

## WPŁYW EKSTENSYWNYCH DACHÓW ZIELONYCH NA ODPIY WÓD OPADOWYCH DO SIECI KANALIZACYJNEJ

Maciej Mrowiec<sup>1</sup>, Małgorzata Sobczyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Inżynierii Środowiska, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60 a, 42-200 Częstochowa, e-mail: mrowiecm@is.pcz.czyst.pl, m.sobczyk@is.pcz.pl

### STRESZCZENIE

W czasach postępującej urbanizacji oraz gwałtownych zmian klimatu na większą uwagę zasługuje odpływ wód deszczowych do systemów kanalizacyjnych. Zjawiska podtopień terenów zurbanizowanych zdarzają się coraz częściej w wyniku gwałtownych opadów tj. deszczy nawalnych. Systemy kanalizacyjne w tak krótkim czasie nie są w stanie przyjąć tak dużej ilości wody opadowej spływającej na dany teren, przez co doświadczamy zjawiska płynących opadów deszczowych po ulicy w nadmiernej ilości. Problem takich zjawisk można rozwiązać przez rozwój technologii zielonych dachów. Już w najprostszej postaci, czyli ekstensywny zielony dach potrafi opóźnić odpływ, a także zmagazynować w całości spadający opad na daną powierzchnię. Wszystko uzależnione jest od układu warstw oraz wielkości dachu. W pracy przedstawiono wyniki badań na dwóch stanowiskach mini zielonego dachu o powierzchniach 1,44 m<sup>2</sup>. Oba stanowiska zaopatrzone w odmienne warstwy. Pierwsze z nich ma warstwę włókniny filtracyjnej, warstwę substratu oraz roślinności. Drugie stanowisko badawcze zbudowano z warstwy drenażu, warstwy filtracyjnej, warstwy substratu oraz roślinności. W badaniach doświadczalnych użyto deszczownicy, która pozwala na kalibrację odpowiedniej ilości wody w zadanym czasie. W badaniach zastosowano opady 10, 15 i 20-minutowe. Na stanowisku badawczym numer 1 uzyskano redukcję odpływu w granicach od 48,9 do 97,5%. Drugie stanowisko doświadczalne wykazało większą zdolność retencyjną, wyniosła od 74,5 do 94,7%. Stwierdzono, że zastosowanie ekstensywnych zielonych dachów w miastach może przyczynić się do zmniejszenia odpływu wód deszczowych z powierzchni nieprzepuszczalnych.

**Słowa kluczowe:** ekstensywny dach zielony, sieć kanalizacyjna, wody opadowe.

### THE INFLUENCE THE EXTENSIVE GREEN ROOFS ON THE OUTFLOW RAINWATER TO THE SEWAGE SYSTEM

#### ABSTRACT

In times of rapid urbanization and climate change has drawn more attention to stormwater runoff to sewer systems. The phenomenon of flooding in urban areas have become increasingly common as a result of heavy rains. Sewage systems in such a short time are not able to accept such a large amount of rainwater flowing on the site, which we experience the phenomenon of rainfall flowing down the street in excessive amounts. The problem of such phenomena can be solved by the development of green roof technology. Even in its simplest form that extensive green roof is able to delay outflow, and store in its entirety falling falls on the area. Everything depends on the layers and the size of the roof. The research study presented at two mini green roof, an area of 1.44 m<sup>2</sup>. Both cases have different layers. One of them has a layer of non-woven filter layer, the substrate and vegetation. The second station is built of layers of drainage, filter layer, a layer of substrate and vegetation. For experimental purposes a rain shower were used for testing, which allows to calibrate the right amount of water at a specified time. In the research of precipitation 10, 15 and 20-minute tested. On the bench number 1 a reduction in the range of 48.9 to 97.5% was achieved. The second experiment stand showed a higher retention capacity ranged from 74.5 to 94.7%. We concluded that the use of extensive green roofs in cities can help reduce storm water runoff from impervious surfaces.

**Keywords:** extensive green roof, sewage system, rainwater.

## WPROWADZENIE

Ze zmianami klimatu wiąże się występowanie nasilonych zjawisk ekstremalnych oraz powstawanie miejskiej wyspy ciepła. Na terenach zurbanizowanych negatywne skutki wywierają intensywne opady deszczu. Takie opady powodują przeciążenie sieci kanalizacji deszczowej, co sprzyja podtopieniom terenów przyległych. W miastach wprowadzane są opłaty od wód opadowych i roztopowych. Są one uzależnione od powierzchni nieprzepuszczalnych również od powierzchni dachów, z których wody opadowe trafiają do kanalizacji. Stosowanie technologii zielonych dachów pozwala na redukcję odpływu wód deszczowych do kanalizacji [Burszta-Adamiak i Mrowiec 2013; Mrowiec i Sobczyk 2014b; Burszta-Adamiak i Fiałkiewicz 2014b]. Pozytywny wpływ ma to również w stosunku do opłat, gdyż magazynując a następnie wykorzystując opady możemy uniknąć tych opłat. Należy zauważyć, że badania na temat zdolności retencyjnych prowadzone są zarówno w Polsce jak i na świecie. Najlepszym przykładem jest Berlin, który w centralnych dzielnicach posiada budynki z dachami zielonymi [Köhler i Poll 2010].

Wiele badań wykazało, że najprostszymi rodzajami dachów zielonych, czyli z roślinnością ekstensywną przyczynia się do poprawy gospodarowania wodami deszczowymi w miastach [Burszta-Adamiak i in., 2014a; Stovin V. i in. 2013; Lee J.Y. i in. 2013; Mrowiec i Sobczyk 2014a]. Istotną rolę w budowie zielonego odgrywają warstwy substratu a także warstwy drenażu, w których następuje największa pojemność wodna w całej konstrukcji [Farrell i in. 2013; Berretta i in. 2014; Seidl i in. 2013; Volder i Dvorak 2014; Teemusk i Mander 2011].

Ważne jest, aby w przypadku osiągnięcia maksymalnej pojemności wodnej substratu woda została zgromadzona w warstwie kulekowej (drenażu) na czas okresu bezdeszczowego. Oprócz istoty gromadzenia wody opadowej zielone dachy mają wiele zalet, jak m. in.: izolacja termiczna i hałasu, zmniejszenie miejskiej wyspy ciepła, poprawa jakości powietrza wokół dachu. Technologia zielonych dachów wpisuje się w zrównoważony rozwój inteligentnego budownictwa. Technologia ta ma również wady np. w zależności od zastosowanej roślinności należy pielęgnować go poprzez pielęgnowanie czy nawadnianie. Zielone dachy dodatkowo obciążają konstrukcję budynku, a także zwiększają koszty budowy dachu.

## METODYKA

Badania przeprowadzono na dwóch stanowiskach doświadczalnych mini zielone dachy, gdzie zainstalowano różne warstwy. Stanowiska mają wymiary 1,2×1,2×0,12 m, a ich powierzchnia wynosi po 1,44 m<sup>2</sup> (rys. 1). Każde stanowisko ma odpływ w postaci otworu w ścianie bocznej stanowiska, do którego zamontowana jest rurka pozwalająca w pełni zebrać odpływającą wodę opadową w plastikowej butelce. Poprzez iloczyn objętości opadu do ilości odpływu obliczono zmagazynowaną ilość wody deszczowej w danym stanowisku doświadczalnym.

Pierwsze stanowisko składa się z maty chłono-ochronnej SSM, maty drenującej Floradrain FD 25, włókniny filtracyjnej SF, substratu ekstensywnego ZINCO, rozchodników Variegata. Drugie stanowisko natomiast składa się z maty chłono-ochronnej SSM, włókniny filtracyjnej, substratu ekstensywnego ZINCO o miąższości 8 cm, rozchodników Reflexum 'Angelina'. Symulacje przeprowadzono dla opadów obliczeniowych według wzoru Błaszczyka [Kotowski, 2011]:

$$q = \frac{6,631 \sqrt[3]{H^2 C}}{t^{2/3}} \text{ [dm}^3\text{/s}\cdot\text{ha]}$$

gdzie:  $q$  – jednostkowe natężenie deszczu, dm<sup>3</sup>/s·ha,

$t$  – czas trwania deszczu, min,

$H$  – wysokość opadu normalnego, mm,

$C$  – częstość występowania deszczu, lata.

W pierwszym etapie badań zastosowano odpowiednio czas trwania deszczu  $t = 10, 15$  i  $20$  min,  $H = 600$  mm, dla częstotliwości występowania opadu  $C = 1$  rok. Większe wartości  $C$  (2, 5, 10 lat) będą przedmiotem dalszych etapów badań.



Rys. 1. Stanowiska doświadczalne  
Fig. 1. Experimental station



Rys. 2 Stanowisko doświadczalne – lekki dach zielony  
Fig. 2 Experimental station – light green roof

**Tabela 1.** Wyniki redukcji oraz odpływu wód deszczowych ze stanowiska doświadczalnego numer 1 (lekki dach zielony)

**Table 1.** Result reduction and runoff rainwater from experimental station number 1 (ligh green roof)

Parametry	Jednostki	Stanowisko doświadczalne nr 1		
		10	15	20
t	min	10	15	20
q	dm <sup>3</sup> /s·ha	100,48	76,58	63,15
V	dm <sup>3</sup>	8,68	9,92	10,91
Q	dm <sup>3</sup> /s	0,015	0,012	0,008
Odpływ	dm <sup>3</sup>	brak	0,27	4,90
Redukcja	%	100	97,50	48,90

## WYNIKI BADAŃ

Badania na stanowiskach doświadczalnych zostały wykonane w okresie bezdeszczowym w miesiącu wrześniu, gdzie temperatura powietrza w dniu pomiaru wynosiła 23 °C. W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów na stanowisku numer 1 (rys. 2)

Na podstawie wyników stwierdzono, że przy opadzie 10-minutowym opad spadający na powierzchnię stanowiska zostaje w całości zamagazynowany w warstwach zielonego dachu. Opad

15-minutowy o natężeniu 0,012 dm<sup>3</sup>/s jest zatrzymywana w 97,50%. Odpływ ze stanowiska nastąpił po 10 minutach. Prawie połowę opadu czyli 48,90% można czasowo zatrzymać w przypadku opadu 20-minutowego.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki badań dla stanowiska numer 2 (rys. 3). Uzyskane wyniki na tym stanowisku wskazują, że podobnie przy opadzie 10-minutowym opad zostaje zatrzymany w całości. Odpływ nastąpił po 10 minutach trwania opadu, tak więc odpływ z 15-minutowego opadu zostaje zredukowany o 94,71%. Stanowisko nie-

**Tabela 2.** Wyniki redukcji oraz odpływu wód deszczowych z stanowiska doświadczalnego nr 2 (ekstensywny dach zielony)

**Table 2.** Result reduction and runoff rainwater from experimental station number 2 (extensive green roof)

Parametry	Jednostki	Stanowisko doświadczalne nr 2		
		10	15	20
t	min	10	15	20
q	dm <sup>3</sup> /s·ha	100,48	76,58	63,15
V	dm <sup>3</sup>	8,68	9,92	10,91
Q	dm <sup>3</sup> /s	0,015	0,012	0,008
Odpływ	dm <sup>3</sup>	brak	0,55	2,55
Redukcja	%	100	94,71	74,55



**Rys. 3.** Stanowisko doświadczalne – ekstensywny dach zielony  
**Fig. 3.** Experimental station – extensive green roof

posiadające maty drenażowej wykazuje większą zdolność retencyjną przy opadzie 20-minutowym, która wynosi 74,55 %.

## WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, iż następuje redukcja odprowadzanych wód opadowych z ekstensywnych dachów zielonych, która wynosi w zależności od układu warstw zielonego dachu w granicach od 48,90% do 100%. Wyniki badań dowodzą, że odpływ wody opadowej jest opóźniony od momentu rozpoczęcia opadu. Istotnym czynnikiem przy magazynowaniu opadu jest okres bezdeszczowy, po którym substrat posiada maksymalną zdolność retencyjną. Dzięki czemu pierwszy wykonany pomiar opadu 10-minutowego zostaje w całości zmagazynowany. Kolejne opady wpływają już na pojemność wodną substratu poprzez nagromadzenie wody deszczowej w warstwach drenażowych oraz substracie glebowym. Skutkiem wyczerpania zdolności do przyjęcia wody przez warstwy jest odpływ ze stanowiska doświadczalnego. Należy zaznaczyć, że grubość substratu już od 8 cm pozwala na zmagazynowanie opadu w miejscu powstania. Wykazano, że stanowisko nr 2, na którym znajduje się jedynie warstwa substratu + warstwa chłonna-ochronna + warstwa wegetacyjna miało największą zdolność retencyjną w danym zakresie badań. Zdolność retencyjna nie zależy od wielkości maty kubelkowej (wyższa i większa pojemność kubelków ≠ większa retencyjność) ze względu na nierównomierność opadu. Istotną rolę w retencyjności ekstensywnych zielonych dachów odgrywiają

warunki klimatyczne, tj. temperatura powietrza, wilgotność powietrza (substratu).

## LITERATURA

1. Berretta Ch., Poë S., Stovin V. 2014. Moisture content behaviour in extensive green roofs during dry periods: The influence of vegetation and substrate characteristics, *Journal of Hydrology*, 511, 374–386.
2. Burszta-Adamiak E., Mrowiec M., 2013. Modelling of green roofs hydrologic performance using EPA's SWMM. *Water Science & Technology*, 68(1), 36–42.
3. Burszta-Adamiak E., Łomotowski J., Wiercik P., 2014a. Zielone dachy jako rozwiązania poprawiające gospodarkę wodami opadowymi w miastach, 39, 26–32.
4. Burszta-Adamiak E., Fiałkiewicz W., 2014b. Modelowanie odpływu wód opadowych z dachów zielonych, 39, 15–25.
5. Farrell C., Ang X.Q., Rayner J.P. 2013. Water-retention additives increase plant available water in green roof substrates, *Ecological Engineering*, 52, 112–118.
6. Kotowski Andrzej, 2011. Podstawy bezpiecznego wymiarowania odwodnień terenów, wyd. Seidel – Przywecki, 80–87.
7. Köhler M., Poll P.H. 2010. Long-term performance of selected old Berlin greenroofs in comparison to younger extensive greenroofs in Berlin, *Ecological Engineering*, 36, 722–729.
8. Lee J.Y., Moon H.J., Kim T.I., Kim H.W., Han M.Y. 2013. Quantitative analysis on the urban flood mitigation effect by the extensive green roof system, *Environmental Pollution*, 181, 257–261.
9. Mrowiec M., Sobczyk M., 2014a. Dachy zielone a

- gospodarka wodami opadowymi na terenach zurbanizowanych. Rynek Instalacyjny, 80–82.
10. Mrowiec M., Sobczyk M. 2014b. Ekologiczne zagospodarowanie wód opadowych – zielone dachy. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 53–61.
11. Seidl M., Gromaire M. Ch., Saad M., Gouvello De B. 2013. Effects of substrate depth and rain-event history on the pollutant abatement of green roofs. Environmental Pollution, 183, 195–203.
12. Stovin V., Poë S., Berretta Ch., 2013. A modelling study of long term green roof retention performance. Journal of Environ. Manage., 131, 206–215.
13. Teemusk A., Mander Ü. 2011. The influence of Green roofs on runoff water quality: A case study from Estonia. Water Resour. Manage., 25, 3699–3713.
14. Volder A., Dvorak B. 2014. Event size, substrate water content and vegetation affect storm water retention efficiency of an un-irrigated extensive green roof system in Central Texas. Sustainable Cities and Society, 10, 59–64.



Opublikowanie pracy dofinansowano ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Lublinie.