



## OPINIA TECHNICZNA

w zakresie par. 225 WT oraz zastosowania powyżej 25 m i w pasach oddzielenia pożarowego dotycząca przekładek termicznych stosowanych w konsolach KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS oraz KW4 PAS jako elementów systemów elewacji wentylowanej firmy BSP

---

**02192/20/Z00NZP**

Warszawa, wrzesień 2020

(strona celowo pozostawiona pusta)

**Zakład Badań Ogniwych**

ul. Ksawerów 21, 02-656 Warszawa  
tel.: 22 5664284, fax: 22 8472311  
e-mail: fire@itb.pl

**Oddział Mazowiecki – Laboratorium**

ul. Przemysłowa 2, 26-670 Pionki  
tel.: 48 3121600, fax: 48 3121601

Tytuł pracy: Opinia techniczna w zakresie par. 225 WT oraz zastosowania powyżej 25 m i w pasach oddzielenia pożarowego dotycząca przekładek termicznych stosowanych w konsolach KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS oraz KW4 PAS jako elementów systemów elewacji wentylowanej firmy BSP

Nr Rejestru: 02192/20/Z00NZP

Zleceniodawca: **BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.**  
ul. Prochowa 35 lok. 31  
04-388 Warszawa

Wykonawcy:

Kierownik zespołu: dr inż. Paweł Sulik

Kierownictwo naukowe: -

Weryfikacja: -

Pracę rozpoczęto: czerwiec 2020

zakończono: wrzesień 2020

Wykonano w liczbie: 3 egzemplarzy

Liczba załączników: -

Egzemplarz numer: 1, 2, 3 (niepotrzebne skreślić)

## Spis treści

1 Podstawa formalna .....	4
2 Podstawy merytoryczne .....	4
3 Cel i zakres opracowania .....	5
4 Opis techniczny .....	6
5 Analiza .....	7
5.1 Analiza w zakresie § 225 [1] .....	8
5.2 Analiza zastosowania konsol pasywnych powyżej 25 m .....	9
5.3 Analiza zastosowania konsol pasywnych w zewnętrznych ścianach oddzieleń przeciwpożarowych .....	9
6 Ocena techniczna .....	9
7 Uwagi końcowe .....	10

### 1 Podstawa formalna

- Oferta Instytutu Techniki Budowlanej z dnia 19 czerwca 2020 r.
- Porozumienie pomiędzy Instytutem Techniki Budowlanej a BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. z dnia 21 lipca 2020 r.

### 2 Podstawy merytoryczne

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2015 r. poz. 1422 i z 2017 r. poz. 2285).
- [2] Pismo Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej z 30 września 2013 r., nr BZ-III-77/15-2/13 w sprawie interpretacji wymagań z zakresu odpadania elewacji podczas pożaru.
- [3] Development of a European approach to assess the fire performance of facades, Lars Boström et al., June – 2018, EUROPEAN COMMISSION, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs Directorate Industrial Transformation and Advanced Value Chains Unit C.1 — Clean Technologies and Products.
- [4] Opracowanie ITB nr 02772.4/16/Z00NZZ pt. Opinia techniczna dotycząca oceny aluminiowej podkonstrukcji BSP System przeznaczonej do mocowania wentylowanych okładzin elewacyjnych, w świetle wymagań § 225 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury, opracowana przez ITB w lipcu 2017 r.
- [5] Krajowa ocena techniczna ITB-KOT-2018/0434 wydanie 1, Zestawy wyrobów do wykonywania podkonstrukcji BSP System do mocowania okładzin elewacyjnych, z 21 listopada 2018 r.
- [6] Raport klasyfikacyjny ITB, nr 03202/18/Z00NZZ, w zakresie stopnia rozprzestrzeniania ognia wg PN-B-02867:2013-06 konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 30.07.2019 r.
- [7] Raport klasyfikacyjny ITB, nr 03202/18/Z00NZZ, w zakresie reakcji na ogień wg PN-EN 13501-1:2019, konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 30.07.2019 r.
- [8] Raport z badań ITB, nr LZP01-03202/18/Z00NZZ, wg PN-EN-ISO 11925-2:2010 konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 30.07.2019 r.
- [9] Raport z badań ITB, nr LZP02-03202/18/Z00NZZ, wg PN-EN 13823+A1:2014 konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 30.07.2019 r.

- [10] Raport z badań ITB, nr LZP03-03202/18/Z00NZP, wg PN-B-02867:2013-06 konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 30.07.2019 r.
- [11] Klasyfikacja ogniowa ITB, nr 3037.1/16/Z00NZP, w zakresie rozprzestrzeniania ognia przez ściany przy działaniu ognia od zewnątrz wg PN-90/B-02867:1990+Az1:2001 konsoli pasywnych KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 04.05.2017 r.
- [12] Raport klasyfikacyjny ITB, nr 3037.2/16/Z00NZP, w zakresie reakcji na ogień wg PN-EN 13501-1+A1:2010, konsoli pasywnych KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o, z 04.05.2017 r.
- [13] Opracowanie ITB nr 1746/17/Z00NZP pt. Opinia techniczna dotycząca oceny w zakresie bezpieczeństwa pożarowego konsol pasywnych firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. stosowanych w systemach elewacji wentylowanych na wysokości powyżej 25 m oraz pasach oddzielenia pożarowego, wrzesień 2017 r.
- [14] Opracowanie ITB nr 03199/19/Z00NZP pt. Opinia techniczna w zakresie oceny aluminiowej podkonstrukcji BSP System z konsolami KW4 PAS przeznaczonej do mocowania wentylowanych okładzin elewacyjnych, w tym powyżej 25 m i pasach oddzielenia pożarowego, w świetle wymagań § 225 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury, październik 2019 r.
- [15] Opracowanie ITB nr 01045/15/Z00NP pt. Opinia techniczna dotycząca podkonstrukcji BSP System w świetle wymagań §225 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury.
- [16] Raport z badań ciepła spalania laminatu stosowanego w konsolach pasywnych firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. wydany przez laboratorium IGNIS REACTION TO FIRE Piotr Antonowicz, Marek Łuciuk sp. j. z Białej Podlaskiej.
- [17] Decyzje Komisji Europejskiej:
- 96/603/WE z dnia 4 października 1996r.
  - 2000/605/WE z dnia 26 września 2000r.
  - 2003/424/WE z dnia 6 czerwca 2003r.
- [18] PN-EN 13501-1:2019 Klasyfikacja wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.
- [19] Dokumentacja techniczna dostarczona przez Zleceniodawcę.

### 3 Cel i zakres opracowania

Zgodnie z § 216 rozporządzenia [1], wymaganie stawiane mocowaniu elementów okładzin elewacyjnych opisane w § 225 rozporządzenia [1], w przypadku pożaru, dla budynków o klasie odporności pożarowej A powinno być spełnione przez minimum 120 minut, dla budynków klasy B powinno być spełnione przez minimum 60 minut, zaś w przypadku budynków o klasie odporności pożarowej C oraz D wymaganie powinno być spełnione przez minimum 30 minut.

Celem opinii jest ocena wpływu na bezpieczeństwo pożarowe przekładek termicznych stosowanych w konsolach **KW1 PAS**, **KW2 PAS**, **KW3 PAS** oraz **KW4 PAS** systemów elewacji wentylowanej firmy **BSP Bracket System** Polska Sp. z o.o wykorzystywanych przy wznoszeniu elewacji wentylowanych systemu BSP, w kontekście § 225 rozporządzenia [1], który wymaga, aby:

*Elementy okładzin elewacyjnych powinny być mocowane do konstrukcji budynku w sposób uniemożliwiający ich odpadanie w przypadku pożaru w czasie krótszym niż wynikający z wymaganej klasy odporności ogniowej dla ściany zewnętrznej, określonej*

w § 216 ust. 1, odpowiednio do klasy odporności pożarowej budynku, w którym są one zamocowane.

Zakres opracowania obejmuje: podstawy formalne i merytoryczne, opis techniczny na podstawie dostarczonej przez Zleceniodawcę dokumentacji, analizę na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych, ocenę techniczną, uwagi końcowe.

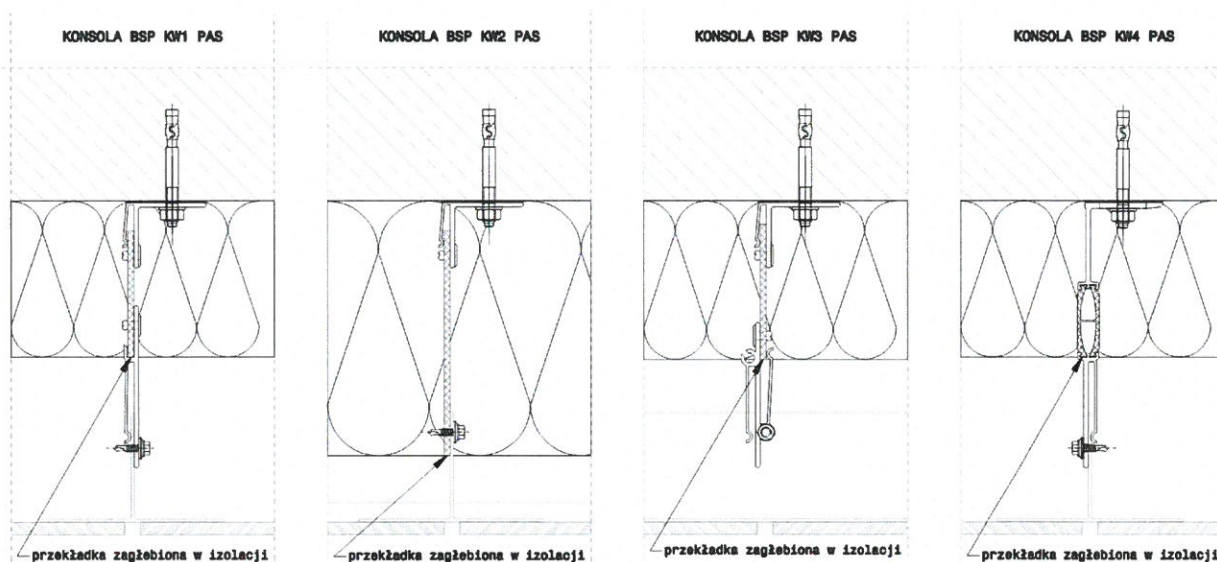
## 4 Opis techniczny

Konsole pasywne wykonane z aluminium, wchodzące w skład podkonstrukcji **BSP System** zostały szczegółowo opisane w ITB-KOT-2018/0434 wydanie 1 [5], oraz opracowaniach [4, 6-15]. Wybór odpowiedniego rozwiązania podkonstrukcji BSP System oraz konsoli mocującej jest uzależniony od wyników obliczeń statycznych przeprowadzonych przez uprawnionego projektanta, przy czym nośność i sposób montażu wybranego rozwiązania musi być zgodna z warunkami podanymi w dokumentach odniesienia.

Pasywne konsule mocujące aluminiowe lub wykonane ze stali nierdzewnej podkonstrukcje z uwagi na rodzaj użytego izolatora dzielą się na dwa typy:

- konsule z **laminatem epoksydowo-szklanym** (KW1 PAS, KW2 PAS i KW3 PAS), oraz
- konsule z **PC-ABS** (KW4 PAS).

Izolatory te muszą pozostać w warstwie izolacji termicznej wykonywanej z wełny mineralnej o gęstości minimum  $48 \text{ kg/m}^3 \pm 10\%$ , rys. 1. Grubość wełny mineralnej uzależniona jest od wysięgu konsol. Skalną wełną mineralną mocowaną jest za pomocą plastikowych (z rdzeniem stalowym) lub stalowych kołków przeznaczonych do montażu wełny mineralnej w liczbie min. 5 szt. na  $1 \text{ m}^2$ . Konstrukcję mocującą stanowi ściana murowana, betonowa lub żelbetowa o grubości minimalnej uzależnionej od typu kotwy (wg wytycznych dotyczących minimalnej głębokości osadzenia oraz sposobu montażu), jednak o grubości nie mniejszej niż 120 mm i o gęstości nie mniejszej niż  $550 \text{ kg/m}^3$ .



Rys. 1. Zagłębienie przekładek termoizolacyjnych w niepalnej izolacji ze skalnej wełny mineralnej

Zarówno konsle z przekładkami termicznymi z laminatu z żywicy epoksydowej wzmocnionej warstwami tkaniny szklanej, jak i konsle z przekładką termiczną PC-ABS który charakteryzuje się lepszą izolacyjnością termiczną od wyżej wymienionego laminatu, uzyskały klasę reakcji na ogień B-s3, d0 (Tab.1) oraz w zakresie rozprzestrzeniania ognia zostały ocenione jako nierozprzestrzeniające ognia przy działaniu ognia od zewnątrz [8 i 11]. Ponadto, uzyskana klasa reakcji na ogień pozwala zgodnie z rozporządzeniem [1] ocenić wyrób jako nierozprzestrzeniający ognia wewnątrz budynku.

Tablica 1. Wyniki badań reakcji na ogień konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. oraz wyniki badań archiwalnych konsol KW1-3 PAS

Parametr	Wartość, [7] (KW4 PAS) PC-ABS	Wartość, [12] (KW1-3 PAS) laminat z żywicy epoksydowej wzmocniony warstwami tkaniny szklanej	Kryterium, [18]
FIGRA <sub>0,2MJ</sub> [W/s]	73,6	47,2	≤ 120 W/s
LFS < krawędź [m]	Nie wystąpiła	0,1 m	≤ 1 m
THR <sub>600s</sub> [MJ]	3,5	1,9	≤ 5 m
SMOGR <sub>A</sub> [m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> ]	19,9	47,4	≤ 180
TSP <sub>600s</sub> [m <sup>2</sup> ]	106,7	223,5	≤ 200
Płonące krople/cząstki	Nie wystąpiły	Nie wystąpiły	(-)

Jako okładziny elewacyjne stosowane są różnego rodzaju płyty m. in. specjalnie profilowane poprzez zaginanie blachy aluminiowe lub stalowe, okładziny ze spieków ceramicznych, włókno-cementowe, typu RockPanel, okładziny kompozytowe, itp. W systemie BSP System do zamocowania okładzin do rusztu podkonstrukcji BSP System stosuje się mocowanie mechaniczne (wkręty, nity, zaczepy) i/lub mocowanie adhezyjne przy wykorzystaniu systemowego kleju służącego do mocowania okładzin elewacyjnych. Rodzaj mocowania uzależniony jest od rodzaju okładziny oraz miejsca jej wbudowania (np. nad otworem, obok otworu okiennego). Często obydwa mocowania występują wspólnie, przy czym mocowanie adhezyjne ma za zadanie przede wszystkim przenoszenie dynamicznych obciążeń od wiatru, w normalnych warunkach eksploatacyjnych.

Sposób zachowania się podkonstrukcji BSP System podczas pożaru, z uwagi na wymagania § 225 [1], został opisany m.in. w opiniach technicznych [4, 14, 18].

## 5 Analiza

Izolatory termiczne stosowane w konsolach pasywnych firmy BSP Bracket System Sp. z o.o. mają za zadanie wyeliminować zjawisko „mostka termicznego”, pomiędzy elementami okładziny elewacyjnej, a ścianą do której okładzina jest mocowana. Stosowanie takiego izolatora wynika z konieczności spełnienia wymagań izolacyjności przegrody i jest powszechnie występującym rozwiązaniem również w ścianach osłonowych budynków wysokich i wysokościowych. Brak jest na rynku niepalnych izolatorów o wymaganych parametrach termicznych i wytrzymałościowych, dlatego tak powszechnie wykorzystuje się materiały na bazie włókien syntetycznych, żywic, itp., które dodatkowo bardzo często uniepalnia się.

## 5.1 Analiza w zakresie § 225 [1]

Wymaganie wynikające z przepisów §225 [1], ma za zadanie zapewnienie możliwości bezpiecznej ewakuacji w przypadku pożaru oraz prowadzenia przez ekipy Straży Pożarnej skutecznej akcji ratowniczej. Biorąc pod uwagę interpretację KG PSP omawianego przepisu [3]:

*„... Pod uwagę należy brać każdego rodzaju fragmenty elewacji, ... ..które mogą spadać w czasie pożaru na osoby przebywające na poziomie terenu przy budynku ...”*

należy uwzględnić w ocenie wszystkie elementy, których odpadnięcie może stanowić zagrożenie. Uwzględniając stan rzeczywisty stosowanych w Polsce typów i rodzajów elewacji, bardzo ograniczone możliwości jednoczesnego spełnienia wszystkich wymagań podstawowych oraz wymagań §225 [1], KG PSP w swojej interpretacji [3] stwierdziła:

*„... Przy ocenie spadających fragmentów okładzin elewacyjnych należałoby brać pod uwagę jako kryteria oceny ich energię. Za niebezpieczne dla ewakuujących się ludzi należałoby uznać elementy o wielkości i energii takiej, które powodują obrażenia jako niebezpieczne dla zdrowia ...”*

Taki zapis oznacza, że możliwe jest odpadanie drobnych, o niewielkiej energii elementów np. kropli stopionego aluminium, drobnych, nieostrych fragmentów szkła (np. szkło hartowane, nielaminowane), natomiast nie dopuszcza się odpadania dużych i ciężkich fragmentów elewacji np. płyt metalowych, kamiennych, betonowych czy ceramicznych, ciężkich elementów szklanych (np. szkło laminowane), itp.

W związku z powyższym ITB przyjęło kryterium oceny dla budynków niskich i średniowysokich na poziomie 5 kg (dla pojedynczego spadającego elementu), co odpowiada klasie F2 zaproponowanej w dokumencie opracowanym na zlecenie Komisji Europejskiej [3]. W przypadku budynków wyższych ocena każdorazowo odbywa się indywidualnie.

System elewacji wentylowanych BSP Bracket System Polska Sp. z o.o., w różnych konfiguracjach i z różnymi okładzinami, był wielokrotnie weryfikowany doświadczalnie z uwagi na § 225 rozporządzenia [1]. Wyniki tych badań zostały opisane m.in. w opracowaniu ITB nr 2772.1-10/16/Z00NZP. Przykładowo w dniu 14 czerwca 2017 r. w Laboratorium Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej w Pionkach zostało przeprowadzone badanie w zakresie odpadania elementów elewacji w przypadku pożaru. Wśród wielu rodzajów okładzin elewacyjnych przebadano m.in. płyty włókno-cementowe wg EN 12467 Płyty płaskie włóknisto-cementowe - Charakterystyka wyrobu i metody badań; płyty HPL wg PN-EN 438-7 Wysokociśnieniowe laminaty dekoracyjne (HPL) -- Płyty z żywic termoutwardzalnych (zwyczajowo nazywane laminatami) -- Część 7: Laminatowe panele kompaktowe i płyty kompozytowe HPL stosowane na ściany wewnętrzne i zewnętrzne oraz jako wykończenia sufitów; płyty ze spieków kwarcowych wg PN-EN 14411 Płytki ceramiczne -- Definicja, klasyfikacja, właściwości, ocena i weryfikacja stałości właściwości użytkowych i znakowanie; płyty Rockpanel; płyty z blach stalowych i aluminiowych oraz płyty kompozytowe.

W badaniu tym [4], jak i w innych wymienionych powyżej badaniach, nie zaobserwowano problemów z konsolami, w tym konsolami pasywnymi, w których każdorazowo izolator termiczny był osłonięty skalną wełną mineralną.



## 5.2 Analiza zastosowania konsol pasywnych powyżej 25 m

Wymaganie to zostało zapisane w § 216 ust. 8 rozporządzenia [1], i wymaga ono:

*W budynku, na wysokości powyżej 25 m od poziomu terenu, okładzina elewacyjna i jej zamocowanie mechaniczne, a także izolacja cieplna ściany zewnętrznej, powinny być wykonane z materiałów niepalnych.*

W omawianych rozwiązaniach występuje odstępstwo od reguły niepalności. Dotyczy ono przekładki izolacyjnej w konsoli pasywnej, która jest materiałem palnym, ale w układzie bez wełny mineralnej, która ją osłania, została zakwalifikowana jako materiał niezapalny.

W rzeczywistości palne ale niezapalne izolatory termiczne konsol pasywnych Sytemu BSP, w całości są obłożone, a więc zabezpieczone niepalną wełną mineralną, rys. 1, co jeszcze bardziej utrudnia oddziaływanie ognia na nie, a przeprowadzone badania wg § 225 rozporządzenia [1], nie wykazały jakiegokolwiek destrukcji izolatorów termicznych osłoniętych skalną wełną mineralną.

## 5.3 Analiza zastosowania konsol pasywnych w zewnętrznych ścianach oddzieleń przeciwpożarowych

Przykładowe wymaganie to zostało zapisane w § 235 ust. 2 rozporządzenia [1], i wymaga ono:

*Ścianę oddzielenia przeciwpożarowego należy wysunąć na co najmniej 0,3 m poza lico ściany zewnętrznej budynku lub na całej wysokości ściany zewnętrznej zastosować pionowy pas z materiału niepalnego o szerokości co najmniej 2 m i klasie odporności ogniowej EI 60.*

W omawianym przypadku argumentacja jest dokładnie taka sama jak w opisana w p. 5.2, gdyż kryterium stanowi niepalność materiałów.

## 6 Ocena techniczna

- Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań, z uwzględnieniem przedstawionej dokumentacji technicznej oraz analizy przedstawionej w p. 5, ocenia się że konsole pasywne **KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS** oraz **KW4 PAS** systemów elewacji wentylowanej firmy **BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.**, z izolatorami termicznymi, wykonane zgodnie z opisem przedstawionym w pkt. 4, wchodzące w skład systemowej podkonstrukcji firmy **BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.**, znajdujące się w obszarze intensywnego nagrzewania oraz poza nim, a więc zarówno w obszarze narażonym i nie narażonym na bezpośrednie oddziaływanie ognia, w przypadku pożaru zachowują swoją integralność z konstrukcją mocującą. Oznacza to możliwość ewakuacji ludzi oraz pracy ekip ratunkowych w czasie nie krótszym niż **120 minut**, a zatem w świetle § 225 Rozporządzenia [1], takie rozwiązanie uznaje się za bezpieczne.
- W skrajnych przypadkach wystające poza skalną wełną mineralną fragmenty aluminiowych konsol, w przypadku silnego oddziaływania ognia mogą ulec deformacji lub lokalnemu wytopieniu, co nie powinno mieć wpływu na ewakuujących się ludzi oraz pracę ekip ratunkowych.
- Na podstawie przeprowadzonych badań reakcji na ogień i rozprzestrzeniania ognia konsol pasywnych **KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS** oraz **KW4 PAS** systemów elewacji wentylowanej firmy **BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.**, z izolatorami termicznymi, Zakład Badań

Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej stwierdza, że zastosowanie konsol pasywnych **KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS** oraz **KW4 PAS** firmy **BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.** opisanych w punkcie 4 niniejszej opinii na ścianach zewnętrznych budynków na wysokości powyżej 25 m oraz w pasach oddzielenia pożarowego, **nie stanowi zagrożenia w zakresie bezpieczeństwa pożarowego budynków** pod warunkiem, że izolator będący częścią konsol pasywnych firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. będzie zagłębiony w materiale izolacyjnym o klasie reakcji na ogień A1 wg [18] zgodnie z rys. 1, a gęstość wełny mineralnej stanowiącej termoizolację nie będzie niższa niż  $48 \text{ kg/m}^3 \pm 10\%$ .

## 7 Uwagi końcowe

- Ocena techniczna zachowuje ważność bezterminowo, pod warunkiem, że w rozwiązaniach technicznych systemu elewacji wentylowanej firmy **BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.** wykorzystujących konsole pasywne **KW1 PAS, KW2 PAS, KW3 PAS** oraz **KW4 PAS**, przytwierdzanych do ścian mechanicznie, nie zostaną wprowadzone jakiegokolwiek zmiany materiałowe lub konstrukcyjne, oraz zachowają ważność przytoczone w p.2 klasyfikacje.
- Proponowane rozwiązania w opinii ITB mogą być uznane za poprawne i w przypadku pożaru przewiduje się, że zachowają wymagany przepisami poziom bezpieczeństwa.
- Przedmiotowa opinia stanowi rozwinięcie i uszczegółowienie dla opracowań [13], [14], przytoczonych w podstawach merytorycznych.
- Niniejsza opinia techniczna dotyczy wyłącznie przedmiotowych elementów opisanych w pkt. 4 i 5, w zakresie cech ocenionych w pkt. 6, i nie dotyczy innych właściwości pożarowych, użytkowych, konstrukcyjnych, itp.

Opracował:

**INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ**

www.itb.pl, 00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1

**dr inż. Paweł SULIK**

Uprawnienia do projektowania LUB/0002/POOK/03  
i kierowania robotami budowlanymi 646/Lb/2002  
bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

dr inż. Paweł Sulik (tel. 693350894, p.sulik@itb.pl)

Zatwierdził:

**KIEROWNIK**

Zakładu Badań Ogniwych

dr inż. *Barbara Papis*

Warszawa, 14.IX.2020 r.  
(ostatnia strona opracowania)