

KONSTRUKCJE STALOWE W EUROPIE

**Jednokondygnacyjne
konstrukcje stalowe
Część 1: Poradnik architekta**

**Jednokondygnacyjne
konstrukcje stalowe
Część 1: Poradnik architekta**

PRZEDMOWA

Niniejsza publikacja stanowi pierwszą część przewodnika projektanta zatytułowanego *Jednokondygnacyjne konstrukcje stalowe*.

Przewodnik *Jednokondygnacyjne konstrukcje stalowe* składa się z następujących 11 części:

- Część 1: Poradnik architekta
- Część 2: Projekt koncepcyjny
- Część 3: Oddziaływania
- Część 4: Projekt wykonawczy ram portalowych
- Część 5: Projekt wykonawczy kratownic
- Część 6: Projekt wykonawczy słupów złożonych
- Część 7: Inżynieria pożarowa
- Część 8: Przegrody zewnętrzne budynku
- Część 9: Wprowadzenie do oprogramowania komputerowego
- Część 10: Wzorcowa specyfikacja konstrukcji
- Część 11: Połączenia zginane

Jednokondygnacyjne konstrukcje stalowe to jeden z dwóch przewodników projektanta. Drugi przewodnik nosi tytuł *Wielokondygnacyjne konstrukcje stalowe*.

Obydwa przewodniki projektanta powstały w ramach europejskiego projektu „Wspieranie rozwoju rynku kształtowników na potrzeby hal przemysłowych i niskich budynków (SECHALO) RFS2-CT-2008-0030”.

Przewodniki projektanta zostały opracowane pod kierownictwem firm ArcelorMittal, Peiner Träger oraz Corus. Treść techniczna została przygotowana przez ośrodki badawcze CTICM oraz SCI współpracujące w ramach joint venture Steel Alliance.

Spis treści

	Nr strony
PRZEDMOWA	i
STRESZCZENIE	v
1 WPROWADZENIE	1
1.1 Stal jako materiał konstrukcyjny	1
1.2 Stal w budynkach jednokondygnacyjnych	7
2 ZALETY WYBORU KONSTRUKCJI STALOWEJ	8
2.1 Niewielki ciężar	8
2.2 Minimalne wymiary konstrukcyjne	9
2.3 Szybkość budowy	10
2.4 Elastyczność i możliwość adaptacji	11
2.5 Rozwiązanie oparte na zasadach zrównoważonego rozwoju	12
3 FORMA GŁÓWNEJ KONSTRUKCJI STALOWEJ	13
3.1 Typy konstrukcji	13
3.2 Połączenia między słupami i belkami	28
4 PRZEGRODY ZEWNĘTRZNE BUDYNKU	30
4.1 Systemy okładzin	31
4.2 Drugorzędna konstrukcja stalowa	32
4.3 Dachy	33
5 OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA	35
6 SUWNICE	36
7 WNIOSKI	38
8 DODATKOWA LITERATURA	39

STRESZCZENIE

Niniejsza publikacja jest przeznaczona dla architektów i zawiera podstawowe informacje na temat zastosowania stali w jednokondygnacyjnych konstrukcjach stalowych. Tego typu konstrukcje są wykorzystywane przede wszystkim w budynkach przemysłowych, ale są odpowiednie także do wielu innych zastosowań. W niniejszej publikacji omówiono zalety stosowania stali, takie jak niski ciężar, minimalne wymiary konstrukcyjne, szybkość montażu, elastyczność, możliwość adaptacji i zgodność z zasadami zrównoważonego rozwoju. Przedstawiono podstawowe formy konstrukcji stalowych i stosowane systemy okładzinowe. Odnotowano, że wymagania pożarowe w stosunku do takich konstrukcji są zazwyczaj niewielkie, ponieważ osoby przebywające w budynku zwykle mogą go szybko opuścić w razie pożaru. Omówiono pokrótce wpływ umieszczenia dźwigni wewnątrz budynku jednokondygnacyjnego na projekt konstrukcji.

1 WPROWADZENIE

1.1 Stal jako materiał konstrukcyjny

Stal jest synonimem współczesnej architektury. Przez cały XX wiek materiał ten stanowił inspirację dla architektów i inżynierów, łącząc w sobie wytrzymałość i wydajność, oraz niezrównane możliwości ekspresji twórczej.

Główną zaletą stali jest wysoki współczynnik wytrzymałości względem wagi, co daje niezwykle możliwości przeklepienia i wyjątkową nośność. Stal nadaje się do prefabrykacji. W fabryce można tworzyć całe konstrukcje, które są następnie szybko składane na miejscu budowy. Konstrukcje stalowe dają duże możliwości adaptacji, jako że ramy mogą być modyfikowane i zmieniane. Koszty są niewielkie, ponowne przetwarzanie proste, a możliwości estetyczne szerokie i zróżnicowane. Ciągły rozwój w zakresie projektowania konstrukcji stalowych, zarówno pod względem możliwości technicznych, jak i środków wyrazu, dokonujący się dzięki pracy projektantów, producentów i inżynierów sprawia, że stal odgrywa kluczową rolę we współczesnej architekturze.

Stal jest zasadniczo prostym stopem żelaza z węglem, ale jej właściwości można poprawić lub zmodyfikować przez dodanie innych składników stopowych, a także zastosowanie odpowiedniego procesu produkcji. Materiał ten jest wówczas używany do wyrobu kształtowników, płyt lub arkuszy blach, a te proste wyroby wykorzystuje się do produkcji konstrukcji i elementów budynku.

Standardowe koncepcje dotyczące wielu rodzajów konstrukcji jednokondygnacyjnych uległy zmianom, jednak nie stanowią one ograniczenia: odstępstwa od norm są powszechne, ponieważ stal nadaje się świetnie do rozwiązań kreatywnych. Nowoczesna architektura pełna jest rozwiązań, które wymykają się prostym klasyfikacjom. Dotyczy to także konstrukcji jednokondygnacyjnych. Nie muszą one mieć wyłącznie charakteru funkcjonalnego. Obiekty te mogą przybrać formę delikatnych łuków lub zaskakująco wyrazistych konstrukcji. Chociaż zastosowanie regularnych siatek i standaryzacja są często najtańszym rozwiązaniem, konstrukcje stalowe dają niezwykle możliwości w zakresie wyrazu architektonicznego oraz projektowania. Wybrane efektowne formy konstrukcyjne możliwe do wykonania przy zastosowaniu konstrukcji stalowych przedstawiono poniżej — Rysunek 1.1 do Rysunek 1.5.



Rysunek 1.1 Konstrukcja jednokondygnacyjna z dachem łukowym



Rysunek 1.2 Jednokondygnacyjny magazyn z nieosłoniętą kratownicą stalową



Rysunek 1.3 Jednokondygnacyjna konstrukcja stalowa z zastosowaniem wygięcia i wykorbienia — przyszła siedzibą galerii sztuki

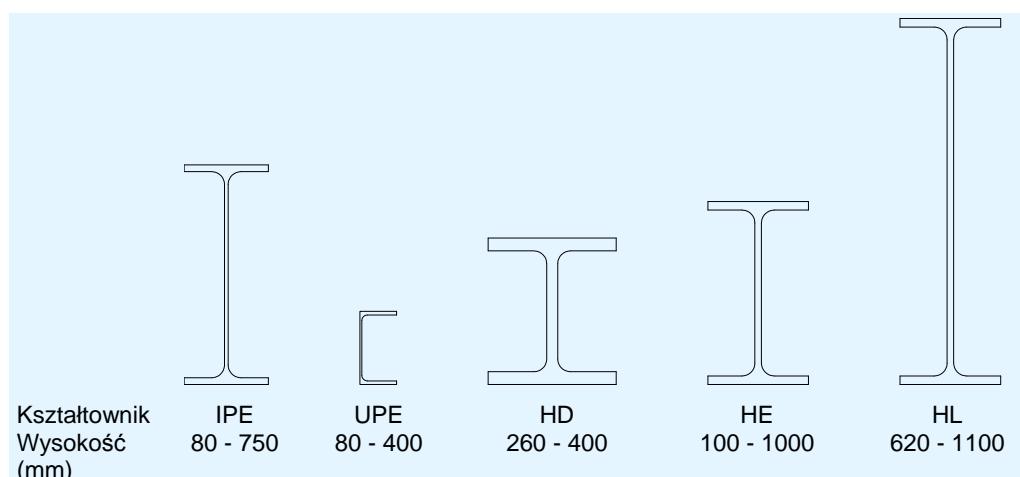


Rysunek 1.4 Nowoczesny budynek przemysłowy ze stalowym dachem łukowym



Rysunek 1.5 Konstrukcja stalowa dachu muzeum transportu

Konstrukcyjne ramy stalowe opierają się zwykle na zastosowaniu kształtowników stalowych walcowanych na gorąco: w przypadku tego typu kształtowników materiał podgrzewa się i przepuszcza jako kęs lub surówkę przez ciężkie wałki, które stopniowo zmniejszają przekrój poprzeczny i nadają elementowi kształt, jednocześnie wydłużając go. Ostateczny kształt przekroju mieści się zwykle w standardowym zakresie. Typowe zakresy przekrojów poprzecznych pokazano na rysunku 1.6.

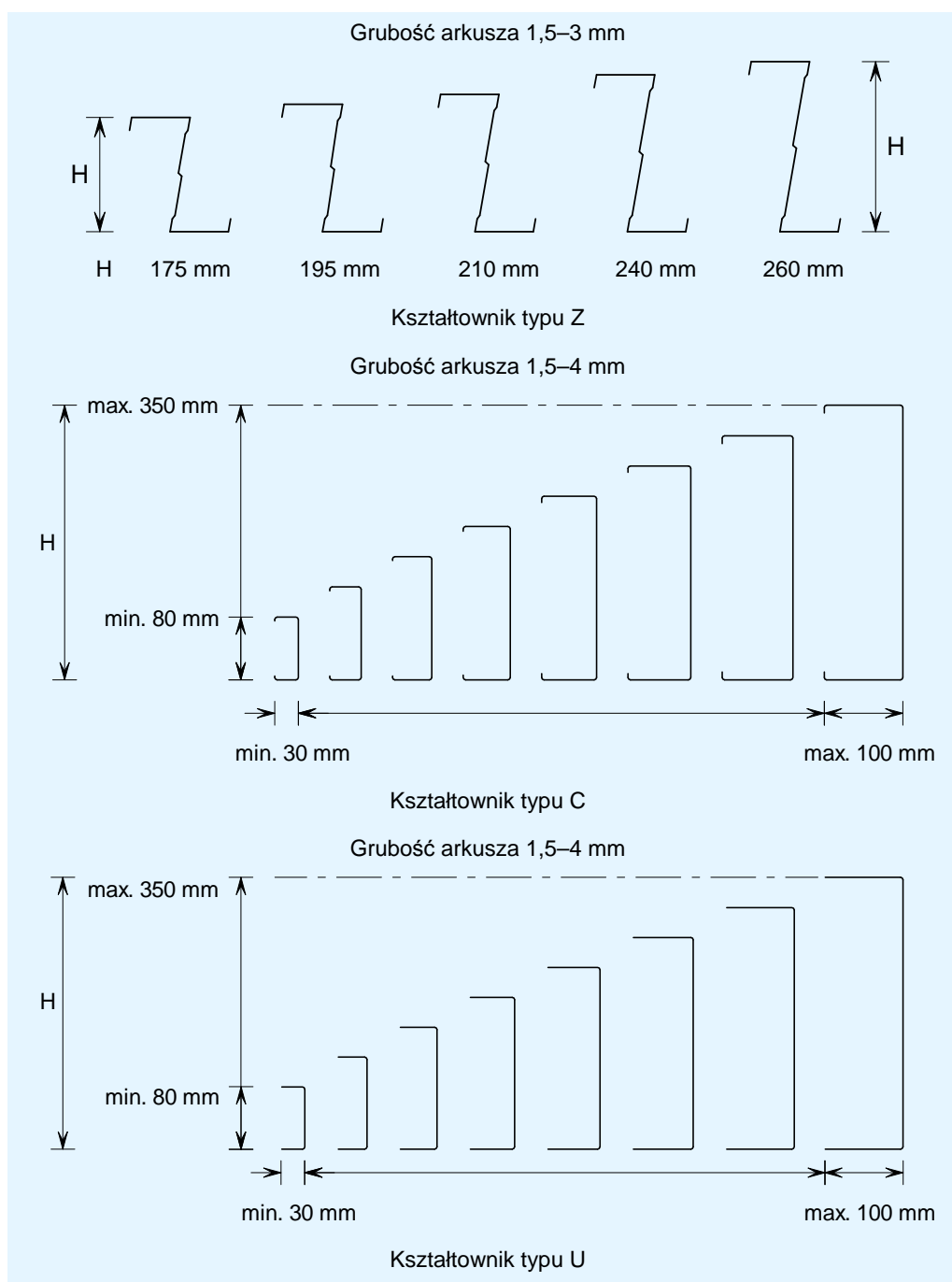


Rysunek 1.6 Typowe profile walcowane na gorąco

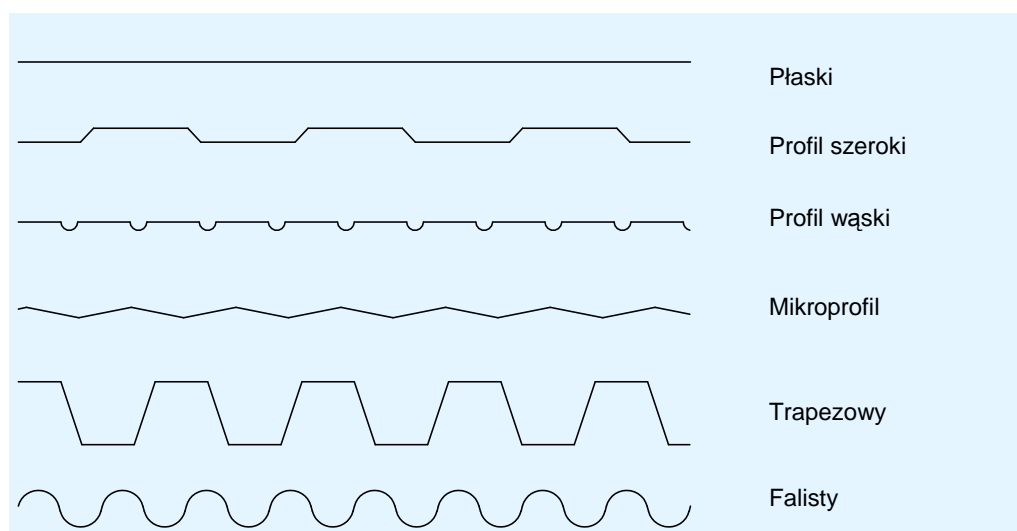
W przypadku większych rozpiętości wysokie belki lub inne elementy konstrukcyjne mogą być wytwarzane z kształtowników walcowanych na gorąco i blachy, w wyniku czego powstają złożone pod względem geometrycznym elementy. Kształtowniki walcowane na gorąco mogą zostać wygięte po zakończeniu produkcji za pomocą urządzeń do gięcia lub przerobione na profile z perforowanym środkiem przy użyciu różnorodnych technik. Niektóre z tych technik wymagają podzielenia belki na dwie części w taki sposób, aby można je było zespawać ze sobą, tworząc wyższą belkę o znacznie większych możliwościach przeklepienia.

Lżejsze kształtowniki stalowe można tworzyć, wyginając cienki arkusz blachy, tak aby powstał profil typu C lub Z. Jest to zwykle wykonywane przy użyciu linii walcowania na zimno (w przypadku kształtowników standardowych) lub też prasy bądź krawędziarki (w przypadku kształtowników specjalnych). Powszechnie stosowane profile konstrukcyjne mają od 80 mm do 350 mm wysokości, jak pokazano na rysunku 1.7, i nadają się szczególnie do płatwi dachowych i szyn bocznych podpierających okładzinę, w przypadku ram lekkich, oraz jako wsparcie ścian wewnętrznych i działowych.

Stosując walcowanie na zimno, można z szerokich, cienkich arkuszy wykonać profilowane okładziny dachowe i ścienne (patrz typowe profile na rysunku 1.8) oraz profilowane poszycie stropu.



Rysunek 1.7 Typowe kształtowniki walcowane na zimno



Rysunek 1.8 Typowe profile okładzin

Elementy stalowe można łączyć przy użyciu różnorodnych technik, w tym spawania i połączeń śrubowych. Projekt połączeń jest ważną częścią każdego systemu konstrukcyjnego. Układy połączeń mogą być w dużym stopniu znormalizowane lub wyjątkowe, dopasowane do złożonej konstrukcji. W przypadku obiektów, których konstrukcja stalowa jest celowo wyeksponowana, połączenia same w sobie stanowią często ważne elementy architektoniczne.

1.2 Stal w budynkach jednokondygnacyjnych

Konstrukcja stalowa o przeznaczeniu handlowym, przemysłowym lub rolniczym to zwykle jednokondygnacyjny budynek jedno- lub wielonawowy. Zarówno długość budynku, jak i jego szerokość są wymiarami znacznie większymi niż jego wysokość. Tego typu obiekty mogą pełnić funkcje magazynów, centrów dystrybucyjnych, centrów sprzedaży detalicznej, sal wystawowych, hal sportowych i wszelkiego rodzaju przestrzeni handlowych.

Każdy rodzaj budynku ma własne wymagania dotyczące przestrzeni wewnętrznej, ale w większości konieczne jest zapewnienie przestrzeni pozbawionej całkowicie elementów konstrukcyjnych bądź takiej, w której liczba słupów wewnętrznych ograniczona jest do minimum. Konstrukcję projektuje się na ogół z myślą o konkretnym przeznaczeniu. W przypadku obiektów produkcyjnych i magazynowych względy ekonomiczne oraz elastyczność mają zazwyczaj większe znaczenie niż wygląd budynku. W przypadku innych budynków wygląd zewnętrzny konstrukcji jest ważniejszy, a wykonaną konstrukcją stalową wykorzystuje się do stworzenia obiektów ciekawych pod względem architektonicznym.

Budynki zaprojektowane z myślą o adaptacji zachowują swoją wartość, ponieważ w przyszłości można je podzielić, połączyć z innymi budynkami lub rozbudować. Możliwość ponownego wykorzystania budynku jest głównym czynnikiem, gdy podejmowana jest decyzja o jego ewentualnej renowacji bądź przebudowie.

W zależności od funkcji budynku podstawowy układ konstrukcji określony zostanie we wskazówkach architekta. Inżynier budownictwa ma do wyboru wiele koncepcji konstrukcyjnych, w tym ramy proste, ramy portalowe, kratownice i łuki. Powyższe rozwiązania mogą mieć charakter ściśle funkcjonalny, gdy liczy się cena, lub być bardziej odważne pod względem architektonicznym, gdy priorytetem jest atrakcyjny wygląd zewnętrzny.

2 ZALETY WYBORU KONSTRUKCJI STALOWEJ

Konstrukcje stalowe stosuje się w znacznej części wszystkich jedno-kondygnacyjnych budynków przemysłowych i handlowych, co świadczy o dużej opłacalności takiego rozwiązania. Architekci i inżynierowie stosują stal nie tylko ze względu na niewielką cenę, ale także po to, aby uzyskać:

- niewielki ciężar konstrukcyjny,
- minimalne wymiary konstrukcyjne,
- krótki czas montażu,
- elastyczność zastosowań,
- rozwiązanie oparte na zasadach zrównoważonego rozwoju.

2.1 Niewielki ciężar

Konstrukcja stalowa ma stosunkowo niewielki ciężar własny w porównaniu z konstrukcjami murowanymi lub wykonanymi z betonu. Ta zaleta nie tylko ogranicza wymagania dotyczące fundamentów pod daną konstrukcję, ale oznacza także, że konstrukcja jest lekka, dzięki czemu liczba dostaw materiałów na miejsce budowy zmniejsza się. Prefabrykacja stali poza miejscem budowy przyczynia się w znacznym stopniu do zredukowania transportu materiałów na plac budowy i zredukowania czynności tam wykonywanych, tym samym ograniczając przerwy w prowadzeniu prac budowlanych i negatywny wpływ na środowisko.



Rysunek 2.1 Stosunkowo niewielki ciężar własny konstrukcji stalowych ogranicza dostawy materiałów na miejsce budowy

2.2 Minimalne wymiary konstrukcyjne

Stal pozwala na wznoszenie konstrukcji o dużych rozpiętościach przy stosunkowo niewielkich wysokościach konstrukcyjnych. Typowe rozwiązanie konstrukcyjne — izolowana przegroda zewnętrzna podparta na stalowych elementach drugorzędnych — to dobrze rozwinięta, udoskonalana na przestrzeni lat koncepcja pozwalająca na tworzenie projektów ekonomicznych i efektywnych pod względem konstrukcyjnym.

W przypadku dachów dwuspadowych i dachów płaskich o małej rozpiętości wysokość konstrukcyjna belek dachowych lub rygli może wynosić zaledwie $1/40$ rozpiętości pomiędzy słupami. Jeśli w konstrukcjach wielonawowych wymagane są słupy wewnętrzne, mogą mieć one formę niewielkich elementów konstrukcyjnych lub być umieszczone na co drugiej (lub co trzeciej) ramie, zwiększając przestrzeń wewnątrz budynku i elastyczność obiektu. Konstrukcja stalowa podpierająca przegrodę zewnętrzną może być bardzo smukła, jak pokazano na rysunku 2.2, zapewniając maksymalny dostęp światła dziennego.



Rysunek 2.2 Smukła konstrukcja zajmuje mniej miejsca i pozwala na stworzenie budynków przezroczystych

2.3 Szybkość budowy

Stalowe elementy konstrukcyjne są prefabrykowane poza miejscem budowy przez wykonawcę realizującego roboty stalowe. Na tym etapie nakłada się wszelkie wymagane powłoki ochronne. Czynności wykonywane na miejscu budowy obejmują przede wszystkim roboty montażowe — skręcanie ze sobą części konstrukcji stalowej — co skraca czas budowy. Budynek można szybko zabezpieczyć przed wpływami atmosferycznymi, co daje kolejnym wykonawcom możliwość wczesnego rozpoczęcia prac.

Nowoczesna produkcja opiera się na wykorzystaniu maszyn sterowanych numerycznie oraz danych pochodzących z trójwymiarowych modeli elektronicznych całej konstrukcji. Nowoczesna produkcja jest zatem niezwykle dokładna, a błędy wymagające naprawy na miejscu budowy występują niezmiernie rzadko. Wykonawcy kolejnych prac mogą korzystać z trójwymiarowych modeli budynku, aby upewnić się jeszcze przed ukończeniem budowy, że dodawane przez nich elementy (np. okładzina lub instalacje mechaniczne i elektryczne) będą odpowiednio dopasowane do ramy konstrukcyjnej. Wszystkie te udogodnienia przyczyniają się do skrócenia okresu pomiędzy etapem koncepcyjnym a zakończeniem prac.



Rysunek 2.3 Elementy prefabrykowane są łatwo i szybko łączone na miejscu budowy

2.4 Elastyczność i możliwość adaptacji

Konstrukcja stalowa zapewnia zarazem elastyczność i możliwość adaptacji — projektowanie konstrukcji stalowych nie ogranicza się tylko do prostokątnych siatek i elementów prostych, lecz może również uwzględnić efektowny zamysł architektoniczny, jak pokazano na rysunku 2.4.



Rysunek 2.4 Efektowna, wyeksponowana konstrukcja stalowa

Dzięki sterowaniu numerycznemu zastosowanemu nowoczesnej produkcji można zaprojektować i wykonać elementy o prawie każdym pożądanym kształcie. W większości przypadków wykonanie konstrukcji o nietypowym układzie stropów lub z elementami łukowymi jest równie proste jak wykonanie konstrukcji z elementów prostoliniowych. Ze względu na złożoność procesu produkcji pociąga ono jednak za sobą większe koszty.

Budynek można również zaprojektować, umożliwiając przyszłą adaptację zgodnie ze zmianą jego przeznaczenia. Przestrzeń stropowa bez słupów ułatwia przyszłe zmiany układu wnętrza, które prawdopodobnie nastąpią kilkakrotnie w okresie użytkowania budynku. Konstrukcja budynku może zostać zmieniona, wzmocniona i rozbudowana. Opcja rozbudowy konstrukcji na pewnym etapie w przyszłości może zostać uwzględniona w oryginalnym projekcie i szczegółach konstrukcyjnych. Przegrodę zewnętrzną można odnowić, ulepszyć lub zmodyfikować. Przyszli właściciele/użytkownicy mający inne wymagania mogą z łatwością dostosować do nich konstrukcję stalową.

2.5 Rozwiązanie oparte na zasadach zrównoważonego rozwoju

Stal można przetwarzać wielokrotnie bez szkody dla jej jakości czy wytrzymałości. Do produkcji nowych wyrobów stalowych używa się znacznej ilości stali ponownie przetworzonej i z tego względu złom stalowy ma wartość handlową. Na rysunku 2.5 widać złom poddawany procesowi recyklingu w celu wytworzenia nowej stali.

Elementy budynków stalowych są produkowane w warunkach sterowanych, gdzie wytwarza się minimalną ilość odpadów (ścinki przetwarza się jako złom). Ze względu na to, że czynności prowadzone na miejscu budowy ograniczają się głównie do montażu, rzadko wytwarzane są tam jakiegokolwiek odpady.

Często obiekty stalowe można rozmontować, ponieważ tworzą je głównie konstrukcje szkieletowe łączone za pomocą śrub. Elementy stalowe mogą być wykorzystane ponownie w innych obiektach — ramy portalowe i podobne konstrukcje są często rozmontowywane i używane w innych miejscach.



Rysunek 2.5 Nowoczesna technologia produkcji stali wykorzystuje możliwość przetwarzania złomu

3 FORMA GŁÓWNEJ KONSTRUKCJI STALOWEJ

Jednokondygnacyjne konstrukcje stalowe buduje się zwykle z przegrodą zewnętrzną pokrytą okładziną, podpartą w wielu wypadkach na drugorzędnych elementach stalowych o stosunkowo niewielkiej rozpiętości, które z kolei oparte są na głównej konstrukcji stalowej. Niniejszy rozdział zawiera omówienie możliwości konstrukcyjnych, które można wziąć pod uwagę, oraz komentarz dotyczący rodzajów kształtowników konstrukcyjnych, które mogą zostać zastosowane.

3.1 Typy konstrukcji

Wyróżnia się cztery podstawowe konfiguracje konstrukcji, które zapewniają wolną przestrzeń wewnątrz budynku jednokondygnacyjnego:

- sztywne konstrukcje ramowe (ramy portalowe i kratownice wsparte na sztywnej ramie),
- konstrukcje typu belka-słup z ramą przegubową,
- dachy podwieszane,
- dachy łukowe.

W przypadku pierwszych trzech konfiguracji projektant może wybrać pomiędzy dachem płaskim a dwuspadowym.

Typowe rozpiętości oraz stosunki rozpiętość/wysokość głównych elementów dachu w konstrukcjach ze sztywnymi ramami przegubowymi podano w tabeli 3.1.

Tabela 3.1 Typowe rozpiętości i wysokości konstrukcyjne w budynkach jednokondygnacyjnych

Typ konstrukcji	Wysokość belki dachowej	Typowy zakres rozpiętości
Ramy przegubowe		
Belka swobodnie podparta	Rozpiętość/30 do rozpiętość/40	Do około 20 m
Belka wytwarzana z części	Rozpiętość/20 do rozpiętość/25	Do około 30 m
Belka z perforowanym środkiem	Rozpiętość/20 do rozpiętość/60	Do około 45 m
Dach wsparty na kratownicach (dwuspadowy)	Rozpiętość/5 do rozpiętość/10	Do około 20 m
Dach wsparty na kratownicach (płaski)	Rozpiętość/15 do rozpiętość/20	Do około 100 m
Ramy sztywne		
Rama portalowa	Rozpiętość/60	15 m – 45 m
Dach wsparty na kratownicach (płaski)	Rozpiętość/15 do rozpiętość/20	Do około 100 m

3.1.1 Sztywne konstrukcje ramowe

Konstrukcje sztywne uzyskuje się, wykorzystując sztywne (odporne na zginanie) połączenie pomiędzy końcami belek dachowych (lub kratownic) a słupami. Utworzona w ten sposób sztywna rama jest dużo bardziej efektywna pod względem przenoszenia obciążeń użytkowych działających na dach niż swobodnie podparty element konstrukcji dachu (z połączeniami nominalnie przegubowymi na końcach). Taka rama zapewnia również nośność przy oddziaływaniu sił wiatru na boki budynku. Ze względu na to, że konstrukcji te są samonośne w płaszczyźnie ramy, stężenie w dachu może być mniejsze niż w przypadku konstrukcji ze swobodnie podpartymi belkami dachowymi.

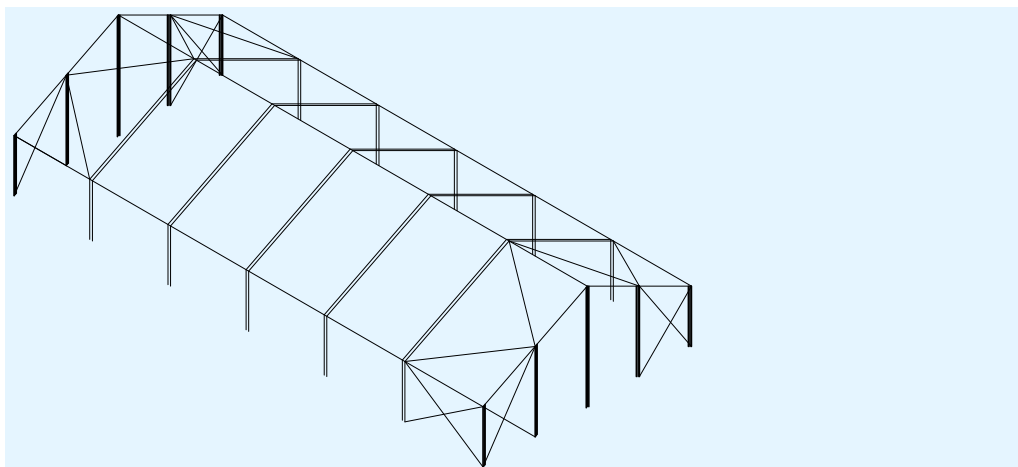
Sztywne konstrukcje ramowe dzielą się ogólnie na dwie kategorie — konstrukcje wsparte na ramach portalowych i konstrukcje wsparte na ramach kratownicowych.

Ramy portalowe

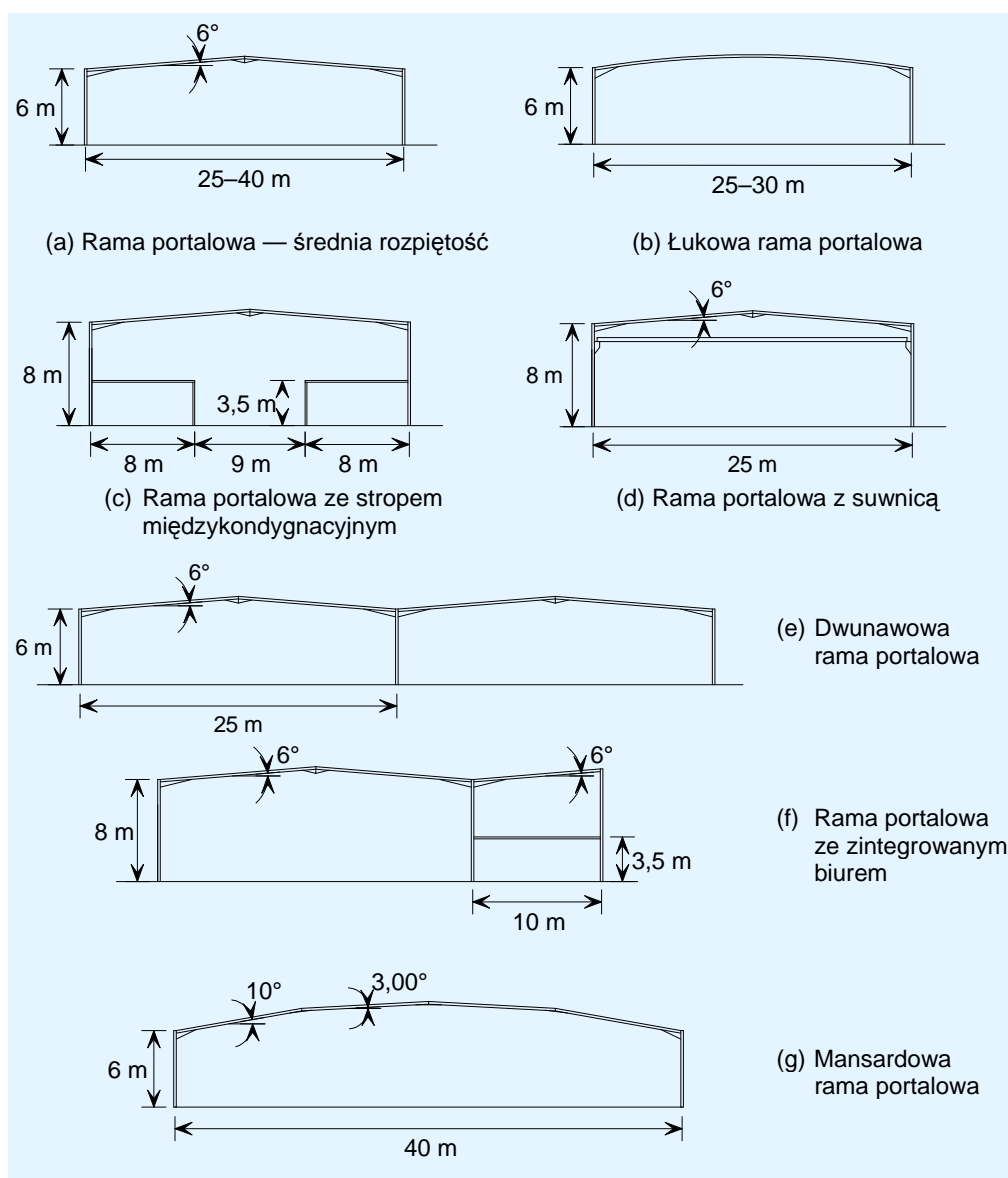
W ramach portalowych jako rygle dachowe i słupy podpierające stosuje się na ogół belki i słupy wykonane z dwuteownika walcowanego na gorąco, chociaż kształtowniki formowane na zimno mogą być odpowiednie w przypadku konstrukcji o niewielkiej rozpiętości. Ramy portalowe są dostępne w wielu różnych kształtach i rozmiarach, z dachami płaskimi i dwuspadowymi.

Typową konfigurację pokazano na rysunku 3.1. Okładzina dachowa i ścienna wsparta jest na płatwiach i szynach bocznych, które rozciągają się pomiędzy ramami portalowymi. Nie jest konieczne wykonywanie stężenia pomiędzy każdą parą ram, ale powinno ono występować w przynajmniej jednym przęśle, aby przenosić siły wzdłużne (normalne w stosunku do ramy) na ściany boczne i dalej do poziomu podłoża.

W niektórych wyjątkowych sytuacjach obliczeniowych okładzina może pełnić funkcję stężenia — to rozwiązanie nazywane jest konstrukcją skorupową. Projekt okładziny i mocowań do elementów podpierających musi zostać poddany ocenie inżyniera budownictwa. W większości przypadków zastosowane zostanie stężenie niezależne od poszycia.



Rysunek 3.1 Typowa konfiguracja przestrzenna konstrukcji wspartej na ramie portalowej



Rysunek 3.2 Formy ram portalowych

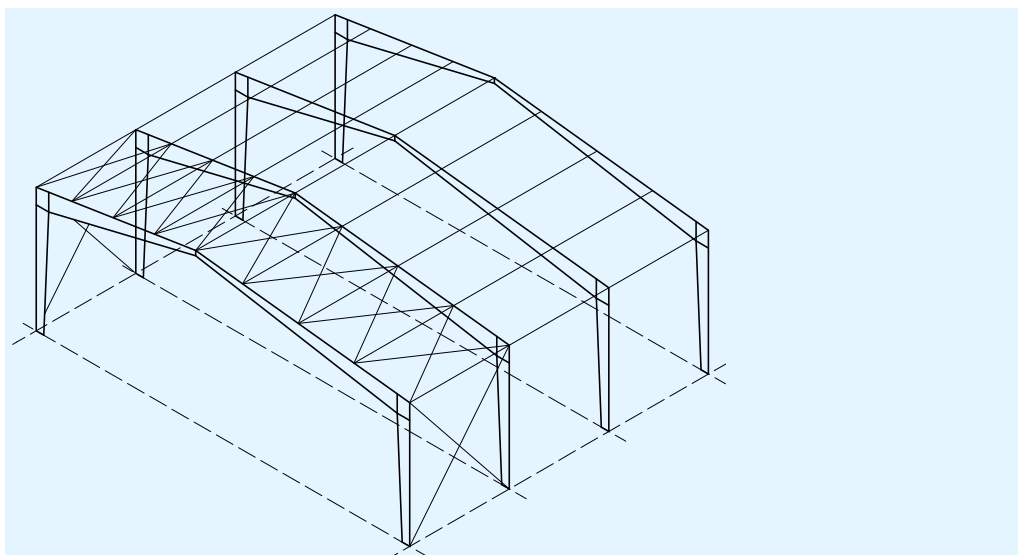
Rygle ram portalowych są zazwyczaj proste, jak pokazano na rysunku 3.3. Te same zasady konstrukcyjne obowiązują przy projektowaniu ram portalowych z ryglem łukowym, jak pokazano na rysunku 3.4. W każdym przypadku istotne jest połączenie między ryglem a słupem i zazwyczaj stosuje się w tym miejscu skos. Wymiary skosu powinny zostać uwzględnione przy opracowywaniu wymagań dotyczących wysokości prześwitu.



Rysunek 3.3 Rama portalowa dachu dwuspadowego



Rysunek 3.4 Rama portalowa dachu łukowego



Rysunek 3.5 Typowe stężenia dachu i ścian w konstrukcjach wspartych na ramach portalowych

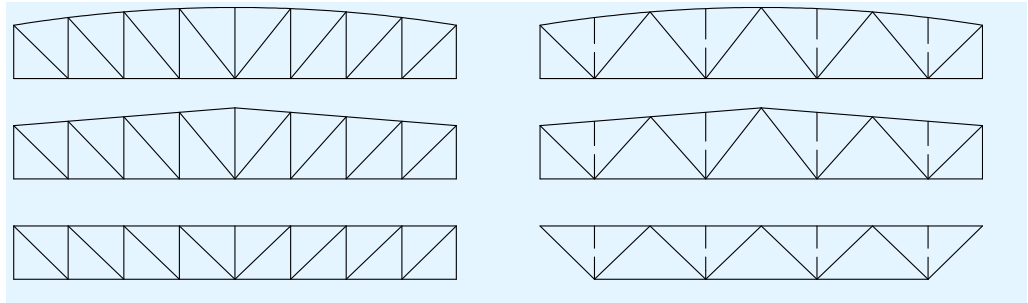
W większości przypadków rygiel (oraz ewentualnie słup) wymagać będzie utwierdzeń miejscowych, jak pokazano na rysunku 3.6. W niektórych krajach stosując tego typu utwierdzenia, należy podjąć odpowiednie działania, aby zagwarantować, że płatwie ułożone będą prawidłowo względem układu stężeń na dachu. Umieszczenie tych utwierdzeń określa inżynier budownictwa.



Rysunek 3.6 Zapewnienie stateczności dolnego pasa belki dachowej

Kratownice ze sztywną ramą

Gdy stosuje się kratownice płaskie, zarówno górne, jak i dolne pasy dźwigarów kratowych można łatwo połączyć z podpierającymi słupami, tworząc w ten sposób sztywną konstrukcję. W przypadku większych rozpiętości kratownice dachowe stanowią skuteczną i tanią alternatywę. Typowe kształty kratownic płaskich pokazano na rysunku 3.7, a dach wsparty na kratownicach widoczny jest na rysunku 3.8.

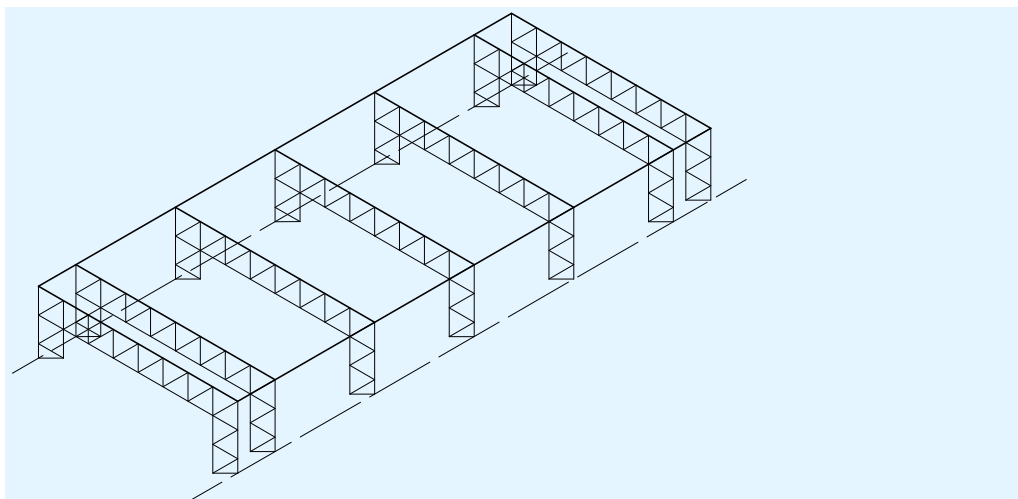


Rysunek 3.7 Typowe kształty kratownic



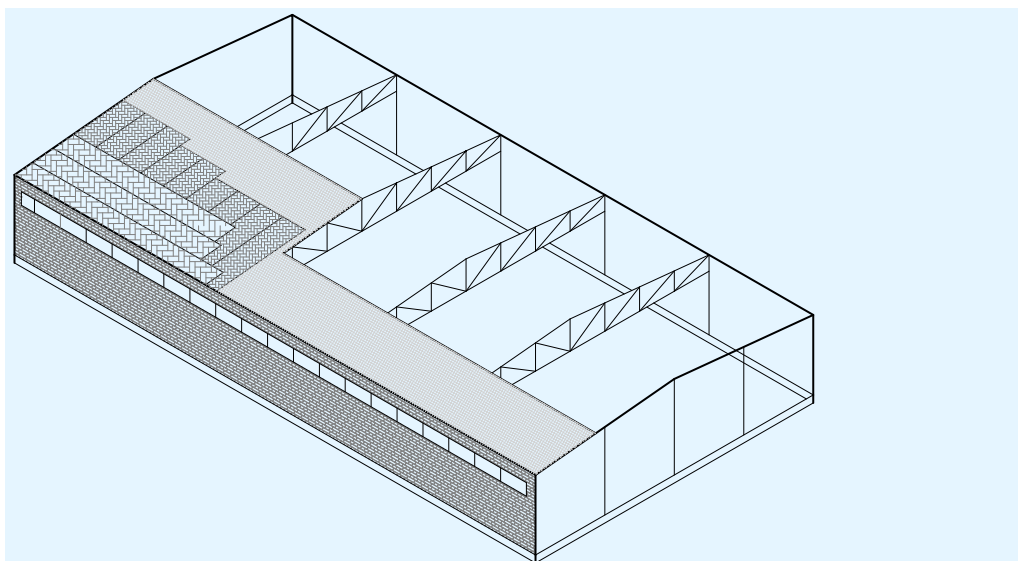
Rysunek 3.8 Kratownica płaska (typu N) ze sztywną ramą

W niektórych sytuacjach również słupy mają formę kratową. Wówczas konfiguracja budynku wygląda zazwyczaj tak, jak pokazano na rysunku 3.9.



Rysunek 3.9 Kratownica płaska ze sztywną ramą i słupami kratowymi

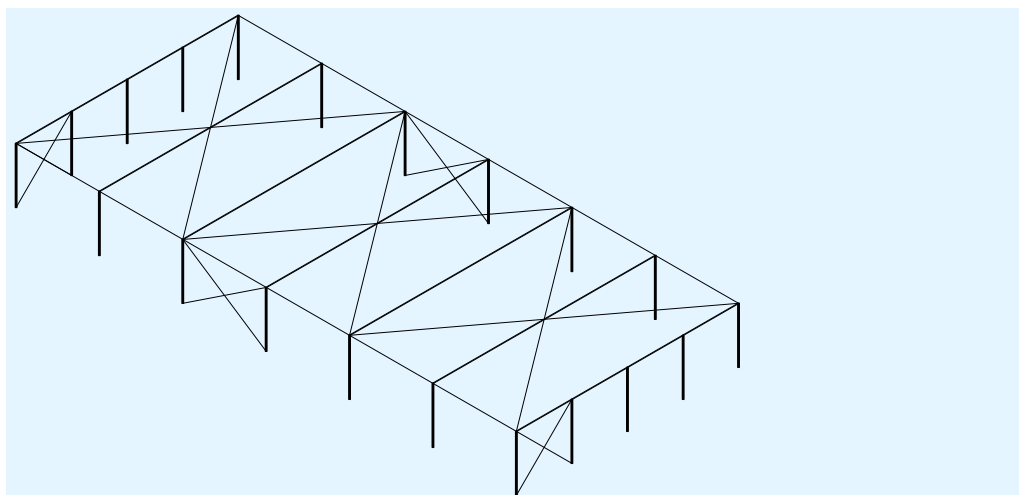
Stateczność poprzeczną górnych pasów kratownic zapewniają zwykle płatwie (oraz jeden panel stężeń, jak w przypadku ram portalowych), jednak gdy dozwolone jest zastosowanie konstrukcji skorupowej, może ona stanowić wystarczające utwierdzenie bez stosowania stężeń, jak pokazano na rysunku 3.10.



Rysunek 3.10 Okładzina dachowa w funkcji konstrukcji skorupowej na sztywnej konstrukcji dachu wspartego na kratownicach

3.1.2 Konstrukcje typu belka-słup z ramą przegubową

W konstrukcji typu belka-słup z ramą przegubową podstawową konfiguracją jest szereg belek ułożonych równolegle. Końce każdej belki wsparte są na słupach, a połączenie pomiędzy belką a słupem jest połączeniem przegubowym bądź podatnym. Na dachu należy zapewnić stężenie w celu przenoszenia na ściany szczytowe i boczne sił poziomych wynikających z oddziaływania wiatru. Z kolei ściany dzięki stężeniom przenoszą te siły na fundamenty. (W niektórych krajach dopuszcza się rozwiązanie alternatywne — okładzina dachowa pełni funkcję konstrukcji skorupowej, eliminując tym samym potrzebę zapewnienia osobnego stężenia). Typową konfigurację przestrzenną pokazano na rysunku 3.11.



Rysunek 3.11 Typowa konfiguracja przestrzenna w przypadku konstrukcji typu belka-słup

W przypadku belek dostępnych jest wiele możliwości:

- kształtowniki walcowane na gorąco (belki wykonane z dwuteowników),
- blachownice,
- belki wykonane z części z otworami w środkach,
- kratownice.

Belki wykonane z dwuteowników walcowanych na gorąco

W najbardziej popularnym rodzaju konstrukcji typu belka-słup zarówno do wykonania belek, jak i słupów stosuje się dwuteowniki walcowane na gorąco. Kształtowniki te wytwarzane są zgodnie z normami międzynarodowymi, przy czym dostępne są także tablice obliczeniowe, na podstawie których można łatwo dobrać rozmiar kształtownika odpowiedni do danego obciążenia. Najczęściej stosowane rozmiary kształtowników są łatwo dostępne u dystrybutorów i szybko dostarczane na zamówienie.

Wysokie kształtowniki ze stosunkowo wąskimi pasami sprawdzają się najlepiej w przypadku belek dachowych, jak pokazano na rysunku 3.12, gdzie ich podstawową funkcją jest zapewnienie nośności przy zginaniu. W przypadku słupów, które poddawane są przede wszystkim ścisnaniu, stosuje się zazwyczaj grubsze i niższe kształtowniki z szerszymi pasami.

Stosunek rozpiętości do wysokości w belkach dachowych wynosi na ogół od 30 do 40 przy rozpiętościach do 20 m.



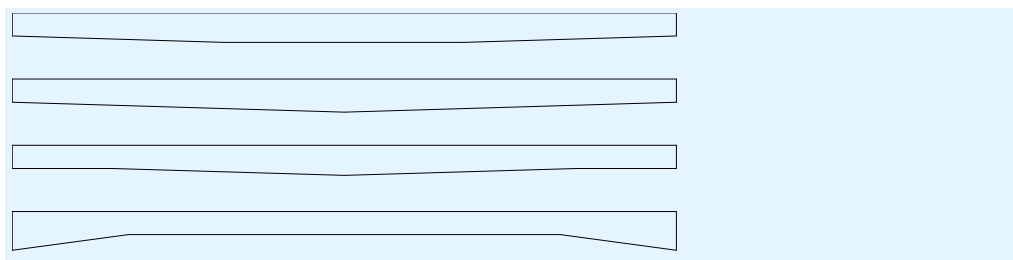
Rysunek 3.12 Konstrukcje typu belka-słup z ramą przegubową

Blachownice

Blachownice to belki złożone z dwóch pasów przyspawanych do blachy środnika w taki sposób, aby powstał dwuteownik. Ten typ belki jest dobrym rozwiązaniem, gdy belki wykonane ze standardowych dwuteowników i dwuteowników szerokostopowych nie mają zastosowania. Wymiary kształtownika dobierane są tak, aby odpowiadały obliczeniowym momentom zginającym i siłom ścinającym. Belki mogą być wyprofilowane w rzucie pionowym, jak pokazano na rysunku 3.13.

Stosunek rozpiętości do wysokości wynosi na ogół od 20 do 25 przy rozpiętościach do 30 m.

Rozwiązaniem alternatywnym stosowanym czasem w przypadku dużych rozpiętości w celu zredukowania grubości blachy środnika jest wykorzystanie blachy falistej (wyprofilowanej w płaszczyźnie). Stosunek rozpiętości do wysokości w przypadku profilowanej blachy środnika wynosi na ogół od 30 do 40 przy rozpiętościach do 100 m.



Rysunek 3.13 Blachownice zwięzane

Blachownice mogą być droższe niż standardowe kształtowniki walcowane na gorąco.

Belki z otworami w środku

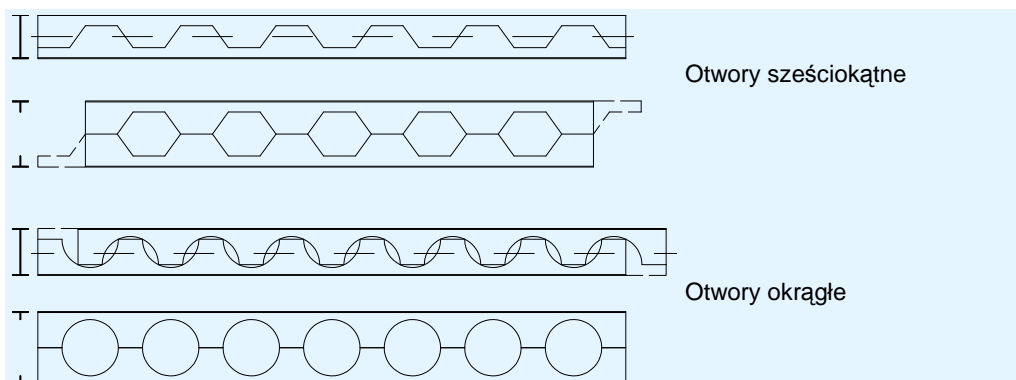
Belki dachowe zazwyczaj przenoszą niewielkie, równomiernie rozłożone obciążenia i dlatego belki rozpostarte na dużych rozpiętościach mogą być wykonane z kształowników z otworami w środkach. Pierwszą belką tego typu w historii była belka zębata z otworami sześciokątnymi. Obecnie powszechnie stosuje się belki z otworami okrągłymi.

W obu przypadkach belka wykonywana jest z walcowanego dwuteownika przez przecięcie wzdłuż środka w celu uzyskania danego profilu, oddzielenie dwóch połówek, a następnie odpowiednie ułożenie jednej z nich względem drugiej i ponowne zespawanie. Zostało to przedstawione na rysunku 3.14. Główną zaletą tego typu belki jest zmniejszenie ciężaru: w przybliżeniu o 30% w stosunku do belki z pełnym środkiem, przy podobnej wysokości i nośności przy zginaniu.

Przykład zastosowania belki z okrągłymi otworami przedstawiono na rysunku 3.15.

Belki z otworami w środku są mniej odpowiednie w przypadku dużych obciążeń skupionych.

Stosunek rozpiętości do wysokości wynosi na ogół 30 przy rozpiętościach do 50 m.



Rysunek 3.14 Sposób wykonania belek z otworami w środku



Rysunek 3.15 Belki z okrągłymi otworami w środku

Kratownice

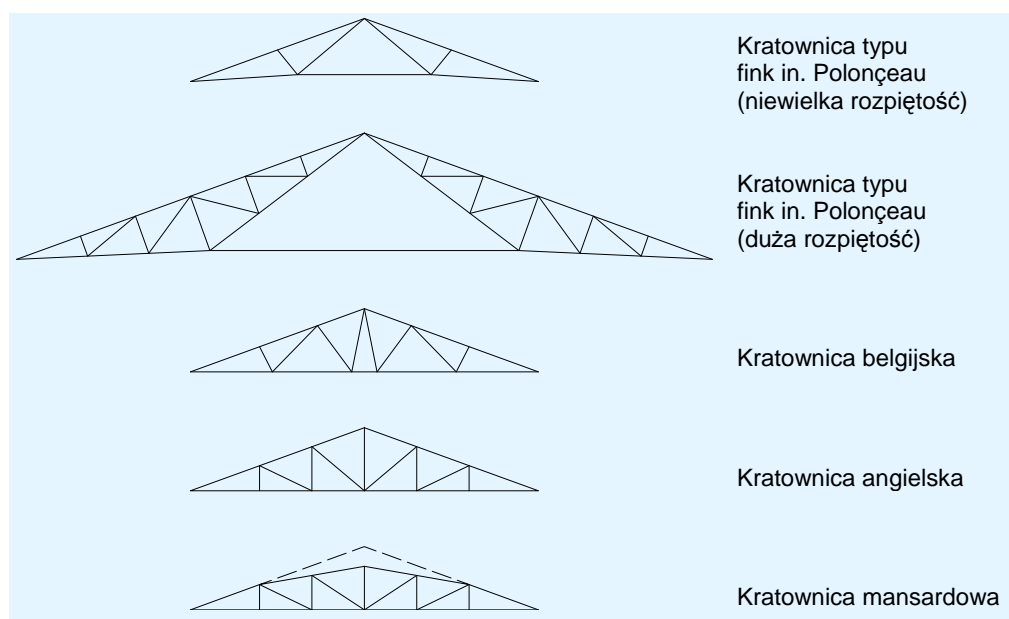
Kratownice stanowią triangulowany zespół elementów konstrukcyjnych. W budynkach jednokondygnacyjnych stosuje się dwa podstawowe układy kratownic — kratownice dachów dwuspadowych oraz kratownice płaskie o prawie jednakowej wysokości.

Kratownice dachów dwuspadowych

W ramach przegubowych stosuje się wiele rodzajów kratownic dachów dwuspadowych, jak pokazano na rysunku 3.16.

Kratownice pokazane na rysunku 3.16 wytwarza się zwykle z teowników i kątowników, a stosuje do wykonania dachu nachylonego. Spora (zwykle niewykorzystana) przestrzeń pomiędzy kratownicami może wydawać się wadą tego typu konstrukcji, jako że zwiększa powierzchnię wymagającą ogrzania i całkowitą wysokość konstrukcji, lecz przy niewielkich rozpiętościach stanowi rozwiązanie ekonomiczne i zapewnia miejsce do przeprowadzenia instalacji.

Ponieważ kratownice tego typu stosowane są w przypadku dachów o dużym spadku, stosunek rozpiętości do wysokości wynosi na ogół od 5 do 10 przy rozpiętościach do 20 m.



Rysunek 3.16 Typy kratownic dachów dwuspadowych

Kratownice płaskie

Kratownice płaskie stosuje się przede wszystkim w ramach sztywnych (dokładniejsze omówienie w rozdziale 0), ale także w ramach przegubowych — jak w przykładzie pokazanym na rysunku 3.17.



Rysunek 3.17 Kratownica płaska w budynku wspartym na ramie przegubowej

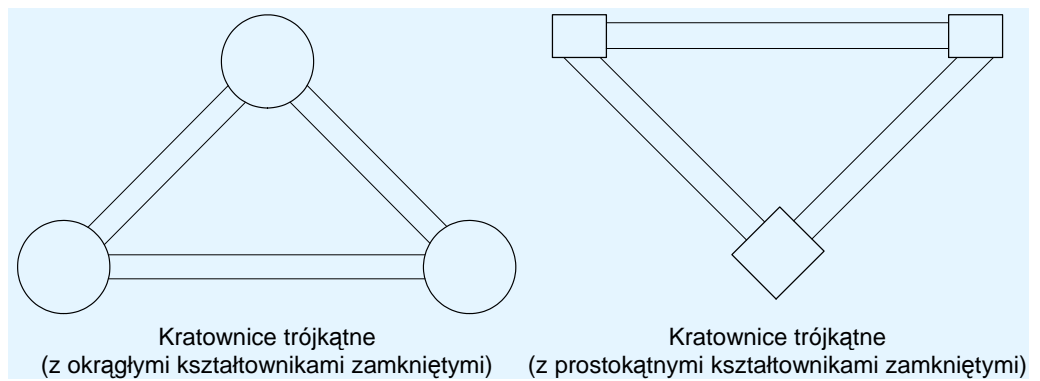
Kratownice mają zazwyczaj większą wysokość niż pojedyncze belki lub blachownice. Ugięcie kratownicy jest niewielkie i można je kontrolować, co czyni kratownice szczególnie atrakcyjnym rozwiązaniem w sytuacji, gdy konstrukcja dachu musi przenosić znaczne obciążenia lub gdy zastosowany dach jest płaski (lub prawie płaski). Większa wysokość kratownic zwiększa wymiary elewacji, ale także tworzy przestrzeń do przeprowadzenia instalacji wewnątrz konstrukcji dachu zamiast pod nią.

Ciężar konstrukcji dachu kratownicowego na jednostkę jego powierzchni jest na ogół mniejszy niż ciężar dźwigarów z pojedynczych belek, ale koszty wykonania są wyższe. Możliwe jest wyeksponowanie kratownic w ukończonej konstrukcji, co może podnieść koszt ich wykonania, np. jeśli do wytworzenia elementów zastosowane zostaną kształtowniki zamknięte.

Stosunek rozpiętości do wysokości w przypadku kratownic płaskich wynosi na ogół od 15 do 20 przy rozpiętościach do 100 m.

Kratownice są zazwyczaj płaskie i wymagają zastosowania jakiejś formy stężenia w celu zapewnienia stateczności. Jako alternatywę można zastosować kratownice trójwymiarowe, jak pokazano w przekroju poprzecznym na rysunku 3.18 i zilustrowano na rysunku 3.19. Produkcja tej formy kratownicy jest na ogół kosztowna ze względu na złożony układ elementów wewnętrznych.

Stosunek rozpiętości do wysokości kratownic trójwymiarowych wynosi na ogół od 16 do 20 przy rozpiętościach powyżej 50 m.



Rysunek 3.18 Trójwymiarowe kratownice trójkątne



Rysunek 3.19 Trójwymiarowe kratownice zapewniające podparcie dachu

3.1.3 Dachy podwieszane

W konstrukcjach podwieszanych stosuje się elementy rozciągane (liny stalowe lub pręty), które zapewniają pośrednie podparcie elementów takich jak belki dachowe, umożliwiając tym samym zastosowanie mniejszych rozmiarów danych elementów. Odciągi muszą być wsparte na słupach lub masztach, a elementy te muszą być zakotwione lub stężone z innymi odciągami. Układ stężeń jest zazwyczaj bardzo widoczny, dlatego przy jego projektowaniu należy wziąć pod uwagę estetykę budynku. Przykład podwieszanej konstrukcji budynku pokazano na rysunku 3.20.

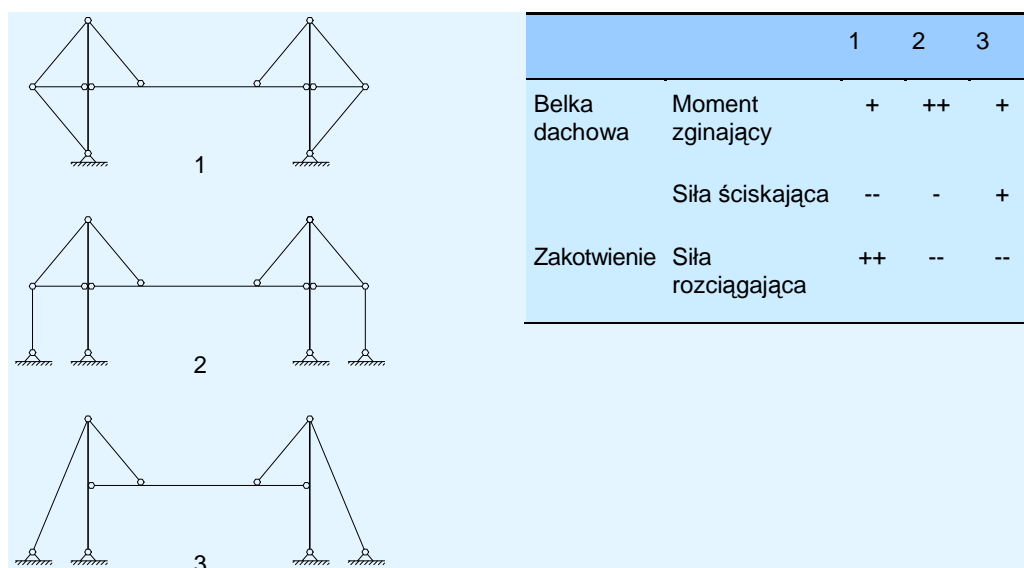


Rysunek 3.20 Podwieszane belki dachowe w budynku magazynowym

Alternatywne konfiguracje do zastosowania w budynkach z dachem płaskim pokazano na rysunku 3.21.

Konstrukcje podwieszane są najbardziej ekonomiczne w przypadku rozpiętości pomiędzy 30 m a 90 m.

Koszty utrzymania takiej konstrukcji mogą być wysokie, ponieważ większa jej część znajduje się poza budynkiem. Należy uważnie określić szczegóły dotyczące bariery wodoszczelnej w miejscach, gdzie odciągi przechodzą przez okładzinę.



Rysunek 3.21 Porównanie trzech głównych konfiguracji konstrukcji podwieszanych

Układ konstrukcji ma znaczący wpływ na rozkład sił wewnętrznych, a tym samym na wymiary elementów konstrukcyjnych. Plan budynku należy opracować we współpracy z inżynierem budownictwa.

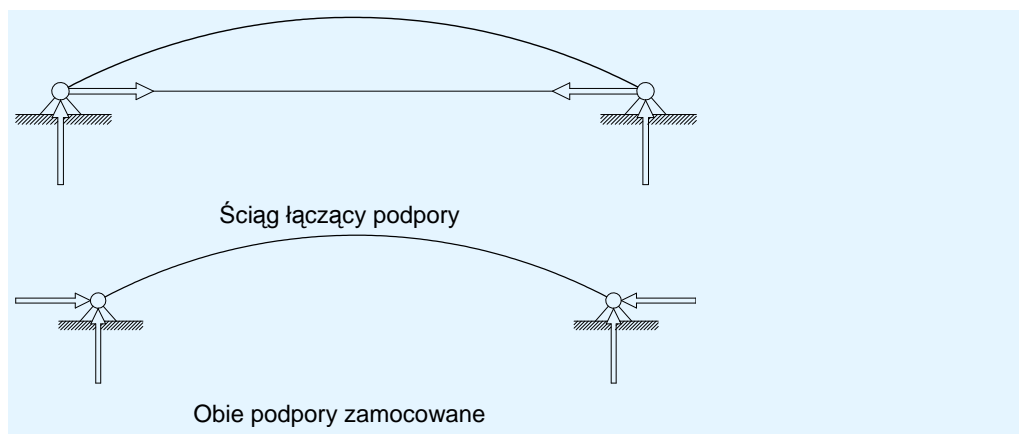
3.1.4 Łuki

Łuki mają kształt paraboliczny lub okrągły, jak pokazano na rysunku 3.22. Równomiernie rozłożone obciążenia są przenoszone przez ściskanie w elementach łukowych. Nierównomiernie rozłożone obciążenia i obciążenia skupione wywołują niewielkie momenty zginające. Siły ściskające muszą być neutralizowane przez siły poziome działające w fundamentach budynku lub przez ściągi pomiędzy fundamentami, jak pokazano na rysunku 3.22.

Elementy łukowe można wykonać, zginając na zimno belki zbudowane z dwuteowników.

Stosunek rozpiętości do wysokości w przypadku elementów łukowych wynosi na ogół pomiędzy 60 a 75 przy rozpiętościach do 50 m.

Przykład budynku z dachem łukowym pokazano na rysunku 3.23.



Rysunek 3.22 Sposoby podparcia elementów łukowych



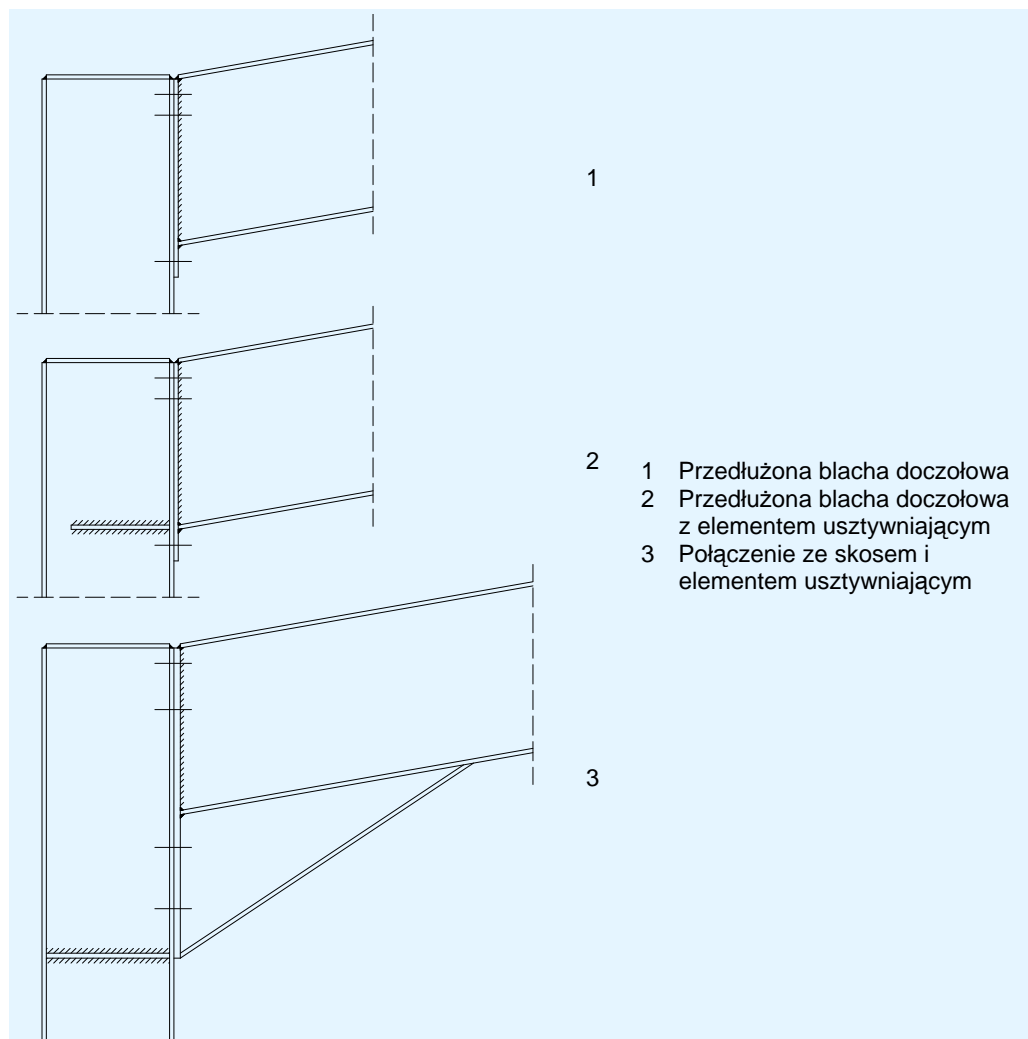
Rysunek 3.23 Remiza strażacka

3.2 Połączenia między słupami i belkami

3.2.1 Połączenia odporne na zginanie

W konstrukcji wspartej na ramach portalowych połączenia między belkami i słupami przenoszą momenty zginające, a także siły ścinania i siły osiowe i muszą być zaprojektowane jako połączenia sztywne.

W połączeniu sztywnym stosuje się na ogół blachę doczołową o pełnej wysokości. Belka dachowa jest zwykle miejscowo skosowana, a środnik słupa jest usztywniony, aby był odporny na siły lokalnie pochodzące od końca belki dachowej. Na ogół należy unikać stosowania elementów usztywniających, ponieważ podnoszą one znacznie koszt produkcji.



Rysunek 3.24 Sztywne połączenia śrubowe pomiędzy belkami dachowymi i słupami

Połączenia pomiędzy kratownicami i słupami uzyskuje się zwykle przy pomocy blach doczołowych na górnych i dolnych pasach dźwigara, połączonych przy użyciu śrub z licem słupa. Typowy przykład zilustrowano na rysunku 3.25.

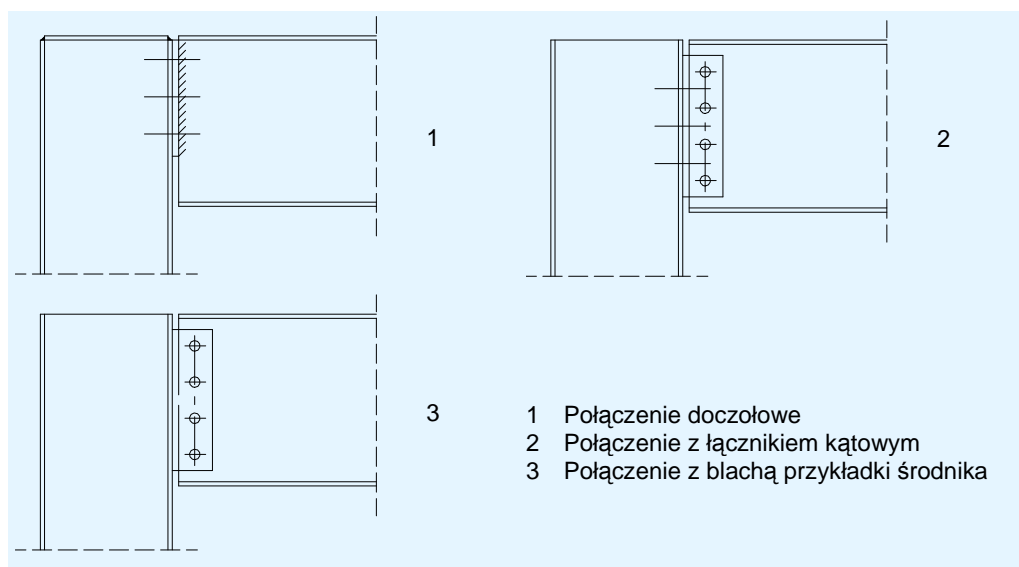


Rysunek 3.25 Połączenie kratownica-słup w sztywnej konstrukcji ramowej

3.2.2 Połączenia nominalnie przegubowe

W konstrukcji typu belka-słup stosuje się połączenia nominalnie przegubowe, które z założenia nie przenoszą żadnych momentów sił pomiędzy połączonymi elementami. Oddziaływania zewnętrzne, takie jak oddziaływania wiatru, muszą być neutralizowane przez układy stężeń. Układ stężeń mogą tworzyć stężenie stalowe lub sztywny rdzeń. W przypadku konstrukcji jednokondygnacyjnych prawie zawsze stosuje się układ stężeń stalowych.

Połączenia przegubowe można wykonać w stosunkowo łatwy (i tani) sposób. W typowych połączeniach stosuje się blachy doczołowe o niepełnej wysokości, blachy przykładki środnika lub łączniki kątowe. Elementy łączą się ze sobą na miejscu budowy przy użyciu śrub.



Rysunek 3.26 Nominalnie przegubowe połączenia śrubowe

4 PRZEGRODY ZEWNĘTRZNE BUDYNKU

Konstrukcja stalowa budynku jednokondygnacyjnego składa się na ogół z trzech podstawowych elementów: konstrukcja główna (słupy i belki dachowe ze stężeniem); drugorzędna konstrukcja stalowa, czyli płatwie i szyny boczne podtrzymujące pokrycie dachowe i okładziny ścienne; oraz same pokrycia dachowe i okładziny. Pokrycia dachowe i okładziny określa się na ogół jako przegrody zewnętrzne budynku.

Przegrody zewnętrzne budynku zapewniają odporną na warunki pogodowe osłonę przestrzeni budynku. W większości przypadków stanowią one również izolację termiczną budynku od środowiska zewnętrznego. Wygląd zewnętrzny jest często głównym czynnikiem decydującym o wyborze formy przegród zewnętrznych. Architekt musi zatem wybrać system, który będzie zgodny z wymaganiami dotyczącymi wytrzymałości na oddziaływania takie jak napór wiatru oraz (na dachach płaskich i prawie płaskich) obciążenia użytkowe, zapewniając jednocześnie izolację termiczną zgodną z kryteriami niskiego zużycia energii i wygląd zewnętrzny, który spełni oczekiwania klienta.

Często stosuje się ten sam typ okładziny na dach i ściany.

Ustalanie szczegółów jest istotnym elementem projektowania przegród zewnętrznych budynku. Ważne, aby systemy odprowadzania wody nie blokowały jej odpływu ani nie przeciekały, a integracja otworów (okien i drzwi) z okładziną nie wpłynęła negatywnie na izolację termiczną.

Ciekawy przykład zastosowania kolorowej blachy profilowanej pokazano na rysunku 4.1.



Rysunek 4.1 Warsztat samochodowy ze stalowym dachem i elewacją

4.1 Systemy okładzin

Do wyboru są następujące podstawowe systemy okładzin:

- Profilowana blacha stalowa
 - Poszycie pojedyncze
 - Poszycie podwójne składane na miejscu budowy z panelu okładzinowego, izolacji i arkusza zewnętrznego
 - Kompozytowe panele warstwowe prefabrykowane poza miejscem budowy z arkusza wewnętrznego i zewnętrznego oraz izolacji
- Blacha stalowa z izolacją pokryta wodoszczelną membraną — stosowna powszechnie na dachach płaskich
- Panele/okładzina drewniana
- Prefabrykowane płyty betonowe
- Konstrukcja z bloczków (w przypadku ścian)

4.1.1 Okładzina z blachy profilowanej

Podstawowe typy systemów okładzinowych z profilowanej blachy stalowej stosowane na dachach i ścianach zestawiono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1 Podstawowe typy systemów okładzinowych

System	Izolowany?	Korzyści
Systemy wielowarstwowe	tak	<ul style="list-style-type: none"> • Dowolność w wyborze zewnętrznej blachy profilowanej • Wysoka ognioodporność • Dobra izolacja akustyczna i pochłanianie dźwięku • Szybki montaż, proste mocowania mechaniczne
Panele kompozytowe	tak	<ul style="list-style-type: none"> • Szybki montaż • Całkowicie prefabrykowane
Pojedyncze poszycie	nie	<ul style="list-style-type: none"> • Tani i szybki montaż • Łatwość demontażu • Duża dowolność form

4.1.2 Prefabrykowane płyty betonowe

W przypadku dachów płaskich przenoszących znaczne obciążenia użytkowe ażurowe płyty betonowe sprawdzają się jako stosunkowo łatwo montowane elementy konstrukcyjne oraz warstwa izolacji termicznej.

Prefabrykowane płyty betonowe (płyty kanałowe lub panele warstwowe) zapewniają wymaganą nośność przy dużych obciążeniach śniegiem lub w przypadkach, gdy ciężka konstrukcja dachu jest wymagana ze względów bezpieczeństwa (np. aby wytrzymać ciśnienie wybuchu w sytuacjach wyjątkowych). Płyty prefabrykowane są jednak znacznie cięższe niż profilowana okładzina stalowa, zatem główna konstrukcja stalowa musi być odpowiednio bardziej wytrzymała.

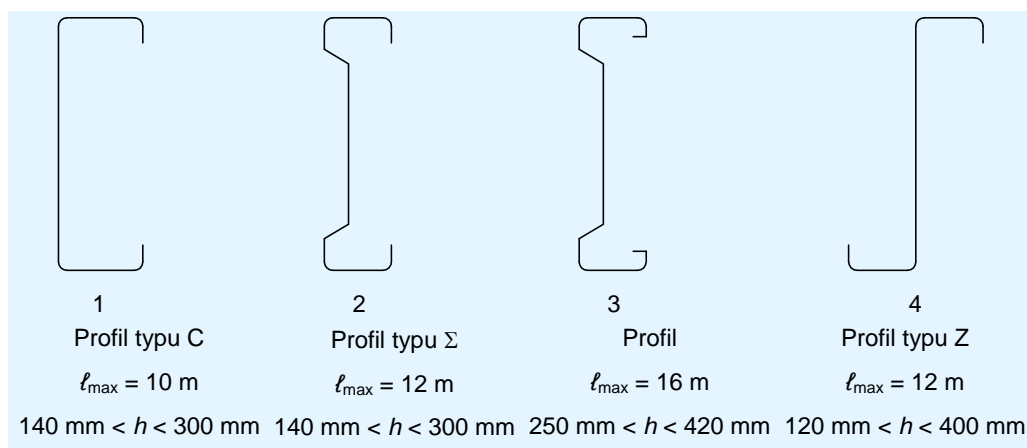
4.1.3 Konstrukcja z bloczków

W przypadku ścian budynków jednokondygnacyjnych często stosuje się konstrukcję z bloczków o pełnej lub niepełnej wysokości (z okładziną z blachy w górnej części ściany). Ściana z bloczków zapewnia izolację i odporność. Może być także zastosowana ze względu na walory estetyczne.

4.2 Drugorzędna konstrukcja stalowa

Belki drugorzędne stosuje się, gdy rozstaw belek głównych lub kratownic jest za duży, aby rozpiąć między nimi okładzinę bądź panele dachowe, lub gdy okładzina rozpostarta jest równoległe do belek głównych, co zwykle ma miejsce w przypadku dachów dwuspadowych.

Na elementy drugorzędne można wybrać formowane na zimno bądź walcowane na gorąco kształtowniki stalowe. Profile typowych kształtowników formowanych na zimno przedstawiono na rysunku 4.2. Kształtownik formowany na zimno może być nawet do 30% lżejszy niż kształtownik walcowany na gorąco.



Rysunek 4.2 Typowe przekroje belek formowanych na zimno

Kształtowniki formowane na zimno są wytwarzane ze stali galwanizowanej, co na ogół zapewnia wystarczającą ochronę przed korozją wewnątrz budynku (wyjątkiem mogą być środowiska agresywne, takie jak np. obora, gdzie występuje amoniak).

Drugorzędne elementy z kształtowników formowanych na zimno są używane przy stosunkowo niewielkim rozstawie, zwykle pomiędzy 1,6 m a 2,5 m. Bardzo długie elementy drugorzędne mogą mieć formę małych kratownic.

4.3 Dachy

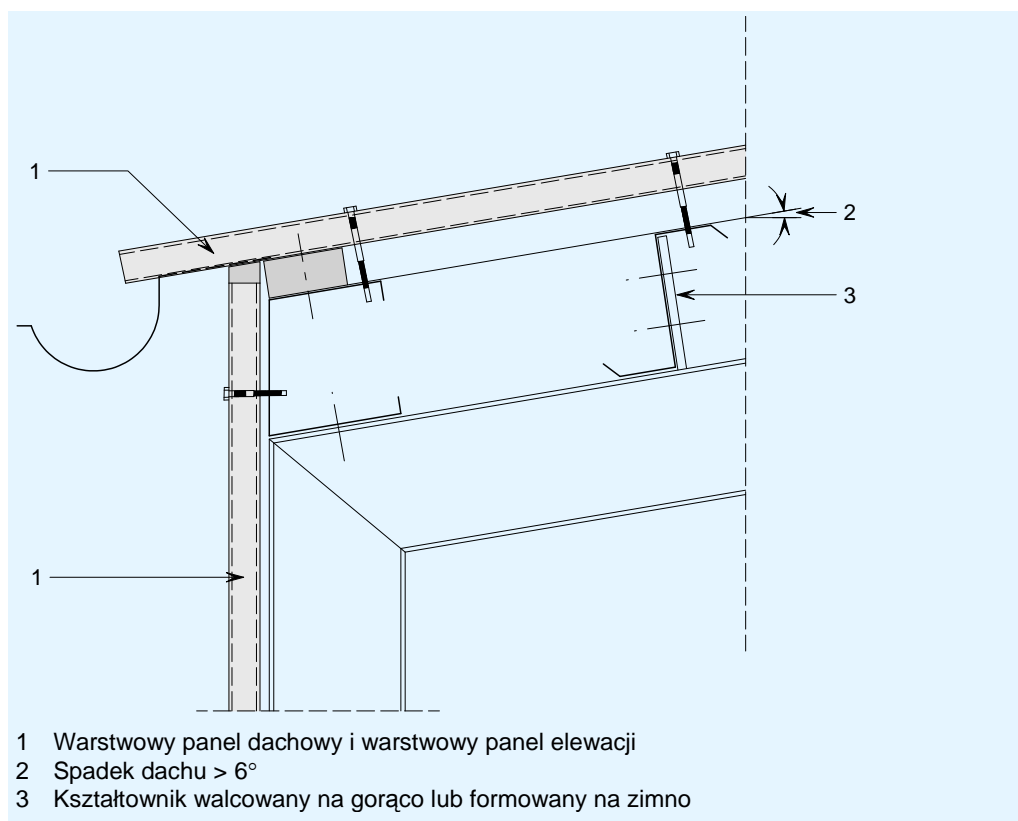
Wybór pomiędzy dachem płaskim a dwuspadowym zależy często od konkretnych preferencji w danym regionie lub kraju. W niektórych krajach preferuje się dachy płaskie, które mogą przenosić znaczne obciążenia użytkowe, natomiast w innych częściej stosuje się dachy dwuspadowe ułatwiające odpływ wody i poddane jedynie niewielkim obciążeniom użytkowym. Rodzaj okładziny właściwy w danej sytuacji zależy oczywiście od powyższych decyzji i okoliczności.

4.3.1 Dachy dwuspadowe

Spadek dachu dwuspadowego również zależy od konkretnych warunków lokalnych i przyjętych zwyczajów. Zwykle stosuje się spadek wynoszący co najmniej 10% (6°).

W przypadku zastosowania blach profilowanych, profile biegną wzdłuż spadku dachu, aby ułatwić odprowadzanie wody. Izolacja musi się więc znajdować pod poszyciem zewnętrznym (być może jako panel kompozytowy). Poszycie opiera się na płatwiach rozpiętych pomiędzy belkami dachowymi i jest zamocowane przy użyciu śrub oraz wkrętów. Arkusze łączone na zakład nie wymagają stosowania membrany wodoszczelnej — panel układany wyżej na spadku dachu po prostu zachodzi na ten ułożony niżej.

Typowy układ dachu dwuspadowego w okolicy naroża pokazano na rysunku 4.3. Ważne jest, aby system odprowadzania wody był odpowiedni do zapewnienia odpływu z całego dachu.



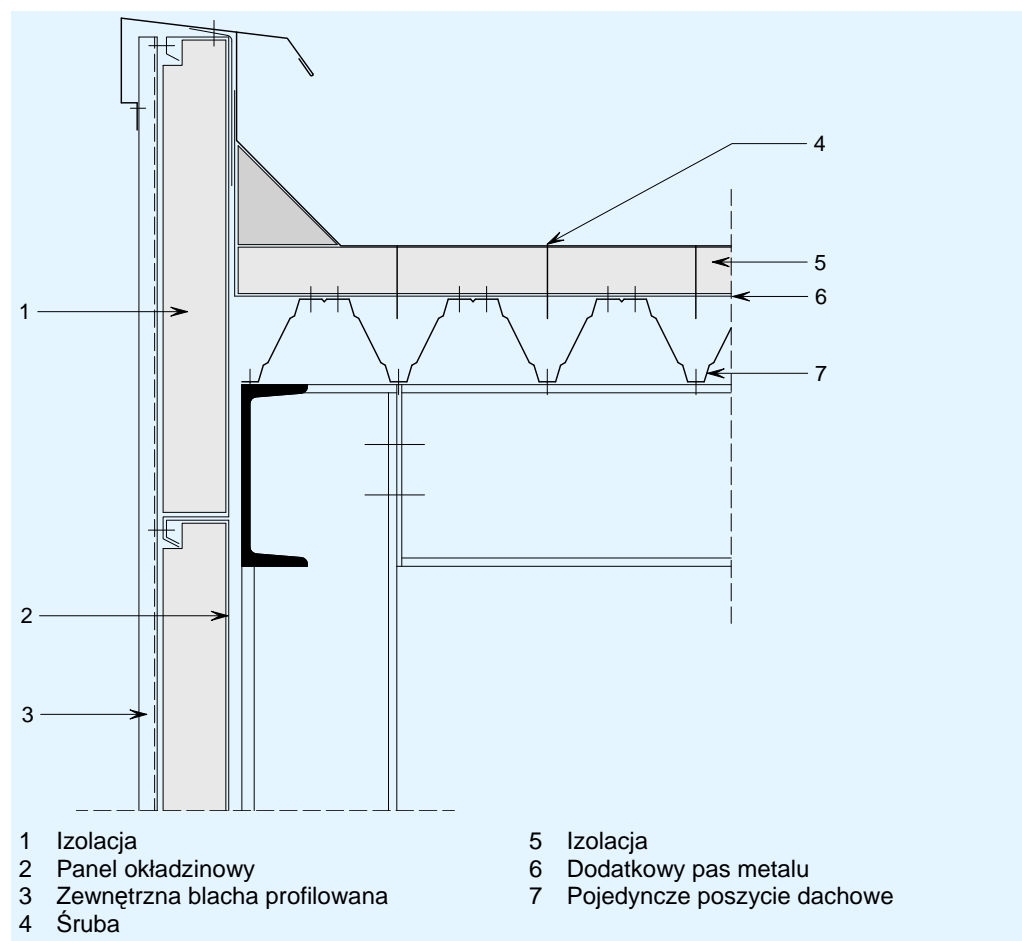
Rysunek 4.3 Izolowany dach nachylony

4.3.2 Dachy płaskie

Dach płaski musi być całkowicie wodoszczelny ze względu na wodę stojącą, dlatego też zwykle jego górną warstwę pokrywa się dodatkowo membraną wodoodporną.

Gdy stosowana jest stalowa blacha profilowana, ma ona zwykle profil o dużej wysokości i rozciąga się pomiędzy głównymi elementami konstrukcyjnymi. Wówczas blachę pokrywa się izolacją zamocowaną przy pomocy śrub lub wkrętów. Następnie na izolację nakłada się membranę wodoszczelną. Przykład pokazano na rysunku 4.4.

W przypadku dachów płaskich istnieje ryzyko powstawania zastoisk wody. Jeśli ugięcie dachu jest znaczne, woda może się zbierać w części środkowej. W przypadku braku odpowiedniego systemu odprowadzania woda może być zatrzymywana przez wieńce dachowe lub inne elementy wykończenia wokół krawędzi dachu. Bardzo istotne jest zminimalizowanie ryzyka powstania zastoisk przez zastosowanie podniesień wykonawczych i zapewnienie odpowiedniego odprowadzania wody.



Rysunek 4.4 Izolowany dach płaski

5 OCHRONA PRZECIWPOŻAROWA

Wymagania dotyczące ochrony przeciwpożarowej określono w przepisach krajowych, lecz istnieją także uznane międzynarodowe reguły oceny ognioodporności konstrukcji stalowych. Minimalny poziom bezpieczeństwa przy projektowaniu konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe ma na celu określenie dopuszczalnego ryzyka związanego z bezpieczeństwem osób przebywających w budynku, strażaków i osób znajdujących się w pobliżu budynku. Można podnieść poziom bezpieczeństwa w celu ochrony mienia znajdującego się w budynku, części nadziemnej konstrukcji, zabytków, ciągłości działania, wizerunku firm zajmujących dany budynek bądź też jego właściciela, a także środowiska.

Wymagania wyrażone są zwykle względem takich czynników jak:

- **Rozprzestrzenianie się ognia:** palność materiałów wyrażona względem czasu, w którym dochodzi do rozgorzenia. Klasyfikuje się ją w skali od A1 (rozgorzenie niemożliwe) do E (rozgorzenie w czasie krótszym niż 2 minuty) oraz F (niezbadane).
- **Intensywność dymienia:** materiały klasyfikuje się w skali od A2 do F w zależności od ilości dymu powstającego przy spalaniu.
- **Ognioodporność:** czas, w którym element konstrukcyjny spełnia wymagania znormalizowanego badania odporności ogniowej. Brane są pod uwagę trzy kryteria dotyczące nośności, odporności na zniszczenie i izolacyjności (określane zwykle jako R, E oraz I), a ich ocena przedstawiana jest w postaci oznaczenia R30, R60 itd., gdzie liczba wyraża okres czasu w minutach.

Aby osiągnąć wymagany poziom bezpieczeństwa pożarowego w budynku jednokondygnacyjnym, należy uwzględnić następujące elementy:

- wymagania prawne,
- ściany przeciwpożarowe,
- rozprzestrzenianie się ognia,
- drogi ewakuacyjne.

Wymagania pożarowe w stosunku do konstrukcji jednokondygnacyjnych są często niewielkie, ponieważ osoby przebywające w budynku zwykle mogą go szybko opuścić w razie pożaru. Najważniejsze jest na ogół zapobieganie rozprzestrzenianiu się ognia na sąsiednie nieruchomości.

W celu zabezpieczenia mienia znajdującego się w budynku, szczególnie w dużych zakładach produkcyjnych i magazynach, może zaistnieć potrzeba zbudowania ścian przeciwpożarowych lub, jeśli nie jest to możliwe, zastosowania innych środków, takich jak instalacja tryskaczowa.

6 SUWNICE

W niektórych budynkach przemysłowych konieczne jest zamontowanie suwnic — dotyczy to na przykład warsztatów drukarskich (do przenoszenia rolek papieru) i zakładów mechanicznych (do przenoszenia ciężkiego sprzętu i części). Przykład pokazano na rysunku 6.1.

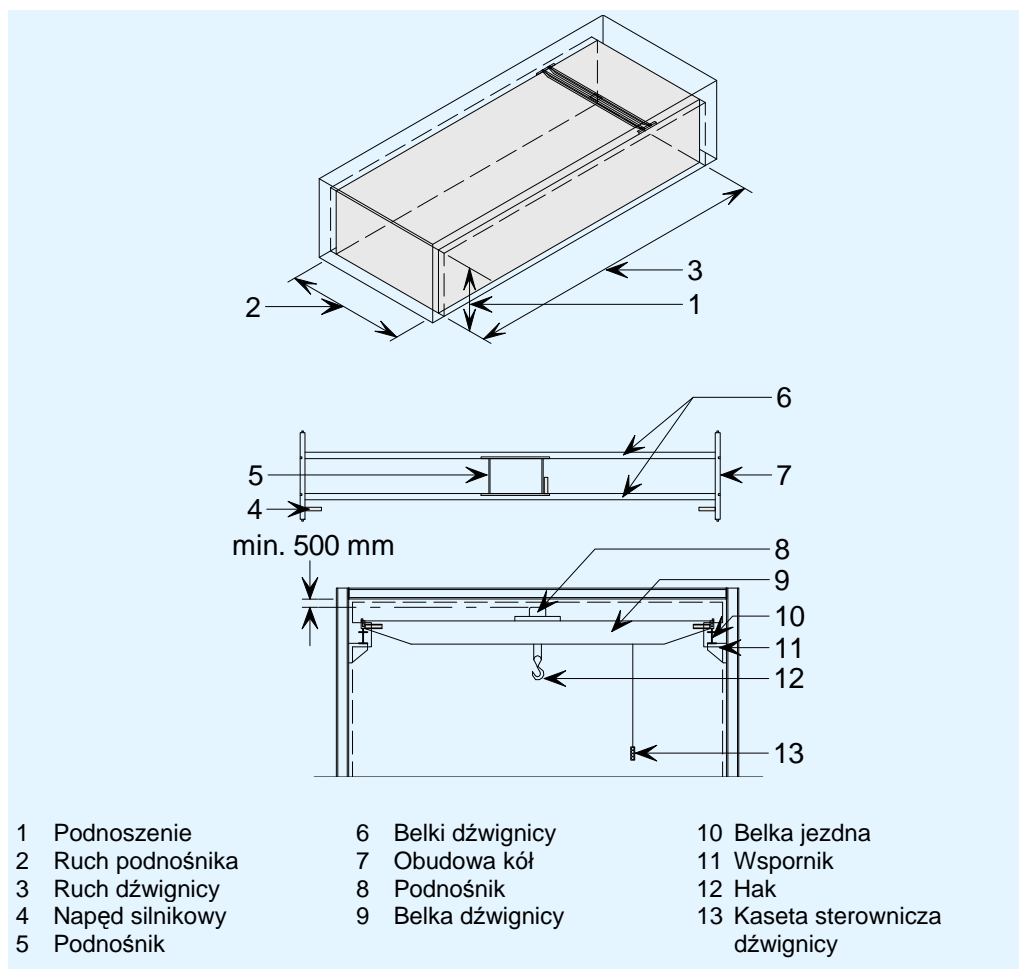
Przy większości suwnic stosuje się pojedyncze bądź podwójne belki rozciągające się w poprzek budynku, a podnośnik mocowany jest na belkach. Belki dźwignicy wsparte są na belkach jezdnych, które biegną przez całą długość budynku. Dźwignica obsługuje cały strop, poruszając się wzdłuż belek jezdnych i przesuując podnośnik wzdłuż belek dźwignicy (Rysunek 6.2).

Wprowadzenie do budynku suwnicy ma zawsze wpływ na projekt jego konstrukcji, nawet jeśli udźwig jest bardzo niewielki. Główną kwestią projektową jest ograniczenie rozchodzenia się słupów na poziomie dźwignicy. Z tego powodu ramy portalowe nie są odpowiednie do ciężkich dźwignic, ponieważ ograniczanie przesuwania się słupów staje się nieopłacalne. Praca dźwignicy wywołuje także siły poziome wynikające z przemieszczania się obciążeń, dlatego też stosuje się dodatkowe stężenie.

Dźwignica o udźwigu do dopuszczalnego obciążenia roboczego około 10 ton (100 kN) może zwykle być umieszczona na belkach jezdnych, które są wsparte na słupach utrzymujących dach. W przypadku większych dźwignic bardziej opłacalnym rozwiązaniem jest zastosowanie osobnych słupów (lub kratownic pionowych) do podparcia belek jezdnych, co pozwala uniknąć zbytniego obciążania konstrukcji budynku.



Rysunek 6.1 Ciężka dźwignica w dużym budynku przemysłowym



Rysunek 6.2 Typowa suwnica z bramą i podnośnikiem

7 WNIOSKI

Stal jest materiałem o wszechstronnym zastosowaniu, który daje architektowi i inżynierowi możliwość zaprojektowania każdego rodzaju konstrukcji — od konwencjonalnych ram portalowych wykorzystywanych w obiektach przemysłowych po najnowocześniejsze budynki charakteryzujące się użyciem niezwyklej detali architektonicznych, niekonwencjonalnym kształtem lub spełniające inne ewentualne wymagania zainteresowanych stron.

Konstrukcje stalowe są powszechne i wydajne, wykorzystywane do tworzenia eleganckich i ekonomicznych rozwiązań. Stal konstrukcyjną można łączyć z innymi materiałami w celu uzyskania pożądanego efektu, właściwości czy funkcjonalności.

Konstrukcja stalowa powstaje w zakładzie produkcyjnym, co zapewnia wysoką jakość produktu i minimalną ilość odpadów oraz gwarantuje, że rozwiązanie to jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju. Dostępne znormalizowane szczegóły i formy konstrukcji pozwalają skrócić czas budowy i ograniczyć negatywny wpływ na otoczenie.

Stal ma bardzo wysoki współczynnik wytrzymałości do ciężaru, dzięki czemu jest ona lekkim i atrakcyjnym rozwiązaniem, wymagającym minimalnej ingerencji w przestrzeń użytkową konstrukcji. Transport elementów o znacznym stopniu prefabrykacji ogranicza liczbę dostaw na miejsce budowy, co ma szczególne znaczenie na obszarach o dużej koncentracji ludności, takich jak centra miast. Sprawność konstrukcyjna obiektów stalowych sprawia, że obciążenia przenoszone na fundamenty są mniejsze, co w konsekwencji prowadzi do dalszych oszczędności.

Budynki o dużych rozpiętościach można łatwo zaprojektować ze stali, dzięki czemu otrzymuje się dużo wolnej przestrzeni. Podnosi to funkcjonalność konstrukcji, oferując elastyczność w zakresie jej zastosowań. Konstrukcje stalowe dają duże możliwości adaptacji i mogą zostać łatwo rozbudowane, co sprawia, że renowacja tego typu budynku jest praktycznym rozwiązaniem pozwalającym na dopasowanie go do przyszłych celów i stanowi alternatywę dla rozbioru.

Stal jest doskonale oceniana pod względem zgodności z zasadami zrównoważonego rozwoju. Konstrukcje stalowe można bez trudu rozmontować i wykorzystać ponownie. Stal można zawsze przetworzyć powtórnie bez szkody dla wytrzymałości, ograniczając zapotrzebowanie na surowiec do minimum.

Mały ciężar, zgodność z zasadami zrównoważonego rozwoju i uniwersalność stali sprawiają, że stanowi ona optymalne rozwiązanie we wszystkich rodzajach budynków.

8 DODATKOWA LITERATURA

Best Practice in Steel Construction: Industrial Buildings, Guidance for Architects, Designers and Constructors

Publikacja funduszu badawczego RFCS na potrzeby projektu Euro-Build

Dostępna w Instytucie konstrukcji stalowych (Steel Construction Institute),
Wielka Brytania

Do pobrania ze strony www.eurobuild-in-steel.com