



O POPRAWNOŚCI WZORÓW BŁASZCZYKA NA OBLICZANIE OPADÓW MIARODAJNYCH

Stanisław Węglarczyk

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki

ON THE CORRECTNESS OF THE BŁASZCZYK EQUATIONS FOR DESIGN RAINFALL CALCULATIONS

Streszczenie

Stosowany powszechnie wzór Błaszczyka z 1954 r. na miarodajne natężenie opadu jest oparty na niepewnych danych, a przedstawione podejście rodzi poważne wątpliwości dotyczące poprawności metody. Należy, oczywiście, mieć na uwadze nie tylko skromność ówczesnej bazy danych, ale też trudności obliczeniowe, jakie w tych czasach miały miejsce. Jednakże, niezależnie od tych problemów, nieuzasadnione było przyjęcie liczby 67 lat jako okresu obserwacji w sytuacji, gdy faktyczna liczba lat obserwacji wynosiła 37. W konsekwencji, otrzymane wartości natężeń dla przyjętych prawdopodobieństw przewyższenia były niższe od wartości uzyskanych w przypadku, gdyby została przyjęta właściwa długość okresu obserwacji. Drugim istotnym ze względów merytorycznych punktem krytycznym omawianej pracy jest niezgodny z opisaną procedurą, a w dodatku błędny, sposób estymacji parametru modelu.

Słowa kluczowe: opad miarodajny, wzór Błaszczyka

Summary

Commonly applied in Poland, the Błaszczyk equation of 1954 for design rainfall is based on not quite reliable data and the approach presented therein raises serious doubts concerning the correctness of the method. Of course, not only the scarcity of the then data bases should be taken into account, but also computational difficulties existing in those years. How-

ever, independently of these problems, there was no rationale for accepting 67 years as the length of the observation series when the actual number of observation years was 37. As a consequence, the resulting design rainfall intensities for given exceedance probabilities were lower than the values that would be obtained if the correct length of the observation series had been adopted. There is also second critical point of the discussed method: the estimation procedure of the model parameter is incompatible with that presented in the paper and, moreover, is clearly erroneous.

Key words: design rainfall, Błaszczyk equation

WSTĘP

Obliczanie C-letniego (C^3 1 rok) maksymalnego natężenia lub maksymalnej wysokości opadu o zadanym czasie trwania t – tzw. opadu miarodajnego lub opadu projektowego – jest zadaniem koniecznym w projektowaniu odwodnień. W odróżnieniu od wielu krajów w Polsce nie opracowano dotychczas metody, która byłaby jednocześnie zadowalająco precyzyjna oraz powszechnie zaakceptowana lub, ewentualnie, zalecana przez odpowiednią instytucję. Niewątpliwie najbardziej popularną metodą w Polsce są wzory W. Błaszczyka z 1954 r. [np. PN-S-02204, 1997; Licznar P., Łomotowski J., 2005; Kotowski A., Kaźmierczak B., 2009; Kotowski i in., 2010, Edel R., 2010]. Fakt ten jest do pewnego stopnia zdumiewający, zarówno z powodu znaczącego ilościowego i jakościowego wzrostu opadowych baz danych, kontrastującego z niewielką ilością dostępnych i wiarygodnych danych dostępnych w latach 50. zeszłego stulecia, jak i z powodu metody, jaka była zastosowana do opracowania podanych w tym artykule [Błaszczyk, 1954] wzorów. Celem niniejszej pracy jest krytyczna analiza użytego podejścia wskazująca powody prowadzące do zakwestionowania poprawności wyprowadzonych i proponowanych jako normowe wzorów.

W całej pracy terminy „opad” i „deszcz” są traktowane jako synonimy.

DANE WARSZAWSKIE Z OKRESU 1837-1925

Model Błaszczyka [1954] oparty jest na analizie zbioru 79 opadów deszczu zmierzonych w Warszawie w latach 1837-1925, podanych m.in. przez Rybczyńskiego i in. [1933, Tablica XVI, str. 47] i użytych przez Pomianowskiego do

opracowania własnego wzoru natężenie – czas trwania – prawdopodobieństwo [Rybczyński i in., 1933; Dębski K., 1970]. Dane te zamieszczono w tabeli 1 identycznej z górną częścią Tablicy 2 pracy Błaszczyka [1954]. Graficznie tabela 1 jest zilustrowana na rys. 1 w układzie wysokość opadu – czas trwania oraz średnie natężenie opadu – czas trwania. Rysunek 2 przedstawia z kolei liczbę opadów w kolejnych latach okresu 1837-1925.

W pracy Błaszczyka brak jest informacji jak opady te zostały zmierzone i jakie było kryterium, na podstawie którego zostały wybrane. Podręcznik Rybczyńskiego i in. [1933], gdzie zamieszczona jest tabela opadów warszawskich milczy na ten temat. Chomicz [1953], korzystający z tych samych danych, widział ten problem pisząc: „(...) musimy przede wszystkim stwierdzić, czy obserwacje z danego okresu są kompletne. Musimy zatem wyjaśnić, czy nie było w obserwacjach przerw i czy kryteria przy ocenie zjawiska były zawsze takie same. Otóż odnośnie przytoczonej serii spostrzeżeń w Warszawie trudno coś kategorycznego na ten temat powiedzieć.” Nieco więcej informacji na ten temat można znaleźć w pracy P. Błaszczyka [1988]: „Wzór ten [tj. wzór Błaszczyka, dopisek SW] powstał w wyniku opracowania 67-letniego zbioru obserwacji pluwiograficznych z terenu Warszawy. Były to obserwacje punktowe, tzn. natężenie i czas opadu określone były dla całej Warszawy na podstawie notowań przyrządu umieszczonego w jednym punkcie. W przypadku notowań opadu w kilku punktach obserwacyjnych, wybierano do zbioru obserwacje charakteryzujące się największym średnim natężeniem.” Do tego cytatu należy dodać uwagę, że w rzeczywistości omawiany zbiór opadów nie był zbiorem 67-letnim, gdyż, jak pokazuje tabela 1 i rys. 2, lata z pomiarami stanowią zbiór 37-letni.

Jest więcej niż prawdopodobne, że dane Pomianowskiego są niekompletne. Więcej niż połowa (52 lata) 89-letniego okresu 1837-1925, to lata bez podanych obserwacji, lata „puste”. Jak wynika w podanych wyżej informacji, nie wiadomo, jakie były powody niepodania danych w tych latach: czy brak ten oznacza brak pomiarów opadu, czy też dane z pominiętych lat nie zostały podane z powodu niespełnienia pewnego przyjętego kryterium (przyjętych kryteriów). Jak wynika z tabeli 1 autor omawianej pracy przyjął drugą z tych możliwości.

Niektóre z opadów w tabeli 1 są prawdopodobnie zależne; dotyczy to szczególnie opadów, które pojawiły się tego samego dnia. Fakt taki miał miejsce 28.05.1891 r. (2 opady), 17.08.1916 r. (3 opady), 19.05.1922 r. (2 opady) oraz 27.07.1925 r. (2 opady).

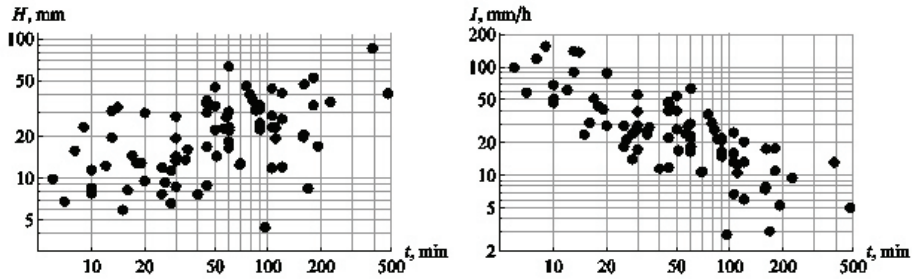
Tabela 1. Deszcze warszawskie uporządkowane przez Błaszczyka według malejących średnich natężeń. Dane w kolumnach *Data*, *H*, *I* i *t* to oryginalne dane Pomianowskiego [za: Rybczyński i in., 1933]. Oznaczenia 10, ..., 180 wskazują przyjęte czasy trwania w minutach, a kolejne numery w tak oznaczonych kolumnach wskazują malejąco natężenia opadu przypisane danemu czasowi

Table 1. Warsaw rainfalls sorted by Błaszczyk according their decreasing average intensities. Data in columns *Data*, *H*, *I* and *t* is the original Pomianowski's data [acc. to Rybczyński et al., 1933]. Numbers 10, ..., 180 denote rainfall durations in minutes. Numbers in duration columns show ranks of rainfall intensities ascribed to given duration

Lp.	Data	Wyso- kość H, mm	Natężenie		Czas trwa- nia t, min	Kolejność deszczów o podanym czasie trwania w minutach												
			I, mm/h	q, dm ³ / (s×ha)		10	15	30	45	60	90	120	180					
1	17.08.1916	23,7	158,0	439,0	9	1												
2	17.08.1916	30,8	142,0	394,0	13	2	1											
3	5.07.1918	32,8	139,0	386,0	14	3	2											
4	11.07.1861	16,0	121,0	336,0	8	4												
5	26.07.1925	10,0	100,0	278,0	6	5												
6	27.07.1925	19,8	91,7	254,5	13	6	3											
7	27.07.1925	29,8	89,4	248,0	20	7	4											
8	10.08.1920	11,6	69,6	193,5	10	8												
9	7.07.1861	64,1	64,1	178,0	60	9	5	1	1	1								
10	28.05.1891	12,5	62,5	173,5	12	10	6											
11	19.05.1922	6,9	59,0	163,8	7	11												
12	8.08.1844	28,1	56,2	156,0	30	12	7	2										
13	15.06.1869	45,7	55,0	152,8	50	13	8	3	2									
14	31.07.1925	14,7	52,0	144,5	17	14	9											
15	30.07.1914	8,6	51,6	143,3	10	15												
16	21.06.1855	36,4	48,6	135,0	45	16	10	4	3									
17	29.07.1919	7,9	47,4	131,5	10	17												
18	20.06.1838	34,7	46,3	128,6	45	18	11	5	4									
19	27.08.1920	13,1	43,7	121,2	18	19	12											
20	10.04.1889	13,0	41,2	114,2	19	20	13											

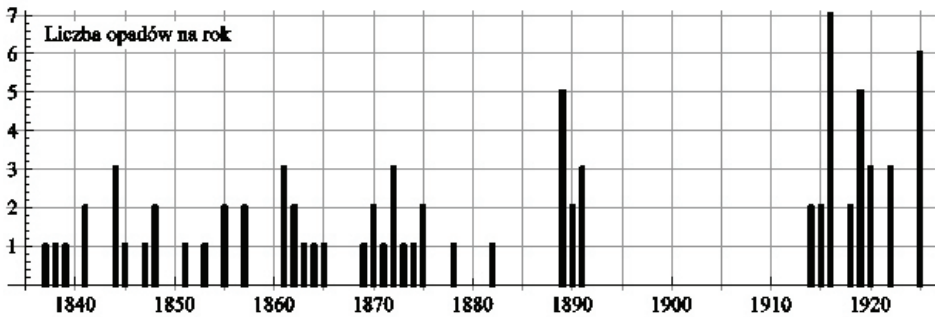
Lp.	Data	Wysokość H, mm	Natężenie		Czas trwania t, min	Kolejność deszczów o podanym czasie trwania w minutach								
			I, mm/h	q, dm ³ / (s×ha)		10	15	30	45	60	90	120	180	
21	23.05.1844	29,9	40,0	111,2	45	21	14	6	5					
22	7.07.1857	33,4	40,0	111,2	50	22	15	7	6					
23	6.08.1847	19,6	39,2	109,0	30	23	16	8						
24	14.06.1878	46,5	37,3	103,5	75	24	17	9	7	2				
25	24.05.1925	8,3	31,0	86,1	16	25	18							
26	17.08.1916	40,5	30,7	85,1	79	26	19	10	8	3				
27	12.07.1864	30,4	30,4	84,5	60	27	20	11	9	4				
28	16.06.1872	14,6	29,2	81,1	30	28	21	12						
29	28.06.1916	9,7	29,1	80,9	20	29	22							
30	8.4.1889	12,1	29,0	80,6	25	30	23							
31	6.05.1889	27,9	28,8	80,0	58	31	24	13	10	5				
32	11.05.1872	16,4	28,2	78,4	35	32	25	14						
33	1.08.1848	13,5	27,0	75,0	30	33	26	15						
34	12.05.1862	22,5	27,0	75,0	50	34	27	16	11					
35	20.06.1889	36,3	26,6	74,0	82	35	28	17	12	6				
36	18.06.1865	44,5	25,2	70,0	105	36	29	18	13	7	1			
37	19.08.1916	11,5	24,7	68,6	28	37	30	19						
38	16.07.1861	22,9	24,5	68,0	56	38	31	20	14	8				
39	3.07.1918	13,7	24,2	67,2	34	39	32	21						
40	13.07.1862	6,0	24,0	66,0	15	40	33							
41	19.06.1853	23,6	23,6	65,5	60	41	34	22	15	9				
42	25.07.1919	17,0	22,6	62,8	45	42	35	23	16					
43	29.08.1874	33,7	22,5	62,5	90	43	36	24	17	10	2			
44	14.08.1844	22,4	22,4	62,2	60	44	37	25	18	11				
45	2.07.1841	31,2	22,0	61,1	85	45	38	26	19	12	3			
46	10.06.1916	9,5	21,9	60,9	26	46	39	27						
47	8.06.1870	31,8	21,2	58,9	90	47	40	28	20	13	4			
48	21.08.1872	41,4	20,7	57,5	120	48	41	29	21	14	5	1		
49	15.06.1916	7,8	18,7	52,0	25	49	42							
50	4.09.1871	18,6	18,6	51,6	60	50	43	30	22	15				
51	26.07.1882	53,6	18,0	50,0	180	51	44	31	23	16	6	2	1	

Lp.	Data	Wysokość H, mm	Natężenie		Czas trwania t, min	Kolejność deszczów o podanym czasie trwania w minutach							
			I, mm/h	q, dm ³ / (s×ha)		10	15	30	45	60	90	120	180
52	14.07.1889	47,6	17,8	49,5	160	52	45	32	24	17	7	3	
53	9.07.1914	8,8	17,6	49,0	30	53	46	33					
54	27.08.1925	14,6	17,2	47,8	51	54	47	34	25				
55	13.10.1848	16,8	16,8	46,6	60	55	48	35	26	18			
56	30.05.1845	25,2	16,8	46,6	90	56	49	36	27	19	8		
57	16.05.1890	28,5	16,3	45,3	105	57	50	37	28	20	9		
58	13.07.1870	22,6	15,2	42,2	90	58	51	38	29	21	10		
59	1.07.1915	6,7	14,3	39,7	28	59	52	39					
60	25.05.1839	23,6	13,5	37,5	105	60	53	40	30	22	11		
61	22.09.1841	27,0	13,5	37,5	120	61	54	41	31	23	12	4	
62	17.10.1875	27,0	13,5	37,5	120	62	55	42	32	24	13	5	
63	18.07.1851	86,6	13,4	37,2	390	63	56	43	33	25	14	6	2
64	7.06.1873	23,5	12,8	35,6	110	64	57	44	34	26	15		
65	1.07.1863	9,0	12,0	33,4	45	65	58	45	35				
66	19.05.1922	7,8	11,7	32,5	40	66	59	46	36				
67	13.05.1837	33,8	11,2	30,8	180	67	60	47	37	27	16	7	3
68	25.07.1922	12,6	11,0	30,6	69	68	61	48	38	28			
69	21.08.1920	12,9	11,0	30,6	70	69	62	49	39	29			
70	14.08.1919	19,6	10,7	29,7	110	70	63	50	40	30	17		
71	21.07.1890	35,8	9,6	26,7	225	71	64	51	41	31	18	8	4
72	14.07.1915	20,9	7,9	21,9	159	72	65	52	42	32	19	9	
73	2.07.1857	20,0	7,6	21,3	158	73	66	53	43	33	20	10	
74	10.07.1875	12,0	6,8	18,9	105	74	67	54	44	34	21		
75	22.07.1919	12,2	6,1	16,9	120	75	68	55	45	35	22	11	
76	25.06.1919	17,2	5,4	15,0	192	76	69	56	46	36	23	12	5
77	23.08.1891	41,1	5,1	14,2	480	77	70	57	47	37	24	13	6
78	11.07.1855	8,6	3,1	8,6	168	78	71	58	48	38	25	14	
79	28.05.1891	4,5	2,9	8,1	96	79	72	59	49	39	26		



Rysunek 1. Zbiór 79 opadów podanych w tabeli 1.

Figure 1. Series of 79 rainfalls presented in Table 1.



Rysunek 2. Rozkład liczby 79 opadów w kolejnych 89 latach okresu 1837-1925

Figure 2. Distribution of 79 rainfalls in the consecutive 89 years of the 1837-1925 period

Nie jest też jasne dokładne znaczenie wartości wysokości opadu i czasu trwania: czy czas trwania t oznacza czas trwania zdarzenia opadowego (całkowity czas trwania opadu) i wtedy H oznacza całkowitą wysokość opadu, czy też oznacza taki przedział czasu, w którym przyrost wysokości opadu jest największy, czy może jest jeszcze inaczej. Wydaje się, że należy przyjąć pierwszą wersję, pomimo pewnej liczby opadów trwających całkowitą wielokrotność 15 minut (6×60 min, 5×30 min, 5×45 min, 4×90 min, 4×105 min, 4×120 min), raczej nie spotykana w przypadku naturalnych zdarzeń opadowych.

Generalnie należy stwierdzić, że dane Pomianowskiego, jakimi posłużył się Błaszczyk [1954] nasuwają czytelnikowi szereg wątpliwości dotyczących

ich jakości. Jednakże czasy pisania omawianej pracy to czasy skąpych baz danych a zbiór opadów warszawskich był najprawdopodobniej najliczniejszym zbiorem opadów, jaki autor omawianej pracy miał do dyspozycji.

METODA BŁASZCZYKA

Na początku swojej analizy 79 opadów, Błaszczyk [1954] zastrzega się, że przedstawiana metoda stosuje się „w wypadku gdy nie rozporządzamy pluwiogramami”.

Wszystkie 79 opadów zostało ustawione w ciągu malejących natężeń, jak to jest pokazane w tabeli 1. Dalej Autor pisze: „Celem wyszukania miarodajnych natężeń dla poszczególnych prawdopodobieństw w każdym pionie czasowym wyeliminowano odpowiednią ilość natężeń wyższych.” Pionów tych było osiem, odpowiadających kolejno zadany czasom trwania 10, 15, 30, 45, 60, 80, 120 i 180 minut, oznaczającym de facto czasy trwania opadu o wartości co najmniej równej podanej wartości. Reguła ta nie dotyczyła pierwszego pionu, gdyż Błaszczyk zaliczył do opadów 10-minutowych również 4 opady o czasie trwania krótszym (6, 7, 8 i 9 minut). Tabela 2 podaje liczbę deszczów w każdym z tych pionów.

Tabela 2. Liczba opadów dla zadanych czasów trwania

Table 2. Number of rainfalls for given durations

Czas trwania	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min
Liczba deszczów	79	72	59	49	39	26	14	6

Błaszczyk uznał, że okres obserwacji, do którego będzie odnosił obliczenia, wynosi 67 lat i wykorzystał dane podane w tabeli 1 do przypisania prawdopodobieństw przewyższenia 10%, 20%, 50% i 100% odpowiednim natężeniom dla każdego zadanego czasu trwania deszczu 10, ..., 180 minut. Natężenia te otrzymują nazwę „miarodajne”.

Zasady przypisywania były według Autora następujące: „Dla prawdopodobieństwa 10% miarodajne natężenie otrzymamy dla poszczególnych czasów trwania na poziomie każdego 7 deszczu, licząc od góry wykresu w pionach czasowych, dla prawdopodobieństwa 20% – na poziomie 13 deszczu, dla prawdo-

podobieństwa 50% – na poziomie 33 deszczu, dla prawdopodobieństwa 100% – na poziomie 67 deszczu”. Liczby 7, 13, 33 i 67 wynikały z przyjęcia przez Błaszczyka następującego wzoru na empiryczne prawdopodobieństwo przekroczenia zmierzonego m -tego największego natężenia opadu

$$P(q \geq \hat{q}_m) = \frac{m}{n} \tag{1}$$

gdzie n równa się 67 (liczba lat obserwacji według Błaszczyka), a m jest numerem natężenia \hat{q}_m opadu w pionie tabeli 1 odpowiadającym zadanemu czasowi trwania opadu. Mając zadane prawdopodobieństwo przekroczenia można numer m obliczyć z przekształconego wzoru (1):

$$m = n \cdot P(q \geq \hat{q}_m) \tag{2}$$

zaokrąglając otrzymaną wartość do liczby całkowitej. Dla prawdopodobieństw 10%, 20%, 50% i 100% wartości m wynoszą odpowiednio: 6,7, 13,4, 33,5 oraz 67, co Błaszczyk zaokrąglił do liczb 7, 13, 33 i 67.

Rezultaty przypisania natężeń danemu prawdopodobieństwu przewyższenia przedstawia tabela 3 zawierająca informacje podane w dolnej części Tablicy 2 omawianej pracy.

Tabela 3. Wartości natężenia opadu q w $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{ha})$ dla kolejnych czasów trwania przy zadanym prawdopodobieństwie przewyższenia p

Table 3. Rainfall intensities q in $\text{dm}^3/(\text{s} \times \text{ha})$ for consecutive rainfall durations and given exceedance probability p

Numer m w odpowiedniej kolumnie tabeli 1	p	10 min	15 min	30 min	45 min	60 min	90 min	120 min	180 min
7	10%	248,0	156,0	111,2	103,5	70,0	49,5	30,8	-
13	20%	152,8	114,2	80,0	70,0	58,9	37,5	14,2	-
33	50%	75,0	66,0	49,0	37,2	21,3	-	-	-
66	100%	32,5	21,3	-	-	-	-	-	-

Autor nie jest konsekwentny w przypisaniu prawdopodobieństwu przewyższenia 100% odpowiedniego miarodajnego natężenia deszczu (67. czy 66.

wartość w tabeli 1?). Zwraca uwagę brak danych w kolumnie 180 minut i malejąca ze wzrostem prawdopodobieństwa przewyższenia liczba natężeń opadu. Brak ten wynika z niższej niż 67 liczebności posiadanych opadów dla zadanych czasów trwania dłuższych od 15 minut.

Model zależności natężenia q opadu miarodajnego w $\text{dm}^3/(\text{s}\cdot\text{ha})$ od jego czasu trwania t w minutach przyjęty przez Błaszczyka do dalszych obliczeń miał postać

$$q(t) = \frac{A}{t^{0,67}} \quad (3)$$

Jest to równanie jednoparametrowe. Wartość 0,67 wykładnika w tym równaniu została przyjęta arbitralnie z następującym uzasadnieniem: „Pochylenie krzywych określone przez wykładnik potęgowej mianownika $n = 0,67$ wynika z najbardziej prawdopodobnego ułożenia punktów i zbliżone jest do wielkości przyjmowanych przez wielu autorów.” Dalej Błaszczyk podaje dwa przykłady zakresu wahań tego wykładnika: 0,62-0,79 w ZSRR i 0,615-0,690 we wzorach Lambora.

Do obliczania wartości parametru A użyto metod graficznego wyrównania wartości eksperymentalnych. Otrzymane wartości A , linie $q(t)$ i dane z tabeli 2 są pokazane na rys. 3. Najlepsza zgodność ma miejsce dla prawdopodobieństw przewyższenia 10 i 20%; dla prawdopodobieństwa przewyższenia 50% widać wyraźną niezgodność, która dla 100% staje się ogromna. Co ciekawe, wykresy nr 2, 3, 4 i 5 w analizowanej pracy Błaszczyka zawierają podaną na rys. 3 informację graficzną, brak jest natomiast choćby krótkiego komentarza na temat zaistniałych niezgodności.

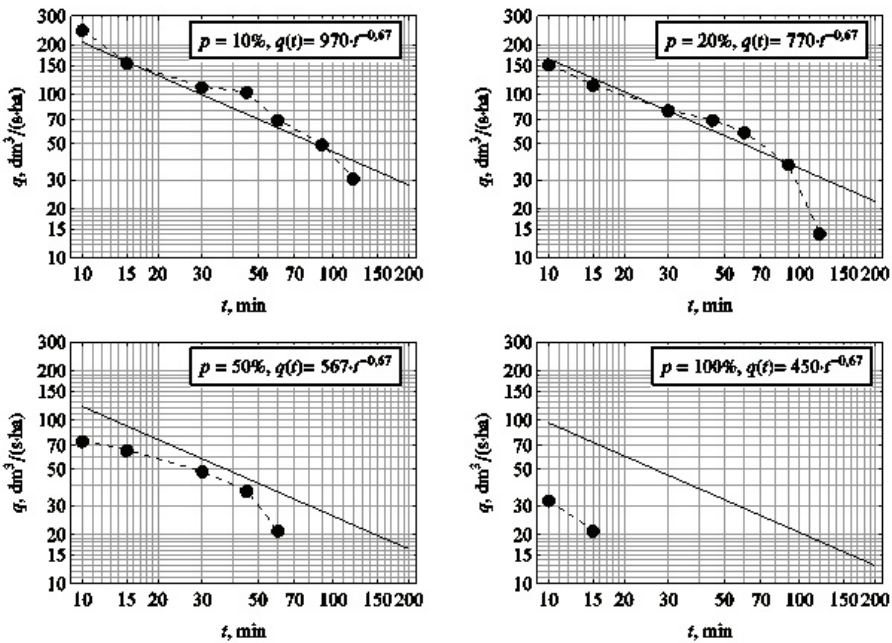
ANALIZA PODEJŚCIA BŁASZCZYKA I WYNIKÓW JEGO MODELU

Kwestia 67-letniego okresu obserwacji

Błaszczyk uznał, że okres obserwacji, do którego będzie odnosił obliczenia, wynosi 67 lat informując, że „(...) uwzględniono fakt istnienia dłuższej przerwy w obserwacjach między latami 1891 i 1914, co powoduje, że okres obserwacyjny wynosi nie 89 lat, a tylko 67 lat”. Niezrozumiałe jest, dlaczego tylko przerwa między latami 1891 i 1914 zasługuje na uwzględnienie, a przerwy krótsze już nie. Liczba 67 jest też nie do przyjęcia z bardziej zasadniczego po-

wodu, niż niezrozumiałe uzasadnienie: dane pochodzą tylko z 37 lat, a więc 37 lat to długość okresu obserwacji i do niego powinny się odnosić obliczenia. (Na marginesie można dodać, że Chomicz w swojej rok wcześniejszej od Błaszczyka pracy [Chomicz K., 1953], przyjął do swoich obliczeń właśnie okres 37 lat.)

Konsekwencje przyjęcia okresu 67-letniego zamiast 37-letniego pokazane są na rys. 4. Zastosowano tutaj ten sam sposób określania numeru m odpowiadającego zadanemu prawdopodobieństwu przewyższenia 10%, 20%, 50% i 100% (równanie (2)), zaokrąglając otrzymane liczby analogicznie do poprzednie przypadku. Otrzymano $m = 4, 7, 18$ i 37 i dla nich odczytano z tabeli 1 odpowiednie natężenia miarodajne.

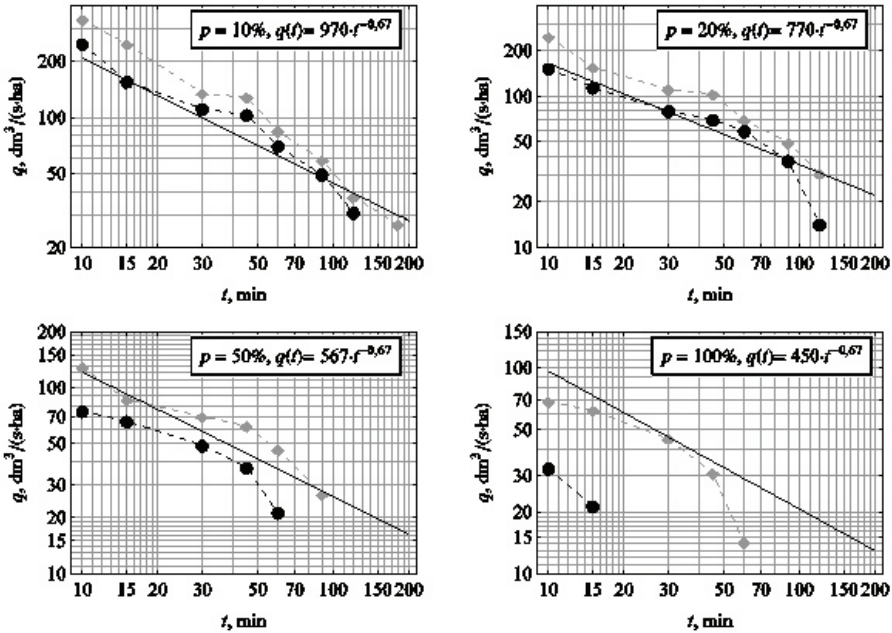


Rysunek 3. Dane z tabeli 3 (punkty) oraz odpowiadający im model $q(t)$ (linia ciągła i równanie)

Figure 3. Data from Table 3 (points) and the corresponding model $q(t)$ (continuous line and equation)

Wszystkie nowe („37-letnie”) krzywe empiryczne na rys. 4 leżą oczywiście wyżej od krzywych oryginalnych („67-letnich”). Liczony procentowo wzrost odpowiednich q jest tym większy im większe jest prawdopodobieństwo przewyższenia. Pojawiają się też – nieistniejące poprzednio – empiryczne war-

tości natężeń miarodajnych $\hat{q}_{90\text{min},50\%}$ oraz, $\hat{q}_{30\text{min},100\%}$, $\hat{q}_{45\text{min},100\%}$ i $\hat{q}_{60\text{min},100\%}$. Model $q(t)$ dla 50% jest teraz prawie zgodny z nowymi danymi, a model $q(t)$ dla 100% jest znacznie bliżej wyników empirycznych, chociaż kształt nowych empirycznych wykresów nie sugerują proponowanego równaniem przebiegu w postaci linii prostej.



Rysunek 4. Wyniki zmiany długości okresu obserwacji z 67 na 37 lat. Czarne punkty, linie ciągłe i podane równania odpowiadają okresowi 67-letniemu, szare – okresowi 37-letniemu.

Kwestia ustalenia wartości parametru A dla różnych prawdopodobieństw przewyższenia

Do obliczania wartości parametru A Błaszczyk stosuje metodę graficznego wyrównania wartości eksperymentalnych, co ilustruje on stosownym wykresem dla prawdopodobieństwa przewyższenia 10%. Autor pisze: „Po połączeniu odpowiednich punktów mamy wyznaczony przybliżony kierunek przebiegu krzywych, co z kolei stanowić może podstawę dla przyjęcia uregulowanego prze-

biegu tych krzywych i wyznaczenia ich równania (...). Opracowanie obserwacji warszawskich w omówiony powyżej sposób stanowi podstawę, aby zaproponować do liczenia sieci kanalizacyjnej deszczowej następujące wzory na związek między natężeniem, czasem trwania i prawdopodobieństwem deszczu”.

Biorąc pod uwagę powyższy tekst, należy założyć, że pozostałe A (tzn. A dla $p = 20\%$, 50% i 100%) były obliczane analogicznie. Jednakże, jak pokazują rysunki 3 i 4, szczególnie dla prawdopodobieństw przewyższenia 50 i 100%, Autor musiał przynajmniej dla tych prawdopodobieństw obliczać wartości A jakąś inną metodą. Niestety, brak informacji na ten temat. Tymczasem niezgodności pomiędzy natężeniami q empirycznymi, a q teoretycznymi dla prawdopodobieństw przewyższenia 50 i 100% są tak duże, że całkowicie deprecjonują wartość modelu w tych przypadkach.

PODSUMOWANIE

Stosowany nadal powszechnie wzór Błaszczyka z 1954 r. na miarodajne natężenie opadu jest oparty na niepewnych danych, a przedstawione podejście rodzi poważne wątpliwości dotyczące poprawności metody. Mając na uwadze zarówno skromność ówczesnej bazy danych opadowych, jak i też trudności obliczeniowe, jakie w tych czasach miały miejsce, należy jednak podnieść dwa istotne zastrzeżenia dotyczące poprawności opracowanego dla prawdopodobieństw przewyższenia 10%, 20%, 50% i 100% modelu opadu miarodajnego. Po pierwsze, nieuzasadnione było przyjęcie liczby 67 lat jako okresu obserwacji w sytuacji, gdyż faktyczna liczba lat obserwacji wynosiła 37. W konsekwencji, otrzymane wartości natężeń dla przyjętych prawdopodobieństw przewyższenia były niższe od wartości uzyskanych w przypadku, gdyby została przyjęta właściwa długość okresu obserwacji. Po drugie, sposób estymacji jedynego parametru modelu był niezgodny z opisaną procedurą estymacji graficznej, a otrzymane za jego pomocą natężenia miarodajne są – w skrajnym przypadku dla prawdopodobieństwa przewyższenia 100% – ogromnie odległe o danych eksperymentalnych, co dyskwalifikuje proponowane na tej podstawie równania.

BIBLIOGRAFIA

Błaszczyk P. (1988). Metody określenia natężeń przepływów ścieków opadowych miarodajnych do wymiarowania kanałów. *Ochrona Środowiska*, 3-4(36-37) s.9-14.

- Błaszczyk W. (1954). Spływy deszczowe w sieci kanalizacyjnej (Wytyczne do normatywu). *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, nr 9, 1954, s. 262 – 271.
- Chomicz K. (1953). Normy opadowe dla potrzeb kanalizacji miast. *Gospodarka Wodna*, nr 10, s. 377-382.
- Dębski K. (1970). *Hydrologia*. Warszawa: Arkady
- Edel R. (2000). *Odwodnienie dróg*. Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności
- Kotowski A., Kaźmierczak B. (2009). Ocena przydatności dotychczasowych wzorów na natężenie opadów deszczowych do projektowania odwodnień terenów w Polsce. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2009, nr 11, s. 11–17.
- Kotowski A., Kaźmierczak B., Dancewicz A. (2010). Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji. *Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Łądowej i Wodnej Instytut Podstawowych Problemów Techniki*
- Licznar P., Łomotowski J. (2005). Analiza średnich natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu. *Ochrona Środowiska* 2005, vol. 27, nr 1, ss. 29–34.
- PN-S-02204:1997 Drogi samochodowe Odwodnienie dróg
- Rybczyński M., Pomianowski K., Wóycicki K. (1933). *Hydrologia, cz. I. Opad-odpływ*. Wydanie wspólne Koła Inżynierii Wodnej Stud. Pol. Warsz. i Komisji Wydawniczej Tow. Bratniej Pomocy Stud. Pol. Warsz.

Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk
Politechnika Krakowska
Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej
ul. Warszawska 24
31-155 Kraków
e-mail: sweglar@pk.edu.pl