

Modele probabilistyczne opadów maksymalnych o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia – Projekt PMAOTP

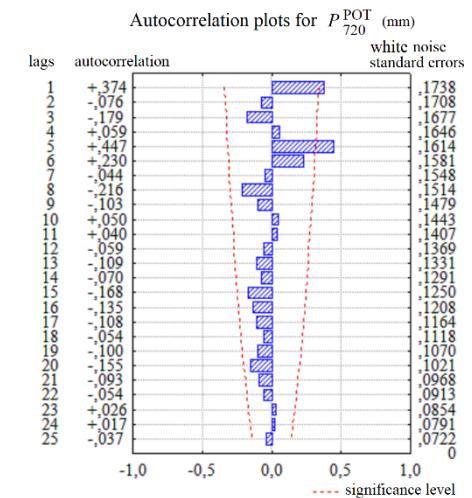
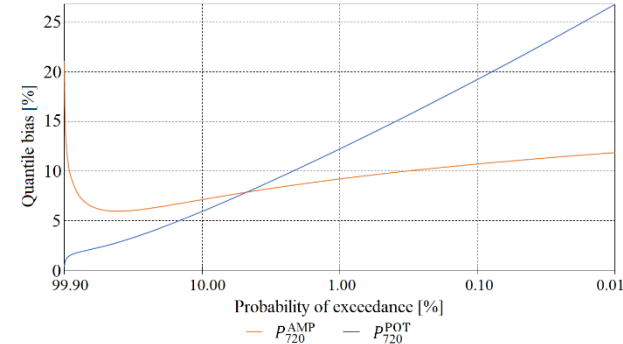
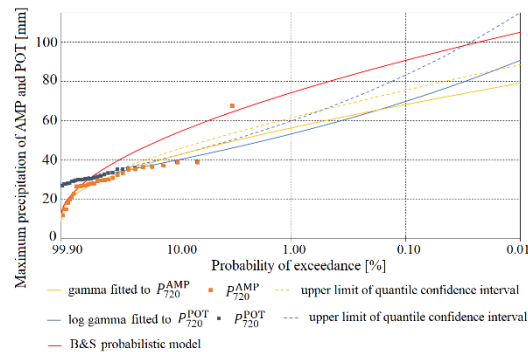
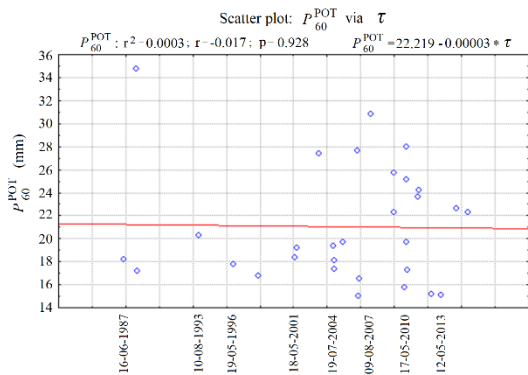
Bogdan Ozga-Zieliński

Tamara Tokarczyk Tomasz Walczykiewicz Bartosz Kaźmierczak Michał Marosz Michał Kitowski Monika Bryła
Mateusz Żelazny Bartosz Miętek Wojciech Bisaga Rafał Kielar

Seminarium 21 lutego 2024 r.



Modele probabilistyczne opadów maksymalnych o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia $P_{\max}(t, p)$



Akronim: PMA XTP - Precipitation MAXimum Time (duration) Probability

Koncepcja: *A probabilistic model for maximum rainfall frequency analysis, 2021. Water, 13 (19), DOI: 10.3390/w13192688.*

Słowa kluczowe: charakterystyki opadów maksymalnych, modele probabilistyczne, zasoby wodne, hydrologia i meteorologia inżynierska, projektowanie obiektów i urządzeń odwadniających.

Określenie maksymalnych opadów o zadanym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia dla potrzeb:

1. wykonywania ekspertyz,
2. przygotowania informacji o charakterystykach opadu do realizacji atlasu hydrologicznego i meteorologicznego,
3. opracowania scenariuszy opadowych wykorzystywanych w modelowaniu hydrodynamicznym,
4. projektowania systemów odwadniających w tym systemów kanalizacji deszczowej,
5. projektowania obiektów hydrotechnicznych i gospodarki wodnej w tym obiektów ochrony przeciwpowodziowej.

OGÓLNIE DLA POTRZEB SZEROKO POJĘTEJ PRAKTYKI INŻYNIERSKIEJ

Projekt realizowany był przez międzyzakładowy zespół badawczy IMGW-PIB pod kierunkiem Bogdana Ozga-Zielińskiego, składający się z pracowników:

Zakładu Hydrologii i Inżynierii Zasobów Wodnych (ZHZW)

Monika Bryła,
Bartosz Kaźmierczak PWr,
Bogdan Ozga-Zieliński,
Tamara Tokarczyk,
Tomasz Walczykiewicz,
Mateusz Żelazny,

Zakładu Klimatologii i Meteorologii (ZKM)

Michał Kitowski,
Michał Marosz,

przy współpracy z Centrum Informatyki (CI)

Wojciech Bisaga,
Rafał Kielar,
Bartosz Miętek.

1

ESTYMACJA PUNKTOWA

**IV kw. 2020/
II kw. 2021**

2

ESTYMACJA OBSZAROWA

**III kw. 2021/
I kw. 2022**

3

PLATFORMA KLIENTA

II/III kw. 2022

WEJŚCIE

I. ESTYMACJA PUNKTOWA (IV kw. 2020-II kw. 2021)

Ciągi maksymalnych opadów o określonym czasie trwania o liczebności $N \geq 30$ wyselekcjonowane metodą **AMP** lub **POT**

Sumy opadów o czasie trwania: 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440, 2160, 2880, 4320 min.

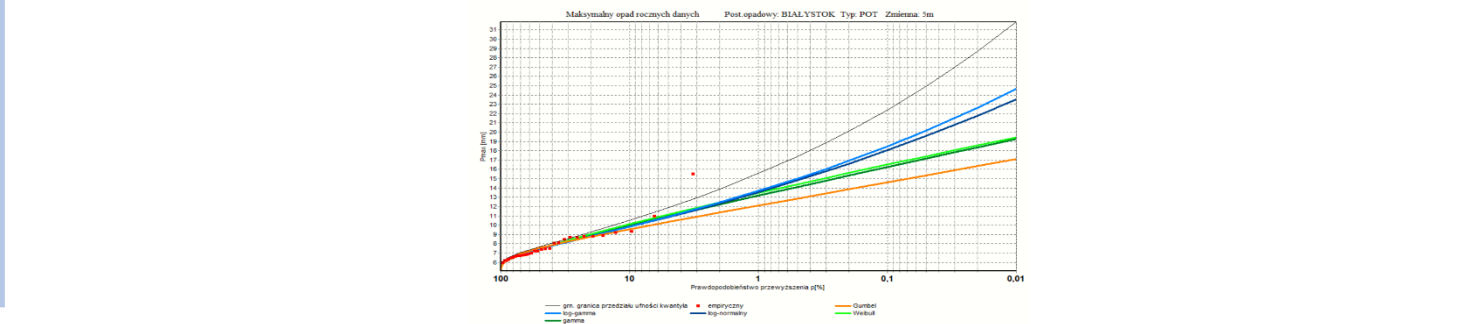
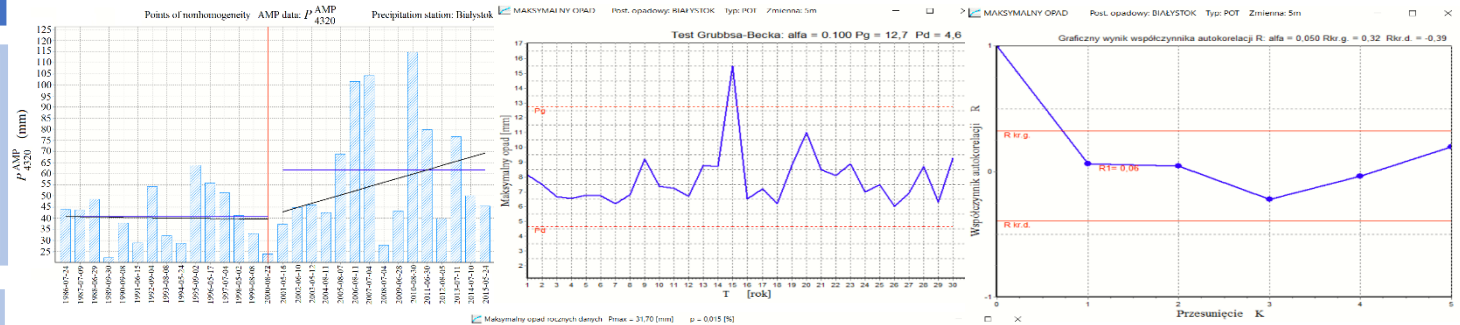
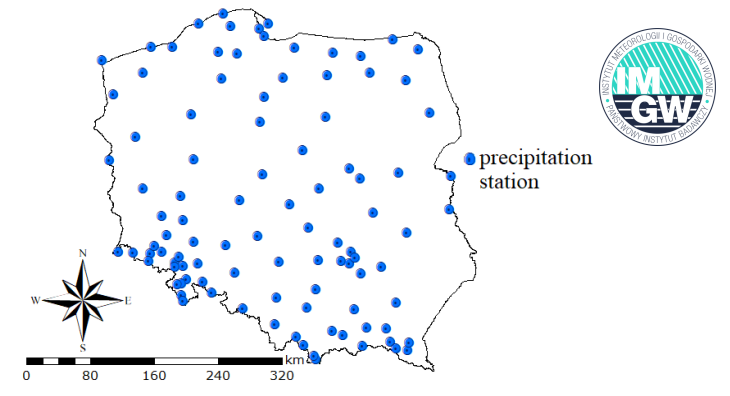
MODUŁ STATYSTYCZNY
ANALIZA GENETYCZNA I STATYSTYCZNA ZMIENNYCH LOSOWYCH:

- Nieparametryczne testy statystyczne.

MODUŁ OBLICZENIOWY

- Estymacja parametrów rozkładów prawdopodobieństwa metodą największej wiarygodności: P3, WE, LGA, LN, G (F-T I)
- Weryfikacja zgodności
- Wybór najlepiej dopasowanej funkcji rozkładu
- Wybór najbardziej wiarygodnej funkcji
- Weryfikacja najbardziej wiarygodnej funkcji

Dane o opadzie z lat 1986-2015 z 100 punktów pomiarowych (stacji opadowych)



MACIERZ Z INFORMACJĄ ESTYMACJI PUNKTOWEJ

WYMIARY MACIERZY { Stacja opadowe: (100) 1 ...100
Ciąg liczbowy wg metody doboru danych: (2) AMP lub POT
Sumy opadów o czasie trwania: (16) 5, 10, 15, 30, ..., 4320 min }



3200 obiektów zawierających wartości 3 charakterystyk dla 27 prawdopodobieństw przewyższenia

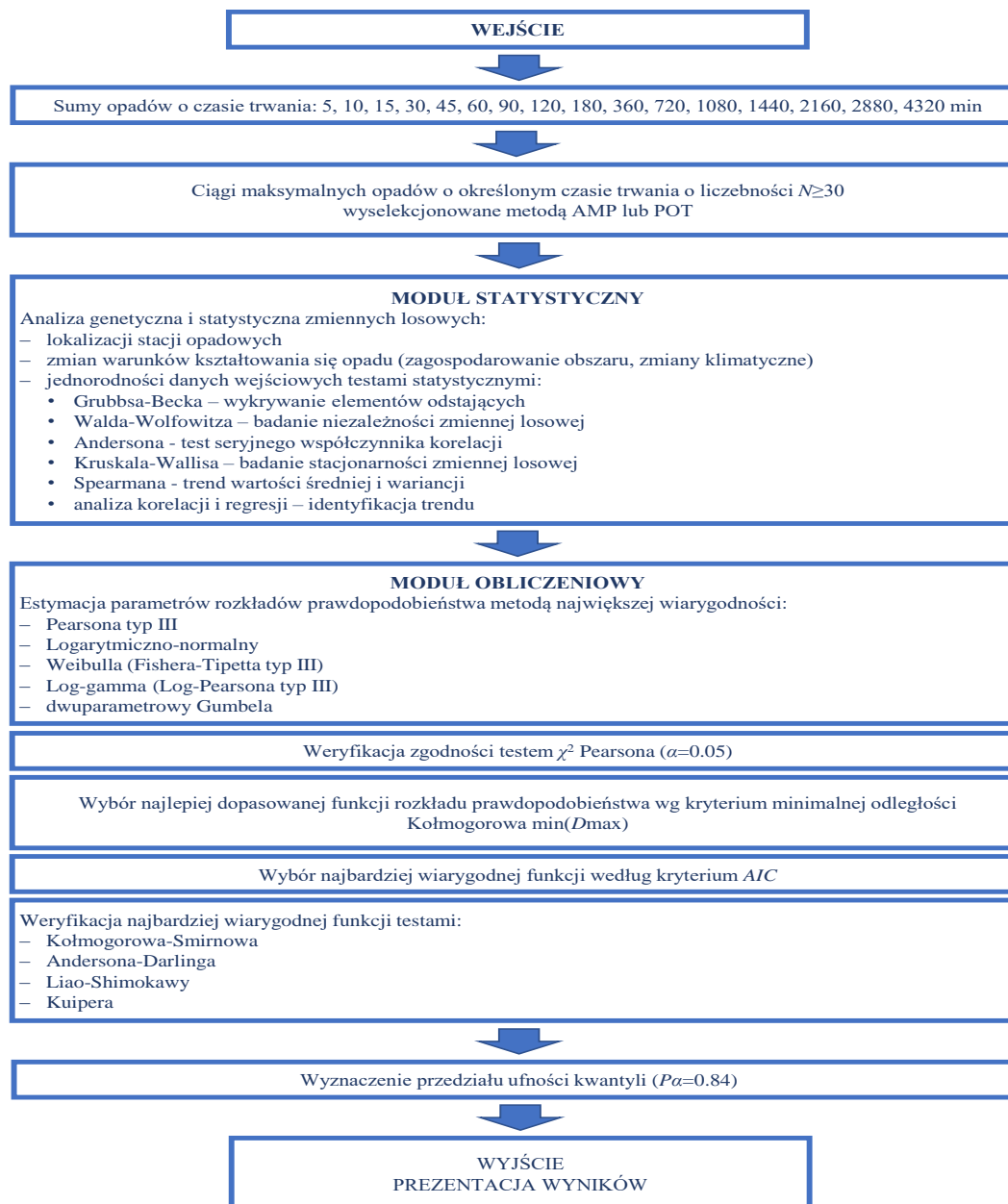
- Maksymalny opad o określonym czasie trwania i określonym prawdopodobieństwie przewyższenia [mm]
- Górna granica przedziału ufności [mm]
- Błąd estymacji kwantyla [mm]

Estymacja
Obszarowa

ID	ETAP	DZIAŁANIE	DATA	WYNIK PRACY
II	ESTYMACJA OBSZAROWA	<p>Wejście: macierz wartości 3 charakterystyk dla 100 stacji opadowych, dla 2 ciągów AMP i POT, dla 16 czasów trwania $t \in \{5, 10, 15, \dots, 4320\}$ w [min] i dla 27 prawdopodobieństw przewyższenia $p \in \{99.9, \dots, 0.01\}$ w [%] (efekt programu PMA XTP: 259 200 danych)</p> <p>Zastosowanie metody krigingu resztowego do interpolacji trzech charakterystyk maksymalnych opadów o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia w celu uzyskania maksymalnie dużej rozdzielczości obszarowej.</p>	II kw. 2021 - I kw. 2022	<p>Prezentacja 3 charakterystyk opadów maksymalnych:</p> <ul style="list-style-type: none"> o opad maksymalny o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia, o górna granica przedziału ufności, o błąd estymacji kwantyla, w dowolnie wybranym punkcie na mapie Polski.
III	PLATFORMA KLIENTA	<p>Wejście: 2592 map dla 2 ciągów AMP i POT, dla 16 czasów trwania $t \in \{5, 10, 15, \dots, 4320\}$ w [min] i dla 27 prawdopodobieństw przewyższenia $p \in \{99.9, \dots, 0.01\}$ w [%] i 3 charakterystyk</p> <p>Zbudowanie platformy informatycznej w środowisku sieciowym do wizualnej i liczbowej prezentacji wyników modelu probabilistycznego $P_{max}(t,p)$.</p>	II/III kw. 2022	Publiczna platforma informatyczna do udostępniania wyników projektu PMA XTP w postaci interaktywnej mapy Polski.

Stacje pomiarowe wykorzystane w projekcie PMAJTP







INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ

Państwowy Instytut Badawczy

Modele probabilistyczne opadów maksymalnych

o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia

PMAXTP

Tab. 3. Liczba punktów pomiarowych dla których nie wykryto niejednorodności statystycznej pod kątem niezależności i stacjonarności ciągów opadów maksymalnych wg AMP dla rozpatrywanych 16 czasów trwania opadu i 100 punktów pomiarowych.

Rodzaj niejednorodności/ Czas trwania opadu t w min.	Niezależność	Trend wartości średniej	Trend wariancji
5	96	76	89
10	95	84	96
15	99	85	93
30	99	89	94
45	98	88	95
60	100	91	96
90	97	86	95
120	97	90	97
180	98	88	93
360	99	88	92
720	98	84	93
1080	98	84	95
1440	98	81	94
2160	97	83	96
2880	98	79	94
4320	97	75	96

Tab. 4. Liczba punktów pomiarowych dla których nie wykryto niejednorodności statystycznej pod kątem niezależności i stacjonarności ciągów opadów maksymalnych wg POT dla rozpatrywanych 16 czasów trwania opadu i 100 punktów pomiarowych.

Rodzaj niejednorodności/ Czas trwania opadu t w min.	Niezależność	Trend wartości średniej	Trend wariancji
5	97	88	93
10	98	93	96
15	99	93	96
30	99	91	97
45	99	96	93
60	99	97	95
90	100	98	95
120	99	96	98
180	98	96	99
360	98	92	96
720	99	91	97
1080	100	92	96
1440	100	93	95
2160	99	94	95
2880	97	94	96
4320	100	94	95

RAPORTY - Maksymalne opady o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia - roczne dane

Post.opadowy: RZESZÓW

Typ:

AMP

60M

DANE ROCZNE STATYSTYKA

Opady:		Rozkłady	LBF	d	AIC	Chi2	LNF
Minimum	8,20	gamma	82	3,400	212,51441	1,5285	82
Maximum	48,31	Weibull	82	6,700	213,06632	2,5407	82
Momenty Statystyczne:		log-normaly	82	0,000	211,99761	1,3095	80
Wartość średnia	21,42	log-gamma	81	0,100	212,02002	1,3776	80
Średnie odchylenie	8,91	Gumbel	1	0,000	212,01368	1,0536	1
Współczynnik zmienności	0,416						
Współczynnik skośności	1,377						

Wybór rozkładu

- gamma
- Weibull
- log-normaly
- log-gamma
- Gumbel
- _____

ANALIZA

WYKRESY

RAPORT

Rozkład

log-normaly

Kryterium AIC

211,99761

Parametry

a 2,987

b 0,391

d 0,000

Krok d 0,100

Test Chi²

Chi² 1,3095

Chi²_{kr.} 7,8147

Poziom istotności:

0,0500

p[%]	Pmax [mm]
50,00	19,82
40,00	21,89
30,00	24,33
20,00	27,55
10,00	32,72
5,00	37,71
3,00	41,35
2,00	44,25
1,00	49,22
0,50	54,27
0,30	58,04
0,20	61,07
0,10	66,35
0,05	71,76
0,03	75,83
0,02	79,11
0,01	84,85

Najbardziej Wiarygodna Funkcja: **log-normaly**

Szczegółowa informacja o kwantylu p = 50%

PRZEDZIAŁ UFNOŚCI KWANTYLA dla rozkładu: **log-normaly**

Górna granica przedziału ufności kwantyla: 21,3

nie jest przekraczana na poziomie ufności równym 84%

TEST LICZEBNOŚCI PRÓBY LOSOWEJ

Rozmiar próby losowej jest satysfakcjonujący. Względny błąd kwantyla d= 7,0 %

GÓRNA GRANICA OBSZARU NIEPEWNOŚCI KWANTYLA

Skrajna górna wartość kwantyla: 20,1

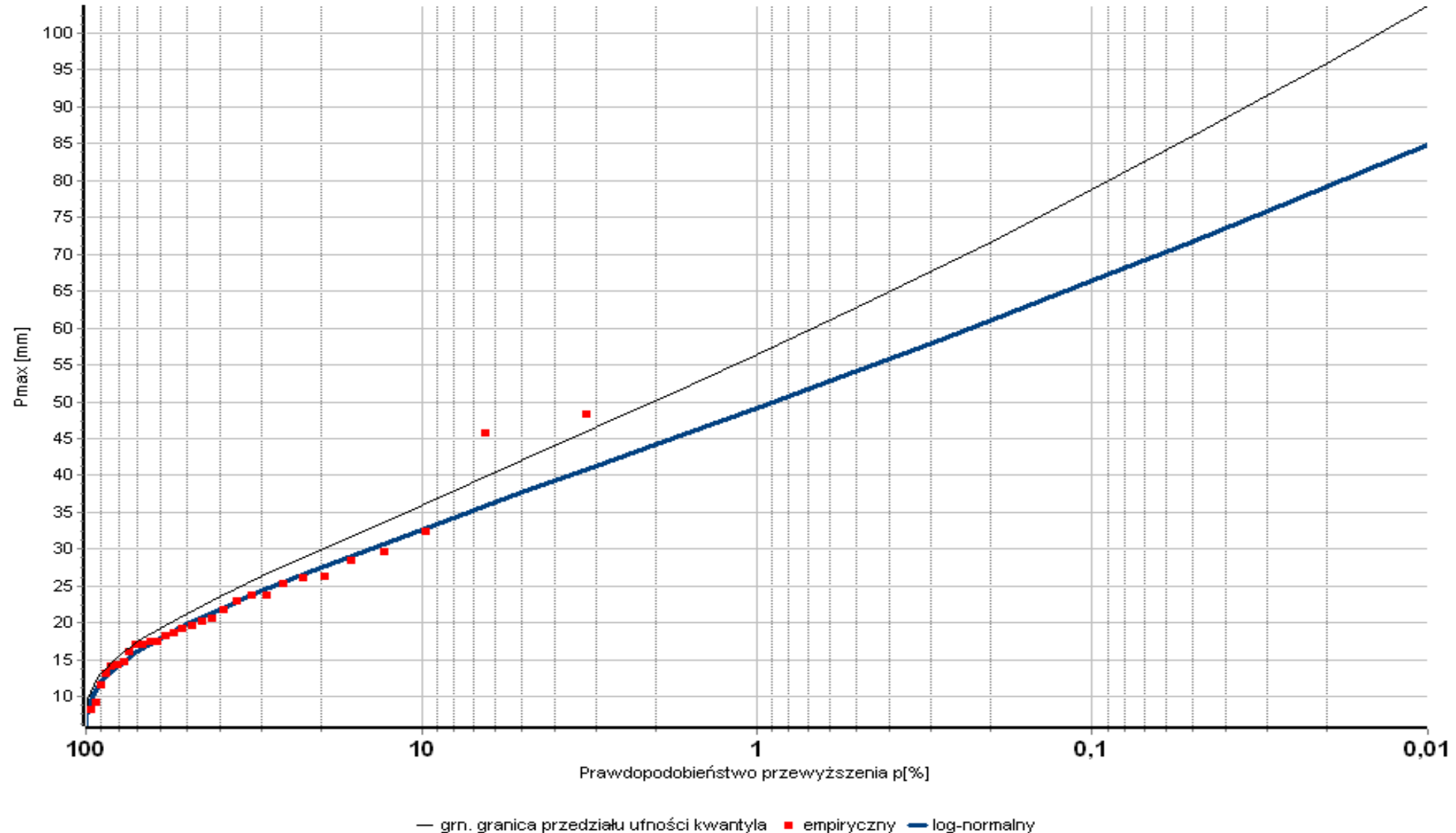
dla rozkładu: **gamma**

DOLNA GRANICA OBSZARU NIEPEWNOŚCI KWANTYLA

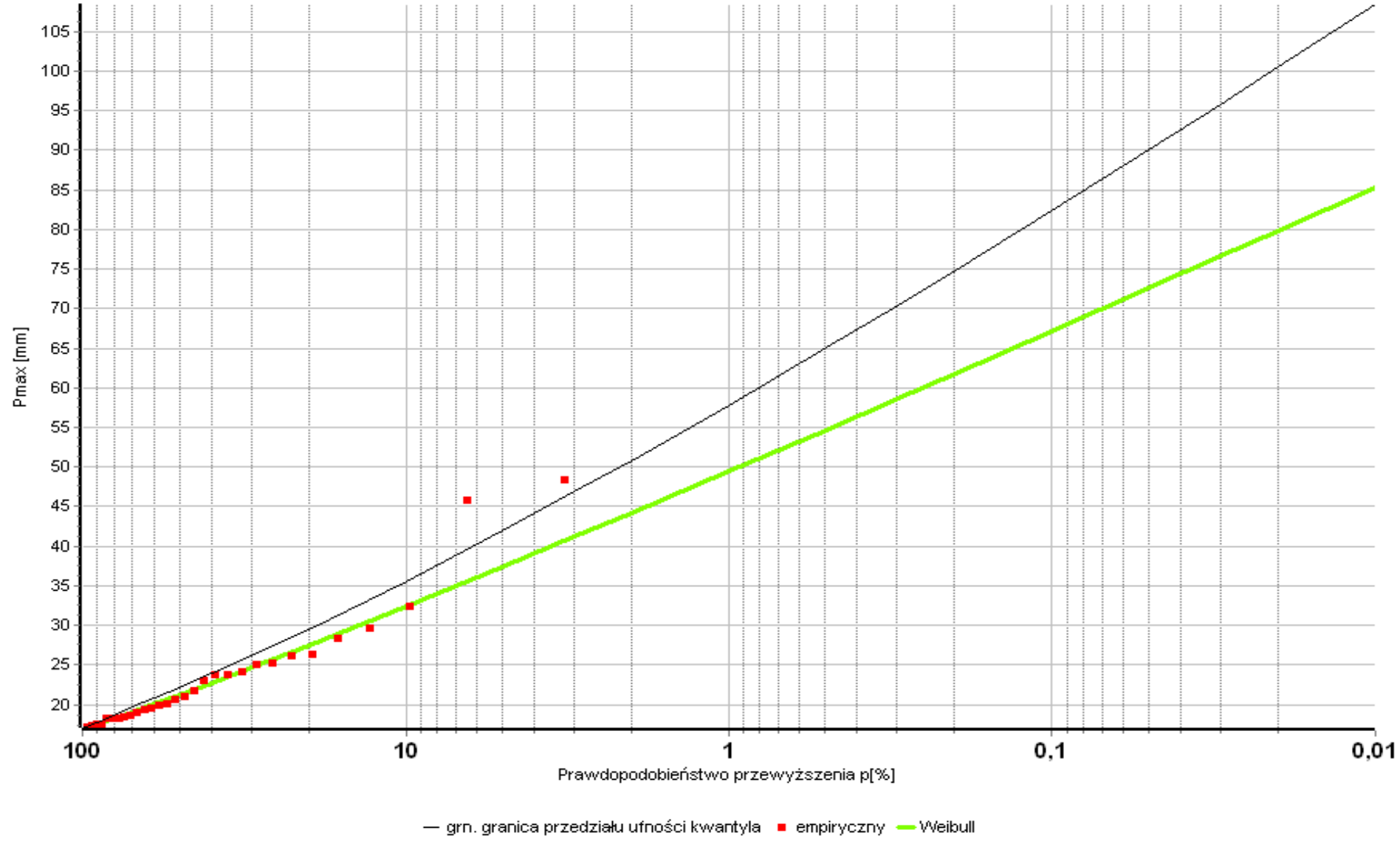
Skrajna dolna wartość kwantyla: 19,6

dla rozkładu: **log-gamma**

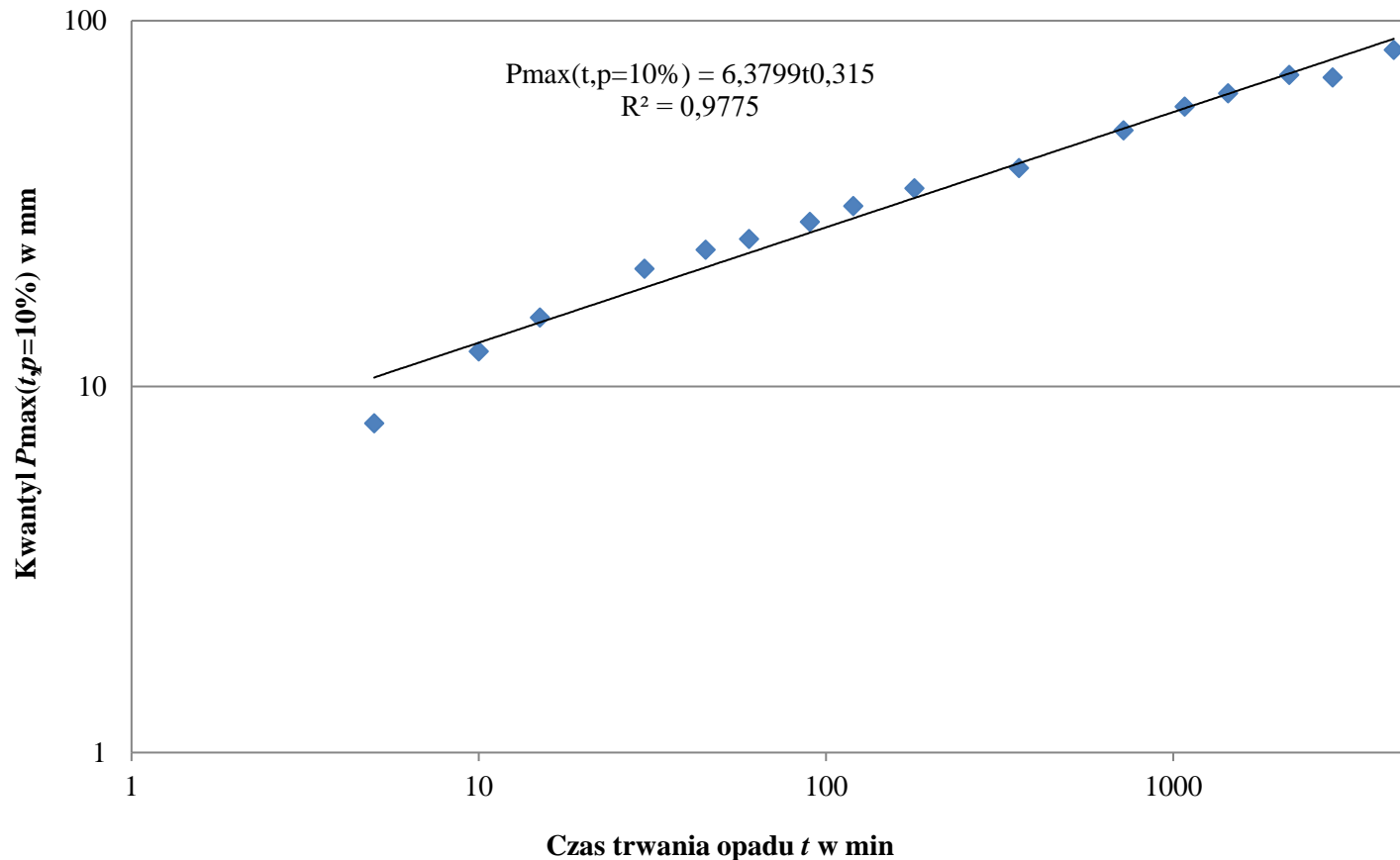
Wykres najbardziej wiarygodnej funkcji rozkładu prawdopodobieństwa (log-normalny) największych rocznych wysokości opadów o czasie trwania $t = 60$ min uzyskanych na podstawie ciągu AMP dla punktu pomiarowego Rzeszów–Jasionka



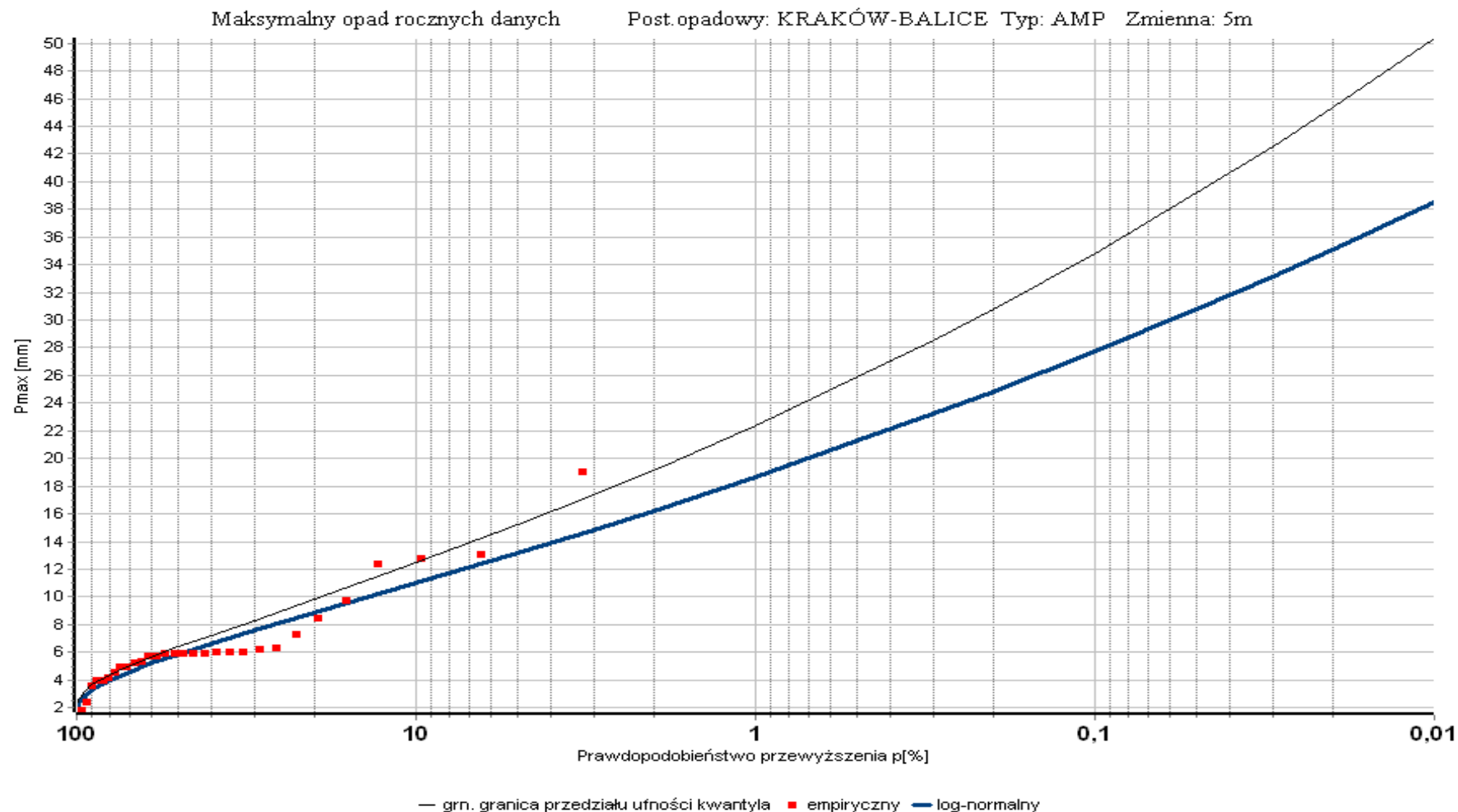
Wykres najbardziej wiarygodnej funkcji rozkładu prawdopodobieństwa (Weibull) największych rocznych wysokości opadów o czasie trwania $t = 60$ min, uzyskanych na podstawie ciągu POT dla punktu pomiarowego Rzeszów–Jasionka



Kwantyl $P_{\max}(t, p=10\%)$ versus czas trwania opadu t



Przyjęty model funkcji potęgowej dla ciągu opadu maksymalnego uzyskanego metodą AMP o czasie trwania $t = 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440, 2160, 2880, 4320$ min i prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 10\%$ dla punktu pomiarowego Miechów. Współczynnik determinacji $R^2 = 0,9775$

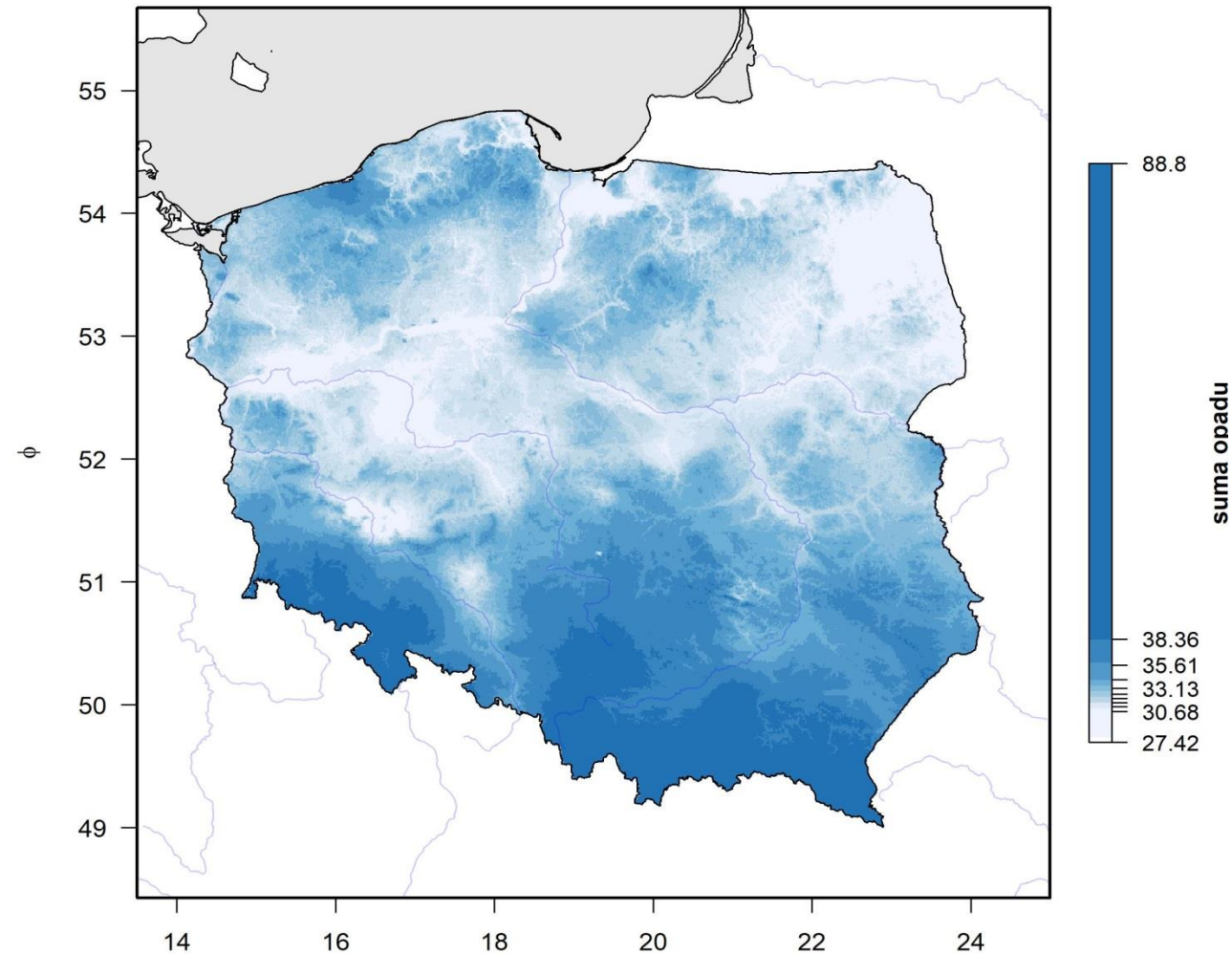


Jednorodny ciąg wysokości opadów maksymalnych (czerwone kropki) o czasie trwania 5 min uzyskany metodą AMP dla punktu pomiarowego Kraków–Balice, dla którego rozkład prawdopodobieństwa został przyjęty przez test χ^2 -Pearsona dopiero na poziomie istotności $\alpha = 0,000001$, tj. dużo mniejszym niż dopuszczalny 0,05

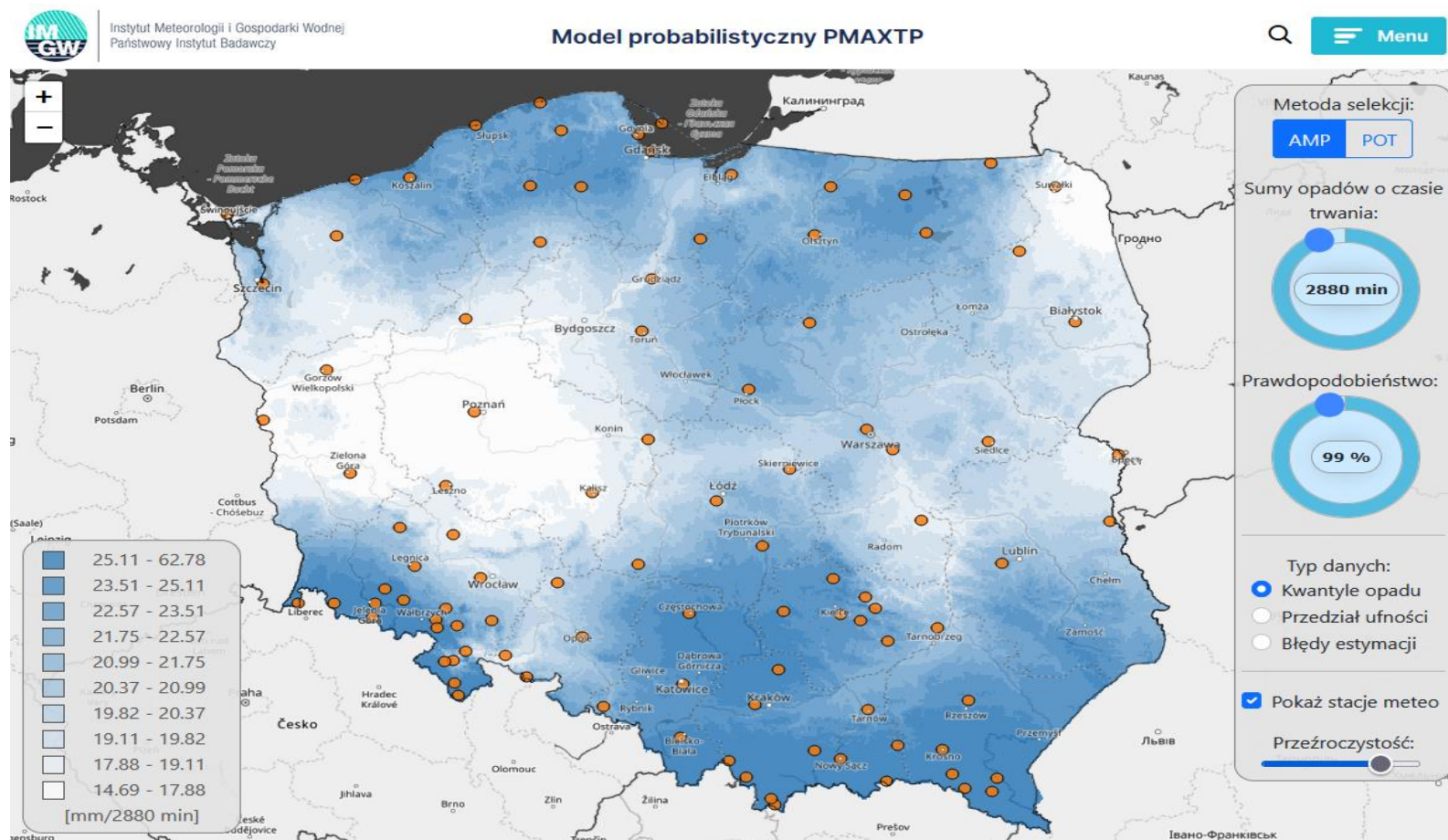
Estymacja obszarowa – przykładowa mapa zróżnicowania przestrzennego kwantyla wysokości opadów maksymalnych AMP o czasie trwania $t = 1440$ min i prawdopodobieństwie przewyższenia $p = 60\%$ uzyskana metodą krigingu resztowego



$P_{max}(t,p)$, $t = 1440$ min, $p = 0,60$



Ogólny widok interaktywnej aplikacji PMAxTP



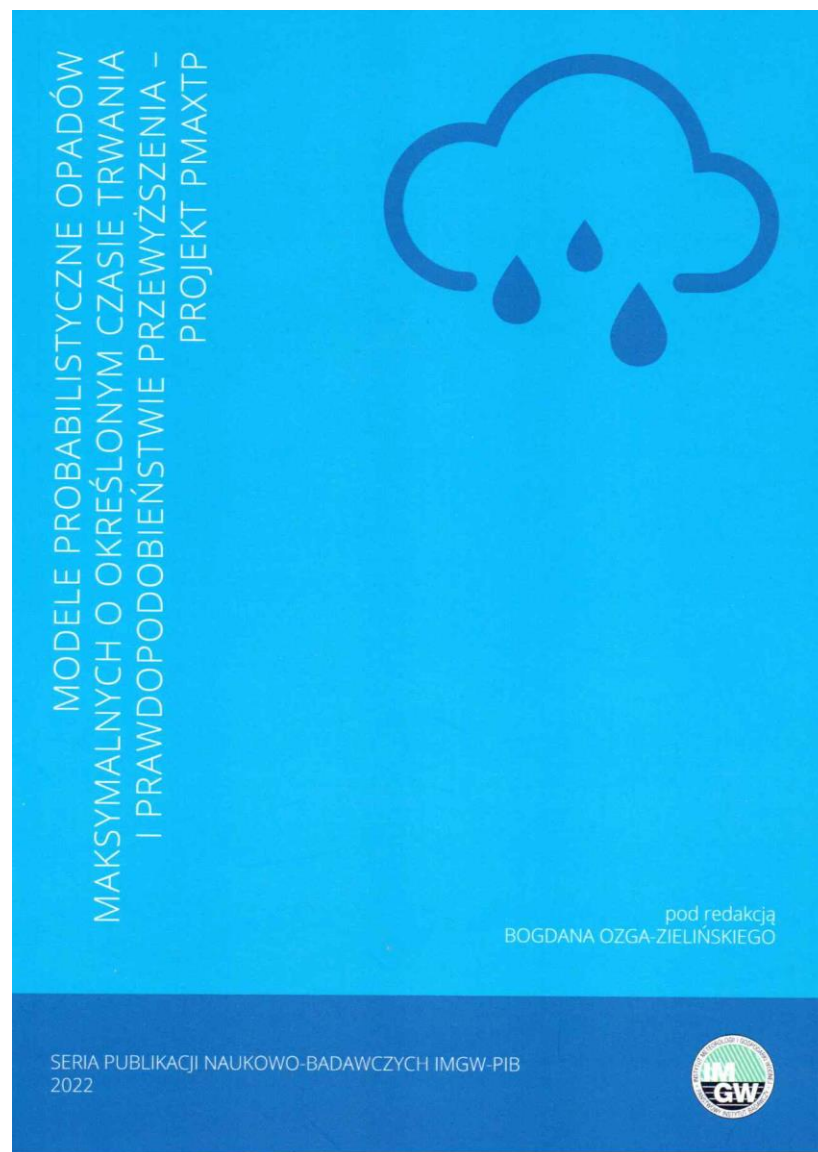
W wybranym miejscu na obszarze Polski udostępniane są 3 charakterystyki: kwantyl opadu $P_{\max}(t,p)$, tj. opad maksymalny o określonym czasie trwania t i prawdopodobieństwie przewyższenia p , górna granica przedziału ufności i błąd estymacji kwantyla w [mm] dla 2 ciągów opadów uzyskanych metodami AMP i POT, dla 16 czasów trwania opadu $t \in \{5, 10, 15, \dots, 4320\}$ w [min] i dla 27 prawdopodobieństw przewyższenia $p \in \{99.9, \dots, 0.01\}$ w [%].

MODELE PROBABILISTYCZNE OPADÓW MAKSYMALNYCH O OKREŚLONYM CZASIE TRWANIA I PRAWDOPODOBIENSTWIE PRZEWYŻSZENIA – PROJEKT PMAOTP

pod redakcją
Bogdana Ozga-Zielińskiego

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

SERIA PUBLIKACJI NAUKOWO-BADAWCZYCH IMGW-PIB



- Platforma udostępniania wyników projektu PMAOTP jest platformą publiczną.
- Charakterystyki opadów maksymalnych dostępne są nieodpłatnie po akceptacji regulaminu udostępniania danych projektu.
- Dane o opadzie a co za tym idzie jego charakterystyki będą aktualizowane co 10 lat. Najbliższa aktualizacja w roku 2025.

Informacyjnie: <https://www.imgw.pl/wydarzenia/najnowszy-projekt-imgw-pib-odpowiedzia-na-zagrozenia-opadowe>

Do aplikacji: <https://klimat.imgw.pl/opady-maksymalne/>

Do wydawnictw IMGW-PIB: <https://www.imgw.pl/badania-nauka/wydawnictwa>

Do monografii: <https://www.imgw.pl/badania-nauka/publikacje-ksiazkowe/modele-probabilistyczne-opadow-maksymalnych-o-okreslonym-czasie>

Dziękuję za uwagę / Thank you

Prof. dr hab. inż. Bogdan Ozga-Zieliński

Zakład Hydrologii i Inżynierii Zasobów Wodnych

Centrum Badań i Rozwoju

