w komunikacji wynoszą 23%, a pozostałe 19% przypada na inne gałęzie gospodarki.

Na terenie siedmiu najbardziej dotkniętych powiatów, a mianowicie: Bochnia, Brzesko, Dąbrowa Tarnowska, Nowy Sącz, Nowy Targ, Oświęcim i Żywiec, wykazujących łącznie 74% ogółu strat; zalanych zostało 75 tys. ha gruntów, zniszczonych i uszkodzonych 13 tys. budynków. Zarejestrowane, niepełne straty w inwentarzu żywym wyniosły 5220 sztuk. Uszkodzenia urządzeń wodno-melioracyjnych objęły w sumie około 800 ha. Wały zostały zniszczone lub uszkodzone na długości 117 km. Na straty w sieci komunikacyjnej na terenie omawianych powiatów złożyły się:

Drogi państwowe	185,7 km
Drogi lokalne	209,5 km
Mosty na drogach państw.	3614 mb
Mosty na drogach lokalnych	2553 mb

Tabela 7

Zestawienie strat powodziowych 1960 r. w woj. krakowskim w tysiącach złotych

Powiat	Straty ogółem		Rolnictwo		Komunikacja		Inne	
	wartość	%	wartość	%	wartość	%	wartość	%
Bochnia	83 322	6,2	52 542	63,0	15 187	18,2	15 593	18,8
Brzesko	102 963	7,6	76 372	74,2	17 029	16,5	9 562	9,3
Chrzanów	21 391	1,6	10 403	48,6	10 029	46,9	959	4,5
Dąbrowa Tarn.	526 764	39,2	466 012	88,4	40 839	7,7	19 913	3,9
Kraków	26 362	2,0	19 478	73,9	5 701	21,6	1 183	4,5
Limanowa	39 362	2,9	2 324	5,9	22 599	57,4	14 439	36,7
Miechów	640	0,05	222	34,7	260	40,6	158	24,7
Myślenice	26 510	2,0	4 973	18,7	6 188	23,3	15 349	58,0
Nowy Sącz	112 820	8,4	34 072	30,2	24 881	22,1	53 867	47,7
Nowy Targ	65 948	4,9	6 453	9,8	43 996	66,7	15 499	23,5
Olkusz	1 027	0,07	70	6,8	871	84,8	86	8,4
Oświęcim	57 047	4,2	16 103	28,2	11 937	20,9	29 007	50,9
Proszowice	20 660	1,5	15 585	74,4	4 041	19,6	1 034	6,0
Sucha	44 350	3,3	16 103	36,3	21 310	48,0	6 937	15,7
Tarnów	41 236	3,4	10 213	46,6	16 061	38,9	5 962	14,5
Wadowice	34 483	2,6	12 083	35,0	13 031	37,7	9 369	27,3
Zywiec	114 058	8,5	27 015	23,7	29 887	26,2	57 156	50,1
Jaworzno	18	0,00	—	—	—	—	18	—
Nowy Sącz m.	3 061	0,2	—	—	—	—	3 061	—
Tarnów m.	2 041	0,1	—	—	—	—	2 041	—
Zakopane	224	0,02	—	—	—	—	224	—
Jedn. wojsk. kolej i łączn.	10 897	1,5	—	—	18 953	95,2	944	4,8
Ogółem	1 344 184	100	779 023	—	302 791	—	262 370	—

Straty poniesione na drogach wodnych zamykają się kwotą 242 mio. zł. Około 52% tych strat przypada na potoki górskie, głównie wskutek zniszczenia brzegów. Straty w rzekach żeglownych stanowią 7,5%, a na rzekach spławnych 30%.

W czasie powodzi ewakuowano łącznie 20 320 osób. Zapomogi doraźne dla powodzian wyniosły 11 560 tys. zł.

V. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Powódź roku 1961 była wynikiem kilkudniowych, obfitych opadów poprzedzonych szeregiem następujących po sobie w ciągu lipca okresów deszczowych, które całkowicie wysyciły zdolność retencyjną dorzecza. Całkowita masa opadu w Karpatach Zachodnich przekroczyła znacznie dotychczas notowane maksima miesięczne.

2. Obfite deszcze powodziotwórcze spowodowane zostały przez wytworzenia się nad Polską stacjonarnego niżu, zasilanego przez dwie termicznie odrębne masy powietrza: ciepłego znad Morza Śródziemnego i zimnego znad północnego Atlantyku. Rozkład natężeń opadów wiąże się z przechodzącymi frontami, oraz położeniem centrum ośrodka niżowego.

3. Największe wartości osiągnęły opady nad górną Wisłą i w Tatrach, przy czym zaznacza się stopniowe przesuwanie się centrum opadowego z zachodu na wschód.

4. Rozkład opadów na terenie poszczególnych zlewni rzek górskich wskazuje, iż centrum opadowe przesuwało się nad środkowymi ich biegami, co spowodowało kolejne nakładanie się fal w rozwoju wezbrania.

5. Wezbranie przybrało szczególnie duże rozmiary na Wiśle, osiągając na odcinku Pustynia—Karsy wartości o prawdopodobieństwie raz na 100—1000 lat.

6. Rozwój fal wezbrań wskazuje dowodnie na konieczność rozproszonego systemu walki z powodzią, obejmującego nie tylko główne rzeki, ale i ich dopływy. Umożliwi to planowe sterowanie wezbrań, w zależności od sytuacji barycznej i opadowej.

7. Rozkład szkód powodziowych wykazuje, że jedynie współpraca zbiorników na Sole, Rabie i Dunajcu może usunąć przeważające straty, jakie przy tym typie powodzi ponosi rejon wideł Wisły i Dunajca.

8. Analiza fali Dunajca dowodzi, iż lokalizacja potrzebnej retencji powodziowej nie może być skupiona, wobec możliwości nakładania się fal nawet nieznacznych objętości, ale zbieżnych w czasie. Rozrzucenie tych retencji nawet niezbyt wielkich wartości w zlewniach górnego Dunajca, Popradu, Kamienicy, Łososiny i Białej może skutecznie ściąć szczyt kulminacji i spłaszczyć kształt fali.

9. Podobnie wykonana analiza innych typów powodzi może się okazać przydatną dla organizacji gospodarki wodnej w górach.

LITERATURA

1. Jarocki W. — Obliczenie otworów mostów i przepustów, Warszawa 1955.
2. Milata W. — Synoptyka wielkich opadów atmosferycznych. Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny VIII 3—4, W-wa 1955.
3. Punzet J. — Powódź roku 1960 na górnej Wiśle. Gospodarka Wodna 1/61, Warszawa 1961.
4. Skibiński J. — Przepływy największe roczne i prawdopodobieństwo ich pojawiania się. Prace i Studia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN II cz. 1, Warszawa 1959.
5. Wiśniewski W. — Atlas opadów atmosferycznych w Polsce W-wa 1953.