



Instytut Techniki Budowlanej

Nauka i wiedza ekspercka dla budownictwa przyszłości

OPINIA TECHNICZNA

dotycząca zachowania stalowych systemów mocujących marki HALFEN służących do mocowania okładzin betonowych na elewacjach wentylowanych w zakresie par. 225 Warunków Technicznych – wydanie 2

06024.1/25/R56NZP

Warszawa, luty 2026



BADANIA | OPINIE | EKSPERTYZY

00-611 Warszawa, ul. Filtrowa 1, tel. (22) 825 04 71, e-mail: instytut@itb.pl

www.itb.pl

(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 dotycząca zachowania stalowych systemów mocujących marki HALFEN służących do mocowania okładzin betonowych na elewacjach wentylowanych w zakresie par. 225 Warunków Technicznych – wydanie 2

Nr Rejestru: 06024.1/25/R56NZP

Zleceniodawca: **LEVIAT Sp. z o.o.**
ul. Rozwojowa 3
62-800 Kalisz, Polska

Wykonawcy:

Kierownik zespołu: dr inż. Paweł Sulik

Kierownictwo naukowe: -

Weryfikacja: mgr inż. Daniel Izydorczyk

Pracę rozpoczęto: grudzień 2025

zakończono: luty 2026

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	4
4 Opis techniczny	5
5 Opis przeprowadzonych badań	7
5.1 Opis badania w zakresie odpadania okładzin elewacyjnych w przypadku pożaru	7
5.2 Badania archiwalne	46
6 Analiza	46
7 Ocena techniczna	47
8 Uwagi końcowe	47
8.1 Zastrzeżenia	47

1 Podstawa formalna

- Oferta Instytutu Techniki Budowlanej z dnia 23 października 2025 r.
- Umowa pomiędzy Instytutem Techniki Budowlanej a LEVIAT Sp. z o.o. z dnia 9 grudnia 2025 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 (z późniejszymi zmianami).
- [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] Krajowa Ocena Techniczna ITB-KOT-2019/0797 wydanie 2. Łączniki FPA, WPA, DS., LD, LD-A, SPV, HKZ, HKZ-GF, HKZ-GU i HFV do mocowania i łączenia betonowych płyt elewacyjnych; data ważności 30 września 2027 r.
- [5] Praca IBS – Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung nr 07040314 p.t. Verschiedene Verankerungssysteme aus Stahl für Betonfassadenplatten; data wydania 15.VII.2009.
- [6] Dokumentacja techniczna dostarczona przez Zleceniodawcę, w tym katalogi, karty techniczne, itp.

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 elewacyjnych rozwiązań mechanicznych mocowań elewacji z elementów betonowych, 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.

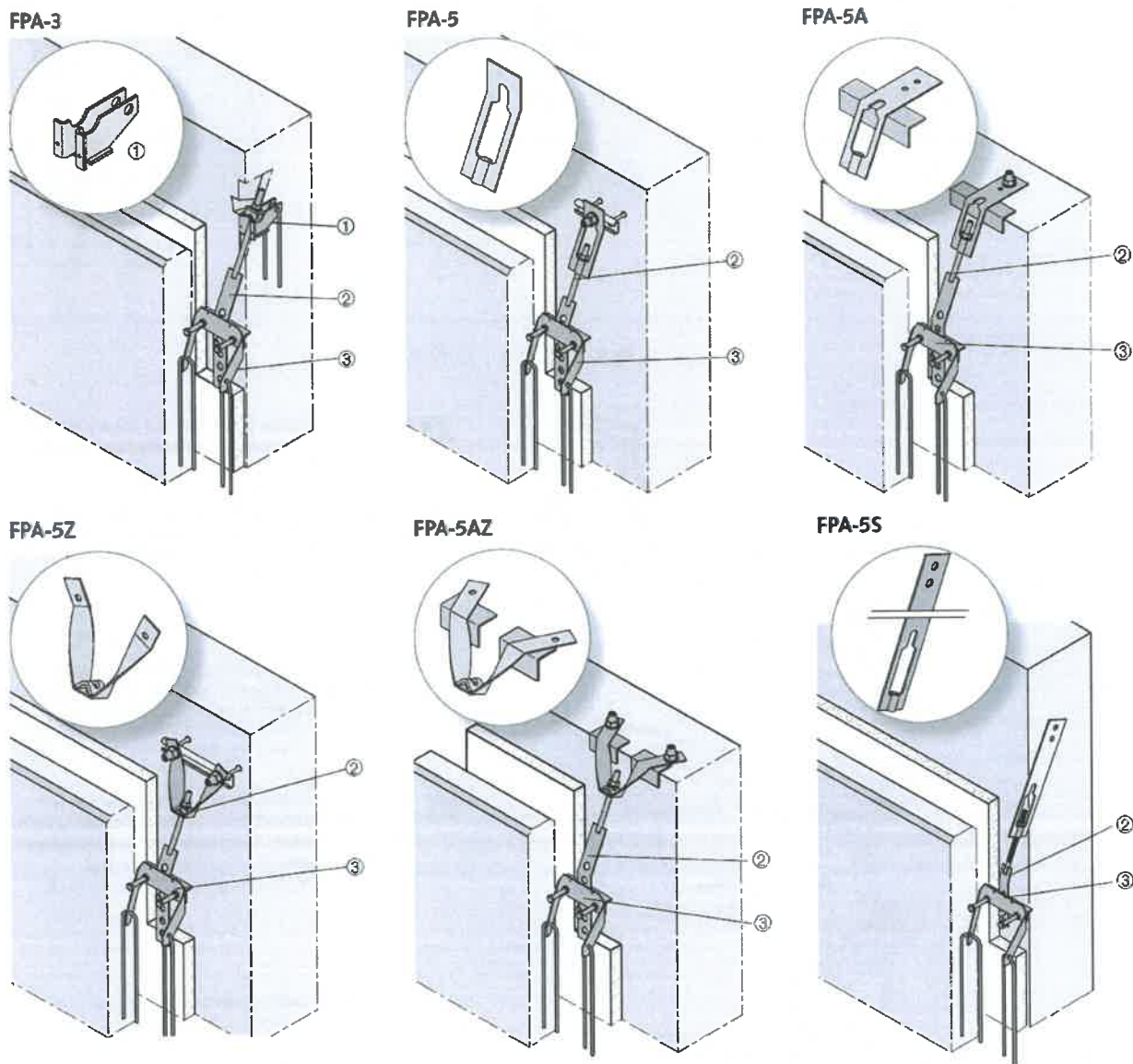
Oceniane, stalowe kotwy marki **HALFEN** do mocowania okładzin betonowych na elewacjach, produkowane są w Polsce przez firmę Leviat GmbH, reprezentowaną w Polsce przez Leviat Sp. z o.o., ul. Rozwojowa 3, 62-800 Kalisz.

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

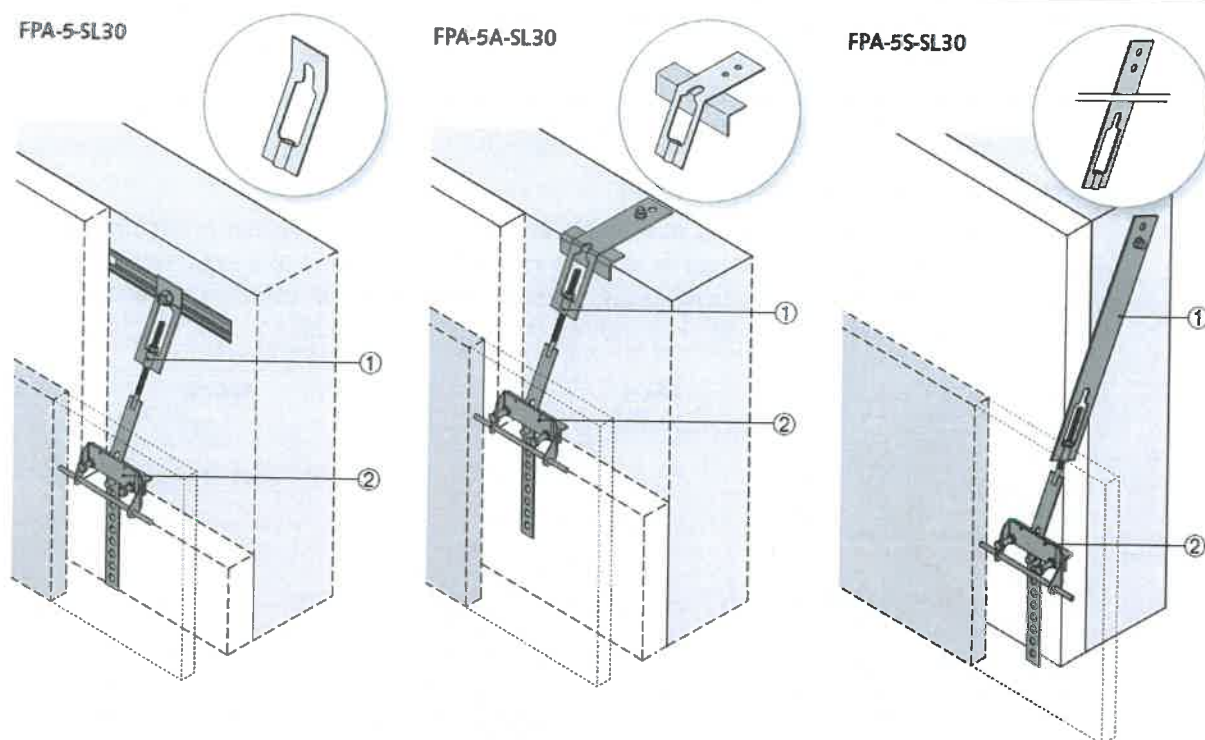
Opracowanie stanowi nowelizację opinii 06024/20/R41NZP.

4 Opis techniczny

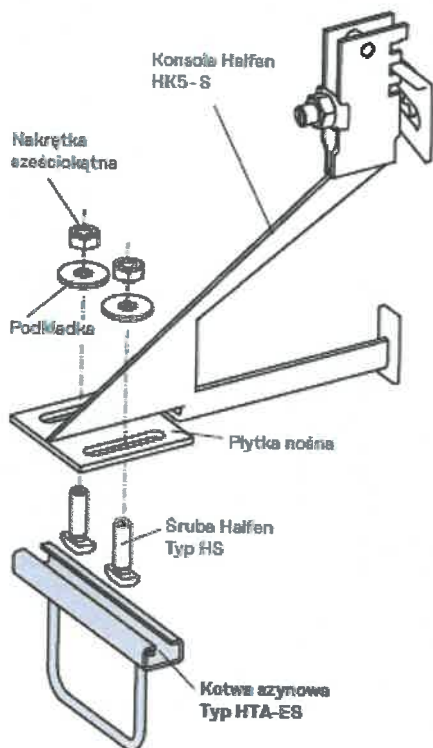
Opis techniczny wykonano na podstawie dokumentacji dostarczonej przez Zleceniodawcę [4-6]. Wykaz i opis elementów wchodzących w skład systemu mocowania okładzin betonowych przy użyciu łączników mechanicznych marki HALFEN, przeznaczonych do mocowania w ścianach wykonanych z żelbetu, cegły, pustaków i konstrukcji stalowych, przedstawiono na poniższych rysunkach.



Rys. 1. Kotwy HALFEN FPA



Rys. 2. Kotwy HALFEN FPA-SL30



① Jako dodatkową pomoc projektową polecamy aprobatę DIBt Z-214-1989 do uzyskania bezpłatnie na stronie www.halfen.de

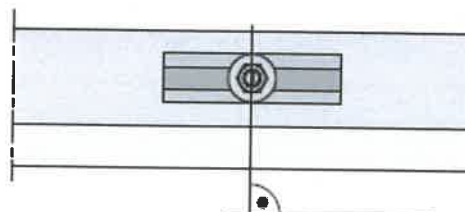
- 1 Przy montażu kotew szynowych HTA-ES, L = 150 mm w prefabrykowanym nadprożu należy przestrzegać wytycznych projektanta.
- 2 Konsole Halfen HK5-S mogą być zamocowane do kotew szynowych lub kotew metalowych stosowanych w betonie z uwzględnieniem odrębnej instrukcji montażu.

i Do montażu konsoli HK5-S stosować odrębną instrukcję montażu, do uzyskania bezpłatnie na stronie www.halfen.de lub www.lewint.com

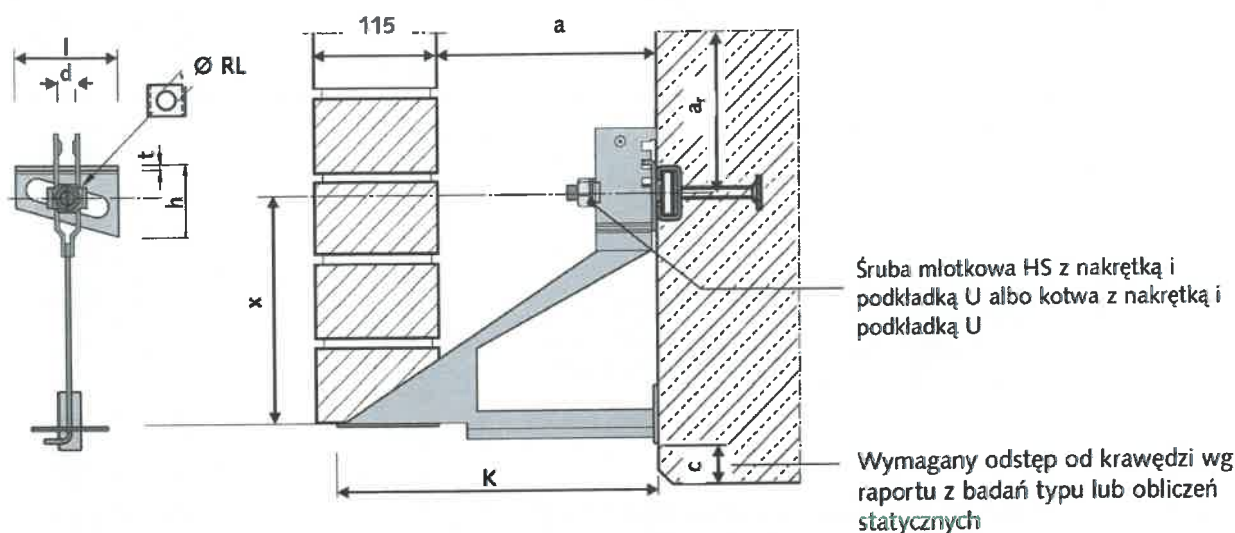
- 3 Śruby Halfen z nakrętkami i podkładkami zamontowane są na płytce nośnej. Następnie należy unieść nadproże, umieścić śruby Halfen w szczelinie szyny i obrócić w prawo o 90°. Na koniec dociągnąć nakrętki wykorzystując podane w tabeli momenty dokręcenia.



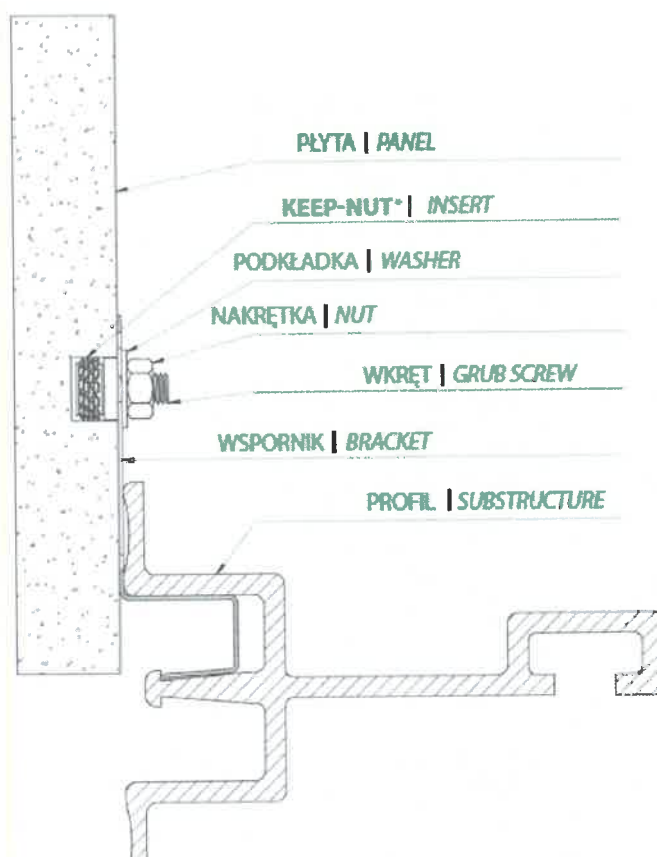
Nacięcie na trzpieniu śruby musi być ustawione prostopadle do osi szyny.



Rys. 3. Kotwy HALFEN HTA-ES



Rys. 4. Kotwy HALFEN HK5



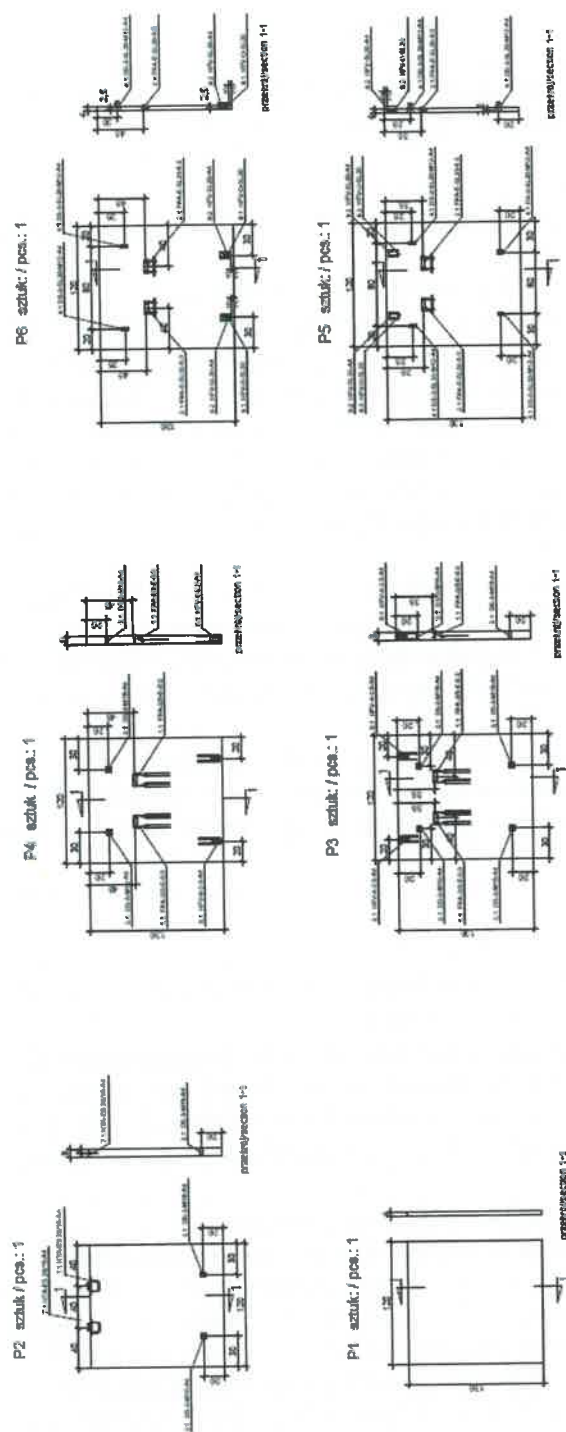
Rys. 5. System mocowania KEEP-NUT® wykorzystywany w mocowaniach marki HALFEN

5 Opis przeprowadzonych badań

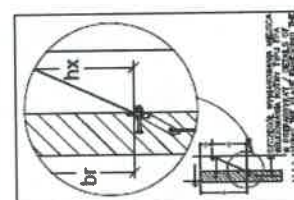
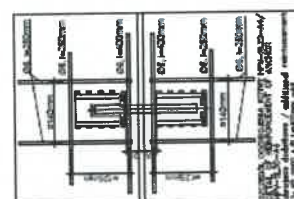
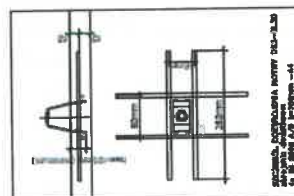
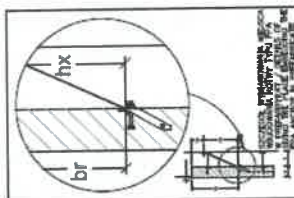
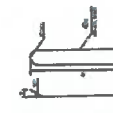
5.1 Opis badania w zakresie odpadania okładzin elewacyjnych w przypadku pożaru

Element próbny do badań systemów mocowania betonowych płyt składa się z:

- betonowej ściany konstrukcyjnej do mocowania kotew, łączników i wsporników, gr. 20 cm osadzonej we wsporczej ramie stalowej; beton klasy $\geq C20/25$;



Submitting to today's FFA
 (the cocaine prize HALFEN) /
 Stamp for auction FFA
 (not provided by HALFEN)

[illegible]

UWAGA: wymiary w cm /
NOTE: dimensions in cm

Leviat
ADDITIONAL FORM

Project/Contract Name: _____
 Job No.: _____
 Job Address: _____
 Job City: _____
 Job State: _____
 Job Zip: _____
 Job Phone: _____
 Job Fax: _____
 Job E-mail: _____
 Job Website: _____
 Job Notes: _____

FORM TEST SAMPLE

Project/Contract Name: _____
 Job No.: _____
 Job Address: _____
 Job City: _____
 Job State: _____
 Job Zip: _____
 Job Phone: _____
 Job Fax: _____
 Job E-mail: _____
 Job Website: _____
 Job Notes: _____

FORM TEST SAMPLE

Project/Contract Name: _____
 Job No.: _____
 Job Address: _____
 Job City: _____
 Job State: _____
 Job Zip: _____
 Job Phone: _____
 Job Fax: _____
 Job E-mail: _____
 Job Website: _____
 Job Notes: _____

- kotew mocujących łączniki i wsporniki na których podwieszone i podparte są prefabrykowane, betonowe i żelbetowe płyty elewacyjne;
- arkuszy wełny mineralnej, Rockwool Ventirock plus - 140 mm (lub innego producenta o podobnej gęstości) mocowanej mechanicznie kotwami stalowymi z talerzykami, wg wytycznych producenta wełny z wykorzystaniem zakotwionych w ścianie nośnej kotew drutowych,
- prefabrykowanych płyt elewacyjnych, których opis zamieszczono poniżej.

Ścianę z usytuowaniem płyt elewacyjnych oraz kotew i elementów mocujących pokazano na rys. 6. Na rys. 7 pokazano rysunki szalunkowe poszczególnych płyt (P1-P6) z zaznaczonym usytuowaniem wieszaków i elementów mocujących do żelbetowej ściany nośnej.

Płyta P1

Płyta o wymiarach 1200×1300, gr. 40 mm. Klasa betonu, rodzaj i ilość zbrojenia według wykonawcy prefabrykatu – firmy PSK BETON.

Płyta elewacyjna GRC mocowana przy zastosowaniu kotew systemu Body:

- 2 kotew nośnych typu DT 420-1-SK- A4 - poz.14, z łącznikami KEEP-NUT-poz.16, które są mocowane do ściany nośnej za pomocą kotew rozporowych HB-BZ-10-50-70/130-A4 - poz.11. Kotwy DT przenoszą obciążenia ciężarem płyt i poziome od parcia i ssania wiatru. Regulacja wysięgu odbywa się przy pomocy śruby klinującej i jest możliwa po zamocowaniu płyty elewacyjnej (możliwa także poprzez obrót korpusu). Kotwa DT jest na produkcji zmontowana z korpusu, klina regulacyjnego i śruby klinującej. Regulacja w pionie odbywa się przy pomocy klina regulacyjnego. Regulacja w poziomie jest możliwa poprzez obrót kotwy;
- 2 kotew podtrzymujących typu DH 1712-1-SK- A4 - poz.15, z łącznikami KEEP-NUT-poz.16, które są mocowane do ściany nośnej za pomocą kotew rozporowych HB-BZ 8- 30-41/ 95 A4-poz.12. Kotwy DH to kotwy, które przenoszą obciążenie poziome od wiatru na ścianę nośną. Kotwa może być obrócona w dowolnym kierunku wokół dybla mocującego, co zapewnia pełną regulację.
- Elementy kotew DT i DH wykonane są ze stali nierdzewnej austenitycznej gatunków 1.4571, 1.4404. Na końcach trzpieni gwintowanych zamocowane są łączniki KEEP-NUT-poz.16) według ETA 05/0615), które osadza się w płytach elewacyjnych i łączy śrubami z kotwami DT/DH.

Wszystkie kotwy i łączniki zostały zamontowane na miejscu wbudowania w laboratorium.

Płyta P2

Płyta o wymiarach 1200×1300, gr. 80 mm. Klasa betonu, gatunek stali zbrojeniowej oraz układ zbrojenia według wykonawcy prefabrykatu – firmy PSK BETON.

Płyta żelbetowa elewacyjna mocowana przy zastosowaniu wsporników systemu HK5.

2 wsporniki HK5-S-4,0-250 (L4)- poz.13 mocowane są do ściany nośnej za pomocą kotew rozporowych HB-BZ-10-50-70/130-A4-poz.11. Do wsporników podwieszona jest prefabrykowana płyta i mocowana dwoma śrubami HS M10×30-poz.7.2, do osadzonych w prefabrykacie 2 kotew szynowych HTA-ES 28/15-A4-150- poz. 7.1.

Montaż wsporników i kotew według załączonych instrukcji montażu.

W dolnej części płyty mocowane (mocowanie za pomocą kotew rozporowych HB-BZ-10-50-70/130-A4-poz.11) są do ściany nośnej 2 kotwy LD-A-1.8-16- poz.6, które w połączeniu z elementami DS-3-M16-A4-poz.3.1 (zabetonowanymi w prefabrykacie) i DS-1-M16×215-A4-poz.3.2 (montowane na miejscu montażu w laboratorium), przenoszą obciążenie poziome od wiatru na ścianę nośną. Kotwa może być obrócona w dowolnym kierunku wokół dybla mocującego, co zapewnia pełną regulację.

Elementy kotew HK5, HTA-ES i DS wykonane są ze stali nierdzewnej austenitycznej gatunków 1.4571, 1.4404 i ferrytyczno-austenitycznej gatunków 1.4062, 1.4162, 1.4362.

Płyta P3

Płyta o wymiarach 1200×1300, gr. 80 mm. Klasa betonu, gatunek stali zbrojeniowej oraz układ zbrojenia według wykonawcy prefabrykatu – firmy PSK BETON.

Płyta żelbetowa elewacyjna zawieszona jest na 2 łącznikach FPA-5- poz.1 i podparta 2 śrubami dystansowymi DS oraz 2 kotwami LD-A. Górna krawędź płyty jest dyblowana trzpieniami HFV z płytą górną poz. P4.

Łączniki FPA-5 składają się z wieszaków FPA-5-M-5-180(L)-poz.1.2 mocowanych do ściany nośnej kotwami rozporowymi HB-BZ-10-10-30/90-A4-poz.10 i elementów kotwiących FPA-3/5-E-5,0-poz.1.1 zabetonowanych w prefabrykacie, do którego mocowany jest płaskownik perforowany wieszaka.

Do elementów FPA-3/5-E-5,0 musi być zamontowane dodatkowe zbrojenie kotwiące wg rysunków warsztatowych prefabrykatu i instrukcji montażu.

Śruby dystansowe DS przenoszące obciążenie poziome od wiatru i ciężaru płyty na ścianę nośną, składają się z zabetonowanej w prefabrykacie tulei DS-3-M16-A4-poz.3.1 i śruby DS-1-M16x215-A4-poz.3.2 montowanej na miejscu montaż.

W dolnej części płyty mocowane (mocowanie za pomocą kotew rozporowych HB-BZ-10-50-70/130-A4-poz.11) są do ściany nośnej 2 kotwy LD-A-1.8-16- poz.6, które w połączeniu z elementami DS-3-M16-A4-poz.3.1 (zabetonowanymi w prefabrykacie) i DS-1-M16x215-A4-poz.3.2 (montowane na miejscu montażu w laboratorium), które przenoszą obciążenie poziome od wiatru i ciężaru płyty, na ścianę nośną.

Z elementów dyblowania w prefabrykacie osadzić należy: HFV-4-2.5-A4-poz.8.1. Trzpień HFV-3-2.5-A4-poz.8.3 osadzane są w tulejach na montażu.

Elementy mocujące wykonane są ze stali nierdzewnej austenicznej gatunków 1.4571, 1.4404.

Płyta P4

Płyta o wymiarach 1200×1300, gr. 80 mm. Klasa betonu, gatunek stali zbrojeniowej oraz układ zbrojenia według wykonawcy prefabrykatu – firmy PSK BETON.

Mocowanie płyty do ściany nośnej za pomocą wieszaków, kotew i łączników jak płyty P3 za wyjątkiem:

- elementu dyblującego gdzie na krawędzi dolnej osadzone są tuleje HFV-8-2.5-A4-poz.8.2 w których osadzane są na montażu trzpień HFV-3-2.5-A4-poz.8.3;
- braku w dolnej części 2 kotew DS-3-M16-A4-poz.3.1;
- braku mocowania płyty do ściany nośnej za pomocą 2 kotew LD-A-1.8-16 i śrubami dociskowymi DS-1-M16x215-A4 (montowanymi na miejscu montażu w laboratorium).

Płyta P5

Płyta o wymiarach 1200×1300, gr. 40 mm. Klasa betonu, rodzaj i ilość zbrojenia według wykonawcy prefabrykatu – firmy PSK BETON.

Wymagania dotyczące betonu:

- klasa betonu $\geq$ C50/60;
- wielkość kruszywa $\leq$ 8 mm.

Wymagania dotyczące zbrojenia płyty:

- brak szczególnych wymagań (stal nierdzewna lub nie stalowa siatka zbrojeniowa).

Płyta elewacyjna GRC zawieszona jest na 2 łącznikach FPA-SL30, systemu regulowanych kotew rozciąganych służących do przenoszenia obciążenia własnego płyt fasadowych na główną konstrukcję nośną i podparta górą 2 elementami dystansowymi DS13-SL30 oraz dołem 2 kotwami LD-2.0 w połączeniu z elementami dystansowymi DS13-SL30. Górna krawędź płyty jest dyblowana systemem trzpieniowym HFV-SL30 z płytą górną poz. P6. Regulowany system dybli zapewnia wymuszone połączenie dwóch elementów płyt elewacyjnych.

Łączniki FPA-SL30 (poz.2) składają się z wieszaków FPA-5-M-5.0-180(M)-poz.2.2 mocowanych do ściany nośnej kotwami rozporowymi HB-BZ-10-10-30/90-A4-poz.10 i elementów kotwiących FPA-E-SL-30-poz.2.1 zabetonowanych w prefabrykacie, do którego mocowana jest płaskownik perforowany wieszaka.

Elementy dystansowe DS13-SL30 (z regulowaną śrubą dystansową) przenoszące obciążenie poziome od wiatru i ciężaru płyty na ścianę nośną i służące do ustawiania odległości od ściany, składają się z zabetonowanej w prefabrykacie kotwy DS-3-SL30-M12-A4-poz.4.1 i śruby dociskowej DS-1-M12×152-A4- poz.4.2 montowanej na miejscu montaż. W dolnej części płyty Elementy dystansowe DS13-SL30 (poz.4.1/poz.4.2) połączone są z 2 kotwami LD-2.0-poz.5, które mocowane są na miejscu

montażu, do ściany nośnej elementu próbnego, za pomocą kotew rozporowych HB-BZ-10-50-70/130-A4-poz.11. Kotwienie DS-3-SL30-M12-A4-poz.4.1 w prefabrykacji wymaga dodatkowego dozbrojenia według instrukcji montażu.

Z elementów systemu regulowanego dyblowania w prefabrykacji osadzić należy kotwę HFV-SL30-poz.9.2 z od spodu zamontowanym deklek z polipropylenu (PP) HFV-U-SL30-poz.9.3. Element ten bezpośrednio przed zamontowaniem trzpienia HFV 3-2,5kN-16x200-A4-poz.9.5 wypełnia się zaprawą montażową (dzięki czemu wprowadzony od góry kołek HFV 3 może być zamocowany w określonej pozycji w czasie wiązania zaprawy) zgodnie z instrukcją montażu. Elementy kotwiące HFV-SL30 wymagają dodatkowego dozbrojenia według instrukcji montażu. Do łatwiejszego pozycjonowania kotew w szalunku służą elementy HFV-M2-SL30- poz.9.4 wykonane z polipropylenu.

Elementy mocujące i kotwiące wykonane są ze stali nierdzewnej austenitycznej gatunków 1.4571, 1.4404 oraz ferrytyczno-austenitycznej 1.4062, 1.4162, 1.4362.

Płyta P6

Płyta o wymiarach 1200×1300, gr. 40 mm. Klasa betonu, rodzaj i ilość zbrojenia według wykonawcy prefabrykatu – firmy PSK BETON.

Wymagania dotyczące betonu:

- klasa betonu $\geq$ C50/60;
- wielkość kruszywa $\leq$ 8 mm.

Wymagania dotyczące zbrojenia płyty:

- brak szczególnych wymagań (stal nierdzewna lub nie stalowa siatka zbrojeniowa).

Płyta elewacyjna GRC zawieszona jest na 2 łącznikach FPA-SL30, systemu regulowanych kotew rozciąganych służących do przenoszenia obciążenia własnego płyt fasadowych na główną konstrukcję nośną i podparta górą 2 elementami dystansowymi DS13-SL30. Dolna krawędź płyty jest dyblowana systemem trzpieniowym HFV-SL30 z płytą dolną poz. P5. Regulowany system dybli zapewnia wymuszone połączenie dwóch elementów płyt elewacyjnych.

Łączniki FPA-SL30 (poz.2) składają się z wieszaków FPA-5-M-5.0-180(M)-poz.2.2 mocowanych do ściany nośnej kotwami rozporowymi HB-BZ-10-10-30/90-A4-poz.10 i elementów kotwiących FPA-E-SL-5,0-poz.2.1 zabetonowanych w prefabrykacji, do którego mocowana jest płaskownik perforowany wieszaka.

Elementy dystansowe DS13-SL30 (z regulowaną śrubą dystansową) przenoszące obciążenie poziome od wiatru i ciężaru płyty na ścianę nośną i służące do ustawiania odległości od ściany, składają się z zabetonowanej w prefabrykacji kotwy DS-3-SL30-M12-A4-poz.4.1 i śruby dociskowej DS-1-M12x152-A4-poz.4.2 montowanej na miejscu montaż. Kotwienie DS-3-SL30-M12-A4-poz.4.1 w prefabrykacji wymaga dodatkowego dozbrojenia według instrukcji montażu.

Z elementów systemu regulowanego dyblowania w prefabrykacji osadzić należy kotwę HFV-SL30-poz.9.2 z od spodu zamontowaną tuleją z deklek z polipropylenu (PP) HFV-O-SL30-poz.9.1. Górny element kotwiący, który jest uszczelniony pokrywą z zamontowaną tuleją, może być uprzednio wypełniony zaprawą montażową w zakładzie prefabrykacji lub na miejscu montażu płyty elewacyjnej, zgodnie z instrukcją montażu.

Elementy kotwiące HFV-SL30 wymagają dodatkowego dozbrojenia według instrukcji montażu. Do łatwiejszego pozycjonowania kotew w szalunku służą elementy HFV-M2-SL30- poz.9.4 wykonane z polipropylenu.

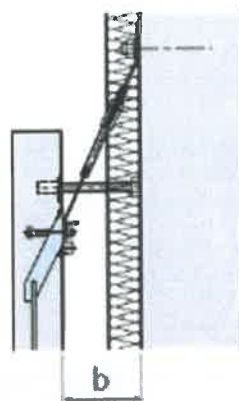
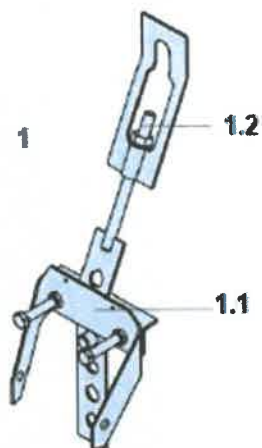
Elementy mocujące i kotwiące wykonane są ze stali nierdzewnej austenitycznej gatunków 1.4571, 1.4404 oraz ferrytyczno-austenitycznej 1.4062, 1.4162, 1.4362.

Na rys. 8-31 przedstawiono podstawowe dane dotyczące poddanej badaniom próbki elewacji wentylowanej.

FPA-5

HALFEN Kotwa do płyt fasadowych

Krajowa Ocena Techniczna KOT-2019/0797



1.2 FPA-5-M: (Część montażowa) Taśma perforowana z nakrętką, podkładką U, bolcem kotwiącym i łącznikiem wahadłowym

1.1 FPA-E: (Element do zabetonowania) Forma z kątownikiem prowadzącym i kształtką styropianową

1 FPA-5-G: (Zestaw) element montażowy + element do zabudowania

Oznaczenie art.	Odstęp od ściany b od/do [mm]	Taśma perforo- wana	Nr zam.
Poziom obciążeń [kN]			0240.

Wykonanie: A4/L4 wg tabeli, strona 4

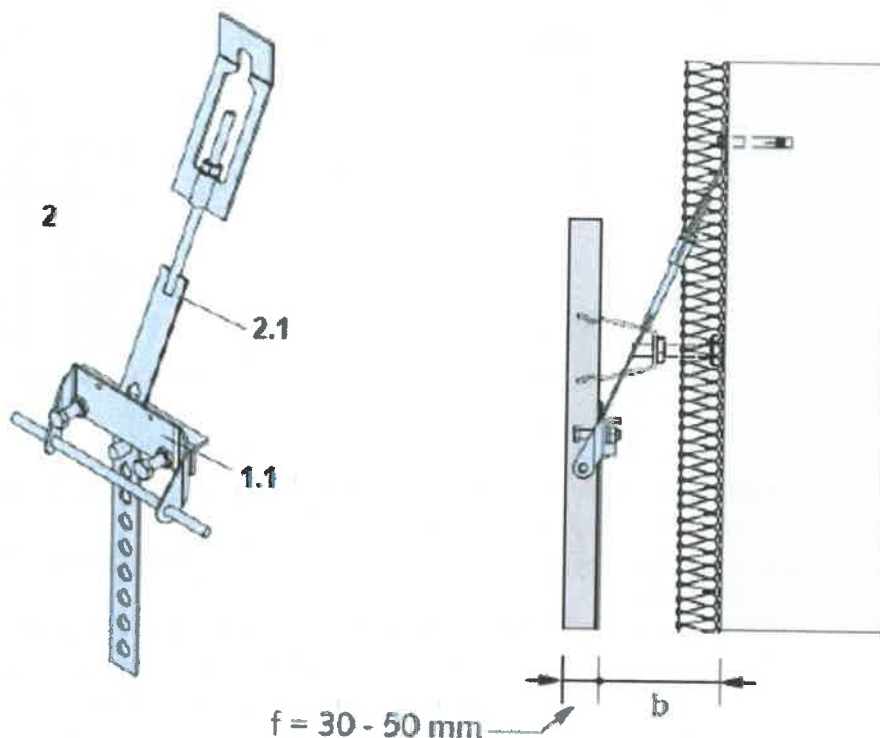
FPA - 5 - M = El. montażowy ①

FPA - 5 -	M - 5,0 -	60/90	- (S)	170-00001
FPA - 5 -	M - 5,0 -	100/170	- (M)	170-00002
1.2. FPA - 5 -	M - 5,0 -	180/260	- (L)	170-00003
1.1. FPA -	E - 5,0 -			250-00001

Rys. 8. Poz. 1

FPA-5-SL30

HALFEN Zawiesia do cienkich betonowych płyt elewacyjnych
Aprobata techniczna



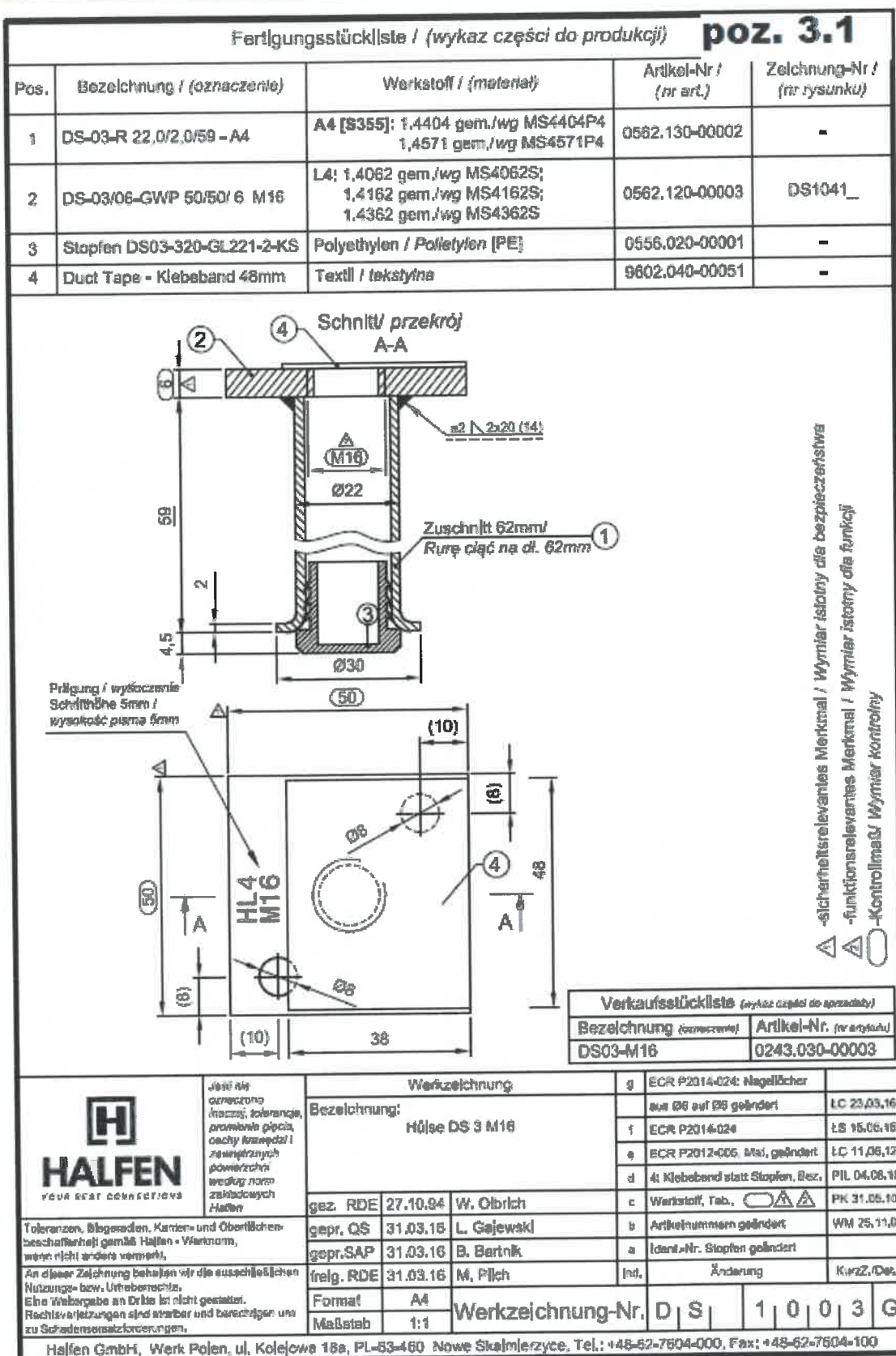
2.2 FPA-5-M: (Część montażowa) Taśma perforowana z nakrętką, podkładką U, bolcem kotwiącym i łącznikiem wahadłowym

2.1 FPA-E-SL30: (Element do zabetonowania) Forma z kątownikiem prowadzącym i kształtką styropianową

2 FPA-5-G-SL30: (Zestaw) element montażowy + element do zabudowania

Oznaczenie art.	Poziom obciążenie [kN]	Odstęp od ściany b od/do [mm]	Taśma perforowana	Nr zam.
Wykonanie: A4/L4 wg tabeli, strona 4				
FPA - 5 - M - El. montażowy ①				
FPA - 5 -	M - 5,0 -	60/90	- (S)	170-00001
FPA - 5 -	M - 5,0 -	100/170	- (M)	170-00002
2.2 FPA - 5 -	M - 5,0 -	180/260	- (L)	170-00003
2.1 FPA -	E - SL30 - 5,0			250-00101

Rys. 9. Poz. 2



Rys. 10. Poz. 3.1



Fertigungsbezeichnung (production product)				Werkstoff (material)		L (mm)		Abmessung (mm)		Zeichnung-Nr. (drawing)	
Pos. (part)	Stück- zahl (quantity)	Bezeichnung (description)									
1.1	1	GA-S M 16x3000	AA: 14401 gem./wg. MSAA-70 14404 gem./wg. MSAL 4-70 14571 gem./wg. MSAS-70	7000000000	DS-1022						
1.2	1	GA-SA M16x8 / M16 A 4-70-	AA: 14401 / 14404 / 14571	70000000217	DS-1023						

30

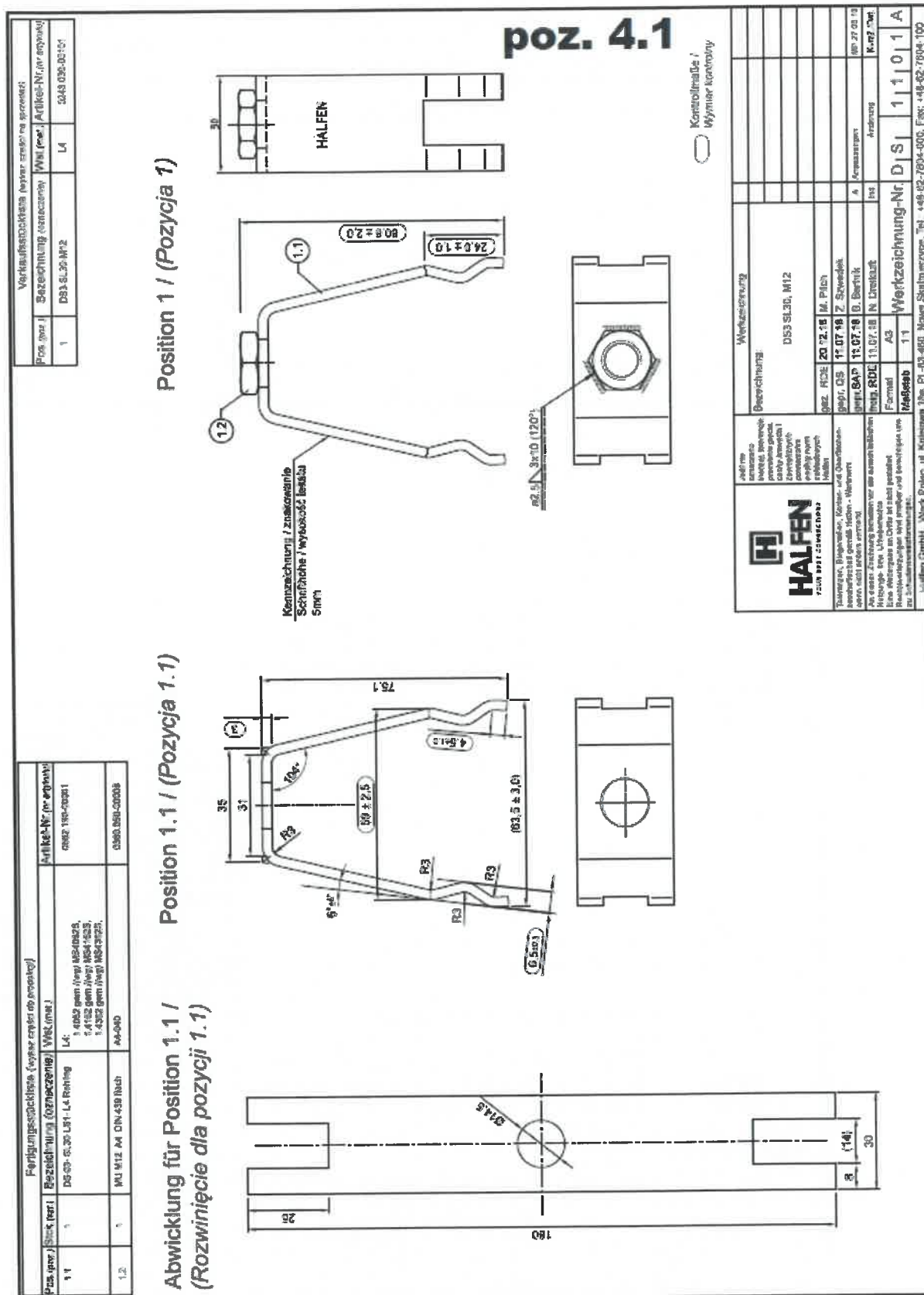
30

30

30

30

30



Rys. 12. Poz. 4.1

Fertigungsstückliste (wykaz części do produkcji)							poz. 4.2	
Pos. (poz.)	Stück (szt.)	Bezeichnung (oznaczenie)	Werkstoff (material)	L (mm)	Artikel-Nr. (nr artykułu)	Zeichnung-Nr. (nr rysunku)		
1.1	1	GWS M12x3000	A4: 1.4401 gem./wg MSA4-70 1.4404 gem./wg MSAL4-70 1.4571 gem./wg MSA5-70	52 72 92 112 132 152 172 192 212 232 252	0505.000-00005	DS1022_		
1.2	1	MU M12 A4 SW=24	A4: 1.4401 / 1.4404 / 1.4571	—	0361-050.00002	DS1023_		

Achtung! Uwaga:
Gewindestange schneiden auf erforderliche Abschnitte/
Pręt gwintowany ciąć na żądaną długość

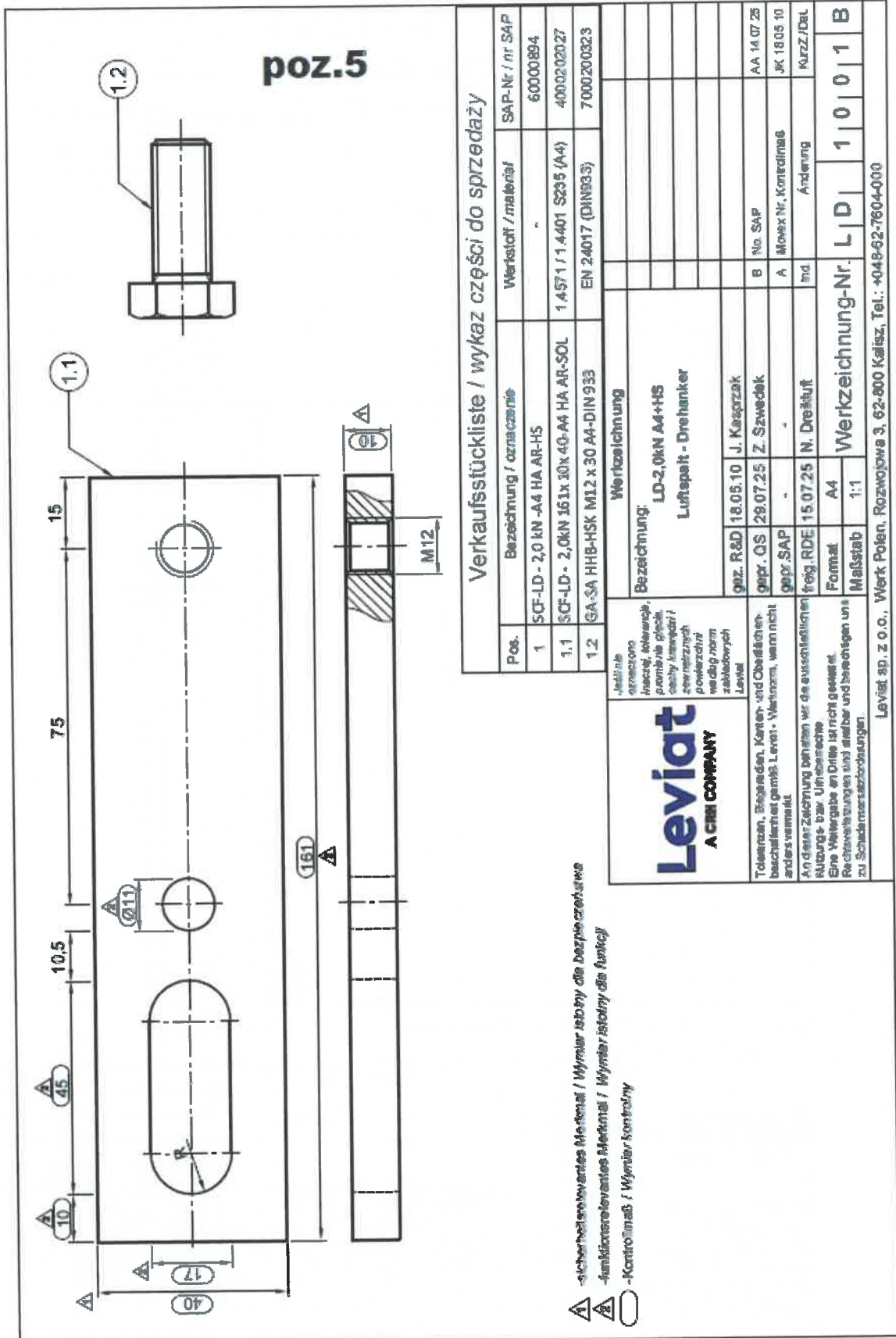
-funktionsrelevantes Merkmal / wymiar istotny dla funkcji
 -Kontrollmaß/ wymiar kontrolny

Verkaufsstückliste (wykaz części)	
Bezeichnung (oznaczenie)	Artikel-Nr. (nr artykułu)
DS 01-M12x52-A4	0243.010-00078
DS 01-M12x72-A4	0243.010-00012
DS 01-M12x92-A4	0243.010-00013
DS 01-M12x112-A4	0243.010-00014
DS 01-M12x132-A4	0243.010-00015
DS 01-M12x152-A4	0243.010-00016
DS 01-M12x172-A4	0243.010-00017
DS 01-M12x192-A4	0243.010-00018
DS 01-M12x212-A4	0243.010-00019
DS 01-M12x232-A4	0243.010-00020
DS 01-M12x252-A4	0243.010-00021
DS SK Sonder-Komp.	0243.009-00002

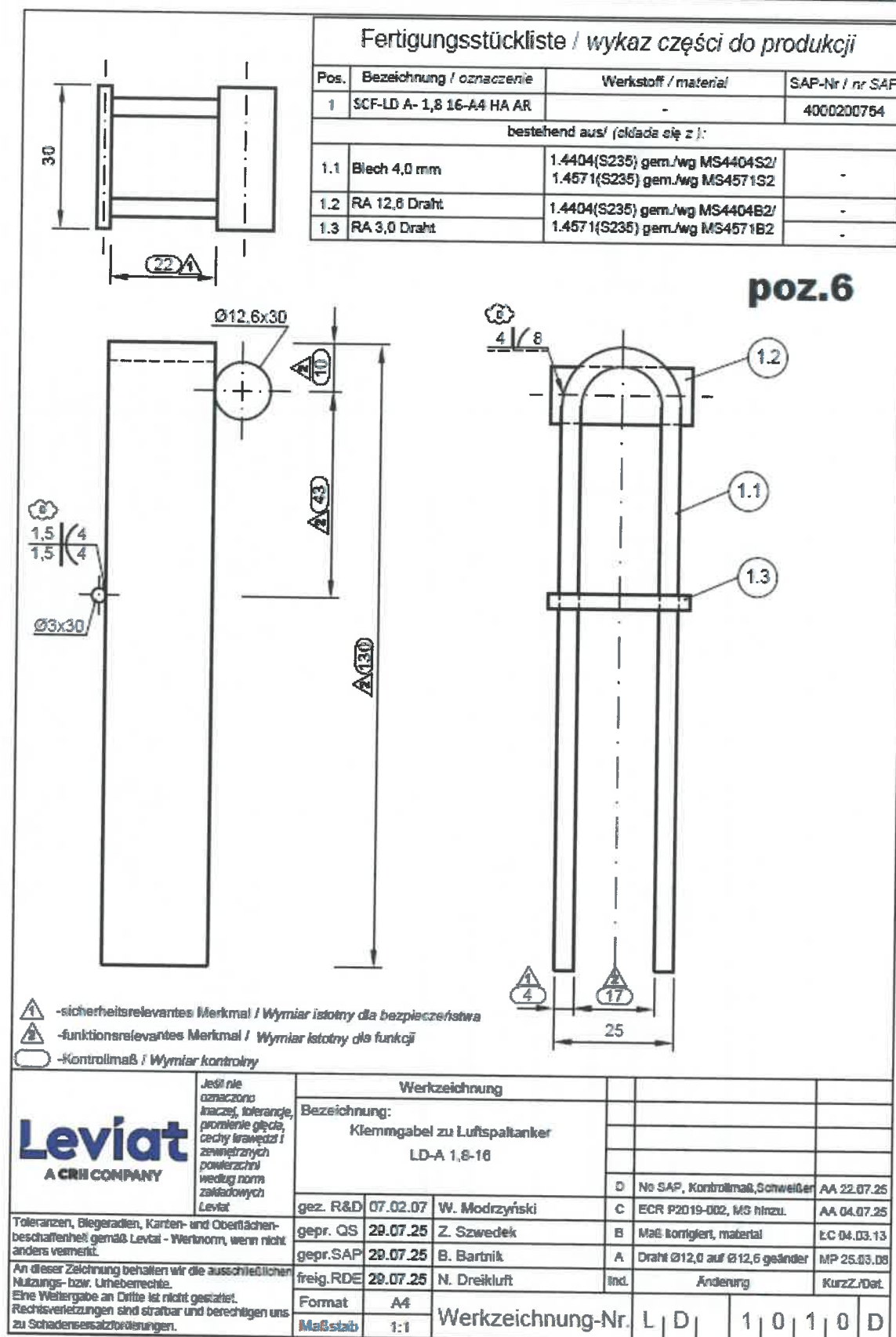
		Werkzeichnung			
		Bezeichnung: Druckschraube Typ DS1 M12			
gez. RDE	26.01.95	Olbrich	d	L=52mm für SL30 hinzugefügt	MP 05.01.18
gepr. QS	12.01.18	Z Szwedek	c	ECR P2014-006	EC 26.02.14
gepr.SAP	-	nicht relevant	b	Movax Nr., Tab., Merkmale	PK 23.02.10
freig. RDE	12.01.18	M. Pilch	a	Artikel-Nr.	WM 25.11.04
Format	A4		Ind	Änderung	KurzZ./Dat
Maßstab	1:1	Werkzeichnung-Nr.		D S	1 0 0 9 D

Toleranzen, Biegeradien, Kanten- und Oberflächenbeschaffenheit gemäß Halfen - Werknorm, wenn nicht anders vermerkt.
An dieser Zeichnung behalten wir die ausschließlichen Nutzungs- bzw. Urheberrechte.
Eine Weitergabe an Dritte ist nicht gestattet.
Rechtsverletzungen sind strafbar und berechtigen uns zu Schadenersatzforderungen.

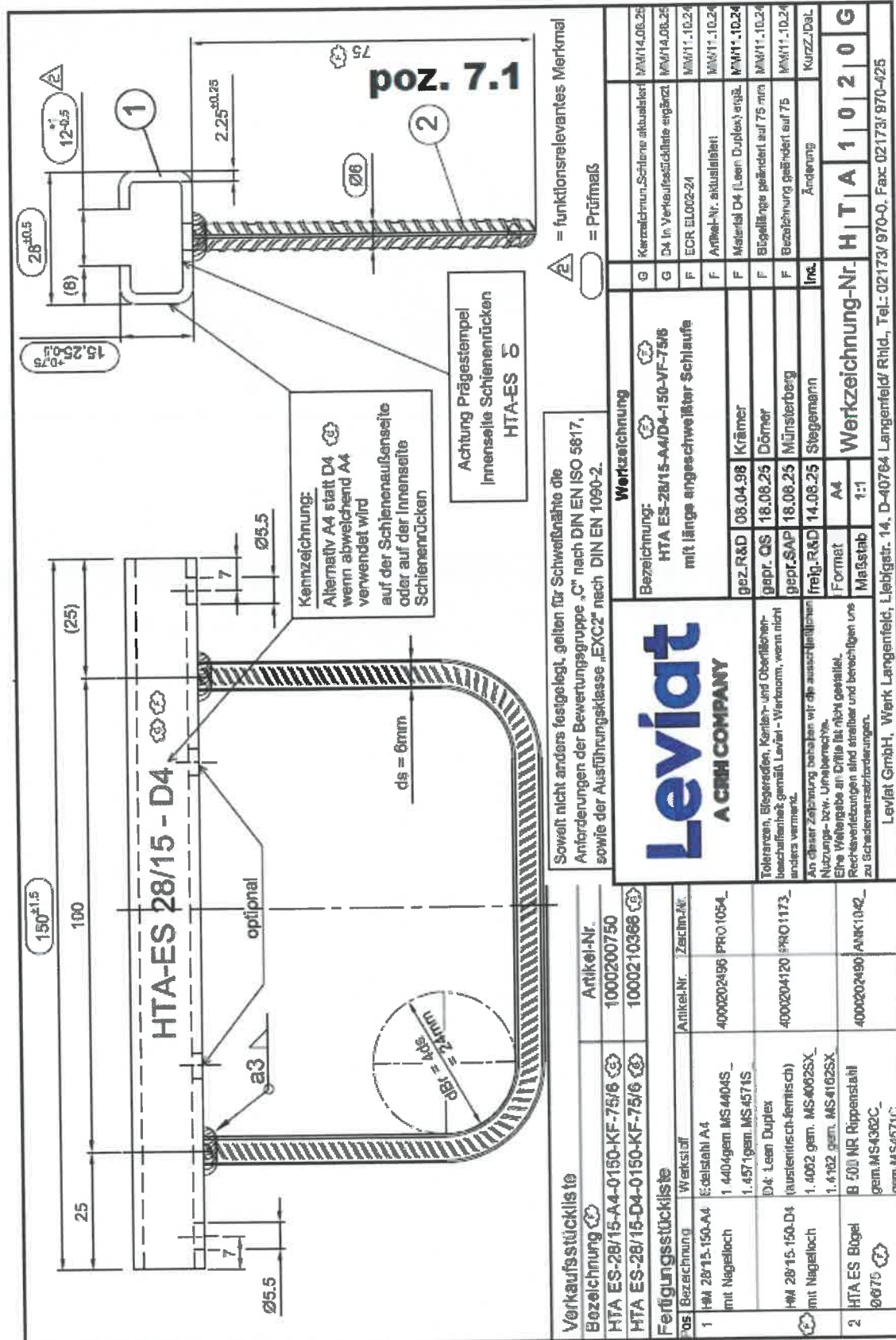
Rys. 13. Poz. 4.2



Rys. 14. Poz. 5

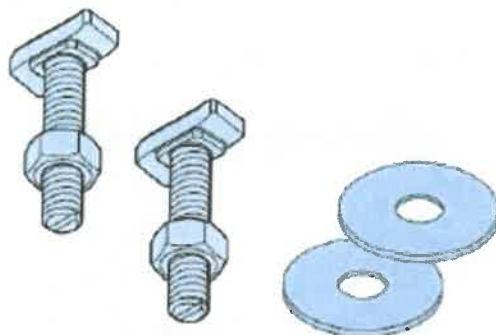


Rys. 15. Poz. 6



HTA-ES Zestaw montażowy

Zestaw montażowy dla szyny HTA-ES
składa się z 2 śrub plus 2 podkładki

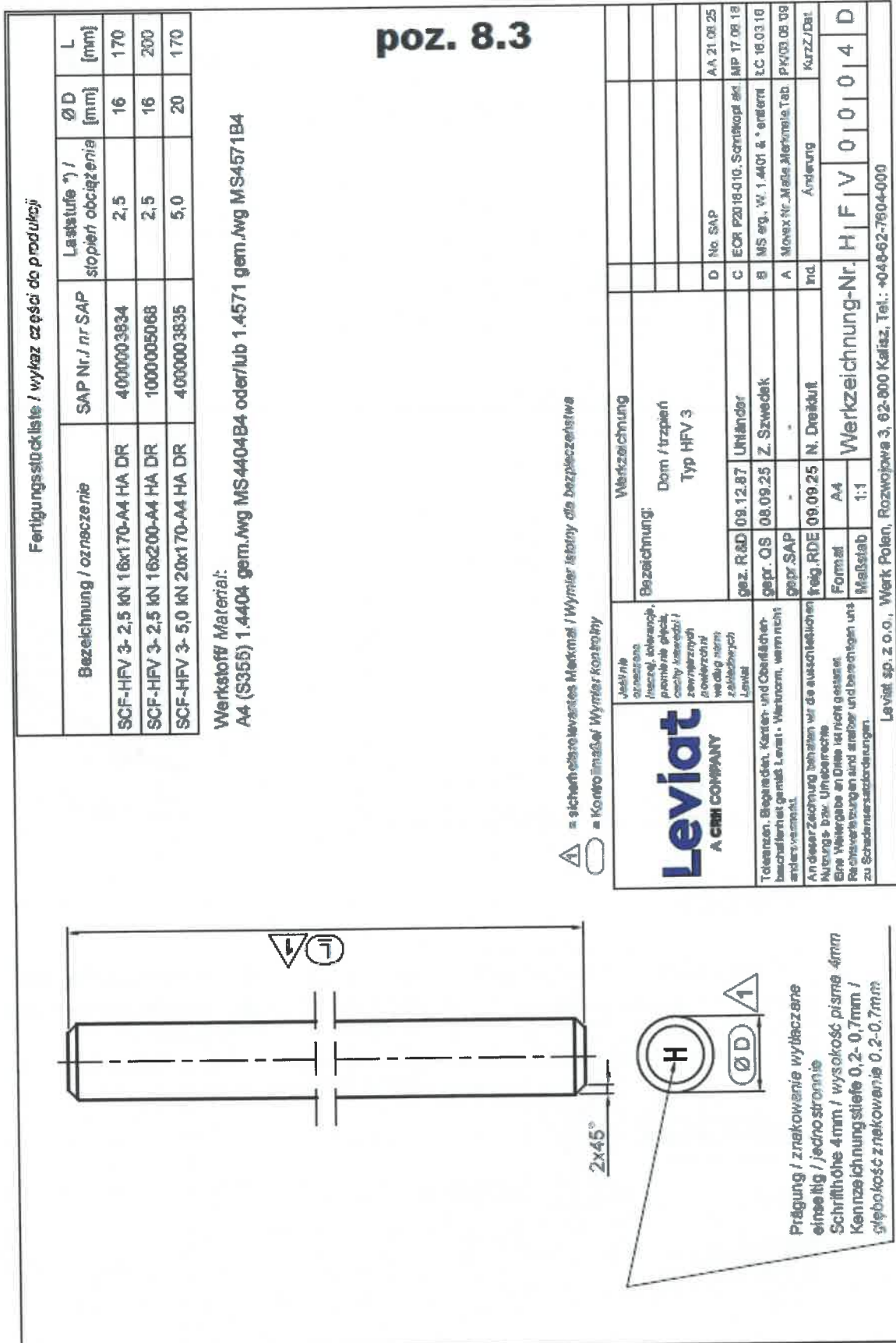


Oznaczenie art.	Opk [szt.]	Nr zam.
		0121.
Wykonanie: A4 wg tabeli, strona 4		
HTA-ES 28/15 Zestaw montażowy		020-00001

Rys. 17. Poz. 7.2

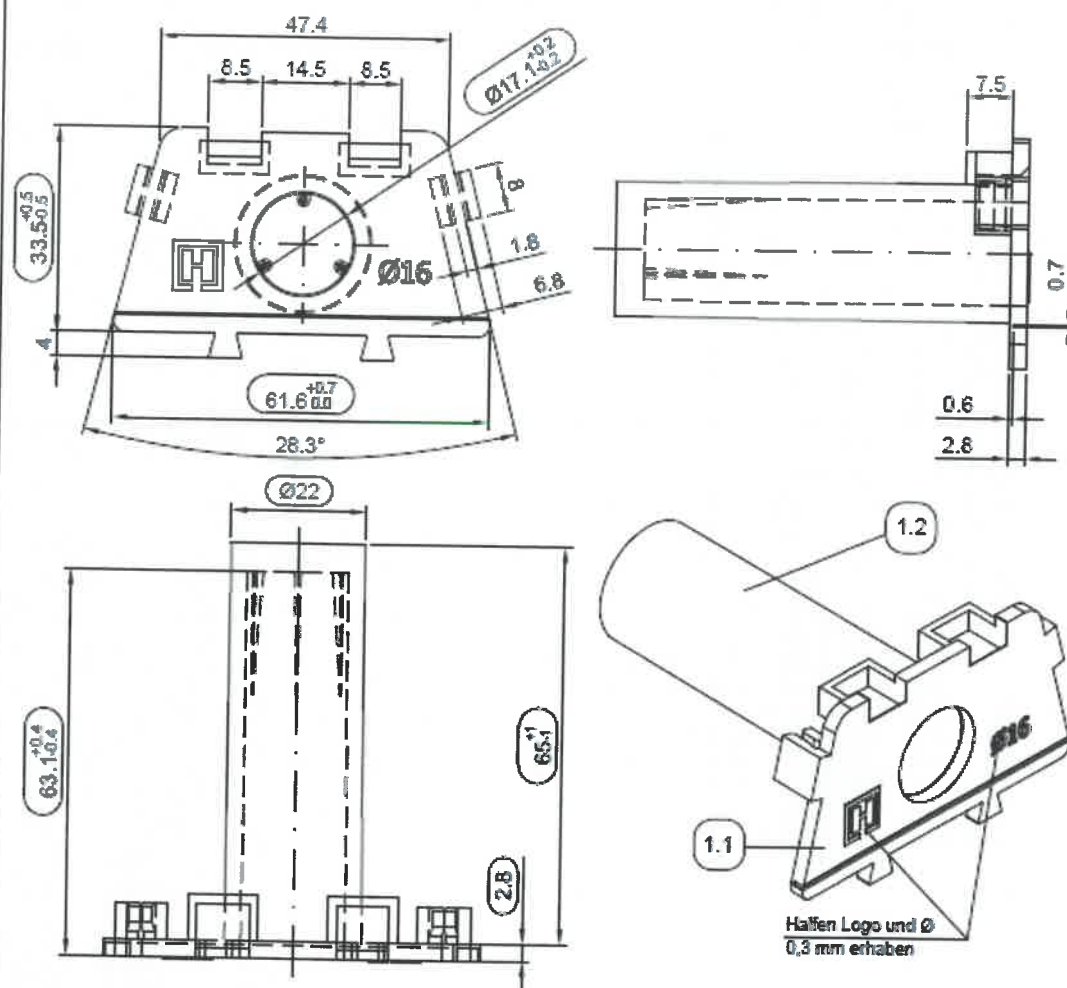
[illegible]

Rys. 18. Poz. 8.1



Rys. 20. Poz. 8.3

poz. 9.1



Werkstoff : PP
Farbe : hellgrau

Verkaufstückliste / wykaz części do sprzedaży

Pos./ poz.	Bezeichnung / oznaczenie	SAP Nr / nr SAP
1	SCF-HHDG SL30-O -PVC HA PC	7000201595

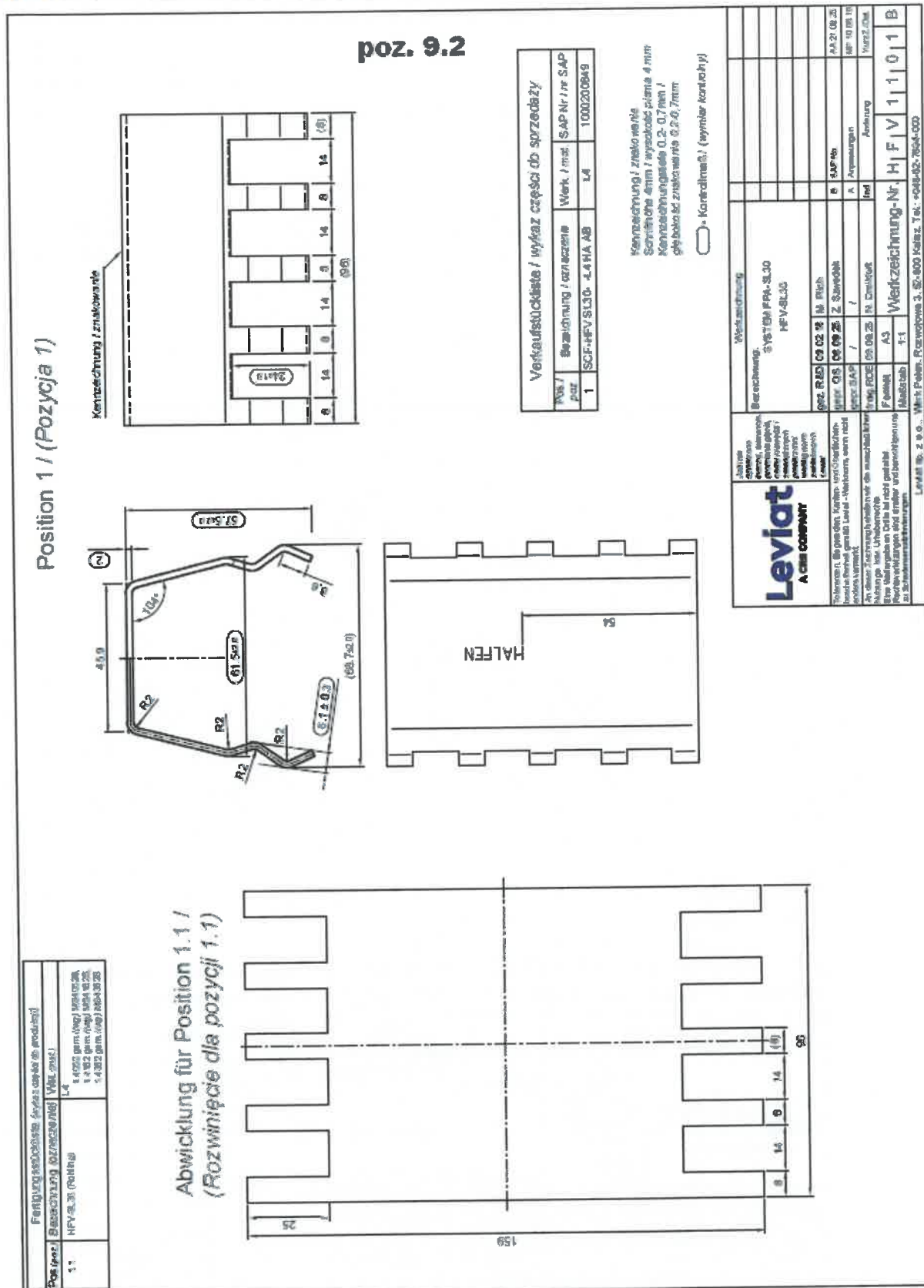
1 -sicherheitsrelevantes Merkmal

2 -funktionsrelevantes Merkmal

○ -Kontrollmaß

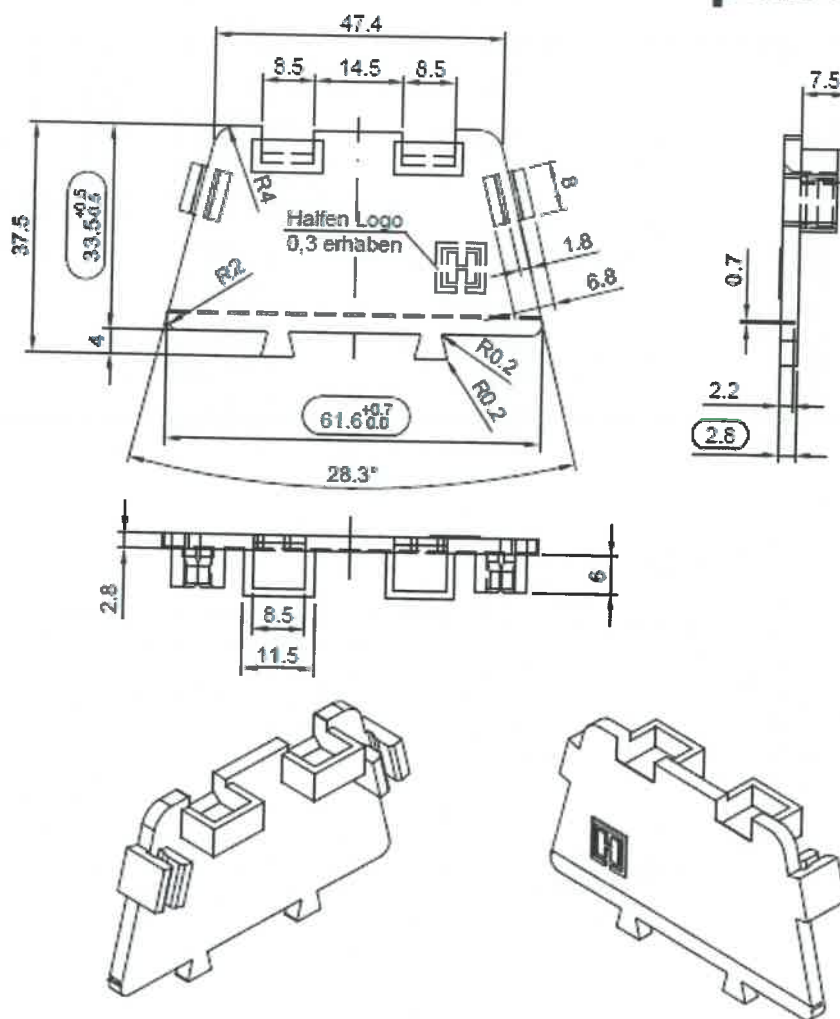
Leviat A CRH COMPANY	Jeśli nie oznaczono inaczej, tolerancje, promienie gięcia, cechy ławędzi i zewnętrzytnych powierzchni według norm zakładowych Leviat	Werkzeichnung						
		Bezeichnung:						
		HFV-O-SL30						
gez. R&D		05.09.18	Christoffers					
gepr. QS		08.09.25	Z. Szwedek					
gepr.SAP		/	/		A	SAP No.		AA 21.08.25
freig.RDE		09.09.25	N. Dreikluft		Ind.	Änderung		KurzZ./Dat.
Format		A4						
Maßstab		1:1		Werkzeichnung-Nr.				
				H	F	V	1	1
				0	2	A		

Rys. 21. Poz. 9.1



Rys. 22. Poz. 9.2

poz. 9.3



Werkstoff : PP
Farbe : hellgrau

Verkaufstückliste / wykaz części do sprzedaży

Pos./ poz	Bezeichnung / oznaczenie	SAP Nr / nr SAP
1	SCF-HHDG SL30-U -PVC HA PC	7000201596



-sicherheitsrelevantes Merkmal



-funktionsrelevantes Merkmal

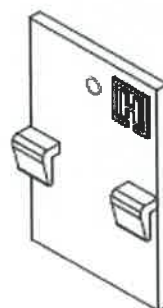
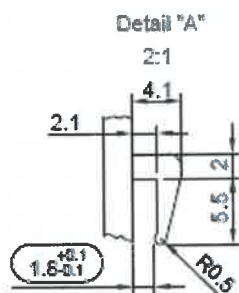
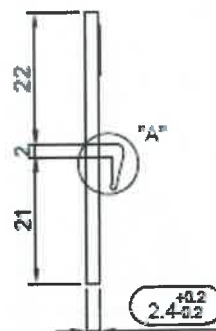
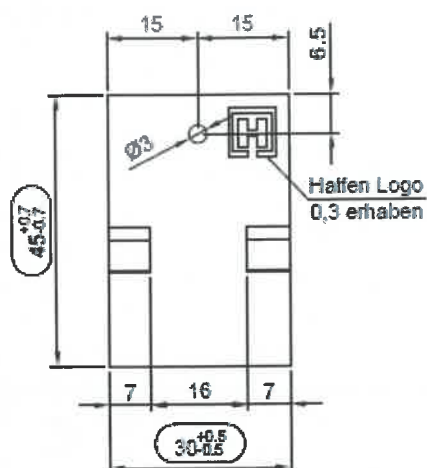


-Kontrollmaß

Leviat A CRH COMPANY	Jeśli nie oznaczono inaczej, tolerancje, promienie gięcia, cechy prowadzą i zewnętrznych powierzchni według norm zakładowych Leviat	Werkzeichnung					
		Bezeichnung:					
		HFV-U-SL30					
gez. R&D		05.09.18	Christoffers				
gepr. QS		08.09.25	Z. Szwedek				
gepr. SAP		/	/	A	SAP No.	AA 21.08.25	
freig. RDE		09.09.25	N. Dreikluft	Ind.	Änderung	KurzZ./Dat.	
Format		A4		Werkzeichnung-Nr.			
Maßstab		1:1		H	F	V	
				1	1	0	
				3	A		

Rys. 23. Poz. 9.3

poz. 9.4



Werkstoff : PP
Farbe : hellgrau

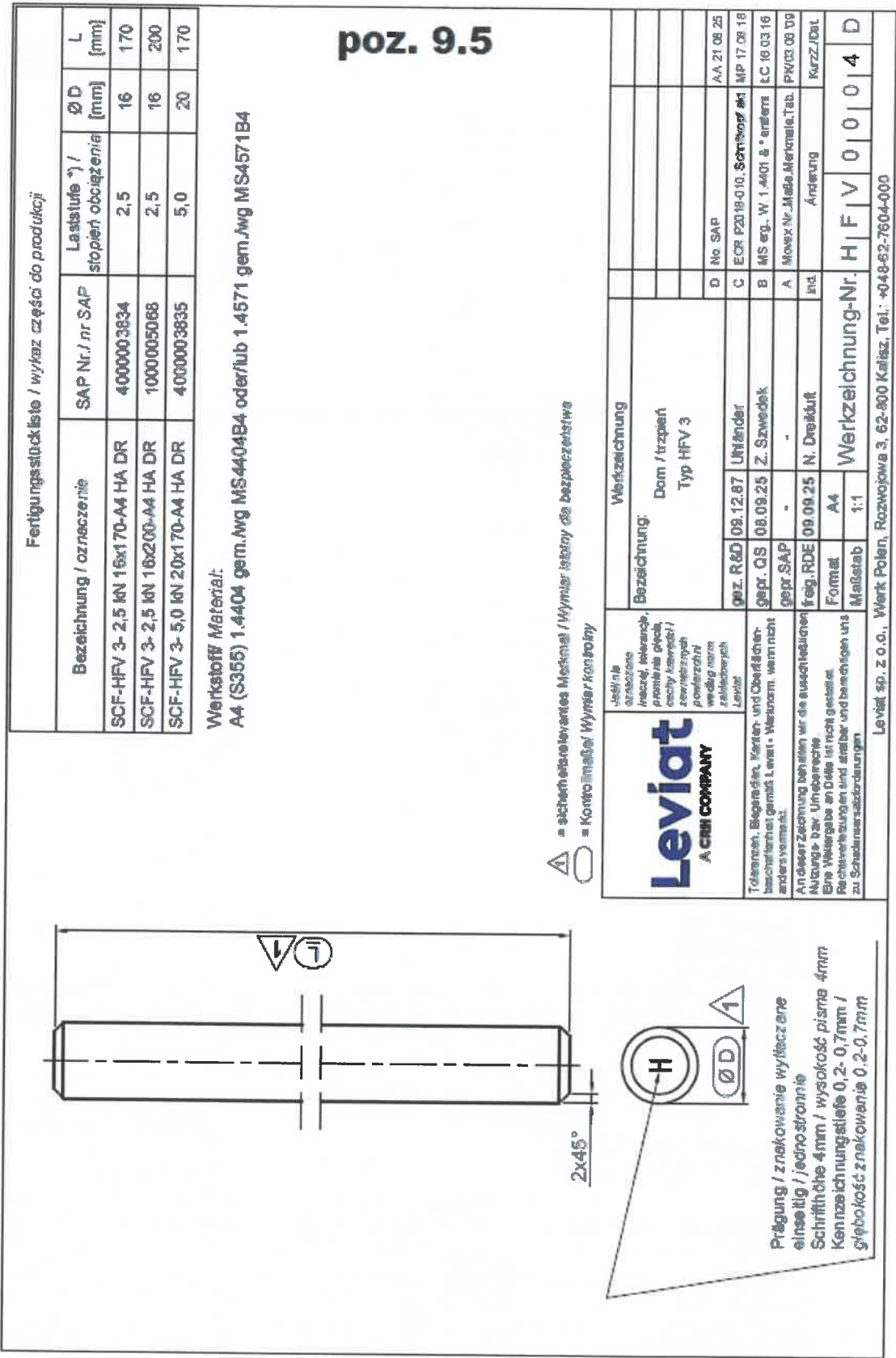
Verkaufstückliste / wykaz części do sprzedaży

Pos./ poz.	Bezeichnung / oznaczenie	SAP Nr / nr SAP
1	SCF-HHDG SL30-M2 -PVC HA IA	70002D1597

- sicherheitsrelevantes Merkmal
- funktionsrelevantes Merkmal
- Kontrollmaß

Leviat A CRH COMPANY	Jeśli nie oznaczono inaczej, tolerancje, promienie głębia, cechy trawędzi i zewnętrznych powierzchni według norm zakładowych Leviat	Werkzeichnung					
		Bezeichnung:					
		HFV-M2-SL30					
gez. R&D		13.09.18	Christoffers				
gepr. QS		08.09.25	Z. Szwedek				
gepr.SAP		/	/		A	SAF No.	AA.21.06.25
freig.RDE		09.09.25	N. Dreikluft	Ind.	Änderung		KurzZ./Det.
Format		A4	Werkzeichnung-Nr.				
Maßstab		1:1	H F V 1 1 0 4 A				

Rys. 24. Poz. 9.4



Rys. 25. Poz. 9.5

HB-BZ Kotwa bolcowa

Dopuszczenie do niezarysowanego i zarysowanego betonu
Europejska Ocena Techniczna ETA-07/0249



Oznaczenie art.	Gr. elem. kotwionego	Długość kotwy	Opk [szt.]	Nr zam.
Ø				0432.

poz.12

HB-BZ	8-	30-41/	95	A4	100	040-00036
-------	----	--------	----	----	-----	-----------

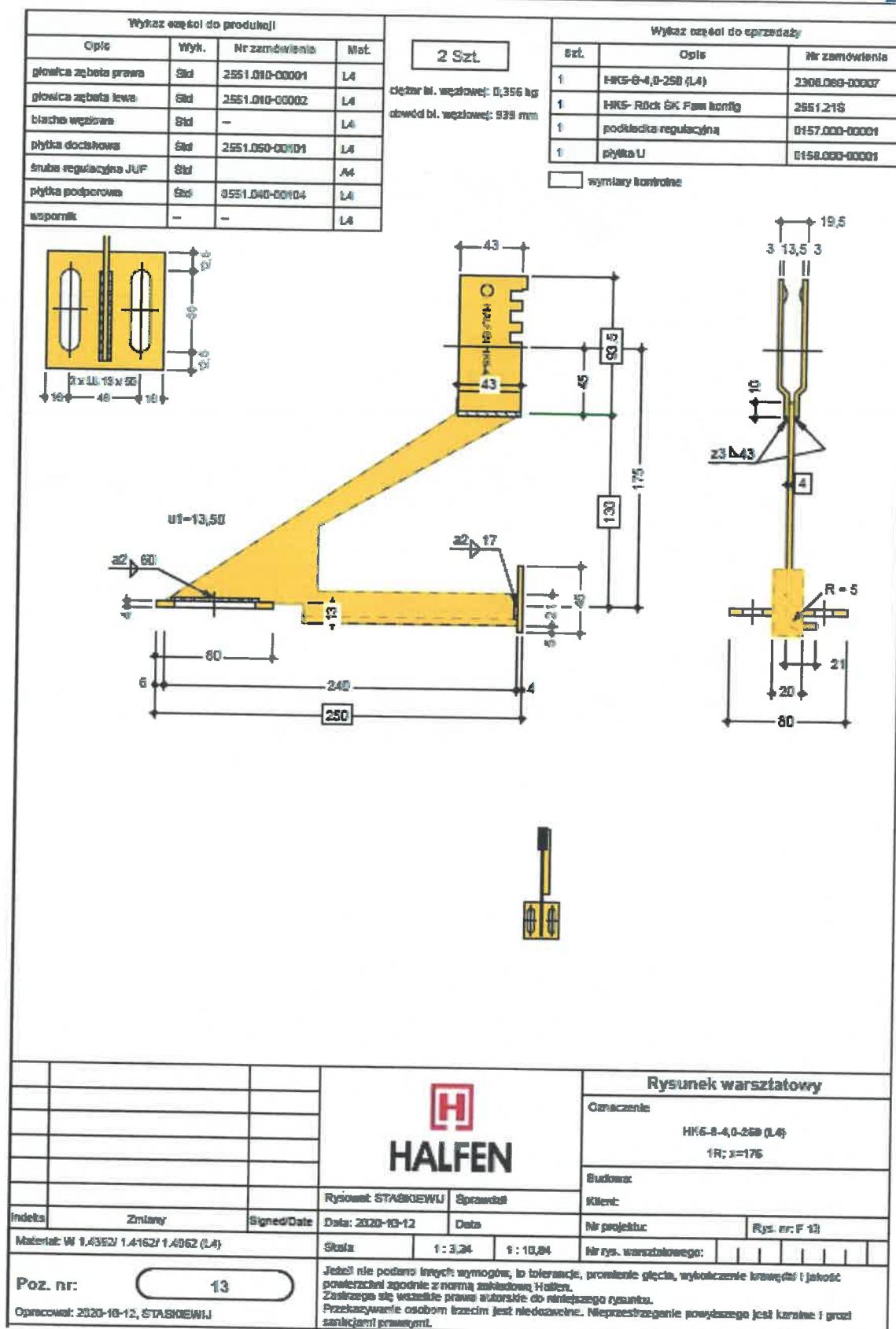
poz.10

HB-BZ	10-	10-30/	90	A4	50	040-00029
-------	-----	--------	----	----	----	-----------

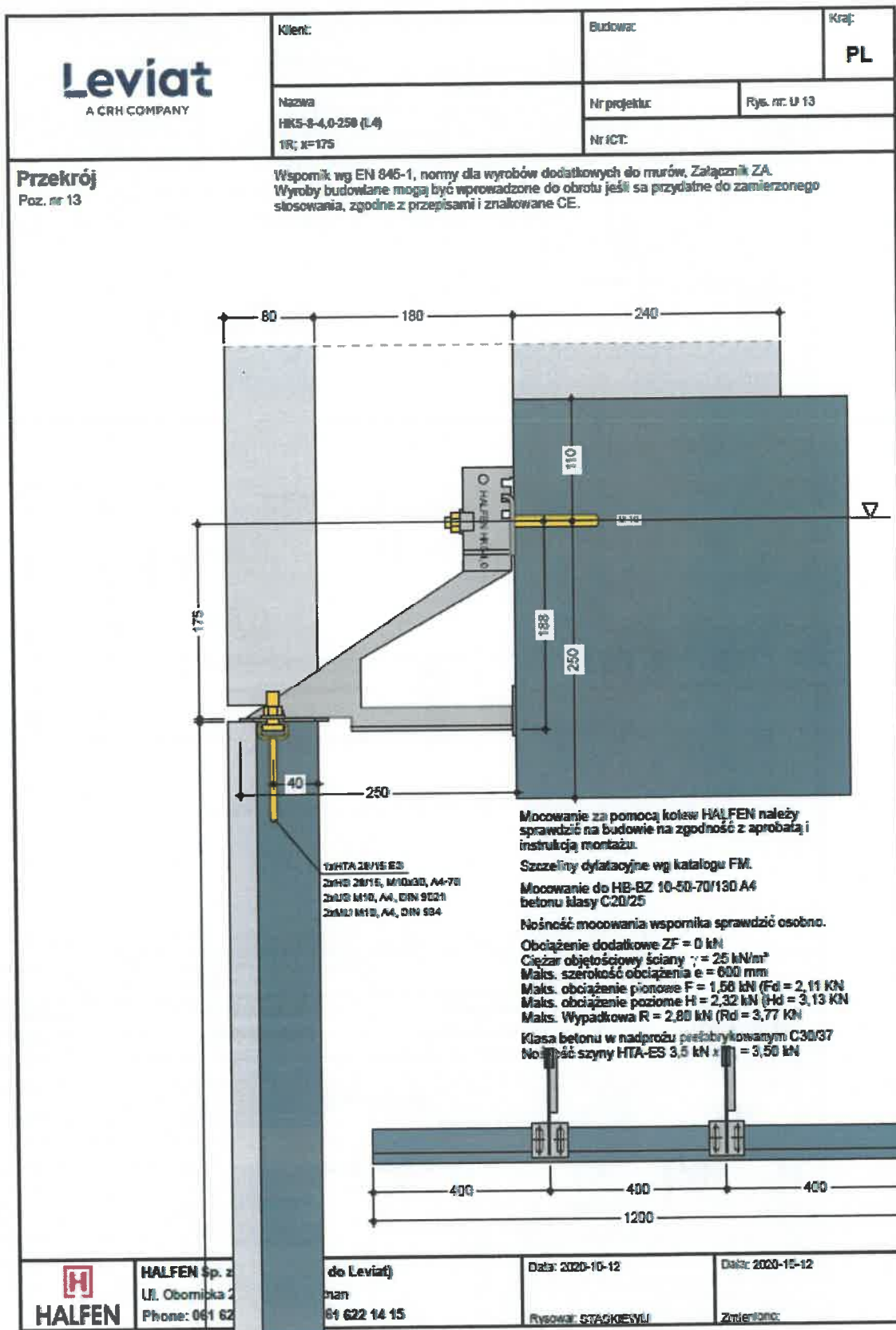
poz.11

HB-BZ	10-	50-70/	130	A4	50	040-00030
-------	-----	--------	-----	----	----	-----------

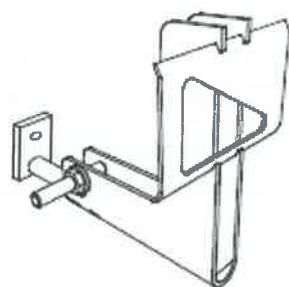
Rys. 26. Poz. 10, 11, 12



Rys. 27. Poz. 13



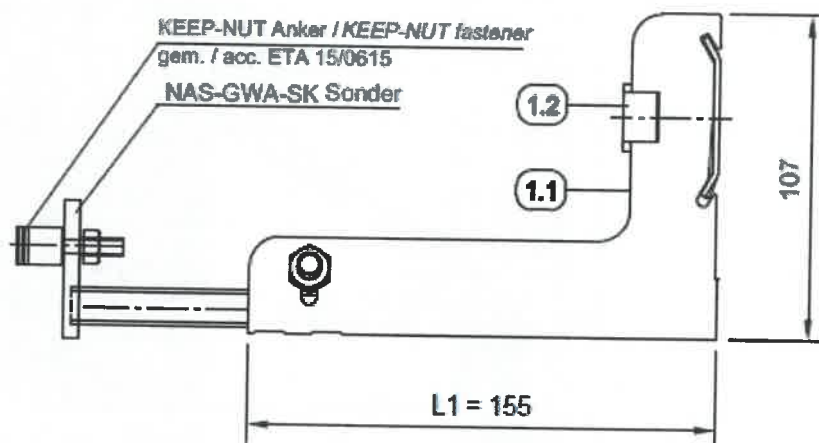
Rys. 28. Poz. 13, cd



Axonometrische Zeichnung, ohne Maßstab
Rysunek aksonometryczny, bez skali

Verkaufsstückliste Sonderkonstruktion (wykaz części do wykonania specjalnego)					
Pos. (poz.)	Stck. (szt.)	Bezeichnung (oznaczenie)	Ausf. (wyk.)	Wst. (mat.)	Artikel-Nr. (nr artykułu)
1	1	DT SK Sonder Set konfigur.	SK	A4	
1.1	1	DT-GK-0420 L=155	Std.	A4	
1.2	1	DT U-Platte 22/12/2,5 RL=9	Std.	A4	
1.3	1	NAS-GWA-SK Sonder	Std.	A4	

Pos.14



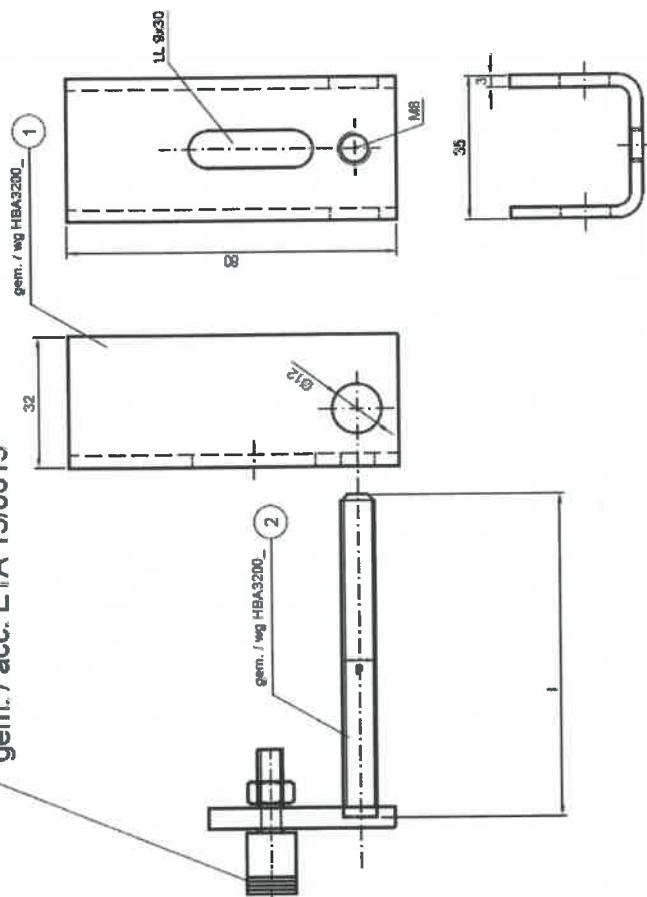
Verkaufsstückliste Standard-BODY-Anker/(wykaz części stand.)					
BODY (komplett)			BODY - Ausleger		
Bezeichnung (oznaczenie)		Artikel-Nr. (nr artykułu)	Bezeichnung (oznaczenie)		Artikel-Nr. (nr artykułu)
DT 420-1-SK-A4					
 HALFEN YOUR BEST CONNECTIONS <i>Jeżeli nie oznaczono inaczej, tolerancje, promienie gięcia, cechy krawędzi i zewnętrznych powierzchni według norm zastępczych Halfen</i>		Werkzeichnung			
		Bezeichnung: HALFEN Body Anker DT 420-1-SK-A4 POZ. 14			
Toleranzen, Biegegraden, Kanten- und Oberflächen- beschaffenheit gemäß Halfen - Vierinorm, wenn nicht anders vermerkt. An dieser Zeichnung behalten wir die ausschließlichen Nutzungs- bzw. Urheberrechte. Eine Weitergabe an Dritte ist nicht gestattet. Rechtsverletzungen sind strafbar und berechtigen uns zu Schadensersatzforderungen.		gez. GE			
		gepr. QS			
		freig. GE			
		Format	A4		
		Maßstab	1:1	Werkzeichng-Nr. H B A	
Halfen GmbH, Werk Polen, ul. Kolejowa 18a, PL-63-400 Nowe Skalmierzyce, Tel.: +48-62-7604-000, Fax: +48-62-7604-100					

Fertigungsstückliste (Werkzeugteile zur Produktion)			
Pos. (nr.)	Bezeichnung (name)	Artikel-Nr. (nr. artikel)	Wst. (mst.)
1	OH-U Profil M8	0722.000-00002	A4
2	Sechskantschraube NAS 3/4x 100 mm		A4

Verkaufsstückliste (wykaz części do sprzedaży)				
Bezeichnung (nazwa)	Artikel-Nr. (nr artykułu)	k	d	t
OH 1712-1-SK-A4				

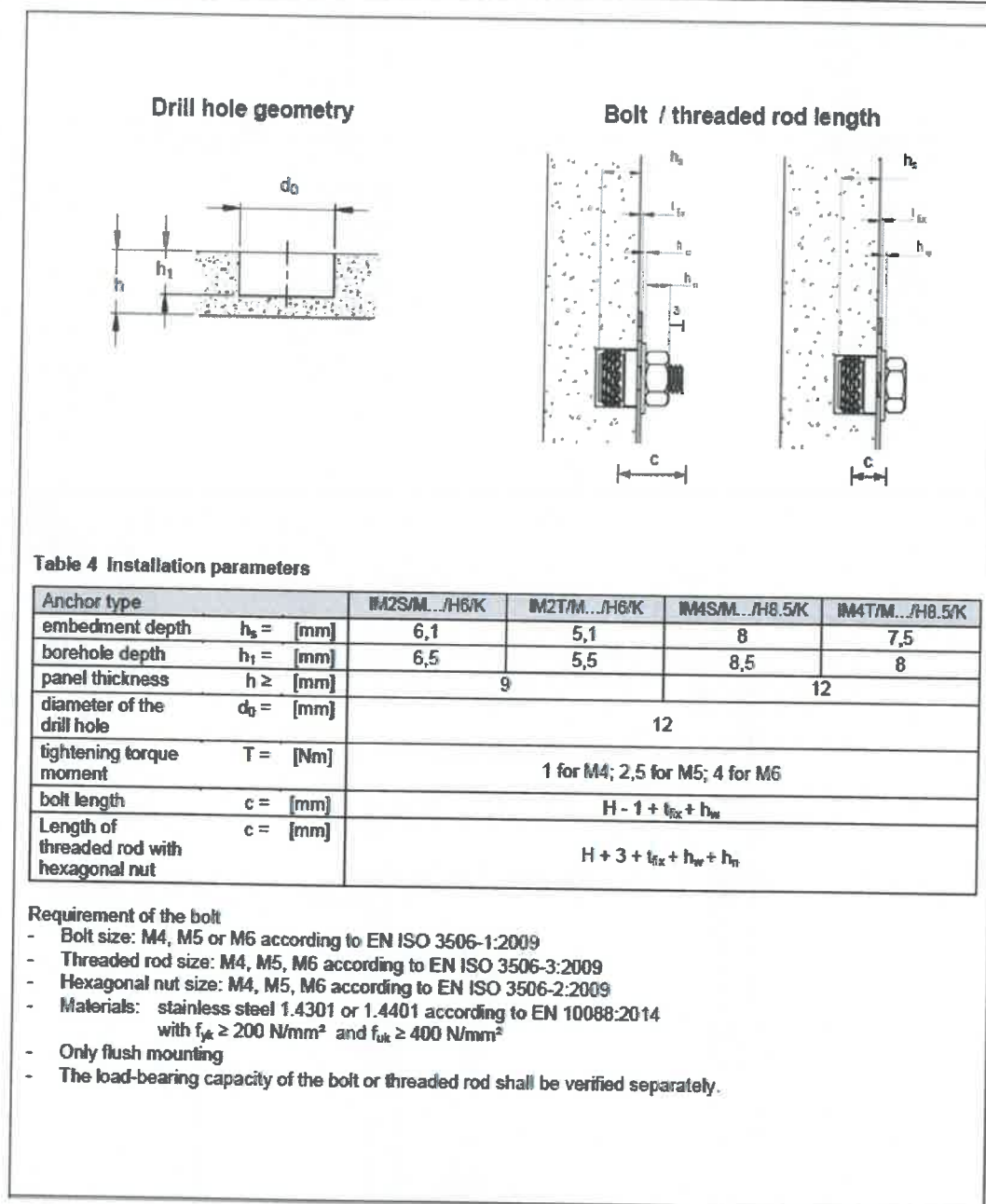
Pos.15

KEEP-NUT Anker / KEEP-NUT fastener
gem. / acc. ETA 15/0615

[illegible]

⚠ -sicherheitsrelevantes Merkmal / Wymiar istotny dla bezpieczeństwa
⚠ -funktionsrelevantes Merkmal / Wymiar istotny dla funkcji
⚠ -Kontrollmaß / Wymiar kontroli

Rys. 30. Poz. 15



Rys. 31. Poz. 16

W dniu 22.II.2021 w Laboratorium Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej w Pionkach przeprowadzono badanie zlecone przez HALFEN Produkcja sp. z o.o. (obecnie Leviaat sp. z o.o.), w zakresie odpadania elementów elewacyjnych wykonanych zgodnie z opisem podanym w punktach 4 i 5. Badanie przeprowadzono w temperaturze otoczenia 22°C oraz wilgotności względnej 19,3%. Element do badań wykonano w dniach 17-19.II.2021 r., na specjalnie przygotowanej (20.I.2021 r.) i sezonowanej ścianie z betonu.

Przyjęto scenariusz badania z nagrzewaniem, za pomocą palnika gazowego, fragmentu elewacji w natężeniu ekwiwalentnym do oddziaływania ognia z jakim mielibyśmy do czynienia w przypadku gdy w pomieszczeniu znajdującym się bezpośrednio za elewacją (wewnątrz budynku) miałby miejsce rzeczywisty pożar, a płomienie wydostawałyby się z okna i oddziaływały na elewację.

Szczegółowe wymiary próbki przedstawiono na rys. 6-7. Jako izolację termiczną zastosowano wełnę mineralną firmy Rockwool Ventirock Plus gr. 140 mm, mocowaną na kołki tworzywowe z trzpieniem stalowym.

Okładziny z płyt betonowych o pomierzonej grubości (P1, P5, P6 – 40 mm, P2, P3, P4 – 85 mm) mocowane były zgodnie w powyższym opisie. Grubość pustki powietrznej pomiędzy okładziną a wełną mineralną wynosiła: 40 mm dla płyty P1, 30 mm dla płyty P2, 20 mm dla płyty P3, 25 mm dla płyty P4, 30 mm dla płyty P5, 40 mm dla płyty P6. Oznaczenie płyt przedstawiono na rys. 37. Widok elementu badawczego przed, w trakcie i po badaniu przedstawiono poniższych rysunkach.

Podczas badania zaobserwowano:

- 0'00" rozpoczęcie badania;
- 44'00" płyty P3 i P4 pokryte sadzą oraz pionowe krawędzie płyt P1, P2, P5 i P6 od strony płyt P3 i P4;
- 78'08" „trzask” nagrzewanych płyt betonowych; płyta P3 dolna krawędzią wygięta na zewnątrz elementu;
- 88'50" „języki” ognia wychodzą ponad płytę P4 i przez szczeliny pomiędzy płytami;
- 107'00" „trzask” nagrzewanych płyt betonowych; dolna krawędź płyty P4 wygięta na zewnątrz elementu;
- 120'24" koniec badania po uzgodnieniu ze Zleceniodawcą..

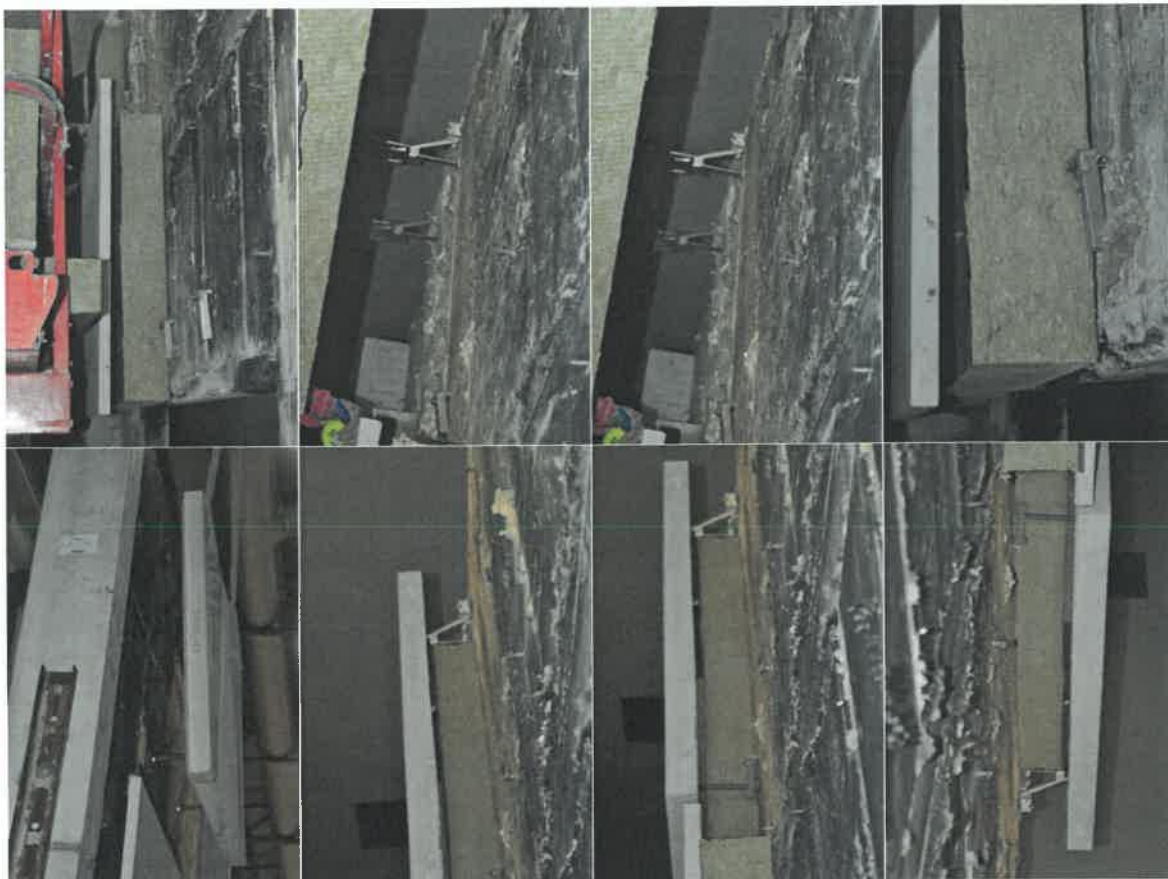
Podczas badania **nie odpadły** żadne fragmenty elewacji.



Rys. 32. Elementy składowe próbki do badań



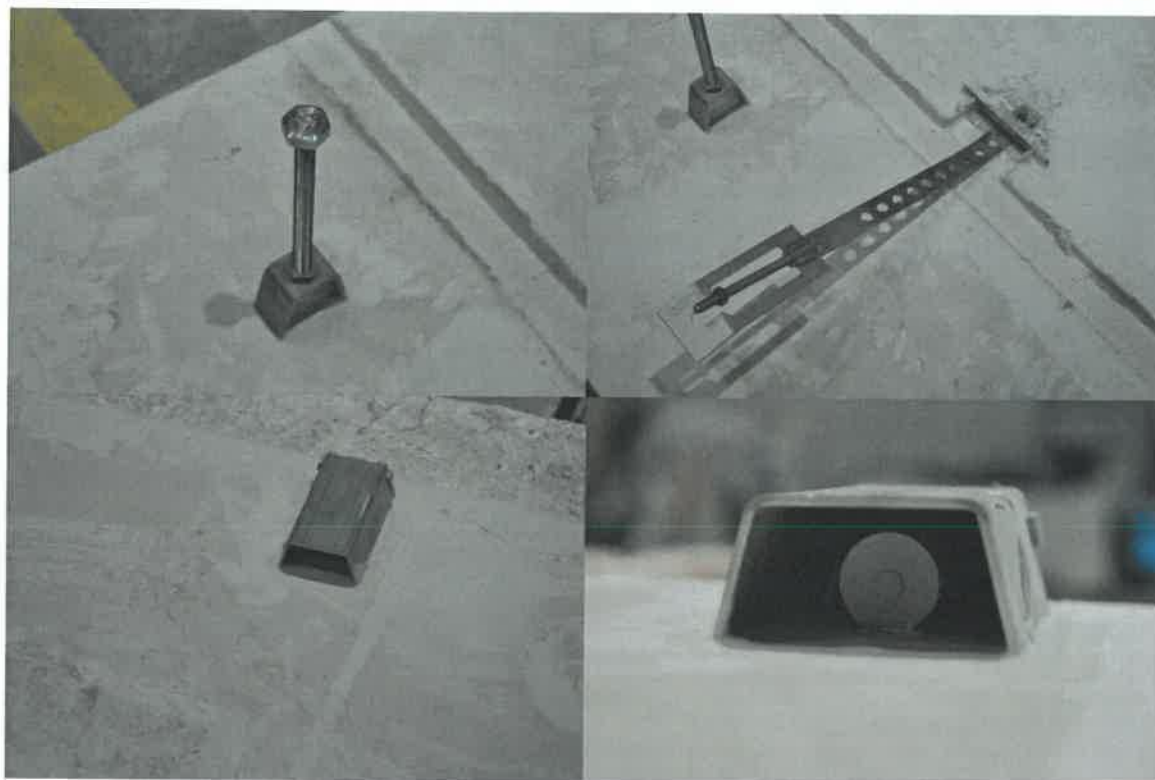
Rys. 33. Etykiety elementów składowych



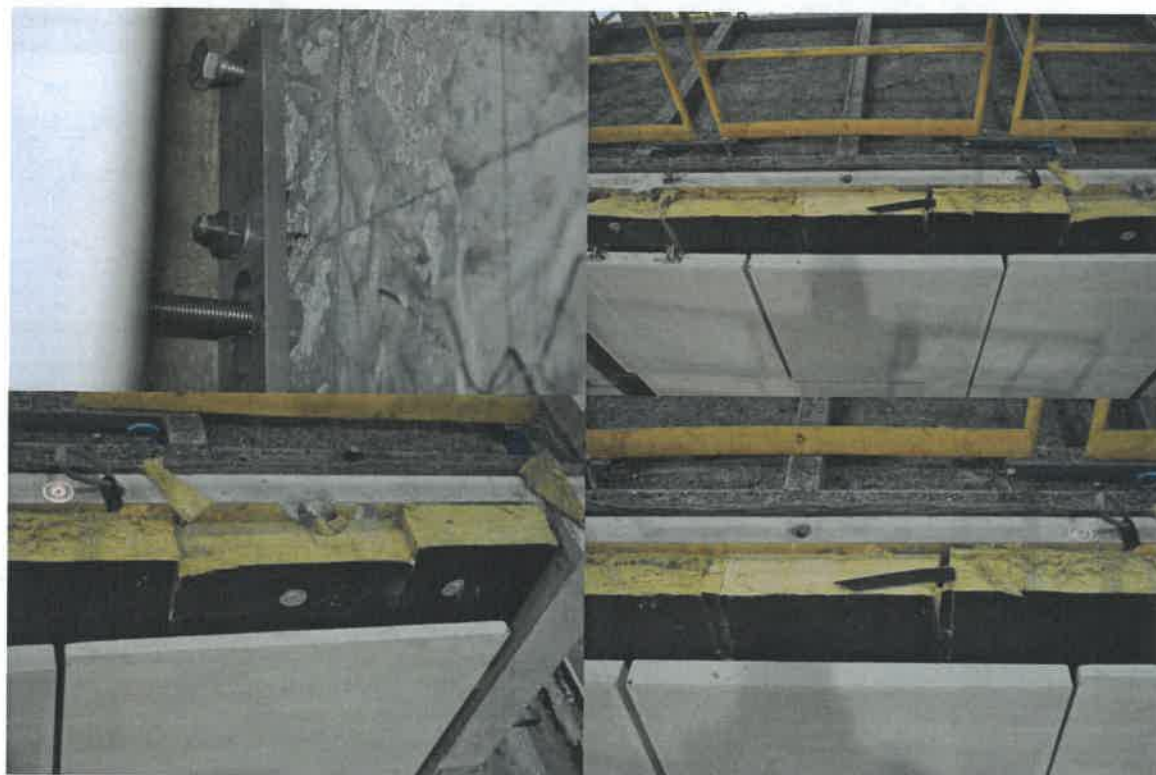
Rys. 34. Próbką podczas montażu



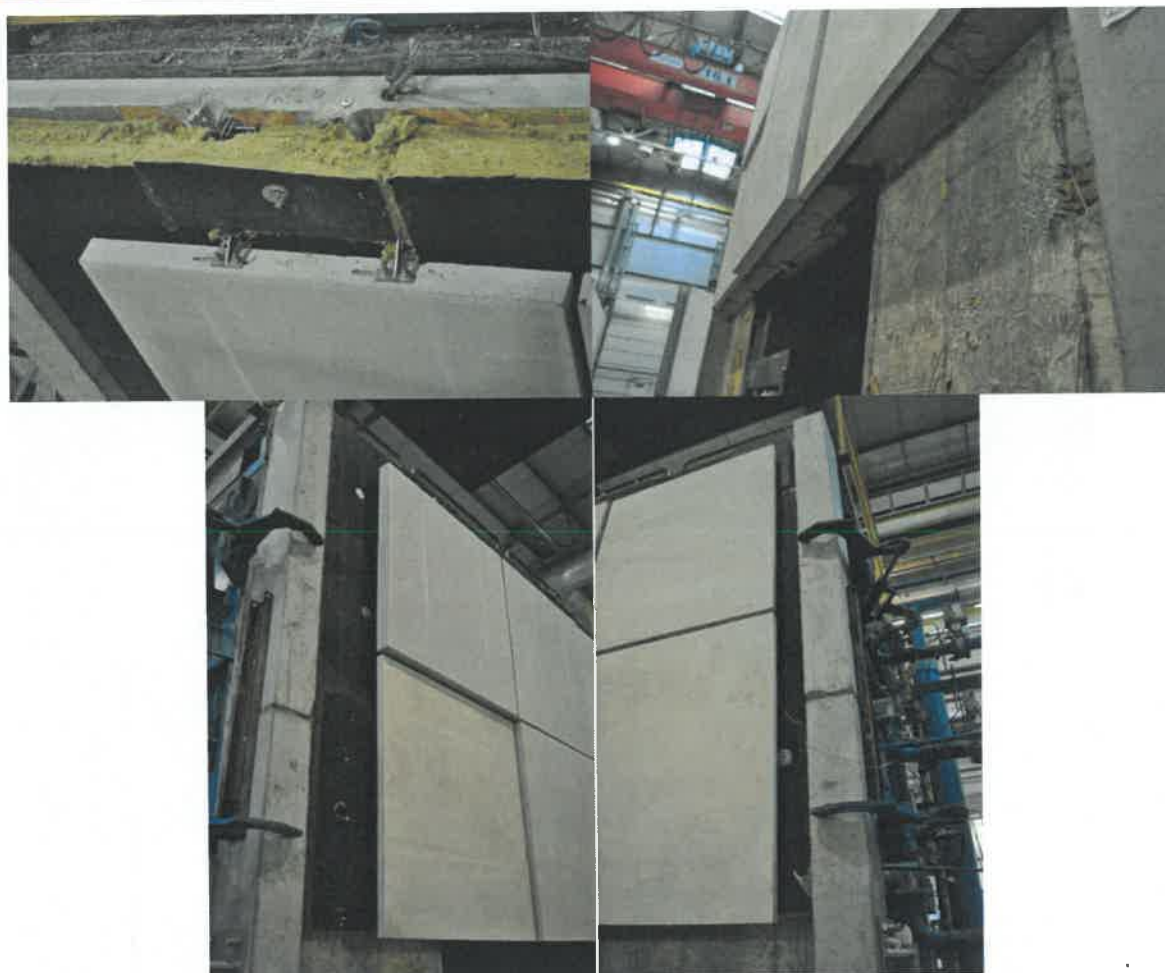
Rys. 35. Próbką podczas montażu, cd.



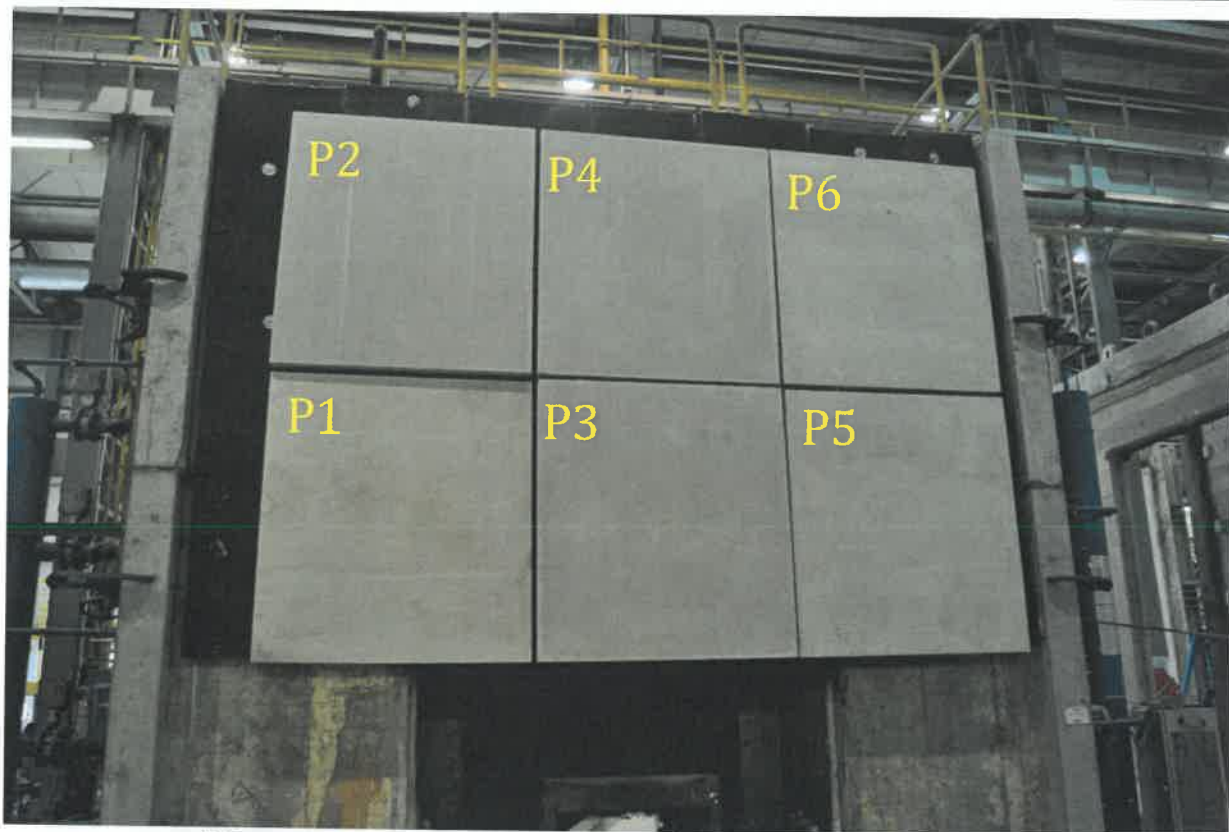
Rys. 36. Próbką podczas montażu, cd.



Rys. 37. Próbką podczas montażu, cd.



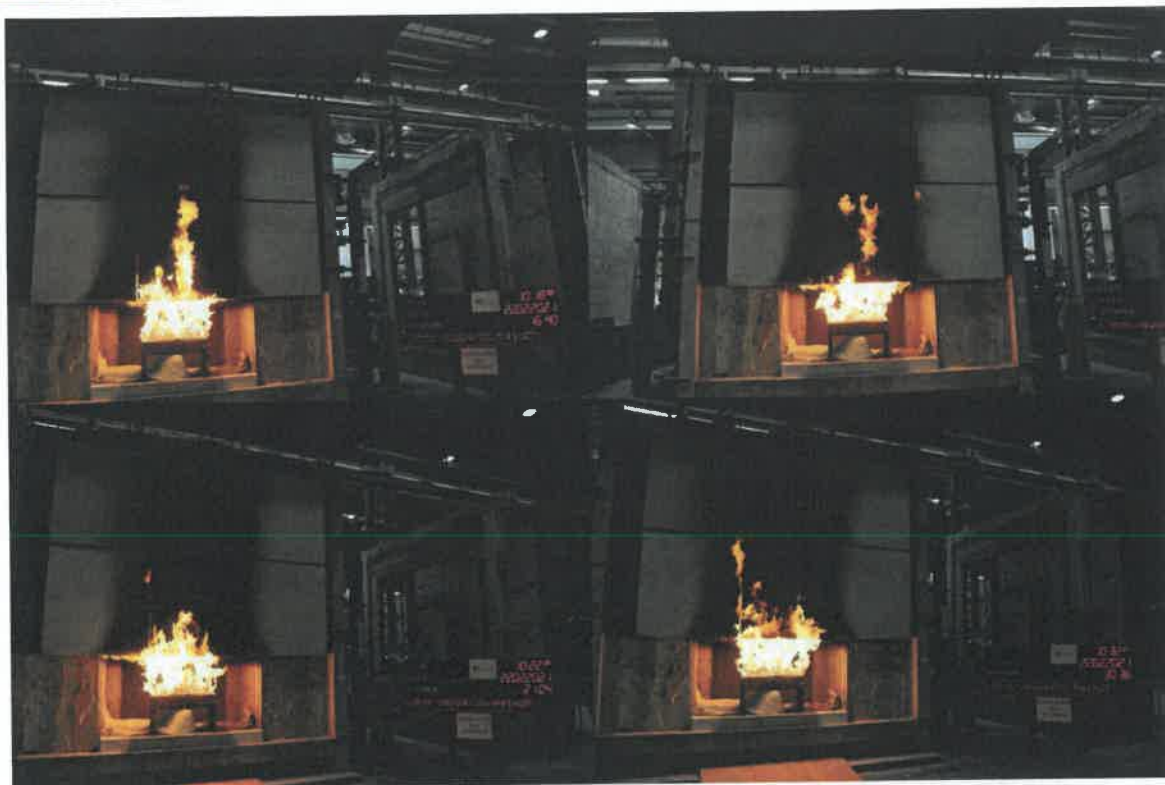
Rys. 38. Próbką podczas montażu, cd.



Rys. 39. Numeracja płyt. Widok gotowej próbki przed rozpoczęciem badania



Rys. 40. Widok próbki podczas badania – 1 minuta



Rys. 41. Widok próbki podczas badania – 22 i 31 minuta



Rys. 42. Widok próbki podczas badania – 48 i 61 minuta



Rys. 43. Widok próbki podczas badania – 76 i 81 minuta



Rys. 44. Widok próbki podczas badania – 81 minuta



Rys. 45. Widok próbki podczas badania – 91 minuta



Rys. 46. Widok próbki podczas badania – 111 minuta



Rys. 47. Widok próbki podczas badania – 120 i 121 minuta



Rys. 48. Widok próbki bezpośrednio po badaniu



Rys. 49. Widok próbki po badaniu, cd

Podczas badania nie zaobserwowano pęknięcia czy odpadania jakiegokolwiek elementu elewacji. W trakcie badania stalowy system mocowania mechanicznego okładzin betonowych marki HALFEN (różne jego typy wyszczególnione w p. 4), zarówno te jego fragmenty, które wystawały poza wełnę mineralną jak i fragmenty znajdujące się w warstwie izolacji termicznej pozostały nienaruszone.

Stalowe trzpienie łączników do mocowania konsol oraz wełny mineralnej pozostały na swoich miejscach.

5.2 Badania archiwalne

W Laboratorium Badań Ogniwych IBS w Linzu (Austria), przeprowadzono badanie ogniowe ścian z podwieszonymi na łącznikach FPA betonowymi płytami elewacyjnymi.

Przebieg i wyniki badania przeprowadzonego zgodnie z PN-EN 1363-1 podano w raporcie z badań nr 07040314 [5].

Badaniu poddano 4 próbki z łącznikami FPA-3, FPA-5, SPV, DS i LD, którymi podwieszono betonowe płyty elewacyjne. Przy próbce oznaczonej „1”, przestrzeń pomiędzy płytami, w obszarze zamocowania łączników, nie została wypełniona wełną mineralną. Przy pozostałych badanych próbkach „2”, „3” i „4” wykonano izolację konstrukcji ze skalnej wełny mineralnej o grubości 80 mm i gęstości 100 kg/m³.

Elementy próbne nagrzewano ze wszystkich stron, zgodnie z krzywą standardową temperatura-czas. Badanie trwało 92 minuty i 20 sekund. W czasie pierwszych 40 minut obserwowano odpryskiwanie betonu i wykruszanie betonu z elementów próbnych. Do chwili zakończenia badania elementy próbne nie utraciły nośności ogniowej, tj. elementy mocowania zachowały trwałość, a elewacyjne płyty betonowe nie odpadły. Poniżej w tablicy 1 przedstawiono pomierzone temperatury w elementach próbnych.

Tablica 1. Temperatury w elemencie próbnym po czasie 30, 60 i 90 minut nagrzewania

MIEJSCE POMIARU	MAKSYMALNA TEMPERATURA PO CZASIE NAGRZEWANIA [°C]		
	30 min.	60 min.	90 min.
NA ŁĄCZNIKACH PO STRONIE PŁYTY ELEWACYJNEJ	697	820	889
NA ŁĄCZNIKACH PO STRONIE WEŁNY MINERALNEJ	513	638	774

6 Analiza

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 [2]:

„... 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 [2] 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), natomiast nie

dopuszcza się odpadania dużych i ciężkich fragmentów elewacji np. płyt metalowych, betonowych, 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.

7 Ocena techniczna

- Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań, z uwzględnieniem przedstawionej dokumentacji technicznej, ocenia się, że stalowe systemy mocowania mechanicznego okładzin betonowych marki **HALFEN**, oznaczone symbolami **FPA, FPA-SL30, HTA-ES, HK5** współpracujące z systemem **KEEP-NUT**, częściowo osłonięte przez ocieplenie ściany ze skalnej wełny mineralnej, znajdujące się:
 - **nad światłem otworu okiennego, bezpośrednio nad źródłem ognia,**
 - **oraz poza światłem otworu okiennego,**
 w przypadku pożaru zachowują swoją integralność ze ścianą do której są mocowane, co nie powinno zagrażać możliwości bezpiecznej 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.
- Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań, z uwzględnieniem przedstawionej dokumentacji technicznej, ocenia się że **okładziny betonowe** o gr. od **40 do 85 mm**, mocowane mechanicznie, stalowymi systemami kotwiącymi, marki **HALFEN**, oznaczone symbolami **FPA, FPA-SL30, HTA-ES, HK5** współpracujące z systemem **KEEP-NUT**, częściowo osłonięte przez ocieplenie ściany ze skalnej wełny mineralnej, znajdujące się:
 - **nad światłem otworu okiennego, bezpośrednio nad źródłem ognia,**
 - **oraz poza światłem otworu okiennego,**
 w przypadku pożaru zachowują swoją integralność ze ścianą do której są mocowane, chociaż nie można wykluczyć lokalnych odprysków, co nie powinno zagrażać możliwości bezpiecznej 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.
- Zamiennie można stosować inną skalną wełnę mineralną niż użyta w badaniu, pod warunkiem, że **jej gęstość nie będzie niższa** od określonej w badaniu.
- Rozstaw łączników mechanicznych dla elementu musi wynikać z obliczeń statycznych, przy czym ich liczba nie może być mniejsza niż w badaniach.

8 Uwagi końcowe

Ocena techniczna zachowuje ważność do dnia **31 marca 2031 r.**, pod warunkiem, że w rozwiązaniach technicznych ocenianych systemów mocowania okładzin betonowych marki **HALFEN**, **produkowanych przez firmę Leviat GmbH**, oznaczonych symbolami **FPA, FPA-SL30, HTA-ES, HK5** i współpracujących z systemem **KEEP-NUT**, nie zostaną wprowadzone jakiegokolwiek zmiany materiałowe lub konstrukcyjne.

8.1 Zastrzeżenia

- Niniejsza opinia techniczna dotyczy wyłącznie przedmiotowych elementów opisanych w pkt. 4 i 5, w zakresie cech przeanalizowanych w p. 6 i ocenionych w pkt. 7, i nie dotyczy innych właściwości pożarowych, użytkowych, konstrukcyjnych, itp.

Opracował:

INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ
www.itb.pl, 0-617 Warszawa, ul. Piłkowska 1
dr inż. Paweł SULIK
Uprawnienia do projektowania Lb 6/6682/PDOK/03
i kierowania robotami budowlanymi 646/Lb/2002
bez ograniczeń ze specjalności konstrukcyjno-budowlanej

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

Zweryfikował:



mgr inż. Daniel Izydoreczek

Zatwierdził:

KIEROWNIK
Zakładu Badań Ogniwych
dr inż. Bogusław Papis



Warszawa, 05.II.2026 r.
(ostatnia strona opracowania)