



ANALIZA NUMERYCZNA ROZWOJU POŻARU I ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ DYMU

OBIEKT: **UNIwersytet Morski - Akademiki**

ADRES : **ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia**

Opracował:
mgr inż. Arkadiusz Mikulski

Sprawdził:
mgr inż. Feliks Mikulski

Gdynia, wrzesień 2021 r.

SPIS TREŚCI

1.	PRZEDMIOT I CEL SYMULACJI	3
2.	PODSTAWY FORMALNE OPRACOWANIA MODELU.....	3
3.	MODEL MATEMATYCZNO – FIZYCZNY UŻYTY DO OBLICZEŃ CFD	4
4.	CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU	4
5.	ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE DANYCH WEJŚCIOWYCH	5
6.	ZAŁOŻENIA DO SCENARIUSZA POŻAROWEGO	6
6.1.	Przyjęte kryterium akceptowalności	6
6.2.	Zainicjowanie pożaru	6
6.2.1.	Parametry opisujące rozwój i moc pożaru	7
6.2.2.	Materiał palny	8
6.3.	Czas detekcji.....	8
6.4.	Czas alarmowania.....	9
6.5.	Czas ewakuacji	9
6.5.1.	Czas rozpoznania i reakcji	9
6.5.2.	Czas przejścia	9
6.6.	Przewidywany czas rozpoczęcia działań ratowniczo - gaśniczych.....	10
6.7.	Koncepcja systemu oddymiania.....	10
6.7.1.	Garaż pożar SD11	12
6.7.2.	Garaż pożar SD12	18
6.7.3.	Garaż pożar SD21	24
6.7.4.	Garaż pożar SD22	29
6.8.	Margines bezpieczeństwa.....	35
7.	PODSUMOWANIE WYNIKÓW SYMULACJI - WNIOSKI.....	35
8.	ZALECENIA	37
9.	SPIS TABEL I RYSUNKÓW.....	37
10.	ZAŁĄCZNIKI	37

1. PRZEDMIOT I CEL SYMULACJI

Przedmiotem symulacji jest analiza skuteczności systemu samoczynnych urządzeń oddymiających na wypadek pożaru i rozprzestrzeniania się dymu w garażach w inwestycji "UNIwersytet MORSKI AKADEMIA".

Zgodnie z § 207. 1. Rozporządzenia [5] Budynek i urządzenia z nim związane powinny być projektowane i wykonane w sposób ograniczający możliwość powstania pożaru, a w razie jego wystąpienia zapewniający:

- 4) możliwość ewakuacji ludzi lub ich uratowania w inny sposób;
- 5) uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

§ 270. 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.

Celem symulacji jest ocena skuteczności działania systemu oddymiania, zgodnie z Rozporządzeniem [6] z rozumie się tu § 2. ust.1 pkt. 10) ... zabezpieczenie przed utrzymywaniem się na drogach ewakuacyjnych dymu w ilości, która ze względu na ograniczenie widoczności, toksyczność lub temperaturę uniemożliwiałaby bezpieczną ewakuację; tj. ocena warunków krytycznych zadymienia i temperatury w czasie potrzebnym na ewakuację WCBE¹ oraz porównanie z Dostępnym Czasem Bezpiecznej Ewakuacji (DCBE²).

Przez uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych rozumie się tu ocenę warunków krytycznych temperatury i promieniowania.

Analiza warunków i możliwości bezpiecznej ewakuacji ludzi z analizowanego obszaru oraz skuteczności systemu wentylacji oddymiającej dla uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych oparte są o wyniki obliczeń komputerowych CFD warunków rozwoju pożaru dla założonego scenariusza pożarowego. Wyniki zostaną przedstawione oraz ocenione pod kątem wymagań ochrony przeciwpożarowej.

2. PODSTAWY FORMALNE OPRACOWANIA MODELU

Podstawy opracowania stanowią:

1. Zlecenie wykonania analizy,
2. Podkłady architektoniczne i przekroje, przedmiotowego garażu,
3. Koncepcja systemu wentylacji oddymiającej,
4. NEN 6098: 2012 Smoke control systems for powered smoke exhaust ventilators in car parks,

¹ WCBE (z ang. RSET Required Safe Escape Time), to wyliczony czas dostępny pomiędzy zainicjowaniem pożaru a czasem, w którym użytkownicy, w określonych przestrzeniach w budynku, są w stanie osiągnąć bezpieczne miejsce

² DCBE (z ang. ASET - Available Safe Escape Time), to oszacowany czas dostępny pomiędzy zainicjowaniem pożaru a czasem, w którym tolerowane, graniczne kryteria bytowe nie są przekroczone w określonej przestrzeni w budynku.

5. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2015 poz. 1422 wraz z późn. zm).
6. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719)
7. Handbook of building materials of fire protection” Charles A. Harper, 2004,
8. KG PSP, PROCEDURE organizacyjno-techniczne (...), Warszawa 2008 r.
9. Fire Dynamics Simulator Version 5 – Technical Reference Guide, NIST 2009.
10. Fire Dynamics Simulator Version 5 – Users Guide, NIST 2009.
11. 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, behavior and condition (Sub-system 6),

3. MODEL MATEMATYCZNO – FIZYCZNY UŻYTY DO OBLICZEŃ CFD

Trójwymiarowy model geometryczny obiektu (obszar rozprzestrzeniania się dymu) wykonano w (obszar rozprzestrzeniania się dymu) wykonano w programie PyroSim 2011. Do obliczeń numerycznych wykorzystano program FDS 5.3.3 w którym zaimplementowana została metoda obliczeniowa Large Eddy Simulation (LES), metoda wielkich wirów.

Wszelkie szczegółowe dane dotyczące wykorzystanych w analizach programów znajdują na stronie <https://www.thunderheadeng.com/pyrosim/resources/>

Wizualizacja otrzymanych wyników wykonana została w oprogramowaniu SmokeView. Wyniki symulacji zostały przedstawione za pomocą przekrojów poziomych badanych parametrów pożaru. Przekroje przedstawiają analizowane parametry w odstępach czasowych dla zobrazowania rozwoju warunków jakie mogą panować w analizowanej przestrzeni na wypadek powstania pożaru. Skala barw jest do odczytania z panelu bocznego rysunku, kolorem czarnym zostały zaznaczone parametry krytyczne.

4. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Poniższa charakterystyka obiektu obejmuje opis cech, istotnych dla rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu w symulacji komputerowej. Na podstawie rysunków z pkt. 2 wykonano model geometryczny obiektu. Geometria obiektu uwzględnia parametry techniczne obiektu, istotne z punktu widzenia rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu. Wszystkie założenia początkowe wynikające z projektu architektonicznego w zakresie architektury obiektu, wprowadzone zostały na podstawie informacji przekazanych przez Zlecającego zawarte w niniejszym punkcie.

Garaż przeznaczony jest dla samochodów osobowych, zajmuje jedną kondygnację podziemną budynku i podzielony jest kurtyną dymową (spód 2,1 m) na dwie strefy dymowe SD1 i SD2. Wysokość garażu wynosi 2,70 m, wysokość garażu w modelu zaokrąglono z uwagi na dopasowanie do sieci obliczeniowej. Powierzchnia garażu 3139 m².

Wykonanie przegród pomieszczeń na jednoślady z ażurowej siatki, ściany pomieszczeń technicznych wykonano jako ściany pełne. Lokalizacja elementów systemu znajduje się w części graficznej opracowania. Długość drogi ewakuacyjnej wynosi maksymalnie 40 m.

Garaż wyposażony w:

- Instalację systemu sygnalizacji pożaru,
- Instalacja SSP będzie posiadała syreny alarmowe,
- Użytkownicy zostaną zaalarmowani w przypadku powstania pożaru.

Uwzględniając powyższe zastosowano następujące kategorie:

- Jakość systemu zarządzania bezpieczeństwem (poziomy M1 do M3),
 - Poziom Zarządzania **M2**: System alarmowy i praca urządzeń oddymiających są automatyczne.
- Złożoność budynku (poziomy B1 do B3),
 - Poziom budynku **B1** proste powierzchnie jednokondygnacyjne zapewniające łatwą orientację (rozpatruje się tu jedynie ewakuację z garażu - opuszczenia strefy pożarowej).
- Jakość systemu sygnalizacji pożarowej (poziomy A1 do A3),
 - Poziom **A1** system sygnalizacji pożarowej obejmuje cały garaż, automatyczne wykrycie pożaru i uruchomienie niezbędnych urządzeń w zagrożonej strefie za pomocą sygnałów alarmowych II stopnia, przy czym za alarm drugiego stopnia jest uznawany sygnał alarmowy z dwóch czujek dymu w tej samej strefie detekcji dymu.

5. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE DANYCH WEJŚCIOWYCH

Warunki brzegowe i początkowe w symulacji:

- Temperatura powietrza zewnętrznego i wewnętrznego +20 °C,
- Wilgotność względna powietrza wewnętrznego 40%,
- Ciśnienie atmosferyczne 101 325 Pa,
- Czas symulacji 1320 s.,
- Granicę siatki obliczeniowej stanowi żelbet tj. ściany zewnętrzne, posadzka, strop,
- Do dyskretyzacji modelu użyto siatki regularnej sześcienniej o długości boku 0,3 m dla geometrii budynku.
- Dobór ten został zweryfikowany poprzez kalkulator doboru sieci dostępny na: <http://www.koverholt.com/fds-mesh-size-calc/>
- Założono sprawność współdziałających instalacji oraz urządzeń ochrony przeciwpożarowej w analizowanej części budynku.

Uproszczenia w modelu:

- Ze względu na dokładność domeny obliczeniowej modelu grubość ścian, wysokość oraz wymiary słupów zostały zaokrąglone do szerokości komórek.
- Uproszczenie polega na wyrównaniu przegród budowlanych do równej dla bardziej niekorzystnych warunków, w przypadku nie pokrycia się ścian, okien, drzwi lub innych elementów konstrukcyjnych budynku z siatką programu FDS - został przyjęty bardziej niekorzystny przypadek z uwagi na rozprzestrzenianie się dymu,
- W bilansie powietrza kompensującego nie uwzględniono uzupełnienia:
 - przez otwarte drzwi podczas ewakuacji,
 - i innych nieszczelności wpływających na proces napowietrzania.
- Opis elementów systemu wentylacji został dobrany wyłącznie na potrzeby niniejszego opracowania.

Tabela 1 Właściwości materiałów budowlanych

Materiał	Gęstość [kg/m ³]	Ciepło właściwe [kJ/kgK]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/mK]
Żelbet	2500	0,84	1,70
Błoczki betonowe	800	0,84	0,30
Szkło	2500	0,84	0,80
Stal	7850	0,44	58

6. ZAŁOŻENIA DO SCENARIUSZA POŻAROWEGO

6.1. Przyjęte kryterium akceptowalności

1. Analiza możliwości ewakuacji.

Dla analizy warunków podczas pożaru i spełnienia wymogów zapewniających bezpieczną ewakuację ludzi przyjmuje się nie przekroczenie badanych parametrów zagrażających życiu ewakuowanych:

- Zakres widoczności na poziomie 1,8 m od podłogi. Jako graniczne kryterium przyjęto 10 m,
- Zakres temperatury na poziomie 1,8 m od podłogi. Jako graniczne kryterium przyjęto 52°C,
- Zakres temperatury dymu na wysokości 2,4 m od podłogi podstawy warstwy dymu. Jako graniczne kryterium przyjęto 180°C,

2. Analiza warunków bezpieczeństwa

W zakresie analiz, mających w celu uwzględnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych w czasie rozpoczęcia działań ratowniczo - gaśniczych w analizowanym obiekcie, wykonane zostały symulacje promieniowania i temperatury:

- Temperatura na poziomie 1,5 m od podłogi zagrażająca bezpieczeństwu ekip ratowniczych - 100°C, w odległości 10 m od źródła pożaru,
- Promieniowanie cieplne zagrażające bezpieczeństwu ekip ratowniczych wynosi 2,0 kW/m², w odległości 10 m od centrum samochodu będącego źródłem pożaru.

3. Temperatura mieszaniny dymu na wysokości wentylatorów nie wyższa niż 400°C (tj. ok.340 °C) zagrażająca uszkodzeniem konstrukcji urządzeń systemu oddymiania.

Dla zakresu temperatury i promieniowania przyjęto niższe wartości pomiarowe w związku ze średnią niepewnością dla tych parametrów obliczonych od wartości rzeczywistych.

W przypadku niższych wysokości modelu niż wysokość badanych płaszczyzn wynikowych, wyniki zostaną przedstawione na wysokości pod stropem.

6.2. Zainicjowanie pożaru

Założono scenariusz w którym dym i wzrost temperatury towarzyszy każdemu pożarowi, uwzględniając gorsze warunki założono detekcję zjawiska pożarowego przez SSP. Na potrzeby przeprowadzenia analiz przyjęto krzywą rozwoju pożaru z normy NEN6098:2012.

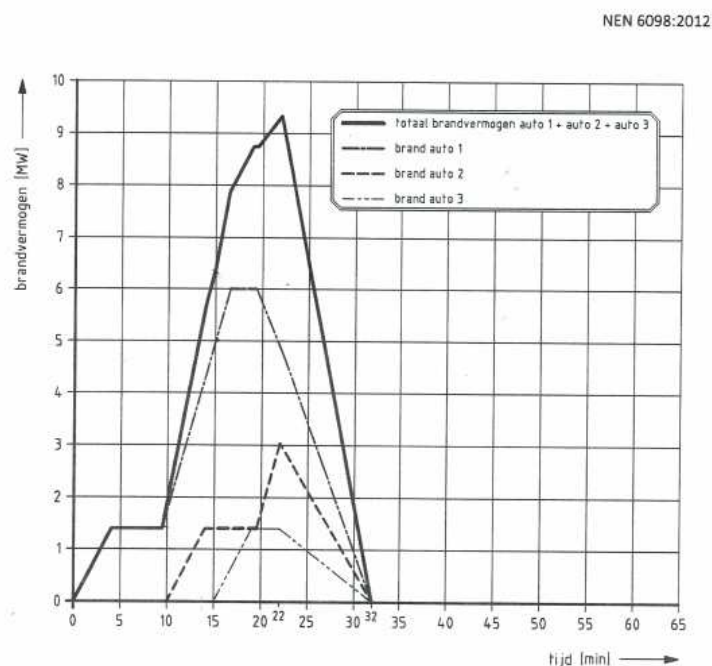
Analiza lokalizacji pożarów wykazała że najniekorzystniejszym miejscem jest środek garażu i/lub w sąsiedztwie powierzchni kompensacji napowietrzania. Lokalizacje pożaru zostały przedstawione przed wynikami symulacji.

6.2.1. Parametry opisujące rozwój i moc pożaru

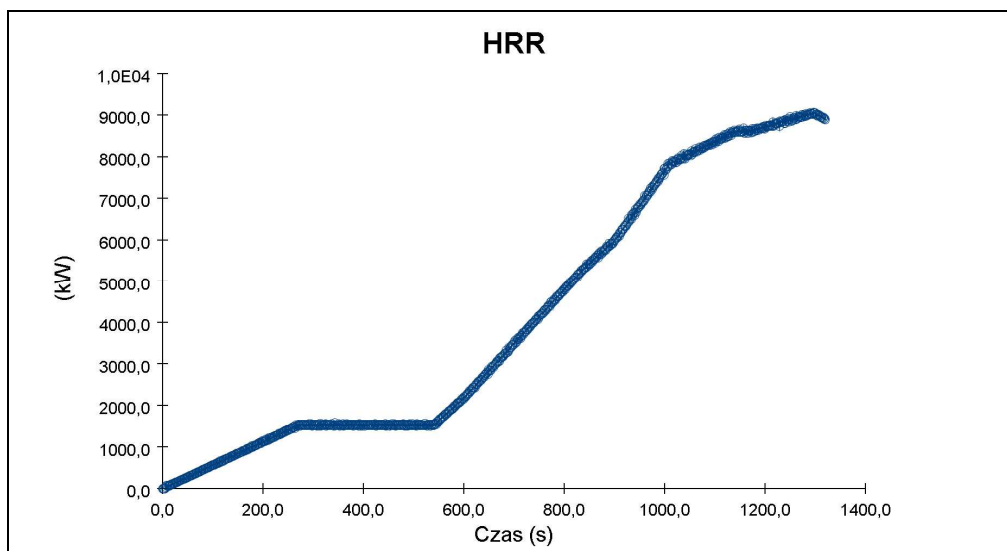
W garażu założono rozwój pożaru który przebiega zgodnie z normą NEN 6098:2012. Wykres przedstawiający rozwój i moc pożaru założony i wynikowy przedstawiono poniżej na rysunkach. Maksymalne HRR 9,5 [MW], całkowite ciepło spalanie 25000 [kJ/kg].

Na potrzeby wykonywanej analizy zakłada się:

- Możliwość powstania pożaru jedynie na miejscach postojowych.
- Możliwość powstania tylko jednego pożaru na raz.
- Brak instalacji tryskaczowej.



Rysunek 1 Wykres mocy powstały ze spalania się 3 samochodów



Rysunek 2 Wykres wynikowy wzrostu mocy pożaru

6.2.2. Materiał palny

Główne materiały palne z pewnym prawdopodobieństwem odzwierciedlają możliwe warunki pożarowe. Palne materiały to tworzywa sztuczne np. zderzaki – PP, siedzenia – pianka poliuretanowa, uszczelki i listwy ochronne – PVC-m, większość materiałów sztywnych w desce rozdzielczej i elementach wykończeniowych – PP, PC i PCoxidant.

Wypadkowa produkcja dymu jest założoną wartością pośrednią $Y_{dym} = 0,11$ g/g, materiałów palnych podanych normie [4].

Z uwagi na określone parametry ciepła spalania jak i dymotwórczości w normie [4] w tabeli 2 zestawiono przykładowe materiały i ich parametry wpływające na właściwości.

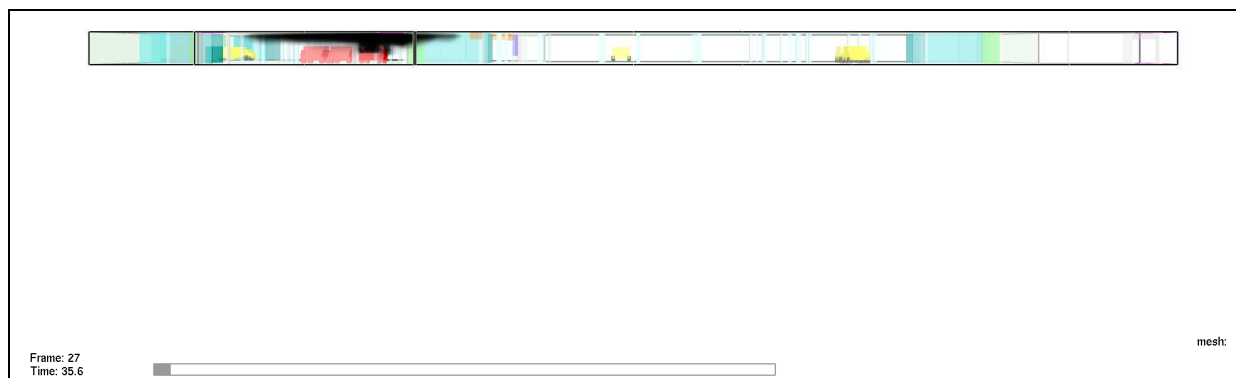
Tabela 2 Parametry materiałów palnych dla założonego pożaru

MATERIAŁY	Wzór chemiczny	Ciepło spalania (kJ/kg)	Y_{CO} (kg/kg)	Y_{dym} (kg/kg)
Bawełna / poliester	-	-	0,070	0,091
Sztuczny jedwab	-	21,5	0,043	-
Polietylen, PE	$(C_2H_4)_n$	36,8	0,027	0,077
Drewno	$CH_{1,7}O_{0,73}$	12,6	0,004	0,015
Pleksa PMMA	$CH_{1,6}O_{0,40}$	24,2	0,009	0,028
Poliuretan (gąbka)	$(C_{6,3}H_{7,1}NO_{2,1})$	23,2	-	0,128
PVC	$(CH_{1,5}Cl_{0,50})$	-	-	0,099
Polipropylen PP	$(C_3H_6)_n$	37,0	0,025	0,072

6.3. Czas detekcji

Pożar rozwijający się przez dym i temperaturę będzie wykryty przez system sygnalizacji pożaru i potwierdzony przez drugą czujkę dymu lub przez osoby znajdujące się w budynku. Uwzględniając gorsze warunki założono aktywację alarmu II stopnia przez system sygnalizacji pożaru.

W symulacjach czas wypełnienia dymem przestani pod stropem na odległości dwóch czujek dymu zawiera się w przedziale czasu do 35 s. w zależności od występujących przeszkód. Założono potwierdzony czas detekcji który wynosi $D_{td} = 35s$.



Czas ten został wyznaczony na podstawie odrębnych kilku symulacji w których założono moc pożaru jak powyżej w programie FDS 5.5.3.

6.4. Czas alarmowania

W przypadku automatycznej detekcji zjawiska pożarowego (po koincydencji 2 czujek pożarowych), uruchomiony zostanie alarm za pomocą SSP z sygnałem o ewakuacji. Przekazanie sygnału o wystąpieniu zagrożenia odbywa się w sposób automatyczny.

Założono czas alarmowania który wynosi $Dt_a = 0s$.

6.5. Czas ewakuacji

6.5.1. Czas rozpoznania i reakcji

Analizę przewidywanego czasu rozpoznania i reakcji osób wykonano w oparciu o normę [PD 7974-6:2004]. Czas poprzedzający decyzję o ewakuacji jest różny dla każdego użytkownika obiektu oraz określonej sytuacji i w związku z tym określony jest w postaci rozkładu statystycznego w którym najbardziej istotnym jest moment rozpoczęcia ruchu przez pierwszych użytkowników ($Dt_{pre1\%}$) oraz rozciągnięcie w czasie rozpoczęcia ruchu przez pozostałych użytkowników ($Dt_{pre99\%}$).

Projektowy scenariusz zachowań i rodzaj użytkowników określono jako:

- osoby czuwające i zaznajomione z obiektem.

Dla kategorii (**A1, B1, M2**) czas do rozpoczęcia ewakuacji, tj. przedział czasu od momentu, w którym zostało przekazane ostrzeżenie o zagrożeniu do momentu, w którym pierwsza osoba przebywająca w obiekcie rozpoczęła ewakuację, wynosi **1 min**, a do momentu, w którym 99% osób przebywających w obiekcie rozpocznie ewakuację wynosi – **2 min**.

6.5.2. Czas przejścia

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE) do miejsc bezpiecznych przedstawiono poniżej.

gdzie:

t_d – czas detekcji pożaru,

t_a – czas zaalarmowania,

t_{rozp} – czas rozpoznania sytuacji,

t_{reak} – czas reakcji na zdarzenie,

t_p – czas przemieszczania się,

$$WCBE = t_d + t_a + t_{rozp} + t_{reak} + t_p$$

Długości przejścia wynosi 40 m.

t_d 35 s - czas uruchomienia alarmu II stopnia,

t_a 0s. - pożar wykryty przez SSP,

60 s - czas reakcji 1% osób,

120 s - czas reakcji 99% osób,

1,2 m/s - prędkość uciekających osób:

34 s - czas potrzebny na pokonanie dystansu 40 m

Stąd najmniej korzystny czas ewakuacji wynosi:

$$t_{p1\%} \quad \Sigma T_{e1\%} = 35 + 60 + 34 = 129 \text{ s, tj. 2 minuty i 9s.}$$

$$t_{p99\%} \quad \Sigma T_{e99\%} = 35 + 120 + 34 = 189 \text{ s, tj. 3 minuty i 9 s.}$$

6.6. Przewidywany czas rozpoczęcia działań ratowniczo - gaśniczych

Analiza czasu do podjęcia działań przez Państwową Straż Pożarną w przypadku pożaru ma na celu określenie wymaganego czasu analizy.

Na potrzeby określenia czasu od momentu powstania pożaru do momentu odpowiadającego podjęciu działań przez straż pożarną przyjęto następujące założenia:

1. **Czas detekcji** - czas do alarmu II stopnia w wyniku koincydencji zadziałania co najmniej dwóch czujek – **do 35s.** (W przypadku pożaru rozwijającego się wolniej niż przyjęto w niniejszym opracowaniu czas do alarmu II stopnia może zostać aktywowany w późniejszym czasie. Wolniejszy rozwój pożaru powoduje jednak mniejsze zagrożenie dla ewakuacji oraz ekip ratowniczych).
2. **Czas alarmowania** – czas potrzebny do przekazania sygnału o zagrożeniu oraz czas potrzebny na zadysponowanie jednostek straży pożarnej – **do 60 s.**;
3. **Czas wyjazdu** pierwszej jednostki straży pożarnej – czas od momentu dyspozycji do momentu wyjazdu do pożaru w nocy – **do 120 s.**;
4. **Czas dojazdu** – czas potrzebny na dojazd jednostek straży pożarnej do analizowanego budynku **270 sekund.** (JRG 1 ul. Władysława IV 12/14, Gdynia w odległości ok 3 km.)
5. **Czas rozpoznania** i przygotowania linii gaśniczych – **do 180 s.**;
6. **Czas rozpoczęcia działań** - dotarcia straży pożarnej do strefy pożarowej garażu w której wykryty został pożar – **do 180 s.**;

Łączny czas od momentu powstania pożaru (czas $t=0s$. w analizie) do dotarcia straży pożarnej do strefy pożarowej garażu w której wykryty został pożar wynosi około 845 sekund. W związku z powyższym założono, że po 14-15 minutach ekipy ratownicze prawdopodobnie powinny rozpocząć działania gaśnicze.

6.7. Koncepcja systemu oddymiania

Dym i gorące gazy pożarowe są usuwane poprzez system mechanicznej wentylacji oddymiającej. Wywiew będzie realizowany ze strefy pożarowej, w której nastąpiła detekcja dymu przez system sygnalizacji pożarowej. Poniżej przedstawiono parametry elementów systemu oddymiania.

Tabela 3 Zestawienie powierzchni powietrza kompensującego

Lokalizacja	szt.	Sumaryczna powierzchnia* [m ²]
Garaż N 1	1	2
Garaż N 2	1	4
Garaż N 3	1	4
Garaż N 4	1	12

*Powierzchnia otworów netto powietrza kompensacyjnego netto została dobrana z uwzględnieniem projektowanej infrastruktury, a podane wymiary geometryczne w tabeli powyżej z uwagi na dopasowanie otworów do siatki obliczeniowej zaokrąglano zawsze do uzyskania sumarycznej powierzchni.

Tabela 4 Zestawienie wydatków wentylacji oddymiającej

Lokalizacja	Sumaryczny wydatek [m ³ /s]	Sumaryczny wydatek [m ³ /h]
Garaż SD1	44,44	160 000
Garaż SD2	44,44	160 000

Pożar w garażu SD1 w strefie uruchomiono:

- Nawiew kompensacyjny -1,
- Wywiew SD1,
- wentylatory strumieniowe SD1

Pożar w garażu SD2 w strefie uruchomiono:

- Nawiew kompensacyjny -1,
- Wywiew SD2,
- wentylatory strumieniowe SD2 i JF SD1,

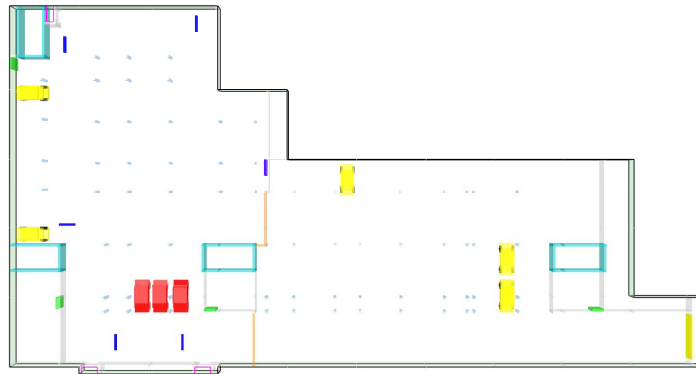
Czas osiągnięcia pełnej wydajności systemu został założony na 60s.

Wentylatory strumieniowe o wydatku ok. 7092 m³/h uruchamiane są po skończonym czasie ewakuacji uwzględniającym margines bezpieczeństwa tj. $T = \underline{300\text{ s.}}$ po wystąpieniu alarmu II stopnia.

6.7.1. Garaż pożar SD11

Kolorem czerwonym zaznaczono usytuowanie pożaru w scenariuszu

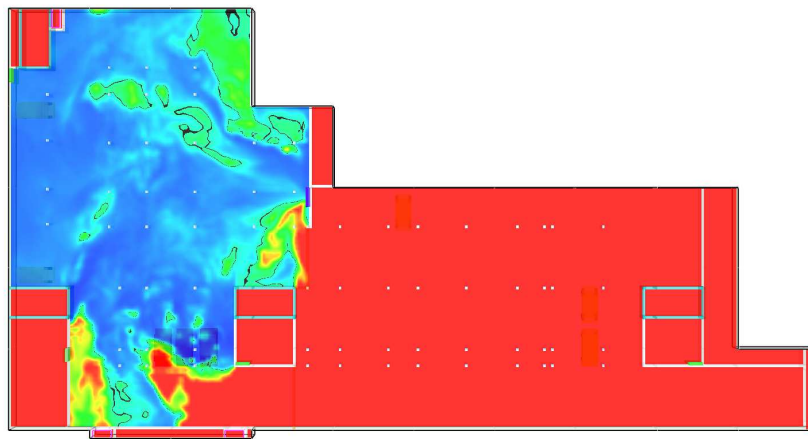
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Wizualny rozkład zadymiania na wysokości 1,8 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
VIS_Soo
m

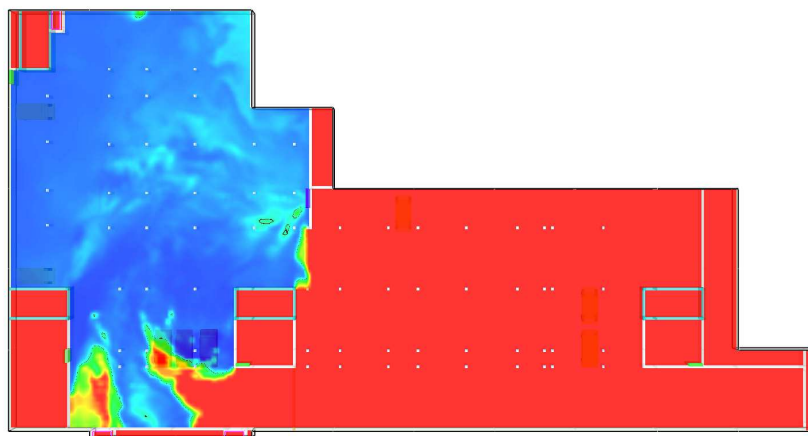


mesh: 1

Frame: 137
Time: 180.9

T=180s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



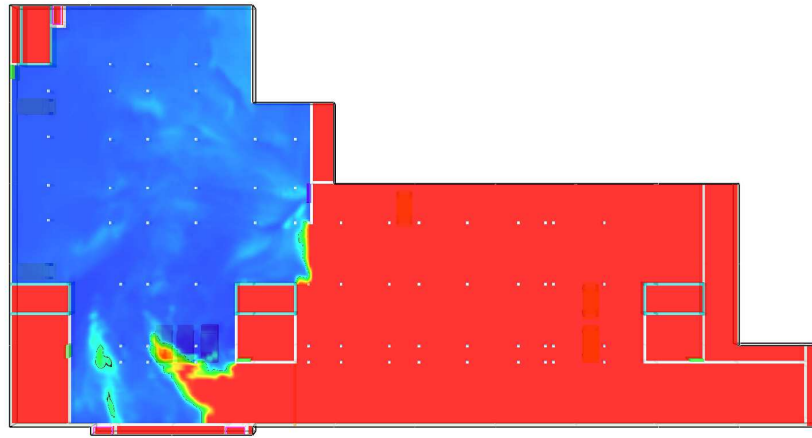
Slice
VIS_Soo
m



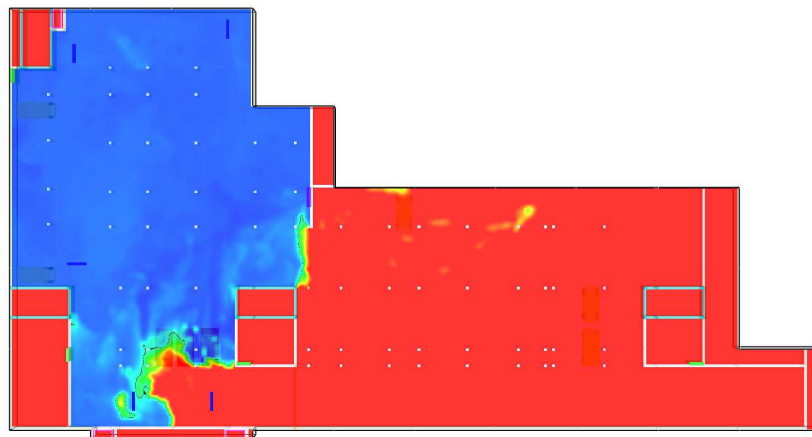
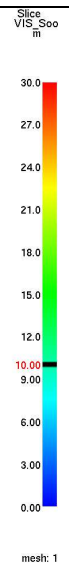
mesh: 1

Frame: 182
Time: 240.2

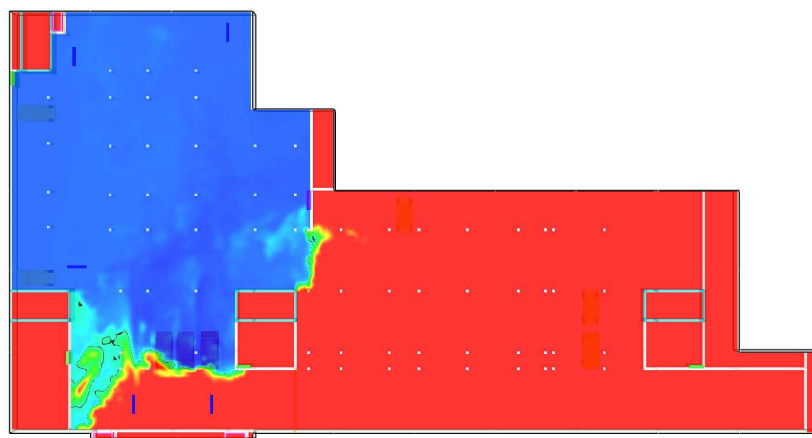
T=240s.



Frame: 228
Time: 301.0
T=300s.
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

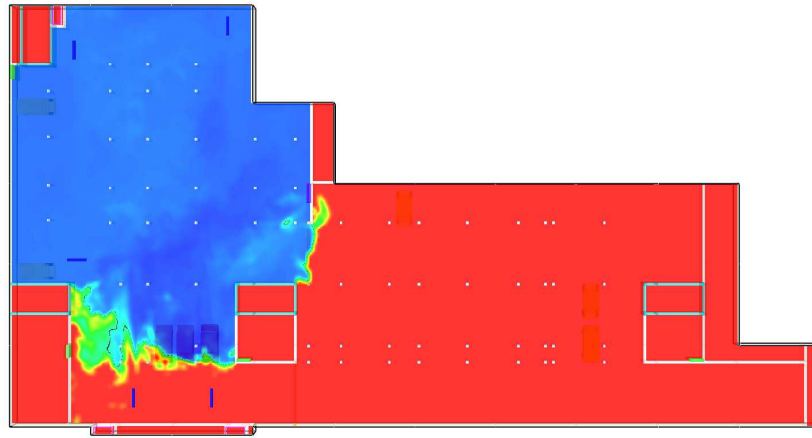


Frame: 273
Time: 360.4
T=360s.
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 319
Time: 421.1
T=420s.





Slice
VIS_Soo
m

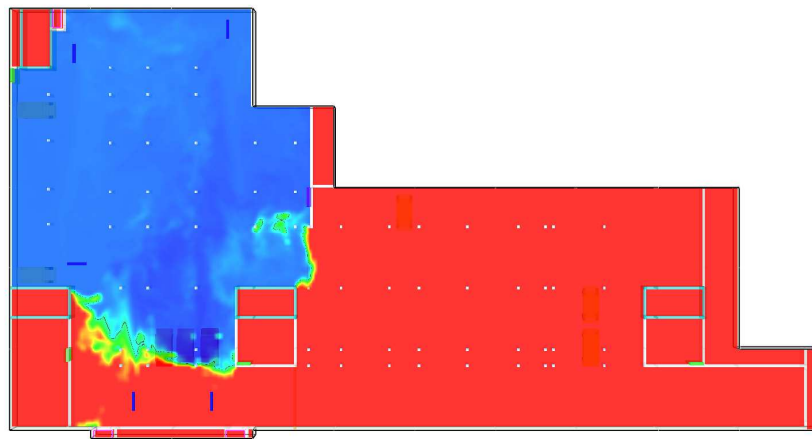


mesh: 1

Frame: 364
Time: 480.5

T=480s.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
VIS_Soo
m

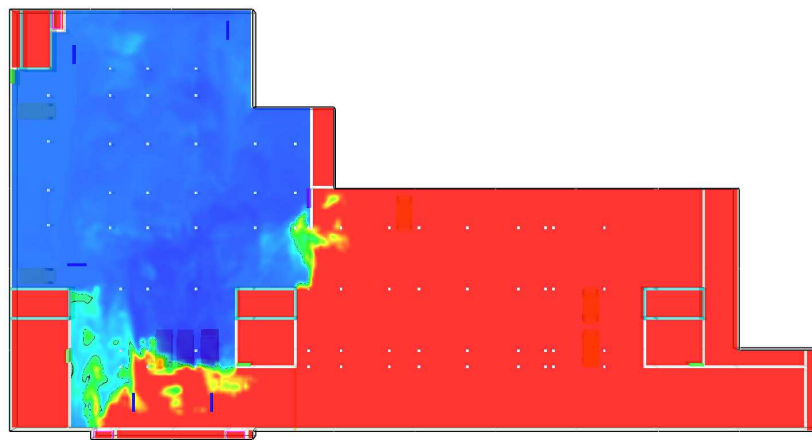


mesh: 1

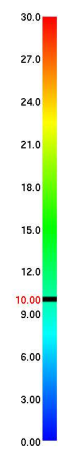
Frame: 410
Time: 541.2

T=540s.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010



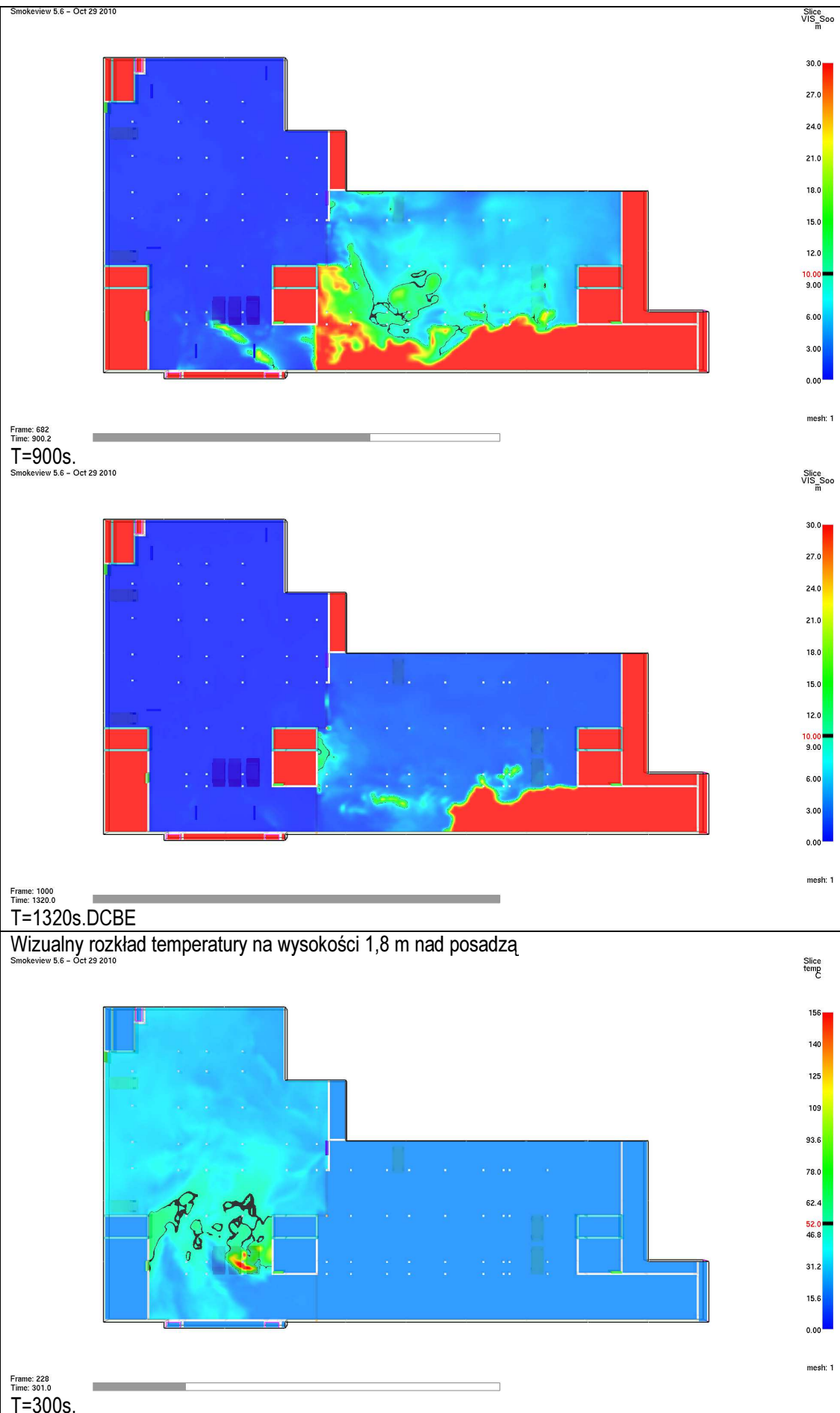
Slice
VIS_Soo
m

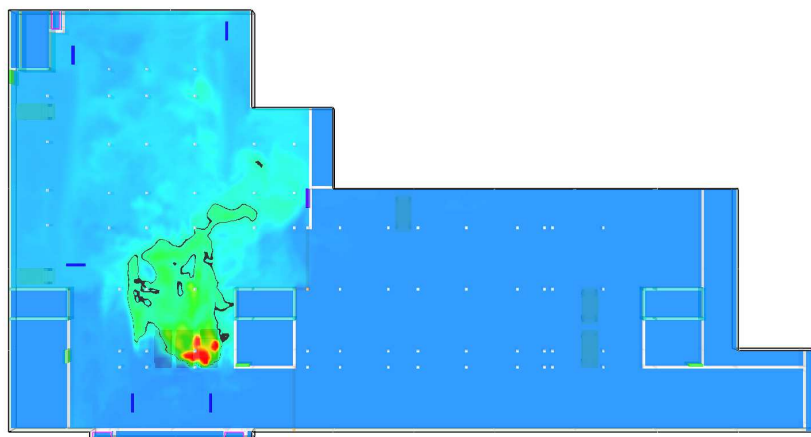


mesh: 1

Frame: 455
Time: 600.6

T=600s.

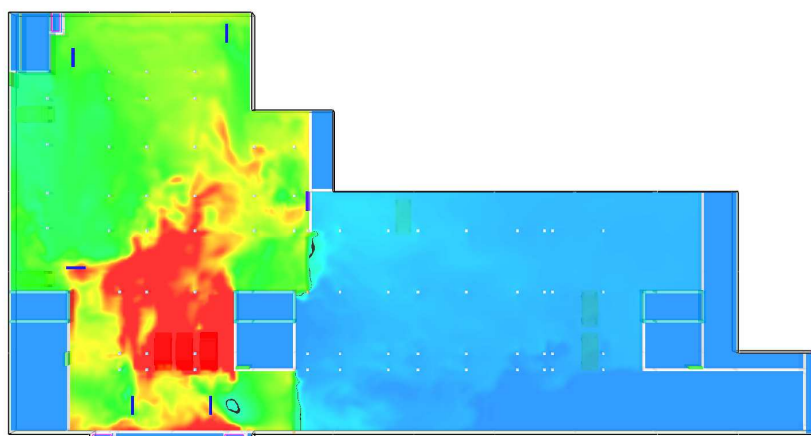




Frame: 455
Time: 600.6

T=600s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

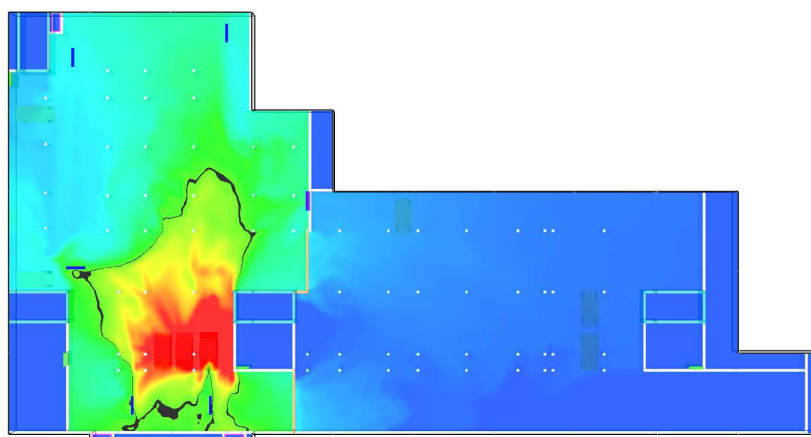


Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s.

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 2,4 m nad posadzką

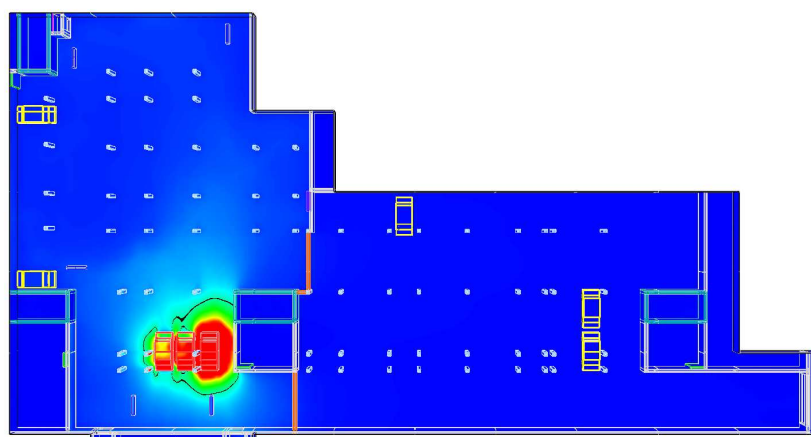
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład zakresu promieniowania

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Endry
rad
kW/m2

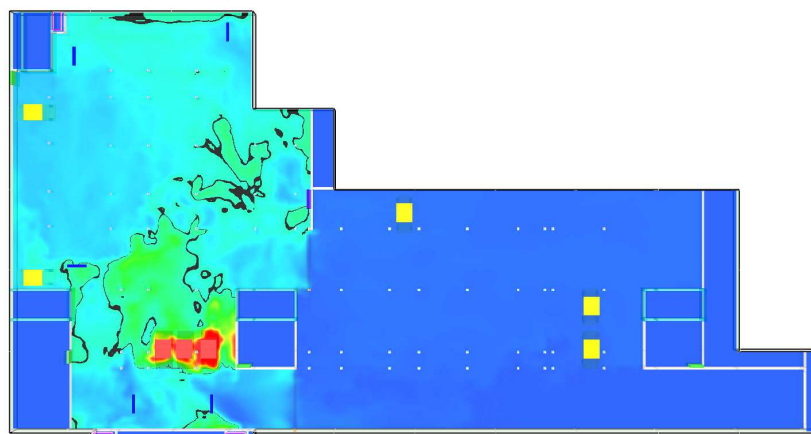


mesh: 35

Frame: 500
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,5 m nad posadzą

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
temp
C

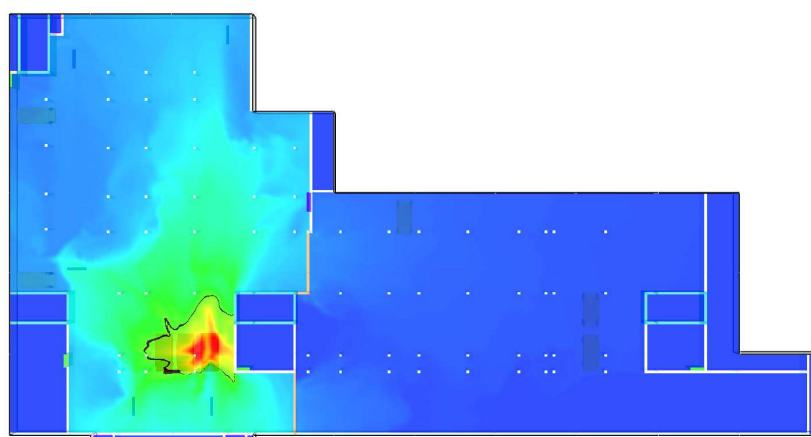


mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s. Temperatura pod stropem

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
temp
C



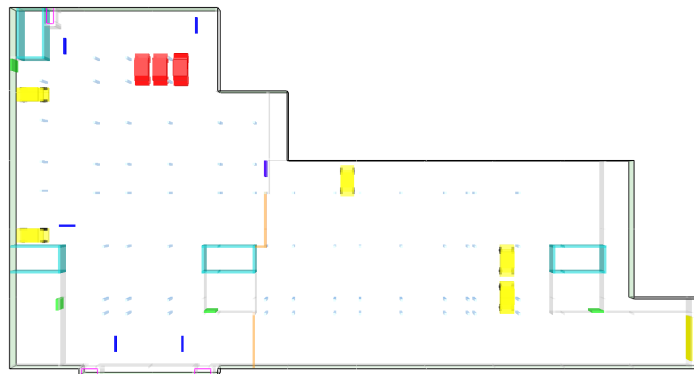
mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

6.7.2. Garaż pożar SD12

Kolorem czerwonym zaznaczono usytuowanie pożaru w scenariuszu

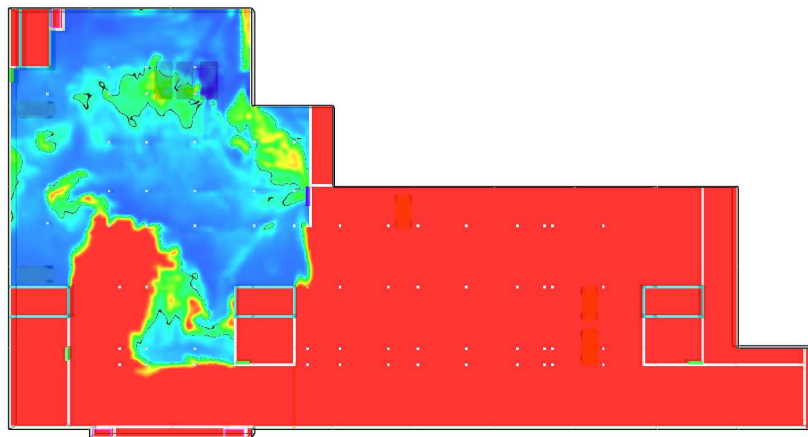
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Wizualny rozkład zadymiania na wysokości 1,8 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

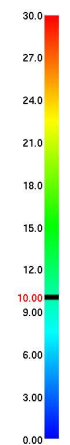


Frame: 137
Time: 180.9

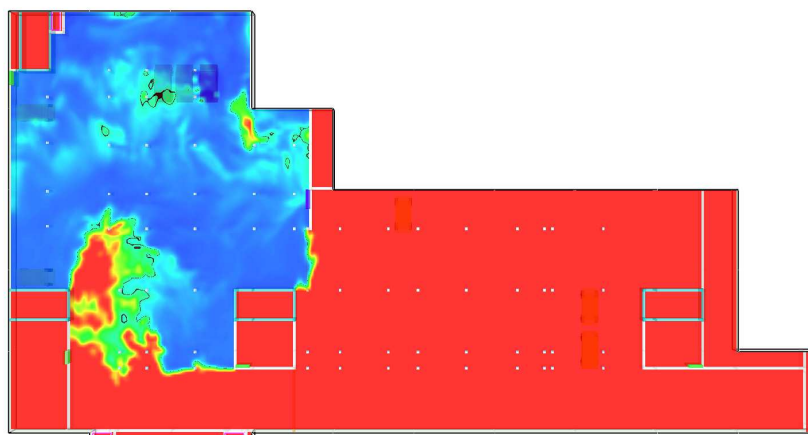
T=180s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

Slice
VIS_Soo
m



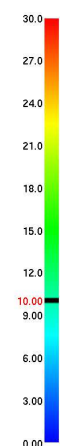
mesh: 1



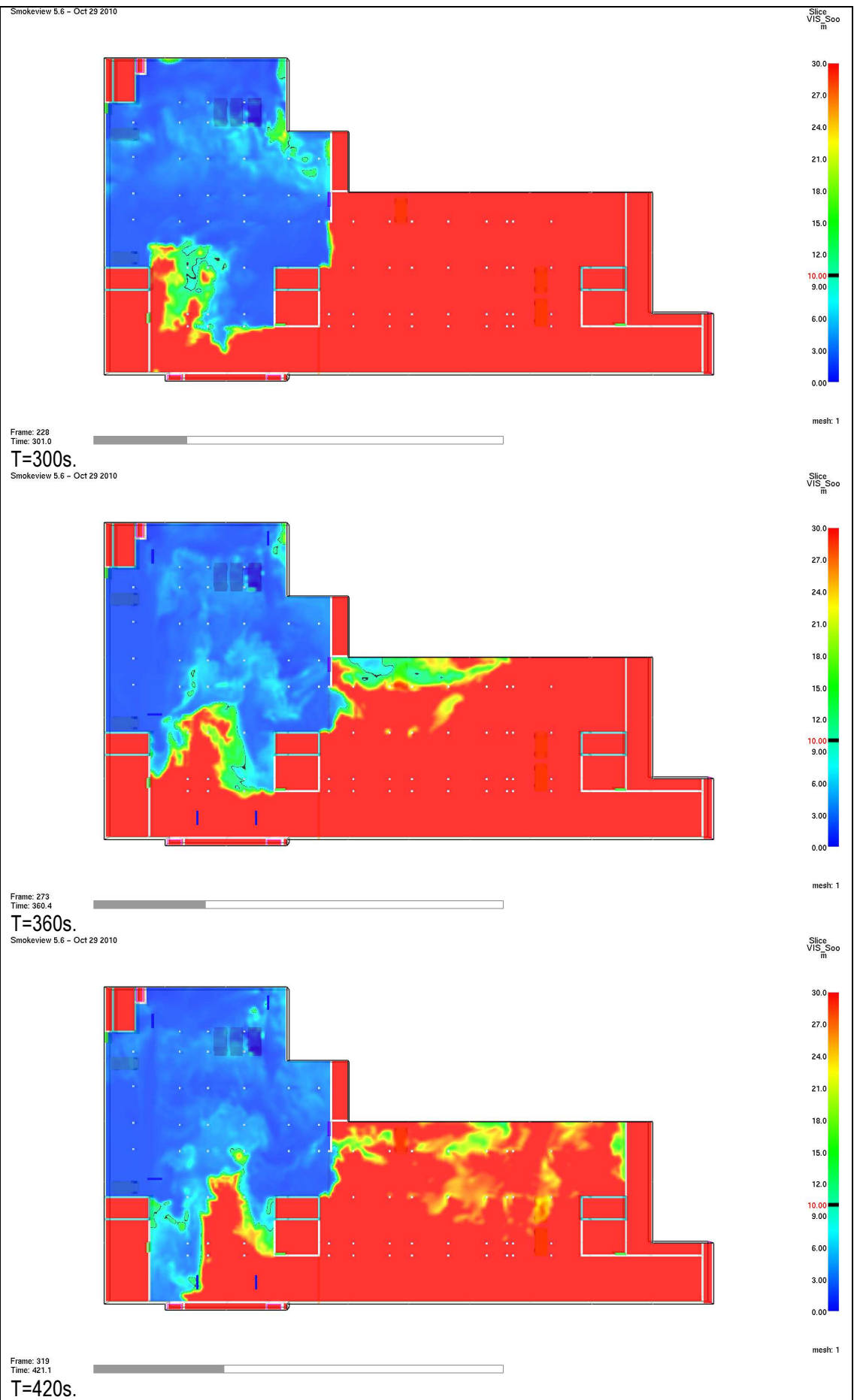
Frame: 182
Time: 240.2

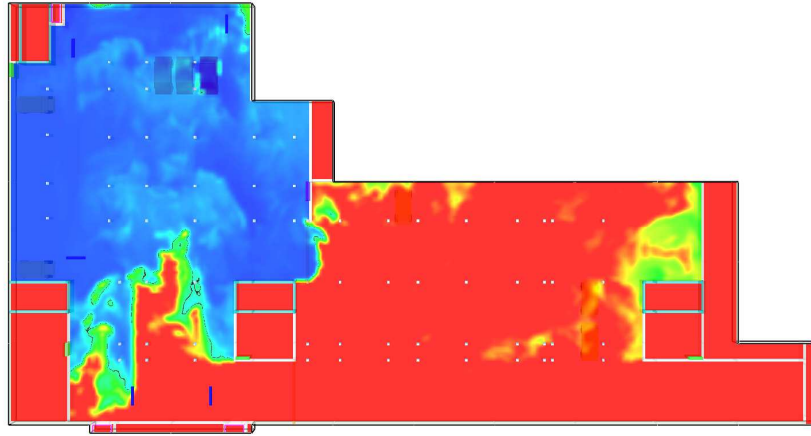
T=240s.

Slice
VIS_Soo
m



mesh: 1





Frame: 364
Time: 480.5

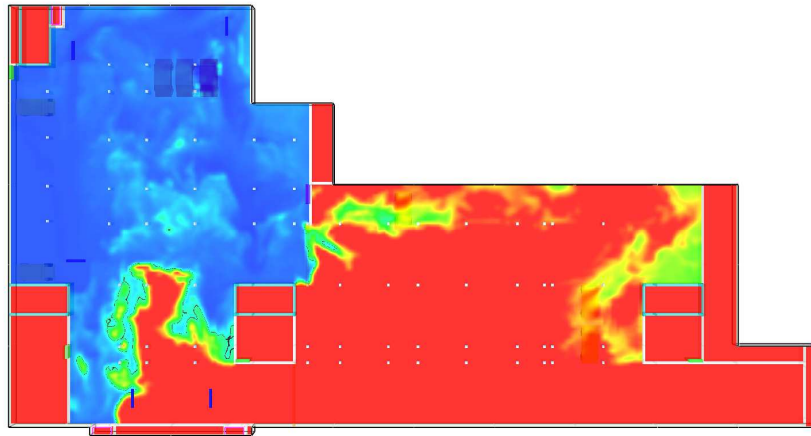
T=480s.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010

Slice
VIS_Soo
m



mesh: 1



Frame: 410
Time: 541.2

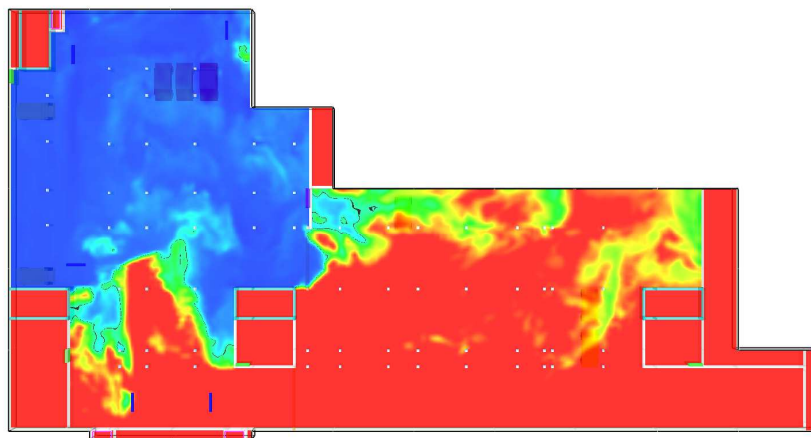
T=540s.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010

Slice
VIS_Soo
m



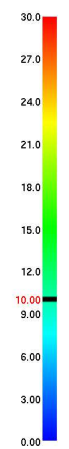
mesh: 1



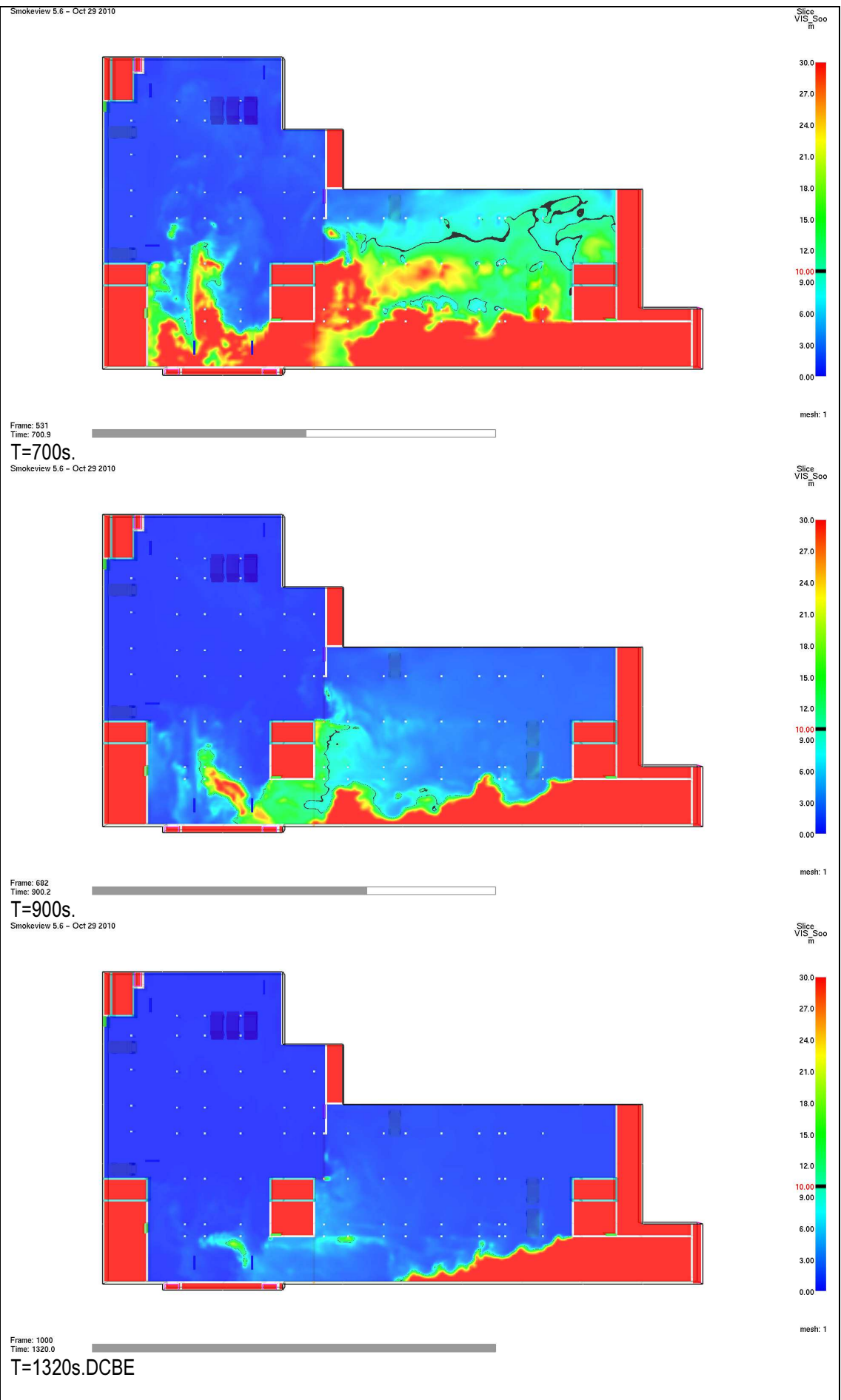
Frame: 455
Time: 600.6

T=600s.

Slice
VIS_Soo
m

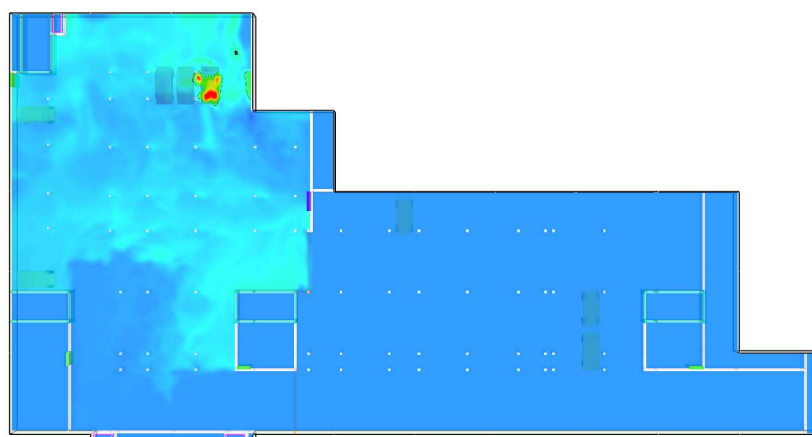


mesh: 1



Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,8 m nad posadzą

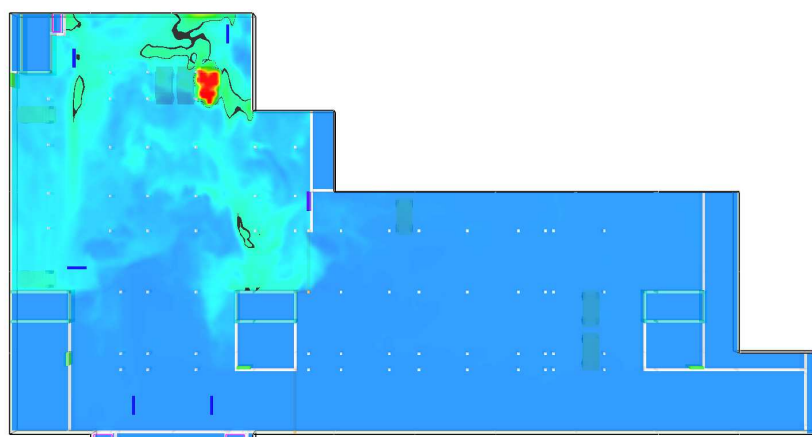
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 228
Time: 301.0

T=300s.

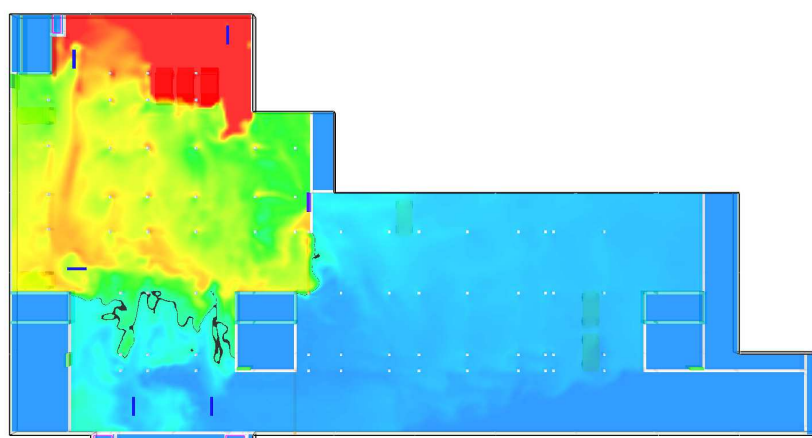
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 455
Time: 600.6

T=600s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

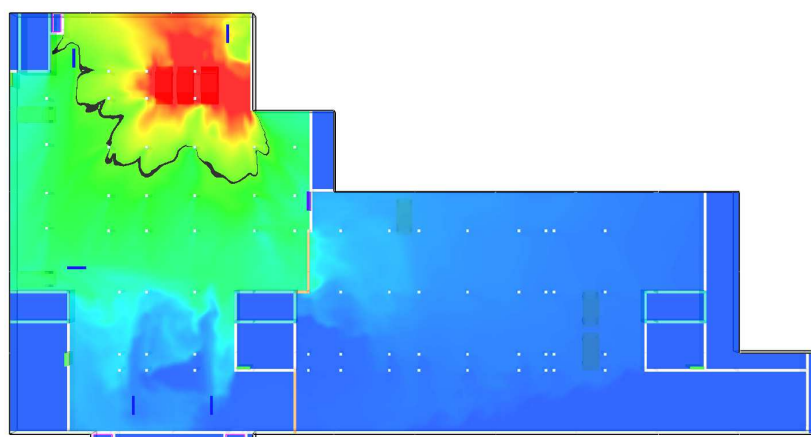


Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s.

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 2,4 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice temp
C

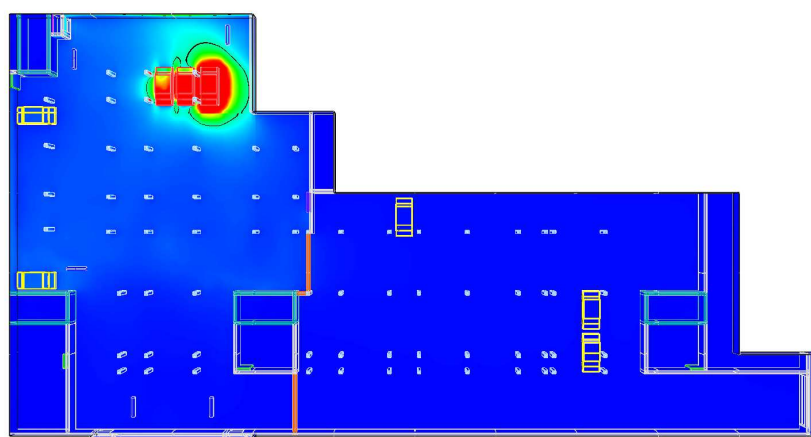


mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład zakresu promieniowania

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Bndry rad
kW/m2

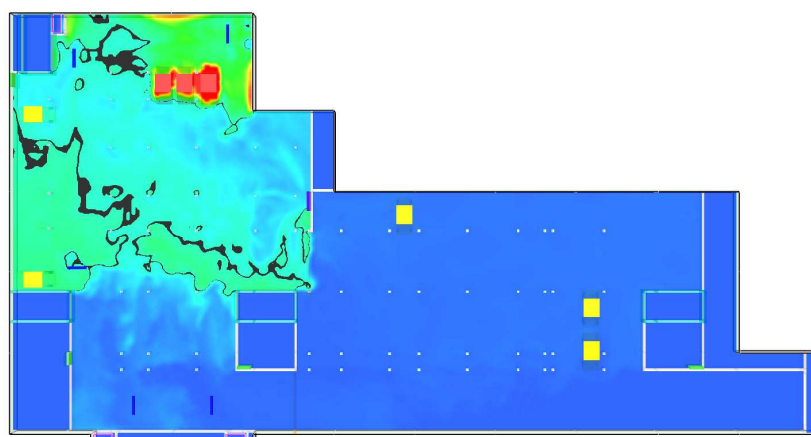


mesh: 35

Frame: 500
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,5 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice temp
C

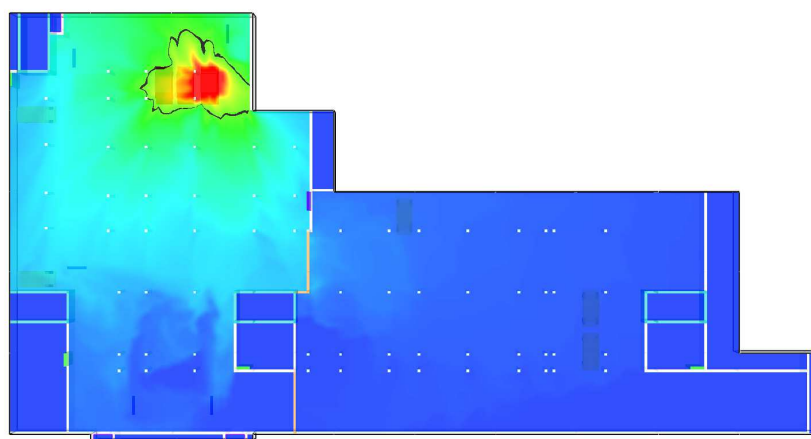


mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s. Temperatura pod stropem

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
temp
C



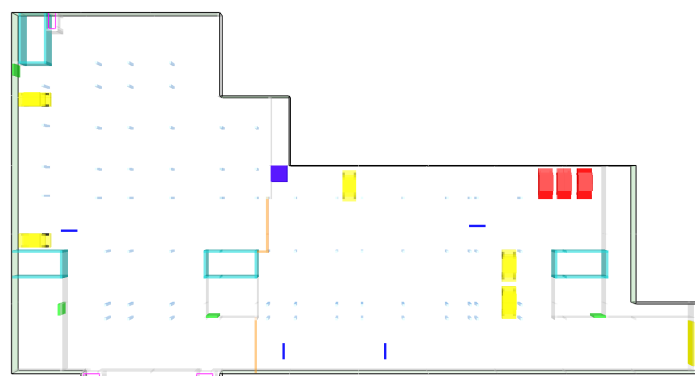
mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

6.7.3. Garaż pożar SD21

Kolorem czerwonym zaznaczono usytuowanie pożaru w scenariuszu

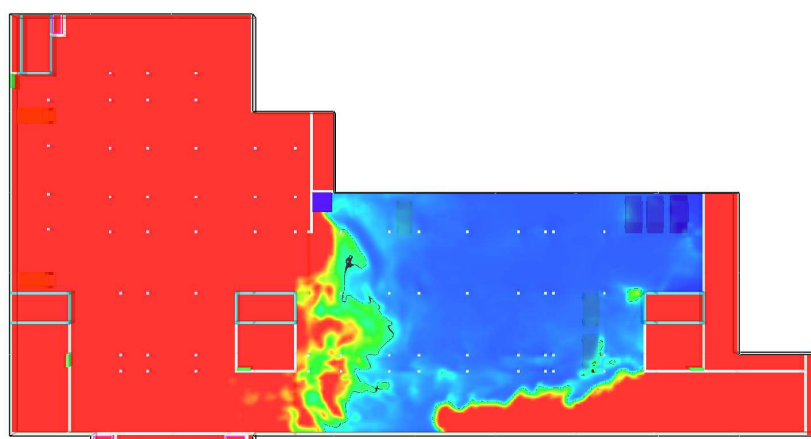
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Wizualny rozkład zadymiania na wysokości 1,8 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



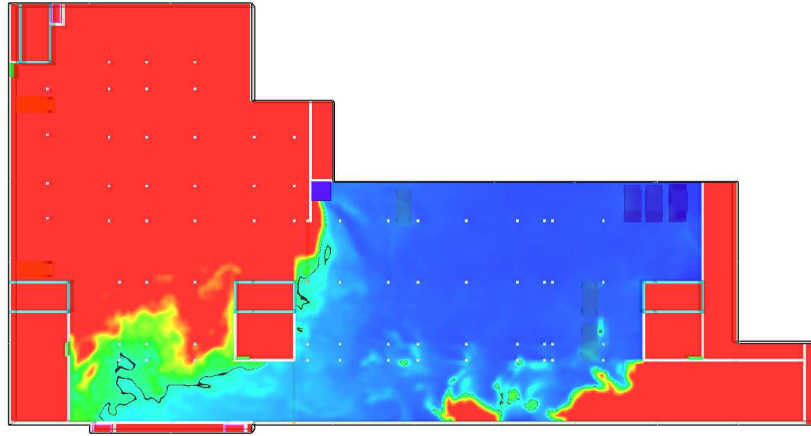
Slice
VIS_Soo
m



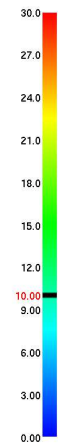
mesh: 1

Frame: 137
Time: 180.9

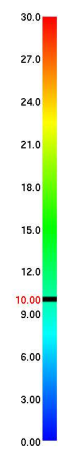
T=180s.

Slice
VIS_Soo
m

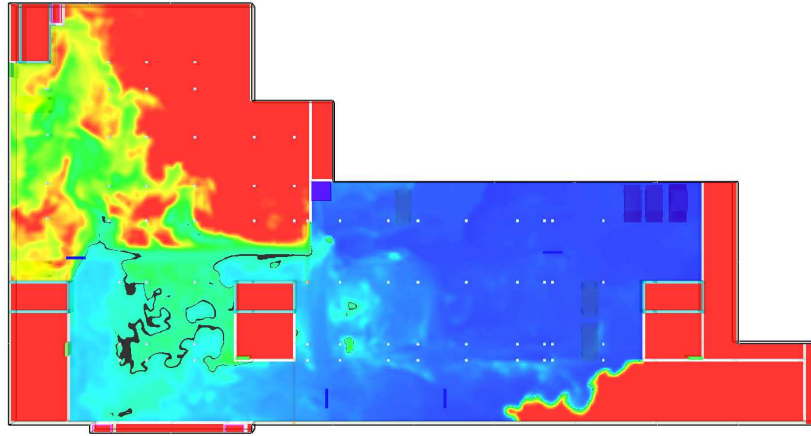
mesh: 1

Slice
VIS_Soo
m

mesh: 1

Slice
VIS_Soo
m

mesh: 1

Slice
VIS_Soo
m

mesh: 1

Slice
VIS_Soo
m

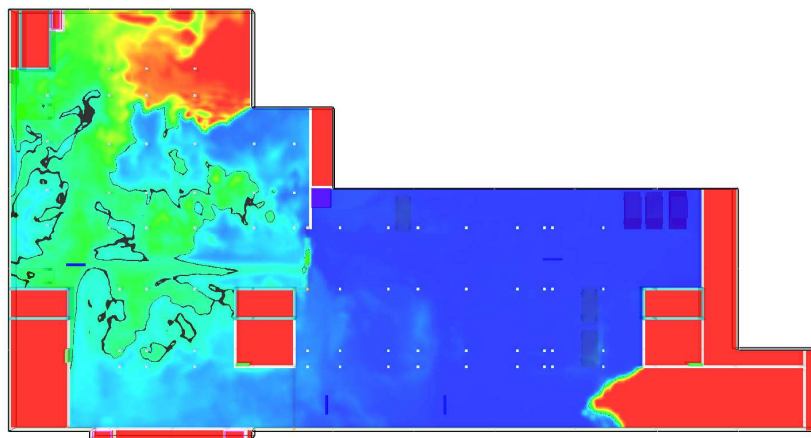
mesh: 1

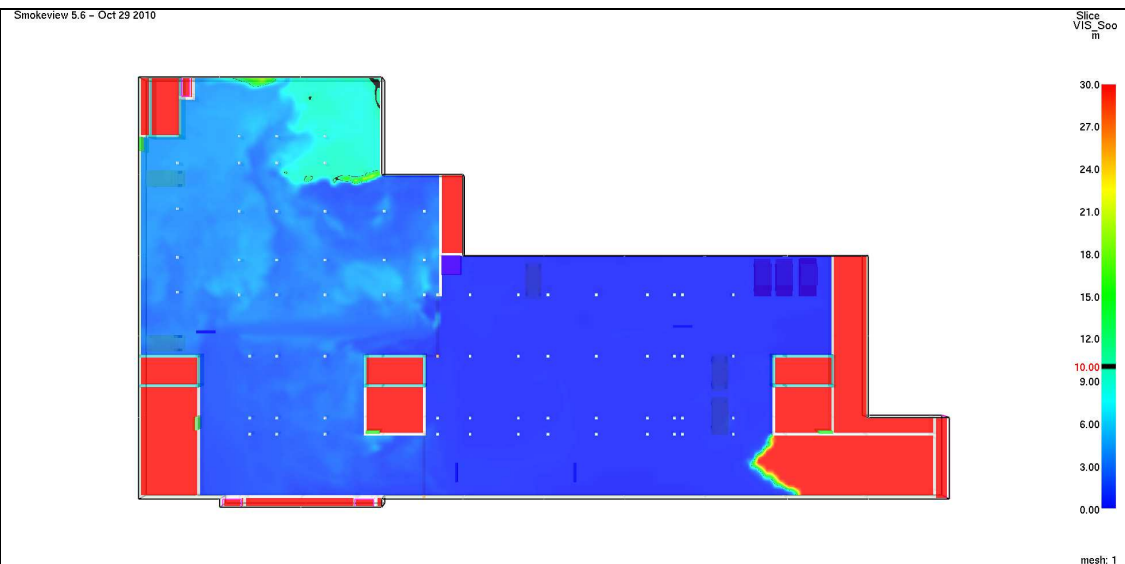
Slice
VIS_Soo
m

mesh: 1

Frame: 364
Time: 480.5**T=480s.**

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

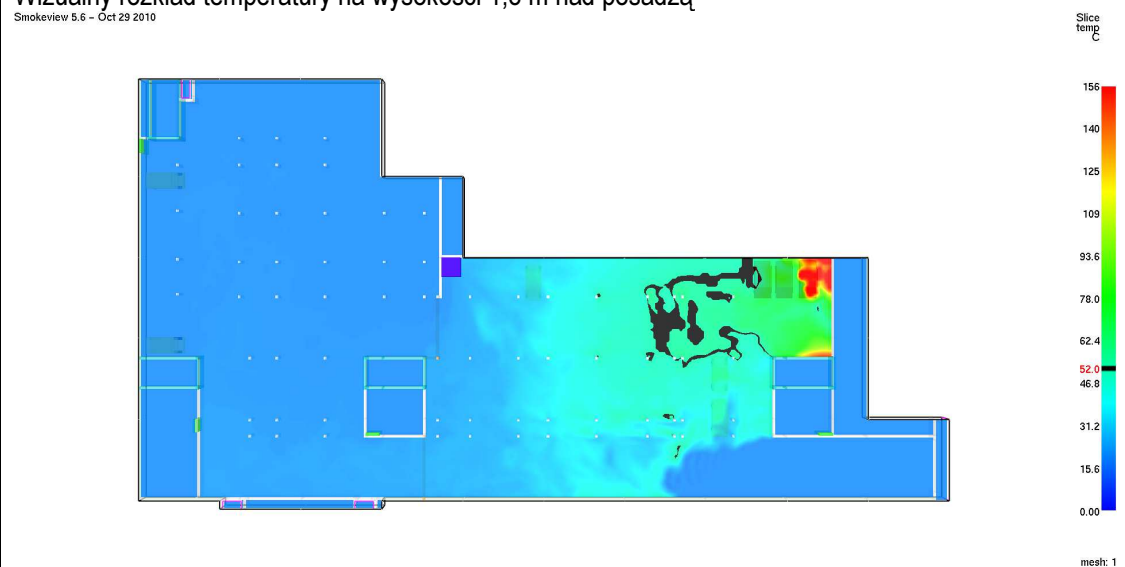




Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s.DCBE

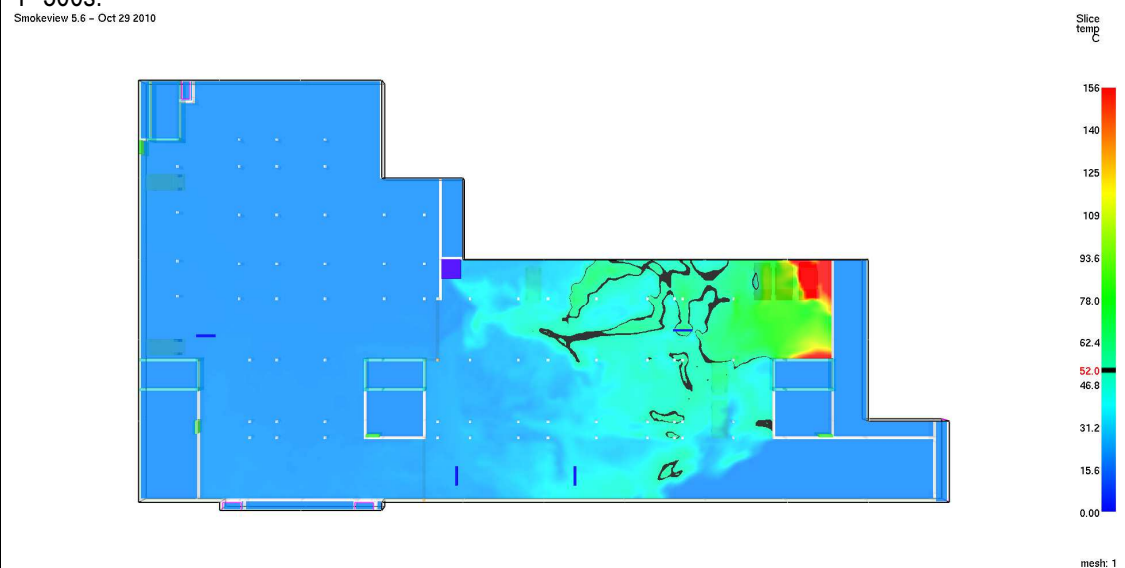
Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,8 m nad posadzą



Frame: 228
Time: 301.0

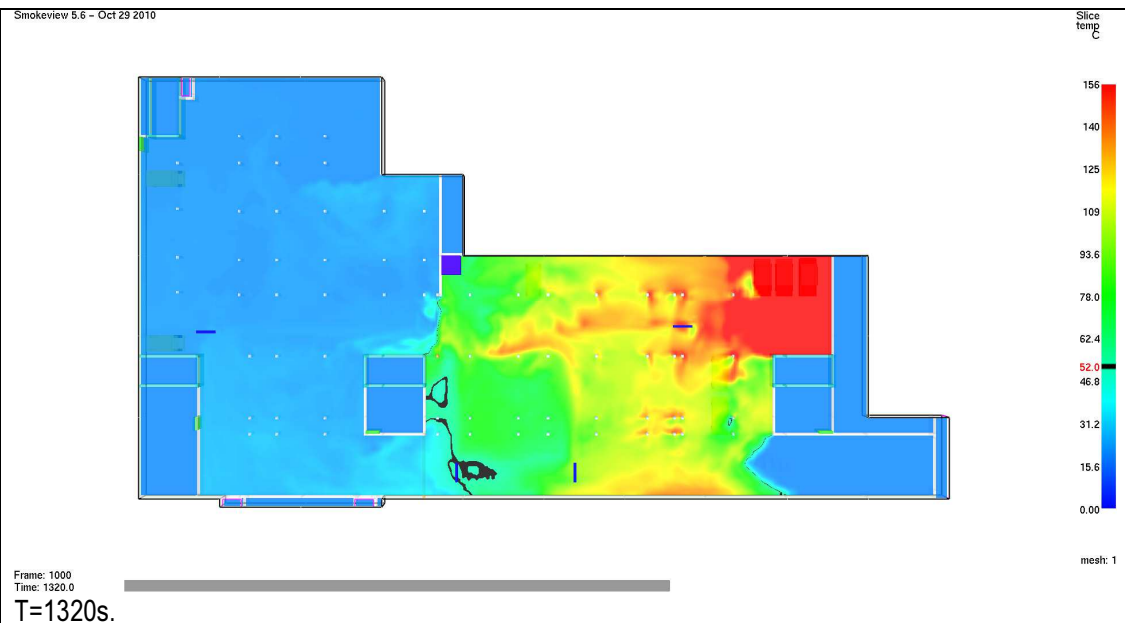
T=300s.

Smokeyview 5.6 - Oct 29 2010

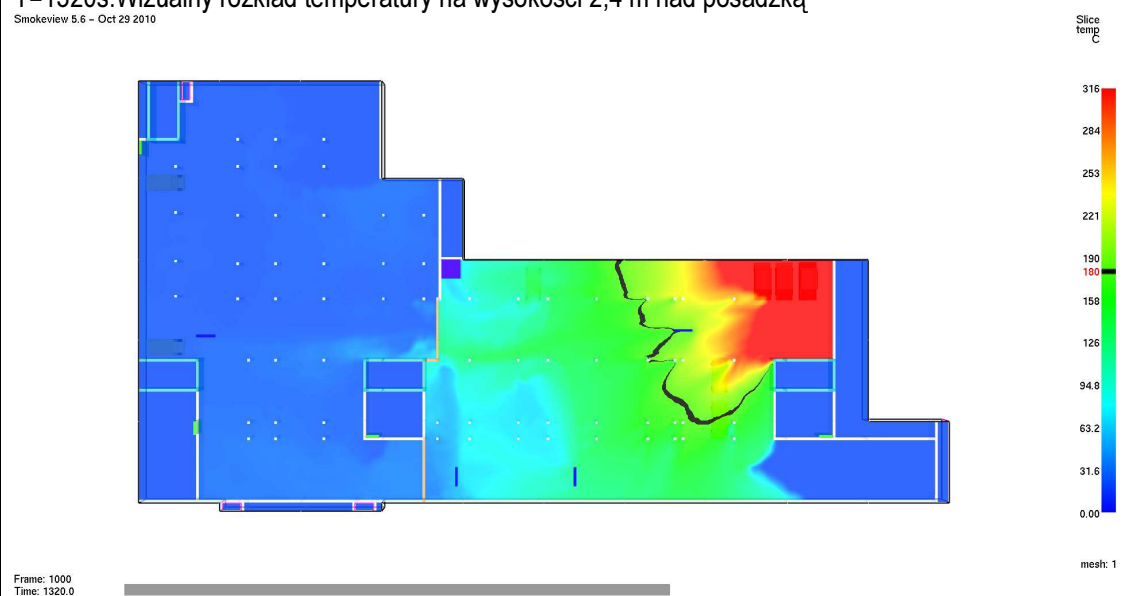


Frame: 455
Time: 600.6

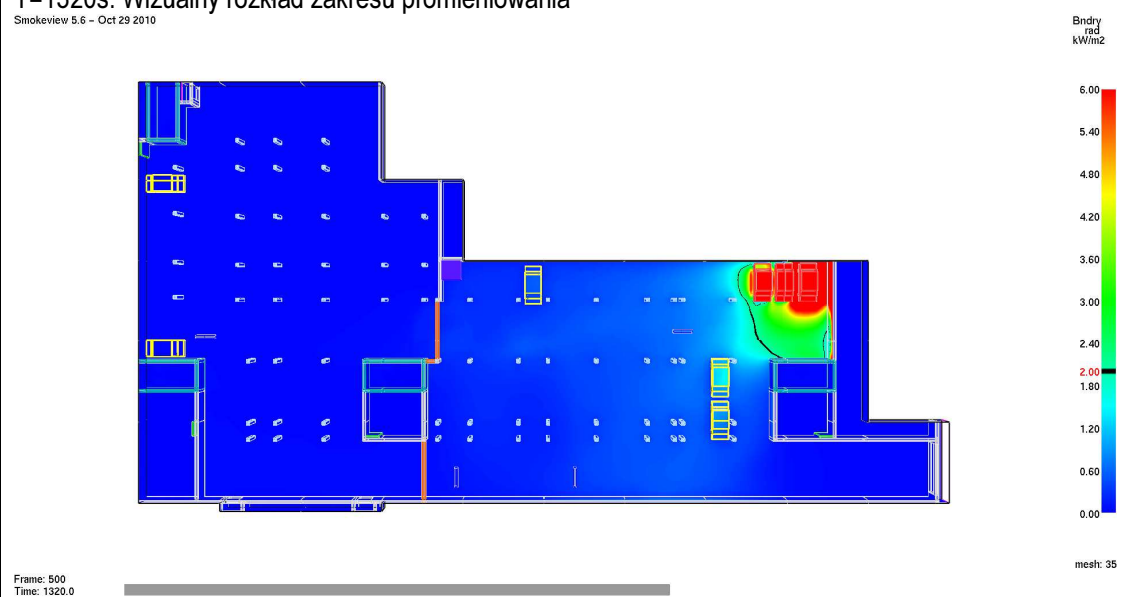
T=600s.



T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 2,4 m nad posadzką

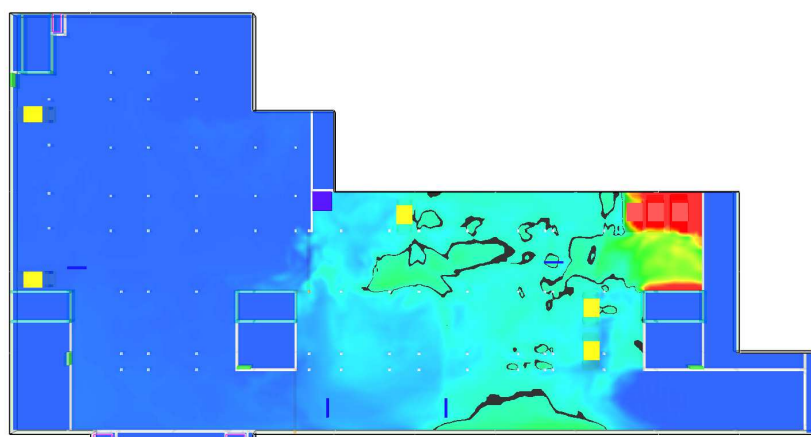


T=1320s. Wizualny rozkład zakresu promieniowania



T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,5 m nad posadzą

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
temp
C

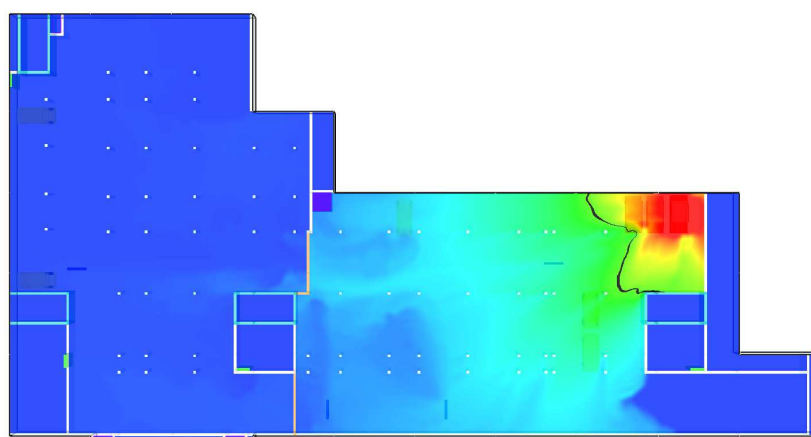
316
284
253
221
190
158
126
94.9
63.2
31.6
0.00

mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s. Temperatura pod stropem

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice
temp
C

600
540
480
420
360
341
300
240
180
120
60.0
0.00

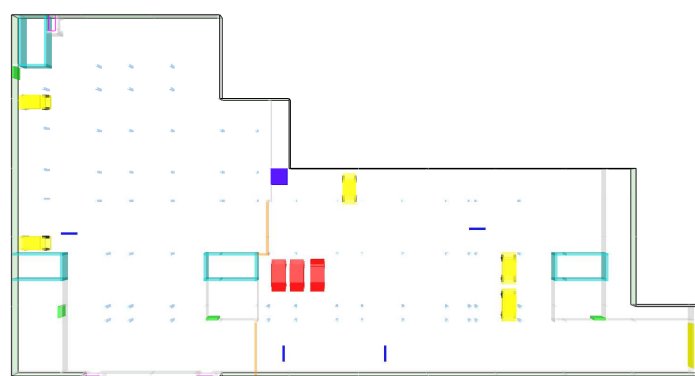
mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

6.7.4. Garaż pożar SD22

Kolorem czerwonym zaznaczono usytuowanie pożaru w scenariuszu

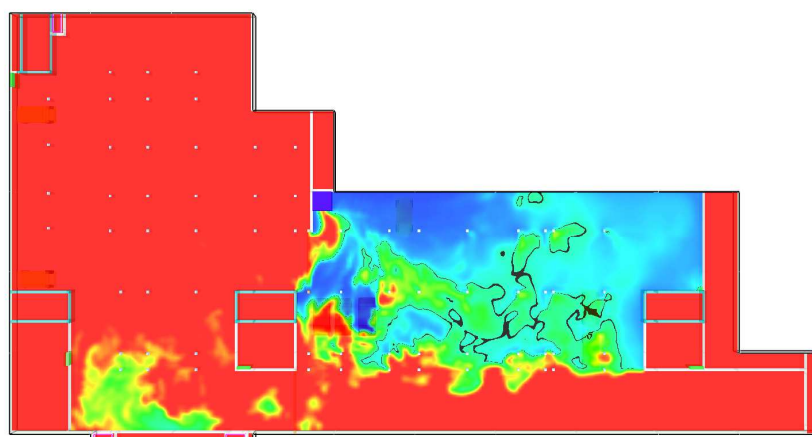
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



mesh: 1

Wizualny rozkład zadymiania na wysokości 1,8 m nad posadzką

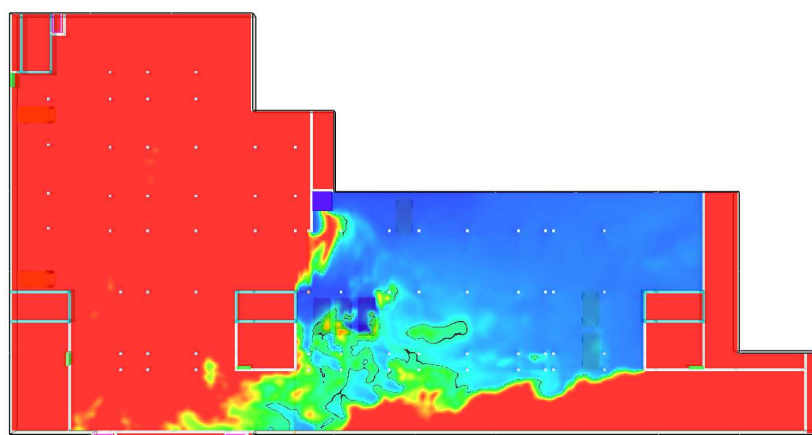
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 137
Time: 180.8

T=180s.

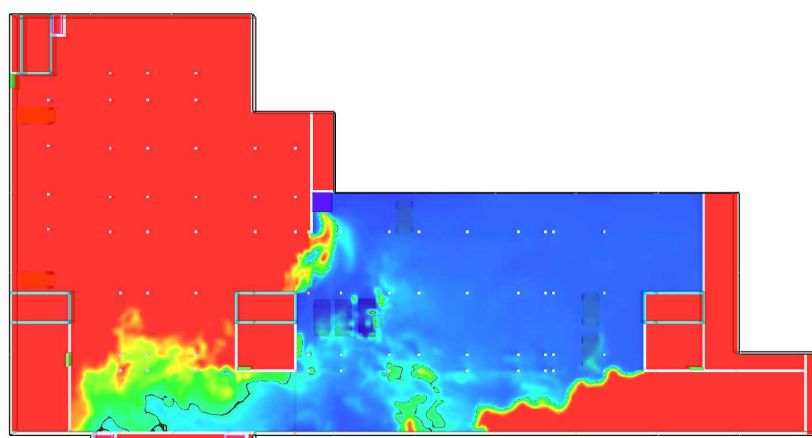
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 182
Time: 240.3

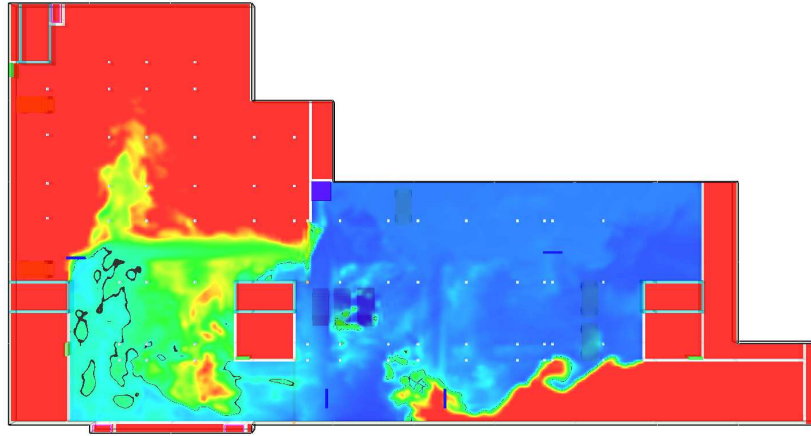
T=240s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

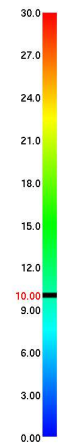


Frame: 228
Time: 301.0

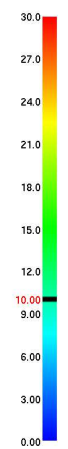
T=300s.

Slice
VIS_Soo
m

mesh: 1

Slice
VIS_Soo
m

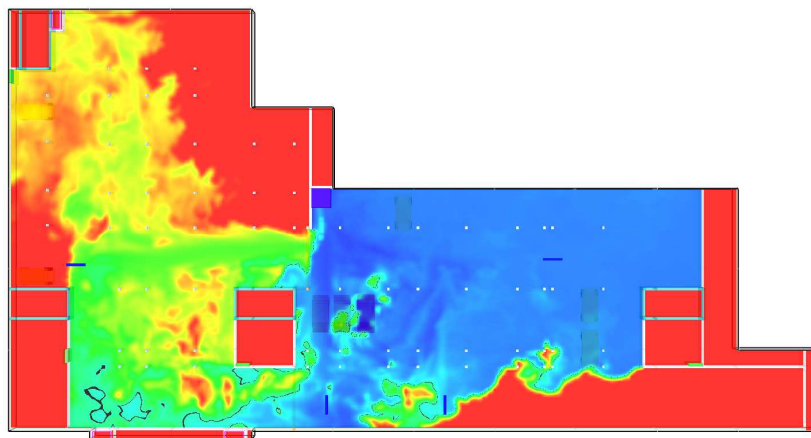
mesh: 1

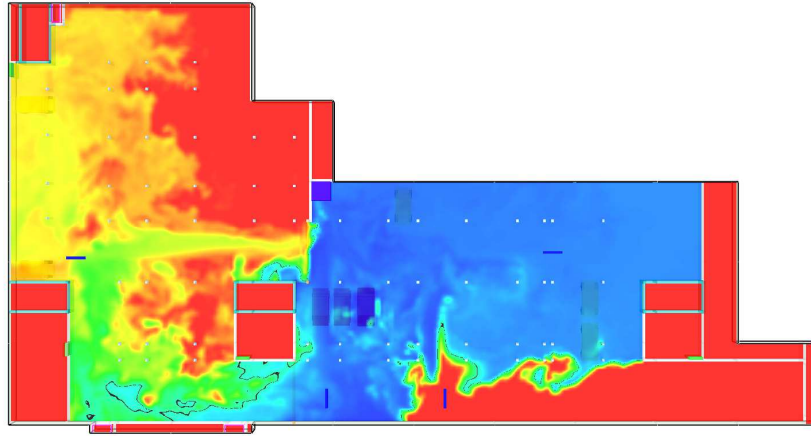
Slice
VIS_Soo
m

mesh: 1

Frame: 319
Time: 421.1**T=420s.**

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

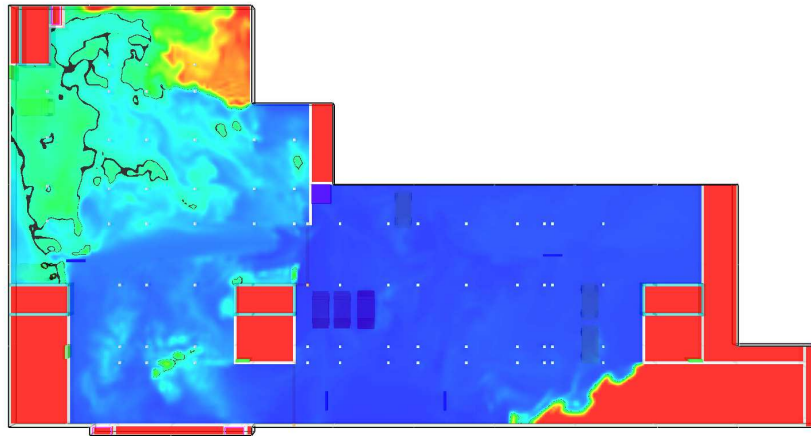




Frame: 455
Time: 600.6

T=600s.

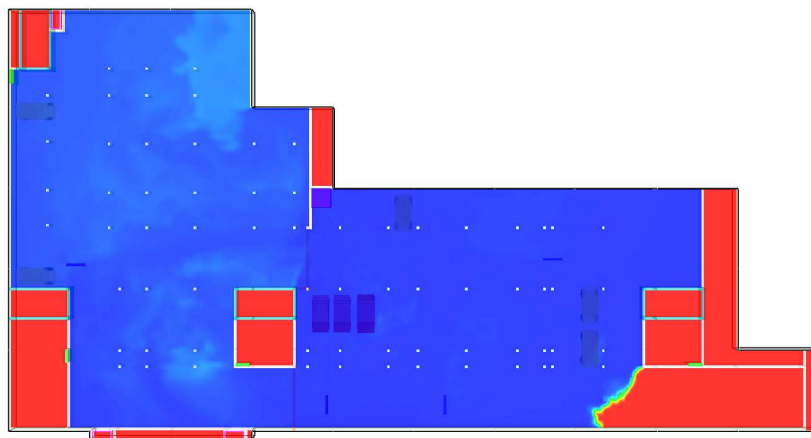
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 675
Time: 891.0

T=890s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

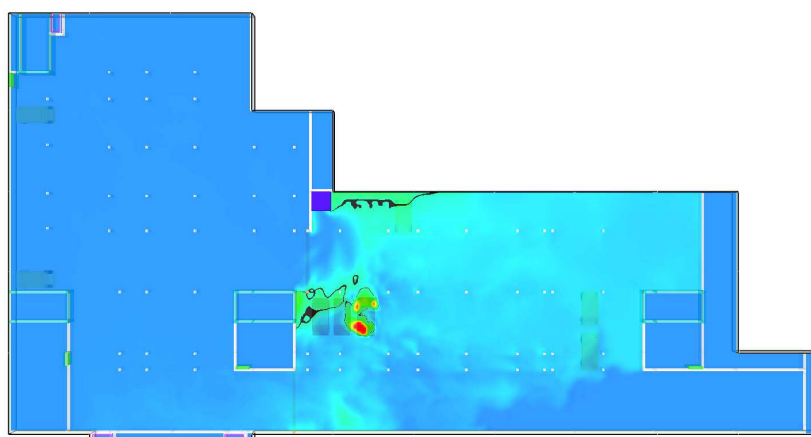


Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s.DCBE

Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,8 m nad posadzą

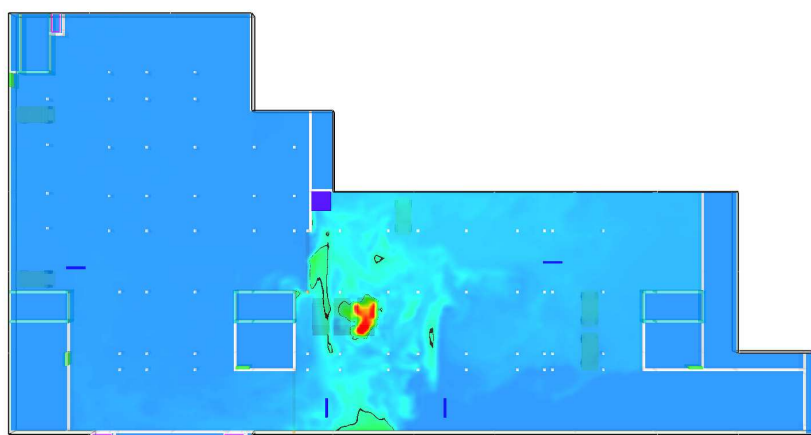
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 228
Time: 301.0

T=300s.

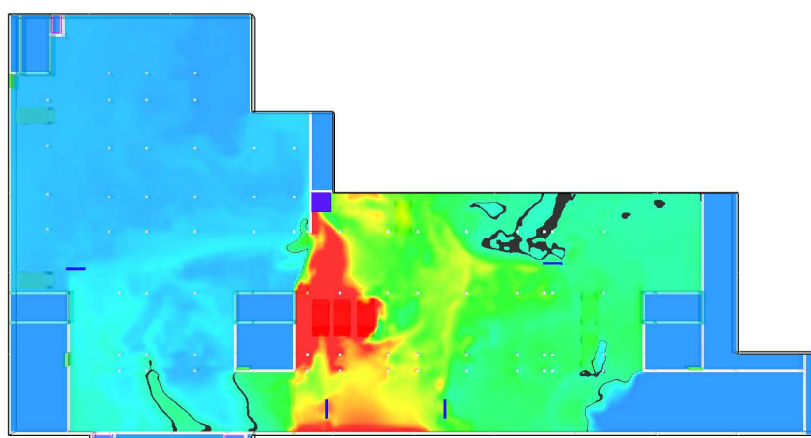
Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Frame: 455
Time: 600.6

T=600s.

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

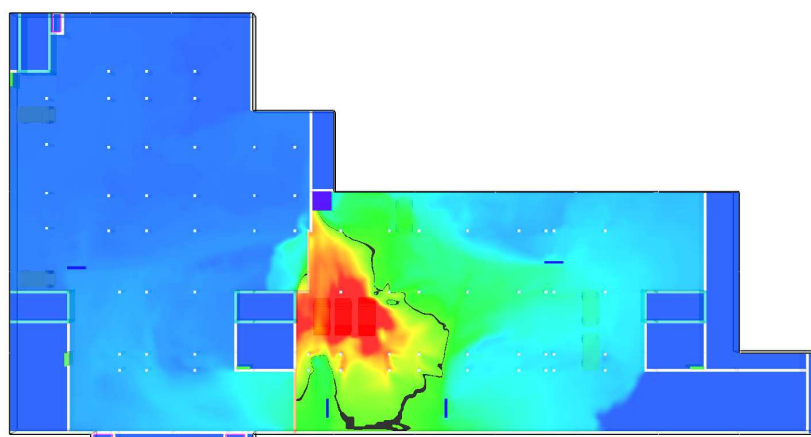


Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s.

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 2,4 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Slice temp
C

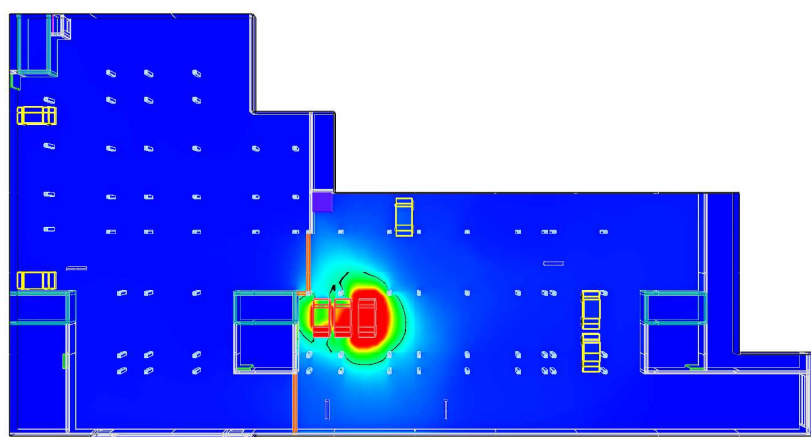


mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład zakresu promieniowania

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010



Bndry rad
kW/m²

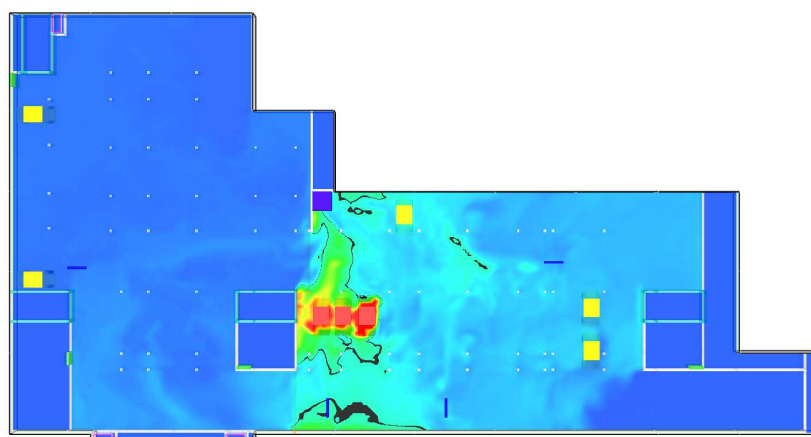


mesh: 35

Frame: 500
Time: 1320.0

T=1320s. Wizualny rozkład temperatury na wysokości 1,5 m nad posadzką

Smokeview 5.6 - Oct 29 2010

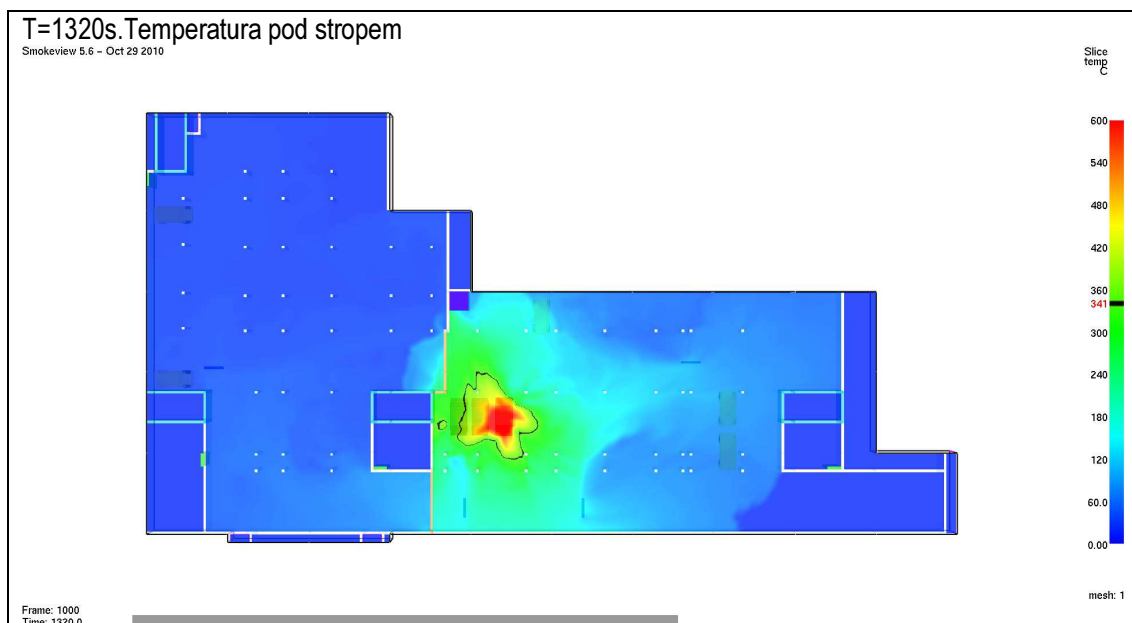


Slice temp
C



mesh: 1

Frame: 1000
Time: 1320.0



6.8. Margines bezpieczeństwa

Założono że użytkownicy strefy dymowej ewakuują się w czasie ewakuacji „pierwszej osoby” lub szybciej z uwagi na sytuację, gdyż są ostrzegani nie tylko przez alarm ale także przez widok ognia i dymu (zagrożenia) wydobywającego się z palącego się źródła ognia.

W związku z powyższym ci użytkownicy budynku którzy znajdują się w takiej strefie dymowej zaczynają przemieszczać się w stronę wyjścia zaraz po usłyszeniu alarmu lub nawet wcześniej gdy dotrze do nich dym. Określając Dostępny Czas Bezpiecznej Ewakuacji (DCBE) przyjęto maksymalny czas, w którym jest bezpieczny dostęp, do co najmniej jednej drzwi ewakuacyjnych.

Graniczne kryteria bytowe zachowują bezpieczne wartości do czasu :

Scenariusz pożarowy	WCBE		DCBE z garażu	Margines bezpieczeństwa z garażu
	$\Sigma T_{e1\%}$	$\Sigma T_{e99\%}$		
	[s]	[s]	[s]	[s]
Garaż SD1 1	129	189	1320	1131
Garaż SD1 2	129	189	1320	1131
Garaż SD2 1	129	189	1320	1131
Garaż SD2 2	129	189	1320	1131

W wyniku symulacji w niniejszej analizie otrzymano spełnienie kryterium bezpiecznej ewakuacji $DCBE > WCBE$ w każdym przypadku.

7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW SYMULACJI - WNIOSKI

Dla garażu podziemnego zlokalizowanym w inwestycji pt. "UNIWERSYTET MORSKI AKADEMIK" - garaż dokonano obliczeń prawdopodobnie dla najgorszych lokalizacji pożaru dla sprawdzenia

funkcjonowania wentylacji oddymiającej, pod względem bezpiecznych warunków ewakuacji oraz uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

Na podstawie przyjętych założeń scenariusza rozwoju pożaru do analizy komputerowej metodą CFD wynika, że analizowany system oddymiania jest w stanie zapewnić bezpieczne warunki ewakuacji w WCBE. Głównym parametrem, który pierwszy zagraża bezpiecznej ewakuacji to zadymienie, dlatego przedstawiono szczegółowe wyniki tej płaszczyzny, wzrost temperatury powyżej krytycznej wartości występuję po WCBE w rejonie lokalizacji pożaru. System zapewnia zachowanie bezpiecznej temperatury na badanych wysokościach nad posadzką.

Ponieważ analizy prowadzono przy zaostrzonych założeniach (dużo gęstego i czarnego dymu) można przypuszczać, że faktyczne warunki ewakuacji podczas realnego pożaru mogą być dużo lepsze.

Analizy przewidywanego rozkładu promieniowania cieplnego oraz temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki, wykonane w celu uwzględnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych, wykazały, że:

- wartość przewidywanego promieniowania cieplnego, co najmniej z jednej strony od źródła pożaru, w odległości 10 m nie przekracza $2,5 \text{ kW/m}^2$ (2 kW/m^2 wg. wyników CFD),
- wartość przewidywanej temperatury, co najmniej z jednej strony od źródła pożaru, w odległości 10 m nie przekracza 120°C (100°C wg. wyników CFD).

Ponadto otrzymane wyniki obliczeń wykazały, że temperatura gazów pożarowych pod stropem garażu nie przekraczała 400°C w promieniu 10 m (tj. 340 wg. wyników CFD).

Wentylatory strumieniowe i oddymiające umieszczone na końcach szachtów oddymiających obsługujące kondygnację garażu powinny mieć co najmniej klasę skuteczności działania w wysokiej temperaturze $F_{400} 120$.

Wyniki które otrzymano są wynikiem rzeczowej analizy, która została przeprowadzona wedle wiedzy technicznej. Należy jednak pamiętać, że założenia które poczyniono i otrzymane wyniki są jedynie prognozą najbardziej prawdopodobnych wydarzeń jakie mogą zaistnieć. W analizie nie brano pod uwagę wydarzeń niestandardowych związanych z innymi niż założone wykorzystanie i przeznaczenie obiektu, szczególnie jeśli chodzi o występowanie materiałów palnych w tym niebezpiecznych pożarowo.

A zatem przeprowadzona analiza stwierdza spełnienie § 270 ust 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. wraz z późniejszymi zmianami w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, tj. instalacja wentylacji oddymiającej powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację.

Oczywiście przy uwzględnieniu założenia, że ludzie opuszczający obiekt będą się poruszali w kierunku przeciwnym do pożaru.

Analiza uwzględniła również § 207 ust. 1. w.w. rozporządzenia, tj. budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru możliwość ewakuacji ludzi, a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

8. ZALECENIA

Analiza zakłada prawidłowe funkcjonowanie wszystkich elementów systemów zastosowanych w budynku służących ochronie przeciwpożarowej. Z tego względu właściciel lub zarządca budynku powinien dołożyć wszelkich starań by utrzymać urządzenia w wymagalnej sprawności poprzez prace konserwatorskie i przeglądy okresowe. Założono że pracownicy obiektu we właściwy sposób i szybkim czasie zareagują w przypadku pożaru.

W przypadku wprowadzenia zmian architektoniczno – budowlanych oraz zmian w systemach wentylacji pożarowej oraz ich sterowaniu mogących mieć wpływ na rozprzestrzenianie się dymu i ciepła należy ponownie przeprowadzić obliczenia numeryczne z ich uwzględnieniem.

Niniejsze opracowanie stanowi analizę celów z pkt. 1 i może być prezentowany jedynie w całości.

Uruchamianie elementów systemu wentylacji oddymiającej należy zaprogramować w kolejności niezbędnej do uniknięcia fizycznego uszkodzenia elementów systemu.

9. SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Tabela 1 Właściwości materiałów budowlanych.....	6
Tabela 2 Parametry materiałów palnych dla założonego pożaru	8
Tabela 3 Zestawienie powierzchni powietrza kompensującego	10
Tabela 4 Zestawienie wydatków wentylacji oddymiającej	11
 Rysunek 1 Wykres mocy powstały ze spalania się 3 samochodów	7
Rysunek 2 Wykres wynikowy wzrostu mocy pożaru	7

10. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik nr 1

"UNIwersytet Morski Akademik"

SCHEMAT WENTYLACJI ODDYMIAJĄCEJ - POZIOM -1