



TSC Krzysztof Szymański  
ul. Błędów 14,  
41-403, Chełm Śląski, POLAND,  
NIP: 643-100-33-02, REGON: 278225255

Chełm Śląski dn. 02-02-2018

**MASTER – ODPADY I ENERGIA Sp. z o.o.**  
**43-100 Tychy, ul. Lokalna 11**

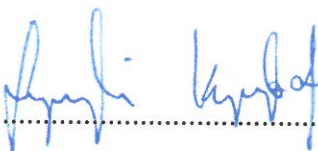
Praca zgodnie z umową: 42/2018 z dnia 15.01.2018

**Część II**

**Opracowanie planu naprawczego hali biologicznego  
przetwarzania odpadów**

Autorzy opracowania:

dr inż. Krzysztof Szymański



prof. dr hab. inż. Grzegorz Moskal



Marek Gdesz



## Zawartość

B1. Wstęp .....	3
B.2. Ocena kategorii korozyjnej środowiska hali instalacji biologicznego przetwarzania odpadów .	4
Ocena wizualna hali biologicznego przetwarzania odpadów.....	5
Badania składu chemicznego i fazowego osadów korozyjnych oraz ich pH .....	13
Ocena korozyjności środowiska .....	15
B.2. Kwalifikacja systemów malarskich wg wymagań normy PN-EN ISO 12944-5, zgodnie z występującym realnym zagrożeniem korozyjnością wewnątrz hali .....	16
B.3. Dobór materiałów i sprzętu malarskiego do wykonania powłok oraz uzupełnień wżerów korozyjnych w konstrukcji stalowej, .....	18
Wymagania dotyczące materiałów malarskich .....	18
Wymagania dotyczące sprzętu malarskiego .....	18
B.4. Opracowanie technologii prac naprawczych zabezpieczenia antykorozyjnego hali, .....	19
Wymagania ogólne dotyczące warunków wykonania robót .....	19
Przygotowanie podłoża do nakładania powłok.....	19
Wykonanie powłok malarskich.....	20
Szczególne uwarunkowania prowadzenia prac malarskich .....	20
Odbiór prac malarskich .....	21
B.5. Opracowanie wyceny inwestorskiej kosztów wykonania prac antykorozyjnych.....	22
Przedmiar robót dla renowacji zabezpieczenia antykorozyjnego hali .....	22
Kalkulacja prac konserwacyjnych zabezpieczenia antykorozyjnego.....	26
B. 6. Podsumowanie .....	27

## B1. Wstęp

Przedmiotem drugiej części pracy jest opracowanie programu naprawczego dla hali biologicznego przetwarzania odpadów w zakładach MASTER-Odpady i Energia Sp. z o.o., 43-100 Tychy, ul. Lokalna 11, którego głównym celem jest przywrócenie i utrzymanie wymaganego, pozytywnego stanu technicznego obiektu, który zapewni bezpieczną dalszą eksploatację obiektu.

W ramach tej części pracy dokonano oceny zaistniałego stanu technicznego hali oraz przedstawiono wytyczne techniczne dla remontu zabezpieczenia antykorozyjnego hali. Pracę tą podzielono na kilka rozdziałów, których merytoryczny zakres został przedstawiony poniżej.

1. ocena kategorii korozyjnej środowiska hali instalacji biologicznego przetwarzania odpadów;
2. kwalifikacja systemów malarskich wg wymagań normy PN-EN ISO 12944-5, zgodnie z występującym realnym zagrożeniem korozyjnością wewnątrz hali;
3. dobór materiałów i sprzętu malarskiego do wykonania powłok oraz uzupełnień wżerów korozyjnych w konstrukcji stalowej;
4. opracowanie technologii prac naprawczych zabezpieczenia antykorozyjnego hali;
5. opracowanie wyceny inwestorskiej kosztów wykonania prac antykorozyjnych.

Na dalszych stronach opracowania przedstawiono poszczególne zakresy pracy.

Na całość opracowania składa się kilka części, mianowicie:

- A. Ocena stanu technicznego konstrukcji stalowej hali instalacji biologicznego przetwarzania odpadów;
- B. **Opracowanie planu naprawczego dla hali biologicznego przetwarzania odpadów.**
- C. "Opracowanie i przygotowanie warunków technicznych na potrzeby SIWZ" opracowanego na podstawie części B;
- D. "Koncepcja poprawy działania instalacji wentylacji mechanicznej hali rozładunku i załadunku biomasy 6d3.1, 6d3.2, 6d2.3" opracowanego przez niezależną specjalistyczną firmę.

## B.2. Ocena kategorii korozyjnej środowiska hali instalacji biologicznego przetwarzania odpadów

Oceny dokonano bezpośrednio na terenie zakładu - MASTER-Odpady i Energia Sp. z o.o., 43-100 Tychy, ul. Lokalna 11 w hali biologicznego przetwarzania odpadów.

Pierwszym etapem badań były oględziny wizualne, które obejmowały ogólny przegląd hali oraz badania powierzchni konstrukcji stalowych z powłokami malarskimi, bram, zawiesi, urządzeń itp. na wysokości do ok. 3 m. W terminie drugim dokonano szczegółowej oceny stanu zabezpieczeń antykorozyjnych konstrukcji stalowej i dachu na wysokości od 3 m do powierzchni dachu hal.

Na podstawie wykonanych oględzin wykonano dokumentację fotograficzną analizowanych miejsc, dokonano wyboru miejsca poboru próbek do analizy oraz pobrano materiał badawczy.

Oceny korozyjności środowiska dokonano na podstawie normy PN-EN ISO 12944-2: 2001. Zestawienie klas korozyjności środowiska roboczego, bazującego na podstawie tej normy przedstawiono poniżej.

**Tabela 1. Typowe klasy korozyjności środowiska.**

Klasy korozyjności		Przykłady środowisk typowych dla klimatu umiarkowanego (tylko informacyjnie).	
		Wewnątrz	Na zewnątrz
C1	bardzo mała	Ogrzewane budynki z czystą atmosferą, np. biura, sklepy, szkoły, hotele.	Nie dotyczy.
C2	mała	Budynki nieogrzewane, w których może mieć miejsce kondensacja, np. magazyny, hale sportowe.	Atmosfery w małym stopniu zanieczyszczone; głównie tereny wiejskie.
C3	średnia	Pomieszczenia produkcyjne o dużej wilgotności i pewnym zanieczyszczeniu powietrza, np. zakłady spożywcze, pralnie, browary, mleczarnie.	Atmosfery miejskie i przemysłowe, średnie zanieczyszczenie tlenkiem siarki (IV), np. obszary przybrzeżne o małym zasoleniu.
C4	duża	Zakłady chemiczne, pływalnie, stocznie remontowe statków i łodzi.	Obszary przemysłowe, obszary przybrzeżne o średnim zasoleniu.
C5-I	bardzo duża (przemysłowa)	Budowle lub obszary z prawie ciągłą kondensacją i dużym zanieczyszczeniem.	Obszary przemysłowe o dużej wilgotności i agresywnej atmosferze.
C5-M	bardzo duża (morska)	Budowle lub obszary z prawie ciągłą kondensacją i dużym zanieczyszczeniem.	Obszary przybrzeżne i oddalone od brzegu w głąb morza o dużym zasoleniu.



## Ocena wizualna hali biologicznego przetwarzania odpadów

Pierwszy etap badań dotyczył oględzin konstrukcji hali (rys.1) na poziomie do 3 metrów wysokości. Stwierdzono wówczas występowanie pojedynczych obszarów uszkodzonych korozyjnie w miejscach montażu elementów instalacji, skrzynek elektrycznych, kołków, śrub itp. Zostało to udokumentowane na rysunkach 2-6. Charakter ujawnionych uszkodzeń miał przebieg lokalny i wynikał najprawdopodobniej z pierwotnie mechanicznego charakteru uszkodzeń powłok malarskich, z następującym później procesem korozyjnym.

Do dalszej analizy pobrano osady korozyjne z różnych skorodowanych miejsc i poddano je badaniom składu chemicznego i fazowego.



Rys. 1. Wejście do hali B18, -widok ogólny.



Rys. 2. Mocowanie skrzynki elektrycznej (ślady przesuwania skrzynki-korozja).

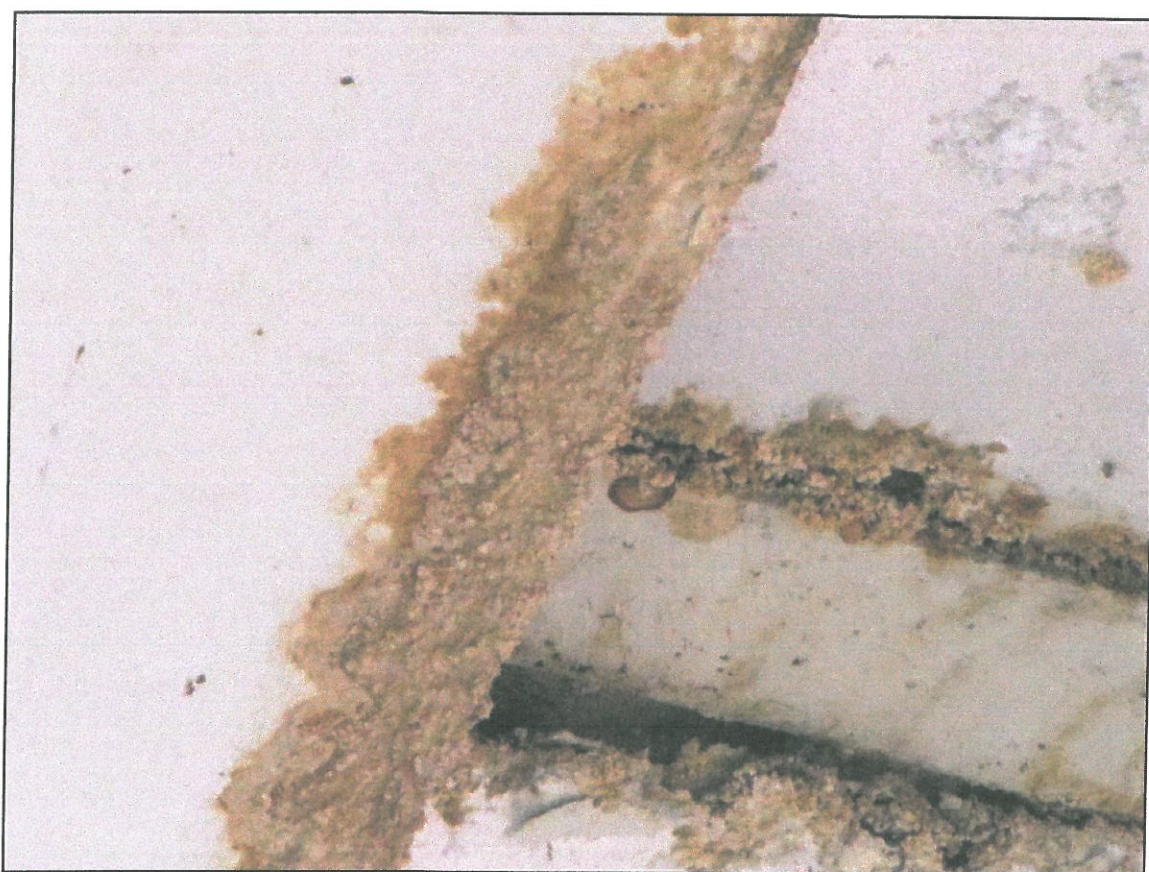


Rys. 3. Uszkodzenia korozyjne w miejscach mocowania kołków do ściany - rdza





Rys. 4. Korozja blach ocynkowanych użytych na elementy dodatkowe.



Rys. 5. Osady i produkty korozji na elementach hali





Rys. 6. Korozja podpowłokowa na belce nośnej w górnej części hali.



Rys. 7. Korozja blach mocujących bramy.

W drugim etapie badań oględzinom poddano konstrukcje hali na wysokości od trzech metrów do powierzchni wewnętrznej konstrukcji dachowej. Wyniki tych badań udokumentowano w postaci fotograficznej na poniższych rysunkach (rys. 8-12). Stwierdzono obecność licznych uszkodzeń o charakterze korozyjnym na elementach nośnych konstrukcji dachowej, których lokalizacja i charakter wskazują z jednej strony

na pierwotne uszkodzenie mechaniczne powłok malarskich, z następnym intensywnym przebiegiem procesów korozyjnych.

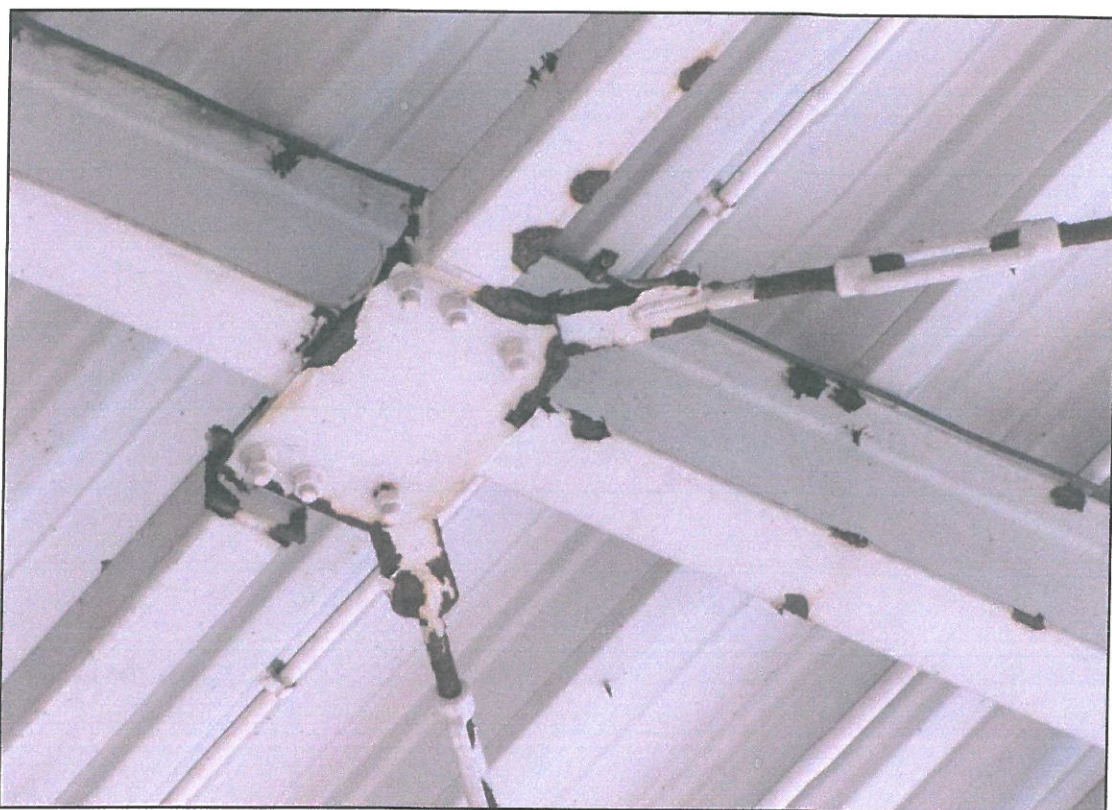
Stwierdzono również typowo chemiczny intensywny przebieg procesów korozyjnych związanych z intensywnym wykraplaniem się atmosfery roboczej na zimnych powierzchniach stalowych dźwigarów, co doprowadziło do niszczenia warstwy ochronnej na ich powierzchniach i w konsekwencji nawet do lokalnych perforacji na mniej istotnych elementach funkcjonalnych. Niemniej, charakter korozji tego typu prowadził do intensywnego niszczenia powłoki malarskiej i gwałtownego niszczenia pozostałych elementów konstrukcyjnych np. połączeń spawanych i śrubowych.

Do dalszych badań pobrano próbkę wykroplin oraz zebranych na wysokości dachu osadów korozyjnych.



Rys. 8. Korozja płatew dachowych.



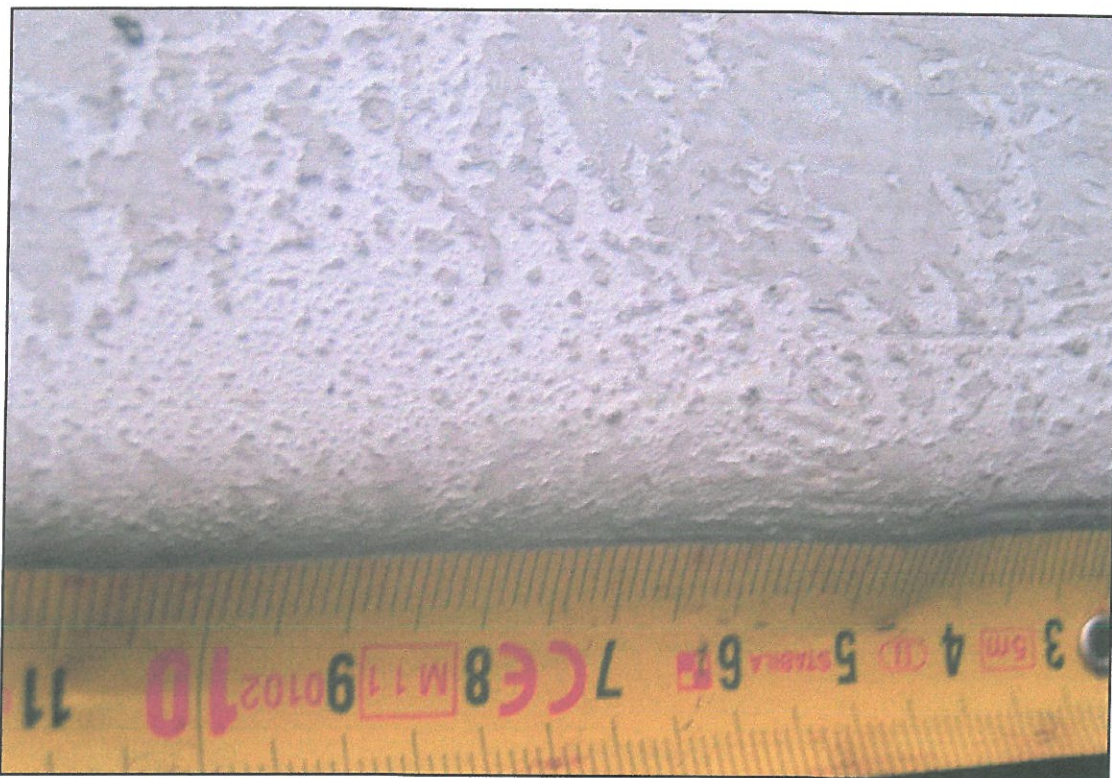


Rys. 9. Korozja elementów ściągow konstrukcji stalowych dachu  
(brak zabezpieczeń gwintów, itp.).



Rys. 10. Korozja na wskroś elementów ramy wsporczej





Rys. 11. Zanikająca warstwa farby antykorozyjnej w obszarze belki sufitowej.





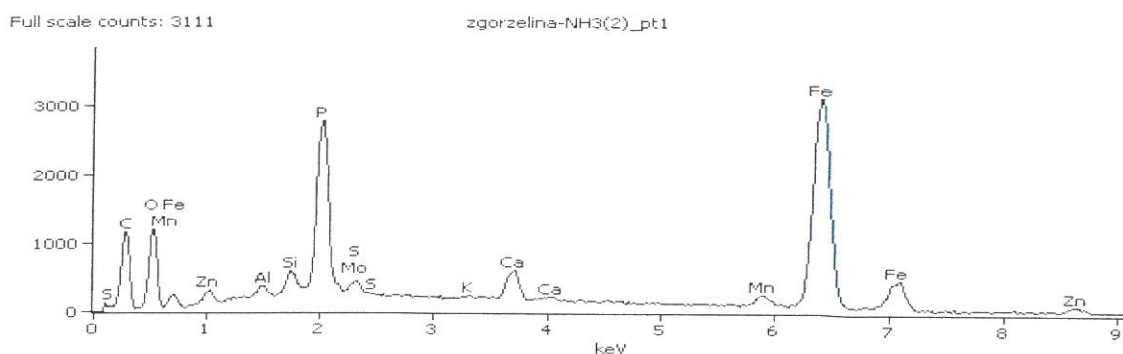
Rys. 12. Para unosząca się w hali podczas procesów technologicznych.



Rys. 13. Wykropliny na powierzchni ścian hali.

## Badania składu chemicznego i fazowego osadów korozyjnych oraz ich pH

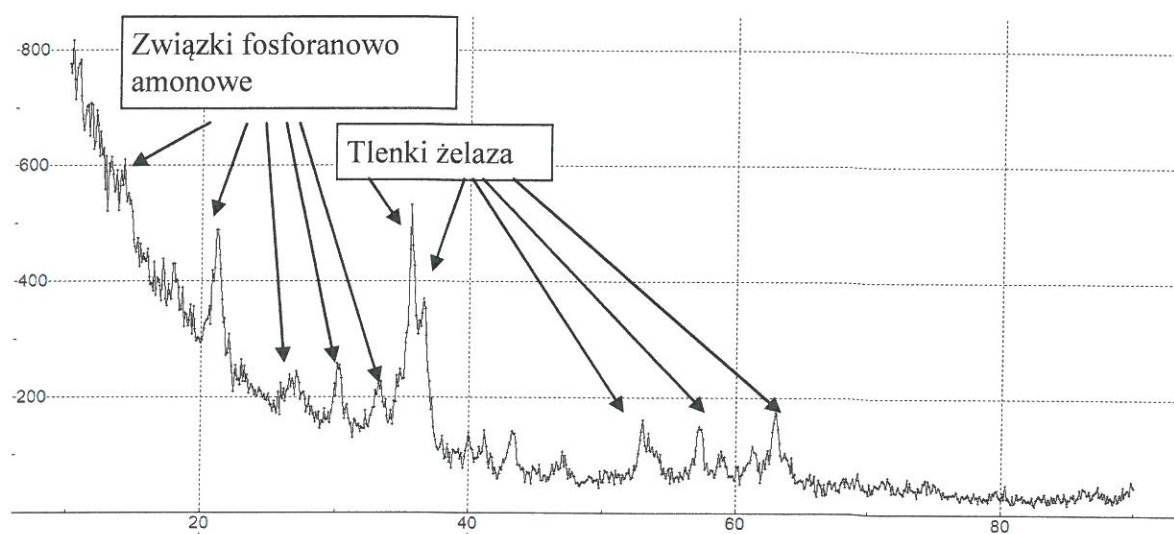
W pierwszym etapie dokonano badań składu chemicznego i fazowego osadów korozyjnych pobranych z wymienionych wcześniej obszarów wytypowanych na bazie oględzin wizualnych. Wyniki tych badań przedstawiono poniżej.



Rys. 14. Wykres EDX z badania składu chemicznego osadów korozyjnych

Tabela 2. Skład chemiczny osadów korozyjnych

Wagowo %	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Zn	Mo
zgorzelina-NH3(2)_pt1	0.5	1.0	10.5	0.6	0.2	2.9	3.4	76.2	4.3	0.4
Atomowo %	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe	Zn	Mo
zgorzelina-NH3(2)_pt1	0.9	1.8	17.1	1.0	0.2	3.6	3.1	68.8	3.3	0.2



Rys. 15 Wyniki badań składu chemicznego i fazowego pobranych osadów.

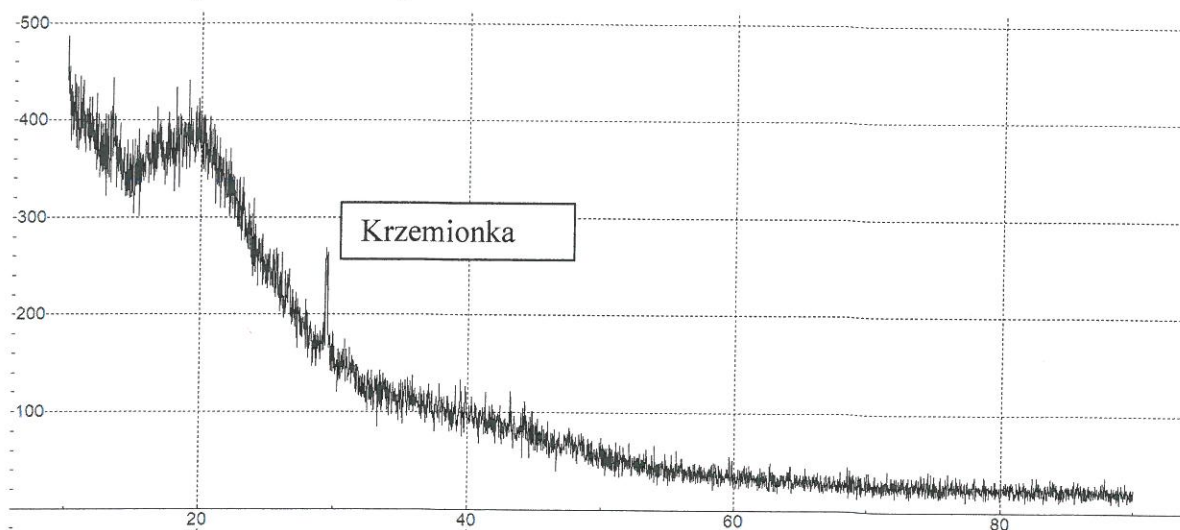


Ocena składu fazowego osadów dokonana została metodą dyfrakcji rentgenowskiej na dyfraktometrze rentgenowski JEOL JD7-S, natomiast analiza składu chemicznego osadów wykonano za pomocą mikroskopu skaningowego Hitachi 3400-N sprzężonego z detektorem EDS.

Potwierdzeniem złożonego składu chemicznego pary i wykroplin są wyniki badań składu chemicznego i fazowego osadów korozyjnych, które wykazały obecność tlenków żelaza, jak również fosforanów i prawdopodobnie związków amonu np. amidy tleno-fosforowe o wzorze  $P_2O_3(NH_2)_4$  lub uwodnione ortofosforany żelazowo amonowe  $NH_4FePO_4 \cdot xH_2O$ , co sugerują badania składu fazowego metodą rentgenowską. Analogiczne wyniki badań dyfrakcyjnych uzyskano z materiału badawczego pobranego z wysokości konstrukcji dachu.

W drugim etapie badań dokonano oceny pH wykroplin jak i roztworu pobranych osadów w wodzie. W obu przypadkach wyniki badań wskazują na lekko kwaśny odczyn środowiska korozyjnego na poziomie  $pH=6 \div 6,5$ .

Wykonano również badania składu fazowego osadów wytrąconych z wykroplin po ich odpowiednim wysuszeniu i wytrąceniu. Wyniki badań składu fazowego wskazują na obecność związków amorficznych i resztek krzemionki.



Rys. 16. Wyniki badań składu fazowego wykroplin.



## Ocena korozyjności środowiska

Na podstawie przeprowadzonych badań składu chemicznego i fazowego osadów korozyjnych oraz wartości ich pH i opierając się na normie PN-EN ISO 12944-2:2001 można przyjąć, iż:

- ✓ środowisko robocze w hali obróbki biologicznej odpadów charakteryzuje się lekko kwaśnym charakterem atmosfery roboczej;
- ✓ drastycznie niekorzystne jest permanentne występowanie wykroplin na powierzchniach konstrukcji stalowych, będących efektem cykliczności procesu technologicznego, co prowadzi do ciągłego narażenia konstrukcji na oddziaływanie czynnika korozyjnego (nie ma znaczenia wówczas, że jest to czynnik o lekko kwaśnym charakterze);
- ✓ uwzględniając te dwa czynniki należy przyjąć, iż, elementem krytycznym jest zjawisko ciągłej kondensacji czynnika korozyjnego i na tej podstawie można przyjąć, iż korozyjność środowiska w hali obróbki biologicznej można zaklasyfikować, jako C5-M lub C5-I, czyli skrajnie niekorzystne;
- ✓ ciągłe zawilgocenie konstrukcji sprzyja osadzaniu i narastaniu osadów oraz zanieczyszczeń na powierzchni konstrukcji pogarszając warunki pracy (sprzyjają utrzymaniu wilgotności powierzchni i wzmocnionemu atakowi korozyjnemu), aby ograniczyć te zjawiska należy konstrukcję hali gruntownie myć wodą z detergentem, co najmniej raz na dwa lata, a zalecanym będzie zmycie konstrukcji przed każdym corocznym przeglądem technicznym
- ✓ elementem wyposażenia hali, decydującym o takiej klasyfikacji środowiska roboczego pod względem korozyjnym jest niewydajny system wentylacyjny, który nie zapobiega wykraplaniu się czynnika korozyjnego na zimnych powierzchniach.

## **B.2. Kwalifikacja systemów malarskich wg wymagań normy PN-EN ISO 12944-5, zgodnie z występującym realnym zagrożeniem korozyjnością wewnątrz hali**

Punktem wyjścia do projektowania systemu powłokowego jest określany w badaniach wstępnych charakter środowiska korozyjnego, któremu przyznano kategorię C5 (bardzo duża) o lekko kwaśnym charakterze ( $\text{pH} = 6 \div 6,5$ ). Dodatkowo należało przyjąć, że konstrukcja hali uwzględniając rzeczywiste warunki eksploatacyjne praktycznie odpowiada podklasie wnętrza o ciągłej kondensacji i dużym skażeniu atmosfery. Czynnikiem powodującym zawilgocenie jest wykraplanie pary uwalnianej z silosów i masy poddanej biologicznemu przetwarzaniu, zawiera ona złożone związki fosforanów i prawdopodobnie amonu oraz dość duże stężenie amoniaku.

Dodatkowym czynnikiem, który należało wziąć pod uwagę przy projektowaniu zabezpieczenia korozyjnego były uwarunkowania konstrukcyjne elementów, z których najistotniejsze to:

- występowanie szczelin,
- występowanie miejsc o utrudnionym dostępie,
- oraz występowanie miejsc, w których mogą gromadzić się osady i roztwory korozyjne,
- szerokie użycie śrubowych elementów złącznych.

Wszystkie powyższe uwarunkowania są istotnymi czynnikami podwyższającymi zagrożenie korozyjne. Zarówno badania procesu korozyjnego (produktów korozji oraz wykroplin) jak i analiza warunków pracy oraz przyjęte rozwiązania konstrukcyjne hali i jej wentylacji jednoznacznie wskazują na konieczność przyjęcia do rozważań nad wyborem sposobu i materiałów do zabezpieczenia antykorozyjnego maksymalnie wysokiej kategorii korozyjności środowiska.

W założeniach konstrukcyjnych projektu hali był dobrany zestaw lakierniczy o średnim okresie trwałości powłoki (5-15 lat) dla klasy C4, jednak realne warunki eksploatacji wskazały, że przyjęte rozwiązanie było wysoce niewystarczające. Wobec czego, sugerujemy podwyższenie wymagań korozyjnych i dobranie zestawu lakierniczego charakteryzującego się długim okresem trwałości (H) w warunkach korozji C5.

Doboru wariantu zabezpieczenia antykorozyjnego można dokonać w oparciu o wytyczne zawarte w normie PN-EN ISO 12944 cz. 5 pt. Ochronne systemy malarskie. Zostały one przedstawione w tabeli 3.

Analiza tej tabeli wskazuje, że wszystkie systemy powłokowe dla przewidywanego okresu eksploatacji powinny być konstruowane, jako trójwarstwowe z warstwą gruntującą zawierającą wysoką ilość cynku, następnie powinny być nałożone powłoki zasadnicze oparte o żywice epoksydowe. Warstwę wierzchnią powinna stanowić powłoka poliuretanowa, bądź inna o składzie gwarantującym wysoką odporność na realne warunki korozyjne. Założyć należy, że powłoka gruntująca powinna mieć grubość min. 40  $\mu\text{m}$  (zazwyczaj 80  $\mu\text{m}$ ) natomiast dla powłok zasadniczych (podkład + farba nawierzchniowa) zazwyczaj mieści się pomiędzy 320 a 500  $\mu\text{m}$ .

Systemami spełniającymi powyższe wymagania są: S7.04, S7.06, S7.09÷11, S7.14

Tabela 3. Przykłady systemów malarskich dla kategorii korozyjności C5-I i C5-M

Nr systemu malarskiego	Stopień przygotowania powierzchni <sup>1)</sup>		Powłoka(-i) gruntowa(-e)				Powłoka(-i) nawierzchniowa(-e) łącznie z międzywarstwową(-ymi)			System malarski		Oczekiwana trwałość (patrz 5.5 i ISO 12944-1)				
	St 2	Sa 2½	Substancja białotwórcza <sup>10)</sup>	Rodzaj farby do gruntowania <sup>7)</sup>	Liczba powłok	NDFT <sup>3)</sup> µm	Substancja białotwórcza <sup>10)</sup>	Liczba powłok	NDFT <sup>3)</sup> µm	Liczba powłok	Całkowita NDFT <sup>3)</sup> µm	Kratka	Średnia	Długa		
S7.01		x	CR	R	1-2	80	AY, CR, PVC	2	120	3-4	200					
S7.02		x	EP, PUR		1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2	120	3	200					
S7.03		x			1	150		1	150	2	300					
S7.04		x			1-2	80		3-4	240	4-6	320					
S7.05		x			1	400		-	-	1	400					
S7.06		x	EP, PUR <sup>5)</sup>	Zn (W)	1	250	EP, PUR <sup>4)</sup>	1	250	2	500					
S7.07		x			1	40	EP+CR <sup>5)</sup>	3	200	4	240					
S7.08		x			1	40		2	200	3	240					
S7.09		x			1	40	EP, PUR <sup>4)</sup>	3-4	280	4-5	320					
S7.10		x			1	40	CTV <sup>6)</sup>	3	360	4	400					
S7.11		x			ESI <sup>6)</sup>	Al <sup>7)</sup>	1	40	CTE <sup>8)</sup>	3	360	4	400			
S7.12		x					1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2-4	160	3-5	240			
S7.13		x					1	80	EP+CTE <sup>8)9)</sup>	2	200	3	280			
S7.14		x					1	80	EP, PUR <sup>4)</sup>	2-4	240	3-5	320			
S7.15		x	CTV <sup>6)</sup>	1	100	CTV <sup>6)</sup>	2	200	3	300						
S7.16		x	CTE <sup>8)</sup>	R	1	100	CTE <sup>8)</sup>	2	200	3	300					
Substancje białotwórcze powłoki gruntowej(-ych)			Farby (ciekłe)			Substancje białotwórcze powłoki nawierzchniowej(-ych)			Farby (ciekłe)							
			Liczba składników	1-składnikowe	2-składnikowe				Możliwe wodne	Liczba składników	1-składnikowe				2-składnikowe	Możliwe wodne
CR	=	chlorokauczukowe		x			CR	=	chlorokauczukowe		x					
EP	=	epoksydowe			x	x	PVC	=	poliwinylowe		x					
ESI	=	etylokrzemianowe		x	x		EP	=	epoksydowe			x	x			
PUR	=	poliuretanowe		x			PUR	=	poliuretanowe		x	x				
CTV	=	winylowo-bitumiczne		x			CTV	=	winylowo-bitumiczne		x					
CTE	=	epoksydowo-bitumiczne			x		CTE	=	epoksydowo-bitumiczne			x				
							AY	=	akrylowe		x			x		

- 1) Dla Sa 2½ stopniem odniesienia jest stopień skorodowania A, B lub C, jak określono w ISO 8501-1.
- 2) Zn (W) = farba do gruntowania wysoko pigmentowana cynkiem, patrz 5.2, R = różne rodzaje pigmentów antykorozyjnych.
- 3) NDFT = nominalna grubość powłoki; dalsze szczegóły, patrz 5.4.
- 4) Jeżeli wymagane jest zachowanie barwy i połysku, zaleca się zastosowanie ostatniej powłoki na bazie alifatycznych PUR.
- 5) Możliwa jest również NDFT 80 µm, pod warunkiem że wybrana farba do gruntowania wysoko pigmentowana cynkiem EP lub PUR jest dostosowana do takiej NDFT. W takim przypadku NDFT kompletnego systemu malarskiego może zostać skorygowana następnymi powłokami.
- 6) Zaleca się, aby jedna z powłok międzywarstwowych była zastosowana jako powłoka poprawiająca przyczepność.
- 7) Al = farba do gruntowania pigmentowana aluminium.
- 8) Dostępne są zamienniki smoły węglowej.
- 9) Pierwszy ze skrótów odnosi się do powłoki międzywarstwowej, a ostatni do powłoki nawierzchniowej.
- 10) Objaśnienie skrótów podano w dolnej części tablicy.

### **B.3. Dobór materiałów i sprzętu malarskiego do wykonania powłok oraz uzupełnień wżerów korozyjnych w konstrukcji stalowej,**

#### **Wymagania dotyczące materiałów malarskich**

Na podstawie analizy rzeczywistej korozyjności atmosfery, wymagań ujętych w stosownych normach oraz stanu rzeczywistego konstrukcji stalowej hali należy przyjąć, że do wykonania renowacji zabezpieczenia antykorozyjnego powinny być użyte zestawy powłokowe epoksydowe lub epoksydowo- poliestrowe przewidziane dla klas C-5I lub M o długim okresie trwałości, powyżej 15 lat. Powinny one posiadać wysoką odporność korozyjną na atmosferę zawierającą związki amonowe, fosforowe i pochodne amoniaku oraz umożliwić pracę w bardzo wysokiej wilgotności z praktycznie ciągłą kondensacją. Dodatkowo muszą one mieć możliwość aplikacji na istniejące wymalowania wykonane z użyciem następujących produktów firmy HEMPEL:

- farba HEMPADUR FAST DRY 1741
- farba HEMPATHANE TOPCOAT 5521

Miejsca naprawy uszkodzeń korozyjnych należy uzupełnić masą wypełniającą.

Do zabezpieczenia trudnodostępnych miejsc takich jak blachy połączeń doczołowych należy użyć głęboko penetrujących preparatów antykorozyjnych i dodatkowo uszczelnić masami uszczelniającymi.

Wszystkie użyte komponenty powinny być ze sobą kompatybilne i stanowić zestaw powłokowy, zaaprobowany przez producenta materiałów.

Na szczególną uwagę zasługuje przygotowanie powierzchni obszarów poddawanych naprawie, będą to zróżnicowane powierzchnie (silnie skorodowane, pokryte słabo przylegającą warstwą farby podkładowej lub nawierzchniowej), które należy oczyścić wg wymagań technicznych producenta farb (lub nawet powyżej tych wymagań), należy wziąć pod uwagę czystość chemiczną powierzchni, chropowatość, stopień zapylenia itd. Materiały ściernie użyte do tych procesów (obróbka strumieniowo-ścierna, papiery ściernie) winny mieć stosowne atesty i dopuszczenia producenta zestawu malarskiego.

Ze względu na bardzo szeroki wybór materiałów malarskich (nawet od jednego producenta) wykonawca winien przedstawić wykaz proponowanych materiałów powłokowych i dodatkowych wraz z kartami technologicznymi i rekomendacjami technicznymi do oceny i wyboru zlecającemu.

#### **Wymagania dotyczące sprzętu malarskiego**

Sprzęt wykorzystywany przez wykonawcę powinien zagwarantować bezpieczne i efektywne wykonanie pracy z zachowaniem wysokiej jakości powłok. Powinien być wybrany na podstawie uwarunkowań technicznych prowadzonych prac oraz wymagań technicznych wynikających z kart technologicznych używanych materiałów.



## **B.4. Opracowanie technologii prac naprawczych zabezpieczenia antykorozyjnego hali**

### **Wymagania ogólne dotyczące warunków wykonania robót**

Wykonawca prac renowacyjnych powinien **opracować projekt techniczny oraz organizacyjny prowadzonego remontu**, w którym wykonawca przedstawi organizację prac ekipy remontowej. Powinien on ujmować prace:

- przygotowawcze polegające na budowaniu rusztowań, odseparowaniu przestrzeni roboczej od pozostałej części hali,
- procedurę umycia, oczyszczenia z produktów korozji, nadania właściwej chropowatości powierzchni przed procesem powtórnego wymalowania,
- związane z wykonaniem wymalowań,
- wykończeniowe ujmujące usunięcie odpadów po procesie oczyszczania ściernego i malowania wraz z ich utylizacją, rozbiórka rusztowań itp.

Wykonawca zabezpieczy wszystkie wrażliwe elementy osprzętu hali takie jak: elementy elektryczne (m.in. puszki, połączenia) i urządzenia (m.in. lampy, kamery, wyposażenie bram) przed dostaniem się wody podczas mycia, lub ich uszkodzeniem podczas czyszczenia (obróbka strumieniowo ścierna) i malowania konstrukcji.

Organizacja prac konserwacyjnych powinna być uzgodniona z Zamawiającym w zakresie obsługi procesu technologicznego realizowanego w hali biologicznej stabilizacji tlenowej. Warunki i harmonogram powinien być na bieżąco planowany i uzgadniany z Zamawiającym.

Drugim niezbędnym elementem, który wykonawca winien przedłożyć zleceniodawcy do akceptacji jest **plan kontroli i badań** (WTWiO - Warunki techniczne wykonania i odbioru) ujmujący wszystkie aspekty podlegające kontroli i badaniom mające wpływ, na jakość wykonywanych prac konserwacji powłok malarskich takich jak: atesty dla materiałów zasadniczych i dodatkowych, instrukcje aplikacji materiałów, wyniki pomiarów warunków klimatycznych w czasie prowadzenia prac, wyniki pomiarów grubości powłok, czasookresy przerw technologicznych, dokumentację fotograficzną prowadzonych prac, itp.

Wykonawca powinien przewidzieć możliwość wykonania w ramach prac dodatkowych, napraw ślusarsko- spawalniczych (naprawa lub wymiana) skorodowanych elementów konstrukcji np. wsporczych pod klapami dymowymi, oraz wytypowanych elementów złącznych i dodatkowych.

### **Przygotowanie podłoża do nakładania powłok**

Generalnie proces przygotowania podłoża powinien zapewnić takie jej przygotowanie, jakie jest zalecane przez producenta materiału malarskiego. Praktycznie zawsze podłoże musi być oczyszczone z wszelkich zanieczyszczeń, tłuszczu i produktów korozji, najlepiej do stanu tzw. "czystego metalu" tzn. odpowiadającego klasie czystości, co najmniej Sa 2,5. Należy mu również nadać stosowną chropowatość powierzchni.



Prace wstępnego oczyszczania powierzchni mogą być realizowane za pomocą gorąco wodnych urządzeń wysokociśnieniowych, konstrukcję należy zmyć wodą, aby usunąć z niej wszelkie zanieczyszczenia chemiczne. W obszarach zniszczonych powłok i pokrytych produktami korozji metalu należy zastosować oczyszczanie metodą strumieniowo ścierną. W miejscach gdzie "stary" system malarski wykazuje wysoką adhezję do podłoża, brak jest śladów korozji podpowłokowej i nie wykazuje wad powierzchniowych (np. tłuszczenia, kredowania) należy go schropować poprzez przeszlifowanie papierem ściernym najlepiej do momentu usunięcia starej warstwy nawierzchniowej (w szczególności, gdy była ona uszkodzona)

Po przeszlifowaniu należy powierzchnię odpylić poprzez odkurzenie lub zmycie wodą pod ciśnieniem.

## **Wykonanie powłok malarskich**

Kluczowym elementem poprawnego wykonania wymalowania konstrukcji stalowej jest przestrzeganie wymagań określonych w kartach technologicznych wybranego zestawu lakierniczego. Należy materiały powłokowe przygotować zgodnie z opisem technologicznym, używać właściwych narzędzi oraz przestrzegać warunków aplikacji. Szczególną uwagę należy zachować przy pokrywaniu wszelkich spoin, krawędzi, miejsc uszkodzeń itp. Należy uzyskać właściwą grubość powłoki. W czasie pracy należy przestrzegać przerw technologicznych pozwalających na właściwe wyschnięcie warstw. Istotnym jest, aby każda z warstw posiadała inny kolor ułatwiający proces malowania i kontroli jakości.

## **Szczegółne uwarunkowania prowadzenia prac malarskich**

Ze względu na uwarunkowania konstrukcyjne hali należy szczególną uwagę poświęcić elementom przenoszącym istotne obciążenia statyczne i dynamiczne. Do takich miejsc należą połączenia z blachami czołowymi. W nich można jednocześnie wykręcić tylko 1 śrubę z podkładkami, odsłonięty obszar należy oczyścić i powtórnie zabezpieczyć antykorozyjne. Po powtórным skręceniu nowego zestawu śrubowego można przystąpić do renowacji powierzchni pod kolejną śrubą. Pracę należy rozpocząć od śrub położonych najbliżej pasa dolnego profilu w danym styku. Po regeneracji powierzchni pod śrubami należy zabezpieczyć powierzchnię między blachami doczołowymi głęboko penetrującym preparatem antykorozyjnym, a następnie doszczelnić miejsce styku odpowiednią masą uszczelniającą. Dopiero wówczas można pokryć całość elementu następnymi warstwami systemu powłokowego.

Ze względu na fakt, iż większość prac renowacyjnych będzie wykonywana na wysokości (pow. 2m) z rusztowań lub wózków podnośnikowych a prace dodatkowo będą prowadzone na hali technologicznej, która nie będzie wyłączona z eksploatacji, to powstaną szczególnie trudne warunki bezpiecznego prowadzenia prac (BHP), które należy wziąć pod uwagę.

## **Odbiór prac malarskich**

Prace związane z wykonaniem powłok malarskich powinny być nadzorowane przez specjalnie przeszkolonych inspektorów nadzoru. Istnieje szereg etapów wykonania powłok, które jako prace zanikające powinny być odebrane, są to:

- Odbiór czystości i stanu powierzchni po procesie oczyszczania, przed pokryciem warstwą gruntującą.
- Przegląd i pomiary grubości i przyczepności poszczególnych warstw zestawu powłokowego (po pokryciu farbami gruntującymi, podkładowymi i nawierzchniowymi),
- wykonanie przeglądu całości konstrukcji z wykonaniem obmiarów powierzchni.

Badania grubości powłok należy przeprowadzić zgodnie z obowiązującymi normami tj. PN-EN ISO 2808 oraz PN-EN ISO 12944, a badania przyczepności do podłoża wg normy PN-EN ISO 2409. Kontrola jakości wytworzonych powłok i ich odbiór powinna być realizowana zgodnie z zatwierdzonym przez Zlecającego planem przedstawionym w WTWiO

Dla wyceny inwestorskiej kosztów wykonania prac przyjęto, jako jednostkę przedmiarową 1 metr kwadratowy [1m<sup>2</sup>].

## **B.5. Opracowanie wyceny inwestorskiej kosztów wykonania prac antykorozyjnych**

Wykonanie dokładnej wyceny inwestorskiej wykonania regeneracji powłok antykorozyjnych na tym etapie jest trudne i można je wykonać tylko i wyłącznie na podstawie szacowania średnich kosztów przyjętych w budownictwie w okresie poprzedzającym niniejsze opracowanie.

Dokładne koszty wykonania usługi zostaną zweryfikowane w trakcie procedury przetargowej i będą wynikały między innymi z przyjętych przez wykonawców składających oferty, proponowanych rozwiązań materiałowych i technologicznych.

Aby wycenić poziom kosztów przygotowano wstępny obmiar prac przedstawiony poniżej.

### **Przedmiar robót dla renowacji zabezpieczenia antykorozyjnego hali**

Przedmiar prac opracowano na podstawie dokumentacji firmy PROMUS Ruda Śląska (Projekt 3/ 12227), która została nam udostępniona przez Zleceniodawcę. W skład elementów podlegających procesom konserwacji wchodzi elementy konstrukcyjne hal 6d2, 6d3.1, 6d3.2, 6d3.3. W obliczeniach przyjęto dane z tabel "LISTA MAS"

#### **Podstawowe elementy konstrukcyjne:**

- dźwigary dachowe pełnościenne IPE220,IPE300,IPE450,IPE500 stal S355
- płatwie pełnościenne IPE180,IPE200,HEA120,HEA140,HEA160 stal 355
- stężenia połączniowe z rur kwadratowych i prętowe,
- słupy główne IPE220,IPE240,IPE270,IPE300,IPE330 stal S355
- słupy ścian szczytowych IPE220,IPE240,IPE330 stal 355
- rygle ścian szczytowych IPE330, HEA120,HEA140 (S355),
- rygle obudowy z rur kwadratowych,
- ryglówka bram i drzwi z rur kwadratowych i profili walcowanych;
- elementy konstrukcji wsporczej pod klapami dymowymi

Obiekt 6d Jest wspólną, rozczłonkowaną halą stalową stanowiącą zadaszenie nad:

- 6d1 - strefą zrzutu biomasy z reaktorów - osie 6.G-6.J/6.7-6.15,
- 6d2 - strefą przeróbki pofermentatu - osie 6.F-6. G/6.11-6.15,
- 6d3 - strefą załadunku i rozładunku biomasy łączącą obiekty 6a, 6b z strefą przeróbki, pofermentatu,
- osie 6.A-6.F/6.11-6.15(6d3.1) + 6.E-6.F/6.1-6.11(6d3.2)+ 6J-6.G/6.7-6.11(6d3.3),

Podział hali 6d na 4 strefy 6d1+6d4, a strefę 6d3 na strefy 6d3.1+6d3.3 wprowadzono dla potrzeb projektu konstrukcji. W strefie przeróbki pofermentatu występuje osadnik OS2 wód odciekowych z pras i wirówki oraz stalowa konstrukcja wsporcza KW1 nad prasami i wirówką wspierająca się na osadniku. W strefie rozładunku i załadunku biomasy występują dwa boksy B01 i B02 na biomasę, na których wspiera się konstrukcja stalowa obiektu.



## **Strefa 6d2 - Hala przeróbki (odwodnienie i zagęszczanie) pofermentatu**

Wymiary rzutu poziomego konstrukcji stalowej hali w osiach 6.F-6.G /6.11 -6.15 wynoszą  $(6.35+6.35) \times 6,8\text{m}$ . W kierunku poprzecznym jedna nawa, 'IN kierunku podłużnym 2 nawy. Wysokość 'IN w świetle konstrukcji 10,5m. Stalowa konstrukcja nośna hali składająca się z dwóch dwuprzegubowych ram poprzecznych w osiach 6. ; 1 i 6. ; 3 z przegubami w poziomie podstaw słupów oraz ściany ryglowej w osi 6.15 wspiera się na poz. +4.0m na ścianach żelbetowych osadnika OS2 wód odciekowych z pras i wirówki. Słupy ram z IPE300, rygiel ramy w osi 6.13 z IPE220 ze wzmocnieniami w połączeniach ze słupem, a w osi 6.11 z HEA 120. Słupy ściany ryglowej z IPE240, a jej rygiel z HEA 120. Na ryglach oparto płatwie z HEA140 i HEA120. Dwukondygnacyjne stężenia pionowe z krzyżulcami ciągnowymi z prętów 024 z nakrętkami napinającymi rurowymi oraz krzyżulcami z prętów sztywnych i ryglami z rur kwadratowych z 100x4 i 80x4 zapewniające geometryczną niezmienną hali przyjęto w wszystkich czterech ścianach zewnętrznych. Usytuowanie stężeń w ścianach uzgodniono z technologiem 8UA. Geometryczną niezmienną rzutu dachu zapewniają połaciowe stężenia podłużne i poprzeczne. Wszystkie profile stal S355 , stężenia prętowe 024 stal 8235.

## **Strefa 6d3 - Hala załadunku i rozładunku biomasy**

Na halę składają się trzy strefy. Na pierwszą jednonawową strefę 6d3.1 o rozpiętości 12,7m pomiędzy osiami 6.11+6.15/6.A+6.F składa się 7 nawo rozpiętościach 6.45, 6.25, 6.15 x2, 4.2, 4.4 i 4.2m. Na drugą jednonawową strefę 6d3.2 o rozpiętości 12,8m składa się 6 naw w rozstawach 6,3m. Na trzecią strefę 6d3.3 składa się konstrukcja stalowa nad dwukomorowym boksem B02 o wymiarach rzutu poziomego w świetle ścian 6,9 x  $(4,3+4,55)\text{m}$ . Minimalna wysokość w świetle konstrukcji w strefie 6d3.1 i 6d.3.2 wynosi około 8,0m. Minimalna wysokość w świetle konstrukcji w strefie 6d3.3 wynika z przyjęcia dla strefy 6d1 minimalnej wysokości 8,8m. Dachy stref 6d1 i 6d3.3 tworzą bowiem jedną wspólną połąć ze spadkiem 5% w kierunku reaktorów.

### **Strefa 6d3.1**

Ramy nośne tej strefy w osiach 6.A+6.E dwuprzegubowe z przegubami W poziomie oparcia na cokółach fundamentowych (poz. +0,4m) i attykach obiektu 6a (poz. +5,9m). Słupy ram z IPE330, rygle z IPE450. Ramy nośne w osiach 6.E1 i 6.E2 trójpzregubowe. Słupy wahacze z IPE330, rygle z IPE450 i IPE500 oparte przegubowo na podciągu kratowym - pas górny HEA160, pas dolny HEA120 , skatowania RK 100x5 - usytuowanego w osi 6.11 między osiami 6.E-6.F o rozpiętości 12,8m.

Na ryglach wspierają się płatwie z IPE 180 i IPE200. W osi 6.F płatwie wspierają się belce IPE270 przymocowanym w osi do słupów hali 6d2 w osi 6.F. Geometryczną niezmienną tej strefy w podłużnych płaszczyznach pionowych zapewniają oprócz dwukondygnacyjnego, ciągnowego stężenia pionowego w osi 6.15 oraz jednokondygnacyjnego, ciągnowego stężenia w osi 6.11 stężone ściany w tych osiach hali 6d2, a w przypadku ściany w osi 6.15 dodatkowo stężenie pionowe w hali 6d1. Krzyżulce stężeń ciągnowych z prętów 024 ze stali S355 z nakrętkami napinającymi rurowymi, a rygle z rur kwadratowych 100x4.

W osi 6.A przyjęto ryglówkę ścienną i bramową. Środkowy słup ryglówki bramowej z IPE270, a pozostałe elementy tej ryglówki przyjęto z rur kwadratowych 160x5 i kątowników 100x50x6. Mocowanie bramy segmentowej do ryglówki ze względu na dużą korozyjność środowiska panującego w hali od jej strony zewnętrznej. Ryglówka naświetla nad bramą z rur kwadratowych 140x4 i 100x4. Wszystkie profile stal S355, stężenia prętowe 024 stal S235.

### **Strefa 6d3.2**

Dwuprzegubowe ramy nośne tej strefy o rozpiętości 12,8m z słupami z HEA 180 w osi 6.E oparto przegubowo na attykach obiektu 6a na poziomie +5,9m. W osi 6.F rygle ram w osiach 6.2,6.4,6.6 i 6.7 podparte słupami wahaczowymi z HEA 180 na attyce obiektu 6b na poz. +7,2m. Sztynnymi węzłami są węzły górne ramy w osi 6.E. Słup wahaczowy ramy w osi 6.9 oparto w osi 6.F na dwuprzęsłowym podciągu. W tej osi z dolną półką na poziomie +8.00m. Na słupku ramy w osi 6.9 wspiera się w osi 6.F przegubowo rygiel IPE300 dwunawowej ramy stref 6d3.3 i 6d1 rozpiętej między osiami 6.F+6.J Sztynny węzeł ramy rozpiętej między osiami 6.F+6.J występuje jedynie na przecięciu osi 6.9 z 6.G

Na ryglach ram strefy 6d3.2 wspierają się pławie z IPE 180 i IPE200.

Sztynne stężenie pionowe w ścianach w osiach 6.E i 6.F z krzyżulcami i ryglami z rur kwadratowych 100x4 oraz poziome stężenia połączy owe podłużne i poprzeczne z ciągami 016 i słupków z rur kwadratowych. BOx3 zapewniają stateczność i geometryczną niezmienną strefy 6d3.2 w obu płaszczyznach. Wszystkie rygle ram tej strefy z IPE500. Dwuprzęsłowy podciąg w osi 6.F z HEA 220 z półką dolną na poziomie +8.03m podparto dwoma wahaczowymi słupami z HEA 160 na ścianach boku B02 na poz. +4,0m. Podparcia obu słupów wahaczowych w płaszczyznach prostokątnych do osi podciągu uzyskano poprzez podłączenie rygla podciągu rurami kwadratowymi 80x4 do stężonych ścian pionowych występujących w strefie 6d3.3 w osiach ścian poprzecznych boku 802. Skrajne słupy w osi 6.G tych dwóch stężonych ścian połączono stężeniem pionowym usytuowanym pomiędzy tymi słupami w osi podłużnej boku 802. Każda stężona ściana składa się z dwóch słupów podchodzących pod dach oraz jednokondygnacyjnego, ciągłego stężenia pionowego dochodzącego jedynie do poziomu rygla podciągu. Krzyżulce tych stężeń z prętów 024 4, rygle z rur kwadratowych 80x4. Połączenia słupów z elementami dachu powinny zapewniać swobodę ugięć dachu. Przyjęto połączenia z zastosowaniem pionowych otworów owalnych o długości 1=30mm.

W osi 6.1 przyjęto ścianę ryglową z słupami z IPE240, ryglem dachowym z HEA160 oraz ryglówką ścienną z rur kwadratowych 80x4, 100x4, 120x4, 160x4, ceowników 120 i kątowników 50x5. Rury kwadratowe 160x4 i kątowniki tworzą ryglówkę bramy segmentowej. Mocowanie bramy segmentowej do ryglówki ze względu na dużą korozyjność środowiska wewnątrz hali od jej strony zewnętrznej.

Stateczność tej ściany w płaszczyźnie pionowej zapewnia przychwycenie jej elementów konstrukcyjnych do ścian żelbetowych obiektów 6a i 6b. Wszystkie profile stal S355, stężenia prętowe 016 i 0 24 stal S235.



### Strefa 6d3.3

Elementami konstrukcyjnymi tej strefy są wymienione wyżej dwie stężone ściany usytuowane w osiach poprzecznych ścian boksu 802, jedna stężona ściana w osi podłużnej boksu oraz słup podpierający ramę dachową w osi 6.9 między osiami 6.F- 6.J oparty również na ścianie podłużnej boksu B02.

Płatwie dachu tej strefy z HEA140 i HEA160, opierają się na ryglu ramy w osi 6.9, belce HEA120 mocowanym w osi słupów 6.11 oraz na ryglu ściany ryglowej w osi 6.7. Geometryczna niezmiennosc rzutu dachu tej strefy zapewniają stężenia pościowe podłużne i poprzeczne z cięgien 016 z nakrętkami napinającymi rurowymi i słupków z rur kwadratowych 80x3. Wszystkie profile stal S355, stężenia prętowe 016 stal S235.

Warstwę nośną dachów stanowi blacha trapezowa. Blacha mocowana do konstrukcji za pomocą wkrętów. W obliczeniach założono, że blacha dachowa jest tarczą, która usztywnia górny pas płatwi.

**Tabela 4. Lista mas elementów konstrukcji z określeniem powierzchni do malowania wg dokumentacji**

Lp.	Listy wysyłkowe dla obiektu	Ciężar[kg]	Powierzchnia malarska [m <sup>2</sup> ]
1	<b>LISTA MAS Wagi- Obiekt 6d3.1</b>		
2	Lista wysyłkowa V01.01	97,6	5,2
3	Lista wysyłkowa V03.01	3780,1	98,8
4	Lista wysyłkowa V05.01	7770,2	170,1
5	Lista wysyłkowa V07.01	4184,6	145,9
6	Lista wysyłkowa V08.01	2198,3	77,3
7	Lista wysyłkowa V09.01	337,2	14,3
8	Lista wysyłkowa V10.01	520,1	14,5
	Lista wysyłkowa V11.01	235,0	7,6
	Lista wysyłkowa V15.01	135,4	6,1
	Lista wysyłkowa V16.01	919,2	31,2
	Lista wysyłkowa V18.01	864,0	21,7
9	<b>Razem</b>	<b>21041,7</b>	<b>592,7</b>
10	<b>LISTA MAS Wagi-Obiekt 6d3.2</b>		
11	Lista wysyłkowa U03.01	897,3	24,3
12	Lista wysyłkowa U05.01	5918,3	114,3
13	Lista wysyłkowa U07.01	4233,2	148,3
14	Lista wysyłkowa U08.01	1434,8	46,2
15	Lista wysyłkowa U09.01	538,5	21,5
16	Lista wysyłkowa U10.01	795,4	24,7
17	Lista wysyłkowa U12.01	413,6	12,4
18	Lista wysyłkowa U15.01	59,7	2,3
19	Lista wysyłkowa U16.01	846,3	28,8
20	Lista wysyłkowa U18.01	896,4	21,0
21	<b>Razem</b>	<b>16033,5</b>	<b>443,8</b>

Tabela 5. cd. Lista mas elementów konstrukcji z określeniem powierzchni do malowania wg dokumentacji

Lp.	Listy wysyłkowe dla obiektu	Ciężar[kg]	Powierzchnia malarska [m <sup>2</sup> ]
<b>22</b>	<b>LISTA MAS Wagi-Obiekt 6d2, 6d3.3</b>		
23	Lista wysyłkowa W03.01	4881,6	147,7
24	Lista wysyłkowa W03.02	1712,4	31,9
25	Lista wysyłkowa W05.01	4168,5	113,1
26	Lista wysyłkowa W05.02	2643,7	57,5
27	Lista wysyłkowa W07.01	5617,3	176,8
28	Lista wysyłkowa W08.01	2374,2	77,8
29	Lista wysyłkowa W09.01	447,9	17,1
30	Lista wysyłkowa W09.02	127,7	5,5
31	Lista wysyłkowa W10.01	2654,2	82,8
32	Lista wysyłkowa W12.01	483,1	16,2
33	Lista wysyłkowa W15.01	85,4	3,2
34	Lista wysyłkowa W15.02	1873,7	70,7
35	Lista wysyłkowa W16.02	1129,6	37,6
36	Lista wysyłkowa W18.01	1078,7	29,1
<b>37</b>	<b>Razem</b>	<b>29278,0</b>	<b>867,0</b>
<b>38</b>	<b>Suma wszystkich elementów</b>	<b>58999,9kg</b>	<b>1683,5m<sup>2</sup></b>

### Kalkulacja prac rekonserwacyjnych zabezpieczenia antykorozyjnego

Kosztorys sporządzono w oparciu o wyliczoną w przedmiarze robót powierzchnię malarską wskazaną w dokumentacji wykonawczej do hali Zakładu Zagospodarowania Odpadów w Tychach realizowanej zgodnie z projektem nr 3/ 12227 z firmy PROMUS Ruda Śląska na zlecenie STRABAG.

Sumaryczną powierzchnię rekonserwacji przyjęto jako 1683,5 m<sup>2</sup>, kosztorys wykonano w oprogramowaniu Norma STD Wersja 4.52. (Nr seryjny: 15416).

Zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa oraz Katalogiem Nakładów Rzeczowych przedmiar robót objętych katalogiem sporządza się w metrach kwadratowych, tak, więc wartość obmiaru robót przyjęto wprost z projektu budowlanego.

Rzeczywista końcowa cena usługi powinna jednak być określona na podstawie rzeczywistej powierzchni poddanej renowacji, którą przyjmą wspólnie w protokole odbioru, po dokonaniu obmiaru, Zlecający i Wykonawca prac.

Kosztorys zamieszczono na końcu opracowania w postaci załącznika.

## B. 6. Podsumowanie

Przeprowadzone analizy pozwalają na określenie kilku podstawowych obszarów wymagających natychmiastowej bądź pilnej interwencji, obejmujących kwestie związane z samą konstrukcją hali oraz bezpieczeństwem jej użytkowania, naprawy zaistniałych uszkodzeń i odtworzenie zabezpieczeń antykorozyjnych na należytym poziomie oraz zmian o charakterze eksploatacyjno-konstrukcyjnych w instalacjach hali związanych z zapewnieniem odpowiedniego wydajnej wentylacji.

W zakresie dotyczącym bezpieczeństwa eksploatacyjnego analizowanej hali technologicznej należy zauważyć, iż stan techniczny hali jest niepokojący, uwzględniając zwłaszcza krótki czas eksploatacyjny. Zasadniczym problemem, który zaobserwowano jest **postępujący proces niszczenia korozyjnego**, szczególnie intensywnie przebiegający w przypadku elementów o stosunkowo małych przekrojach. Niesie to za sobą niebezpieczeństwo przekroczenia naprężeń krytycznych, spowodowanych pocienieniem (zmniejszeniem) przekroju czynnego takich elementów jak blachy węzłowe i śruby napinające stężeń ciągnowych. Elementy te są odpowiedzialne za utrzymanie stateczności geometrycznej konstrukcji dachu. **Ponadto korozja połączeń pomiędzy blachą trapezową oraz płatwiami, jak również zbyt rzadkie zamocowanie łączników, stanowią zagrożenie dla stabilności płatwi.** Należy zauważyć, że warunek połączenia łącznikami w każdej fałdzie znajduje się w opisie do projektu wykonawczego, a warunkiem uznania blachy trapezowej za usztywnienie płatwi jest połączenie blachy w sposób ciągły (gęsty) dolnymi fałdami z pasem górnym płatwi łącznikami. **W tym przypadku zapisy projektów wykonawczych oraz wymagania dotyczące usztywnienia elementów konstrukcyjnych nie zostały dotrzymane.** Mamy, zatem w tym przypadku do czynienia z połączeniem negatywnego wpływu uszkodzeń korozyjnych, wynikających z agresywnego środowiska pracy oraz nie zachowaniem wymagań dotyczących usztywnienia konstrukcji przy pomocy blachy trapezowej.

Przeprowadzone oględziny i analiza danych wskazują jednoznacznie, że w przypadku dalszego postępu uszkodzeń korozyjnych i nie usunięciu stwierdzonych już uszkodzeń może w bliskiej przyszłości dojść do wystąpienia efektów strukturalnych zagrażających dalszej bezpiecznej eksploatacji hali. Co więcej, niepełne zamocowanie blach trapezowych powoduje znaczne obniżenie nośności płatwi dachowych, co powoduje, że zagrożenie z tej strony jest aktualne i wymaga natychmiastowej interwencji. **Warunkiem dalszej eksploatacji hali 6d.3 jest przywrócenie jej do stanu zgodnego z projektem budowlanym i wykonawczym w najbliższym możliwym czasie ze szczególnym uwzględnieniem działań wymienionych w raporcie.**

Działanie te obejmują m.in.:

- naprawę zidentyfikowanych uszkodzeń elementów konstrukcyjnych lub wymianę uszkodzonych elementów,
- poprawną identyfikację warunków korozyjnych oraz adekwatny do zidentyfikowanej korozyjności środowiska dobór technologii i rodzaju zastosowanych materiałów powłokotwórczych (farb), co obejmuje ponowne przygotowanie powierzchni do malowania oraz wykonanie samych warstw malarskich ze szczególnym uwzględnieniem obszarów trudnodostępnych, szczelin itp.,



- oraz działania dotyczące zapewnienia odpowiedniej wentylacji, której wydajność zapewni minimalizację tworzenia się wykroplin na powierzchniach elementów konstrukcyjnych.

Zakres dotyczący naprawy elementów uszkodzonych korozyjnie dotyczy w szczególności takich elementów jak śruby napinające stężeń ciągnowych i innych szczegółowo opisanych w raporcie. Ich naprawa lub wymiana ma zasadnicze znaczenie dla bezpieczeństwa eksploatacji hali technologicznej, co wcześniej opisano.

Zasadniczym problemem wynikającym z analizy budowlanej jest niekontrolowany i bardzo intensywny przebieg procesów niszczenia korozyjnego, który jest czynnikiem decydującym o postępie procesów destrukcji hali, w tym bezpieczeństwa jej użytkowania. **Przeprowadzone analizy jednoznacznie wykazały, iż na etapie projektowania konstrukcji hali i założeń technologicznych nie doszacowano stopnia zagrożeń korozyjnych wynikających z charakteru procesu technologicznego.** Założono zbyt niski stopień zagrożeń korozyjnych (C4) w stosunku do realnych warunków eksploatacyjnych, które powinny być przyjęte na poziomie C5 z uwzględnieniem permanentnego tworzenia się wykroplin. W związku z przyjęciem zbyt niskiej agresywności środowiska pracy, niepoprawnie dobrany został również system farb ochronnych. Znalazło to odbicie w udokumentowanym gwałtownym przebiegu procesów korozyjnych. Należy również pamiętać, iż proces ten został przyspieszony w wyniku współdziałania czynników mechanicznych, opisanych w raporcie. Lokalne uszkodzenia warstwy malarskiej spowodowane zostały nieostrożnie prowadzonymi pracami montażowymi, które doprowadziły do pęknięcia warstwy ochronnej i penetracji agresywnego środowiska pracy. Dodatkowo obszary te nie zostały ponownie pomalowane i zabezpieczone, czego wymaga praktyka wykonywania zabezpieczeń antykorozyjnych. W konsekwencji stwierdzono występowanie licznych obszarów uszkodzeń korozyjnych, których naprawa wymaga w praktyce ponownego przeprowadzenia procesu malowania.

Niezależnie od całościowego ujęcia problemu uszkodzeń korozyjnych, błędne określenie stopnia korozyjności środowiska oraz w konsekwencji nieprawidłowy dobór farb ochronnych (nie uwzględniając również sposobu wykonania powłok malarskich i braku korekt w miejscach uszkodzonych), **czyni koniecznym ponowne wykonanie zabezpieczeń antykorozyjnych** obejmujących przygotowanie powierzchni (tj. usunięcie resztek pierwotnej powłoki malarskiej, oczyszczenie powierzchni i jej przygotowanie do naniesienia nowych powłok) oraz dobór materiałów powłokotwórczych adekwatnych, co do odporności korozyjnej, dla środowiska korozyjnego typu C5. Szczegóły dotyczące proponowanych rozwiązań materiałowych przedstawiono szczegółowo w raporcie. **Elementem niezwykle istotnym w tym zakresie jest szczególnie wnikliwy odbiór prac malarskich** w tym wykonanie powierzchni referencyjnych.

Finalnym elementem wynikającym z przeprowadzonych badań jest problem z pojawianiem się wykroplin medium roboczego o lekko-kwaśnym charakterze zawierających w swym składzie m.in. związki fosforanowo-amonowe. Obserwacje procesu technologicznego pozwoliły na wykazanie, że w jego trakcie opary technologiczne nie ulegały całkowitemu usunięciu z obszaru roboczego, a znaczna ich ilość ulegała kondensacji i wykropleniu na zimnych powierzchniach elementów konstrukcyjnych, co udowodniono odpowiednią dokumentacją fotograficzną. Analiza ich agresywności korozyjnej (wartość pH) oraz skład chemiczny wskazują, na czynny wpływ na

intensywność procesów degradacji korozyjnej. Należy wspomnieć, że środowisko robocze tego typu ma swoją klasyfikację w klasie korozyjności przyjmowaną jako C5-M, która jest wartością skrajną. **Wskazuje to jednoznacznie, że problem niewystarczająco wydajnej wentylacji jest elementem krytycznym, decydującym o przyspieszeniu procesów niszczenia analizowanych obiektów. Analizy te wskazują, że wykonawca hali w sposób nieadekwatny do realnych warunków procesu technologicznego, przyjął za niską wydajność systemu wentylacyjnego jako wystarczającą, czego konsekwencje udokumentowano materiałem fotograficznym zawartym w raporcie.** Należy przyjąć za pewnik, iż wykonanie nowego systemu powłok ochronnych przy braku zmian w systemie wentylacyjnym (zachowanie jego wydajności na dotychczasowym poziomie) może nie dać oczekiwanego efektu końcowego. W konsekwencji poprawa wydajności wentylacji jest w tym przypadku czynnikiem krytycznym decydującym o skuteczności podjętych działań zaradczych, stanowi ona odrębne działanie koncepcyjno-techniczne, którego wybrane rezultaty przedstawiono w niezależnej części D.

#### UWAGA

Wskazujemy, że wymagane jest bezzwłoczne przystąpienie do usunięcia stwierdzonych wad, a w szczególności wykonanie wszelkich niezbędnych prac naprawczych. Powyższe działania wyeliminują możliwość powiększania się już istniejących wad i ewentualne powstanie nowych, wpływających na bezpieczeństwo eksploatowanej konstrukcji hali oraz zwiększenie kosztów usunięcia szkody.

Opracowanie niniejsze dotyczy naprawy powłok antykorozyjnych i zostanie ono uzupełnione do dnia 31 maja 2018 r w zakresie planu naprawczego opracowanego dla stalowych elementów konstrukcji hali.