



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

03199/19/Z00NZP

Warszawa, listopad 2019

Spis treści

1 Podstawa formalna	4
2 Podstawy merytoryczne	4
3 Cel i zakres opracowania	5
4 Opis techniczny	5
5 Analiza	8
5.1 Analiza w zakresie § 225 [1]	8
5.2 Analiza w zastosowania konsol pasywnych KW4 PAS powyżej 25 m	10
6 Ocena techniczna	12
7 Uwagi końcowe	12
7.1 Zastrzeżenia	13

1 Podstawa formalna

- Oferta Instytutu Techniki Budowlanej z dnia 14 października 2019 r.
- Umowa pomiędzy Instytutem Techniki Budowlanej a BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. z dnia 22 października 2019 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] Opinia techniczna nr 02772.4/16/Z00NZZ 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/Z00NZZ, 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] Opinia techniczna ITB 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] 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.
- [15] 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.
- [16] PN-EN 13501-1:2019 Klasyfikacja wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień.
- [17] Opinia techniczna nr 01045/15/Z00NP dotycząca podkonstrukcji BSP System w świetle wymagań §225 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury.
- [18] 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 konsoli pasywnej **KW4 PAS** firmy **BSP Bracket System** Polska Sp. z o.o wykorzystywanej przy wznoszeniu elewacji wentylowanych **systemu BSP**, w kontekście § 225 rozporządzenia [1], który wymaga, aby:

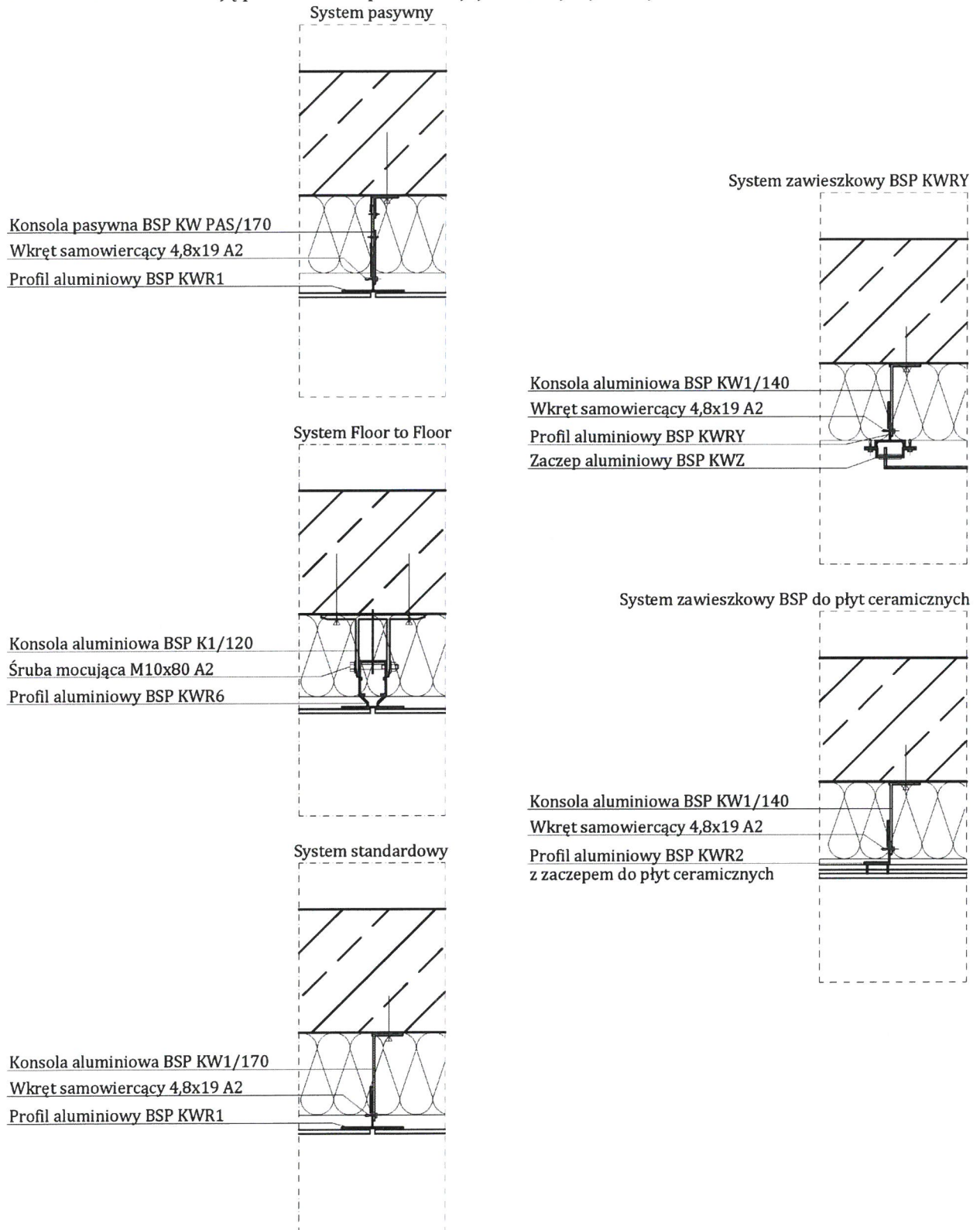
Elementy okładzin elewacyjnych powinny być mocowane do konstrukcji budynku w sposób uniemożliwiający ich odpadanie w przypadku pożaru w czasie krótszym niż wynikający z wymaganej klasy odporności ogniowej dla ściany zewnętrznej, określonej w § 216 ust. 1, odpowiednio do klasy odporności pożarowej budynku, 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

Przykładowe typy aluminiowych lub wykonanych ze stali nierdzewnej konstrukcji oraz konsol wraz z ich sposobem montażu, wchodzących w skład podkonstrukcji **BSP System** zostały pokazane na

rys. 1 oraz szczegółowo opisane w ITB-KOT-2018/0434 wydanie 1 [5]. 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/w KOT [5]. W przypadku konsoli KW4 PAS obecnie trwają prace nad dopisaniem jej do kolejnej wersji KOT.

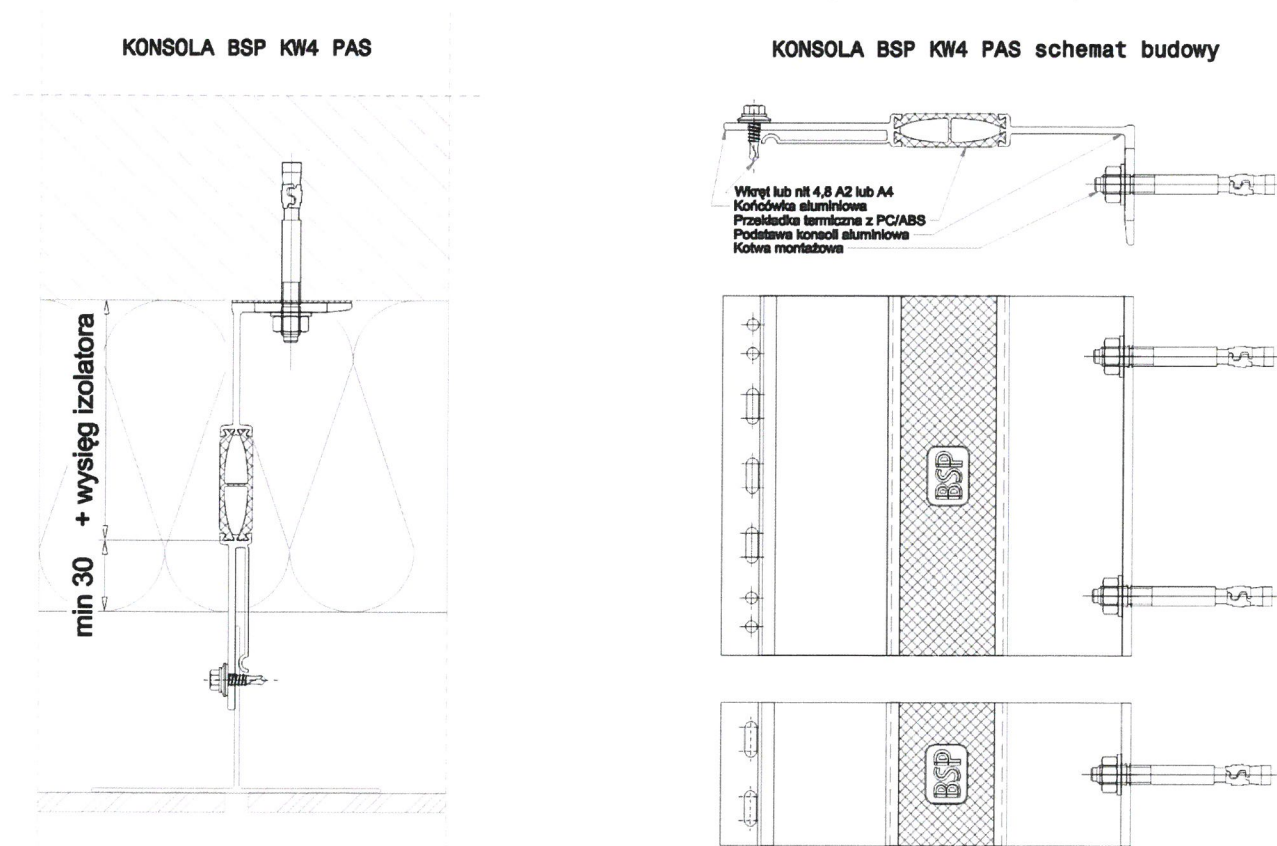


Rys. 1. Rozwiązania systemowe BSP system. KW1 (system standardowy), K1 (system floor to floor), KN1 (system wykonany ze stali nierdzewnej), KW PAS (system pasywny).

Konsole mocujące aluminiowe podkonstrukcje wraz z laminatem epoksydowo-szklanym w przypadku konsoli KW1 PAS i KW3 PAS oraz izolatorem termicznym **PC-ABS** muszą pozostać w warstwie izolacji termicznej wykonywanej z wełny mineralnej o gęstości minimum 48 kg/m³. Grubość wełny mineralnej uzależniona jest od wysięgu konsol. Skalną wełną mineralną mocowana jest za pomocą plastikowych (z rdzeniem stalowym) lub stalowych kołków przeznaczonych do montażu wełny mineralnej w liczbie min. 5 szt. na 1 m². 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 kg/m³.

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, 17]. Nowym elementem wchodzącym w skład systemu mocowania elewacji wentylowanych BSP System jest konsola pasywna **KW4 PAS**. Konsola jest produkowana w różnych wymiarach uzależnionych od wymagań poszczególnych elewacji. Główne elementy konstrukcyjne konsoli wykonane są ze stopu aluminium EN AW-ALMgSi. Elementy aluminiowe konsoli połączone są ze sobą poprzez izolator termiczny wykonany z materiału PC-ABS. Izolator ma budowę komorową. Schemat budowy konsoli pasywnej KW4 PAS przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat montażu i budowy konsoli BSP KW4 PAS

Budowa konsoli pasywnej KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. jest podobna do wcześniej stosowanych rozwiązań KW1 PAS, KW2 PAS i KW3 PAS. Podstawową różnicą jest rodzaj użytego izolatora. We wcześniejszych wersjach (KW1-3 PAS) stosowano laminat składający się z żywicy epoksydowej wzmocnionej warstwami tkaniny szklanej, który charakteryzował się klasą reakcji na ogień B-s3, d0 [12] oraz nierozprzestrzenianiem ognia przy działaniu ognia od zewnątrz [11].

Izolator termiczny stosowany w konsolach pasywnych firmy BSP Bracket System Sp. z o.o. ma za zadanie wyeliminować zjawisko „mostka termicznego”, pomiędzy elementami okładziny elewacyjnej, a ścianą do której okładzina jest mocowana. Izolator stosowany w konsoli KW4 PAS, charakteryzuje się lepszą izolacyjnością od izolatorów stosowanych w konsolach KW1-3 PAS, co pozwoli całemu systemowi BSP zapewnić wyższą izolacyjność termiczną ściany i mniejszy wpływ punktowych mostków termicznych, jakimi są konsole.

5 Analiza

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:

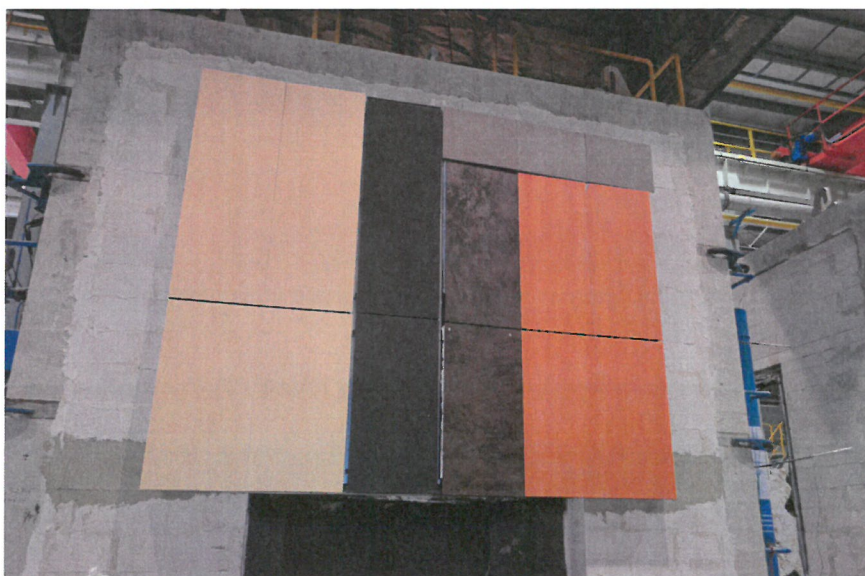
„... Przy ocenie spadających fragmentów okładzin elewacyjnych należałoby brać pod uwagę jako kryteria oceny ich energię. Za niebezpieczne dla ewakuujących się ludzi należałoby uznać elementy o wielkości i energii takiej, które powodują obrażenia jako niebezpieczne dla zdrowia ...”.

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.

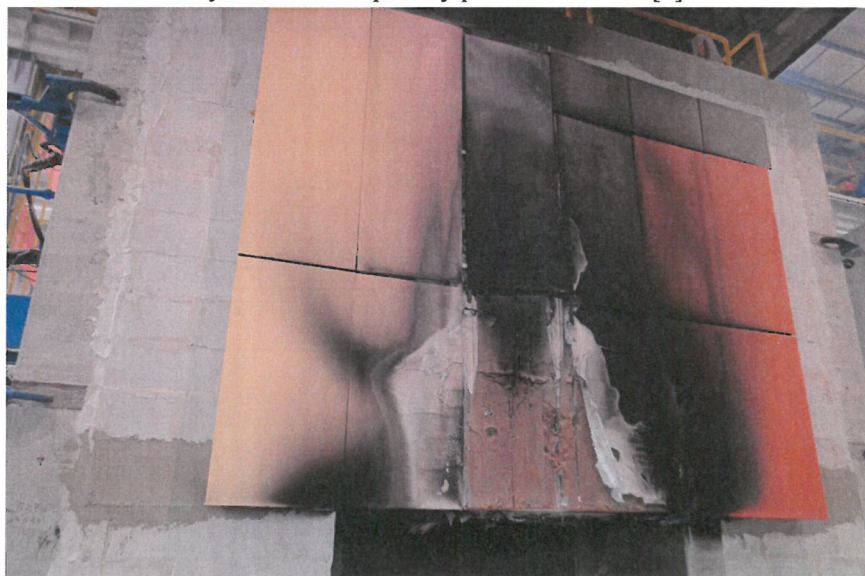
W związku z powyższym ITB przyjęło kryterium oceny dla budynków niskich i średniowysokich na poziomie 5 kg (dla pojedynczego spadającego elementu), co odpowiada klasie F2 zaproponowanej w dokumencie opracowanym na zlecenie Komisji Europejskiej [3]. W przypadku budynków wyższych ocena każdorazowo odbywa 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 opracowaniach 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 (rys. 3, 4). 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.



Rys. 3. Element próbny przed badaniem [4].



Rys. 4. Element próbny po badaniu [4].

W badaniu tym [4], jak i w innych wymienionych powyżej badaniach, nie zaobserwowano problemów z konsolami, w tym konsolami pasywnymi, które każdorazowo były osłonięte wełną mineralną.

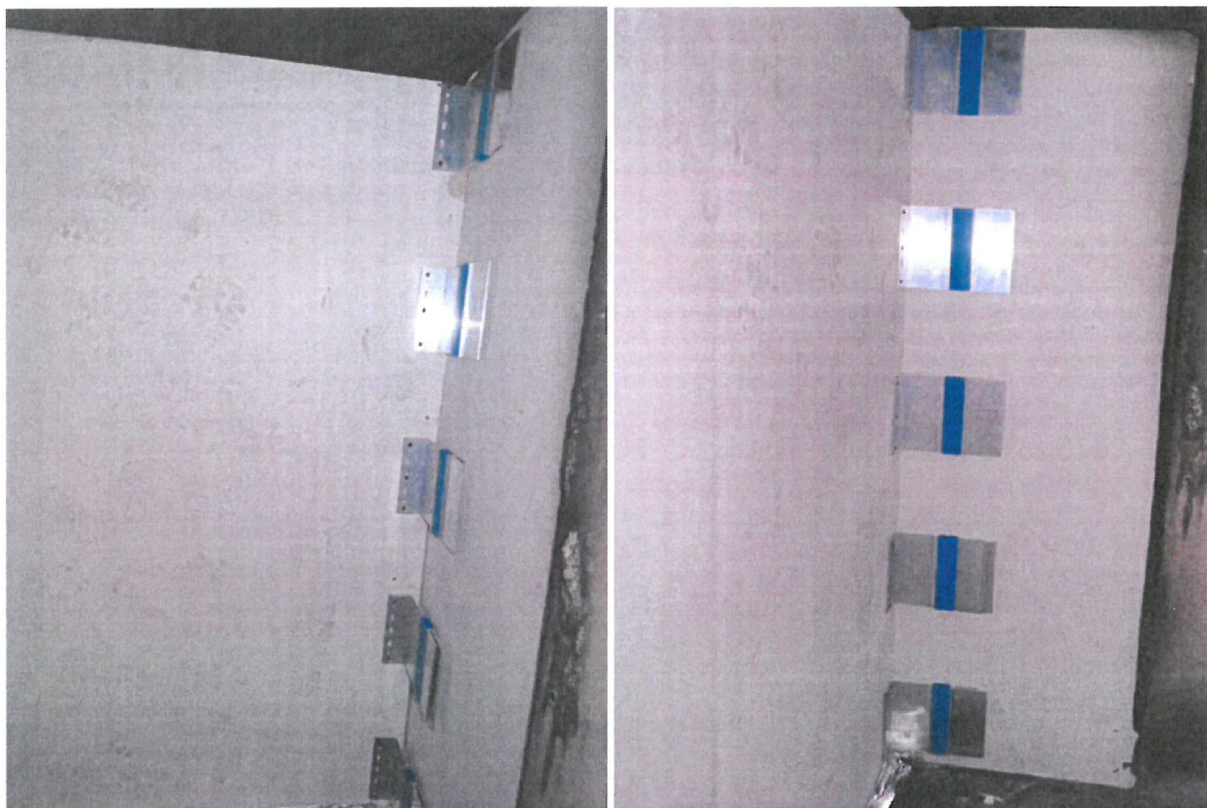
Potwierdzają to również wyniki badania opisane w opinii [17]. Przedmiotem opinii [17] były między innymi aluminiowe podkonstrukcje z zastosowaniem konsol pasywnych firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. Opinia [17] stwierdza, że aluminiowe podkonstrukcje BSP System spełniają wymagania

§ 225 Rozporządzenia [1] w przypadku pożaru trwającego 60 minut. Na rys. 5 pokazano konsolę pasywną z izolatorem termicznym klasy reakcji na ogień **B-s3, d0** po przeprowadzonym badaniu na potrzeby opinii [17].



Rys. 5. Konsola pasywna po badaniach wykonanych na potrzeby opinii [17].

5.2 Analiza zastosowania konsol pasywnych KW4 PAS powyżej 25 m



Rys. 6. Widok ogólny próbek przed badaniem SBI – konsolle KW4 PAS

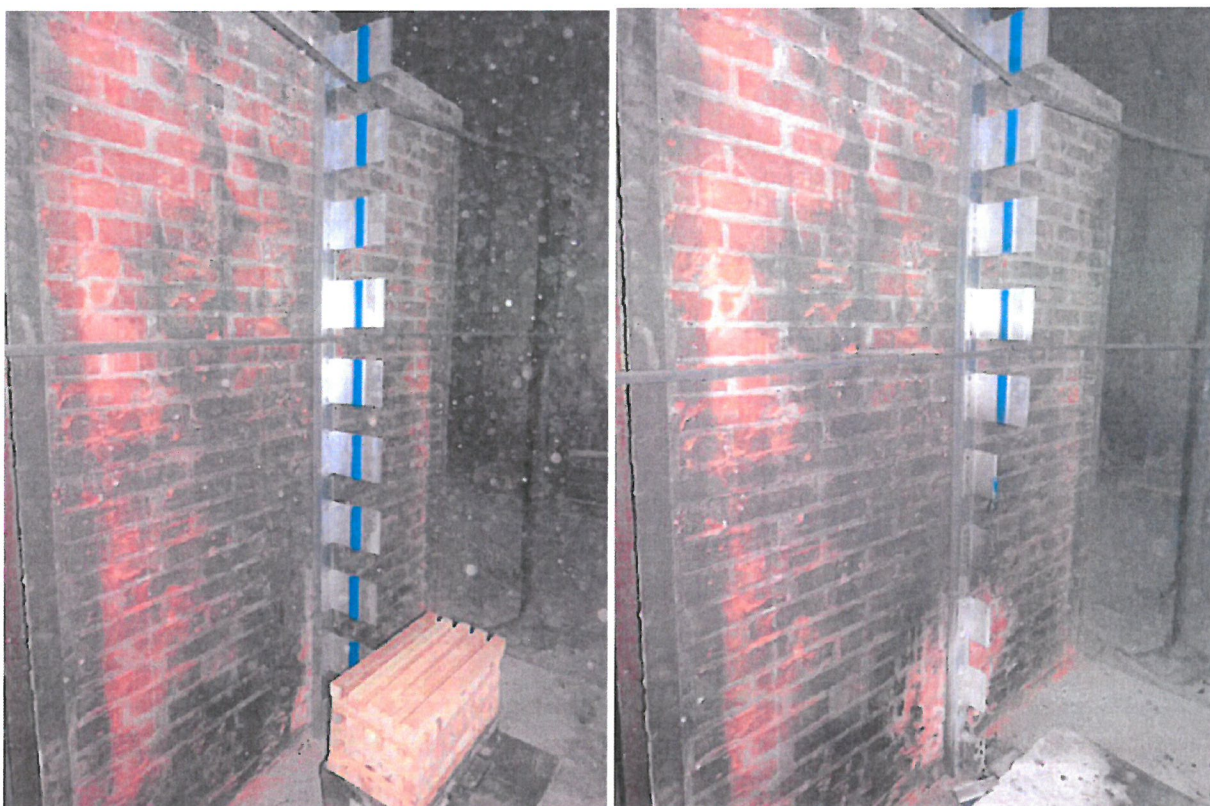
Konsolle pasywne **KW4 PAS** firmy BSP Bracket System Polska Sp. z o.o. zbudowane są z aluminium i tworzywa z którego wykonany jest „izolator termiczny”. Aluminium zgodnie z decyzjami Komisji Europejskiej [15] klasyfikowane jest w zakresie reakcji na ogień w klasie A1 bez konieczności wykonywania badań. Izolator wykonany z tworzywa sztucznego (**PC-ABS**) jest elementem palnym konsoli. Zleceniodawca opinii, firma BSP Bracket System Polska Sp. z o.o., zleciła badania reakcji na

ogień i ocenę w tym zakresie wg kryteriów zawartych w normie [16], rys. 6. Wyniki badań wraz z kryteriami zestawiono w tablicy 1. Dodatkowo w poniższej tablicy, w celach porównawczych, zawarto wyniki badań archiwalnych wykonanych dla izolatorów zastosowanych w konsolach KW1-3 PAS.

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)	Wartość, [12] (KW1-3 PAS)	Kryterium, [16]
FIGRA _{0,2MJ} [W/s]	73,6	47,2	≤ 120 W/s
LFS < krawędź [m]	Nie wystąpiła	0,1 m	≤ 1 m
THR _{600s} [MJ]	3,5	1,9	≤ 5 m
SMOGRA [m ² /s ²]	19,9	47,4	≤ 180
TSP _{600s} [m ²]	106,7	223,5	≤ 200
Płonące krople/cząstki	Nie wystąpiły	Nie wystąpiły	(-)

Otrzymane wyniki podane w tablicy 1 pozwalają sklasyfikować konsolę pasywną KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z .o.o. w klasie **B-s3, d0** wg [16]. Uzyskana klasa reakcji na ogień pozwala zgodnie z Rozporządzeniem [1] ocenić wyrób jako **nierozprzestrzeniający ognia wewnątrz budynku**.



Rys. 7. Widok ogólny próbki przez i po badaniu zgodnie z PN-B-02867:2013-06 – konsole KW4 PAS

Zleceniodawca nie przedstawił wyników badań ciepła spalania potwierdzających spełnienie kryteriów dla klasy reakcji na ogień A2 (< 3,0 MJ/kg) przez izolator konsoli KW4 PAS, co nie pozwoliło na ocenienie go jako niepalnego. W związku z powyższym, konsole pasywne KW4 PAS firmy BSP Bracket System Polska Sp. z .o.o. zostały przebadane w zakresie rozprzestrzeniania ognia przez ściany zewnętrzne wg PN-B-02867:2013-06 [10]. Badanie przeprowadzono dla odkrytych konsol poddanych bezpośredniemu oddziaływaniu ognia, rys. 7. W trakcie badania nie zaobserwowano aby konsole

rozprzestrzeniały ogień pomiędzy sobą, a zniszczeniu ulegały tylko te które były bezpośrednio narażone na działanie źródła ognia. W trakcie badania nie odpadła od ściany żadna z zamocowanych konsol. Na podstawie obserwacji zachowania wyrobu w czasie badania oraz otrzymanych wyników badań konsol wg PN-B-02867:2013-06 elementy te sklasyfikowano jako **nierozprzestrzeniające ognia przez ściany zewnętrzne budynków** [6].

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 **KW4 PAS**, z izolatorem termicznym **PC-ABS** firmy **BSP Bracket System** Polska Sp. z o.o. 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 **60 minut**, a zatem w świetle § 225 Rozporządzenia [1], takie rozwiązanie uznaje się za bezpieczne.
- W skrajnych przypadkach aluminiowe i tworzywowe elementy konsol, w przypadku silnego oddziaływania ognia mogą ulec lokalnemu wytopieniu i częściowo odpaść w postaci kropeł, co nie powinno mieć wpływu na ewakuujących się ludzi oraz pracę ekip ratunkowych.
- Na podstawie przeprowadzonych badań reakcji na ogień i rozprzestrzeniania ognia konsoli pasywnej **KW4 PAS** z izolatorem termicznym **PC-ABS** oraz zachowania podobnych elementów (ta sama klasa reakcji na ogień A1 i B-s3, d0) w badaniu wykonanym na potrzeby opinii [13 i 17], Zakład Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej stwierdza, że zastosowanie konsol pasywnych **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 [16] na głębokość równą wysięgowi izolatora (PC-ABS) plus 30 mm, zgodnie z rys. 2, a gęstość wełny mineralnej stanowiącej termoizolację nie będzie niższa niż 48 kg/m³.

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 **KW4 PAS**, przytwierdzanych do ścian mechanicznie, nie zostaną wprowadzone jakiegokolwiek zmiany materiałowe lub konstrukcyjne, oraz zachowają ważność klasyfikacje [6, 7].

Proponowane rozwiązania w opinii ITB mogą być uznane za poprawne i w przypadku pożaru przewiduje się, że **zachowają wymagany przepisami poziom bezpieczeństwa**.

7.1 Zastrzeżenia

- 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/00-511-Warszawa, ul. Filtrowa 1

dr inż. Paweł SULIK

Uprawnienia do projektowania LUB/002/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)

Zweryfikował:

KIEROWNIK PRACOWNI

Odporności Ogniowej Przegród,

Elementów Instalacyjnych

i Dymoszczelności

mgr inż. Bartłomiej Sędk

Zatwierdził:

KIEROWNIK

Zakładu Badań Ogniowych

dr inż. Bartłomiej Papis

Warszawa, 19.XI.2019 r.
(ostatnia strona opracowania)

