

W sierpniowym numerze „Przeglądu Pożarniczego” przedstawione zostały podstawy wykorzystania wentylatorów w działaniach ratowniczo-gaśniczych. Czas, by przyjrzeć się taktyce. Tym razem oprócz informacji teoretycznych przedstawię także praktyczne wnioski.

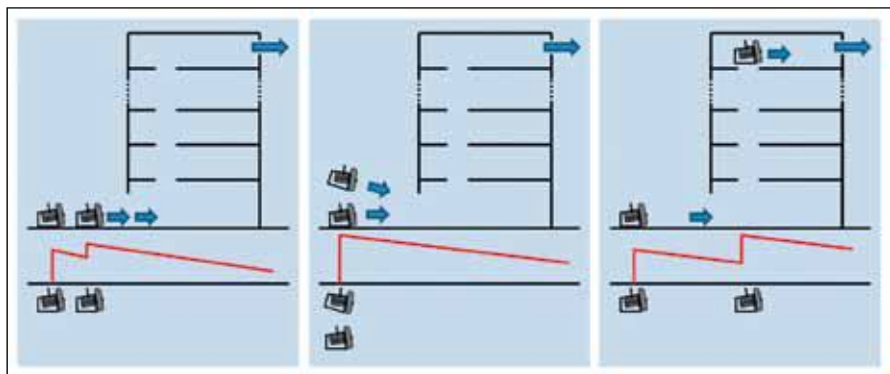
**W** stosowaniu wentylacji naciśnieniowej niezwykle ważne jest miejsce i sposób ustawienia wentylatora lub wentylatorów. Dotyczy to zarówno odległości od otworu wlotowego, kąta nachylenia jak i ustawienia urządzeń względem siebie. Badania przeprowadzone w jednej z hal testowych producenta wykazały, że różne ustawienia powodują różny rozkład ciśnień wzdłuż ścieżki przepływu. Zależności te obrazuje rysunek. Dowódca może więc wybrać konfigurację najlepiej pasującą do danego zdarzenia.

Trzeba pamiętać, że w związku z wytwarzaniem naciśnienia i wtłaczaniem do wnętrza pomieszczenia dużych ilości powietrza wentylacja naciśnieniowa nie powinna być stosowana, gdy:

- nie ma możliwości obejścia obiektu lub obejścia go ze wszystkich stron (identyfikacja otworów wlotowych i wylotowych),
- warunki wskazują na zagrożenie backdraftem,
- nie można stworzyć prostego przepływu: jeden wlot – jeden wylot (może istnieć więcej niż jeden otwór wylotowy, jednak wskazane jest, aby otwory wylotowe znajdowały się jak najbliżej ogniska pożaru, najlepiej w tym samym pomieszczeniu, co pozwoli uniknąć przetłaczania gorących gazów pożarowych przez obiekt),
- istnieje ryzyko wtłoczenia dymu do pustych ukrytych przestrzeni (pustki, poddasza, kanały itp.),
- osoby poszkodowane lub strażacy znajdują się między pożarem a otworem wylotowym,
- linie gaśnicze (w natarciu i obronie) nie są gotowe,

**SZYMON KOKOT-GÓRA**

## Poznaj swoje narz



*powyżej:* Różne ustawienia wentylatorów i ich wpływ na rozkład ciśnienia wzdłuż ścieżki przepływu. Kolejno: ustawienie szeregowe w jednym punkcie, ustawienie równoległe (w literę V), ustawienie szeregowe w różnych punktach [1]

*na sąsiedniej stronie:* Wentylacja sekwencyjna: kolejne oczyszczanie poszczególnych pomieszczeń, zgodnie z zamiarem taktycznym kierującego działaniem ratowniczym. Każde wyczyszczone pomieszczenie należy izolować, zabezpieczając przed ponownym zadymieniem. Konieczne jest zabezpieczenie prądem wodnym wylotu z pomieszczenia objętego pożarem (D). Można też zmienić kolejność wentylowanych pomieszczeń: najpierw pomieszczenia 1 i 4 łącznie, a potem kolejne, osobno lub jednocześnie

- wieje silny wiatr od strony wylotu,
- nie można rozpoznać miejsca ogniska pożaru,
- w pobliżu znajduje się ciecz palna lub pył.

### Świadoma wentylacja

Wentylacja pożarowa nabiera coraz większego znaczenia taktycznego podczas zwalczania pożarów. Wielu poważanych ekspertów podkreśla jednak, że decyzja o wentylacji (również naciśnieniowej) musi być świadoma i podyktowana wyraźnymi względami taktycznymi. Paul Grimwood pisze w swojej ostatniej książce o trzech powodach (celach) stosowania wentylacji:

- **wentylacja dla życia** – ogólnie: prowadzona, aby umożliwić lub ułatwić przeszukanie obiektu lub uzyskać dostęp do osób poszkodowanych w pożarze (zadymieniu). Przy użyciu naciśnienia: wentylacja przestrzeni zadymionych w oddaleniu lub w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru ma pozwolić na jak najszybsze dotarcie do osób poszkodowanych i ewakuację poza strefę zagrożenia,
- **wentylacja dla pożaru** – ogólnie: prowadzona, aby poprawić warunki pracy wewnątrz obiektu poprzez obniżenie temperatury i poprawę widoczności. Przy użyciu naciśnienia: wentylacja przestrzeni zadymionych w oddaleniu lub w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru mająca na celu poprawę warunków pracy – zasadniczo

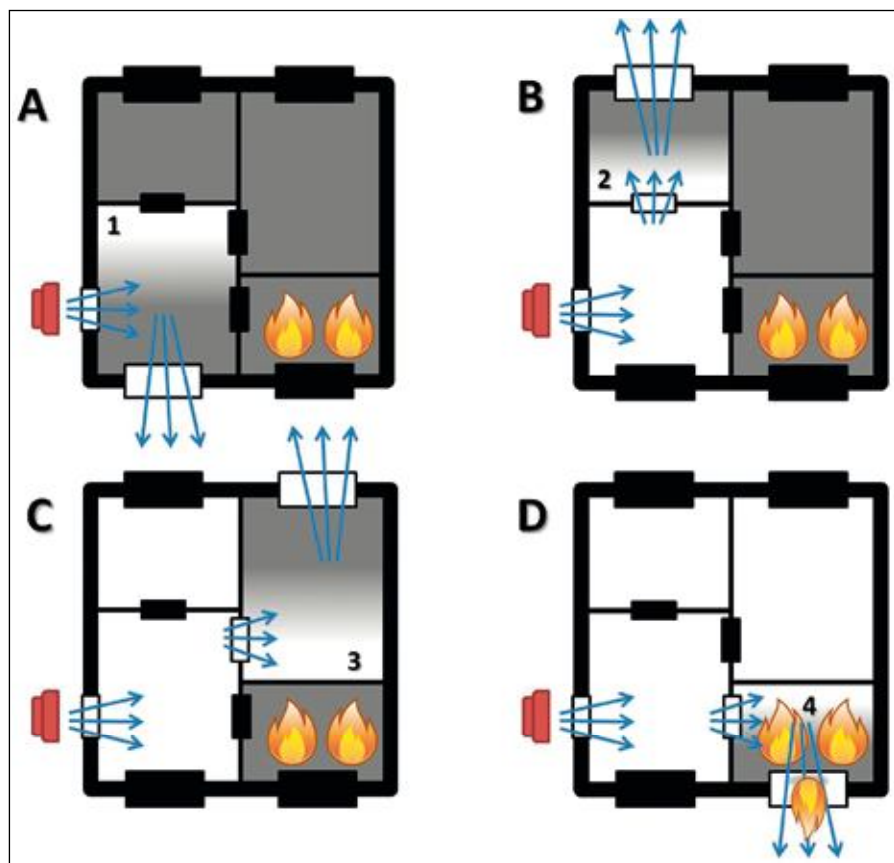
nastawiona na ugaszenie pożaru, a nie ratowanie osób,

• **wentylacja dla bezpieczeństwa** – ogólnie: służy poprawie bezpieczeństwa pracy strażaków. Przy użyciu naciśnienia: wentylacja przestrzeni zadymionych w oddaleniu lub w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru, prowadzona w celu usunięcia dymu i zwiększenia bezpieczeństwa (zmniejszenia ryzyka) pracy wewnątrz obiektu [2].

Przyglądając się powyższym definicjom, łatwo zauważyć ich części wspólne. Rzucą się także w oczy cel stosowania wentylacji naciśnieniowej. Oczywiście niejednokrotnie celów stosowania naciśnienia jest wiele, niemniej jednak rozpoczęcie wentylacji powinno być procesem intencjonalnym, zarządzonym przez kierującego lub wynikającym z przeciwicznych i świadomych algorytmów działania oraz realizowanym w konkretnym celu.

Warto jeszcze wspomnieć o tzw. wentylacji sekwencyjnej, polegającej na kolejnym oddymianiu konkretnych obszarów i zabezpieczeniu tych już oczyszczonych przed ponownym zadymieniem. Działanie takie pozwala na sukcesywne usuwanie dymu z budynku w miarę zyskiwania przewagi taktycznej przy zdarzeniu (rys. na str. 33). Może to być jeden ze sposobów działania. Inny sposób to jednoczesne wentylowanie całej kubatury lub kierunkowanie strugi przepływu przez obiekt według wcześniej założonej ścieżki.

# ędzie pracy (cz. 2)



## Test wentylatorowy

Praktyczna część szkolenia realizowanego w Ośrodku Szkolenia KW PSP w Olsztynie była okazją do przyjrzenia się kilku parametrom wentylatorów, decydującym o łatwości i wygodzie ich użycia. Jednym z ważniejszych jest waga urządzenia. Ona decyduje, czy wentylator zostanie użyty we wczesnej fazie akcji: czy jedna lub dwie osoby mogą go łatwo wyjąć ze skrytki, czy jego transport do miejsca ustawienia jest szybki i prosty, czy waga w połączeniu z gabarytami sprzyja ergonomii użycia (porównajmy wentylator stosunkowo lekki umiejscowiony w skrytce bliżej gruntu i stosunkowo ciężki znajdujący się w skrytce na poziomie wzroku lub wyżej). Jeśli dana jednostka decyduje się na aktywne używanie wentylatorów we wczesnej fazie zwalczania pożaru, to jedynie możliwość wyciągnięcia wentylatora ze skrytki w chwilę po przyjeździe na miejsce zdarzenia ma sens. W przeciwnym

razie na 99 proc. nie zostanie on użyty w tej fazie działania (a więc w trybie natarcia nadciśnieniowego).

Kolejnym istotnym parametrem jest hałas emitowany przez wentylator podczas pracy. Będzie on utrudniał komunikację na miejscu zdarzenia i praktycznie nie ma sposobu na uniknięcie go (poza oddaleniem się użytkownika ra-

diotelefonu). Testy prowadzone podczas szkolenia opierały się jedynie na wrażeniu uczestników – zgodnie przyznali, że najcichszym wentylatorem z testowanych modeli był Ventry 20GX 160, natomiast najgłośniejszy wydawał się Tempest TCA 21H 6,5. Oczywiście istnieją różne modele wskazanych producentów i nowe technologie, dzięki którym hałas jest mniejszy (np. specjalny kształt łopaty w wentylatorach wirnikowych).

Ważna jest także charakterystyka wytwarzanej strugi powietrza – jej kształt i laminarność przepływu. Żeby ją sprawdzić, podawano na element wirujący (zza wentylatora) dym parafinowy z zadymiarce scenicznej. Charakterystyka strugi sprawdzana była za pomocą kawałków papieru toaletowego (doskonale narzędzie diagnostyczne!) i anemometru (fot. poniżej).

Przeprowadzone w ten sposób testy były podstawą określenia kształtu wytwarzanej strugi (patrz cz. 1 artykułu w PP 8/2014) oraz stopnia uporządkowania przepływu, wpływającego na wartość bojową wentylatora bardziej niż deklarowana wydajność. Jeden z producentów wprowadził nawet specjalny parametr – siłę ciągu (ang. *thrust*), aby opisać faktyczną moc swoich urządzeń. U innych producentów brak podobnych parametrów, na szczęście łatwo można skonstruować proste urządzenie pozwalające na porównanie posiadanych wentylatorów pod tym kątem [3].

Na ćwiczeniach sprawdzano także wszystkie wentylatory pod kątem przepływu przez otwór wylotowy przy zmieniającej się odległości urządzenia od otworu wlotowego. Testy zostały przeprowadzone na stanowisku do ćwiczeń zbudowanym z kontenerów morskich (wielokontenerowy symulator gaszenia pożarów wewnętrznych) [4]. Łączna kubatura wentylowanych pomieszczeń wyniosła około 263 m<sup>3</sup>, powierzchnia otworu wlotowego – 1,8 m<sup>2</sup>, otworu wylotowego – 1,96 m<sup>2</sup>. Zgodnie z teorią prezentowaną przez Stefana Svenssona (można poznać ją w PP 7/2014, jak również w jego świetnej książce o wentylacji pożarowej [5]) stosunek powierzchni otworu wylotowego do powierzchni otworu

Badanie charakterystyki strugi wytwarzanej przez wentylator za pomocą tasiemek papierowych



## Wyniki testów przeprowadzonych na stanowisku do ćwiczeń

Marka i model	Odległość od wlotu a prędkość wypływu w wylocie [m]											Prędkość powietrza w wylocie w ustawieniu optymalnym przy zastosowaniu kurtyny dymowej [m/s]	Stężenie tlenu węgla [ppm]
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5		
	Prędkość wypływu w wylocie [m/s]												
Skorpion H22	0,1	0,5	0,3	0,2	0	0	-	-	-	-	-	-	-
Ventry 20GX 160	0,8	1,1	1,4	1,5	1,6	1,2	1,1	1	0,9	0,6	0,6	2,0	24
Wentylator osiowy WO-14	0,8	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,3	1,3	1,3	0,9	0,6	2,2	40
Leader MT 236 EPT	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,6	1,8	1,9	0,9	2,2 - 2,5 (zależnie od kąta nachylenia)	28
Tempest TCA 21H 6,5	0,6	1	1,2	1,3	1,4	1,2	1,3	1	0,8	0,8	0,5	1,8	18
Kobra H34	0,7	0,8	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1	-	-	-	-	54
Rosenbauer Fanergy V21	0,7	0,9	1	1,2	1,1	1,2	0,9	1,2	1,2	1	0,6	1,4	56

▶ wlotowego wynosi 1,088889 (czyli  $\approx 1$ ), a zatem sprawność procesu wymiany gazowej we wnętrzu bliska jest 70 proc. Oznacza to, że jedynie niespełna 3/4 wydatku ( $m^3/s$ ) powietrza dostającego się do wentylowanej kubatury przez wlot opuszcza ją przez wylot. To kolejny dowód na to, że deklarowane wydajności wentylatorów należy traktować z pewnym dystansem.

Sprawdzana i porównywana była także prędkość wypływu powietrza przez otwór wylotowy podczas zmiany odległości wentylatora od otworu wlotowego. Po każdorazowym ustawieniu wentylatora w danej odległości oczekiwano około 30 sek. na wytworzenie się przepływu i dokonywano pomiaru przez kolejne 30 sek., uśredniając wskazania anemometru. Taka metoda badania pozwoliła uniknąć błędów pomiaru wynikających z dynamiki zmian towarzyszących każdemu przepływowi. Mierzone było także stężenie tlenu węgla wewnątrz kubatury w chwili osiągnięcia szczytowych wartości wypływu z otworu wlotowego. Charakterystykę przepływów pozwolił zobrazować napuszczany co jakiś czas do wnętrza dym parafinowy. Wyniki testów zawiera tabela powyżej.

Choć testy przeprowadzone zostały z należytą starannością, mogą być obarczone pewnym błędem, związanym np. ze zmiennymi warunkami wiatru podczas badania poszczególnych wentylatorów. Dlatego przedstawione wyniki są orientacyjne i tak tylko należy je traktować. Niemniej jednak mogą z powodzeniem posłużyć do wyrobienia sobie opinii na temat optymalnego ustawienia danego wentylatora (odległości) względem otworu wlotowego, jak też do bardzo ogólnego porównania poszczególnych urządzeń.

Pamiętajmy, że producenci dysponują szeroką gamą urządzeń i testowane były jedynie wybrane modele, dostępne w momencie realizacji szkolenia. Niektóre konstrukcje zostały już zastąpione przez nowsze. Postęp technologiczny i ciągła rywalizacja na rynku skłania producentów do wdrażania coraz to nowszych rozwiązań, a każda licząca się firma

ma do zaoferowania kilka modeli bardzo dobrych wentylatorów.

Ćwiczenia nie miały wyłonić najlepszego wentylatora. Ich nadrzędnym celem było pokazanie, jakie prawa rządzą wentylacją naciśnieniową oraz sposobów optymalizacji pracy danego wentylatora. Testy udowodniły, że zastosowanie kurtyny dymowej (opisanej przez Michaela Reicka, jej twórcę i posiadacza patentu, w lipcowym numerze PP) pozwala zatrzymać wypływ gazu w górnej części wlotu (w przypadku zbliżenia wentylatora do otworu wlotowego i włączania całej objętości strugi powietrza, o kształcie zbliżonym tak do stożka, jak i do walca) i zwiększenie tym samym wydatku w otworze wylotowym. To poprawia skuteczność wentylacji i zapobiega rozprzestrzenianiu się zadymienia na obszary wolne od dymu, co jest niezwykle ważnym argumentem przemawiającym za stosowaniem kurtyny dymowej

zarówno przy wentylacji naciśnieniowej, jak i tradycyjnych metodach zwalczania pożarów.

Na ćwiczeniach sprawdzane były różne ustawienia dwóch wentylatorów. Zostały ustawione w rzędzie (tzn. jeden przed drugim w kierunku wlotu) i obok siebie (w kształcie litery V). Brak dwóch jednakowych modeli nieco utrudniał idealne ustawienie, określenie optymalnej odległości czy wybranie podobnego kąta nachylenia. Dało się jednak zauważyć wyraźny wzrost wydajności wentylatorów ustawionych w literę V w porównaniu do ustawienia w rzędzie. W tym drugim przypadku prędkość powietrza w otworze wylotowym wzrastała o ok. 20-30 proc., ale ustawienie tych samych wentylatorów w literę V powodowało około 50-60 proc. wzrost.

Ustawiając wentylatory przed wlotem symetrycznie w literę V, najlepiej zachować między nimi kąt około 60° (tzn. 30° między osią każdego wentylatora a osią pionową drzwi) i umieszczać je w odległości około 1,5 m



Przyjęta metoda badania polegała na pomiarze prędkości powietrza w otworze wylotowym przy zmieniającej się odległości danego wentylatora od otworu wlotowego



Wykorzystanie kurtyny dymowej zwiększa skuteczność wentylacji poprzez przeciwdziałanie spadkom ciśnienia we wnętrzu obiektu powodowanym przez wypływ powietrza ponad strugą w otworze wlotowym

foto. arch. Ośrodka Szkolenia KW PSP w Olsztynie



Ustawienie wentylatorów w kształcie litery V wyraźnie zwiększa skuteczność wentylacji. Badania dowodzą, że jest to najkorzystniejsze ustawienie dwóch podobnych wentylatorów przed otworem wlotowym



Mimo pewnych ograniczeń podawanie mgły wodnej w strudze tłoczonego powietrza ma swoje zalety i może znaleźć zastosowanie podczas akcji

od wlotu. Spowoduje to tzw. efekt Venturiego, czyli powstanie podciśnienia w obszarze między wentylatorami i zassanie większej ilości powietrza wraz ze strugami dwóch wentylatorów [6].

W ramach ćwiczeń sprawdzone zostało również działanie pierścieni mgłowych, będących często dodatkowym wyposażeniem wentylatorów. Miały je dwa z testowanych modeli: Ventry 20GX 160 i Rosenbauer Fanergy V21. Do testów posłużył wentylator Rosenbauera, z uwagi na zamontowaną na dyszy nasadę Storz 52 (w drugim z wentylatorów dyszę mgłową można wykorzystać dopiero po wykonaniu dodatkowego połączenia gwintowanego). Zgodnie z obecnym stanem wiedzy kropelki mgły wodnej niesione przez strugę powietrza mają małą zdolność wędrowki w głąb obiektu. Na prostych odcinkach są w stanie pokonywać dystans do kilkunastu metrów, nie opływają przeszkód czy zakrętów wraz ze strumieniem powietrza, tylko uderzają w nie i tam pozostają. Badania dowodzą, że w strumieniu powietrza przemieszczającym się z prędkością około 4 m/s jedynie cząsteczki o średnicy mniejszej niż 0,02 mm mają zdolność podążania ze strugą powietrza. W praktyce niewielka część kropelek wytwarzanych przez urządzenia strażackie (prądownice czy pierścienie mgłowe) ma tak mały rozmiar – często nie jest on pożądany, np. w chłodzeniu gazów pożarowych najlepsze efekty dają kropelki w zakresie średnic 0,2-0,4 mm. Wytworzenie takich kropelek wymaga odpowiedniego ciśnienia podawania wody. Warto zwrócić uwagę na łączenie się małych kropelek w większe pod działaniem silnej strugi powietrza, charakteryzującej się dodatkowo ruchem wirowym wokół osi. A zatem – podawanie mgły z wentylatora sprawdzi się jedynie w na prostych odcinkach [7].

Podczas ćwiczenia stwierdzono, że rzeczywiście kropelki są w stanie pokonać dystans około 16 m (odległość wentylatora od wlotu + 12 m długości kontenera morskiego + 2,5 m szerokości kontenera ustawionego w poprzek). Większość z nich osiadała na podłodze, ścianach, suficie lub framudze drzwi łączących kontenery lub na ścianie znajdującej się naprzeciw otworu wlotowego w odległości około 16 m. Niewielką ich ilość można było zaobserwować w strudze powietrza wydostającej się

przez drzwi kontenera (wylot) usytuowane w poprzek osi przemieszczania się strugi.

Korzystając z okazji, sprawdziliśmy również dodatkowe wyposażenie dostępne z wentylatorem Rosenbauer Fanergy V21, czyli rękaw do wentylacji studzienek. Wentylator ten ma w standardzie także kliny do blokowania otworów, co jest bardzo dużym udogodnieniem. W praktyce bez klinów nie da się prowadzić wentylacji nadciśnieniowej w obiektach ze względu na samoczynne zamykanie się drzwi czy okien (otwieranych do środka) w wyniku oddziaływania strugi tłoczonego powietrza.

Na koniec ćwiczeń zrealizowany został scenariusz z natarciem nadciśnieniowym na pożar. System termopar zainstalowany na stanowisku do ćwiczeń pozwalał zaobserwować pewne prawidłowości, które obrazował wykres krzywych pożarowych (patrz cz. 1 artykułu – PP 8/2014).

Organizowane w Olsztynie ćwiczenia służyły dokładnemu poznaniu przez ratowników własnych narzędzi pracy. Miało to wpłynąć na podejmowanie przez nich świadomych i przemyślanych decyzji podczas prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Taka filozofia powinna dotyczyć każdej, nawet najmniejszej jednostki sprzętowej z wyposażenia strażaków i przyświeca ona kadrcze Ośrodka Szkolenia KW PSP w Olsztynie. Jej kwintesencję można streścić w słowach sparafrazowanej przysięgi strzelca korpusu US Marines, którą Ed Hartin na swoim świetnym blogu opublikował jako przysięgę prądownika:

*To jest moja prądownica. Wiele jest takich samych, ale ta jest moja. Moja prądownica jest moim najlepszym przyjacielem. Jest moim życiem. Muszę opanować ją tak, jak kontroluję swe życie. Beze mnie jest ona bezużyteczna, bez mojej prądownicy ja jestem bezużyteczny. Będę używał mojej prądownicy skutecznie i sprawnie, by podawać wodę tam, gdzie jest potrzebna. Nauczę się jej wad, zalet, budowy i utrzymania. Będę strzegł jej przed uszkodzeniem, utrzymywał ją w czystości i gotowości. To przysięgam.* [8]

Istnieje chyba ogólna zgoda co do tego, że żadna, nawet najbardziej zaawansowana technologia nie jest w stanie skompensować braków w wyszkoleniu. Jak bowiem mawia mój hiszpański kolega Art Arnalich, dowódca batalionu w rejonie Guadalajara: „Najlepszy zakup? Zatrzymaj stary wentylator i zainwestuj w szkolenie!”

#### Literatura

- [1] A. Arnalich, PPA. *Positive Pressure Attack* – prezentacja multimedialna typu Creative Commons.
- [2] P. Grimwood, *Euro Firefighter: global firefighting strategy and tactics, command and control and firefighter safety*, Jeremy Mills Publishing Ltd, 2008.
- [3] <http://www.ventry.com/fans/faq/thrust.html>.
- [4] [www.os-ppsp.olsztyn.pl](http://www.os-ppsp.olsztyn.pl) > Baza szkoleniowa > wielokontenerowy...
- [5] Svensson, S., *Fire ventilation*, Swedish Rescue Services Agency, 2005.
- [6] [www.cfbt-be.com/images/artikelen/thesis\\_pgop\\_v1.0.pdf](http://www.cfbt-be.com/images/artikelen/thesis_pgop_v1.0.pdf).
- [7] S. Sårdqvist, *Water and other extinguishing agents*, Swedish Rescue Services Agency, 2002.
- [8] [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)

St. kpt. Szymon Kokot-Góra jest starszym wykładowcą w Ośrodku Szkolenia PSP w Olsztynie, kierownikiem przedmiotu taktyka działań gaśniczych