

Wpływ lokalizacji i wiatru na spływy z połąci dachowych

The influence of location and wind on runoff from roof surfaces

WOJCIECH DĄBROWSKI

DOI 10.36119/15.2025.12.13

Przedstawiono dwa istotne kroki w wymiarowaniu systemu rynien okapowych. Jednym z nich jest dobór natężenia opadu deszczu, dla którego wymiaruje się system, a drugim uwzględnienie wpływu wiatru na wielkość spływu wody deszczowej z połąci dachowych. Pierwsze z tych zagadnień nie zostało omówione w aktualnej normie PN-EN 12056-3, a drugie zostało zaledwie wspomniane. Dobór natężenia opadu, dla którego dobiera się system odwodnienia połąci dachowych jest istotny dla każdego położenia obiektu budowlanego, którego dotyczy projekt. Natomiast wpływ wiatru często nie jest uwzględniany na terenach równinnych lecz jak pokazano w artykule w warunkach górskich może mieć bardzo istotne znaczenie. Dla wietrznej pogody przedstawiono propozycję obliczania spływów deszczowych z połąci dachowych o dużym kącie nachylenia.

Słowa kluczowe: wiatr, rynny okapowe, opady deszczu, projektowanie odwodnienia dachu

Two essential steps in sizing the gutter system are presented. One of them is the selection of rainfall intensity for which the system is designed, and the other is taking into account the impact of wind on the volume of rainwater runoff from roof surfaces. The first of these issues has not been discussed in the current standard PN-EN 12056-3, while the second has been only briefly mentioned. The selection of rainfall intensity for which the roof drainage system is chosen is crucial for any location of the building in question. On the other hand, the influence of wind is often not considered in flat areas, but as shown in the article, it can be very significant in mountainous conditions. For windy weather, a proposal for calculating rainwater runoff from steeply pitched roofs is presented.

Keywords: wind, gutters, rainfall intensity, roof drainage design

Wstęp

Wymiarowanie systemu odwodnienia dachów przy pomocy rynien okapowych rozpoczyna się od wyznaczenia odpływów z poszczególnych połąci dachowych. Aktualna norma PN-EN 12056-3 niemal nie odnosi się do tego problemu [23, 24, 25]. Norma nie określa wielkości obliczeniowych natężeń opadu deszczu, a opady pomiędzy północą i południem kontynentu są bardzo zróżnicowane. Trudniejsze do zrozumienia jest to, że marginalnie został potraktowany wpływ wiatru na odpływy z połąci dachowych, a jak to zostanie pokazane może on być znaczny. Wiatrogramy określają z której strony są największe prawdopodobieństwa naniesienia przez wiatr zwiększonej ilości wód deszczowych. Przedstawiony zostanie jedynie bardzo krótko rys historyczny wyznaczania natężeń opadów, gdyż ze względów praktycznych istotny jest aktualny stan wiedzy na ten temat.

Opady według normy PN-EN 12056-3

Norma PN-EN 12056-3 nie określa w jaki sposób należy dobierać natężenia opadu deszczu do wymiarowania systemów

odwadniania dachów. Podano jedynie, że rynny należy wymiarować na wartości natężeń opadu: 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06 l/(s · m²). Brak podania konkretnych wartości natężeń opadu jest oczywisty, gdyż poszczególne kraje Unii Europejskiej są znacznie zróżnicowane pod względem klimatu. Natomiast nie jest uzasadnione ograniczanie wartości natężeń opadu do ośmiu wartości w przedziale od 0,01 do 0,06 l/(s · m²).

W wycofanej normie [26] zalecano stosować do odwadniania dachów natężenie opadu deszczu 0,03 l/(s · m²) nie różniując tej wielkości zależnie od położenia geograficznego. Norma PN-EN 12056-3 w odniesieniu do rynien okapowych wprowadza zabezpieczenia na dwa różne sposoby. Jednym z nich jest obniżenie o 10% obliczeniowej przepustowości rynny krótkiej, a w konsekwencji również rynien długich, których wymiarowanie rozpoczyna się od określenia przepustowości rynny krótkiej. Rynna krótka według normy PN-EN 12056-3 to taka, dla której iloraz długości do maksymalnej wysokości napełnienia nie przekracza 50. Drugim zabezpieczeniem jest zwiększenie obliczeniowego natężenia opadu deszczu przy obliczaniu rynien okapowych w miejscach szczególnie wrażliwych na zalewanie, jak wejścia

do zabudowań. W normie EN 12056-3 [23] uzyskuje się to przez zastosowanie współczynnika ryzyka, przez które mnożone jest natężenie opadu deszczu. Dla rynien okapowych nad wejściami do budynków norma EN 12056-3 zaleca przyjmować ten współczynnik w wysokości 1,5. Dla rynien innych niż okapowe, takich które mogą spowodować zamakanie ścian, norma podaje większe wartości dochodzące nawet do trzech. Dla niektórych rynien, jak przykładowo gzymsowe, stosowany jest również trzeci sposób zabezpieczenia przed przelaniem przez krawędź przelewową zlokalizowaną zawsze po przeciwnej stronie niż ściana budynku. Podawane są w tym przypadku wymagane odległości poniżej krawędzi przelewowej, które powinny zostać niezapełnione wodą. Dla rynien okapowych norma EN 12056-3 nie stawia takich wymagań chociaż jest oczywiste, że spływy z połąci dachowych do rynien powodują rozpryskiwanie wody.

Obliczeniowe natężenia opadu deszczu

W nieaktualnej normie PN-92/B-01707 1992 [26] zalecono przyjmować do obliczeń rynien okapowych wielkość natężenia opadu deszczu w wysokości 0,03 l/(s · m²).

Tymczasem stosowany przez wiele lat do obliczania na terenie Polski wartości natężeń opadu deszczu q wzór Błaszczyka (1) uzależniał ją od średniej rocznej wysokości opadu.

$$q = 6,631 (H^2C)^{1/3} / t^{0,667} \quad (1)$$

W równaniu (1) q jest natężeniem opadu deszczu w $l/(s \cdot ha)$, H średnią roczną wysokością opadu w mm/rok , C częstotliwością nawrotu deszczu w latach, t czasem opadu deszczu w minutach. Równanie Błaszczyka (1) powstało na podstawie obserwacji jedynie z terenu Warszawy, a uzależnienie natężenia opadu q od średniej rocznej wysokości opadu H zapożyczono ze wzoru Gorbaczowa i nie wynikało ono z pomiarów krajowych [29]. Równanie Błaszczyka (1) zaniża wartości natężenia opadów [3,9] między innymi dlatego, że liczba lat obserwacji była mniejsza od liczby lat, którym przypisano te obserwacje [29]. Dla średniej rocznej wysokości opadu w Polsce centralnej H 600 mm/rok , czasu opadu $t = 5$ minut, częstotliwości nawrotu opadu deszczu 5 lat z równania (1) uzyskuje się $q = 275$ $l/(s \cdot ha)$, co odpowiada 0,0275 $l/(s \cdot m^2)$. Tak więc nieaktualna norma PN-92/B-01707 1992 w przybliżeniu odpowiadała takim warunkom opadowym.

Dobierając obliczeniowe natężenie opadu deszczu do wymiarowania rynien okapowych należy wziąć pod uwagę to, że w wyniku zmian klimatycznych zwiększa się częstotliwość ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych [1,11]. Te zmiany spowodowały konieczność poszukiwania ekologicznych rozwiązań systemów odprowadzania ścieków i zaopatrzenia w wodę [2,4,7,12,13,15,17,21,27,28,30].

Często stosowanym historycznie do obliczeń opadów na terenie kraju było równanie Reinholda (2), które chociaż opracowane dla terenu Niemiec jest jednak oparte na bardzo licznych pomiarach meteorologicznych i odnosi się do natężenia opadu deszczu 15-to minutowego, co pozwala w jakimś ograniczonym zakresie przystosować wyniki obliczeń do lokalnych warunków geograficznych.

$$q = 38 q_{(15,1)} (C^{0,25} - 0,3684) \quad (2)$$

W równaniu (2) wprowadzono następujące oznaczenia:

$q_{(15,1)}$ – natężenie opadu piętnastominutowego deszczu o czasie nawrotu $C = 1$ rok,

C – częstotliwość (nawrotu) opadu deszczu o tym samym, albo większym, natężeniu opadu q .

Istotnym krokiem dla opracowania opadów na terenie kraju było opracowanie równań Bogdanowicz – Stachy [5].

$$h_{max} = 1,42t^{0,33} + \alpha (R,t) \cdot (-\ln p)^{0,584} \quad (3)$$

We wzorze tym h_{max} jest maksymalną wysokością opadu w milimetrach, $\alpha (R,t)$ jest



Rys.1
Podział obszaru Polski [3] na strefy R_1 oraz R_2 dla doboru współczynników α dla krótkich deszczy w równaniach (4),(5)

wielomianem zależnym od położenia miejscowości i dla terenu oznaczonego na rysunku 1 przez R_1 oraz R_2 zdefiniowanym równaniami (4) i (5).

$$\alpha (R_1,t) = 4,693 \cdot \ln(t + 1) - 1,249 \quad \text{dla } 5 \text{ min} < t < 120 \text{ min} \quad (4)$$

$$\alpha (R_2,t) = 3,92 \cdot \ln(t + 1) - 1,662 \quad \text{dla } 5 \text{ min} < t < 30 \text{ min} \quad (5)$$

Jak wynika z rysunku 1 obszary, dla których zdefiniowano wielomiany $\alpha (R_1,t)$, $\alpha (R_2,t)$ nie obejmują terenów górskich, a więc miejsc gdzie opady są najwyższe i w dodatku występują mocne wiatry. Stanowi to problem przy projektowaniu odwodnieniowych systemów rynnowych w tych terenach. Dla dłuższych czasów opadu ułożono równania analogiczne do równań (4),(5) [5]. Nie są one tutaj cytowane gdyż nie mają zastosowania do wymiarowania rynien okapowych. Niektóre duże miasta w Polsce korzystały ze wzorów Chomicza, a inne opracowały samodzielnie dane z wieloletnich pomiarów opadów deszczu [18].

Kolejnym krokiem w kierunku uaktualnienia obliczanych wartości natężenia opadu deszczu było powstanie Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDA) [16,19] w postaci platformy cyfrowej z informacją o natężeniu deszczu miarodajnych dla 930 miast w Polsce. Atlas ten powstał na podstawie pomiarów opadów obejmujących okres 30 letni, przeprowadzonych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Metodyka tworzenia tego atlasu została opisana w wieloautorской pracy [19] pod redakcją P.Licznara oraz J.Zaleskiego.

W roku 2022 opublikowany został pod redakcją B.Ozgi – Zielińskiego [22] probabilistyczny model opadów maksymalnych PMAXTP. Ten model powstał na bazie pomiarów IMiGW z lat 1986-2015. Dostęp do tej bazy jest bezpłatny. Należy jedynie spełnić wymagania co do ochrony niezbywalnych praw autorskich w postaci powołań na źródło tych informacji.

W internecie dostępne są również platformy zagraniczne umożliwiające ściąganie danych meteorologicznych, w tym statystyk dotyczących opadu deszczu w wybranych

miejscach kuli ziemskiej. Jednak dla terenu Polski nie są one konkurencyjne w porównaniu do platformy PMAXTP, jak idzie o dobór maksymalnych opadów deszczu, w tym pięciominutowych o różnych częstotliwościach opadu, a więc mających zastosowanie do wymiarowania rynien okapowych.

Pogoda bezwietrzna

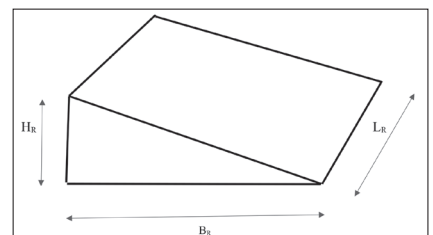
Jeżeli wymiarowanie systemu rynnowego dotyczy przypadku pogody bezwietrznej to spływy obliczane są jako wielkość opadu na powierzchnię rzutu połaci dachowych na płaszczyznę poziomą, a więc nie zależą od kąta ustawienia połaci dachowej do poziomu i od powierzchni połaci dachowych [9,10,14]. Dla określenia ilości materiałów, które należy zakupić na pokrycie dachu wygodnie jest przeliczyć natężenie opadu na rzut poziomy połaci dachowej na jednostkę powierzchni jej pokrycia. Pozwala to szybko określić wymaganą powierzchnię pokrycia dachowego.

Jeżeli dach budynku jest nachylony pod kątem α do powierzchni poziomej to natężenie opadu deszczu pionowego q przeliczone na jednostkę powierzchni połaci dachowej q^* wyniesie $q \cdot \cos(\alpha)$.

Wpływ wiatru według normy PN-EN 12056-3

Informacje w PN-EN 12056-3 dotyczące wpływu wiatru na spływy z połaci dachowych są ograniczone i sprowadzają się do dwóch informacji; jednej dotyczącej deszczu padającego pod kątem od 26° do pionu i drugiej dotyczącej deszczu padającego prostopadle do połaci dachowej. Objasnienie pierwszej z tych dwóch informacji wymaga skorzystania z rysunku 2. Zgodnie z normą gdy kąt padania deszczu jest od 26° w odniesieniu do pionu (około 1,12 rad w odniesieniu do poziomu) powierzchnię spływu należy zwiększyć do:

$$A = L_R \cdot (B_R + H_R/2) \quad (6)$$



Rys.2
Połac dachowa podniesiona od strony kalenicy o wysokość H_R i rozpostarta nad rzutem poziomym tej połaci

Tak więc zgodnie z normą wiatr powoduje zwiększenie spływu $1 + H_R/(2 \cdot B_R)$ razy w porównaniu ze spływem przy deszczu padającym pionowo.

Zgodnie z normą PN-EN 12056-3 natężenie wody spływającej z ustawionej prostopadle do kierunku wiatru połaci dachowej

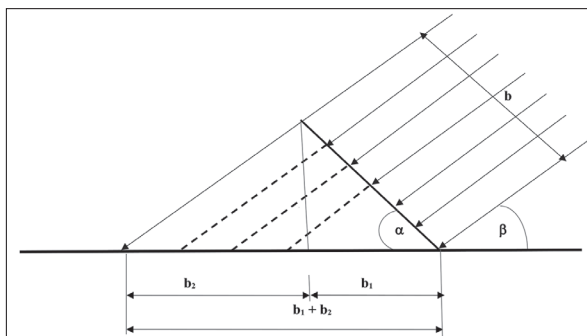
jest równe iloczynowi powierzchni tej połaci i natężenia opadu deszczu padającego na nią. Jest to oczywiście stwierdzenie prawdziwe. Ponadto o ile przy obliczaniu natężenia przepływu powierzchnia przekroju musi być prostopadła do linii prądu, o tyle w przypadku spływów z połaci dachowych, niezależnie od kąta natarcia na połac każda kropla deszczu, która o nią uderzy, spłynie po tej powierzchni. Tak więc nie tylko dla połaci ustawionych prostopadłe do kierunku wiatru natężenie spływu jest równe iloczynowi powierzchni połaci dachowej i natężenia deszczu padającego na tę połac. Natomiast jak zauważono wcześniej [20] to natężenie jest inne niż natężenie opadu na płaszczyznę poziomą. Tutaj obliczamy wartość tego natężenia przy pomocy równania (6). Na rysunku 3 pokazano jak iloraz natężeń q^*/q zmienia się zależnie od kąta nachylenia deszczu do poziomu β oraz kąta nachylenia połaci dachowej α .

Uwzględnienie wiatru i kąta nachylenia połaci dachowych

Zazwyczaj wymiaruje się rynny okapowe na przypadek pogody bezwietrznej i wówczas w obliczeniach odpływu nie ma znaczenia powierzchnia samych połaci dachowych tylko powierzchnia ich rzutu na płaszczyznę poziomą. Wbrew uproszczeniom przyjętym w normie w terenach górskich wiatr jest istotnym czynnikiem kształtującym odpływ z dachów, a połacie dachowe budowane są z dużymi spadkami, niekiedy nawet przekraczającymi 45°. Wiatrogram wskazuje przeważające kierunki występowania wiatrów. Dla spływów z połaci dachowych istotny jest kąt padania kropli deszczu, a ten nie jest dokładnie zgodny z kątem wiania wiatru, gdyż krople równocześnie spadają i unoszone są przez wiatr. Gdy znajdują się w pobliżu ziemi, to siła przyciągania ziemskiego jest zrównoważona przez opory ruchu i przy pogodzie bezwietrznej opadanie jest jednostajne, a przy ustalonym kierunku i prędkości wiatru w przybliżeniu krople deszczu poruszają się po liniach prostych, tak jak to pokazano na rysunku 3.

Rys.3

Krople deszczu padające pod kątem β do poziomu na połac dachową położoną pod kątem α . Połac dachowa o szerokości b zbiera wodę deszczową, która gdyby nie na tę połac to spadłaby na powierzchnię poziomą o szerokości $b_1 + b_2$



Gdyby połac dachowa o jednostkowej szerokości b miała długość L w kierunku spływu wody deszczowej rynną i była nachylona do poziomu pod kątem α , a wiatr niósłby krople deszczu pod kątem β do poziomu, to

zwiększenie odpływu z takiej połaci dachowej przez ustawienie jej pod kątem α , zgodnie z rysunkiem 3, można byłoby obliczyć jako iloraz $(b_1 + b_2)/b$. Tak więc jeżeli natężenie opadu deszczu w płaszczyźnie prostopadłej do rynny wynosi q , to obliczeniowa wartość natężenia opadu deszczu q^* na jednostkę powierzchni połaci dachowej wyniesie:

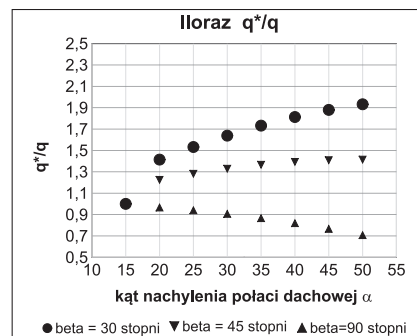
$$q^* = q(b_1 + b_2)/b = q[\cos\alpha + (\sin\alpha)\text{ctg}\beta] \quad (6)$$

Rozpatrzmy teraz kilka przypadków granicznych. Najpierw opad pionowy, a więc bez wpływu wiatru. W tym przypadku $\beta = 90^\circ$ i $\text{ctg}\beta = 0$, a więc $q^* = q \cos\alpha$. Potwierdza to, iż natężenie opadu deszczu na rzut poziomy połaci dachowej wynosi q .

Przykłady obliczeniowe

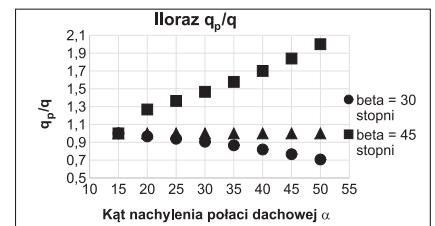
Na rysunku 4 pokazano przykłady obliczeń ilorazu q^*/q dla różnych kątów pochylenia połaci dachowych oraz dla różnych wartości kąta nachylenia deszczu do powierzchni poziomej. Przez q^* , tak jak dotychczas, oznaczono natężenie opadu deszczu na połac dachową, a przez q natężenie opadu deszczu na rzut poziomy tej połaci. Jak widać na tym rysunku wpływ wiatru na odpływ z połaci dachowych może być naprawdę znaczny w terenach górskich, a więc dla połaci dachowych budowanych przy wysokich wartościach kątów α .

Na rysunku 5 przedstawiono przeliczone na jednostkę powierzchni rzutu poziomego



Rys.4

Iloraz q^*/q w zależności od kąta nachylenia połaci dachowych α oraz kąta natarcia deszczu β



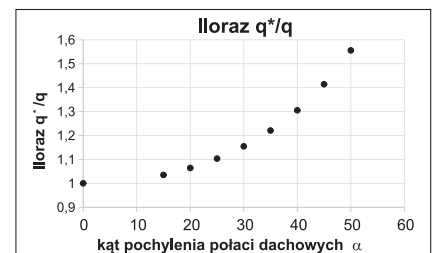
Rys.5

Iloraz q_p/q w zależności od kąta nachylenia połaci dachowych do poziomu α , oraz kąta natarcia deszczu β

połaci dachowych α , co zgodnie jest z przewidywaniami i z normami [6,23,25].

W normie PN-EN 12056-3 uwagi dotyczące wpływu wiatru na spływy z połaci dachowych zostały ograniczone do opadu prostopadłego do powierzchni połaci dachowych oraz do opadu pod kątem od 26° do pionu. Z równania (6) wynika, że spływ z połaci dachowych zależy zarówno od kąta opadu deszczu β , jak i od kąta nachylenia połaci dachowych α . Pozwala to na dokładne określenie wielkości spływów z połaci dachowych, czego nie umożliwia norma PN-EN 12056-3.

Na rysunku 6 pokazano jak natężenie opadu prostopadłego do powierzchni połaci dachowej zmienia się wraz z kątem nachylenia tej połaci do poziomu przy tej samej wartości natężenia opadu q na płaszczyznę poziomą.



Rys.6

Iloraz natężenia opadu deszczu prostopadłego do połaci dachowej do opadu mierzonego przez deszczomierz w funkcji kąta α nachylenia połaci dachowej

Symboly

- α – kąt nachylenia połaci dachowej do poziomu,
- β – kąt natarcia kropli deszczu mierzony w odniesieniu do poziomu,
- q – natężenie opadu deszczu (najbliższe pomiarowi z deszczomierza) na płaszczyznę poziomą [$l/(s \cdot m^2)$],
- q^* – natężenie opadu deszczu na powierzchnię połaci dachowej [$l/(s \cdot m^2)$] odpowiadające natężeniu opadu deszczu q na płaszczyznę poziomą oraz kątowi nachylenia połaci dachowej α do poziomu i kątowi nachylenia kropli deszczu β (też do poziomu),
- q_p – przeliczone na jednostkę powierzchni rzutu poziomego połaci dachowej natężenie opadu deszczu padającego pod kątem β do poziomu na połac dachową ustawioną pod kątem α , też do poziomu.

Wnioski

1. Norma PN-EN 12056-3 nie określa sposobu doboru natężenia opadu deszczu w zależności od położenia geograficznego odwadnianego dachu.
2. Wartości natężenia opadu deszczu $0,03 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$, dla których prowadzono wymiarowanie systemów rynien okapowych według uprzedniej normy PN-92/B-01707 1992 świadczą o tym, że obliczenia dotyczą warunków pogodowych $C=5$ lat oraz czasu opadu deszczu $t = 5$ minut. Tak krótki czas opadu jest uzasadniony krótkim czasem spływu wód deszczowych z połąci dachowych.
3. W ostatnich latach na podstawie pomiarów przeprowadzonych przez IMiGW opracowane zostały modele opadów, które pozwalają na ich zróżnicowanie w zależności od geograficznego położenia odwadnianego dachu, co dotyczy między innymi deszczy 5 minutowych, o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia. Dane te można wykorzystać do wymiarowania rynien okapowych odwadniających dachy. Do wymiarowania rynien okapowych można zastosować opracowany zupełnie niedawno atlas opadów PMAXT, dostępny za darmo na stronie internetowej IMGW-PIB pod adresem <https://klimat.imgw.pl/opady-maksymalne/> (IMGW-PIB 2022) [8] w postaci interaktywnej mapy. Atlas ten zawiera między innymi dane dotyczące maksymalnych opadów dla deszczy pięciominutowych, które mają zastosowanie do wymiarowania rynien okapowych. Korzystanie z tych danych wymaga spełnienia określonych przez IMiGW-PIB wymagań, co do powołań na prawa autorskie.
4. Podana w normie PN-EN 12056-3 informacja o obliczaniu spływu z połąci dachowej prostopadłej do kąta natarcia deszczu jako iloczynu powierzchni połąci dachowej i natężenia opadu jest prawdziwa jeżeli w normie przez natężenie opadu deszczu rozumieć deszcz padający prostopadłe do połąci dachowej. Jednak przydatność tej informacji dla celów projektowych jest ograniczona, gdyż nie jest to wartość natężenia opadu mierzona przez deszczomierz i wymaga obliczeń. Obliczenia spływu z połąci dachowej ustawionej pod kątem α i przy deszczu padającym pod kątem β do poziomu można przeprowadzić zgodnie z wyproszonym tutaj równaniem 6. Z rysunku 6 wynika, że im większy jest kąt pochylecia połąci dachowych, tym większy jest iloraz natężenia opadu na połąc dachową q^* do natężenia opadu na rzut poziomy tej połąci q . Dla poziomego dachu iloraz ten wynosi 1.
5. Zamieszczone w artykule rysunki wskazują na duży wpływ wiatru na spływy

z połąci dachowych, przy dużych wartościach kątów ich nachylenia do poziomu α , oraz kątów natarcia kropli deszczu β mierzonych w odniesieniu do poziomu. Dlatego w terenach górskich uzasadnione jest uwzględnianie wpływu wiatru na wymiarowanie rynien okapowych, chociaż w normie PN-EN 12056-3 zasugerowano, aby w przypadku braku krajowych przepisów nakazujących wymiarowanie systemu rynnowego z uwzględnieniem wpływu wiatru, obliczenia hydrauliczne prowadzić tak jak dla pogody bezwietrznej. Taka sugestia przedstawiona w normie wydaje się zasadna dla płaskich terenów nizinnych.

Podziękowanie

Artykuł stanowi część sprawozdania wykonanego przez Katedrę Wodociągów, Kanalizacji i Monitoringu Środowiska Politechniki Krakowskiej z badań zleconych przez firmę System Pruszyński sp. z o.o.

LITERATURA

- [1] Ashley R.M., Hopkinson P., Sewer systems and performance indicators – into the 21st century, "Urban Water", 4, 2002, 123–135.
- [2] Balkema A.J., Preisig H.A., Otterpohl R., Lambert F.J.D., Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems, "Urban Water", 4, 2002, 153–161.
- [3] Bartosz K., Kotowski A., Analiza porównawcza wzorów na natężenie deszczu do projektowania kanalizacji, II Ogólnopolska konferencja naukowo – techniczna. Infrastruktura komunalna a rozwój zrównoważony terenów zurbanizowanych, INFRAEKO 2009, Rzeszów – Niepołomice, 4-5 czerwca 2009
- [4] Bengtsson M., Lundin M., Molander S., Life cycle assessment of wastewater systems, case studies on conventional treatment, urine sorting and liquid composting in three Swedish municipalities, "Technical Environmental Planning", 9, 1997.
- [5] Bogdanowicz E., Stachy J., maksymalne opady deszczu w Polsce. Charakterystyki projektowe. Materiały Badawcze, seria: Hydrologia i Oceanologia, IMiGW, Warszawa, 1998
- [6] BS EN 12056-3:2000 Roof Drainage Calculations – Gravity drainage systems inside buildings – Part 3 : Roof drainage layout and calculation
- [7] Collin M.L., Melloul A.J., Combined land-use and environmental factors for sustainable groundwater management, "Urban Water", 3, 2001, 253–261.
- [8] Dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego pochodzące ze strony <https://klimat.imgw.pl/opady-maksymalne> zostały przetworzone
- [9] Dąbrowski W., Jasik H., Gryszówka M., Szeliuga T. – Wartości wyjściowe do obliczeń odwodnienia dachów rynnami okapowymi, Instal, 2010, 7/8, 27-30
- [10] Dąbrowski W., Jasik H., Obliczenia rynien okapowych, Instal, 2010, 10, 42-44
- [11] Dąbrowski W., Oddziaływanie sieci kanalizacyjnych na środowisko, Politechnika Krakowska, Kraków 2004.
- [12] Dennison F.J., Azapagic A., Clift R., Colbourne J.S., Assessing management options for sewage treatment works in the context of life cycle assessment, 5th LCA case study symposium, Brussels, 2 December 1997, SETAC, Europe, 169–177.
- [13] Ferreira F., Matos J., Teles S., An integrated approach for preliminary assessment of the

environmental performance of urban wastewater systems, Proceedings from the second International IWA Conference on Sewer Operation and Maintenance, SOM 06, Vienna, October 26–28, 2006, 73–90.

- [14] Jabłońska –Jędra M., Efektywna powierzchnia zlewni dachowych, Instalacje 2007,3, 55-57
- [15] Kärrman E., Strategies towards sustainable wastewater management, "Urban Water", 3, 2001, 63–72.
- [16] Kaźmierczak B., Wartalska K., Wdowikowski M., Ozga-Zieliński B., Sidorczyk M., Kotowski A., Wiarygodne dane opadów do wymiarowania odwodnień terenów i obiektów budowlanych, Rocznik Ochrony Środowiska, 2025, Vol. 27, 13-18
- [17] Kolsky P., Butler D., Performance indicators for urban storm drainage in developing countries, "Urban Water", 4, 2002, 137–144.
- [18] Licznar P., Łomotowski J., Analiza chwilowych natężeń deszczów miarodajnych we Wrocławiu, *ibid.*, 2005, 27, 2, 25-28
- [19] Licznar P., Zaleski J. (pod redakcją), Metodyka opracowania polskiego atlasu natężeń deszczów (PANDA), IMiGW – PIB, Warszawa 2020, 143 str
- [20] Licznar P., Chudzicki J., Sosnowska A., Wrzesińska A., Bogacz – Rygas M., Uniejewski R., Obliczanie systemów odprowadzania wody z dachów w Polsce. Dobór natężeń deszczu, Instal, 2023, 4, 33-40; DOI 10.36119/15.2023.4.5
- [21] Lundin M., Morrison G.M., A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems, "Urban Water", 4, 2002, 145–152.
- [22] Modele probabilistyczne opadów maksymalnych o określonym czasie trwania i prawdopodobieństwie przewyższenia – Projekt PMAXT pod redakcją Bogdana Ozga-Zielińskiego, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2022
- [23] EN 12056-2002 „Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków, część 3: Przewody deszczowe, projektowanie układu i obliczenia, Polski Komitet Normalizacyjny, czerwiec 2000
- [24] PN-EN 752-1-4, 2000/2001, Zewnętrzne systemy kanalizacyjne , Cz.1 : Pojęcia ogólne i definicje, Cz.2 Wymagania, Cz.3: Planowanie, Cz.4: Obliczenia hydrauliczne i oddziaływanie na środowisko, PKN Warszawa
- [25] Polska Norma PN-EN 12056-3 „Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków, część 3: Przewody deszczowe, projektowanie układu i obliczenia, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002
- [26] PN-92/B-01707 Instalacje kanalizacyjne – Wymagania w projektowaniu (norma wycofana), 30.06.1992, 12 str
- [27] Rauch W., Rebeka – a software tool to plan urban drainage measures based on the predicted impacts to the receiving waters, "Novatech", 2001, 265–272.
- [28] Tait S.J., Ashley R.M., Cashman A., Saul A., Sewer system operation into the 21st century study of selected responses from a UK perspective, Proceedings of 2nd International IWA Conference on Sewer Operation and Maintenance, SOM6, Vienna, Austria, October 26–28, 2006, 311–318.
- [29] Węglarczyk S., O poprawności wzorów Chomicza na obliczanie opadów miarodajnych, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2013, IV/3, 305-323
- [30] Zinn E., Sustainable development indicators for urban water systems – a case study of King William's Town, South Africa and an evaluation of the applied indicators, praca magisterska, Chalmers University of Technology, 2000.