

ArcelorMittal Europe - Long Products  
Kształtowniki i pręty gorącowałcowane



ArcelorMittal

## Renowacja przy pomocy konstrukcji stalowych





Wspólne stosowanie nowych i  
istniejących materiałów  
zachęca do różnorodności  
architektury

## Spis treści

1. Wprowadzenie	2
2. Konstrukcje stalowe a poziomy konsolidacji	10
3. Renowacja konstrukcji murowanych i drewnianych	26
4. Renowacja konstrukcji żelbetowych	38
5. Renowacja konstrukcji żelaznych / stalowych	44
6. Wzmocnienia sejsmiczne	54
7. Dodatki	68
Pomoc techniczna i wykończenia	78
Wasi Partnerzy	79





## 1. WPROWADZENIE

1.1	Informacje ogólne	4
1.2	Zagadnienia robocze	5
1.3	Zalety renowacji w oparciu o konstrukcje stalowe	6
1.4	Wymogi renowacji	7
1.5	Obszary zastosowań	8



# 1.1 Informacje ogólne

Renowacja istniejących budynków i mostów jest w dzisiejszych czasach czynnością coraz popularniejszą. Od lat '70 obserwuje się fakt skupienia się przemysłu budowlanego na następujących czynnościach: wzmocnienie, odtwarzanie i modernizacja starszych budynków.

Starsze budynki murowane często niszczą z powodu wieku i uszkodzeń. Wymagają zatem wzmocnienia i odnowienia funkcjonalnego. Również młodsze obiekty wykonane z żelbetonu również wymagają częstych remontów, ze względu na słaby stan zabezpieczeń.

W celu ochrony i utrwalenia istniejących konstrukcji stosuje się w ostatnich dziesięcioleciach liczne metody odnowiania. Jedną z ważniejszych metod jest stosowanie rozwiązań stalowych.

Proces restauracji i wzmocnienia wymaga starannego doboru materiałów, szczególnie przy pracach restauracyjnych zabytków. Materiały te muszą być precyzyjnie dobrane już na wstępnym etapie.



		NOWE MATERIAŁY ZESPOLONE - Materiały wzmacniające				
		STAL	BETON	CEGLA	DREWNO	FRP
ZNISZCZONA KONSTRUKCJA	STAL	++				+
	BETON	++	+			+
	CEGLA	++	+	+	+	+
	DREWNO	++			+	+

Należy rozróżnić dwa rodzaje materiałów, nowych – reprezentujących „środki zaradcze” i starych – reprezentujących „materiały uszkodzone”. Do „środków zaradczych” zalicza się tradycyjne materiały: cement, zaprawy, żelbeton oraz stal. Można też stosować materiały innowacyjne: zaprawy specjalne, polimery zbrojone (FRP) i metale specjalne (stale podwyższonej wytrzymałości, stale nierdzewne itp.), a także specjalne rozwiązania zaawansowanych zabezpieczeń sejsmicznych, wykorzystujących technologie pasywne.

Zagadnienie można przeanalizować korzystając z tabeli, w której zestawiono wszystkie materiały zaradcze (służące do wzmocnienia) i materiały uszkodzone (wchodzące w skład uszkodzonej konstrukcji).

Wybór najbardziej korzystnego zestawienia ze wszystkich możliwych to główny cel wzmocnienia konstrukcji. Wyraźnie widać, że zastosowanie stali jest „środkiem zaradczym” pasującym do naprawy wszystkich materiałów.

Rozpatrując ogólnie metody wzmocnienia należy zwrócić uwagę że:

- Systemy wzmocnienia oparte na cemencie i betonie są szeroko stosowane, szczególnie w wypadku podnoszenia odporności sejsmicznej. Renowacje polegają na uzupełnianiu ubytków lub stosowaniu żelbetu. Ich zgodność z rozwiązaniami architektury murowanej jest dyskusyjna, szczególnie ze względu na fakt nieodwracalności czynności naprawczych;
- Rozwiązania naprawcze oparte na polimerach i materiałach kompozytowych są technologią bardzo młodą i przynajmniej na ten moment trudno jest udowodnić ich wystarczającą trwałość; odwracalność czynności naprawczych jest też dyskusyjna;

- Sposoby wzmocnienia oparte na konstrukcjach stalowych są szeroko rozpowszechnione i stosowane z powodzeniem zarówno w wypadku obiektów zabytkowych i zwykłych budynków murowanych lub żelbetowych;
- Stosowanie rozwiązań specjalnych jest obecnie w fazie wstępnej, lecz należy się spodziewać wzrostu jej popularności w przyszłości.

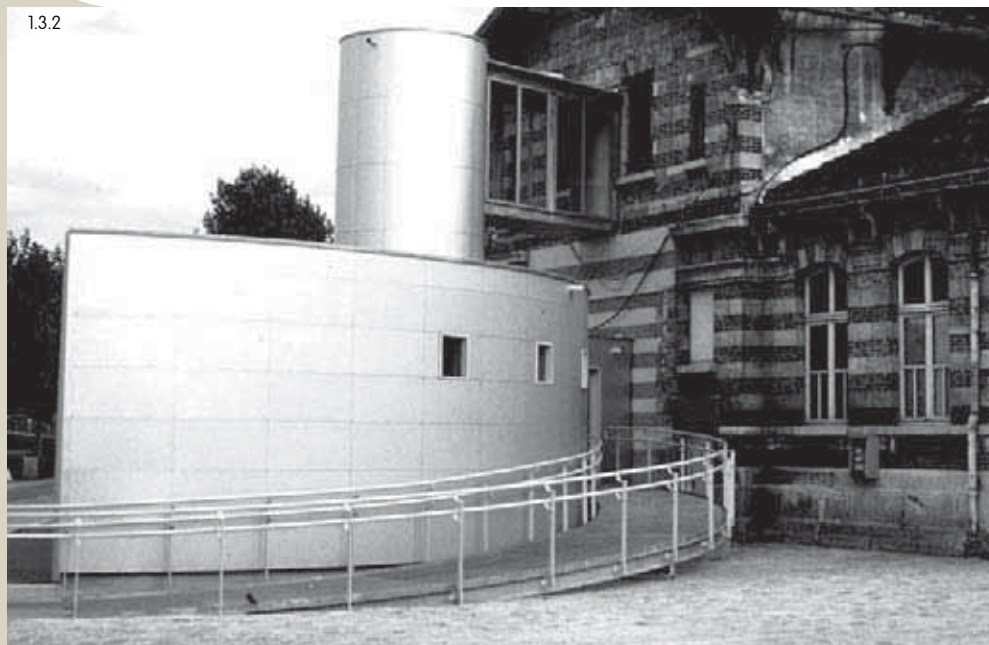
Z punktu widzenia konstrukcji, można stwierdzić na podstawie szeregu przykładów z całego świata, że odpowiedni dobór konstrukcji stalowej pozwala spełnić skomplikowane wymogi wzmocnienia uszkodzonych konstrukcji.

Co istotne, w wypadku rozwiązań architektonicznych, konstrukcje stalowe umożliwiają spełnienie ostrych wymogów stawianych w wypadku renowacji.



# 1.3 Zalety renowacji w oparciu o konstrukcje stalowe

1.3.2



Zastosowanie konstrukcji stalowych we wzmacnianiu i czynnościach renowacyjnych ma następujące cechy:

- *Prefabrykacja* pozwala na wykonanie głównych elementów w fabryce. Są one precyzyjnie przycinane, aby sprostać potrzebom transportu i ułatwić czynności na budowie. Można je łatwo łączyć śrubami;
- *Odwracalność* jest podstawową cechą konstrukcji stalowych, dzięki zastosowaniu połączeń śrubowych. Ten rodzaj połączeń jest odpowiedni nie tylko dla rozwiązań prowizorycznych, ale też docelowych (rysunek 1.3.1);
- *Lekkość* konstrukcji, wynikająca z dużego stosunku wytrzymałości do masy konstrukcji. Czynności transportowe i montażowe są uproszczone, a wzrost masy modernizowanego obiektu jest zminimalizowany;
- *Zmniejszone wymiary* elementów konstrukcyjnych są naturalną konsekwencją konstrukcyjnej efektywności stali. Zastąpienie lub połączenie istniejących konstrukcji z materiałem wzmacniającym jest uproszczone.

- W wypadku powiązania starych i nowych materiałów, bardzo ważną cechą stali jest jej *estetyczny wygląd*. Cechy kontrastujące podnoszą wartość architektury (rysunek 1.3.2);
- *Szybkie tempo montażu* jest pożądaną cechą w każdym wypadku, ale w szczególności, gdy naprawa jest bardzo pilna. Szybki montaż chroni przed dalszą degradacją i gwarantuje natychmiastowe bezpieczeństwo;
- Dzięki *bogactwu dostępnych na rynku produktów stalowych*, możliwe jest elastyczne spełnienie wszystkich potrzeb projektowych i montażowych. Dostępnych jest wiele produktów: od płyt walcowanych na gorąco, dwuteowników, kształtowników zamkniętych, kątowników, aż do prefabrykowanych, takich jak belki ażurowe, belki stropowe, blachy trapezowe itp.

Wszystkie wspomniane wyżej cechy stanowią o atrakcyjności rozwiązań stalowych przy wzmacnianiu konstrukcji murowanych, żelbetowych, drewnianych i oczywiście też żelaznych/ stalowych..

1.3.1





Jeśli budynek poddawany renowacji ma wartość historyczną, czynności naprawcze wymagają znacznej delikatności. Renowacja jest nakierowana na zachowanie dotychczasowych cech budynku. Wprowadzenie nowych elementów ma przywrócić mu dawną funkcjonalność. Elementy te powinny mieć nowoczesny wygląd, muszą się wyróżniać i być odwracalne. Stosowane rozwiązania i technologie powinny mieć możliwość demontażu, bez zniszczenia istniejących konstrukcji.

Liczne międzynarodowe gremia stwierdzają nieprzydatność metod stosowanych w przeszłości przy rekonstrukcji, szczególnie z powodów technologicznych. Inne powody związane są z nostalgią za tradycyjnymi materiałami konstrukcyjnymi, przy jednoczesnych nowych potrzebach funkcjonalnych i braku dostępności dawnych materiałów. Te same gremia wskazują na konieczność stosowania dobrze dopasowanych, nowych technologii w wypadku, gdy restauracja obejmuje też częściową rekonstrukcję. W szczególności, konferencja w Wenecji (1964)

stwierdza, że prace integracyjne powinny być realizowane przy użyciu „rozwiązań naszych czasów” oraz „gdy tradycyjne metody są nieefektywne, konsolidacja zabytków musi być przeprowadzona przy użyciu wszystkich najnowocześniejszych narzędzi, których efektywność jest potwierdzona przez dane naukowe oraz zagwarantowana odpowiednimi doświadczeniami”.

Wprowadzając te zapisy w życie stwierdza się, że stal jako i jego technologia może być współczesnym materiałem o cechach „odwracalności”. Jest szczególnie odpowiedni do współpracy z materiałami przeszłości i do tworzenia z nimi zintegrowanych układów konstrukcyjnych. Dodatkowo, do stosowania stali zachęcają jej zalety mechaniczne oraz elastyczność układów konstrukcyjnych.

Konstrukcje opierające się na innych materiałach (cement, zaprawa, beton, polimery, kompozyty) nie spełniają wyżej opisanego ważnego warunku odwracalności. Podsumowując, zastosowanie konstrukcji

stalowych przy renowacji starych, zabytkowych budynków jest w pełni zgodne z kryteriami stawianymi przez współczesną teorię renowacji. Dzięki temu stal jest szeroko stosowana przy pracach restauracyjnych zabytków i budynków historycznych, również w formie specjalnych urządzeń zabezpieczających przed ruchami sejsmicznymi.

# 1.5 Obszary zastosowań

Na całym świecie można znaleźć liczne przykłady renowacji, odnowienia i rozbudowy w oparciu o konstrukcje stalowe.

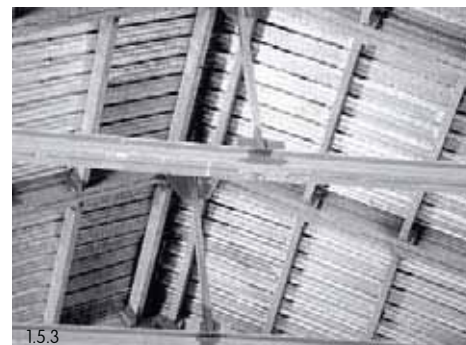
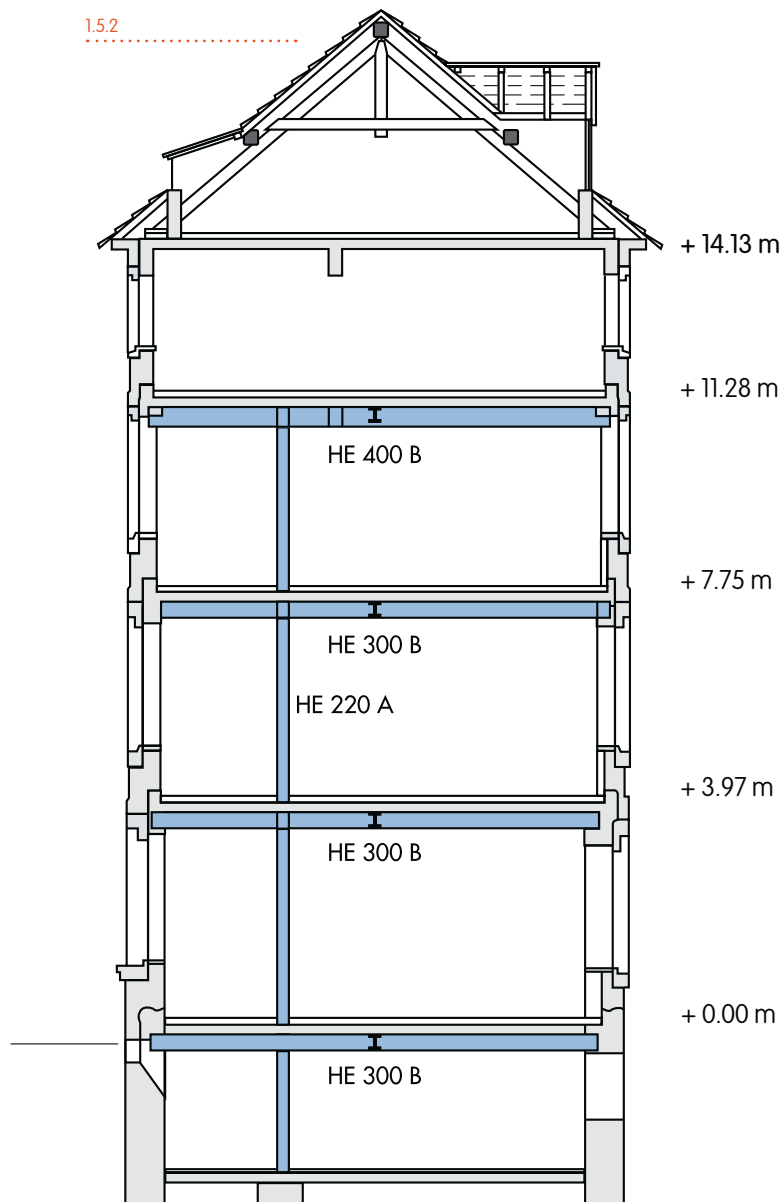
- *Stare konstrukcje przemysłowe* zostały przekształcone w apartamenty i biura (rysunek 1.5.1).
- *Wnętrza historycznych budynków* zostały całkowicie rozebrane i wypełnione nowym szkieletem konstrukcji, przy zachowaniu oryginalnych fasad (rysunek 1.5.2).

Konstrukcje samonośne o nowoczesnym stylu, zostały wprowadzone do budynków historycznych, odpowiednio się z nimi integrując. Takie rozwiązanie staje się coraz popularniejsze dla muzeów i hal wystawienniczych.

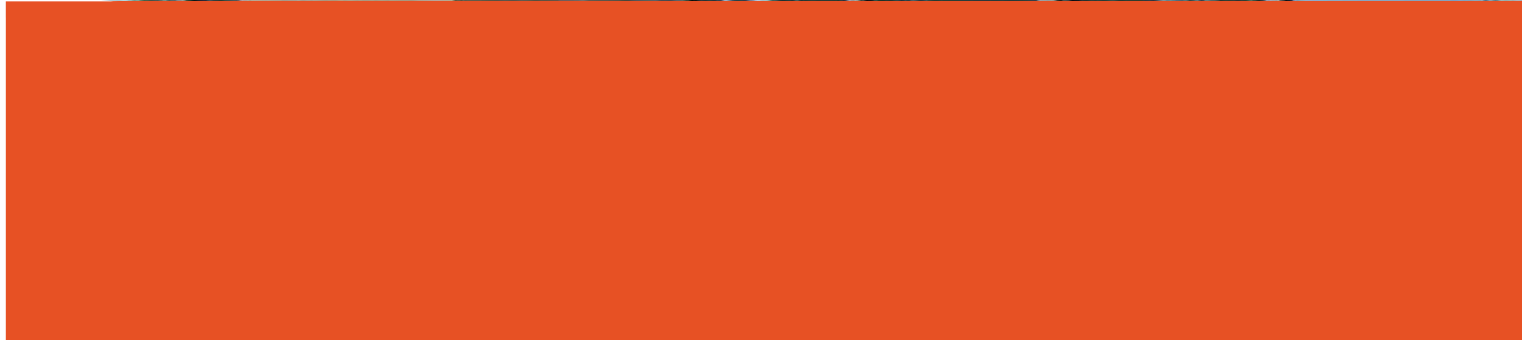
1.5.1



1.5.2



- Liczne *wiekowe kościoły* zostały pokryte konstrukcjami stalowymi, złożonymi z kratownic i blach trapezowych (rysunek 1.5.3). Inne wartościowe obiekty otrzymały nową strukturę dzięki poziomej i pionowej rozbudowie, zharmonizowanej ze starym budynkiem zarówno pod względem konstrukcji jak i estetyki.
- *Całe dzielnice* starych miast we Włoszech zostały poddane renowacji, po znacznych zniszczeniach spowodowanych przez ostatnie trzęsienia ziemi; w celu poprawy odporności starych murowanych budynków na ruchy sejsmiczne zastosowano komponenty stalowe.
- Naprawie przy użyciu elementów stalowych poddaje się również *konstrukcje żelbetowe*, które uległy uszkodzeniu lub gdy zwiększa się ich obciążenie dopuszczalne. Stosując te wzmocnienia stalowe zmienia się też nieraz strukturę budynków, poprzez zwiększenie lub zmniejszenie wysokości kondygnacji w stosunku do konstrukcji oryginalnej.





## 2. KONSTRUKCJE STALOWE A POZIOMY KONSOLIDACJI

2.1	Informacje ogólne	12
2.2	Zabezpieczanie	12
2.3	Naprawa	16
2.4	Wzmacnianie	18
2.5	Restrukturyzacja	20



## 2.1 Informacje ogólne

Należy wyróżnić kilka różnych poziomów konsolidacji konstrukcji. Jest to bezpośrednio powiązane z jakością poszczególnych kroków, a nieraz także kolejnością w jakiej należy wykonywać czynności. Proponuje się następującą klasyfikację: zabezpieczanie, naprawa, wzmocnianie i restrukturyzacja.

## 2.2 Zabezpieczanie

Zabezpieczanie konstrukcji stanowi pierwszy krok konsolidacji istniejących budynków. Składa się ona z szeregu prac prowizorycznych, służących zapewnieniu odpowiedniego bezpieczeństwa, zarówno dla publicznego otoczenia, jak i dla przejściowych czynności, poprzedzających ostateczne prace konsolidacyjne (rysunek 2.2.1). Takie zabezpieczenie służy ochronie placu budowy oraz uniemożliwia częściowe lub całkowite zawalenie się budynków, gdzie niestabilna, osłabiona konstrukcja wymaga szybkich prac stabilizujących.

2.2.1



Pożądanymi cechami na etapie zabezpieczania konstrukcji są:

- szybkość czynności
- elastyczność systemu konstrukcyjnego
- zdolność do zaadaptowania w wąskich, trudnodostępnych przestrzeniach roboczych,
- odwracalność czynności naprawczych.

2.2.2



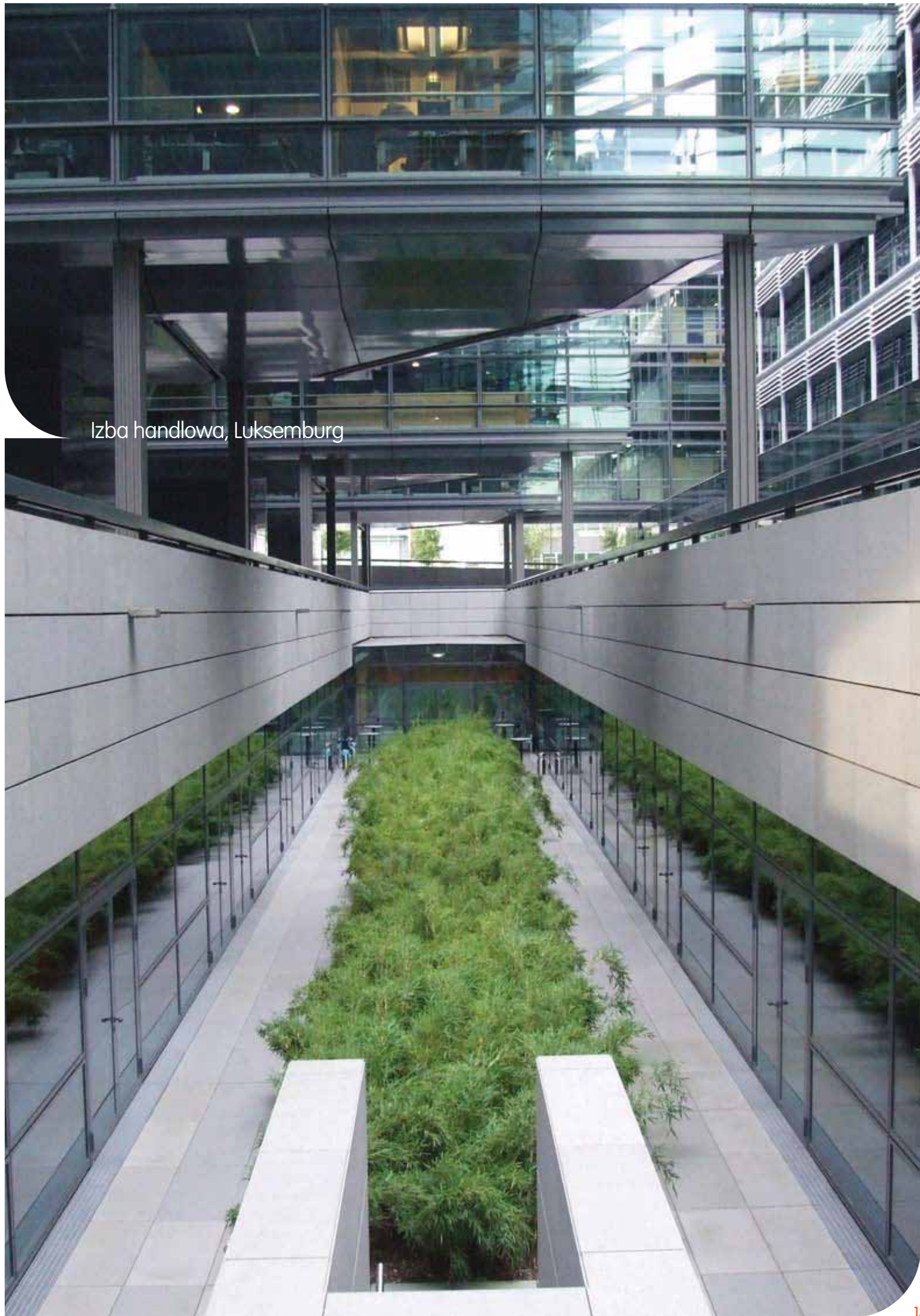
Główne obszary zastosowania to:

- tymczasowe podparcie istniejących budynków podczas budowania nowego budynku pomiędzy nimi przy pomocy kratownic przestrzennych
- konstrukcje stalowe, wspierające fasadę podczas wyburzania wnętrza budynku; konstrukcja może mieć funkcje tymczasowe lub częściowo także docelowe (np. kratownice pionowe usztywniające fasadę)
- tymczasowe podparcie fasad budynku zaraz po trzęsieniu ziemi przy pomocy stalowych rusztowań, dzięki czemu unika się blokowania dostępu do ulicy
- zadaszenie tymczasowe, dające odpowiednią ochronę placu budowy przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi podczas renowacji (rysunek 2.2.2).

**2.2.1** Konstrukcja stalowa jako prowizoryczna podpora podtrzymująca starą fasadę (Montreal, Kanada)

**2.2.2** Prowizoryczny dach, zabezpieczający miejsce budowy podczas prac restauracyjnych (Ateny, Grecja)

Izba handlowa, Luksemburg



Podczas wykonywania czynności zabezpieczających, stal najczęściej stosowana jest następująco:

- Stalowe elementy strukturalne, w formie „systemów wzmacniających”, pozwalają na natychmiastowe zastosowanie konstrukcji, zaprojektowanych do osiągnięcia optymalnych rezultatów i wykonanych zgodnie z potrzebami danego zamówienia. (rysunek 2.2.3)
- Ciężkie konstrukcje stalowe (spawane lub łączone śrubowo) i konstrukcje lekkie (kształtowniki zamknięte łączone na śruby nadają się do efektywnego zastosowania, zarówno w zabezpieczeniu aktywnym, jak i pasywnym (rysunki 2.2.4 i 2.2.5).

2.2.4



2.2.3



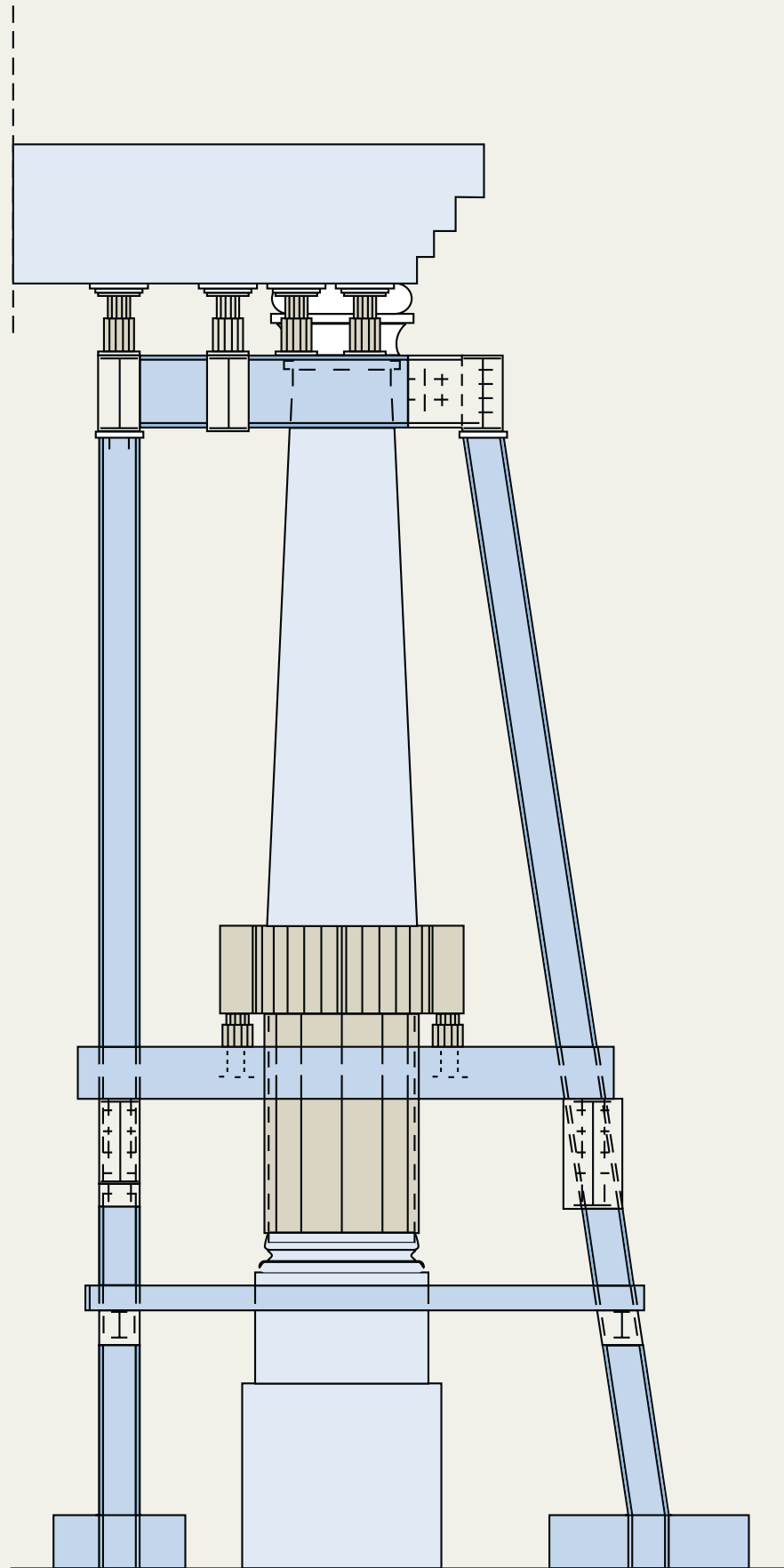
Wyżej opisane systemy mają następujące zalety:

- lekkość konstrukcji
- wysoki stopień prefabrykacji
- łatwość transportu i montażu
- wygoda ekonomiczna, wynikająca z możliwości wielokrotnego użycia.

**2.2.3** Zabiegi prowizoryczne tymparonu kościoła św. Franciszka w Asyżu (Włochy)

**2.2.4** Tymczasowa konstrukcja stalowa podtrzymująca fasadę spalonego budynku (Lizbona, Portugalia)





2.2.5

2.2.5 Tymczasowa podpora kolumn przy wejściu do pałacu Carigliano w Turynie (Włochy)

## 2.3 Naprawa

### 2. Konstrukcje stalowe a poziomy konsolidacji

Naprawa stanowi drugi poziom konsolidacji istniejących budynków.

Obejmuje ona szereg czynności przeprowadzanych na budynku, mających przywrócić wytrzymałość konstrukcji z okresu przed jej uszkodzeniem.

Naprawa, w odróżnieniu od zabezpieczania, oznacza ostateczne czynności, stosowane gdy dobrze zbadane uszkodzenia zostały spowodowane w ciągu długiego okresu czasu i nie wymagają pilnych zabiegów. W wyniku naprawy uzyskuje się prostą renowację struktury, o minimalnych wymagach zabezpieczających. Naprawy przeprowadza się bez stosowania dodatkowych wzmocnień struktury budynku, uszkodzonego przez pogodę i upływ czasu.

Na poziomie naprawy, część prac technicznych może być wykonana w oparciu o konstrukcje stalowe. Mogą one poprawiać właściwości konstrukcyjne budynków betonowych, żelbetonowych, a także drewnianych.

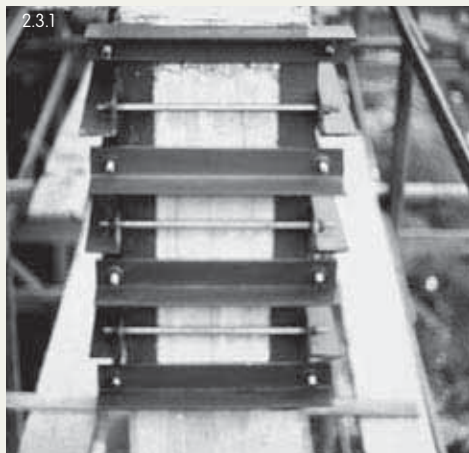
#### Struktury stalowe

Stalowe elementy strukturalne, poprzez zastosowanie technologii „prefabrykowanych” pozwalają na natychmiastowe zastosowanie konstrukcji, zaprojektowanych do osiągnięcia optymalnych rezultatów i wykonanych zgodnie z potrzebami danego zamówienia.

Przesłankami, zachęcającymi do zastosowania konstrukcji stalowych są:

- lekkie konstrukcje, umożliwiające szybki transport i montaż. Jest to istotny czynnik, gdy czynności wykonywane są w ograniczonych przestrzeniach, takich jak centra historyczne i stare miasta
- odwracalność, dzięki zastosowaniu połączeń śrubowych, dzięki czemu konstrukcja może być zdemontowana i ponownie użyta (rysunek 2.3.1)

- szybkość konstrukcji, korzystna gdy potrzebne są nagłe naprawy ratunkowe, przy szybkim postępowaniu zniszczeń (rysunek 2.3.2)
- wygoda ekonomiczna, wynikająca z możliwości ewentualnego ponownego użycia. (rysunek 2.3.3).



**2.3.1** Obejmy stalowe, służące do naprawy słupa żelbetonowego

**2.3.2** Rama stalowa, służąca do naprawy kamiennego architravu (Berlin, Niemcy)

**2.3.3** Kościół Expo w Hanowerze: modułarna konstrukcja stalowa, przewidziana do przyszłego demontażu i zmontowania w innym miejscu

Galeria handlowa Dames de France, Perpignan, Francja



## 2.4 Wzmacnianie

*Wzmacnianie* ma za zadanie zwiększenie wytrzymałości konstrukcyjnej w celu dostosowania budynku do nowych potrzeb funkcjonalnych i środowiskowych. Ten poziom konsolidacji nie zmienia znacząco planu strukturalnego. Nowe elementy zastępują istniejące, bez istotnych zmian w rozkładzie masy i sztywności budynku.

W przeciwieństwie do zwykłej naprawy, wzmocnienie może być przeprowadzane na wielu poziomach, w zależności od różnych wymogów wzrostu wytrzymałości. Należy uwzględnić poziom dotychczasowego zniszczenia, jeśli takie istnieje.

W wypadku prac związanych z ruchami sejsmicznymi, wzmacnianie dzieli się na dwa poziomy: zwykłe naprawienie oraz ulepszenie.

*Ulepszenie* jest przeprowadzane w celu zapewnienie większego poziomu bezpieczeństwa. W tym przypadku prace wzmacniające dotyczą części lub całości konstrukcji, bez wyraźnej zmiany jej układu statycznego, a zatem zachowania ogólnego. Naprawy mogą być przeprowadzane też na pojedynczych elementach konstrukcyjnych, błędnie zaprojektowanych lub wykonanych.

*Ulepszenia sejsmiczne* oznaczają szereg koniecznych czynności, zapewniających wytrzymałość konstrukcji na nowe obciążenia sejsmiczne. W zakres ulepszeń mogą wchodzić też prace sprawdzające układ konstrukcyjnego, z kompletną modyfikacją układu całkowitej wytrzymałości sejsmicznej. W tym wypadku, zabieg ten należy zaklasyfikować do czynności restrukturyzacyjnych.





Wzmacnianie jest konieczne, gdy:

- zmienia się warunki obciążenia, ze względu na zmianę funkcji i wzrost obciążenia roboczego.
- konstrukcje istniejące znajdują się na obszarze dodanym ostatnio do nowej strefy sejsmicznej, przez co wymagane są bardziej surowe warunki obciążenia, ze względu na podwyższone ryzyko trzęsień ziemi.

Przepisy lokalne często rozróżniają wyraźnie zwykłe naprawienie i ulepszenia sejsmiczne. Ulepszenia sejsmiczne mogą być zastosowane w następujących sytuacjach:



- kiedy następuje zmiana planowanego sposobu użycia
- istnieje konieczność eliminacji błędów projektowych / wykonawczych
- w wypadku prac nad budynkami zabytkowymi, przy których prace muszą być prowadzone w niezbyt obszernym zakresie.

Ulepszenia sejsmiczne są konieczne w następujących przypadkach:

- nadbudowa lub rozbudowa konstrukcji, zwiększająca objętość i powierzchnię budynku
- wzrost obciążeń, związany ze zmianą planowanej funkcji
- istotne modyfikacje układu konstrukcyjnego wraz z renowacją, w stosunku do układu oryginalnego lub też gdy całkowity układ został naruszony podczas rekonstrukcji

Różne poziomy wzmocnienia, od prostego naprawienia do ulepszeń, mogą być zrealizowane przy pomocy tych samych technologii konsolidacyjnych, jakie zastosowano do naprawy. Konstrukcje stalowe są powszechnie stosowane do poprawy układu statycznego zarówno konstrukcji murowanych jak i żelbetowych.

Innowacyjne systemy wzmocnień opierają się na systemach stężeń mimośrodowych EB (rysunek 2.4.1), BRB (rysunek 2.4.2), oraz paneli stalowych o niskim ugięciu (rysunek 2.4.3).

# 2.5 Restrukturyzacja

## 2. Konstrukcje stalowe a poziomy konsolidacji

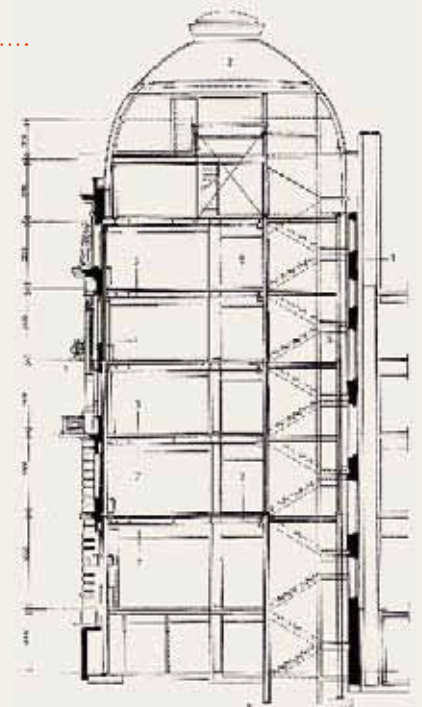
2.5.1a



Restrukturyzacja stanowi najwyższy poziom konsolidacji istniejących budynków. Składa się na nią częściowa lub całkowita zmiana funkcji, wyglądu i wymiarów geometrycznych. Towarzyszy temu zmiana pierwotnych cech budynku, włącznie z układem konstrukcyjnym. Rozróżnia się cztery różne rodzaje restrukturyzacji budynków: wymiana wnętrza, wstawki, rozbudowy i zmniejszanie obciążenia.

- *Wymiana wnętrza* jest to częściowe lub całkowite wymienienie wewnętrznej struktury budynku na nową. Jest to wymagane w sytuacji, gdy w celu zachowania wyglądu architektonicznego konieczne jest zachowanie fasady budynku, podczas gdy wnętrze ulega zmianie ze względu na wymogi funkcjonalne (rysunki 2.5.1 a,b).

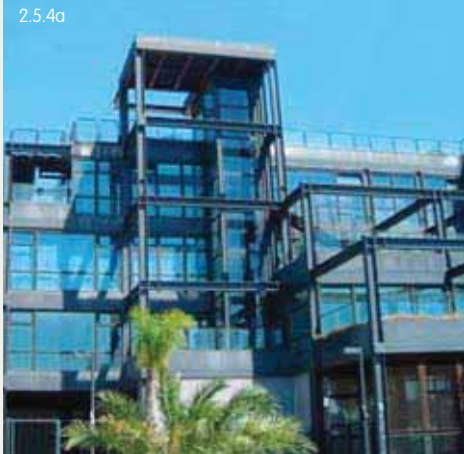
2.5.1b



- 2.5.1** Dawny budynek "Römerhof" w Zurychu jest obecnie nowoczesnym bankiem: a) fasada; b) nowe pomieszczenia biurowe "Römerhof" są umieszczone w konstrukcji stalowej wewnątrz istniejącej fasady
- 2.5.2** Przykłady wstawek w budynkach murowanych: a) nowa antresola stalowa; b) nowa klatka schodowa
- 2.5.3** Strop stalowy w budynku biurowym w Luksemburgu

- *Wstawki* to wprowadzenie dodatkowych struktur lub elementów konstrukcyjnych wewnątrz istniejących gabarytów geometrycznych. Aby zwiększyć powierzchnię użytkową w ramach istniejącej kubatury tworzy się dodatkowe piętra pośrednie lub antresole (rysunki 2.5.2 a, b). Przykładem czynności wstawiających jest dodawanie dużych ilości ram samonośnych, stanowiących konstrukcję specjalnych witryn widocznych z wielu poziomów, klatek schodowych i klatek windowych (rysunek 2.5.3).



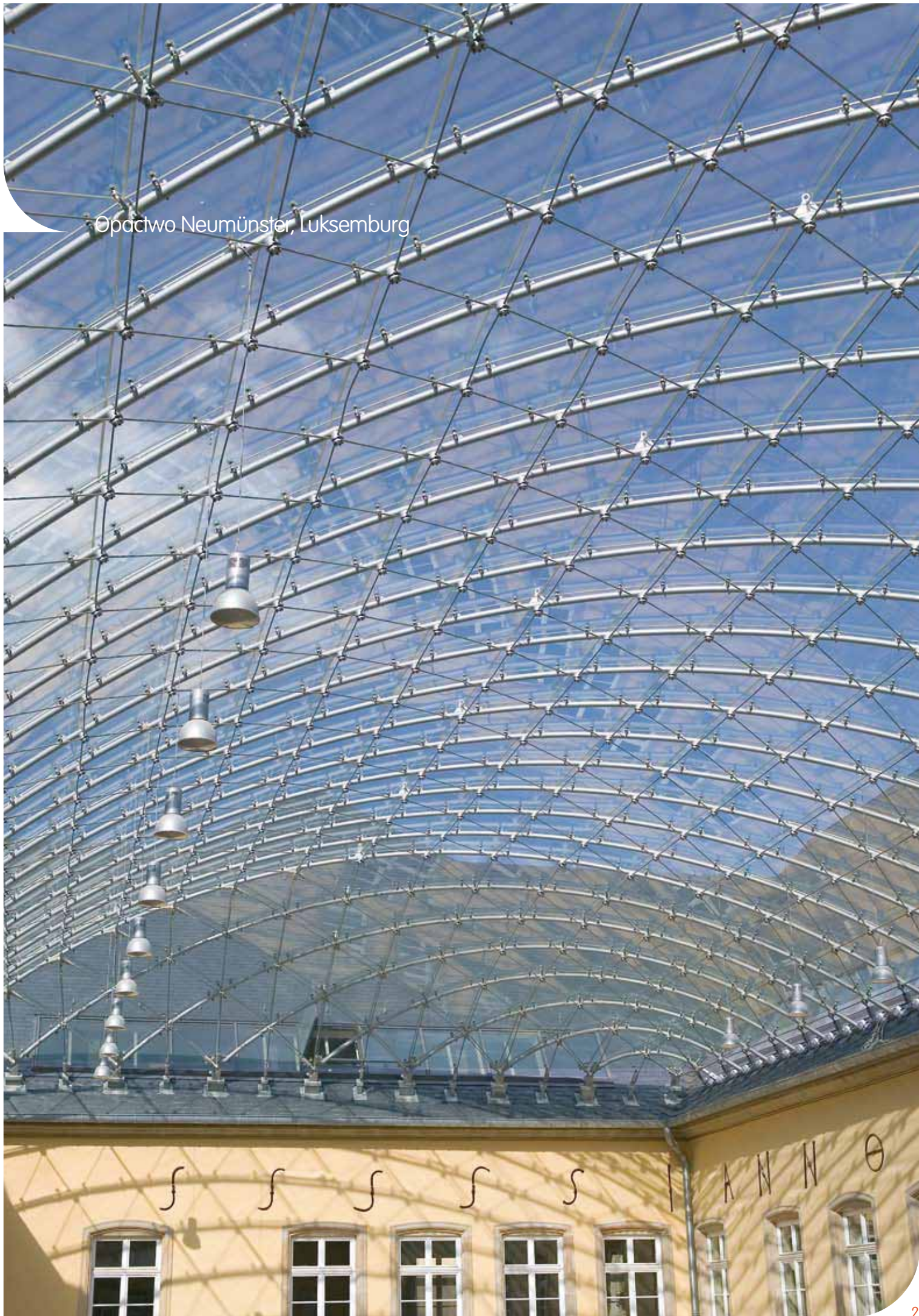


- *Rozbudowy są realizowane dla spełnienia nowych potrzeb funkcjonalnych, obejmujących zwiększenie kubatury budynku, zarówno w poziomie jak i w pionie.*
  - Rozbudowy poziome tworzone są poprzez dobudowę dodatkowej kubatury z boku istniejącej konstrukcji. W tym wypadku, ze względu na konieczność utrzymania odpowiedniego stylu architektonicznego, aspekty konstrukcyjne grają mniejszą rolę (rysunki 2.5.4 i 2.5.5).

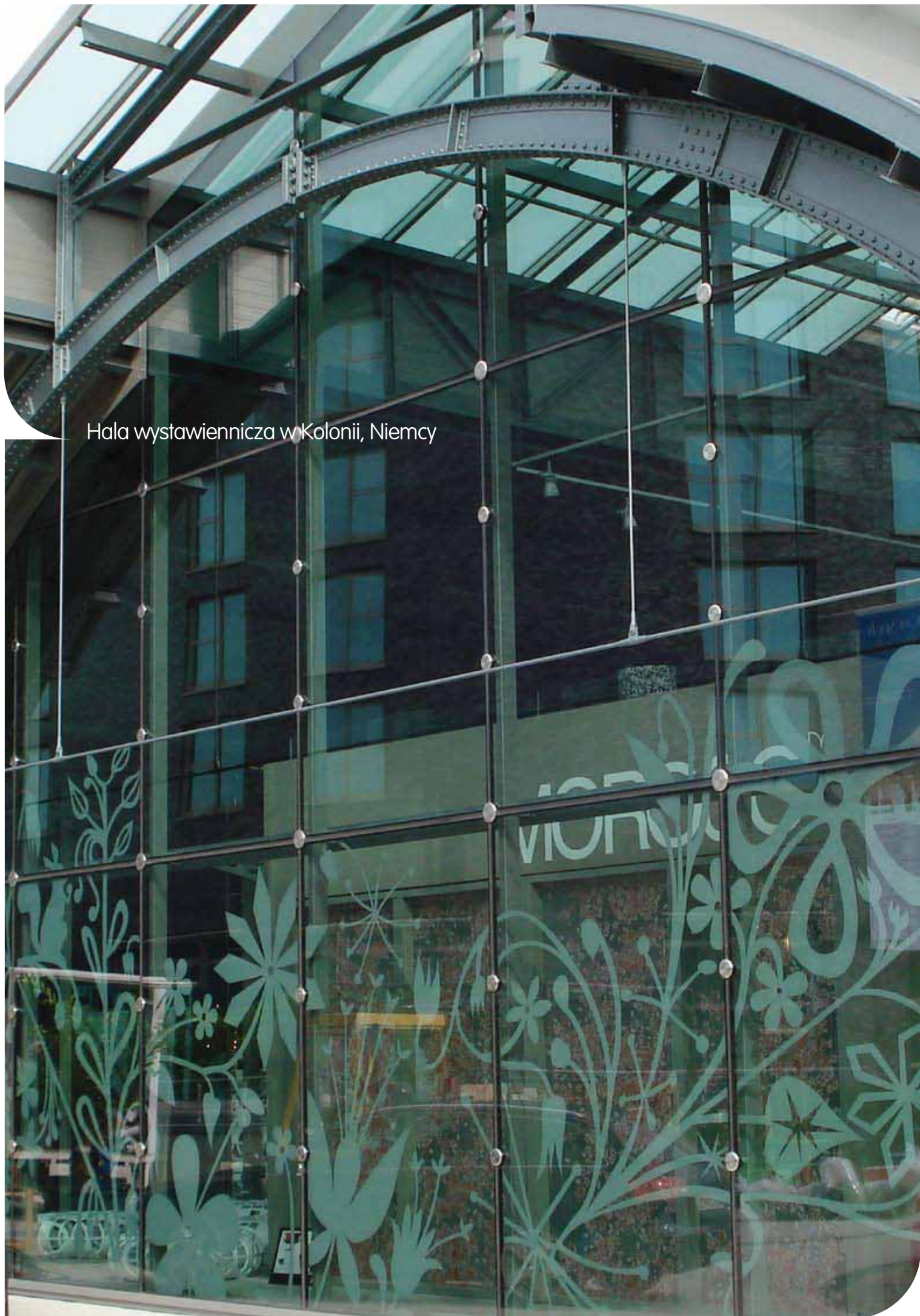




Opactwo Neumünster, Luksemburg



Hala wystawiennicza w Kolonii, Niemcy



2.5.6a



2.5.6b



– *Rozbudowy pionowe* wymagają zwiększenia wysokości budynku o jedno lub więcej pięter ponad istniejącą strukturę. W zależności od wielkości dodatkowego obciążenia, konieczne może być ponowne sprawdzenie obciążeń dopuszczalnych konstrukcji istniejącej. Przed rozpoczęciem rozbudowy może wystąpić potrzeba wykonania pewnych prac wzmocniających. Problem ten jest szczególnie istotny w obszarach aktywności sejsmicznej, gdzie statyczne zachowanie się budynku jest mocno wrażliwe na nowe obciążenia, szczególnie w górnej części. Potrzeba minimalizacji masy dodatkowej konstrukcji powoduje, że stal jest najbardziej odpowiednim materiałem, wykazując się wysokim stosunkiem wytrzymałości do ciężaru (rysunki 2.5.6 a, b).

- *Zmniejszanie obciążenia*, będące przeciwieństwem rozbudowy pionowej, może dotyczyć rozbiórki jednej lub wielu najwyższych stropów, w celu obniżenia naprężeń w konstrukcji. Ten efekt może zostać osiągnięty poprzez wymianę oryginalnych stropów lub dachów na lżejsze elementy konstrukcyjne. Bardzo popularna jest wymiana ciężkich stropów drewnianych na lekkie stropy oparte na dwuteownikach stalowych i blachach falistych, a także wzmocnienie starych dachów przy pomocy kratownic stalowych.

Restrukturyzacja jest rozwiązaniem odpowiednim, gdy modyfikacja funkcjonalna obejmuje wprowadzenie nowych kubatur i powierzchni, a także gdy nowe przepisy wymagają zmiany wytrzymałości układu konstrukcyjnego. Jest to też konieczne w

wypadku znacznie zniszczonych budynków, wymagających kompletnej modyfikacji i ulepszenia układu konstrukcyjnego.

Konserwacja istniejących budynków, a także ich zintegrowanie z nową wyrazistą i odwracalną strukturą stanowi klasyczny przykład restrukturyzacji, która musi być oparta na współczesnej teorii restauracji.

Logiczne zastosowanie zasad restauracji wskazuje na użycie stali, jako spełniającej konieczne warunki współczesnego „odwracalnego” materiału.

Stal wpasowuje się szczególnie dobrze w otoczenie materiałów tradycyjnych, tworząc solidne, zintegrowane struktury.





### 3. RENOWACJA KONSTRUKCJI MUROWANYCH I DREWNIANYCH

3.1	Konsolidacja konstrukcji murowanych	28
3.2	Konsolidacja budynków murowanych	30
3.3	Wymiana wnętrza budynku murowanego (Paryż, Francja)	31
3.4	Konsolidacja konstrukcji drewnianych przy wykorzystaniu elementów stalowych	32
3.5	Wymiana kratownic drewnianych na kratownice stalowe	34
3.6	Dachy szklane o konstrukcji stalowej	37



## 3.1 Konsolidacja konstrukcji murowanych

“ Nośność konstrukcji murowanych musi zostać poprawiona, gdy wystąpiły nieoczekiwane, zewnętrzne czynniki niszczące (np. trzęsienia ziemi) lub gdy cała konstrukcja musi zostać ulepszona, aby sprostać zwiększonym wymogom obciążenia, z powodu zmiany funkcji budynku.”

Klasyczne rozwiązania, poprawiające wytrzymałość elementów murowanych, polegają na ciśnieniowym wtlaczaniu zaprawy lub cementu, w połączeniu lub bez połączenia z kotwami z kształtowników stalowych.

W razie potrzeby proponuje się stosowanie stali nierdzewnej, co pozwala uniknąć zniszczeń związanych z korozją. Jednak to rozwiązanie nie jest odwracalne i z tego powodu jest przeciwnie podstawowej zasadzie restauracji.

Obserwując niektóre budynki murowane podczas rozbiórki, stwierdzono, że już kiedyś ramy stalowe były stosowane do wzmacniania ścian murowanych (rysunek 3.1.1). Oznacza to, że konstrukcje stalowe stanowią najbardziej odpowiedni materiał służący konsolidacji.

wewnętrznych ciągach zintegrowanych z płaskownikami, przy pomocy ceowników połączonych wiązaniem zewnętrznym lub poprzez poziome obręcze (rysunek 3.1.2).

Jeśli zachodzi konieczność przeniesienia znacznej części obciążenia pionowego ze ściany murowanej na nową konstrukcję stalową, konstrukcja ta może zostać umieszczona w odpowiednich rowkach, lub zwyczajnie przymocowana do muru (rysunek 3.1.3).

W wypadku otworów, siła przyłożona do brakującej części muru może być przejęta przez belkę stalową, umieszczoną w górnej części ramy stalowej, osadzonej w otworze (rysunek 3.1.4).

Również murowane łuki mogą być wzmacniane przy pomocy kształtowników stalowych (rysunek 3.1.5).

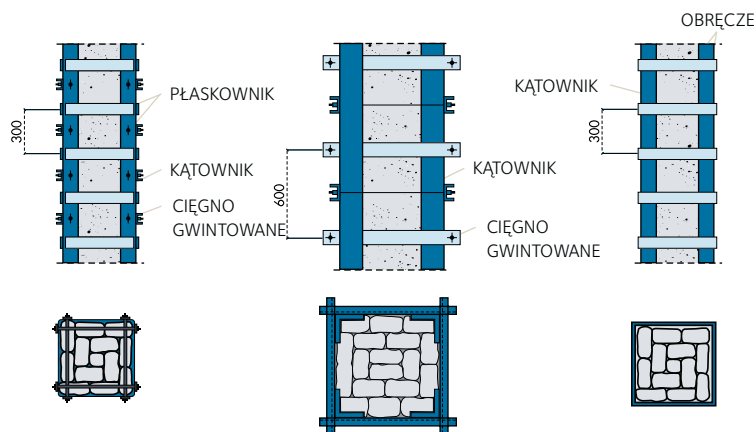
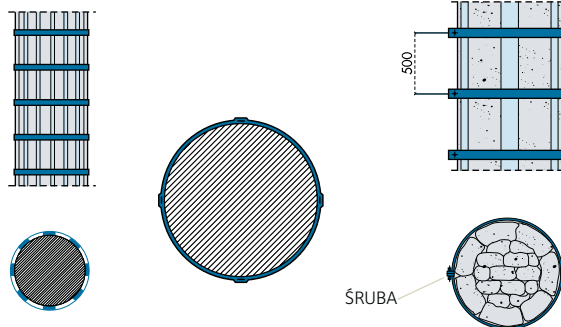


Zniszczone słupy murowane są naprawiane zazwyczaj przy pomocy obręczy stalowych. Poprzeczne związanie materiału powoduje wyraźny wzrost wytrzymałości na obciążenie pionowe (rysunek 3.1.2). W wypadku słupów okrągłych opaski wzmacniające można wykonać z ustawionych pionowo kształtowników stalowych o przekroju kwadratowym, ściśniętych przy pomocy stalowych pierścieni. W przeszłości konstrukcję taką naprężano wstępnie poprzez rozgrzewanie, a następnie kurczenie się pierścieni. Obecnie obie połowki pierścienia mogą być naciągnięte wstępnie przy pomocy śrub (rysunek 3.1.2). W wypadku słupów kwadratowych lub prostokątnych, w narożnikach można osadzić pionowe kątowniki. Mogą być one połączone ze sobą na różne sposoby: przy pomocy



### 3. Renowacja konstrukcji murowanych i drewnianych

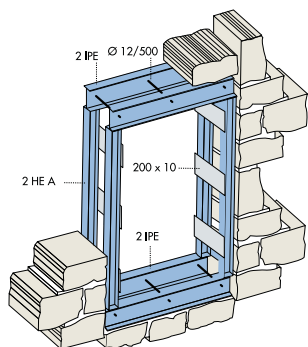
3.1.2



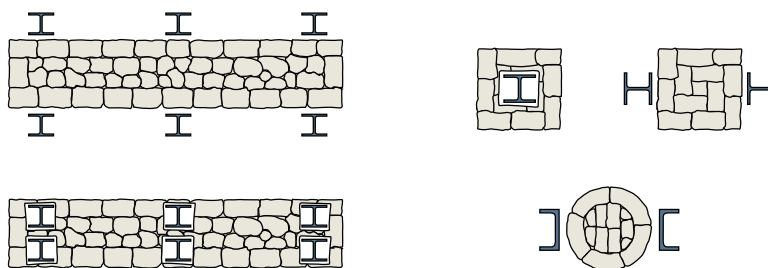
3.1.5



3.1.4



3.1.3



- 3.1.1 Stalowa rama wewnątrz ściany murowanej podczas prac rozbiórkowych w Manchester (Wielka Brytania)
- 3.1.2 Wzmacnianie kolumn murowanych przy pomocy kształtowników stalowych
- 3.1.3 Wzmacnianie ścian murowanych przy pomocy kształtowników stalowych
- 3.1.4 Szczegół konstrukcji stalowej wokół nowego okna
- 3.1.5 Wzmacnienie łuków murowanych przy pomocy konstrukcji stalowej

## 3.2 Konsolidacja budynku murowanego: rewitalizacja kompleksu budynków w Bolonii (Włochy)

Duży kompleks budynków w Bolonii został poddany całkowitej transformacji i jest obecnie obiektem wielofunkcyjnym, obejmującym hotel, mieszkania i sklepy. Na konstrukcje stalowe zdecydowano się zarówno z powodów konstrukcyjnych, jak i architektonicznych. W obydwu kierunkach zastosowano ramy stalowe o dużej odporności na moment.

W obrębie istniejących murów wybudowano dwukondygnacyjną konstrukcję stalową, osadzoną na niezależnych fundamentach, co pozwoliło na realizację szeregu ciągów schodów, na dwóch niższych kondygnacjach i w obrębie dziedzińca. Ta nowa rama została wykonana z dwuteowników. Proces wstawiania nowej konstrukcji stalowej i związane z tym rozbiórki elementów murowanych były prowadzone bez dodatkowych prac zabezpieczających.

Wewnętrzny dziedziniec wyróżnia się szeregiem schodów stalowych (rysunek 3.2.1), zapewniających komunikację z pierwszym piętrem.





## 3.3 Wymiana wnętrza budynku murowanego i wstawienie nowej konstrukcji stalowej (Paryż, Francja)

Niektóre ważne budynki w Paryżu zostały ostatnio poddane renowacji z wykorzystaniem metody wymiany wnętrza. Dwa budynki położone na bulwarze Haussman pod numerami 6-8 i 54 zostały całkowicie wyburzone wewnątrz, a w to miejsce osadzono nową konstrukcję stalową, otoczoną istniejącymi fasadami (rysunek 3.3.1).

Budynek AGF na Ilot Lafayette został odnowiony przy intensywnym użyciu otworowanych belek stalowych. Kolejny budynek na placu d'Iéna 7 został wypróżniony, a następnie wypełniony nową 8-kondygnacyjną konstrukcją stalową.

Grupa budynków, wybudowana pomiędzy początkiem XX-go stulecia, a rokiem 1950 została poddana renowacji i przekształcona w unikalny, nowoczesny budynek biurowy - zwany "Le Centorial" - z nowym parkingiem w części podziemnej. W większości wspomnianych realizacji, zarówno belki główne jak i pomocnicze posiadały odpowiednie otworowania, celem ułatwienia montażu instalacji technologicznych.



## 3.4 Konsolidacja konstrukcji drewnianych przy pomocy elementów stalowych

Budynki murowane są często wyposażone w stropy oparte na konstrukcjach drewnianych. Często zachodzi konieczność wzmocnienia części drewnianych (belek i posadzek), ze względu na ich zły stan techniczny, wywołany grzybami, pasożytami i maceracją.

Zaproponowano liczne konstrukcje, służące do podniesienia nośności belek. Rozpatruje się dwa sposoby wzmocnienia, w zależności od tego, czy łatwiej jest wykonać prace montażowe nowych elementów od spodu, czy z wierzchu belek nośnych (rysunki 3.4.1 a, b).

W pierwszym przypadku wzmocnienia stalowe mogą być montowane od dołu w różnej formie, od prostych płyt do gorącowałcowanych kształtowników dwuteownikowych i ceownikowych, które mogą być indywidualnie dobierane, w zależności od cech wzmacnianej konstrukcji.

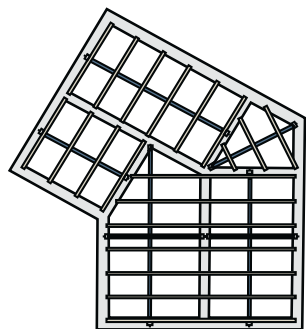
W sytuacji, gdy oryginalny kształt belek musi być zachowany ze względu na swoje wartości historyczne, należy zastosować drugą metodą wzmacniania, mianowicie poprzez prace ponad belką.

W efekcie finalnym powstaje zespolona konstrukcja drewniano – stalowa, która odznacza się wyraźniej większą wytrzymałością i sztywnością, niż konstrukcja oryginalna. We wszystkich przypadkach odpowiednie zintegrowanie konstrukcji drewnianej i stalowej musi być zapewnione przy pomocy odpowiednich rozwiązań, od zwykłych wiązań, do różnych rodzajów kotew (rysunek 3.4.2).

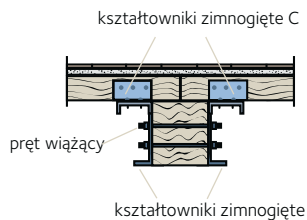
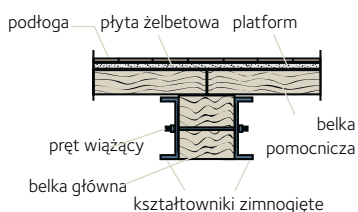
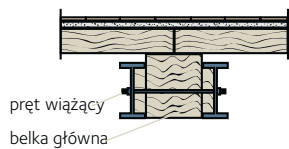
Wiele starych drewnianych mostów stanowi przykłady historycznych konstrukcji, zabezpieczonych przy pomocy konstrukcji stalowych. Dwa wyróżniające się przykłady to "Academia" – most pieszy w Wenecji i "Buchfahrt" – most w okolicach Weimaru w Niemczech, które dzięki odpowiedniej restauracji są chronione przed codziennym obciążeniem (rysunki 3.4.3 a, b)..



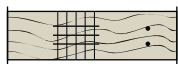
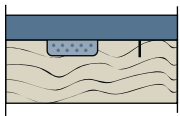
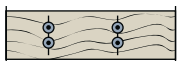
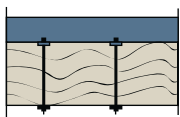
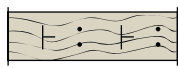
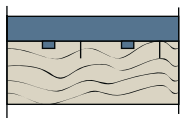
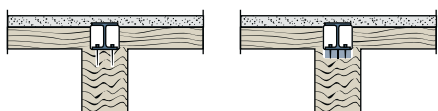
### 3. Renowacja konstrukcji murowanych i drewnianych



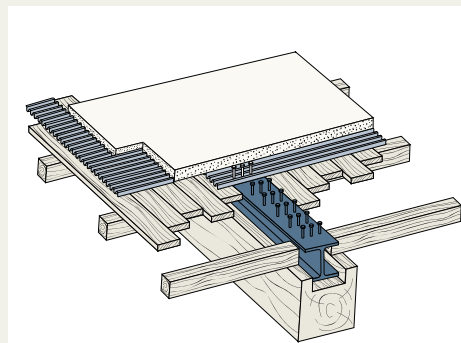
3.4.1a



3.4.1b



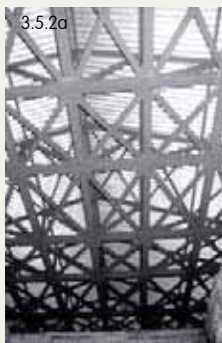
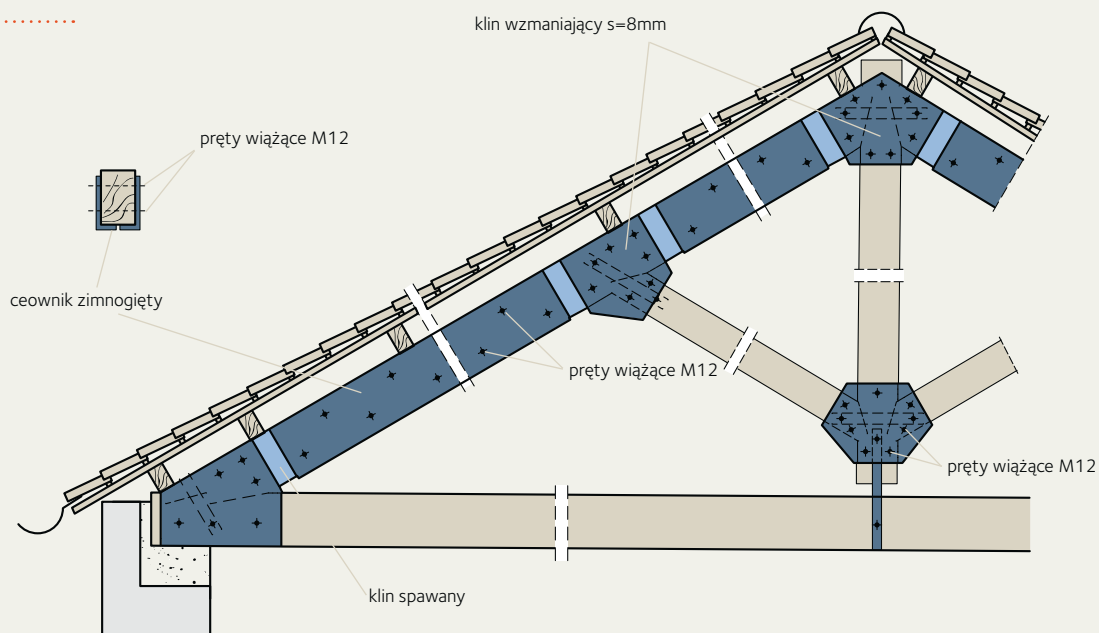
3.4.2



- 3.4.1** Systemy wzmocnienia belek drewnianych przy pomocy elementów stalowych:
- a) przy wykonywaniu czynności od dołu do góry;
  - b) przy wykonywaniu czynności od góry do dołu, tworząc zespoloną konstrukcję stalowo - drewnianą
- 3.4.2** Rozwiązanie wielowarstwowe, wzmocniające podłogę drewnianą
- 3.4.3** Most „Buchfahrt” w okolicach Weimaru (Niemcy)

# 3.5 Zamiana kratownic drewnianych na stalowe

3.5.1



**3.5.1** Elementy stalowe służące do wzmocnienia kratownic drewnianych

**3.5.2** a) Nowy dach stalowy oparty na kratownicy stalowej, ze zintegrowaną siatką kratownicy podrzędnej, co pozwala uzyskać efekt diafragmy;  
b) Konstrukcja stalowa pokrywająca apsydę starego kościoła murowanego

Kratownice drewniane są często silnie zniszczone wskutek działania czasu. W pewnych przypadkach można je zreperować, dodając płyty stalowe na łączeniach lub wzdłuż elementów (rysunek 3.5.1). W wielu przypadkach taka naprawa nie jest przeprowadzana, najlepszym rozwiązaniem jest zastąpienie całych kratownic drewnianych przez nową więźbę wykonaną z kształtowników stalowych.

Przykłady takich czynności, wykonywanych na zabytkach takich jak pałace czy kościoły, można znaleźć w licznych państwach europejskich. W szczególności, wiele kościołów i zabytkowych budynków zostało unowocześnionych przez zamienienie starych dachów drewnianych przez nowe więźby stalowe, pokryte blachami trapezowymi.

W wypadku kościołów zlokalizowanych na terenach czynnych sejsmicznie, nowe kratownice stalowemogą zostać wyposażone w poziomą siatkę, w celu usztywnienia połączenia z górną powierzchnią murów, a przez to tworząc „efekt diafragmy” (rysunki 3.5.2 a, b).

Dobrym przykładem nowego dachu stalowego jest katedra w Neapolu (rysunek 3.5.3). Cały nowy dach pałacu książęcego w Genui jest wykonany z kształtowników stalowych (rysunek 3.5.4). Liczne stare budynki w Royal Iron Mill of Mongiana w Kalambrii zostały odnowione w nowe dachy stalowe.

Czynność odwrócenia dachu została zrealizowana w Gevelsbergu (Niemcy), gdzie w budynku będącym wcześniej warsztatem zorganizowano garaż i sklep (rysunek 3.5.5).

3.5.4



3.5.3



3.5.5



- 3.5.3 Główna fasada katedry w Neapolu (Włochy)
- 3.5.4 Nowy dach pałacu książęcego w Genui (Włochy)
- 3.5.5 Odnowienie dachu w Gevelsbergu w oparciu o belki stalowe i blachy trapezowe

Reichstag w Berlinie, Niemcy



## 3.6 Dachy szklane o konstrukcji stalowej

Zadaszenie wewnętrznych dziedzińców w budynkach zabytkowych jest pomysłem względnie nowym, często stosowanym w celu rozszerzenia funkcjonalności wnętrza budynku. Dwoma dobrymi przykładami realizacji dachów szklanych są: dziedziniec wewnętrzny Muzeum Hamburga (rysunek 3.6.1) i rozbudowa Art Gallery K21 w Dusseldorfie, otwartej w roku 2002 (rysunek 3.6.2).









## 4. RENOWACJA KONSTRUKCJI ŻELBETOWYCH

- |  |    |
|--|----|
| 4.1 Różne przypadki konsolidacji                             | 40 |
| 4.2 Zmiana układu strukturalnego: gimnazjum w Cantù (Włochy) | 43 |

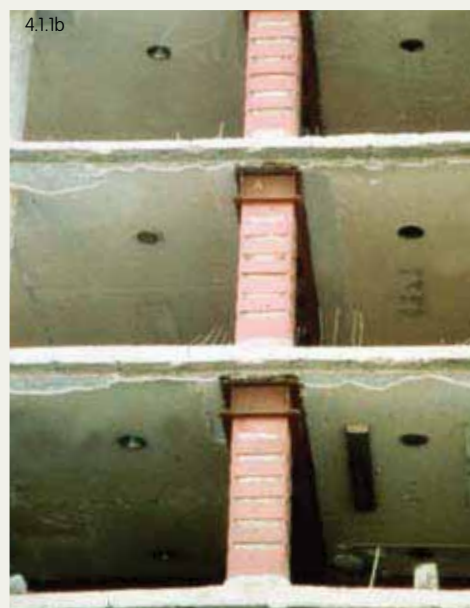


# 4.1 Różne przypadki konsolidacji

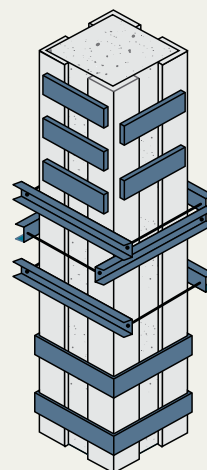
Zwiększenie nośności w słupach żelbetowych można uzyskać przez dodanie w jednym lub dwóch kierunkach dodatkowych kształtowników gorącowalcowanych, połączonych ze sobą przy pomocy odpowiednich wiązań. Zastosowanie ceowników, kątowników i płyt pozwala na osiągnięcie opaski oporowej, gdzie efekt wstępnego naciągu uzyskuje się przy pomocy śrub (Rysunki 4.1.1 a, b).

Wzmacnianie i naprawa żelbetowych połączeń belek i słupów jest zazwyczaj realizowana poprzez zastosowanie kątowników i płyt stalowych, umieszczonych naokoło elementów żelbetowych (rysunek 4.1.2).

Konstrukcja stalowa jest przyspawywana, a czasami przyklejana do konstrukcji żelbetowej. Rozmiar dodatkowych elementów zależy od wymaganego zwiększenia wytrzymałości na ścinanie i zginanie.

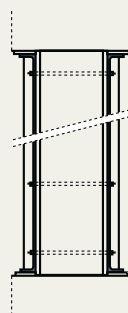
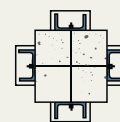


4.1.1a

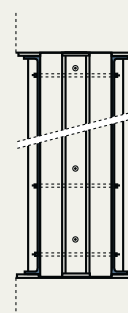


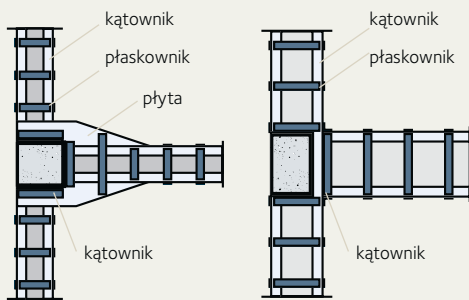
płyty rozdzielcze

ceownik

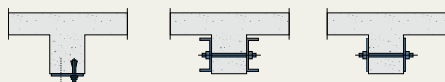


zaprawa niekurczliwa

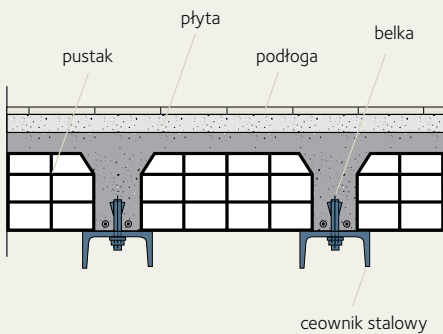




4.1.2



4.1.3



4.1.4

Zwiększenie bezwładności belek żelbetowych może być uzyskane poprzez połączenie elementów żelbetowych ze stalowymi przy pomocy śrub, wiązań lub kleju (rysunek 4.1.3). To samo rozwiązanie może być stosowane do wzmocnienia konstrukcji podłogi wykonanej z żelbetu i elementów ceramicznych. Mieszane podłogi betonowe i ceglane mogą zostać wzmocnione przy pomocy następujących metod (rysunek 4.1.4):

- okładanie spodu belek betonowych płytami stalowymi;
- wzmocnianie poszczególnych belek betonowych przy pomocy kształtowników stalowych;
- wprowadzanie kształtowników dwuteownikowych pomiędzy belki betonowe w odpowiednich otworach;
- wzmocnianie belek betonowych od spodu przy pomocy przytwierdzanych ceowników.

**4.1.1** a) Wzmocnianie słupów żelbetowych przy pomocy elementów stalowych;  
b) szczegóły systemu "płaskowników i kątowników"

**4.1.2** Wzmocnienie łączenia słupa i belki żelbetowej przy pomocy płaskowników i kątowników

**4.1.3** Wzmocnienie belek żelbetowych przy pomocy elementów stalowych

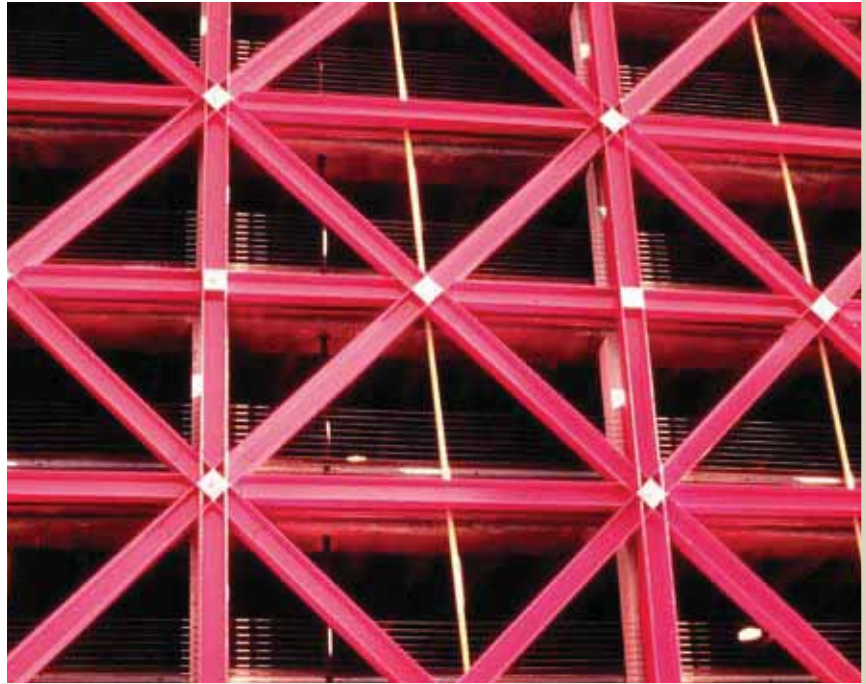
**4.1.4** Wzmocnienie struktury stropu żelbetowego przy pomocy elementów stalowych

Zdolność konstrukcji do przenoszenia obciążeń poziomych może zostać zwiększona przez zastosowanie klamer stalowych, spinających siatkę żelbetową.

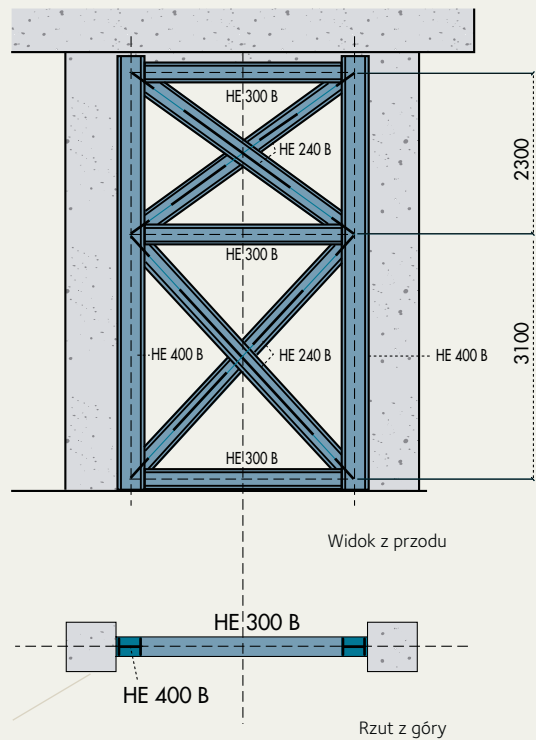
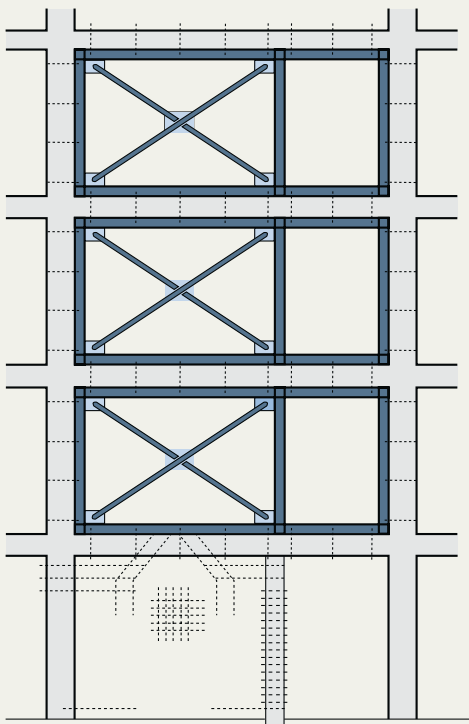
Uzyskana zespolona konstrukcja siatki składa się z krzyżowych klamer z kształtowników stalowych, spinających konstrukcję żelbetową.

Każda klamra stalowa jest zamocowana do siatki żelbetowej, a łączenia między oboma materiałami muszą być zrealizowane przy pomocy śrub lub wiązań wzdłuż ramy obwodowej przekątnej stalowej (rysunek 4.1.5).

Oprócz zalety szybkiego montażu, system ten umożliwia w przyszłości łatwe wykonanie otworów drzwiowych lub okiennych, poprzez zastosowanie – w razie konieczności – przekątnej o odpowiednim kształcie lub stosując jedynie jedną przekątną na dane pole siatki.



### 4.1.5



## 4.2. Zmiana układu strukturalnego: gimnazjum w Cantù (Włochy)



Stary budynek przemysłowy w Cantù w prowincji Como (Włochy) został przekształcony w gimnazjum przy pomocy konstrukcji stalowych, co pozwoliło uzyskać zmianę wyglądu dotychczasowej, żelbetowej struktury (rysunek 4.2.1).

Oryginalnie budynek składał się z dwukondygnacyjnej, żelbetowej ramy ze słupami

pośrednimi (rysunek 4.2.1 a). Zmiana funkcji na gimnazjum wymagała całkowitego usunięcia wnętrza budynku i wyeliminowania centralnie umieszczonych kolumn i pośredniej podłogi.

Istniejąca struktura dachu jest obecnie podparta przez stalowe portale, ułożone po obu stronach istniejących kolumn i przeciągnięte poza obrys ściany zewnętrznej (rysunek 4.2.1 b).

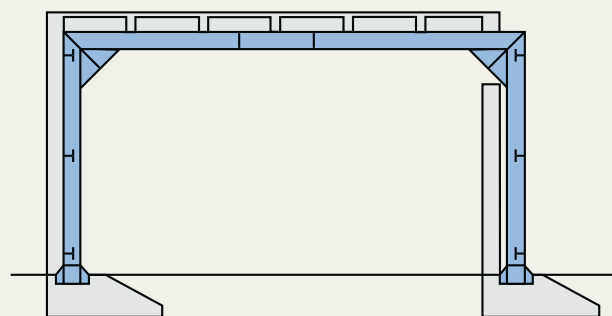
Na fasadzie frontowej, portale przecinają ścianę zewnętrzną, tworząc ciekawy motyw architektoniczny, burzący monotonię fasady (rysunek 4.2.2).

Wewnątrz budynku, krokiew nowej ramy podpierają bezpośrednio dźwigary istniejącego dachu betonowego.

4.2.1a



4.2.1b



**4.1.5** Klamry stalowe, zwiększające wytrzymałość ram żelbetowych na ruchy sejsmiczne

**4.2.1** Istniejący budynek przemysłowy w Cantù (Włochy) został przekształcony w gimnazjum, przy zdecydowanej zmianie układu konstrukcyjnego

**4.2.2** Pary portali stalowych widoczne na fasadzie





## 5. RENOWACJA KONSTRUKCJI ŻELAZNYCH / STALOWYCH

- |     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.1 | Konsolidacja konstrukcji żelaznych i stalowych               | 46 |
| 5.2 | Zmiana zastosowania: budynek rue de l'Ourcq, Paryż (Francja) | 51 |



# 5.1 Konsolidacja konstrukcji żelaznych i stalowych

Wytrzymałość żelaza i stali w konstrukcjach stopniowo wzrastała, wraz z udoskonaleniem wytwarzania i produkcji. W XIX wieku dopuszczalny nacisk na żeliwo wynosił około 20 MPa, a dla żelaza kutego 100 MPa. Obecnie dopuszczane obciążenia dla stali, tworzonej zgodnie z najnowszymi technologiami, są znacznie wyższe.

Wytrzymałość istniejących konstrukcji żelaznych i stalowych powinna być oczywiście rozpatrywana pod kątem przepisów obowiązujących w czasie pierwotnej budowy, jednak wnikliwie badając, można uzasadnić niewielkie zwiększenie dopuszczalnego obciążenia określonego w tamtym czasie.

W celu wzmocnienia istniejących belek stalowych stosuje się liczne metody:

- płyty i kształtowniki mogą być przyspawywane do dolnej i górnej półki;
- ceowniki lub dwuteowniki mogą być dospawywane do półek;
- płyty mogą być przyspawywane pomiędzy górną i dolną półką, tworząc skrzynkę;
- przy możliwych czynnościach z góry, można wylać belkę żelbetową i połączyć ją z istniejącą belką stalową stosując odpowiednie łączniki (kątowniki, teowniki, pręty, słupki itp.), przyspawane do górnej półki, dzięki czemu uzyskuje się działanie zespolone.

We wszystkich przypadkach należy rozważyć wnikliwie łączenie materiałów istniejących z materiałami nowymi. W wypadku wykonywania otworów w istniejącej konstrukcji może to prowadzić do niebezpiecznego, tymczasowego osłabienia tej konstrukcji.

Jeśli wybiera się łączenie metodą spawania, rozwiązanie techniczne musi być dopasowane do właściwości istniejącego materiału.

Spawalność lub poprawione parametry spawalności odgrywają kluczową rolę w renowacji istniejących konstrukcji żelaznych / stalowych.

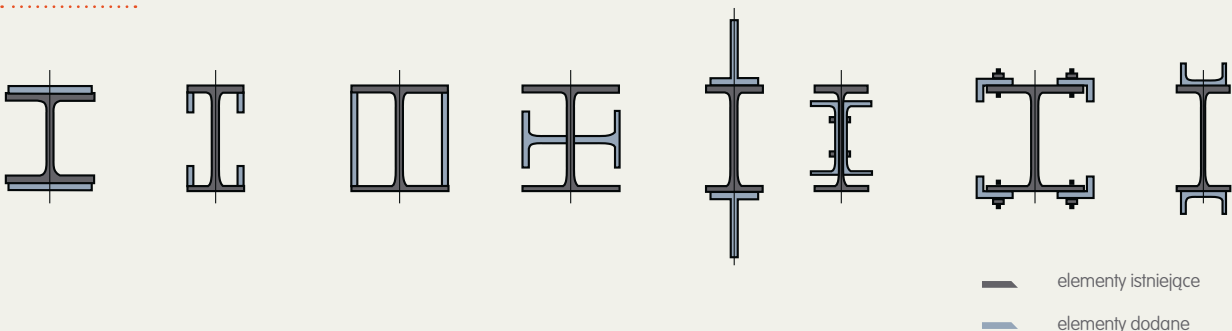
W wielu przypadkach brak jest odpowiedniej dokumentacji historycznej lub jest ona

niewystarczająca, jednak jest ogólnie wiadomo, że materiały metalowe wyprodukowane w XIX stuleciu zasadniczo nie nadają się do spawania.

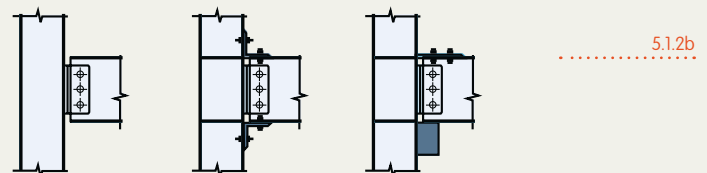
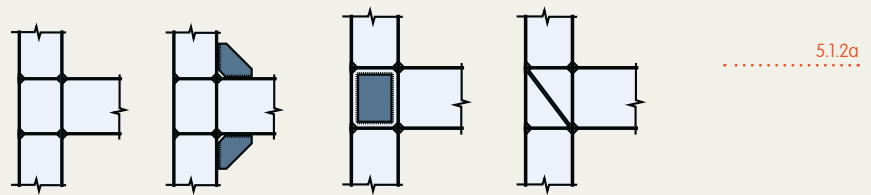
Należy pamiętać kilka podstawowych zasad:

- żeliwo nie nadaje się do spawania;
- żelazo kute może być spawane, pod warunkiem, że postępuje się zgodnie z odpowiednimi zaleceniami;
- stale miękkie mogą być spawane pod pewnymi warunkami, przy użyciu elektrod odpowiadających tej stali (zasadniczo elektrody niskowodorowe).

5.1.1







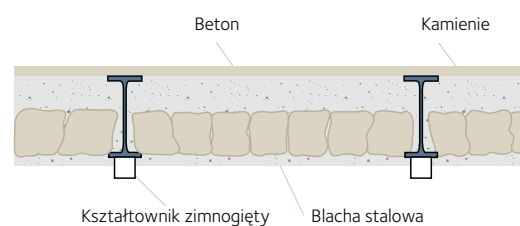
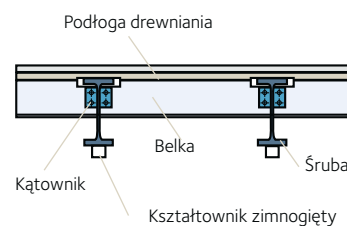
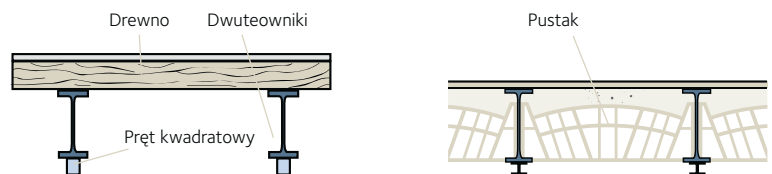
Stosowanie stali do wzmacniania współczesnych konstrukcji stalowych jest przypadkiem najprostszym. W rzeczywistości zintegrowanie nowego elementu stalowego w istniejącą strukturę jest bardzo proste i wymaga takich samych technik łączenia.

Moduł przekroju dwuteownika lub belki może być zwiększony na wiele sposobów poprzez dospawywanie lub dokręcanie płyt i/lub kształtowników, dzięki dopasowuje się istniejący przekrój do nowych potrzeb (rysunek 5.1.1).

Można też bardzo łatwo polepszyć połączenie belki i słupa, i przekształcić je z połączenia swobodnego na połączenie półsztywne lub sztywne (rysunek 5.1.2).

Na początku dwudziestego stulecia zaczęto stopniowo zastępować belki drewniane wczesnymi rozwiązaniami dwuteowników. Belki stalowe były połączone początkowo z podłogami drewnianymi, a następnie z pustakami ceramicznymi, betonem i kamieniem.

We wszystkich tych przypadkach potrzeba zwiększenia modułu przekroju może być łatwo zrealizowana poprzez dodawanie odpowiednich kształtowników stalowych do dolnej półki dwuteownika (rysunek 5.1.3).



**5.1.1** Wzmacnianie kształtowników stalowych poprzez dospawywanie lub dokręcanie elementów stalowych

**5.1.2** Przekształcanie połączenia belki i słupa z półsztywnego w sztywne (a) oraz ze swobodnego w sztywne (b)

**5.1.3** Wzmacnianie stalowej belki stropowej przez dodanie elementów stalowych do dolnej stopy

5.1.5



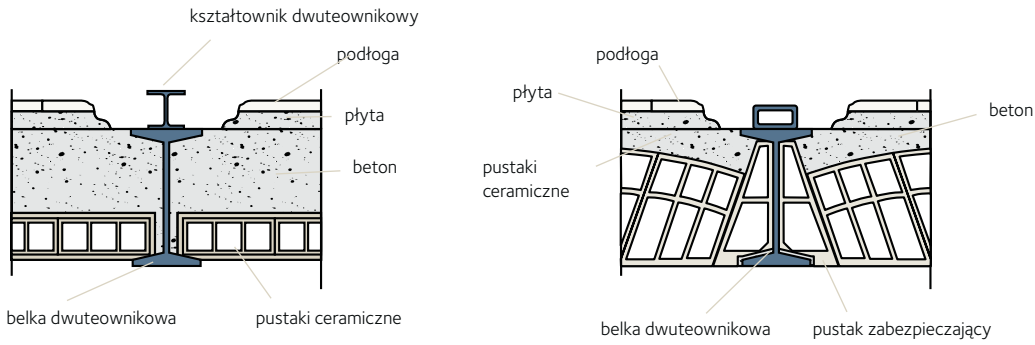
Jeśli nie ma możliwości pracy od spodu, dodatkowe elementy stalowe mogą być dołączone do górnej półki (rysunek 5.1.4).

Należy zwrócić szczególną uwagę na stan zakonserwowania, przy łączeniu starej stali z nową. W wielu wypadkach spawanie jest niedopuszczalne, ze względu na zanieczyszczenie starego materiału, zatem doradza się stosowanie połączeń śrubowych.

Liczne konstrukcje stalowe / żelazne (budynki i mosty) pochodzące z XIX wieku stanowią dziedzictwo kulturalne (rysunek 5.1.5). Ponowne wykorzystanie starych budynków przemysłowych, należących do tak zwanej „przemysłowej archeologii” jest dziś czynnością coraz bardziej popularną. Centrum Kultury i Wystawiennictwa “Century Hall” w Bochum pełniła wcześniej funkcję budynku wielkiego pieca w starej odlewni i została poddana renowacji w 1993 roku (rysunek 5.1.6).

Hala wystawiennicza w Kolonii została ostatnio odrestaurowana i rozmieszczona wewnątrz starej konstrukcji stalowej, zwieńczonej łukami (rysunki 5.1.7 a, b).

5.14



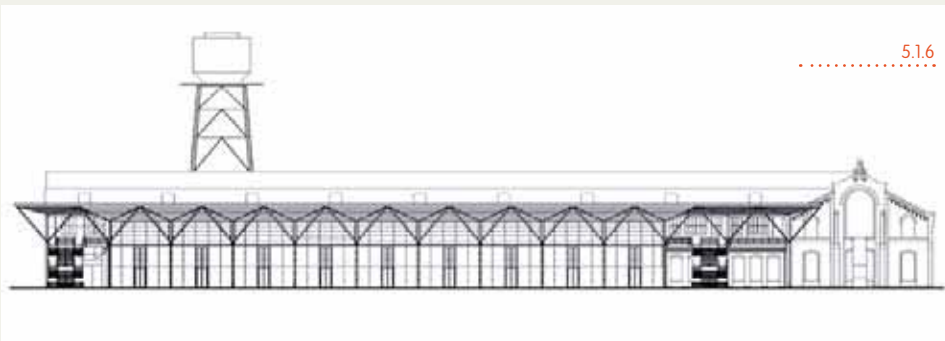
5.1.7a



5.1.7b



5.1.6



- 5.1.4 Wzmacnianie belek stalowych poprzez dodanie kształtowników stalowych do górnej półki
- 5.1.5 Renowacja starego budynku "Gare d'Orsay" w Paryżu, obecnie użytkowanego jako muzeum
- 5.1.6 Nowe Centrum Kultury i Wystawiennictwa "Century Hall" w Bochum (Niemcy), stworzone w wyniku przekształcenia z dawnego budynku przemysłowego
- 5.1.7 Hala Wystawiennicza w Kolonii (Niemcy) po renowacji istniejącej konstrukcji stalowej

## 5. Renowacja konstrukcji żelaznych / stalowych

Dawny budynek maszynowni w kopalni "Zeche Zollern" w Essen (1904) został poddany renowacji i przekształcony w muzeum. Budynki gazometrów są w archeologii przemysłowej konstrukcjami bardzo symbolicznymi i wykorzystywanymi w różnych celach. Gazometr w Oberhausen (Niemcy) został rozbudowany i jest obecnie wykorzystany jako hala wystawiennicza (rysunek 5.1.8). Dwa gazometry w Atenach zostały przekształcone w budynek biurowy i audytorium w ramach nowego muzeum Marii Callas (rysunek 5.1.9).



5.1.8

5.1.9



## 5.2 Zmiana zastosowania: budynek rue de l'Ourcq, Paryż (Francja)

Budynek jest usytuowany pod numerami 135 do 145, na ulicy rue de l'Ourcq i pod numerami 24 do 36, na ulicy rue Labois-Rouillon w Paryżu.

Był to pierwotnie budynek przemysłowy, mieszczący w sobie magazyn i urządzenia do belowania, a później skład meblowy. Nieruchomość miała zostać dopasowana do nowej funkcji, jaką jest blok apartamentowy, przy czym XIX-wieczna, przemysłowa architektura miała zostać zachowana (rysunek 5.2.1).

Głębokość budynku nie pozwalała na wykorzystanie całości kondygnacji dla celów mieszkaniowych. Z tego powodu koniecznym stało się wykonanie pustki doświetlającej w środkowej części budynku.

Architekci przekształcili tą niedogodność w unikalną przestrzeń wewnętrzną, wyraźnie zdefiniowaną i jednocześnie silnie zróżnicowaną. Dziedziniec stanowi centrum budynku, służący wszystkim apartamentom, pozwalającym im otworzyć się na cichy obszar ogrodu, z dala od zgiełku ulicznego, a także dający odpowiednie doświetlenie. Takie rozwiązanie dodaje poszczególnym mieszkańom indywidualnego charakteru i uczucia prywatności.

W przyziemiu przewidziano miejsca na drobne pomieszczenia sklepowe, rozlokowane wzdłuż ulicy rue de l'Ourcq oraz wokół małego dziedzińca. Ta lokalizacja została wybrana ze względu na dostępność i uzyskane w ten sposób ożywienie ulicy. Wszystkie stropy, belki i słupy stalowe wewnątrz budynku, pochodzące z początku XX wieku zachowały się w zadowalającym stanie, bez większych uszkodzeń i nadmiernej korozji. Konstrukcja budynku pozwalała na zmianę jego funkcji, gdyż była pierwotnie przewidziana do przenoszenia bardzo dużych obciążeń.





Wewnętrzne słupy, wykonane z żeliwa, podpierają stropy siatką o rozstawie 4m na 4m. Z racji tego, że nowa funkcja budynku wiązała się z mniejszym obciążeniem, słupy pozostawiono w ich pierwotnym układzie (rysunek 5.2.2).

Aby przenosić znaczne obciążenia słupy były zalane żelbetem w o przekroju kwadratowym. Słupy są wsparte poziomo w połowie wysokości przez belki podtrzymujące stropy półpiętra lub przez żelbetową fasadę. Belki były zbyt wąskie, a niektóre z nich były ustawione nieosiowo. W większości przypadków były one zestawione w parach, szerokością półek do siebie. Nieraz główna belka była wykonana z dwóch belek o różnej głębokości. Niektóre belki były połączone, niektóre występowały pojedynczo. Sposoby połączeń były tak samo zróżnicowane jak rodzaje belek. Z tego też powodu wszystkie połączenia zostały sprawdzone, a podpory belek na słupach – wzmocnione.

Oryginalne stropy zostały wykonane z połączenia cegieł podporowych i sklepień klinkierowych, które zostały pokryte zbrojoną zaprawą cementową. W pewnych obszarach podłoga była wzmocniona betonem, wypełniającym całą głębokość łączy. W innych obszarach podłoga musiała zostać rozebrana lub wzmocniona. Cały budynek pokryty jest dachem ukształtowanym w kształcie piły, przy czym żłobienia ustawione były równoległe do ulicy.

Skośne połacie o elewacji północnej były przeszklone, a o elewacji południowej – pokryte dachówką. Rozpiętość kratownic dachu w kształcie piły jest dwukrotnie większa niż rozpiętość na niższych kondygnacjach. Słupy podtrzymujące dach to zasadniczo kształtowniki IPN 260.

Zmiany, mające na celu stworzenie wewnętrznego dziedzińca spowodowały usunięcie części północnych oświetleń. Orientacja połaci dachowej i kształt piły stanowił idealną lokalizację dla kolektorów słonecznych, podgrzewających wodę.

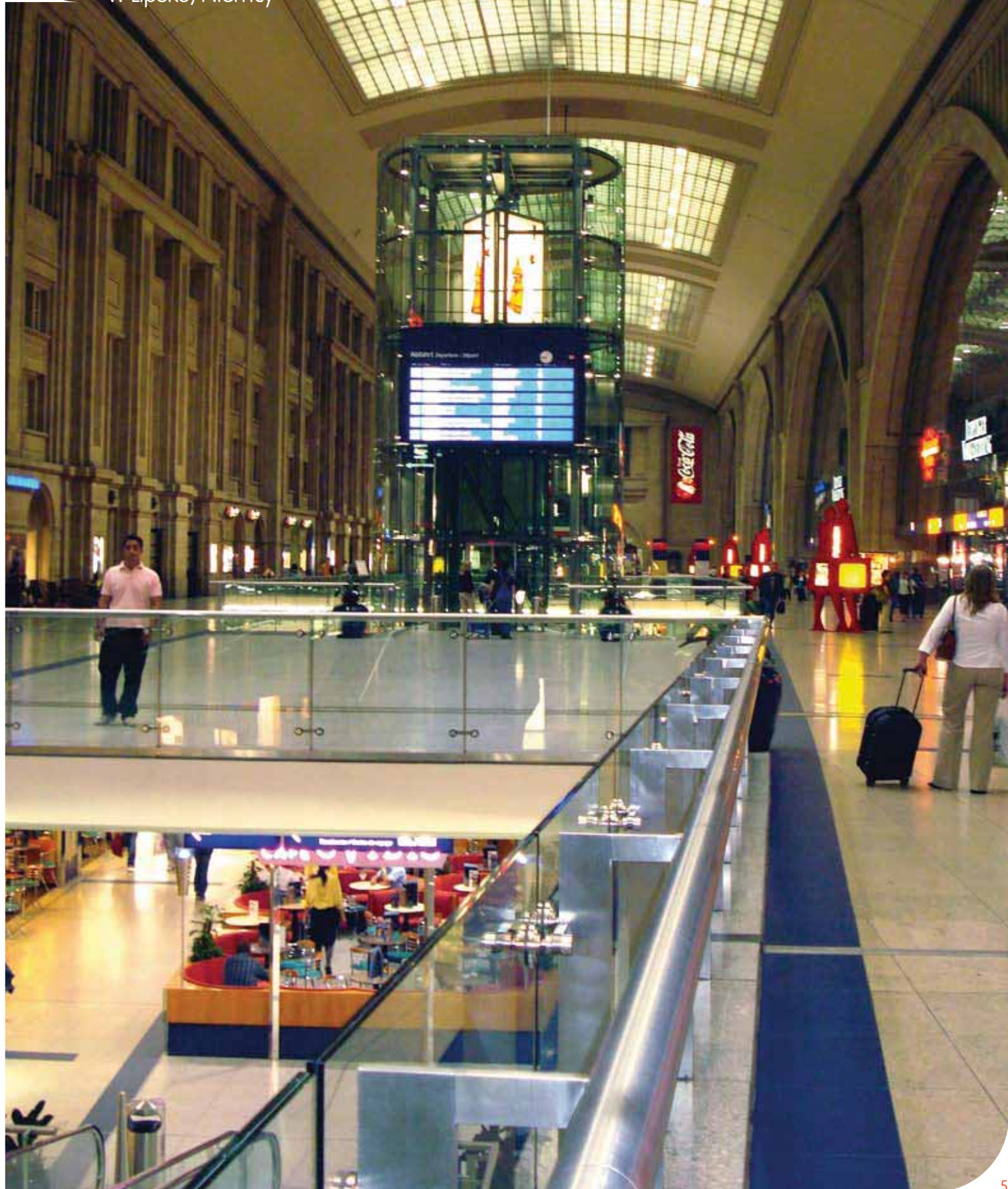
Niezbędne było zapewnienie półgodzinnej odporności ogniowej dla stropów i konstrukcji podtrzymującej. Odporność ogniową osiągnięto na dwa sposoby: albo stosując obudowę słupów, o grubości 70mm, wykonaną z żelbetu (gdy słup wypadał w ścianie między apartamentami) lub przez zastosowanie farby pęczniającej.

W założeniach inwestycyjnych przyjęto wykorzystanie wełny mineralnej (w płytach lub rolach) zakrytej tynkiem zabezpieczającym.

Konstrukcje stalowe w apartamentach zostały zachowane na wierzchu (rysunek 5.2.3).



Dworzec Centralny  
w Lipsku, Niemcy









## 6. WZMOCNIENIA SEJSMICZNE

6.1 Konstrukcje spinające	56
6.2 Wzmocnienia sejsmiczne budynków murowanych: dzielnica Capodimonte w Ancona (Włochy)	59
6.3 System kontroli pasywnej	61
6.4 Antysejsmiczne pokrycia dachowe	62
6.5 Wzmocnienia sejsmiczne w wypadku wymiany wnętrza budynku: Pałac Sprawiedliwości w Ancona (Włochy)	65

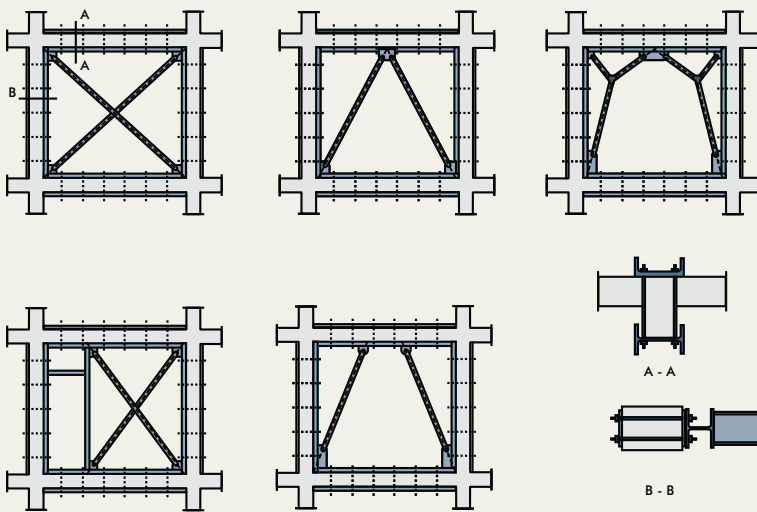


# 6.1 Konstrukcje spinające

Stosowanie stężeń, stalowych jest bardzo efektywnym sposobem wzmocniania zagrożonych seismicznie konstrukcji murowanych i żelbetowych. Pozwala to na uzyskanie budynków ścianowych ze wzmocnieniami kratownicowymi, co ma dwa cele: zwiększenie wytrzymałości konstrukcji na siły poziome oraz zrównoważenie rozkładu wewnętrznej sztywności, z uwzględnieniem centrum ścinania, w celu minimalizacji niebezpiecznych zjawisk skręcających (rysunek 6.1.1).

W zależności od danej konstrukcji murowanej, stalowe stężenia mogą być umieszczone wewnątrz lub na zewnątrz ściany murowanej i muszą być połączone z konstrukcją stropu (rysunek 6.1.2).

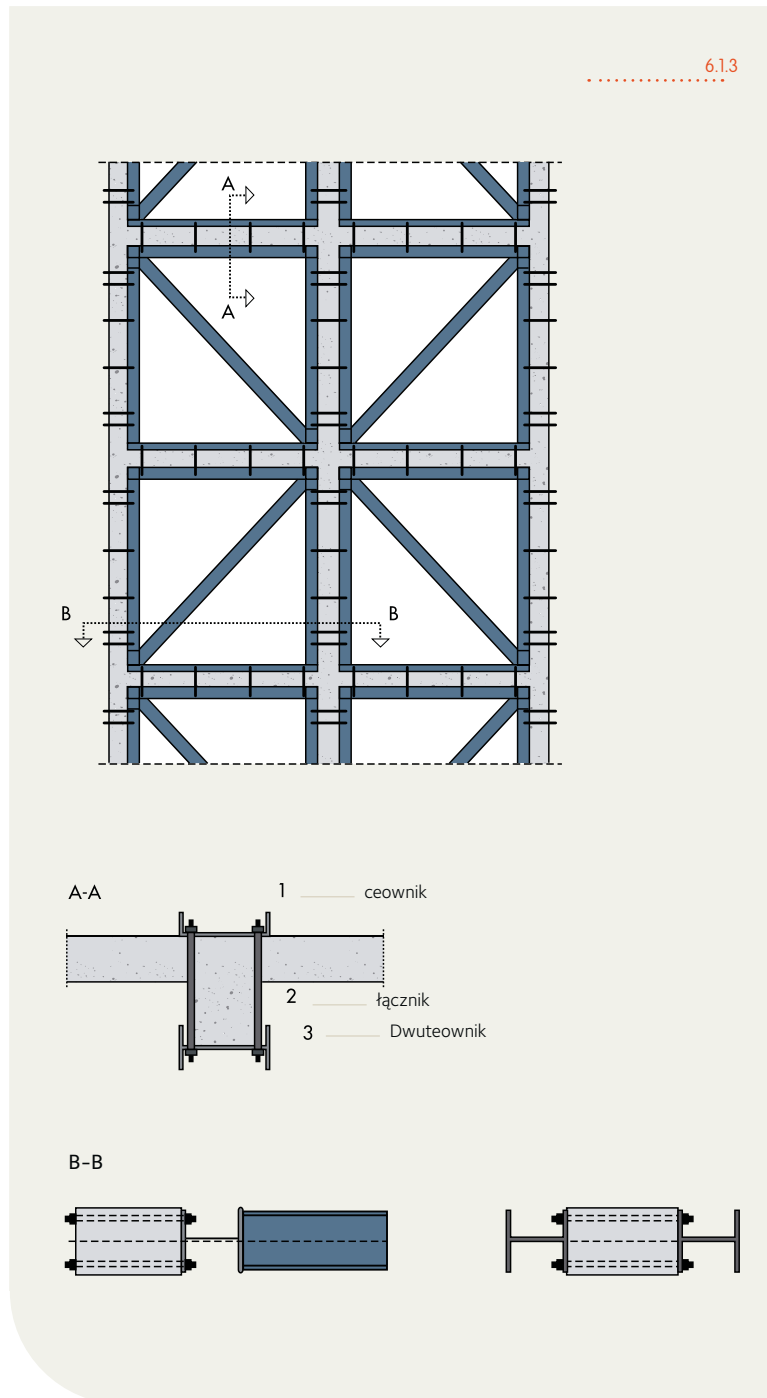
6.1.1





W wypadku konstrukcji żelbetowych, kształtowniki stalowe są przymocowywane do obrysu siatki konstrukcyjnej żelbetowej, gdzie przekątne i przeciwpiekątne są ułożone w klasyczny układ „krzyża św. Andrzeja”, lub inny motyw, pasujący do funkcji danego budynku.

Jeśli wprowadzony element wzmacniający w formie krzyża św. Andrzeja ma wysokość dwóch kondygnacji, występowanie jednej przekątnej dla każdego panelu prostokątnego umożliwia zastosowanie otworów okiennych lub drzwiowych (rysunek 6.1.3).



- 6.1.1** Różne rodzaje stężeń stalowych stanowiących wzmocnienie sejsmiczne konstrukcji murowanych i żelbetowych
- 6.1.2** Stalowe stężenia na fasadzie budynku murowanego (elektrownia na Węgrzech)
- 6.1.3** Stężenia w formie krzyża św. Andrzeja rozciągnięte na cztery elementy siatki w konstrukcji ramy żelbetowej

6.1.4



Liczne czynności wzmacniające pod kątem ruchów sejsmicznych były przeprowadzane na całym świecie przy pomocy klamer stalowych, zamocowanych do siatki żelbetowej (rysunek 6.1.4).

W wypadku konstrukcji stalowych, wymagających wzmocnienia pod kątem ruchów sejsmicznych, z powodu uznania danego obszaru jako czynnego sejsmicznie, musi zostać zwiększona wytrzymałość i giętkość konstrukcji, szczególnie w miejscach połączeń.

Ze względu na fakt wprowadzenia elementów usztywniających, można użyć dwóch klasycznych sposobów łączenia (zarówno sztywnego, jak i swobodnego) W wypadku połączenia sztywnego, ulega poprawieniu wytrzymałość na zginanie. W wypadku połączeń swobodnych, elementy usztywniające są zaprojektowane do uzyskania

odpowiedniej wytrzymałości na moment zginający, co jest praktycznie niemożliwe w wypadku wcześniejszego połączenia. Poprawienie wytrzymałości poziomej może być łatwo uzyskane poprzez zwiększenie przekroju klamer zamontowanych po przekątnej (wypadku konstrukcji z klamrami) lub zastosowanie nowych klamer w wypadku konstrukcji opornych na ruch.

## 6.2 Wzmocnienia sejsmiczne budynków murowanych: dzielnica Capodimonte w mieście Ancona (Włochy)

Poniżej opisano ciekawy przykład wzmocnienia sejsmicznego wykonanego w budynku poddanym renowacji w dzielnicy Capodimonte w historycznym centrum Ancona, najstarszej części miasta, zamieszkałej niegdyś przez rybaków.

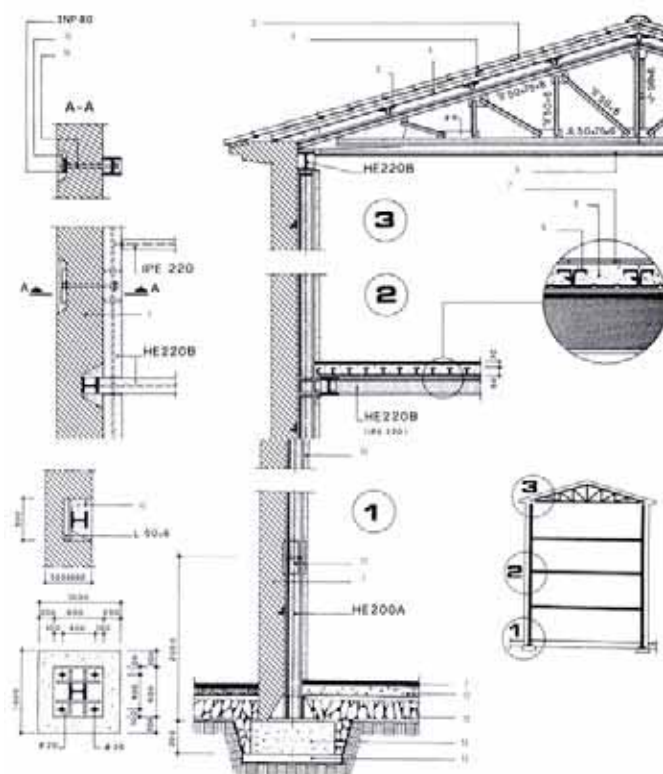
Szkielet stalowy jest kompletnie autonomiczny i niezależny od ścian istniejących, które zostały zdegradowane do funkcji zwykłych przegród, od których nie wymaga się zdolności nośnej (rysunek 6.2.1).

Budynki murowane znajdowały się w zaawansowanym stanie zniszczenia, wywołanym trzęsieniami ziemi w 1972 i 1936, a także bombardowaniami z czasów drugiej wojny światowej. W wyniku zaistniałej sytuacji ewakuowano zapobiegawczo praktycznie wszystkich mieszkańców dzielnicy.

We wszystkich budynkach dwu- lub trzykondygnacyjnych ściany ceglane i kamienne pokryte były licznymi rysami, a zaprawa całkowicie utraciła swoją spójność. Potrzeba zastosowania niezawodnej metody restrukturyzacji tych budynków doprowadziła do rezygnacji z tradycyjnych metod wzmocnienia, opartych na miejscowym wzmocnianiu poszczególnych elementów konstrukcji. Szczególnie preferowane było rozwiązanie, które w całości przenosiłoby ciężar budynku na fundamenty, zdejmując go z istniejących ścian.

W wyniku przeprowadzonych czynności wewnątrz budynków zastosowano konstrukcje stalowe, wbudowane w ściany obwodowe i wewnętrzne, zintegrowane ze stalowymi elementami poziomymi i blachami falistymi. Nowy szkielet stalowy, odpowiednio połączony ze ścianami spinającymi, utworzył konstrukcję nieczułą na obciążenia poziome i pionowe, a szczególnie wytrzymałą na efekty aktywności sejsmicznej.

6.2.1



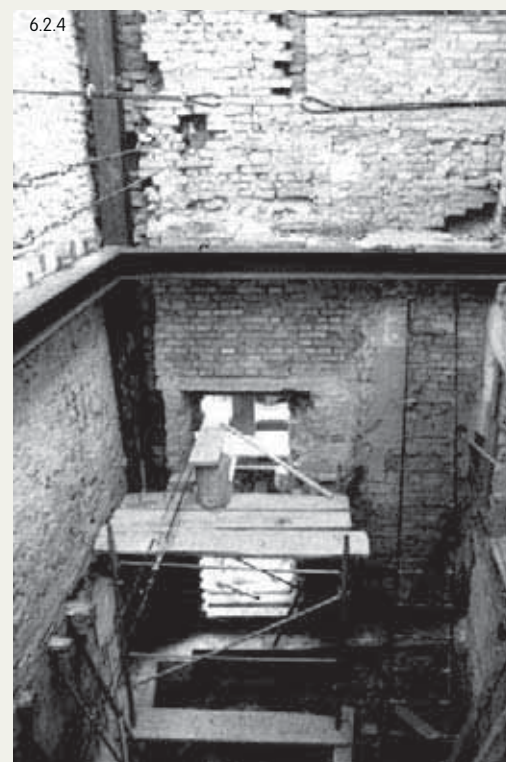
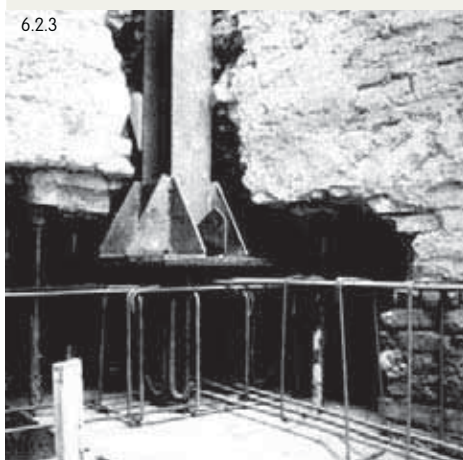
6.1.4 Stalowe kłamy krzyżowe w budynku apartamentowym w Berkeley (California, USA)

6.2.1 Dzielnica Capodimonte w mieście Ancona: szczegóły nowej konstrukcji stalowej, zabudowanej wewnątrz budynku murowanego

Prace renowacyjne przeprowadzono w następujących zakresach:

- wykonanie otworów w dolnej części murów, w celu wypełnienia ich nowymi fundamentami żelbetowymi (rysunek 6.2.2);
- umieszczenie śrub kotwiących i płyt bazowych (rysunek 6.2.3);
- Po wytworzeniu odpowiednich kanałów pionowych w ścianach obwodowych – montaż słupów stalowych na całej wysokości oraz tymczasowych klamer dla nich na poziomie podłogi (rysunek 6.2.4);
- utworzenie konstrukcji dachu w oparciu o kratownice i płatwie oraz wykończenie powierzchni dachu przy pomocy istniejących dachówek (rysunek 6.2.5);
- rozbiórka istniejących ścian wewnętrznych i stropów, zaczynając od najwyższego poziomu, a następnie rekonstrukcja stropów z belkami głównymi i pomocniczymi, blachami falistymi oraz wylewanym betonem (rysunek 6.2.6);
- wykonanie ścian żelbetowych klatki schodowej oraz żelbetowych schodów i spoczników;
- końcowe połączenie konstrukcji stalowej z istniejącymi ścianami i żelbetową klatką schodową, a następnie zamocowanie przy pomocy betonu uszczelniającego;
- wypełnienie ściankami działowymi, tynkami, warstwami podłogowymi i elementami wykończenia wewnątrz

Ściany zewnętrzne, odpowiednio odrestaurowane, zachowały ciągle swoją funkcję architektoniczną i zabezpieczającą, ale zostały pozbawione roli przenoszenia głównego ciężaru konstrukcji (rysunek 6.2.7).



## 6.3 Systemy kontroli pasywnej

6.2.5



6.2.6



6.2.7



Kontrola reakcji konstrukcji wywołanej trzęsieniami ziemi może być zrealizowana na różne sposoby, oparte na różnych pomysłach, takich jak zmiana masy lub tłumienie, jak również tworzenie pasywnych i aktywnych sił przeciwnych.

Skupiając się na systemach pasywnych, nie wymagających zewnętrznego źródła energii, właściwości konstrukcji (okres i/ lub zdolność tłumienia) nie są uzależnione od rodzaju ruchów sejsmicznych.

Urządzenia do pochłaniania energii filtrują siły sejsmiczne, a przez to znacząco zmniejszają wpływy sejsmiczne na zabezpieczoną konstrukcję. Stosowanie technik kontroli pasywnej w renowacji istniejących budynków jest sprawą stosunkowo nową. W sytuacji wymiany starych drewnianych dachów na nowe konstrukcje stalowe, powstają odpowiednie warunki do łatwego zastosowania pomysłu kontroli pasywnej, w celu zwiększenia odporności na ruchy sejsmiczne.

Jest ogólnie wiadomo, iż w celu zapewnienia odpowiedniej ochrony przeciwko aktywności sejsmicznej w budynkach murowanych, należy zapewnić, żeby jedna lub więcej kondygnacji było w stanie zachowywać się jak sztywna diafragma. Jedynie w tym wypadku jest możliwe sprawne przeniesienie sił poziomych na ściany pionowe.

Uzyskanie efektu diafragmy w wypadku murowanych budynków jednokondygnacyjnych (np. nawy kościoła), związane z uzyskaniem sztywnych połączeń między murem, a konstrukcją dachu, może spowodować problemy związane ze zmiennością temperaturową, zależną od cech geometrycznych i mechanicznych (stosunek rozpiętości do wysokości).

W sytuacji przeciwnej, gdy brak jest połączeń sztywnych, konstrukcja może przemieszczać się swobodnie, bez przenoszenia naprężeń na mury. Jednak efekt diafragmy nie jest wówczas uzyskany.

Dynamiczny tłumik olejowy stanowi rozwiązanie dla wyżej opisanych, wzajemnie przeciwnych przypadków, gdyż jego działanie jest dopasowane do zjawiska w danej chwili. W wypadku występowania naprężeń termicznych, gdzie prędkość nakładania sił jest bardzo powolna, dynamiczny tłumik olejowy zachowuje się jak łożysko ślizgowe: konstrukcja dachu jest określona statycznie i nie ma narastania sił, będących konsekwencją różnicy temperatur.

Podczas trzęsienia ziemi urządzenie usztywnia się, ze względu na dużą szybkość nakładania siły: w tych warunkach układ konstrukcyjny posiada lepszą odporność na zjawiska sejsmiczne. Urządzenie wyposażone jest w plastikowy próg: po jego przekroczeniu następuje znaczne rozproszenie energii, co zmniejsza oddziaływanie sejsmiczne na konstrukcję murowaną.

**6.2.2** Nowy fundament i podstawa słupa

**6.2.3** Umieszczenie słupów stalowych w istniejących ścianach murowanych

**6.2.4** Rozbudowa konstrukcji stalowej wewnątrz konstrukcji murowanej

**6.2.5** Nowy dach stalowy

**6.2.6** Nowa konstrukcja stropu

**6.2.7** Dzielnica Capodimonte w mieście Ancona: zachowanie niezmienionego wyglądu starych fasad, bez uwidaczniania wewnętrznych, wzmacniających sejsmicznie, konstrukcji stalowych

## 6.4 Antysejsmiczne pokrycia dachowe

- *Kościół św. Jana Battisty (Carife, Włochy)*

Projekt restauracji kościoła św. Jana Battisty w miejscowości Carife niedaleko Avellino jest pierwszym przykładem zastosowania dynamicznych tłumików olejowych w budynku zabytkowym. W 1990 roku wybudowano nową, konstrukcję dachu z kratownicami trójkątnymi, w celu uzyskania sztywnej pracy konstrukcji murowanej w wypadku obciążeń sejsmicznych (rysunek 6.4.1). Oprócz tego, po jednej ze stron zastosowano dynamiczne tłumiki olejowe, dzięki czemu uzyskano swobodną lub usztywnioną pracę konstrukcji, w zależności od warunków.

Urządzenia zastosowane w kościele zostały wykalibrowane, aby pracować jako łączenia usztywnione w wypadku trzęsienia ziemi, zgodnie z włoskimi przepisami w tym zakresie, co pozwala na rozpraszanie energii w wypadku większych trzęsień. Wyniki pomiarów na urządzeniach potwierdziły założenia projektowe.

- *Nowa Biblioteka Uniwersytetu "Federico II" (Neapol, Włochy)*

Podobne rozwiązanie jak we wspomnianym wcześniej kościele zastosowano przy restauracji w 1996 roku budynku wydziału matematyki, z adaptacją na nową bibliotekę.

To zadanie stanowiło jeden z elementów rozległych czynności, mających na celu zachowanie wszystkich zabytkowych, kilkusetletnich budynków, tworzących oryginalne zabudowania starego Uniwersytetu w Neapolu.

Strop wyższej kondygnacji (o powierzchni 16 x 32 metrów) został przebudowany w latach pięćdziesiątych XX wieku przy użyciu belek żelbetowych (o rozpiętości 16 m) i konstrukcji mieszanej z pustaków ceramicznych i żelbetu wylewanego.

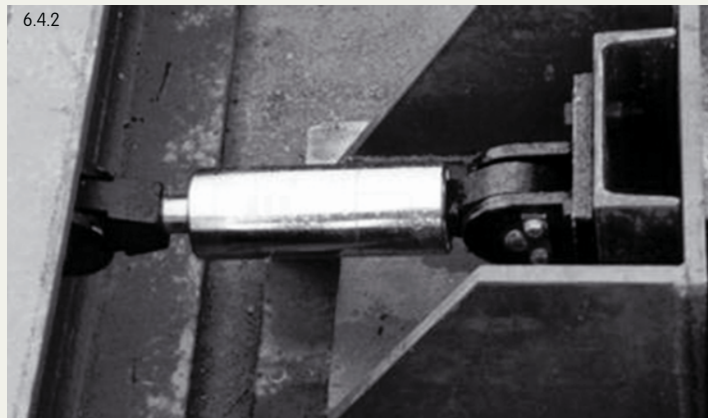
Ta konstrukcja była w bardzo złym stanie, ze względu na korozję stali i powierzchniowe zniszczenie betonu.

Podjęto decyzję wyburzenia istniejącej konstrukcji i zastąpienia jej konstrukcją stalową, w oparciu o belki otworowane ze stropem metalowym. Układ 24 dynamicznych cylindrów olejowych i podpórek z neoprenu posłużył do oparcia nowej konstrukcji stalowej na murze obwodowym, co pozwoliło uzyskać odpowiednią współpracę obu konstrukcji na wypadek trzęsienia ziemi (rysunek 6.4.2).

6.4.1

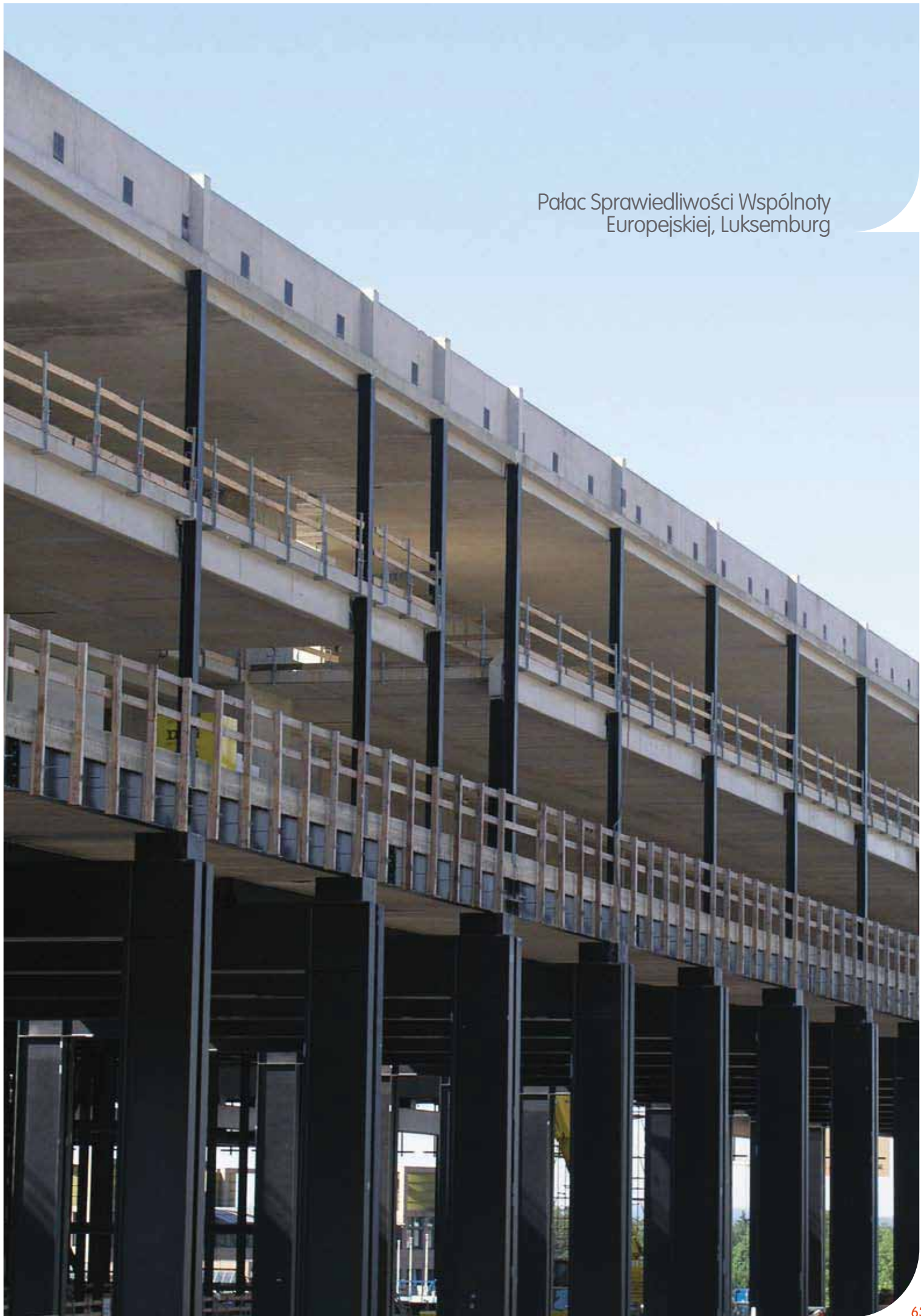


6.4.2





Pałac Sprawiedliwości Wspólnoty Europejskiej, Luksemburg





- *Budynek przemysłowy Sarno (Salerno, Włochy)*

Istniejący, jednopiętrowy, przemysłowy budynek murowany został poddany ulepszeniom, zwiększającym jego odporność sejsmiczną. Ze względu na dużą rozpiętość budynku i brak ścian wewnętrznych, zastosowanie diafragmy stalowej okazało się najlepszym rozwiązaniem, dzięki swej lekkości i sztywności (rysunek 6.4.3). Zastosowano również urządzenia do rozpraszania energii, zamontowane do podpór kratownic dachowych.

W tym celu użyto zarówno dynamicznych cylindrów olejowych jak i progów plastikowych (rysunek 6.4.4), co pozwala na odpowiednią reakcję konstrukcji na codzienne i sezonowe zmiany temperatury, a także na słabe i umiarkowane, a także silne trzęsienia ziemi.

Techniczna analiza reakcji konstrukcji na ruchy sejsmiczne, zrealizowana w oparciu o pomiary aktualne i historyczne pokazują efektywność zastosowanego rozwiązania.

- 6.4.3** Nowa konstrukcja dachu złożona z kratownic i siatki poziomej, podczas montażu (Sarno, Włochy)
- 6.4.4** Specjalne urządzenie służące do ochrony pasywnej, zainstalowane w nowej konstrukcji stalowej w Sarno (Włochy): dynamiczny cylinder olejowy
- 6.5.1** Zabytkowa fasada Pałacu Sprawiedliwości w Ancona
- 6.5.2** Wewnętrzna konstrukcja stalowa podczas wznoszenia

## 6.5 Wzmocnienia sejsmiczne w wypadku wymiany wnętrza budynku: Pałac Sprawiedliwości w Ancona (Włochy)

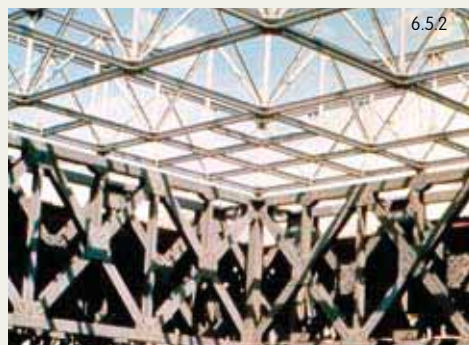


Wnętrze budynku zostało całkowicie wymienione i zrestrukturyzowane, aby spełniać na nowo funkcję biur sądu. Zachowano układ wszystkich okien, gzymsów i ornamentów w neorenesansowej fasadzie murowanej (rysunek 6.5.1).

Główna konstrukcja nośna składa się z czterech żelbetowych wież o wymiarach 9x9m, zawierających schody, windy i poziomy serwisowe, ulokowane w narożnikach wewnętrznego, zadaszonego dziedzińca. Wieże te zapewniają przeniesienie obciążeń pionowych od dachu i pięciu kondygnacji podwieszonych do niego, a także stabilizację poziomą, zapobiegającą efektom aktywności sejsmicznej.

System zawieszni w dachu składa się z czterech par belek kratownicowych, podpartych na wewnętrznych krawędziach czterech żelbetowych wież, wyznaczających obrys zadaszonego, wewnętrznego dziedzińca.

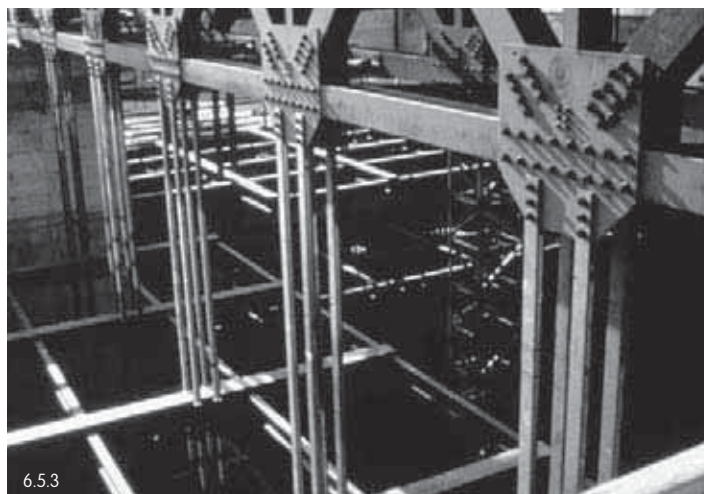
Każda z par belek tworzy belkę klatkową, o wymiarach 1.80m szerokości, 4m wysokości, z poprzecznymi przekątnymi (rysunek 6.5.2).



Wszystkie elementy kratownic (ciągna, pręty poziome i pionowe) są wykonane ze stalowych kształtowników dwuteownikowych, połączonych przy pomocy przyśrubowanych wstawek z płyt stalowych. Wewnętrzny pierścień wykonany jest z czterech par belek o rozpiętości 21,40 m i stanowiących kluczowy składnik szkieletu stalowego, do którego przyłączone są kolejne elementy konstrukcji:

- w obszarze wewnętrznym – belki podtrzymujące kopułę przeszkloną, doświetlającą wewnętrzny dziedziniec, spoczywające na węzłach górnych kratownic;
- w obszarze zewnętrznym – belki wspornikowe, pokrywające obszar poza obrysem określonym przez cztery wieże, połączone do węzłów dolnych kratownic;
- pręty podtrzymujące pięć podwieszonych poniżej kondygnacji odchodzą w zespołach po 4 sztuki z dolnych, wewnętrznych węzłów kratownicy (rysunek 6.5.3).

Pięć kondygnacji podwieszonych do konstrukcji dachu jest przyczepionych do czterech obszarów o wymiarach 9x20m pomiędzy czterema wieżami (rysunek 6.5.4). Składają się z przestrzennych belek podtrzymujących zespolone płyty.



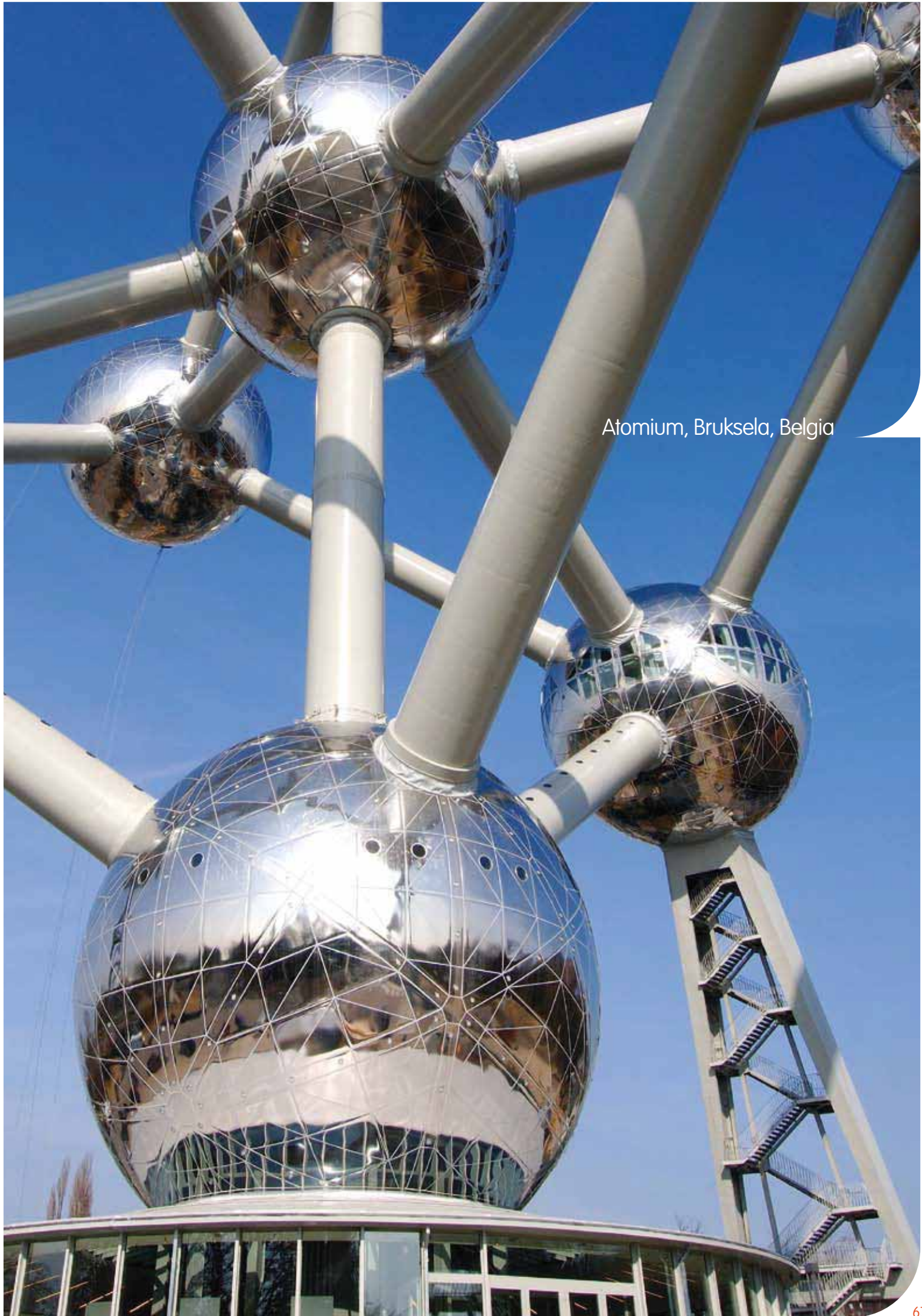
6.5.3



6.5.4

Główne belki wewnętrzne są podwieszane na prętach z klatkowej kratownicy okalającej, podczas gdy po stronie zewnętrznej spoczywają one na obwodowych konstrukcjach żelbetowych, pomiędzy czterema wieżami, a fasadami zewnętrznymi budynku.

Belki zostały przyspawane do płyt stalowych, wcześniej zintegrowanych z betonem. Wszystkie inne elementy konstrukcyjne zostały zmontowane na miejscu przy pomocy połączeń śrubowych. Poszczególne elementy zostały prefabrykowane w rozmiarach wygodnych do transportu w zabytkowym obszarze miejskim, a także możliwych do montażu w gęsto zabudowanym obszarze.



Atomium, Bruksela, Belgia





## 7. PRZYKŁADOWE RENOWACJE

7.1	Rozszerzenie powierzchni: Budynek biurowy Van Leer w Amstelveen (Holandia)	70
7.2	Rozbudowa pionowa: budynek na ulicy Victoria Street, Toronto (Kanada)	71
7.3	Rozbudowa budynku zabytkowego: Dawna fabryka Briatico i Centrum Kulturalne Succivo (Włochy)	72
7.4	Rozbudowa pionowa przez podwieszenie: Hotel Jolly w Caserta (Włochy)	73
7.5	Budynek Reichstagu w Berlinie (Niemcy)	74
7.6	Różne rozbudowy poziome i pionowe przy użyciu konstrukcji stalowych w Niemczech	75



# 7.1 Rozszerzenie powierzchni: budynek biurowy Van Leer w Amstelveen (Holandia)

Budynek biurowy został zbudowany pod koniec lat pięćdziesiątych, aby zapewnić przestrzeń dla 500 pracowników. Jednak z powodu decentralizacji organizacji firmy Van Leer, w ostatnich latach w budynku pracowało jedynie około 300 pracowników (rysunek 7.1.1) Co więcej, jak większość budynków wybudowanych przed kryzysem naftowym, koszty energetyczne utrzymania budynku były bardzo wysokie.

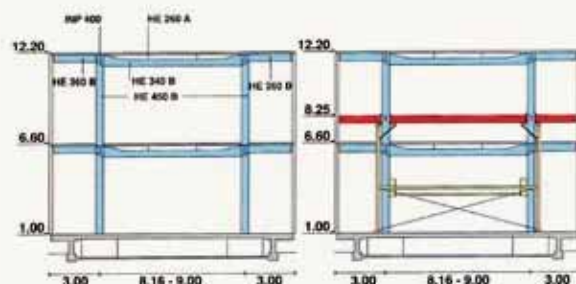
Budynek składa się z hallu głównego, do którego dołączone są dwukondygnacyjne skrzydła biurowe w kształcie litery V, po obu stronach. Każda z kondygnacji biurowych ma powierzchnię około 1000 m<sup>2</sup>. Pomieszczenia serwisowe znajdują się w biurze centralnym oraz w budynkach pomocniczych. Kondygnacje mają bardzo dużą wysokość 5,6m w osiach (4,3m w świetle) w skrzydłach biurowych i 7,2m w hallu głównym.

Konstrukcja nośna jest wykonana ze stali. W każdym ze skrzydeł o powierzchni 1000 m<sup>2</sup> znajduje się 19 słupów. Odległość między słupami waha się od 8,15 do 9,0 m.

Podczas projektowania i obliczania konstrukcji budynku brano pod uwagę możliwość dodania kondygnacji na skrzydłach na dalszym etapie.



7.1.2

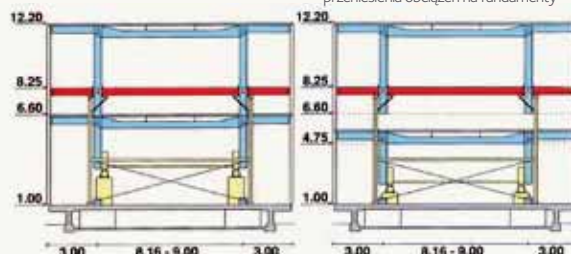


a) Przekrój przez istniejący budynek

- wyburzenie wszystkich ścian wewnętrznych
- wyburzenie fasad
- uwolnienie słupów
- odcięcie instalacji elektrycznej i układu grzewczego

b) Umieszczenie nowej konstrukcji stalowej dla nowego stropu oraz tymczasowej konstrukcji podporowej (zaznaczono na żółto)

- pierwsza (jasny słup) dla nowego stropu, który ma zostać zamontowany na rzędnej +8.50m oraz druga, w środku, do podparcia stropu istniejącego.
- wykorzystanie istniejącego stropu na rzędnej 6.60m przy budowie nowego stropu (na czerwono)
- wykonanie połączeń śrubowych
- konstrukcja wsporcza stropu na rzędnej +8.25 podparta ze wszystkich stron, aby przenieść obciążenie na fundamenty
- podparcie tej pierwszej konstrukcji, podtrzymującej nowy strop (+8.25) w celu przeniesienia obciążeń na fundamenty

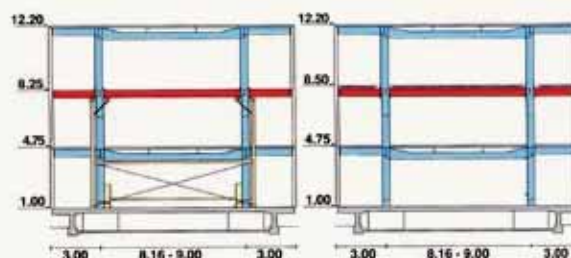


c) Montaż lewarów

- gdy ciężar jest przeniesiony na konstrukcję wsporczą – ucięcie dolnych słupów
- umieszczenie lewarów na podporach
- przestawienie uciętych słupów na poziomie 4.70m pod istniejący strop oraz na +6.60m w celu ponownego wykorzystania
- konstrukcja wsporcza podtrzymuje stropy na +6.60m, +1.2.20m oraz konstrukcję na +8.25m przez krótki okres czasu
- podniesienie lewarów w najwyższe położenie

d) Obniżanie stropu

- usunięcie śrub z połączeń między słupami pierwszej konstrukcji i belkami stropowymi na poziomie +6.60m
- maksymalna rozbieżność między lewarami wynosi 10 mm
- sprawdzenie końcowych odchyłek i przekrzywień.



e) Strop na rzędnej +4.75m

- strop znajduje się teraz na rzędnej +4.75m
- dolne łączenia są zespawane
- przemieszczone słupy są uniesione i przyspawane.
- po zakończeniu spawania, lewary i konstrukcja wsporcza mogą zostać zdemonstrowane

f) Drugie piętro na poziomie +8.50m

- umieszczenie otworowanych, belek sprężonych
- wypełnienie połączeń betonem
- wpasowanie się w ściany fasady
- prace wykończeniowe całego budynku



## 7.2 Rozbudowa pionowa: budynek na ulicy Victoria Street, Toronto (Kanada)

Głównymi wymogami było:

- obniżenie wysokości kondygnacji w skrzydle biurowym z 5,6m do 3,75m, przez co powierzchnia użytkowa wewnątrz budynku wzrosła z 4000 m<sup>2</sup> do 6000m<sup>2</sup>,
- zaprojektowanie nowej, całkowicie izolowanej fasady, przy pozostawieniu dotychczasowych cech budynku,
- stworzenie nowych udogodnień w obu skrzydłach, takich jak windy, schody i toalety,
- aby zrealizować pierwszą fazę zamierzeń, przyjęto następujące rozwiązania (rysunek 7.1.2):
  - umieszczenie nowej konstrukcji stalowej do nowego stropu na poziomie 8,25m;
  - zmontowanie tymczasowej konstrukcji podpierającej, umieszczonej poniżej;
  - skrócenie niższych słupów o 1,85m, przy ich zachowaniu;
  - zamontowanie lewarów nośnych;
  - uwolnienie grupy słupów i umożliwienie obniżenia podłogi o 1,85m;
  - usunięcie zespołów słupów i zespawanie całej konstrukcji.

Ten przykład pokazuje potencjalne możliwości stali przy realizacji rozbudowy pionowej. Istniejący budynek w Toronto uzyskał zmienioną konstrukcję żelbetową z sześciu kondygnacji o kolejne cztery, z tego samego materiału (rysunek 7.2.1).



Wbrew pierwotnemu wyborowi, zdecydowano się w dalszym etapie na zrealizowanie dodatkowej konstrukcji stalowej. Dzięki temu rozwiązaniu można było dodać osiem nowych kondygnacji, zamiast planowanych czterech. Dzięki temu rozbudowany budynek składa się aktualnie z czternastu kondygnacji zamiast dziesięciu, z wyraźnie zwiększoną kubaturą w porównaniu z założeniami pierwotnymi.

7.1.1 Budynek biurowy Van Leer w Amstelveen (Holandia)

7.1.2 Różne fazy transformacji konstrukcji stalowej z dwupiętrowej na trzypiętrową

7.2.1 Oryginalny budynek żelbetowy na ulicy Victoria Street (Toronto, Kanada)

## 7.3 Rozbudowa budynku zabytkowego: Dawna fabryka Briatico i Centrum Kulturalne Succivo (Włochy)

Stara fabryka w Briatico we Włoszech została wybudowana na początku piętnastego stulecia. Jej konstrukcja jest wynikiem kilkusetletniej ewolucji w funkcji budynku, który był kolejno wykorzystany dla celów produkcji cukru, wełny i mydła.

Ostatnie czynności renowacyjne doprowadziły w latach '80 do przekształcenia jej w centrum sportowe, którego architektura musiała zachować dotychczasowe cechy w możliwie największym stopniu. W celu stworzenia dodatkowej kondygnacji wykorzystano lekkie i odporne sejsmicznie konstrukcje z ram stalowych, pokrytych blachami trapezowymi (rysunek 7.3.1).

Budynek, który pełnił wcześniej funkcję koszar dla karabinierów, został poddany konsolidacji i zamieniony w nowe Centrum Kulturalne Succivo, Caserta (Włochy).

Potrzeba znalezienia nowych przestrzeni, przy jednoczesnym odciążeniu konstrukcji stalowej, mając również na uwadze wzmocnienie sejsmiczne, została odpowiednio spełniona dzięki wykorzystaniu cech konstrukcji stalowych.

Dawny dach został przekształcony w penthouse, umieszczony wewnątrz nowej konstrukcji dachu, mającej kształt kratownicy "Vierendeel". Uzyskano w ten sposób nieznaczne zwiększenie kubatury budynku na najwyższym poziomie, przy jednoczesnym zmniejszeniu całkowitego ciężaru (rysunek 7.3.2). Montaż prefabrykowanych kratownic okazał się bardzo prosty (rysunek 7.3.3).



## 7.4 Rozbudowa pionowa przez podwieszenie: Hotel Jolly Hotel w Caserta (Włochy)

Hotel Jolly w Caserta składał się pierwotnie z trzech budynków: dwóch sześciokondygnacyjnych budynków żelbetowych i trzykondygnacyjnych budynków murowanych pomiędzy nimi.

Życzeniem inwestora było wykonanie rozbudowy budynków znajdujących się w środku o kolejne trzy piętra, tak by zrównać je z pozostałymi budynkami. Ponieważ stan ścian murowanych nie pozwalał na ich obciążenie taką rozbudową, nawet pomimo ewentualnych prac wzmocniających, zaproponowano rozwiązanie alternatywne, oparte na wykorzystaniu konstrukcji stalowej. Konstrukcja składała się z pięciu wysokich portali ramowych, na których podwieszono trzy nowe kondygnacje.

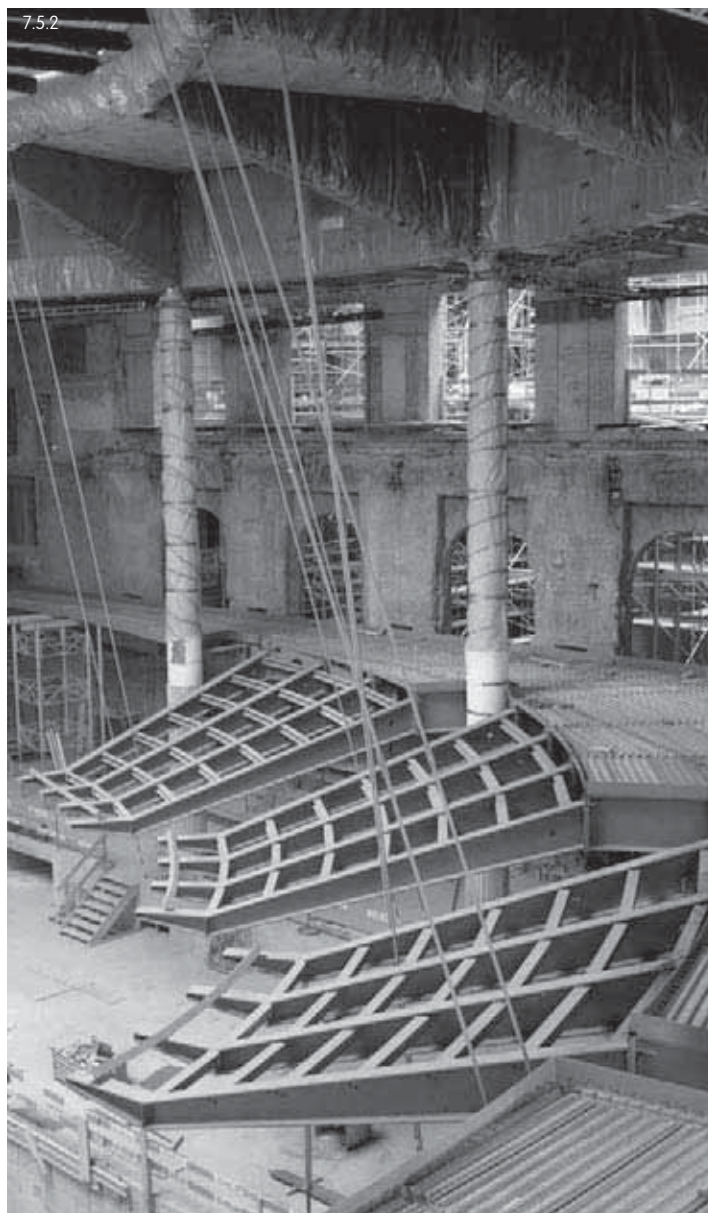
Dodane ramy stalowe, na zewnątrz i w środkowej części nowej fasady przyczyniły się do poprawy walorów estetycznych budynku.

# 7.5 Budynek Reichstagu w Berlinie (Niemcy)

Restauracja budynku Reichstagu w Berlinie była obiektem międzynarodowego konkursu wybranego przez sir Normana Fostera. Podstawą projektu była zamiana pierwotnej kopuły na nową, potężnie przeszkloną, z centralnym stożkiem, odbijającym światło naturalne bezpośrednio do budynku, a także działającym jako naturalny system chłodniczy.

Kopuła mierząca 38m średnicy i 23,5m wysokości stoi w centralnej części budynku, 24m ponad poziomem terenu. Jej konstrukcja składa się z 24 zakrzywionych żeber, zaczynających się od pierścienia dolnego, uzupełnionych o kolejne 17 pierścieni poziomych. Obwodowa rampa spiralna tworzy integralną część samej kopuły, pracując jako bardzo sztywna, pierścieniowa belka (rysunek 7.5.1).

Współczesna sala posiedzeń parlamentu znajduje się pod kopułą, i wyposażona jest w najnowocześniejszą technikę komunikacyjną i biurową. Balkony zostały wykonane przy użyciu konstrukcji stalowych (rysunek 7.5.2).



## 7.6 Różne rozbudowy poziome i pionowe przy użyciu konstrukcji stalowych w Niemczech

Rozbudowa połączona z rekonstrukcją została przeprowadzona w dawnym budynku administracyjnym i windzie górniczej kopalni węgla "Nordstern" w Gelsenkirchen, która została przekształcona w biurowiec i centrum wypoczynku (rysunek 7.6.1).

Rozbudowę pionową przeprowadzono w budynku gimnazjum w Schwäbisch-Hall, gdzie możliwe było użytkowanie istniejącego budynku w warunkach trwającej budowy (rysunek 7.6.2).

Budynek "Stadtlagerhaus" na nabrzeżu w Hamburgu, w sąsiedztwie słynnego targu rybnego, stanowi przykład nowoczesnego połączenia mieszkania i pracy w obszarze portowym miasta Hamburg (rysunek 7.6.3).



- 7.5.1** Nowa kopuła szklana o konstrukcji stalowej Niemieckim Parlamencie Narodowym, dawniej "Reichstag", w Berlinie
- 7.5.2** Konstrukcja stalowych balkonów w Working Parliament w Reichstagu w Berlinie (Niemcy)
- 7.6.1** Kopalnia węgla "Nordstern" w Gelsenkirchen (Niemcy) po restauracji
- 7.6.2** Rozbudowa pionowa kompleksu gimnazjum w Schwäbisch-Hall (Niemcy)
- 7.6.3** Budynek "Stadtlagerhaus" na nabrzeżu w Hamburgu (Niemcy), po zrealizowaniu restauracji dawnego magazynu i silosa



Dom spokojnej starości Cognac-Jay House, Francja

# Referencje

## BELGIA

strona 67-69

Atomium – Bruksela

Klient: ASBL Atomium VZW

Architekt: Conix Architekten

Firmy inżynieryjne: Bgroup-

Arbeitsgemeinschaft, Geocal

Zdjęcia: Marc Detiffe, asbl Atomium:

Marie-Françoise Plissart, Luc Turlous

## FRANCJA

strona 17

Dames de Francja – Perpignan

Klient: City of Perpignan

Architekt: Philippe Pous

Firma inżynieryjna: Soulas-Etec

strona 76

Cognac-Jay House Old People's

Home, Rueil-Malmaison

Klient: Cognac-Jay foundation

Architekci: Jean Nouvel, Didier Brault

Firma inżynieryjna: BET

Zdjęcia: Philippe Ruault

## NIEMCY

strona 16

Christus Pavillon – Hannover

Architekci: Gerkan, Marg + Partner Architekci

## LUKSEMBURG

strona 23

Abbey of Neumünster – Luksemburg

Klient: Ministry of the Public Works

Architekt: J. Ewert

Firma inżynieryjna: Inca

Zdjęcia: Menn Bodson

## HISZPANIA

strona 2-3, 5, 26-27

Reina Sofia National Art Centre

Museum – Madrid

Klient: Sofia National Art Centre Museum

Architekci: Jean Nouvel und Alberto Medem

Firmy inżynieryjne: Esteyco, JG

y asociados, Higiní Arau

Zdjęcia: Joaquim Cortés,

José Luis Municio, Ana Müll

strona 41

Bernabeu Football Stadium – Madrid

Klient: Real Madrid C. F.

Architekt: Estudio Lamela

Zdjęcia: Estudio Lamela,

Francisco Pablos Laso

# Doradztwo techniczne i wykończenia

## Doradztwo techniczne

Z przyjemnością oferujemy Państwu doradztwo techniczne, pozwalające na optymalne wykorzystanie naszych rozwiązań kształtowników i prętów stalowych. W zakresie doradztwa oferujemy projektowanie elementów przestrzennych, detale konstrukcyjne, zabezpieczenie powierzchni, zabezpieczenie pożarowe, procesy metalurgiczne i spawanie.

Nasi specjaliści wesprą Państwa w dowolnej inicjatywie na całym świecie.

Aby uprościć projektowanie oferujemy odpowiednie oprogramowanie i dokumentację techniczną, którą można uzyskać i ściągnąć z naszej strony:

[sections.arcelormittal.com](http://sections.arcelormittal.com)

## Wykończenia

Jako uzupełnienie możliwości technicznych naszych partnerów, oferujemy urządzenia wykończeniowe, a także oferujemy szeroki zakres usług takich jak:

- wiercenie
- cięcie palnikowe
- otworowanie
- zgrzewanie
- odkształcanie
- wyginanie
- prostowanie
- cięcie na zimno na dokładny wymiar
- montaż i spawanie kołków
- czyszczenie ciśnieniowe i piaskowe
- obróbka nawierzchni

## Wsparcie budowlane i konstrukcyjne

ArcelorMittal dysponuje zespołem specjalistów w zakresie różnych produktów konstrukcyjnych.

Pełny zakres produktów i rozwiązań przeznaczonych dla wszystkich form budowlanych: konstrukcji, fasad, zadaszeń itp. jest dostępny na stronie:

[www.constructalia.com](http://www.constructalia.com)



# Wasz Partner

## Siedziba główna

### **LUXEMBOURG**

ArcelorMittal  
Commercial Sections  
66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
Luxembourg  
Tel.: +352 5313 3010  
Fax: +352 5313 2799

**[sections.arcelormittal.com](http://sections.arcelormittal.com)**

Prowadzimy działalność w ponad 60 krajach na pięciu kontynentach. Proszę zapoznać się z informacjami zawartymi na naszej stronie internetowej w zakładce O nas, aby o odnaleźć lokalnego przedstawiciela.

### **POLAND**

ArcelorMittal  
Commercial Long Polska  
ul. J. Piłsudskiego 92  
PL-41-303 Dąbrowa Górnicza  
POLAND  
T : +48 32 776 67 27  
F : +48 32 776 81 50

**[sections.poland@arcelormittal.com](mailto:sections.poland@arcelormittal.com)**

# Notatki

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

Federico M. Mazzolani

Wydział Analiz Konstrukcyjnych i Projektowania,  
Uniwersytet w Neapolu "Federico II", Neapol, Włochy

ArcelorMittal  
Commercial Sections

66, rue de Luxembourg  
L-4221 Esch-sur-Alzette  
LUXEMBOURG  
Tel.: + 352 5313 3010  
Fax: + 352 5313 2799

[sections.arcelormittal.com](http://sections.arcelormittal.com)

## **POLAND**

ArcelorMittal  
Commercial Long Polska  
ul. J. Piłsudskiego 92  
PL-41-303 Dąbrowa Górnicza  
POLAND  
T : +48 32 776 67 27  
F : +48 32 776 81 50

[sections.poland@arcelormittal.com](mailto:sections.poland@arcelormittal.com)



**Mixed Sources**

Grupa produktów pochodzących  
z właściwie zarządzanych lasów  
i innych kontrolowanych źródeł  
[www.fsc.org](http://www.fsc.org) Cert no. IMO-COC-027742  
© 1996 Forest Stewardship Council