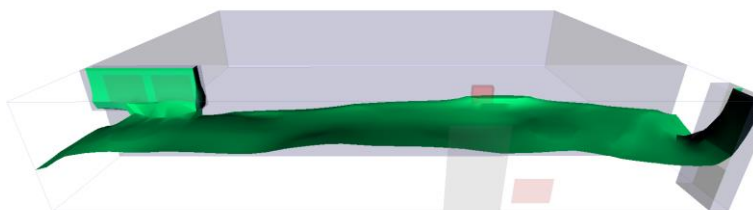


Analiza systemu wentylacji pożarowej poziomych dróg ewakuacyjnych dla kondygnacji parteru oraz -1

OBIEKT

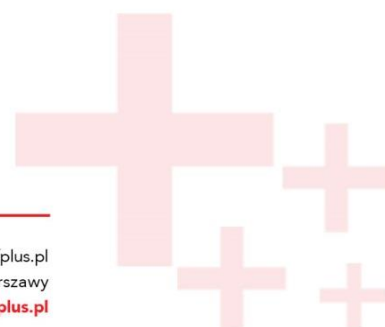
DOM STUDENCKI „ŻACZEK”
ul. Wołoskiej 141
w Warszawie



Opracował:

mgr inż. Paweł Wróbel

Warszawa, wrzesień 2016 r.



SPIS TREŚCI

1. Cel i zakres opracowania	3
2. Założenia przyjęte do analiz	4
2.1. Model przestrzenny	4
2.2. Przyjęte założenia dotyczące systemu wentylacji pożarowej	6
2.3. Przyjęte scenariusze rozwoju pożaru	6
2.4. Umieszczenie, wielkość i szybkość rozwoju pożaru	7
2.5. Analizowane parametry pożaru	9
2.6. Przewidywany czas ewakuacji	11
3. Opis programu SMARTFIRE	12
4. Wyniki symulacji	13
4.1. Wyniki symulacji wg. scenariusza nr 1	13
5. Wnioski i podsumowanie dla symulacji	37
6. Literatura	39
7. Załączniki	40

1.Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest analiza skuteczności działania systemu wentylacji oddymiającej poziomych dróg ewakuacyjnych na kondygnacjach parteru oraz poziomu -1 w budynku Domu Studenckiego „ŻACZEK” przy ul. Wołowskiej 141 w Warszawie.

W budynku tym przewidziano oddymianie korytarza stanowiących drogi ewakuacyjne na kondygnacji parteru i poziomu -1 w związku z opracowaną dla budynku ekspertyzą techniczną.

W opracowaniu analizie podlega skuteczność systemu w kontekście parametrów pożarowych krytyczne dla zdrowia i życia ludzi, w tym:

- współczynnika ekstynkcji światła (widzialność),
- temperatury,

w czasie niezbędnym dla ewakuacji ludzi z analizowanych przestrzeni.

Do zrealizowania celu opracowania wykorzystany został program komputerowy SMARTFIRE służący do modelowania warunków w budynku w czasie trwania pożaru. Zrealizowane symulacje wentylacji pożarowej przeprowadzone były w oparciu o otrzymane informacje na temat parametrów technicznych i architektonicznych budynku oraz koncepcji systemu wentylacji pożarowej opracowanej przy współpracy firmy MAKRO- BUDOMAT DEVELOPMENT SP. Z O.O.

Jako reprezentatywny dla czterech występujących w analizowanym obszarze budynków przypadków oddymiania jako reprezentatywny przeanalizowano korytarz na kondygnacji -1 przedstawiony na rysunku nr 1. Wyniki analizy odnoszą się do wszystkich pozostałych oddymianych korytarzy.

2. Założenia przyjęte do analiz

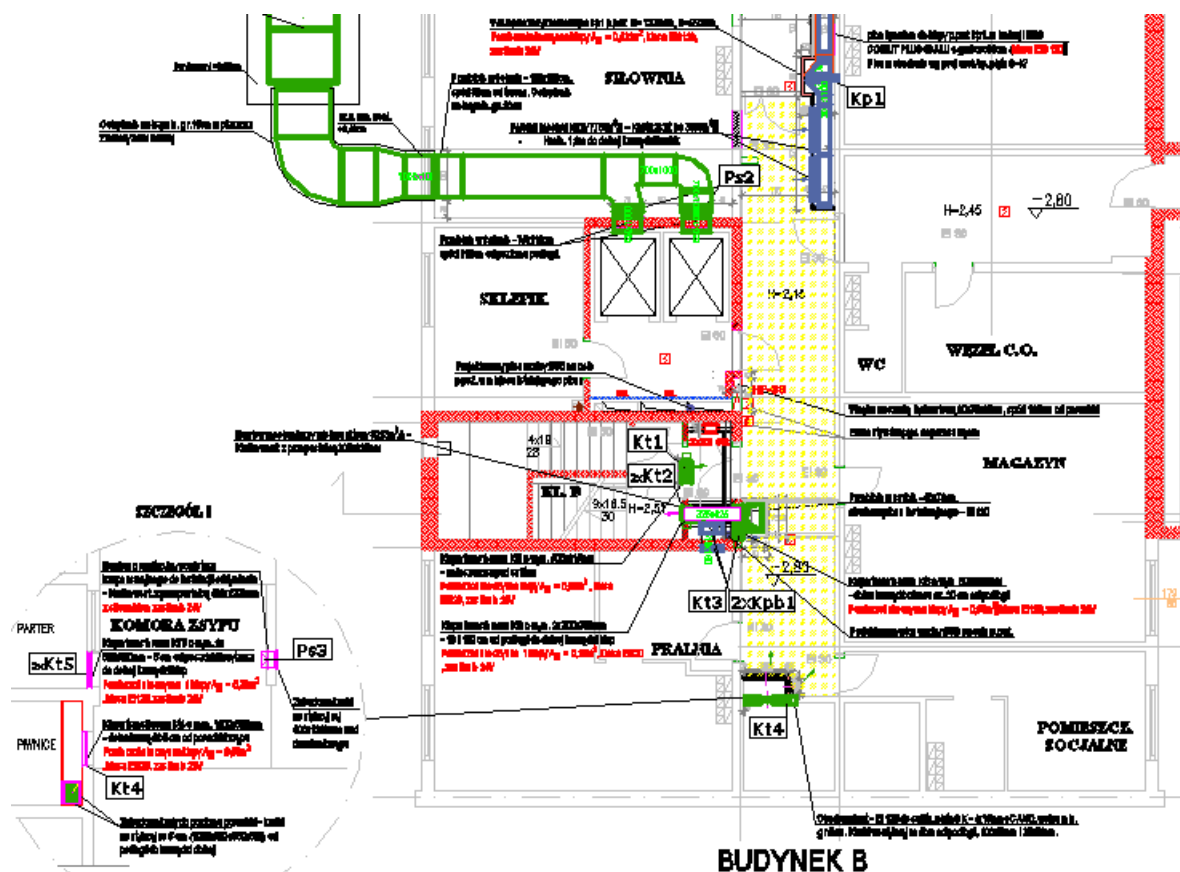
2.1. Model przestrzenny

Do przeprowadzenia analizy wykorzystano reprezentatywne z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe korytarze budynku, odwzorowane poprzez trójwymiarowe modele. Rysunek 1 ilustruje projekt architektoniczny lokalu. Rysunek 2 prezentuje opracowany model 3D.

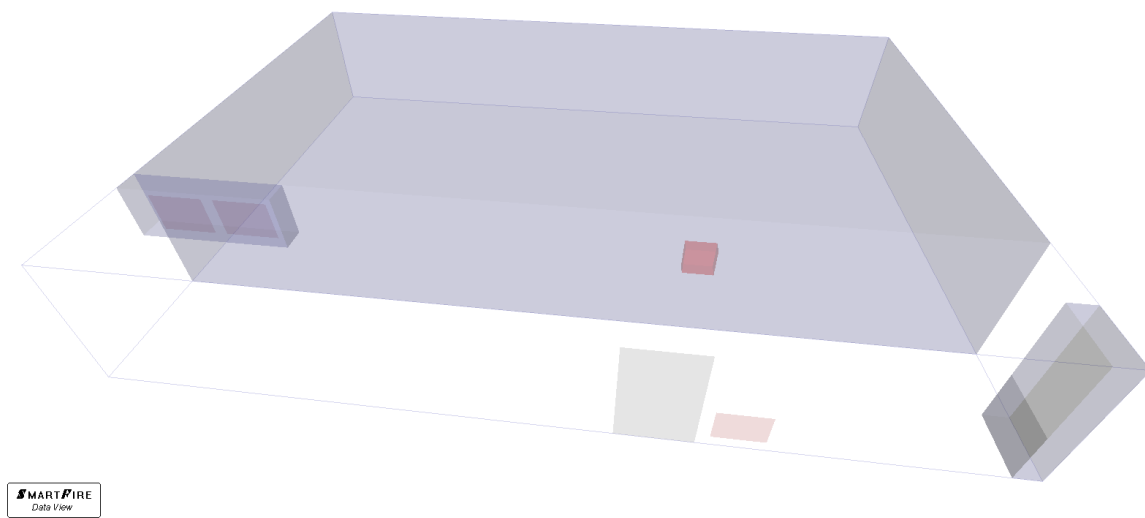
W modelu 3D zostały zastosowane uproszczenia w architekturze obiektu, wynikające z możliwości dostosowania projektu architektonicznego do modelu w środowisku programu komputerowego.

Model stworzony został na podstawie otrzymanych od Zamawiającego rysunków architektonicznych.

W modelach 3D zostały zastosowane uproszczenia w architekturze obiektu, wynikające z możliwości dostosowania projektu architektonicznego do modelu w środowisku programu komputerowego.



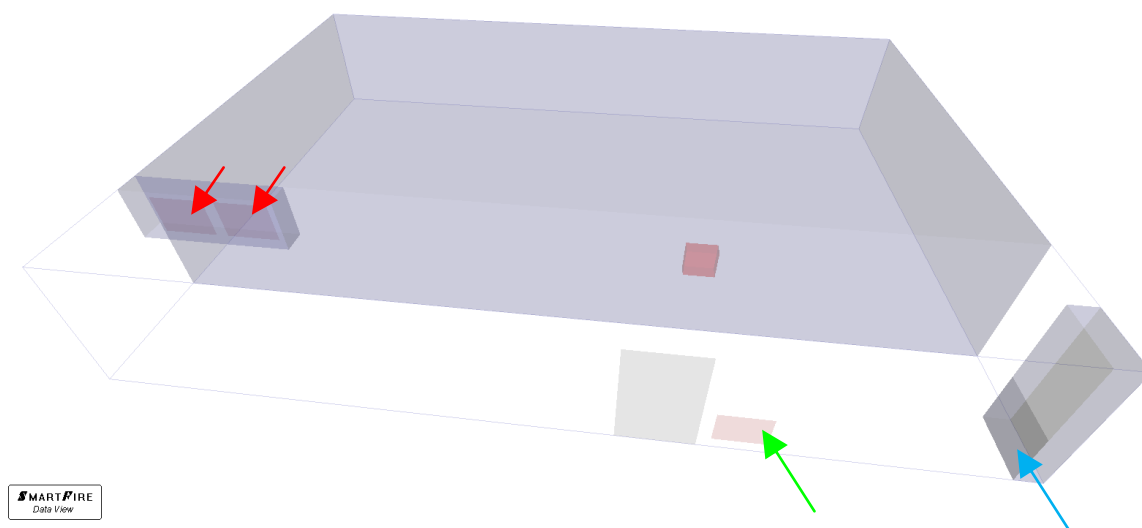
Rys 1. Rzut analizowanego korytarza na poziomie -1 (scenariusz reprezentatywny)



Rys. 2. Modele 3D – korytarz na poziomie -1 w budynku B

2.2. Przyjęte założenia dotyczące systemu wentylacji pożarowej

Zgodnie z koncepcją opracowaną przez firmę MAKRO- BUDOMAT DEVELOPMENT SP. Z O.O., w modelu założono wyciąg o łącznej wydajności około $7780\text{m}^3/\text{h}$, realizowany poprzez 2 kratki wyciągowych o wydajności $3890\text{m}^3/\text{h}$ każda. Kratki wyciągowe zlokalizowano w układzie pionowym minimum $1,8\text{m}$ nad posadzką. W korytarzu nie przewiduje się stosowania sufitu podwieszonego. Kompensację powietrza przewidziano poprzez nawiew grawitacyjny z którą zlokalizowana w dolnej części korytarza w miejsce maksymalnie oddalonym od punktów wyciągowych. Dodatkowo kompensacja następowała będzie wyniku działania systemu zapobiegania zadymieniu w klatkach schodowych. W analizie przyjęty scenariusz zakłada nawiew z systemu zapobiegania zadymieniu poprzez kratę transferową (drzwi do klatki zamknięte) z wydajnością około $4600\text{m}^3/\text{h}$. Na drogach ewakuacyjnych nie przewiduje się składowania materiałów palnych. W lokalu zainstalowany zostanie system sygnalizacji pożaru umożliwiający detekcję dymu oraz alarmowania II stopniowego. Przewidziano, że alarm II stopnia generowany będzie m.in. w wyniku koincydencji zadziałania II czujek dymu.



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia otworów nawiewnych i oddymiających (nawiew mechaniczny (transfer) – strzałka zielona, nawiew grawitacyjny – strzałka niebieska, oddymianie – strzałka czerwona)

W analizie przyjęto jako niezbędny warunek konieczność wykonania wszystkich drzwi z pomieszczeń przylegających do oddymianych korytarzy jako drzwi przeciwpożarowych o odporności ogniowej EI30 wyposażonych w samozamykacze. Blokowanie drzwi w pozycji otwartej lub częściowo otwartej jest bezwzględnie zabronione.

Na drogach ewakuacyjnych zabronione jest przechowywanie i składowanie materiałów palnych.

2.3. Przyjęte scenariusze rozwoju pożaru

W celu sprawdzenia skuteczności zadziałania projektowanych systemów wentylacji pożarowej zrealizowano symulację przebiegu pożaru w analizowanych przestrzeniach dróg komunikacji ogólnej analizowanego budynku. Symulacja ta została przeprowadzona na podstawie opracowanego projektu systemu wentylacji, informacji na temat parametrów technicznych i architektonicznych budynku oraz systemu wentylacji pożarowej zgodnie, wg. poniższych scenariuszy:

Scenariusz symulacji z przyjętą niekorzystną lokalizacją pożaru wg rysunku nr 5 (pożar w pomieszczeniu):

- w momencie detekcji pożaru wyłączona zostaje wentylacja bytowa oraz wysterowane zostają elementy układu zgodnie ze scenariuszem pożaru;
- po 60 sekundach od początku symulacji uruchomione zostają wentylatory oddymiające;
- pełna wydajność wentylatorów oddymiających zostaje osiągnięta w 90 sekundzie symulacji;
- drzwi do pomieszczenia w którym zlokalizowany został pożar pozostają w pozycji otwartej do 180 sekundy (zakłada się wystąpienie pożaru w trakcie obecności użytkowników lokalu, w tym przeszkolonego personelu) – czas ten przyjęto jako niezbędny do opuszczenia pomieszczenia oraz zamknięcia drzwi i/lub podjęcia skutecznej akcji gaśniczej;

Symulacja kończy się po 600 sekundach.

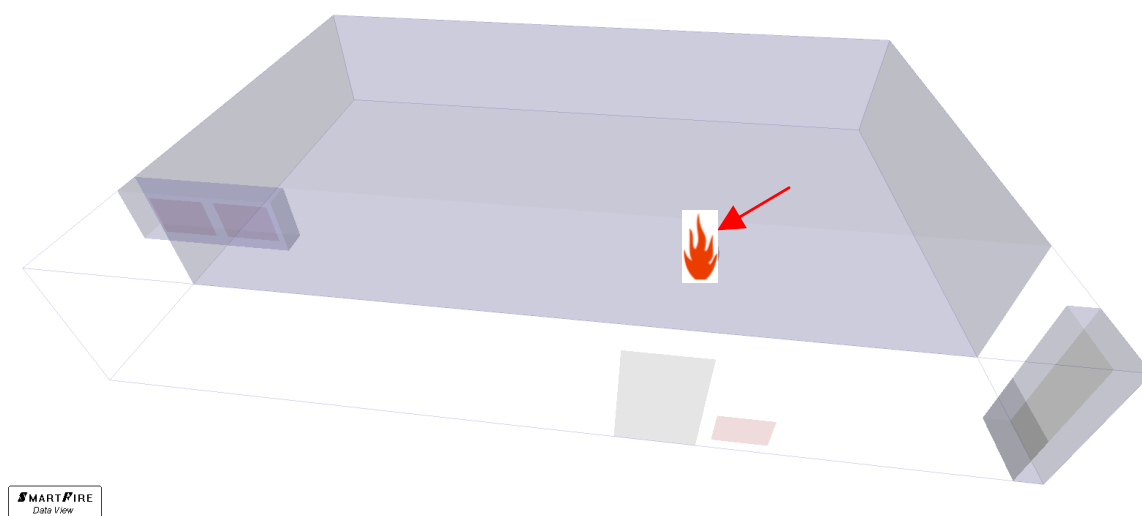
2.4. Umiejscowienie, wielkość i szybkość rozwoju pożaru

W celu zbadania rozwoju temperatury i zadymienia w obiekcie wykonano symulacje z niekorzystnym, prawdopodobnym położeniem pożaru.

Pozycja pożaru w symulacjach dla poszczególnych scenariuszy została zaprezentowana na rysunku 5.

Do symulacji przyjęto pożar o następujących parametrach:

- Rozmiar pożaru stały o rozmiarach – 0,8m długości - 0,8m szerokości - 0,8m wysokości;
- przyjęto rozwój pożaru (średni) dla $\alpha=0,0117$
- Współczynnik produkcji sadzy wynosił 0,06 kg/kg spalanego materiału.
- Ciepło spalania spalanego materiału ustalono na poziomie 30 MJ/kg.



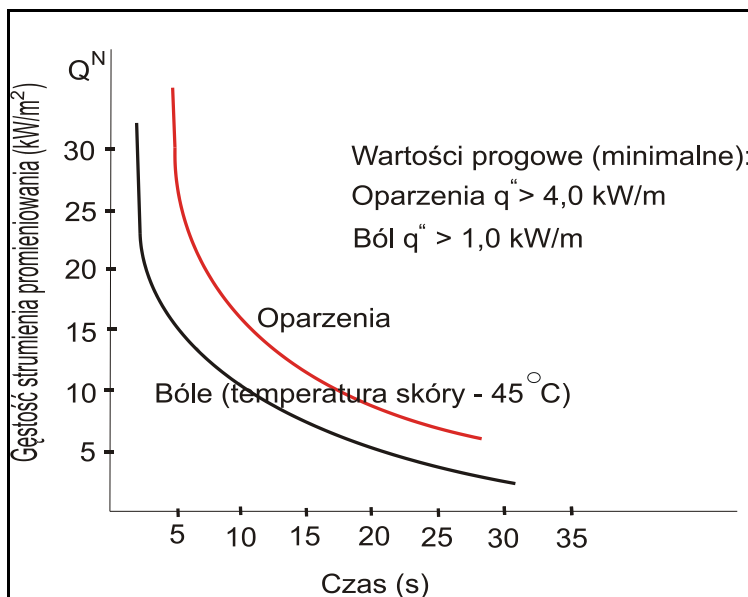
Rys. 5. Pozycja pożaru w analizowanej symulacji wg przyjętego scenariusza (pozycja pożaru została zaznaczona czerwoną strzałką).

2.5. Analizowane parametry pożaru

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

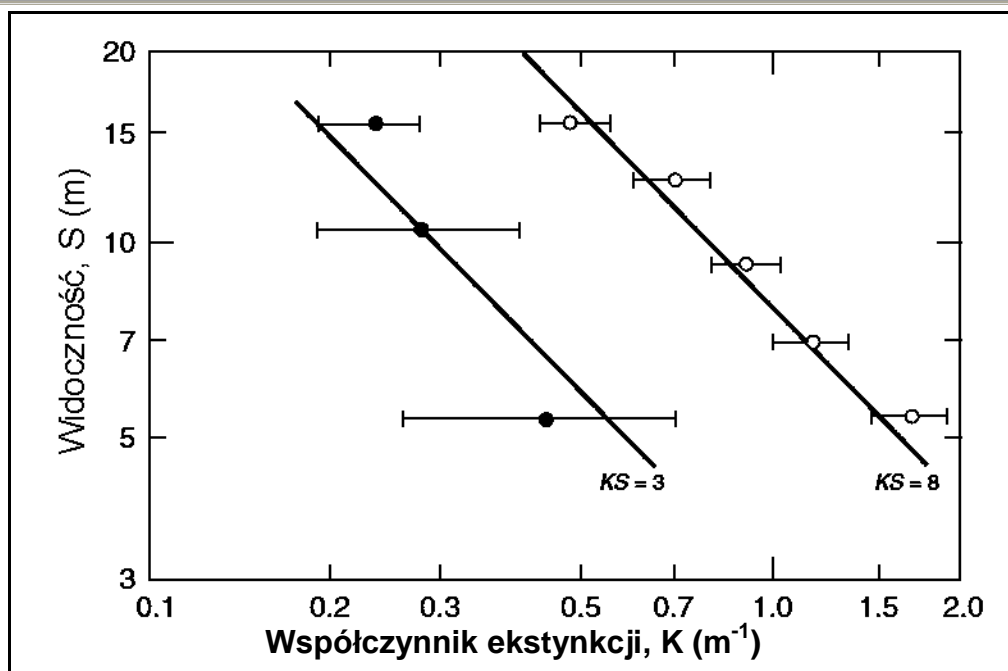
Jako wartości krytyczne przyjęto:

- temperatura warstwy podsufitowej dymu w czasie ewakuacji = 200°C ;
- temperatura powietrza na drodze ewakuacyjnej = 60°C ;
- promieniowanie cieplne zgodnie z rysunkiem 6. Graniczna wartość zależy od czasu ekspozycji np. $2,5 \text{ kW/m}^2$ w czasie 30 s;



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

- współczynnik ekstynkcji (pochłaniania światła) = $0,5 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ na wysokości 1,8m – który odpowiada szacowanemu zasięgowi widzialności elementów konstrukcyjnych = 6 [m], (zgodnie z rysunkiem nr 7) dla iloczynu widzialności i współczynnika ekstynkcji $K \cdot S = 3$;
- wartość współczynnika ekstynkcji $0,5 \text{ m}^{-1}$ pozwala jednocześnie przyjąć występowanie bezpiecznych warunków ewakuacji pod względem toksyczności.



Rys.11. Zasięg widoczności w funkcji współczynnika ekstynkcji światła.

Przekroczenie wartości dla jednego z wymienionych parametrów w obszarze korytarza w jego znaczącym obszarze w czasie przewidzianym do ewakuacji, oznaczać będzie znaczne utrudnienie możliwości ewakuowania się ludzi z danej przestrzeni.

W symulacji zweryfikowano także konieczność wprowadzenia obowiązkowego przeszkolenia personelu w zakresie zachowania na wypadek pożaru. Kryterium w tym przypadku było osiągnięcie warunków krytycznych z uwagi na wymagania dla ewakuacji przed upływem czasu równego wymaganemu czasowi bezpiecznej ewakuacji określonego w pkt. 2.6

W symulacji ocenie podlegała także skuteczność systemu oddymiania.

2.6. Przewidywany czas ewakuacji

Na Wymagany Czas Bezpiecznej Ewakuacji, który trwa od momentu powstania pożaru do momentu, gdy wszyscy użytkownicy danej przestrzeni znajdują się w innej strefie pożarowej – na klatce schodowej – składa się z sumy szeregu elementów.

Są to:

- czas detekcji,
- czas alarmu,
- czas rozpoznania,
- czas reakcji,
- czas przemieszczania się.

W przeprowadzonych symulacjach pożaru, dla oszacowania wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji, przyjęto następujące założenia:

- odległość z dowolnego miejsca w pomieszczeniach przylegających do korytarza do drzwi na zewnątrz budynku lub do drzwi do klatki schodowej nie przekracza 45 m.
- czas do zauważenia pożaru (suma czasu detekcji i czasu alarmu), niezależnie od systemu detekcji nie powinien przekroczyć 60 s (centrala SSP musi być zlokalizowana w miejscu ze stałą obsługą).
- suma czasów rozpoznania i reakcji (od momentu zauważenia pożaru do rozpoczęcia ewakuacji) nie powinna przekroczyć 60s dla osób znajdujących się w pomieszczeniach w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca w którym wystąpił pożar i 150s dla pozostałych osób.
- Założono równomierne rozmieszczenie ludzi w lokalu.

Przyjęto wartość prędkości przemieszczania się ludzi po drodze poziomej = 1,2 m/s oraz czas przejścia przez drzwi = 1,3 osoby/m*s.

W związku z wyżej wymienionymi założeniami oszacowano, że Wymagany Czas Bezpiecznej Ewakuacji do przestrzeni bezpiecznej nie powinien przekroczyć odpowiednio 150 dla osób znajdujących się w pomieszczeniach w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca w którym wystąpił pożar i 240 sekund dla pozostałych osób.

3. Opis programu SMARTFIRE

Do symulacji użyty został program SMARTFIRE v4.3 firmy U.G.M.T. (Greenwich University, Londyn UK). Jest to program klasy CFD służący do symulacji rozwoju pożaru i zadymienia w oparciu zasady dynamiki płynów. Program SMARTFIRE umożliwia symulowanie dowolnego problemu w zakresie rozwoju pożaru, transferu ciepła, promieniowania, przepływu powietrza, a także spalania. Program daje dobre odwzorowanie rzeczywistych warunków oraz umożliwia kontrolę na zakresie popełnianych błędów w procesie obliczeniowym.

W celu symulacji rozwoju pożaru i zadymienia w analizowanym przypadku zostały wykorzystane matematyczne modele przepływu, transferu ciepła, promieniowania, transportu dymu oraz turbulencji.

Symulacje wykonywane były przy stałym kroku czasowym wynoszącym co najwyżej 1 sekundę.

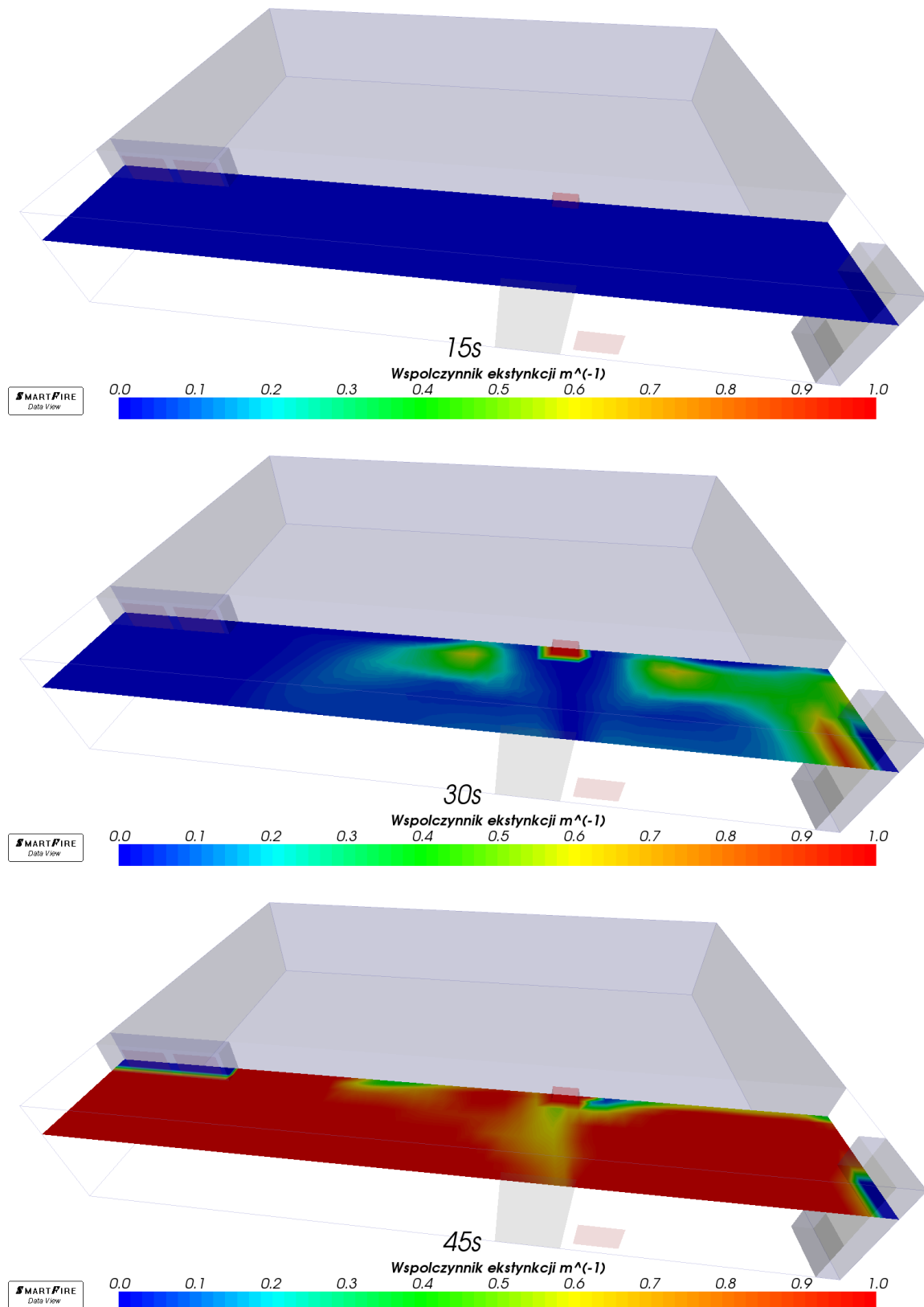
W czasie symulacji wykorzystywane były siatki obliczeniowe zawierające co najmniej 50 000 komórek.

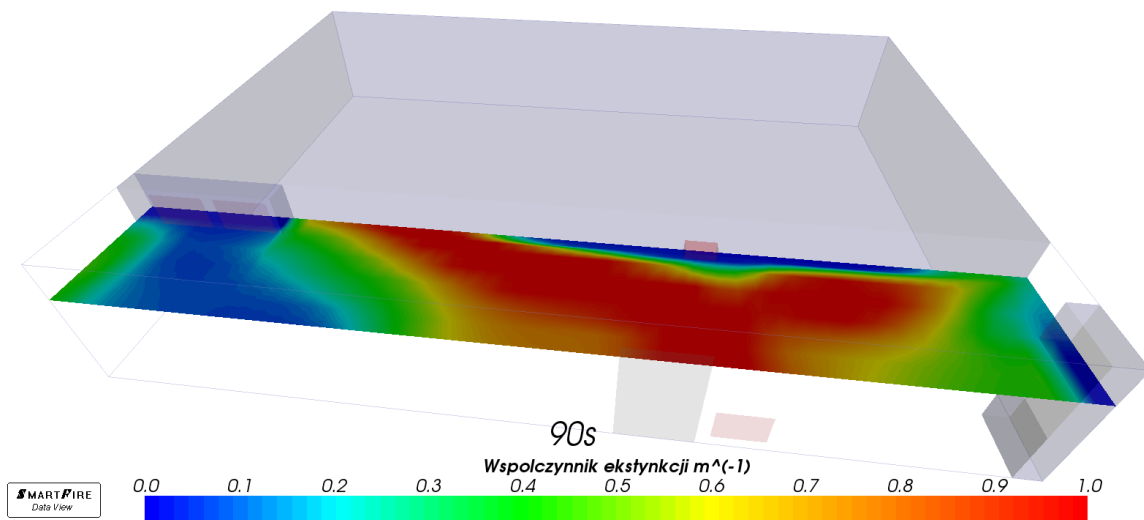
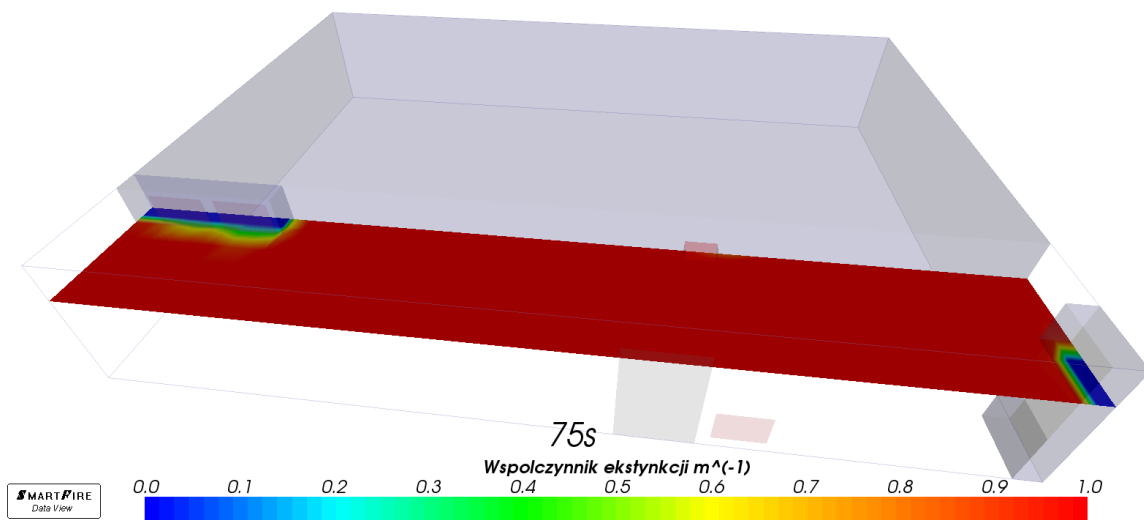
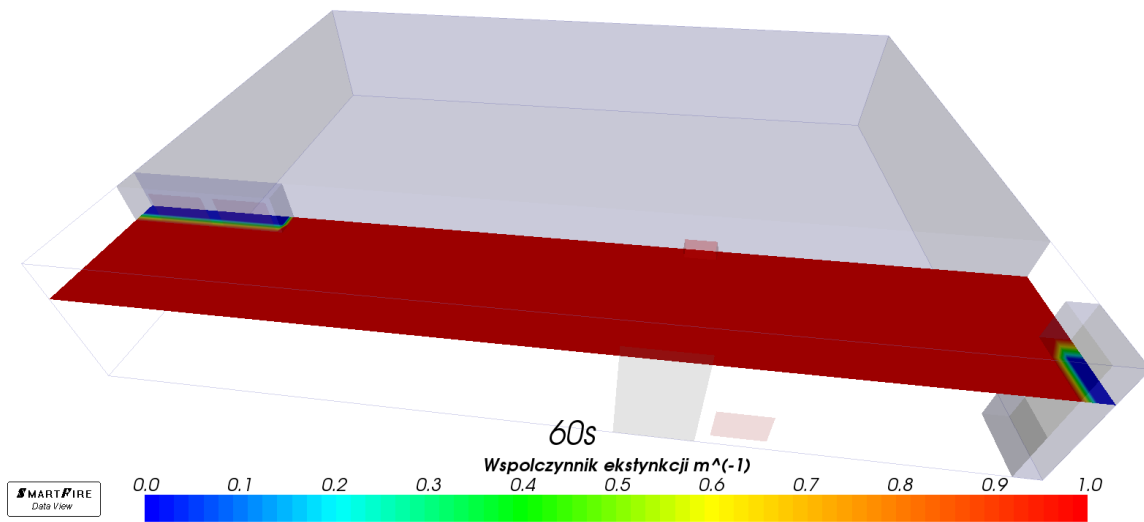
4. Wyniki symulacji

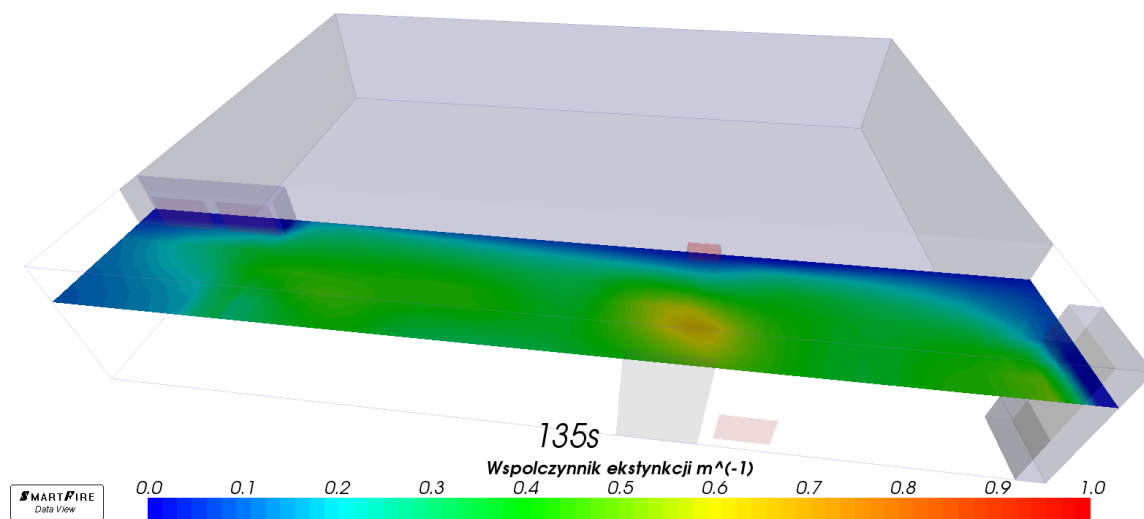
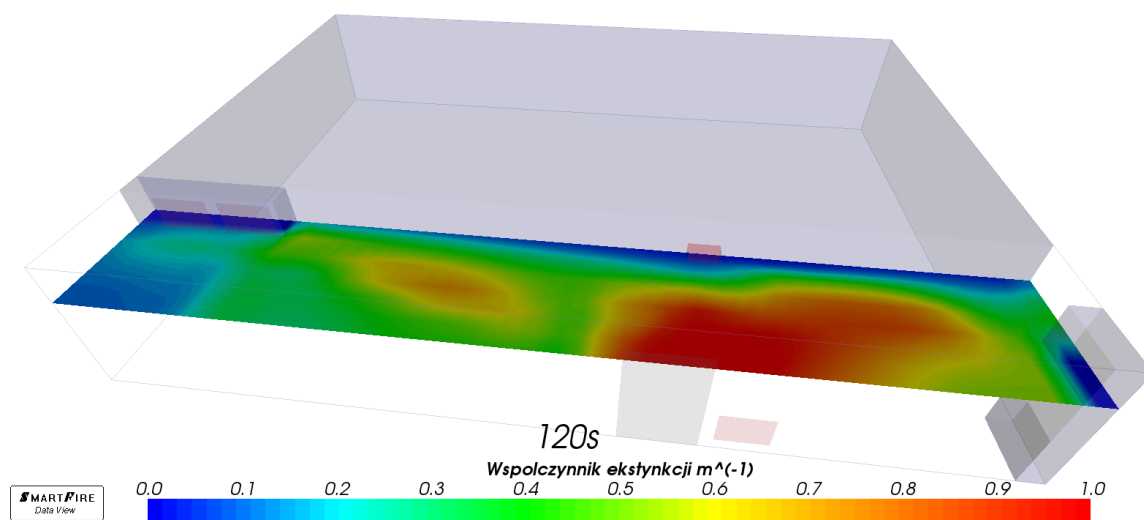
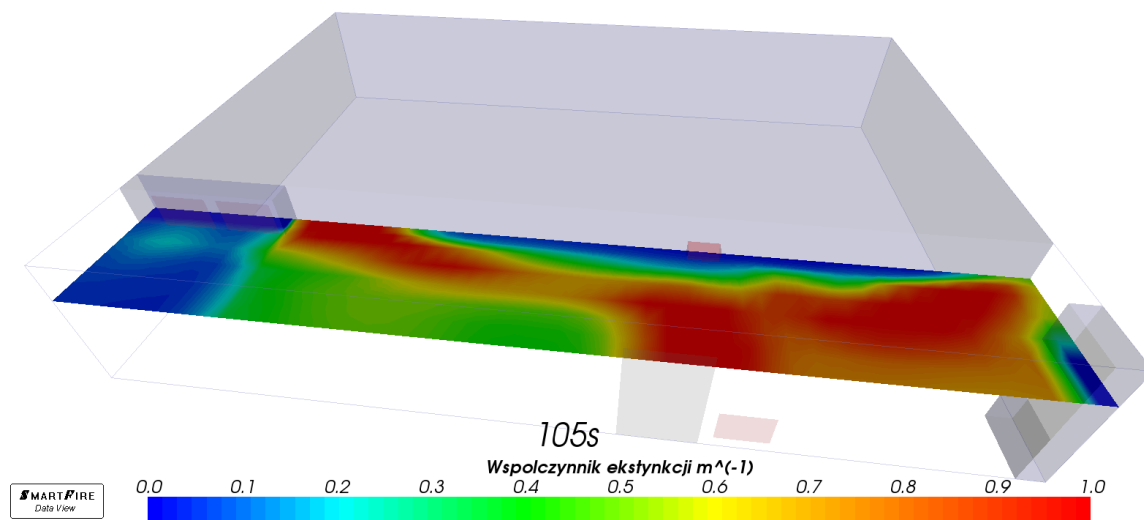
4.1. Wyniki symulacji wg. przyjętego scenariusza

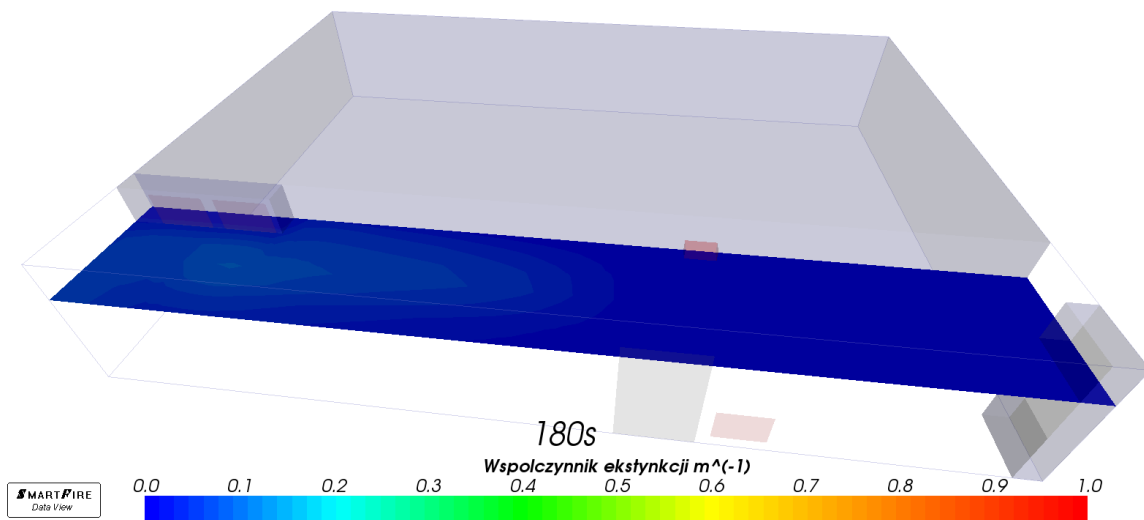
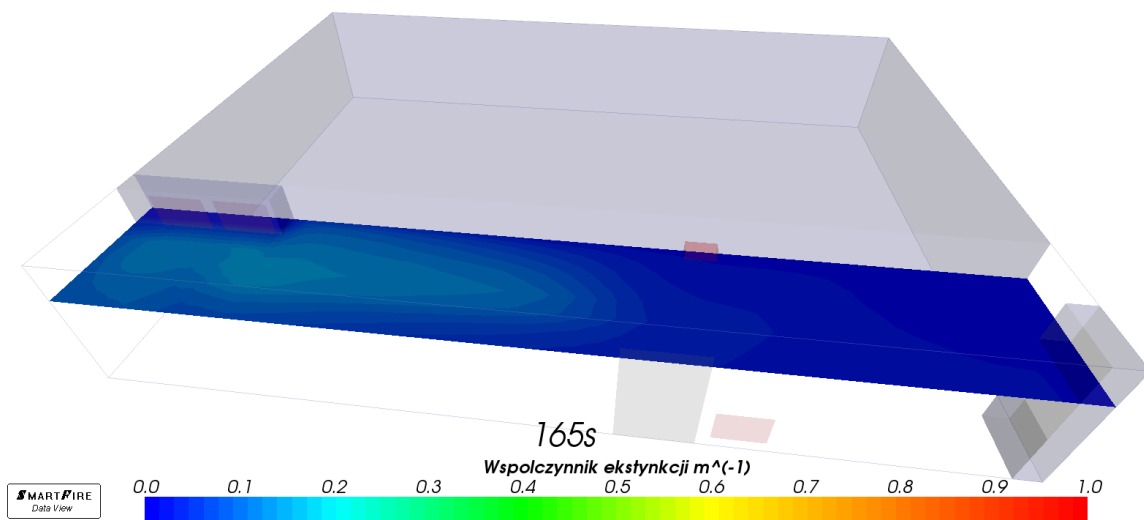
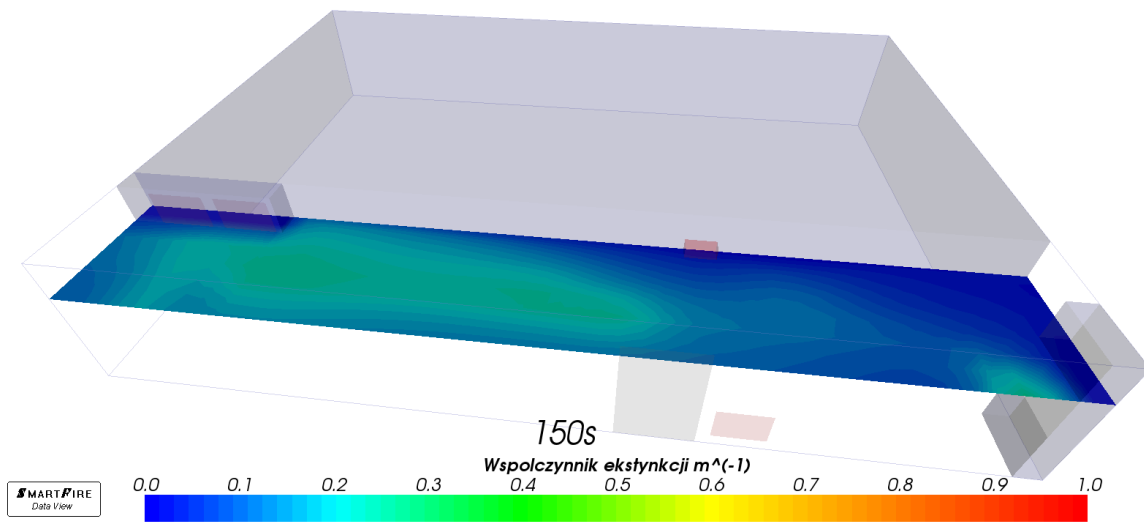
.

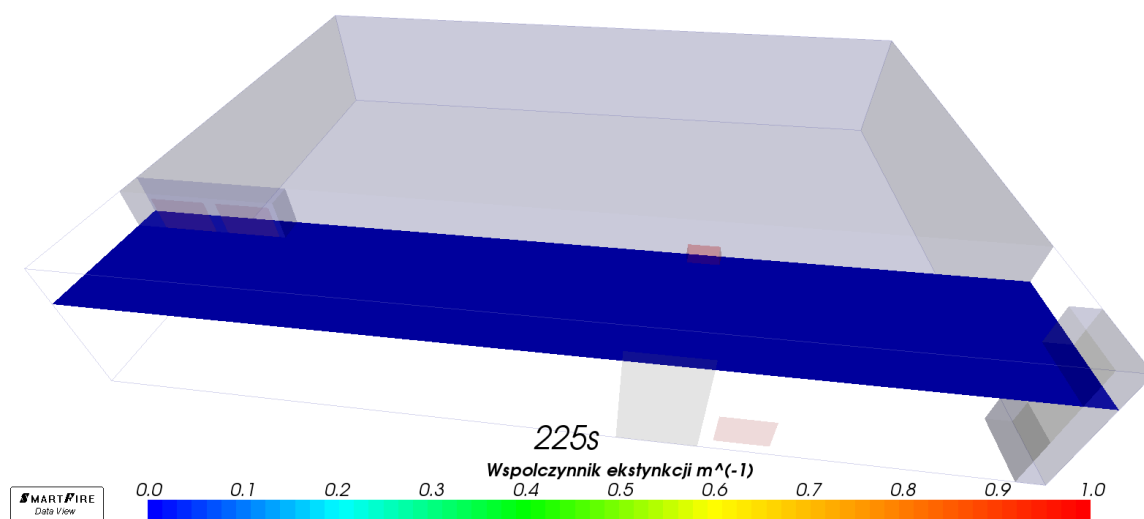
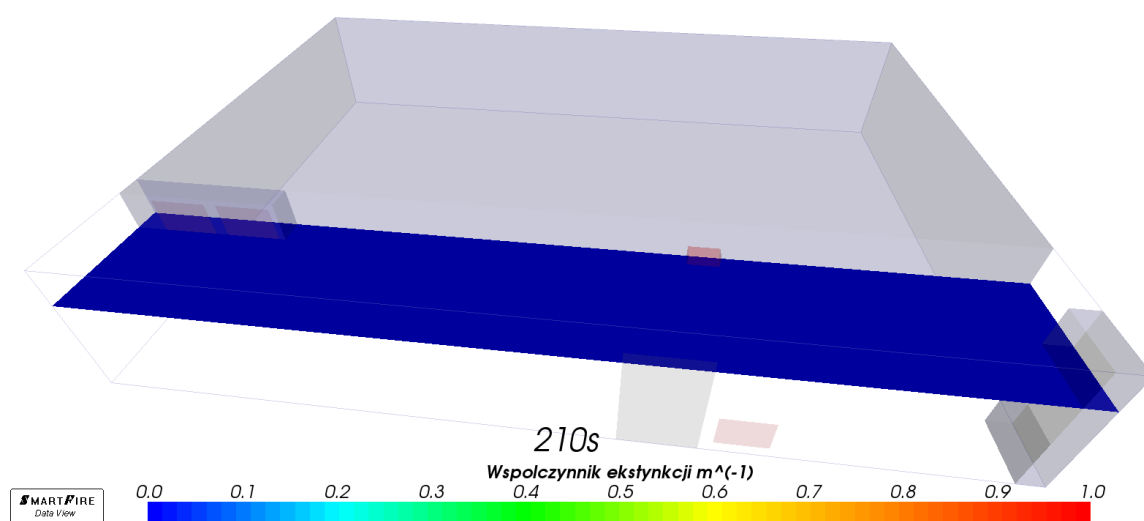
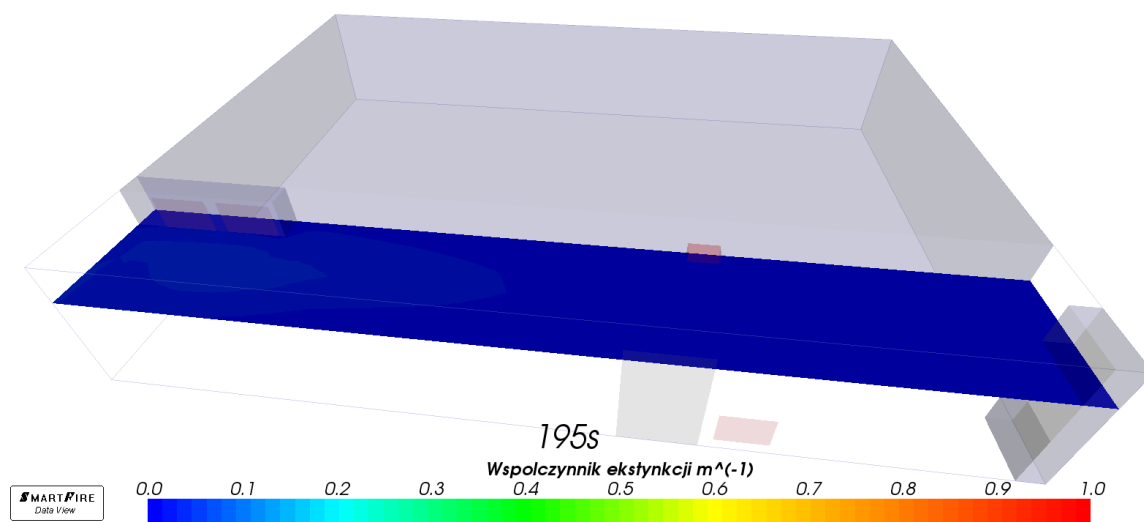
4.1.1. Symulacja nr 1. Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] na wysokości 1,8 m.

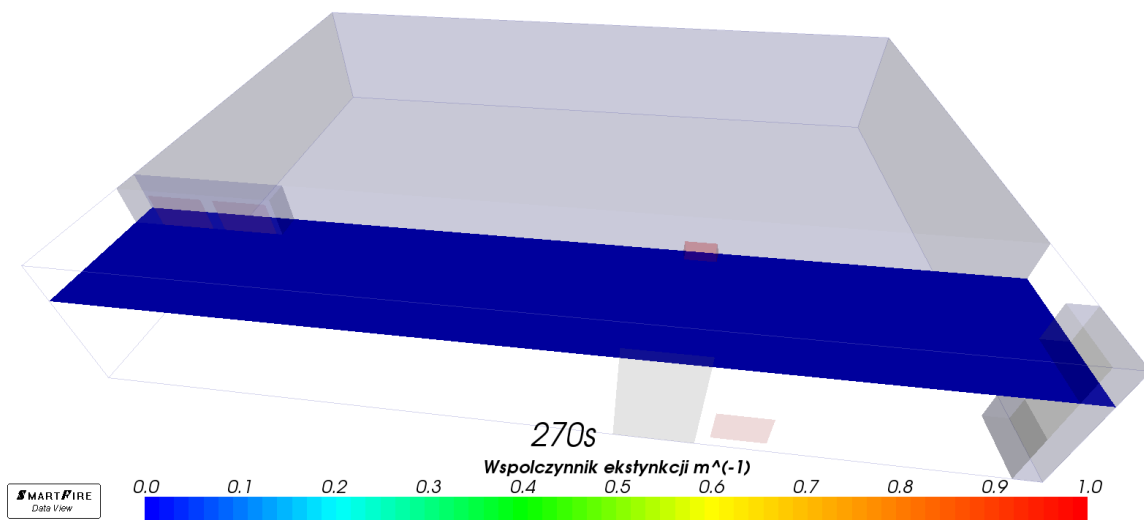
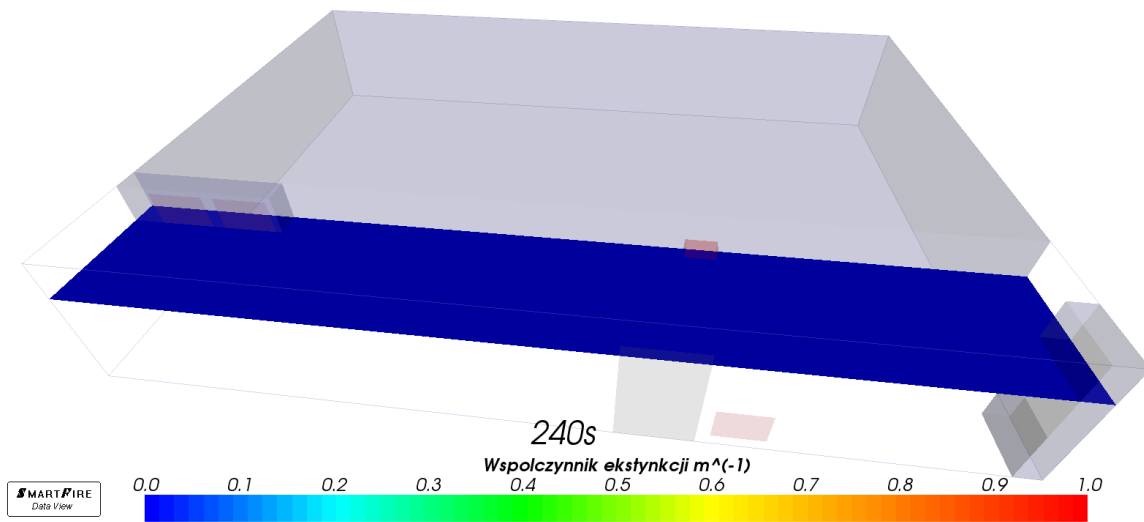


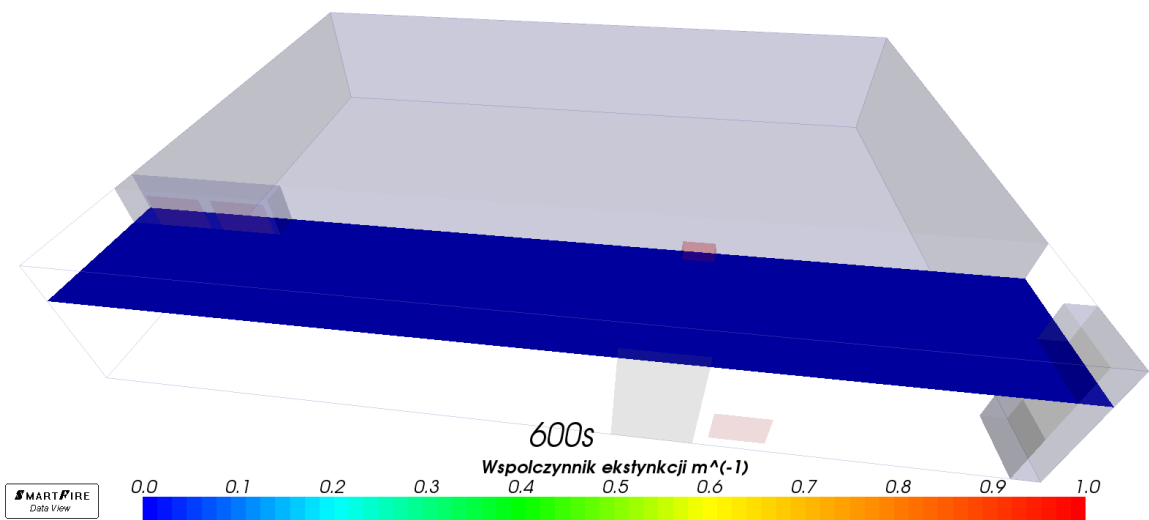
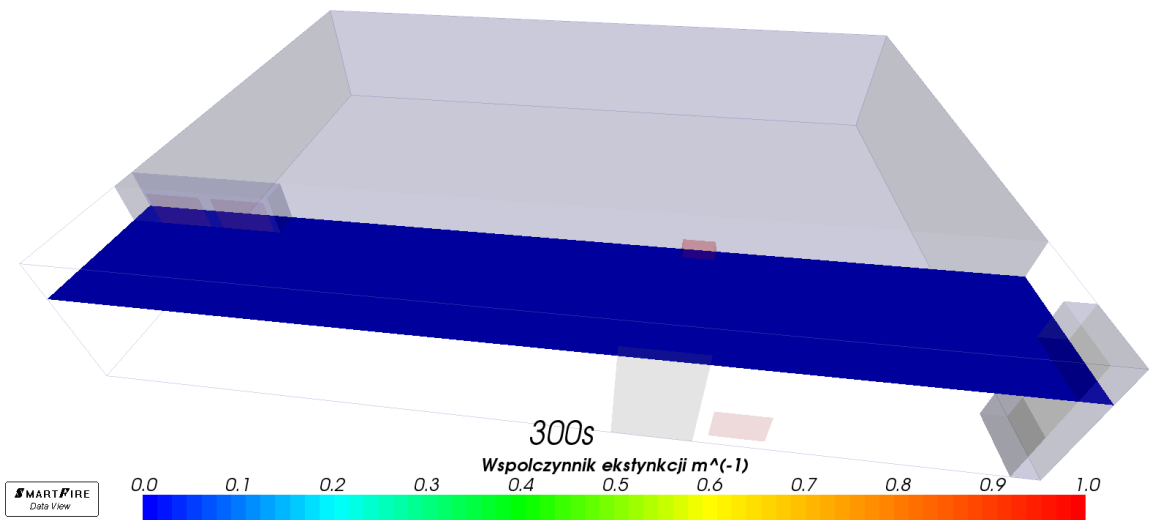




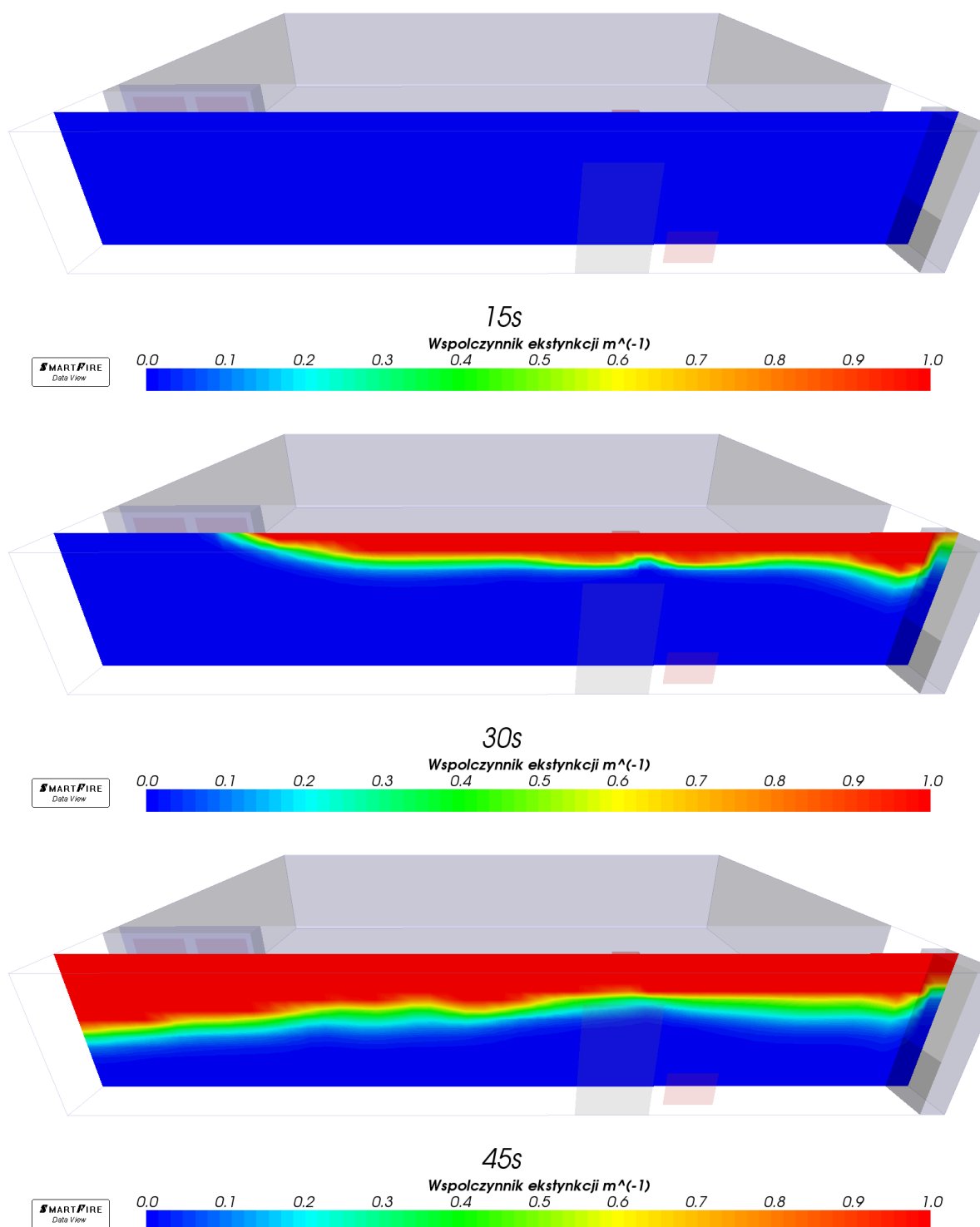


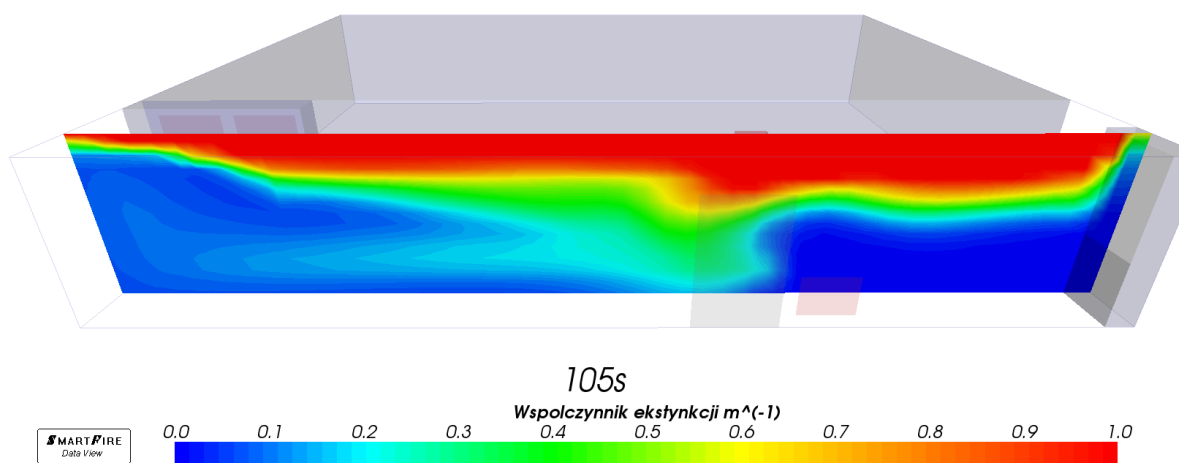
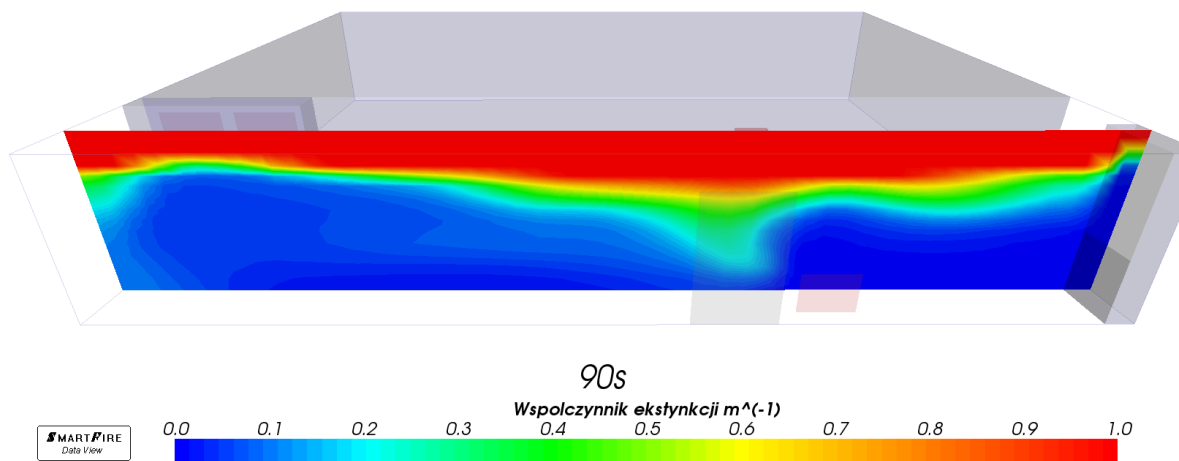
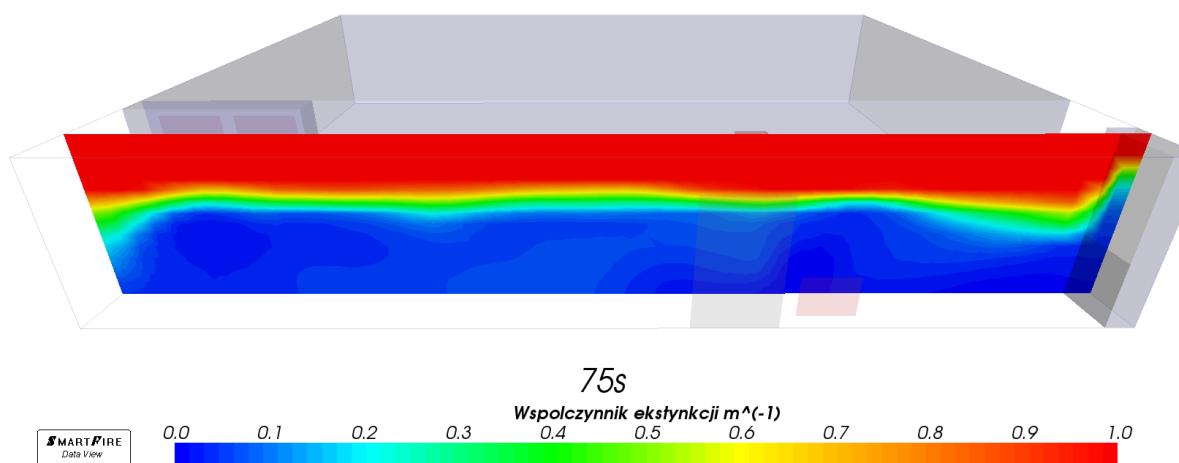
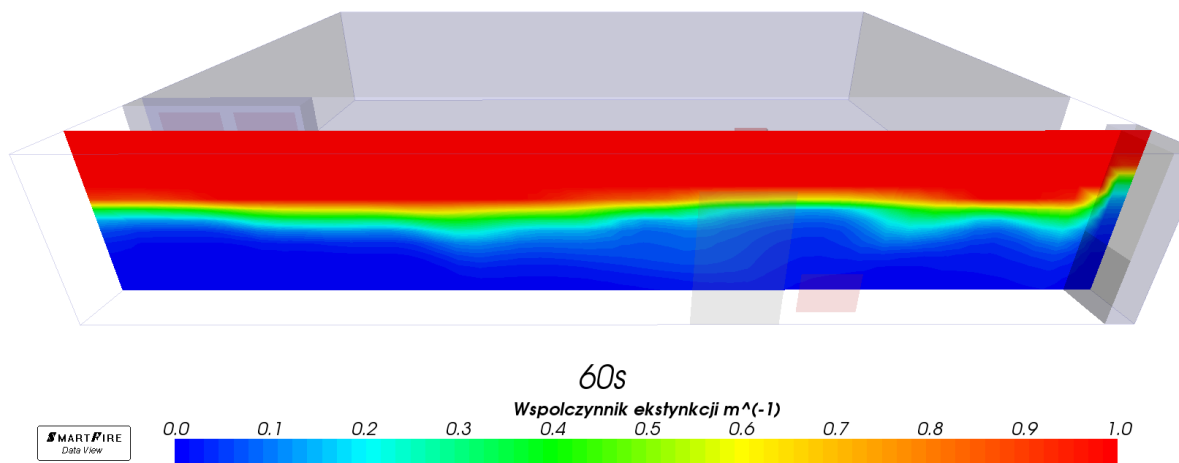


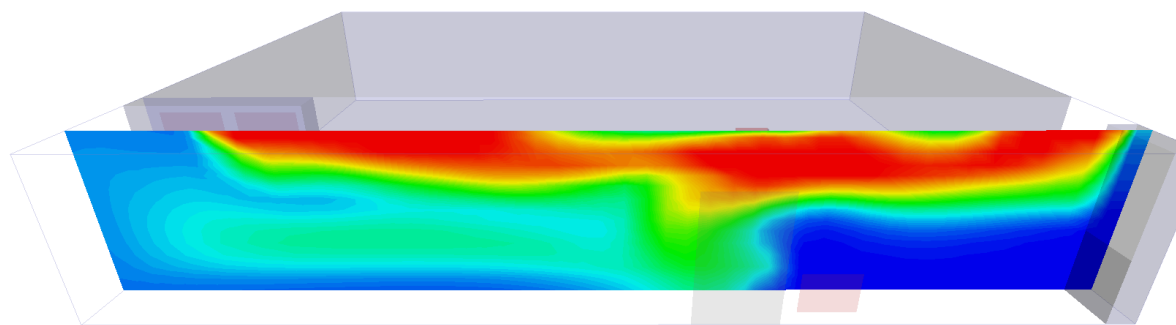




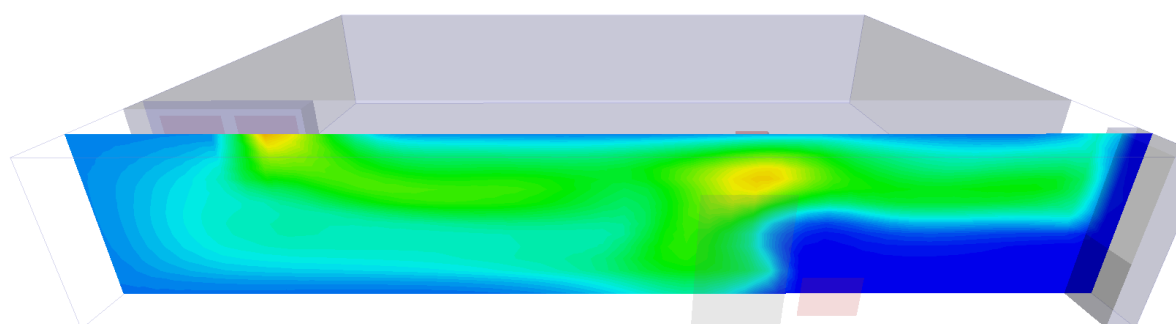
4.1.2. Symulacja nr 1. Współczynnik ekstynkcji światła [m^{-1}] w przekroju poprzecznym.



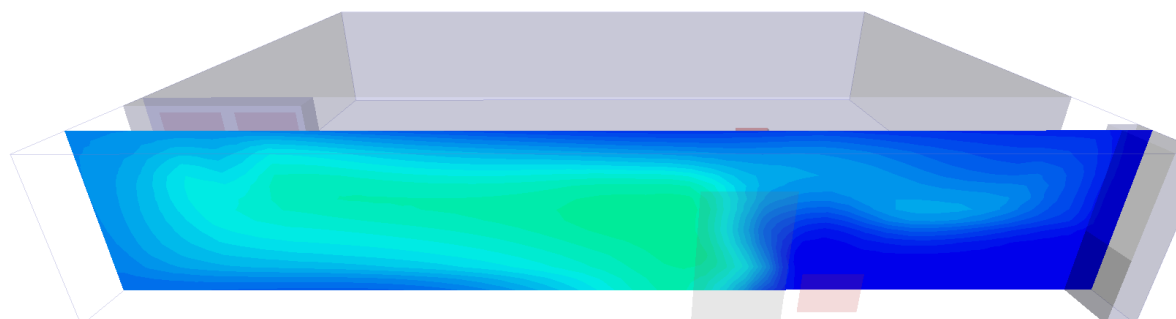




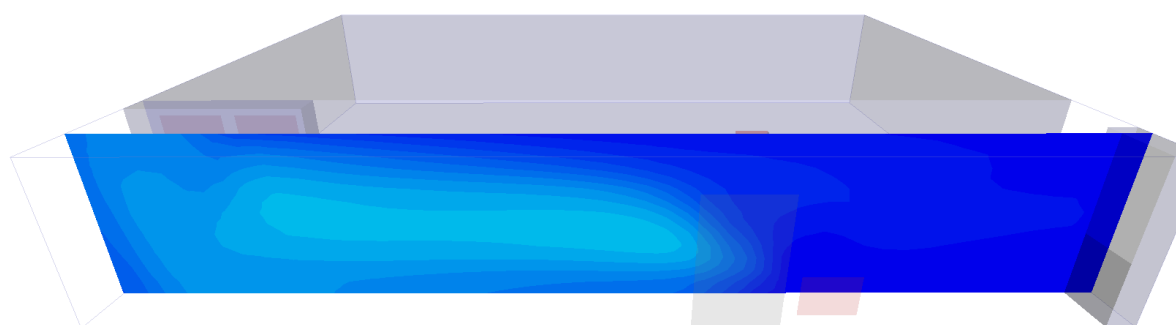
120s

Współczynnik ekstynkcji m^{-1} SMARTFIRE
Data View

135s

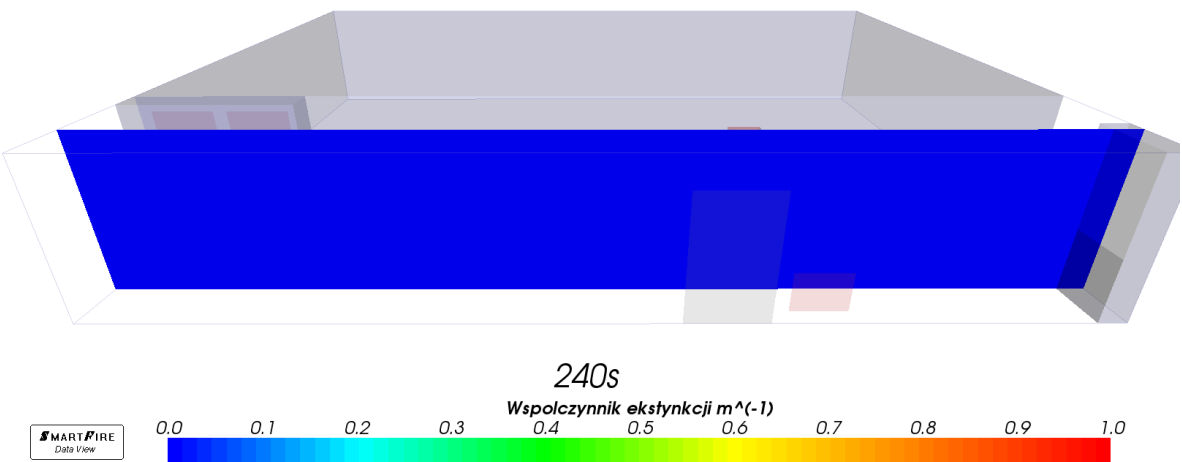
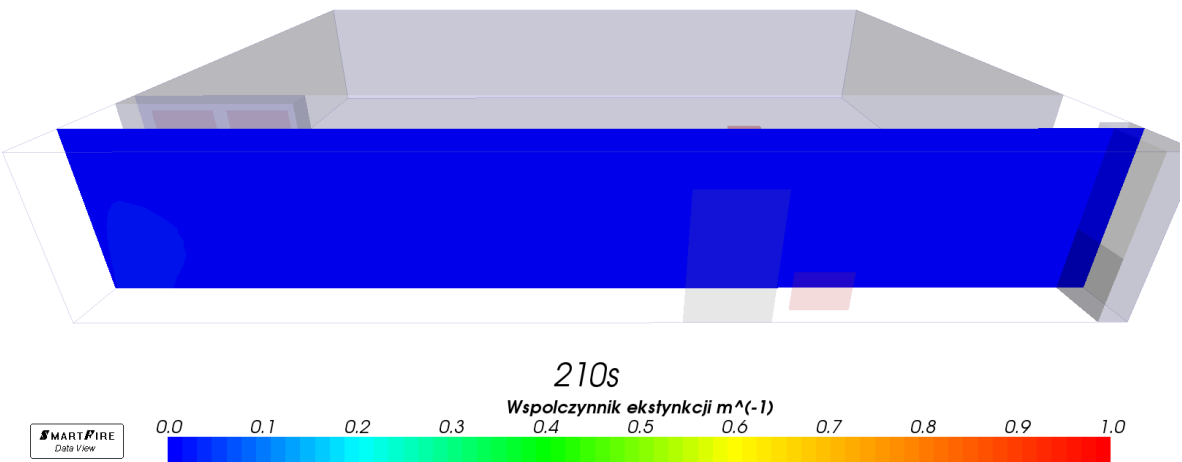
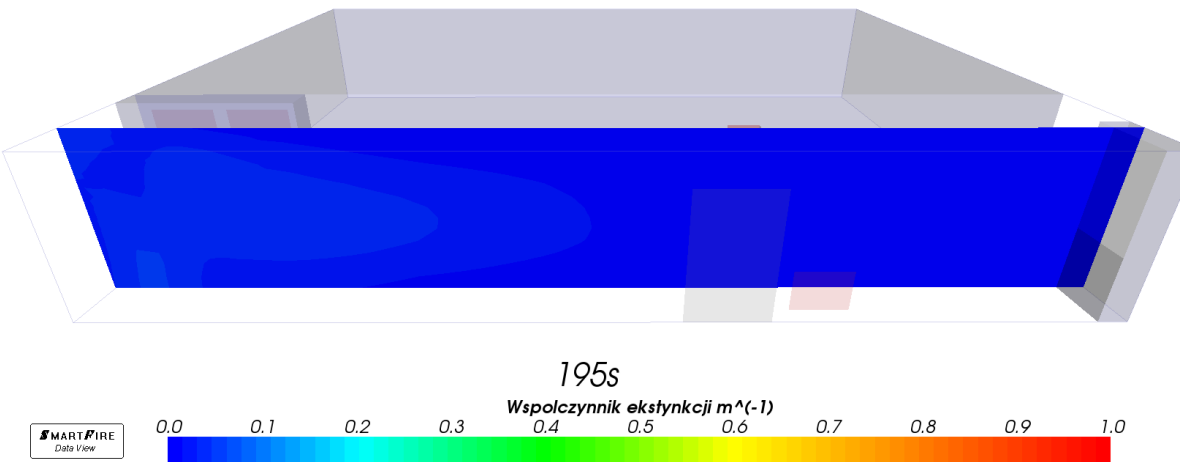
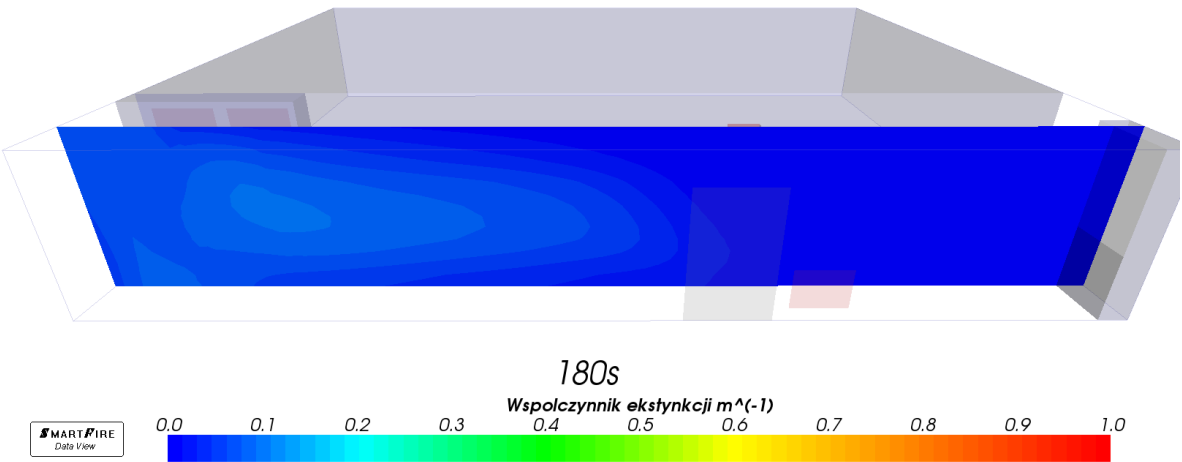
Współczynnik ekstynkcji m^{-1} SMARTFIRE
Data View

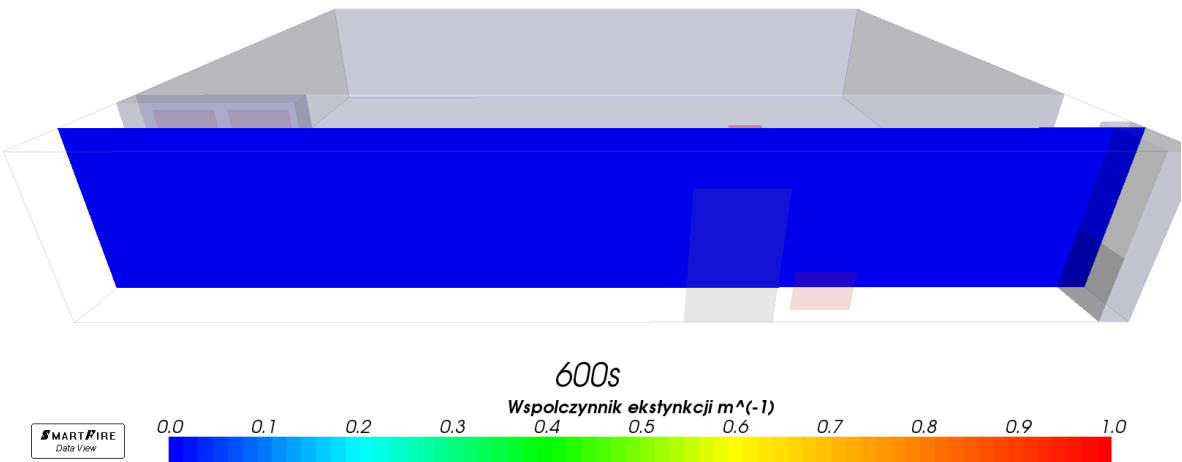
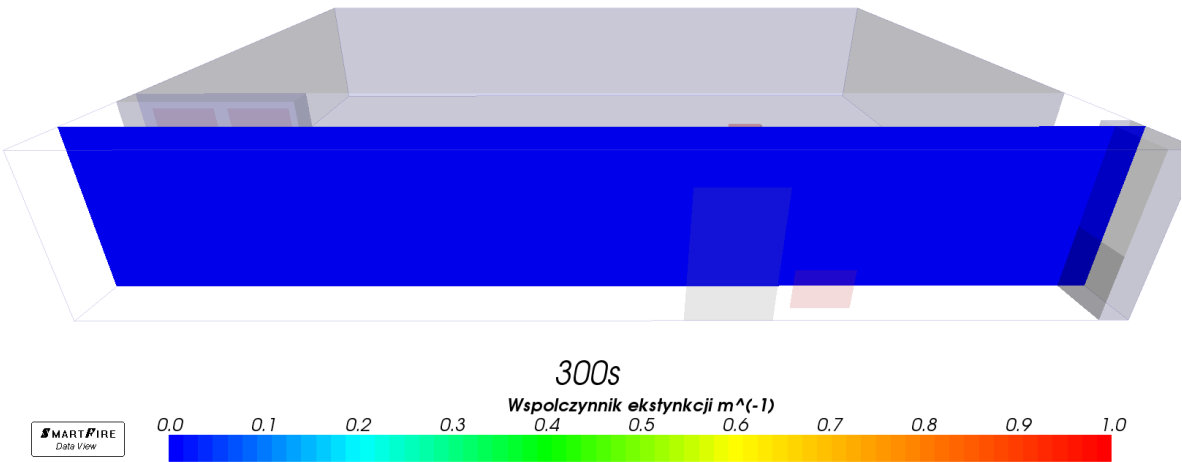
150s

Współczynnik ekstynkcji m^{-1} SMARTFIRE
Data View

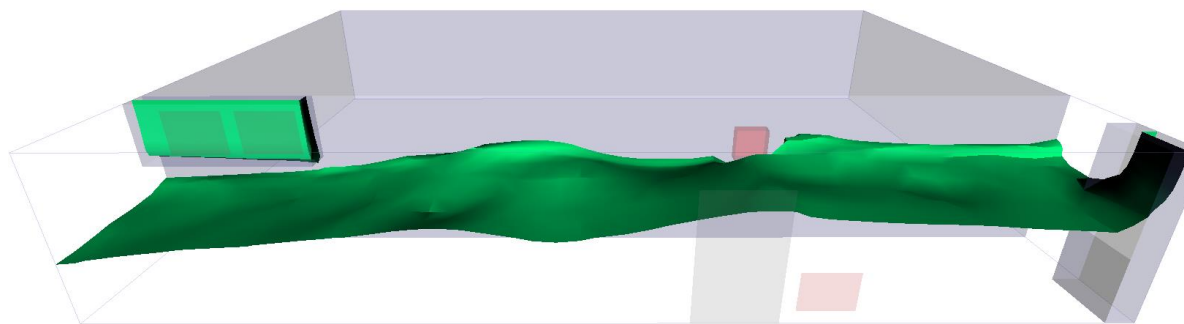
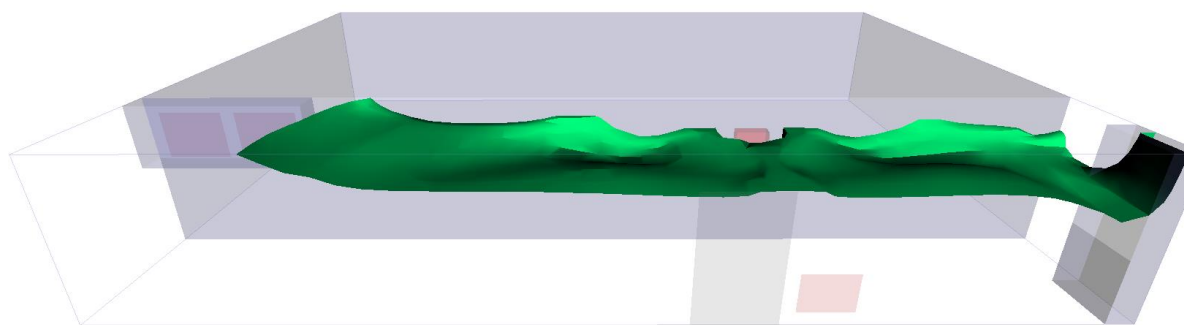
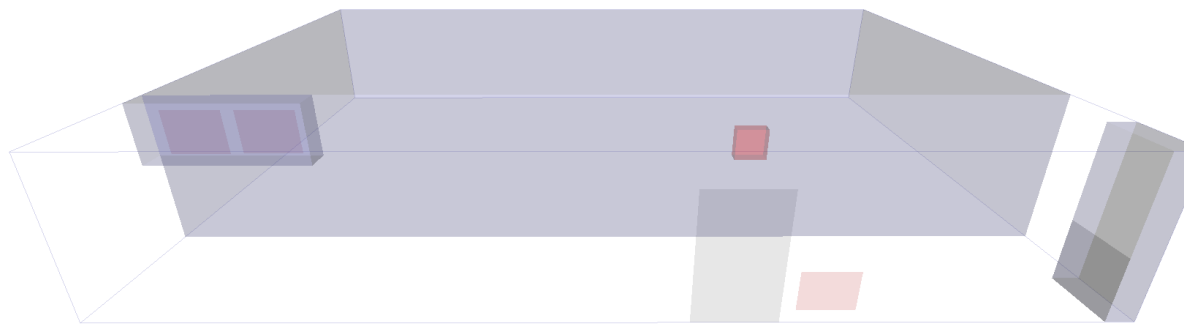
165s

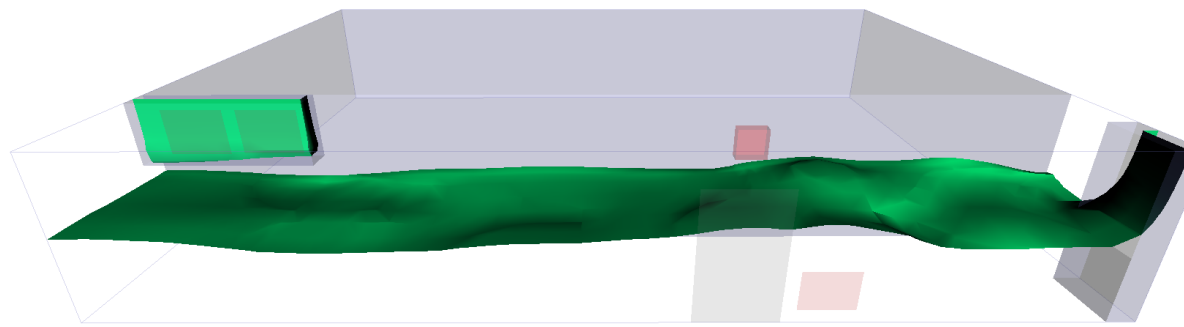
Współczynnik ekstynkcji m^{-1} SMARTFIRE
Data View



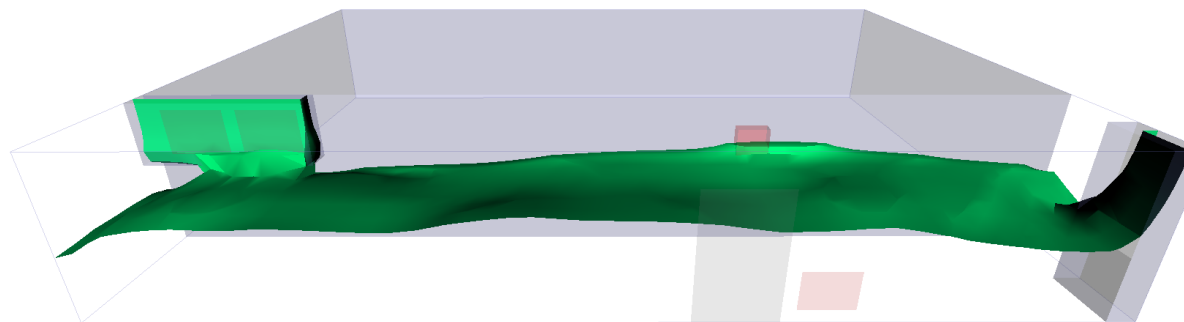
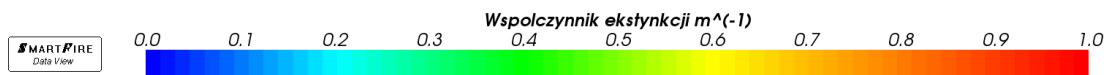


4.1.3. Symulacja nr 1. Współczynnik ekstynkcji światła [m⁻¹] – izopowierzchnia dla wartości 0,3..

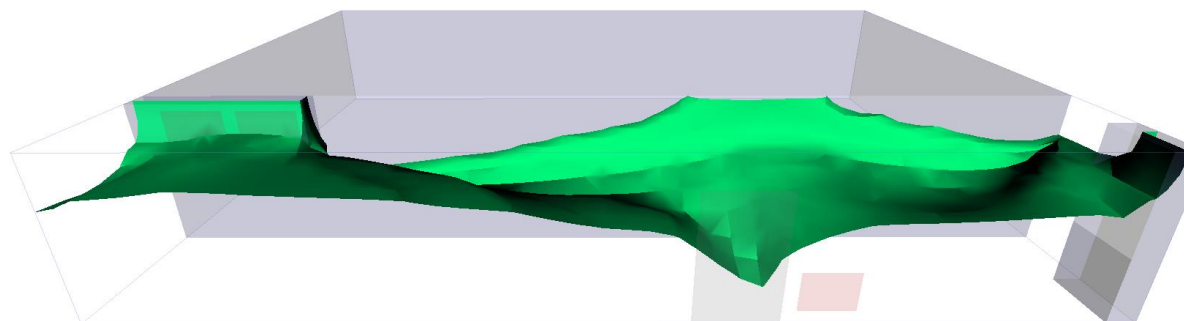
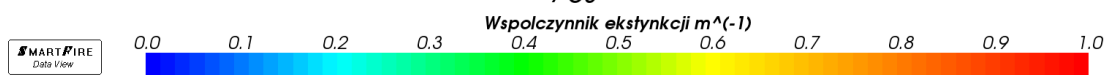




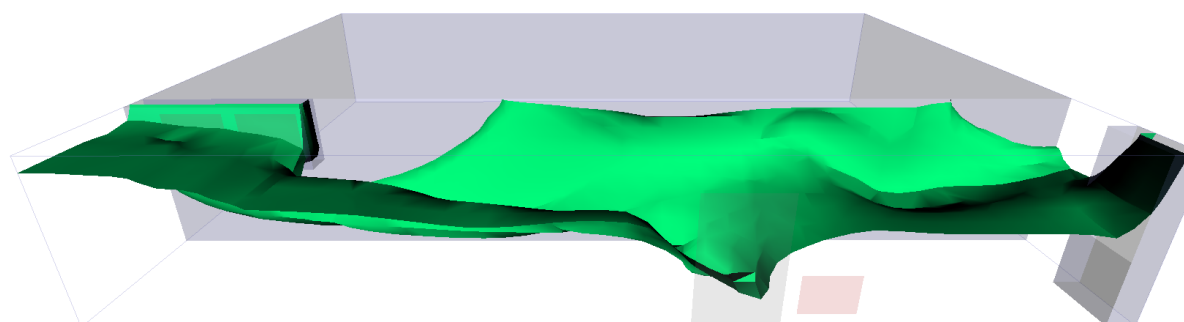
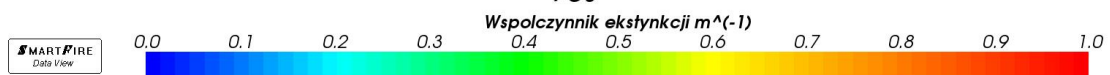
60s



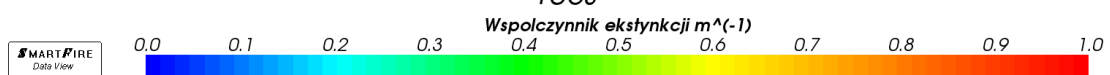
75s

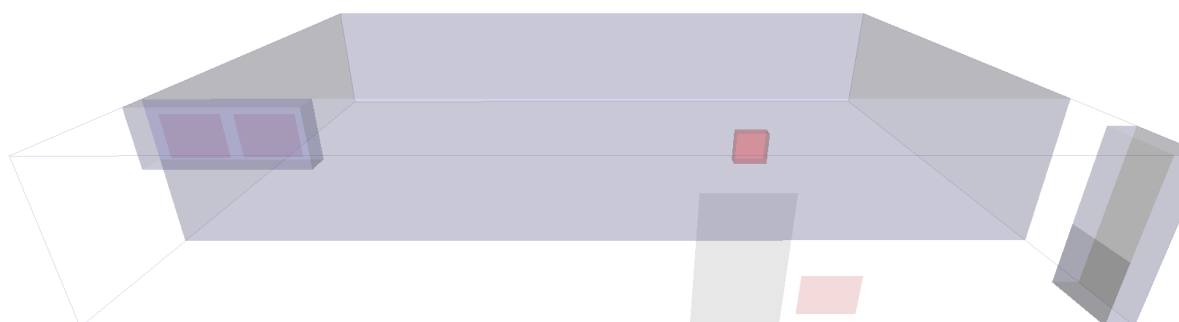
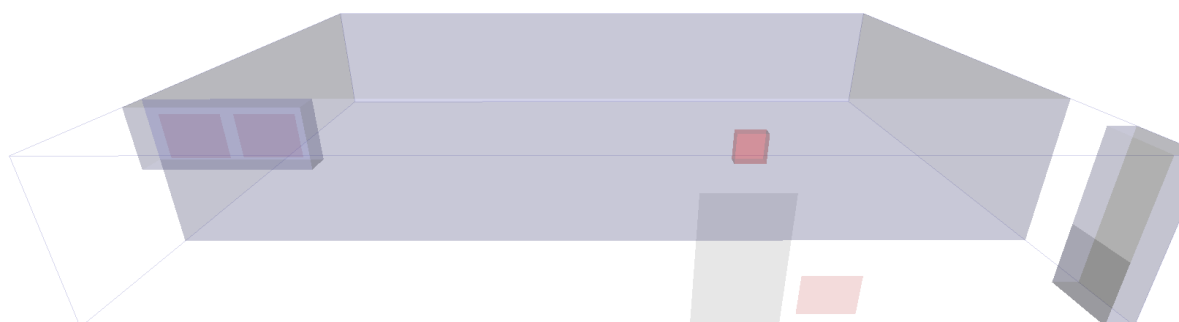
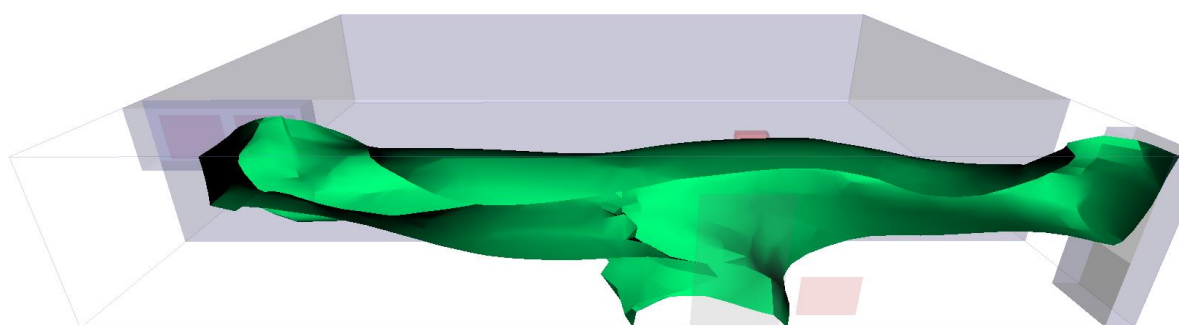
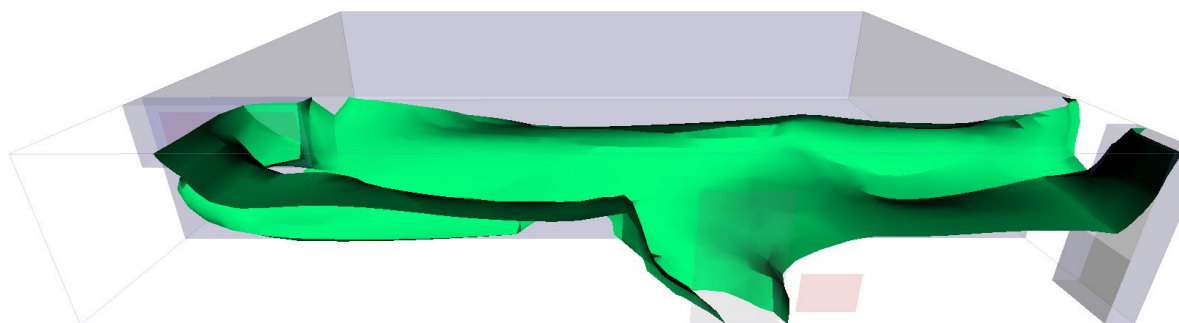


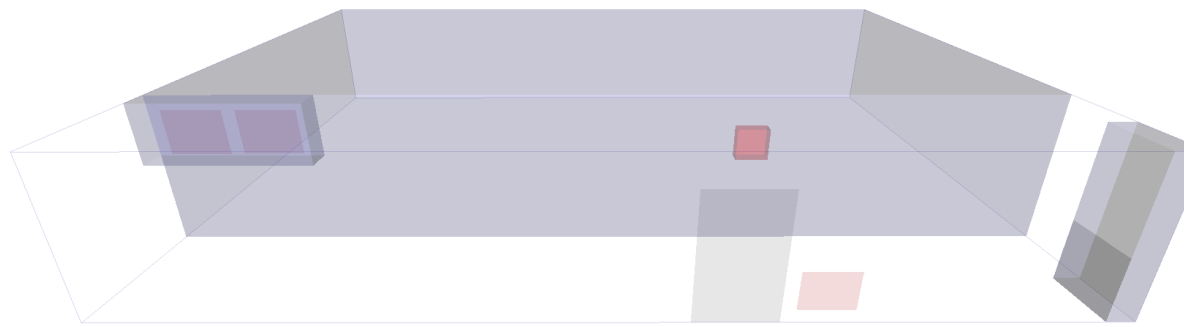
90s



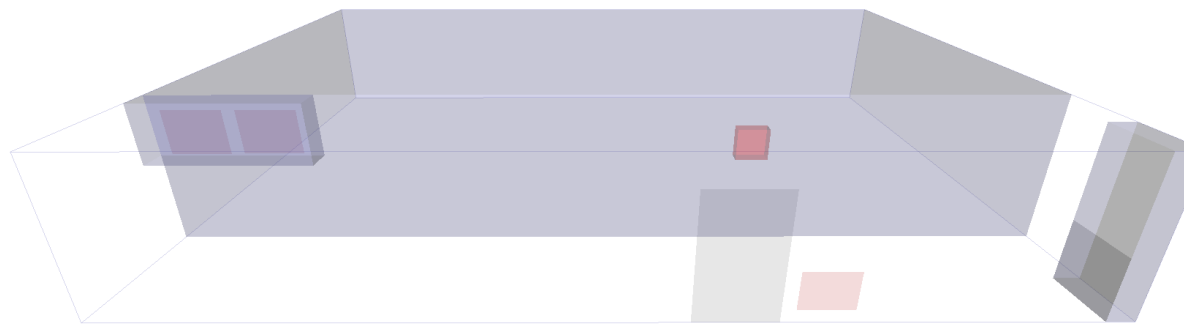
105s



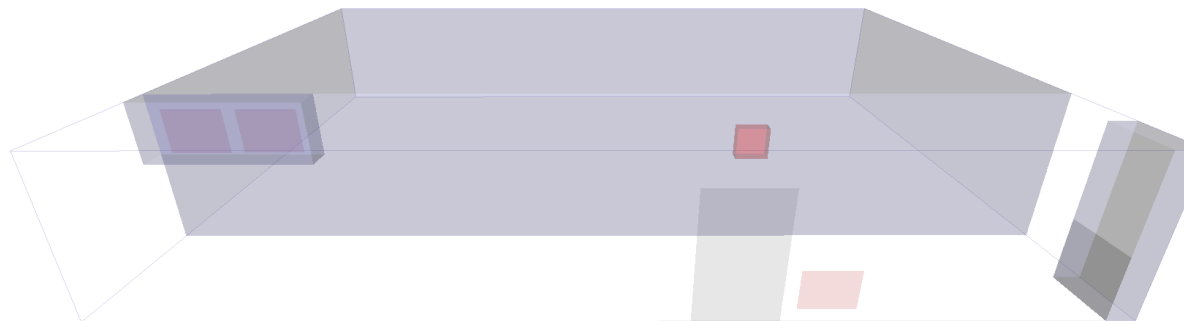
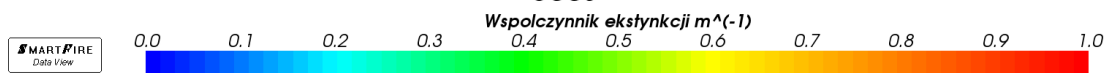




240s



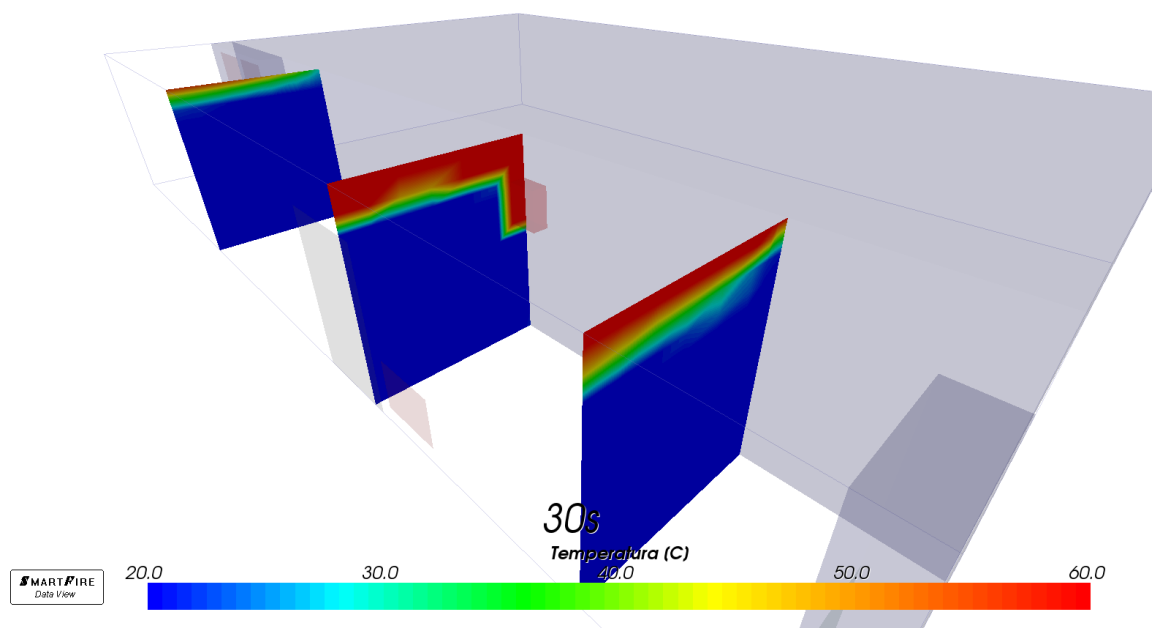
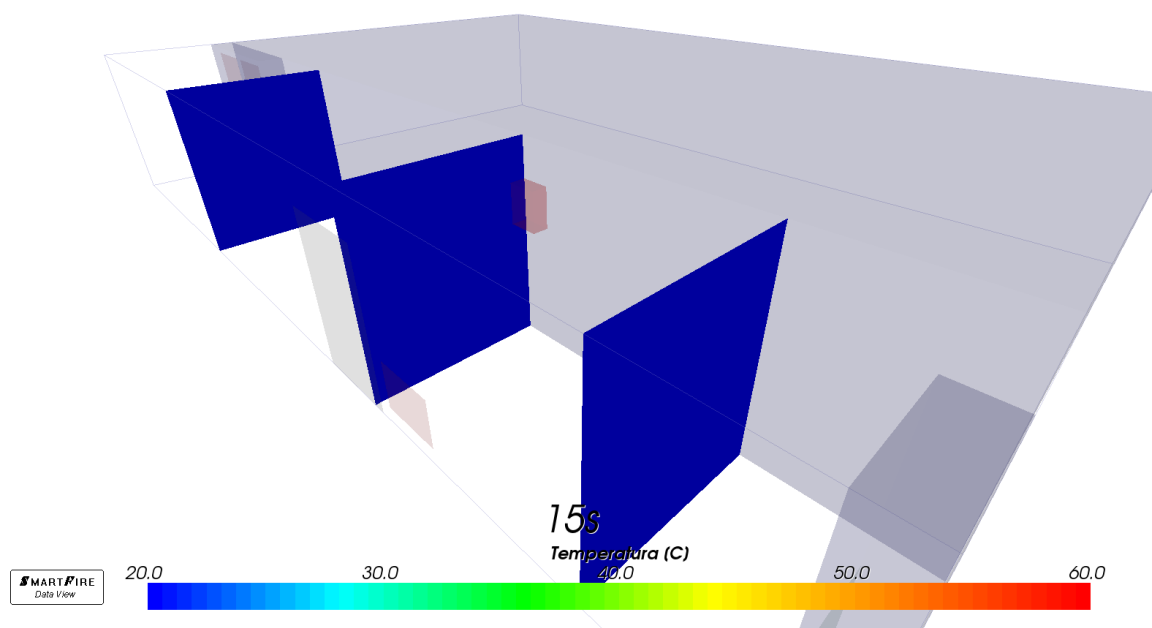
300s

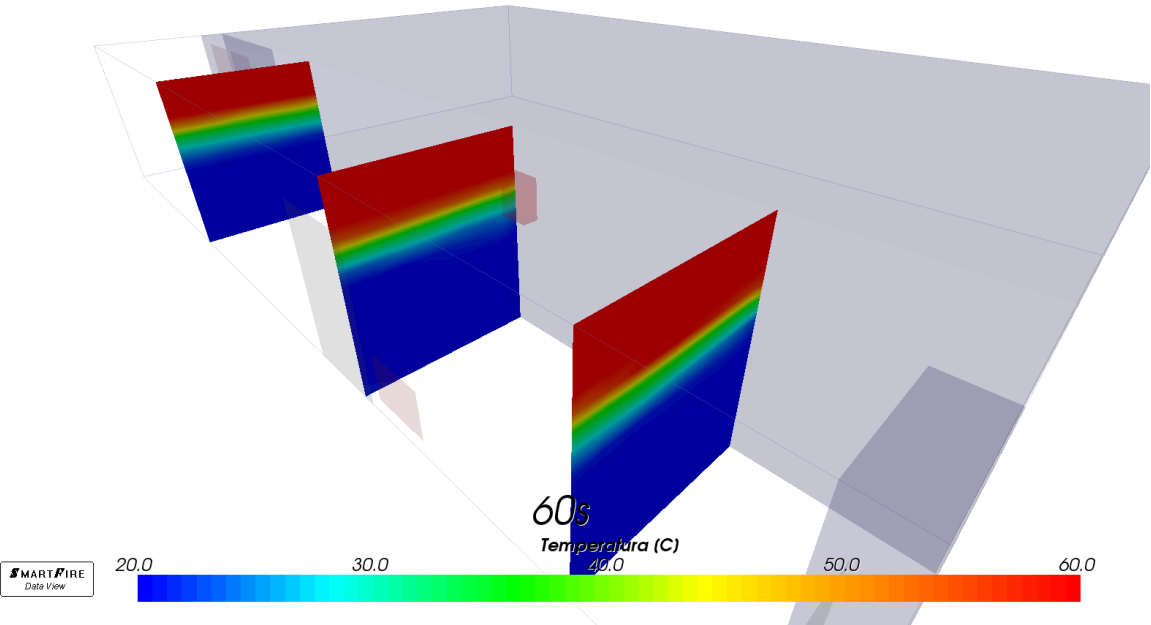
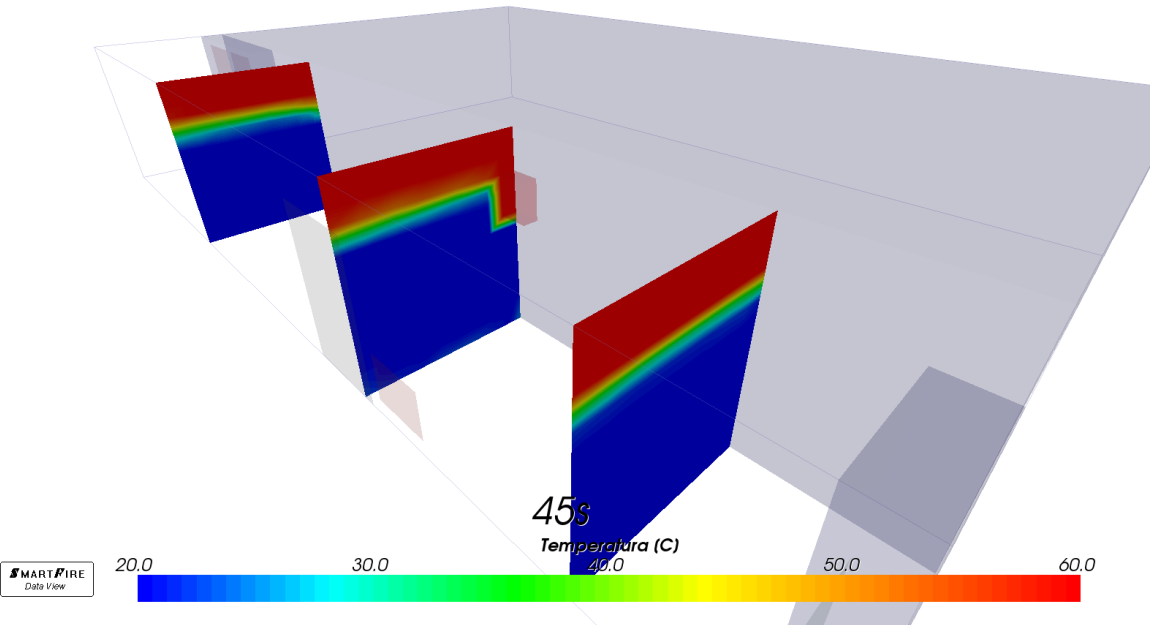


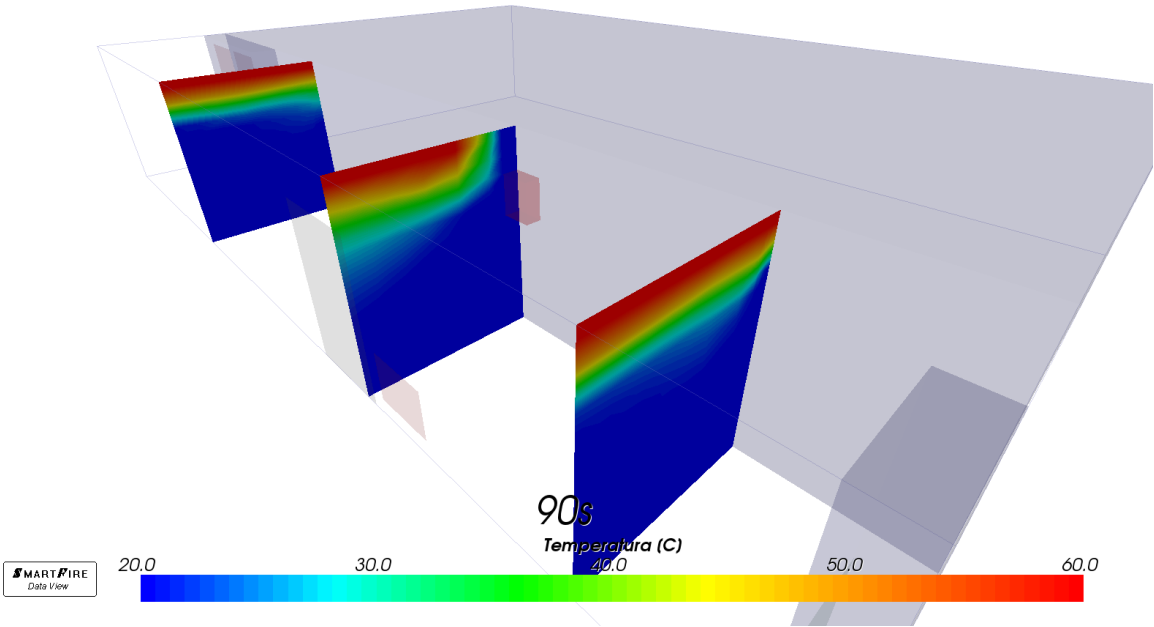
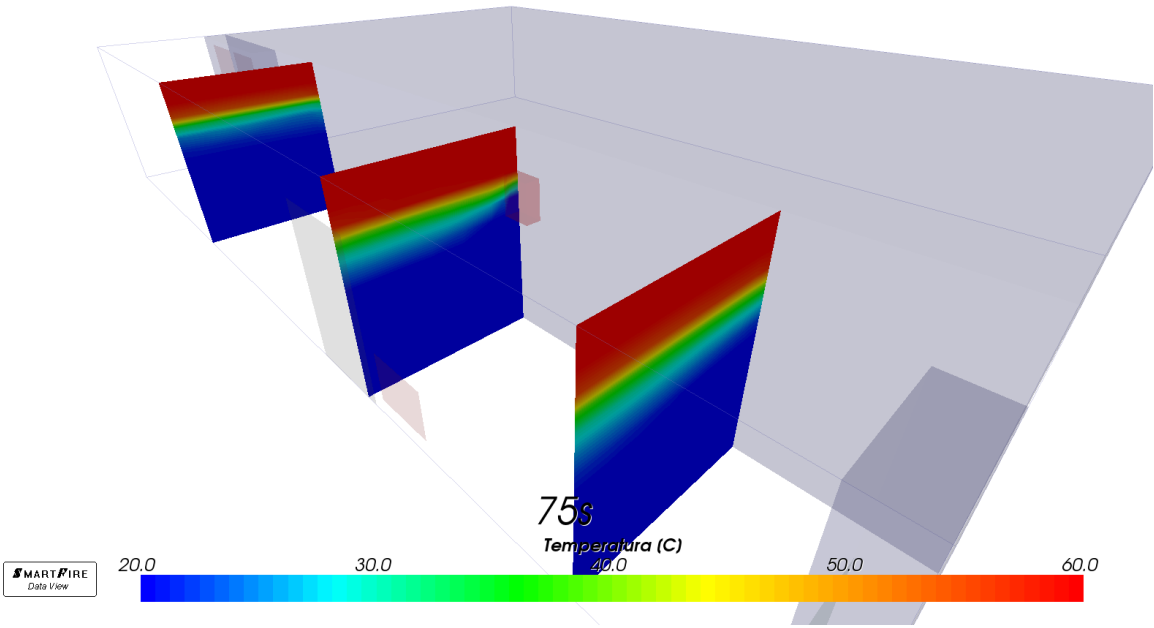
600s

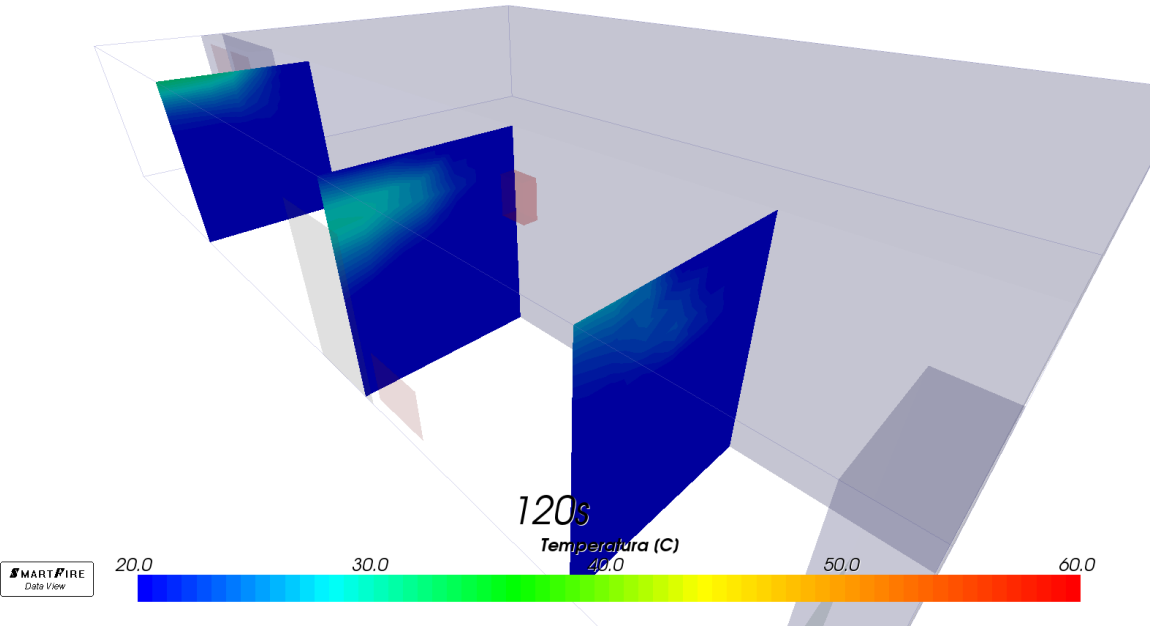
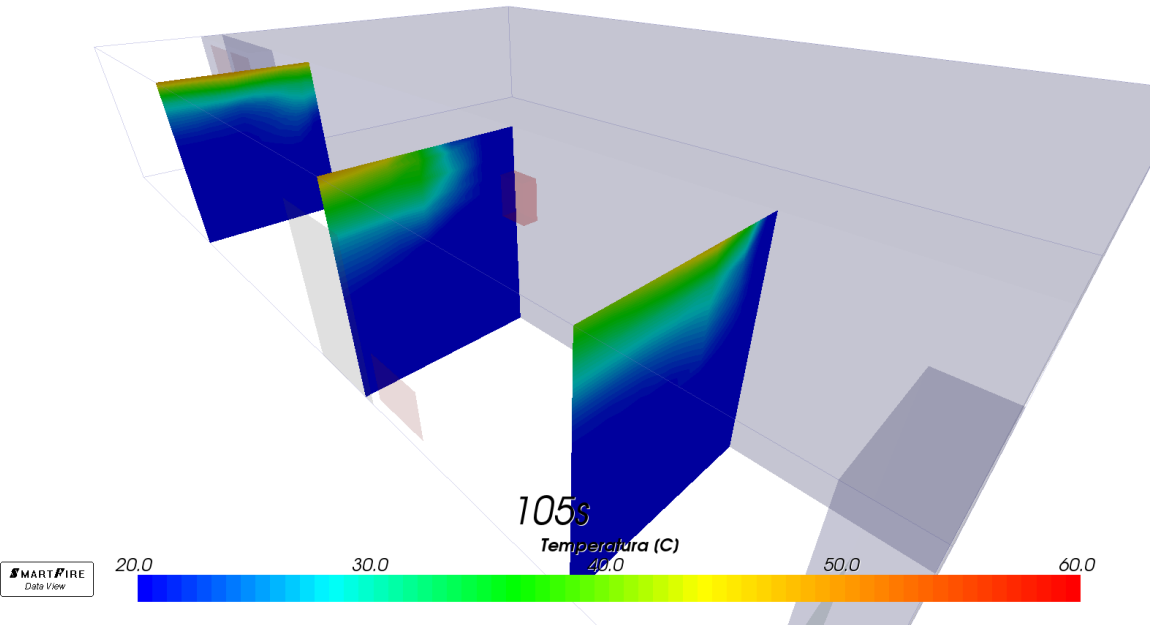


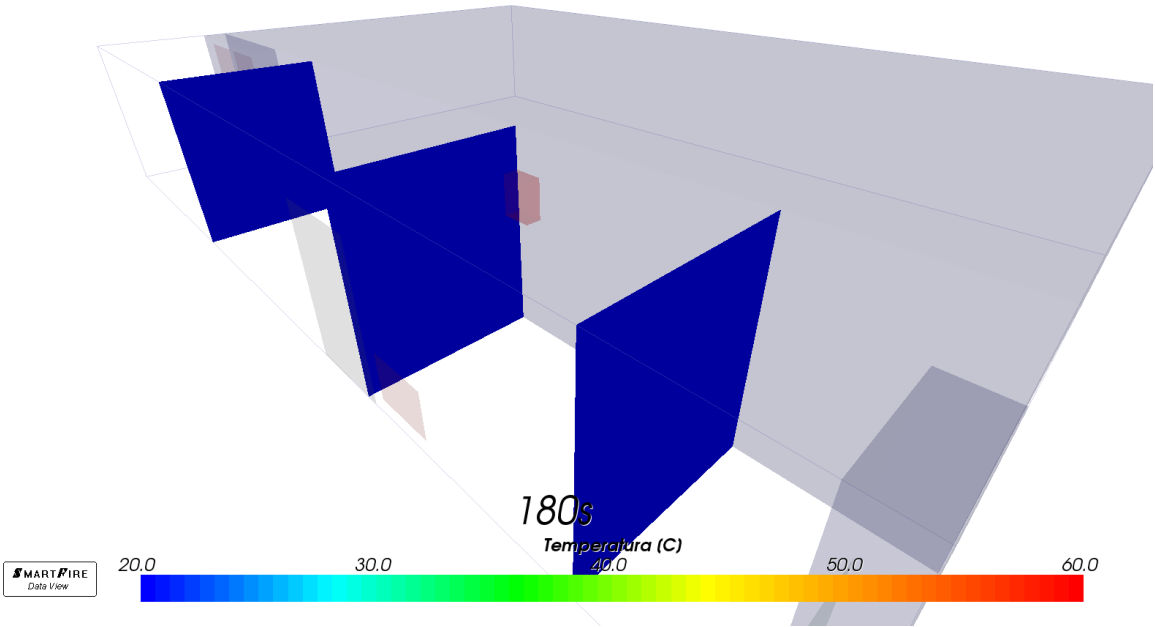
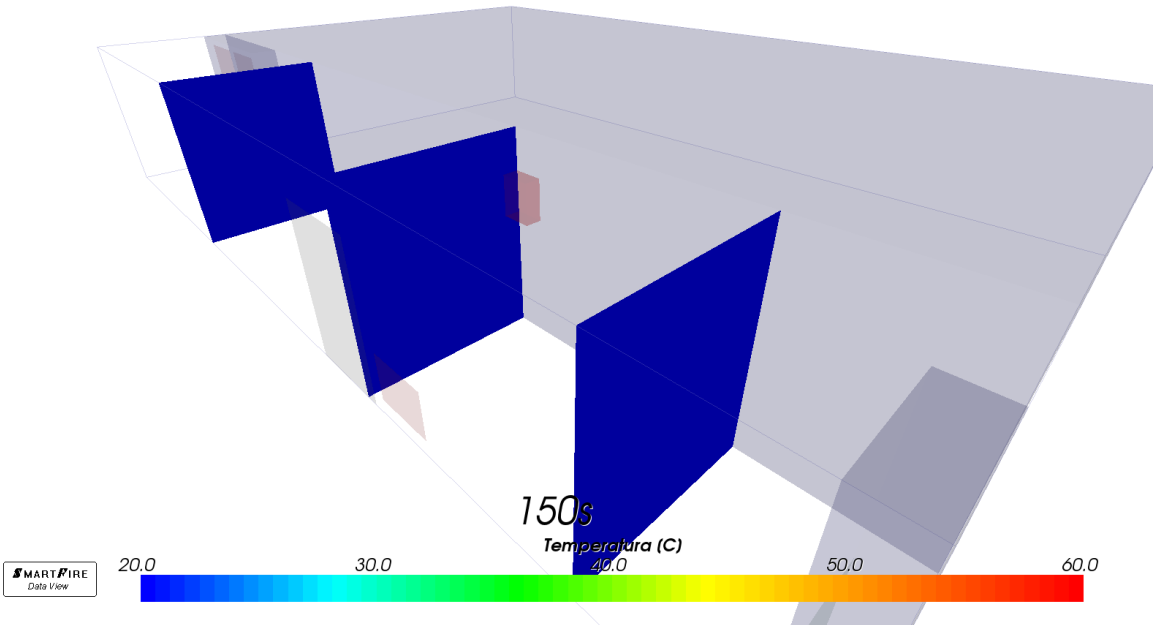
4.1.4. Symulacja nr 1. Temperatura [K] w przekroju poprzecznym.

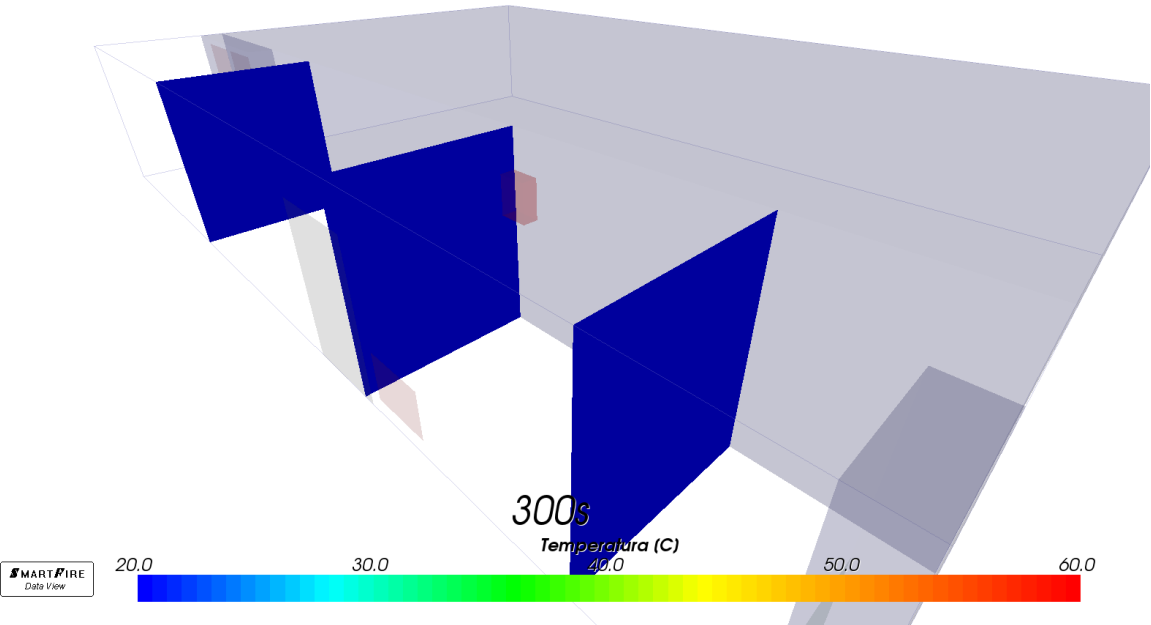
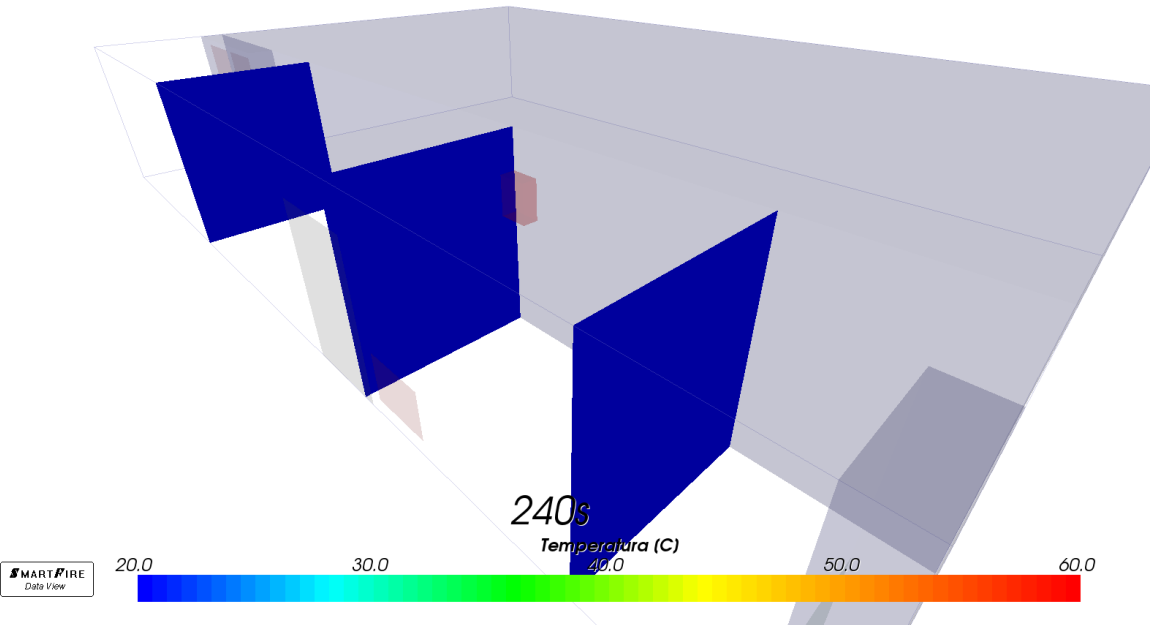


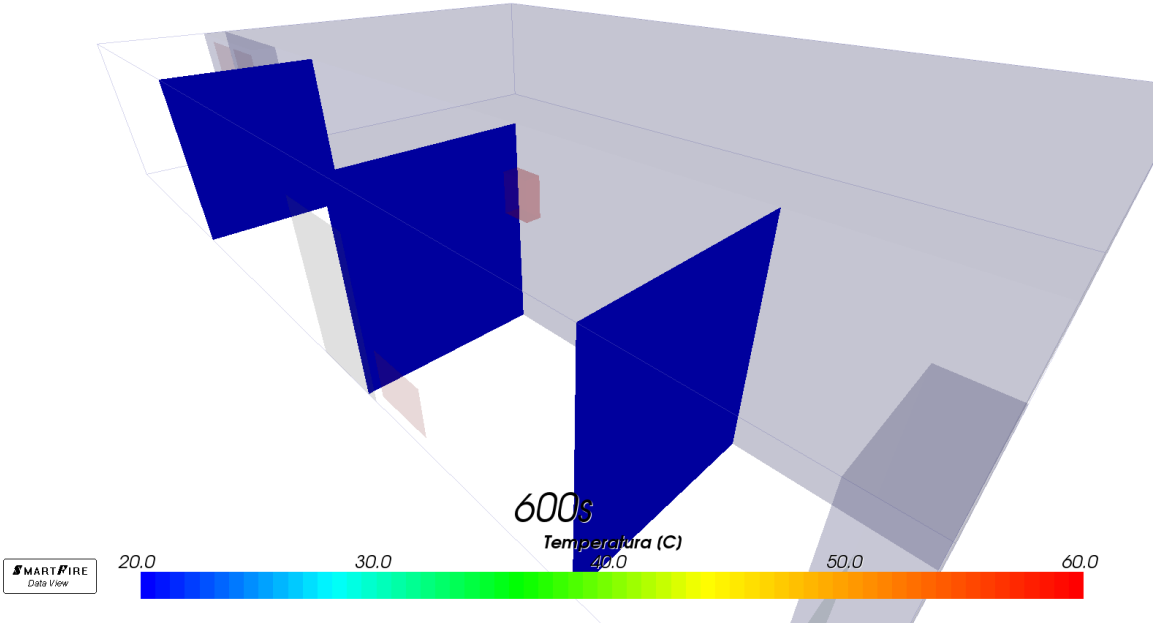












5. Wnioski i podsumowanie dla symulacji

Analiza wyników symulacji systemu wentylacji oddymiającej poziomych dróg ewakuacyjnych na kondygnacjach parteru oraz -1 w budynku Domu Studenckiego „ŻACZEK” przy ul. Wołowskiej 141 w Warszawie pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- zasięg widzialności na wysokości 1,8m w przestrzeni analizowanego korytarza, przy założonym scenariuszu, nie ulega ograniczeniu poniżej współczynnika ekstynkcji światła $0,5 \text{ m}^{-1}$ po rozpoczęciu ewakuacji (alarm II stopnia)
- zasięg widzialności na wysokości 1,8m w przestrzeni analizowanego korytarza, przy założonym scenariuszu, ulega chwilowemu ograniczeniu poniżej współczynnika ekstynkcji światła $0,5 \text{ m}^{-1}$ bezpośrednio po otwarciu drzwi do pomieszczenia w którym wystąpił pożar – zjawisko to jest jedna w znacznym stopniu przewymiarowane, ponieważ odpowiada sytuacji opuszczania pomieszcza całkowicie zadymionego w pierwszej minucie pożaru co w rzeczywistości jest bardzo mało prawdopodobne;
- system zapewnia usunięcie dymu dla założonego scenariusza po czasie około 90 sekund od momentu zamknięcia drzwi do pomieszczenia w którym wystąpił pożar;
- wartość temperatury 60°C na drodze ewakuacyjnej na wysokości do 1,8 m nad poziomem podłogi pojawia się wyłącznie lokalnie w pobliżu drzwi do pomieszczenia w którym wystąpił pożar;
- po zamknięciu drzwi wartość temperatury w przestrzeni korytarza spada do poziomu bezpiecznego dla ewakuacji;
- w przypadku zamknięcia drzwi po czasie dłuższym niż przyjęty w analizowanym scenariuszu, system oddymiania zapewnia skuteczne usuwanie dymu z przestrzeni korytarza, jednak warunki panujące w przestrzeni korytarza mogą powodować utrudnienia w ewakuacji;
- analiza wyników w zakresie temperatury pozwala na zastosowanie wentylatorów w klasie F400 120.

Zalecenia:

- Należy zaprojektować system sterowania oddymianiem w taki sposób, aby zadziałanie instalacji było możliwie szybkie. Może to zostać zrealizowane poprzez zastosowanie procedury uruchamiania instalacji wentylacji pożarowej w momencie jednoczesnego zadziałania co najmniej 2 czujek dymowych w jednej strefie oddymiania.
- Bezwzględnie wymagane jest zapewnienie szkoleń pracowników w zakresie zachowania na wypadek pożaru, w tym szczególnie w zakresie postępowania w celu ugaszenia lub ograniczenia rozwoju pożaru w jego początkowej fazie oraz w zakresie ograniczenia oddziaływania pożaru na drogi ewakuacyjne.
- Z uwagi na niewielkie kubatury analizowanych korytarzy należy zapewnić możliwość regulacji systemu oddymiania w celu umożliwienia jego regulacji

na etapie oddawania do użytkowania – regulacja ta może być wymagana z uwagi na oddziaływanie systemu oddymiania na inne elementy budynku i wyposażenia wewnątrz;

- pomiary różnicy ciśnień w klatkach schodowych należy wykonywać równoległe z pracą systemu oddymiania korytarzy i potwierdzić możliwość otwarcia drzwi do ewakuacji lub odpowiednio wyregulować system oddymiania;

Podsumowując, wykonana symulacja komputerowa rozwoju pożaru i zadymienia dla poziomych dróg ewakuacyjnych na kondygnacjach parteru oraz - 1 w budynku Domu Studenckiego „ŻACZEK” przy ul. Wołowskiej 141 w Warszawie potwierdza możliwość zastosowania zaprojektowanego systemu wentylacji pożarowej w analizowanym obiekcie pod warunkiem realizacji zaleceń opisanych powyżej

W celu potwierdzenia prawidłowego wykonania i wystrojenia systemu możliwe zalecane jest przeprowadzenie prób odbiorowych metoda pożaru testowego z wykorzystaniem ciepłego dymu.

6. Literatura

1. NFPA 1 Uniform Fire Code. 2006 Edition. National Fire Protection Association, 2006.
2. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Third Edition. Society of Fire Protection Engineers, 2002.
3. Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation. H.P.Morgan, B.K.Ghosh, G.Garrad, R.Pamlitschka, J-C.De Smedt, L.R.Schoonbaert. Building Research Establishment Ltd, 1999.
4. PD 7974 -6: 2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part6: Human Factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (SUB-system 6).
5. J. EWER, F. JIA, A. GRANDISON, E. R.GALEA and M.K.PATEL. SMARTFIRE V4.0 Technical Manual, Fire Safety Engineering Group, University of Greenwich, UK, 2004.
6. M. KONECKI, Wpływ szybkości wydzielania ciepła i emisji dymu na rozwój pożaru w układzie pomieszczeń. Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa 2007.
7. B. Mizieliński, Systemy oddymiania budynków. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.
8. NFPA 101. Life Safety Code. 2009 Edition

7. Załączniki

- Załącznik nr 1: Certyfikaty ukończenia kursu w zakresie modelowania pożarów.