

Paweł Licznar, Janusz Łomotowski

Analiza chwilowych natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu

Metoda analizy maksymalnych chwilowych natężeń deszczów została szczegółowo opisana w podręczniku [1], lecz – z uwagi na dużą pracochłonność – jest rzadko stosowana. Pracochłonność analizy maksymalnych natężeń chwilowych deszczów wynika przede wszystkim z formy zapisu danych rejestrowanych przez pluwiograf. Klasyczny pluwiogram jest zapisany na pasku papieru, na którym piórko rejestratora wykreśliło krzywą służącą do odczytu daty i momentu pojawienia się opadu oraz czasu jego trwania. Określając lokalne nachylenie krzywej określa się wartość chwilowego natężenia deszczu. Dokładne odczytanie parametrów deszczu z pluwiogramu jest trudne i wymaga poświęcenia czasu i uwagi. Ten żmudny proces trzeba niejednokrotnie powtórzyć w wypadku zmiany poszukiwanych parametrów oraz w celu weryfikacji wyników budzących zastrzeżenia. Sposób archiwizacji oraz odczytu danych ma zasadniczy wpływ na stan pasków zawierających pluwiogramy.

Pluwiogramy zapisane na papierowych paskach stanowią, jak dotąd, większość zasobów danych o opadach na całym świecie. W wielu państwach jest dostrzegana potrzeba pilnej konwersji pluwiogramów do formatu cyfrowego, gdyż tylko wówczas można uchronić przed zniszczeniem dane o opadach, zbierane z tak wielkim trudem. Informacje zarchiwizowane w formie elektronicznej pozwalają na właściwe i dokładne ich opracowanie. Wiarygodne dane o opadach są niezbędnym materiałem wejściowym dla nowej generacji modeli hydrologicznych symulujących obieg wody w zlewniach, zwłaszcza w dłuższym czasie. O skali problemu konwersji danych o opadach z klasycznych zapisów papierowych do zapisu cyfrowego posłużyć może przykład Szwajcarii, gdzie oszacowano, że koszt tej operacji dla danych zebranych w ostatnich 30 latach ze 164 stacji zlokalizowanych na obszarze całego kraju wynosi około 1,2 mln franków szwajcarskich [2].

Materiał i metody

W badaniach wykorzystano pluwiogramy udostępnione przez Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu (Swojec) z wielolecia 1975–2002. Dane te zostały już wykorzystane do analizy wartości średnich natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu [3]. W pracy tej znajduje się także szczegółowa charakterystyka stacji obserwacyjnej.

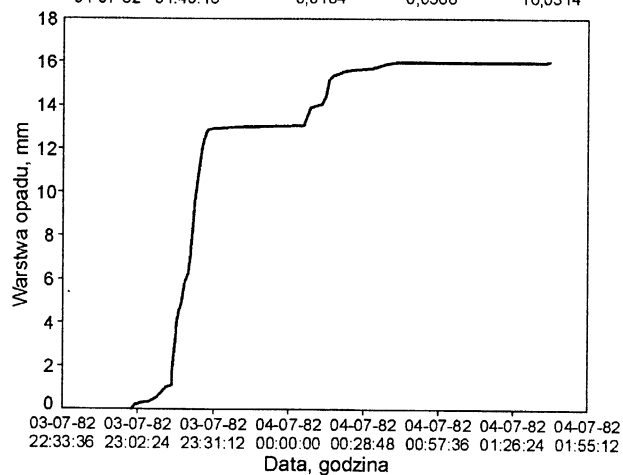
Na potrzeby badań postanowiono wykorzystać metodę wektoryzacji zapisów pluwiograficznych, uprzednio zastosowaną z zadowalającymi rezultatami w badaniach nad erozyjnością deszczów [4]. Pierwszym etapem konwersji zapisów pluwiograficznych było zeskanowanie pasków z pluwiografu z rozdzielczością 400 dpi. Powstałe obrazy rastrowe wyświetlono

w programie MicroStation Descartes 6.0, należącym do pakietu GeoEngineering Academic Suite firmy Bentley. Przebieg krzywych na obrazie rastrowym został odtworzony przez program w sposób automatyczny, w oparciu o wcześniej zdefiniowany filtr odcieni szarości. Po wskazaniu kursorem początku śladu piórka piszącego na pasku, program wstawiał w jego miejsce łańcuch linii. Początki i końce poszczególnych linii, należących do łańcucha, były miejscami zmiany kierunku odcinków krzywej rejestracji na obrazie rastrowym. Następnie dokonano połączenia poszczególnych łańcuchów linii we wspólną krzywą obrazującą przyrost warstwy opadu w czasie (wyeliminowano w ten sposób pionowe odcinki spadku linii rejestracji, powstające w trakcie działania przelewu pluwiografu). Współrzędne punktów początkowych i końcowych linii, tworzących krzywe sumaryczne przyrostu warstwy opadów w czasie, zostały wyeksportowane do prostego pliku tekstowego, w którym współrzędne x określały czas, natomiast współrzędne y skumulowaną warstwę opadu. Przykład tak utworzonego pliku wraz z wykresem przyrostu warstwy opadu w czasie przedstawiono na rysunku 1. Był to deszcz, którego początek został zarejestrowany 3 lipca 1982 r.

Do wyznaczenia wartości maksymalnych natężeń cząstkowych deszczów zastosowano specjalnie do tego celu napisany w języku Pascal program komputerowy, pozwalający na poszukiwanie maksymalnych natężeń chwilowych dla czasów 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 45 min, 60 min, 90 min, 120 min i 180 min, w oparciu o zapis opadu wprowadzony w formie cyfrowej. Na podstawie uzyskanego w ten sposób materiału przeprowadzono analizę związków pomiędzy natężeniem deszczu, czasem jego trwania i prawdopodobieństwem występowania. W tabeli 1 przedstawiono funkcje zastosowane do modelowania, wraz z wartościami poszczególnych parametrów modeli i współczynników korelacji.

Do estymacji parametrów modeli zastosowano program Statistica 6 PL. Najczęściej wartości parametrów ustalono stosując metodę quasi-Newtona z uwagi na to, że cechowała się najszybszą metodą osiągania zbieżności. W metodzie tej asymptotycznie estymuje się (cząstkowe) pochodne drugiego rzędu funkcji reszt i stosuje się je do określenia zmiany wartości parametrów z iteracji na iterację. W kilku wypadkach, gdy metoda quasi-Newtona nie dała możliwych do przyjęcia estymatorów (co było od razu zauważone na wykresie modelu o określonych parametrach względem zbioru punktów poddawanych estymacji), zastosowano metodę Hooke'a-Jeevesa przemieszczania układu. W każdej iteracji tej metody, przez przemieszczenie pojedynczo parametru, był definiowany układ punktów, aż do zoptymalizowania bieżącej funkcji reszt. Cały układ punktów był następnie przesuwany lub przemieszczany w nowe położenie, które było określane przez ekstrapolację linii od starego punktu bazowego w m-wymiarowej przestrzeni

Data, godzina	Przyrost czasu, h	Przyrost opadu, mm	Warstwa opadu, mm
03-07-82 23:00:00	0,0000	0,0000	0,0000
03-07-82 23:01:23	0,0231	0,2025	0,2025
03-07-82 23:03:52	0,0414	0,1012	0,3037
03-07-82 23:06:37	0,0458	0,0368	0,3405
03-07-82 23:09:39	0,0505	0,2025	0,5430
03-07-82 23:13:14	0,0597	0,4693	1,0123
03-07-82 23:15:27	0,0368	0,0920	1,1043
03-07-82 23:15:27	0,0000	0,5430	1,6473
03-07-82 23:16:49	0,0227	1,8866	3,5339
03-07-82 23:17:06	0,0046	0,4417	3,9756
03-07-82 23:17:39	0,0092	0,3405	4,3161
03-07-82 23:17:56	0,0046	0,2301	4,5462
03-07-82 23:18:45	0,0138	0,2945	4,8407
03-07-82 23:19:35	0,0138	0,6534	5,4941
03-07-82 23:20:08	0,0092	0,3313	5,8254
03-07-82 23:21:31	0,0231	0,4326	6,2580
03-07-82 23:22:21	0,0138	0,8293	7,0863
03-07-82 23:24:00	0,0276	2,5877	9,6540
03-07-82 23:25:56	0,0322	1,6749	11,3289
03-07-82 23:26:29	0,0092	0,5982	11,9271
03-07-82 23:27:19	0,0138	0,4878	12,4149
03-07-82 23:28:25	0,0184	0,3681	12,7830
03-07-82 23:28:58	0,0092	0,0828	12,8658
03-07-82 23:31:11	0,0368	0,0552	12,9210
03-07-82 23:36:08	0,0827	0,0460	12,9670
03-07-82 23:41:06	0,0827	0,0276	12,9946
03-07-82 23:47:27	0,1057	0,0368	13,0314
04-07-82 00:05:38	0,3033	0,0552	13,0866
04-07-82 00:06:28	0,0138	0,2761	13,3627
04-07-82 00:08:07	0,0276	0,5338	13,8965
04-07-82 00:09:30	0,0231	0,0644	13,9609
04-07-82 00:12:32	0,0505	0,0920	14,0529
04-07-82 00:14:11	0,0276	0,4417	14,4946
04-07-82 00:14:28	0,0046	0,1564	14,6510
04-07-82 00:15:18	0,0138	0,5062	15,1572
04-07-82 00:16:40	0,0228	0,1933	15,3505
04-07-82 00:19:09	0,0414	0,1104	15,4609
04-07-82 00:21:05	0,0322	0,1012	15,5621
04-07-82 00:25:13	0,0689	0,0736	15,6357
04-07-82 00:31:51	0,1103	0,0644	15,7001
04-07-82 00:37:25	0,0928	0,2117	15,9118
04-07-82 00:41:33	0,0689	0,0828	15,9946
04-07-82 00:43:45	0,0368	0,0000	15,9946
04-07-82 01:39:10	0,9236	0,0000	15,9946
04-07-82 01:40:16	0,0184	0,0368	16,0314



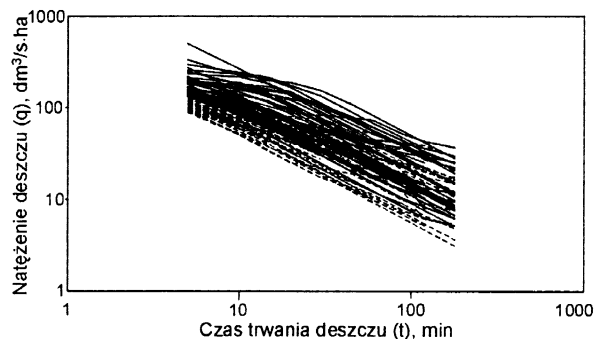
Rys. 1. Przykład zbioru danych o opadzie w formie cyfrowym i graficznym (deszcz rozpoczął 3 lipca 1982 r.)

parametrów do nowego punktu bazowego. Długość kroków w tym procesie była stale dostosowywana tak, aby doszło do synchronizacji z odpowiednim optimum. Poza zmianą samego algorytmu estymacji podczas obliczeń dokonano także zmiany samych wartości początkowych parametrów, od których rozpoczęto proces obliczeń. Miało to zapobiec otrzymaniu przypadkowych wyników estymacji, wynikających z lokalnych minimów w funkcji reszt.

Dyskusja wyników

Po etapie wektoryzacji obliczono maksymalne chwilowe natężenia cząstkowe dla wszystkich 959 zarejestrowanych opadów. Wartości maksymalnych cząstkowych natężeń 100 deszczów, charakteryzujących się najwyższymi wartościami natężeń 5-minutowych, przedstawiono na rysunku 2.

Zgodnie z oczekiwaniem, wartości maksymalnych natężeń chwilowych poszczególnych deszczów osiągnęły największe wartości dla czasu 5 min, po czym wraz z wydłużaniem czasu ulegały zmniejszaniu. W układzie osi logarytmicznych ten spadek miał charakter zbliżony do liniowego, a wykresy



Rys. 2. Maksymalne natężenia cząstkowe wybranych 100 deszczów o najwyższych wartościach natężeń 5-minutowych

wykonane dla poszczególnych deszczów miały postać pęku linii o zbliżonym współczynniku kierunkowym.

Przykładem może być deszcz z 8 sierpnia 1980 r., dla którego stwierdzono największe maksymalne cząstkowe natężenie dla 5 min wynoszące $501,2 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ (przy opadzie $18,3 \text{ mm}$ w czasie 135 min i średnim natężeniu $22,7 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$). Wartość maksymalnego cząstkowego natężenia deszczu dla czasu 10 min , dla tego samego opadu, była już prawie o połowę mniejsza ($262,9 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$). Wartości maksymalnego cząstkowego natężenia deszczu dla najdłuższego czasu (180 min) były wielokrotnie niższe od tych dla krótkich czasów ($5+10 \text{ min}$). Najwyższa wartość natężenia deszczu dla tego długiego czasu wyniosła zaledwie $36,4 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ i została stwierdzona podczas opadu 16 czerwca 1975 r., o całkowitej wysokości $49,5 \text{ mm}$, przy całkowitym czasie $518,9 \text{ min}$ oraz średnim natężeniu $15,9 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$. Stwierdzono, że wartości maksymalnych cząstkowych natężeń deszczów dla czasu 180 min były w większości wypadków zbliżone do zanotowanych średnich natężeń opadów. Najlepszym tego przykładem był deszcz z 4 października 2001 r. o najmniejszym obliczonym maksymalnym natężeniu wynoszącym $0,7 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ (dla czasu 180 min) i tylko nieznacznie wyższym od średniego natężenia dla całego opadu równego $0,6 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$.

Uzyskane wyniki na wstępnym etapie badań trudno było porównywać z wynikami innych autorów, gdyż analiza danych o opadach za pomocą natężeń chwilowych nie była jak dotąd powszechnie stosowana w kraju. Autorzy nowszych prac dotyczących zagadnienia deszczów miarodajnych nie publikują obliczonych wartości maksymalnych natężeń chwilowych, traktując je jako materiał źródłowy. Z tego względu otrzymane wartości, pomimo oczywistych różnic metodycznych, można jedynie odnieść do opracowań prof. Juliana Wołoszyna [5,6] i prof. Wacława Błaszczyka [1]. Porównanie to prowadzi do zaskakujących wyników. Dyskutowane obecnie wartości i wyniki wcześniej opublikowanych prac są zaskakująco zbieżne. Badając opady z wielolecia 1898–1960 Wołoszyn stwierdził, że dla Wrocławia największe natężenie deszczu o czasie trwania w przedziale $0+5 \text{ min}$ wyniosło $3,620 \text{ mm}/\text{min}$ (wartość tę zanotowano w obserwatorium Wyższej Szkoły Rolniczej we Wrocławiu w 1955 r.). Natężenie to było niewiele wyższe od stwierdzonego obecnie maksymalnego natężenia chwilowego dla czasu 5 min , wynoszącego $501,2 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, czyli $3,006 \text{ mm}/\text{min}$. W tym samym 1955 r. Wołoszyn na tej samej stacji obserwacyjnej stwierdził najwyższe natężenie deszczu wynoszące $1,900 \text{ mm}/\text{min}$ dla czasu trwania od 10 do 20 min . Także i w tym wypadku wartość ta była zbliżona do obliczonego maksymalnego chwilowego cząstkowego natężenia deszczu dla 10 min , wynoszącego $262,9 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, czyli $1,577 \text{ mm}/\text{min}$. Błaszczyk jako najwyższe obliczone natężenie deszczu dla Warszawy w latach 1837–1959 podał wartość

Tabela 1. Wartości współczynników modeli oraz współczynników korelacji

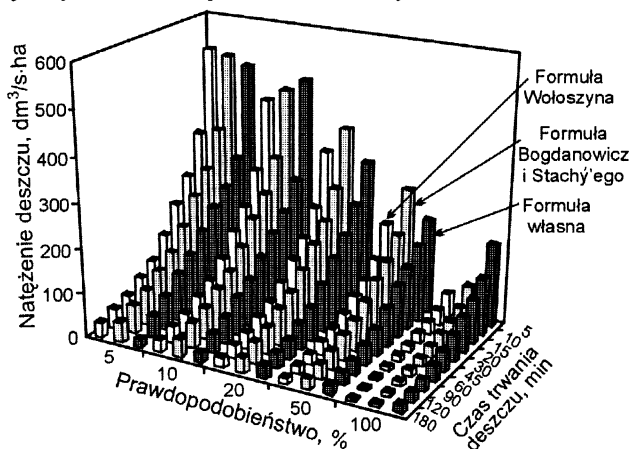
Model	Prawdopodobieństwo, %				
	5	10	20	50	100
$q = \frac{a}{(t+b)^a} + c$ (1)	a=6333,504	a=713,8329	a=82413,63	a=643645564	a=1573,239
	b=-4,51958	b=-3,88429	b=19,57292	b=64,88700	b=4,787518
	n=0,013270	n=0,218073	n=1,752958	n=3,535880	n=0,949642
	c=5895,74	c=-210,067	c=20,40978	c=20,62691	c=6,351722
	R=0,988	R=0,998	R=1,000	R=0,999	R=0,999
$q = \frac{a}{(t+b)^a} + c$ (2)	a=5016,342	a=276,8827	a=4198,836	a=3982,633	a=1858,918
	b=5,881216	b=-4,27957	b=7,99039	b=12,99803	b=5,393854
	c=16,49258	c=105,3773	c=0,547489	c=-4,27272	c=7,707363
	R=0,975	R=0,881	R=0,999	R=0,997	R=0,999
$q = \frac{a}{t^n} + c$ (3)	a=1187,920	a=1495,030	a=798,1957	a=519,6867	a=484,3617
	n=0,481603	n=0,701219	n=0,439615	n=0,282312	n=0,54069
	c=-67,0869	c=-6,12480	c=-64,5532	c=-108,680	c=-14,6937
	R=0,981	R=0,995	R=0,996	R=0,991	R=0,998
$q = \frac{a}{t^n}$ (4)	a=1372,434	a=1537,140	a=933,1534	a=572,9403	a=532,9084
	n=0,63729	n=0,72439	n=0,63117	n=0,56490	n=0,63801
	R=0,978	R=0,995	R=0,991	R=0,978	R=0,997
$q = \frac{a}{t^{0,667}}$ (5)	a=1466,996	a=1353,491	a=1011,280	a=721,7003	a=568,7020
	R=0,977	R=0,992	R=0,989	R=0,966	R=0,996

438,8 dm³/s·ha dla deszczu z 17 sierpnia 1916 r., o czasie trwania 9 min [1]. Wartość ta mieści się w przedziale 262,9+501,2 dm³/s·ha, czyli obliczonych maksymalnych wartości cząstkowych natężeń chwilowych deszczów dla czasów odpowiednio 10 min i 5 min. Obliczone wartości maksymalnych cząstkowych natężeń deszczów, po ich opracowaniu statystycznym, pozwoliły na wyznaczenie zależności natężeń w funkcji czasu trwania opadu dla założonych, często używanych w praktyce projektowej, prawdopodobieństw przewyższenia 5%, 10%, 20%, 50% i 100% (wyznaczone parametry dla poszczególnych modeli zestawiono w tabeli 1).

Przeprowadzone badania wykazały, że spośród przeanalizowanych funkcji dane doświadczalne najlepiej opisywało ogólne równanie hiperboli. Wartości współczynników korelacji dla tego modelu były najwyższe w gronie wszystkich przeanalizowanych modeli, a dla prawdopodobieństw wyższych bądź równych 20% były praktycznie równe 1. Wysokie wartości współczynników korelacji zanotowano także dla modeli (2) i (3) (tab. 1). Niemniej jednak, w wypadku modelu (2), zanotowano wyjątkowo niską wartość współczynnika korelacji R=0,881 dla p=10%. Zdecydowanie niższe, w stosunku do omówionego już modelu (1), wartości współczynników korelacji zanotowano dla prostych modeli (4) i (5). W wypadku tego ostatniego, sztywne ustalenie wartości wykładnika potęgowego (n=0,667) doprowadziło do ogólnie względnie niskich wartości współczynnika korelacji w zakresie od R=0,966 dla p=50% do R=0,996 dla p=100%. Analiza parametrów modelu (4), uzyskanych przy wyższych względem modelu (5) wartościach współczynników korelacji ujawniła, że wykładnik n może przybierać wartości w szerokim zakresie od 0,56 do 0,72.

Wyniki badań wskazują, że model typu (5) był zbyt uproszczony i zachodziła potrzeba wprowadzenia do zastosowań inżynierskich bardziej złożonych formuł, opracowanych na podstawie danych pochodzących z lokalnych stacji rejestrujących opady. Prof. Ryszard Błażejowski w pracy [7] zwrócił uwagę na możliwość zastosowania nowocześniejszych formuł do wyznaczenia natężeń deszczów miarodajnych, opracowanych przez E. Bogdanowicz i J. Stachy'ego [8]. W celu potwierdzenia tej tezy porównano wyniki obliczeń natężeń deszczów miarodajnych obliczone z własnych zależności dla modelu (1) z wartościami wyliczonymi z formuł zawartych w pracach [8] oraz [5,6]. Porównanie ze związkami Bogdanowicz i Stachy'ego było

uzasadnione ze względu na zastosowanie podobnej metodyki opracowania danych oraz wykorzystania przy ich ustalaniu danych o opadach ze stacji meteorologicznej we Wrocławiu [8], natomiast za porównaniem z formułą Wołoszyna nie przemawiała zgodność metodyki badań, lecz jej lokalny charakter oraz imponująca w polskich warunkach długość ciągu obserwacji. Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Chwilowe natężenia deszczów miarodajnych we Wrocławiu według różnych formuł

Wartości natężeń deszczów miarodajnych, wyznaczone z opracowanych własnych związków, były porównywalne z wynikami uzyskanymi z formuł Wołoszyna oraz Bogdanowicz i Stachy'ego dla niskich wartości prawdopodobieństw, tj. 5% i 10%. Pomimo różnic w metodyce prowadzenia badań, uzyskano zaskakująco zbliżone wartości natężenia deszczu miarodajnego o czasie trwania 5 min i prawdopodobieństwie 5%, które wyniosły dla opracowanego modelu 500 dm³/s·ha, natomiast dla wzorów Wołoszyna – 527 dm³/s·ha oraz Bogdanowicz i Stachy'ego – 516 dm³/s·ha. Dla prawdopodobieństw 20% i 50% zaobserwowano już znaczne rozbieżności wartości natężeń podawanych przez różne formuły. Dla prawie wszystkich kombinacji czasów trwania deszczów i prawdopodobieństw 20% i 50% zachowana była reguła, że opracowane zależności sugerowały wartości natężeń wyższe od formuły Wołoszyna, ale jednocześnie niższe od formuły Bogdanowicz i Stachy'ego.

Na przykład, dla czasu trwania opadu 30 min i prawdopodobieństwa 20%, opracowana formuła sugerowała wartość $108 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, podczas gdy formuły Wołoszyna oraz Bogdanowicz i Stachý'ego – odpowiednio $92 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ i $131 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$. Szczególnie duże rozbieżności wartości natężeń zanotowano dla prawdopodobieństwa 100%, dla którego (i czasów 5÷180 min) natężenia wyznaczone z opracowanej zależności dla stacji Wrocław–Swojec były wyższe od wartości podanych przez pozostałe wzory empiryczne. Przykładowo, dla prawdopodobieństwa 100% i czasu trwania opadu 5 min jego natężenie według nowo opracowanej formuły wyniosło $187 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$ i było około 3,5-krotnie większe od wartości wyliczonej według formuły Wołoszyna ($53 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$) oraz ponaddwukrotnie wyższe od wartości obliczonej według wzoru Bogdanowicz i Stachý'ego ($81 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$). Rozbieżności te, wraz z wydłużeniem czasu opadu, pozostawały w podobnej – niezmienionej – relacji. Dla deszczu o czasie trwania 45 min i prawdopodobieństwa 10%, natężenie według formuły Wołoszyna wyniosło $12 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, według formuły Bogdanowicz i Stachý'ego – $18 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$, podczas gdy obliczone z własnej zależności – aż $45 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{ha}$. Uogólniając można stwierdzić, że różnice w wartościach natężeń miarodajnych deszczów, wyliczone z zastosowaniem poszczególnych formuł, zmniejszały się wraz ze zmniejszaniem się ich prawdopodobieństwa i czasu trwania deszczu.

Podsumowanie

Analiza deszczów z wielolecia 1975–2002, zanotowanych na stacji obserwacyjnej Wrocław–Swojec, przy wykorzystaniu bardzo pracochłonnej metody natężeń chwilowych pozwoliła na ustalenie następujących zależności natężeń deszczów miarodajnych w funkcji czasu ich trwania dla wartości prawdopodobieństwa 10%, 20%, 50% i 100%:

$$\text{– dla } p=5\% \text{ (} c=20 \text{ lat): } q = \frac{6333,504}{(t-4,51958)^{0,013270}} - 5895,74$$

$$\text{– dla } p=10\% \text{ (} c=10 \text{ lat): } q = \frac{713,8329}{(t-3,88429)^{0,218073}} - 210,067$$

$$\text{– dla } p=20\% \text{ (} c=5 \text{ lat): } q = \frac{82413,63}{(t+19,57292)^{1,752958}} + 20,40978$$

$$\text{– dla } p=50\% \text{ (} c=2 \text{ lata): } q = \frac{643645564}{(t+64,88700)^{3,535880}} + 20,62691$$

$$\text{– dla } p=100\% \text{ (} c=1 \text{ rok): } q = \frac{1573,239}{(t+4,787518)^{0,949642}} - 6,351722$$

Związki te, z uwagi na lepiej ugruntowaną metodykę ich opracowania, a zarazem ich większą porównywalność z opracowanymi przez Wołoszyna oraz Bogdanowicz i Stachý'ego formułami dla Wrocławia, wydają się być bardziej uprawnione do stosowania na potrzeby lokalnej hydrologii miejskiej w stosunku do wzoru Błaszczyka [3].

Na podstawie przeprowadzonych badań na zbiorze pomiarów o charakterze lokalnym można wnioskować o potrzebie zastąpienia metody średnich natężeń metodą maksymalnych natężeń chwilowych, która nie wymaga przyjęcia dyskusyjnej definicji zjawiska opadu w celu uzyskania wiarygodnych wyników. W przyszłości należy ujednoczyć metodykę statystycznego opracowania danych o opadach deszczu na potrzeby oceny deszczów miarodajnych.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego KBN nr 5P06302324 Nowe sposoby pomiaru i rejestracji opadów atmosferycznych oraz przetwarzania uzyskanych danych.

Autorzy dziękują Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu za udostępnienie materiałów z obserwacji pluwiograficznych na potrzeby niniejszej pracy. Dr inż. Paweł Licznar dziękuje ponadto Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej za wsparcie badań w ramach stypendium krajowego dla młodych naukowców.

LITERATURA

1. W. BŁASZCZYK, H. STAMATELLO, P. BŁASZCZYK: *Kanalizacja*. Tom I. Sieci i pompownie. Arkady, Warszawa 1983.
2. C. EICHER, V. KREJCI: A new rainfall data system for urban hydrology in Switzerland. *Atmospheric Research*, 1996, 42.
3. P. LICZNAR, J. ŁOMOTOWSKI: Analiza średnich natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu. *Ochrona Środowiska*, 2005, nr 1, ss. 29–34.
4. P. LICZNAR: Automatyzacja przetwarzania danych pluwiograficznych w procesie wyznaczania wskaźnika erozyjności deszczu. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis* 217, *Agricultura* 87, Szczecin 2001.
5. J. WOŁOZYN: Probabilistyczna metoda obliczania natężenia deszczów na przykładzie Wrocławia. *Wiad. Szł. Hydrol.*, 1964, z. 58, nr 3.
6. J. WOŁOZYN: Transponowanie natężenia i czasu trwania deszczu ze stacji centralnej do rejonów nie zbadanych na Dolnym Śląsku. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1966, nr 7, ss. 23–30.
7. R. BŁAŻEJEWSKI: *Kanalizacja wsi*. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2003.
8. E. BOGDANOWICZ, J. STACHÝ: *Maksymalne opady deszczu w Polsce*. Charakterystyki projektowe. Materiały Badawcze, Seria Hydrologia i Oceanologia. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa 1998.

Licznar, P., Łomotowski, J. **Analysis of Time Frequency Distribution of Maximal Intensities of Storms in the City of Wrocław.** *Ochrona Środowiska* 2005, Vol. 27, No. 2, pp. 25–28.

Abstract: The method of pluviograph data conversion to the digital files format and an original method of numerical browsing for rainfalls of maximal temporal intensities and different duration are presented in the paper. Making use of the processed precipitation data from the Agro- and Hydrometeorological

Station, Wrocław University of Agriculture, Wrocław–Swojec, for the time span of 1975 to 2002, formulas for calculating rainfall intensities as a function of their duration and for probabilities 10%, 20%, 50% and 100% were modeled. It was demonstrated that urban hydrologists need to have at hand such models that describe the intensities of local design storms.

Keywords: Design storm, maximal temporary intensity, pluviograph data digitalization.