

Wpływ funkcjonowania statycznych urządzeń gaśniczych na parametry środowiska w czasie pożaru na poziomych drogach ewakuacyjnych

Grzegorz Krajewski

Bezpieczeństwo pożarowe poziomych dróg ewakuacyjnych



Elementy mające kluczowy wpływ na parametry środowiska w czasie pożaru:

- System wentylacji pożarowej i jego rodzaj: poprzeczny, podłużny, mieszany
- Strategia doprowadzenia powietrza kompensacyjnego: lokalizacja i liczba punktów oraz prędkość nawiewu
- Wydajność systemu wentylacji pożarowej
- Zastosowane systemy SUG



Infrastruktura eksperymentalna



Zintegrowany system kontrolno-pomiarowy



- sterowanie wszystkimi urządzeniami
- kontrola stanu poszczególnych urządzeń
- wydajności wentylatorów zasilających i wyciągowych
- sterowanie regulatorami przepływu masowego w celu określenia aktualnego HRR pożaru
- sterowanie pompą zasilającą węża gaśniczego i systemu tryskaczowego oraz mgłowego
- ciągły zapis parametrów środowiskowych zgodnie z założoną konfiguracją



Przeprowadzone badania



Przeprowadzono szereg eksperymentów (ponad 100), biorąc pod uwagę:

- różne moce pożaru,
- stała w czasie i zmienna od 50 kW do 500 kW
- różne lokalizacje palnika (koniec i środek korytarza oraz pomieszczenie)
- dwie kombinacje liczby palników (jeden lub dwa)
- zmienna wydajność systemu (0-40 000 m³/h) dla różnych mocy ogniowych (100kW-400kW)
- Różne konfiguracje systemu



Bezpieczeństwo pożarowe poziomych dróg ewakuacyjnych



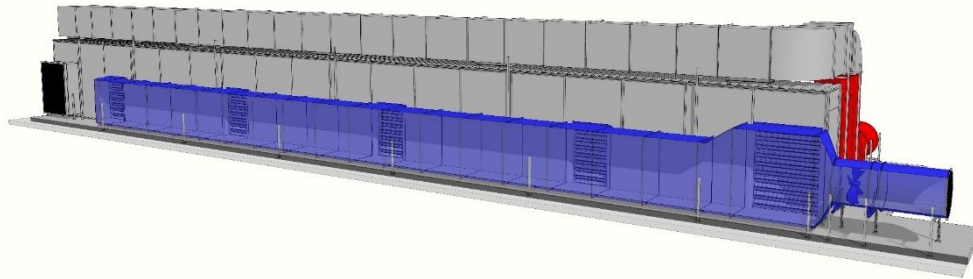
Elementy mające kluczowy wpływ na parametry środowiska w czasie pożaru:

- System wentylacji pożarowej i jego rodzaj: poprzeczny, podłużny, mieszany
- Strategia doprowadzenia powietrza kompensacyjnego: lokalizacja i liczba punktów oraz prędkość nawiewu
- Wydajność systemu wentylacji pożarowej
- Zastosowane systemy SUG

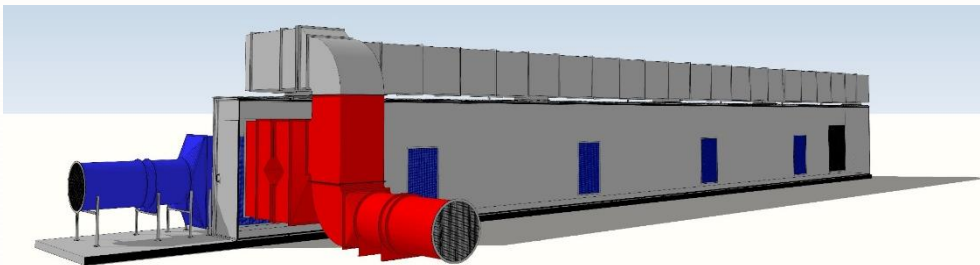


Rodzaje systemów wentylacji

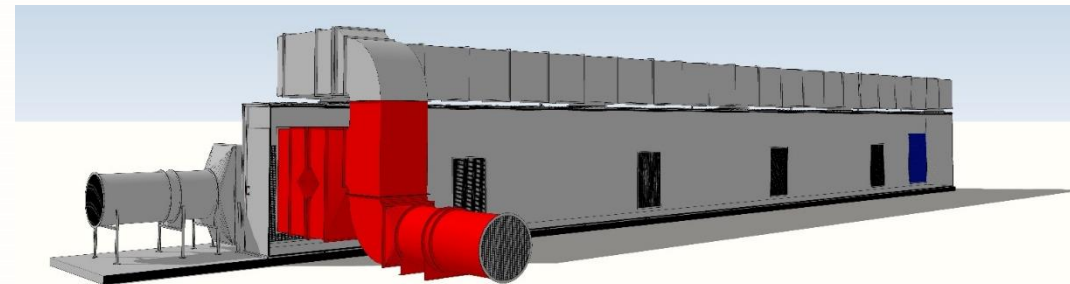
Wentylacja wzdłużna



Wentylacja wzdłużna, nawiew rozproszony
Punkt wyciągowy na jednym końcu
korytarza, punkty nawiewne rozmieszczone
równomiernie przy posadzce



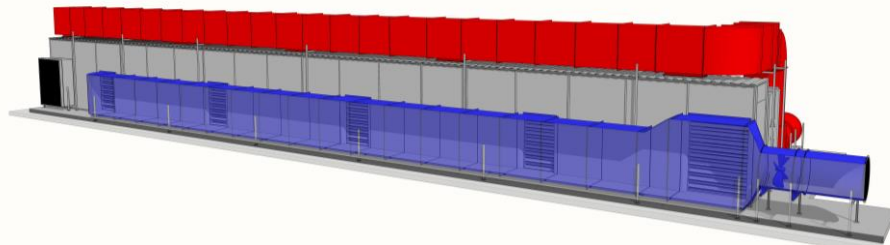
Punkt nawiewny i punkt wyciągowy umieszczony na
dwóch skrajnych końcach



Rodzaje systemów wentylacji

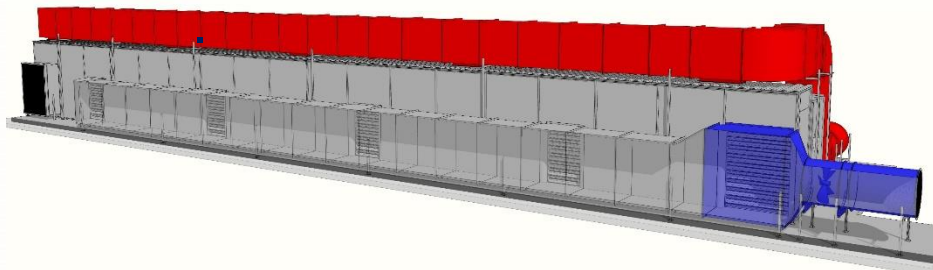


Poprzeczny półpoprzeczny system wentylacji



Nawiewy umieszczone są w dolnej części korytarza, kratki wylotowe znajdują się w górnej części korytarza, w suficie.

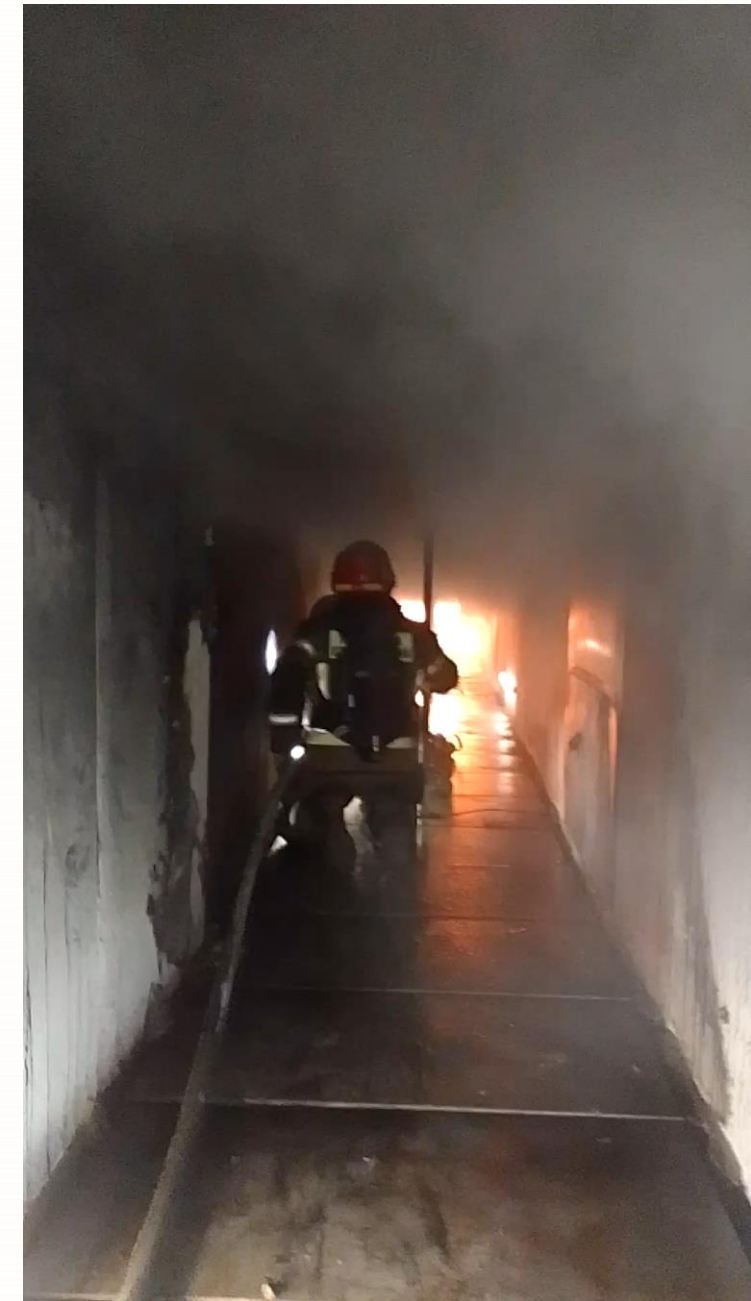
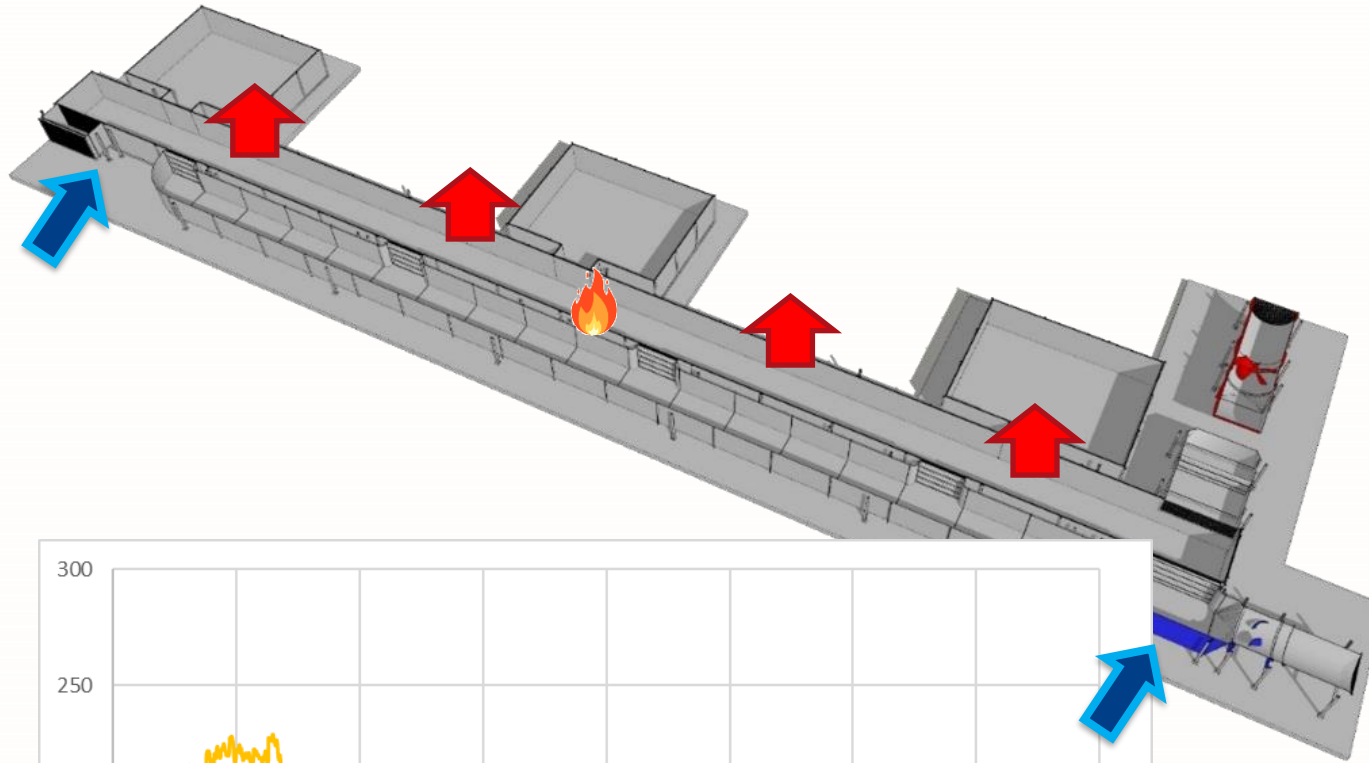
Transversal ventilation system



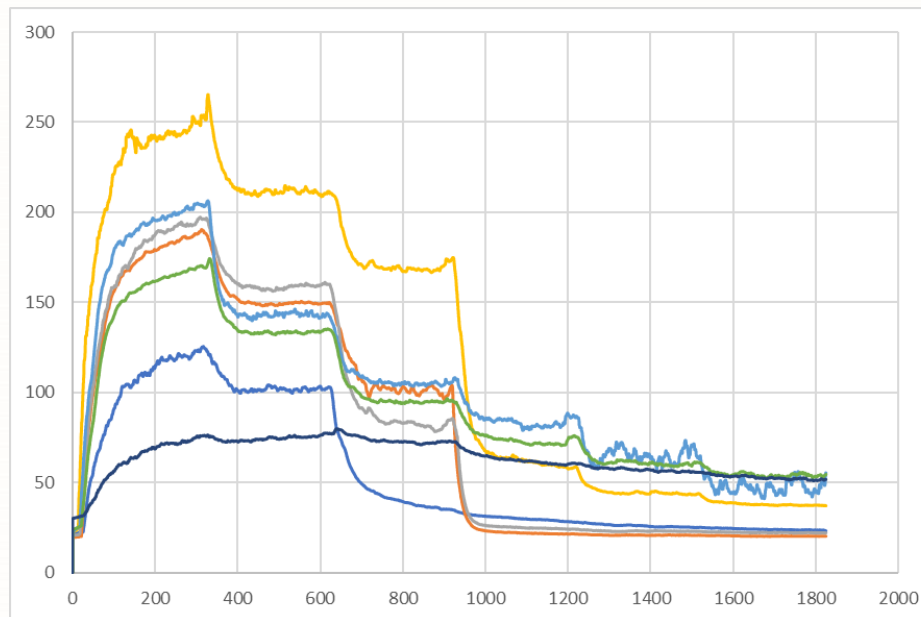
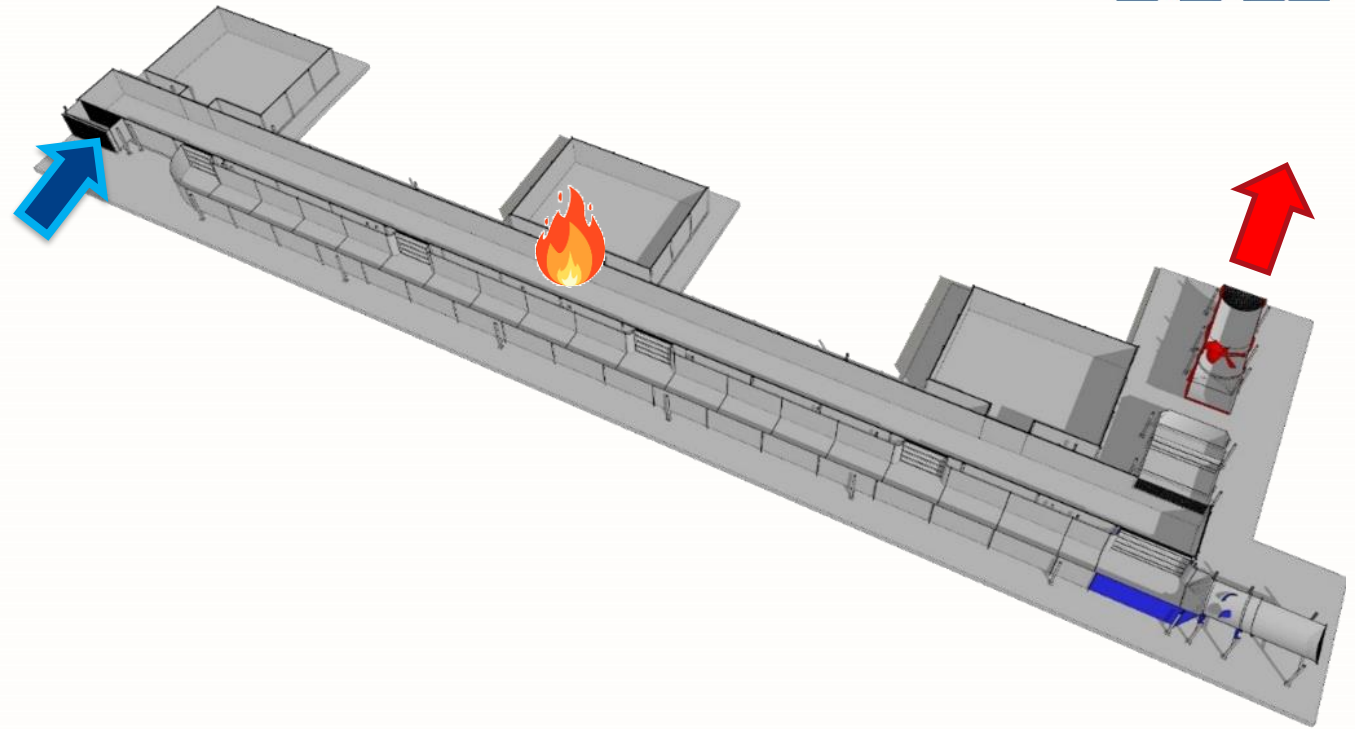
Nawiewy umieszczone na końcu korytarza, kratki wylotowe umieszczone na górze korytarza w suficie.



Wentylacja poprzeczna

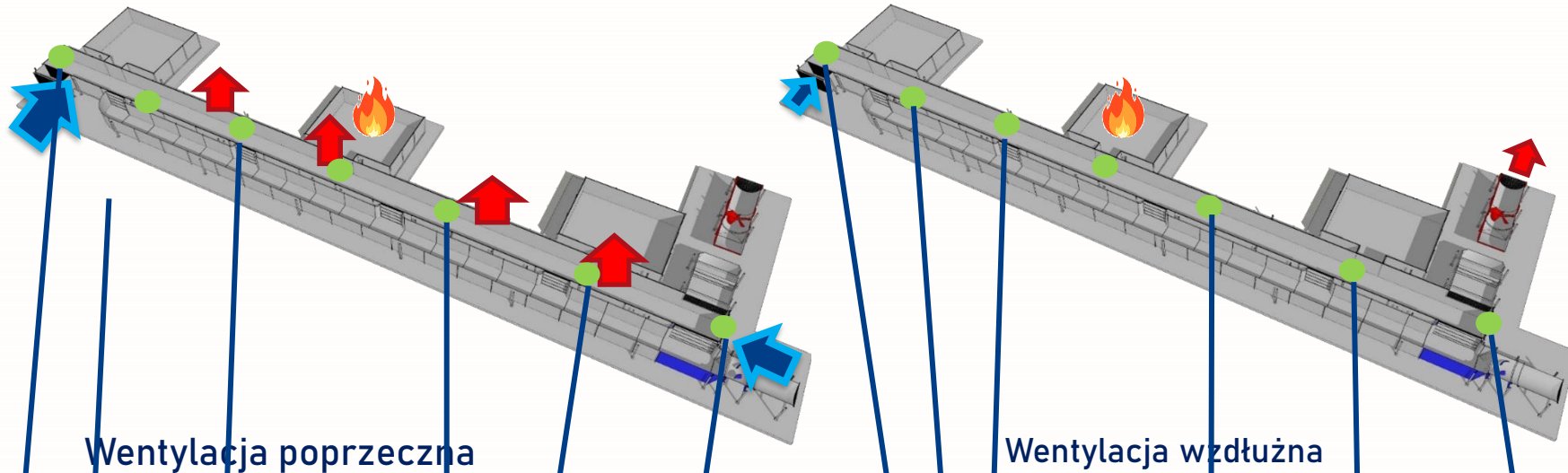


Wentylacja wzdłużna



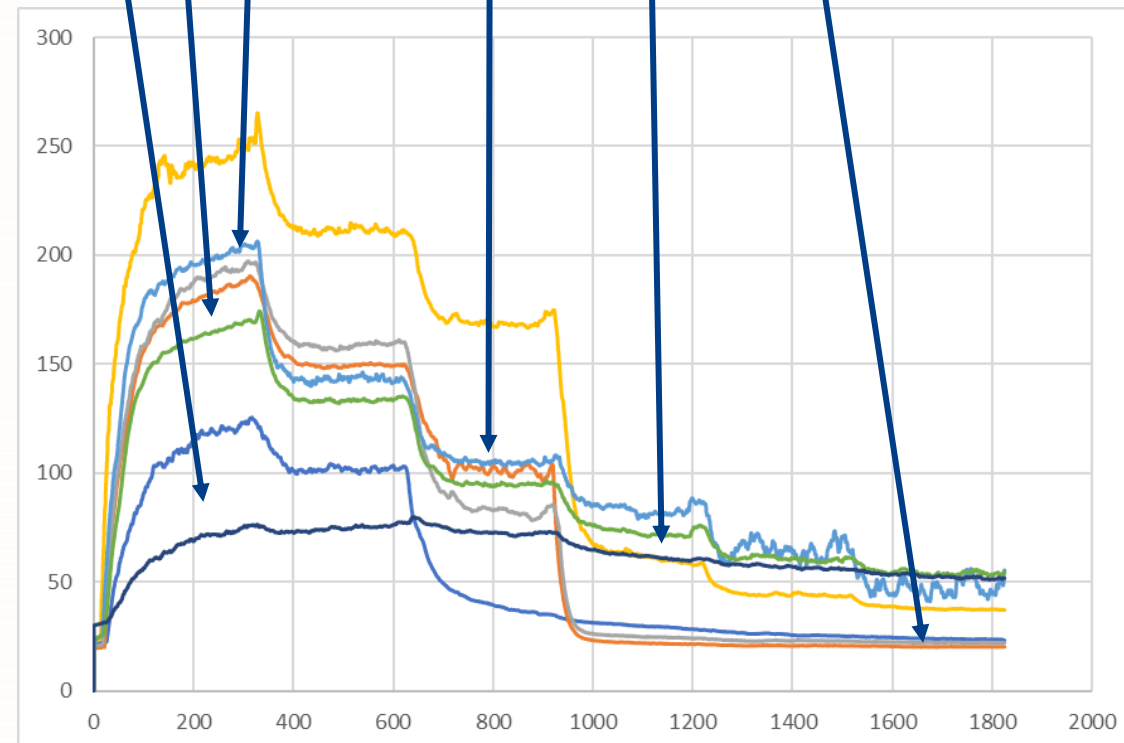
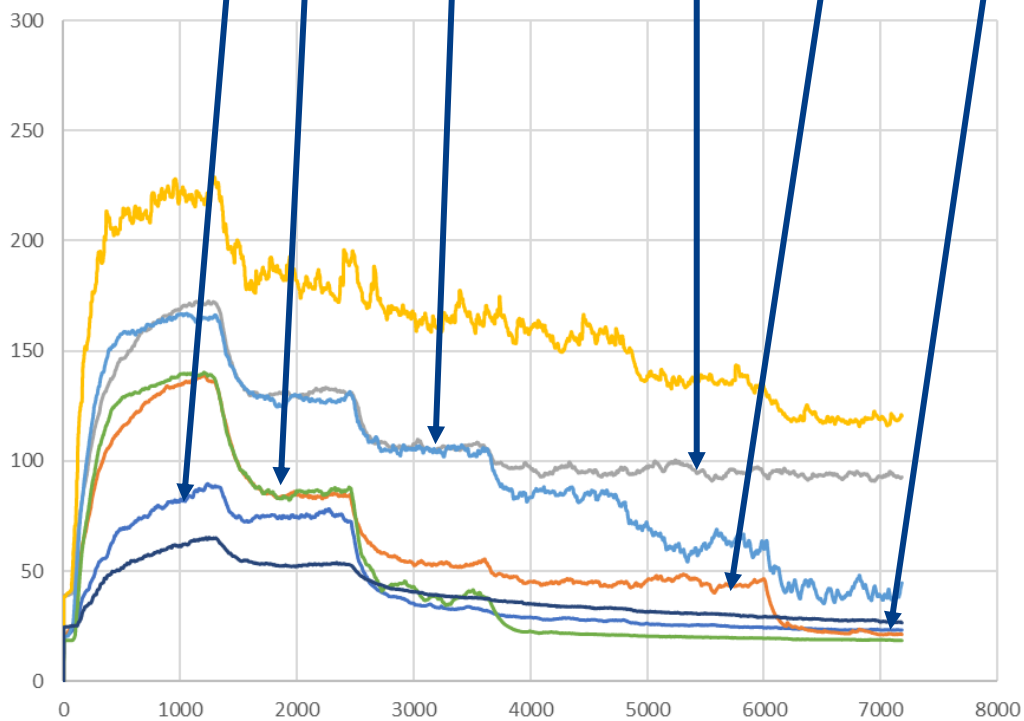
Wentylacja poprzeczna vs. wzdłużna

Profil temperatury na wysokości 2 m



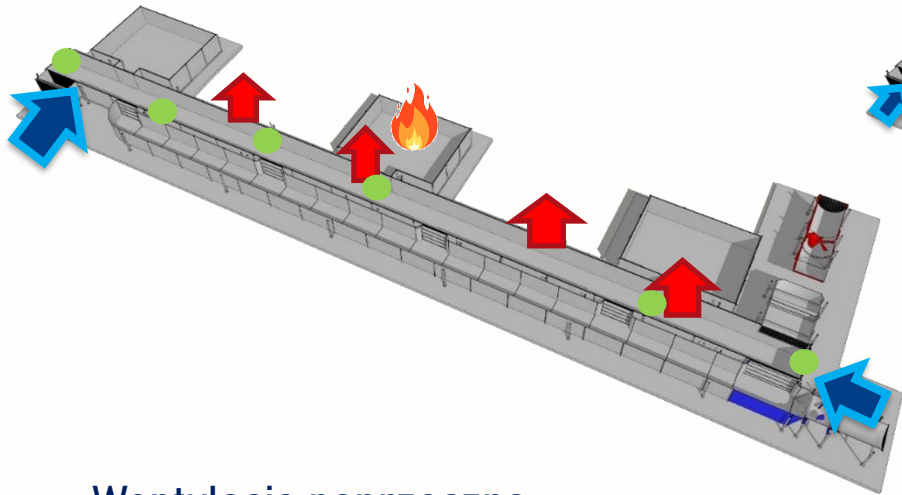
Wentylacja poprzeczna

Wentylacja wzdłużna

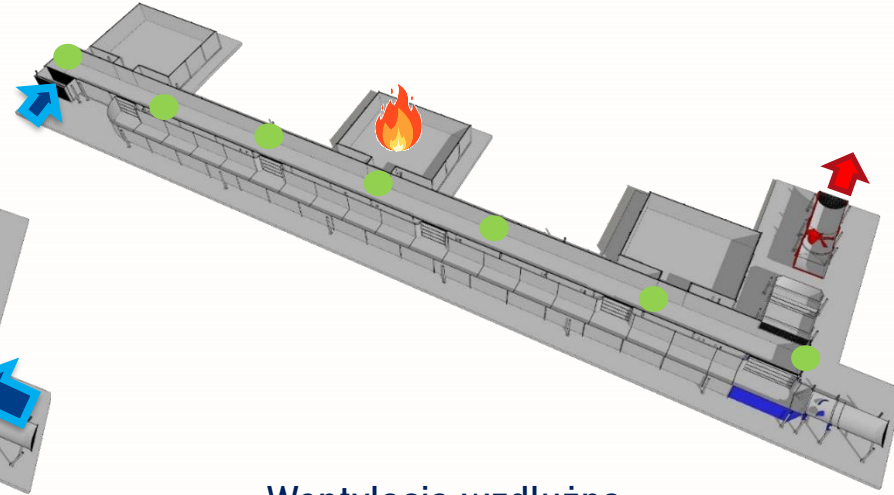


Wentylacja poprzeczna vs. wzdłużna

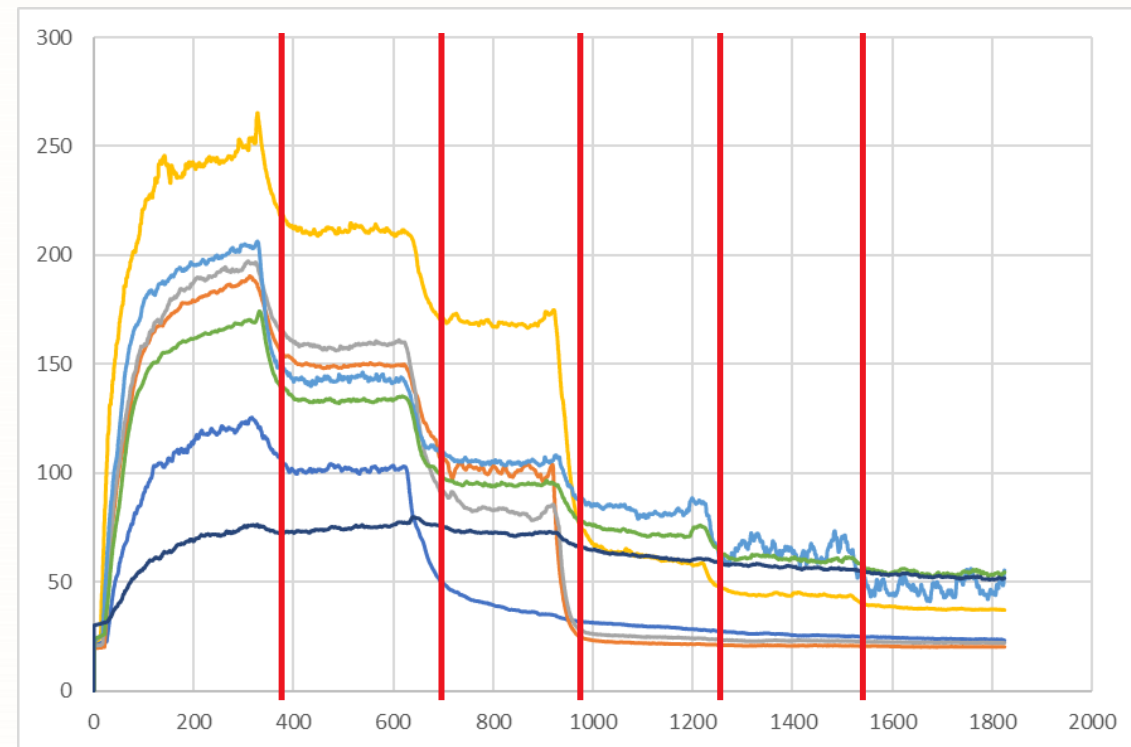
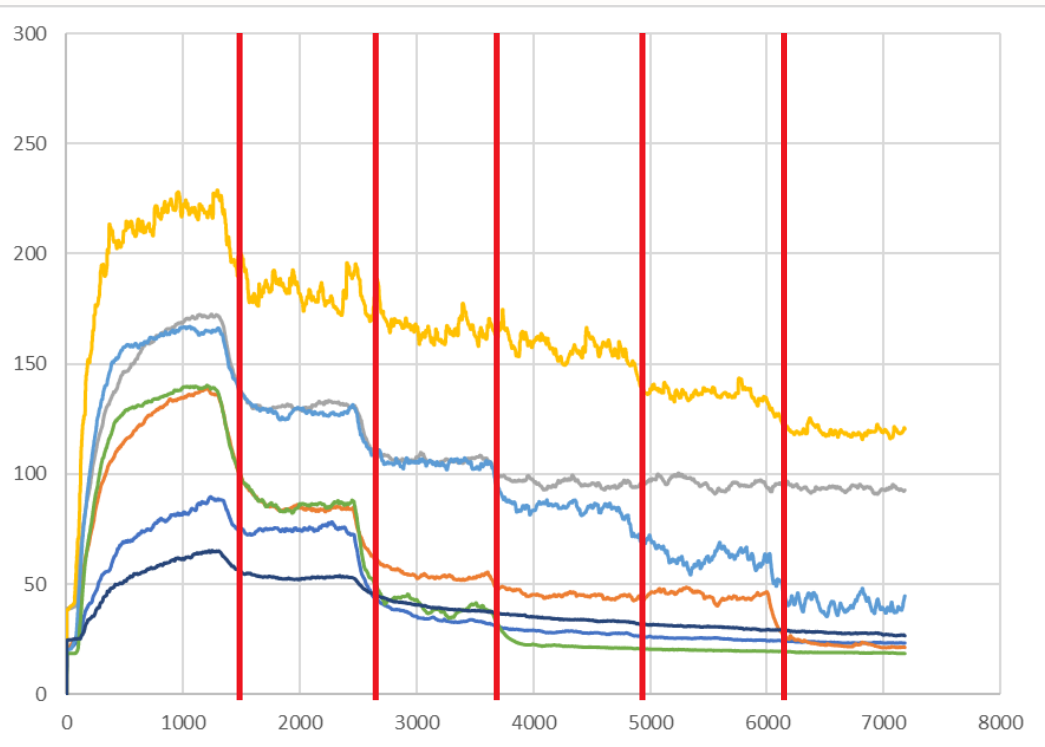
Profil temperatury na wysokości 2 m



Wentylacja poprzeczna



Wentylacja wzdłużna



Bezpieczeństwo pożarowe poziomych dróg ewakuacyjnych



Elementy mające kluczowy wpływ na parametry środowiska w czasie pożaru:

- System wentylacji pożarowej i jego rodzaj: poprzeczny, podłużny, mieszany
- Strategia doprowadzenia powietrza kompensacyjnego: lokalizacja i liczba punktów oraz prędkość nawiewu
- Wydajność systemu wentylacji pożarowej
- Zastosowane systemy ŚUG



Kompensacja powietrza

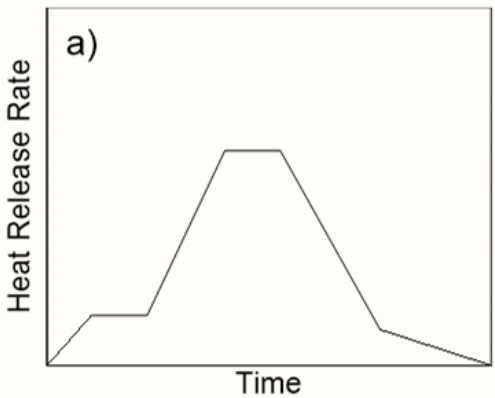


- Dostarczenie powietrza jest równie ważne, co usuwanie dymu.
- Kluczowe zagadnienia projektowe:
 - Prędkość dostarczanego powietrza
 - Miejsce w którym powietrze jest dostarczane
 - Sposób w jaki powietrze jest dostarczane
- Skąd brać powietrze, dlaczego potrzebujemy tak dużych powierzchni otworów?
- Systemy zapobiegania zadymieniu – w jaki sposób wykorzystać je w napowietrzaniu?

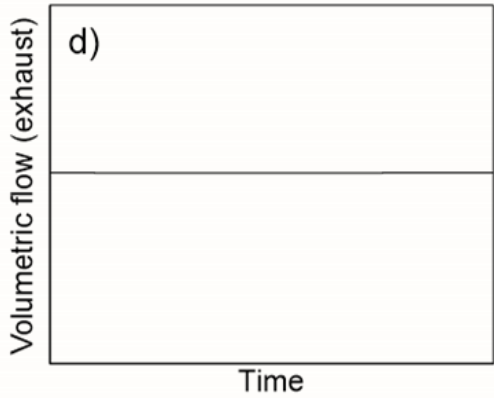
Bilans masy w oddymianej przestrzeni



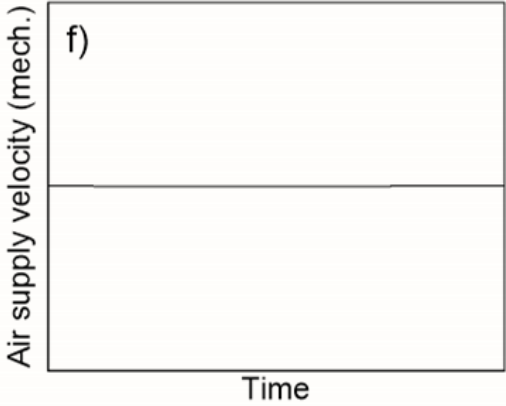
Moc pożaru



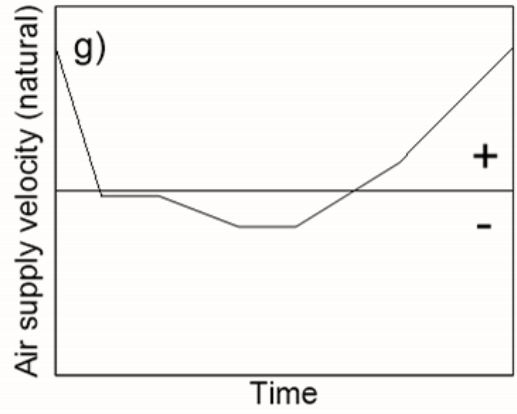
Wydajność oddymiania



Prędkość powietrza (nawiew mechaniczny)



Prędkość powietrza (nawiew grawitacyjny)



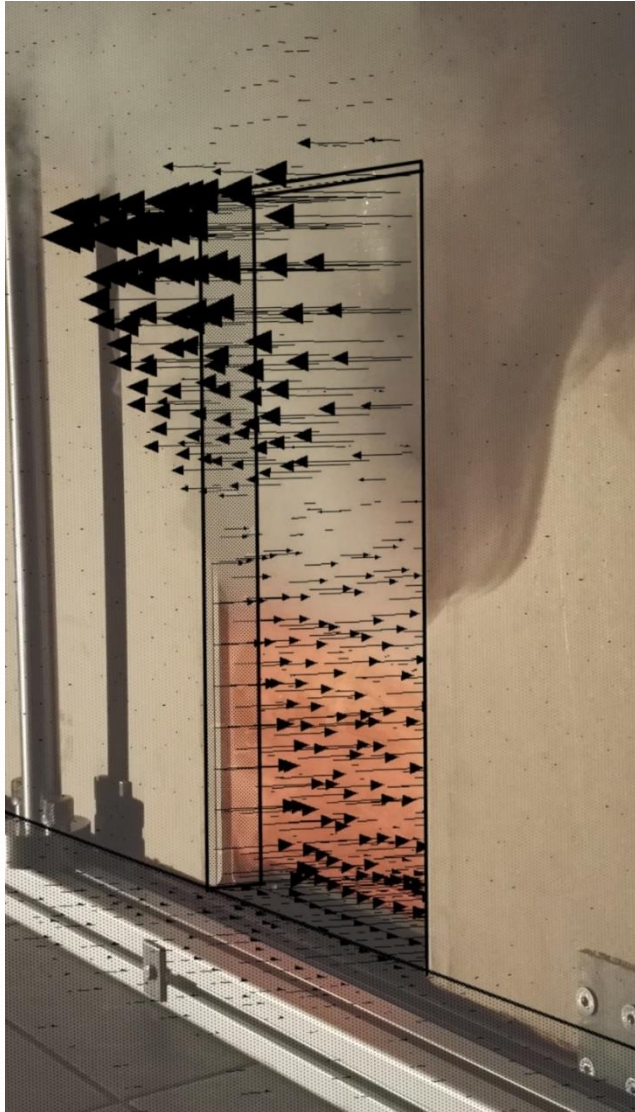
W pożarze temperatura gazu zmienia się w zależności od zmiany mocy pożaru

Z przestrzeni usuwany jest stały wydatek objętościowy

W sposób mechaniczny dostarczany jest stały wydatek objętościowy

W sposób grawitacyjny dostarczana jest różnica w wydatkach masowych

Zjawiska zachodzące przy przepływie dymu



- Przepływ powietrza pod warstwą dymu powoduje jej zmieszanie, a powstałe w ten sposób zadymienie **pozbawione jest siły wyporu**
- Przepływ dwukierunkowy w otworze prawie zawsze spowoduje zmieszanie dymu
- Bardzo trudny (choć czasem możliwy) jest horyzontalny transport dymu pozostającego w górnej warstwie – tylko przy bardzo dużych pożarach (np. tunele)
- Utrzymanie stratyfikacji dymu ma niezwykle korzystny wpływ na ewakuację jak i prowadzenie działań ratowniczo gaśniczych

Wyjaśnienia według VDI 6019-2

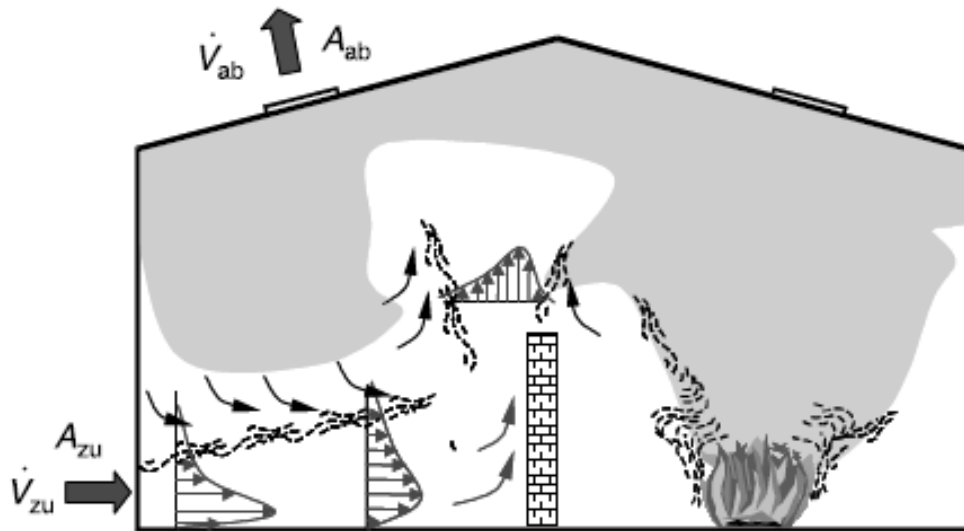


Figure A3. Diversion of a supply-air jet around an obstacle

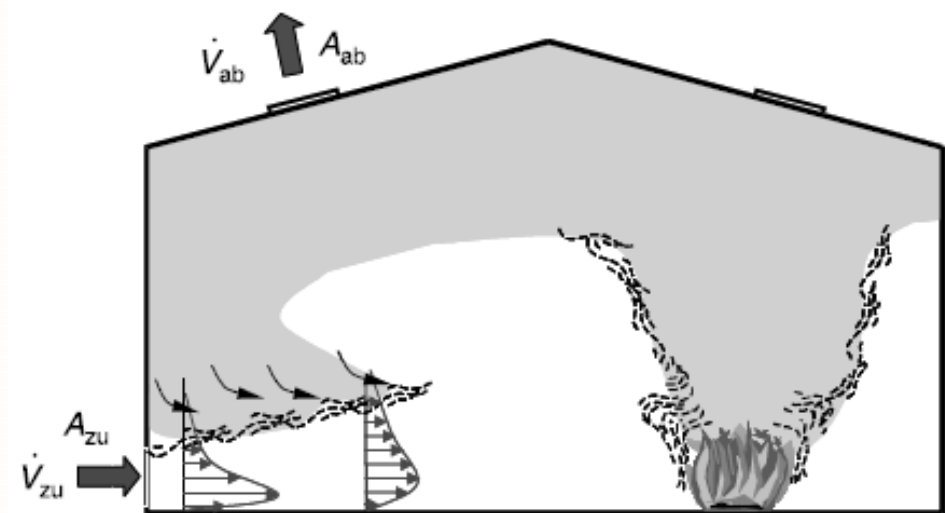
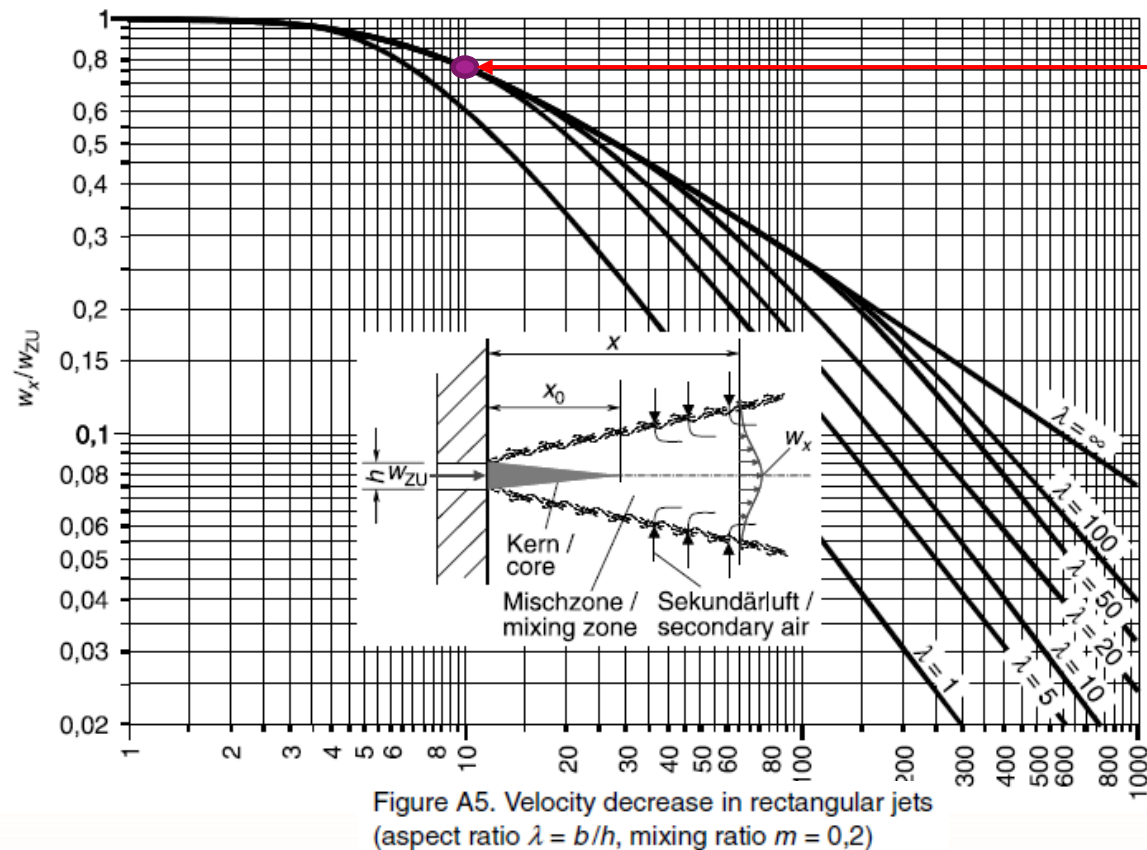


Figure A4. Induction of a supply-air jet from the smoke layer

Prędkość przepływu powietrza kompensacyjnego



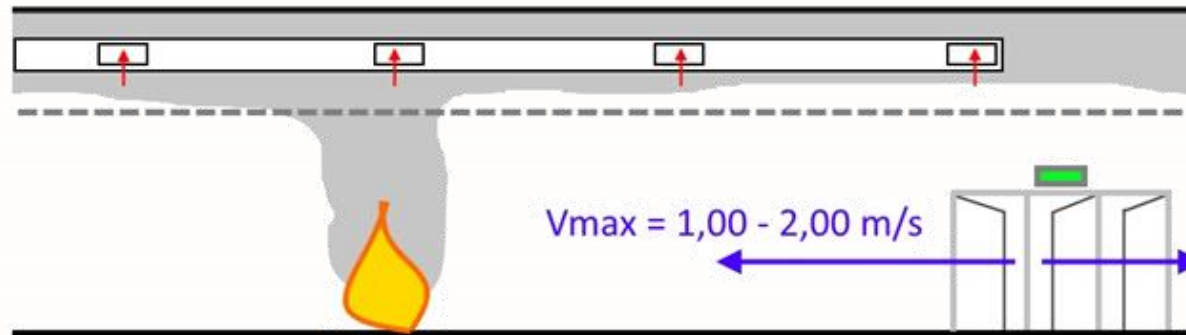
Wyjaśnienia według VDI 6019-2



Jeżeli kratka ma 1 m wysokości, w odległości 10 m od niej, powietrze ma prędkość 75% początkowej. Przy napowietrzaniu z prędkością 5 m/s to oznacza prędkość 3,75 m/s!!!

Zmniejszenie prędkości z 5 m/s do 1 m/s przy kratce o wysokości 1 m nastąpi po kilkudziesięciu metrach!!!

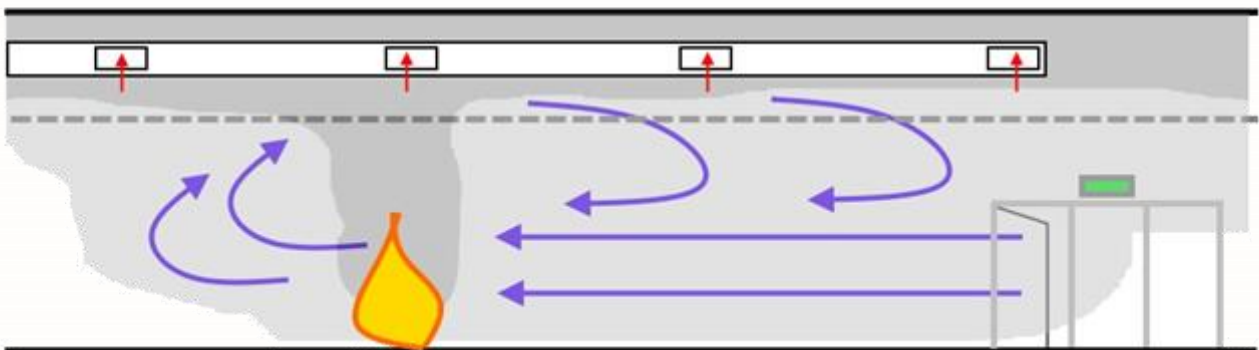
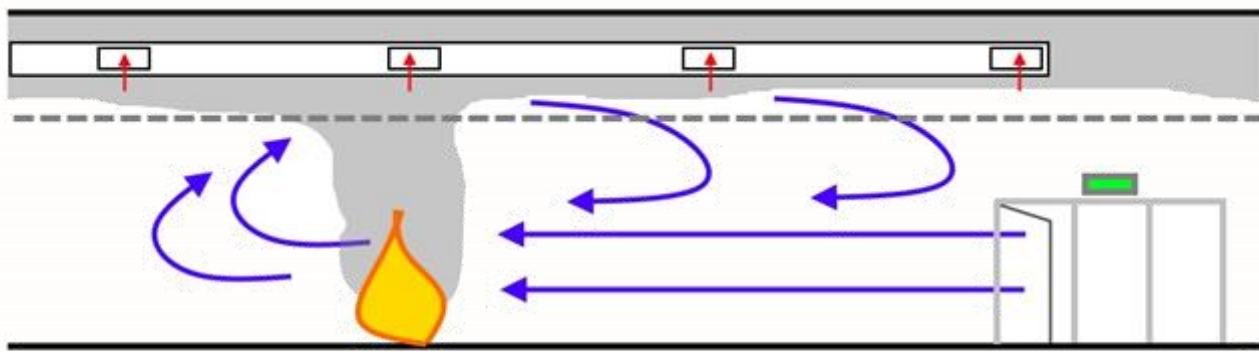
Dobre zasady projektowania nawiewu



Optymalny nawiew powietrza kompensacyjnego zlokalizowany jest:

- jak najdalej od poziomu projektowanej warstwy dymu;
- w wielu punktach, optymalnie w różnych strefach dymowych;
- skierowany w kierunku podłogi (w niektórych sytuacjach w przeszkody które rozbijają strumień powietrza);
- w „ślepych końcach” korytarzy, przy granicach stref pożarowych.

Prędkość przepływu powietrza kompensacyjnego



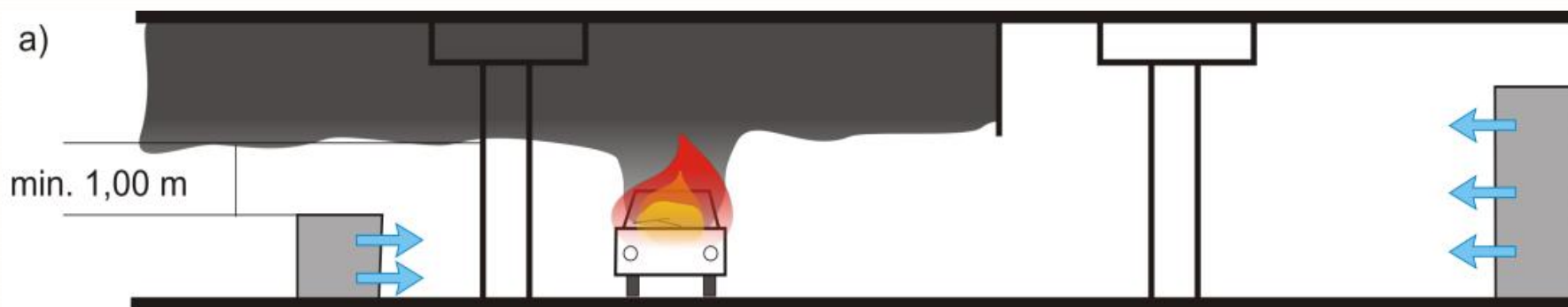
Jaka prędkość zagwarantuje,
że przepływ dymu nie będzie
zaburzony?

Prędkość przepływu powietrza kompensacyjnego



Niska prędkość przepływu powietrza pozwoli na utrzymanie warstwy gorącego dymu pod stropem oddymianej kondygnacji.

Prędkość przepływu powietrza kompensacyjnego



W strefie objętej pożarem co najmniej 1,00 m poniżej warstwy dymu, prędkość maksymalna napływu = 2,00 m/s

W innych strefach dymowych: bez ograniczeń co do lokalizacji, wysokości czy prędkości przepływu, o ile nie wpłynie to niekorzystnie na działanie systemu (konieczna weryfikacja z wykorzystaniem metody CFD).

b)

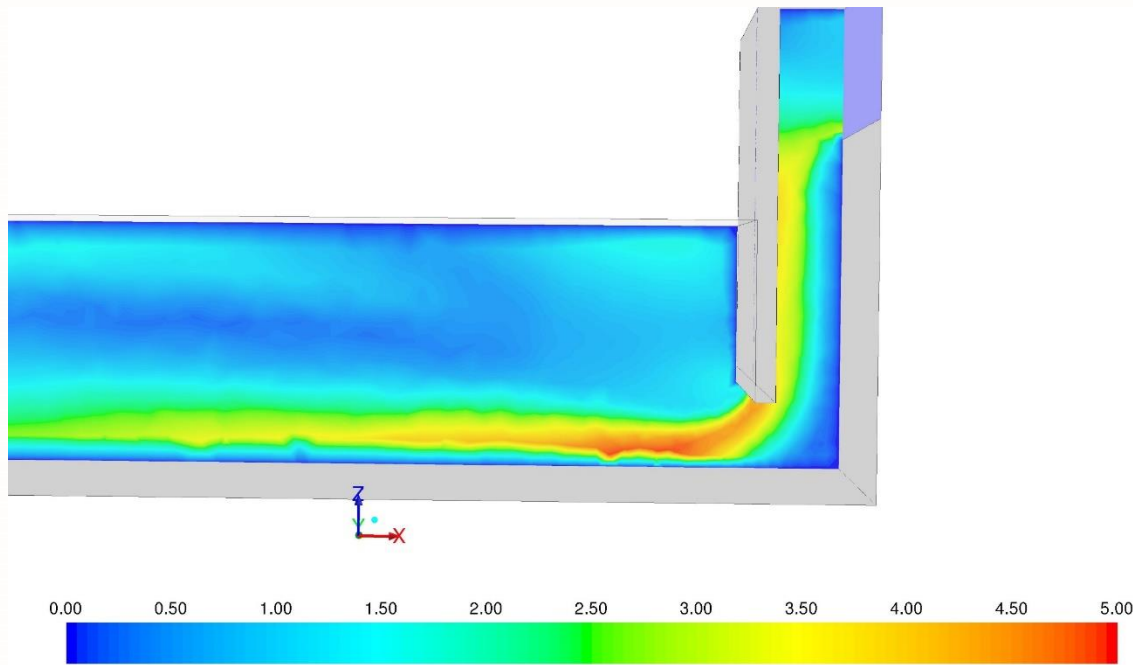


Doprowadzenie powietrza zbyt wysoko lub ze zbyt dużą prędkością powoduje jego zmieszanie z dymem, utratę stratyfikacji oraz w konsekwencji wypełnienie przestrzeni garażu dymem.

Prędkość przepływu powietrza kompensacyjnego



Prędkość przepływu powietrza kompensacyjnego



Podawanie „średniej” prędkości napływu powietrza może być czasem mylące. Często spotyka się sytuację, w której na zakończeniu szachtu napowietrzającego prędkość powietrza przy podłodze jest zdecydowanie wyższa niż na szczycie kratki. Rozwiązaniem są komory rozprężne lub perforowane siatki wyrównujące przepływ.

Jaka prędkość zagwarantuje, że przepływ dymu nie będzie zaburzony?

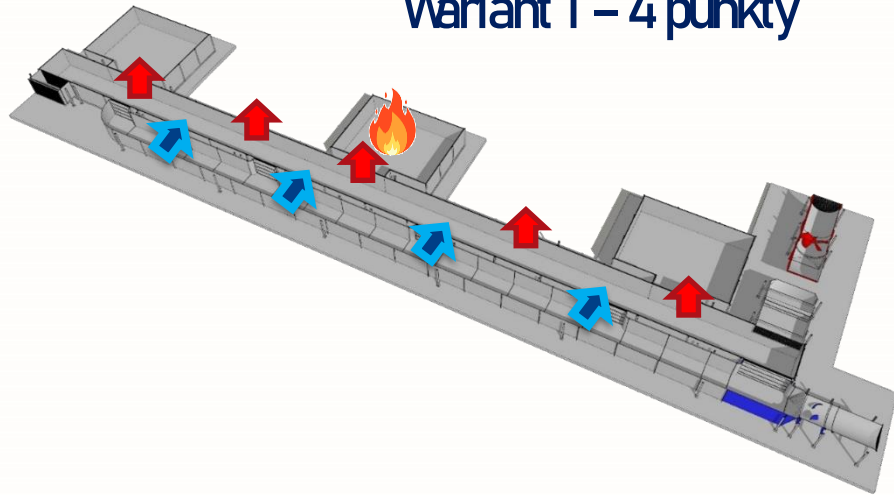
Odpowiedź: przywołana w NFPA204 prędkość 1 m/s wydaje się być dość bezpiecznym założeniem. Niestety, w wielu przypadkach jest to zbyt kosztowny kompromis, niemożliwy do osiągnięcia...

Wentylacja poprzeczna

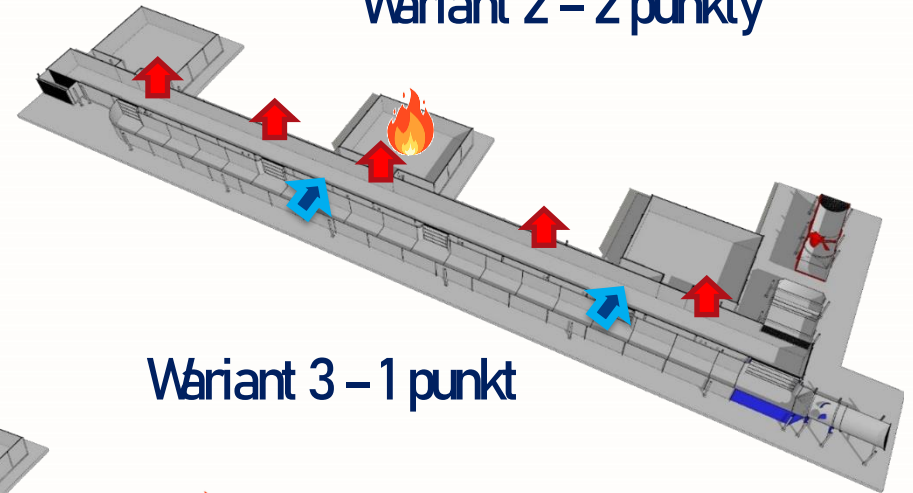


Wpływ liczby i lokalizacji punktów nawiewnych

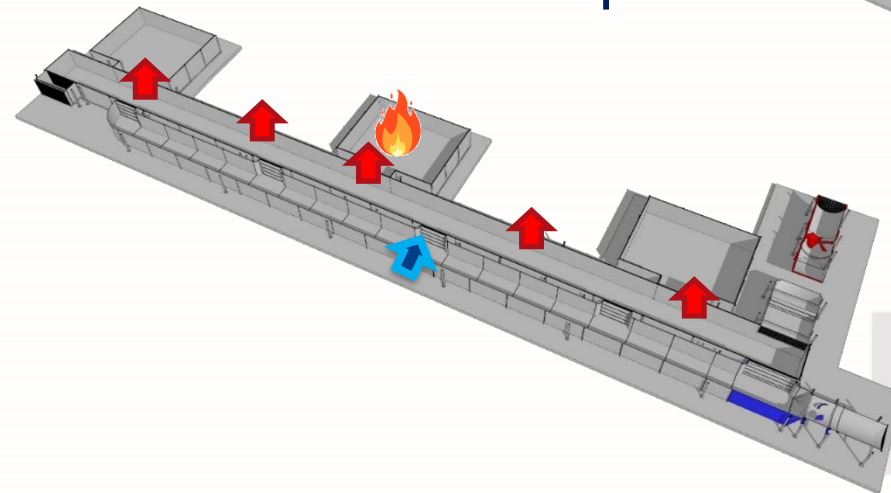
Wariant 1 – 4 punkty



Wariant 2 – 2 punkty



Wariant 3 – 1 punkt

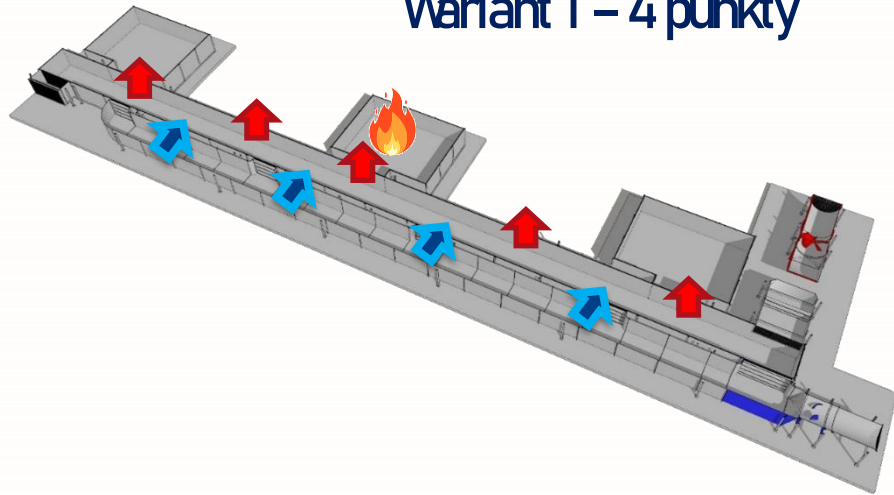


Wentylacja poprzeczna

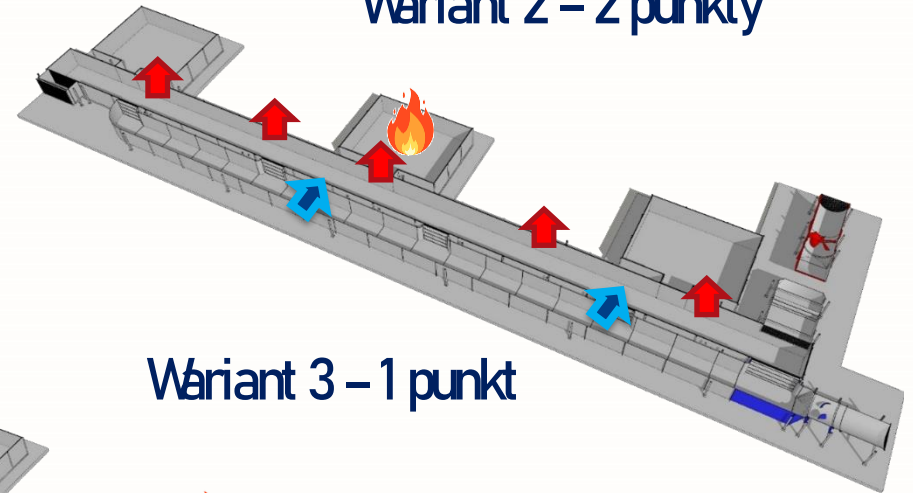


Wpływ liczby i lokalizacji punktów nawiewnych

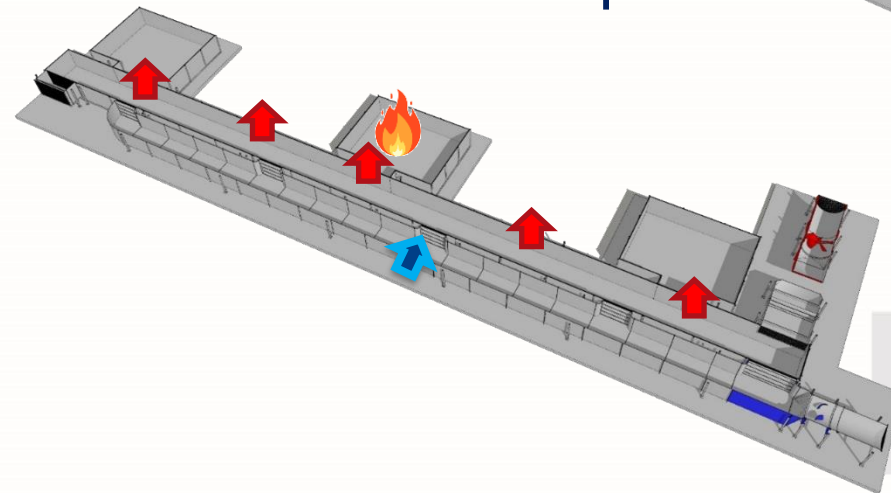
Wariant 1 – 4 punkty



Wariant 2 – 2 punkty



Wariant 3 – 1 punkt

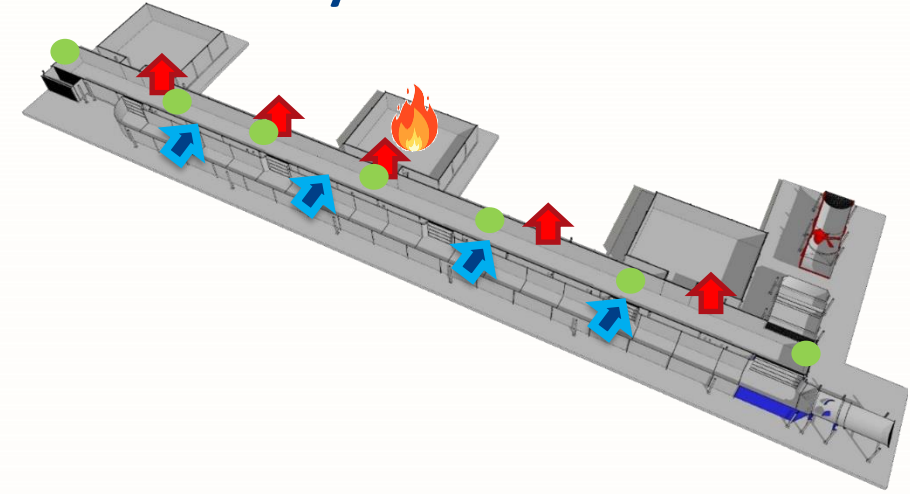
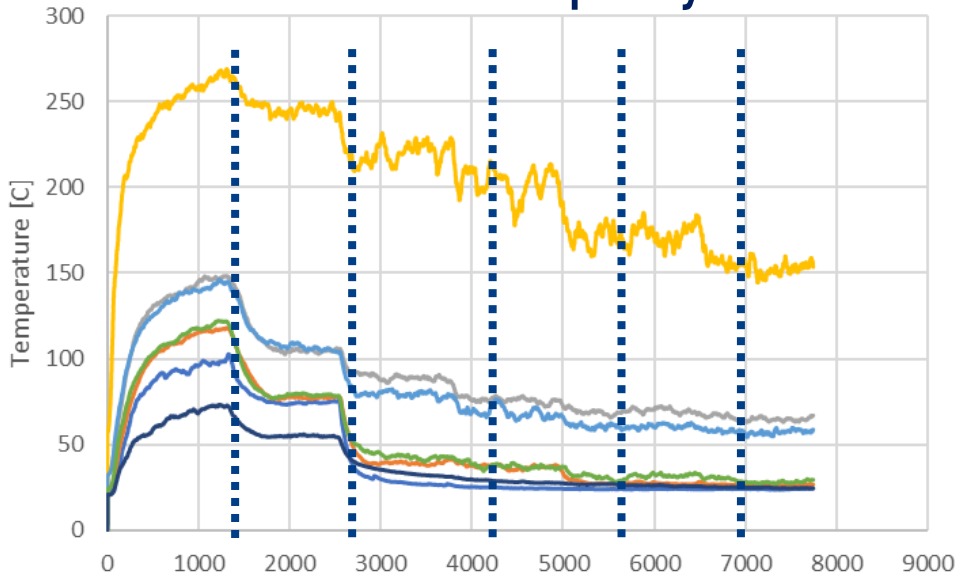


Wentylacja poprzeczna

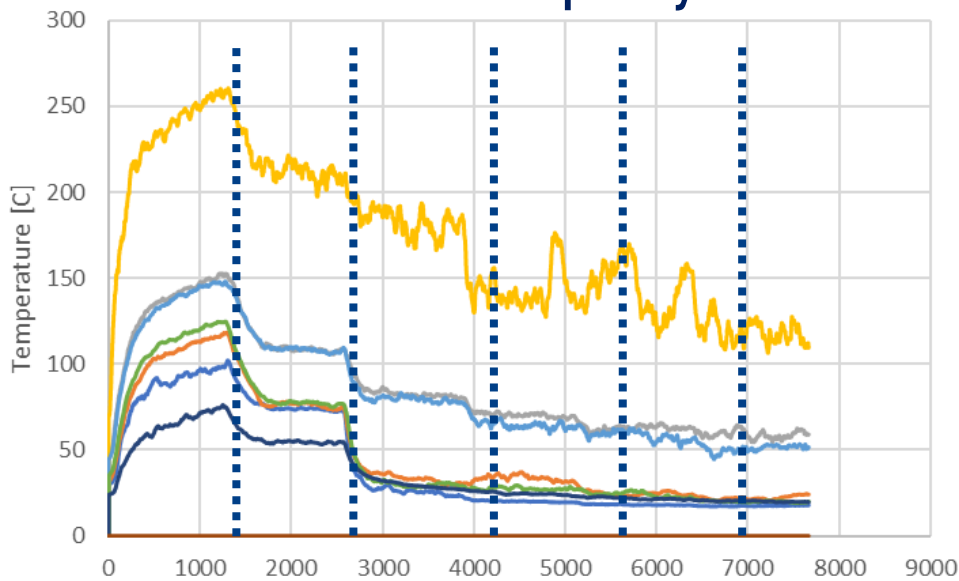
Wpływ liczby i lokalizacji punktów nawiewnych



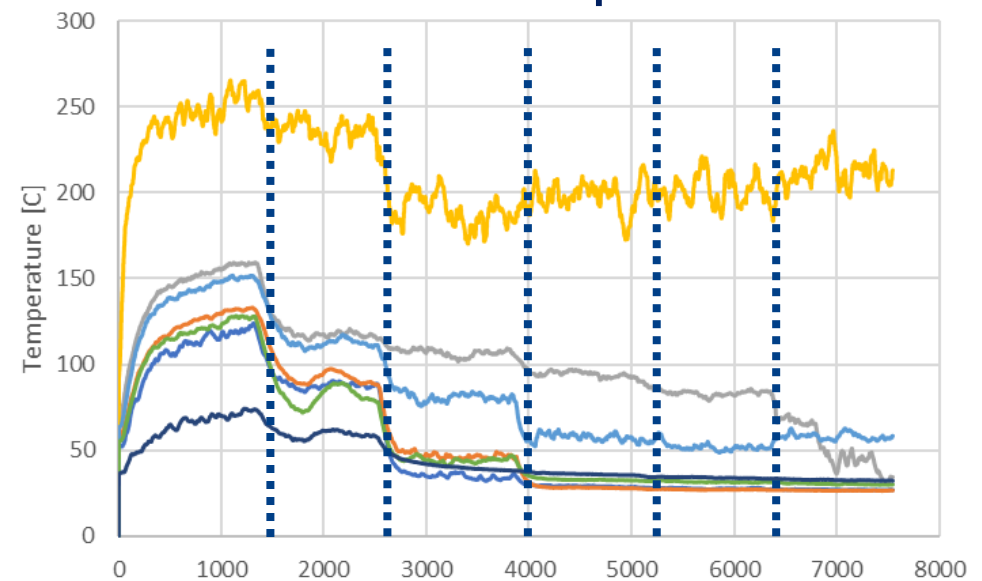
Wariant 1 – 4 punkty



Wariant 2 – 2 punkty

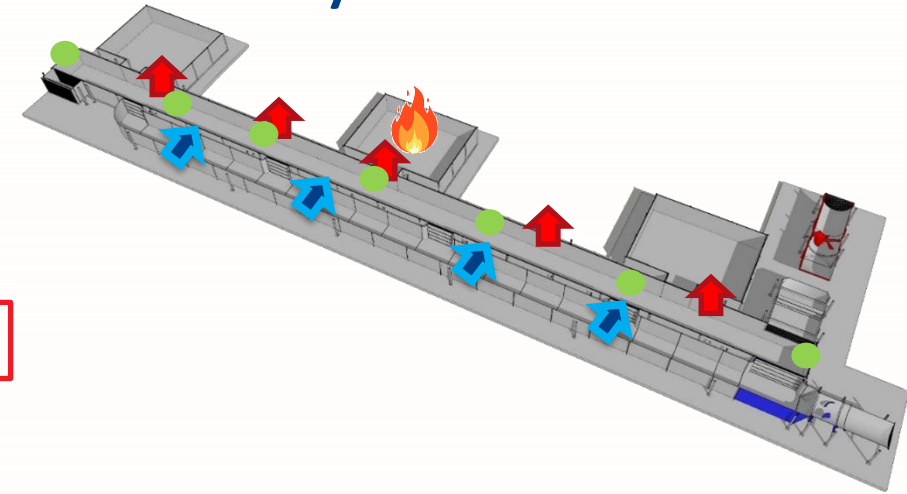
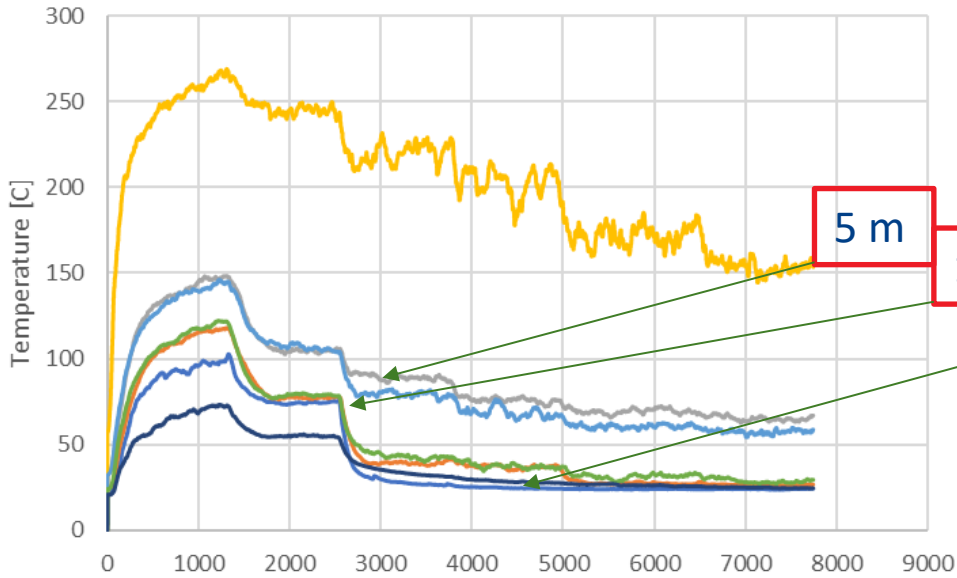


Wariant 3 – 1 punkt

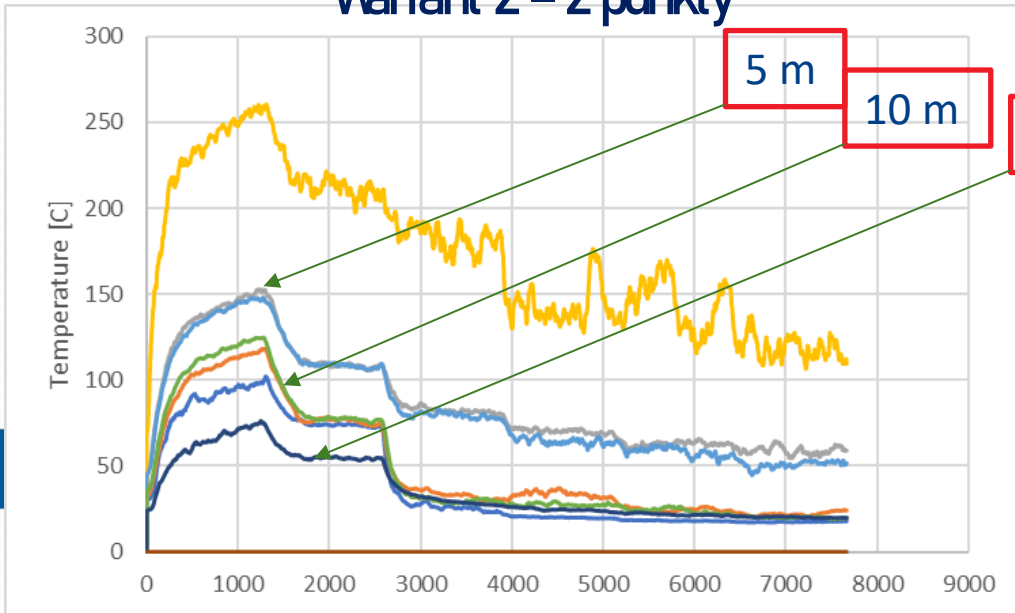


Wentylacja poprzeczna

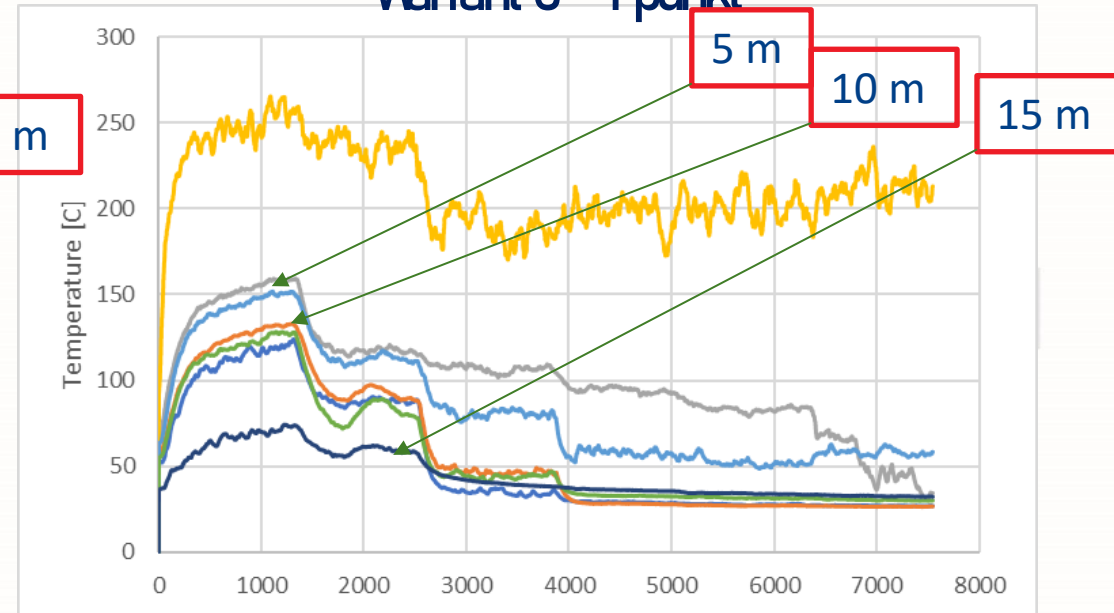
Wpływ liczby i lokalizacji punktów nawiewnych



Wariant 2 – 2 punkty

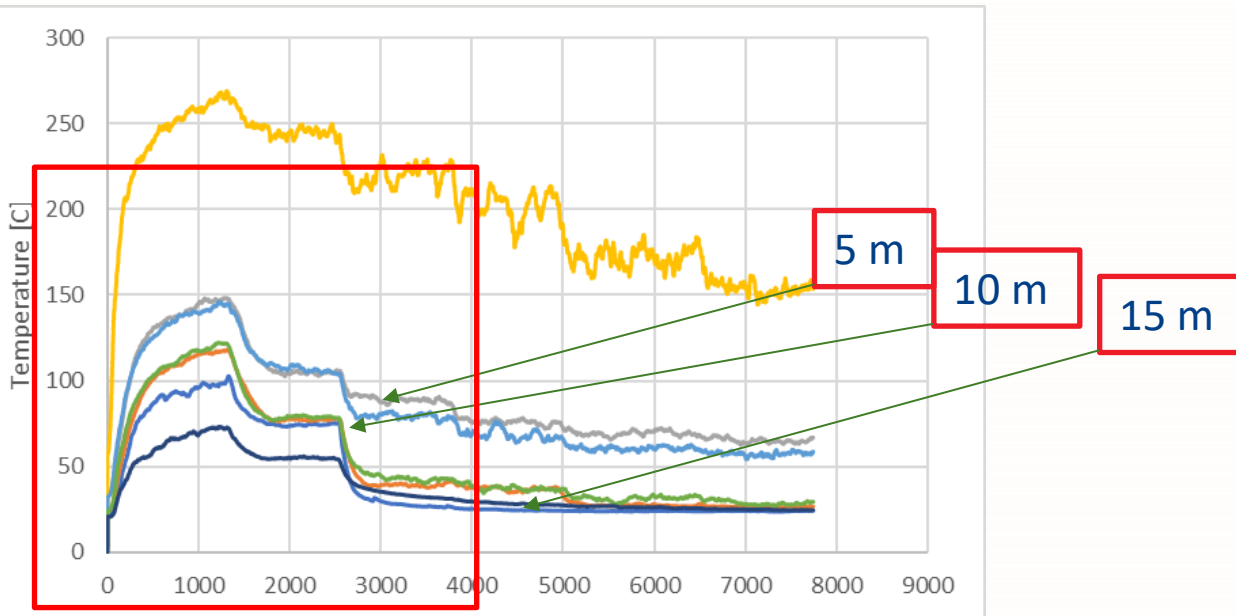
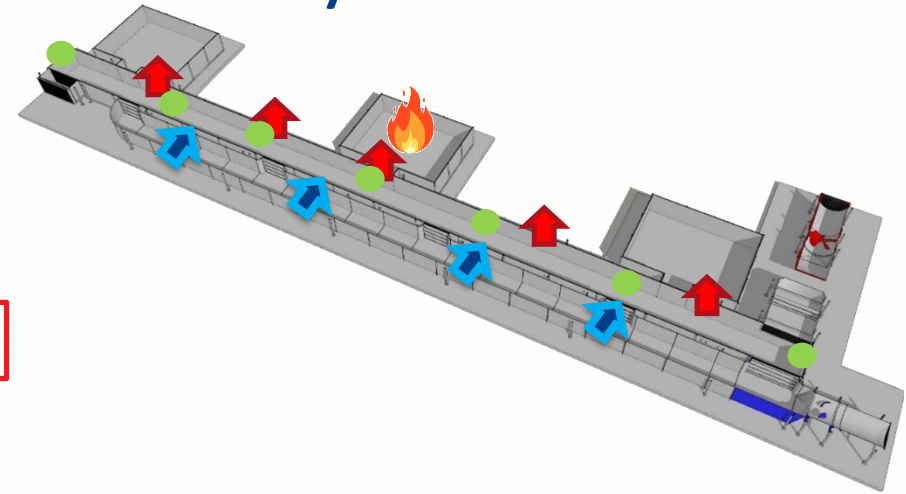


Wariant 3 – 1 punkt

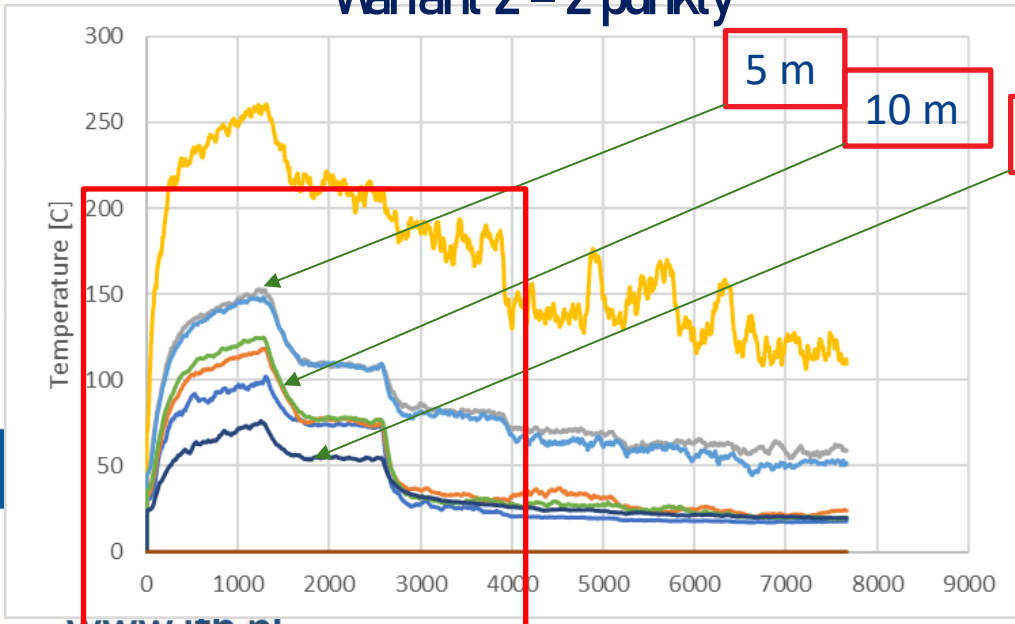


Wentylacja poprzeczna

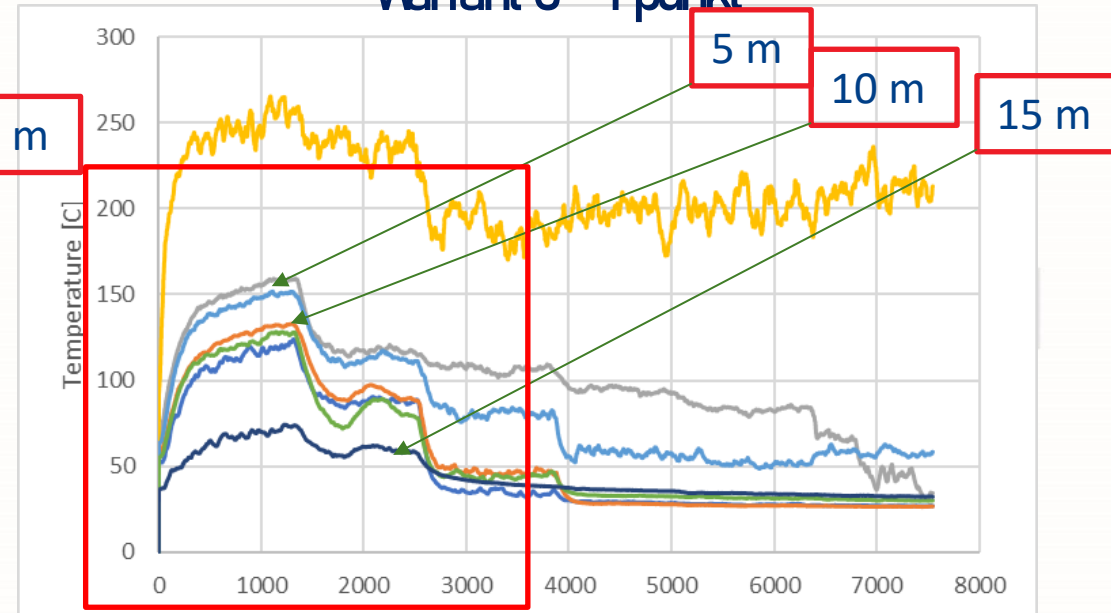
Wpływ liczby i lokalizacji punktów nawiewnych



Wariant 2 – 2 punkty

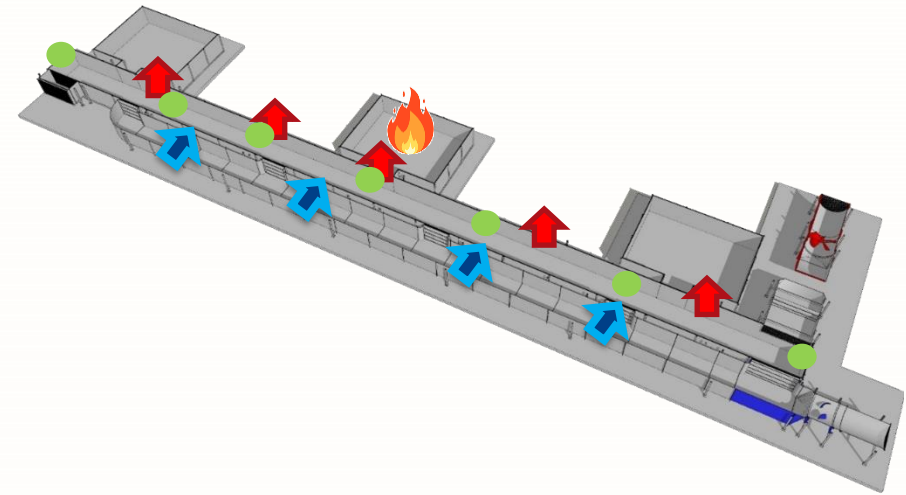
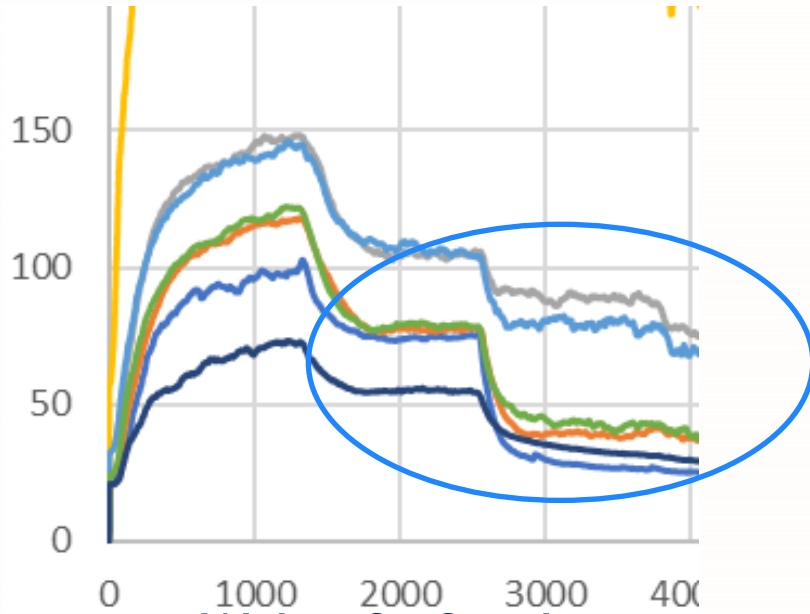


Wariant 3 – 1 punkt

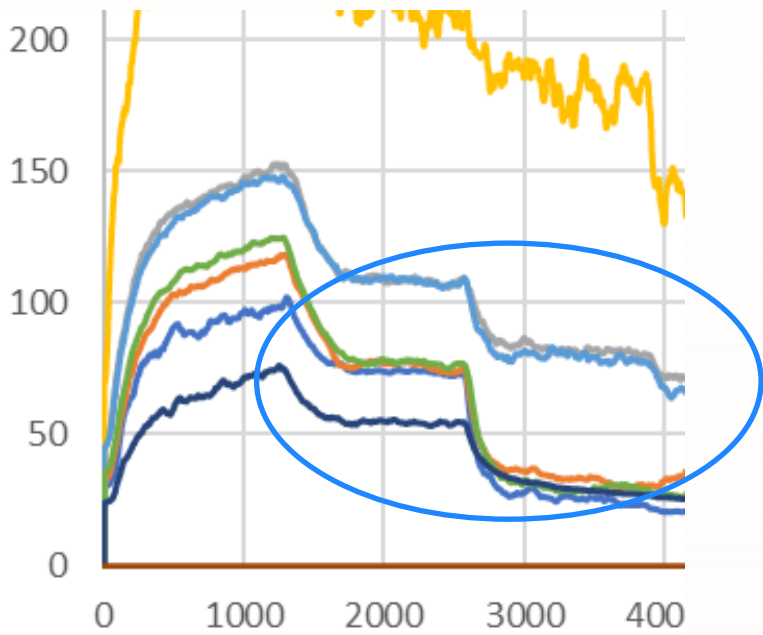


Wentylacja poprzeczna

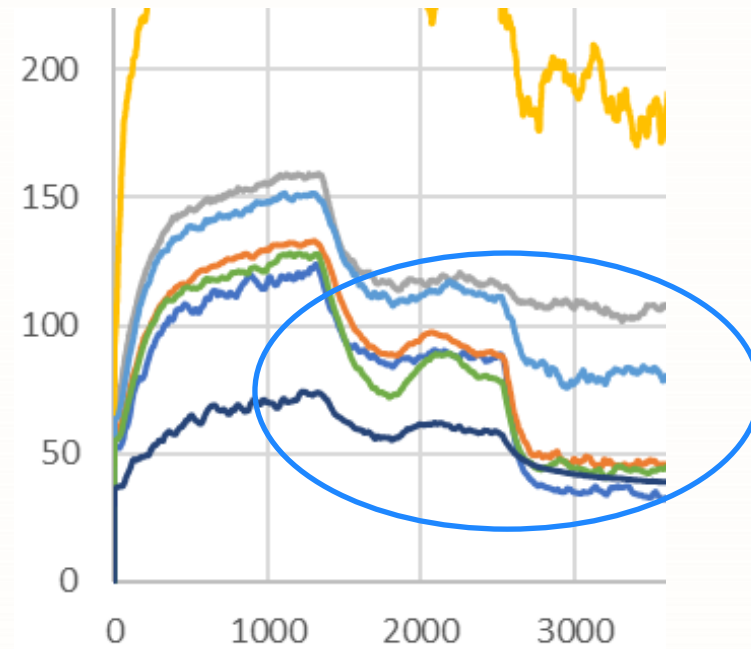
Wariant 1 – 4 punkty



Wariant 2 – 2 punkty



Wariant 3 – 1 punkt



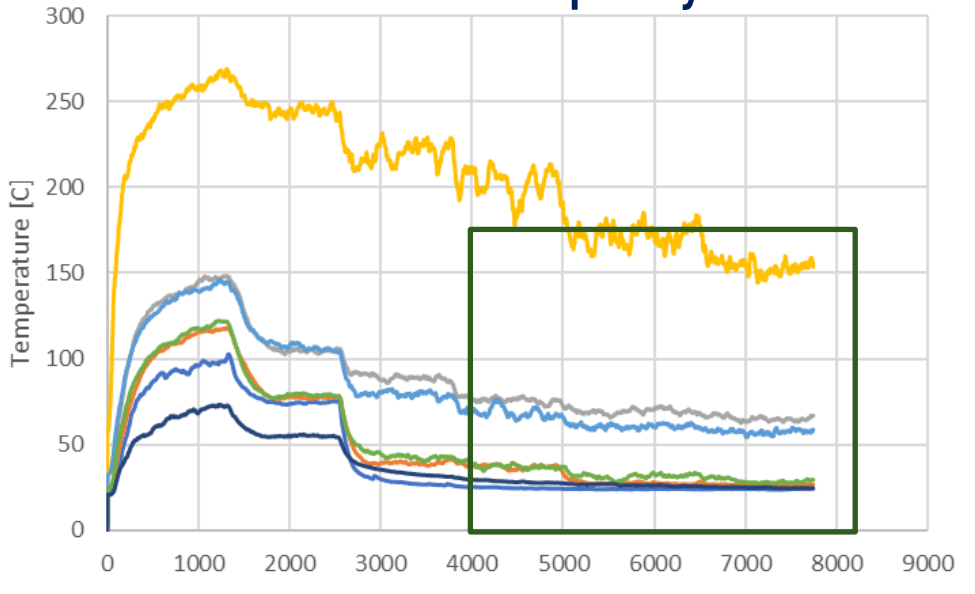
ww

Wentylacja poprzeczna

Wpływ liczby i lokalizacji punktów nawiewnych

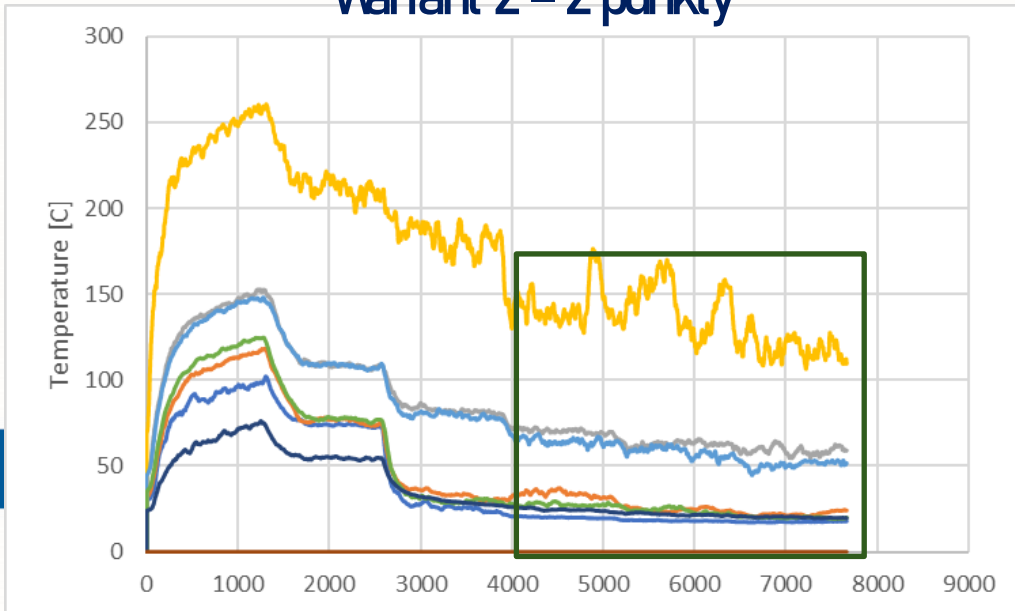


Wariant 1 – 4 punkty

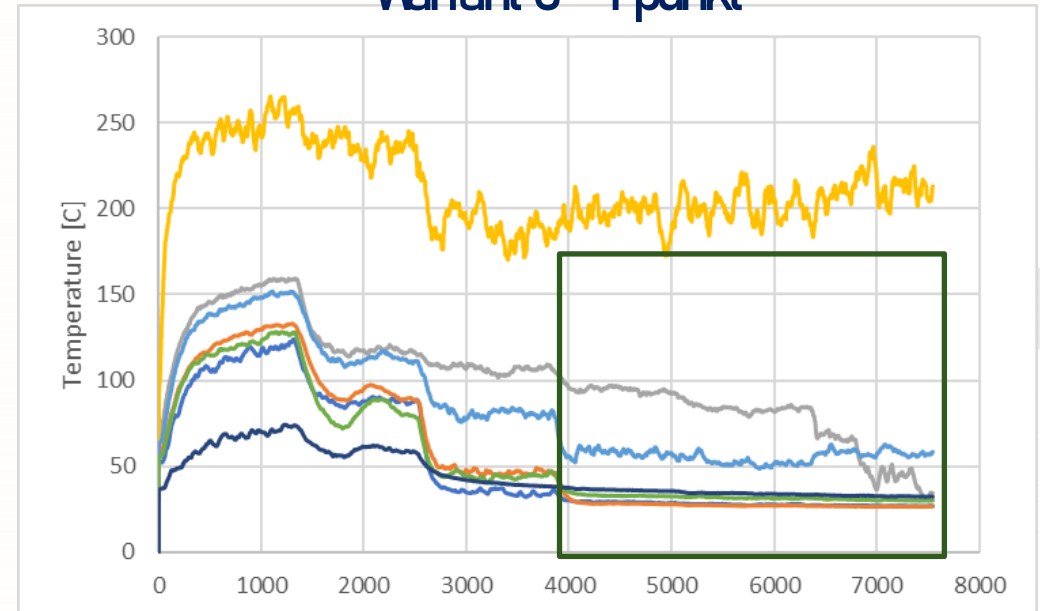


W przypadku pożaru o mocy 400 kW zwiększenie mocy nie powoduje zmiany intensywności profilu temperatury 5, 10 lub 15 m od pożaru w obu kierunkach

Wariant 2 – 2 punkty



Wariant 3 – 1 punkt



Wentylacja poprzeczna

Oddziaływanie napływającego powietrza na warstwę dymu



Punkt
nawiewny



Wentylacja poprzeczna

Oddziaływanie napływającego powietrza na warstwę dymu w zależności od liczby punktów nawiewnych



Wariant 1 – 4 punkty



Wariant 2 – 2 punkty



Wariant 3 – 1 punkt



Wentylacja poprzeczna

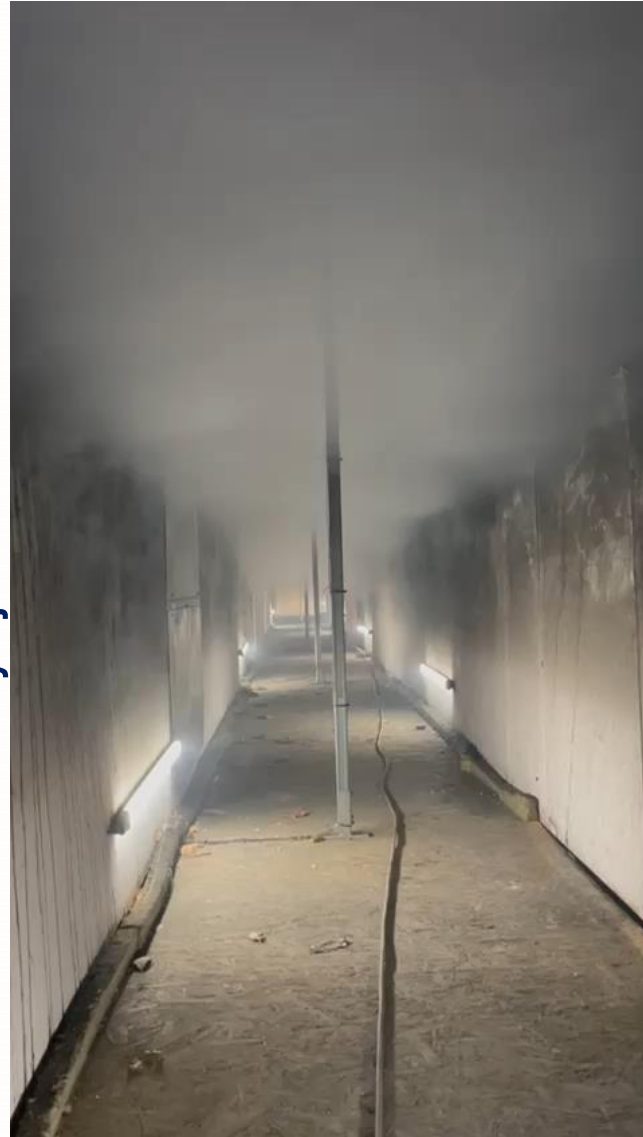
Oddziaływanie napływającego powietrza na warstwę dymu w zależności od liczby punktów nawiewnych



Wydajność 20%



Wydajność 50%



Wydajność 100%



Wnioski dot. strategii napowietrzania



Kluczowym aspektem wpływającym na skuteczność systemu jest:

- Opracowanie prawidłowej strategii dopływu powietrza
- Zapewnienie płynnego rozruchu systemu
- Dobór odpowiedniej wysokości otworów doprowadzających powietrze kompensacyjne,
- Prawidłowe rozmieszczenie punktów dopływu powietrza kompensacyjnego
- Prędkość napływającego powietrza nie większa niż 1 m/s
- Zapewnienie równomiernego wypływu z otworów wentylacyjnych (perforacja, lamele kierujące przepływ w dół)
- Dostosowanie instalacji wentylacji oddymiającej zgodnie z projektem systemu wentylacji oddymiającej



Bezpieczeństwo pożarowe poziomych dróg ewakuacyjnych



Elementy mające kluczowy wpływ na parametry środowiska w czasie pożaru:

- System wentylacji pożarowej i jego rodzaj: poprzeczny, podłużny, mieszany
- Strategia doprowadzenia powietrza kompensacyjnego: lokalizacja i liczba punktów oraz prędkość nawiewu
- **Wydajność systemu wentylacji pożarowej**
- **Zastosowane systemy SUG**



Bezpieczeństwo pożarowe poziomych dróg ewakuacyjnych



Systemy SUG poddane testom przy współdziałaniu z instalacją wentylacji pożarowej:

- Instalacja tryskaczowa
- Instalacja mgłowa niskiego ciśnienia
- Instalacja mgłowa wysokiego ciśnienia

UWAGA: Nie badano efektywności oddziaływania SUG na zdolność gaszenia pożaru a jedynie wpływ na parametry środowiska w przestrzeni korytarza.



Badane systemy SUG



Instalacja tryskaczowa

1 dysza,

ciśnienie robocze 1 bar

współczynnik k- 80

Wydatek - ~ 80 l/min



Mgła niskociśnieniowa

1 dysza,

ciśnienie robocze 8 bar

współczynnik k- 16,7

Wydatek - ~ 47 l/min

Badane systemy SUG



Mgła wysokociśnieniowa

1 dysza,

ciśnienie robocze 60 bar

współczynnik k- 1,9

Wydatek - ~15 l/min

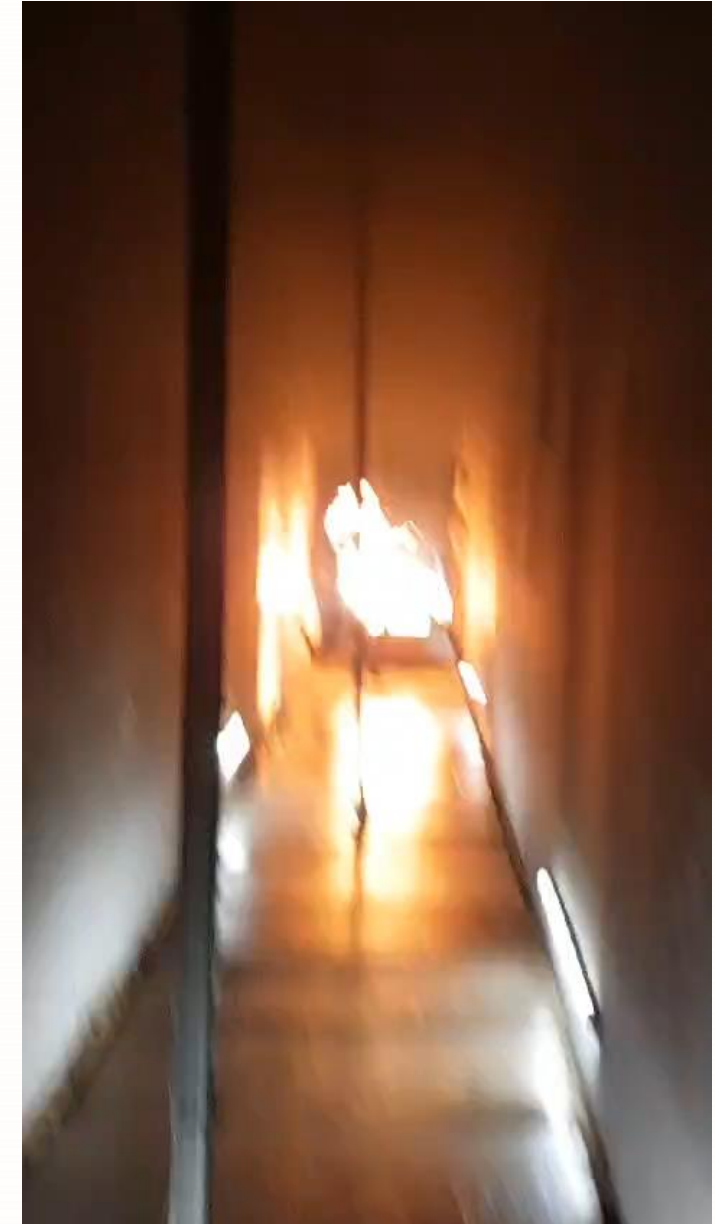
Systemy SUG

Mgła wysokociśnieniowa

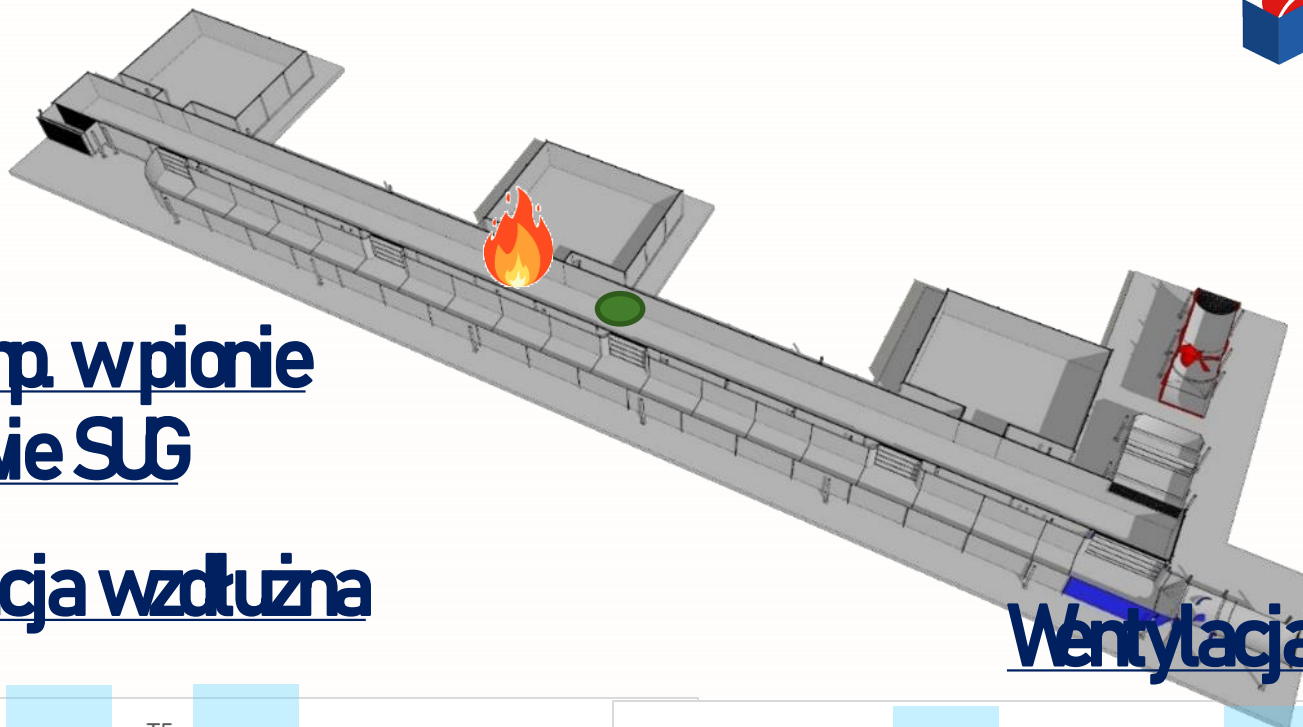
Tryskacz



Mgła niskociśnieniowa



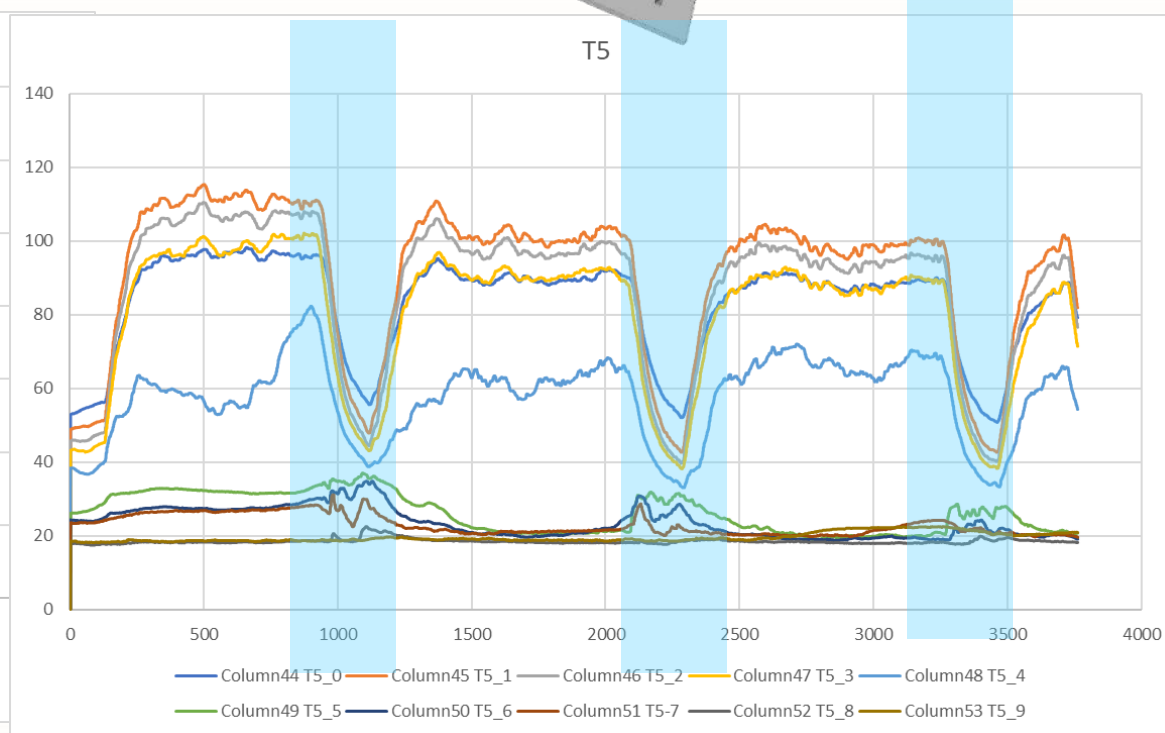
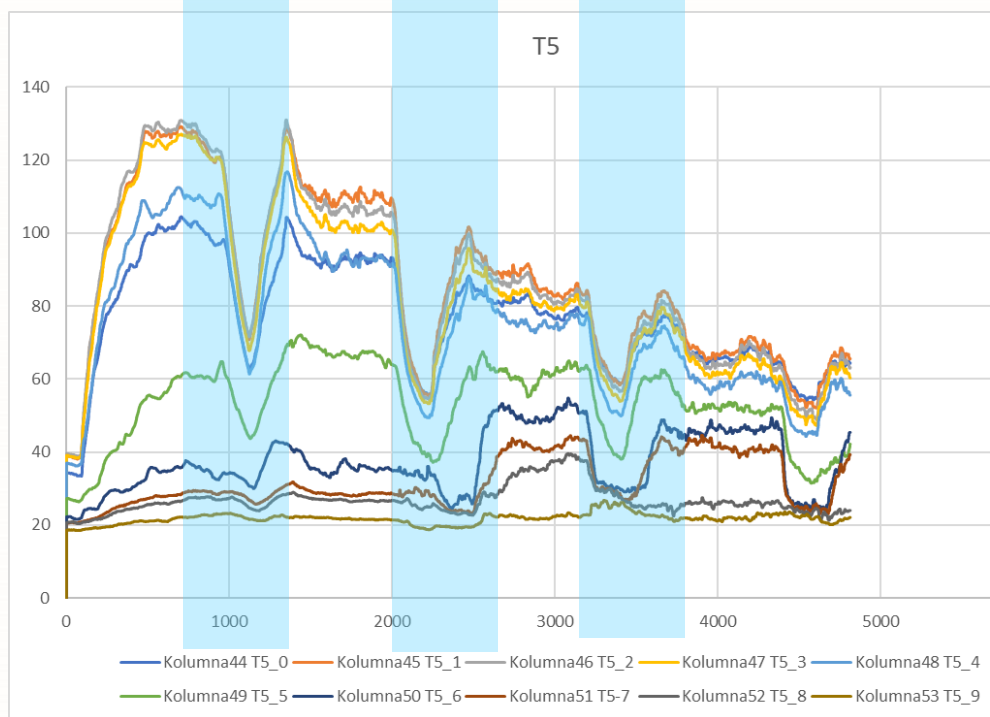
Mgła niskociśnieniowa



Rozkład temp. w pionie w sąsiedztwie SUG

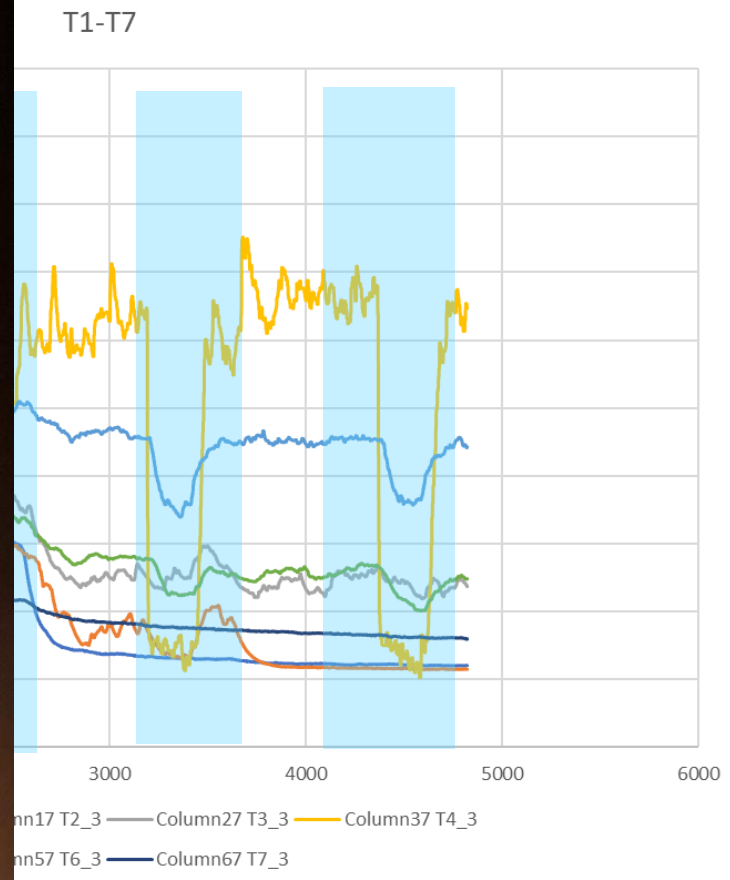
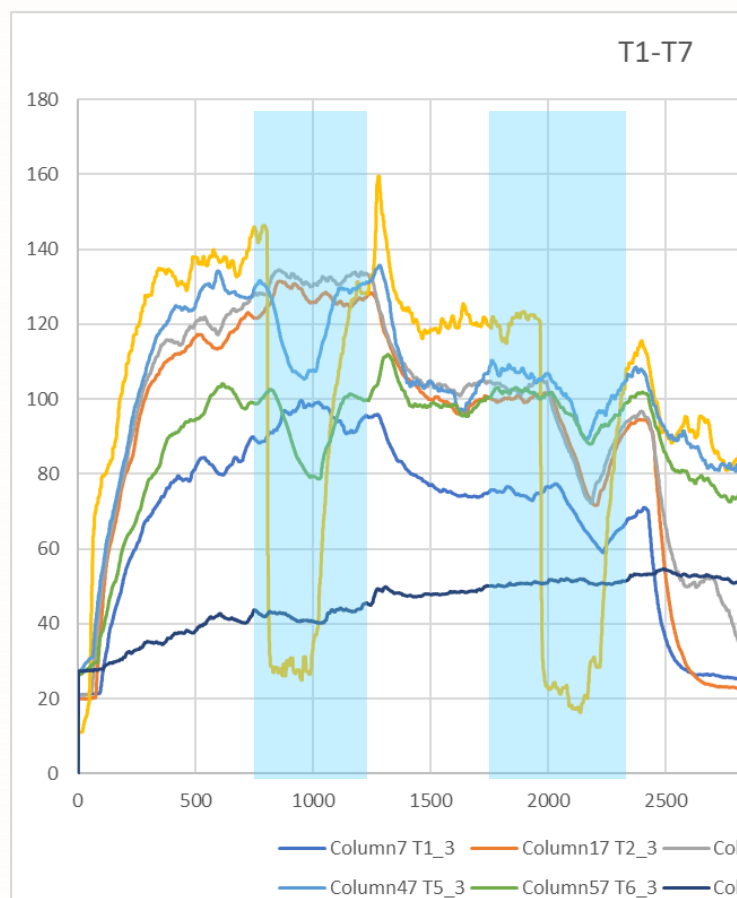
Wentylacja wzdłużna

Wentylacja poprzeczna



Instalacja tryskaczowa

Rozkład temp. wzdłuż korytarza na wys. 2 m



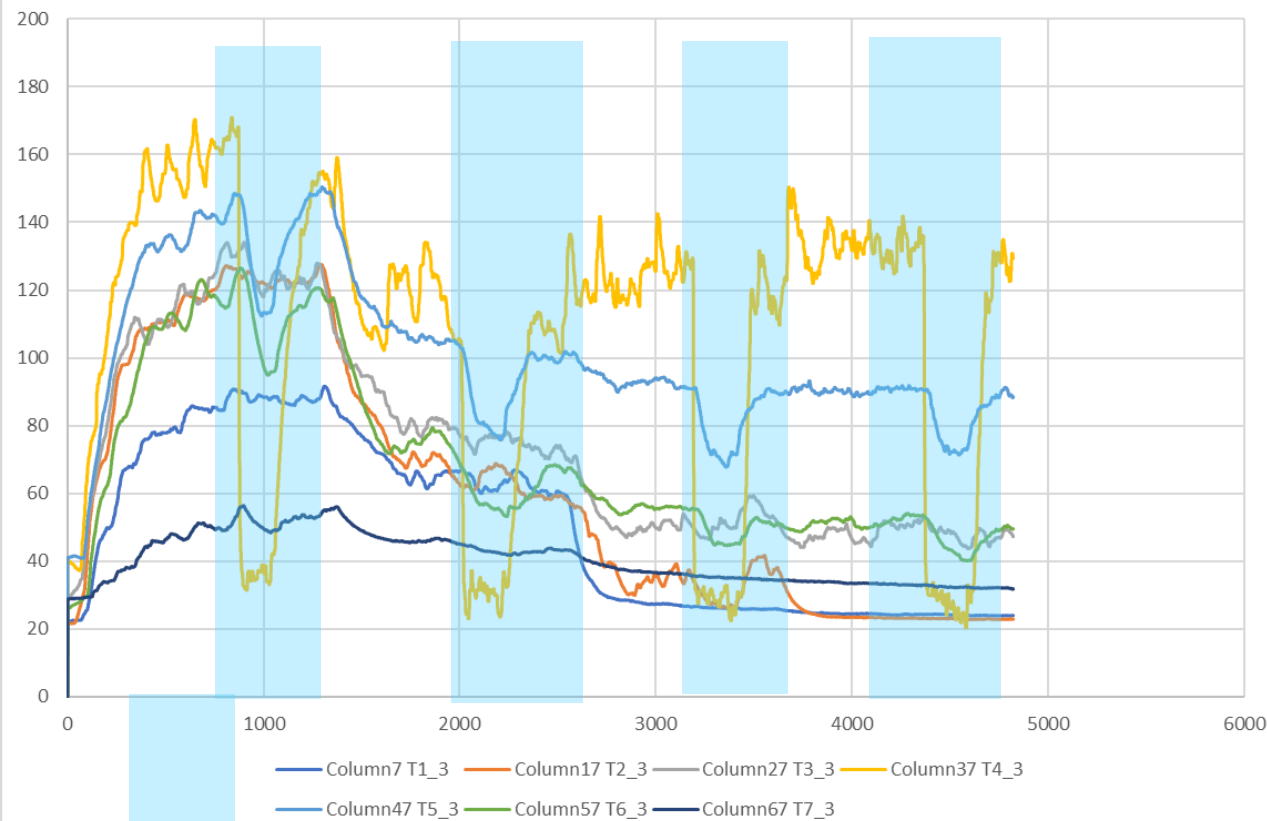
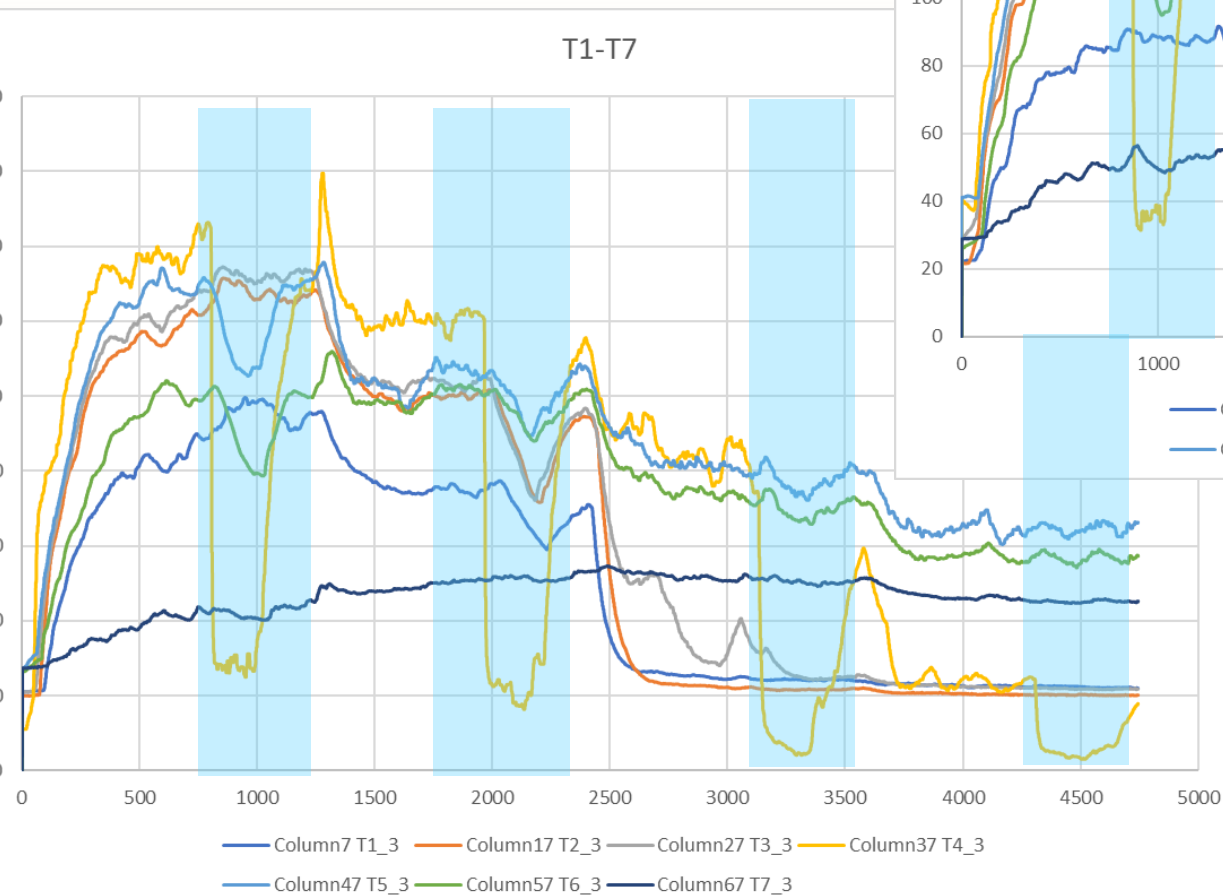
Wentylacja poprzeczna

Instalacja tryskaczowa

Rozkład temp. wzdłuż korytarza na wys. 2 m

T1-T7

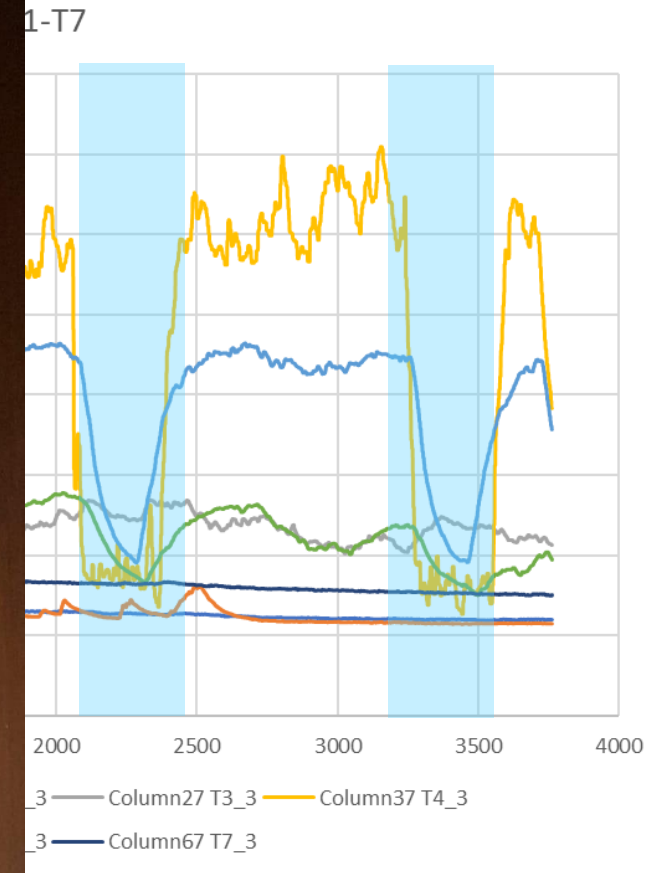
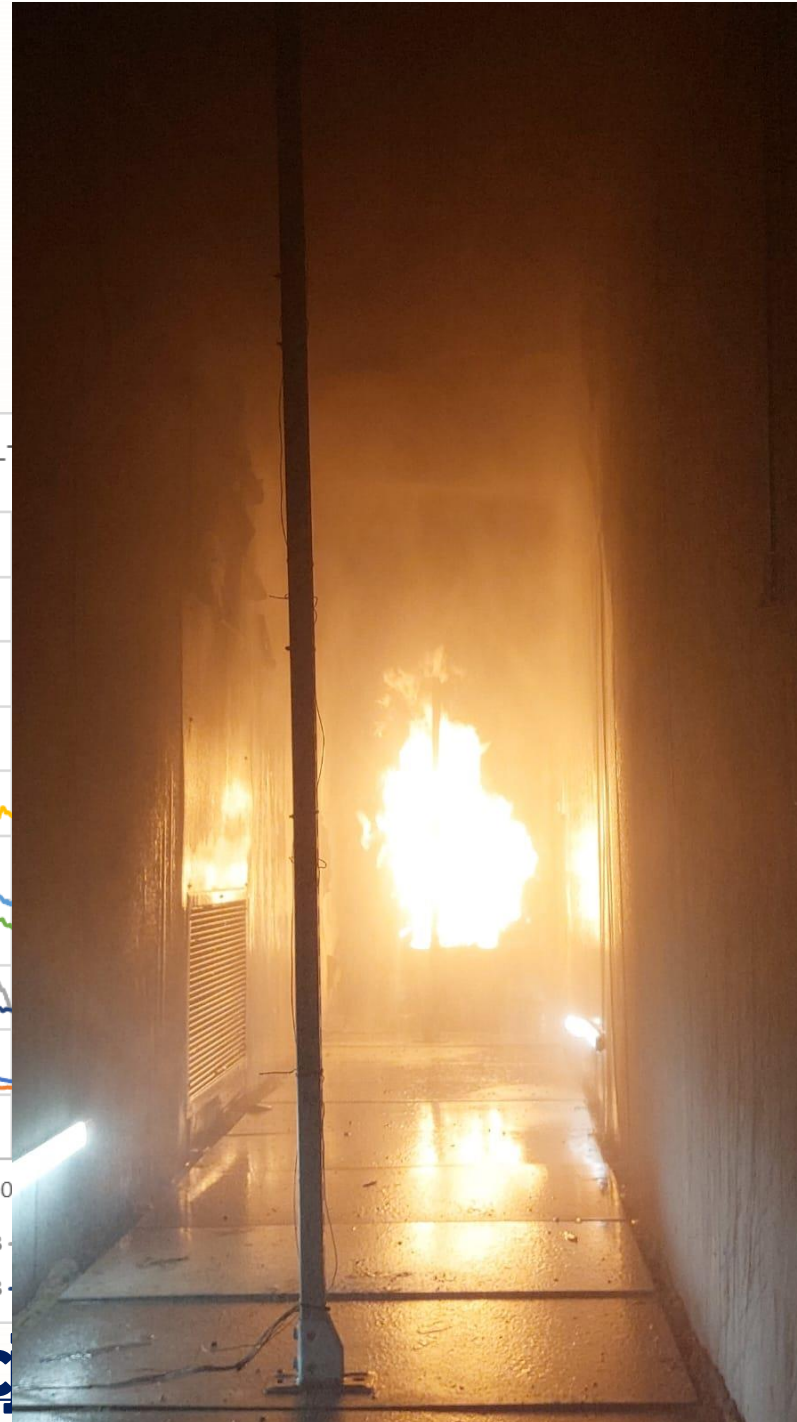
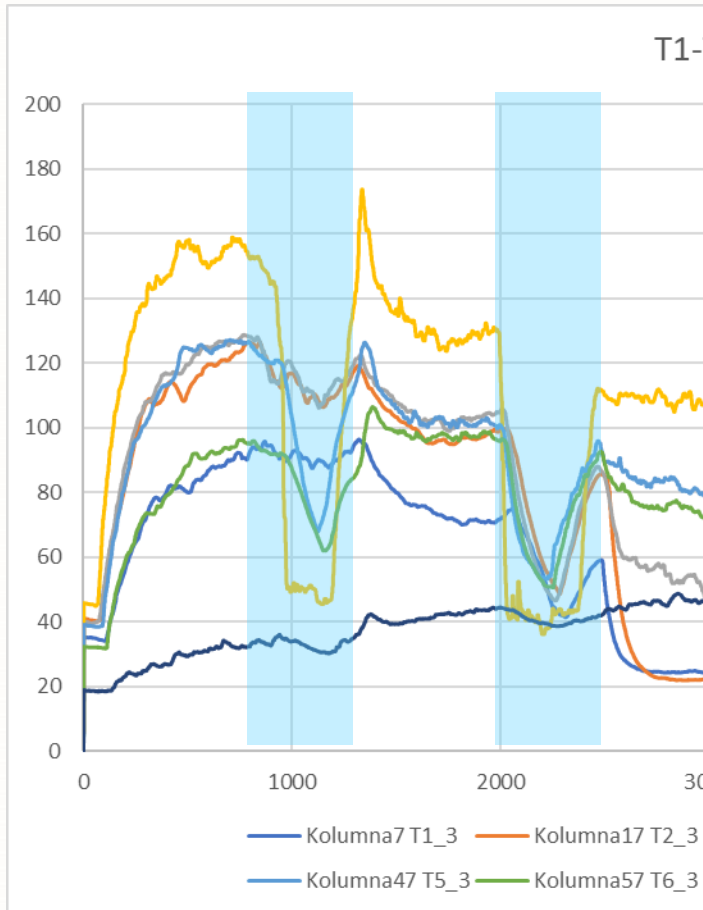
T1-T7



Wentylacja poprzeczna

Mgła niskociśnieniowa

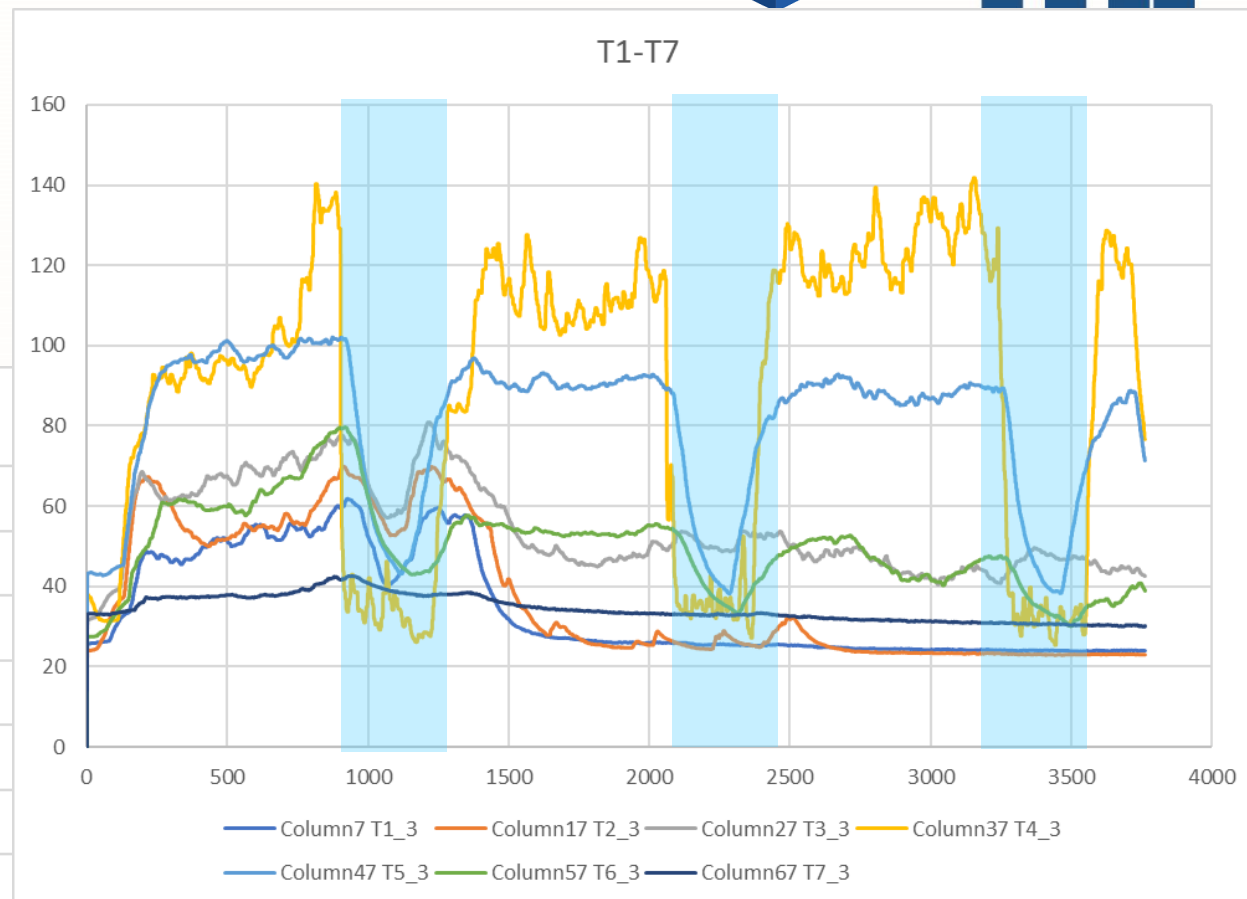
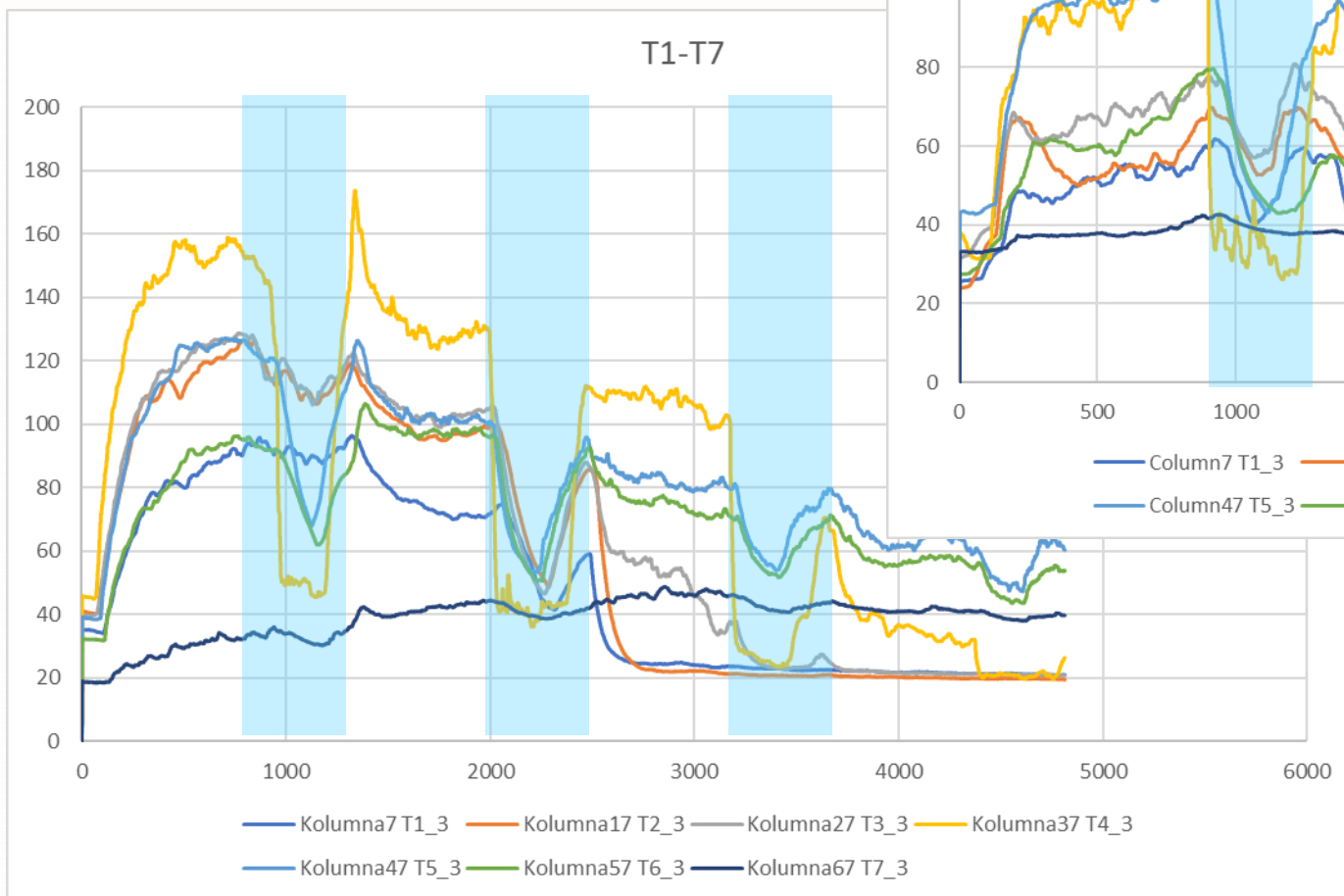
Rozkład temp. wzdłuż korytarza na wys. 2 m



Wentylacja poprzeczna

Mgła niskociśnieniowa

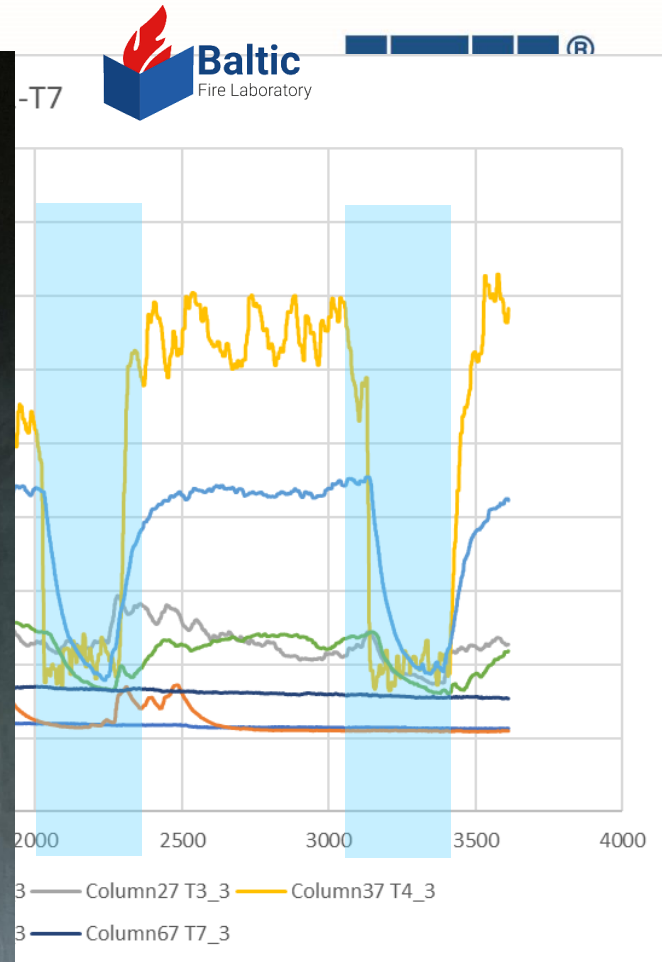
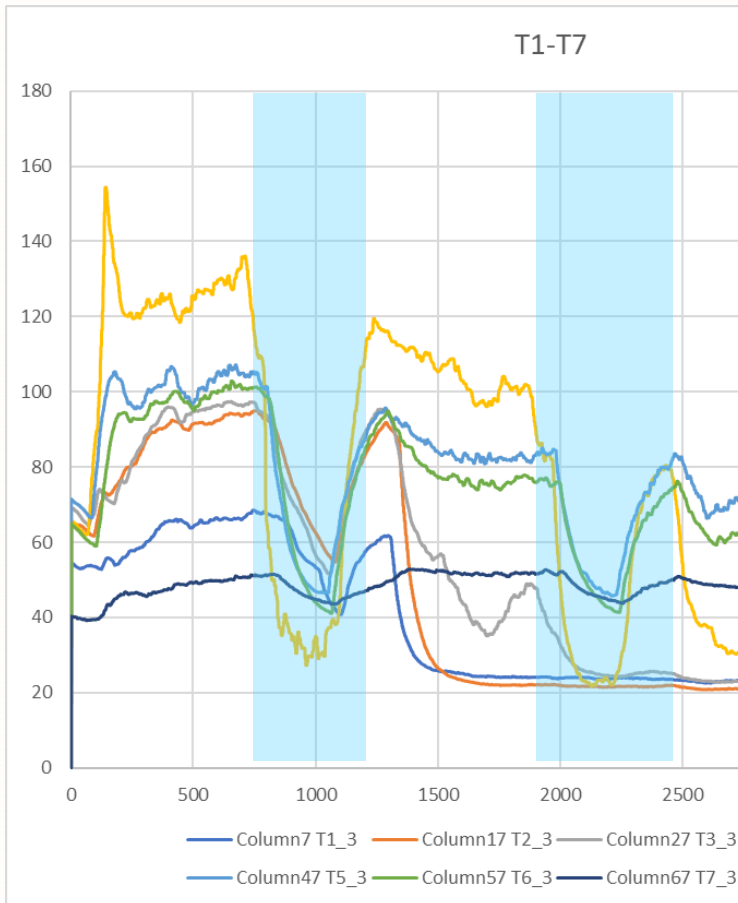
Rozkład temp. wzdłuż korytarza na wys. 2 m



Wentylacja poprzeczna

Mgła wysokociśnieniowa

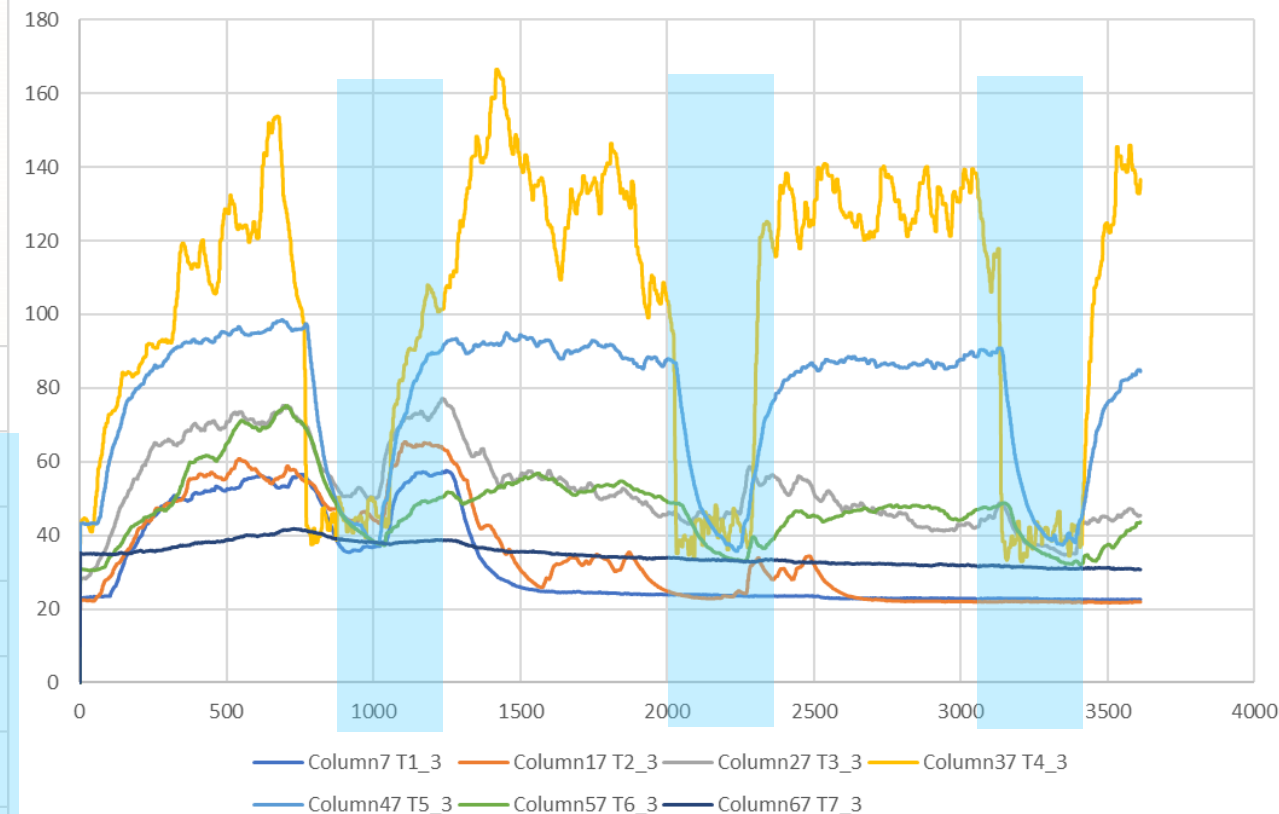
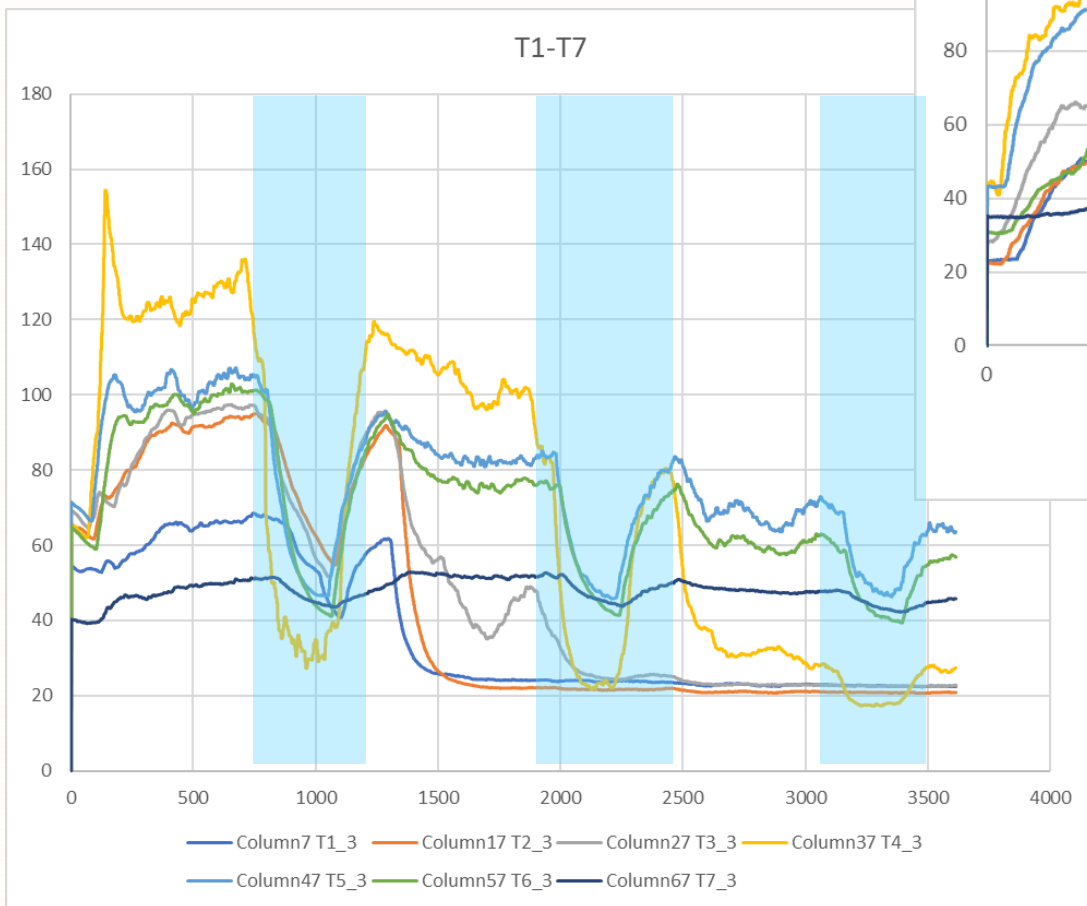
Rozkład temp. wzdłuż korytarza na wys. 2 m



Wentylacja poprzeczna

Mgła wysokociśnieniowa

Rozkład temp. wzdłuż korytarza na wys. 2 m



Wentylacja poprzeczna

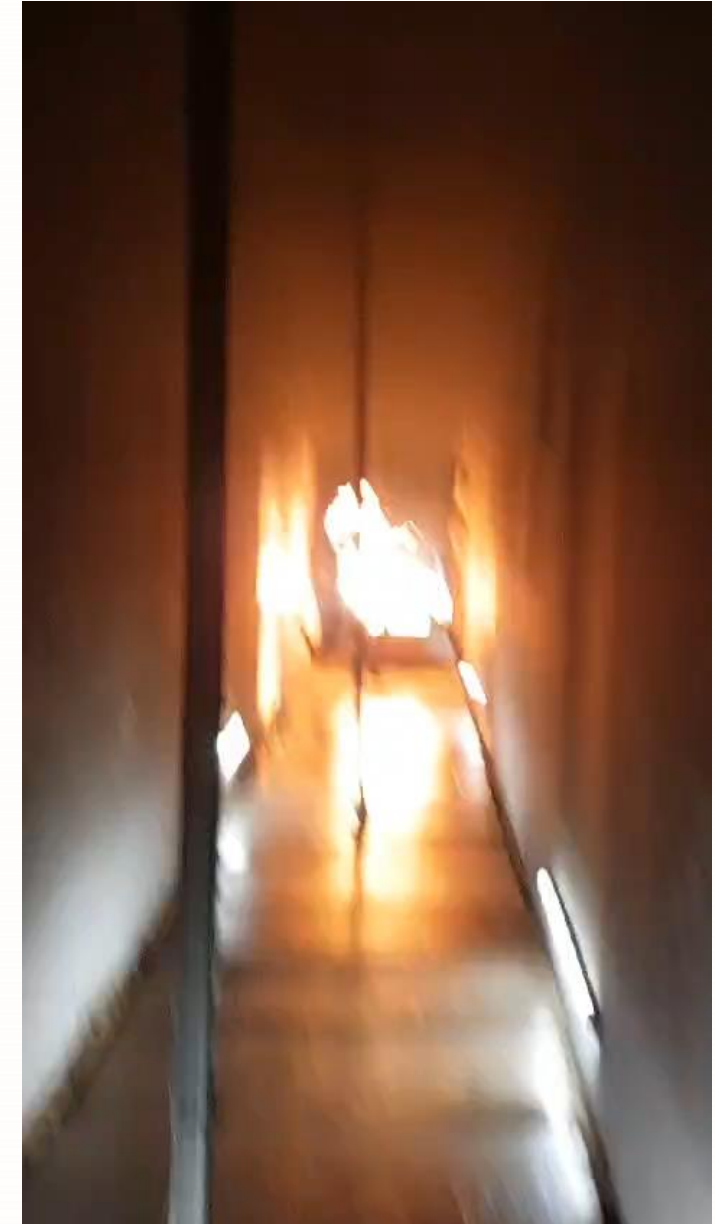
Systemy SUG

Mgła wysokociśnieniowa

Tryskacz



Mgła niskociśnieniowa



- W zależności od zastosowanego rodzaju wentylacji (wzdłużna lub poprzeczna) można obserwować znaczne różnice w profilu temperatury w przekroju przez korytarz
- Zauważalna jest wyraźna interakcja pomiędzy zastosowanym systemem wentylacji a systemem instalacji wodnej
- Z uwagi na lokalizację głowicy mgły wodnej jak i tryskaczowej w pobliżu punktu wyciągowego widać częściowy spadek efektywności instalacji wodnej
- Wszystkie prezentowane systemy skutecznie realizują swoje zadanie.

- Kluczowym aspektem wpływającym na skuteczność systemu jest opracowanie prawidłowej strategii oddymiania
- Dopasowanie scenariusza zdarzeń w czasie pożaru uwzględniającego płynne uruchomienie systemu
- Dobór odpowiedniej wysokości otworów doprowadzających powietrze kompensacyjne min. 1 m poniżej warstwy dymu
- Prawidłowa lokalizacja otworów doprowadzających powietrze kompensacyjne
- Prędkość napływającego powietrza nie większa niż 2 m/s w oddymianej strefie dymowej
- Zapewnienie równomiernego wypływu z otworów nawiewnych (perforacja, lamele kierunkujące przepływ w dół)
- Wyregulowana instalacja wentylacji oddymiającej zgodnie projektem systemu wentylacji oddymiającej

Wpływ funkcjonowania statycznych urządzeń gaśniczych na parametry środowiska w czasie pożaru na poziomych drogach ewakuacyjnych

Grzegorz Krajewski