

TECHMAX Wojciech Podraszka
07-300 Ostrów Mazowiecka, ul. Okrzei 2/29
tel. kom. 509 053 097 www.etechmax.com.pl

SYMULACJA CFD WENTYLACJI ODDYMIAJĄCEJ

Temat: Projekt oddymiania klatki schodowej

Obiekt: Przedszkole Miejskie nr 3
ul. Armii Krajowej 2
07-300 Ostrów Mazowiecka

Inwestor: Przedszkole Miejskie nr 3
ul. Armii Krajowej 2
07-300 Ostrów Mazowiecka

Opracował: inż. Wojciech Podraszka

Ostrów Mazowiecka, czerwiec 2016 r.

Spis treści

1. Przedmiot opracowania	3
2. Opis ogólny obiektu	3
3. Założenia do CFD	3
4. Symulacja CFD	4
5. Wymagany Czas Bezpiecznej Ewakuacji	5
6. Analiza wyników	6
7. Krzywa Pożaru	7
8. Wyniki obliczeń	8
8.1. Temperatura na wysokości 1,8 m na parterze klatki.	8
8.2. Widoczność na wysokości 1,8 m na parterze klatki.....	11
8.3. Temperatura na wysokości 1,8 m na piętrze I klatki.....	14
8.4. Widoczność na wysokości 1,8 m na piętrze I klatki	17
8.7. Temperatura w przekroju klatki	20
8.8. Widoczność w przekroju klatki.....	23
9. Podsumowanie	26
10. Literatura	26

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest wykonanie symulacji CFD potwierdzającej skuteczność wentylacji oddymiającej klatki schodowej w budynku przedszkola mieszczącego się w Ostrowi Mazowieckiej przy ulicy Armii Krajowej 2.

2. Opis ogólny obiektu

Budynek położony jest w Ostrowi Mazowieckiej w województwie mazowieckim.

Obiekt jest zakwalifikowany do grupy budynków niskich (N) - do 12 m włącznie nad poziomem terenu. Budynek o dwóch kondygnacjach nadziemnych, niepodpiwniczony.

3. Założenia do CFD

Podstawowe założenia do symulacji:

- czas trwania symulacji CFD: 10 minut,
- powierzchnia pożaru: 1 m²,
- moc pożaru: 1000 kW/m²,
- rozdzielczość siatki obliczeniowej: 0,20 m,
- nawiew naturalny: otwór 1,2 m x 2,00 m zlokalizowany na parterze,
- temperatura otaczającego powietrza: 20°C,
- oddymianie klapą dymową o wymiarach 1,5 m x 2,0 m,
- oddymianie uruchamiane poprzez czujkę dymu.

Analizie podlegają następujące warunki ewakuacji:

- widzialność znaków ewakuacyjnych na wysokości 1,8 m nie powinna być mniejsza niż 10 m,
- temperatura na przejściach i drogach ewakuacyjnych na wysokości 1,8 m nie powinna przekraczać 60°C.

Są to wymagania niezbędne dla bezpiecznej ewakuacji ludzi.

4. Symulacja CFD

Symulację przeprowadzono za pomocą komputerowej analizy mechaniki płynów CFD (Computational Fluid Dynamics).

Aby zbadać rozkład dymu zostały użyte trzy programy.

Głównym programem jest Fire Dynamics Simulator (FDS), wersja 5.5.3. Bazuje on na numerycznych rozwiązaniach równań Naviera-Stokesa odpowiednich dla przepływów wywołanych ciągiem powstałym pod wpływem ognia, ze szczególnym naciskiem na transport dymu i ciepła. FDS jest opracowany przez NIST (National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce).

Pyrosim (wersja 2014.2.0807) jest to graficzny interfejs użytkownika stosowany do tworzenia plików danych wejściowych dla FDS. Zapewnia interaktywne tworzenie geometrii i siatki oraz określenie właściwości materiału, scenariusza pożarowego i systemu wentylacji. Program został opracowany przez Thunderhead Engineering Consultants, Inc.

Smokeview (wersja 5.6) jest programem wizualizacji, którego używa się do graficznego przedstawienia symulacji uzyskanej w programie FDS.

5. Wymagany Czas Bezpiecznej Ewakuacji

Wymagany Czas Bezpiecznej Ewakuacji (WCBE) jest czasem, który trwa od początku powstania pożaru do momentu, w którym założona ilość osób zdoła się ewakuować na zewnątrz budynku lub w zależności od przyjętej strategii ewakuacji do innej części obiektu uznanej za bezpieczną. Czas ewakuacji obejmuje przejście ludzi z pomieszczenia objętego pożarem do wyjścia na klatkę schodową.

WCBE określa się za pomocą wzoru:

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

gdzie:

t_d - czas detekcji pożaru (czas od powstania pożaru do jego wykrycia);

t_a - czas zaalarmowania (czas od wykrycia pożaru do powiadomienia osób przebywających w budynku o niebezpieczeństwie);

t_{rozp} - czas rozpoznania sytuacji (czas od powiadomienia do chwili podjęcia przez osoby przebywające w budynku decyzji o działaniu);

t_{reak} - czas reakcji na zdarzenie (czas od chwili podjęcia decyzji o działaniu do rozpoczęcia ewakuacji);

t_p - czas przemieszczania się ewakuowanych osób (od rozpoczęcia ewakuacji do jej ukończenia).

$$t_d = 30 \text{ s},$$

$$t_a = 10 \text{ s},$$

$$t_{rozp} = 60 \text{ s},$$

$$t_{reak} = 30 \text{ s},$$

$$t_p = 23 \text{ s},$$

- najdłuższa możliwa droga ewakuacyjna wynosi 28 m,

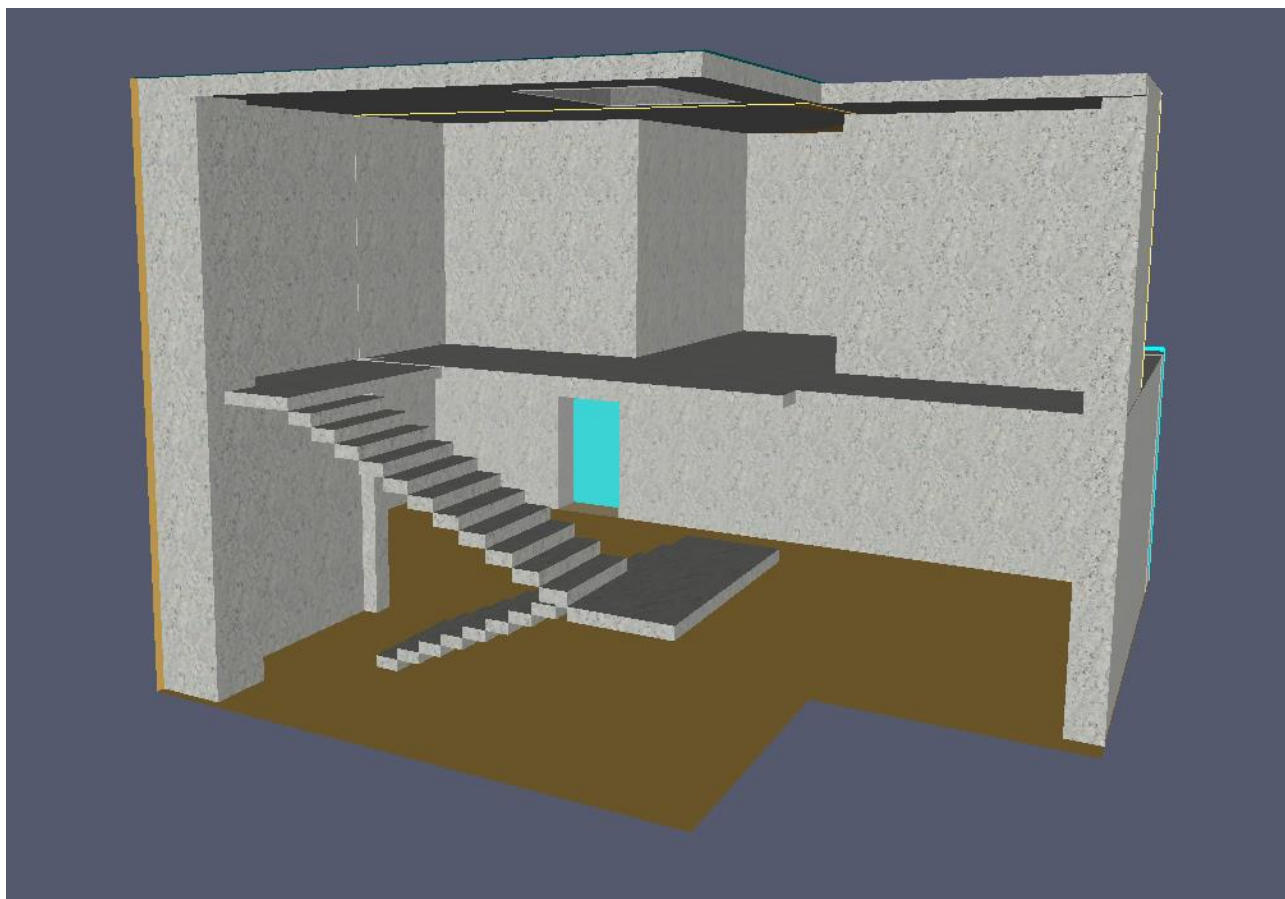
- prędkość człowieka na poziomej drodze wynosi 1,2 m/s.

$$WCBE = 30 \text{ s} + 10 \text{ s} + 60 \text{ s} + 30 \text{ s} + 23 \text{ s} = 153 \text{ s}$$

6. Analiza wyników

W wyniku przeprowadzonej symulacji komputerowej otrzymano szereg wyników zgodnie z zadanymi płaszczyznami wynikowymi. Oprócz wyników otrzymanych z płaszczyzn wynikowych, interpretację sprawności działania systemu oddymiania można oceniać na podstawie wizualizacji dymu 3D.

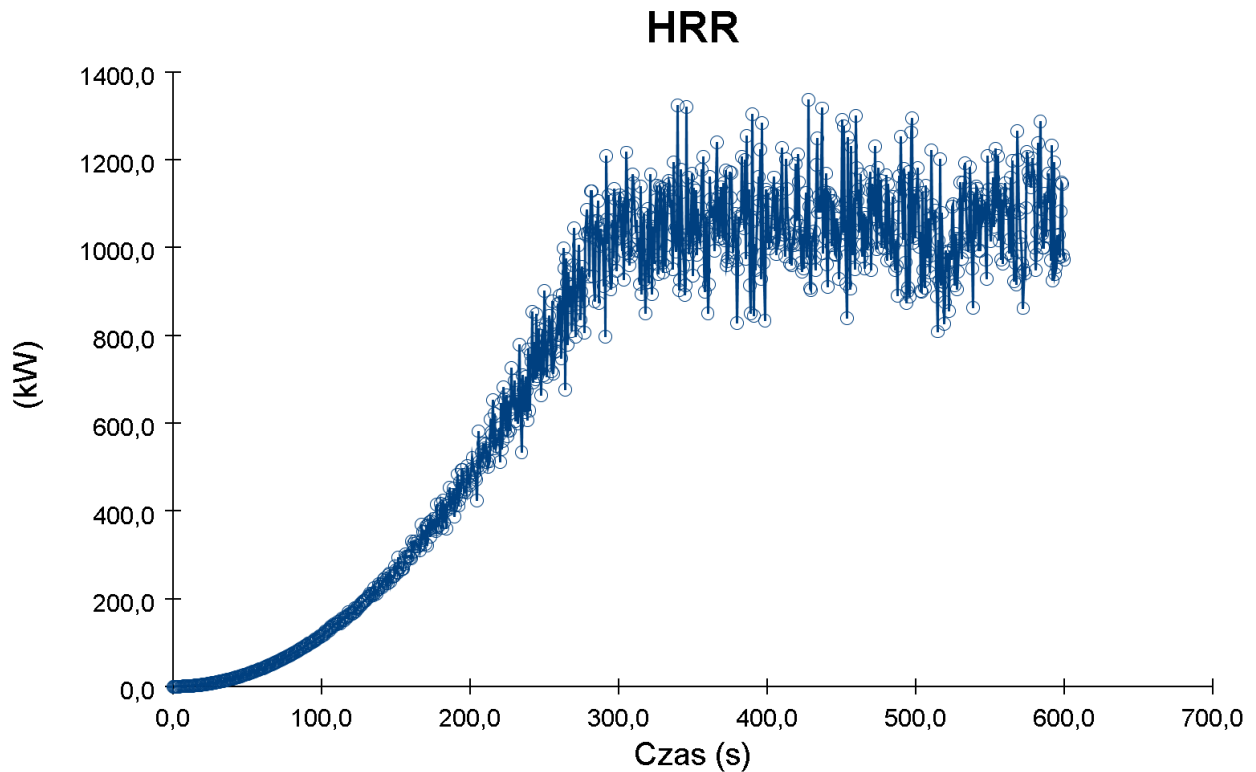
W modelu użyto sieci obliczeniowych o wymiarach komórki 0,20 m. Łączna ilość komórek wynosi około 120 000.



Rys.1 Uproszczony model klatki schodowej wygenerowany w programie PyroSim.

Zaleca się rozpatrywać symulację wraz z projektem oddymiania gdzie zostały zawarte wszystkie szczegółowe dane systemu.

7. Krzywa Pożaru



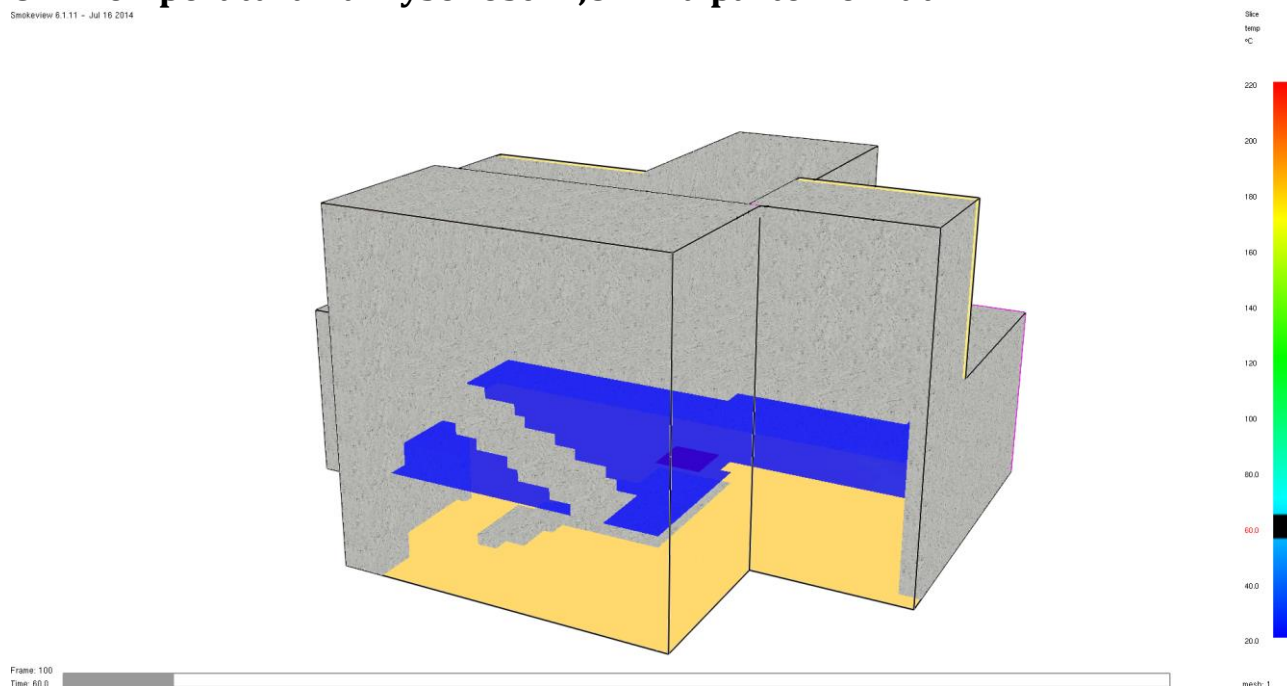
Rys.2 Wykres zależności mocy pożaru (HRR) od czasu trwania pożaru.

Wykres obrazuje przebieg krzywej pożaru zgodnie z zadaną mocą i czasem emisji spalin z palących się materiałów.

8. Wyniki obliczeń

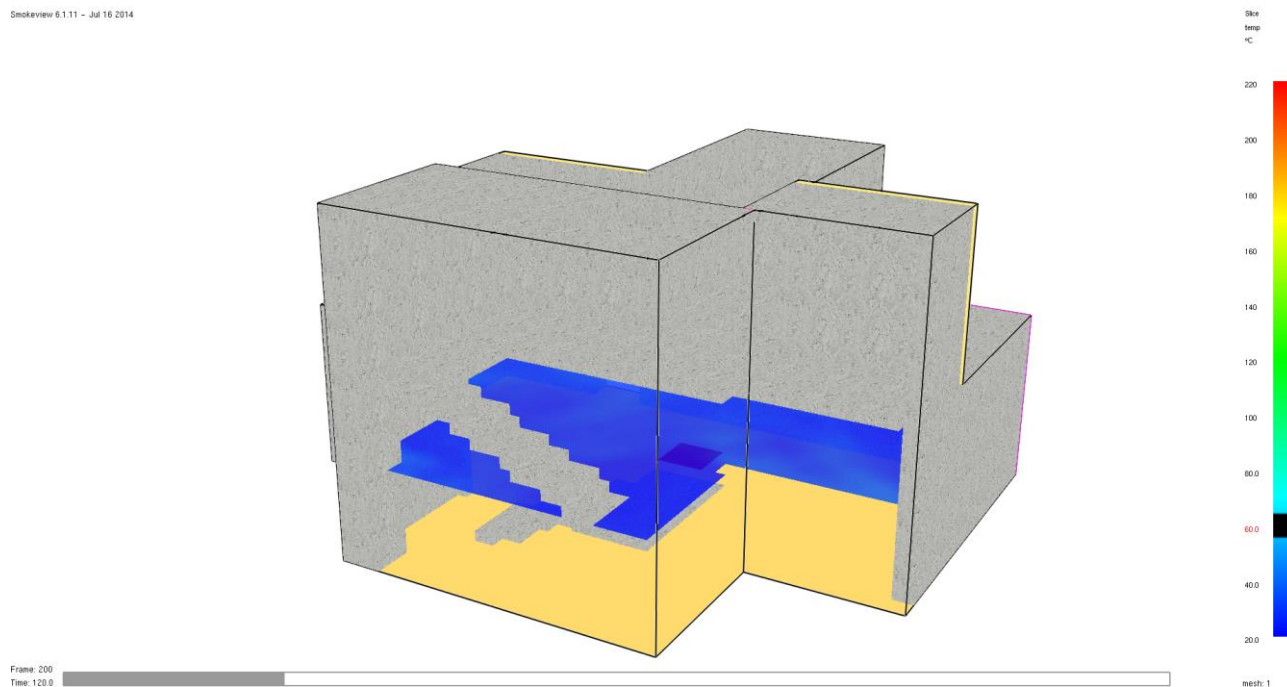
8.1. Temperatura na wysokości 1,8 m na parterze klatki.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



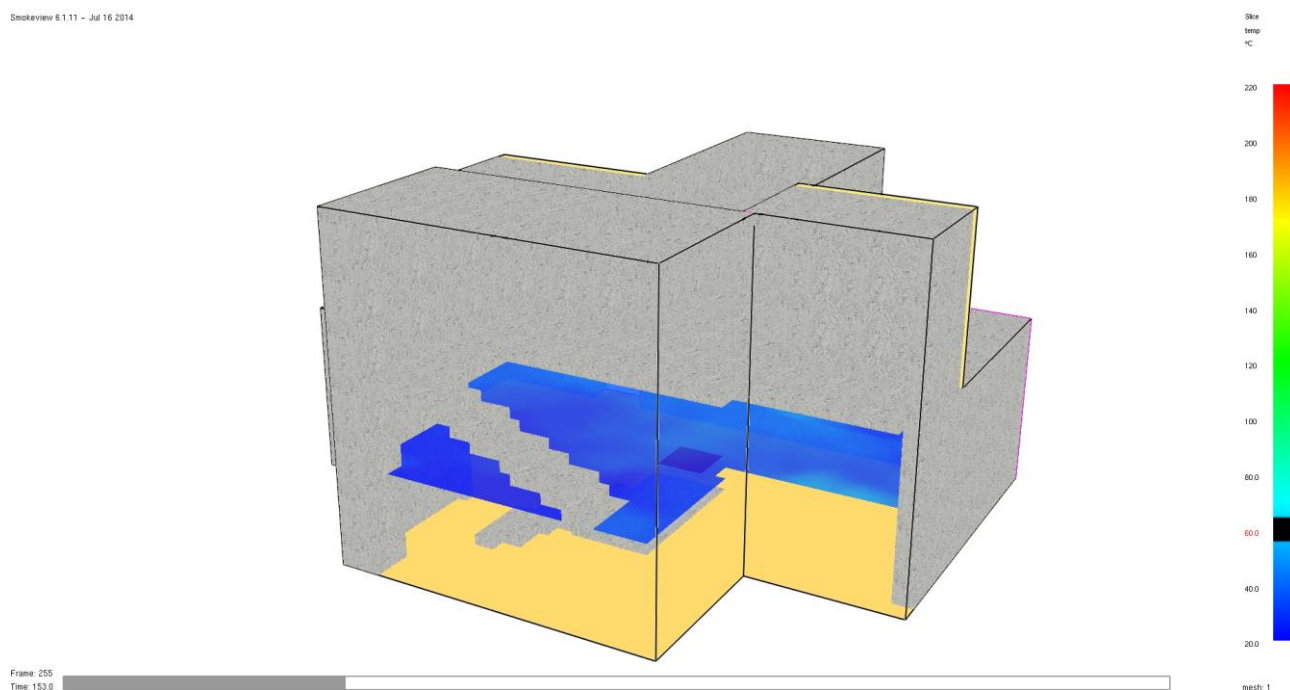
Rys.3 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 60 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



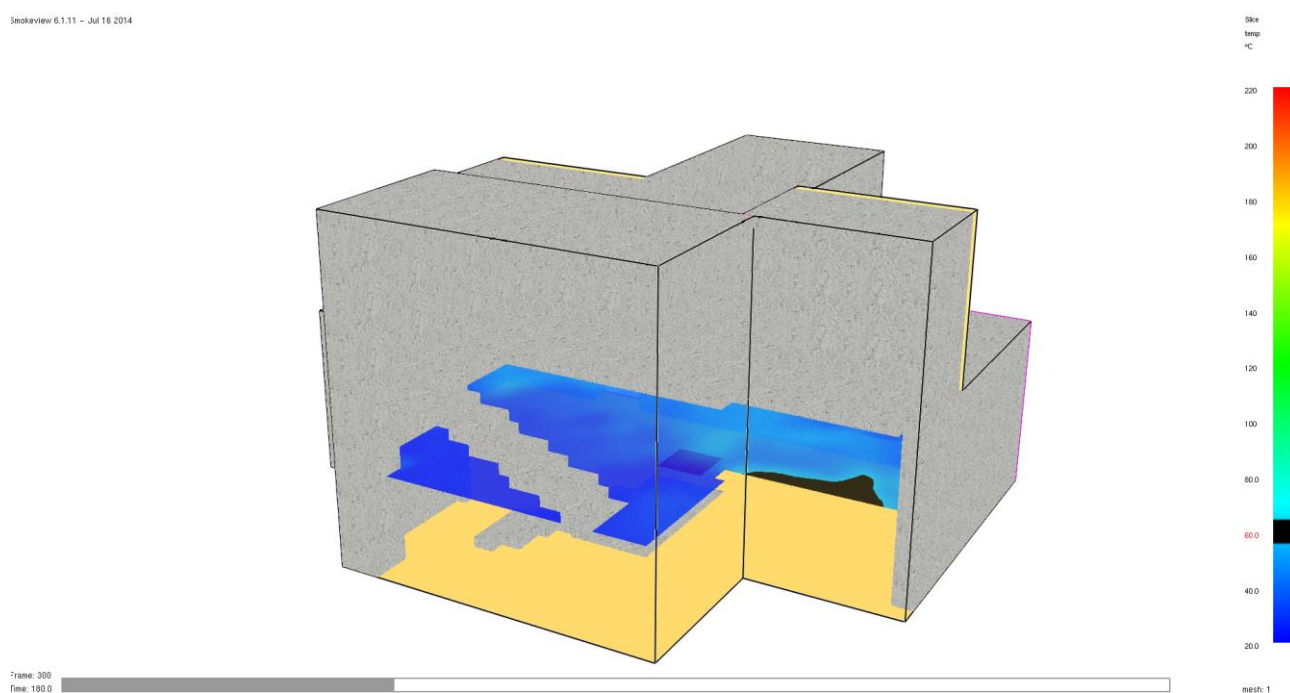
Rys.4 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 120 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



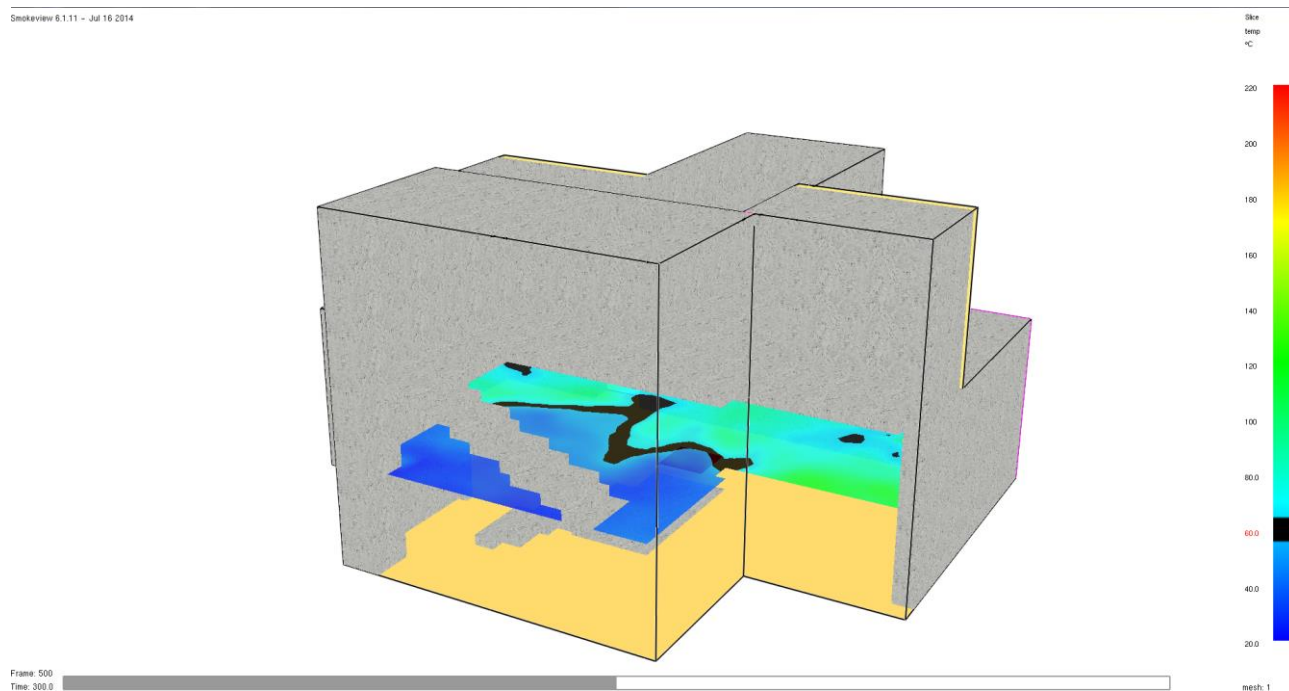
Rys.5 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 153s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



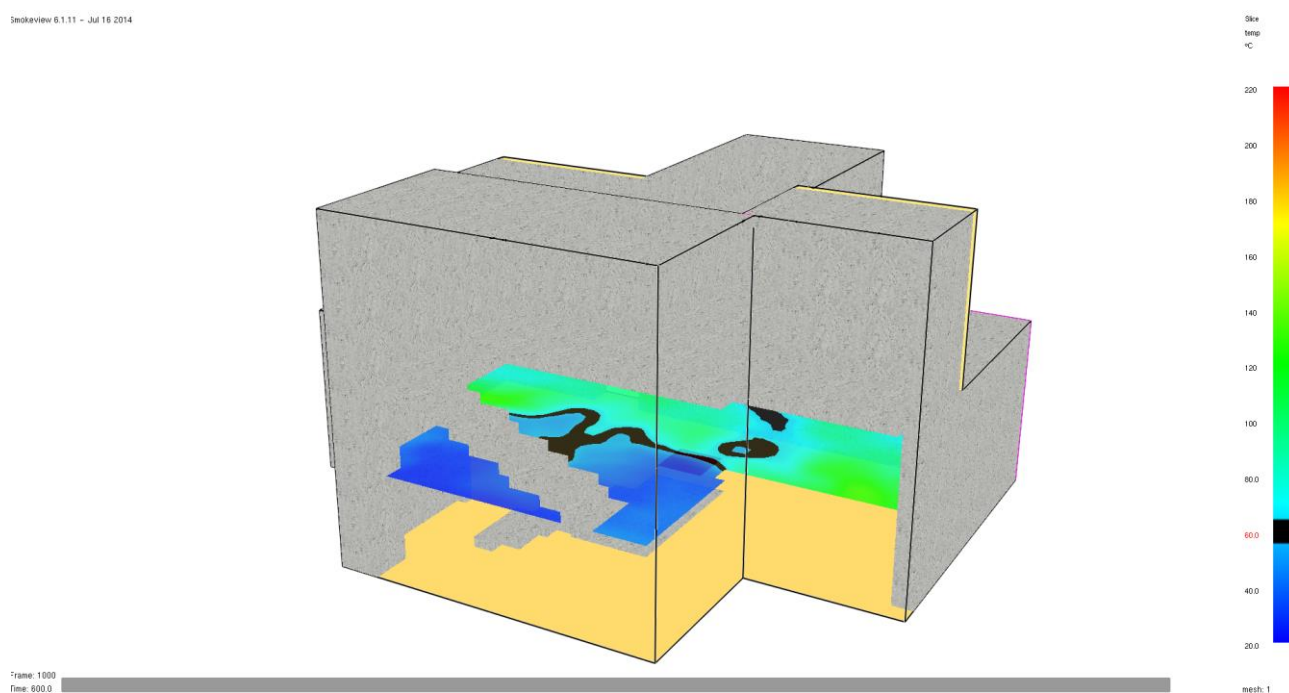
Rys.6 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 180 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.7 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 300 s.

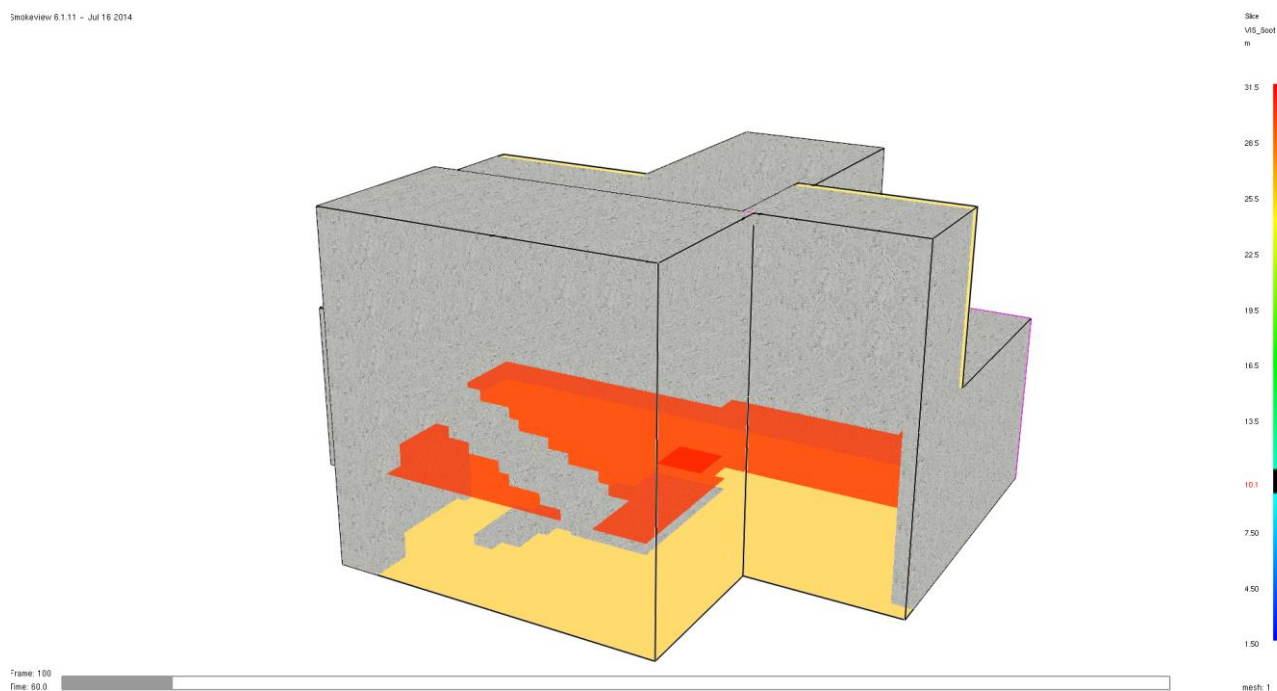
Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.8 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 600 s.

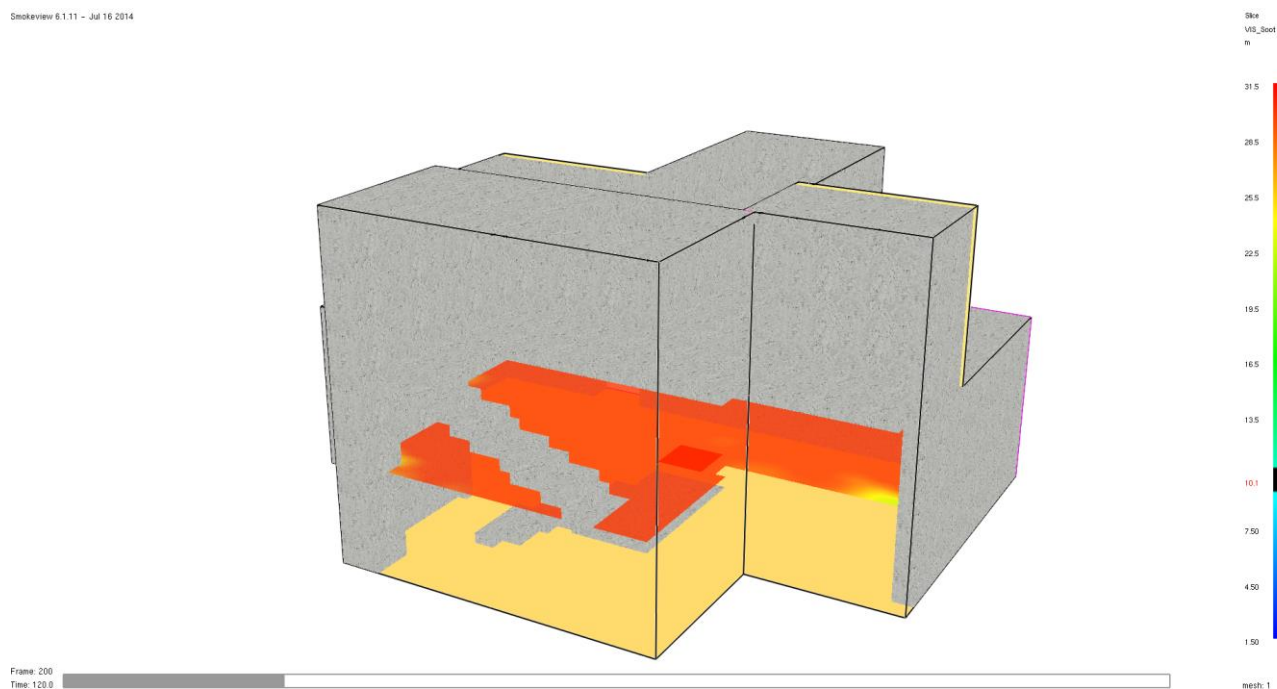
8.2. Widoczność na wysokości 1,8 m na parterze klatki

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



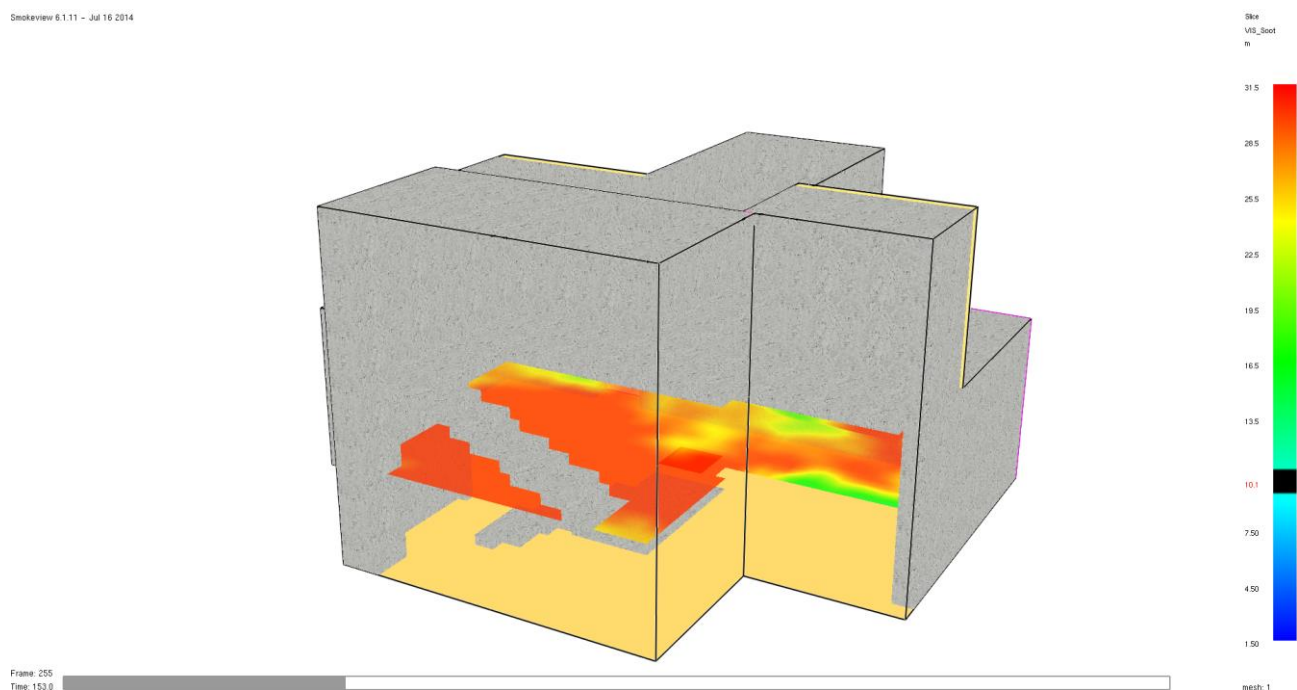
Rys.9 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 60 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



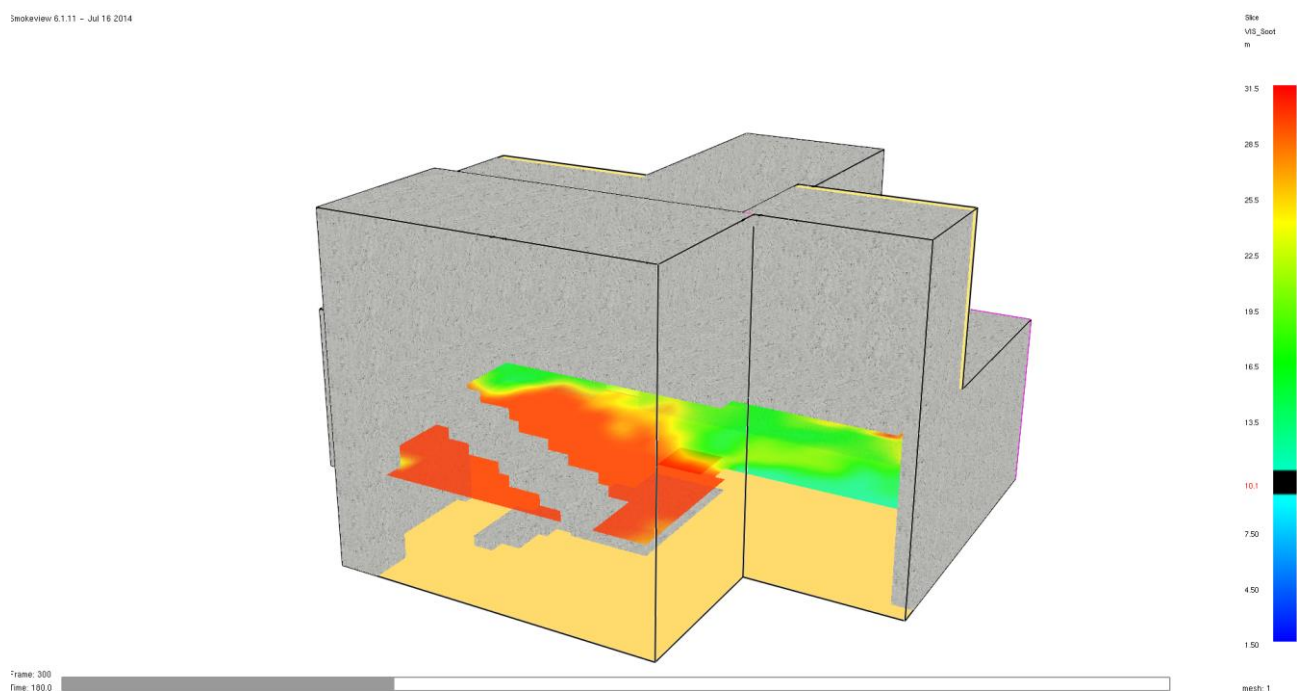
Rys.10 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 120 s.

Smokview 6.1.11 - Jul 16 2014



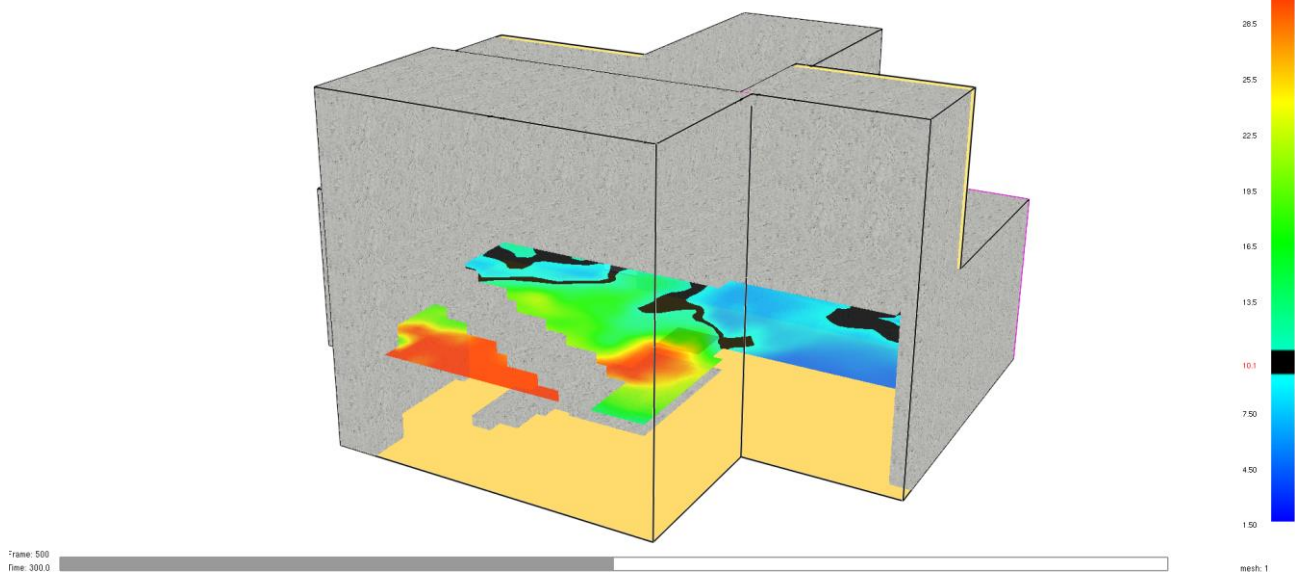
Rys.11 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 153 s.

Smokview 6.1.11 - Jul 16 2014



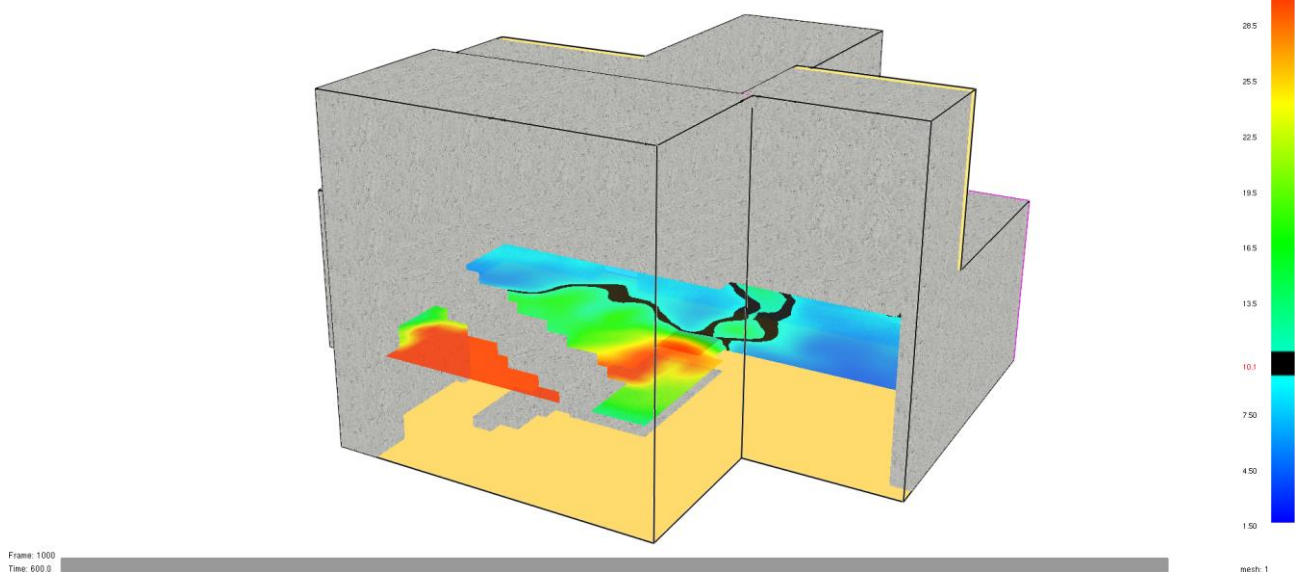
Rys.12 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 180 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.13 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 300 s.

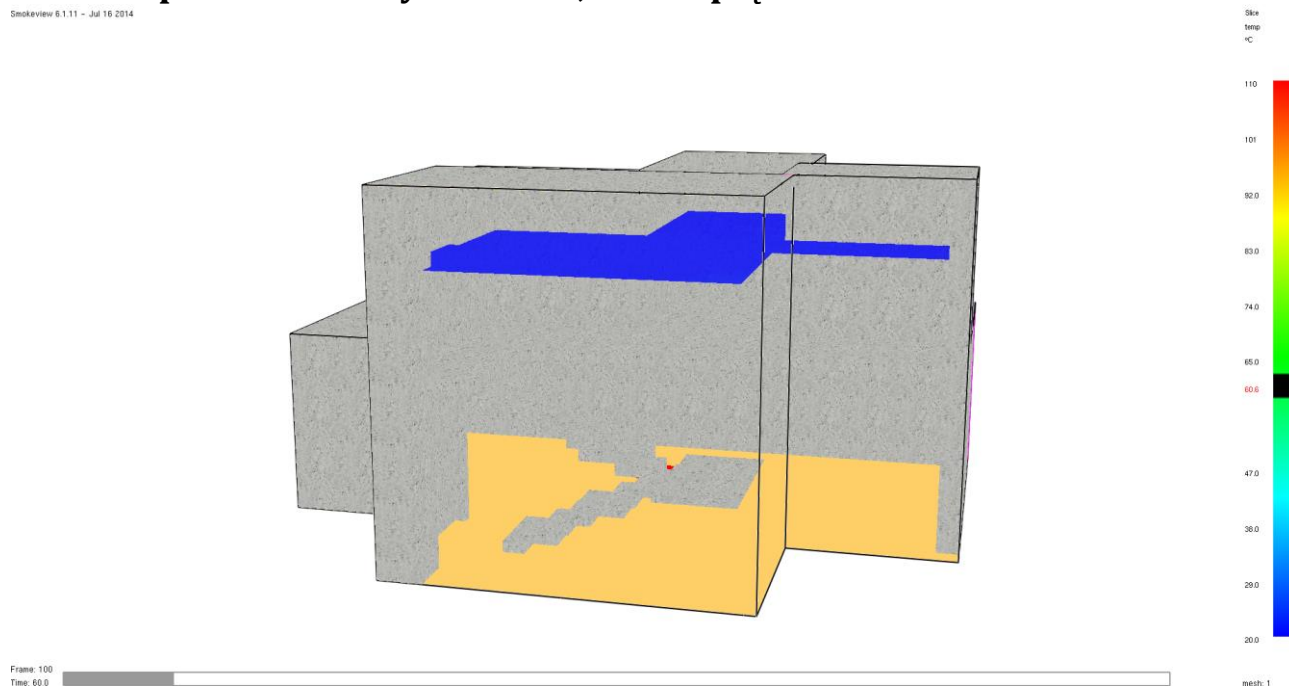
Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.14 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 600 s.

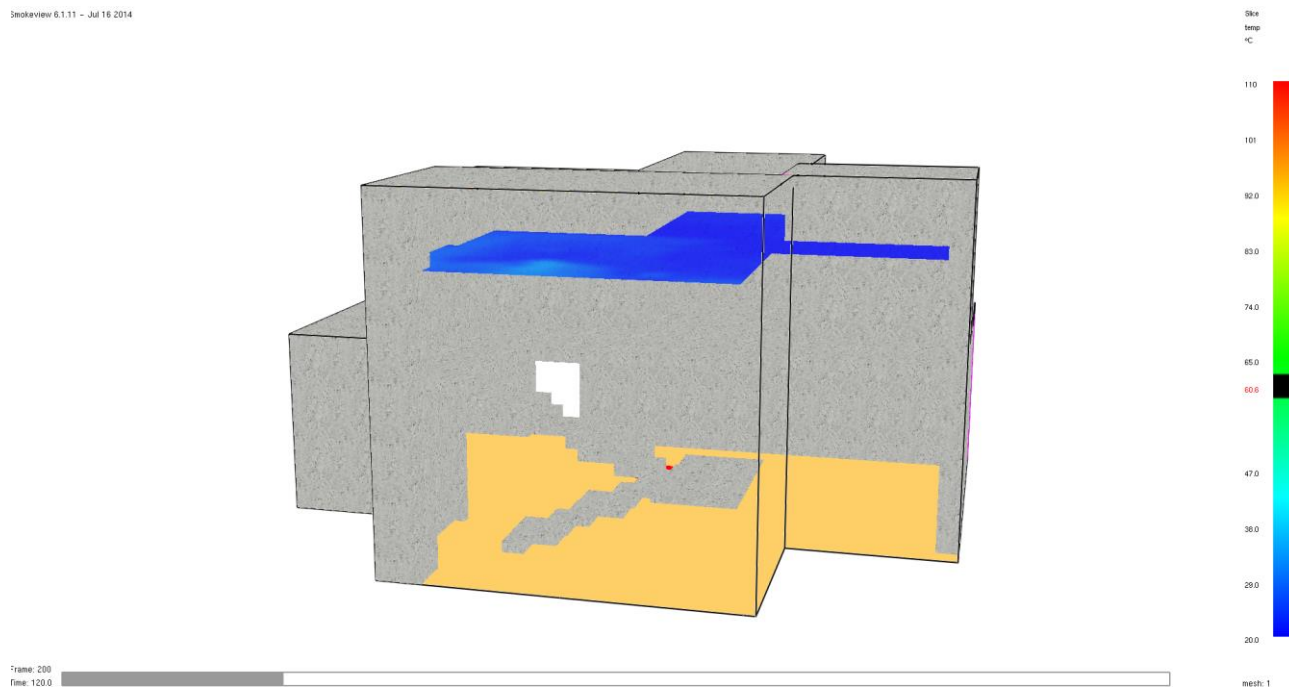
8.3. Temperatura na wysokości 1,8 m na piętrze I klatki

Smokeview 8.1.11 - Jul 16 2014



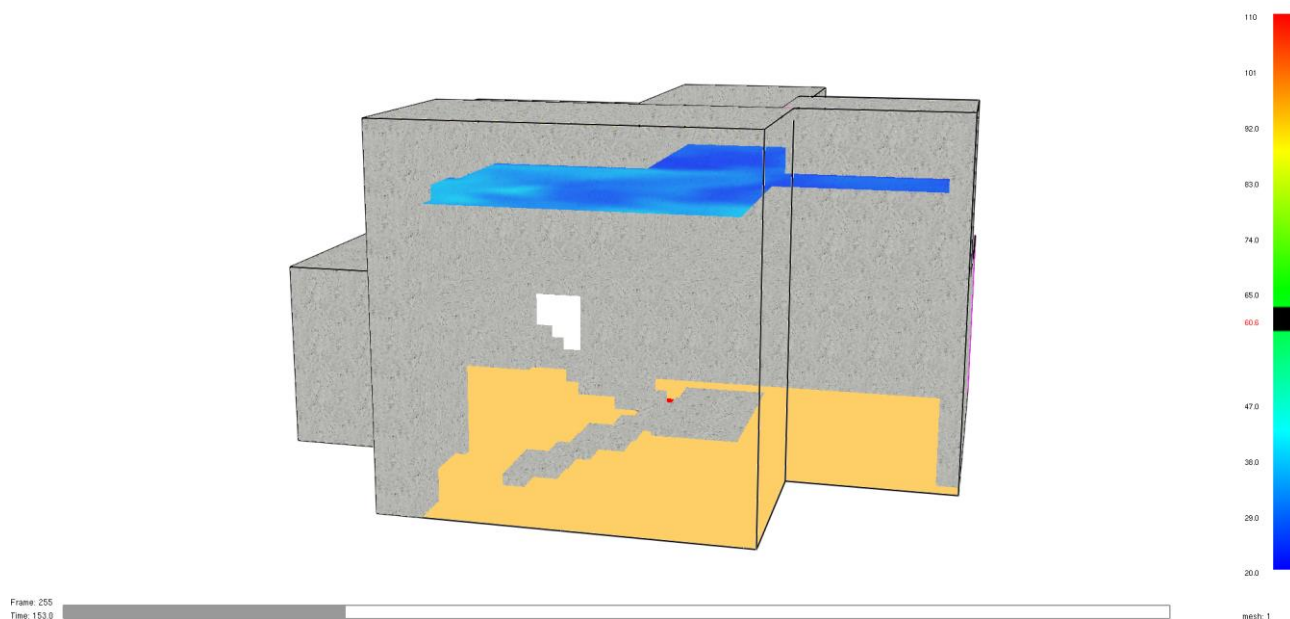
Rys.15 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 60 s.

Smokeview 8.1.11 - Jul 16 2014



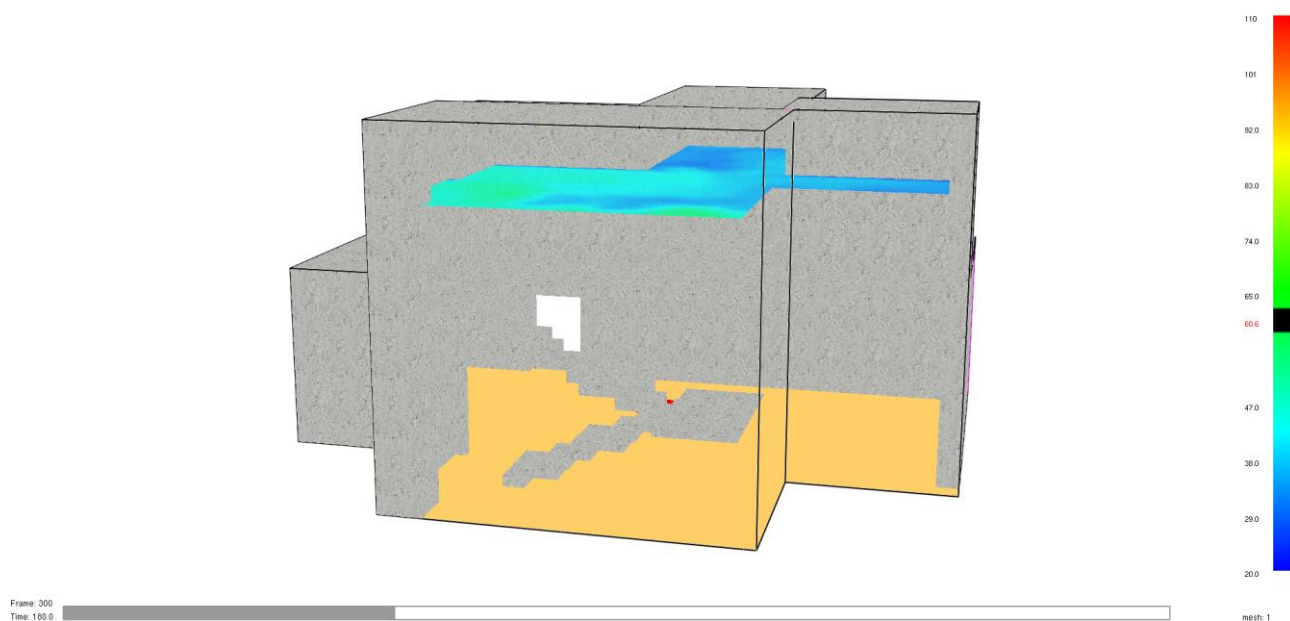
Rys.16 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 120 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



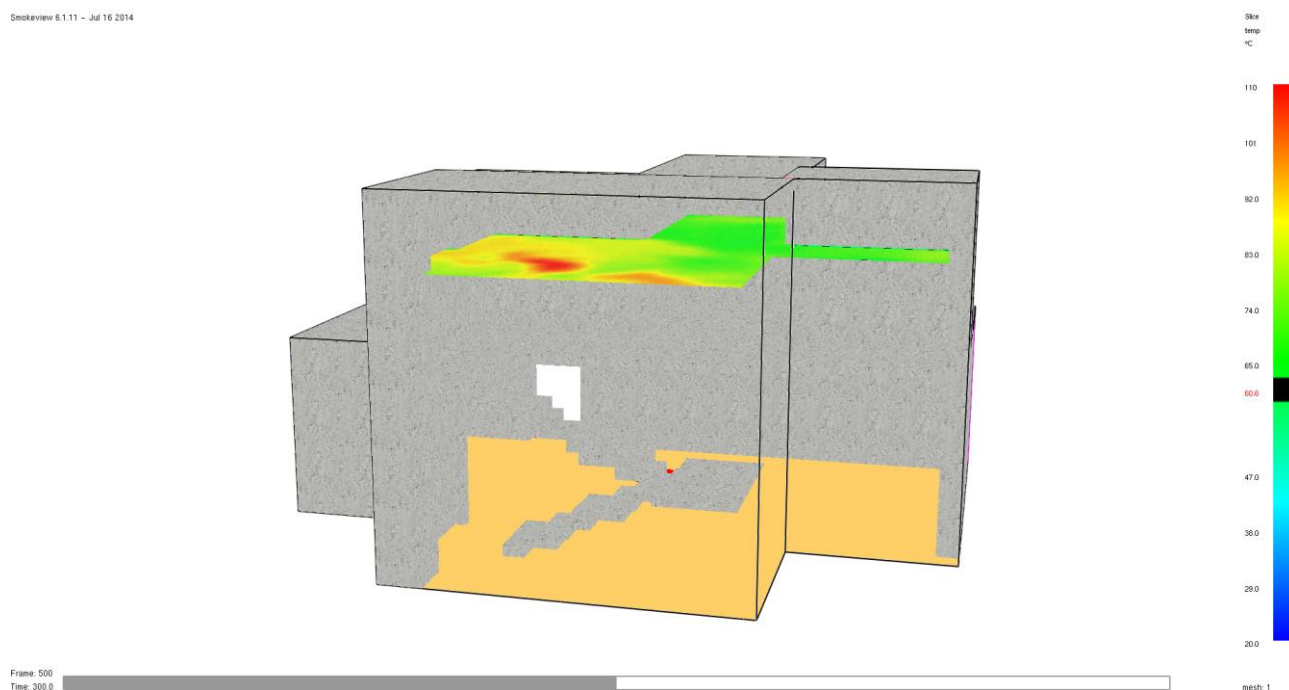
Rys.17 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 153 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



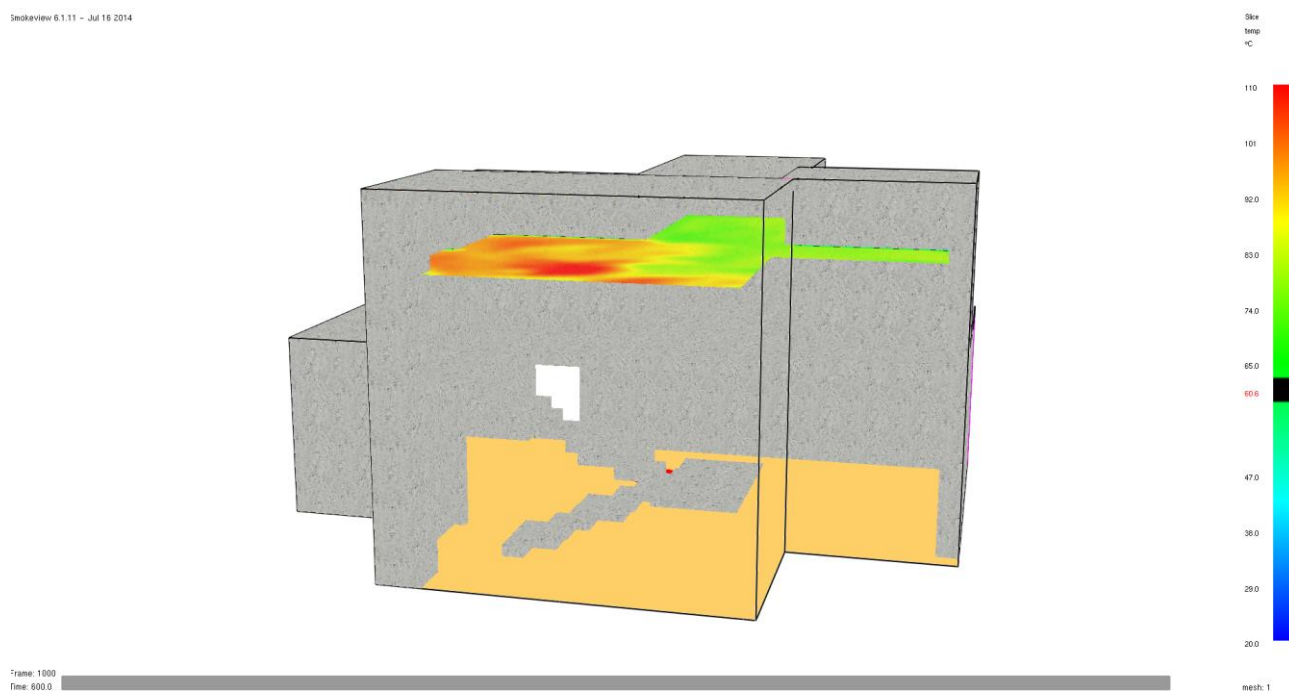
Rys.18 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 180 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.19 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 300 s.

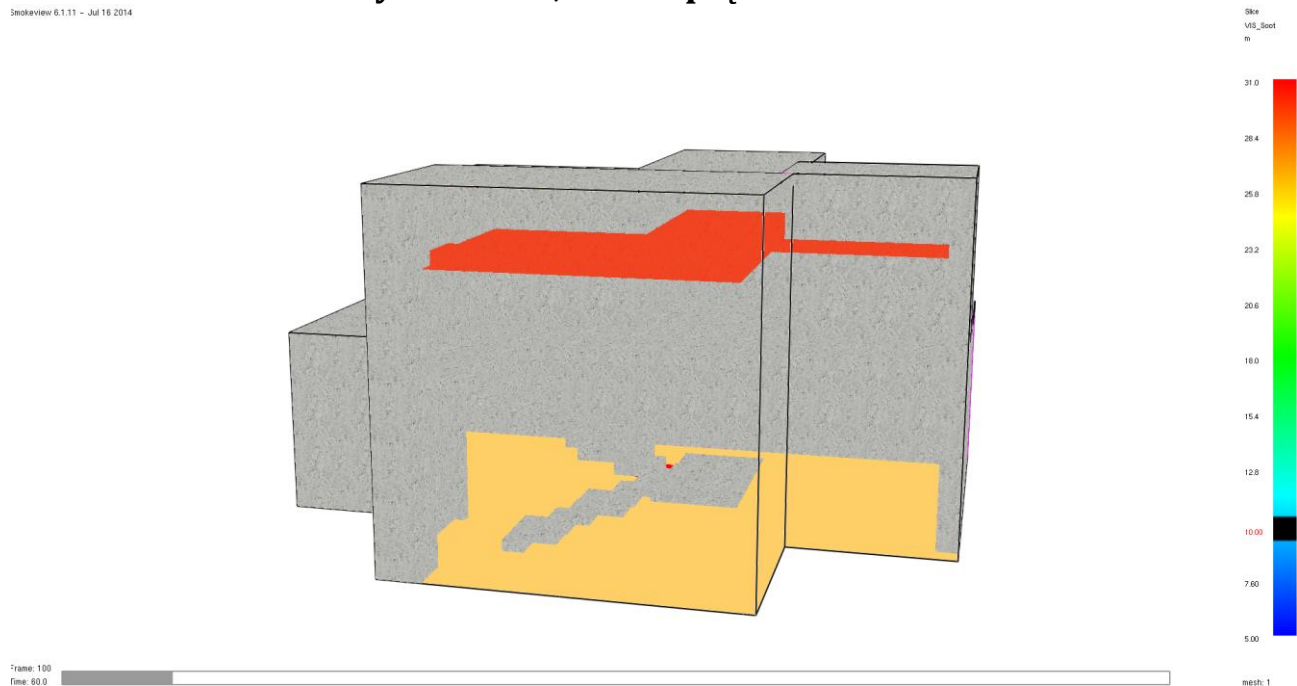
Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.20 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 600 s.

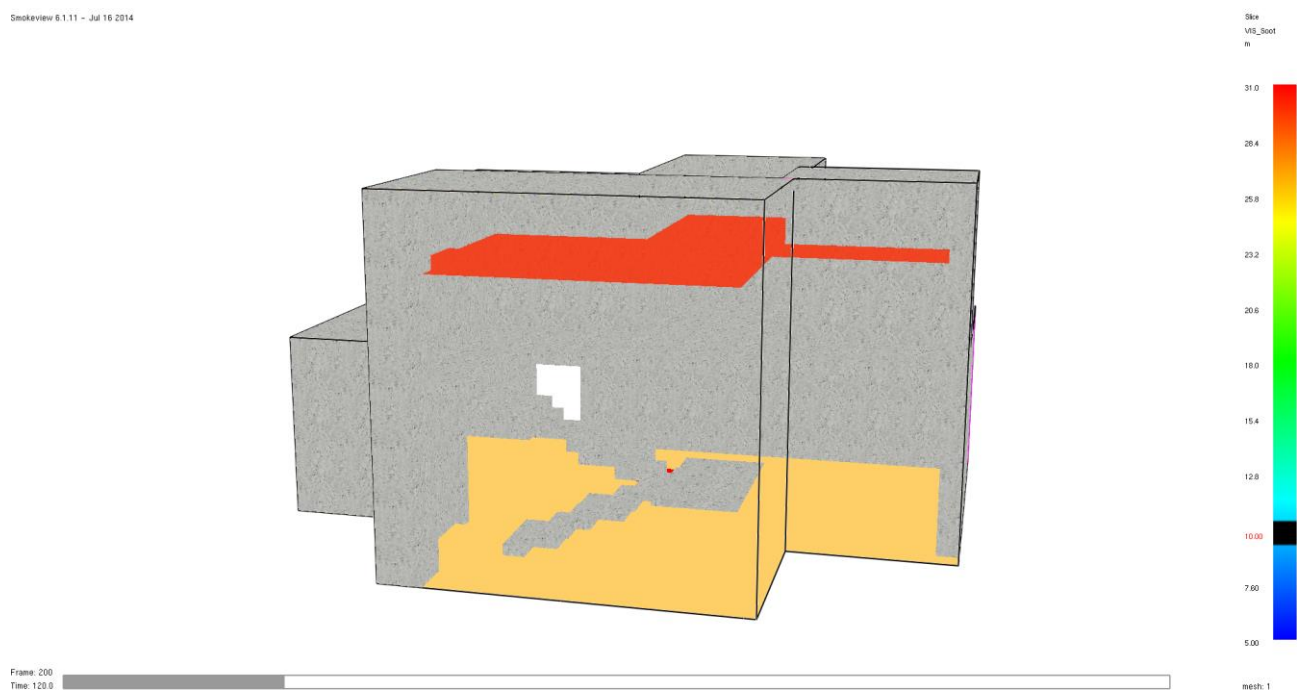
8.4. Widoczność na wysokości 1,8 m na piętrze I klatki

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



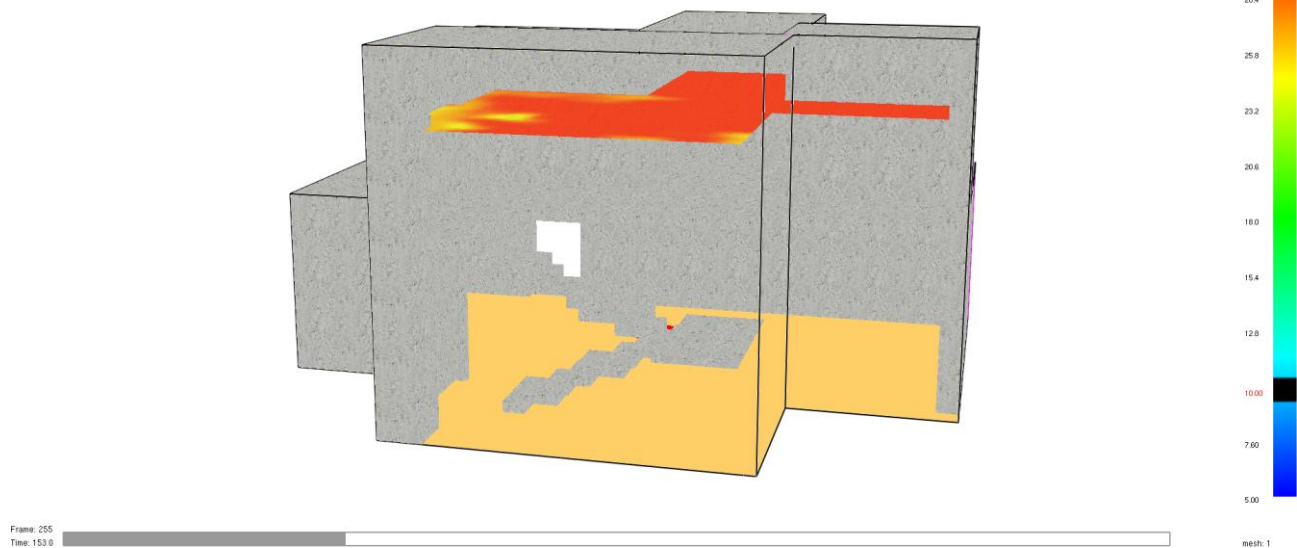
Rys.21 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 60 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



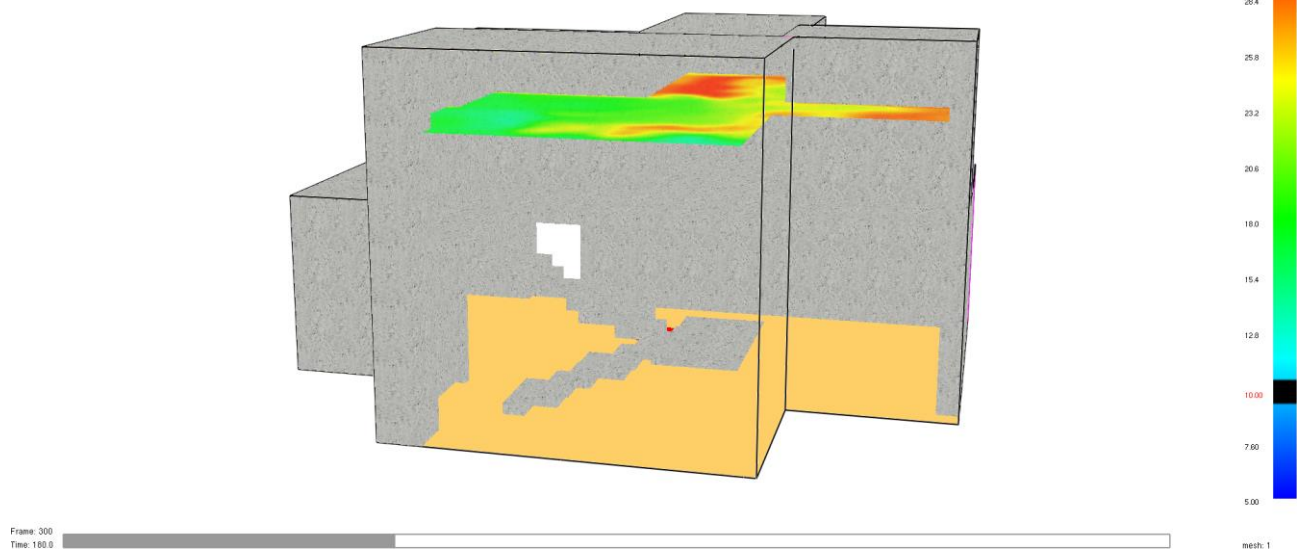
Rys.22 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 120 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



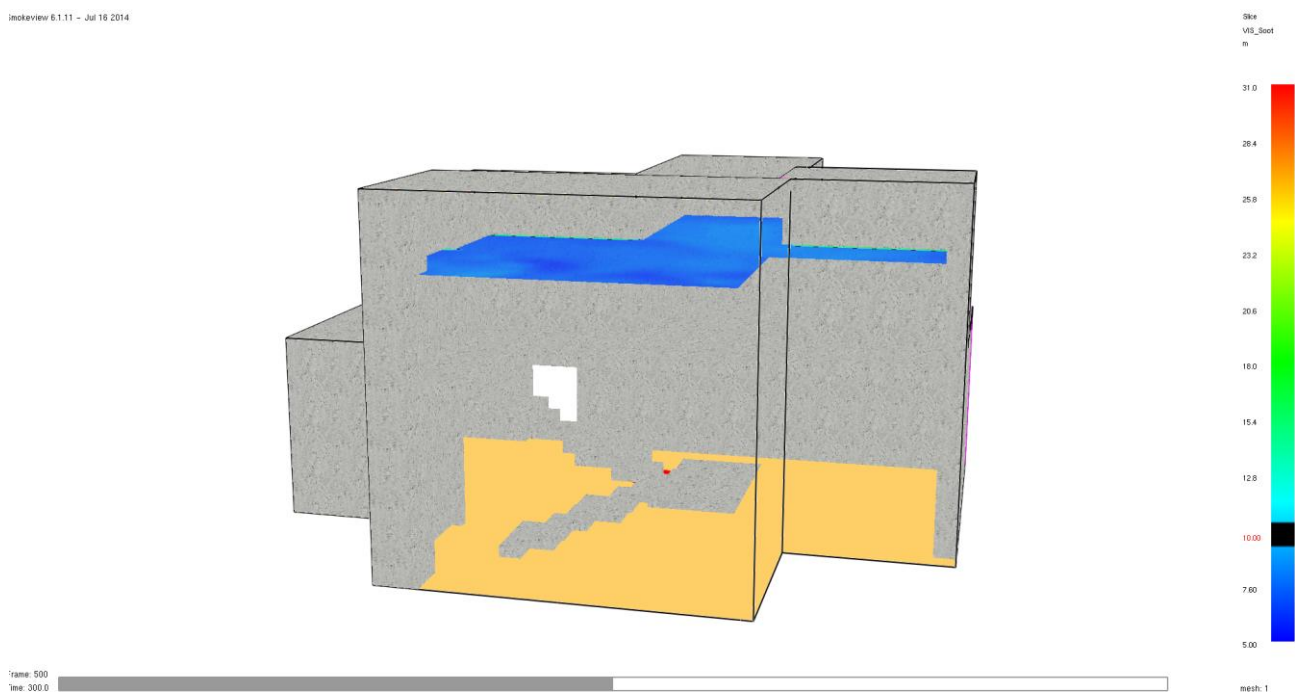
Rys.23 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 153 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



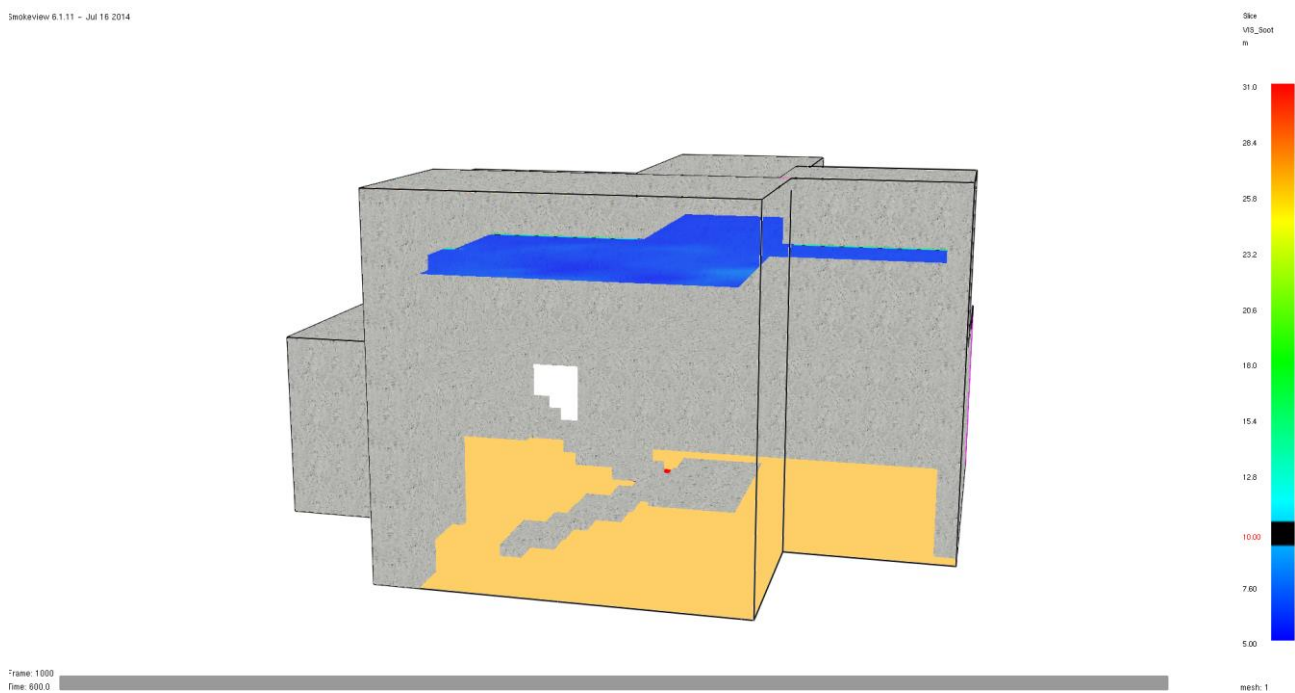
Rys.24 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 180 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.25 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 300 s.

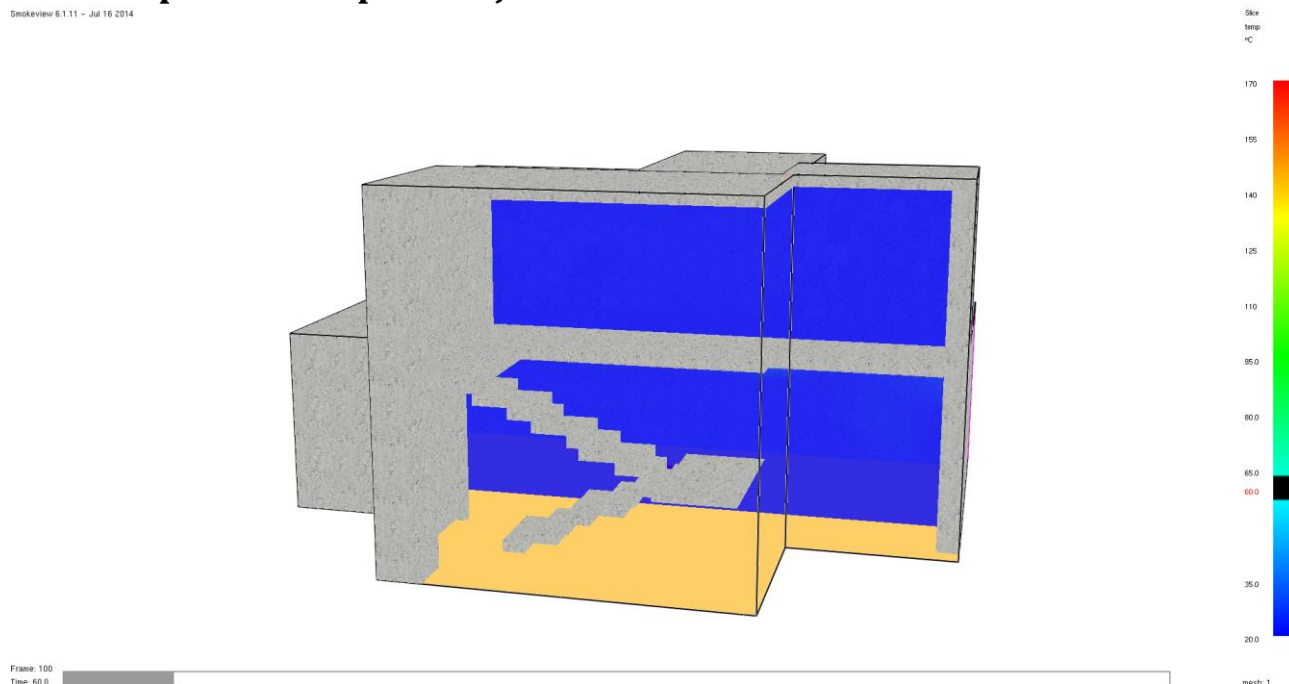
Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.26 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 600 s.

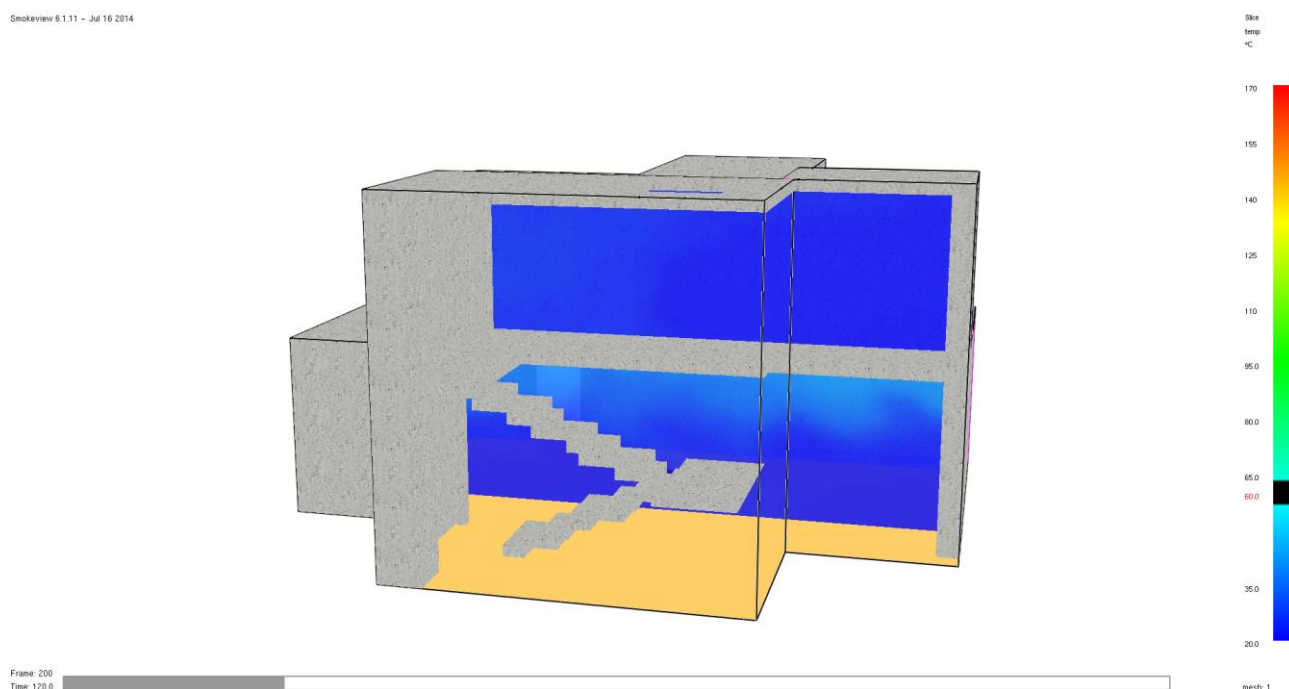
8.7. Temperatura w przekroju klatki

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



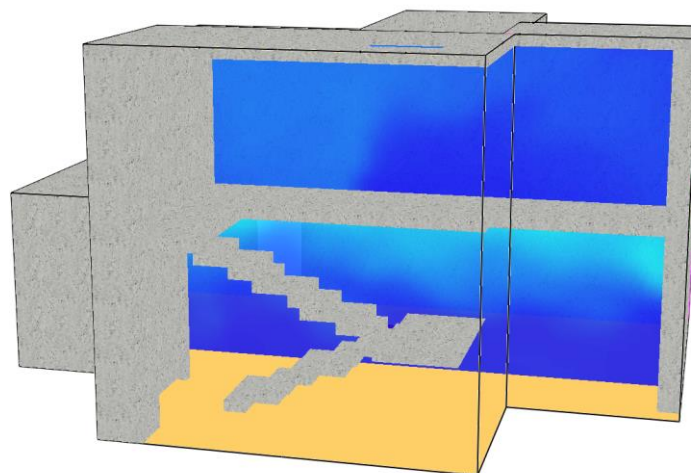
Rys.27 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 60 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.28 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 120 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014

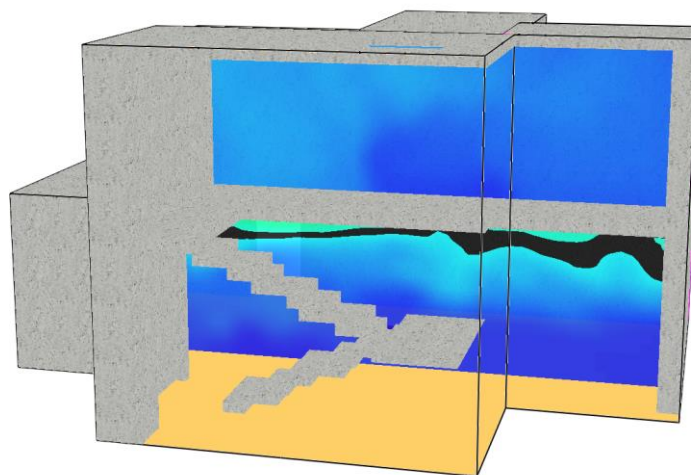


Frame: 255
Time: 153.0



Rys.29 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 153 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014

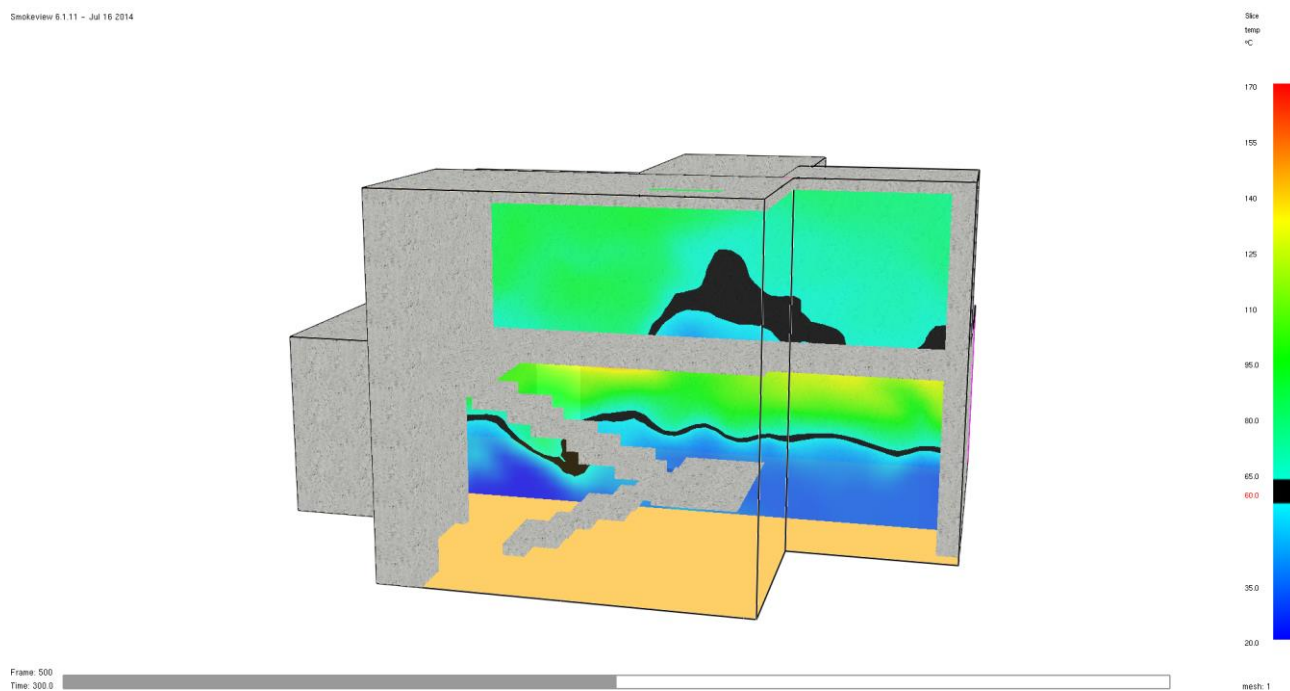


Frame: 300
Time: 180.0



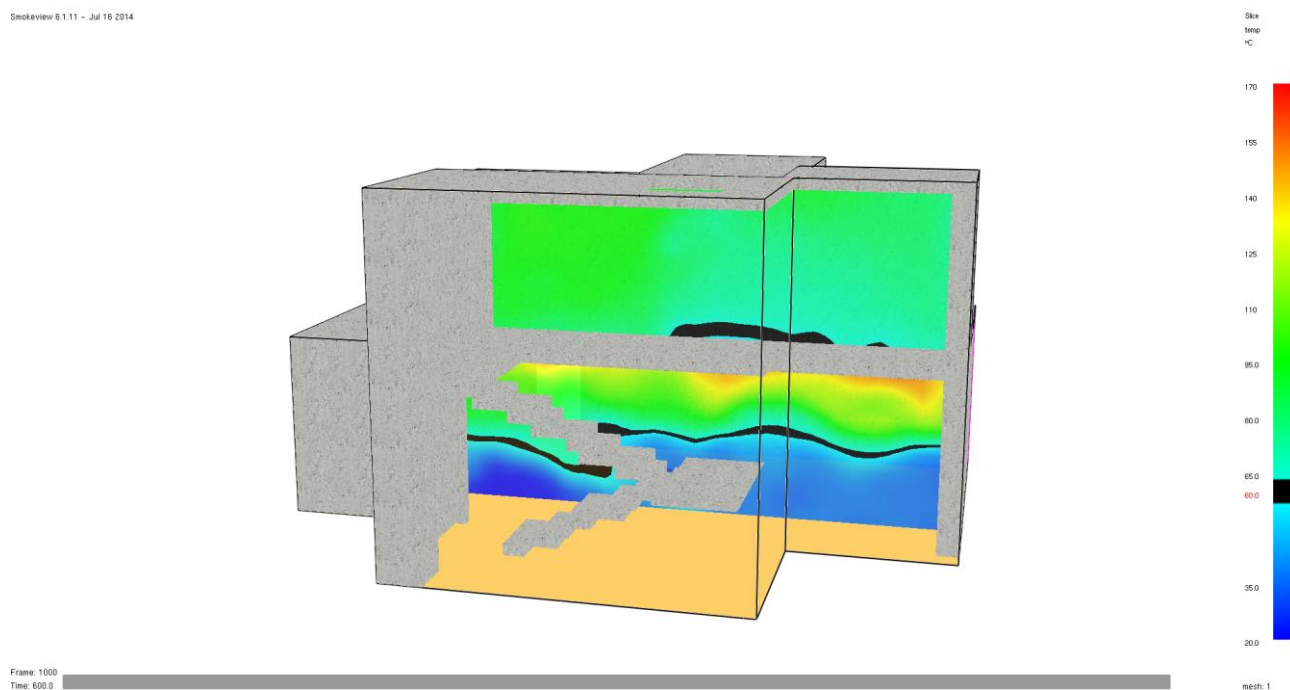
Rys.30 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 180 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.31 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 300 s.

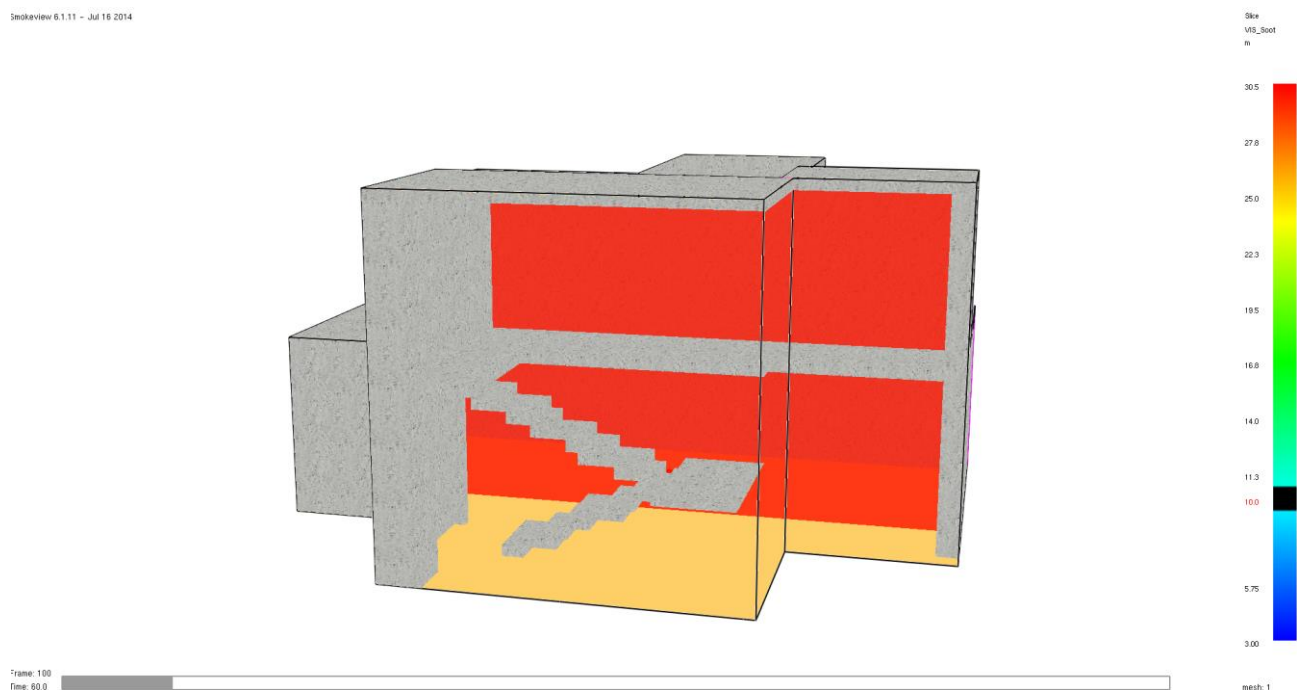
Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.32 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca temperaturę w 600 s.

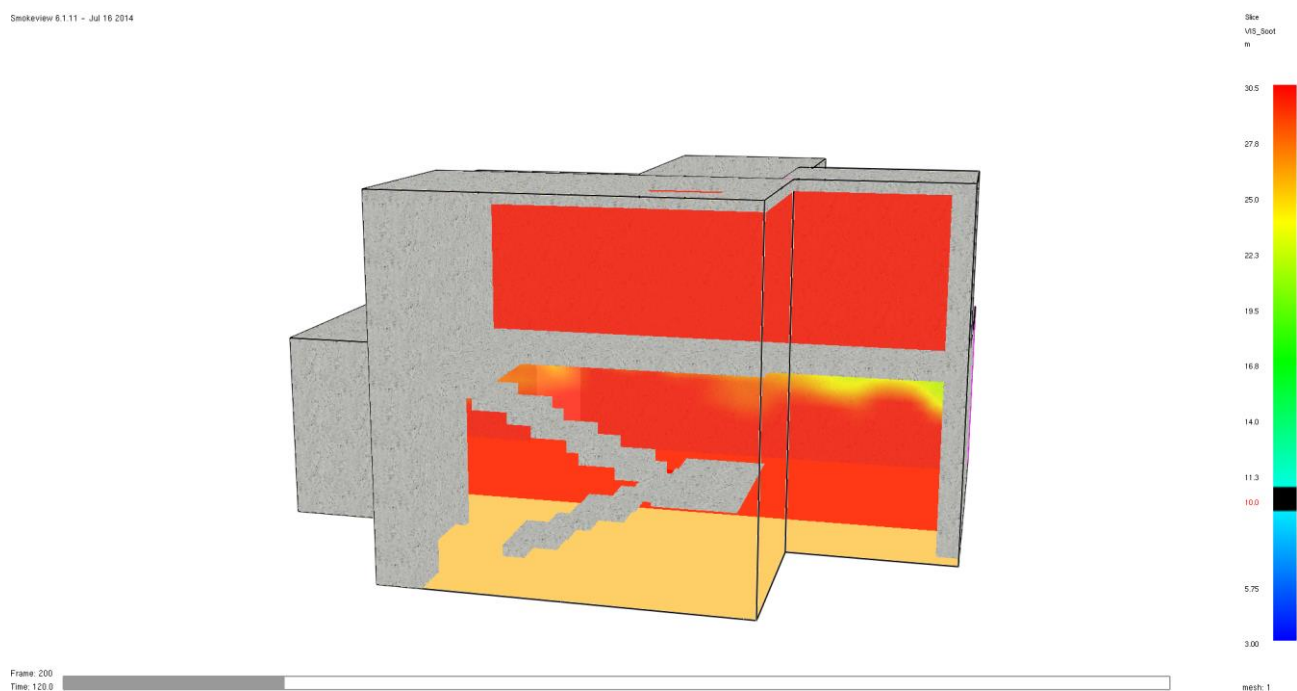
8.8. Widoczność w przekroju klatki

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



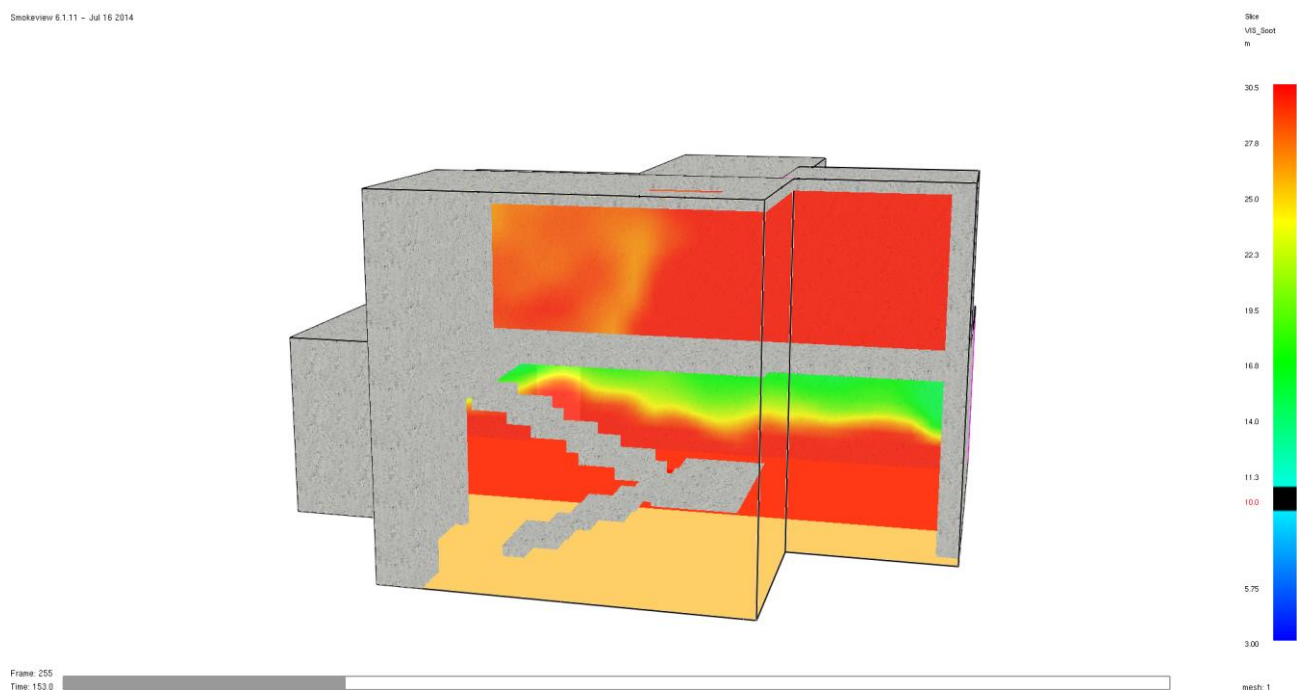
Rys.33 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 60 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



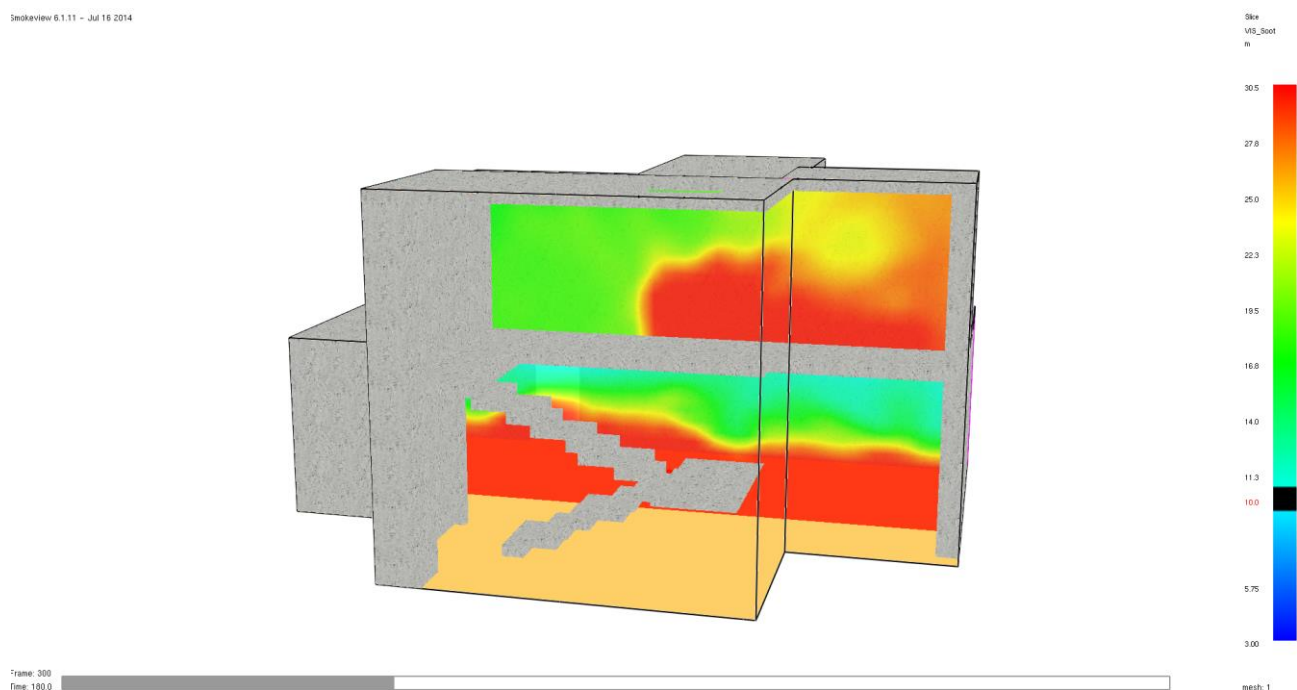
Rys.34 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 120 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



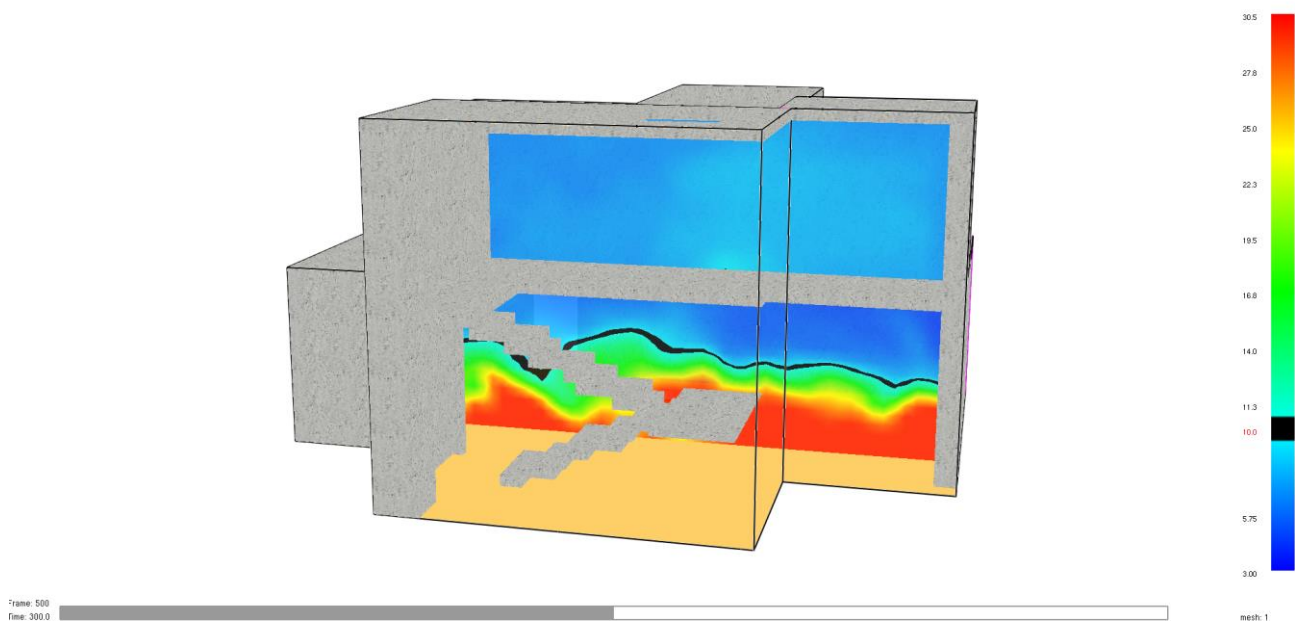
Rys.35 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 153 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



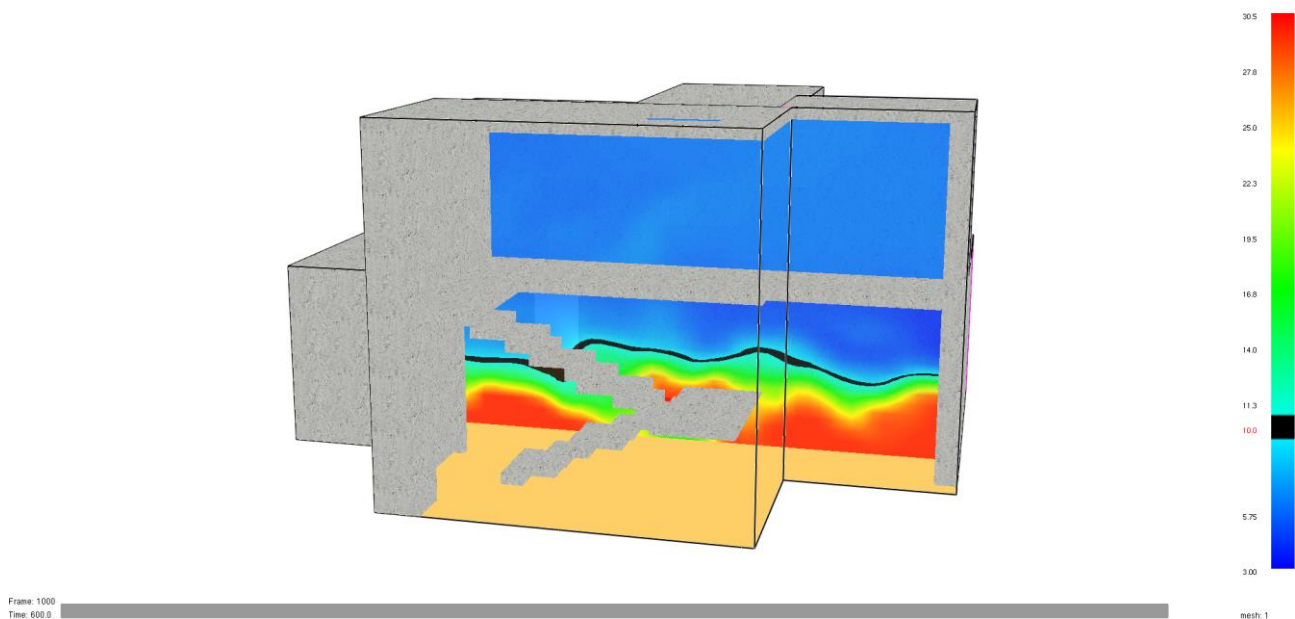
Rys.36 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 180 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.37 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 300 s.

Smokeview 6.1.11 - Jul 16 2014



Rys.38 Płaszczyzna wynikowa charakteryzująca widoczność w 600 s.

9. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę wyliczony czas ewakuacji, który wynosi 153 s stwierdza się, że ewakuacja z budynku zostanie zakończona zanim powstaną warunki zagrażające jego użytkownikom. Temperatura oraz widoczność na drogach ewakuacyjnych na poziomie 1,8 m nie przekracza dopuszczalnych wartości. Zaprojektowany system oddymiania skutecznie usuwa dym i zanieczyszczenia powstałe w wyniku pożaru.

10. Literatura

1. PD 7974 -6: 2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part6: Human Factors: Life safety strategies.
2. Ratajczak D. "Rozwiązania zamienne w ochronie przeciwpożarowej" Ochrona Przeciwpożarowa 3/2005.
3. NFPA 204, "Standard for Smoke and Heat Venting" 2002 Edition.
4. Fire Dynamics Simulator Version 5 – Technical Reference Guide, NIST 2004.
5. Fire Dynamics Simulator Version 5 – Users Guide, NIST 2004.
6. PyroSim 2010 – Instrukcja obsługi, Thunderhead Engineering 2010/STIGO.
7. Forum wentylacja 2004 - Metoda CFD Jako narzędzie do projektowania wentylacji pożarowej garaży podziemnych – mgr inż. Grzegorz Sztarbała.
8. Bogdan Mizieliński - Kondygnacyjny system oddymiania budynków.
9. 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.
10. Tunneling and underground space technology – On safety systems for underground car parks – W. K. Chow.

11. Tunneling and underground space technology – The use of impulse ventilation for smoke control in underground car parks – Joao Carlos Viegas.
12. Science Direct - Numerical simulations on fire spread and smoke movement in an underground car parks – X. G. Zhang – University Beijing.
13. Piotr Smardz, Janusz Paliszek - Saładyga - zalecenia dotyczące prawidłowego stosowania modelu CFD w symulacjach pożarowych dla programu Fire Dynamics Simulator.
14. TNO (Dutch organization for applied scientific research) Building and Construction Research; The effectiveness of thrust ventilation in enclosed car parks. Fire tests and simulation, 1999, TNO rapport CVB-RR1442.
15. Przewodnik Wentylacja strumieniowa garaży, wersja 1.0.2 – SMAY Kraków.
16. BRE Building Research Establishment. Projekt Fire Spread In Car Parks BD 2552 (Pożary w zamkniętych parkingach BD 2552).
17. Procedury Organizacyjno-Techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż to określono w przepisach techniczno-budowlanych, w przypadkach wskazanych w tych przepisach, oraz stosowania rozwiązań zamiennych, zapewniających niepogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej, w przypadkach wskazanych w przepisach przeciwpożarowych - Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej.