

GAŁAJ Jerzy¹
WAWEREK Marcin²

BADANIE PORÓWNAWCZE PARAMETRÓW STRUMIENI ROZPYLONYCH WYTWARZANYCH PRZEZ WYBRANE TRYSKACZE STOSOWANE W OCHRONIE PRZECIWPÓŻAROWEJ

Rozróżnia się wiele typów tryskaczy, które zostały dopuszczone do stosowania w ochronie przeciwpożarowej. Różnice w konstrukcji, a w szczególności ich podstawowego elementu jakim jest deflektor, mają wpływ na parametry wytwarzanego przez nich strumienia rozpylonego. Głównym celem pracy było w oparciu o normę PN-EN 12259-1:2005 zbadanie tych parametrów a przede wszystkim intensywności i równomierności zraszania, a następnie przeanalizowanie uzyskanych wyników pod kątem skuteczności gaśniczej badanych tryskaczy. Wyniki przedstawiono w postaci tabelarycznej i graficznej. Na podstawie otrzymanych rezultatów sformułowano szereg wniosków. Stwierdzono również, że niektóre z badanych tryskaczy nie spełniają minimalnych wymagań zawartych w obowiązujących normach.

COMPARATIVE INVESTIGATION OF PARAMETERS OF THE SPRAYS PRODUCED BY SOME SPRINKLERS USED IN FIRE PROTECTION AREA

There are many types of sprinklers certified in Poland for use in fire protection extinguishing systems. A main element of every sprinkler is deflector, which construction decides about properties of the spray. A main purpose of the work was investigation of spray parameters especially sprinkler intensity based on the standard PN-EN 12259-1:2005 and analysis of the results obtained during experiments from extinguishing point of view. The results were presented either in tabular or graphical form. Some conclusions were formulated.

1. WSTĘP

Wśród systemów, które służą do gaszenia pożarów w pomieszczeniach bardzo dużą popularnością cieszą się urządzenia gaśnicze tryskaczowe, związane na stałe z chronionym obiektem, w których środkiem gaśniczym jest woda. Ich zdaniem jest nie dopuścić do

¹Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, 01-629 Warszawa, ul. Słowackiego 52/54. Tel: +48 22 5617-570, Fax: +48 22 E-mail: galaj@sgsp.edu.pl

² Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej Państwowy Instytut Badawczy, 05-420 Józefów, ul. Nadwiślańska 213 Tel: + 48 22 76-93-200, 76-93-300, Fax: + 48 22 769-33-45, E-mail: jcw@cnbop.pl

rozprzestrzeniania się ognia, a przede wszystkim ugasić pożar w pierwszej fazie jego rozwoju, kiedy są one najbardziej skuteczne. Wyposażenie obiektu w urządzenie tryskaczowe sprawia, że jego użytkownicy czują się bezpieczniej. Zarządcom obiektów pozwala to na ograniczenie strat w przypadku powstania ewentualnego pożaru, płacenie mniejszych składek z tytułu ubezpieczenia a ponadto umożliwia powiększenie stref pożarowych, długości dróg ewakuacyjnych itp., co może mieć wpływ na koszty inwestycji. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109, poz. 719) szczegółowo podaje typy obiektów, w których stosowanie stałych urządzeń gaśniczych jest wymagane [10]. Niestety jest to procentowo niewielka ilość budynków spośród ogólnej liczby powstających obiektów. Jednak dzięki rosnącej potrzebie poczucia bezpieczeństwa i inicjatywie firm ubezpieczeniowych wielu właścicieli, zarządców lub użytkowników budynków dobrowolnie montuje tego rodzaju instalacje.

Zaprojektowanie, wykonanie i użytkowanie urządzenia tryskaczowego wymaga fachowej wiedzy z tego zakresu. Dokonuje się ich najczęściej w oparciu o normę PN-EN 12845 [14], wytyczne niemieckie VdS CEA 4001 [15] lub amerykańskie NFPA 13 [12]. Niedopuszczalne jest mieszanie rozwiązań projektowych z różnych standardów z uwagi na różnice występujące między nimi, np. odniesienie do źródeł wody czy parametrów chronionych przestrzeni. W przypadku gdy urządzenie zostało prawidłowo zaprojektowane, wykonane i jest regularnie kontrolowane, można przyjąć, że w większości przypadków pożar zostanie ugaszony przez niewielką liczbę tryskaczy.

Tryskacze pełnią istotną rolę w instalacjach stałych urządzeń gaśniczych. Powodują one aktywację urządzenia w początkowej fazie rozwoju pożaru, kiedy zostanie osiągnięta znamionowa temperatura zadziałania w sąsiedztwie tryskacza. Następuje wówczas pęknięcie szklanej ampułki wypełnionej cieczą (tryskacze ampułkowe) lub rozłączenie się połączonych blaszek (tryskacze topikowe) stanowiących element termoczuły tryskacza, co umożliwi wypływ wody z instalacji. Pełni on dwie zasadnicze funkcje: detekcji (wykrywania) i gaszenia pożaru. Rozróżnia się różne czułości termiczne tryskaczy ampułkowych, które są uzależnione od grubości ampułki – w tryskaczach szybkiego reagowania wynosi ona 3 mm, w tryskaczach specjalnego reagowania – 4 mm, zaś w tryskaczach normalnego reagowania – 5 mm. W przypadku tryskaczy topikowych należy polegać na oznaczeniu naniesionym na korpus lub deflektor. Tryskacze topikowe szybkiego reagowania posiadają oznaczenia FR (Fast Response) lub QR (Quick Response), natomiast tryskacze normalnego reagowania mają skrót SR (Standard Response). W jednym obszarze należy instalować tryskacze o tym samym wskaźniku czasu zadziałania. W przeciwnym wypadku, w niekorzystnych warunkach, mogłoby zdarzyć się, że tryskacz znajdujący się w pobliżu pożaru otworzy się później niż tryskacze sąsiednie o niższym wskaźniku czasu zadziałania [1-5].

Urządzenia przeciwpożarowe (w tym również urządzenia tryskaczowe) w obiekcie powinny być wykonane zgodnie z projektem uzgodnionym pod względem ochrony przeciwpożarowej, a warunkiem dopuszczenia go do użytkowania jest przeprowadzenie odpowiednich prób i badań, potwierdzających prawidłowość jego działania. W chwili obecnej istnieje kilka standardów projektowania stałych urządzeń gaśniczych tryskaczowych. Pamiętać należy, że w celu prawidłowego zaprojektowania instalacji tryskaczowej, oprócz posiadanej wiedzy na temat danego standardu projektowania, niezbędna jest znajomość podstawowych parametrów charakteryzujących

tryskacz i jego pracę. Obok podstawowych informacji opisujących każdy tryskacz omówionych poprzednio (np. orientacja tryskacza, średnica przyłącza, szybkość reagowania, wykończenie czy temperatura działania) istnieje kilka parametrów charakteryzujących jego pracę. Jedną z kluczowych cech tryskaczy jest ich współczynnik K (stała wypływu), opisujący ilość wody wypływającej z tryskacza przy określonym ciśnieniu, wyrażona w ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1/2}$). Współczynnik ten powinien zawierać się z zakresie podanym w tab. 1 i określa się go ze wzoru [6]:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad (1)$$

gdzie: P – ciśnienie [bar]

Q – natężenie przepływu [l/min]

Tabela 1. Wartość współczynnika K [13]

Średnica nominalna otworu mm	Współczynnik K [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{bar}^{-1/2}$]	
	Tryskacze inne niż suche	Tryskacze suche
10	57 ± 3	57 ± 5
15	80 ± 4	80 ± 6
20	115 ± 6	115 ± 9

Konstrukcja tryskacza, a właściwie jego deflektora, wpływa na ukierunkowanie strumienia wypływającej wody a także decyduje o sposobie jej rozpraszania. Element ten ma wpływ na wartość parametrów strumienia rozpylonego, a w szczególności na intensywność zraszania powierzchni chronionej. Żadne normy ani wytyczne nie precyzują, jak kształt deflektora zwanego inaczej rozpryskiwaczem wpływa na wartość tego parametru, a więc tym samym również na skuteczność gaśniczą całego urządzenia. W pracy przeprowadzono analizę porównawczą wybranych pięciu tryskaczy dopuszczonych i stosowanych obecnie w ochronie przeciwpożarowej poprzez zbadanie rozkładu ich intensywności zraszania powierzchni chronionej zgodnie z normą PN-EN 12259-1:2005.

2. PRZEDMIOT BADAŃ

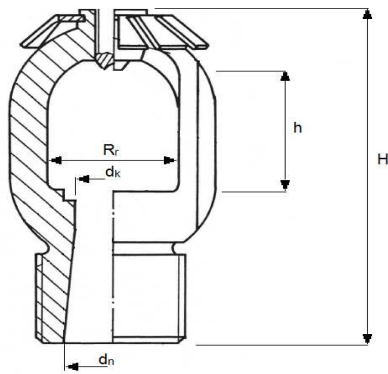
Schemat przedmiotu badań (tryskacza) widziany z boku i z góry wraz z niezbędnymi wymiarami został pokazany na rys. 1 i 2. Badania powierzchni zraszania, na podstawie których dokonano obliczeń intensywności zraszania tryskaczy, wykonano dla następujących typów tryskaczy wiszących (najpierw podano nazwę producenta, a potem model):

1. Central Sprinkler, model S15.
2. Viking Corporation, model M.
3. Grinnell, model A.

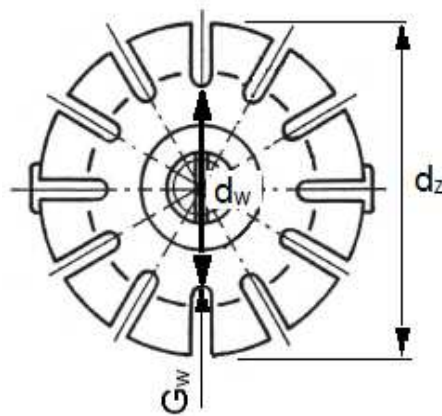
4. Maxim GmbH, model MX-5.
5. Armco, model TP-15.

Podstawowe dane dotyczące wyżej wymienionych tryskaczy zostały podane w pracy [7]. Przykładowy widok jednego z badanych tryskaczy pokazano na rys. 3.

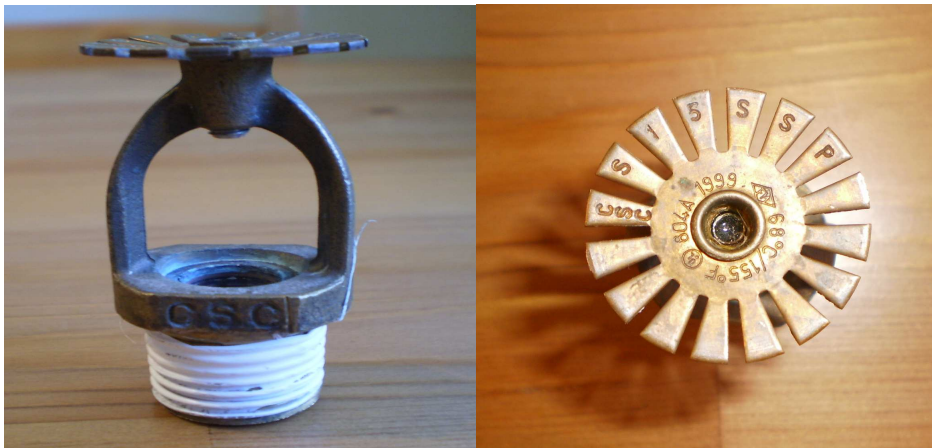
W czasie pomiarów tryskacza TP-15 firmy Armco stwierdzono, że średnica dyszy wylotowej (kryzy) jest znacznie mniejsza niż w przypadku pozostałych mierzonych tryskaczy. Ponieważ decyduje ona o wartości współczynnika K w celu jego dokładnego określenia przeprowadzono dodatkowe badanie.



Rys.1. Widok tryskacza z boku [7]



Rys.2. Widok tryskacza z góry [7]



Rys.3. Widok tryskacza Central Sprinkler S15 z boku i z góry [7]

3. OPIS METODY I STANOWISKA BADAWCZEGO

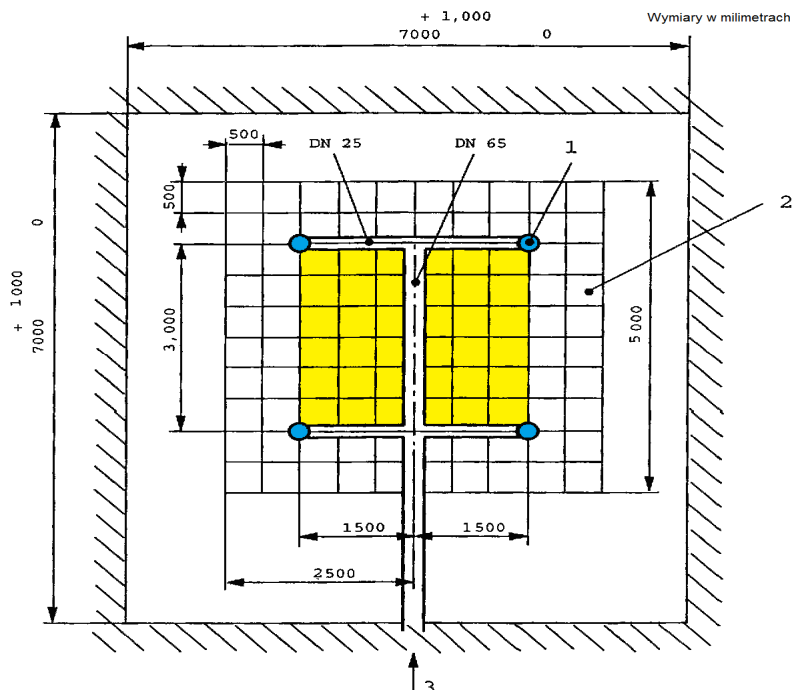
Badania rozpraszania wody z tryskaczy na podstawie którego określa się wartość intensywności zraszania przeprowadzono w oparciu o załącznik D normy PN-EN 12259-1:2005 [13].

Badania wykonywano dla czterech zraszaczy tego samego rodzaju, rozmieszczonych w rogach kwadratu, na przygotowanym do tego celu układzie rur. Strzemiiona tryskaczy były ustawione równoległe do rur zasilających.

Stanowisko laboratoryjne składało się z:

- a) komory do badań o wymiarach 7 m x 7 m x 3 m,
- b) fragmentu instalacji tryskaczowej (rura zbiorcza, rury rozprowadzające, gwintowane gniazda),
- c) zestawu hydroforowego ZH-ICL firmy InstalCompact (o wydajności 600 dm³/min)
- d) przepływomierza turbinowego PT 50-800,
- e) tac do zbierania wody (podstawa kwadratu o boku równym 500 mm ± 10 mm),
- f) zestawu komputerowego PC z kartą pomiarową PCL-711 oraz oprogramowaniem Advantech Genie Runtime,
- g) przetwornika przemieszczeń liniowych PIS-100 DC/DC.

Powierzchnia pomiarowa wynosiła 9 m², co odpowiada rozstawowi tryskaczy 3 m x 3 m. Szczegółowy sposób rozmieszczenia układu rur, tryskaczy i pojemników przedstawiono na rys. 3. Tryskacze umieszczono w ten sposób, aby odległość między sufitem a rozpryskiwaczem wynosiła (275 ± 5) mm. Wodę zbierano w czasie od 2 do 3 min, który gwarantował uzyskanie zadowalającego, uśrednionego w czasie, wyniku pomiaru z każdej przeznaczony do gromadzenia rozpraszanej wody powierzchni. Minimalny wymagany normatywnie czas zbierania wody wynosił 2 min. Przed badaniami każdy pojemnik pomiarowy został oznakowany kolejnymi numerami od 1,1 do 10,10. Wodę zbierano do kwadratowych pojemników pomiarowych, których górna krawędź była oddalona od sufitu o 2,7 ± 0,025 m. Wysokość napełnienia pojemników pomiarowych mierzono za pomocą przetwornika przemieszczeń liniowych PIS-100 DC/DC, podłączonego do zestawu komputerowego zawierającego kartę pomiarową PCL-711. Pomiar wykonywany był w momencie, gdy czujnik położenia przesłał do układu pomiarowego sygnał cyfrowy wytwarzany w wyniku zetknięcia igiełek czujnika z powierzchnią wody. Każdy wynik pomiaru zapisywał program komputerowy Advantech Genie Runtime, współpracujący z urządzeniem PIS-100 DC/DC [19-20]. Dane otrzymane na podstawie pomiaru powierzchni zraszania tryskaczy użyto do obliczenia intensywności zraszania. Norma PN-EN 12845+A2:2010 podaje, że jest to „*minimalne natężenie wypływu wody, wyrażone w milimetrach na minutę, wyznaczone jako ilość wody wypływającej z określonej grupy tryskaczy, w litrach na minutę, podzielona przez powierzchnię chronioną, w metrach kwadratowych*”. Minimalne wartości tego parametru podano w tab. 2.



Rysunek 3. Plan komory badań do zbierania rozproszonej wody (1 – tryskacz, 2 – pojemnik pomiarowy, 3 – kierunek przepływu wody) [7]

Tabela 2. Parametry rozpraszania wody [13]

Nominalna średnica otworu	Natężenie przepływu przez tryskacz	Powierzchnia mierzona	Rozstaw tryskaczy	Intensywność zraszania	Maksymalna liczba pojemników z mniejszą ilością wody
mm	l/min	m ²	m	mm/min	
10	50,6	20,25	4,5	2,5	8
15	61,3	12,25	3,5	5,0	5
15	135,0	9,00	3,0	15,0	4
20	90,0	9,00	3,0	10,0	4
20	187,5	6,25	2,5	30,0	3

Przy pomocy przetwornika przemieszczeń liniowych otrzymywano grubość warstwy wody zgromadzoną na określonej powierzchni chronionej (powierzchni jednej tacy pomiarowej) wyrażoną w mm. W wyniku podzielenia tej wartości przez czas, w którym zbierano wodę (min), otrzymano intensywność zraszania dla poszczególnych pojemników pomiarowych, wyrażoną w mm/min. Wzór obliczeniowy podano poniżej:

$$I = \frac{L}{t} \quad (2)$$

gdzie: I – intensywność zraszania w danym pojemniku pomiarowym [mm/min],
L – grubość warstwy wody w pojemniku pomiarowym [mm],
t – czas podawania wody [min]

Dla następujących warunków:

- nominalnej średnicy otworu - 15 mm,
- natężeniu przepływu wody przez tryskacz – 135 l/min,
- powierzchni mierzonej – 9 m²,
- rozstawu tryskaczy – 3,0 m,

intensywność zraszania powierzchni, według tab. 2, powinna wynosić **15,0 mm/min**. Liczba pojemników, w których ilość wody odpowiada wartości intensywności zraszania mniejszej niż 50% wartości określonej powyżej, powinna być nie większa niż **4**. **Jeżeli ilość tych pojemników dla powierzchni pomiarowej zostanie przekroczona uznaje się, że tryskacze nie posiadają wymaganej intensywności zraszania.**

4. OPIS BADAŃ

Zgodnie z metodyką opisaną w rozdziale 5 realizacja badania grubości wody zgromadzonej z tacach pomiarowych (poziomu zraszania powierzchni) w systemie kontrolno-pomiarowym obejmuje dwa główne etapy:

1. Przygotowanie stanowiska pomiarowego w laboratorium:

- a) zainstalowanie czterech tryskaczy tego samego rodzaju, rozmieszczonych w rogach kwadratu,
- b) umieszczenie pojemników pomiarowych w komorze badawczej,
- c) podłączenie przepływomierza turbinowego PT 50-800 i ustawienie wielkości przepływu wynoszącej 540 l/min (135 l/min x 4 tryskacze),
- d) podłączenie do komputera PC czujnika przemieszczeń liniowych PIS-100 DC/DC,
- e) połączenie układu pomiarowego i włączenie zasilania komputera PC na stanowisku,
- f) włączenie komputera i uruchomienie programu do pomiaru poziomu zraszania, Przed rozpoczęciem procesu pomiarowego do okna dialogowego wpisywane są następujące parametry początkowe:
 - typ i wielkość tryskacza
 - czas podawania wody [min]
 - wymagana intensywność zraszania [mm/min]
 - minimalna intensywność zraszania [mm/min]
 - przepływ wody [litr/min]
 - wysokość zawieszenia
 - prowadzący badania
 - producent / uwagi

- g) po włączeniu zasilania dioda LED w module wejściowym powinna zacząć świecić sygnalizując zasilanie toru pomiarowego przetwornika położenia PIS-100 DC/DC,
- h) odkręcenie tulejki ochronnej zabezpieczającej element ruchomy przed udarami mechanicznymi,
- i) sprawdzenie czy moment zetknięcia igiełek z powierzchnią wody sygnalizowany jest przy pomocy diody umieszczonej w czujniku położenia systemu pomiarowego (dioda zapala się na czerwono) oraz za pomocą sygnału dźwiękowego.

2. Przebieg badania:

- a) włączenie zasilania wodnego (zestaw hydroforowy ZH-ICL),
- b) kontrolowanie przy pomocy przepływomierza turbinowego PT 50-800 wymaganego natężenie przepływu – 540 l/min,
- c) zanotowanie ciśnienia w sieci tryskaczowej,
- d) zbieranie wody wypływającej z czterech tryskaczy przez okres 2-3 min do 10 wanien pomiarowych o wymiarach 500 x 500 mm, ustawionych pod tryskaczami w 10 rzędach po 10 sztuk w każdym rzędzie,
- e) uruchomienie programu Advantech Genie Runtime i pomiar grubości warstwy wody w pojemnikach pomiarowych przy pomocy elektronicznego czujnika przemieszczeń,
- f) zapisanie wyników pomiarów w notatniku oraz w edytorze graficznym „PaintShopPro”.

Wyniki pomiarów przetworzono za pomocą programu Genie, a następnie poddano obróbce w programie Surfer.

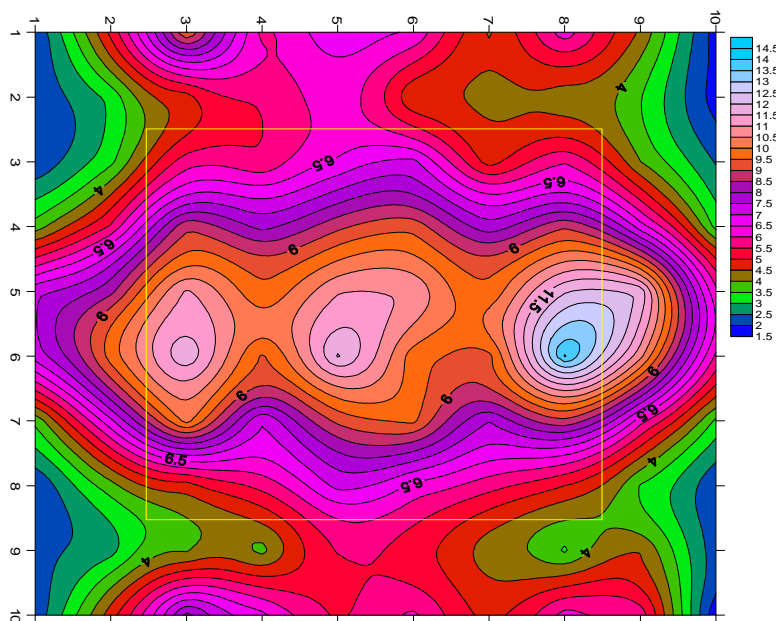
5. WYNIKI BADAŃ

W pierwszej kolejności dokonano pomiaru grubości warstwy wody zebranej do tac pomiarowych (poziomu zraszania tryskaczy) za pomocą przetwornika przemieszczeń liniowych typu PIS-100 DC/DC (mm). Następnie podzielono te wartości przez czas podawania wody (min).

W tabelach 3-7 zamieszczono obliczone wartości intensywności zraszania dla badanych tryskaczy. Tryskacze poddane badaniom rozmieszczone zostały w rogach prostokąta, a cały czerwony obszar oznacza powierzchnię uwzględnioną w obliczeniach. Rozstawy tryskaczy i pojemników pomiarowych były zgodne z opisem zawartym w punkcie 3 oraz z rys. 3. natomiast na rys. 4-8 pokazano graficzne rozkłady intensywności otrzymane przy pomocy programu Surfer.

Tabela 3. Wartości intensywności zraszania w mm/min dla tryskacza Central Sprinkler [7]

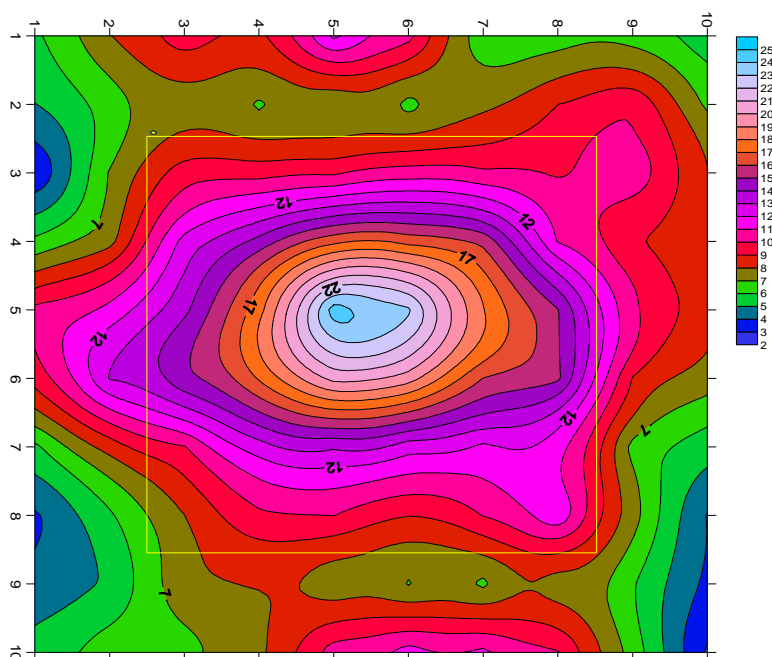
Typ tryskacza	DN 15		Czas podawania wody (min)				2		Ciśnienie (bar)		5,1
Współczynnik K	80		Powierzchnia działania (m ²)				9		Wydatek (dm ³ /min)		540
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
1.	2,07	2,19	2,11	3,73	7,38	7,21	3,61	2,05	2,36	2,16	
2.	5,14	3,14	3,38	5,57	8,34	9,73	6,87	3,82	2,81	4,78	
3.	9,54	4,78	5,79	8,9	11,07	11,86	10,20	4,77	3,94	8,18	
4.	5,86	5,58	5,58	7,85	9,58	9,44	7,01	5,69	3,83	6,64	
5.	6,93	6,32	6,58	8,87	10,96	12,06	9,13	7,17	5,54	5,41	
6.	6,47	4,55	7,14	9,33	10,93	9,72	9,62	6,35	5,19	6,11	
7.	4,45	4,39	4,77	7,70	9,59	9,35	7,52	5,71	4,23	4,81	
8.	6,29	4,27	5,96	8,92	11,93	14,05	8,87	5,00	3,42	6,22	
9.	4,42	3,54	4,01	6,73	11,85	10,66	6,19	3,46	4,49	5,83	
10.	1,77	1,77	2,46	3,33	6,09	5,9	3,39	2,09	2,23	1,61	



Rysunek 4. Rozkład intensywności zraszania tryskacza Central Sprinkler S15 [7]

Tabela 4. Wartości intensywności zraszania w mm/min dla tryskacza Viking M [7]

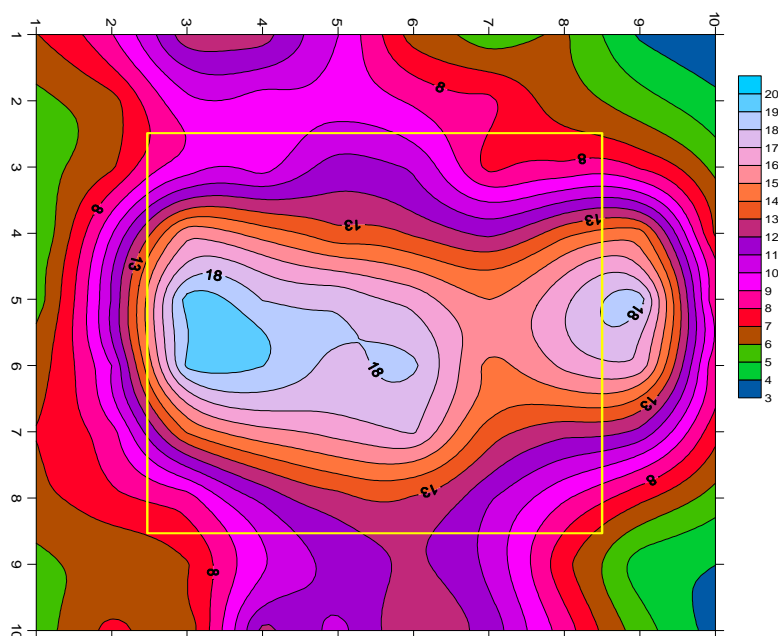
Typ tryskacza	DN 15		Czas podawania wody (min)				3	Ciśnienie (bar)		5
Współczynnik K	80		Powierzchnią działania (m ²)				9	Wydatek (dm ³ /min)		540
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	5,81	4,98	3,09	6,23	10,27	9,38	5,77	3,85	4,29	5,46
2.	7,96	6,44	7,09	7,61	11,29	13,07	8,43	5,85	5,15	6,58
3.	9,56	7,63	9,53	12,38	13,72	14,75	9,92	7,99	7,78	6,66
4.	8,76	6,84	9,59	14,32	17,61	17,12	12,55	9,82	8,06	7,78
5.	12,28	7,22	9,81	16,68	24,52	20,33	13,16	10,02	7,38	10,50
6.	10,36	6,71	10,50	16,60	23,16	19,48	12,44	9,03	6,93	11,43
7.	6,32	7,80	10,16	15,73	18,05	15,97	11,78	10,06	6,77	11,24
8.	6,53	8,99	9,89	10,91	15,03	15,20	11,36	11,80	7,55	10,07
9.	6,60	9,88	10,69	9,05	10,25	8,93	6,64	7,45	6,10	6,60
10.	5,33	6,78	8,04	8,16	8,60	7,58	5,47	3,95	3,79	2,85



Rysunek 5. Rozkład intensywności zraszania tryskacza Viking M [7]

Tabela 5. Wartości intensywności zraszania w mm/min dla tryskacza Grinnell A [7]

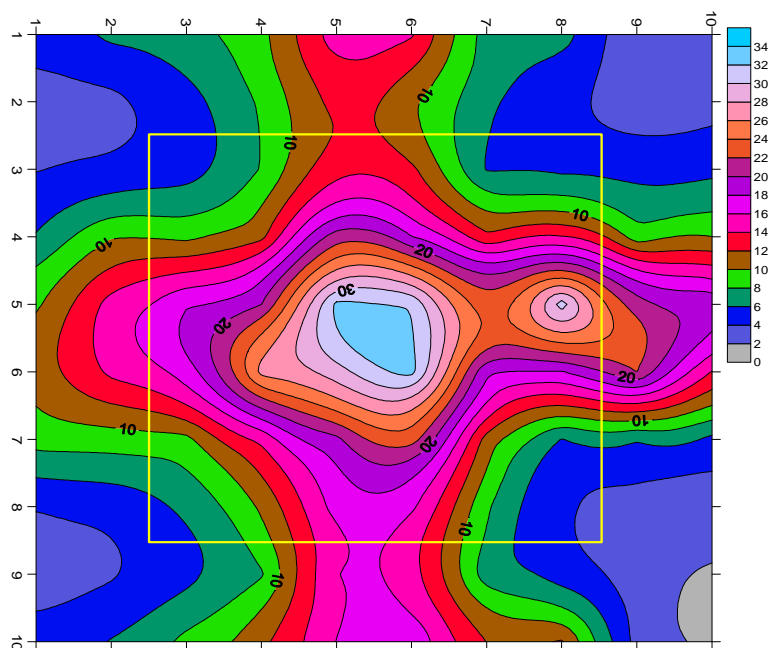
Typ tryskacza	DN 15		Czas podawania wody (min)				2,5	Ciśnienie (bar)		5
	Współczynnik K		Powierzchnia działania (m ²)				9	Wydatek (dm ³ /min)		540
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	6,96	5,73	5,62	5,01	5,48	6,50	7,06	6,77	5,72	5,53
2.	8,94	6,58	6,82	9,91	11,06	9,98	8,61	7,78	6,23	7,36
3.	12,68	9,80	9,46	15,72	19,44	19,24	14,10	8,52	6,92	6,34
4.	12,44	9,49	9,50	14,52	17,95	19,03	15,70	11,25	9,85	12,33
5.	10,02	9,63	11,52	13,26	17,78	17,61	16,37	12,63	11,21	10,68
6.	6,52	8,85	10,88	12,83	16,68	18,20	17,13	12,88	12,10	12,96
7.	5,40	8,27	7,66	11,74	14,99	14,69	13,49	11,12	10,72	11,66
8.	6,14	6,50	8,22	13,69	16,76	16,22	12,30	9,14	7,24	8,56
9.	3,86	5,41	7,86	14,46	18,56	16,72	11,75	7,27	4,46	5,55
10.	3,17	4,28	5,70	6,81	8,15	8,18	7,32	5,58	4,01	3,64



Rysunek 6. Rozkład intensywności zraszania tryskacza Grinnell A [7]

Tabela 6. Wartości intensywności zraszania w mm/min dla tryskacza Minimax MX-5 [7]

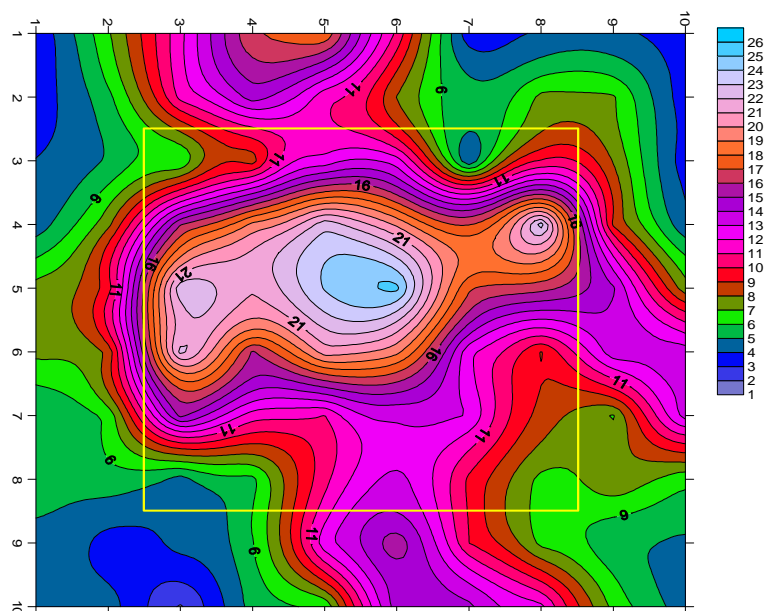
Typ tryskacza	DN 15			Czas podawania wody (min)			2,5	Ciężnienie (bar)		5,2
Współczynnik K	80			Powierzchnia działania (m ²)			9	Wydatek (dm ³ /min)		540
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	5,14	2,98	3,92	6,13	9,66	11,00	8,80	4,13	3,10	4,86
2.	6,40	3,55	4,50	9,86	14,78	14,44	9,04	4,73	3,82	6,11
3.	7,25	5,33	5,23	9,51	17,84	17,01	9,42	6,52	5,48	8,56
4.	9,46	8,34	8,14	11,43	19,95	26,59	14,50	10,38	7,76	11,53
5.	15,04	12,52	13,32	21,02	32,45	29,06	19,43	16,73	15,92	16,06
6.	14,24	10,30	12,41	18,07	31,66	32,62	22,88	16,39	14,74	17,57
7.	7,19	6,50	5,86	12,43	22,94	18,37	11,14	8,36	6,89	11,97
8.	6,84	4,59	5,65	14,14	31,00	17,87	5,91	4,36	5,07	12,22
9.	2,33	3,08	5,38	8,84	20,90	22,04	6,22	3,76	2,92	3,35
10.	2,36	3,40	5,55	10,02	19,54	13,91	5,48	2,99	1,88	1,45



Rysunek 7. Rozkład intensywności zraszania tryskacza Minimax MX-5 [7]

Tabela 7. Wartości intensywności zraszania w mm/min dla tryskacza Armco TP-15 [7]

Typ tryskacza	DN 15		Czas podawania wody (min)				2	Ciśnienie (bar)		6,8
Współczynnik K	55		Powierzchnia działania (m ²)				9	Wydatek (dm ³ /min)		516
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1.	3,2	3,52	4,04	4,44	7,4	7,3	5,12	5,52	4,84	4,04
2.	6,84	5,72	5,12	7,72	9,52	8,24	6,24	5,68	3,6	4,48
3.	11,68	11,32	6,04	15,96	22,76	22,32	15,24	4,52	4,36	1,88
4.	16,88	14,52	8,52	19,32	21,00	15,84	11,48	5,72	5,92	5,40
5.	17,88	11,28	12,38	22,68	24,08	20,52	10,96	10,68	12,68	6,00
6.	10,76	7,96	12,52	19,80	25,28	19,28	13,20	13,28	15,60	14,52
7.	3,36	5,40	4,00	16,96	17,12	12,24	12,96	9,80	10,00	14,24
8.	4,08	7,28	10,08	23,48	16,32	8,92	8,68	6,72	6,72	12,28
9.	4,16	7,12	7,92	8,80	14,14	13,64	6,88	8,00	5,20	6,72
10.	3,40	3,44	3,48	4,24	7,36	13,52	13,44	6,24	4,84	4,52



Rysunek 8. Rozkład intensywności zraszania tryskacza Armco TP-15 [7]

Dla pojemników znajdujących się w granicach powierzchni pomiarowej 9 m^2 (36 szt. pojemników) oznaczonych w tabelach kolorem czerwonym, obliczono następujące wielkości:

a) średnią intensywność zraszania I_{sr} ze wzoru:

$$I_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad (3)$$

gdzie: I_i – intensywność zraszania w i -tym pojemniku pomiarowym (mm/min),
 n – ilość pojemników pomiarowych równa 36

b) odchylenie standardowe ze wzoru:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - I_{sr})^2}{n}} \quad (4)$$

c) ilość pojemników z zawartością wody mniejszą niż 50% wymaganej intensywności zraszania (zgodnie z normą wymagana intensywność zraszania równa jest 15 mm/min), a więc z ilością mniejszą niż 7,5 mm/min

Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 8.

Pożądane jest, aby uzyskane wartości miały jak najwyższą średnią intensywność zraszania, jak najmniejsze odchylenie standardowe oraz jak najmniejszą liczbę pojemników z wartością intensywności zraszania mniejszą niż połowa intensywności zraszania. Zgodnie z wymaganiami normowymi konieczne jest, aby liczba pojemników z wartością intensywności zraszania mniejszą niż 7,5 mm/min nie była większa niż 4 dla powierzchni działania wynoszącej 9 m^2 [11].

Tabela 8. Wyników obliczeń uzyskane na podstawie otrzymanych rezultatów badań różnych typów tryskaczy [7]

Typ tryskacza	Średnia intensywność zraszania [mm/min]	Odchylenie standardowe [mm/min]	Liczba pojemników z ilością wody mniejszą niż 50% wymaganej intensywności zraszania
Central Sprinkler, model S15	8,47	3,34	13
Viking, model M	13,64	4,09	0
Grinnell, model A	13,95	3,38	0
Minimax, model MX-5	16,13	8,35	6
Armco, model TP-15,	13,7	5,67	5

6. WNIOSKI

W wyniku badań laboratoryjnych przeprowadzonych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwopozarowej – Państwowym Instytucie Badawczym (CNBOP-PIB) w Józefowie koło Otwocka, w sposób i na zasadach opisanych w niniejszej pracy, wyciągnięto szereg wniosków dotyczących współczynnika przepływu K oraz rzeczywistych parametrów strumienia rozpylonego a w szczególności intensywności zraszania powierzchni chronionej i ich porównania z wymaganiami zawartymi w normach i rozporządzeniach. Sformułowane zostały następujące wnioski:

1. Deklarowany przez producenta współczynnik K równy 80 dla tryskacza Armco TP-15 okazał się nieprawdziwy. Po przeprowadzeniu serii dodatkowych badań ustalono, że dla tryskacza TP-15 wyniósł on 55 (l/min·bar^{1/2}). Miało to istotny wpływ na badany parametr intensywności zraszania. Podczas wykonywania badań maksymalny przepływ, jaki można było osiągnąć, wyniósł ok. 515 l/min a powinien 540 l/min. Ponadto odnotowano bardzo wysokie ciśnienie we fragmencie instalacji tryskaczowej, które wyniosło prawie 7 bar (standardowo powinno to być ok. 5 bar). Strumień rozpylanej wody był niemal równomiernie rozpryskiwany we wszystkich kierunkach, ale ponieważ wyniki tego tryskacza nie są miarodajne, nie uwzględniano ich w dalszej części wniosków.
2. Dla powierzchni działania 9 m² wszystkie typy tryskaczy uzyskały zadawalające wyniki intensywności zraszania. Jednakże spośród rozpatrywanych tryskaczy tylko 2 typy spełniły warunek mówiący, że liczba pojemników z ilością wody mniejszą niż 50 % wymaganej intensywności zraszania (wymagana intensywność zraszania wynosi 15 mm/min) powinna być nie większa niż 4. Tymi tryskaczami są: Viking model M oraz Grinnell A. Konstrukcje deflektorów tych 2 typów tryskaczy są zadowalające i nie wymagają ingerencji w ich budowę. W przypadku pozostałych wymagane jest dokonanie zmian konstrukcyjnych deflektorów, które polepszą uzyskany parametr intensywności zraszania powierzchni i zmniejszą liczbę pojemników z ilością wody mniejszą niż 50 % wymaganej intensywności zraszania.

3. Analizując średnią intensywność zraszania pojemników z powierzchni pomiarowej 9 m² dla wszystkich tryskaczy stwierdzono, że najwyższą jej wartość posiada tryskacz Minimax model MX-5.
4. Najmniejszą wartością odchylenia standardowego charakteryzuje się tryskacz Grinnell model A. Świadczy to o tym, że we wszystkich pojemnikach pomiarowych zgromadzono podobną ilość wody. Wynika z tego, że posiada on największą równomierność zraszania.
5. Niepokojący jest fakt występowania nadmiernej liczby pojemników pomiarowych z bardzo niską wartością intensywności zraszania w przypadku tryskacza Minimax model M oraz tryskacza Central Sprinkler S15. Sytuacja taka świadczy o niepoprawnej konstrukcji rozpryskiwacza tryskacza, ponieważ duża część powierzchni działania nie jest odpowiednio pokryta wodą i występują w niej znaczące przestrzenie niezabezpieczone w należyty sposób.
6. W przypadku niemal wszystkich tryskaczy (nie dotyczy tryskacza Armco) największą ilość wody zgromadziły pojemniki pomiarowe zlokalizowane na środku powierzchni działania 9 m² ze względu na fakt nakładania się rozpylanych strumieni wody z sąsiednich tryskaczy.
7. Podczas badań zaobserwowano, że zgodnie z danymi literaturowymi, tryskacze kierowały około 80% całkowitego wypływu w dół, przy czym niewielka ilość wody zraszała sufit. Ponadto część rozpylanej wody zraszała ściany stanowiska badawczego, co oznacza, że część wody została wylana poza tace pomiarowe.
8. Podczas badania zaobserwowano fakt, że zaraz po wyłączeniu zasilania wodnego, nastąpił swobodny (grawitacyjny) wypływ wody do tac pomiarowych znajdujących się tuż pod tryskaczem. Fakt ten mógł spowodować zwiększenie w niewielkim stopniu ilości wody w tych pojemnikach.
9. Na otrzymane wyniki wpływ mogły mieć następujące czynniki:
 - wadliwe działanie przetwornika przemieszczeń liniowych PIS-100 DC/DC (zamoczenie urządzenia prowadzić mogło do błędnego odczytanie wyników),
 - niedokładne rozstawienie pojemników pomiarowych w komorze badawczej,
 - niedokładnego rozstawienia tryskaczy (strzemiona tryskaczy mogły nie być ustawione idealnie równoległe do rur zasilających – największy znaczenie ma to w przypadku tryskaczy wiszących).

Dokonując wyboru pomiędzy badanymi tryskaczami trudno jest stwierdzić i wybrać najlepszą konstrukcję rozpryskiwacza tryskacza. Jednak po głębszej analizie można stwierdzić, że najlepsze wyniki uzyskano dla tryskaczy: Viking model M oraz Grinnell model A. Warto w tym miejscu nadmienić, że nie ma jedynej, najlepszej i uniwersalnej konstrukcji deflektora tryskacza. Należy tylko pamiętać, aby wybierać wyłącznie tylko te tryskacze, które posiadają odpowiednie parametry (m.in. odpowiednią intensywność zraszania powierzchni), tak aby spełniały należycie swoją funkcję w miejscu instalacji.

Przeprowadzone ćwiczenie pokazuje, że stosowanie urządzeń tryskaczowych jako jednego ze sposobów zwalczania pożarów jest bardzo korzystne z wielu względów, nie tylko ekonomicznych. Głównym argumentem przemawiającym za tym jest znaczne zmniejszenie czasu lokalizacji i opanowania pożaru. Będzie on znacznie dłuższy, w przypadku gdy mamy do czynienia ze „standardowym” przyjazdem jednostek na miejsce zdarzenia, przeprowadzeniem rozpoznania oraz akcji gaśniczej.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Gagnon R. M.: *Designer's Guide to Automatic Sprinkler Systems*, National Fire Protection Association, Quincy/Massachusetts 2005.
- [2] Golden Software, Inc.: *Surfer 8. Contouring and 3D surface map ping for scientists and engineers*, Golden/Colorado 2002.
- [3] Lindner J., Struś W.: *Przeciwożarowe urządzenia i instalacje wodne*, wyd. II uzupełnione, Warszawa 1977.
- [4] Nash P., Young R.A.: *Automatic sprinkler systems for fire protection*, 2nd edition, Hertfordshire 1991.
- [5] Puchovsky M. T.: *Automatic Sprinkler Systems Handbook*, Eight Edition, National Fire Protection Association, Quincy/Massachusetts 1999.
- [6] Świetnicki J.: *Rodzaje i podstawowe parametry tryskaczy*, „Ochrona przeciwpożarowa” 2004, nr 3, s. 28-32.
- [7] Wawerek, M.: *Badanie wpływu konstrukcji deflektora tryskacza na parametry strumienia rozpylonego*, Praca magisterska, SGSP 2011.
- [8] Woźny G. *Dobór tryskaczy*, IV konferencja szkoleniowa „Stale urządzenia gaśnicze (SUG)”, CNBOP Józefów 2004.
- [9] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 81, poz. 351 z późn. zm.).
- [10] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719).
- [11] FM Approvals *Approval Standard for Automatic Control Mode Sprinklers for Fire Protection. Class Number 2000*, 2006.
- [12] NFPA 13: *Standard for the installation of sprinkler systems, edition 2010*, Massachusetts, USA 2010.
- [13] PN-EN 12259-1:2005 *Stale urządzenia gaśnicze. Podzespoły urządzeń tryskaczowych i zraszaczowych. Część 1: Tryskacze*.
- [14] PN-EN 12845+A2:2010 *Stale urządzenia gaśnicze. Automatyczne urządzenia tryskaczowe. Projektowanie, instalowanie i konserwacja*.
- [15] VdS CEA 4001 *Richtlinien für Sprinkleranlagen. Planung und Einbau*, Köln 2010.
- [16] VdS 2245 *Rules for water extinguishing systems. Specifications and testing methods for component parts*, edition 5/89, Cologne.
- [17] Instrukcja stanowiskowa IS/BS/18: *Instrukcja obsługi stanowiska do badania rozpraszania wody z tryskaczy*, CNBOP Józefów 2006.
- [18] Karty katalogowe tryskaczy będących przedmiotem badań.
- [19] *Komputerowe pomiary poziomu zraszania tryskaczy*, CNBOP Józefów 2004.
- [20] Procedura badawcza nr PB/BS/36, *Badanie tryskaczy*, CNBOP Józefów 2009.