

*Szkoła Podstawowa nr 1  
im. Powstańców  
Wielkopolskich  
w Kościanie*



**FABRYKA  
ZABEZPIECZEŃ**  
Fabryka Zabezpieczeń Sp. z o.o.  
ul. Wojska Polskiego 12  
60-637 Poznań  
tel.: 61 881 92 98 [biuro@fabrykazabezpiezen.pl](mailto:biuro@fabrykazabezpiezen.pl)

## ANALIZA SYMULACYJNA SYSTEMU ODDYMIANIA KLATEK SCHODOWYCH

**OBIEKT BUDOWLANY:**

Szkoła Podstawowa nr 1 im. Powstańców  
Wielkopolskich w Kościanie, Budynek Główny

**LOKALIZACJA:**

Miejscowość: 64-000 Kościan  
ul. Mickiewicza 12  
działka nr 1708/2 obręb Kościan,  
gmina Kościan

**INWESTOR:**

Gmina Miejska Kościan  
ul. T. Kościuszki 22  
64-000 Kościan

REWIZJA	STADIUM	DATA
00	Projekt wykonawczy	26.02.2020

Imię i Nazwisko	Data	Podpis
Opracował: mgr inż. Piotr Zaranek	26.02.2020	

## SPIS TREŚCI

1.	Wstęp i podstawa opracowania .....	3
2.	Parametry techniczne symulacji.....	4
2.1.	Informacje o obiekcie i koncepcja oddymiania .....	4
2.2.	Model symulacyjny.....	6
2.3	Moc pożaru i dymotwórczość.....	9
2.4	Cel i czas prowadzenia symulacji.....	10
3.	Wyniki symulacji.....	11
3.1	Klatka schodowa K1 – warunki letnie.....	11
3.2	Klatka schodowa K1 – warunki izotermiczne .....	13
3.3	Klatka schodowa K1 – warunki zimowe .....	15
3.4	Klatka schodowa K2 – warunki letnie.....	17
3.5	Klatka schodowa K2 – warunki izotermiczne .....	19
3.6	Klatka schodowa K2 – warunki zimowe .....	21
4.	Podsumowanie .....	23

## 1. Wstęp i podstawa opracowania

Przedmiotem opracowania jest analiza skuteczności oddymiania dwóch klatek schodowych w budynku głównym Zespołu Szkół Nr 1 w Kościanie. Zakres opracowania dotyczy przestrzeni dwóch 5-cio kondygnacyjnych klatek schodowych w obszarze jednej kondygnacji podziemnej oraz czterech kondygnacji nadziemnych. Wysokość klatek schodowych wynosi 19 m. Powierzchnie klatek na każdej z kondygnacji przedstawiono w tabeli (tab. 1).

**Tab.1** Powierzchnia klatek schodowych

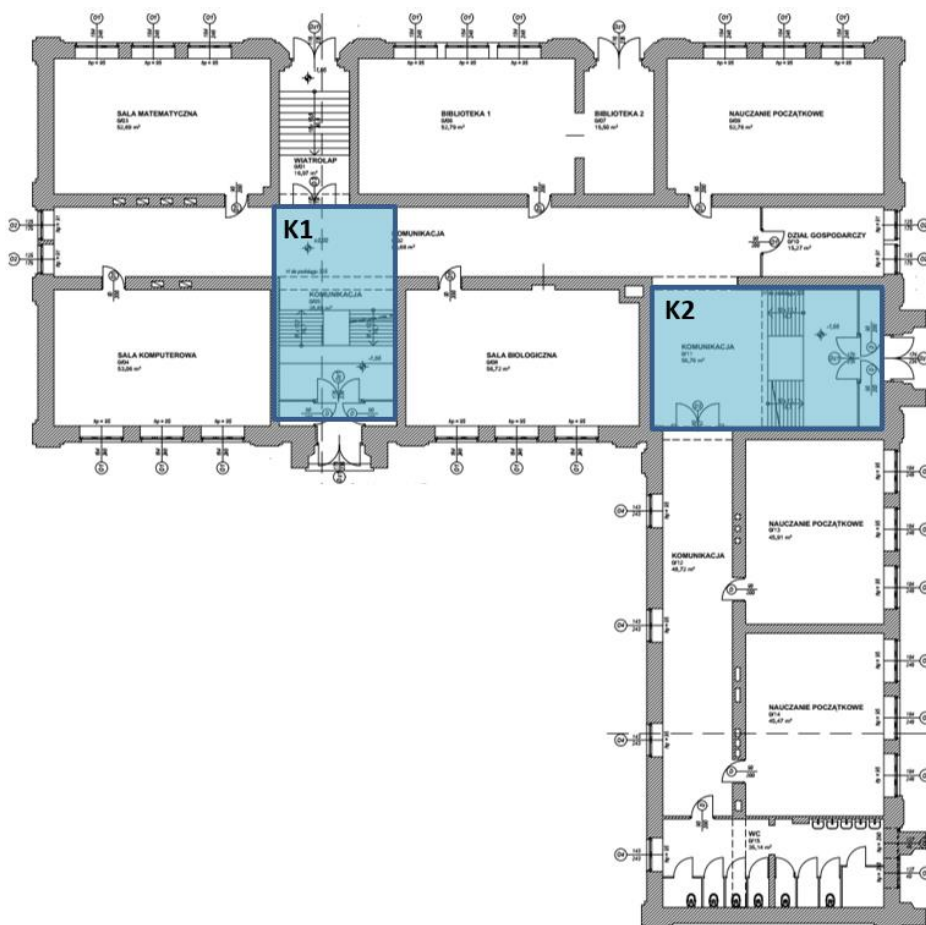
	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	
	Klatka schodowa 1	Klatka schodowa 2
<b>Poziom 0</b>	60,86	56,76
<b>Poziom +1</b>	41,33	57,55
<b>Poziom +2</b>	53,81	57,92
<b>Poziom +3</b>	29,34	29,34

Przyjęto zamknięcie wyjść z klatek schodowych na poziomie kondygnacji 0, +1, +2 i +3 poprzez zastosowanie drzwi przeciwpożarowych EIS30. Lokalizacja przedmiotowych klatek schodowych została przedstawiona na rysunku (rys. 1).

Opracowanie oparto o symulację komputerową z wykorzystaniem metody obliczeniowej dynamiki płynów.

Podstawa opracowania:

- Rzuty i przekroje architektoniczne budynku z lutego 2016 r.;
- Dokumentacja zdjęciowa z wizji lokalnej przekazana w dniu 14.01.2020;
- Projekt koncepcyjny systemu oddymiania z 21.08.2019 r.;
- Wytyczne CNBOP- PIB W-0003:2016 „Systemy oddymiania klatek schodowych” (wydanie 2, maj 2019).



Rys. 1 Lokalizacja klatek schodowych K1 i K2 - rzut parteru

## 2. Parametry techniczne symulacji

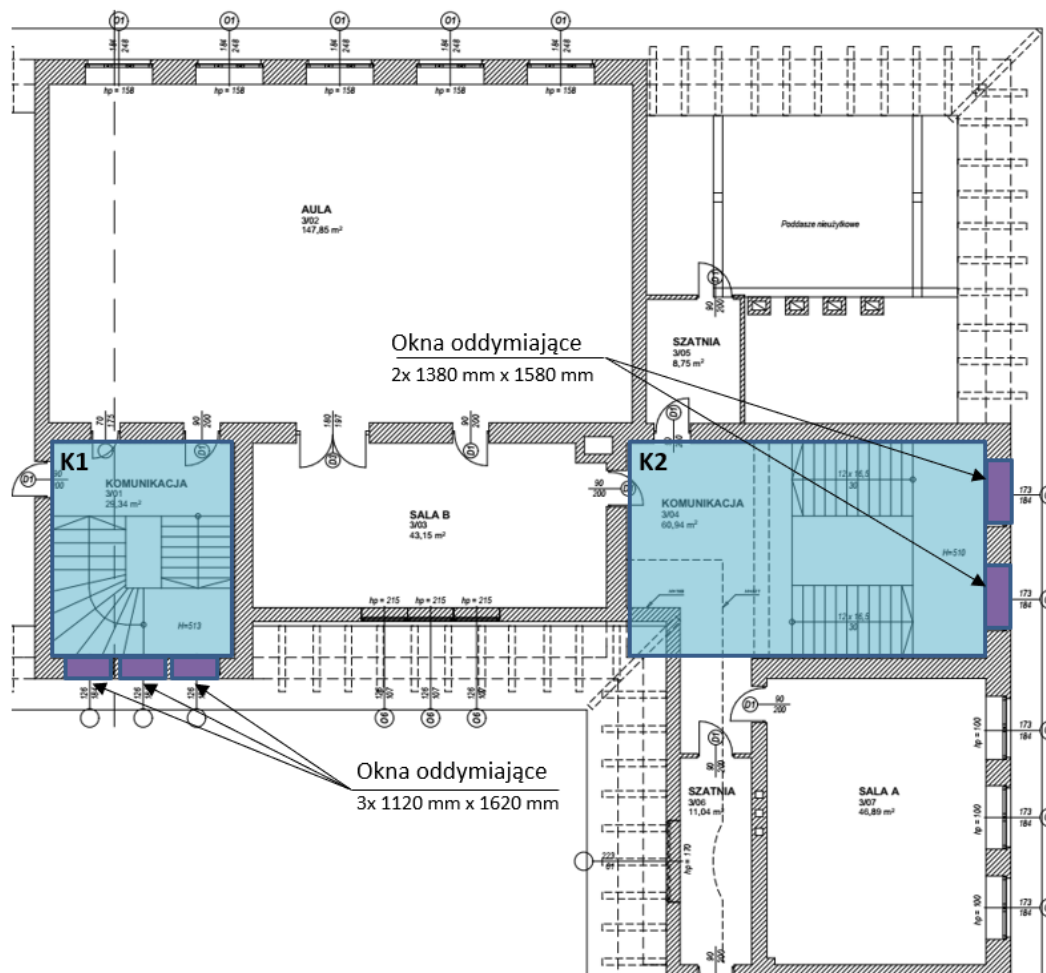
### 2.1. Informacje o obiekcie i koncepcja oddymiania

Opracowaniem objęto dwie klatki schodowe K1 i K2 oddymiane w sposób grawitacyjny z użyciem okien oddymiających oraz drzwi i okien napowietrzających.

Oddymianie klatki schodowej K1 odbywa się poprzez zastosowanie trzech okien oddymiających o wymiarach w świetle 1120 mm x 1620 mm każde umieszczonych w ścianie najwyższej kondygnacji klatki schodowej. Do symulacji przyjęto wolną powierzchnię geometryczną każdego z okien (zgodnie z rozdzielczością sieci obliczeniowej) równą 1,6 m<sup>2</sup>, co daje łączną całkowitą powierzchnię geometryczną oddymiania równą 4,8 m<sup>2</sup>.

Oddymianie klatki schodowej K2 odbywa się poprzez zastosowanie dwóch okien oddymiających o wymiarach w świetle 1380 mm x 1580 mm każde umieszczonych w ścianie najwyższej kondygnacji klatki schodowej. Do symulacji przyjęto wolną powierzchnię geometryczną każdego z okien (zgodnie z rozdzielczością sieci obliczeniowej) równą 2,08 m<sup>2</sup>, co daje łączną całkowitą powierzchnię geometryczną oddymiania równą 4,14 m<sup>2</sup>.

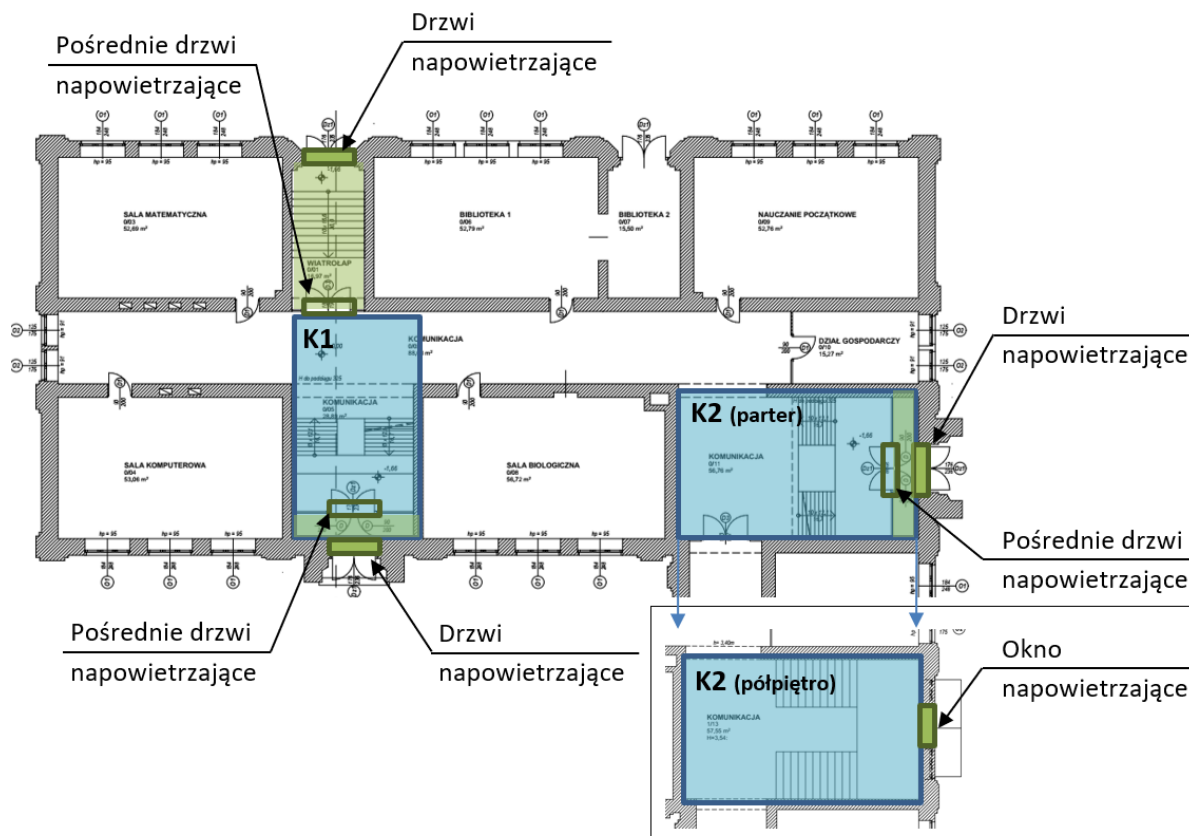
Lokalizacja okien oddymiających zgodnie z projektem koncepcyjnym systemu oddymiania została zaprezentowana na rysunku 3 piętra (rys. 2).



**Rys. 2** Okna oddymiające - rzut piętra +3

Przyjmuje się napowietrzanie klatki schodowej K1 poprzez drzwi dwuskrzydłowe wejściowe główne 1650 mm x 2300 mm i skrzydło czynne drzwi na boisko 900 mm x 2300 mm. W symulacji przyjęto wielkość drzwi napowietrzających zgodnie z rozdzielczością sieci obliczeniowej o łącznej powierzchni geometrycznej 3,37 m<sup>2</sup>.

Przyjmuje się napowietrzanie klatki schodowej K2 poprzez drzwi dwuskrzydłowe wyjściowe boczne 1650 mm x 2300 mm i dwa skrzydła uchylne na 750 mm dolne do wewnątrz w oknach na półpiętrze między poziomem parteru i piętrem +1 o wymiarach 5500 mm x 8000 mm. W symulacji przyjęto wielkość drzwi i okien napowietrzających zgodnie z rozdzielczością sieci obliczeniowej o łącznej powierzchni geometrycznej 4,25 m<sup>2</sup>.



**Rys. 3** Drzwi i okna napowietrzające - rzut parteru i półpiętra pomiędzy parterem a piętrem +1

## 2.2. Model symulacyjny

Symulacja została przeprowadzona przy użyciu programu symulacyjnego FDS 6.7.0 (Fire Dynamic Simulator) stworzonego przez jednostkę naukowo-badawczą NIST (National Institute of Standards and Technology).

Model symulacyjny składa się z elementów opisanych zgodnie ze standardem programu obliczeniowego FDS. Konstrukcja budynku oraz działanie systemu ochrony przeciwpożarowej opracowane zostały na podstawie dostarczonej przez zlecającego dokumentacji.

Analiza została wykonana zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w wytycznych CNBOP dotyczących sposobu wykonywania symulacji pożaru i oddymiania w klatkach schodowych (CNBOP-PIB W-0003:2016, wydanie 2, maj 2019).

Geometria budująca przegrody zewnętrzne i elementy wewnętrzne wykonana została w oparciu o granice sieci obliczeniowej („MESH” zgodnie z kodem FDS) oraz przegrody blokowe („OBST” zgodnie z kodem FDS). Model obliczeniowy został zbudowany z komórek sześciennych o wymiarze krawędzi 0,1 m przyjętej na podstawie wymagań wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016. Aby zapewnić zgodną z rzeczywistością budowę elementów konstrukcyjnych, wymienionym blokom nadano warunek brzegowy w oparciu o funkcję powierzchni.

Przyjęto następujące parametry ścian, podłóg i stropów odpowiadające właściwościom betonu:

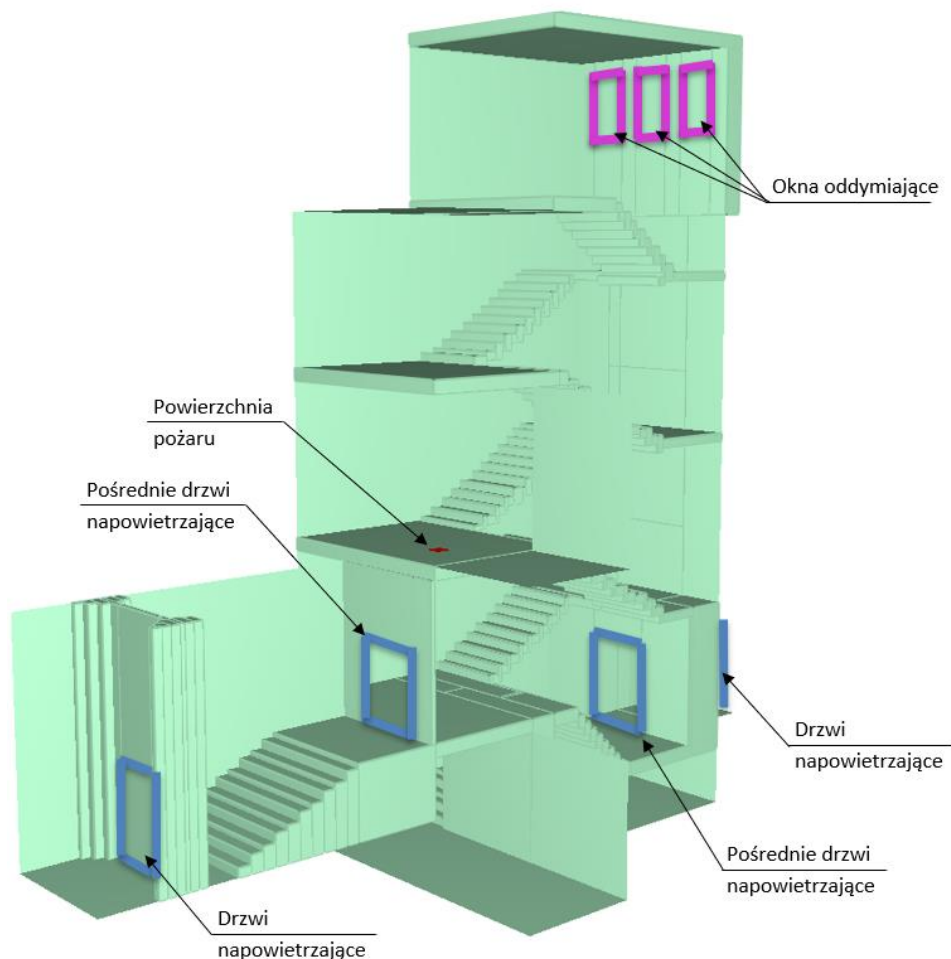
- gęstość - 2280 kg/m<sup>3</sup>
- ciepło właściwe – 1,04 kJ/kgK
- przewodność cieplna – 1,8 W/mK

Okna oddymiające i otwory napowietrzające zostały wprowadzone w postaci bloków typu Otwór („HOLE” zgodnie z kodem FDS) oznaczające powstanie otworów w ścianie zewnętrznej. Ponadto rozszerzono model obliczeniowy o fragmenty przestrzeni zewnętrznej z zastosowaniem warunku brzegowego typu Open („VENT, OPEN” zgodnie z kodem FDS) oznaczający swobodny wypływ do przestrzeni otwartej zewnętrznej.

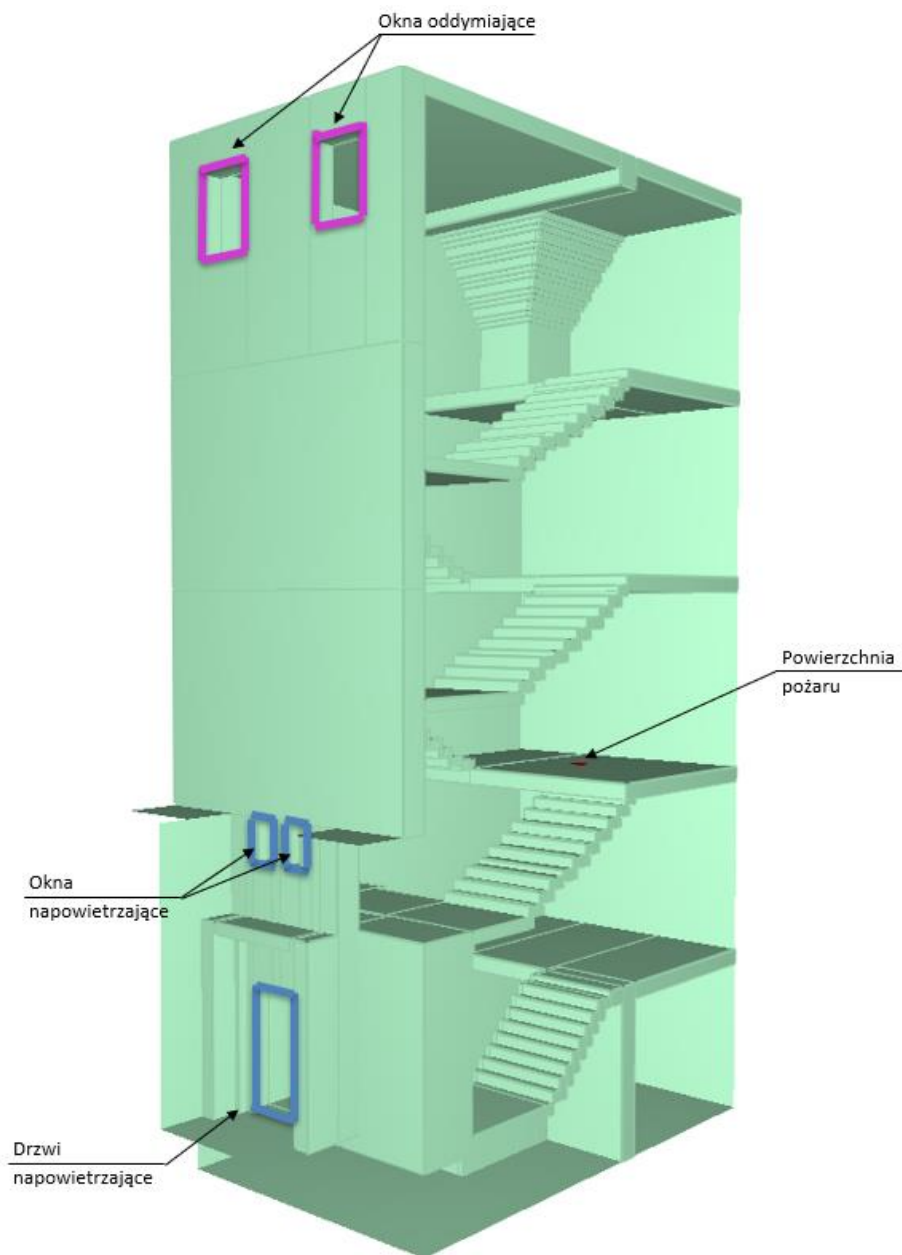
Elementy wentylacyjne wymienione powyżej zostały odwzorowane przy zachowaniu ich całkowitej powierzchni czynnej przyjętej w projektowanym systemie oddymiania.

Powierzchnia pożaru została odwzorowana z zastosowaniem powierzchni płaskiej z opisem mocy /strumienia energii na sposób ciepła („VENT, z cechą HRRPUA zgodnie z kodem FDS).

Zgodnie z wymaganiami wytycznych CNBOP-PIB W-0003:2016 analiza symulacyjna zakłada przyjęcie uruchomienia oddymiania po stałym czasie równym 360 s od rozpoczęcia pożaru.



**Rys. 4** Model symulacyjny klatki schodowej K1



**Rys. 5** Model symulacyjny klatki schodowej K2

## 2.3 Moc pożaru i dymotwórczość

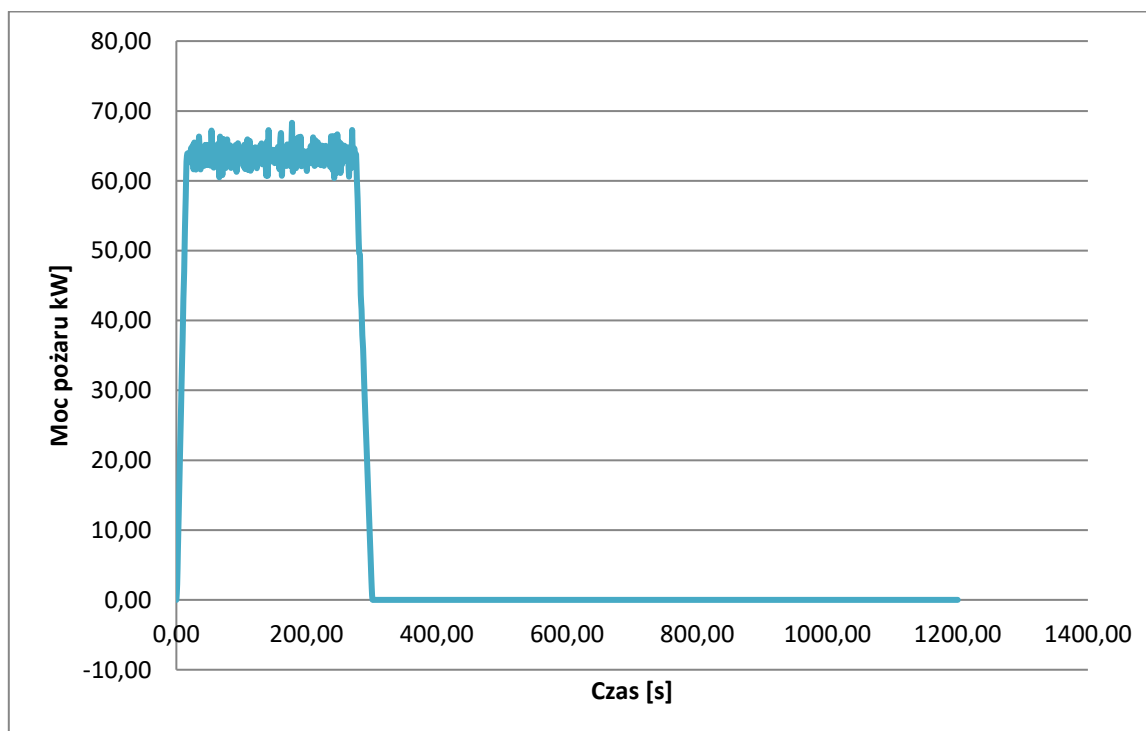
Przyjęto parametry i lokalizację pożaru zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w wytycznych CNBOP dotyczących sposobu prowadzenia symulacji pożaru i oddymiania w klatkach schodowych (CNBOP-PIB W-0003:2016).

Analizę wykonano dla lokalizacji źródła testowego dymu na drugiej kondygnacji nadziemnej, na której występują drzwi do przestrzeni użytkowej budynku.

Źródło testowe:

- wymiary źródła testowego to 0,30 m x 0,4 m;
- jako paliwo przyjęto etanol ( $C_2H_5OH$ );
- ciepło spalania 26 780 kJ/kg;
- całkowity maksymalny strumień ciepła z źródła testowego wynosi 63,6 kW;
- przyjęto, że promieniowanie cieplne stanowi 30% całkowitego strumienia wyzwalanego ciepła;
- współczynnik dymotwórczości przyjęto jako 0,05  $kg_{dymu}/kg_{paliwa}$ .

Poniżej przedstawiono wykres przebiegu mocy źródła testowego w czasie prowadzenia symulacji.



Rys. 6 Krzywa rozwoju mocy pożaru

## 2.4 Cel i czas prowadzenia symulacji

Zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB W-0003:2016 za cel symulacji przyjmuje się wyznaczenie czasu oddymiania klatki schodowej  $t_{odd}$ . Za czas ten uważa się moment uzyskania wyniku liniowego pomiaru transmitancji światła  $T$  (na długości 1m) na wysokości 2 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji o wartości równej co najmniej 80%.

Analiza powinna być prowadzona dla czasu 20 minut licząc od początku aktywacji źródła testowego lub do czasu osiągnięcia kryteriów oceny skuteczności analizowanego systemu oddymiania (osiągnięcia wartości transmitancji światła równej co najmniej 80%).

Przyjęto zastosowanie następujących narzędzi wizualizacji i pomiaru:

- wizualizacja zadymienia
- pomiar absorbancji światła  $A$  (gęstości optycznej) na potrzeby wyznaczenia liniowej transmitancji światła  $T$  (wynikające z zależności  $T=10^{-A}$ )

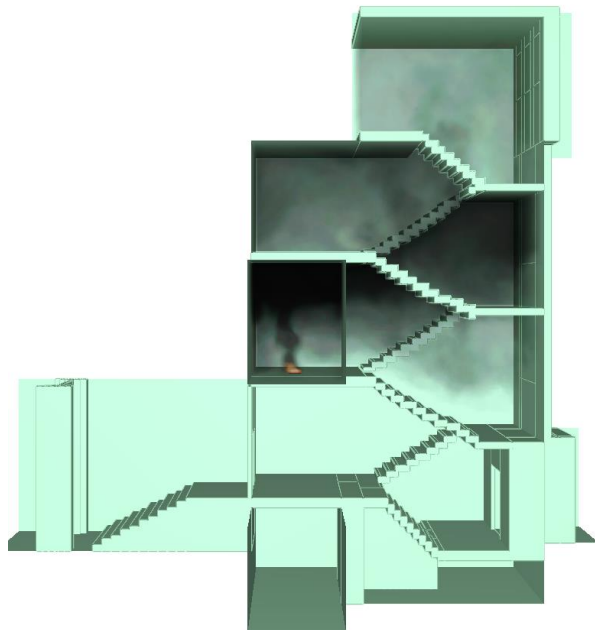
Analizy wykonano w odniesieniu do trzech wartości temperatury, charakterystycznych dla warunków polskich, odpowiadających warunkom zimowym, izotermicznym oraz letnim. Na podstawie strefy klimatycznej (wg PN-76/B-03420), w której zlokalizowany jest obiekt budowlany, przyjęto wartości odpowiadające II strefie klimatycznej (Kościan).

W związku z powyższym wykonano 3 warianty symulacji:

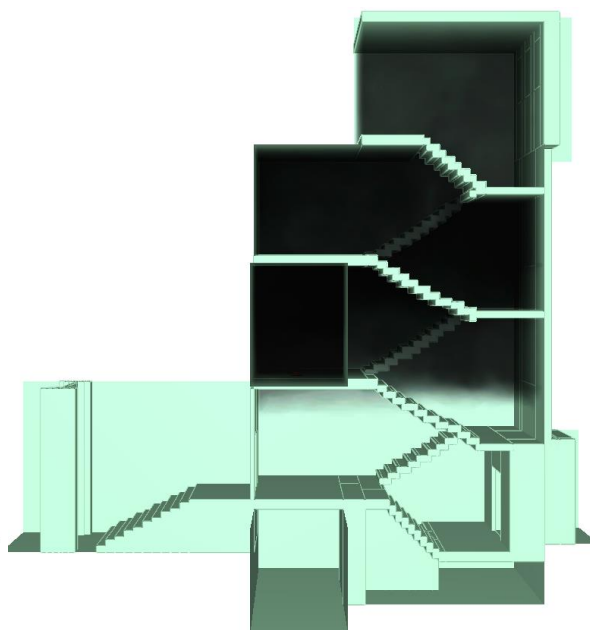
1. Symulacje w warunkach letnich
  - temperatura zewnętrzna: +30°C
  - temperatura wewnętrzna: +24°C
2. Symulacje w warunkach izotermicznych
  - temperatura zewnętrzna: +20°C
  - temperatura wewnętrzna: +20°C
3. Symulacje w warunkach zimowych
  - temperatura zewnętrzna: -18°C
  - temperatura wewnętrzna: +16°C

### 3. Wyniki symulacji

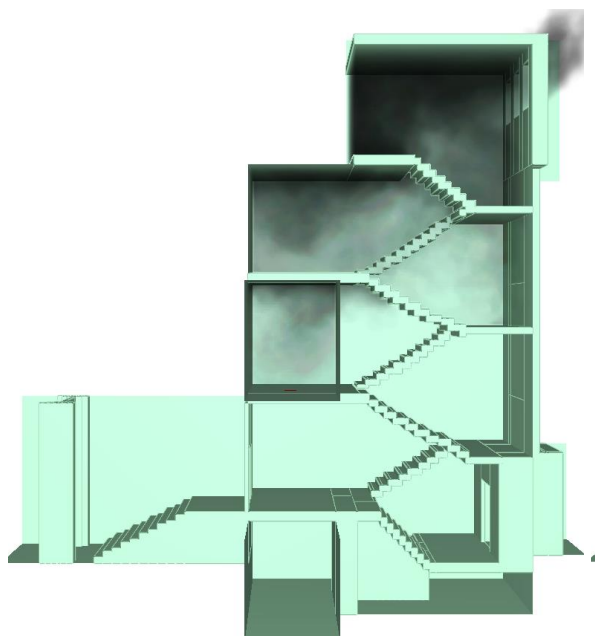
#### 3.1 Klatka schodowa K1 – warunki letnie



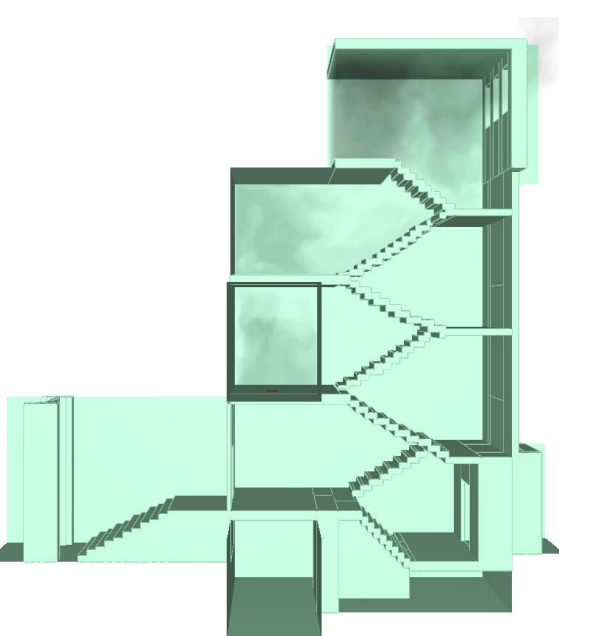
Zadymienie po czasie 120 s z rozwoju testowego źródła pożaru (warunki letnie)



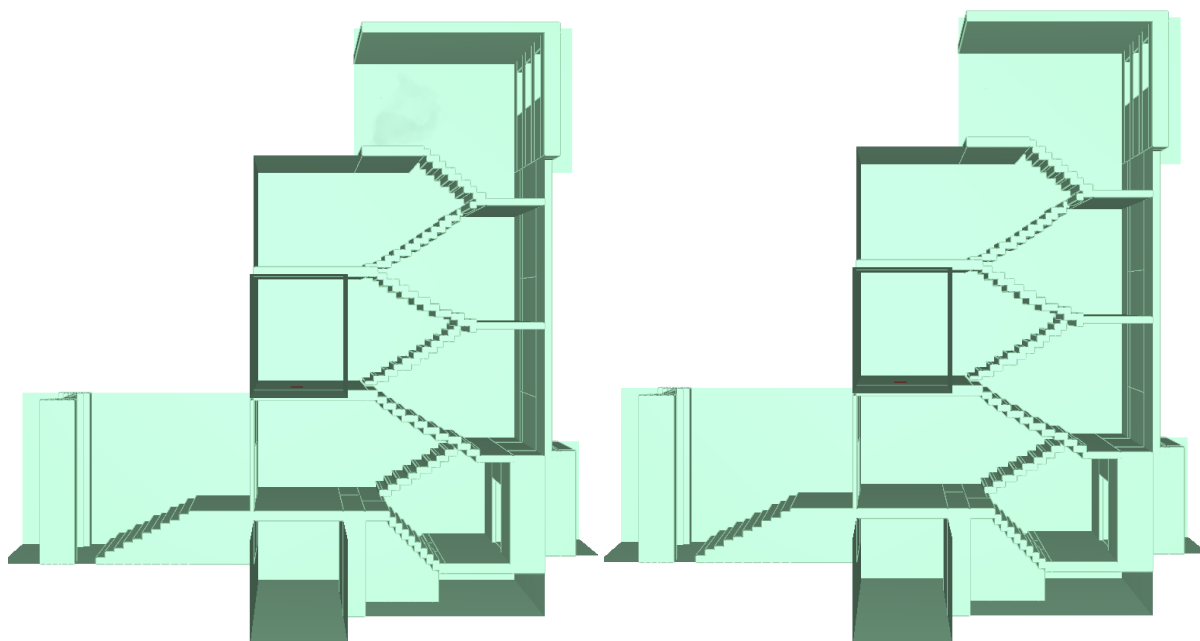
Zadymienie po czasie 300 s - zakończenie rozwoju testowego źródła pożaru (warunki letnie)



Zadymienie po czasie 480 s – stan po dwóch minutach oddymiania (warunki letnie)

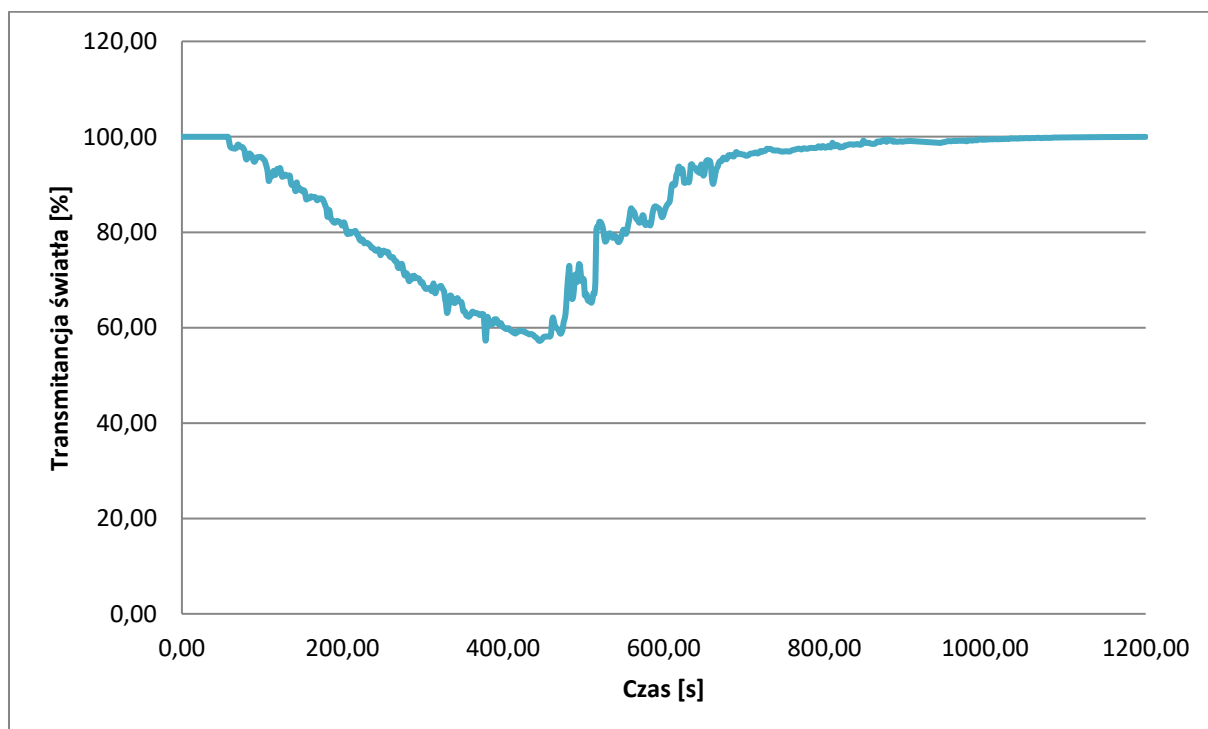


Zadymienie po czasie 600 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki letnie)



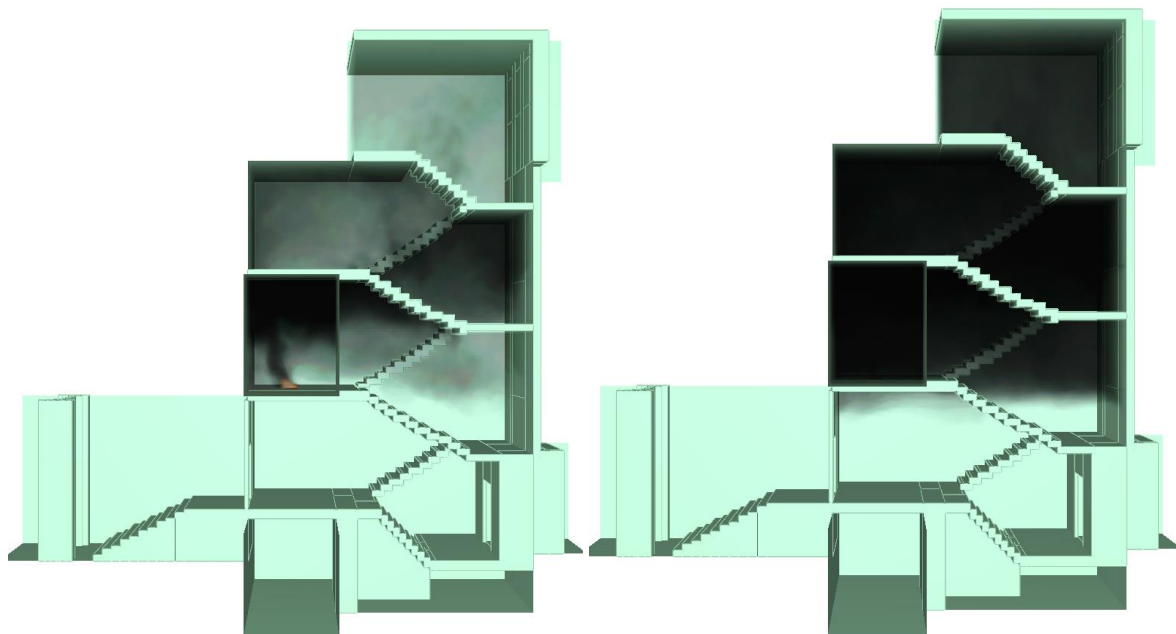
Zadymienie po czasie 720 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki letnie)

Zadymienie po czasie 1200 s – stan po czternastu minutach oddymiania (warunki letnie)



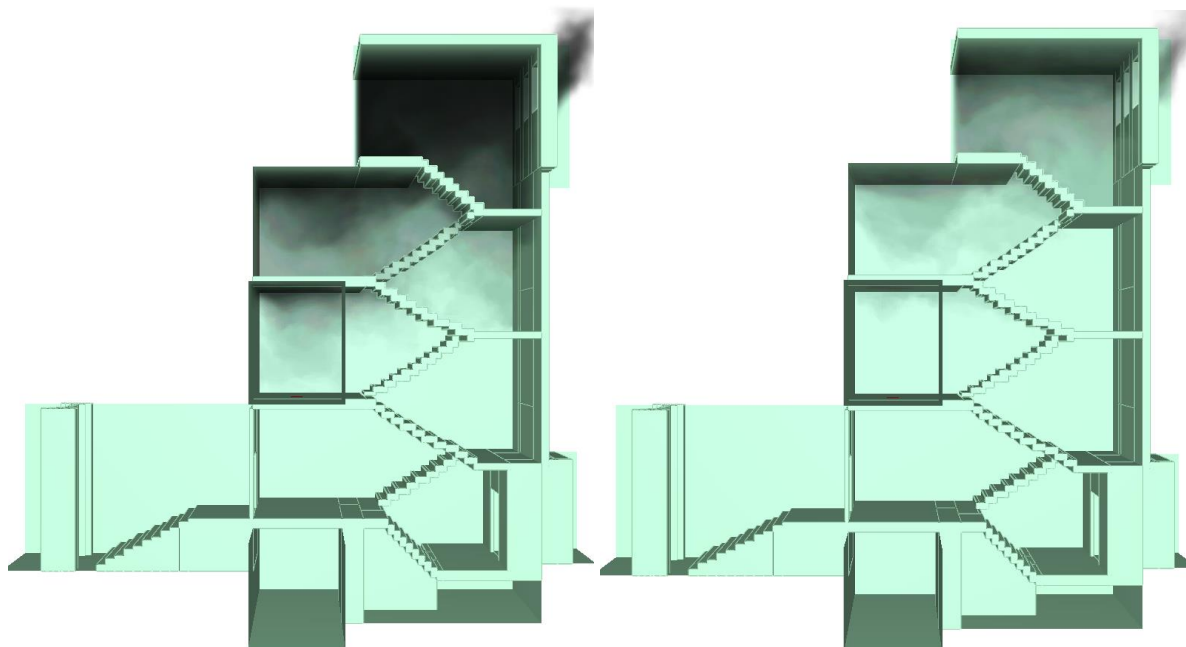
Wykres zmian transmitancji światła na wysokości dwóch metrów od poziomu najwyższej kondygnacji (warunki letnie)

### 3.2 Klatka schodowa K1 – warunki izotermiczne



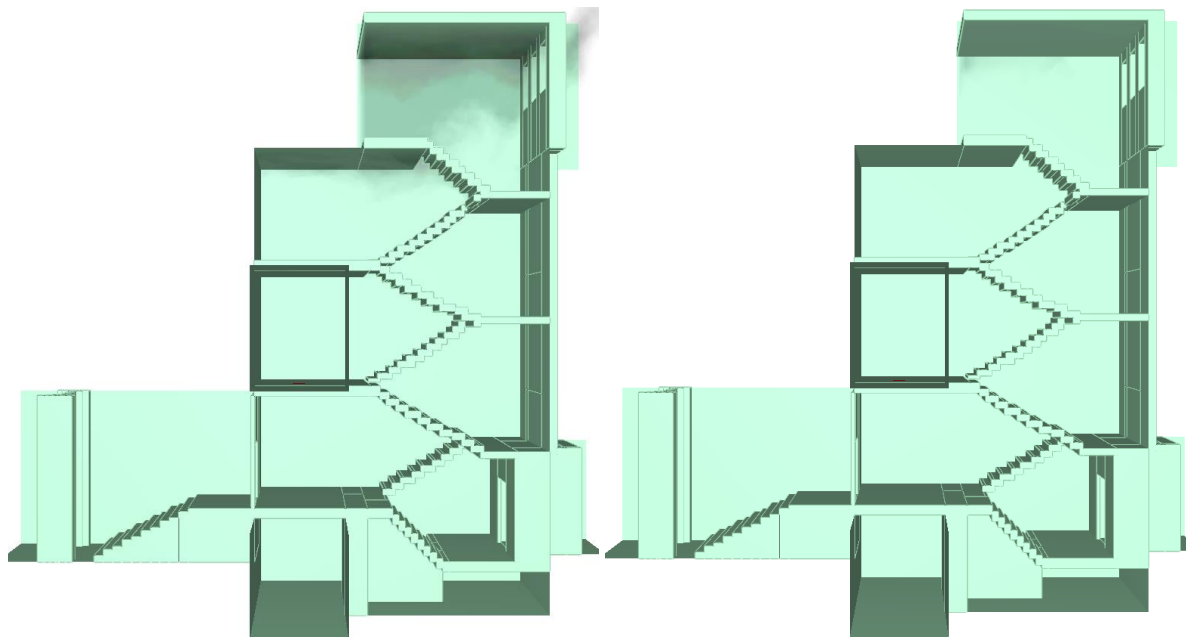
Zadymienie po czasie 120 s z rozwoju testowego źródła pożaru (warunki izotermiczne)

Zadymienie po czasie 300 s - zakończenie rozwoju testowego źródła pożaru (warunki izotermiczne)



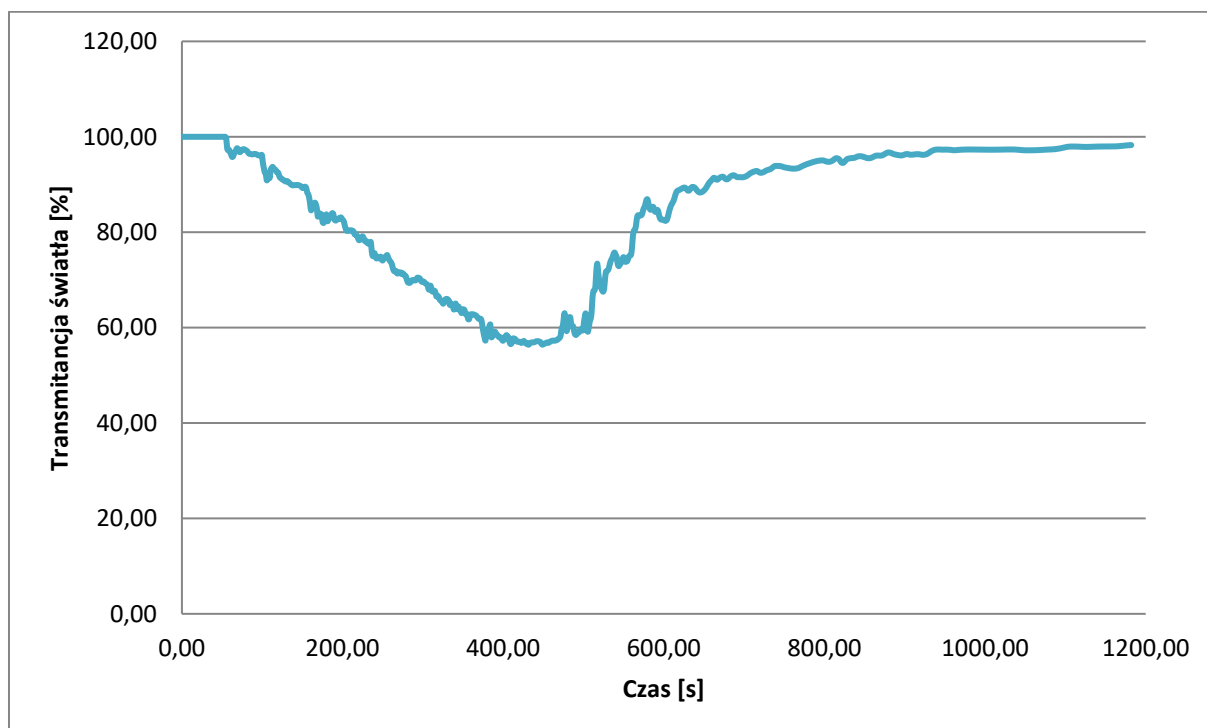
Zadymienie po czasie 480 s – stan po dwóch minutach oddymiania (warunki izotermiczne)

Zadymienie po czasie 600 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki izotermiczne)



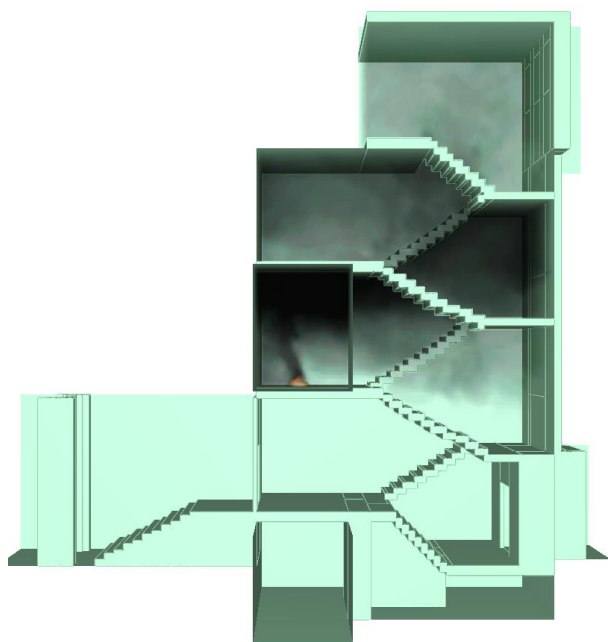
Zadymienie po czasie 720 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki izotermiczne)

Zadymienie po czasie 1200 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki izotermiczne)

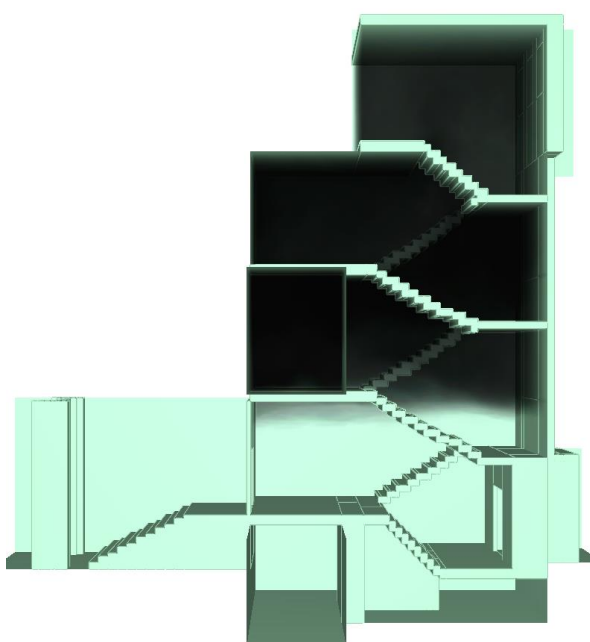


Wykres zmian transmitancji światła na wysokości dwóch metrów od poziomu najwyższej kondygnacji  
 (warunki izotermiczne)

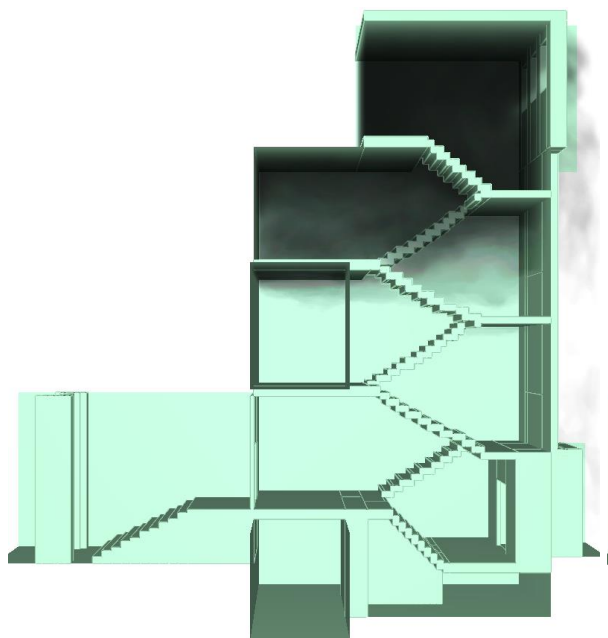
### 3.3 Klatka schodowa K1 – warunki zimowe



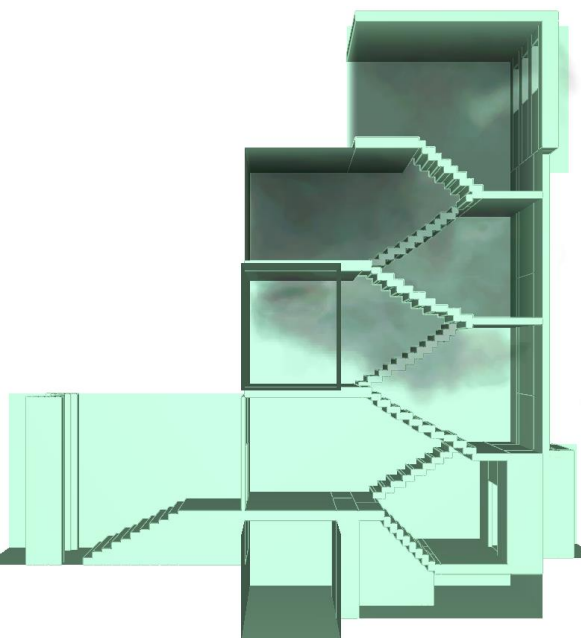
Zadymienie po czasie 120 s z rozwoju testowego źródła pożaru (warunki zimowe)



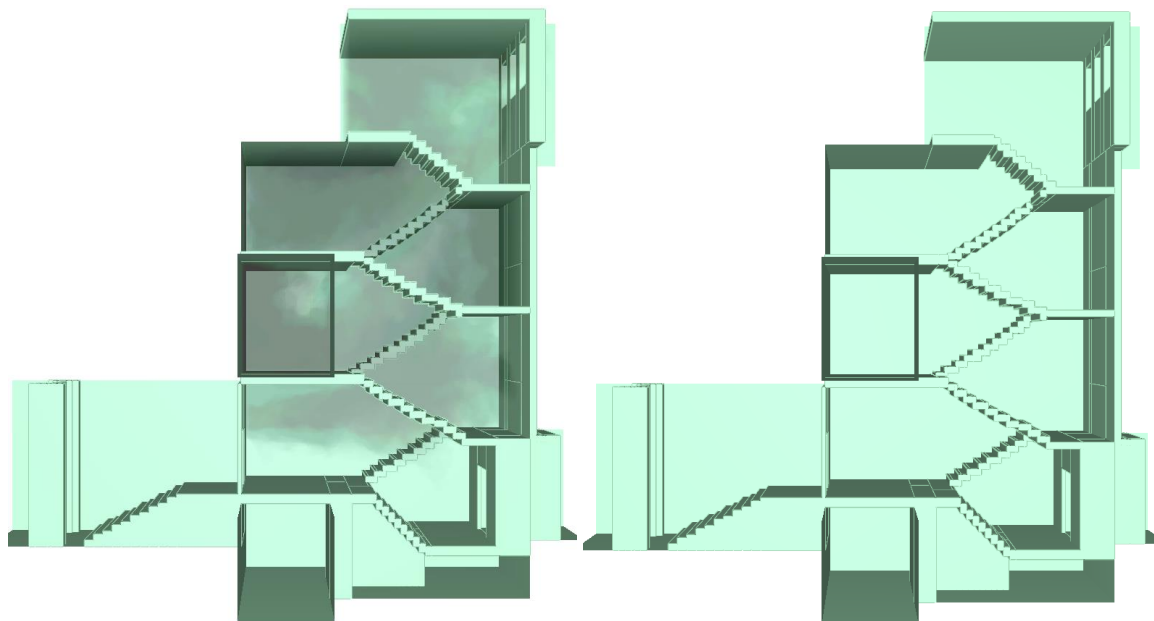
Zadymienie po czasie 300 s - zakończenie rozwoju testowego źródła pożaru (warunki zimowe)



Zadymienie po czasie 480 s – stan po dwóch minutach oddymiania (warunki zimowe)

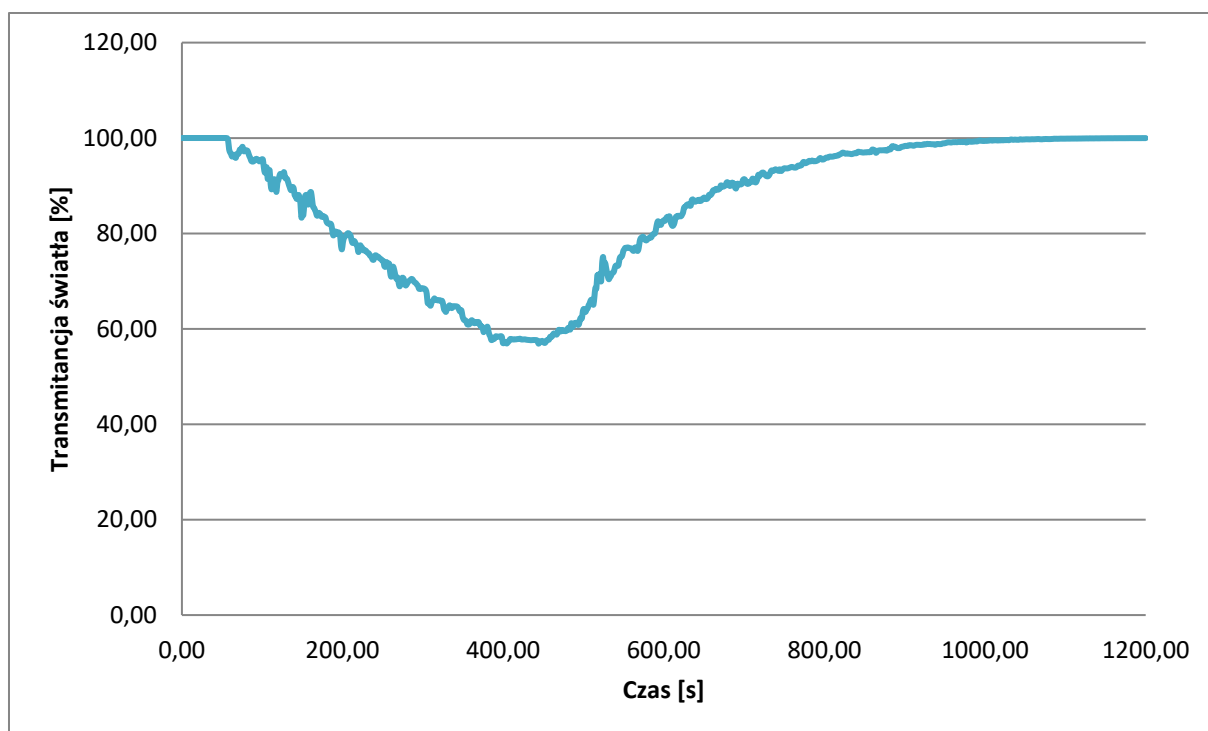


Zadymienie po czasie 600 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki zimowe)



Zadymienie po czasie 720 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki zimowe)

Zadymienie po czasie 1200 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki zimowe)

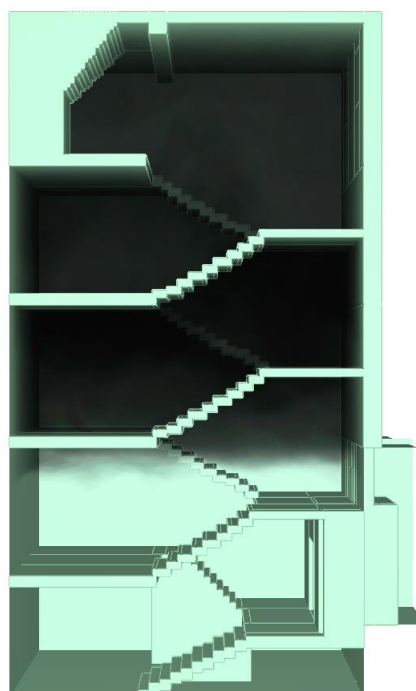


Wykres zmian transmitancji światła na wysokości dwóch metrów od poziomu najwyższej kondygnacji (warunki zimowe)

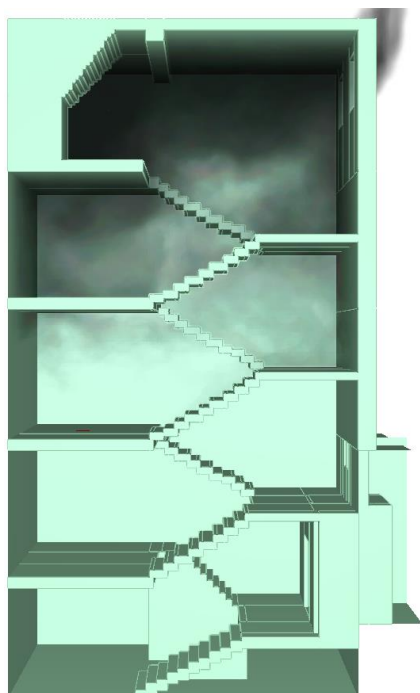
### 3.4 Klatka schodowa K2 – warunki letnie



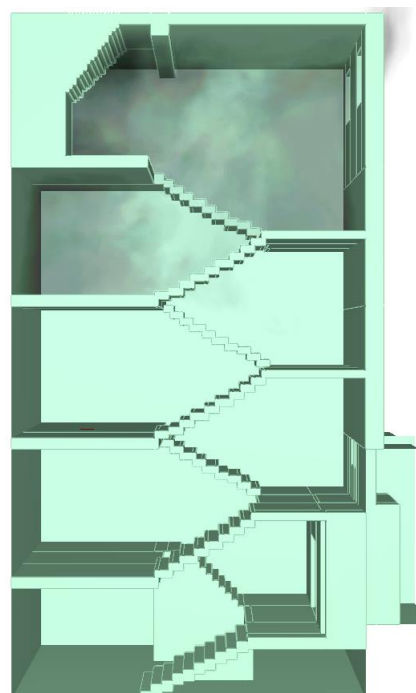
Zadymienie po czasie 120 s rozwoju testowego źródła pożaru (warunki letnie)



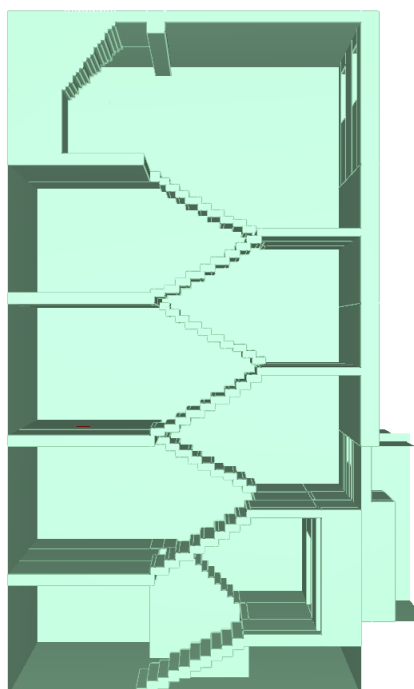
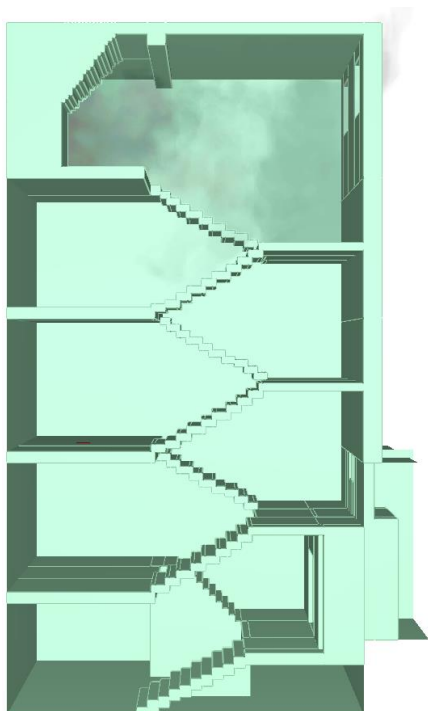
Zadymienie po czasie 300 s - zakończenie rozwoju testowego źródła pożaru (warunki letnie)



Zadymienie po czasie 480 s – stan po dwóch minutach oddymiania (warunki letnie)

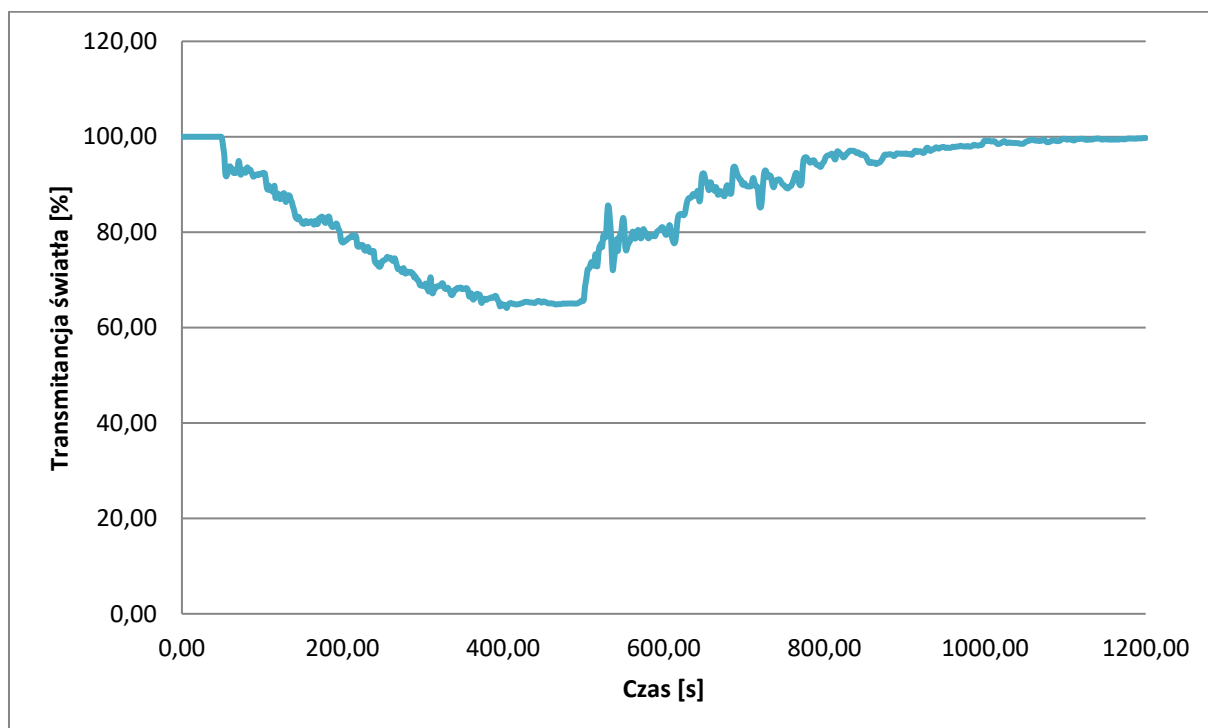


Zadymienie po czasie 600 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki letnie)

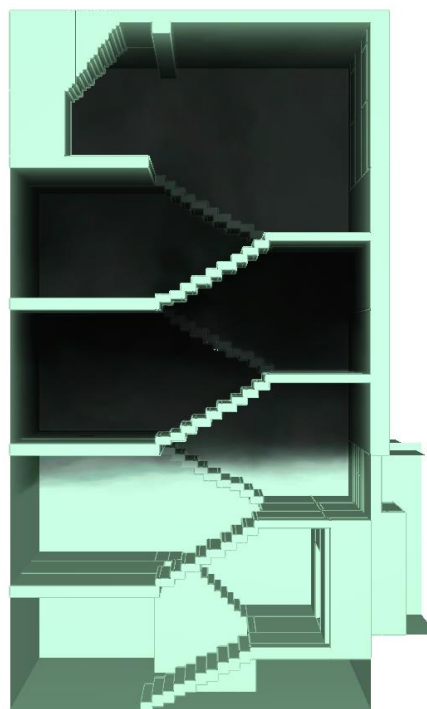
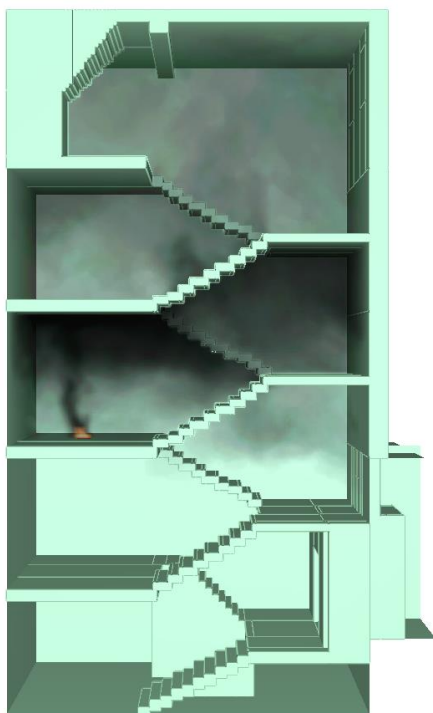


Zadymienie po czasie 720 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki letnie)

Zadymienie po czasie 1200 s – stan po czternastu minutach oddymiania (warunki letnie)

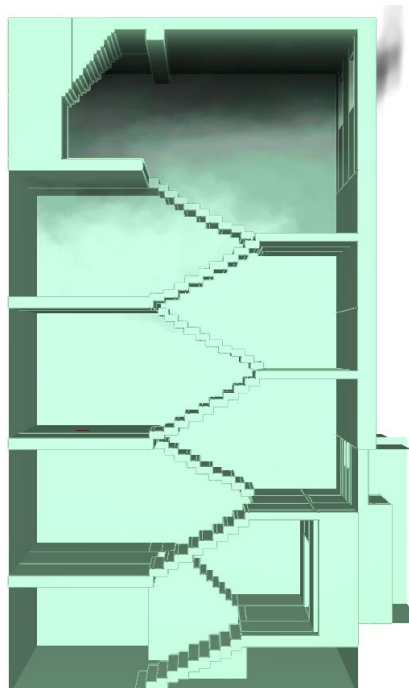


Wykres zmian transmitancji światła na wysokości dwóch metrów od poziomu najwyższej kondygnacji (warunki letnie)

**3.5 Klatka schodowa K2 – warunki izotermiczne**


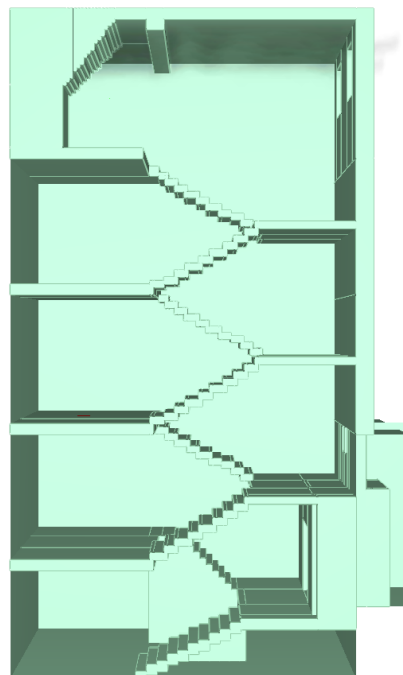
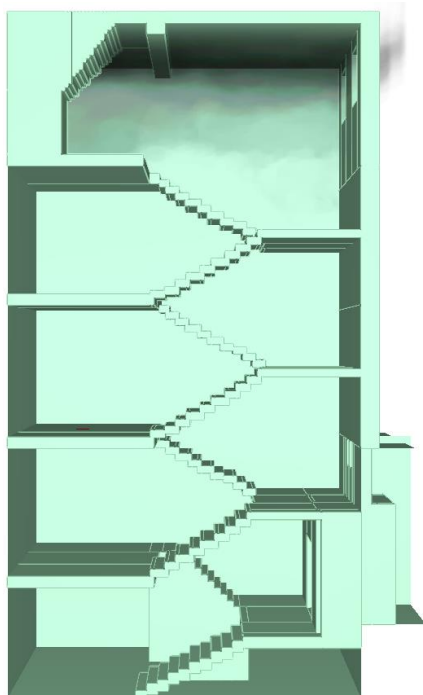
Zadymienie po czasie 120 s rozwoju testowego źródła pożaru (warunki izotermiczne)

Zadymienie po czasie 300 s - zakończenie rozwoju testowego źródła pożaru (warunki izotermiczne)



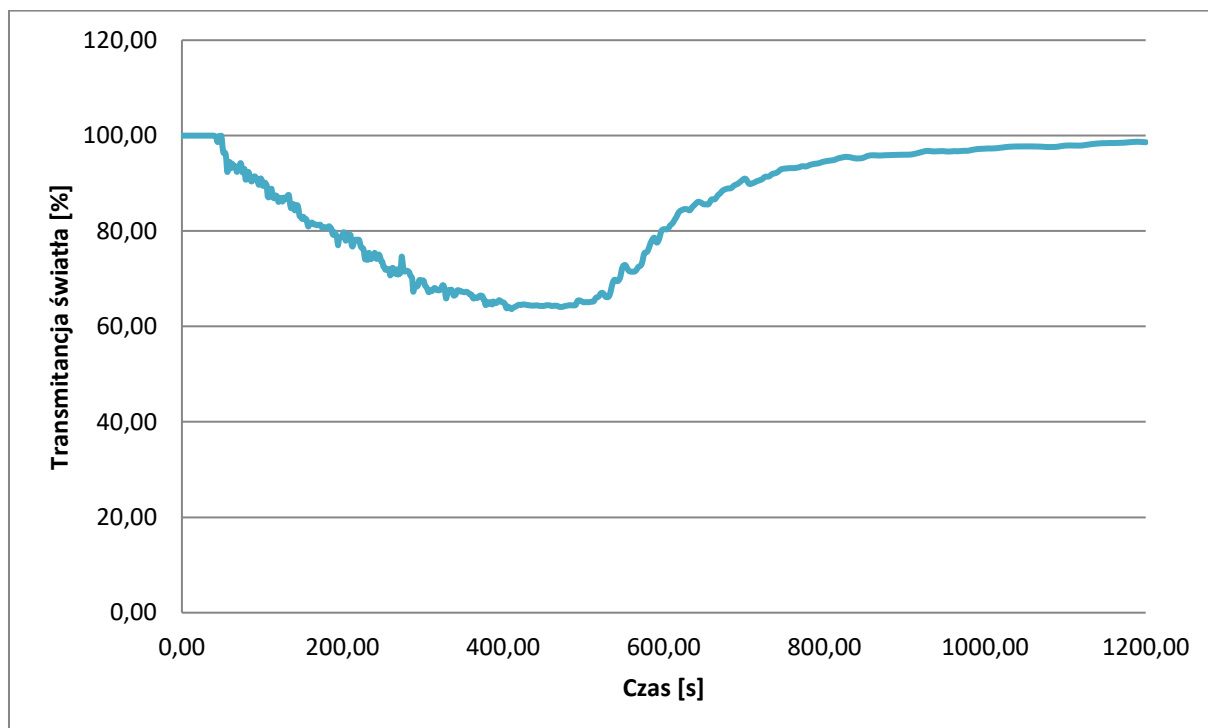
Zadymienie po czasie 480 s – stan po dwóch minutach oddymiania (warunki izotermiczne)

Zadymienie po czasie 600 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki izotermiczne)



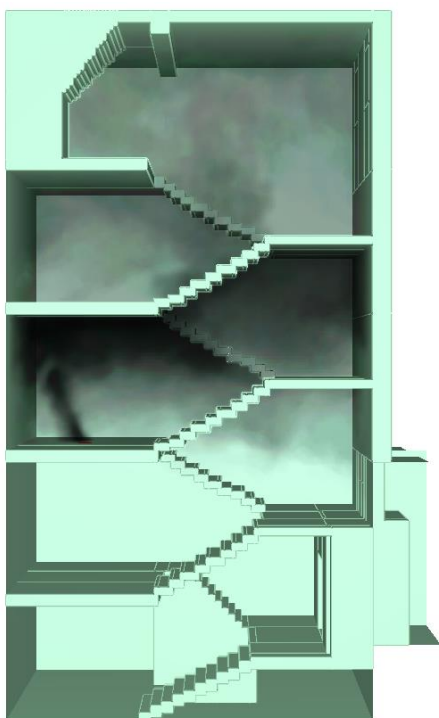
Zadymienie po czasie 720 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki izotermiczne)

Zadymienie po czasie 1200 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki izotermiczne)

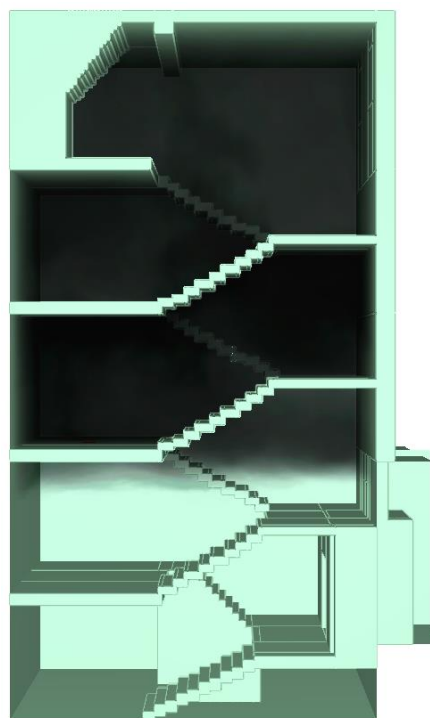


Wykres zmian transmitancji światła na wysokości dwóch metrów od poziomu najwyższej kondyngacji (warunki izotermiczne)

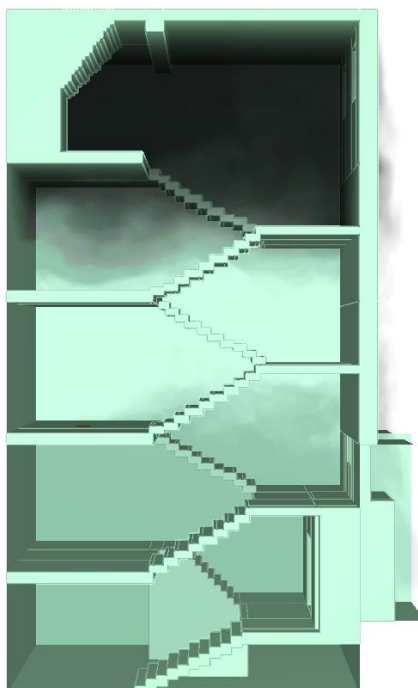
### 3.6 Klatka schodowa K2 – warunki zimowe



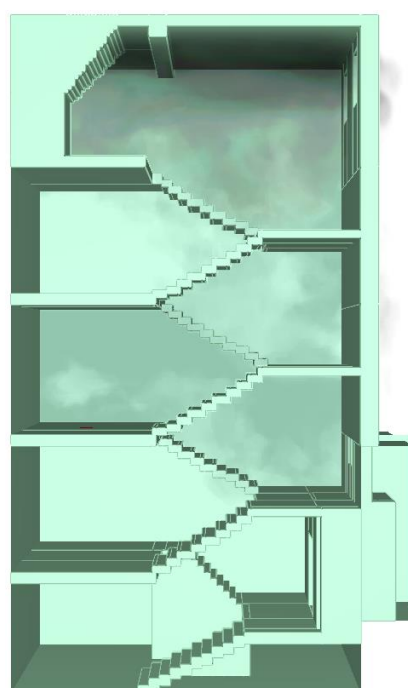
Zadymienie po czasie 120 s z rozwoju testowego źródła pożaru (warunki zimowe)



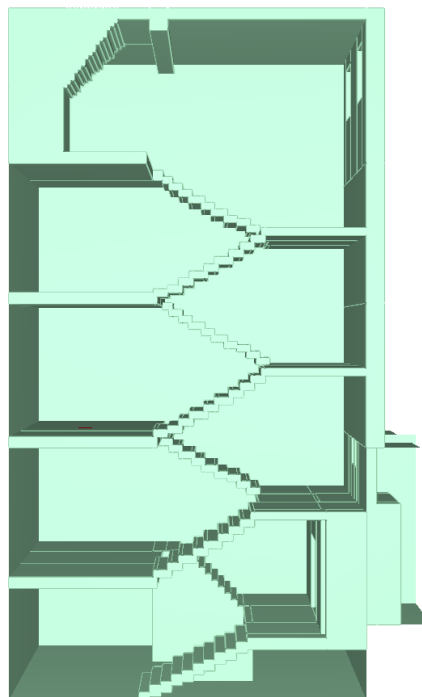
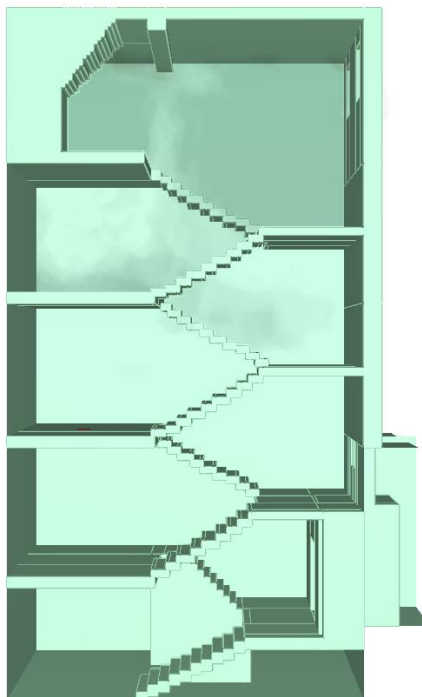
Zadymienie po czasie 300 s - zakończenie rozwoju testowego źródła pożaru (warunki zimowe)



Zadymienie po czasie 480 s – stan po dwóch minutach oddymiania (warunki zimowe)

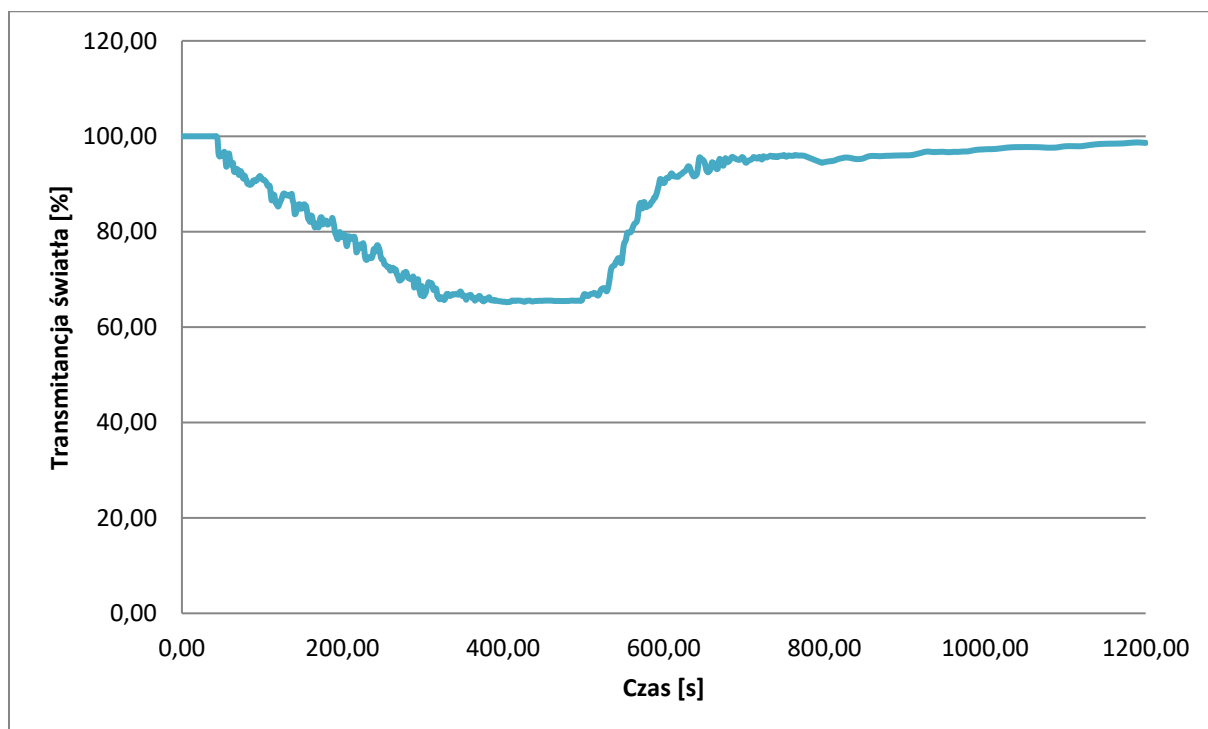


Zadymienie po czasie 600 s – stan po czterech minutach oddymiania (warunki zimowe)



Zadymienie po czasie 720 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki zimowe)

Zadymienie po czasie 1200 s – stan po sześciu minutach oddymiania (warunki zimowe)



Wykres zmian transmitancji światła na wysokości dwóch metrów od poziomu najwyższej kondygnacji  
 (warunki zimowe)

## 4. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych powyżej wyników symulacji wyznaczono czas oddymiania klatek schodowych K1 i K2 liczony od rozpoczęcia oddymiania do czasu osiągnięcia kryterium usunięcia dymu. Poniżej przedstawiono wynikowe czasy oddymiania ( $t_{\text{odd}}$ ) dla przyjętych scenariuszy:

- klatka schodowa K1 w warunkach letnich -  $t_{\text{odd}}= 190$  s
- klatka schodowa K1 w warunkach izotermicznych -  $t_{\text{odd}}= 200$  s
- klatka schodowa K1 w warunkach zimowych -  $t_{\text{odd}}= 230$  s
  
- klatka schodowa K2 w warunkach letnich -  $t_{\text{odd}}= 210$  s
- klatka schodowa K2 w warunkach izotermicznych -  $t_{\text{odd}}= 240$  s
- klatka schodowa K2 w warunkach zimowych -  $t_{\text{odd}}= 200$  s

Wytyczne Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej CNBOP-PIB W-0003:2016 dotyczące systemów oddymiania klatek schodowych wskazują konieczność wyznaczenia czasu oddymiania zgodnie z kryteriami opisanymi w niniejszym opracowaniu. Dla systemów oddymiania grawitacyjnego nie wprowadzają ograniczenia co do wymaganego czasu oddymiania.

**W wyniku wykonanych symulacji stwierdza się, że projektowany system oddymiania klatek schodowych zapewnia skuteczne usuwanie dymu i spełnia wymagania wytycznych CNBOP.**