

# PROPOZYCJA METODY PRZETWARZANIA DANYCH PLUWIOGRAFICZNYCH NA POTRZEBY PROJEKTOWANIA I EKSPLOATACJI MIEJSKICH SYSTEMÓW ODWODNIENIA

**Paweł LICZNAR**

Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu

*Słowa kluczowe: digitalizacja, format cyfrowy, miejskie systemy odwodnienia, modele regresji, natężenie deszczu*

## Streszczenie

Systemy odwodnienia są ważnym elementem infrastruktury zarówno w obszarach wiejskich, jak i miejskich. Ich właściwe projektowanie i eksploatacja powinny być oparte na dobrym rozpoznaniu lokalnych charakterystyk opadu, głównie ich maksymalnych natężeń. Maksymalne chwilowe natężenie deszczu w wielu przypadkach można określić tylko na podstawie klasycznych papierowych pasków rejestracyjnych, co jest dość drogie i czasochłonne. Biorąc to pod uwagę, postawiono sobie dwa podstawowe cele badawcze. Pierwszy z nich – to opracowanie propozycji metody konwersji klasycznych graficznych rejestracji pluwiograficznych do formatu cyfrowego (digitalizacji) i późniejsze użycie skonwertowanych danych do obliczenia wartości chwilowego natężenia deszczu, a drugi – opracowanie narzędzia do prognozowania natężenia maksymalnego deszczu dla przedziałów czasu: 5, 15, 20, 30, 45, 90 i 120 minut na podstawie prostych do określenia parametrów deszczu, tj. całkowitej sumy i czasu trwania oraz jego 10- i 60-minutowych maksymalnych wysokości opadu.

Badania przeprowadzono na podstawie rejestracji opadów z lat 1975–2002 w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu, które wykorzystano do wykazania przydatności digitalizacji danych opadowych. Dane w formacie cyfrowym były łatwo adaptowalne do analiz w różnych skalach czasu. Poza tym opracowano zestaw liniowych modeli regresji wielokrotnej do prognozowania maksymalnego natężenia chwilowego deszczu. Działanie wszystkich modeli okazało się poprawne, a prognozy wartości maksymalnych chwilowego natężenia deszczu bliskie bądź równe rzeczywistym wartościom.

---

Adres do korespondencji: dr inż. P. Licznar, Akademia Rolnicza, Instytut Budownictwa i Architektury Krajobrazu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel. +48 (71) 320-55-26, e-mail: licznarp@ozi.ar.wroc.pl

## WSTĘP

Zgodnie z wytycznymi WMO (World Meteorological Organization) [2001], klasyczne deszczomierze, w tym pluwiografy, są na całym świecie podstawową aparaturą badawczą służącą do rozpoznania lokalnych natężeń deszczu. To samo źródło wskazuje, że mimo wprowadzania deszczomierzy o nowych konstrukcjach, np. elektronicznych deszczomierzy wagowych, liczba pluwiografów użytkowanych przez służby meteorologiczne pozostaje w przybliżeniu stała. W związku z tym większość zapisów natężenia opadów nadal ma formę graficzną, a korzystanie z danych archiwalnych w celu poznania zmienności czasowo-przestrzennej opadów wymaga sięgania do owych ułomnych form rejestracji tych zjawisk. Również w Polsce pluwiografy są elementem wyposażenia części stacji meteorologicznych, a konstrukcja produkowanego i sprzedawanego obecnie w kraju pluwiografu PG-891 nie różni się istotnie od analogicznych przyrządów sprzed ponad 50 lat.

Klasyczna forma zapisu przebiegu deszczu na paskach pluwiograficznych jest niedoskonała i ma pewne mankamenty. Analiza zarówno zapisów na tygodniowych, jak i dobowych odcinkach rejestracyjnych jest trudna i pracochłonna, a przypadkowe błędy podczas niej powstające często trudno wychwycić. Problemem pozostaje również zmniejszająca się z roku na rok czytelność zapisów archiwalnych. W poprzednich latach tych danych nie kopiowano z powodu ograniczeń technicznych, co w skrajnych przypadkach mogło prowadzić do ich utraty i przetrwania cennych, długoletnich serii pomiarowych.

Ilustracją problemów związanych z przetwarzaniem danych pluwiograficznych w formie odcinków rejestracyjnych może być projektowanie systemów odwodnienia powierzchni komunikacyjnych i miejskich. Zarówno we wstępnym etapie projektowania, jak i w późniejszym etapie eksploatacji tych systemów pojawia się konieczność oceny obciążenia ich przez deszcze, zwłaszcza te o dużym natężeniu. W tych przypadkach niezbędne jest szczegółowe rozpoznanie maksymalnych wartości chwilowego natężenia deszczów nawalnych dla zadanej lokalizacji oraz poznanie częstości ich występowania i czasów trwania. Proces ten nazywa się identyfikacją deszczów miarodajnych i można go przeprowadzić jedynie na podstawie analizy wieloletnich zapisów pluwiograficznych [BŁASZCZYK, ROMAN, STAMATELLO, 1974; EDEL, 2002].

Identyfikację deszczów miarodajnych w Polsce przeprowadzono dotychczas jedynie dla wybranych stacji opadowych, zlokalizowanych głównie w obrębie dużych miast. Natomiast dla pozostałych lokalizacji, w tym dla większości obszarów wiejskich, brak tego typu opracowań, głównie ze względu na ich kosztowność i pracochłonność. Dlatego też projektanci systemów odwodnienia często korzystają z wcześniej opracowanych formuł empirycznych, dla całkowicie odmiennych warunków topoklimatycznych. Jest to pewnym nadużywaniem wspomnianych formuł, które w wielu przypadkach zostały przygotowane na bazie archiwalnych danych opadowych (z przełomu XIX i XX w.), uzyskanych za pomocą prymityw-

nych deszczomierzy, bez ciągłego zapisu zmian natężenia opadów [ŁOMOTOWSKI i in., 2003]. Zarysowana tutaj potrzeba poprawy lokalnego rozpoznania deszczów miarodajnych na potrzeby projektowania systemów odwodnienia jest także sygnalizowana w literaturze zagranicznej. Na przykład EICHER i KREJCI [1996] opracowali koncepcję nowego systemu projektowania odwodnień miejskich i komunikacyjnych w Szwajcarii, postulując przy tym digitalizację klasycznych zapisów pluwiograficznych z minimum 30 lat ze 164 stacji.

Głównym celem podjętych badań było wypracowanie metod przetwarzania danych pluwiograficznych na potrzeby projektowania i eksploatacji systemów odwodnienia. Badania prowadzono w dwóch kierunkach. Pierwszy z nich to opracowanie i wdrożenie metody digitalizacji zapisów pluwiograficznych, a następnie wykorzystanie zapisów w formacie cyfrowym do szybkiego określania maksymalnego chwilowego natężenia deszczu. Drugim kierunkiem, podjętym z uwagi na pracochłonność digitalizacji zapisów, była próba opracowania metod matematycznych szybkiego, przybliżonego szacowania wartości chwilowego maksymalnego natężenia deszczu, na podstawie parametrów łatwych do odczytania z dobowych odcinków rejestracyjnych.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiałem badawczym wykorzystanym w pracy były archiwalne zapisy pluwiograficzne w postaci dobowych pasków rejestracyjnych z Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Akademii Rolniczej we Wrocławiu-Swojcu z wielolecia 1975–2002. Pochodziły one z ciągłych pomiarów ombrometrycznych, prowadzonych za pomocą klasycznego pluwiografu pływakowego, w okresach z dodatnią temperaturą powietrza, czyli od kwietnia do listopada każdego roku.

W pierwszej fazie badań przeprowadzono digitalizację zapisów z pluwiografów dobowych. Adaptowano do tego celu metodę wektoryzacji zapisów pluwiograficznych uprzednio opracowaną i wdrożoną przez LICZNARA [2001] do obliczania wskaźnika erozyjności deszczów. W metodzie tej, w odróżnieniu od klasycznych metod digitalizacji stosowanych już od około 25 lat w Polsce, nie ma potrzeby stosowania specjalistycznego sprzętu w postaci digitizerów. Zastosowany proces digitalizacji zapisów składał się z następujących etapów:

- 1) skanowania z rozdzielczością 400 dpi odcinków rejestracyjnych z dni z opadami deszczu;
- 2) zapisu zeskanowanych obrazów do plików graficznych o formacie gif;
- 3) wyświetlania i rejestracji obrazów rastrowych w programie MicroStation;
- 4) automatycznego lub półautomatycznego (z ingerencją operatora) odtwarzania przebiegu krzywych rejestracyjnych na podstawie wcześniej zdefiniowanego filtra odcieni szarości (śląd piórka piszącego na tle obrazu odcinka rejestracyjnego odtwarzany za pomocą łańcucha linii – ang. „line string”, początki i końce

poszczególnych segmentów łańcucha linii to miejsca widocznych zmian kierunku odcinków krzywej rejestracji na obrazie rastrowym, wynikające ze zmian chwilowego natężenia opadu);

- 5) eliminacji pionowych odcinków spadku linii rejestracji, powstających w trakcie działania przelewu pluwiografu, przez łączenie sąsiadujących łańcuchów linii we wspólną krzywą, obrazującą przyrost warstwy opadu w całym czasie trwania deszczu;
- 6) eksportu współrzędnych punktów początkowych i końcowych łańcuchów linii, tworzących krzywe sumaryczne przyrostu warstwy opadów w czasie, do plików tekstowych (w plikach tych rzędne odpowiadały czasowi trwania deszczu, natomiast odcięte – skumulowanej warstwie opadu).

Otrzymane pliki tekstowe, zawierające zapisy poszczególnych opadów, zostały wykorzystane w końcowej części pierwszego etapu badań do obliczenia maksymalnych wartości chwilowego natężenia opadów w przedziałach czasu: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 i 120 minut. Są to typowe czasy trwania deszczu, przyjmowane w projektowaniu systemów odwodnienia [BŁASZCZYK, ROMAN, STAMATELLO, 1974; EDEL, 2002]. Obliczenia wykonano za pomocą specjalnie opracowanego programu komputerowego, który umożliwiał jednoczesne wyznaczenie następujących wartości:

- maksymalnych warstw opadu dla przedziałów: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 i 120 minut;
- maksymalnych natężeń chwilowych dla okresów: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 i 120 minut (w jednostkach typowych dla zastosowań inżynierskich, tj.  $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$ );
- całkowitej warstwy deszczu;
- całkowitego czasu trwania deszczu;
- średniego natężenia w całym czasie trwania deszczu.

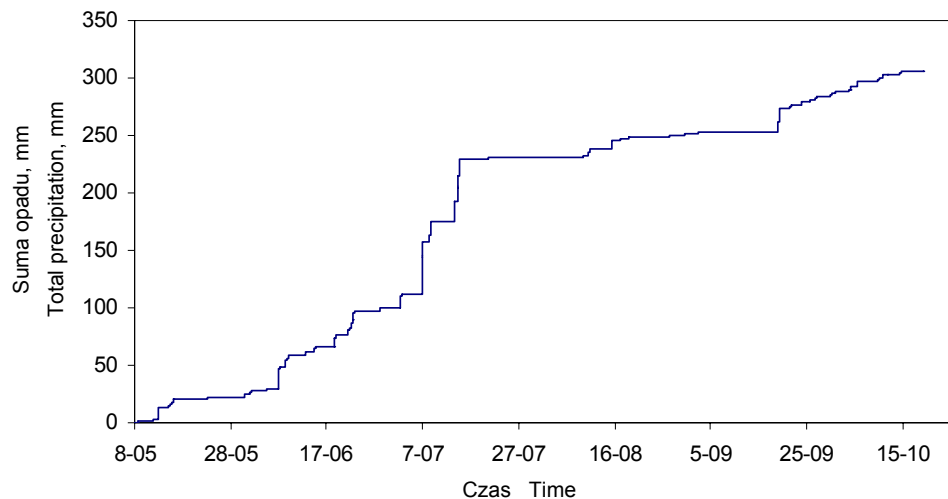
Tak otrzymany zbiór wyników został użyty do realizacji drugiego etapu badań, w którym podjęto próbę przybliżonego szacowania maksymalnych wartości chwilowego natężenia deszczu w przedziałach czasu: 5, 15, 20, 30, 45, 90 i 120 minut ( $I_{\max 5}$ ,  $I_{\max 15}$ ,  $I_{\max 20}$ ,  $I_{\max 30}$ ,  $I_{\max 45}$ ,  $I_{\max 90}$  i  $I_{\max 120}$ ) na podstawie parametrów łatwych do odczytania z dobowych pasków rejestracyjnych. Za takie parametry przyjęto: całkowitą sumę opadu  $P_t$ , całkowity czas jego trwania  $t_t$  oraz maksymalne warstwy opadu dla czasów 10 i 60 minut  $P_{\max 10}$  i  $P_{\max 60}$ . Dwie pierwsze wielkości to podstawowe charakterystyki opadu, natomiast wartości  $P_{\max 10}$  i  $P_{\max 60}$  są stosunkowo łatwe do identyfikacji z uwagi na przyjęty układ działek głównych i pomocniczych skali osi czasu na dobowym pasku rejestracyjnym. Do szacowania wymienionych powyżej maksymalnych wartości chwilowego natężenia opadów na bazie czterech, łatwych do odczytu z klasycznego zapisu pluwiograficznego danych wejściowych opracowano zestaw modeli regresji wielokrotnej (z wykorzystaniem programu STATISTICA 6.1, metodą najmniejszych kwadratów, na podstawie danych z połowy zbioru posiadanych wyników, czyli podzbioru podstawowego). Druga poło-

wa zbioru (podzbiór testowy) użyta została na ostatnim etapie obliczeń do weryfikacji opracowanych modeli obliczeniowych. Umożliwiło to pełne sprawdzenie modeli (weryfikację II rodzaju), do czego wykorzystano dane pomiarowe niezależne, niewykorzystywane do opracowywania modelu.

## WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Po zdigitalizowaniu zapisów deszczu ze wszystkich dobowych pasków rejestracyjnych w poszczególnych latach otrzymane wyniki łączono, tworząc tekstowy plik komputerowy (arkusz kalkulacyjny Excela), opisujący przyrost warstwy opadu w czasie całego sezonu obserwacyjnego. Dzięki temu dalsze opracowywanie i analiza danych były bardzo proste. Rozmiar plików zwykle nie przekraczał 500 kilobitów pamięci, co ułatwiało ich archiwizację oraz tworzenie kopii zapasowych.

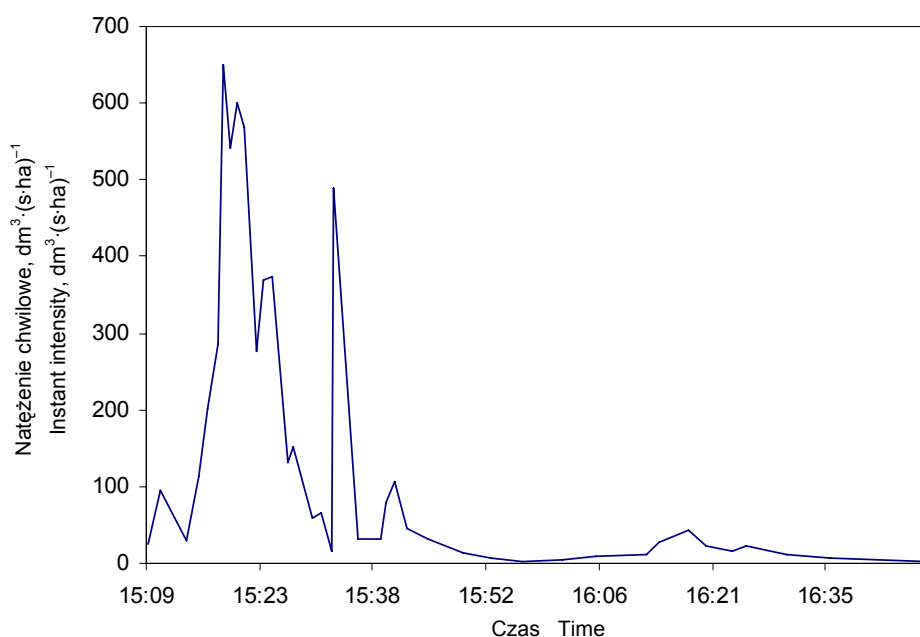
Przykładową ogólną prezentację graficzną takiego pliku z danymi, otrzymanego dla 1999 r. przedstawiono na rysunku 1. W analizowanym roku obserwacje prowadzono od 4 maja od godziny 7<sup>00</sup> do 19 października do godziny 8<sup>00</sup>. W tym czasie spadło łącznie 306 mm deszczu. Na wykresie widoczny jest bardzo dobrze przebieg opadów w okresie lata z dużą ich koncentracją na początku lipca, zwłaszcza 8 i 14 lipca oraz prawie całkowity ich brak w okresie od 16 lipca do 10 sierpnia.



Rys. 1. Przyrost warstwy opadu w okresie obserwacji w 1999 r. (Obserwatorium AR Wrocław–Swojec)

Fig. 1. Precipitation increments during the observation period in the year 1999 (AR Wrocław–Swojec Observatory)

Prezentowany wykres mógłby zostać opracowany także w sposób przybliżony, na podstawie dobowych sum opadów zmierzonych deszczomierzem Hellmana. Jednakże skonwertowane dane z zapisów pluwiograficznych cechują się zdecydowanie większą precyzją. Przykładowe zmiany chwilowego natężenia opadu dla bardzo krótkich przedziałów czasu, nawet od 1 do 3 minut, dla wybranego deszczu z 14 lipca, trwającego od 15<sup>09</sup> do 16<sup>48</sup> zobrazowano na rysunku 2. Warto podkreślić obserwowaną dużą dynamikę tego opadu burzowego, z natężeniami chwilowymi w czasie 1 minuty dochodzącymi nawet do  $650 \text{ dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$  ( $3,90 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Dysponowanie danymi opadowymi w formacie cyfrowym umożliwia zatem zarówno ich szybką globalną ocenę, na przykład identyfikację okresów o wzmożonych opadach i analizę ich następstwa czasowego, jak również łatwą, szczegółową analizę chwilowych zmian ich natężenia, co uwidoczniło na wcześniej wspomnianym rysunku 2.

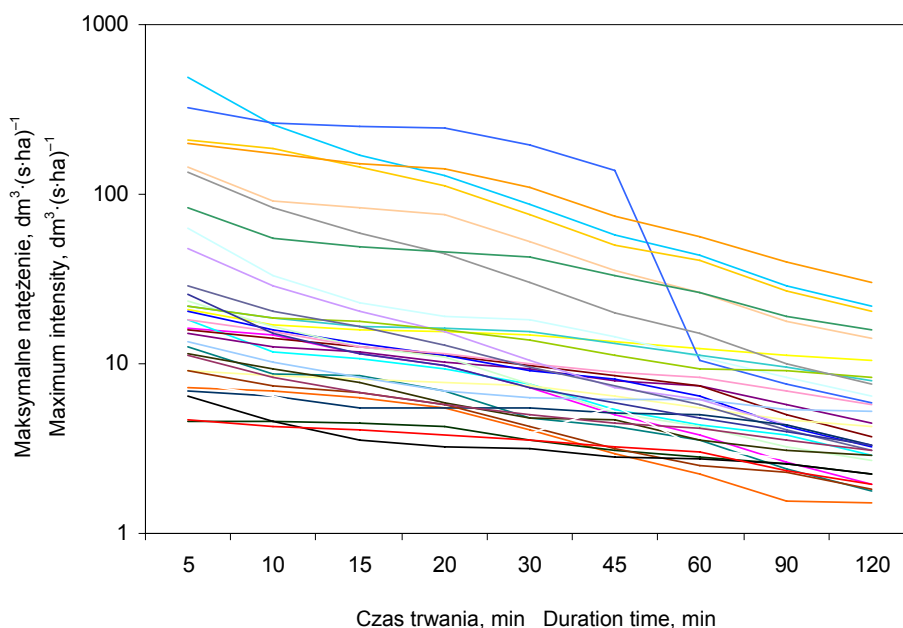


Rys. 2. Chwilowe zmiany natężenia deszczu dla opadu z 14 lipca 1999 r.

Fig. 2. Changes of the instant rainfall intensity on 14<sup>th</sup> July 1999

Efektem końcowym szczegółowej analizy zmienności czasowej przekonwertowanych zapisów pluwiograficznych było obliczenie wartości natężeń średnich i maksymalnych chwilowych w przedziałach czasu: 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90 i 120 minut dla łącznej liczby 783 deszczów z wielolecia 1975–2002, o czasach trwania  $\geq 120$  minut. W tej grupie znalazły się opady o bardzo zróżnicowanych

czasach trwania i całkowitych ich sumach, w zakresach odpowiednio od 120 do 3 680 min oraz od 1,2 do 77,0 mm. Zróżnicowanie to znalazło także wyraz w szerokim zakresie zmienności obliczonego średniego natężenia opadów – od 0,1 do 48,8  $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$  (od 0,001 do 0,293  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Jeszcze większe zakresy zmienności obserwowano dla wyznaczonych maksymalnych wartości chwilowego natężenia. Zakres ich zmienności zwiększa się jednocześnie ze skracaniem się czasu trwania opadu. W czasie 120 minut natężenie chwilowe zmieniało się od niespełna 1,0 do 46,6  $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$  (0,006–0,280  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ), podczas gdy w czasie 5 minut w granicach od 2,9 do 501,2  $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$  (od 0,017 do 3,006  $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Zmienność wyznaczonych maksymalnych wartości chwilowego natężenia przedstawiono na przykładzie 33 opadów zarejestrowanych w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii AR Wrocław–Swojec w 1999 r. (rys. 3).



Rys. 3. Maksymalne chwilowe natężenie 33 deszczów zarejestrowanych w Obserwatorium AR Wrocław–Swojec

Fig. 3. Maximum instant intensities of 33 rainfalls registered at AR Wrocław–Swojec Observatory

Na podstawie losowo wybranych ze zbioru uprzednio uzyskanych wyników 392 wektorów danych opracowano zestaw równań liniowych regresji wielokrotnej w celu obliczania maksymalnych wartości natężenia deszczu w przedziałach czasu: 5, 15, 20, 30, 45, 90 i 120 minut na podstawie znajomości parametrów:  $P_t$ ,  $t_i$ ,  $P_{\text{max}10}$  oraz  $P_{\text{max}60}$ . Otrzymany zestaw równań przedstawia się następująco:

$$\begin{aligned}
- I_{\max 5} &= 1,734 - 0,118P_t + 0,0023t_t + 26,05P_{\max 10} - 1,92P_{\max 60}, \\
- I_{\max 15} &= -0,235 + 0,1306P_t - 0,001t_t + 12,51P_{\max 10} + 0,4265P_{\max 60}, \\
- I_{\max 20} &= -0,128 + 0,2176P_t - 0,002t_t + 9,796P_{\max 10} + 0,6558P_{\max 60}, \\
- I_{\max 30} &= 0,5134 + 0,2576P_t - 0,003t_t + 6,024P_{\max 10} + 1,098P_{\max 60}, \\
- I_{\max 45} &= 1,210 + 0,2456P_t - 0,003t_t + 3,110P_{\max 10} + 1,406P_{\max 60}, \\
- I_{\max 90} &= 0,8511 + 0,0983P_t - 0,712 \cdot 10^{-3} \cdot t_t - 0,421P_{\max 10} + 2,055P_{\max 60}, \\
- I_{\max 120} &= 1,178 + 0,1439P_t - 0,001t_t - 0,553P_{\max 10} + 1,646P_{\max 60}.
\end{aligned}$$

Opracowane i zaprezentowane powyżej proste modele liniowe cechowały się dobrą zgodnością wartości prognozowanych z wartościami obserwowanymi. Zgodność ta była widoczna zwłaszcza w obrębie podzbioru podstawowego, na którego podstawie opracowano zestaw formuł. Świadczą o tym duże wartości współczynnika korelacji, stwierdzone dla równań regresji liniowej wartości prognozowanych i obserwowanych poszczególnych zmiennych zależnych. Współczynniki te wynosiły od niespełna 0,95 ( $I_{\max 45}$ ) do niemal 0,99 ( $I_{\max 15}$ ) – tabela 1.

**Tabela 1.** Współczynniki korelacji  $r$  dla zależności obserwowanych i prognozowanych maksymalnych wartości chwilowego natężenia

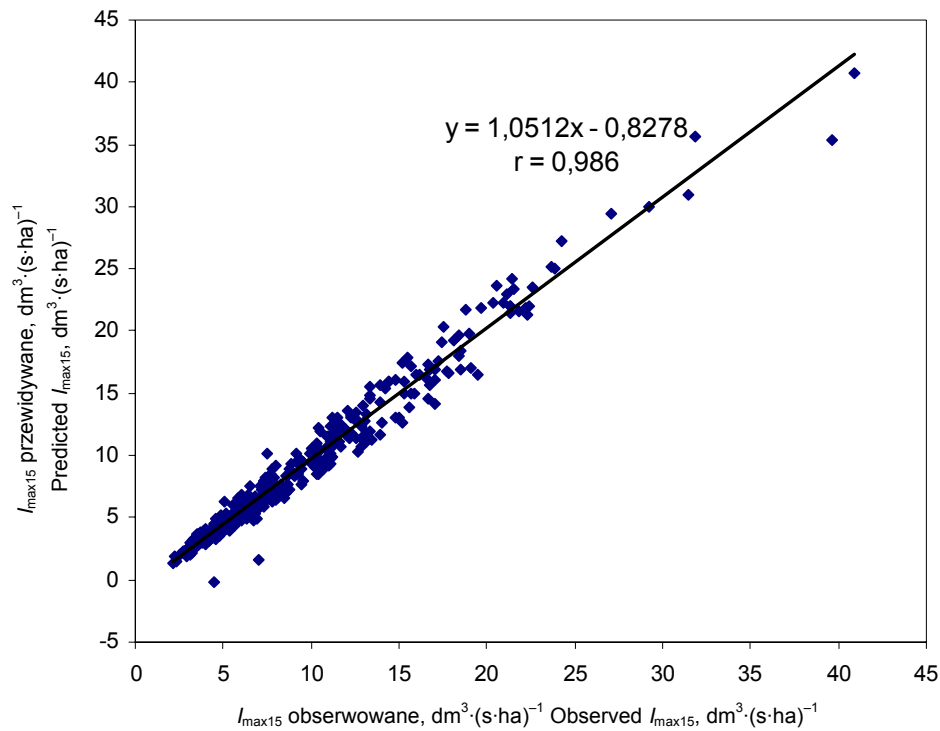
**Table 1.** Correlation coefficients  $r$  for the relationships between observed and predicted maximum instant rainfall intensities

Podzbiór danych Data subset	Współczynnik korelacji $r$ Correlation coefficient $r$						
	$I_{\max 5}$	$I_{\max 15}$	$I_{\max 20}$	$I_{\max 30}$	$I_{\max 45}$	$I_{\max 90}$	$I_{\max 120}$
Podstawowy Basic	0,967	0,989	0,971	0,952	0,948	0,988	0,966
Testowy Test	0,970	0,986	0,967	0,928	0,898	0,963	0,906

Również w przypadku niezależnego podzbioru testowego przewidywane maksymalne wartości natężenia z opracowanego zestawu modeli były bardzo zbliżone do wartości obserwowanych, o czym świadczą również wysokie wartości współczynników korelacji (tab. 1). Wartości te były jednak na ogół nieco niższe w porównaniu z omawianymi uprzednio z podzbioru podstawowego. Wyjątek stanowiło jedynie natężenie maksymalne w czasie 5 minut, dla którego otrzymano współczynnik korelacji 0,97, nieznacznie wyższy od stwierdzonego w odniesieniu do zmiennych z podzbioru testowego. Tak jak w przypadku podzbioru podstawowego, najmniejszą wartość współczynnika korelacji dla danych z podzbioru testowego stwierdzono dla  $I_{\max 45}$  – nieznacznie poniżej 0,90, a najwyższą dla  $I_{\max 15}$  – ok. 0,99. Graficznie zaprezentowano przykładowy związek obserwowanych i prognozowanych w opracowanym modelu wartości  $I_{\max 15}$ , niemal wszystkie punkty układają się wzdłuż linii równania  $y = x$  (prosta o nachyleniu 1:1) lub w jej bliskim sąsiedztwie (rys. 4). Znajduje się jednak również jeden punkt, w którym prognozowana wartość wynosi nieco poniżej 0, natomiast obserwowana – niespełna  $5 \text{ dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$  ( $0,030 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Dowodzi to, że opracowany prosty model nie jest w pełni zgodny



z opisem fizycznym samego zjawiska, w związku z czym nie można bezkrytycznie przyjmować wyników uzyskanych dzięki jego zastosowaniu.



Rys. 4. Związek obserwowanych i prognozowanych w opracowanym modelu maksymalnych wartości natężenia deszczu w czasie 15 minut (podzbiór testowy)

Fig. 4. Observed versus predicted by the developed model values of maximum rainfall intensities for 15 minute duration time (test subset)

## PODSUMOWANIE

Przedstawiona w pracy metoda digitalizacji klasycznych zapisów pluwiograficznych może zostać wdrożona do szerokiej praktyki przetwarzania danych opadowych, zwłaszcza na potrzeby projektowania i eksploatacji miejskich systemów odwodnienia. Metoda ta umożliwi ich właściwą i łatwą archiwizację oraz szybką analizę w różnych skalach. W skali globalnej można śledzić na przykład następstwo czasowe fal opadowych oraz okresów suszy, natomiast w krótkich przedziałach czasu – szczegółowo analizować zmiany sumy i natężenia deszczu.

Praktycznym zastosowaniem szczegółowej analizy danych opadowych w formie cyfrowej może być zaprezentowane w pracy określenie ich maksymalnego

natężenia w zadanym czasie trwania, dokonane w celu identyfikacji tzw. deszczów miarodajnych, przydatnych w projektowaniu miejskich systemów odwodnienia. Przetwarzanie danych w formacie cyfrowym jest bardzo łatwe, jednak sam proces digitalizacji (mimo częściowej automatyzacji) pozostaje nadal pracochłonny, w związku z czym można go pomijać podczas wyznaczania maksymalnych wartości natężenia chwilowego. Istnieje możliwość stosowania uproszczonej metody przybliżonego wyznaczania maksymalnych wartości natężenia chwilowego deszczu w przedziałach czasu: 5, 15, 20, 30, 45, 90 i 120 minut, na podstawie identyfikacji parametrów łatwych do odczytania z pluwiogramów dobowych, takich jak: całkowita wysokość deszczu, całkowity czas jego trwania oraz maksymalne warstwy opadu w czasie 10 i 60 minut. Można do tego wykorzystywać zestaw opracowanych równań liniowych regresji wielokrotnej. Przed szerszym wdrożeniem proponowanej metody przybliżonego wyznaczania maksymalnych wartości chwilowego natężenia deszczu do praktyki inżynierskiej konieczna wydaje się jednak jej weryfikacja na podstawie danych z innych stacji opadowych, zlokalizowanych w różnych częściach kraju, w innych warunkach klimatycznych.

Praca wykonana w ramach grantu KBN 5 PO6302324: „Nowe sposoby pomiaru i rejestracji opadów atmosferycznych oraz przetwarzania uzyskanych danych.” Ponadto autor pragnie podziękować Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej za wsparcie jego badań w ramach stypendium krajowego dla młodych naukowców.

## LITERATURA

- BLASZCZYK W., ROMAN M., STAMATELLO H., 1974. Kanalizacja. Warszawa: Arkady ss. 524.
- EDEL R., 2002. Odwodnienie dróg. Warszawa: WKŁ ss. 320.
- EICHER C., KREJCI V., 1996. A new rainfall data system for urban hydrology in Switzerland. *Atm. Res.* vol. 42 s. 177–198.
- LICZNAR P., 2001. Automatyzacja przetwarzania danych pluwiograficznych w procesie wyznaczania wskaźnika erozyjności deszczy. *Folia Univ. Agricult. Stetin.* 217(87) s. 125–128.
- ŁOMOTOWSKI J., BURSZA-ADAMIAK E., KOZŁOWSKA E., LICZNAR P., 2003. Wybrane zagadnienia projektowania kanalizacji deszczowej. *Mater. V Zjazdu Kanalizatorów Polskich. Polkan'03, Łódź, 20–21 listopada 2003.* Łódź: Papier-Service s. 39–54.
- WMO, 2001. Commission for Instruments and Methods of Observation Expert Meeting on Rainfall Intensity Measurements. Final report. Bratislava, Slovakia, 23 to 25 April 2001 ss. 16.

*Paweł LICZNAR*

**A PROPOSAL OF PRECIPITATION RECORDS PROCESSING  
FOR THE NEEDS OF URBAN DRAINAGE SYSTEMS' DESIGN AND EXPLOITATIO**

*Key words: digital format, digitalization, rainfall intensity, regression models, urban drainage systems*

**S u m m a r y**

Drainage systems are important part of infrastructure in both rural and urban areas. Their proper design and exploitation should be based on a good knowledge of local precipitation characteristics, mainly on maximum precipitation intensities. Derivation of maximum instant precipitation intensities is still in most cases possible only from the classical paper strips registrations, which is a very expensive and time-consuming operation. Having this in mind, two basic research aims were established. The first one was to propose the conversion method of classical paper strips' records into the digital format (digitalization) and afterwards to use converted data for calculating maximum instant rainfalls intensities. Development of the tool to predict maximum rainfall intensities for the time periods of: 5, 15, 20, 30, 45, 90 and 120 minutes based on easily established storm parameters (total amount, duration and its 10- and 60-minute maximum precipitation) was the second aim of the study.

The study was based on precipitation data registered from 1975 to 2002 at the Agro- and Hydro-meteorology Observatory of the Agricultural University in Wrocław. The usefulness of the precipitation data digitalization was demonstrated. Data in the digital format were easily adapted to analysis at different time scales. Development of the simple linear multiple regression models to predict maximum instant rainfall intensities was the second study result. All models performance appeared correct and their predicted maximum rainfall intensities were close or equal to real, observed values.

---

**Recenzenci:**

*prof. dr hab. Czesław Rzekanowski*  
*dr inż. Tomasz Szymczak*

Praca wpłynęła do Redakcji 14.03.2005 r.