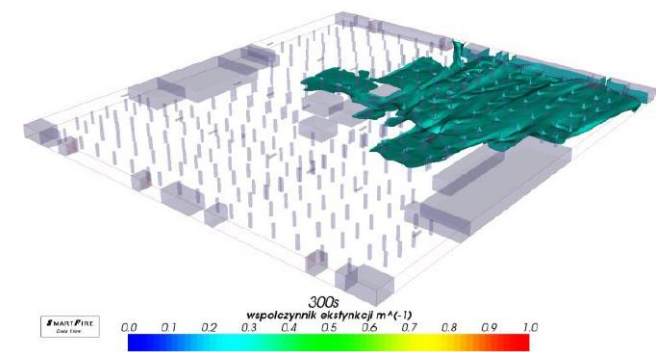




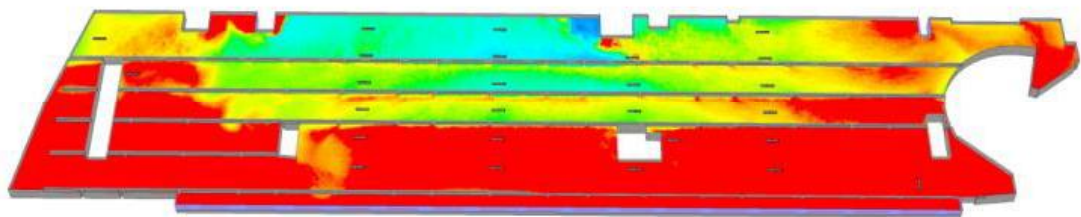
mgr inż. Paweł Wróbel

Praktyczne aspekty analiz CFD - założenia
wyjściowe, kryteria oceny, ocena wyników na
podstawie raportów końcowych

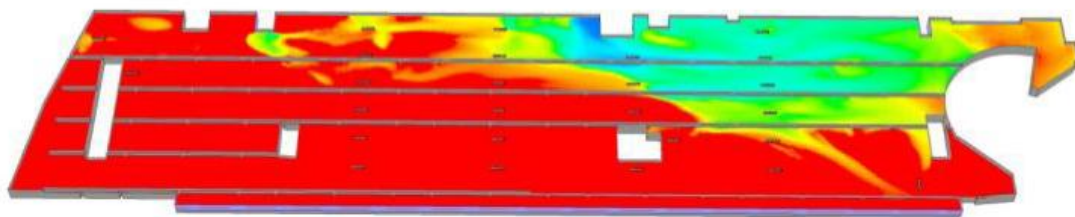
Instalacje wentylacji pożarowej garaży



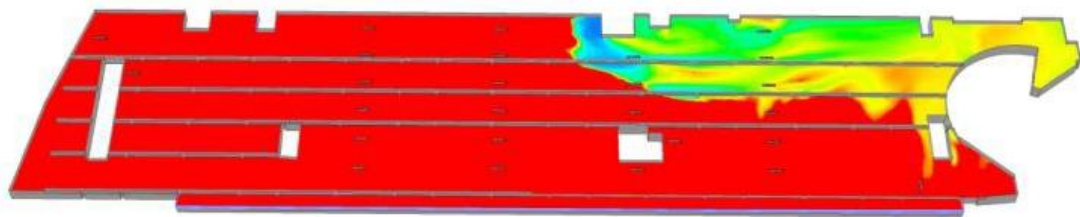
$t = 420$ s (moment uruchomienia wentylatorów strumieniowych)



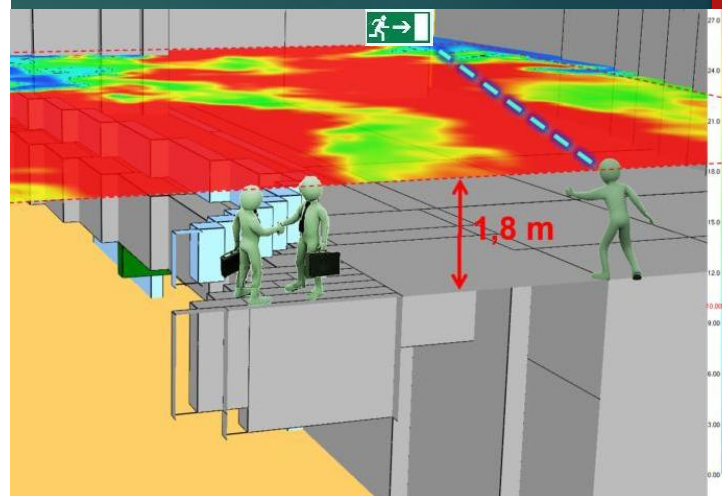
$t = 480$ s



$t = 600$ s



Rys. 13. Rzut przedstawiający przewidywany lokalny zasięg widzialności na wysokości około 2,00 m powyżej posadzki garażu w 420, 480 i 600 s systemu
Uruchomienie wentylatorów strumieniowych nastąpiło krótko po 420 s analizy; na rysunkach widoczne jest, jak szybko system doprowadził do ograniczenia rozprzestrzeniania się dymu i ciepła



ANALIZY CFD

Założenia wyjściowe



DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 9 czerwca 2022 r.
Poz. 1225

OBWIESZCZENIE
MINISTRA ROZWOJU I TECHNOLOGII¹⁾
z dnia 15 kwietnia 2022 r.

w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

aktów normatywnych i niektórych innych

Rozdział 8

Wymagania przeciwpożarowe dla garaży

§ 277. [Powierzchnia strefy pożarowej w nadziemnym lub podziemnym garażu zamkniętym]

4. W strefie pożarowej garażu zamkniętego należy stosować **instalację wentylacji oddymiającej** uruchamianą za pomocą systemu wykrywania dymu, w przypadku gdy ta strefa **nie posiada bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu z budynku lub gdy jej powierzchnia przekracza 1500 m².**



DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 9 czerwca 2022 r.
Poz. 1225

OBWIESZCZENIE
MINISTRA ROZWOJU I TECHNOLOGII¹⁾
z dnia 15 kwietnia 2022 r.

w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

1. Na podstawie art. 16 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2000 r. o ogłaszaniu aktów normatywnych i niektórych innych aktów prawnych (Dz. U. z 2019 r. poz. 1461) ogłasza się w załączniku do niniejszego obwieszczenia jednolity tekst rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać

Rozdział 8

Wymagania przeciwpożarowe dla garaży

§ 270. [Wymogi dotyczące instalacji wentylacji oddymiającej]

1. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:

- 1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację;
- 2) mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem.



DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 9 czerwca 2022 r.
Poz. 1225

OBWIESZCZENIE
MINISTRA ROZWOJU I TECHNOLOGII¹⁾
z dnia 15 kwietnia 2022 r.

Rozdział 8 Wymagania przeciwpożarowe dla garaży

§ 278. [Wyjścia ewakuacyjne garażu]

1. Ze strefy pożarowej garażu, która posiada więcej niż 25 stanowisk postojowych i nie jest wyposażona w instalację wentylacji oddymiającej lub ma powierzchnię przekraczającą 1500 m², należy zapewnić co najmniej dwa wyjścia ewakuacyjne, przy czym jednym z tych wyjść może być wjazd lub wyjazd.
2. W przypadku strefy pożarowej garażu obejmującej więcej niż dwie kondygnacje wyjścia ewakuacyjne należy zapewnić na poziomie każdej kondygnacji. Długość przejścia od stanowiska postojowego do najbliższego wyjścia ewakuacyjnego nie może przekraczać:
 - 1) w garażu zamkniętym - 40 m;
 - 2) w garażu otwartym - 60 m.
3. Długość przejścia, o którym mowa w ust. 2 pkt 1, może być powiększona zgodnie z zasadami określonymi w § 237 ust. 6 i 7. W przypadku zastosowania instalacji wentylacji oddymiającej strumieniowej nie stosuje się § 237 ust. 6 pkt 2.

**INSTRUKCJE
WYTYCZNE
PORADNIKI**

Wojciech Węgrzyński, Grzegorz Krajewski

Systemy wentylacji pożarowej garaży
Projektowanie, ocena, odbiór

 **Instytut Techniki Budowlanej**
Warszawa 2015



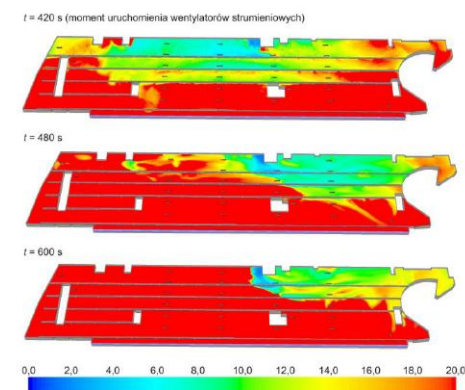
§ 270. [Wymogi dotyczące instalacji wentylacji oddymiającej]

1. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:

- 1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację;
- 2) mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem.

WPROWADZENIE

Wymagania dla systemów wentylacji pożarowej, w tym także systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych, sformułowane w § 270 rozporządzenia [1] mają charakter funkcjonalny [24]. Oznacza to, że ustawodawca nie precyzuje wymagań formalnych związanych z parametrami wykorzystywanego systemu, lecz określa cel jego zastosowania. Zatem na projektancie spoczywa obowiązek zaprojektowania systemu, który umożliwi spełnienie tego wymagania, razem z przedstawieniem wiarygodnego dowodu potwierdzającego skuteczność systemu. Należy podkreślić, że wymagania stawiane systemom odnoszą się nie tylko do bezpieczeństwa osób mogących przebywać w przestrzeni garaży, ale także w stosunku do bezpieczeństwa ekip ratowniczo-gaśniczych. Dowód spełnienia powyższych wymagań może mieć charakter obliczeń analitycznych opartych na wiarygodnej metodologii przedstawionej w dokumencie normatywnym lub stanowić efekt wykorzystania nowoczesnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, omawianych w niniejszej publikacji.



Rys. 13. Rzut przedstawiający przewidywany lokalny zasięg widzialności na wysokości około 2,00 m powyżej posadzki garażu w 420, 480 i 600 s systemu. Uruchomienie wentylatorów strumieniowych nastąpiło krótko po 420 s analizy; na rysunkach widoczne jest, jak szybko system doprowadził do ograniczenia rozprzestrzeniania się dymu i ciepła

Czyli symulacje komputerowe (CFD)

Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

WPROWADZENIE

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

- [11] BS 7346-7:2006 Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks
- [12] NEN 6098:2010 Rookbeheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages
- [13] NBN S 21-208-2 Brandbeveiliging in gebouwen – Ontwerp van rook – en warmteafvoersystemen (RWA) van gesloten parkeergebouwen
- [14] NFPA 92:2012 – Standard for Smoke Control Systems
- [15] NFPA 204:2012 – Standard for Smoke and Heat Venting
- [16] VDI 6019 Blatt 1 Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden Brandverläufe, Überprüfung der Wirksamkeit 2006

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

Wymagania dotyczące projektowania i oceny skuteczności systemów wentylacji pożarowej garaży. Wymagania te nie precyzują sposobu wykonania systemu, lecz określają jego funkcjonalność i skuteczność. Należy podjąć wszelkie środki bezpieczeństwa, aby zapewnić zgodność z przedstawionymi wymaganiami.

- [17] VDI 6019 Blatt 2 Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden Ingenieurmethoden 2009
- [18] AS 4391 – 1999 Smoke management systems – Hot smoke test
- [19] FSE3:2008 Fire safety requirements for ductless jet fan system in car parks. 2008
- [20] PD 7974-6:2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings – Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6)



DEFINICJE

Samoczynne urządzenie oddymiające – wymagane przez rozporządzenia [1] urządzenie, system wentylacji pożarowej, omówione w wytycznych. Systemy te powinny uruchamiać się automatycznie po wykryciu pożaru.

System kontroli dymu i ciepła – system, którego celem jest ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu do zdefiniowanego obszaru pomiędzy źródłem pożaru a punktem wyciągowym, zapewniający dojście do źródła pożaru wolne od dymu w stopniu umożliwiającym podejście do pożaru na określoną odległość, od strony nawiewu powietrza kompensacyjnego.

System oczyszczania z dymu – system, którego celem jest ograniczenie temperatury w strefie pożarowej poprzez mieszanie dymu i gorących gazów pożarowych z napływającym powietrzem kompensacyjnym, ich usuwanie oraz oczyszczenie obszaru z dymu po zakończeniu działań ratowniczo-gaśniczych.

Wentylacja oddymiająca (system usuwania dymu i ciepła) – system wentylacji pożarowej usuwający dym i gorące gazy pożarowe bezpośrednio spod stropu oddymianego obszaru, zapewniający utrzymanie warstwy dymu w ściśle określonym obszarze ponad głowami osób ewakuujących się.



DEFINICJE

		Wspomaganie ekip ratowniczo-gaśniczych	Oczyszczenie przestrzeni z dymu po
	Bezpośrednie		

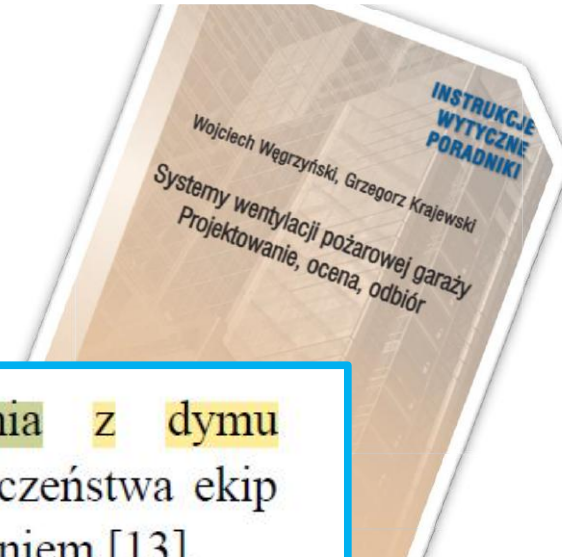
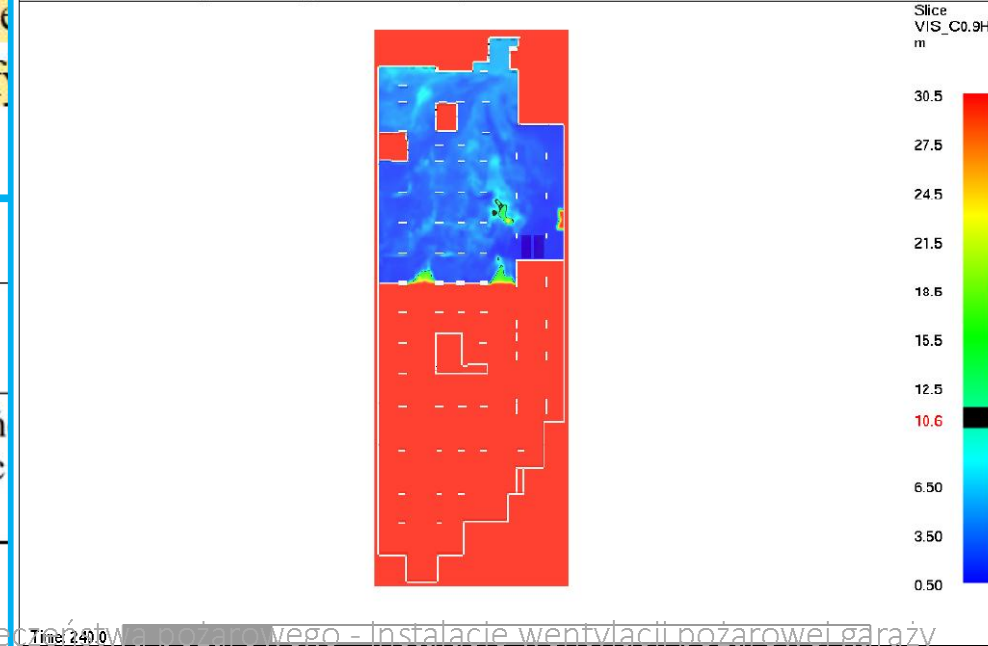
W przedmiotowym garażu projektowany jest system oczyszczania z dymu z uwzględnieniem zapewnienia warunków bezpiecznej ewakuacji oraz bezpieczeństwa ekip ratowniczych mając na celu spełnienie wymagań § 207 oraz § 270 Rozporządzeniem [13].

Zgodnie z wytycznymi British Standard [10] dla systemów konieczne utrzymanie zadymienia w obrębie jednej strefy pożaru.

rozprzeszczenia dymu i ciepła	TAK	NIE	TAK	TAK
System oczyszczania z dymu	TAK	NIE*	TAK	NIE

* Działanie systemów jest wstrzymane (ograniczone) do momentu zakończenia pożaru, utrzymywany jest w zbiorniku jedynie dzięki sile wyporu, umożliwiając będzie możliwe w zbyt małych lub zbyt niskich garażach.

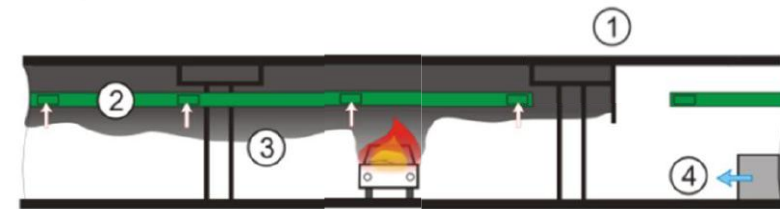
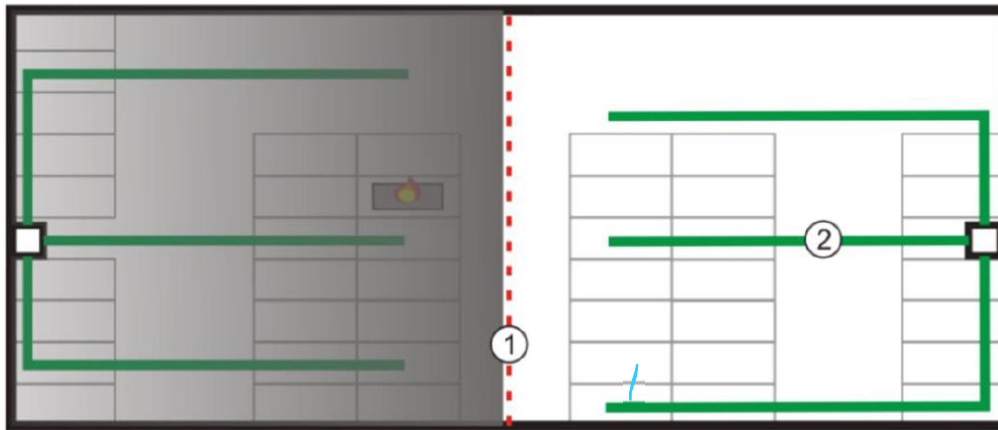
Scenariusz nr 3 - spadek zasięgu widzialności po 240 sekundach



SPECYFIKA DZIAŁANIA SYSTEMU ODDYMIANIA



System wentylacji oddymiającej



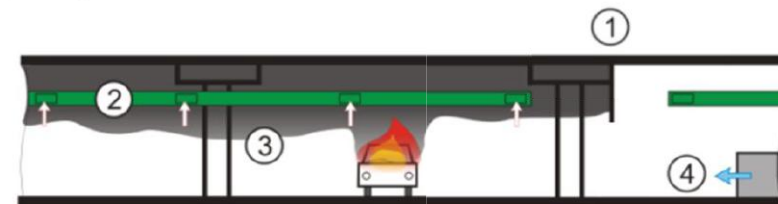
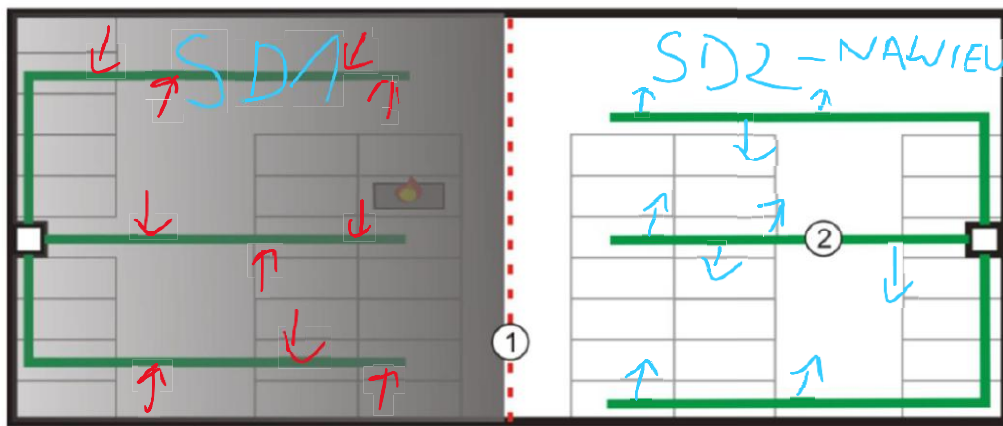
- ① podział na strefy dymowe za pomocą kurtyn dymowych
- ② dym usuwany kratkami rozmieszczonymi na przewodach wentylacyjnych
- ③ wyraźny podział na warstwę gorącego dymu pod stropem oraz warstwę wolną od dymu
- ④ powietrze kompensacyjne dostarczane w taki sposób, aby nie powodować opadania dymu

Rys. 2. Zasady działania systemu przewodowej wentylacji oddymiającej

SPECYFIKA DZIAŁANIA SYSTEMU ODDYMIANIA



System wentylacji oddymiającej

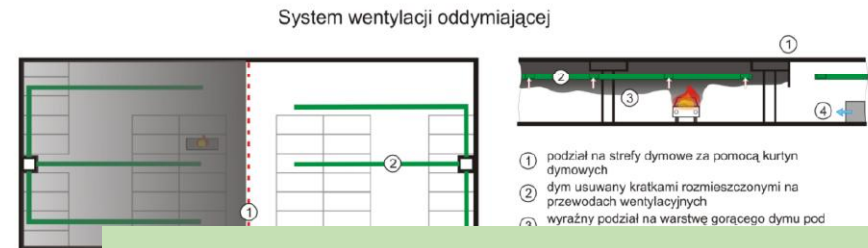
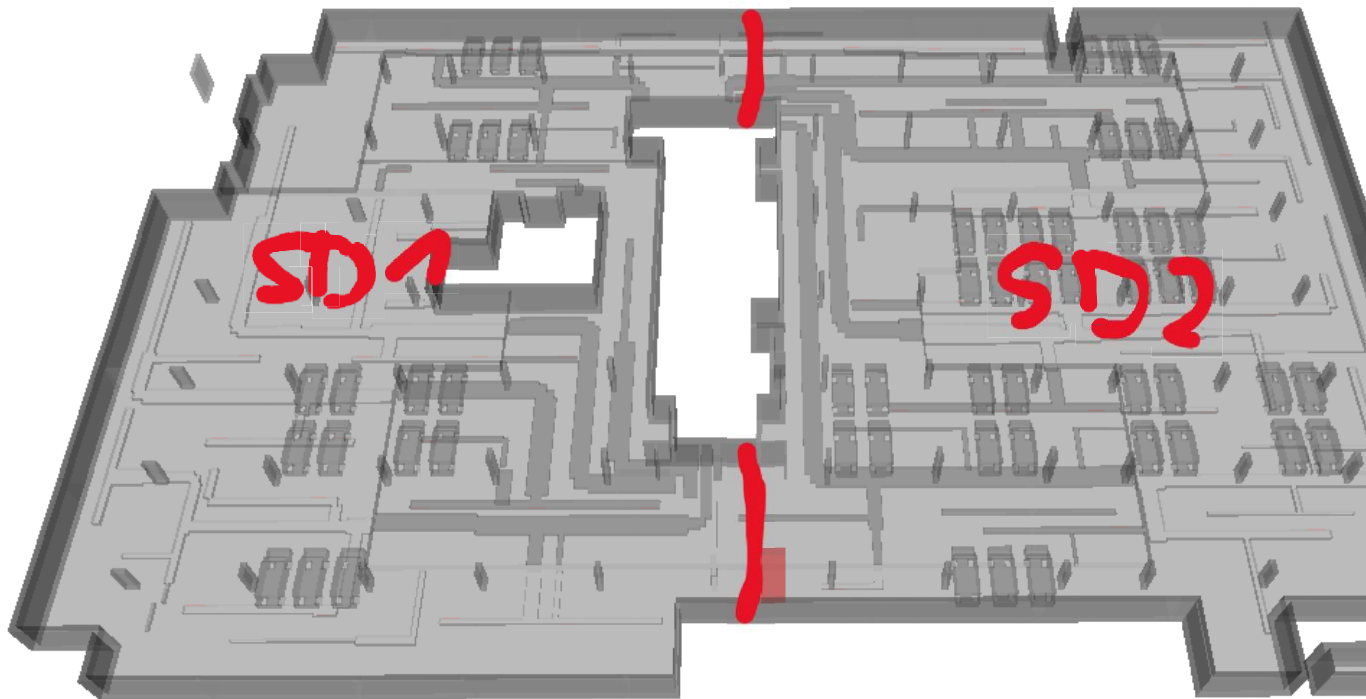


- ① podział na strefy dymowe za pomocą kurtyn dymowych
- ② dym usuwany kratkami rozmieszczonymi na przewodach wentylacyjnych
- ③ wyraźny podział na warstwę gorącego dymu pod stropem oraz warstwę wolną od dymu
- ④ powietrze kompensacyjne dostarczane w taki sposób, aby nie powodować opadania dymu

↑
KOMPENSACJA

Rys. 2. Zasady działania systemu przewodowej wentylacji oddymiającej

SPECYFIKA DZIAŁANIA SYSTEMU ODDYMIANIA



Rewersyjny system oddymiania kanałowego - jedno z najlepszych możliwych rozwiązań projektowych.

- nawiew realizowany przez strefę sąsiednią
- dodatkowy punkt kompensacyjny w każdej strefie dymowej
- na granicy strefy dymowej przegroda ze spodem na wysokości 2,0m/2,2m nad przejazdem

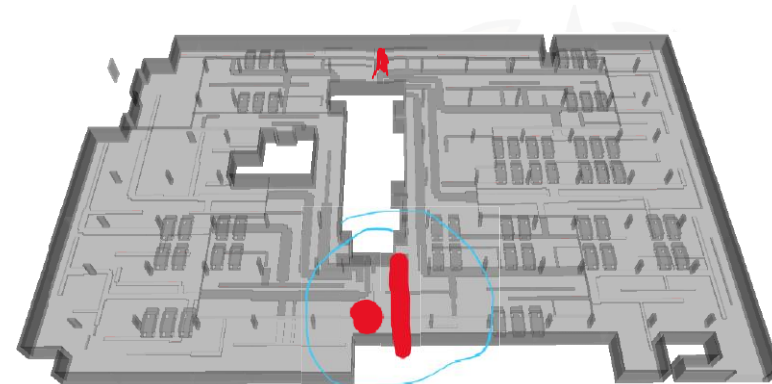
SPECYFIKA DZIAŁANIA SYSTEMU ODDYMIANIA



Rewersyjny system oddymiania kanałowego - jedno z najlepszych możliwych rozwiązań projektowych.

- nawiew realizowany przez strefę sąsiednią
- dodatkowy punkt kompensacyjny w każdej strefie dymowej
- na granicy strefy dymowej przegroda ze spodem na wysokości 2,0m/2,2m nad przejazdem

SPEC

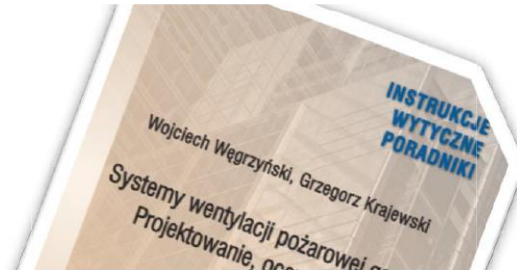


Rewersyjny system oddymiania kanałowego - jedno z najlepszych możliwych rozwiązań projektowych.

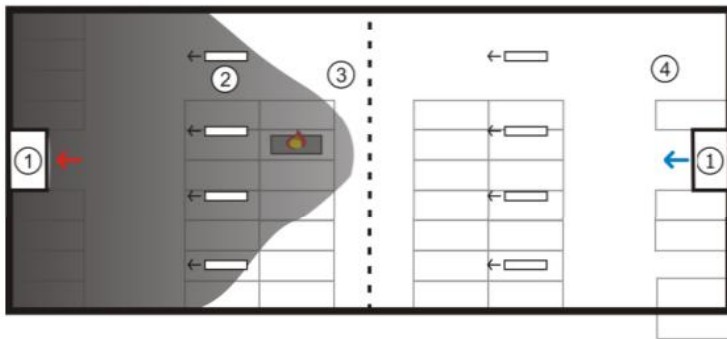
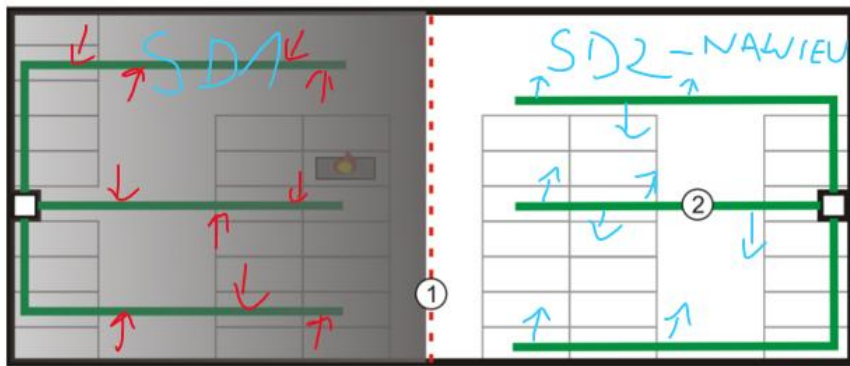
- nawiew realizowany przez strefę sąsiednią
- dodatkowy punkt kompensacyjny w każdej strefie dymowej
- na granicy strefy dymowej przegroda ze spodem na wysokości 2,0m/2,2m nad przejazdem

SPECYFIKA DZIAŁANIA SYSTEMU ODDYMIANIA

System wentylacji **strumieniowej** – kontrola rozprzestrzeniania dymu i ciepła

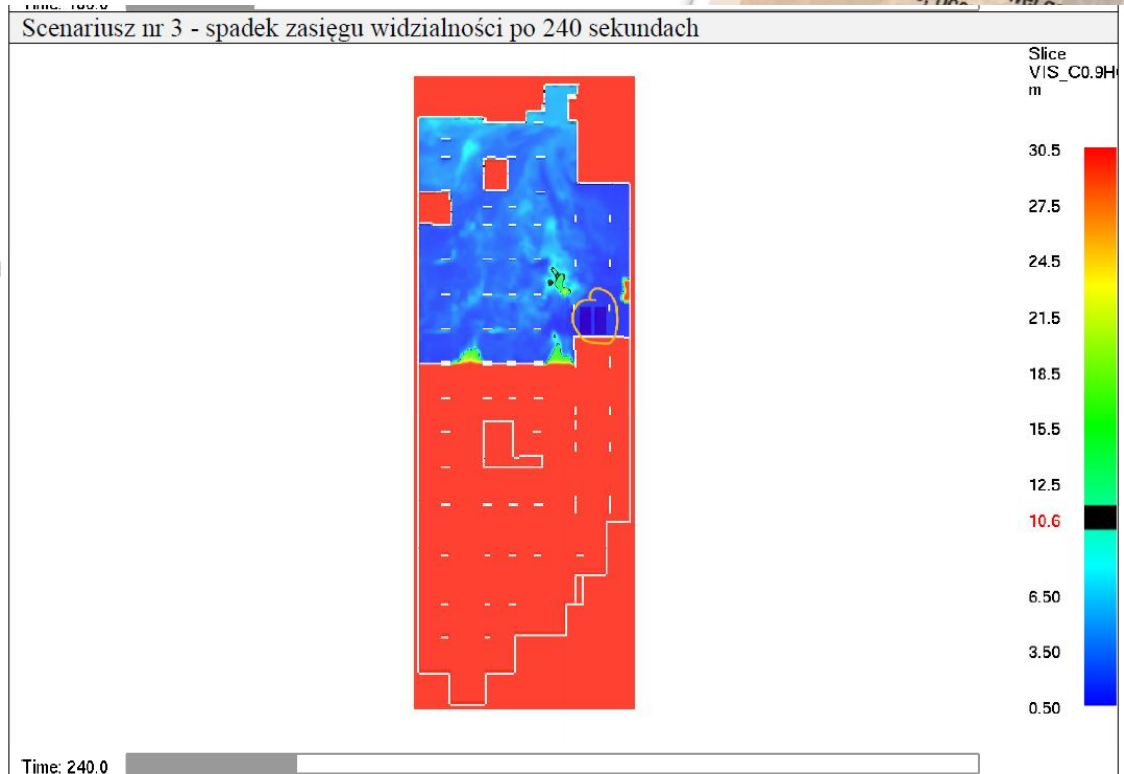


Etap I – ewakuacja



Po zakończeniu strumieniowych do przestrzeni p

- ① główne pur
- ② wentylatory strumieniowe rozmieszczone pod stropem
- ③ rozprzestrzenianie dymu zatrzymane dzięki wytworzeniu w garażu odpowiedniej prędkości przepływu powietrza
- ④ wolna od dymu droga dostępu do źródła pożaru dla ekip ratowniczo-gaśniczych



Rys. 4. Zasada działania systemu wentylacji strumieniowej działającego jako system kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła
 Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

POWIETRZE KOMPENSACYJNE



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).



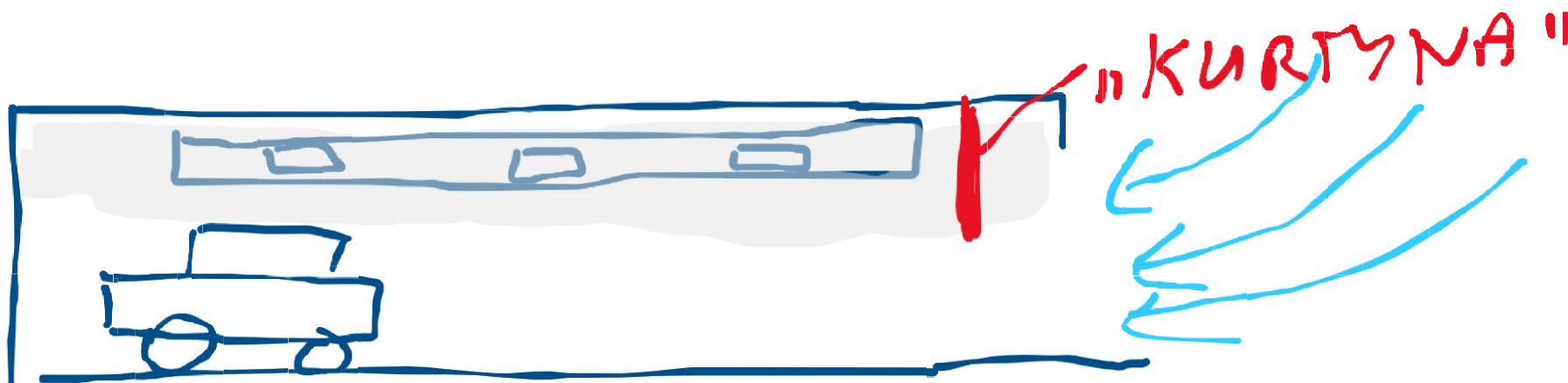
Doprowadzenie powietrza zbyt wysoko lub ze zbyt dużą prędkością powoduje jego zmieszanie z dymem, utratę stratyfikacji oraz w konsekwencji wypełnienie przestrzeni garażu dymem.

Rys. 5. Poprawny (a) oraz błędny (b) sposób doprowadzenia powietrza kompensacyjnego



POWIETRZE KOMPENSACYJNE

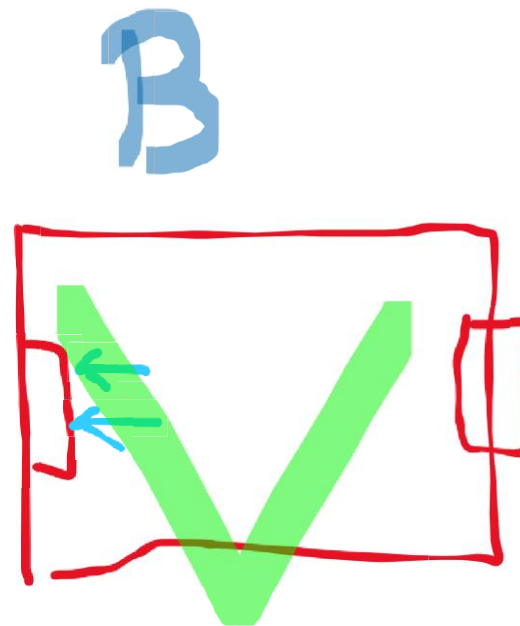
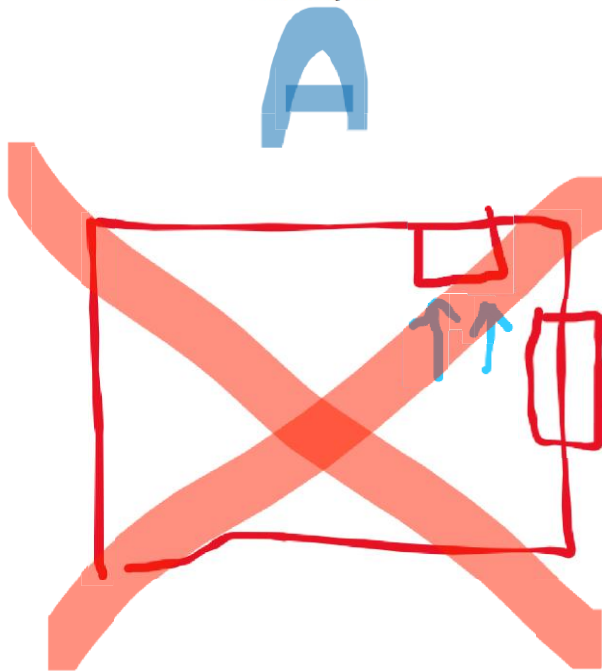
W garażach, z których wyjazd prowadzi bezpośrednio na zewnątrz budynku, zalecanym źródłem powietrza kompensacyjnego są otwarte zewnętrzne bramy. Zaletą tego rozwiązania jest przede wszystkim dość duża powierzchnia otwarcia, pozwalająca doprowadzać powietrze z niską prędkością przepływu. Ponadto brama zewnętrzna stanowi najczęściej najszybszą drogę rozpoznania i rozpoczęcia akcji ratowniczo-gaśniczej oraz nie powoduje zadymienia kondygnacji nadziemnych budynku (co może mieć miejsce w przypadku konieczności podjęcia działań przez klatki schodowe przy zamkniętej bramie wjazdowej do garażu).



Brama wjazdowa nie powinna być jedynym punktem napowietrzającym. Należy unikać bardzo skoncentrowanych w jednym miejscu punktów nawiewnych.

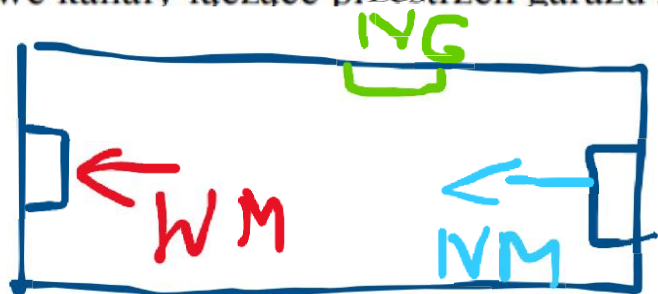
POWIETRZE KOMPENSACYJNE

W pobliżu bram zewnętrznych stanowiących źródło powietrza kompensacyjnego nie powinno sytuować się punktów wyciągowych systemu, aby nie spowodować zjawiska przeciągania czystego powietrza zewnętrznego do punktu wyciągowego zamiast usuwania dymu.



POWIETRZE KOMPENSACYJNE

Należy unikać sytuacji, w której w szczelnym garażu zamkniętym powietrze kompensacyjne jest dostarczane wyłącznie w sposób mechaniczny. Ustalenie jednej, stałej proporcji ilości doprowadzanego powietrza w stosunku do ilości powietrza usuwanego jest niemożliwe z uwagi na dynamicznie zmieniające się warunki środowiska w czasie pożaru. W skrajnych przypadkach **nawiew zbyt dużej ilości powietrza kompensacyjnego może spowodować, że ciśnienie powietrza w strefie pożarowej garażu będzie wyższe niż w prowadzących do niego klatkach schodowych.** W celu ograniczenia tego zjawiska zaleca się, aby całkowita ilość powietrza dostarczanego do garażu w sposób mechaniczny nie przekraczała 80% ilości powietrza usuwanego z garażu w warunkach normalnych. Pozostała brakująca ilość powietrza powinna być dostarczona do garażu w sposób grawitacyjny, np. przez otwarte zewnętrzne bramy wjazdowe do garażu lub dodatkowe kanały łączące przestrzeń garażu z zewnątrz budynku.



POWIETRZE KOMPENSACYJNE

- napowietrzanie i wysokość garażu ma olbrzymie znaczenie dla poprawnego i skutecznego działania systemu oddymiania
- zalecana prędkość nawiewanego powietrza powinna wynosić 1–2 m/s
- typowo garaż oddymiany wymaga co najmniej 20-40 m² powierzchni otworów napowietrzających
- punkty nawiewne w strefie oddymianej powinny być sprowadzane do posadzki z górną krawędzią kratki nie wyżej niż 1,2-1,6 m od poziomu posadzki (z uwzględnieniem innych uwarunkowań w danym garażu).
- dopuszczalne jest zastosowanie dużych prędkości nawiewu z punktów nawiewnych oddalonych od pożaru i zlokalizowanych w sąsiednich strefach oddymiania.



WYSOKOŚĆ GARAŻU

- im wyższy garaż tym lepiej dla skuteczności systemu oddymiania;
- wysokość minimalna zapisana w WT (2,2 m w świetle konstrukcji i 2,0 m w świetle instalacji) jest niewystarczająca dla żadnego systemu oddymiania;
- w przypadku zastosowania instalacji kanałowej wysokość garażu musi zapewniać możliwość rozprowadzenie kanałów z uwzględnieniem wymaganej wydajności systemu oddymiania
- W kraju:
- ITB oficjalnie zaleca jako minimalną wysokość oddymianego garażu 2,9 m
- **Realnie jednak jest możliwe i wielokrotnie było to realizowane skuteczne systemy wentylacji kanałowej w garażach o mniejszej wysokości**

WYSOKOŚĆ GARAŻU

- [4] Wytyczne nie poruszają całościowo problemu parkowania samochodów elektrycznych w tym samochodów hybrydowych i zasilanych wodorem.

Komentarz:

W trakcie opracowywania wytycznych nie istniały dostatecznie wiarygodne dane na temat pożarów samochodów elektrycznych, które pozwoliłyby zmodyfikować aktualne podejście do projektowania SWS. Niemniej jednak podczas projektowania garaży, w których przewidziano miejsca postojowe dla samochodów elektrycznych, szczególną uwagę należy zwrócić na charakterystykę pożarów baterii litowo-jonowych. Ograniczenie to nie dotyczy samochodów hybrydowych. Wraz z publikacją nowych badań wytyczne będą aktualizowane.

- [5] Garaże o wysokości poniżej 3,8 m niewyposażone w instalację gaśniczą wodną i garaże o wysokości poniżej 2,8 metra wyposażone w instalację gaśniczą wodną powinny być zabezpieczone SWS. Wymóg ten nie wyklucza projektowania SWS w garażach użytkowych

dując tym samym niższą temperaturę warstwy dymu [8, 11, 19, 20, 21, 22, 24, 25]. Projektowanie warstwy dymu na odpowiedniej wysokości umożliwi również zapewnienie widzialności, co warunkuje szybkie dotarcie zastępu straży pożarnej do źródła ognia. Reasumując, aby spełnić powyższe założenia, niezbędne jest zapewnienie odpowiedniego poziomu warstwy dymu i pojemności zbiornika dymu (głębokości) oraz poprawne zaprojektowanie otworów kompensujących powietrze. W większości przypadków są to główne parametry determinujące skuteczność działania SWK, jednakże wielokrotnie powodujące problemy projektowe w niskich garażach, tj. zgodnie z zasadami wiedzy technicznej [8, 24], gdy prędkość nawiewanego powietrza jest większa niż 1 m/s (co ma miejsce w większości przypadków projektowych), należy zachować odstęp minimum 1 m od projektowanego poziomu warstwy dymu względem górnej krawędzi otworu napowietrzającego. Wymóg ten ma ograniczyć wpływ nawiewanego strumienia powietrza na stabilność warstwy dymu. Zakładając, że górna krawędź otworu napowietrzającego znajduje się na wysokości 1,5 m nad poziomem posadzki, projektowana warstwa dymu powinna znajdować się na wysokości minimum 2,5 m. Aby skutecznie realizować usuwanie dymu (unikając zjawiska „plugholing”, tj. zasysania świeżego powietrza spod warstwy dymu) oraz zapewnić odpowiednią przestrzeń na sieć kanałów, wymagane jest zapewnienie warstwy dymu o głębokości minimum 1,0 - 1,5 m. Sumując wszystkie powyższe składowe, garaż, w którym projektowany jest SWK, powinien posiadać wysokość ok. 3,8 m, jak wskazano w normach zagranicznych [5, 6].

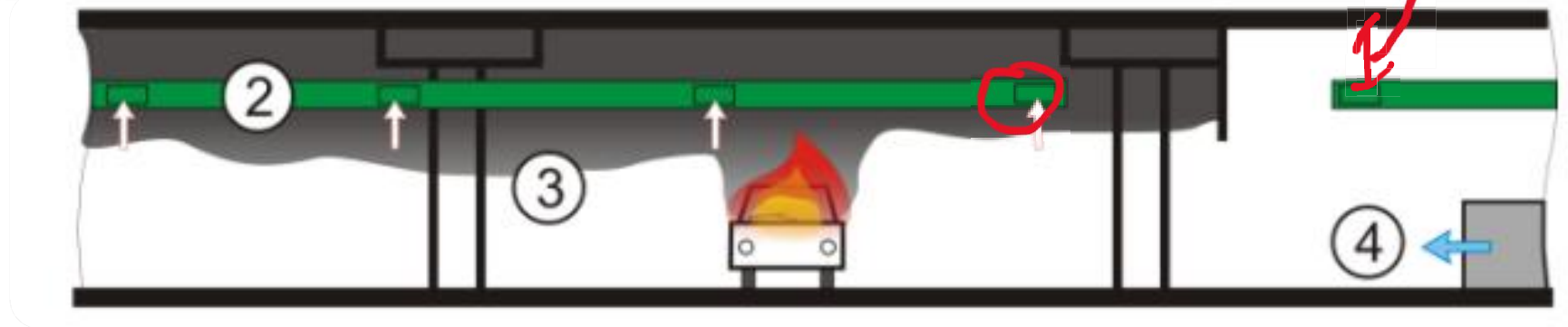


SYSTEM KANAŁOWY

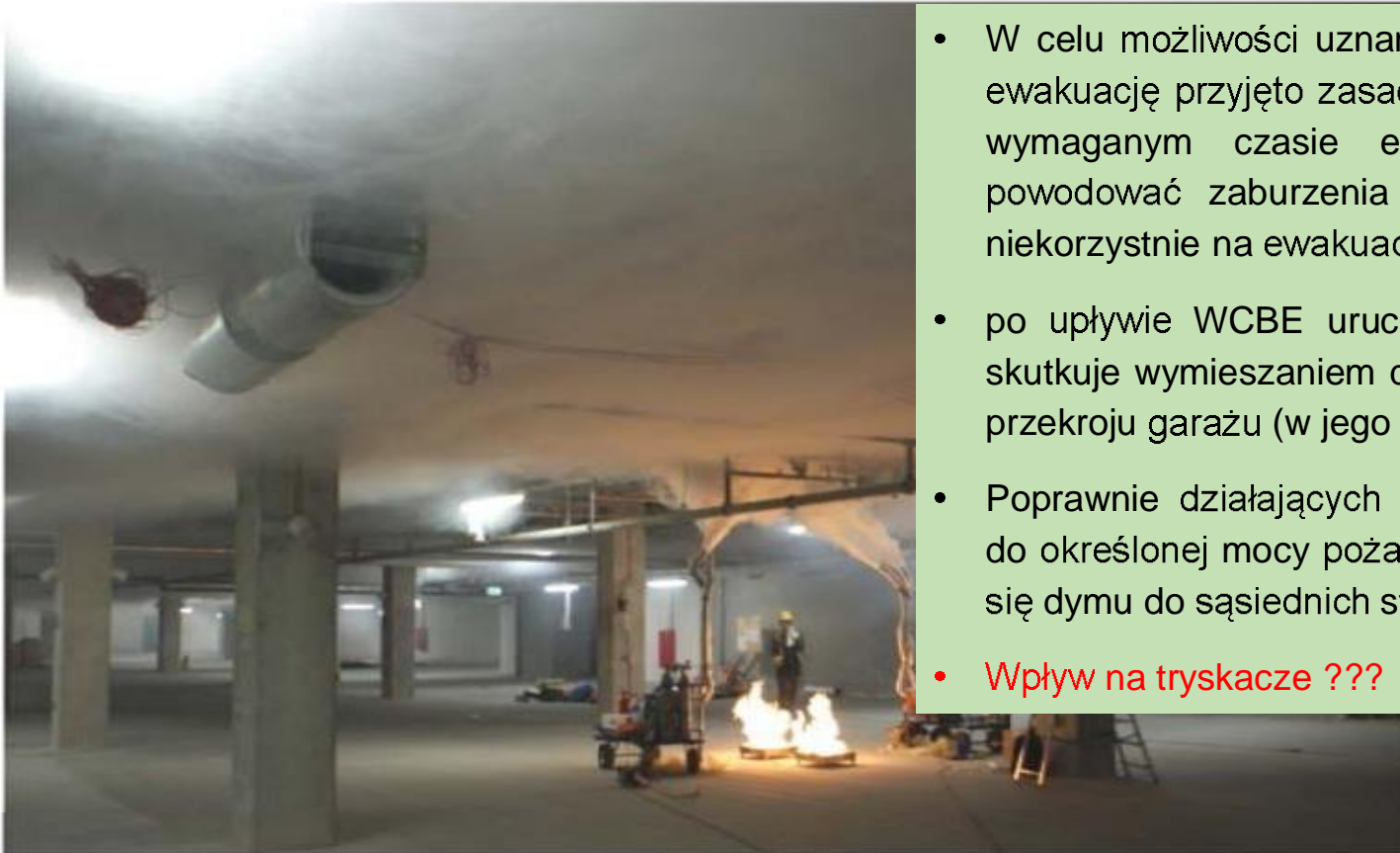


- Kanały należy montować możliwie wysoko, przy czym zaleca się pozostawienie szczeliny umożliwiające rozptywanie się dymu pod stropem w obrębie strefy dymowej (zalecane 0,1 – 0,2m)
- W przypadku konieczność „klejenia” kanałów do stropu należy zapewnić takie rozmieszczenie kratki, najczęściej po obu stronach kanału by zapewnić usuwanie dymu z całej przestrzeni podstropowej.
- Kratki wyciągowe z boku kanałów (nie od spodu), lub od góry ale tylko w bardzo szczególnych przypadkach,

Fot. 1. Krata wyciągowa przy której zaobserwowano zjawisko przeciągania



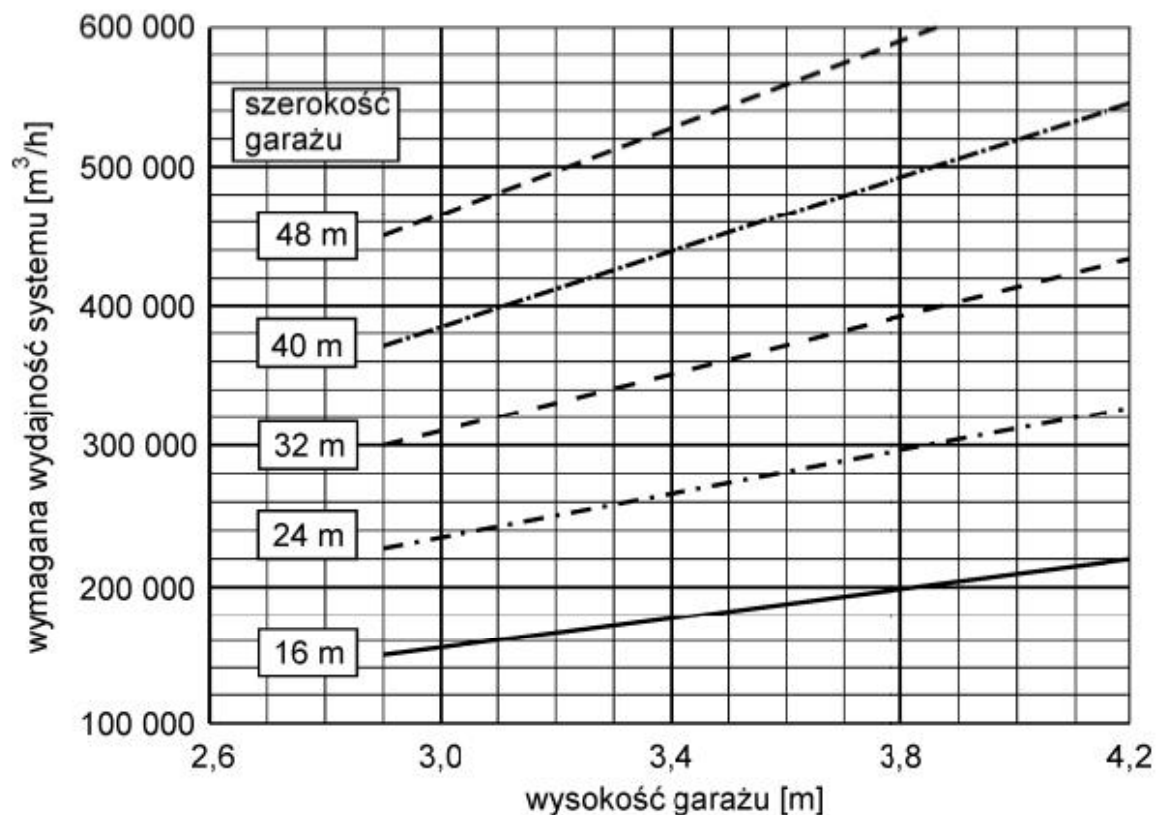
SYSTEM STRUMIENIOWY



- W celu możliwości uznania systemu za system istotny z uwagi na ewakuację przyjęto zasadę uruchamiania wentylatorów głównych w wymaganym czasie ewakuacji (uruchomienie to nie może powodować zaburzenia podstropowej warstwy dymu wpływając niekorzystnie na ewakuację)
- po upływie WCBE uruchamiane są wentylatory strumieniowe co skutkuje wymieszaniem dymu i ograniczeniem widzialności w całym przekroju garażu (w jego części)
- Poprawnie działający system wentylacji strumieniowej powinien do określonej mocy pożaru zapewniać ograniczenie rozprzestrzenia się dymu do sąsiednich stref dymowych;
- Wpływ na tryskacze ???

Fot. 3. Dym utrzymujący się pod stropem kondygnacji
w czasie przeznaczonym na ewakuację osób, w tle widoczne źródło ciepła i dymu

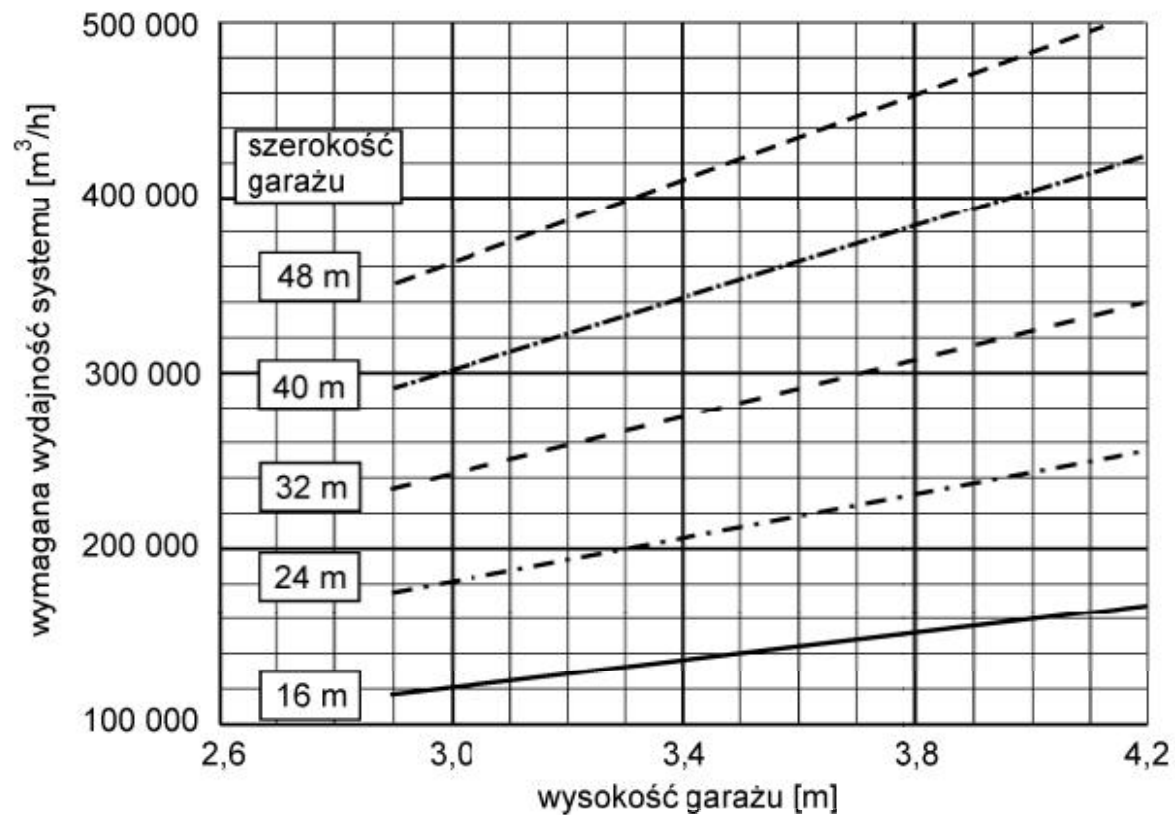
WYDAJNOŚĆ SYSTEMÓW



Rys. 10. Wydajność systemu wentylacji strumieniowej niezbędna do utrzymania kontroli dymu i ciepła w zależności od szerokości i wysokości garażu, dla garaży niewyposażonych w SUG



WYDAJNOŚĆ SYSTEMÓW



Rys. 11. Wydajność systemu wentylacji strumieniowej niezbędna do utrzymania kontroli dymu i ciepła w zależności od szerokości i wysokości garażu, dla garaży wyposażonych w SUG

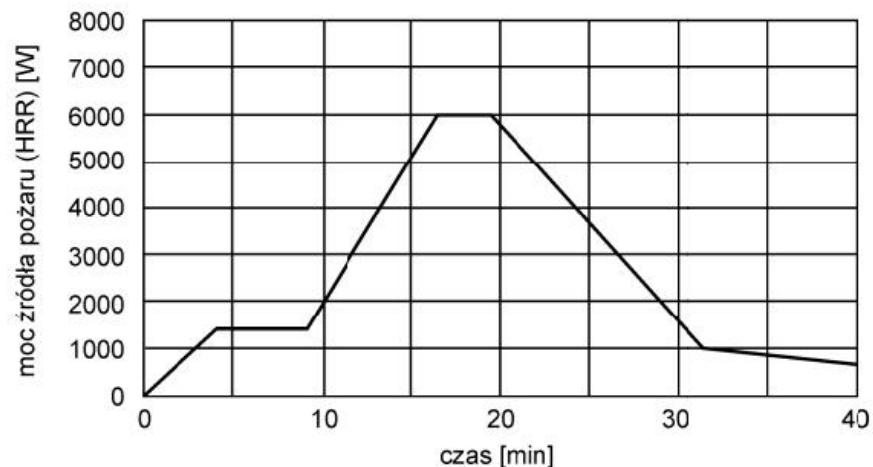


ANALIZY CFD – POŻAR PROJEKTOWY

Model źródła pożaru

Źródło pożaru powinno być modelowane jako objętościowe bądź powierzchniowe źródło ciepła i dymu lub jako źródło paliwa, które następnie ulega spaleniowi według odpowiedniego modelu. Moc źródła ciepła i dymu powinna być zmienna w czasie.

Zalecane krzywe rozwoju pożaru dla pojedynczego samochodu osobowego (w przypadku garaży wyposażonych w samoczynne urządzenia gaśnicze wodne) oraz trzech samochodów osobowych (w przypadku garaży niewyposażonych w samoczynne urządzenia gaśnicze wodne), zaczerpnięte z holenderskiej normy NEN 6098:2010 [12], ukazane są na rysunkach 19 i 20.



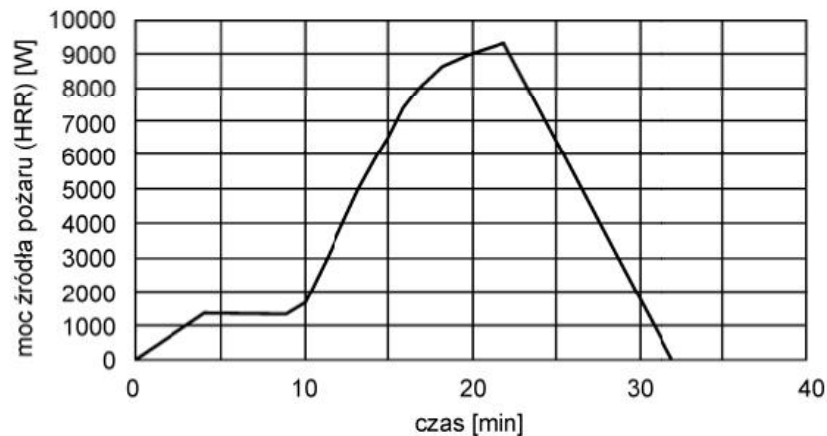
Rys. 19. Krzywa rozwoju pożaru pojedynczego samochodu osobowego przyjmowana do analiz CFD [12]



ANALIZY CFD – POŻAR PROJEKTOWY

Krzywe przedstawione na rysunkach powstały w wyniku dużego programu badań nad rozwojem pożaru w garażach zamkniętych przeprowadzonego w 1999 roku przez holenderską organizację TNO [33]. Więcej informacji na temat badań nad rozwojem pożarów w garażach przekazano w [34] i [35].

Zalecana wartość współczynnika generacji sadzy, tzw. *soot yield*, wynosi $Y_s = 0,1 \text{ g/g}$. Przyjęcie mniejszej wartości współczynnika sadzy spowoduje powstanie proporcjonalnie mniejszej ilości dymotwórczych produktów spalania (sadzy) z tej samej ilości spalonego materiału, przez co wyniki obliczeń numerycznych mogą być lepsze niż w przypadku przyjęcia sugerowanej wartości.



Rys. 20. Krzywa rozwoju pożaru trzech samochodów osobowych [12]



Zalecana wartość uśrednionego ciepła spalania dla samochodów osobowych wynosi 25 MJ/kg . Przyjęcie większej wartości średniego ciepła spalania spowoduje powstanie proporcjonalnie mniejszej ilości dymotwórczych produktów spalania (sadzy) z tej samej ilości spalonego materiału, przez co wyniki obliczeń numerycznych mogą być lepsze niż w przypadku przyjęcia sugerowanej wartości.

Scenariusz nr 1 – pożar w garażu na poziomie -1 – strefa detekcji SD1

- wymiary pożaru 1,6 m x 1,6 m x 4,0m;
- ciepło spalania spalanego materiału ustalono na poziomie 30 MJ/kg
- współczynnik produkcji sadzy przyjęto 0,08 kg/kg spalanego materiału.

Na rysunku poniżej wskazano przyjętą lokalizację pożaru, wytypowano lokalizację odpowiadającą miejscu, w którym może stać zaparkowany pojazd.

Założono, że dym powstaje wyniku niezupełnego spalania mieszaniny materiałów o uśrednionym efektywnym ciepłe spalania wynoszącym 24,00 MJ/kg i uśrednionym współczynniku „soot yield” wynoszącym 0,110 kg/kg. Produkcja dymu była zmienna w czasie.

W modelu pożaru przyjęto następujące założenia

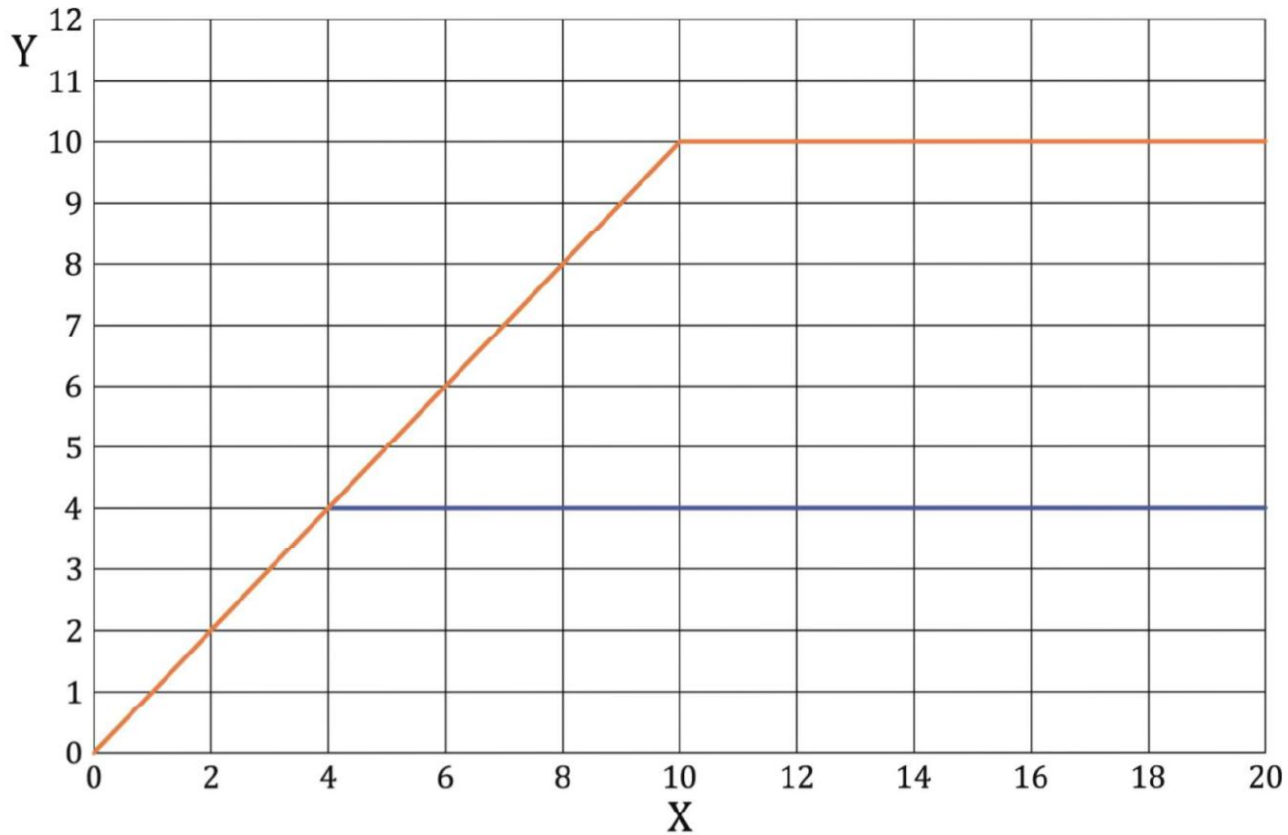
- materiał spalany – poliuretan, ciepło spalania 30 000 kJ/kg
- współczynnik produkcji sadzy SOOT_YIELD YS = 0,08

Ciepło spalania [kJ/kg]	26 200
Ułamek masowy dymu	0,11
Ułamek masowy tlenku węgla	0,01
Stosunek atomów węgla:wodoru:tłenu	1:1,75:0,25
Masowy współczynnik ekstynkcji K_m [m ² /kg]	8700

Dodatkowe parametry charakteryzujące pożar

Projekt normy dla wentylacji poziomej CEN/NEN 12101-11

C.5.2 The growth of the total heat release rate Q_t (kW) over time (min) is given in Figure C.2 (growing car fire). The calculation is realized either transient until the heat release rate starts to decline or in steady-state regime with the HRR values of Table 1.

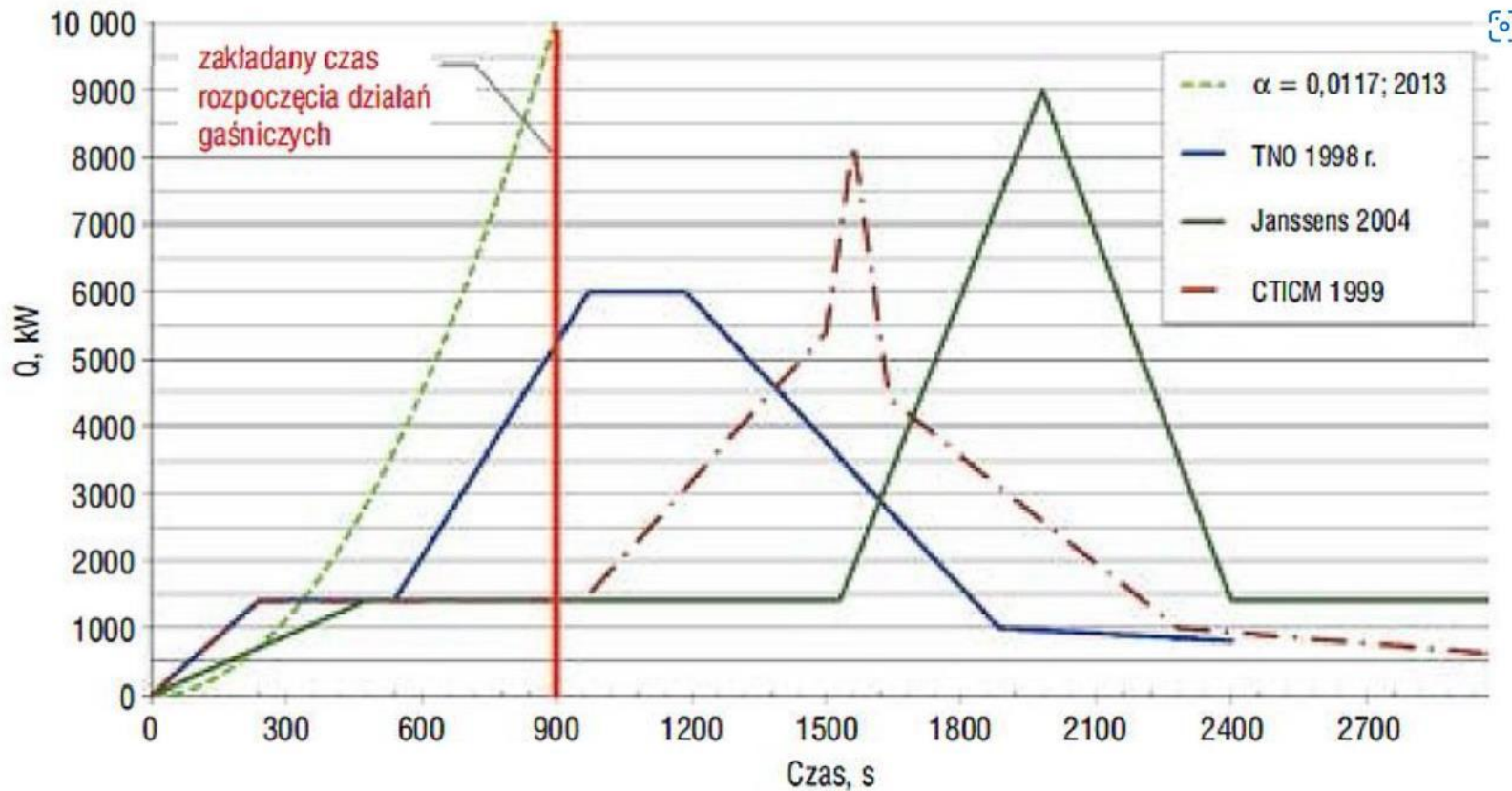


Key

X

time [min]

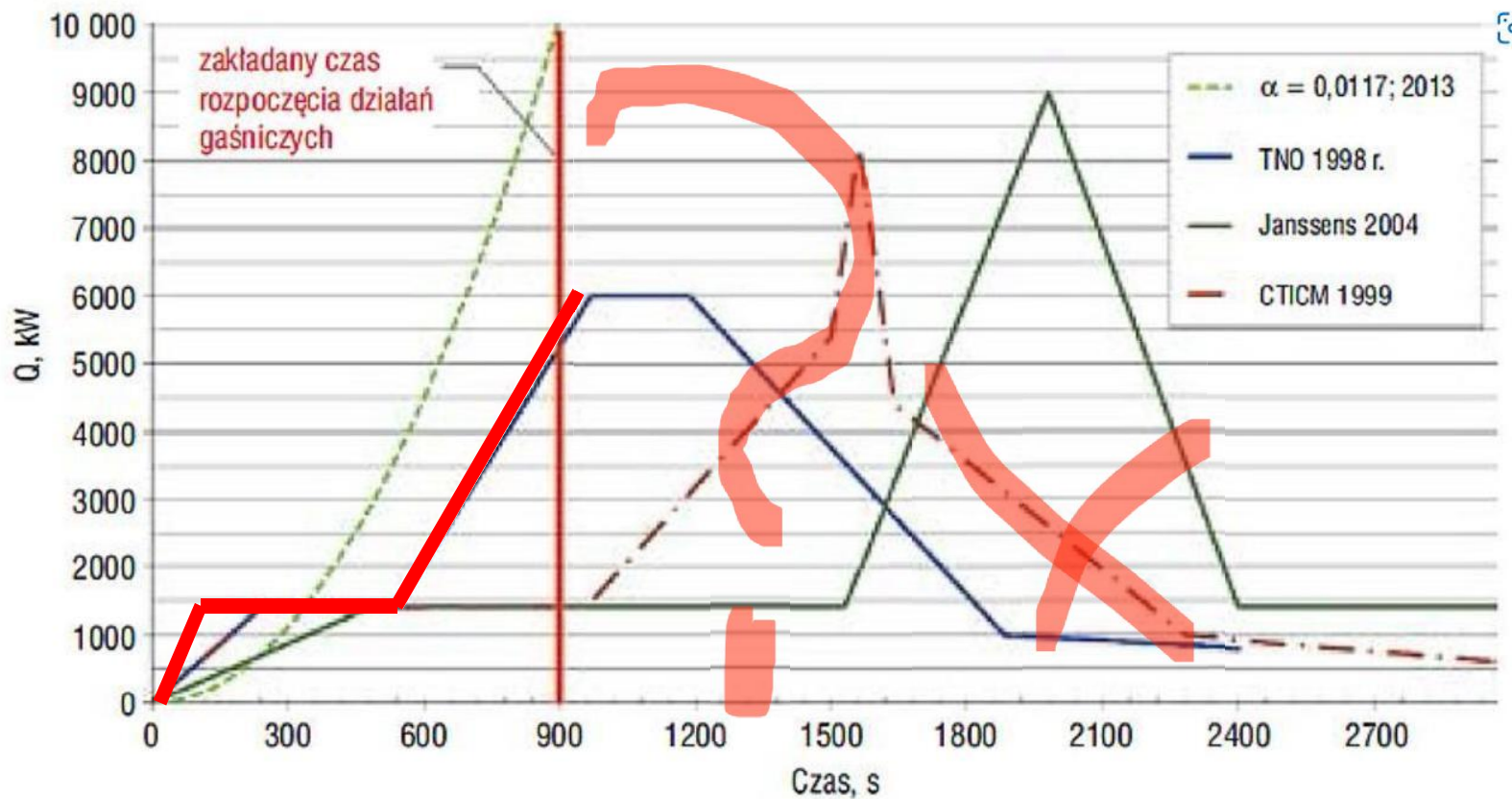
ANALIZY CFD – POŻAR PROJEKTOWY



[Projektowanie wentylacji pożarowej w garażach podziemnych w Polsce na tle standardów europejskich | RynekInstalacyjny.pl](#)

ANALIZY CFD – POŻAR PROJEKTOWY

SAMOCCHODY ELEKTRYCZNE



Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

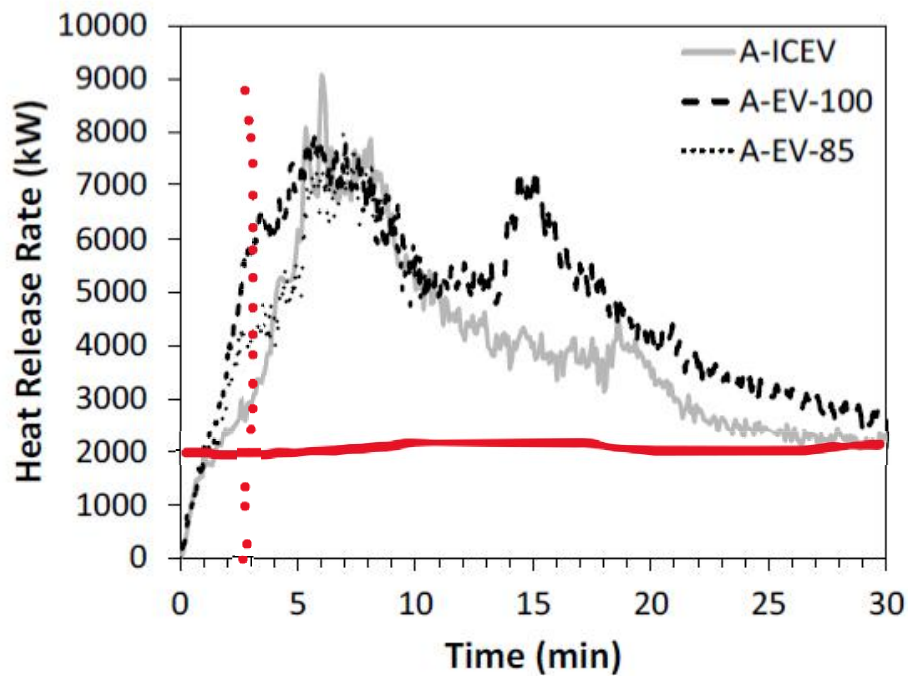


Figure 3 HRRs for Vehicle A (including 2 MW burner contribution).

Krzywa rozwoju pożaru – EV

Table 1 Test vehicles.

Generic vehicle designation	Specific vehicle designation	Vehicle type	Model year	Gas tank	Battery capacity	State of charge
A	A-ICEV	ICEV	2015	full	--	--
A	A-EV-100	EV	2014	--	large	100%
A	A-EV-85	EV	2013	--	large	85%
B	B-ICEV	ICEV	2013	full	--	--
B	B-EV	EV	2013	--	large	100%
C	C	PHEV	2013	full	small	85%
D	D	PHEV	2014	full	medium	100%

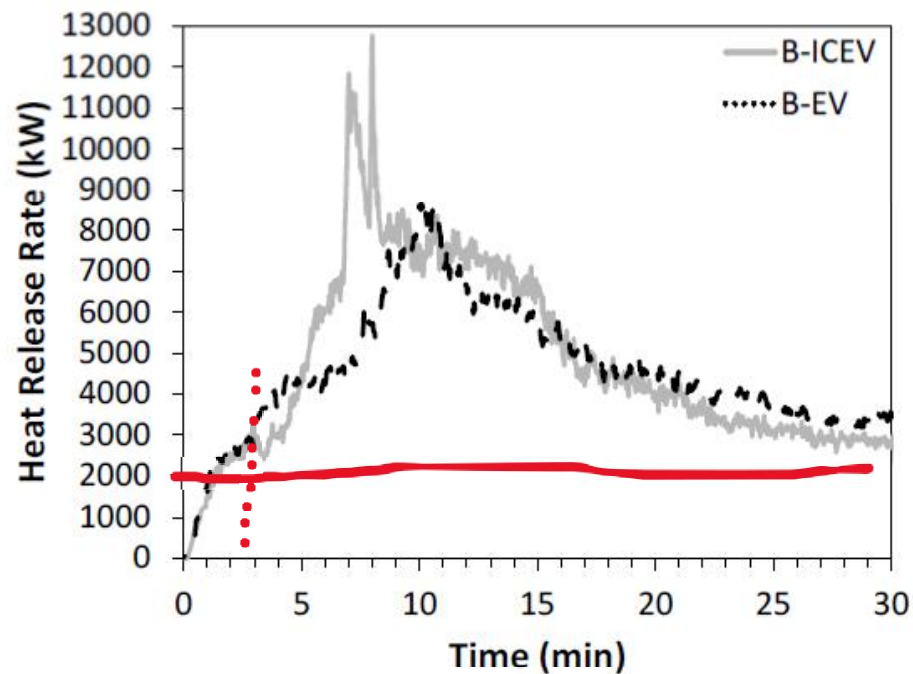
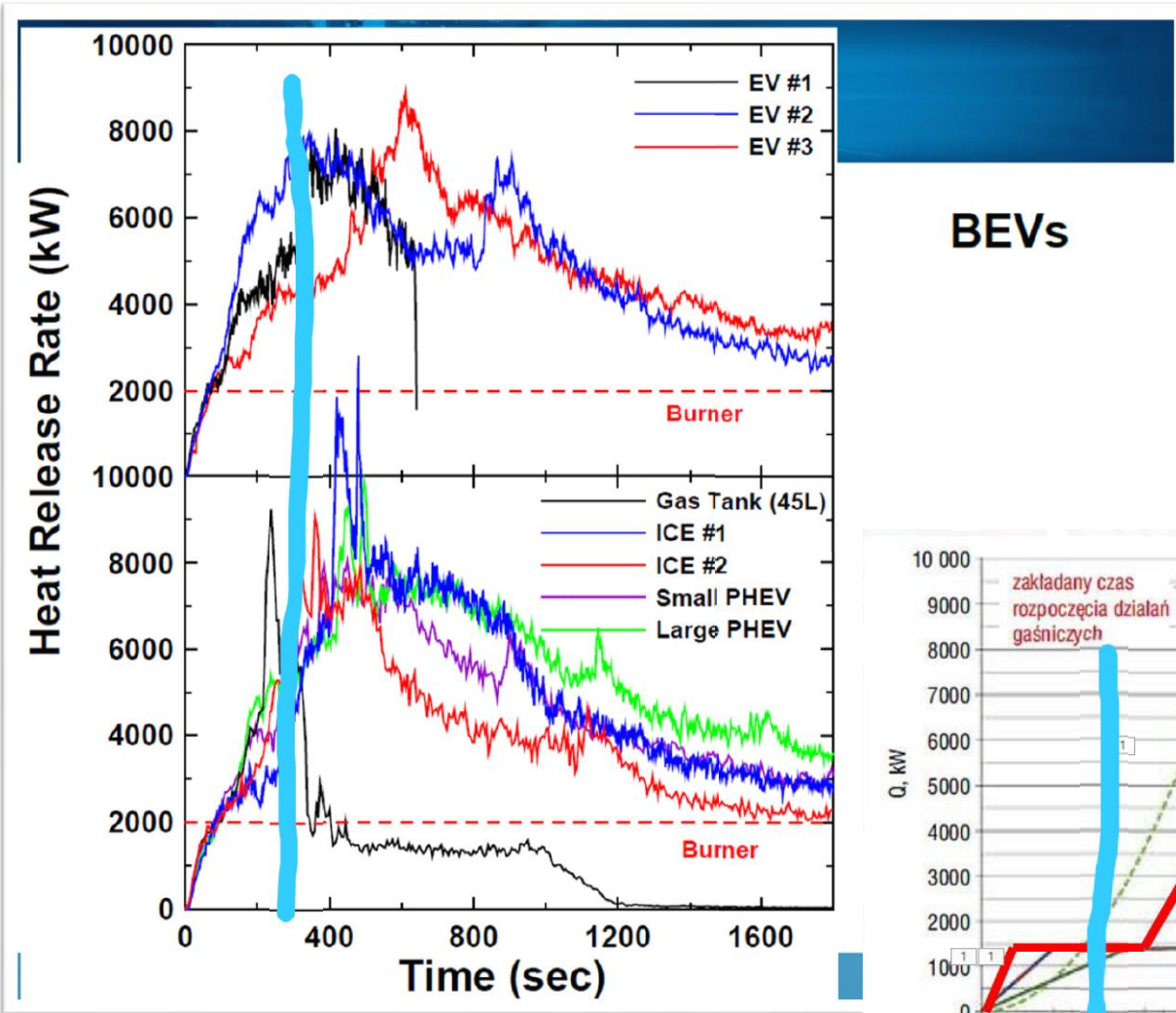


Figure 8 HRRs for Vehicle B (including 2 MW burner contribution).

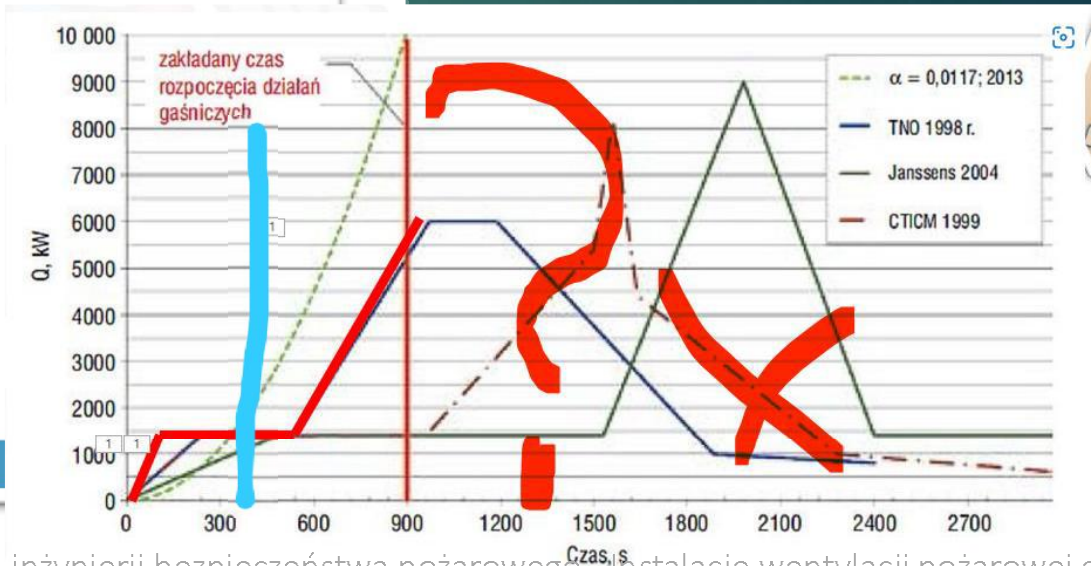
Krzywa rozwoju pożaru – EV

Table 1 Test vehicles.

Generic vehicle designation	Specific vehicle designation	Vehicle type	Model year	Gas tank	Battery capacity	State of charge
A	A-ICEV	ICEV	2015	full	--	--
A	A-EV-100	EV	2014	--	large	100%
A	A-EV-85	EV	2013	--	large	85%
B	B-ICEV	ICEV	2013	full	--	--
B	B-EV	EV	2013	--	large	100%
C	C	PHEV	2013	full	small	85%
D	D	PHEV	2014	full	medium	100%



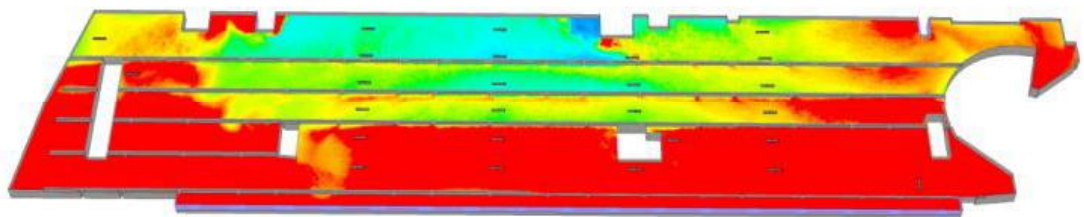
Krzywa rozwoju pożaru – EV



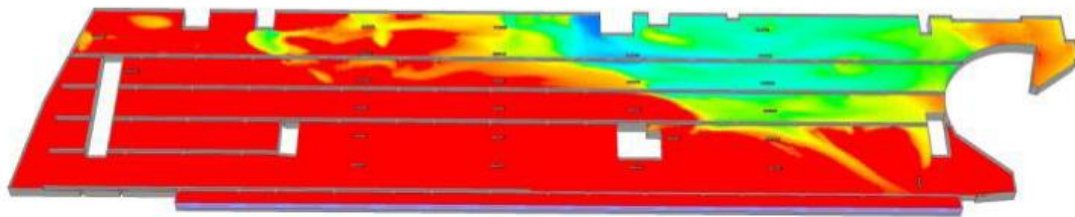
Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

of
B, 100% -
from 2

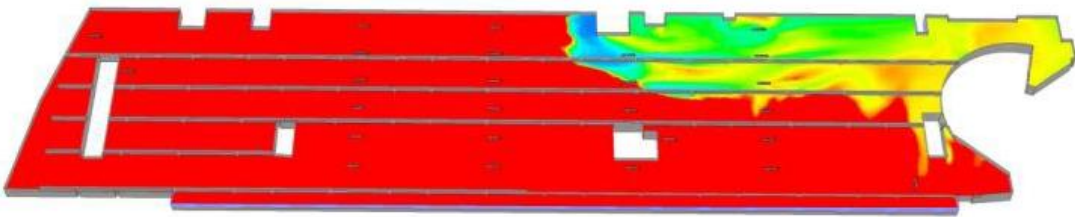
$t = 420$ s (moment uruchomienia wentylatorów strumieniowych)



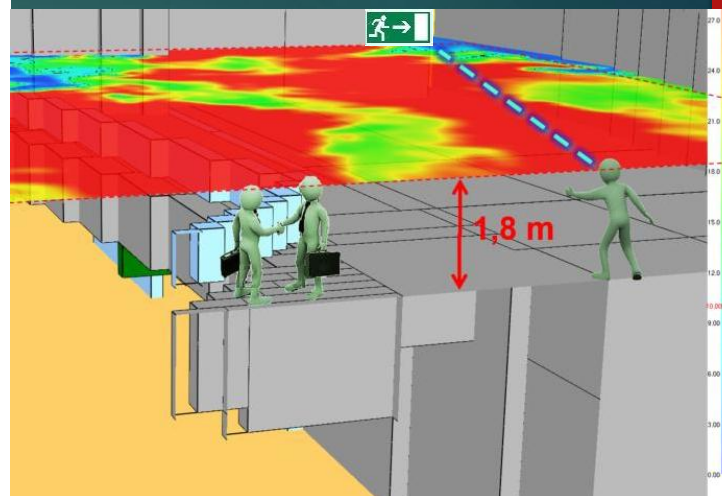
$t = 480$ s



$t = 600$ s



Rys. 13. Rzut przedstawiający przewidywany lokalny zasięg widzialności na wysokości około 2,00 m powyżej posadzki garażu w 420, 480 i 600 s systemu Uruchomienie wentylatorów strumieniowych nastąpiło krótko po 420 s analizy; na rysunkach widoczne jest, jak szybko system doprowadził do ograniczenia rozprzestrzeniania się dymu i ciepła



ANALIZY CFD

Kryteria oceny - ewakuacja





DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ

Warszawa, dnia 9 czerwca
Poz. 1225

OBWIESZCZENIE
MINISTRA ROZWOJU I TECHNOLOGII¹⁾
z dnia 15 kwietnia 2022 r.

w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

z dnia 20 lipca 2000 r. o ogłaszaniu aktów normatywnych i niektórych innych aktów prawnych

Rozdział 6

Wymagania przeciwpożarowe dla palenisk i instalacji



§ 270. [Wymogi dotyczące instalacji wentylacji oddymiającej]

1. Instalacja wentylacji oddymiającej powinna:

- 1) usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację;
- 2) mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem.



**KOMENDA GŁÓWNA
PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ**

Biuro Rozpoznawania Zagrożeń

PROCEDURY

organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań

w zakresie bezpieczeństwa
w przepisach
w przypadkach
oraz stosowania rozwiązań
warunków
w przypadkach wska

Jeśli analiza wykaze, że WCBE jest mniejszy od DCBE (oczywiście z uwzględnieniem współczynnika bezpieczeństwa) należy uznać, że kryterium bezpiecznej ewakuacji zostało spełnione.

W praktyce oceniając DCBE bierze się w szczególności pod uwagę następujące parametry zagrożenia:

- zadymienie,
- wzrost temperatury,
- utrata parametrów ognioodporności ogniowej przez elementy budowlane.

Jako kryterium krytyczne określające DCBE przyjmuje się parametr zagrożenia, którego wystąpienie następuje w najkrótszym czasie.

Istotną kwestią stanowi przyjęcie granicznych wartości temperatury oraz parametrów związanych z zadymieniem. W literaturze przedmiotu jako graniczne parametry bezpiecznej ewakuacji przyjmuje się wystąpienie na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m:

- temperatury powyżej 60°C,
- zadymienia ograniczającego widzialność krawędzi elementów budowlanych i drzwi poniżej 10 m.

Kryteria oceny - ewakuacja

**ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA INFRASTRUKTURY¹⁾**

z dnia 17 czerwca 2011 r.

w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie²⁾

„Збірник законів та постанов Кабінету Міністрів України щодо будівництва об'єктів метрополітену та їх розміщення”

- ▶ 5. IIlekcja w załączniku jest mowa o:
- ▶ (...)
- ▶ 2) stanie krytycznym środowiska - rozumie się przez to wystąpienie w obiekcie budowlanym metra krytycznego dla życia i zdrowia ludzi warunku środowiskowego na skutek przekroczenia jednego z następujących parametrów:
 - ▶ a) temperatury powietrza powyżej 60°C na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m od poziomu drogi ewakuacyjnej,
 - ▶ b) gęstości strumienia promieniowania cieplnego o wartości 2,5 kW/m² przez czas ekspozycji dłuższy niż 30 s,
 - ▶ c) temperatury gorących gazów pożarowych powyżej 200°C na wysokości ponad 2,5 m od poziomu drogi ewakuacyjnej,
 - ▶ d) **zasięgu widzialności** mniejszego niż 10 m na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m od poziomu drogi ewakuacyjnej,
 - ▶ e) zawartości tlenu poniżej 15%;

Kryteria oceny - ewakuacja

Kryteria oceny - ewakuacja



AERECO

SYSTEMY

PRODUKTY

WENTYLACJA

WIEDZA

REFERENCJE

DO POBRANIA

KONTAKT



PL

rzeczoznawca ppoż. opiniujący projekt powinni móc kierować się w ocenie projektu tymi samymi sprawdzonymi kryteriami.

Obecnie w Polsce kryteria oceny warunków na drogach ewakuacyjnych przyjmuje się według Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie [8]:

- temperatura powietrza nie może przekraczać 60°C na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m od poziomu drogi ewakuacyjnej,
- gęstości strumienia promieniowania cieplnego nie powinna przekraczać $2,5\text{ kW/m}^2$ przez czas ekspozycji dłuższy niż 30 s,
- temperatury gorących gazów pożarowych nie może przekraczać 200°C na wysokości ponad 2,5 m od poziomu drogi ewakuacyjnej,
- zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych i elementów konstrukcji budynku nie powinien być mniejszy niż 10 m na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m od poziomu drogi ewakuacyjnej.

Wytoczne ITB podają w tym względzie łatwiejsze do spełnienia kryteria odnoszące się do widzialności znaków ewakuacyjnych świecących światłem własnym. Odpowiada to 30 m widzialności znaków odbijających światło i elementów budynku. Takie parametry są również możliwe do przyjęcia w ocenie wyników analizy, pod warunkiem, że garaż będzie wyposażony podświetlenia znaki ewakuacyjne.

Jako wartości graniczne parametrów mających wpływ na bezpieczeństwo ekip ratowniczych przyjmuje się parametry odpowiadające następującym warunkom:

1. temperatura na wysokości 1,5 m od poziomu posadzki w odległości 15 m od źródła pożaru powinna być niższa od 120°C ;
2. wartość strumienia promieniowania cieplnego nie powinna przekraczać 15 kW/m^2 w odległości 5 m od źródła pożaru oraz 5 kW/m^2 w odległości 15 m od źródła pożaru.

Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

Tablica 2. Kryteria oceny systemów wentylacji pożarowej

Kryterium	Wentylacja oddymiająca	Kontrola rozprzestrzeniania dymu i ciepła	Oczyszczanie z dymu
W czasie ewakuacji			
Temperatura	pod stropem – 200°C na wysokości do 1,80 m – 60°C		
Zadymienie	dym utrzymujący się pod stropem kondygnacji, na wysokości do 1,80 m – 0,105 g/m ³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m)		
Promieniowanie	mniej niż 2,5 kW/m ² w kierunku podłogi		
W czasie prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych			
Temperatura	na wysokości 1,50 m mniej niż 120°C w odległości ponad 15 m od źródła pożaru		
Zadymienie	na wysokości 1,50 m do 0,105 g/m ³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m) w odległości do 15 m od źródła pożaru	strefa może być zadymiona	
Promieniowanie	do 15 kW/m ² w odległości 5 m od źródła pożaru od strony dojścia do pożaru, 5 kW/m ² w odległości do 15 m od źródła pożaru		
Dostęp do źródła ognia	dym w dwóch warstwach – źródło pożaru jest widoczne a dostęp do niego ułatwiony	możliwy dostęp do źródła pożaru w odległości do 15 m od jego lokalizacji, drogą wolną od dymu	cały obszar strefy zadymiony – strefa pożarowa powinna być na tyle mała, aby szybkie odnalezienie i lokalizacja pożaru były możliwe



Kryteria oceny - ewakuacja

Kryteria oceny – z rynku (firma 1)

8. Kryteria oceny

Zakładając, że system wentylacji pożarowej garażu działa skutecznie w obliczonym czasie ewakuacji oraz wspomaga działania służb ratowniczo – gaśniczych, powinny zostać spełnione następujące kryteria:

- przewidywana temperatura powietrza na wysokości 2,0 m nad poziomem posadzki nie powinna przekraczać 60 °C na chronionych przejściach ewakuacyjnych, umożliwiając ewakuację;
- przewidywany zasięg widzialności przegród budowlanych i znaków ewakuacyjnych odbijających światło na wysokości 2,0 m nad poziomem posadzki nie powinien być mniejszy niż 10 m na chronionych przejściach ewakuacyjnych, umożliwiając ewakuację;
- przewidywana temperatura powietrza na wysokościach 1,0 m i 1,6 m nad poziomem posadzki nie powinna przekraczać 100 °C w odległości większej, niż 15 m od krawędzi źródła pożaru, mierzonej w rzucie poziomym, w przewidywanym momencie rozpoczęcia działań ratowniczo-gaśniczych, tj. pomiędzy 15 a 20 minutą licząc od wybuchu pożaru.

Kryteria oceny – z rynku (firma 2)

5.4. ANALIZOWANE PARAMETRY POŻARU

Podczas analizy numerycznej sprawdzeniu podlegają następujące parametry:

- a) zasięg widzialności na wysokości 1,8 m od podłogi – przyjęta wartość krytyczna to 10 m;
- b) temperatura na wysokości 1,8 m od podłogi oddziałująca na użytkowników obiektu w czasie ewakuacji – wartość krytyczna to 60 °C, lecz ze względu na 15%-owy współczynnik niepewności dla przyrostu temperatury powyżej temperatury początkowej dla górnej warstwy dymu, przyjęto wartość krytyczną równą 54 °C;
- c) temperatura na wysokości 1,5 m od podłogi oddziałująca na ekipy ratownicze prowadzące działania wewnątrz obiektu – wartość krytyczna to 120 °C [14];
- d) temperatura gazów pożarowych wyciąganych przez wentylatory oddymiające.

Kryteria oceny – z rynku (firma 3)

7.1 WARUNKI EWAKUACJI

Jako kryterium oceny warunków ewakuacji przyjęte zostały następujące wartości graniczne dla poszczególnych parametrów:

- zasięg widzialności – 10 m dla elementów konstrukcyjnych co odpowiada widzialności z 30m znaków podświetlanych z natężeniem 80 lx
- temperatura na wysokości 1,8 m od posadki nie większa niż 60°C (skorygowana o błąd programu - obliczono 54°C)
- promieniowanie cieplne poniżej 2,5 kW/m² (oceniano poprzez określenie temperatury - warunek spełniony, gdy uśredniona temperatura warstwy dymu jest nie większa niż 200°C - skorygowana o błąd programu - obliczono 175°C)
- zasięg widzialności - 5m dla elementów odbijających światło na wysokości 1,8m nad posadzką (ocena toksyczności dymu - wg wytycznych brytyjskich [3] - odpowiada to możliwości przebywania osób w dymie przez ok. 30min)

7.2 WARUNKI DLA EKIP RATOWNICZYCH

Jako kryterium oceny warunków dla ekip ratowniczych przyjęte zostały następujące wartości graniczne dla poszczególnych parametrów:

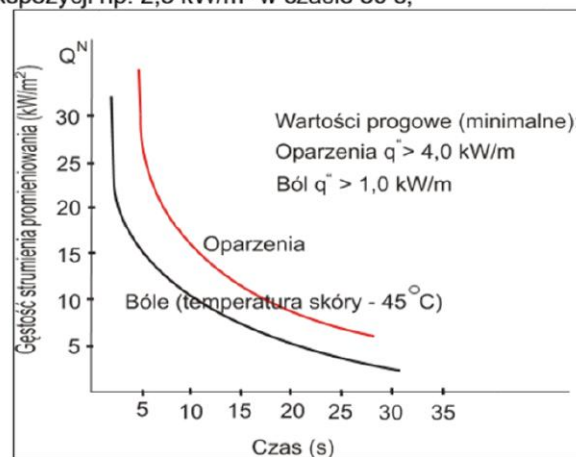
- temperatura powietrza i gazów pożarowych na wysokości 1,5m od posadki nie większa niż 120°C w odległości 10m od źródła pożaru (skorygowana o błąd programu - obliczono 106°C)

Kryteria oceny – z rynku (firma 4)

W celu określenia czasu, po którym kończy się Dostępny Czas Bezpiecznej Ewakuacji, analizowane były wartości parametrów mogących zagrozić zdrowiu lub życiu ludzi w garażu.

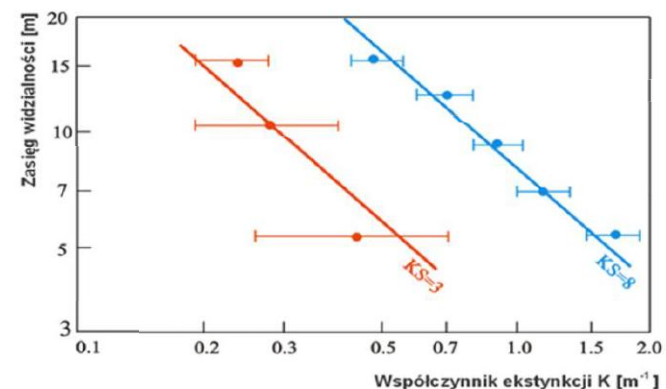
Jako wartości krytyczne przyjęto:

- temperatura warstwy podsufitowej dymu = 200°C;
- temperatura powietrza na drodze ewakuacyjnej = 60°C;
- promieniowanie ciepłe zgodnie z rysunkiem 6. Graniczna wartość zależy od czasu ekspozycji np. 2,5 kW/m² w czasie 30 s;



Rys. 6 Gęstość strumienia promieniowania powodująca zranienie i ból w funkcji czasu.

- wysokość poziomu podstropowej warstwy dymu, charakteryzowanej przez zasięg widzialności – nie niższą niż 1,8 m w czasie ewakuacji (z wyłączeniem bezpośredniego sąsiedztwa pożaru);
- zasięg widzialności – dla elementów odbijających światło (np. elementy konstrukcyjne) = 10 [m], (zgodnie z rys. 7 dla iloczynu $K \cdot S = 3$) – odpowiada to widoczności podświetlanych znaków ewakuacyjnych z odległości ok. 25 m;

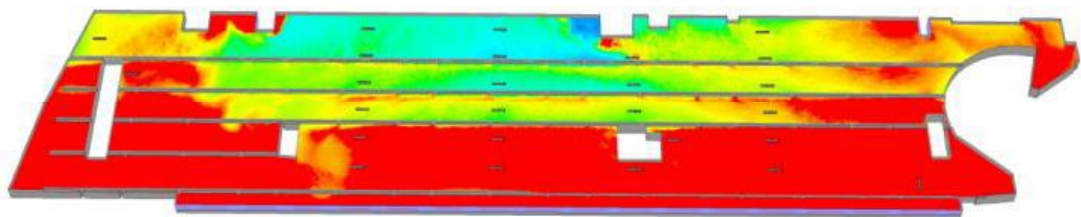


Rys. 7. Zasięg widoczności w funkcji współczynnika ekstynkcji światła.

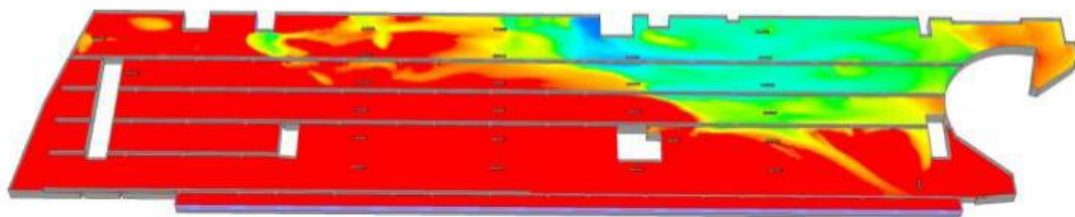
- dla straży pożarnej, jako parametr niekorzystny, przyjęto:
 - współczynnik ekstynkcji (pochłaniania światła) równy 0,8 [m⁻¹] na wysokości 1,2m, który oznacza widzialność elementów emitujących światło z około 10 m. (zgodnie z rysunkiem nr 7 dla iloczynu widzialności i współczynnika ekstynkcji $K \cdot S = 8$)
 - temperaturę gazów pożarowych na poziomie 1,2m równą 100 °C;

Przekroczenie wartości dla jednego z wymienionych parametrów w pewnej części analizowanego garażu i jego długotrwałe utrzymywanie, oznaczać będzie koniec możliwości bezpiecznego ewakuowania się ludzi z danej przestrzeni lub powstanie trudnień w podjęciu działań przez ekipy ratowniczo-gaśnicze. Jako parametr krytyczny dla ekip ratowniczo-gaśniczych uznaje się temperaturę. Występowanie lokalnych ograniczeń zasięgu widzialności jest zjawiskiem naturalnym w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru, w przestrzeniach nad pożarem oraz w przestrzeni pomiędzy pożarem a punktami wyciągowymi.

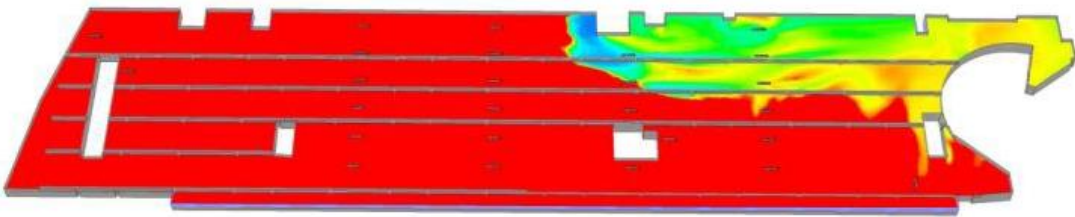
$t = 420$ s (moment uruchomienia wentylatorów strumieniowych)



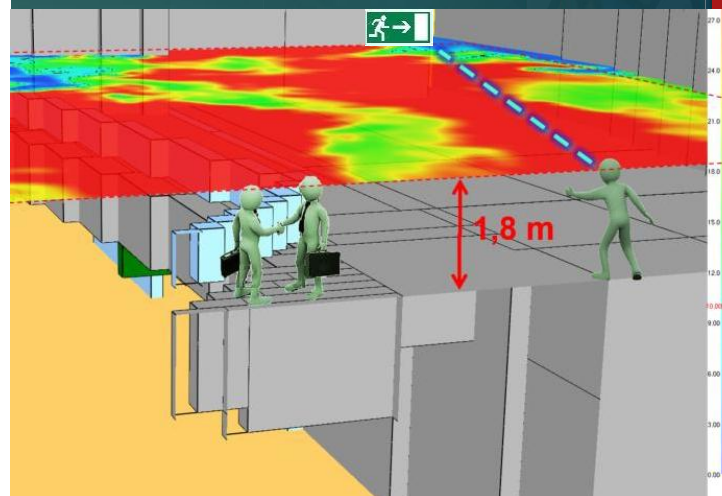
$t = 480$ s



$t = 600$ s



Rys. 13. Rzut przedstawiający przewidywany lokalny zasięg widzialności na wysokości około 2,00 m powyżej posadzki garażu w 420, 480 i 600 s systemu
Uruchomienie wentylatorów strumieniowych nastąpiło krótko po 420 s analizy; na rysunkach widoczne jest, jak szybko system doprowadził do ograniczenia rozprzestrzeniania się dymu i ciepła



ANALIZY CFD

„Kolorowe
obrazki”

Zasięg widzialności w odniesieniu do współczynnika ekstynkcji – 1,8m nad poziomem posadzki



900s

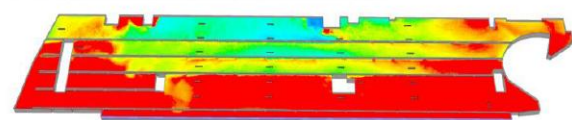
współczynnik ekstynkcji m^{-1}

0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8

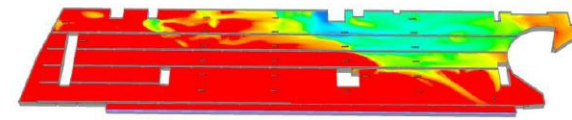
MART FIRE
Data View

Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - instalacje wentylacji pożarowej garaży

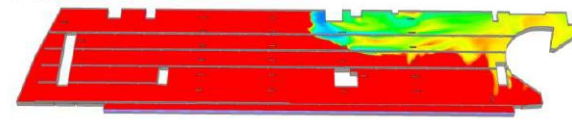
t = 420 s (moment uruchomienia wentylatorów strumieniowych)



t = 480 s



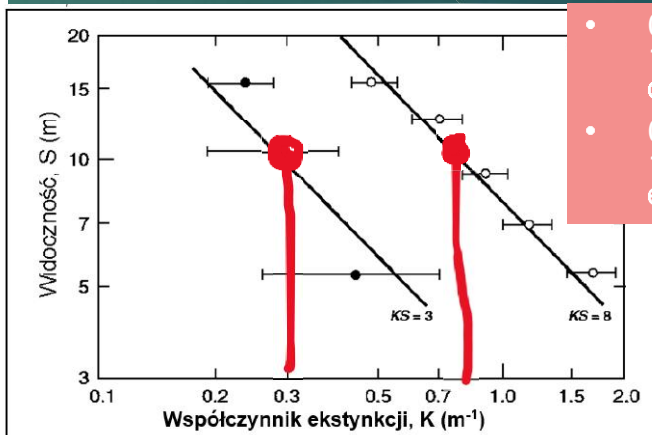
t = 600 s



0,0 2,0 4,0 6,0 8,0 10,0 12,0 14,0 16,0 18,0 20,0

Rys. 13. Rzut przedstawiający przewidywany lokalny zasięg widzialności na wysokości około 2,00 m powyżej posadzki garażu w 420, 480 i 600 s systemu. Uruchomienie wentylatorów strumieniowych nastąpiło krótko po 420 s analizy; na rysunkach widoczne jest, jak szybko system doprowadził do ograniczenia rozprzestrzeniania się dymu i ciepła

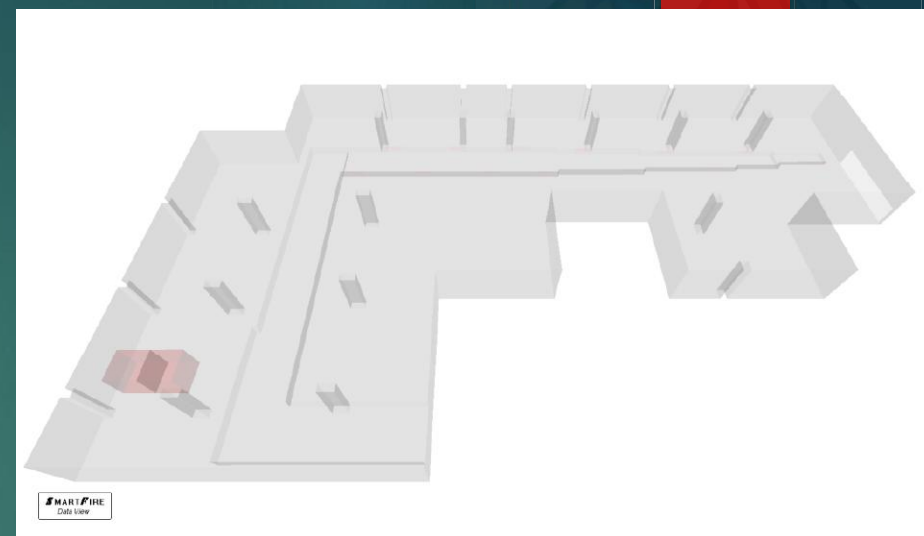
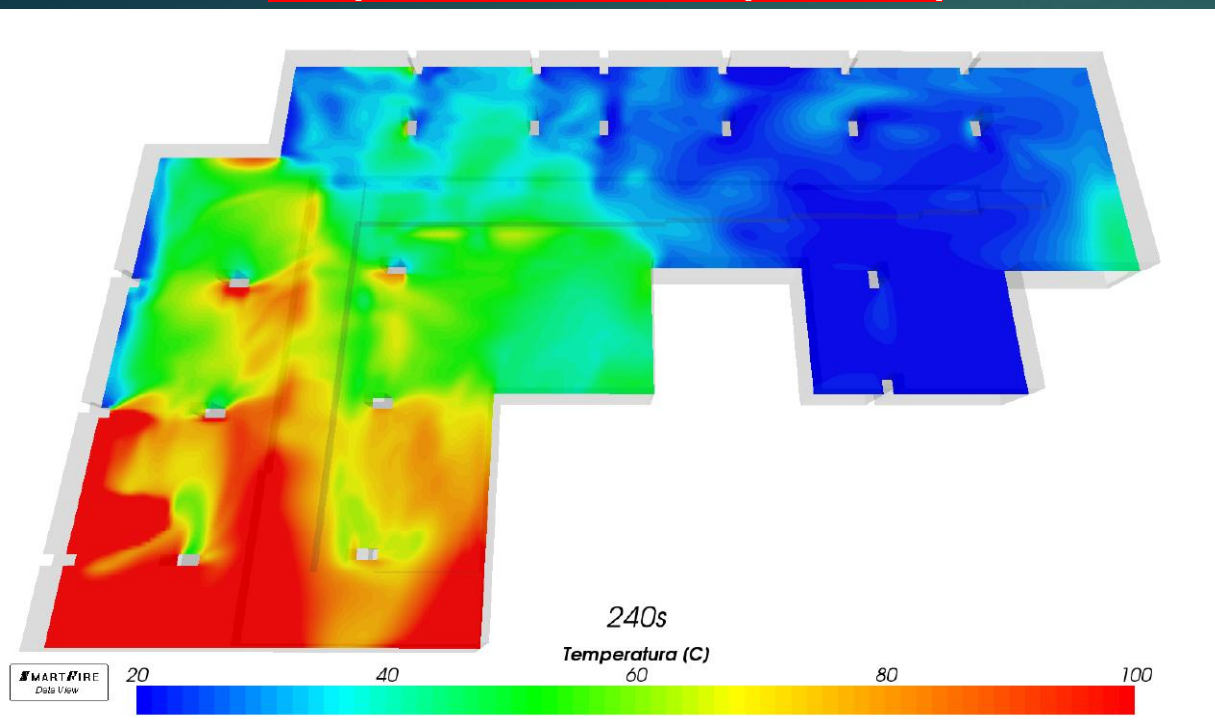
ANALIZY CFD



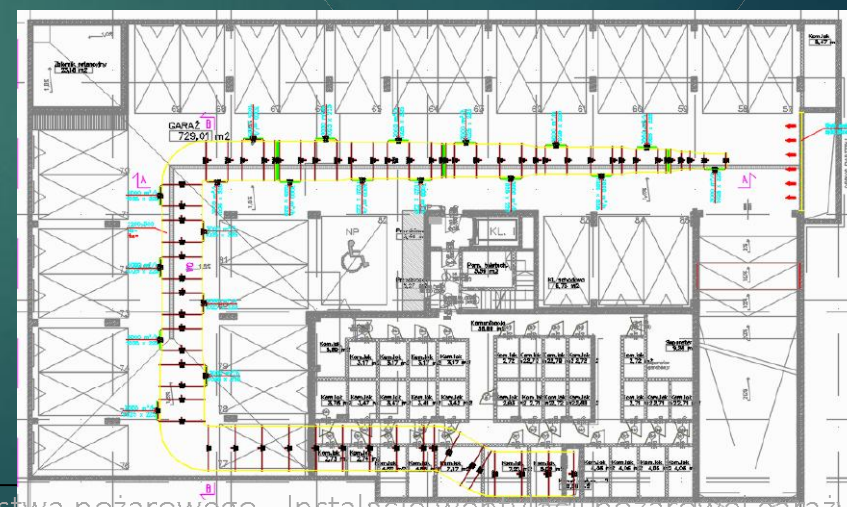
- 0,3 – zasięg widzialności 10m elementów obijających światło
- 0,8 - zasięg widzialności 10m elementów emitujących światło

Rys.7. Zasięg widoczności w funkcji współczynnika ekstynkcji światła.

Temperatura 1,8m nad posadzką

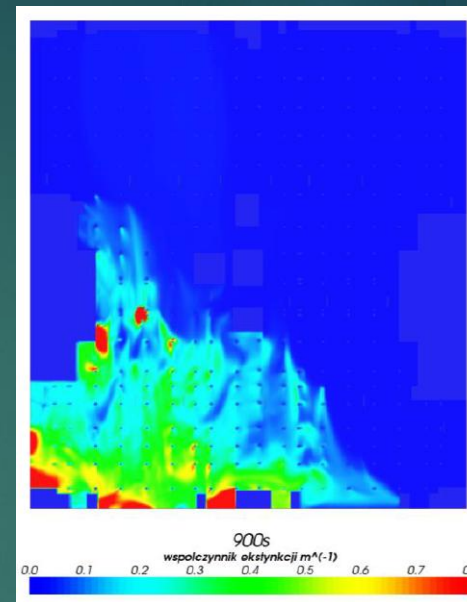
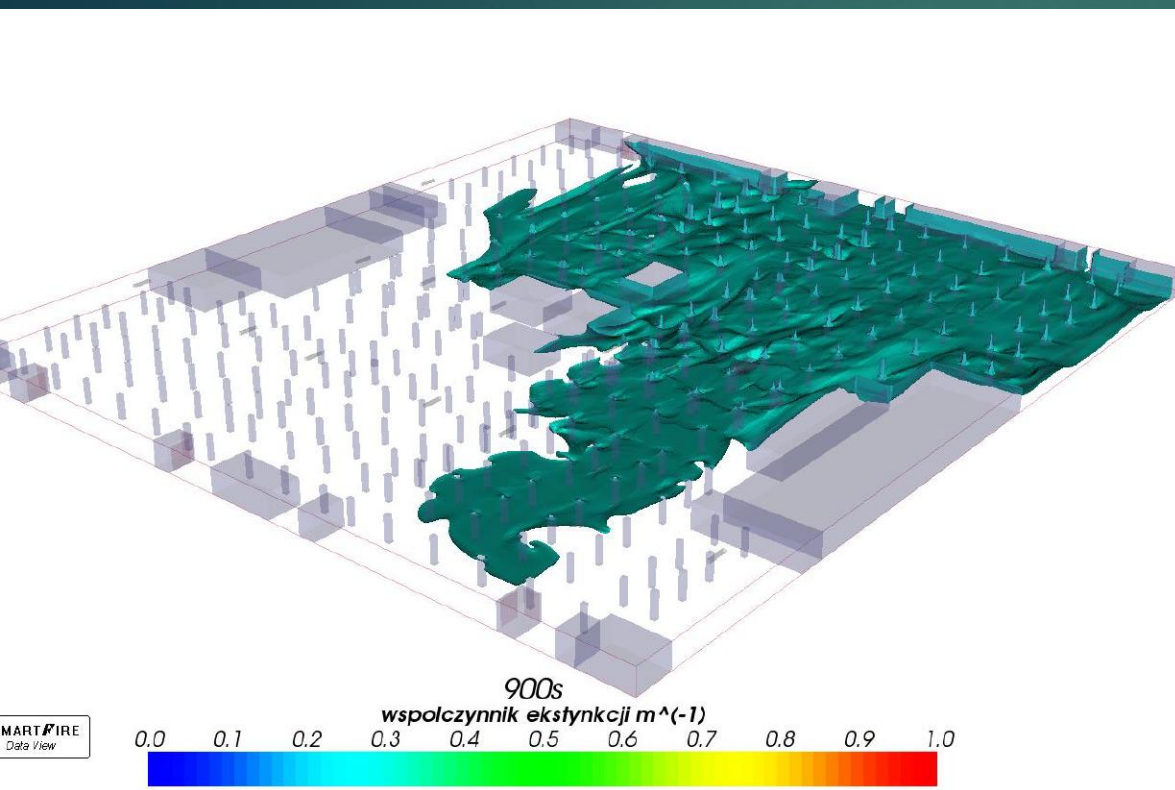


ANALIZY CFD

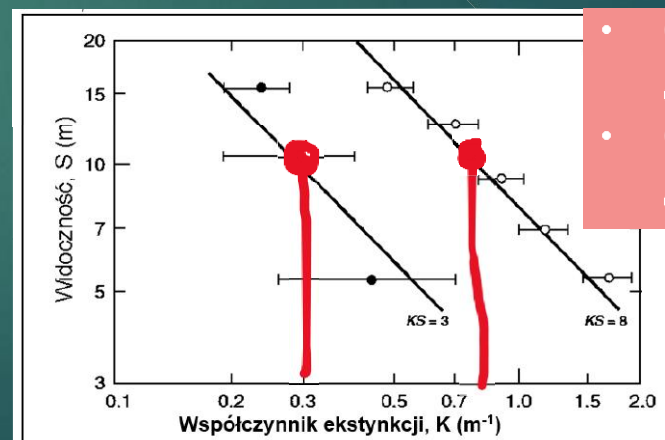


Brak możliwości odczytania Tmax – slajd służy weryfikacji kryterium związanym z temperaturą 60°C
W przypadku pokazania skali np do 1000°C odczytanie obszaru z temperaturą do 60 stopni byłoby niemożliwe.

Izopowierzchnia dla wsp. ekstynkcji 0,3
(widzialność elementów odbijających
światło z 10 m)



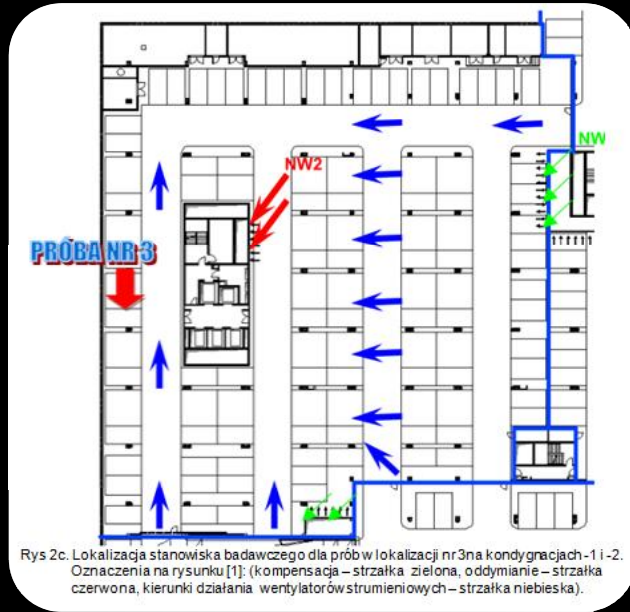
ANALIZY CFD



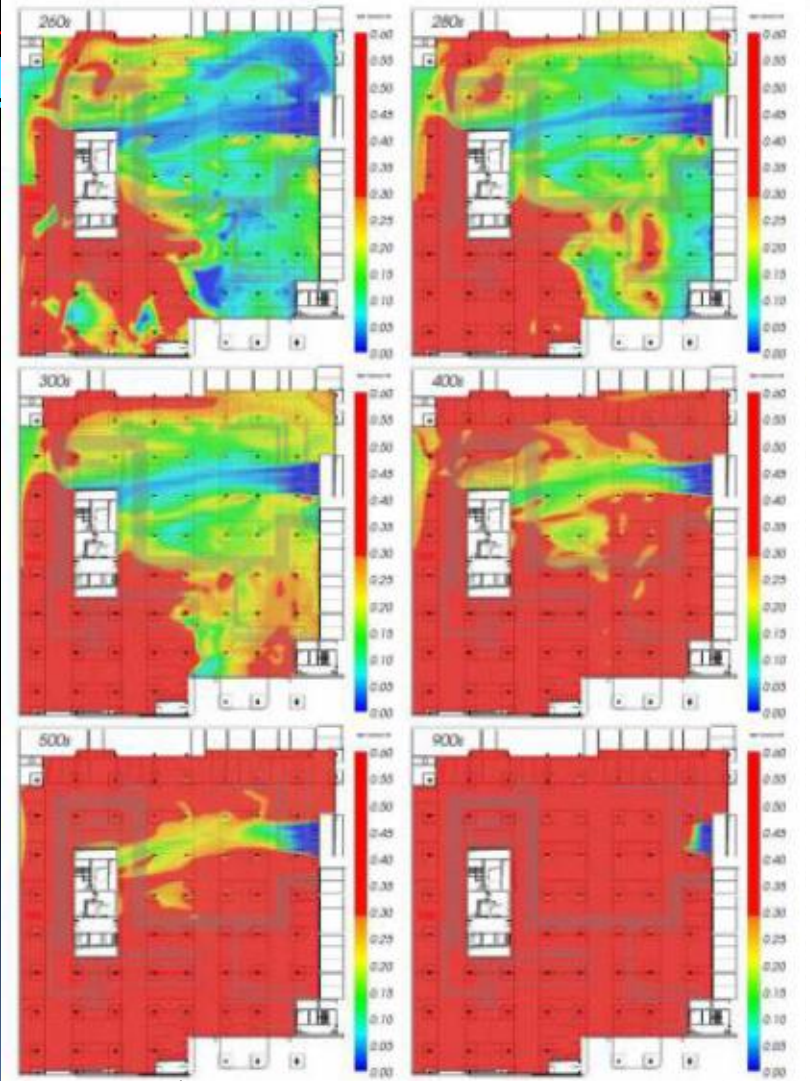
- 0,3 – zasięg widzialności 10m elementów odbijających światło
- 0,8 - zasięg widzialności 10m elementów emitujących światło

Rys.7. Zasięg widoczności w funkcji współczynnika ekstynkcji światła.

PROBLEMY W FUNKCJONOWANIU SYSTEMÓW WENTYLACJI POŻAROWEJ - DOŚWIADCZENIA Z PRÓB ODBIORCZYCH

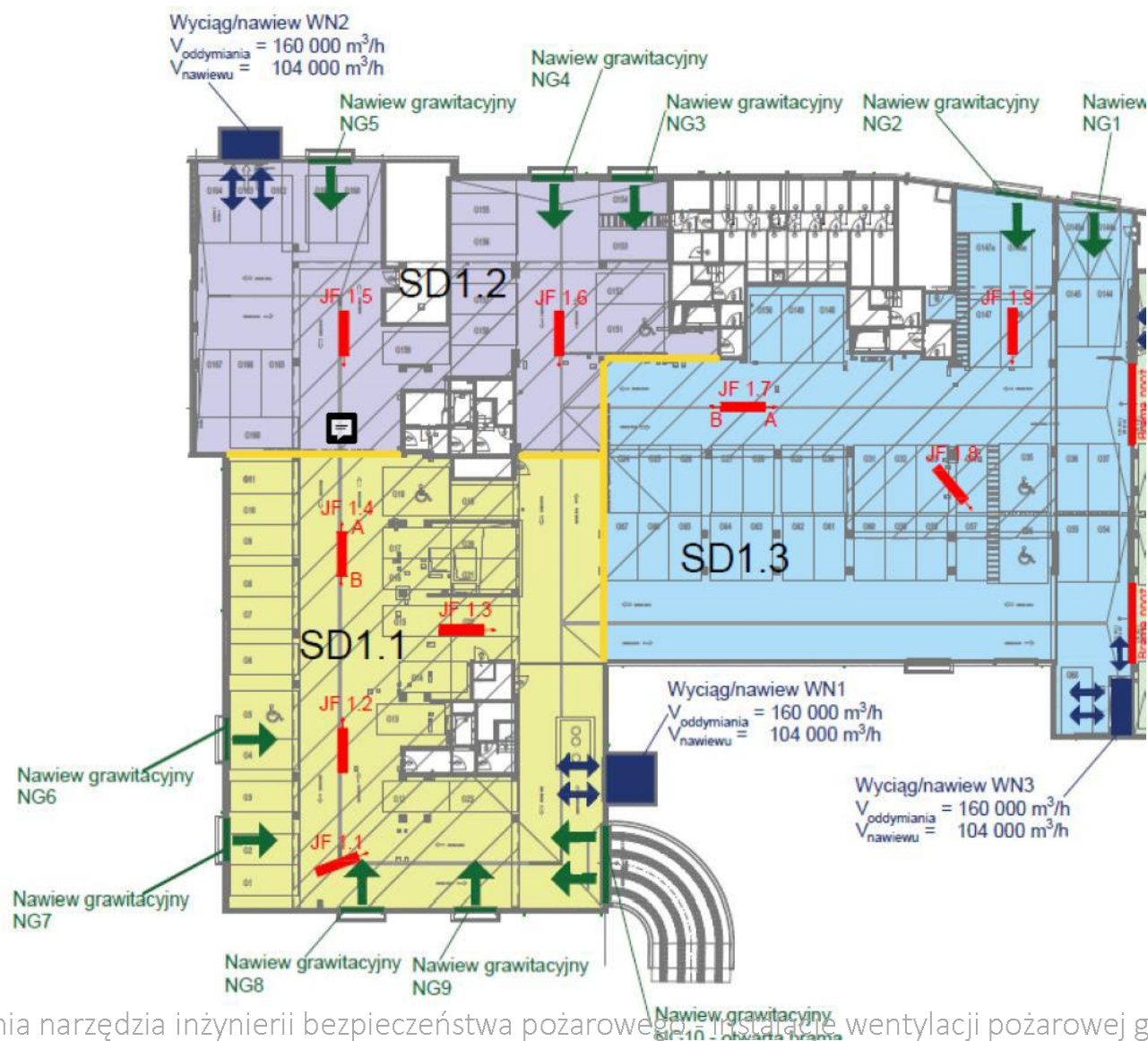


7.3.1 Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] – na wysokości 1,8 m.



Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

PRZYKŁAD NIEAKCEPTOWALNY



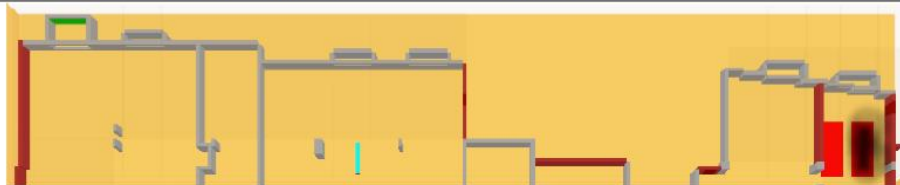
ANALIZA PRZYPADKU – GARAŻ Z WENTYLACJĄ STRUMIENIOWĄ

- Podział garażu na trzy strefy dymowe przegrodami pełniącymi rolę kurtyn dymowych
- Analiza CFD wykonana dla kilku scenariuszy z uwzględnieniem pożaru samochodu elektrycznego
- Nawiew mechaniczny około 80% wydajności oddymiania + nawiew grawitacyjny przez bramę wjazdową – dla każdego scenariusza
- Dodatkowe otwory kompensacyjne w elewacji zewnętrznej

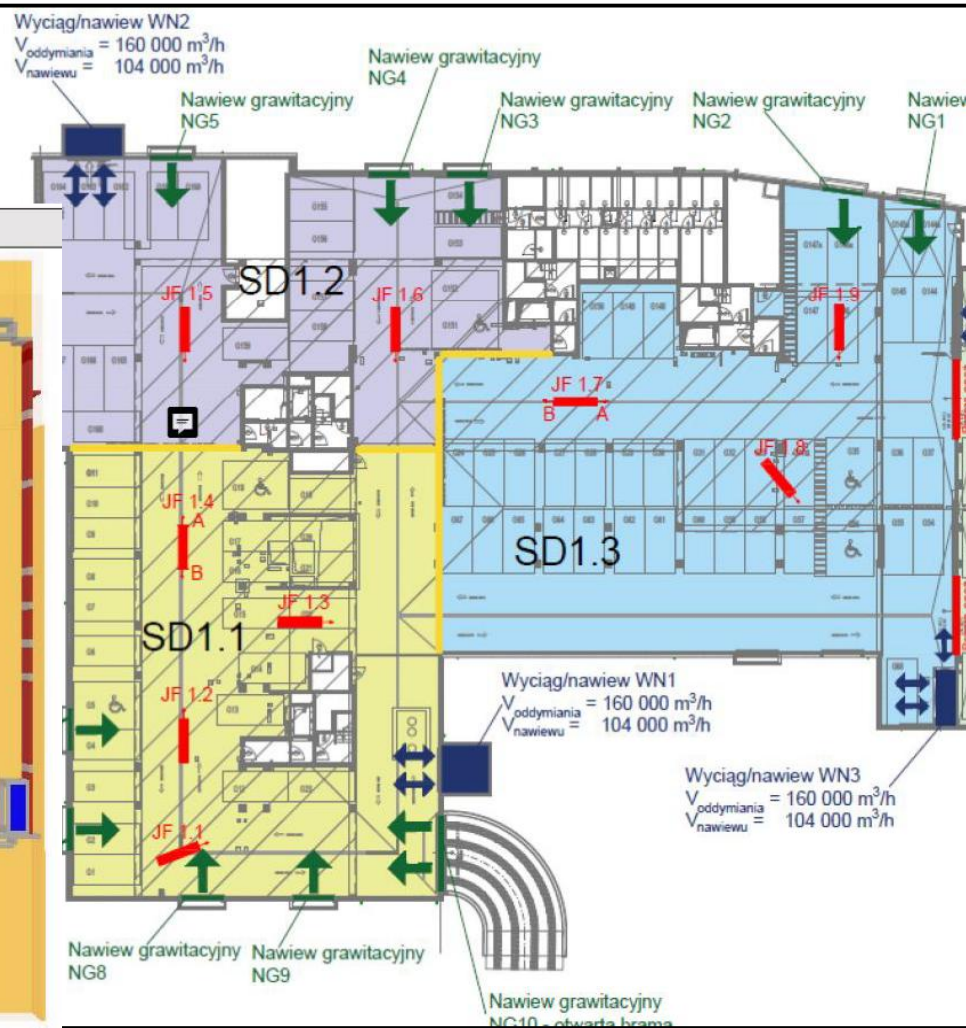
Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Instalacje wentylacji pożarowej garaży

Lokalizacja pożaru – scenariusz krytyczny w strefie detekcji SD1.3

Scenariusz nr 5 – SP1 – pożar samochodu konwencjonalnego



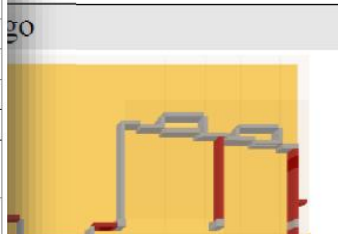
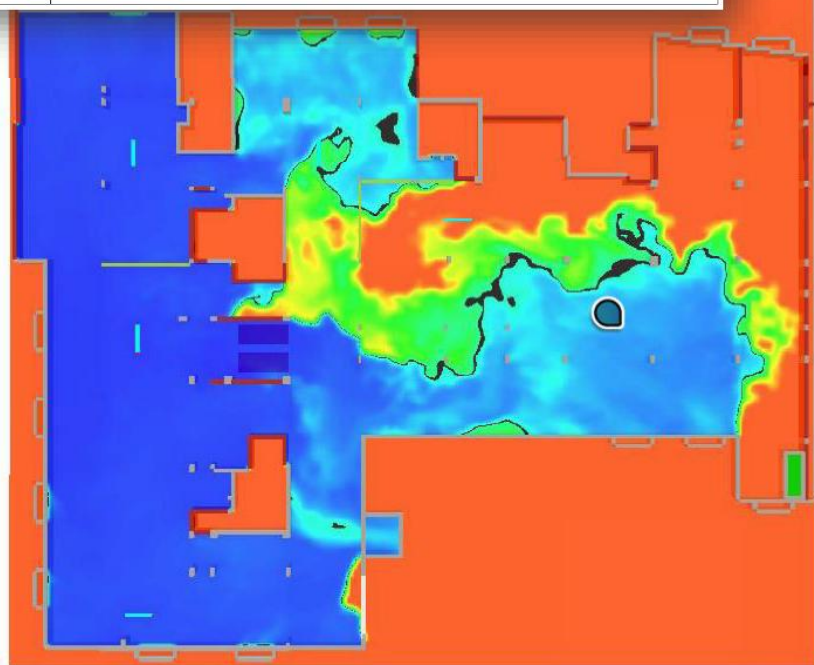
Scenariusz nr 6 – SP1 – pożar samochodu elektrycznego



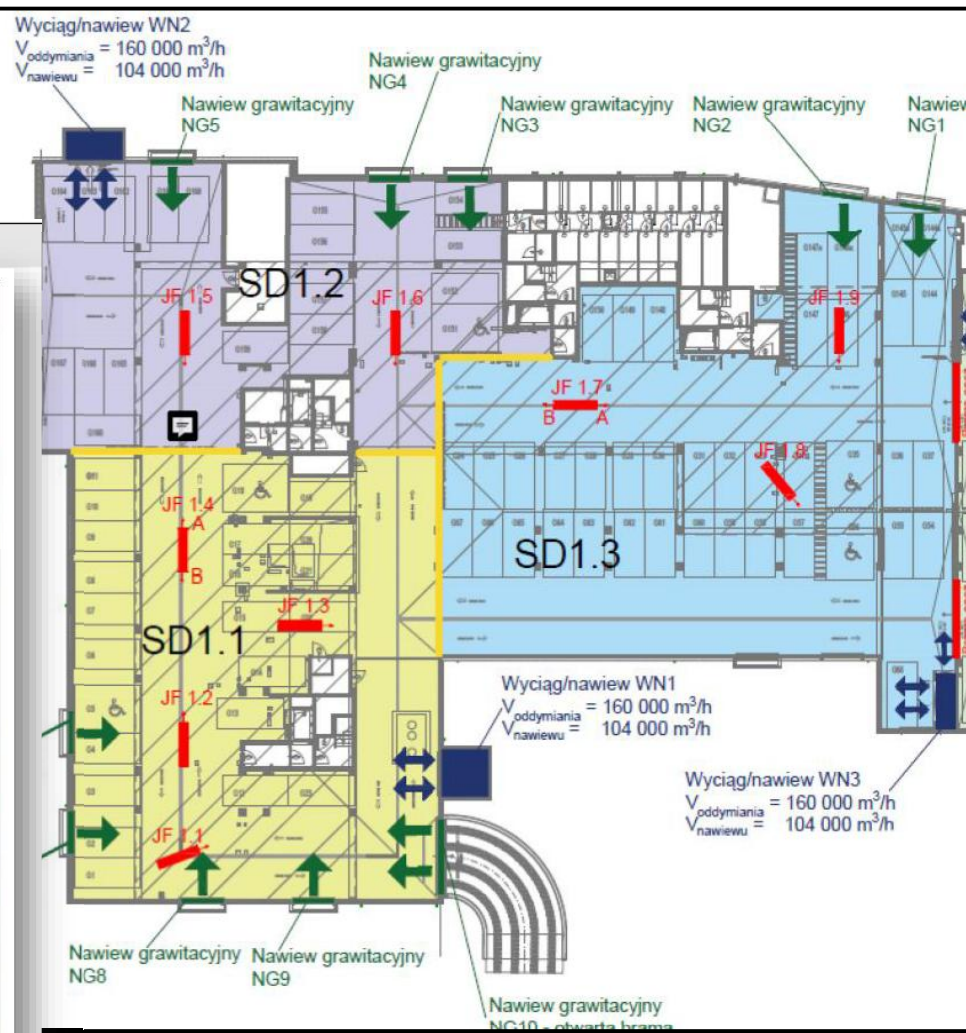
Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

Lokalizacja pożaru – scenariusz krytyczny w strefie detekcji SD1.1

0	Wentylatory bytowe oraz strumieniowe uruchomione w trybie wentylacji bytowej przestają działać.
0	Zamknięcie bram przeciwpożarowych.
0	Otwarcie bramy wjazdowej.
0	Zamknięcie przeciwpożarowych klap odcinających wentylacji bytowej.
0	Uruchomienie akustycznych oraz wizualnych sygnalizatorów pożaru.
0 ~ 30	Przesterowanie przeciwpożarowych klap odcinających w punktach nawiewu kompensacyjnego.
0	Uruchomienie wentylatorów głównych oddymiających oraz napowietrzających.
30	Maksymalny czas, po którym wentylatory główne wyciągowe/nawienne osiągają 100% swojej wydajności.
240	Uruchomienie wentylatorów strumieniowych.
300	Maksymalny czas, po którym wentylatory strumieniowe osiągają 100% swojej wydajności.



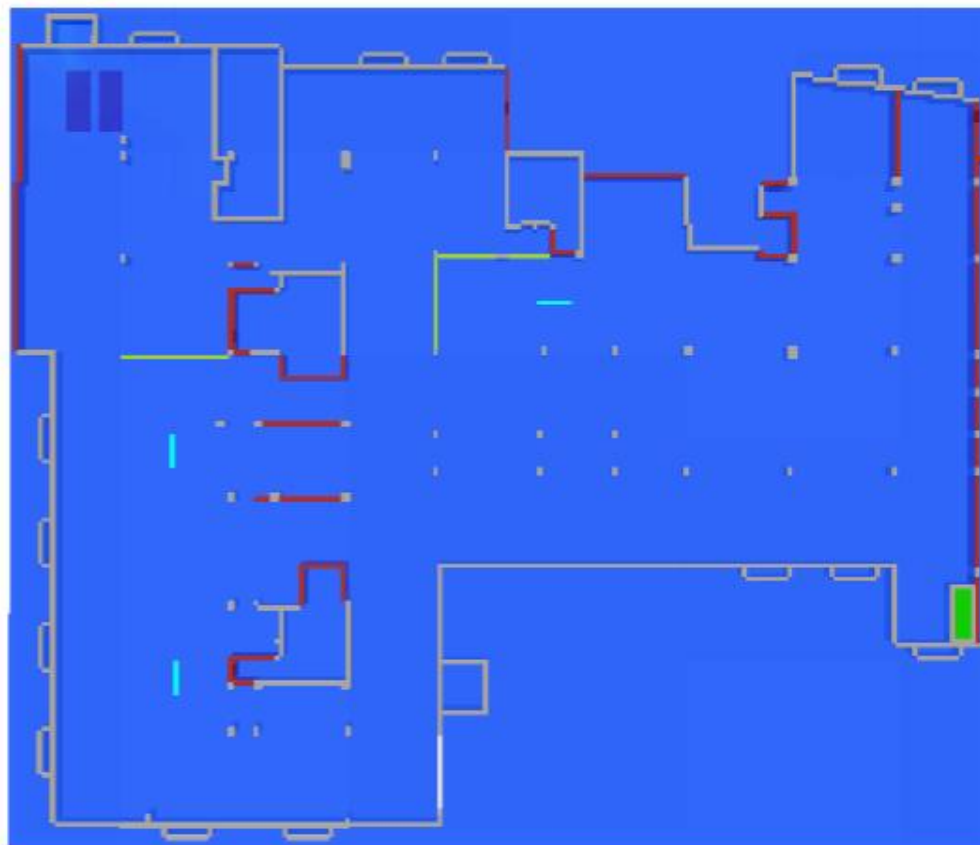
...alnego



Scenariusz nr 3 – SP1 – pożar samochodu elektrycznego



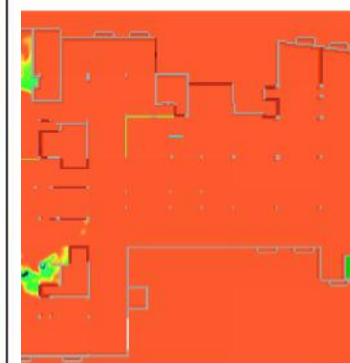
Scenariusz nr 3 – rozkład temperatury po 300 sekundach



Slice temp °C

306
275
245
214
184
153
122
91.8
61.2
54.0
0.00

Średni zasięg widzialności po 180 sekundach



Slice VIS_CO.9H m
31.5
28.4
25.3
22.2
19.1
16.0
12.9
10.8
6.70
0.50

Średni zasięg widzialności po 240 sekundach



Slice VIS_CO.9H m
31.5
28.4
25.3
22.2
19.1
16.0
12.9
10.8
6.70
0.50

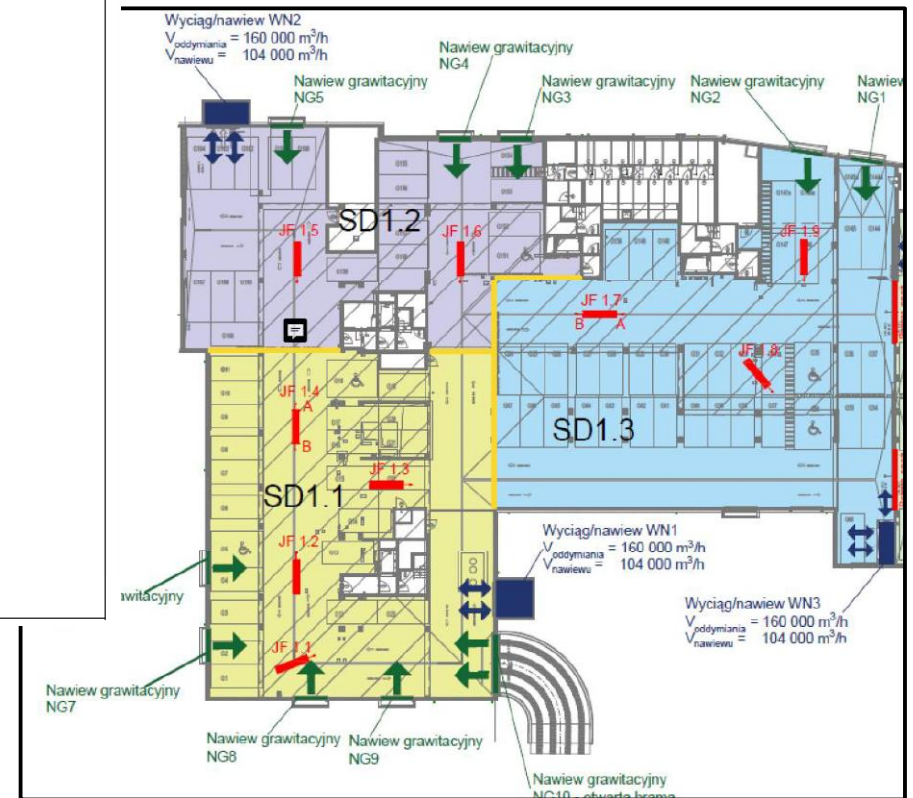
Nawiew NG1

Time: 300.0

Scenariusz nr 4 -SP1 – pożar samochodu konwencjonalnego



Time: 20.0

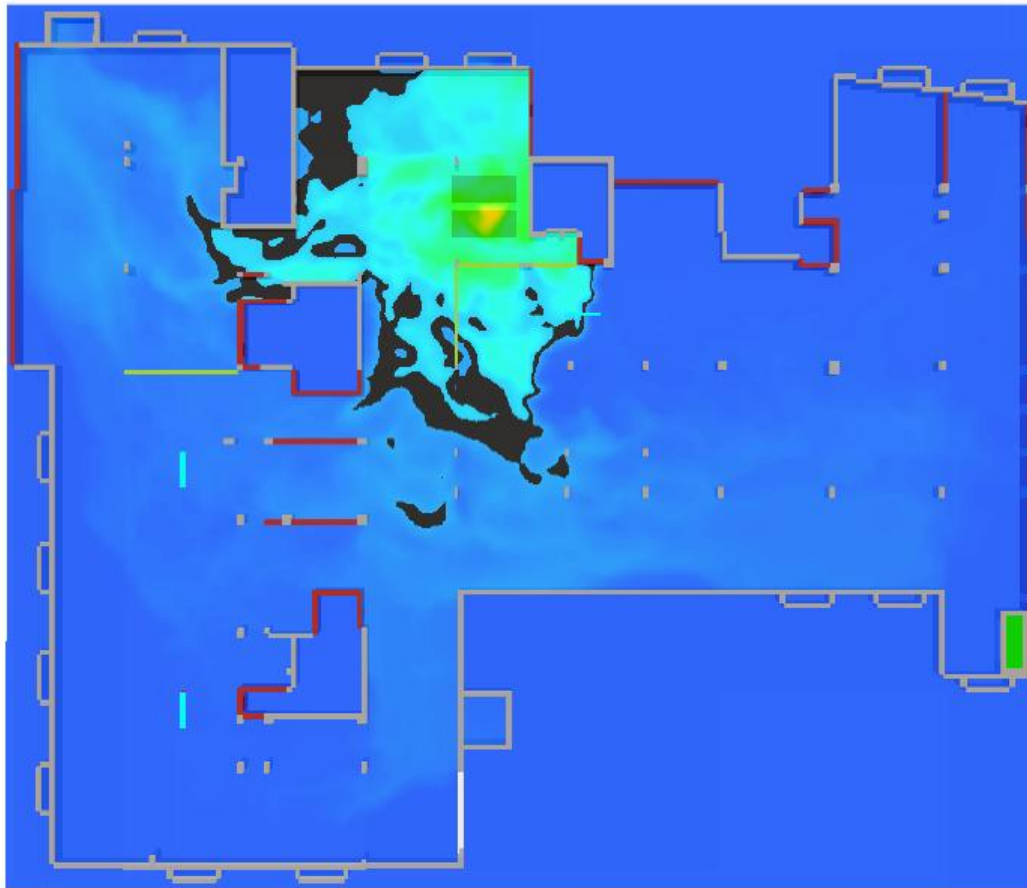


Symulacje CFD - praktyczne aspekty wykorzystania narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego - Instalacje wentylacji pożarowej garaży

Scenariusz nr 4 -SP1 – pożar samochodu konwencjonalnego

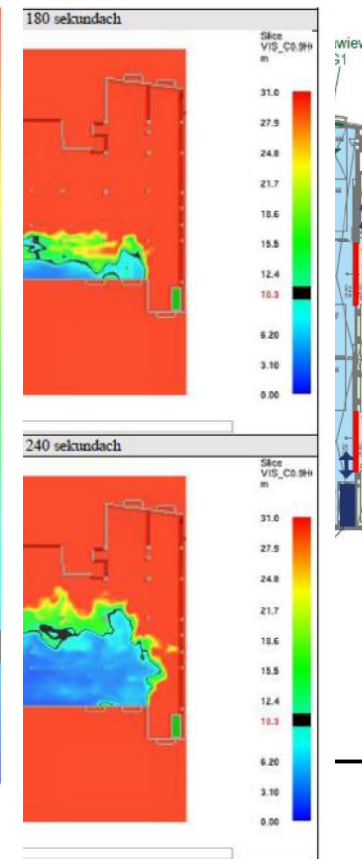
Scenariusz nr 4 – rozkład temperatury po 300 sekundach

Time: 20.0



Time: 300.0

Slice temp °C





mgr inż. Paweł Wróbel

pwrobel@apoz.edu.pl

609 856 514

Dziękuję za uwagę

