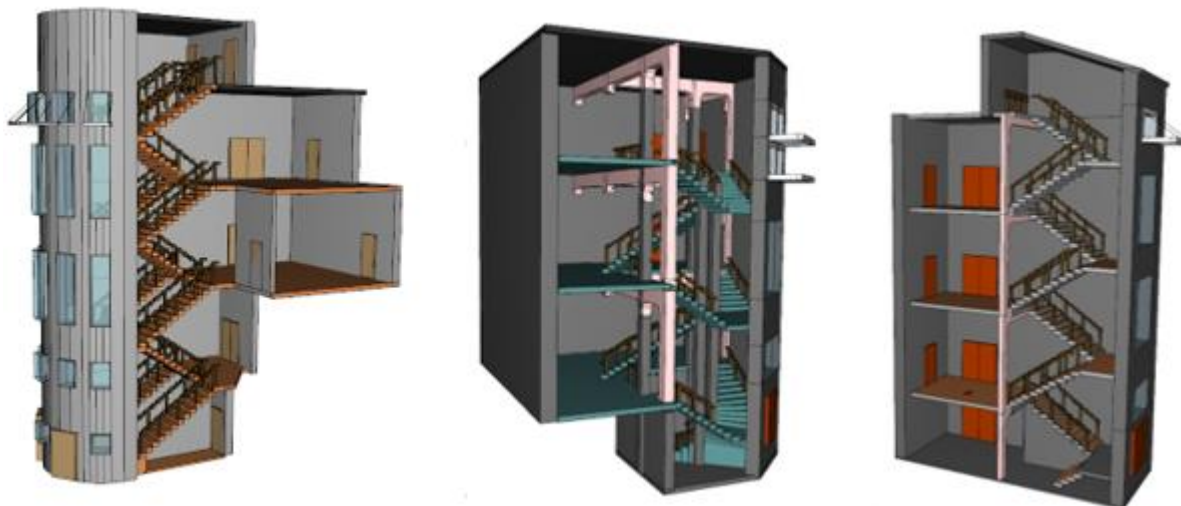


NAZWA OPRACOWANIA:

**ANALIZA SYSTEMU ODDYMIANIA Z NAWIEWEM MECHANICZNYM TRZECZ
KLATEK SCHODOWYCH ZLOKALIZOWANYCH W BUDYNKU ZESPOŁU SZKÓŁ NR 1
W MIEJSCOWOŚCI STARGARD**



OBIEKT/ ADRES INWESTYCJI:

ZESPÓŁ SZKÓŁ NR 1
UL. PARK 3-GO MAJA 2
73-110 STARGARD

INWESTOR:

POWIAT STARGARDZKI
UL. SKARBOWA 1
73-110 STARGARD

DATA:

LISTOPAD 2021

OPRACOWANIE:

MGR INŻ. EWELINA BĄCZEK

MGR INŻ. SŁAWOMIR KOWALSKI

Spis treści

1. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA	3
2. PODSTAWA OPRACOWANIA	3
3. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU	3
4. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE	4
4.1 Parametry instalacji klatki schodowej KL1.....	4
4.2 Parametry instalacji klatki schodowej KL2.....	4
4.3 Parametry instalacji klatki schodowej KL3.....	5
5. CEL ANALIZY	5
6. METODA REALIZACJI	7
7. KRYTERIA OCENY	10
8. ZAŁOŻENIA DO SYMULACJI CFD	10
8.1 Charakterystyka użytego programu CFD	10
8.2 Rodzaj i gęstość siatki obliczeniowej	10
8.3 Model turbulencji	11
8.4 Model spalania	11
8.5 Model promieniowania	11
8.6 Czas symulacji	11
8.7 Krzywa mocy pożaru	12
9. WYNIKI ANALIZY CFD DLA KLATKI 1	13
9.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE	13
9.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE	16
9.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE	19
10. WYNIKI ANALIZY DLA KLATKI 2	22
10.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE	22
10.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE	25
10.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE	28
11. WYNIKI ANALIZY DLA KLATKI 3	31
11.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE	31
11.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE	34
11.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE	37
12. WYNIKI TRANSMITANCJI DLA KLATKI 1	40
12.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE	40
12.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE	40
12.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE	41
13. WYNIKI TRANSMITANCJI DLA KLATKI 2	42
13.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE	42
13.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE	42
13.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE	43
14. WYNIKI TRANSMITANCJI DLA KLATKI 3	44
14.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE	44
14.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE	44
14.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE	45
15. WNIOSEK KOŃCOWE	45
16. PODSUMOWANIE	46

1. PRZEDMIOT I ZAKRES OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest analiza systemu oddymiania z nawiewem mechanicznym trzech klatek schodowych zlokalizowanych w budynku Zespołu Szkół nr 1 w miejscowości Stargard przy ulicy Park 3-ego Maja 2.

Celem opracowania jest wyznaczenie wydatku wentylatorów kompensujących i sprawdzenie skuteczności działania systemu oddymiania klatek schodowych oraz określenie warunków, jakie wystąpią w przestrzeni klatki schodowej podczas ewakuacji ludzi z tej przestrzeni.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

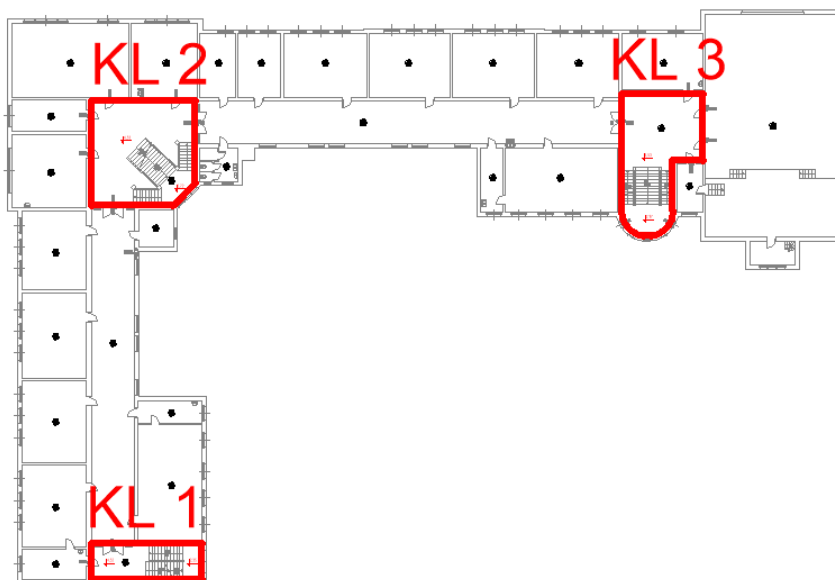
Analizę przeprowadzono na podstawie następujących norm i aktów prawnych, a także materiałów dostarczonych przez Inwestora:

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim odpowiadają budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r (tekst jednolity Dz.U. 2019, poz. 1065) [1];
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. Nr 109, poz. 719 z późn. zmianami Dz.U. 2019 poz. 67) [2];
- CNBOP - PIB. Systemy oddymiania klatek schodowych - wydanie 2, 2019 [3];
- PN-EN ISO 6946:2004 [4];
- PN-EN 12831 Projektowana temperatura zewnętrzna. Średnia roczna temperatura zewnętrzna. Projektowa temperatura wewnętrzna [5];
- Health and Safety Executive (HSE). Reducing risks, protecting people. Process Safety and Environmental Protection, pages 1–74, 2001 [6];
- K.McGrattan. Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant applications, volume 7. Number April. 2014 [7];
- Rysunki branżowe w formacie dwg oraz pdf.

3. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Budynek jest obiektem wolnostojącym i pełni funkcję budynku oświaty, w którym mieści się Zespół Szkół nr 1 im. Mieszka I w Stargardzie. Obiekt składa się z czterech kondygnacji nadziemnych.

Poniżej na rysunku 1 przedstawiono w graficzny sposób lokalizację analizowanych klatek schodowych w obiekcie, wraz z ich oznaczeniem użytym w niniejszym raporcie.



Rysunek 1. Lokalizacja klatek schodowych KL1, KL2 oraz KL3 w obiekcie

4. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

Budynek zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz.U. 2019 poz. 1065; z Dz.U. 2020 poz. 1608) § 8. należy do grupy budynków średniowysokich (SW).

4.1 Parametry instalacji klatki schodowej KL1

W projektowanym systemie oddymiania klatki schodowej KL1 przyjęto że:

- odprowadzenie dymu i ciepła z klatki schodowej KL1 będzie się odbywać grawitacyjnie poprzez jedno okno oddymiające o wymiarach 230 x 150 cm, otwierane góra/dół na zewnątrz o kącie 90 st. Powierzchnia czynna okna oddymiającego wynosi $A_{cz} = 1,95 \text{ m}^2$. Okno zlokalizowane nad spocznikiem na poziomie +11,16 m;
- kompensacja powietrza realizowana będzie poprzez automatycznie uruchomiony wentylator kompensacyjny o wydatku całkowitym $V = 15\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. Wentylator zlokalizowany nad głównymi drzwiami wejściowymi do klatki KL1 na poziomie -2,42 m.

4.2 Parametry instalacji klatki schodowej KL2

W projektowanym systemie oddymiania klatki schodowej KL2 przyjęto że:

- odprowadzenie dymu i ciepła z klatki schodowej KL2 będzie się odbywać grawitacyjnie poprzez cztery okna oddymiające o wymiarach 150 x 150 cm, otwierane góra/dół na zewnątrz o kącie 90 st. Sumaryczna powierzchnia oddymiania wynosi $A_{cz} = 4,92 \text{ m}^2$. Okna zlokalizowane nad spocznikiem na poziomie +7,06 m;
- kompensacja powietrza realizowana będzie poprzez automatycznie uruchomiony wentylator kompensacyjny o wydatku całkowitym $V = 55\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. Wentylator zlokalizowany nad głównymi drzwiami wejściowymi do klatki KL2 na poziomie -2,20 m.

4.3 Parametry instalacji klatki schodowej KL3

W projektowanym systemie oddymiania klatki schodowej KL3 przyjęto że:

- odprowadzenie dymu i ciepła z klatki schodowej KL3 będzie się odbywać grawitacyjnie poprzez pięć okien oddymiających o wymiarach 120 x 150 cm, otwierane góra/dołem na zewnątrz o kącie 90 st. Sumaryczna powierzchnia oddymiania wynosi $A_{cz} = 4,80 \text{ m}^2$. Okna zlokalizowane nad spocznikiem na poziomie +10,96 m;
- kompensacja powietrza realizowana będzie poprzez automatycznie uruchomiony wentylator kompensacyjny o wydatku całkowitym $V = 40\,000 \text{ m}^3/\text{h}$. Wentylator zlokalizowany nad drzwiami wejściowymi do klatki KL3 na poziomie parteru.

5. CEL ANALIZY

Podstawowym celem opracowania jest sprawdzenie efektywności zastosowanego systemu usuwania dymu i ciepła z przestrzeni klatek schodowych. Analizie poddano więc czas, po którym warunki w klatce schodowej będą mogły zostać uznane za bezpieczne zgodnie ze stosowaną w Polsce wiedzą techniczną [3].

Zgodnie z zaproponowaną w wytycznych CBNOP metodą [3], określono czas oddymiania klatki schodowej dla trzech wartości temperatury na zewnątrz jak i wewnątrz budynku, charakterystycznych dla warunków polskich. Odpowiadają one warunkom izotermicznym (okres wiosenny i jesienny), letnim oraz zimowym.

W związku z tym opracowane zostały trzy scenariusze pożarowe:

Scenariusz 1 - Oddymianie klatki schodowej w warunkach izotermicznych (+20 °C na zewnątrz i +20 °C wewnątrz klatki).

Scenariusz 2 - Oddymianie klatki schodowej w warunkach zimowych (-16 °C na zewnątrz i +16 °C wewnątrz klatki).

Scenariusz 3 - Oddymianie klatki schodowej w warunkach letnich (+30 °C na zewnątrz i +24 °C wewnątrz klatki).

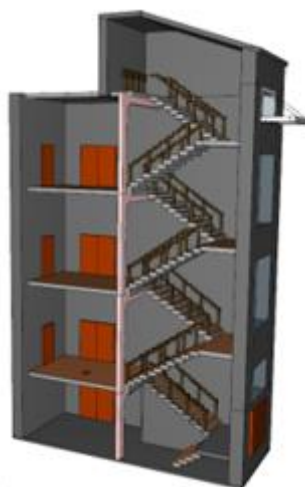
Temperatury przyjęte w poszczególnych scenariuszach zostały określone na podstawie CNBOP-PIB [3], oraz normy PN-EN 12831 [5] *Projektowa temperatura zewnętrzna. Średnia roczna temperatura zewnętrzna. Projektowa temperatura wewnętrzna*. Na rysunku 2 poniżej przedstawiono podział obszaru polski na strefy klimatyczne w okresie letnim oraz zimowym.



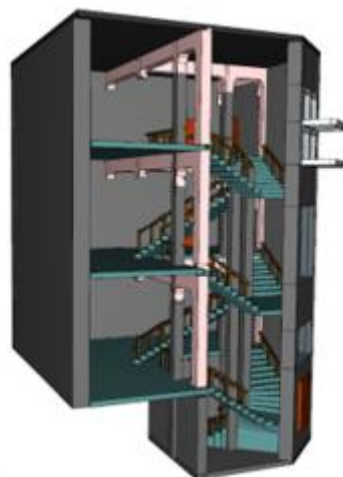
Rysunek 2. Podział obszaru polski na strefy klimatyczne w okresie letnim oraz zimowym z zaznaczeniem lokalizacji przedmiotowej klatki schodowej

Analizie nie poddano oddziaływania wiatru w żadnym scenariuszu.

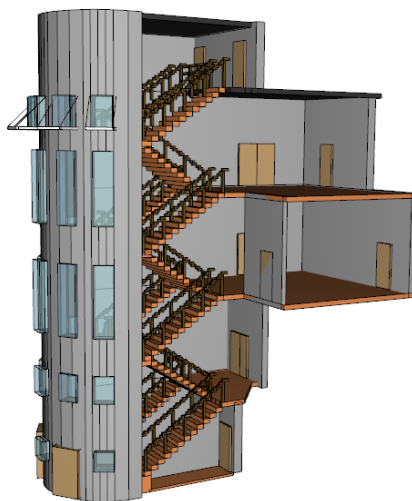
Poniższe rysunki 3-5 przedstawiają modele 3D klatki schodowej KL1, KL2 oraz KL3.



Rysunek 3. Model 3D klatki schodowej KL1



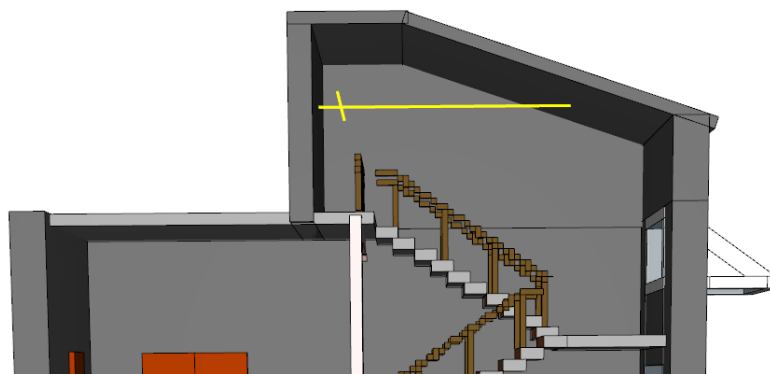
Rysunek 4. Model 3D klatki schodowej KL2



Rysunek 5. Model 3D klatki schodowej KL3

6. METODA REALIZACJI

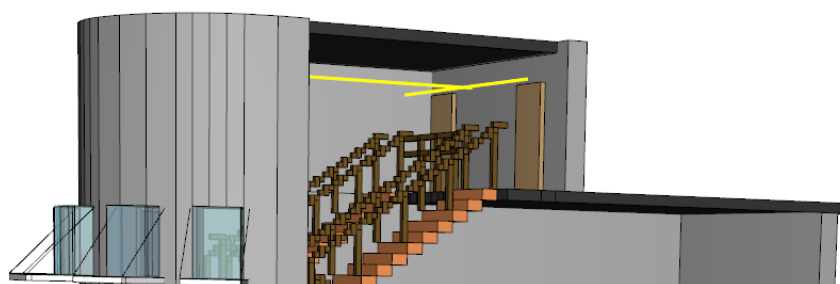
Metodą realizacji była komputerowa analiza CFD. Parametry determinujące oczyszczenie klatek schodowych z dymu przyjęto według wytycznych CNBOP-PIB [3]. Zgodnie z tymi wytycznymi dokonano pomiaru wartości transmitancji światła powyżej spocznika ostatniej kondygnacji. Wartość krytyczna to 95% mierzona na wysokości 2 m od poziomu tego spocznika. Pomiaru dokonano za pomocą dwóch czujek liniowych. Rysunki 6-8 przedstawiają umiejscowienie czujek liniowych odpowiednio dla klatki schodowej KL1, KL2 oraz KL3. Lokalizacja urządzeń pomiarowych była stała we wszystkich scenariuszach. Przez pierwsze 300 sekund symulacji, klatka schodowa była zadymiana. Następnie przez 60 sekund dym rozchodził się po przestrzeni klatki. Systemy oddymiania w klatce, zgodnie z metodyką zaproponowaną w wytycznych [3], uruchomiane były w 360 sekundzie symulacji. Od tego momentu liczony jest czas oczyszczania klatki schodowej z dymu.



Rysunek 6. Rozmieszczenie urządzeń pomiarowych (żółte liniowe urządzenie pomiarowe) 2 m nad spocznikiem ostatniej kondygnacji klatki schodowej KL1

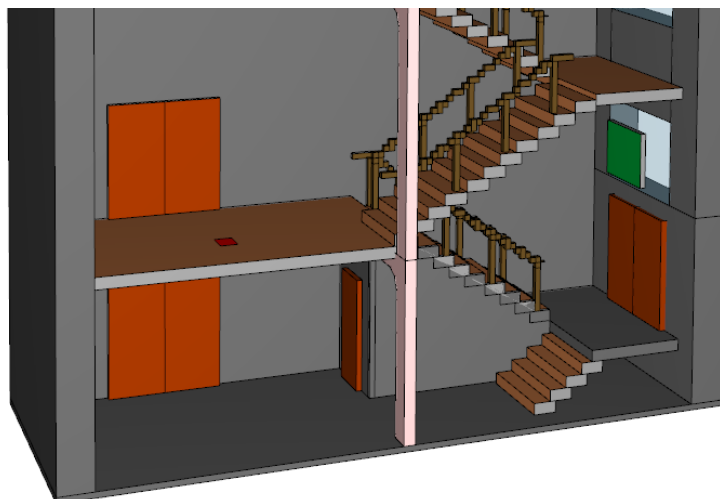


Rysunek 7. Rozmieszczenie urządzeń pomiarowych (żółte liniowe urządzenie pomiarowe) 2 m nad spocznikiem ostatniej kondygnacji klatki schodowej KL2

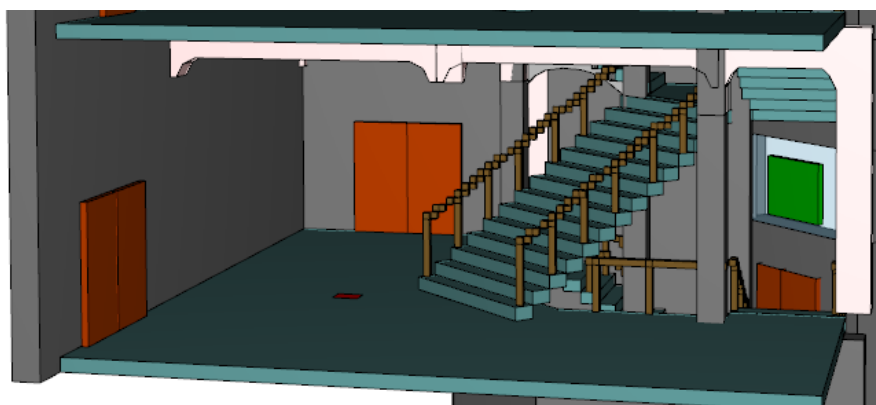


Rysunek 8. Rozmieszczenie urządzeń pomiarowych (żółte liniowe urządzenie pomiarowe) 2 m nad spocznikiem ostatniej kondygnacji klatki schodowej KL3

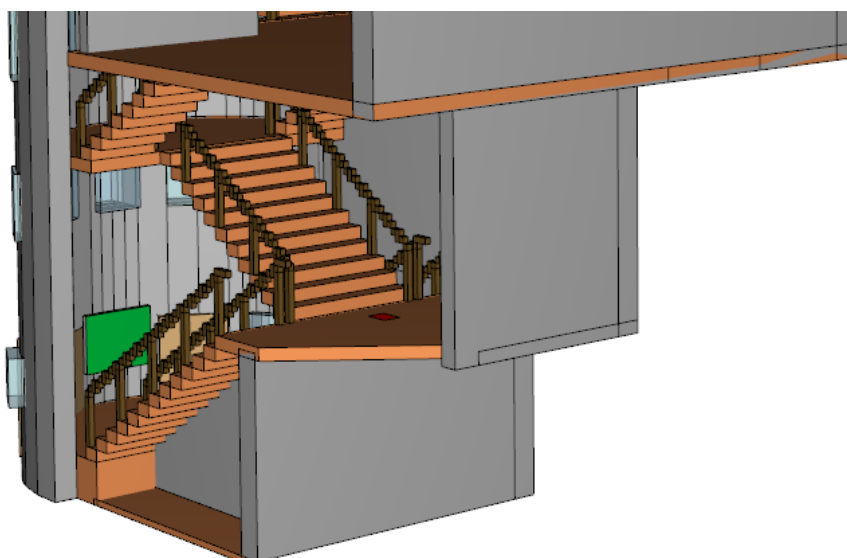
Pożary projektowe, przyjęte zostały także według wytycznych [3] i umiejscowione na drugiej kondygnacji nadziemnej. Lokalizacje pożaru oraz wentylatora napowietrzającego przedstawiają rysunki 9-11.



Rysunek 9. Lokalizacja pożaru projektowego (czerwone pole) oraz wentylatora kompensacyjnego (zielone pole) w analizowanych scenariuszach dla klatki schodowej KL1



Rysunek 10. Lokalizacja pożaru projektowego (czerwone pole) oraz wentylatora kompensacyjnego (zielone pole) w analizowanych scenariuszach dla klatki schodowej KL2



Rysunek 11. Lokalizacja pożaru projektowego (czerwone pole) oraz wentylatora kompensacyjnego (zielone pole) w analizowanych scenariuszach dla klatki schodowej KL3

7. KRYTERIA OCENY

Do oceny skuteczności usuwania dymu i ciepła z przestrzeni analizowanej klatki schodowej przyjęto następujące kryteria:

1. Po uruchomieniu instalacji oddymiania, zalegający dym ma przepływać w górę klatki, gdzie następnie zostanie usunięty przez zamontowane w ścianie elewacyjnej okna oddymiające;
2. Przestrzeń klatki schodowej uznaje się za oddymioną, jeżeli zmierzona transmitancja światła na wysokości 2 m od poziomu najwyższego spocznika wyniesie minimum 95%. Parametr przyjęty zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zawartej w wytycznych CNBOP [3]. Kryterium to jest ilościowym wyznacznikiem całkowitego usunięcia dymu z klatki schodowej.

8. ZAŁOŻENIA DO SYMULACJI CFD

8.1 Charakterystyka użytego programu CFD

Do przeprowadzenia szczegółowej analizy oraz otrzymania wyników zawartych w niniejszym raporcie, został wykorzystany program Fire Dynamics Simulator wersja 6.7.5, który jest narzędziem opracowanym przez amerykański instytut naukowo-badawczy NIST (National Institute of Standards and Technology). Aplikacja wykorzystuje metody obliczeniowe numerycznej mechaniki płynów CFD. Model CFD, zastosowany w programie FDS pozwala badać rozwój pożaru w złożonych geometriach. CFD opisuje ruch płynu na podstawie rozwiązań układu równań różniczkowych cząstkowych Naviera-Stokesa. Wykorzystują one zasady zachowania masy, pędu i energii. FDS jest narzędziem przeznaczonym do szczegółowej analizy zagrożeń pożarowych i rozwiązywania problemów związanych z inżynierią bezpieczeństwa pożarowego. Zapewnia tym samym możliwość poznania dynamiki zjawiska pożaru oraz zachodzących tam procesów spalania. Program ten, w zakresie zagadnień związanych z bezpieczeństwem pożarowym, można stosować do modelowania transportu ciepła i produktów spalania powstałych na skutek pożaru, wymiany ciepła poprzez promieniowanie i konwekcje, pirolizy, rozprzestrzeniania się płomieni oraz rozwoju pożaru, aktywacji tryskaczy oraz czujek dymu i ciepła, czy też oddziaływania kropli wody na płomień. Program FDS wykorzystuje metodę dużych wirów (Large Eddy Simulations - LES) oraz, po wprowadzeniu odpowiednio gęstej siatki obliczeniowej, bezpośrednią symulację numeryczną (DNS). Model LES uwzględnia wiry o wielkości porównywalnej z wielkością komórek siatki. Metoda ta w ostatnich latach jest intensywnie rozwijana, ponieważ stanowi kompromis pomiędzy dokładnością odwzorowania dynamiki pożaru, a dostępnymi obecnie możliwościami obliczeniowymi.

8.2 Rodzaj i gęstość siatki obliczeniowej

W przypadku wszystkich analizowanych w niniejszym raporcie klatek schodowych w symulacjach użyto siatki regularne sześciennie. Sieć obliczeniowa obejmująca analizowaną przestrzeń składa się z komórek sześciennych o długości boku równej 0,1 m.

Rozmiar sieci obliczeniowej dobrano w oparciu o:
— Wytyczne Health and Safety Laboratory [6];

- Wytyczne NUREG, publikowane również w instrukcji użytkownika FDS6 User's Guide [7];
- Wytyczne CNBOP-PIB [3].

8.3 Model turbulencji

W przeprowadzonej symulacji został wykorzystany model Deardorff LES, odpowiedni dla wolnych przepływów dymu i gazów pożarowych pod wpływem termicznych sił wyporu.

8.4 Model spalania

Użyto modelu mixing-controlled. Model ten przyjmuje następujące uproszczenia:

- skład stechiometryczny mieszaniny palnej jest definiowany przez ułamek masowy gazów palnych i produktów spalania oraz powietrza;
- spalanie następuje natychmiast po zmieszaniu;
- spalanie jest jednoetapowe i całkowite;
- procent powstającego tlenku węgla jest stały i wynika z początkowych założeń symulacji, a nie z aktualnych warunków spalania.

8.5 Model promieniowania

Równanie transportu promieniowania dla gazu szarego, jest rozwiązywane metodą objętości skończonych (FVM - Finite Volume Method). Metoda ta dzieli całe widmo promieniowania na kilka przedziałów częstości (typowo 6) i korzysta w nich z całkowitej postaci równań transportu promieniowania. Przedziały te dobrane są tak, by pokrywały się z pasmami widma substancji występujących w układzie.

Zakłada się, że promieniowanie rozchodzi się jednakowo we wszystkich kierunkach. Powoduje to, że źródło promieniowania można otoczyć hipotetyczną sferą, przez którą przechodzi strumień energii promieniowania. Wielkością charakteryzującą strumień, jest natężenie tego promieniowania w sferze. Dyskretyzacja natężenia promieniowania rozpiętego na sferze, jest przeprowadzona za pomocą metody objętości skończonych przy użyciu katów bryłowych.

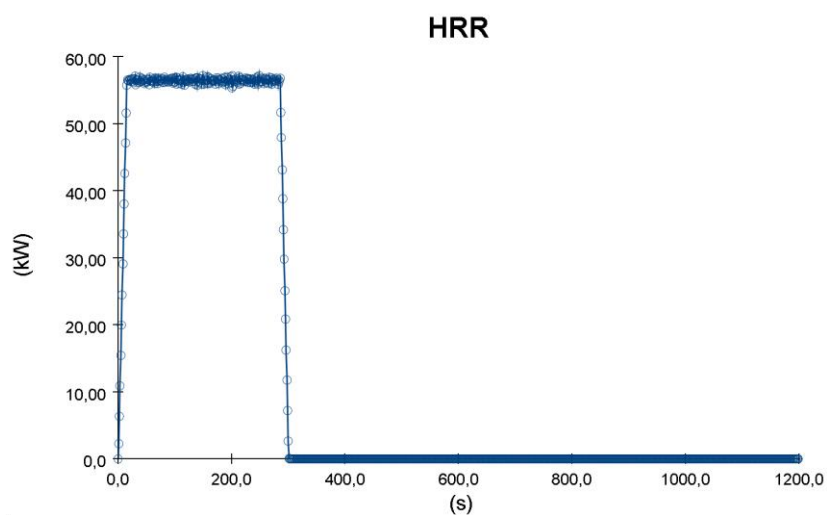
W przypadku symulacji FDS, przestrzeń jest podzielona na prostopadłościenne komórki (zamiast sferycznych). W celu wyznaczenia intensywności promieniowania na ścianach komórki, wektor intensywności jest rzutowany na płaszczyzny prostopadłe do ścian objętości kontrolnej. Dzięki temu, możliwe jest określenie natężenia na ścianach pojedynczej komórki (objętości kontrolnej). Część strumienia mocy pożaru, emitowana w postaci promieniowania jest stała i jest jednym z parametrów symulacji. Przyjęto ułamek promieniowania 30%, zgodnie z wytycznymi CNBOP-PIB [3].

8.6 Czas symulacji

Obliczenia numeryczne prowadzono do momentu całkowitego usunięcia dymu z przestrzeni analizowanej klatki schodowej.

8.7 Krzywa mocy pożaru

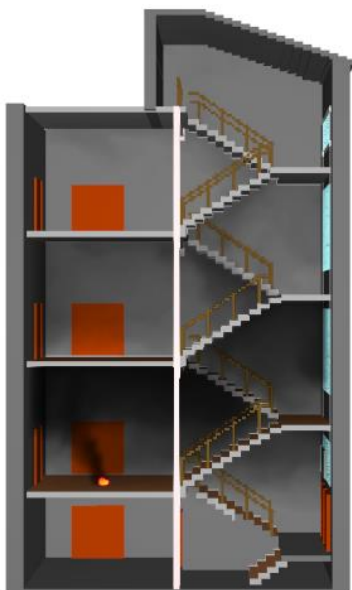
Na potrzeby przeprowadzonych analiz dla klatek schodowych przyjęto pożar projektowy zgodnie z CNBOP-PIB W-0003:2016 [3]. Maksymalna moc pożaru to ok. 59 kW. Rozwój pożaru trwał 15 s, następnie aż do 285 s utrzymywano moc maksymalną, by przez ostatnie 15 s wygasić pożar. Krzywa rozwoju pożaru została przedstawiona na rysunku 12.



Rysunek 12. Krzywa rozwoju pożaru użyty w scenariuszach 1, 2 oraz 3 dla analizowanych klatek schodowych

9. WYNIKI ANALIZY CFD DLA KLATKI 1

9.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE



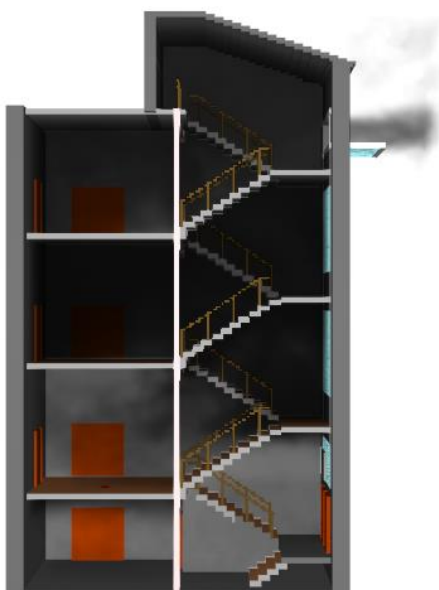
100,0

Rysunek 13. Scenariusz 1 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



360,0

Rysunek 14. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



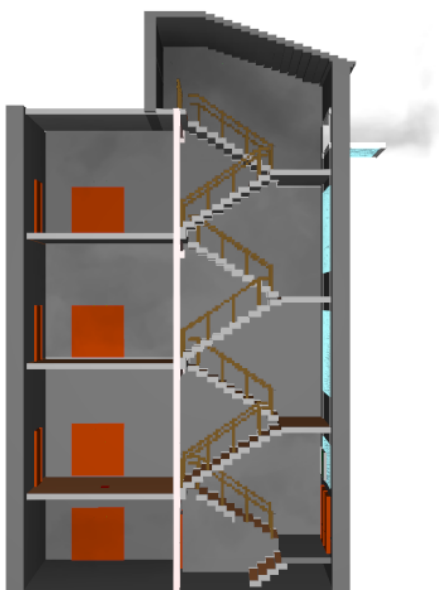
400,0

Rysunek 15. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



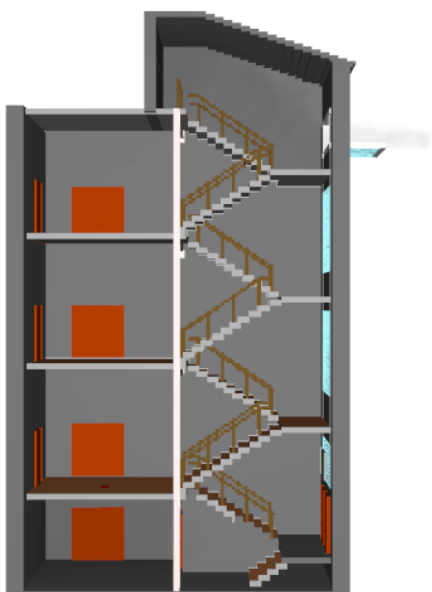
450,0

Rysunek 16. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



550,0

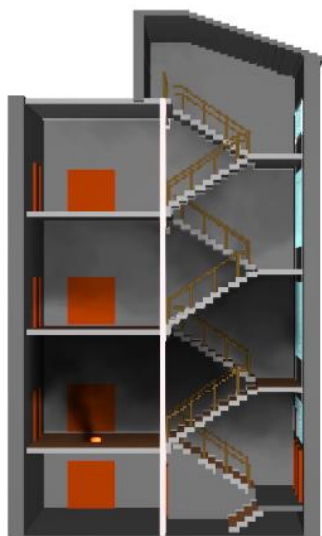
Rysunek 17. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 550 s - usuwanie dymu



600,0

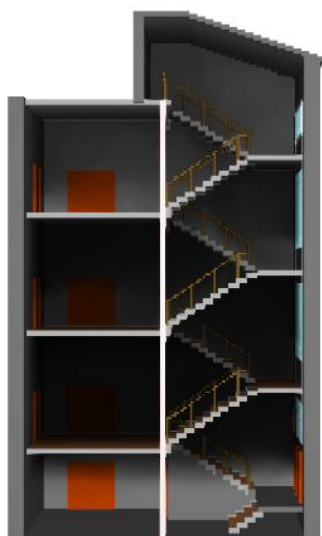
Rysunek 18. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 600 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji

9.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE



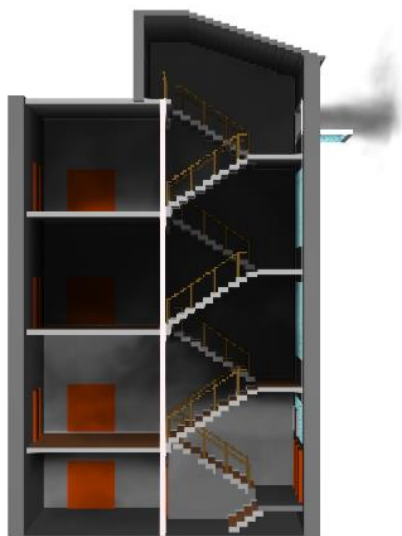
100,0

Rysunek 19. Scenariusz 2 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



360,0

Rysunek 20. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



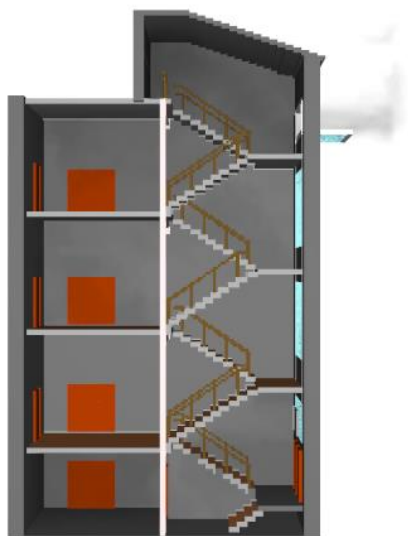
400,0

Rysunek 21. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



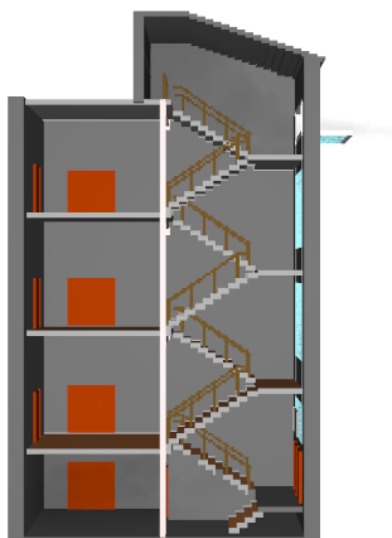
450,0

Rysunek 22. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



550,0

Rysunek 23. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 550 s - usuwanie dymu



610,0

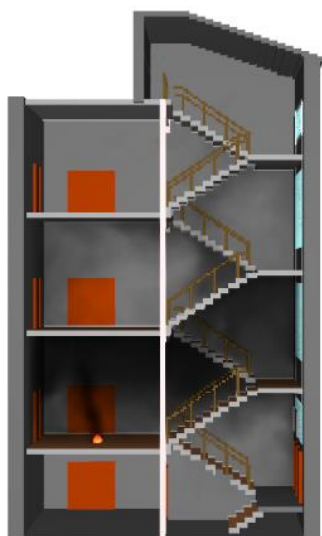
Rysunek 24. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 610 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji

9.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE



360,0

Rysunek 25. Scenariusz 3 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



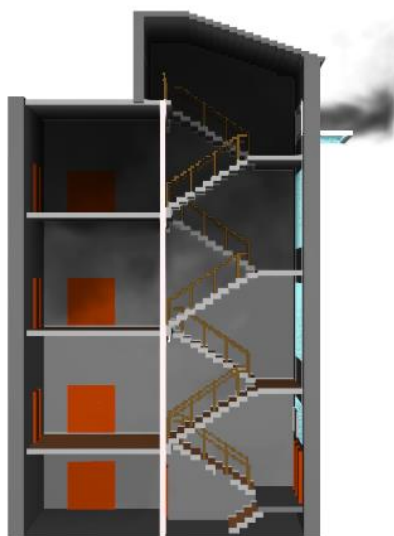
100,0

Rysunek 26. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



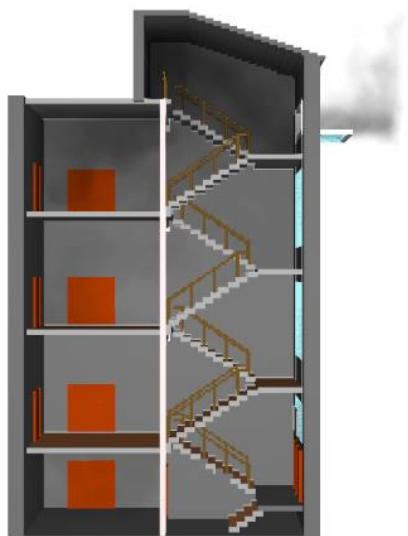
400,0

Rysunek 27. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



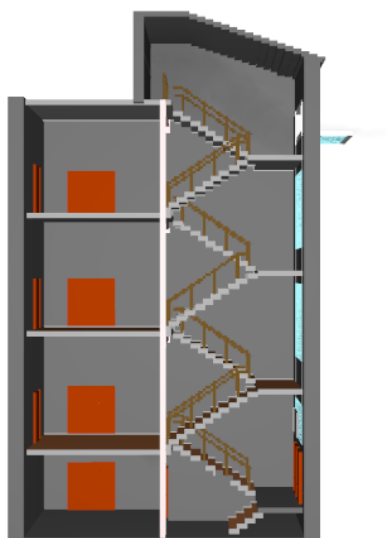
450,0

Rysunek 28. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



500,0

Rysunek 29. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 500 s - usuwanie dymu

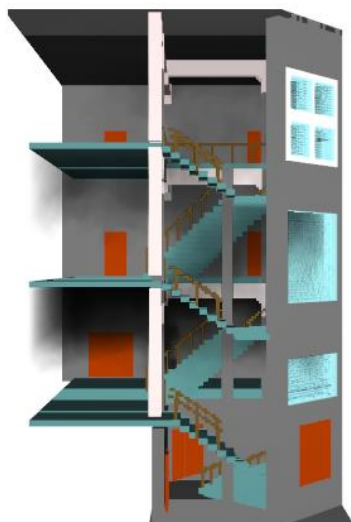


590,0

Rysunek 30. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 590 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji

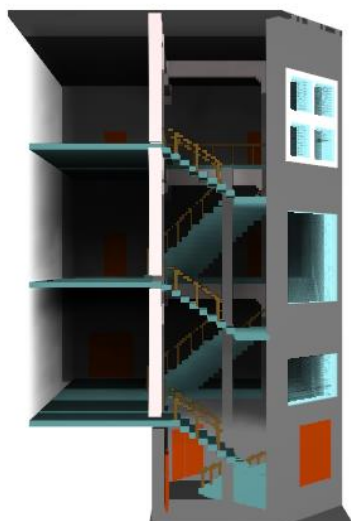
10. WYNIKI ANALIZY DLA KLATKI 2

10.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE



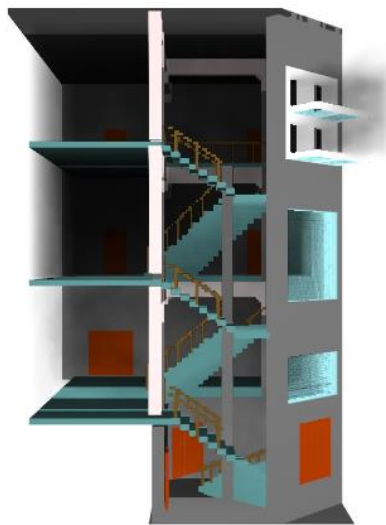
100,0

Rysunek 31. Scenariusz 1 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



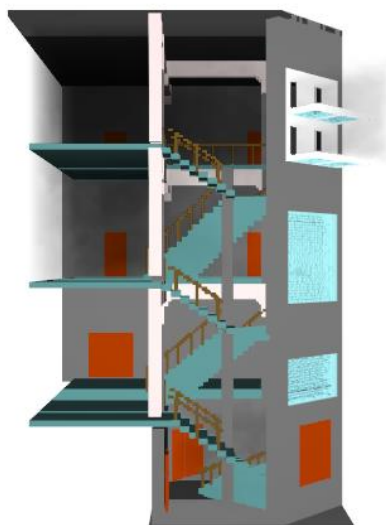
360,0

Rysunek 32. Scenariusz 1 – zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



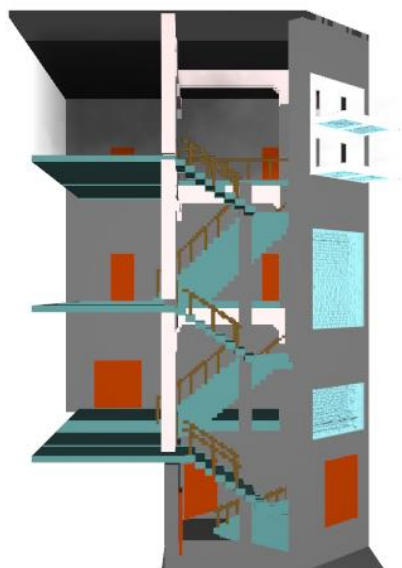
400,0

Rysunek 33. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



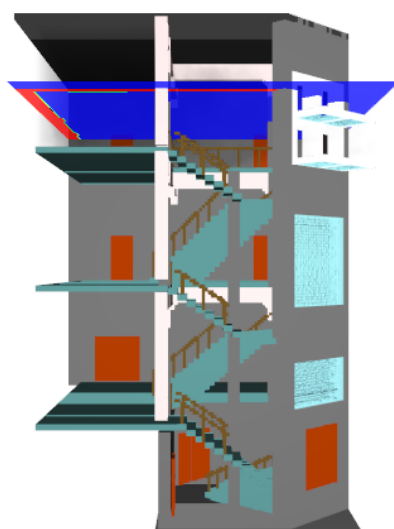
450,0

Rysunek 34. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



550,0

Rysunek 35. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 550 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji



VIS_CO.9H0.1
(m)



550,0

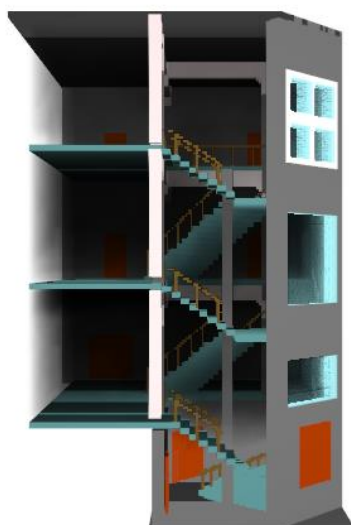
Rysunek 36. Scenariusz 1 – płaszczyzna widoczności na wysokości 1,8 m nad ostatnim spocznikiem klatki schodowej – widoczność do ewakuacji zapewniona

10.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE



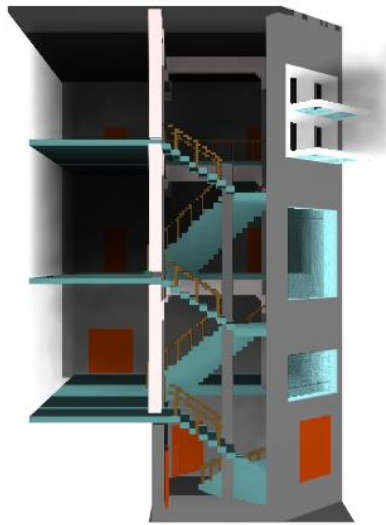
100,0

Rysunek 37. Scenariusz 2 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



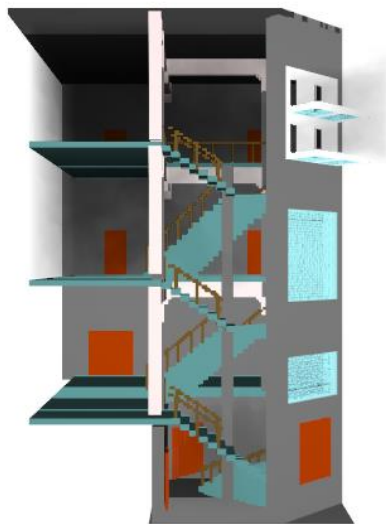
360,0

Rysunek 38. Scenariusz 2 – zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



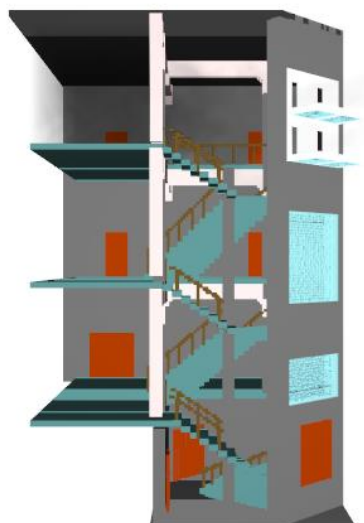
400,0

Rysunek 39. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



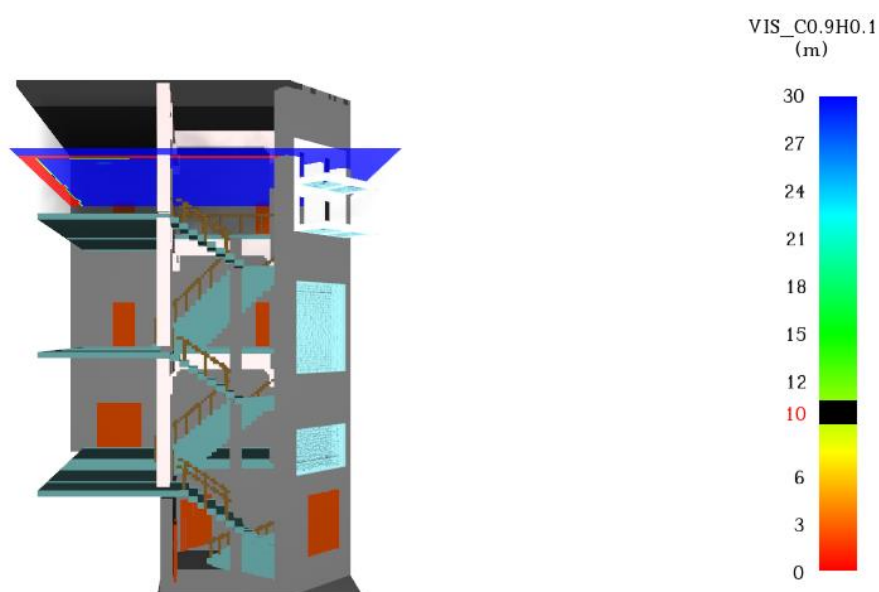
450,0

Rysunek 40. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



550,0

Rysunek 41. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 550 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji



550,0

Rysunek 42. Scenariusz 2 – płaszczyzna widoczności na wysokości 1,8 m nad ostatnim spoczynkiem klatki schodowej – widoczność do ewakuacji zapewniona

10.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE



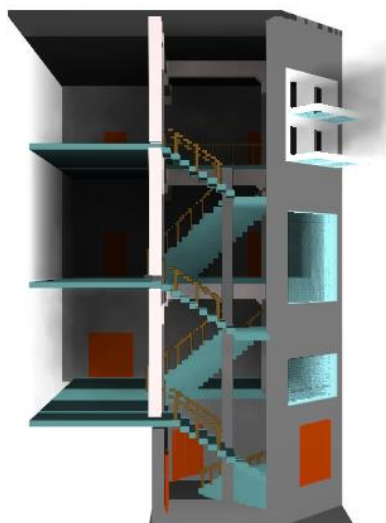
100,0

Rysunek 43. Scenariusz 3 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



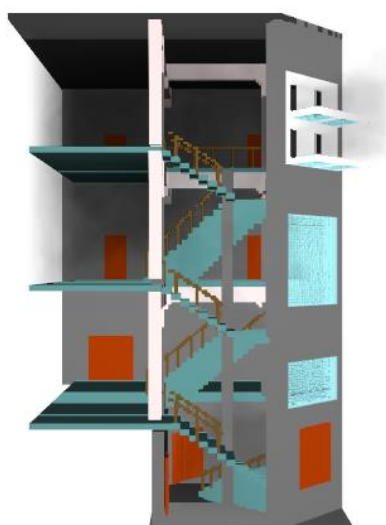
360,0

Rysunek 44. Scenariusz 3 – zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



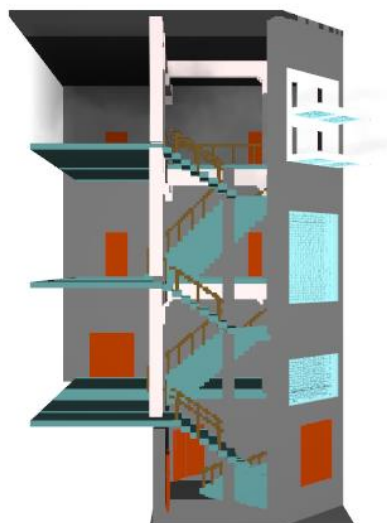
400,0

Rysunek 45. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



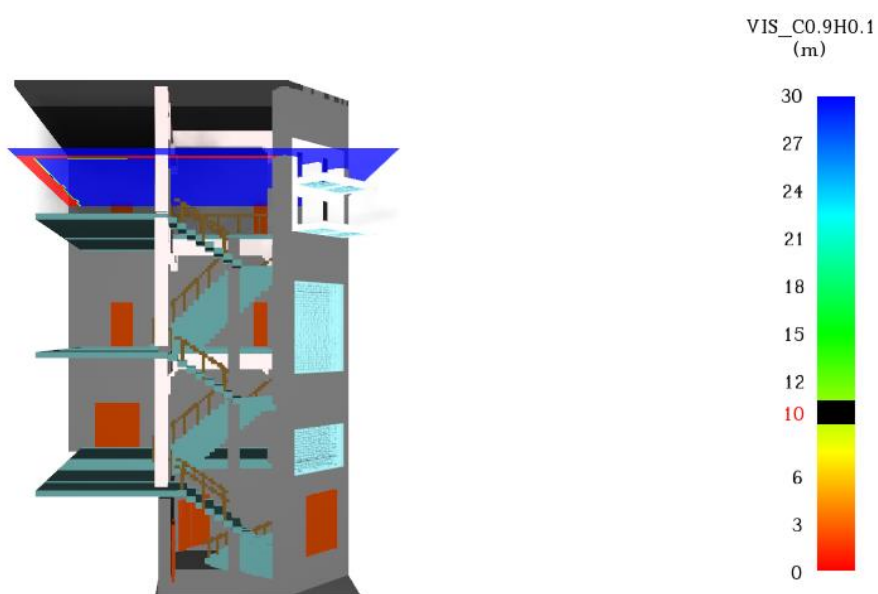
450,0

Rysunek 46. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



550,0

Rysunek 47. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 550 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji

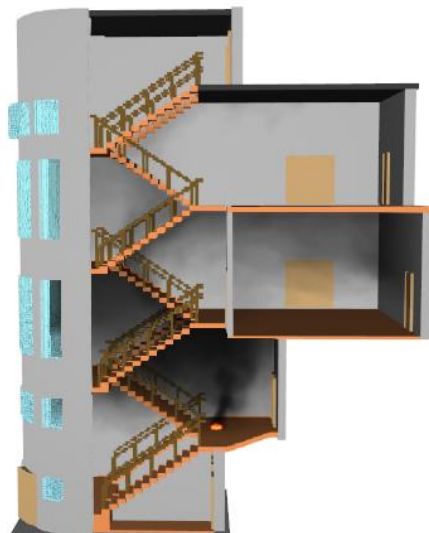


550,0

Rysunek 48. Scenariusz 3 – płaszczyzna widoczności na wysokości 1,8 m nad ostatnim spocznikiem klatki schodowej – widoczność do ewakuacji zapewniona

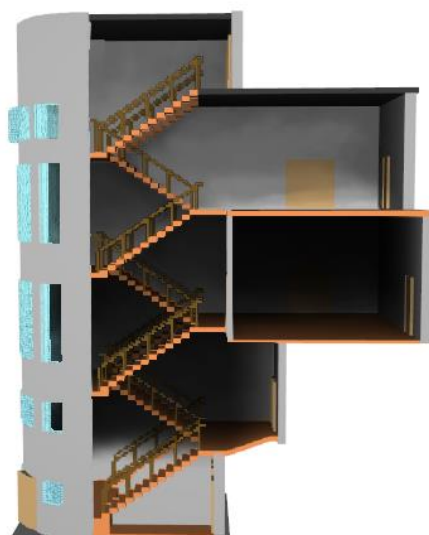
11. WYNIKI ANALIZY DLA KLATKI 3

11.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE



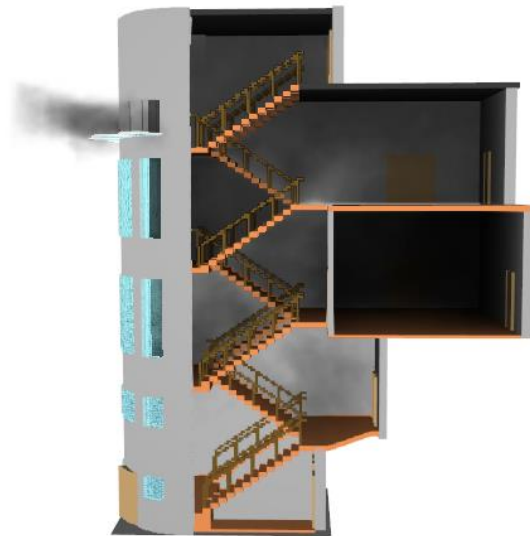
100,0

Rysunek 49. Scenariusz 1 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



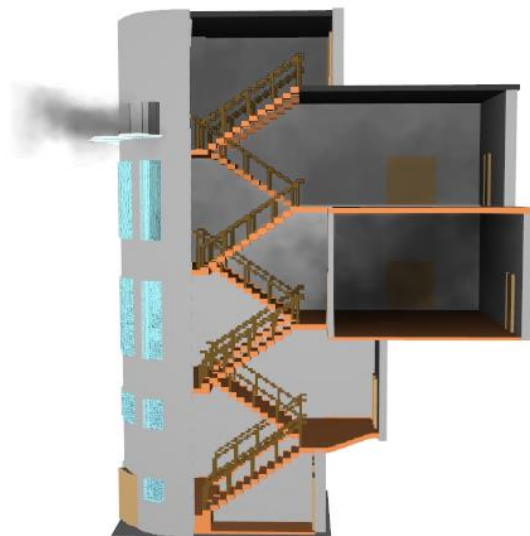
360,0

Rysunek 50. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



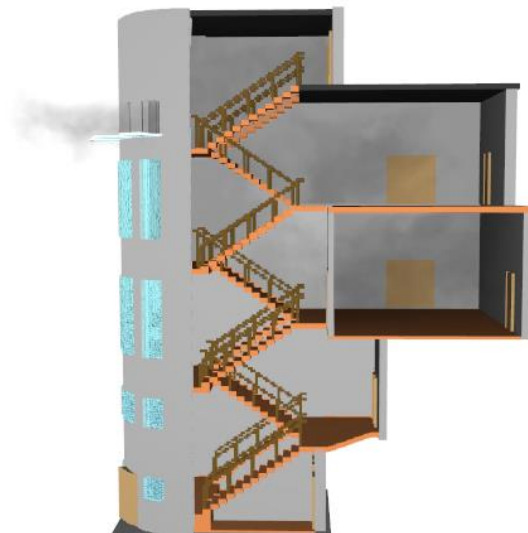
400,0

Rysunek 51. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



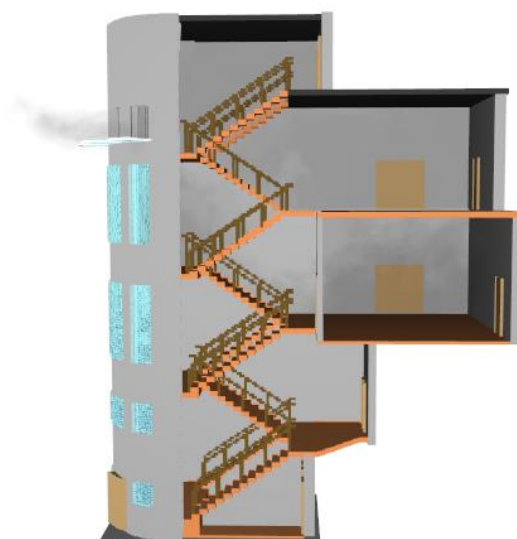
450,0

Rysunek 52. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



500,0

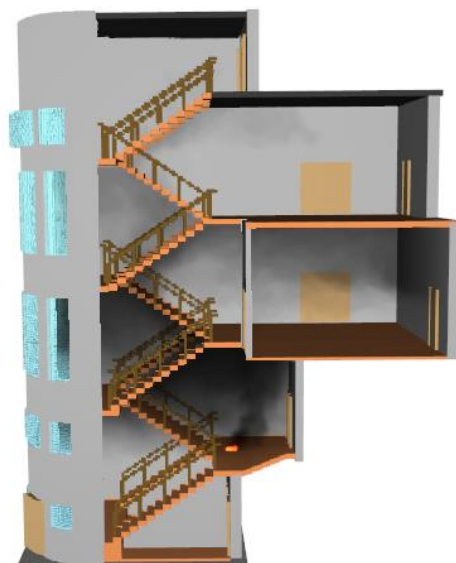
Rysunek 53. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 500 s - usuwanie dymu



520,0

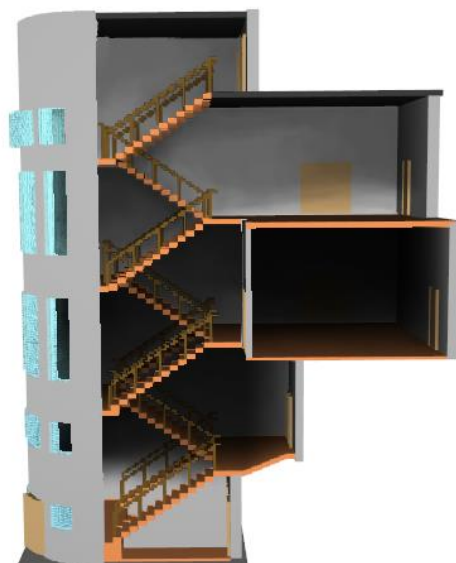
Rysunek 54. Scenariusz 1 - zadymienie po czasie 525 s – dym usunięty. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji

11.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE



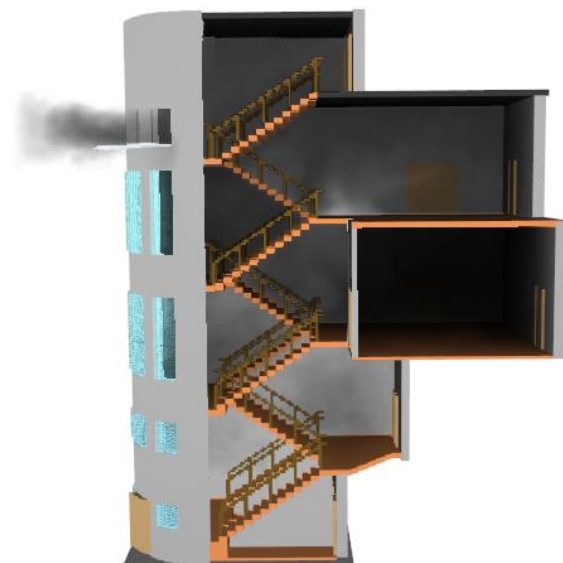
100,0

Rysunek 555. Scenariusz 2 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



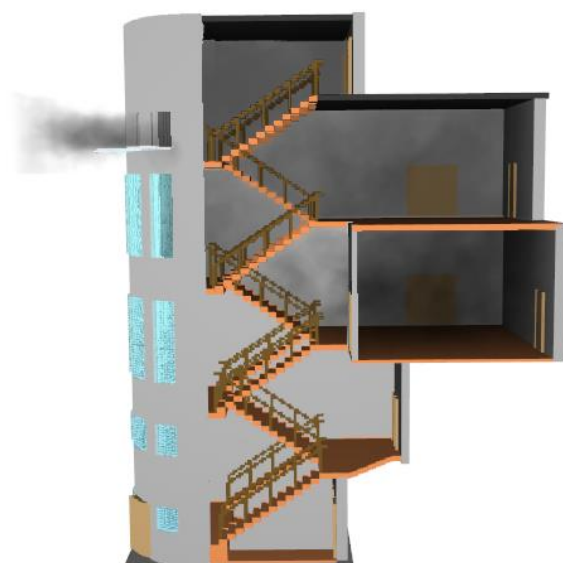
360,0

Rysunek 566. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



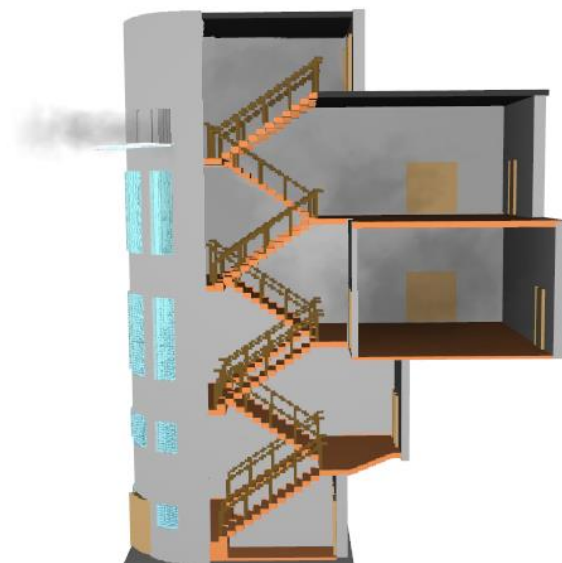
400,0

Rysunek 57. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



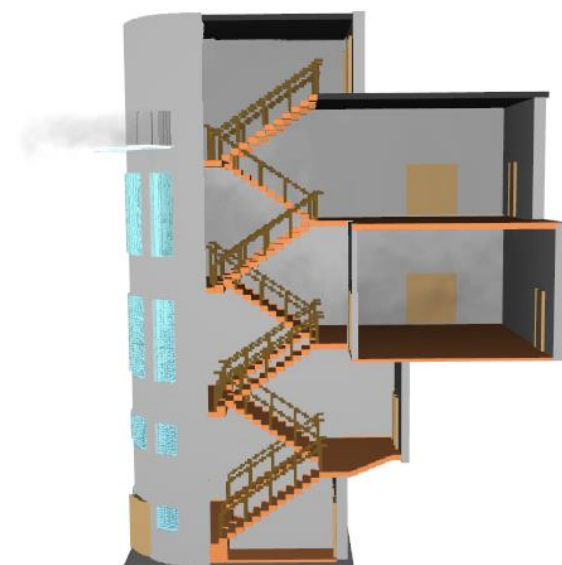
450,0

Rysunek 58. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



500,0

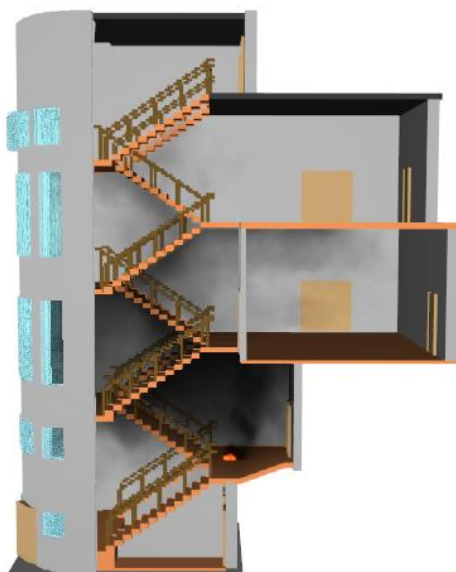
Rysunek 59. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 500 s - usuwanie dymu



520,0

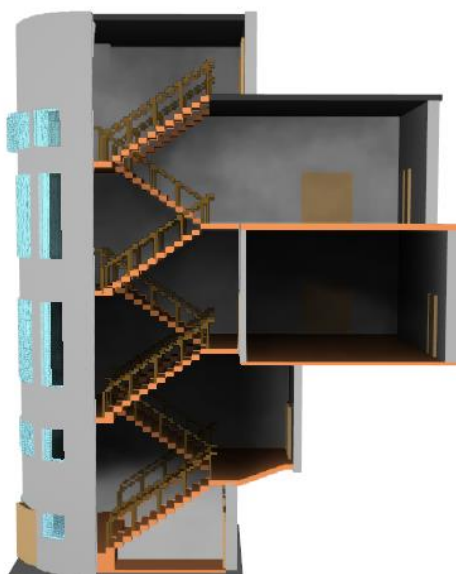
Rysunek 570. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 520 s – dym usunięty z ostatniej kondygnacji Oznaki dymu na piętrze II są nieistotne dla ewakuacji

11.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE



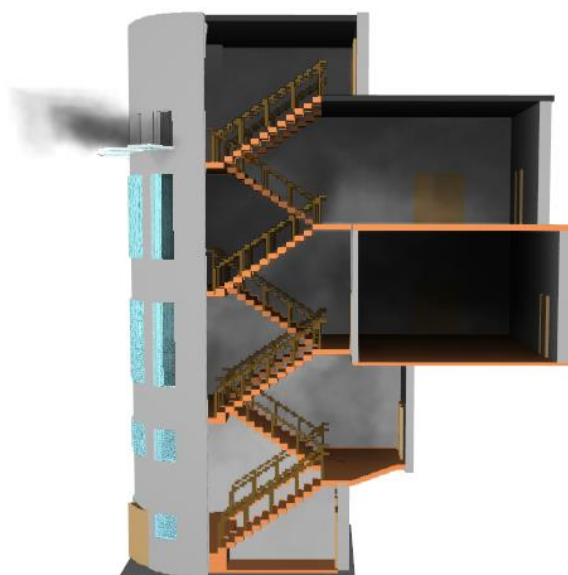
100,0

Rysunek 581. Scenariusz 3 – zadymienie po czasie 100 s – zadymianie klatki schodowej



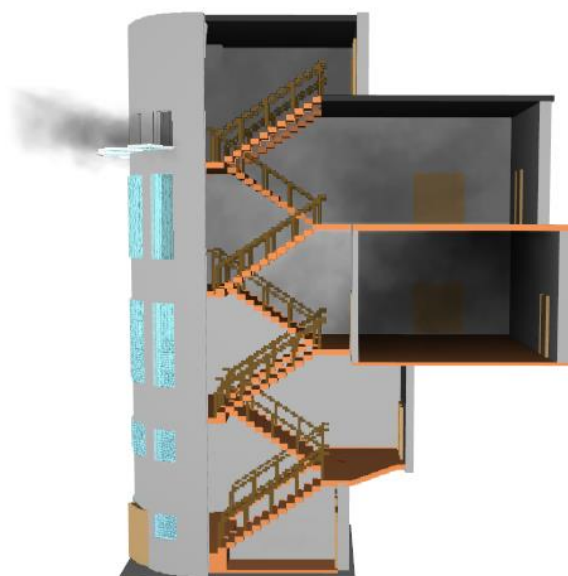
360,0

Rysunek 592. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 360 s - tuż przed uruchomieniem instalacji oddymiania



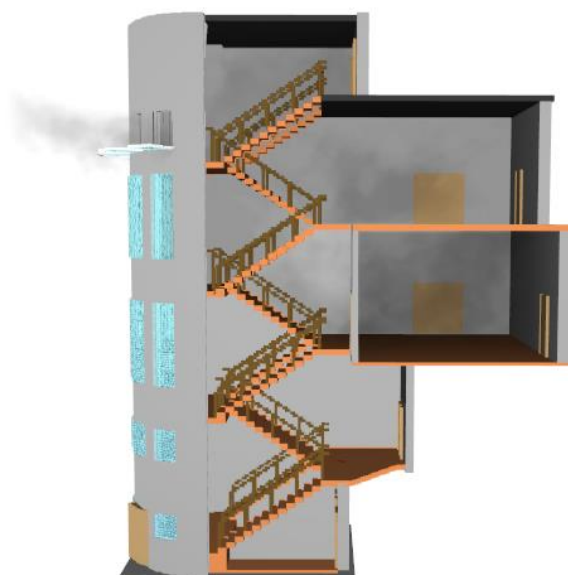
400,0

Rysunek 603. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 400 s - usuwanie dymu



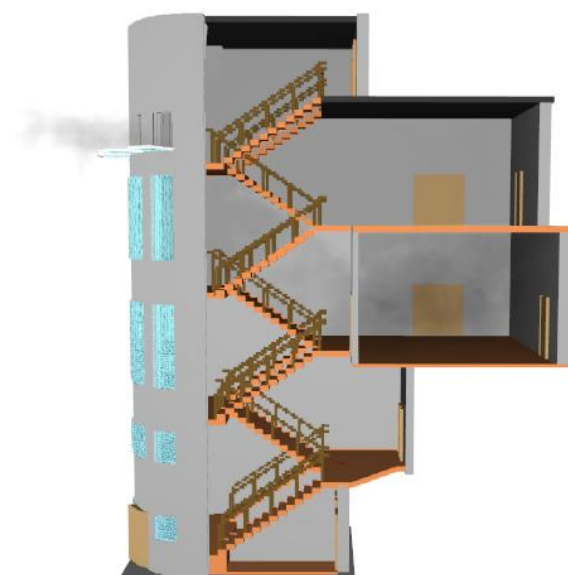
450,0

Rysunek 614. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 450 s - usuwanie dymu



500,0

Rysunek 625. Scenariusz 3 - zadymienie po czasie 500 s - usuwanie dymu

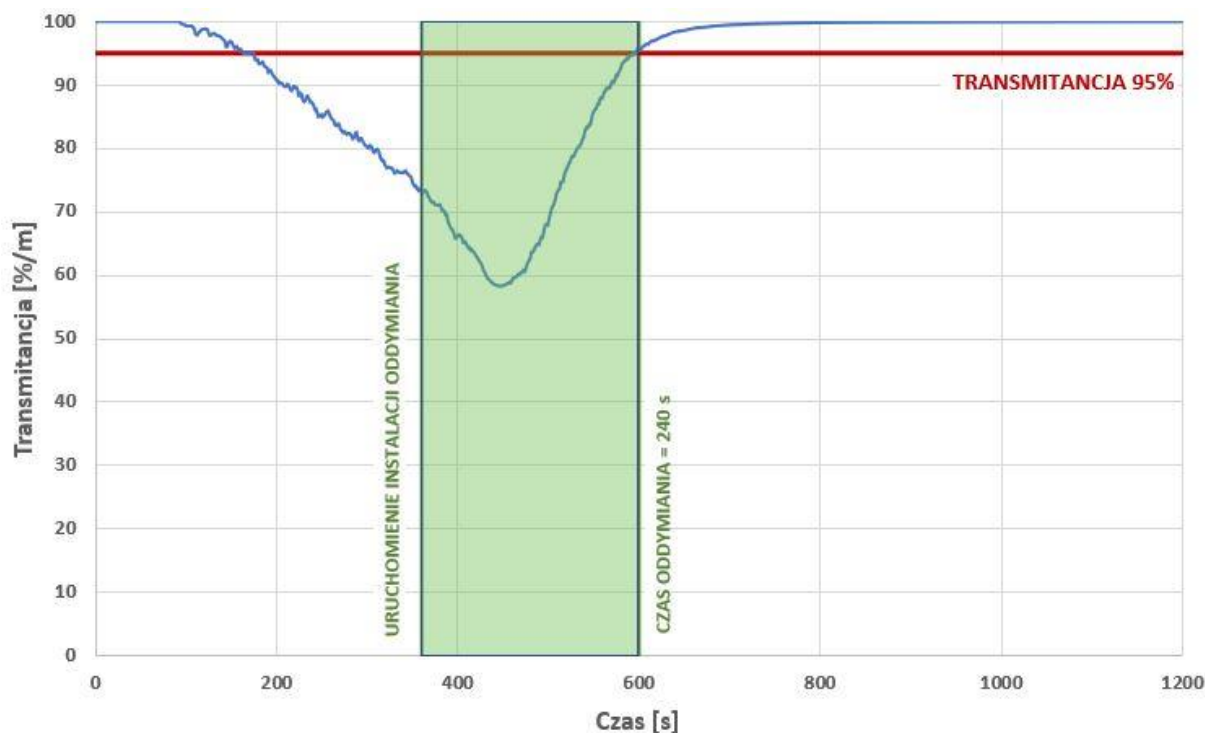


520,0

Rysunek 6663. Scenariusz 2 - zadymienie po czasie 520 s - pełne oddymienie. Oznaki dymu są nieistotne dla ewakuacji

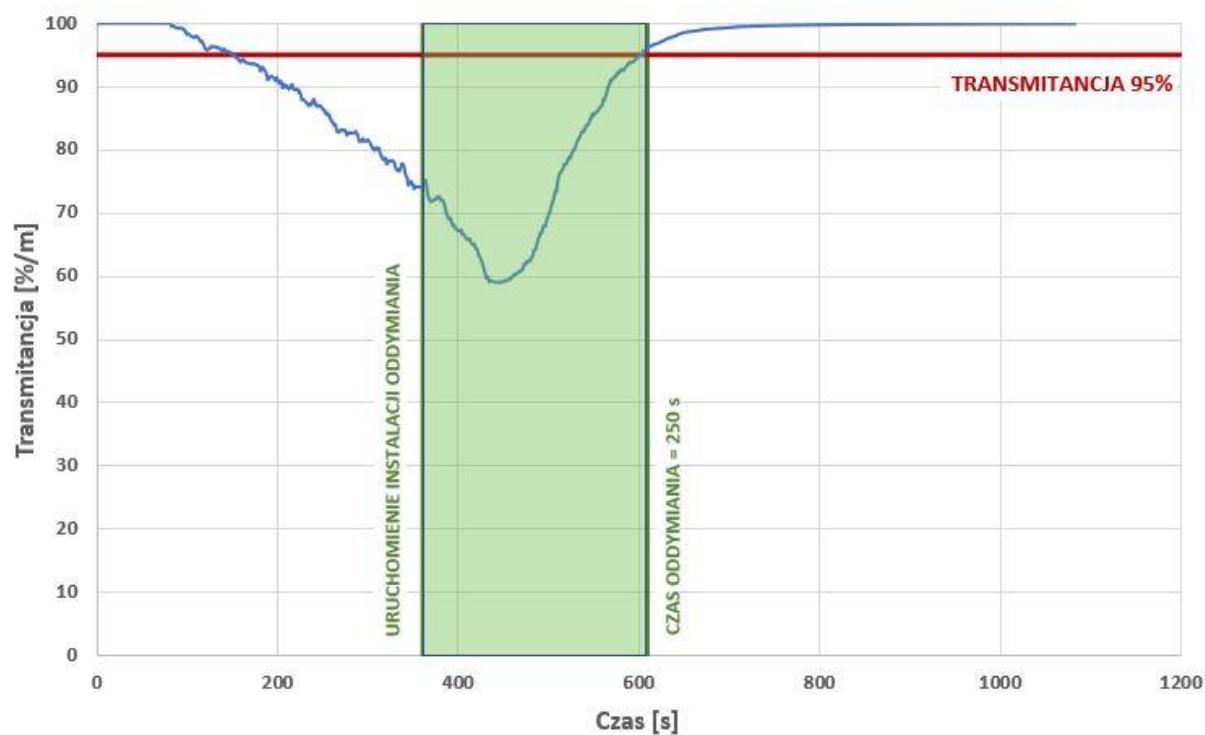
12. WYNIKI TRANSMITANCJI DLA KLATKI 1

12.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE



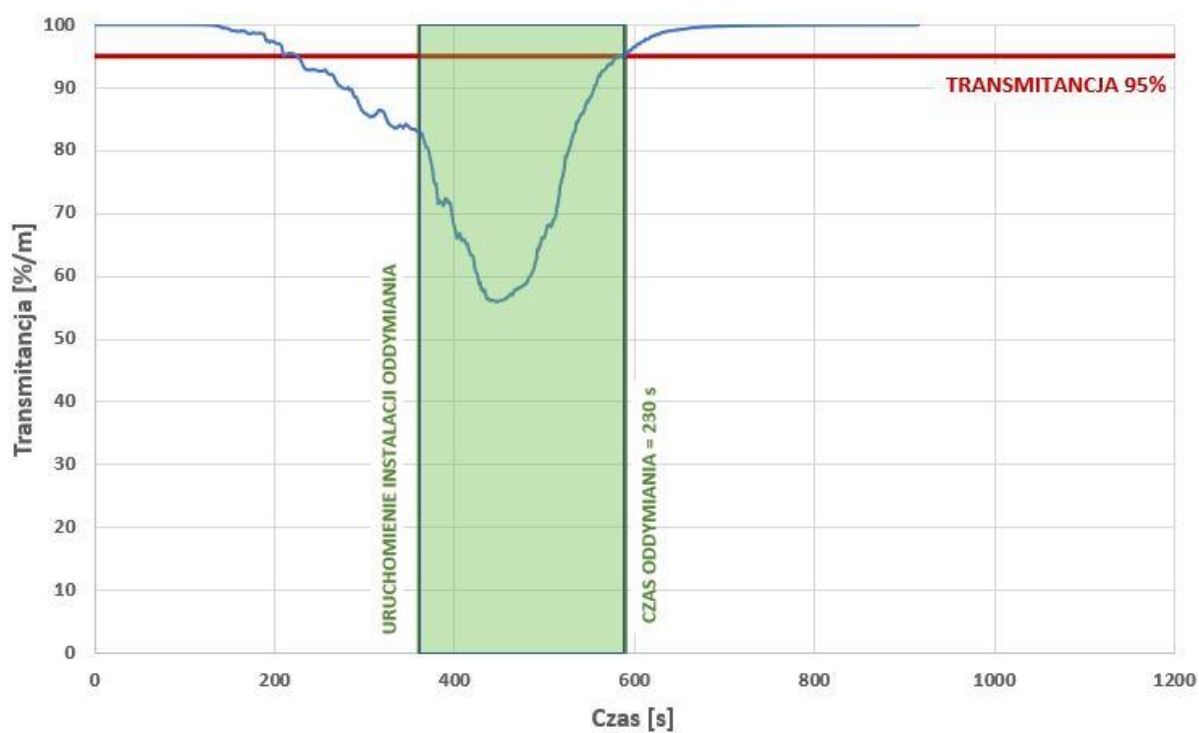
Rysunek 67. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków izotermicznych klatki schodowej KL1

12.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE



Rysunek 64. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków letnich klatki schodowej KL1

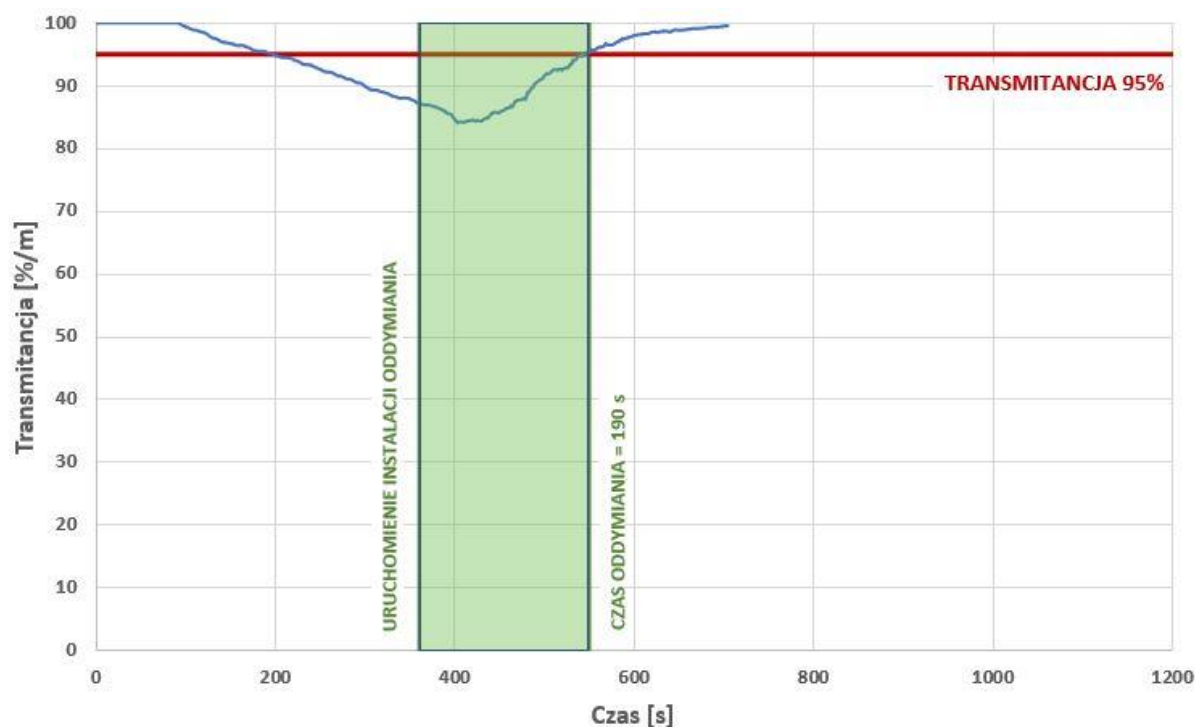
12.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE



Rysunek 69. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków zimowych klatki schodowej KL1

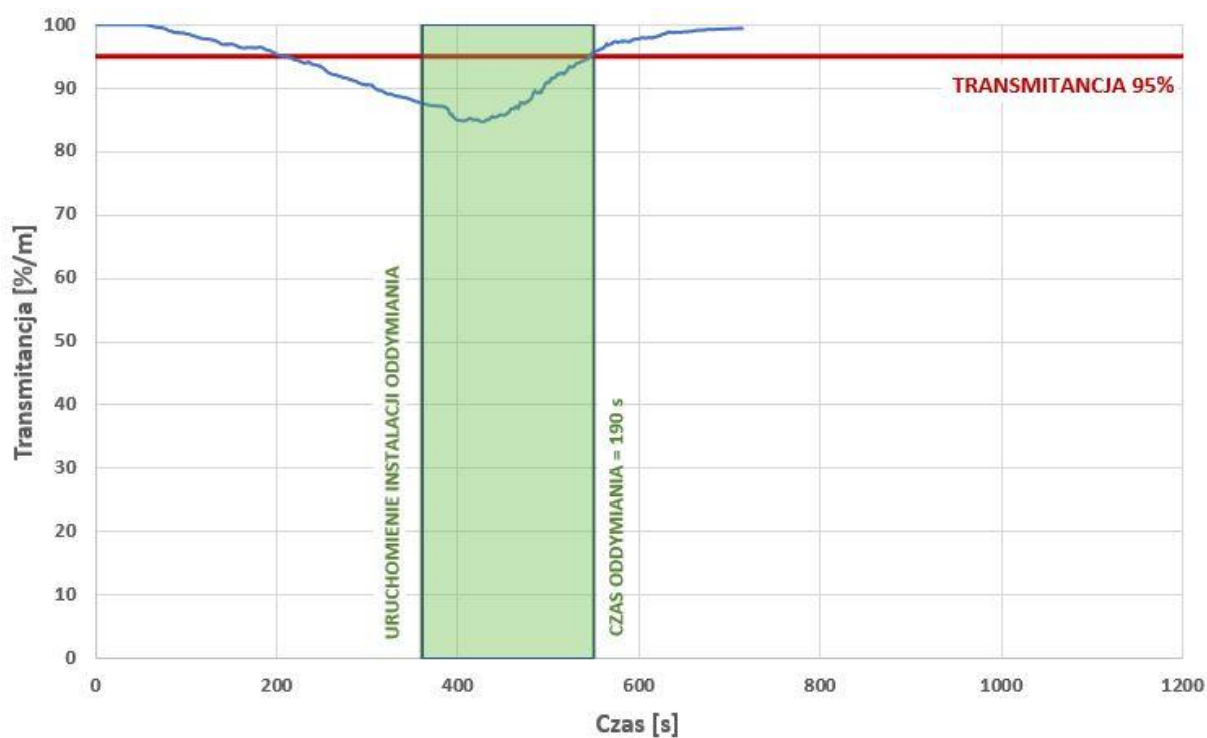
13. WYNIKI TRANSMITANCJI DLA KLATKI 2

13.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE



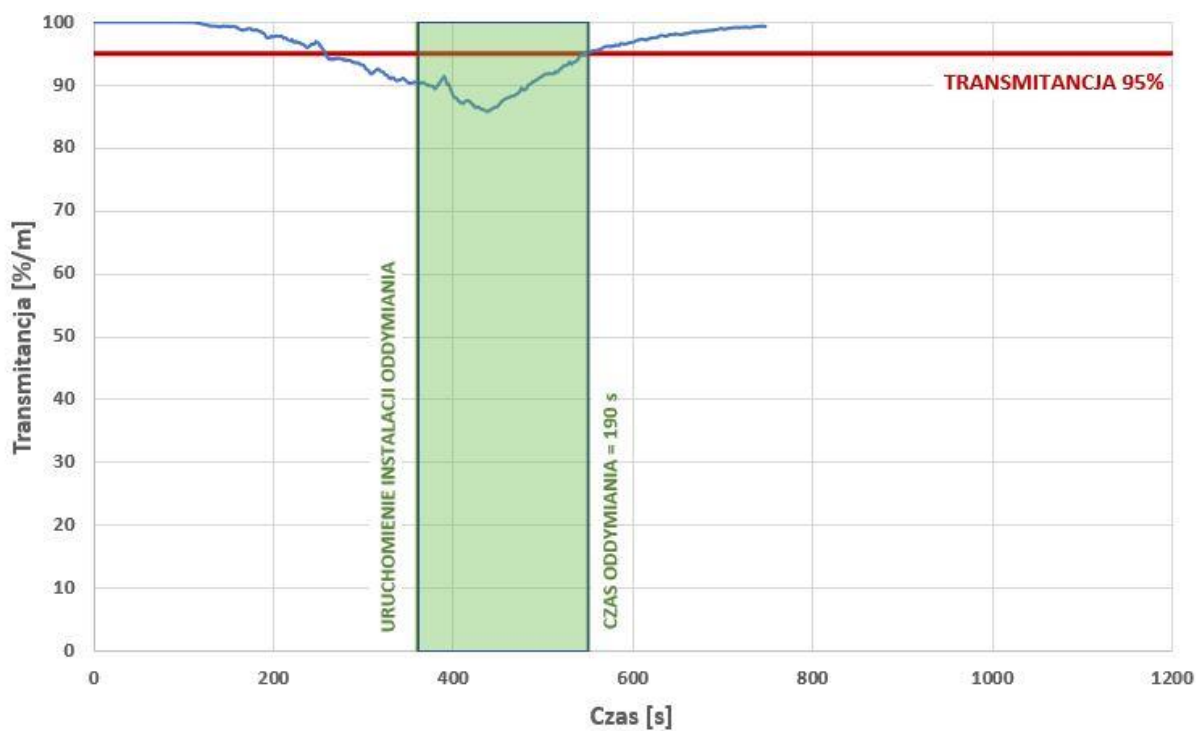
Rysunek 650. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków izotermicznych klatki schodowej KL2

13.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE



Rysunek 661. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków letnich klatki schodowej KL2

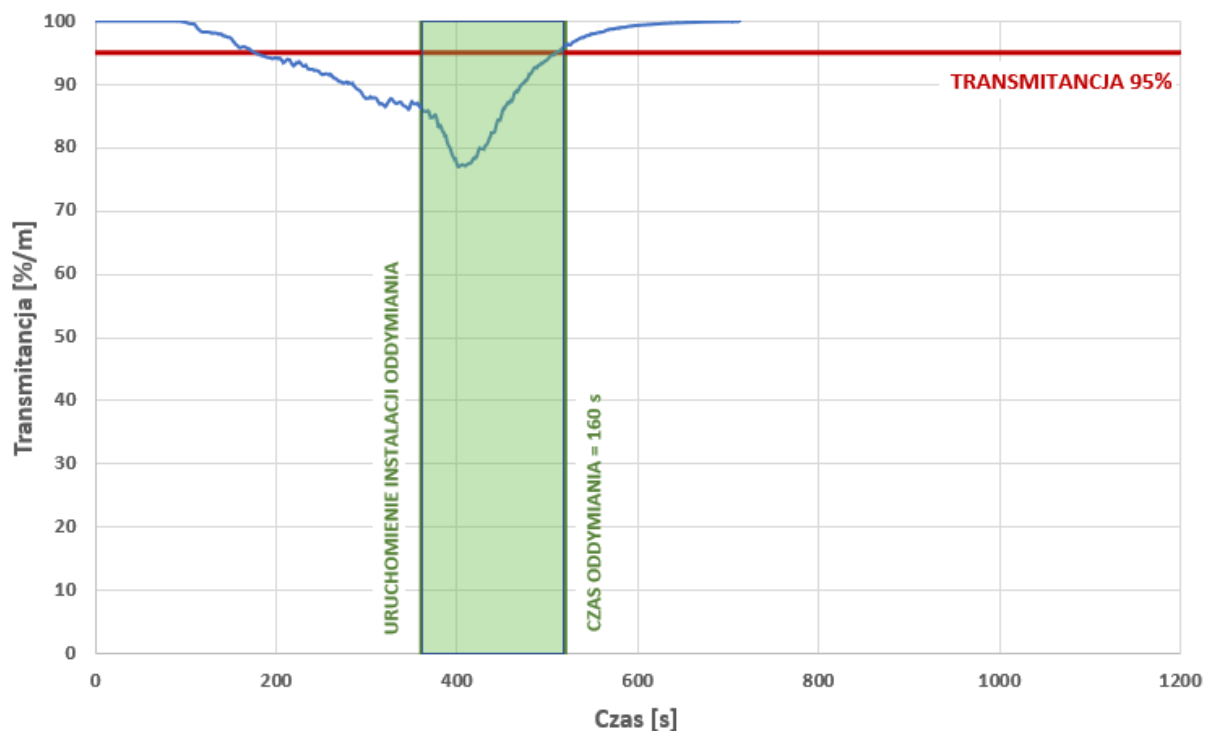
13.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE



Rysunek 672. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków zimowych klatki schodowej KL2

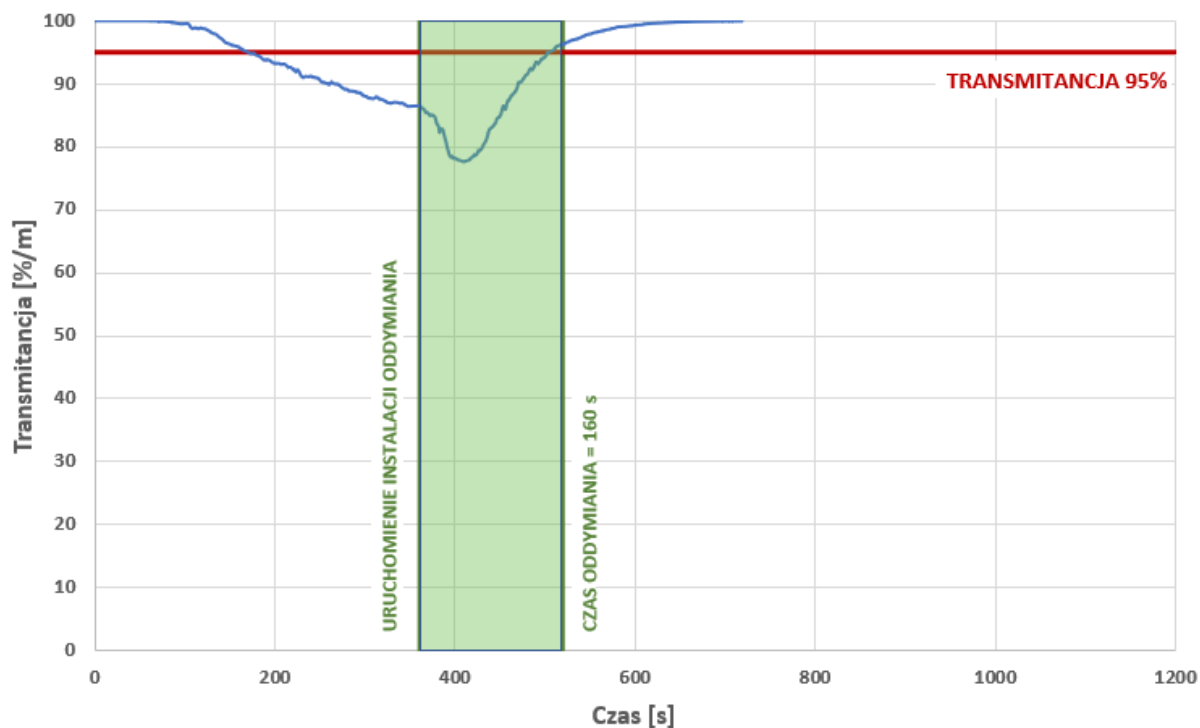
14. WYNIKI TRANSMITANCJI DLA KLATKI 3

14.1 SCENARIUSZ 1 – WARUNKI IZOTERMICZNE



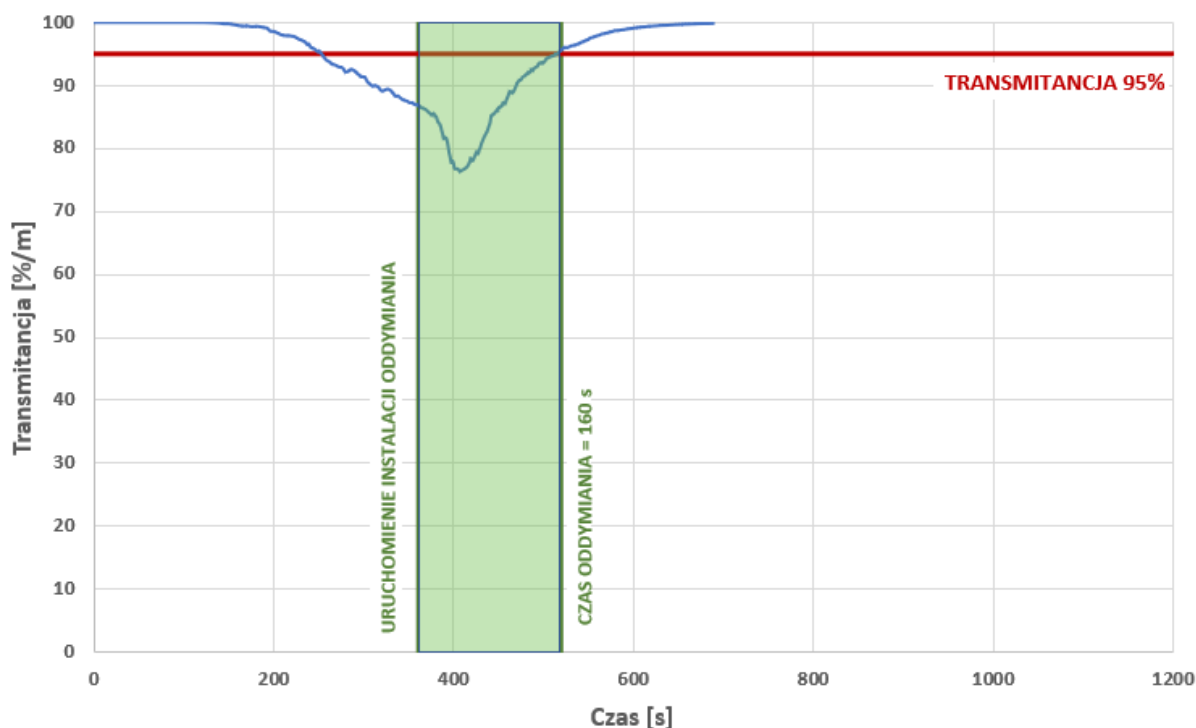
Rysunek 683. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków izotermicznych klatki schodowej KL3

14.2 SCENARIUSZ 2 – WARUNKI LETNIE



Rysunek 74. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków letnich klatki schodowej KL3

14.3 SCENARIUSZ 3 – WARUNKI ZIMOWE



Rysunek 7569. Transmitancja 95% zmierzona na poziomie 2 m od spocznika najwyższej kondygnacji dla warunków zimowych klatki schodowej KL3

15. WNIOSKI KOŃCOWE

Zgodnie z wytycznymi CNBOP [3] przyjmuje się minimalne tempo oddymiania klatki schodowej (T_{max_odd}) jako 18 sekund na 1 m wysokości. Maksymalny czas oddymiania określa się na podstawie wzoru:

$$T_{max_odd} = 18 \times h \text{ [s]}$$

gdzie:

h – różnica wysokości punktu pomiarowego w klatce schodowej i źródła pożaru, m.

Uznaje się, że dym został usunięty, gdy wynik liniowego pomiaru transmitancji światła na wysokości 2,0 m powyżej spocznika ostatniej kondygnacji wynosi co najmniej 95% (na odległości 1 m). W tym kryterium czas oddymiania klatki schodowej jest liczony od momentu uruchomienia systemu oddymiania klatki schodowej (czyli po 360 sekundach).

Zatem aby stwierdzić, że oddymianie klatki schodowej z kompensacją mechaniczną działa poprawnie musi zostać spełniony warunek:

$$T_{max_odd} > T_{odd}$$

gdzie

T_{max_odd} – maksymalny, dopuszczalny czas oddymiania klatki schodowej wg CNBOP [3]

Todd – czas oddymienia klatki schodowej wynikający z analizy CFD

Poniższa tabela przedstawia wyniki obliczeń czasu oddymienia w najgorszym z możliwych scenariuszy dla analizowanych trzech klatki schodowych.

Tabela 1. Zbiorne zestawienie wyników obliczeń czasu oddymienia dla wszystkich analizowanych klatek schodowych

KLATKA SCHODOWA	Maksymalny czas oddymienia wynikający z różnicy wysokości punktu pomiarowego i źródła pożaru [s]	Czas oddymienia wynikający z analizy CFD [s]	Warunek
	T_{\max_odd}	T_{odd}	$T_{\max_odd} > T_{odd}$
KL1	273,6	250	SPEŁNIONY
KL2	198	190	SPEŁNIONY
KL3	273,6	160	SPEŁNIONY

16. PODSUMOWANIE

W oparciu o przeprowadzoną analizę, stwierdza się, że:

1. System grawitacyjnej instalacji usuwania dymu i ciepła z kompensacją mechaniczną przedmiotowych klatek schodowych spełnia postawione wymagania funkcjonalne - dym nie zalega w klatkach schodowych i jest usuwany w każdym ze scenariuszy;
2. Czas całkowitego oczyszczenia z dymu klatek schodowych w każdym przypadku jest mniejszy od maksymalnego określonego na podstawie wytycznych CNBOP [3] i wynosi odpowiednio:
 - KL1 - 250 s;
 - KL2 - 190 s;
 - KL3 - 160 s.

Na tej podstawie stwierdza się, że urządzenia do usuwania dymu wykonane zgodnie z założeniami projektowymi podanymi w punkcie 4 opracowania, zapewnią wymaganą sprawność funkcjonalną i zgodną z zasadami wiedzy technicznej.

Przy doborze konkretnych okien oddymiających od producenta należy dobrać urządzenie bądź urządzenia, które będą tożsame z parametrami powierzchni czynnej przyjętymi w punkcie 4 opracowania bądź większymi. Dopuszcza się także zastosowania innej liczby urządzeń oddymiających, przy spełnieniu warunku minimalnej powierzchni czynnej zastosowanej w symulacji CFD.

Zaznacza się, że urządzenia nie mogą mieć sumarycznej powierzchni czynnej mniejszej od założonej w niniejszym raporcie. Przy zastosowaniu mniejszych parametrów zaleca się ponowić symulacje CFD weryfikując skuteczność instalacji.

Wynik z przyjętej metody: poprawny