

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPI
UYGULAMA OLANAKLARI

Bayhan AYDIN

Ekim, 2011

İZMİR

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPI UYGULAMA OLANAKLARI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı

Bayhan AYDIN

Ekim, 2011

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

BAYHAN AYDIN, tarafından **PROF. DR. YEŞİM K. AKTUĞLU** yönetiminde hazırlanan “**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPI UYGULAMA OLANAKLARI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Yeşim K. AKTUĞLU

Danışman

.....
Prof. Dr. Serdar KALE

Jüri Üyesi

.....
Yrd. Doç. Dr. Neslihan GÜZEL

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu çalışma süresince katkılarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Yeşim Kamile AKTUĞLU' ya, bu güne kadar eğitim öğretim hayatım boyunca bana katkıda bulunan değerli hocalarıma, ilgi ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca yaşamım boyunca her zaman yanımda olan, bana her türlü desteği veren babam Ahmet AYDIN'a, annem Hatice AYDIN'a, Kardeşim Mehmet AYDIN ve Kayahan AYDIN'a, ve diğer tüm sevdiklerime en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Bayhan AYDIN

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPI UYGULAMA OLANAKLARI

ÖZ

Dünya genelinde giderek artan nüfus yoğunluğu, çevre kirliliği ve kaynak tüketimi sadece yaşadığımız bölge ile sınırlı kalmayıp tüm gezegenimizin ekolojisini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sorunlarla ilgili geçmiş yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da son dönemlerde sürdürülebilirlik söylemi altında bir bütün olarak ele alınmaya başlanmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı, ekonomi, turizm, sağlık, mimarlık gibi pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır. Doğal kaynakların ve küresel enerjinin ağırlıklı olarak yapı sektörü tarafından tüketildiği göz önüne alındığında sürdürülebilir yapılaşmanın ekosistem üzerindeki etkisi göz ardı edilemez. Yapıların sürdürülebilir özelliklere sahip olmalarını etkileyen özelliklerden biri de uygun malzeme seçimidir.

Sürdürülebilirlik kapsamında çelik yapı malzemesi ve çelik yapıların incelendiği bu tez altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan giriş bölümünde çalışmanın amacı, kapsamı ve çalışmanın oluşturulmasında izlenen yöntem açıklanmıştır.

İkinci bölümde, sürdürülebilirlik kavramı, sürdürülebilir mimarlık ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin ne olduğu, neleri kapsadığı açıklanmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, çeliğin tarihsel gelişimi ve yapısı, başlıca kullanılan çelik profil türleri açıklanmış, sürdürülebilir yapılarda çelik malzeme kullanımının çevresel, ekonomik ve toplumsal avantajları belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde, uluslararası birbirinden farklı çelik yapı örnekleri mimari ve strüktürel açıdan sürdürülebilirlik kapsamında ele alınmıştır.

Beşinci bölümde, sürdürülebilir çelik yapılar strüktür bileşenleri, cephe ve çatı sistemleri, aydınlatma, havalandırma ve ısıtma çözümleri açısından irdelenmiştir.

Sonuç bölümü olan altıncı bölümde ise elde edilen tüm bilgilere dayanarak sürdürülebilirlik kapsamında çelik yapı malzemesinin tercih edilme sebepleri açıklanmış ve kullanım uygunluğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çelik, çelik yapı, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir yapı.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN STEEL CONSTRUCTION

ABSTRACT

Increases of worldwide population density, environmental pollution and resource consumption effect negatively not only within the region we live but also ecology of our entire planet. Although several studies conducted in recent years about these problems in recent times, these problems have been considered as a whole under the discourse of sustainability.

The concept of sustainability stands out in many areas such as economy, tourism, health, architecture. Natural resources and the global energy consumed by the construction sector is mainly taken into consideration, the impact of sustainable construction on the ecosystem can not be ignored. One of the features that affect the sustainable features of buildings to have the choice of appropriate materials.

The scope of sustainability steel construction materials and steel structures studied in this thesis consists of six chapters. The first part of the introductory chapter, the aim, scope and following methods in the creation of the study is explained.

In the second chapter, tried to explain what is and what is covered by the concept of sustainability, sustainable architecture and sustainable building materials.

In the third section, historical development and properties of the steel, the main types used in the steel profile is explained, usage steel materials of sustainable buildings are indicated the environmental, economic, and social advantages.

In the fourth chapter, different international example of steel buildings examined architectural and structural perspective within the scope of sustainability.

In the fifth chapter, sustainable steel buildings are examined in terms of structure components, facade and roof systems and lighting, ventilation and heating solutions.

In conclusion, in seventh chapter of thesis, based on the all information, within the scope of sustainability reasons of preferring steel building materials are explained and suitability of usage is emphasized.

Keywords: Steel, steel construction, sustainability, sustainable architecture, sustainable construction.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	vi

BÖLÜM BİR – GİRİŞ.....1

1.1 Problemin Belirlenmesi.....	2
1.2 Araştırmanın Amacı ve Hedefleri.....	3
1.3 Araştırmanın Yöntemi ve Kapsamı.....	4

BÖLÜM İKİ – SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI, SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİ.....5

2.1 Sürdürülebilirlik Kavramı.....	5
2.2 Sürdürülebilir Mimarlık Kavramı.....	9
2.3 Sürdürülebilir Mimarlık İlkeleri, Stratejileri ve Yöntemleri.....	10
2.4 Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri.....	11

BÖLÜM ÜÇ – YAPI MALZEMESİ OLARAK “ÇELİK”12

3.1 Çeliğin Tarihsel Gelişimi.....	12
3.2 Çeliğin Yapısı.....	17
3.3 Başlıca Kullanılan Çelik Profil Türleri.....	20
3.3.1 Açık Profiller.....	20
3.3.2 Kapalı Profiller.....	21
3.4 Yapısal Çelik Kalite ve Sembolleri.....	23

3.5 Sürdürülebilirlik Kapsamında Çelik Yapı Malzemesi.....	24
3.5.1 Çevresel Yönden Çeliğin Avantajları.....	24
3.5.2 Ekonomik Yönden Çeliğin Avantajları.....	29
3.5.3 Toplumsal Yönden Çeliğin Avantajları.....	31
BÖLÜM DÖRT – SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPI ÖRNEKLERİ.....	32
4.1 Barajas Havalimanı – Madrid, İspanya.....	32
4.2 Londra Parlamento Binası – Londra, İngiltere.....	41
4.3 Swiss Re Binası– Londra, İngiltere.....	47
4.4 Kaliforniya Bilim Akademisi – Kaliforniya, A.B.D.....	53
4.5 Commerzbank Binası – Frankfurt, Almanya.....	61
4.6 Stadttor Binası – Düsseldorf, Almanya.....	68
4.7 Galler Parlamento Binası – Cardif, İngiltere.....	73
4.8 Reichstag Parlamento Binası – Berlin, Almanya.....	79
BÖLÜM BEŞ – ÖRNEKLERİN İRDELENMESİ.....	84
BÖLÜM ALTI – SONUÇLAR.....	98
KAYNAKLAR.....	102

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

İnsanoğlu ilk çağlardan bu güne doğayı sürekli kendi yararı için kullanmaya çalışmıştır. Bu süreç içinde artan gereksinimler ve teknolojik gelişmeler sonucunda daha konforlu bir yaşam sürmek için hem çevresini hem de kendini sürekli değiştirmiş ve geliştirmiştir; ancak bu gelişmeler olumlu etkilerinin yanı sıra çevre kirliliği ve hammadde kaynaklarının tüketilmesi gibi sorunları da beraberinde getirmiştir. Dünya genelinde giderek artan nüfus yoğunluğu, çevre kirliliği ve kaynak tüketimi sadece yaşadığımız bölge ile sınırlı kalmayıp tüm gezegenimizin ekolojisini olumsuz yönde etkilemekte, insan neslini ve doğada yaşayan diğer canlıların geleceğini tehlikeye atmaktadır. Doğal kaynakların ağırlıklı olarak yapı sektörü tarafından tüketildiği göz önüne alındığında, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir mimarlığın gelecek nesiller için ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramı mimarlık ile birlikte düşünüldüğünde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına öncelik verme, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin kullanma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda yapılaşmada sürdürülebilirliğe doğru yönelme, çevre sorunlarına verilebilecek en doğru yanıtlardan biridir. Çünkü, yapılar sahip oldukları özelliklere bağlı olarak, çevreyi az yada çok olumlu yada olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla karşılık, sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının uygulanması ile yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkisi azaltılabilir. Bu uygulamalarla ilgili çok sayıda yöntem bulunmaktadır.

Yapıların sürdürülebilir özelliklere sahip olmalarını sağlayan etkili yöntemlerden biri de uygun malzeme seçimidir. Yapı malzemelerinin kaynak, enerji, performans, estetik, maliyet gibi özellikleri kullanıldıkları yapıya büyük oranda yansımakta ve onun çevresel davranışını belirlemektedir.

Günümüzde yapılarda kullanılmakta olan sayısız yapı malzemesi bulunmaktadır. Zaman içinde artan gereksinim ve gelişen teknolojilerle bağlantılı olarak bu yapı malzemeleri de değişmiş ve kullanıcı istekleri doğrultusunda gelişmiştir. Endüstri devrimi bu kapsamda bir dönüm noktası olmuş ve çağdaş malzemelerin oluşmasına ortam hazırlamıştır.

Bu yapı malzemelerinden kuşkusuz en önemlisi çelik'tir. İlk başlarda yüksek mukavemet, hızlı üretim, geniş açıklık geçme gibi özellikleri nedeniyle köprü, fabrika, gar ve sergi binalarında kullanılmış olan çelik; geri dönüşebilirliği, yeniden kullanılabilirliği, esnekliği, prefabrikasyona uygunlu gibi sürdürülebilir özellikleri ile bu günün sürdürülebilir mimarlık anlayışına farklı boyutlar kazandırmaktadır.

1.1 Problemin Belirlenmesi

Sanayi devrimi ile birlikte gelişen endüstri ve teknoloji, hızlı artan nüfus ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kontrolsüz kentleşme ekonomik, toplumsal ve çevresel sorunları beraberinde getirmiştir. Son yıllarda doğal kaynakların bilinçsizce tüketimi, yeşil alanların azalması, fosil kökenli enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanımı, artan sera gazı salınımı; küresel ısınma, ozon tabakasının incelmeye gibi sadece yaşadığımız çevre ile sınırlı olmayan küresel ölçekte sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu gün karşılaşmakta olduğumuz ve insanoğlunun geleceğini yakından ilgilendiren bu sorunlara çözüm olarak “Sürdürülebilirlik” ve “Sürdürülebilir kalkınma” kavramları ortaya çıkmıştır. Bu günün kaynaklarını gelecek nesillere aktararak onların var olabilmelerini amaçlayan bu yaklaşım ekonomi, turizm, sağlık, mimarlık gibi pek çok alanda karşımıza çıkmakta ve yaşam kalitemizi etkileyen bir unsur olarak hayatımızda yerini almaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesinde yapı sektörü önemli bir yere sahiptir. Hammaddelerin % 50'si, küresel enerjinin % 40'ı ve suyun % 16'sı yapı sektörü tarafından tüketilmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma ile sürdürülebilir mimarlık ilkelerinin ortak bir söylemde birleşmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir mimarlık insanlar ve yeryüzünde yaşayan diğer canlıların varlığını gelecek nesillerde de devam ettirmesine yönelik çözümler ortaya koymaktır. Bu çözümler yapıların planlama ve tasarım aşamasından başlayarak, yapının gerçekleştirilmesi, kullanımı, bakım-onarım işleri ve yıkım süreçlerini kapsayan bütüncül bir süreçtir. Bu süreçte arsa yerleşimi, yapım yöntemi ve yapı strüktürünün belirlenmesi, uygun malzeme seçimi gibi konularda sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda verilen kararlar yapının sürdürülebilir karakterini belirlemektedir. Bu kapsamda sürdürülebilir yapıya yönelik oluşturulan ilkeler, yöntemler ve yaklaşımların araştırılması önem taşımaktadır.

1.2 Araştırmanın Amacı ve Hedefleri

Sürdürülebilir mimarlık için kuşkusuz en önemli ilkelerden biri uygun malzeme seçimidir. Yapı malzemelerinin sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak seçimi yapının çevre üzerindeki olumsuz etkilerini, bakım-onarım ve işletme giderlerini azaltırken, enerji etkinliğini de artırır. Buna bağlı olarak, tez kapsamında yapılacak araştırmanın amacı ve hedefleri aşağıda belirtilmiştir:

Araştırmanın amacı, sürdürülebilir mimarlık kapsamında çelik yapı malzemesinin ve çelik yapı malzemesi kullanılarak inşa edilmiş yapıların sürdürülebilirlik açısından incelenmesidir. Araştırmanın amacına ulaşmak için belirlenen hedefler aşağıdaki gibidir:

- Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarının tanımlanması ve tarihsel süreç içerisinde gelişimlerinin incelenmesi,
- Sürdürülebilir mimarlık ve sürdürülebilir yapı malzemesi kavramlarının tanımlanması ve sürdürülebilirlik kapsamında ele alınması,
- Yapı malzemesi olarak “çelik”in tanımlanması, tarihsel süreç içerisinde gelişimlerinin incelenmesi ve sürdürülebilirlik kavramı açısından ele alınması,
- Dünyada uygulanan mevcut sürdürülebilir çelik yapı örneklerinin incelenmesi,
- İncelenen çelik yapıların sürdürülebilir mimarlık ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmesi ve yorumlanması.

1.3 Araştırmanın Yöntemi ve Kapsamı

Bu araştırma, kapsam, amaç ve hedefleri doğrultusunda literatür incelemesine dayalı bir yöntem kullanılmıştır. Sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir mimarlık ve sürdürülebilirlik kapsamında ele alınan çelik yapılar ile ilgili olarak literatürde yer alan tez çalışmaları, makaleler, yayımlanmış kitaplar, veritabanları ve internet kaynakları taranmıştır.

Araştırma kapsamını sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir çelik yapılar oluşturmaktadır. Bu kapsama dayalı olarak tez, problemin belirlendiği, araştırmanın amaç ve hedeflerinin, yöntem ve kapsamının açıklandığı ilk bölüm olan giriş bölümü (Bölüm Bir), sürdürülebilirlik kavramı, sürdürülebilir mimarlık ve sürdürülebilir yapı malzemelerinin ele alındığı ikinci bölüm (Bölüm İki), yapıların strüktürlerini oluşturan çeliğin yapısı, tarihsel gelişimi, yapılarda kullanılan başlıca tür ve kaliteleri ile çevresel ekonomik ve sosyal açıdan avantajlarının tanımlandığı, üçüncü bölüm (Bölüm Üç), dünyada uygulanan çeşitli çelik yapı örneklerinin strüktürel ve mimari açıdan sürdürülebilirlik kriterleri kapsamında ele alındığı dördüncü bölüm (Bölüm Dört), incelenen örneklerin strüktür, yapım stratejileri ve sürdürülebilirlik kriterleri açısından karşılaştırıldığı beşinci bölüm (Bölüm Beş) ve amaç ve hedefler doğrultusunda elde edilen bilgilerin yer aldığı sonuç bölümü (Bölüm Altı) olmak üzere altı bölümden oluşmaktadır.

BÖLÜM İKİ

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI, SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI MALZEMELERİ

2.1 Sürdürülebilirlik Kavramı

Çevresel sorunlarla ilgili olarak geçmiş yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da, Sürdürülebilir kalkınma kavramı, giderek kirlenen ve tükenen doğal kaynaklar, küresel ısınma, asit yağmurları gibi çevresel sorunların artması ile birlikte 20. Yüzyılın son dönemlerinde ele alınmaya başlanmıştır. Çevresel sorunlar ile beraber giderek artan nüfus artışı, kontrolsüz kentleşme ve yoksulluk gibi ekonomik ve toplumsal sorunların da önemli düzeyde artması bu konuların geniş bir bakış açısı ile ele alınması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Başkanı Gro Harlem Brundtland tarafından açıklanan ve 1987 yılında yayımlanan “Ortak Geleceğimiz / Our Common Future” adlı raporda, Sürdürülebilir kalkınma; “Bu günün gereksinimlerini, gelecek nesilleri, kendi gereksinimlerini karşılama yetisinden yoksun bırakmadan karşılayarak kalkınma” olarak tanımlanmaktadır (WCED, 1990).

Sözlük anlamı ile sürdürülebilirlik, “ bir kaynağın, tüketilmemek, bitirilmemek ve sonsuza kadar yok edilmemek üzere işlenme veya kullanılma yöntemi” olarak tanımlanmaktadır (Webster). Bu anlamı ile sürdürülebilirlik, 20. Yüzyılda, küresel ülke politikalarının, ekonomilerinin, enerji kaynaklarının, teknolojinin, üretimin, planlamanın ve hatta mimarinin tasarımına damgasını vurmuş en önemli kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Hoşkara, 2007).

Bauen, Baker ve Johnson’a (1996) göre sürdürülebilirlik, uzun dönem ekonomik, çevresel ve toplumsal sağlıkla doğrudan bağlantılı olduğu ve ekonomik çeşitlilik oluşturmak, sağlıklı çevreler yaratmak, ve bunların devamlılığını sağlamak, sağlıklı toplumlar oluşturmak ve ihtiyaçlarını karşılamak için yeni yöntemler aranması gerektiğini savunulmaktadır.

Osso, Walsh ve Gottfried'e (1996) göre "Sürdürülebilirlik, sadece yapay ve doğal çevrenin korunumu değil, aynı zamanda insanların ve kaynakların sürekliliğini de sağlamayı amaçlar".

"Sürdürülebilirlik, atık ve kirliliği sınırlandırarak, dezavantajlı insanların durumunu iyileştirerek, doğal kaynakları koruyarak, kişiler arasında değerli bağlantılar kurarak, yardımlaşma ve faydaya önem vererek, ve ekonomileri yeniden canlandırmak için yerel varlıkları geliştirerek, tüm insanlar için yaşam kalitesini arttırmak üzere ortaya konulmuş çok boyutlu bir yöntemi temsil etmektedir" (Hoşkara, 2007, s.10; Oktay, 2005).

Sürdürülebilir kalkınmanın her alanıyla bütün bir kavram olarak ele alınması gereği Brundland Komisyonu'nu izleyen birçok uluslar arası toplantıda kabul edilmiş ve verilen kararların uygulanması için bir dizi eylem planı ortaya konulmuştur. Daha sonra 1992'de, Rio de Janeiro şehrinde düzenlenen ve 179 ülkeden 117 devlet başkanının bir araya geldiği Dünya Zirvesi'nde çevre ve kalkınma sorunlarının nasıl birleştirileceği konusu gündeme gelmiş, ana tema sürdürülebilir kalkınma hareketi olmuştur. Bu zirve sonucunda 27 ilkenin oluşan Rio Çevre ve Kalkınma Deklarasyonu katılımcılar tarafından kabul edilmiş ve sonuç olarak sürdürülebilirliğin yaygınlaştırılmasına karar verilmiştir. Bu ilkelere birincisi, insan yaşamının sürdürülebilir kalkınmanın ilgi odağı olduğunu, tüm insanların sağlıklı ve üretken bir yaşam sürmeleri gerektiğini belirtmektedir. Bu zirve sonucu birtakım anlaşmalara imza atılmıştır. Bunlar; Gündem 21 (Agenda 21) ve BM İklim Değişiklikleri Sözleşmesi, BM Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, BM Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi olarak bilinmektedir (Sev, 2008).

Haziran 1993'de, Chicago'da yapılan Uluslararası Mimarlar Birliği Dünya Kongresi'nde yapı tasarımcılarının çalışmalarını sürdürülebilir kalkınma çevresinde yürütmeleri gerekliliği üzerinde durulmuştur. Sürdürülebilirliğin hem çevresel hem de sosyal alanda benimsenmesi kararlaştırılmıştır. 1992'deki Rio Zirvesi ve 1993'teki Uluslar arası Mimarlar Birliği Dünya Kongresi'nin ardından 1994 Kahire Nüfus Ve Kalkınma Konferansı, 1995'te Kopenhag Sosyal Kalkınma Konferansı, 1996

İstanbul Habitat Kent Zirvesi II ve bunlarla bağlantılı olarak düzenlenen Birleşmiş Milletler konferansları sürdürülebilir kalkınmanın tüm dünyada kabul görmesini sağlamıştır. İlk olarak 1997’de Kyoto’da düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişimi Çevre Konvansiyonunda, katılımcı ülkeler tarafından Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Bu protokolde hava kirliliği oluşturan sera gazlarının 2012 yılına azaltılması konusunda birtakım hedefler belirlenmiştir. 26 ağustos – 4 Eylül 2002 tarihleri arasında Güney Afrika’nın Johannesburg şehrinde yapılan Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi’nde ise 1992 BM Çevre Ve Kalkınma Konferansı Kararlarının Uygulanmasına Yönelik Daha Etkili Stratejiler geliştirilmiştir. Bu konferansta, doğal kaynakların kullanımı, yoksullukla mücadele, yoksulluk ve çevre arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Kımlılı, 2006).

Son olarak Aralık 2009’da Danimarka’nın başkenti Kopenhag’da düzenlenen iklim zirvesi 192 ülkeden 15 bin delegenin katılımıyla gerçekleşmiştir. Bu zirve sonucunda her ne kadar bağlayıcı etkisi bulunmasa da küresel ısınmada etkili olan sera gazı salınımının önemli oranda kısıtlanması gereğinin bilimsel açıdan da desteklendiği vurgulanarak, bu çerçevede küresel sıcaklık artışının 2 dereceden daha az olmasını sağlamak amacıyla gaz salınımında kısıtlama yapılması gerektiği konusunda mutabakata varılmıştır.

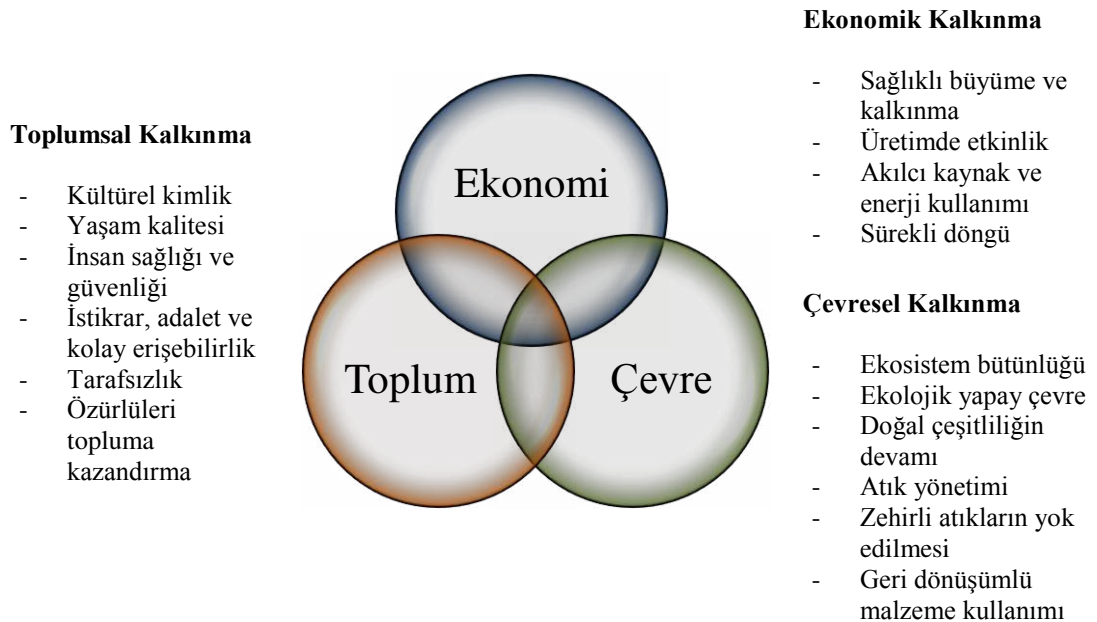
Çeşitli ülkelerin bir araya gelerek ele aldığı konulardan ve ortaya konan tanımlardan anlaşılacağı gibi, sürdürülebilir kalkınma eylemi belli bir disiplin veya bir alan ile sınırlandırılmaz; yer küredeki canlı veya cansız her nesneyi ilgilendirmektedir.

Sürdürülebilir kalkınmanın boyutu ve yöntemi; kaynaklara toplumsal yapılara ve yerel koşullara göre değişkenlik gösterebilmektedir. Buna ek olarak sürdürülebilir kalkınmanın stratejileri; kentsel tasarım, ekonomik gelişme ve büyüme, ekosistem yönetimi, tasarım, ekolojik mimari, enerji korunumu, ve çevre kirliliğini önleme gibi çok çeşitli alanlarda uygulanabilmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramı her ne kadar geçmişle bağdaştırılsa da gerçekte son yıllarda ortaya çıkan etmenler sonucu orta çıkmıştır. Bu etmenlerden en önemlileri:

- Sınırlı Kaynaklar, Enerji Tüketimi ve Çevre Kirliliği
- Kentleşme ve Nüfus Artışı
- Sağlık ve Güvenlik
- Yeni Ekonomik Koşullar
- Teknoloji Alanındaki Gelişmeler olarak sıralanabilir.

Sürdürülebilirliğin enerji ve çevre sorunlarının çözümü üzerindeki etkisi dikkate alındığında, sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu ön plana çıkmaktadır. Bunlar; Ekonomik, toplumsal ve çevresel kalkınmadır. Her üç alan kendi içinde belli işlev ve amaçlara yönelik olsa da bazı durumlarda kısmen bazı durumlarda tamamen bütünleşik durumdadır. Bu üç alanın her alanda bütünleşmesi ise en ideal olan durumdur.



Şekil 2.1 Sürdürülebilir kalkınmanın boyutları (Sev, 2008).

2.2 Sürdürülebilir Mimarlık Kavramı

“Sürdürülebilir mimarlık, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümüdür” (Sev, 2008).

Başka bir söylemle geleceği düşünerek inşa etme eylemidir. Sürdürülebilir mimarlığın gerekliliklerini yerine getiren yapılar doğal çevreye verilen zararı minimuma indirir, konforlu ve sağlıklı bir yaşam imkanı sunar. Sürdürülebilir mimarlık ekolojik mimarlık veya güneş mimarisindeki gibi sadece güneş enerjisinden ve coğrafi verilerden yararlanmayıp, bunlarla birlikte, enerji su, malzeme kaynaklarının etkin kullanımı, çevresel etkilerin azaltılması, yaşam döngüsü tasarımı, atıkların geri kazanılması, insanların fiziksel ve psikolojik konfor koşullarının sağlanması da sürdürülebilir mimarlık kapsamına girmektedir.

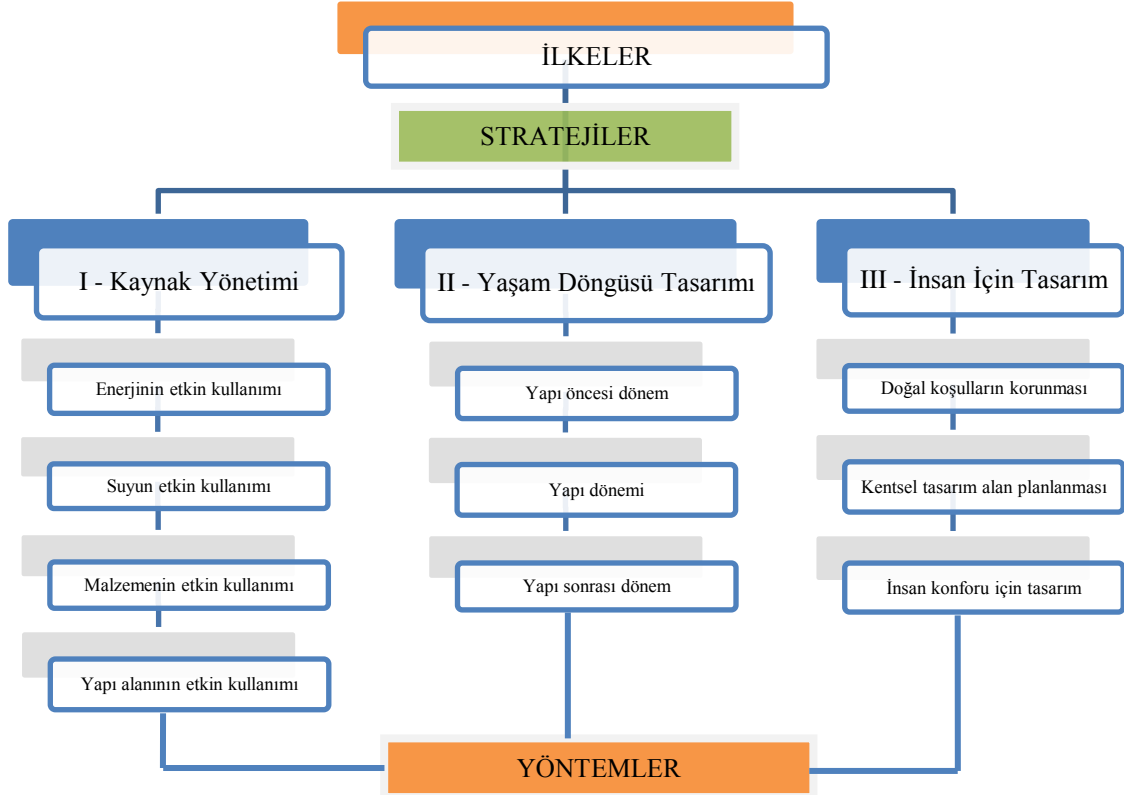
Sürdürülebilir mimarlık, binaların ve altyapıların planlanıp, tasarlanıp ve inşa edilmeleri vasıtasıyla hammaddelerin doğadan çıkarılıp, değerlendirilmesinden, binaların ve altyapıların sökülmesi ve meydana gelen atıkların yönetimine kadar olan geniş çaplı yapım döngüsüne sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin uygulanması anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir yapım, insan sağlığına yakışan ve ekonomik adaleti teşvik eden yerleşimleri meydana getirirken, doğal ve yapılaşmış çevre arasındaki uyumu yeniden sağlamayı ve sürdürmeyi hedefleyen bütüncül bir süreçtir. (CIB ve UNEP-IETC, 2002)

Sürdürülebilir mimarlık, “çevresindeki doğaya, iklim koşullarına, topluma ve kültüre uyum gösteren, tarihsel süreklilik sağlayan, üretiminde ve kullanımında minimum enerji tüketen, yerel olarak elde edilip kullanım sonrasında geri dönüştürülebilir malzemeler kullanan ve ekosistem içinde bir döngüyü önerebilen mimarlık yaklaşımı” olarak tanımlanmaktadır (Karslı, 2008). Foster (2001) ise sürdürülebilir mimarlığı “ en az ile en çoğu gerçekleştirmek” olarak tanımlamaktadır.

2.3 Sürdürülebilir Mimarlık İlkeleri, Stratejileri ve Yöntemleri

Yapı yaşam evresi boyunca kullanılan kaynaklar, tüketilen enerjiler, oluşan atıklar bu gün yaşamakta olduğumuz çevresel, toplumsal ve ekonomik sorunlar ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılıdır. Yapım sektörü gelişimine bağlı olarak bu sorunlar da artmakta ve ekosistem üzerindeki etkisi gün geçtikçe hissedilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmanın yolu sürdürülebilir mimarlık ilkelerinin uygulanmasından geçmektedir. Sürdürülebilir mimarlığın amacı, yeryüzündeki canlı ve cansız öğelerden oluşan ekosistemin varlığını sürdürmesini sağlayacak çözümler ortaya koymaktır.

Bu amaçla sürdürülebilir mimari için belirlenen kavramsal çerçeve kaynak yönetimi, yaşam döngüsü tasarımı ve insan için tasarım olmak üzere üç temel ilkeden oluşmaktadır. Geniş bir uygulama alanına sahip bu ilkelerin her biri kendine özgü bir dizi strateji ve yöntem içermektedir.



Şekil 2.2 Sürdürülebilir mimarlık için geliştirilen kavramsal çerçeve (Sev, 2008).

2.4 Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri

Küresel enerjinin % 40'ı, doğadan elde edilen hammaddelerin % 50'si ve suyun % 16'sı yapı sektörü tarafından tüketildiği göz önüne alındığında yapı malzeme seçimlerinin ekosistemimizi ne kadar etkilediği göz ardı edilemez. Bir yapının yaşam süresi boyunca oluşturduğu çevresel etkilerin yaklaşık % 20'si yapı malzemelerinden kaynaklanmaktadır. Bu etkiler yapı malzemesi üretimi için gerekli hammaddelerin doğadan çıkarılması, üretim yerine taşınması, yapıdaki yerini alması, kullanım, bakım, onarım ve yapı ömrünü tamamladıktan sonra yıkım ve doğaya geri dönme süreçlerinden oluşmaktadır. Sürdürülebilir yapı malzemesi çevreye ve üretimde tükenir kaynakların sınırlarına duyarlı, hammaddeleri etkin kullanan malzemelerdir. Geri dönüşümlüdürler ve yeniden kullanılabilirler. Toksik bileşenler içermedikleri için insan sağlığına zararlı etkileri yoktur. Üretimi enerji ve su korunumu ilkelerine uygun olarak gerçekleştirilir. İşlevlerini tamamladıktan sonra doğal çevre üzerinde zararlı etkiler oluşturmazlar (Sev, 2008).

Sürdürülebilir bir yapı tasarımı ile bağlantılı olarak malzeme ve ürün seçimi tasarımın ayrılmaz bir parçasıdır. Fakat malzemenin ve ürünlerin ne seviyede sürdürülebilir olduğunu belirlemek oldukça karmaşık bir süreçtir. Bu nedenle malzeme ve ürünlerin sürdürülebilir özellikleri göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Malzemelerin sürdürülebilirlik açısından etkinliğini belirlemede dikkat edilecek hususlar aşağıda belirtilmiştir:

- Yapı malzemesi geri dönüştürülebilir / yeniden kullanılabilir olmalıdır.
- Yapı malzemesi enerji etkin malzeme olmalıdır.
- Yapı malzemesi hammadde kaynağını korumalıdır.
- Yapı malzemesi yerel kaynaklardan elde edilebilmelidir.
- Yapı malzemesi dayanıklı ve uzun ömürlü olmalıdır.
- Yapı malzemesi prefabrikasyon / modüler üretime uygun olmalıdır.
- Yapı malzemesi su korunumu sağlamalıdır.
- Yapı malzemesi yüksek ısısal performansa sahip olmalıdır.
- Yapı malzemesi minimum atık oluşturmamalıdır.

BÖLÜM ÜÇ

YAPI MALZEMESİ OLARAK “ÇELİK”

3.1 Çeliğin Tarihsel Gelişimi

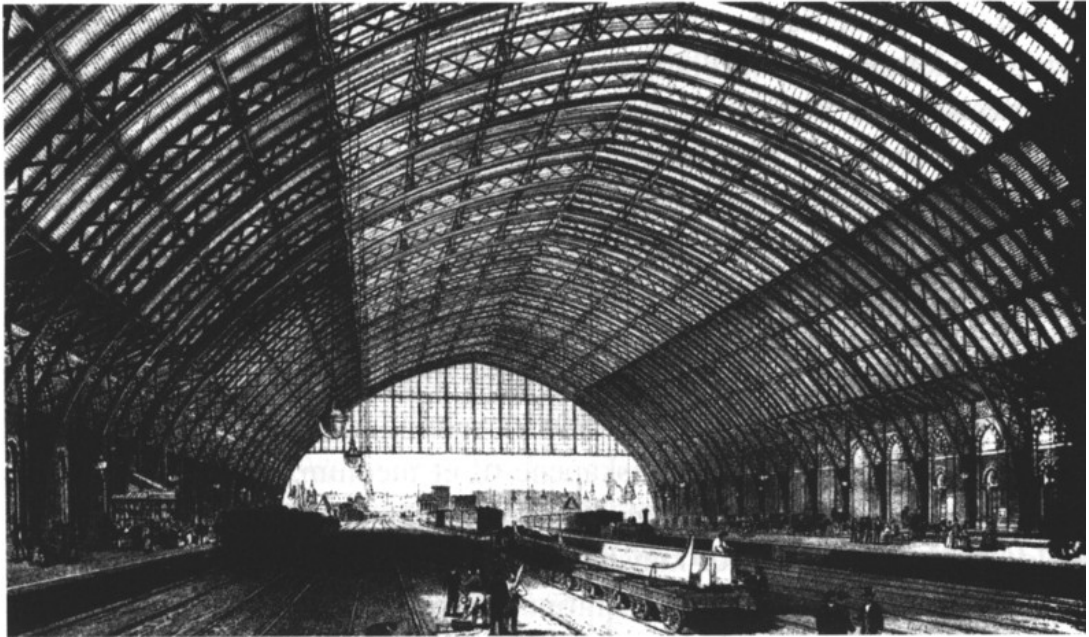
Mimarlıkta demirin kullanımı M.Ö. 6-7. yüzyıllara kadar uzanmasına rağmen iki yüzyıl öncesine kadar sadece eşya ve silah yapımında kullanılmıştır. Antik yunandan başlayıp 15-16. yüzyıllara kadar yapılarında taş bloklarını birbirine bağlamak için metal kenet ve pim olarak kullanılan demir, 15-16. yüzyıllardan 18. yüzyılın sonuna kadar olan ikinci dönemde ise yalnızca bağlayıcı olarak değil, başka malzemelerle elde edilemeyen kemer ya da tonoz gibi strüktürel elemanların çekme kuvvetlerini karşılayan demir gergi çubukları olarak kullanılmıştır. 18. yüzyıla gelindiğinde ham demir üretiminin başlaması ile birlikte demir yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 3.1 Coalbrookdale Köprüsü, 1778, İngiltere (GreatBuildings.com)

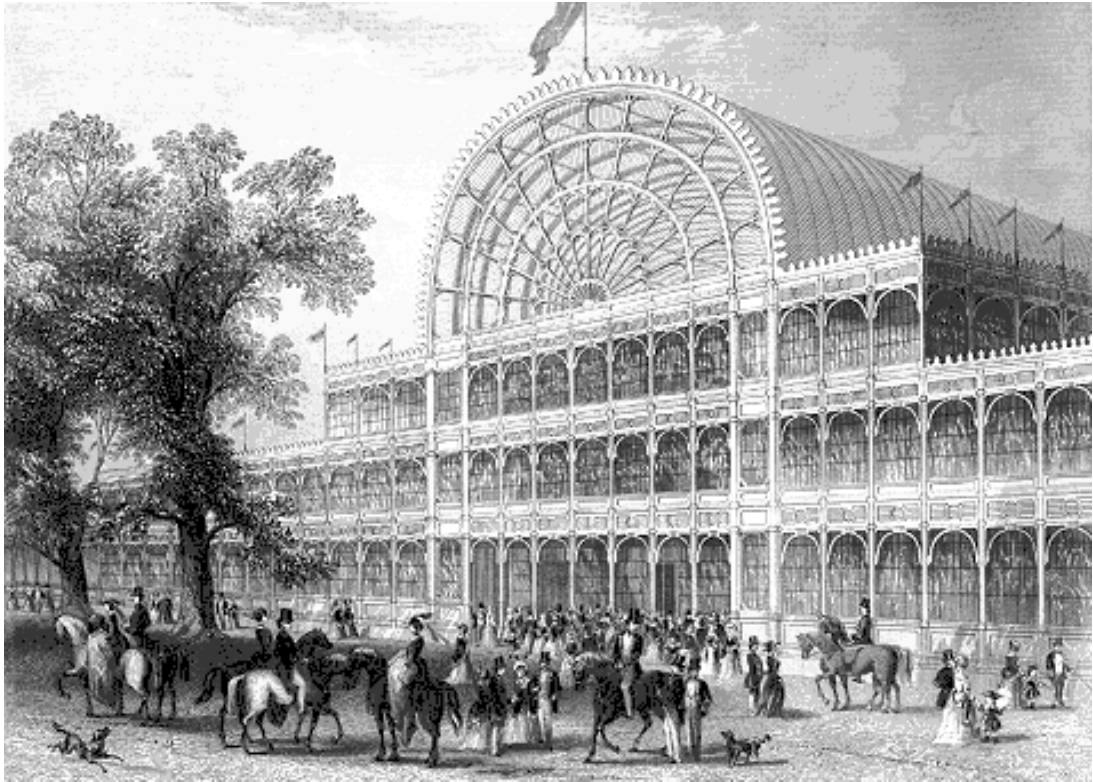
Demir kullanılarak inşa edilen ilk mühendislik yapıları köprülerdir ve bu çelik yapılar da kullanılan ilk malzeme basınç dayanımı yüksek ancak çekme dayanımı düşük olan fonttur. İngiltere’de Severn nehri üzerinde yer alan Coalbrookdale Köprüsü font kullanılarak yapılan ilk köprüdür. 1778 yılında yapıldığı düşünülen ve günümüzde hala kullanılan köprü, kemer biçimindeki strüktürü ile yaklaşık olarak 30 metre açıklık geçmiştir (Eren, 2007).

Fontun çekme dayanımının düşük oluşu, daha kaliteli çelik arayışını başlatmış ve 1784 yılında pudralama metodu ile iyi kalitede dövme çelik üretimi gerçekleşmiştir. Üretilen dövme çelik ile dolu gövdeli ana kirişli köprüler inşa edilmiştir. 1846 yılında İngiltere’de inşa edilen Britannia köprüsü 140 m açıklık geçerek demir malzemenin geniş açıklıkları geçebilme gücünü göstermiştir. Sanayi Devrimiyle birlikte çelik yapılarda kullanım ihtiyaçları doğrultusunda gelişmiştir. Ayrıca kaynaklı birleşimlerin yapısal alanda kullanılmaya başlamasıyla çelik yapılardaki gelişme daha da artmıştır. 18. yüzyılda demir, özellikle tiyatrolar, depo vb. binaların çatı elemanlarında kullanılırken, bunu takip eden 19. yüzyılının ilk yarısında fabrikalar, demiryolu istasyonları gibi endüstri yapılarının strüktürlerinde uygulanmaya başlanmıştır (Eren, 2007).



Şekil 3.2 St. Pancras İstasyonu, 1867, İngiltere (Wikipedia.org)

Ulaşımın önem kazanması ve buna bağlı olarak demir yollarının gelişimi, yeni bir yapı tipi olan demiryolu istasyonları ve gar yapılarını 19 yüzyılda karşımıza çıkarmaktadır. Bu yapılarda işlevsel gereklilik sonucu farklı çözüm yöntemleri ve farklı malzeme kullanmaya yöneltmiştir. Özellikle bu yapılarda, birden fazla platformunu kapsayan yeterli derinlik ve genişlikte alanlara olan ihtiyaçtan dolayı o dönemlerde köprülerde kullanılan makas ve kafes sistemler istasyon yapılarında kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 3.3 Crystal Palace, 1851, İngiltere (Wikipedia.org)

19 yüzyılın ikinci yarısından sonra gelişen teknoloji ve bunları sergileyecek mekanlara olan ihtiyaç giderek artmıştır. Bunun sonucu olarak çelik yapı elemanları endüstri sergilerinde de kullanılmaya başlamıştır. 1850 'de Joseph Paxton tarafından tasarlanan Crystal Palace o dönemde yapılan yapılar arasında en geniş açıklık geçebilen yapı olmuştur. 70.000 m²'lik bir alana inşa edilen Sergi binası hızlı kurulup, sökülebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Yine aynı dönemde 1887 – 1889 yılları arasında Fransa’da inşa edilen 300 m yüksekliğindeki Eiffel Kulesi BU dünyanın en güzel mimari yapılarından biri olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.4 Eiffel Kulesi, 1889, Fransa (Library of Congress)

Yüksek yapıların çelik iskeletindeki gelişim uzun bir süreci kapsar. Haddeli I profiller 1845’li yıllarda yapı iskeletinde kullanılmaya başlanmıştır. Çelik kirişli döşeme yüksekliğinin azalması ve daha fazla yük taşıması kat yüksekliğinin artması açısından önem taşımaktadır. Yüksek yapılara olan gereksinim ve kısa zamanda çok sayıda bina yapılmasını gerektirmiştir. Önceleri yapıyı oluşturan iskelet sistemde dökme demir kullanılırken bu dönemde dökme demir yerini dövme demir ve çeliğe bırakmıştır. Masif ve ağır duvarlar içerisine yerleştirilen çelik çerçeveler yerlerine yapımı daha hızlı ve daha hafif çelik sistemli yapılar yapılmaya başlanmıştır. Cephelerdeki masif kagir kaldırılması ile binanın daha çok doğal ışık alması sağlanmıştır. 1920’lerde çelik yapılardaki temel sistemlerindeki gelişmeler, asansörün yüksek yapılarda kullanımı, giydirme cephe sisteminin gelişimi ve diğer teknik ve bilimsel gelişmeler çeşitli yüksekliklerde çok sayıda çelik strüktürlü yüksek yapı yapılmasına olanak vermiştir (Eren, 2007).



Şekil 3.5 Flaitron Binası, 1890, A.B.D. (Wikipedia.org)

İkinci Dünya Savaş'ından sonra, çelik yapı elemanları çok katlı ticaret yapıları, endüstriyel yapılar, okullar, hastaneler gibi çok farklı işlevleri olan binalarda uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde ise gelişen teknoloji ve yeni yapım yöntemleri ile çelik yapı malzemesi hemen her alanda karşımıza çıkmaktadır. Bilgisayar da bu alandaki önemli gelişmelerden birisidir. Bilgisayarlar yardımı ile daha hızlı ve daha doğru strüktürel analizler yapılarak tasarımcıya geniş seçenekler sunulmaktadır.

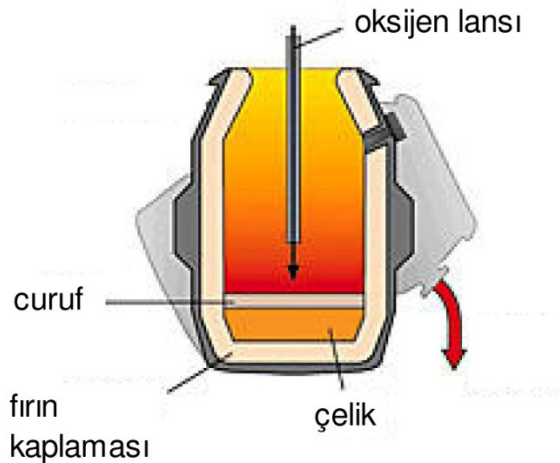


Şekil 3.6 Hearts Tower, 2006, A.B.D.
(Constructalia, The Steel Construction Website)

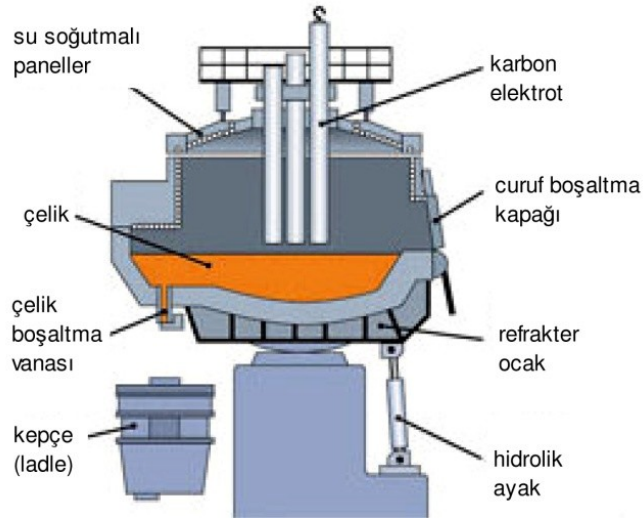
3.2 Çeliğin Yapısı

Çelik; ana maddesi demir olan ve bileşiminde % 2'den az oranda karbon (C) içeren, mekanik direnci yüksek, mekanik olarak işlenebilen bir demir - karbon alaşımıdır. Çeşitli mekanik ve ısı işlemleri sonucu istenilen sertlik düzeyine getirilebilir. Yapısında bulunan karbon miktarı çeliğin karakteristik özelliğini belirler.

Demir, yeryüzünde en çok bulunan metaldir ve yeryüzünün yaklaşık olarak % 4,5'unu oluşturur. Doğada demir cevheri serbest halde bulunmaz. Yapısında yüksek oranda karbon (C), fosfor (P), kükürt (S) ve silisyum (Si) içermektedir. Doğada bulunan demir cevheri yüksek fırında kok kömürü ile yakılıp eritilerek içerisinde % 3-5 oranında karbon (C) bulunan ham demir elde edilir. Elde edilen ham demir şekil değiştirmeye ve kaynaklanabilmeye uygun değildir. Bu nedenle ham demir işlenerek kullanılan yöntem ve katkı maddelerine bağlı olarak dökme demir veya çelik üretilir. Kupol fırında üretilen dökme demir yaklaşık olarak % 2-4 oranında karbon (C) içermektedir. Çelik ise Siemens – Martin, Elektrik Arkı, Oksijen Üfleme gibi yöntemlerle elde edilirken içeriğindeki karbon (C) miktarı % 0,16 – 0,20 oranları arasındadır.



Şekil 3.7 Bazik oksijen yöntemi (Dündar, 2006)



Şekil 3.8 Elektrik ark fırın yöntemi (Dündar, 2006)

Isıl İşlem sırasında eriyik hale gelmiş çeliğin bünyesinde istenilenden fazla miktarda oksijen veya oksijen bileşikleri bulunur. Bu haldeki çeliğe gazı alınmamış çelik denir. Bu gazlar her seferinde öngörülen bir ergitme yöntemi yardımıyla azaltılır. Genelde eriyik hale gelmiş çeliğin bünyesine alüminyum (Al), Silisyum (Si) gibi oksijene olan eğilimi yüksek maddeler eklenerek ısıl işlem sırasında bileşimde bağıl durumda olan oksijenin çözülerek serbest kalması sağlanır. Bu çeliğe ise gazı alınmış çelik denir. Bu çelikte kükürt ve fosforun yoğunlaştığı yerler (yığılma bölgeleri) daha az olduğundan işlenme bakımından daha elverişlidir.

Çelik, özel fırınlarda eritilip elde edilmek istenen çeliğe uygun katkı maddeleri eklendikten sonra kalıplara dökülür. Kalıplara dökülen çelik kor dereceye kadar ısıtılır ve haddeden geçirilerek istenilen şekil verilir. Çelik kristal bir malzeme olduğundan bünyesindeki hava boşlukları haddeleme işlemi sırasında kapanmakta ve malzemenin mukavemet ve süneklik özellikleri iyileşmektedir.

Yapı sektöründe metal malzemeler arasında en çok demir ve çelik kullanılmaktadır. Çelik, bir demir karbon alaşımı olup; sağlamlığı, sertliği, işlenebilirliği, hafifliği, yüksek çekme ve kopma direnci ile demirden çok daha geniş bir alanda kullanılır. Yapıda kullanılacak yeri ve işlevine göre istenilen çeliğin karakteristiği de değişmektedir. Demirin %0,16 – 0,20 oranlarında karbon (C) ile

birleşmesiyle elde edilen çeliğe; sertliğini, mukavemetini ve korozyon direncini arttırmak, aşınma direnci kazandırmak ve manyetik özelliklerini geliştirmek amacı ile farklı maddeler ilave edilebilir. Aşağıda bazı çelik bileşenleri ve özellikleri verilmiştir:

Karbon (C): Çeliğin sertliğini ve mukavemetini artırır. Gereğinden fazla kullanıldığı durumda kaynaklanabilme ve şekil değiştirme özelliklerini azalttığı için belli oranda kullanılması gerekmektedir. Yapılarda kullanılan çeliklerde carbon alaşımı % 0,16 - % 0,20 arasındadır.

Manganez (Mn): Çeliğin mukavemetini artırarak dövülebilme ve kaynaklanabilme özelliklerini geliştirir. Ayrıca aşınma ve paslanmaya karşı direnç kazandırır.

Silisyum (Si): Çeliğin mukavemetini, kaynaklanabilme özelliğini ve paslanmaya karşı direncini artırır.

Bakır (Cu): Çeliğin sünekliğini ve korozyona karşı direncini artırır.

Alüminyum (Al): Çeliğin darbeli kuvvetlere karşı direncini artırır. Ayrıca fosforun zararlı olan etkisini azaltır.

Nikel (N): Çeliğin mukavemetini ve plastikliğini artırır.

Krom (Cr): Çeliğin korozyon ve sürtünmeye karşı direncini artırır.

Genel olarak bakacak olursak çelikler;

- Bünyesinde bulunan karbon ve alaşımlara göre,
- Üretim yöntemlerine göre,
- Ürün şekillerine göre,
- Kullanım yerlerine göre,
- Dayanıklılığına göre sınıflandırılabilir.

3.3 Başlıca Kullanılan Çelik Profil Türleri

Çelik yapıların ana bileşenlerini hadde mamulleri oluşturmaktadır. Yapılarda kullanılan farklı kesitlerde olan hadde profiller bulunmaktadır. Bu profiller açık ve kapalı profiller olmak üzere iki grupta incelenebilir.

3.3.1 Açık Profiller

Yapı strüktüründe düşey ve yatay yapı bileşeni olarak kullanılan açık profiller I, H, U, T ve L kesitlerindedir.

I – Profiller:

IPE: Tabanları dar ve orta genişlikte olan profiller arasında bulunan, iç yüzeyleri de paralel olan profillerdir. Yüksekliği 80-600 mm, taban genişliği 46-220 mm arasında değişmektedir.

IPN: Tabanları dar, iç yüzeyleri eğimli olan profillerdir. Yüksekliği 80-600 mm, taban genişliği 42-215 mm arasında değişmektedir. Yüksekliği genişliğinden fazla olup eğilme elamanları için uygundur.

H – Profiller:

HEA: Tabanları geniş, iç yüzeyleri paralel, hafif seri profillerdir. Yüksekliği 96-990 mm, taban genişliği 100-300 mm arasında değişmektedir.

HEB: Tabanları geniş, iç yüzeyleri paralel olan standart seri profillerdir. Yüksekliği 100-1000 mm, taban genişliği 100-300 mm arasında değişmektedir.

HEM: Tabanları geniş, iç yüzeyleri paralel ağır seri profillerdir. Yüksekliği 120-1008 mm, taban genişliği 106-302 mm arasında değişmektedir.

HD: Tabanları geniş, et kalınlıkları fazla olan profillerdir. Taşıyıcı sistemde kolon olarak kullanılırlar. Yüksekliği 260-399 mm, taban genişliği 260- 301 mm arasında değişmektedir.

HL: Ekstra taban genişliğinde üretilen profillerdir. Yüksekliği 921-1100 mm, taban genişliği 400-420 mm arasında değişmektedir.

U – Profiller:

U: Taban dış yüzeyleri birbirine paralel, iç yüzeyleri eğimli U biçiminde olan profillerdir. Yüksekliği 40-65 mm, taban genişliği 20-42 mm arasında değişmektedir.

UPE: Taban dış yüzeyleri birbirine paralel ve en-kesiti U biçiminde olan profillerdir. Yüksekliği 80-400 mm, taban genişliği 50-110 mm arasında değişmektedir.

UPN: Taban dış yüzeyleri birbirine paralel, iç yüzeyleri eğimli U biçiminde olan profillerdir. Yüksekliği 50-400 mm, taban genişliği 38-110 mm arasında değişmektedir.

Köşebentler:

Enine kesiti L biçiminde, kenarları birbirine dik olan profillerdir. Eşit kenarlı veya çeşitkenarlı olarak üretilmektedir. Eşit kenarlı profillerin kesit ölçüleri 20-250 mm, çeşitkenarlı profillerin kesit ölçüleri 100-200 mm arasında değişmektedir.

T – Profiller:

Enine kesiti T biçiminde olan profillerdir. Aşık, mertek, kiriş gibi çatı elemanları yapımında kullanım alanı bulurlar. Yükseklikleri 30-80 mm, Taban genişlikleri 30-80 mm arasında değişmektedir.

3.3.2 Kapalı Profiller

Yapı strüktüründe düşey ve yatay yapı bileşeni olarak kullanılan kapalı profiller kutu ve boru profiller olmak üzere ikiye ayrılır.

Kutu Profiller:

İçleri boş kare ve dikdörtgen kesitli profillerdir. Kare kutu profillerin boyutları 40-400 mm, dikdörtgen kutu profillerin boyutları 50-400 mm arasında değişmektedir.

Boru Profiller:

İçleri boş dairesel kesitli profillerdir. Boru profiller çapları Ø 38 mm-600 mm arasında değişmektedir.

Tablo 3.1 Başlıca kullanılan çelik profil türleri

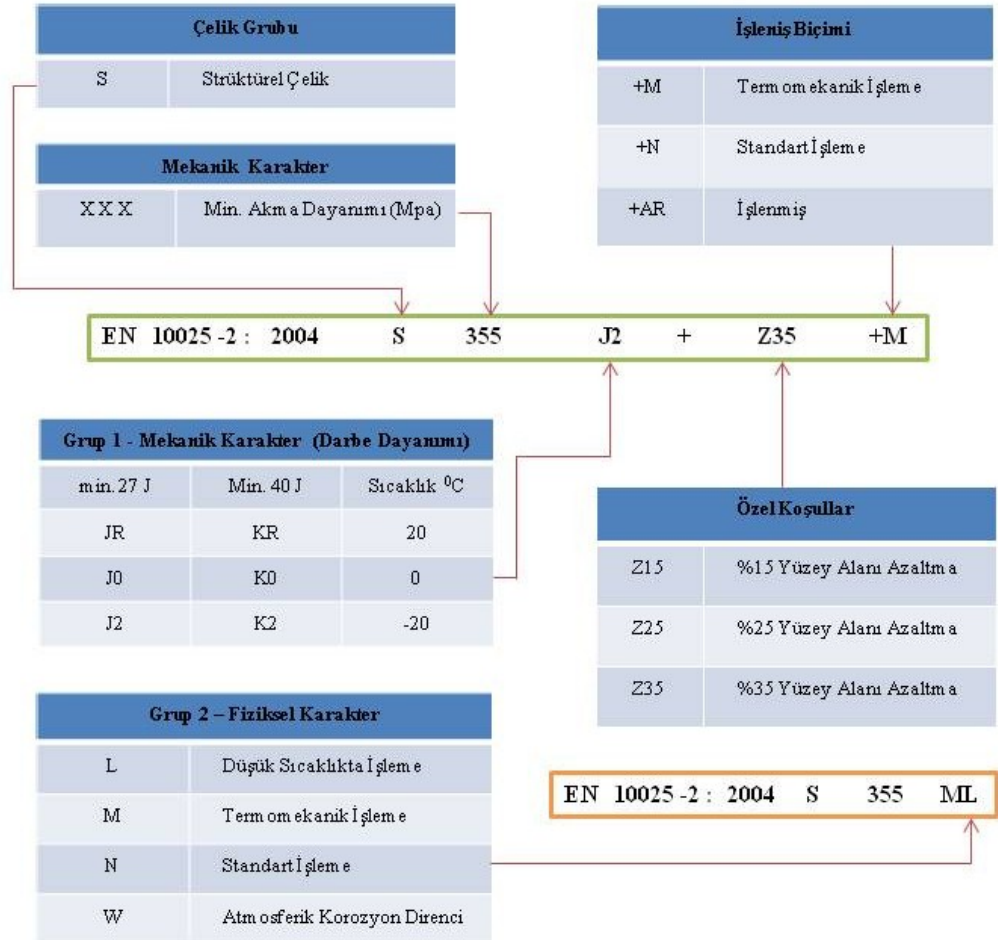
Şekil	Profil	Min./Max Boyutlar (h x b)	Ağırlık (kg/m)
 IPE IPN	IPE IPN	IPE 80 (80 x 46 mm) IPE 600 (600 x 220 mm) PN 80 (80 x 42 mm) IPN 600 (600 x 215 mm)	6.0 kg/m 122.0 kg/m 5.9 kg/m 199.0 kg/m
 HE HEB HEM HD HL	HEA HEB HEM HD HL	HEA 100 (96 x 100 mm) HEA 1000 (990 x 300 mm) HEB 100 (100 x 100 mm) HEB 1000 (1000 x 300 mm) HEM 100 (120 x 106 mm) HEM 1000 (1008 x 302 mm) HD 260 (260 x 260 mm) HD 400 (399 x 301 mm) HL 920 (921 x 420 mm) HL 1100 (1100 x 400 mm)	16.7 kg/m 272.0 kg/m 20.4 kg/m 314.0 kg/m 41.8 kg/m 349.0 kg/m 93.0 kg/m 314.0 kg/m 387.0 kg/m 390.0 kg/m
 UPE UPN	U UPE UPN	U 40 (40 x 20 mm) U 65 (65 x 42 mm) UPE 80 (80 x 50 mm) UPE 400 (400 x 115 mm) UPN 50 (50 x 38 mm) UPN 400 (400 x 110 mm)	2.65 kg/m 7.09 kg/m 7.90 kg/m 72.20 kg/m 5.59 kg/m 71.80 kg/m
 RRW ROR	RRW RRW ROR	RRW 40 x 40 (40 x 40 mm) RRW 400 x 400 (400 x 400 mm) RRW 50 x 30 (50 x 30 mm) RRW 400 x 200 (400 x 200 mm) ROR 38 (38 mm) ROR 600 (600 mm)	4.4 kg/m 191.0 kg/m 4.4 kg/m 141.0 kg/m 2.0 kg/m 114.0 kg/m
 L	L L	L 20 x 20 (20 x 20 mm) L 250 x 250 (250 x 250 mm) L 100 x 65 (100 x 65 mm) L 200 x 100 (200 x 100 mm)	0.9 kg/m 128.0 kg/m 8.8 kg/m 33.7 kg/m
 T	T	T 30 (30 x 30 mm) T 80 (80 x 80 mm)	1.8 kg/m 10.7 kg/m

3.4 Yapısal Çelik Kalite ve Sembolleri

Yapılarda kullanılan çelikler vasıflı çelik olup üretimindeki kalite ve ölçüler bir takım standartlara uygun oluşturmaktadır. Çelik cinsleri genel olarak akma dayanımları ve imalat şekillerine bağlı olarak sınıflandırılırlar. Çeliğin içeriğindeki karbon miktarı çeliğin karakteristiğini belirlemektedir. Ayrıca, çeliğe farklı maddeler ilave edilerek ve farklı sıcaklıklarda işleyerek çeliğin mukavemet, süneklik, kaynaklanabilirlik, işlenme özelliği ve korozyona olan direnci geliştirilebilir.

Çelik standartları ülkeden ülkeye farklılık göstermekle beraber bugün Avrupa’da “EN 10025 : 2004” yapısal çelik standartları uygulanmaktadır. Bu standarda göre yapılarda kullanılan yapısal çeliklerin kalite sembol ve açıklamalarını gösteren tablo aşağıdaki gibidir:

Tablo 3.2 Yapısal çelik kalite, sembol ve anlamları



3.5 Sürdürülebilirlik Kapsamında Çelik Yapı Malzemesi

Sürdürülebilir yapılar; yaşam döngüleri boyunca (yapı öncesi – yapı dönemi- yapı sonrası dönem) yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına öncelik veren, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin kullanan yapı” olarak tanımlanabilir. Yapıların sürdürülebilir özelliklere sahip olup olmadığını belirleyen önemli faktörlerden biriside uygun malzeme seçimidir. Bu kapsamda ele alınan çelik yapı malzemesinin sürdürülebilirlik özellikleri çevresel, ekonomik ve toplumsal yönden olmak üzere 3 başlık altında incelenebilir.

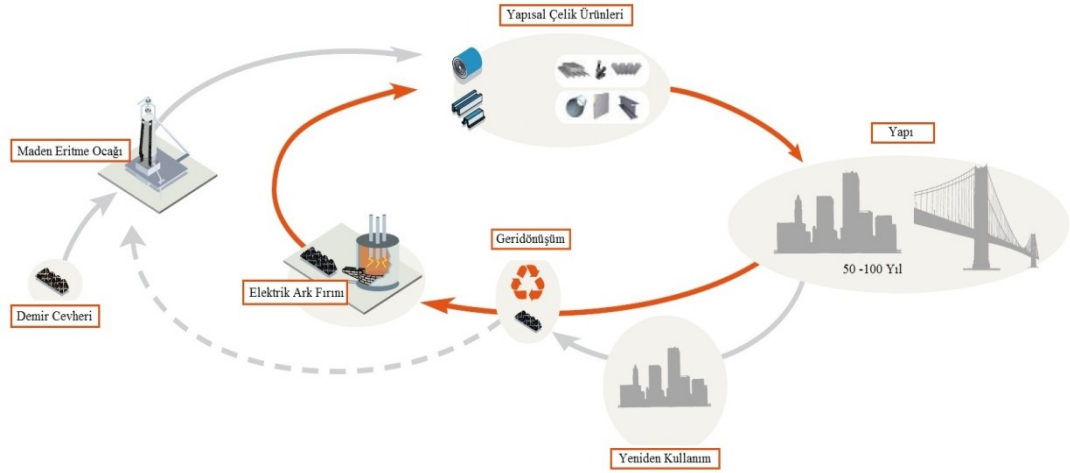
3.5.1 Çevresel Yönden Çeliğin Avantajları

Yapım için gerekli ham maddenin kaynağından çıkarılması, enerji ve doğal kaynakların kullanımı, yapım faaliyetleri, kullanım, bakım, onarım ve yapının faydalı ömrünü tamamlayıp yıkılmasına kadar geçen süreçte oluşan çevresel etkiler yapının çevresel performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Yapı malzemesinin üretimi sırasında doğal kaynakları ne ölçüde tükettiği, geri dönüştürülüp dönüştürülemediği, yeniden kullanılıp kullanılmadığı, dayanıklılığı gibi özellikleri yapı malzemesinin çevresel yönden avantajlarını belirler. Çelik yapı malzemesinin sürdürülebilirlik kapsamındaki avantajları aşağıdaki gibidir:

Çelik geri dönüştürülebilir bir malzemedir. Yapısal çeliklerin %86’sı kalitesinden bir şey kaybetmeden geri dönüştürülebilmektedir.. Çeliğin manyetik özellikte olması onu diğer atık materyallerden kolayca ayrılmasına yardımcı olur. Hurda çelik geri dönüştürüldüğünde; enerjinin %74 ve hammaddenin %90 korunduğu, su tüketiminin %40 azaltıldığı, atık su kirlenmesinde %76, hava kirlenmesinde %86 ve maden atıklarında %97 oranında azaldığı belirlenmiştir. (Öztürk, 2004)

Çelik yeniden kullanılabilir. Çeliğin yeniden kullanılabilirliği hem üretim hem de yapısında bulunduğu yapının yaşam süresince geçerlidir. Çelik yapı ürünleri ile bu ürünlerin birleşim yöntemlerindeki prefabrikasyon ve standartlaşma çeliğin yeniden kullanılabilir özelliğini arttırmaktadır. Yeniden bir malzeme üretmek yerine küçük

değişikliklerle mevcut malzemenin yeniden kullanılması doğal kaynakları koruduğu gibi atık oluşumunu da azaltmaktadır.



Şekil 3.9 Çeliğin yaşam döngüsü (Constructalia, The Steel Construction Website)

Çelik enerji etkin bir malzemedir. Çelik malzemenin oluşum enerjisi her ne kadar yüksek olsa da çelik malzemenin geri dönüştürülebilmesi, yeniden kullanılabilmesi, dayanıklılığı, uzun ömürlü olması, yüksek ısısal performansı onun enerji etkinliğini arttırmaktadır. Çelik sayesinde daha esnek bir şekilde tasarlanan yapılar doğal ışık ve doğal havalandırman maksimum seviyede yararlanabilmekte, yapının kullanımı süresince harcadığı enerji miktarını da minimum seviyeye düşürmektedir.

Çelik dayanıklı bir malzemedir. Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı sayesinde daha az malzeme kullanarak daha geniş açıklıklar geçilebilmektedir. Bu sayede daha esnek iç mekan tasarımları gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde gelişen teknolojiler ile daha dayanıklı, daha küçük en kesitli aynı zamanda daha hafif ürünler elde edilebilmekte böylece yapının toplam yükü azaltılmaktadır.

Çelik uzun ömürlüdür. Çelik metalik yapısından ötürü çevresindeki kimyasal ve elektrokimyasal etkiler sonucu korozyona maruz kalır. Üretim esnasındaki çeliğe çeşitli alaşım elementleri (krom) katılarak, Üretim sonrasında ise metalik (çinko) veya metal olmayan kaplamalar (boya) kullanılarak çeliğin yangına ve korozyona karşı direnci artırılır. Az bir bakım gideri ile çelik yapıların kullanım süreleri kolayca uzatılabilir.



Şekil 3.10 Manchester Civil Justice Centre, 2007, İngiltere (Tata steel construction)

Çelik prefabrikasyona uygundur. Çelik yapı elemanları modern üretim yöntemleri ile standart ölçülerde üretilmektedir. Bundan dolayı malzemenin yapım süresince daha az atık ürün oluşmakta ve yapının çevreye verdiği zarar azaltılmaktadır. Yapı bileşenlerinin prefabrik olması yapım süresini de azaltmaktadır. Bu sayede çevreye verilen olumsuz etkiler minimum seviyeye indirmektedir. Çelik yapı malzemesinin prefabrik oluşu daha fazla yapı bileşeninin bir arada yapı alanına ulaştırılmasını sağlamakta ve bu sayede ulaşım giderlerini azaltmaktadır.

Çelik esnek bir malzemedir. Çelik yapı malzemesi kullanılarak yapılmış bir yapı kolay ve ekonomik bir şekilde ihtiyaç değişikliklerine uyum sağlar. Çelik yapı yıkılmak yerine yatay ve dikey yönde uzayarak minimum bozulma ile kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilecek duruma gelebilir. Çelik yapılar; çelik malzemesinin yapısından kaynaklanan esneklik ve uyumluluk sayesinde yapım sistemindeki küçük değişimler ile yeniden kullanılabilmekte ve bu sayede kaynak tüketimi yüksek oranda azaltılmaktadır.

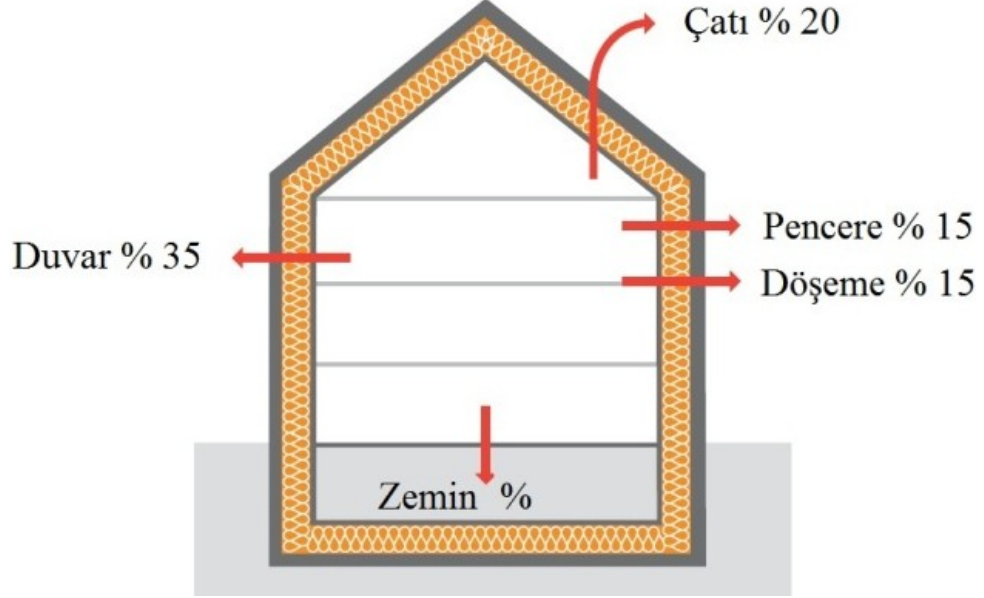


Şekil 3.11 Çelik strüktür sistemi (Constructalia, The Steel Construction Website)

Çelik hızlı ve kolayca uygulanabilir / sökülebilir. Çelik prefabrik sistemde olan başarısı, yapının hızlı ve kolay bir şekilde inşa edilmesini aynı zamanda hızlı ve kolay bir şekilde sökülmesini sağlamıştır. Ayrıca çeliğin geri dönüşebilir ve yeniden kullanılabilir özellikte olması malzeme değerini arttırmakta ve yeni sistemlerin gelişimini hızlandırmaktadır.

Çelik yüksek ısısal performansa sahiptir. Bir yapının kullanım sürecindeki aydınlatma, havalandırma ve ısıtma enerjileri o yapının oluşum enerjisinden %80'den daha fazladır. Enerji tüketiminin büyük oranı yapının ısı kontrolünden kaynaklanmakta, doğru bir sistem ile bu tüketim büyük ölçüde düşürülmektedir. Bir yapının ısı kaybının %35'i duvarlardan, % 20'si çatıdan, %20'si döşemeden, % 15 zeminden ve % 15'pencerelerden kaynaklanmaktadır. Çelik yapıların duvarlarında çelik strüktüre bütünleşik olarak uygulanacak bir dış yalıtım sistemi veya çift cephe sistemi, çatısında uygulanacak sandviç panel sistemi ısı köprülerini keserek yapının

ısını kaybını önlemektedir. Ayrıca özellikle yaz aylarında çelik güneş kırıcılar ile istenmeyen güneş ışınlamaları engellenerek yapının ekstra ısınması engellenmiş olur.



Şekil 3.12 Yapılarda ısı köprüleri (Constructalia, The Steel Construction Website)

Çelik su korunumu sağlar. Çelik yapılar çelik yapı bileşenlerinin kaynak perçin veya bulon vasıtası ile birleşmesinden oluştuğundan geleneksel yapı sistemlerine oranla daha fazla su etkinliğine sahiptir.

Çelik minimum atık oluşturur. Çelik yapı elemanları fabrika ortamında bilgisayar kontrollü hassas prefabrikasyon teknolojileri ile üretildikleri için üretim esnasında minimum malzeme zıyatı gerçekleşmektedir.

Çelik teknolojik gelişimlere kolay entegre olur. Bilgisayar destekli tasarım, üretim teknolojilerindeki gelişme ve bu teknolojilere hızlı bir şekilde erişilebilmesi çelik malzemenin sürdürülebilir özelliklerine olumlu katkıda bulunmaktadır. Çeliğin üretim evresinde Bazik Oksijen Fırını yerine daha düşük CO2 emisyonuna sahip Elektrik Ark Fırınlarının kullanımı, haddeleme evresinde yeni sistemler yardımıyla yapısal çelik ürünlerine yüksek dayanım, süneklik ve mükemmel kaynaklanabilirlik özellikleri sağlayan yeni haddeleme sistemleri bu kapsamda sayılabilir.



Şekil 3.13 Çelik üretim aşaması (İsdemir.com)

3.5.2 Ekonomik Yönden Çeliğin Avantajları

Bir malzemenin yapı öncesi dönem, yapı dönemi ve yapı sonrası dönemlerinde gerektirdikleri toplam maliyetler o malzemenin ekonomik yönden avantajlarını belirlemektedir. Bu kapsamda çelik yapı malzemesinin ekonomik yönden avantajları aşağıdaki gibidir:

Çelik yapılarda enerji tasarrufu sağlar. Çelik strüktürlü yapılar yüksek dış yalıtım teknikleri sayesinde ısı kaynaklı maliyetleri, geniş cam yüzeylere imkan tanıyarak aydınlatma kaynaklı maliyetleri büyük oranda azaltmaktadır.

Çelik malzeme tasarrufu sağlar. Çeliğin mekanik dayanımı diğer malzemelere göre daha fazladır. Bu nedenle aynı özelliklere sahip daha ince kesitli elemanlar kullanılabilir.

Çelik hammadde kaynağını korur. Çeliğin geri dönüştürülebilirliği ve yeniden kullanılabilirliği ham maddenin kaynağından çıkartılması çıkartılan hammaddenin üretim tesislerine ulaştırılması ve bu tesislerde işlenmesi sırasında ortaya çıkan maliyetleri büyük oranda azaltmaktadır.



Şekil 3.14 Hurda çelik ürünler (Constructalia, The Steel Construction Website)

Çelik ilk yatırım maliyetini azaltır. Çelik yapı elemanları fabrika ortamında yüksek prefabrikasyon teknikleri ile hazırlandıkları için montajları hızlıdır. Kısa sürede uygulandıkları için ilk yatırım maliyetleri azalmaktadır.

Çeliğin bakımı kolaydır. Çelik yapı malzemesi ekstra bir bakım maliyeti gerektirmez. Yaşam evresi boyunca belli aralıklarla korozyon ve yangına karşı alınan önlemlerle fazla maliyet gerektirmeden bakımı yapılabilir.

3.5.3 Toplumsal Yönden Çeliğin Avantajları

Bir malzemenin sürdürülebilir olması o malzemenin sadece çevresel veya ekonomik avantajları ile sınırlı değildir. Bir malzemenin sürdürülebilir bir malzeme olarak tanımlanabilmesi için o malzemenin insan ve insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olması gerekmektedir. Bu kapsamda çelik yapı malzemesinin toplumsal yönden avantajları aşağıdaki gibidir:

Çelik doğal aydınlatma ve görsel konfor sağlar. Çelik yüksek mukavemeti sayesinde iç mekanlara yeteri kadar gün ışığı girmesini sağlayarak kullanıcı üretkenliği ve memnuniyetinin artmasında önemli rol oynar.

Çelik toksik, zehirli gaz yaymaz. Çelik yapı malzemesi doğal bir ürün olduğu ve üretiminde herhangi bir kimyasal işlemde geçmediği için insan sağlığına zararlı değildir.

Çelik güvenli çalışma ortamı sunar. Çelik yapı malzemelerinin fabrika ortamlarında üretilmeleri çalışanlar için daha güvenli, sağlıklı, kaliteli çalışma ortamı sağlamaktadır.

Çelik istenmeyen gürültüleri azaltır. Çelik yapı malzemesinin prefabrik sistemlerde üretilmesi yapım hızını artırarak yapım süresinde meydana gelen gürültü kirliliğini azaltmaktadır.

BÖLÜM DÖRT

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPI ÖRNEKLERİ

4.1 Barajas Havalimanı – Madrid, İspanya

Tablo 4.1 Barajas Havalimanı proje bilgileri

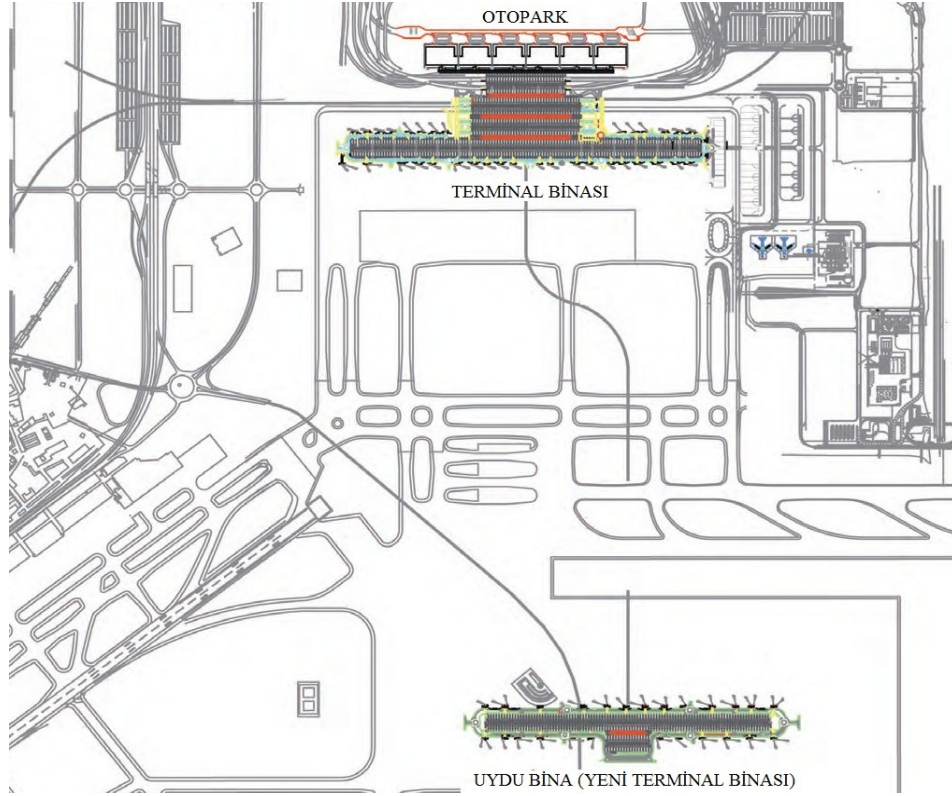
Mimar	Richard Roger Partnership + Estudio Lamela
Kullanım Amacı	Havalimanı
Yapım Yılı	1997-2005
Alan	1.158.000 m ²
Maliyet	1.238.000.000 €
Taşıyıcı Sistem	Çelik + Betonarme
Anahtar Kelime	Çevreyle Bütünleşme, Enerji, Esneklik



Şekil 4.1 Barajas Havalimanı genel görünüm (Rogers Stirk Harbour + Partners)

1993 yılında hizmete giren Barajas Havalimanı günümüze kadar çeşitli eklemelerle birçok kez genişletilmiştir. 90'lı yıllara gelindiğinde ise üzerine gelen yükü kaldıramamaya başlayan hava limanını için yeni terminal binası, ek havalimanı ve iki yeni uçak pisti yapılmasına karar verilmiştir. Projenin işvereni olan İspanya Ulusal Havalimanları Amirliği (AENA), söz konusu eklemeler için 1997 yılında uluslar arası bir yarışma açılmış ve yarışmayı Richard Rogers Ortaklığı, Estudio Lamela ve iki mühendislik firması tarafından oluşan şirketler birliği kazanmıştır.

Avrupa'nın en büyük yapılarından biri olan havalimanı; Otopark, Terminal Binası ve Uydu Bina (Yeni Terminal Binası) olmak üzere 3 ana yapıdan oluşmaktadır. Uluslar arası ya da Shengen (Avrupa Birliği Ülkeleri Arasında) uçuşlara hizmet verecek olan terminal binası 470.000 m² alana sahip olup altı kattan oluşmaktadır. Kuzey-Güney yönünde uzanan ve maksimumda 1.142 m uzunluğa ulaşan yan yana üç birimden oluşan terminal binası kanyon adı verilen doğal ışık ile aydınlatılan mekanlarla birbirine bağlanmaktadır.



Şekil 4.2 Barajas Havalimanı vaziyet planı (Hesse, 2008)

Uydu Binası toplam 315.000 m² alan sahip olup terminal binasından 2 km uzaklıkta ve iki uçak pisti arasında bulunmaktadır. Bu bina barajas havalimanının ulusal, uluslararası ve shengen uçuşlara hizmet verecek olan bölümüdür. Terminal binası ile aynı konseptte ve ihtiyaca göre kapasitesi arttırılabilecek esneklikte tasarlanmış olan uydu binası 927 m uzunlukta ve tek kanyondan oluşmaktadır. Terminal binası ile uydu binası arasında uçuş pistleri bulunmasından dolayı iki bina arasındaki bağlantı yer altından geçen otomatik taşıyıcılı tünelden sağlanmaktadır.

Otopark ise toplam 309.000 m² alana sahip olup yaklaşık 9000 araç kapasitesine sahiptir. Otoparka ulaşım çevre yolundan 6 bağımsız ulaşım modülü ile terminal binasından ise 2 yaya köprüsü ile sağlanmaktadır.



Şekil 4.3 Barajas Havalimanı çatı örtüsü (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Barajas Havalimanı tasarım konseptini oluşturan çevreyle bütünleşme, işlevsellik, enerji korunumu ve esneklik gibi dört temel ilke yapının en önemli sürdürülebilir çelik yapı örnekleri arasına girmesini sağlamıştır. Diğer havalimanlarının aksine, Barajas Havalimanı gelen ya da giden yolcular için işlevsellik açısından iyi bir modeldir. Bina oldukça büyük ölçülerine karşın, birçok referans noktası ile yolcuların yönlerini bulmasına olanak sağlamaktadır. Rahat anlaşılır şemalar ve net mekan gelişimi, yürüme bantları yolcular ve çalışan personeller için terminalin kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Terminal binası genelinde kullanım alanı 6 kata bölünmüştür. Zemin üzeri üç kat; check-in, güvenlik, uçağa binış ve bagaj alım için kullanılırken; zemin altındaki 3 kat ise bakım, bagaj işlemleri ve binalar arasındaki yolcu dolaşımına ayrılmıştır.

Yapı mevcut yaz sıcaklıklarından en az etkilenecek şekilde tasarlanmıştır. Bu amaçla kuzey-güney yönünde yerleştirilen yapının doğu ve batı yönlerine bakan ana cepheleri, dışa doğru uzanan çatı örtüsü ve güneş kırıcılarla desteklenerek güneşe

karşı en uygun korunum sağlanmıştır. Ayrıca bu cephelerde Isı Kontrol (Low-E) camları kullanılarak yapının enerji etkinliği arttırılmıştır. Çok katlı bölümlerde doğal ışığı alt katlara ulaştırmak amacıyla kanyon adı verilen açık alanlar tasarlanmıştır. Bu açık alanların üzerini çeliğin dayanım ve işlenebilme özelliği sayesinde oluşturulan çelik strüktürlü eğimli çatı örtüsü kaplamaktadır. Çatı örtüsü üzerinde bulunan 9 m çapındaki aydınlatma panelleri ile doğal ışığın yapının her bölümüne ulaşması sağlanmaktadır. Ayrıca zeminden tavana kadar yükselen bu açıklıklar birimler arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır.



Şekil 4.4 Barajas Havalimanı kanyon genel görünüm (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Barajas havalimanı esnek tasarımı ile de ön plana çıkmaktadır. Projenin tüm aşamalarında potansiyel uzanımlar göz önüne alınarak havaalanındaki tüm aktivitelere uyarlanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Yapı konstrüksiyonunun sistematik oluşu sadece strüktürel bir hedef değil aynı zamanda gelecekteki ihtiyaçlara cevap verebilecek esnekliğe sahip olmaya yöneliktir. Bu da strüktürel çözümlerde modüler elemanların kullanımını birincil prensip haline getirmiştir. İstenilen hedeflere ulaşabilmek için yapı malzemesi olarak prefabrikasyona uygun, modüler üretilen çelik yapı malzemesi kullanılmıştır.



Şekil 4.5 Barajas Havalimanı çelik taşıyıcı sistem -1 (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Havalimanı, bazı mekanları yer seviyesinden 20 m aşağı inen bodrum kat, zemin üstünde yer alan 3 betonarme kat ve eğrisel çelik çatı olmak üzere 3 aşamadan meydana gelmiştir. Güçlendirilmiş “Y” biçimindeki betonarme kolonlar 18 x 9 m de bir gridal düzende yerleştirilmiştir. Bu betonarme kolonların üzerine “V” ve “Y” şeklinde boşluklu çelik boru kolonlar gelerek martı kanadı biçimindeki eğrisel çatı yüzeyini oluşturan çelik kirişleri taşımaktadır. Bu Çelik kolonlar ikisi ortada “V” diğer ikisi de köşelerde “Y” olmak üzere toplamda 4 adettir. Konik kesitli “V” biçimindeki çelik boru kolonun et kalınlığı 16 mm olup, çapı tabanda 750 mm iken üst kısımda 400 mm’ ye düşmektedir. Köşe noktalarda bulunan “Y” biçimindeki

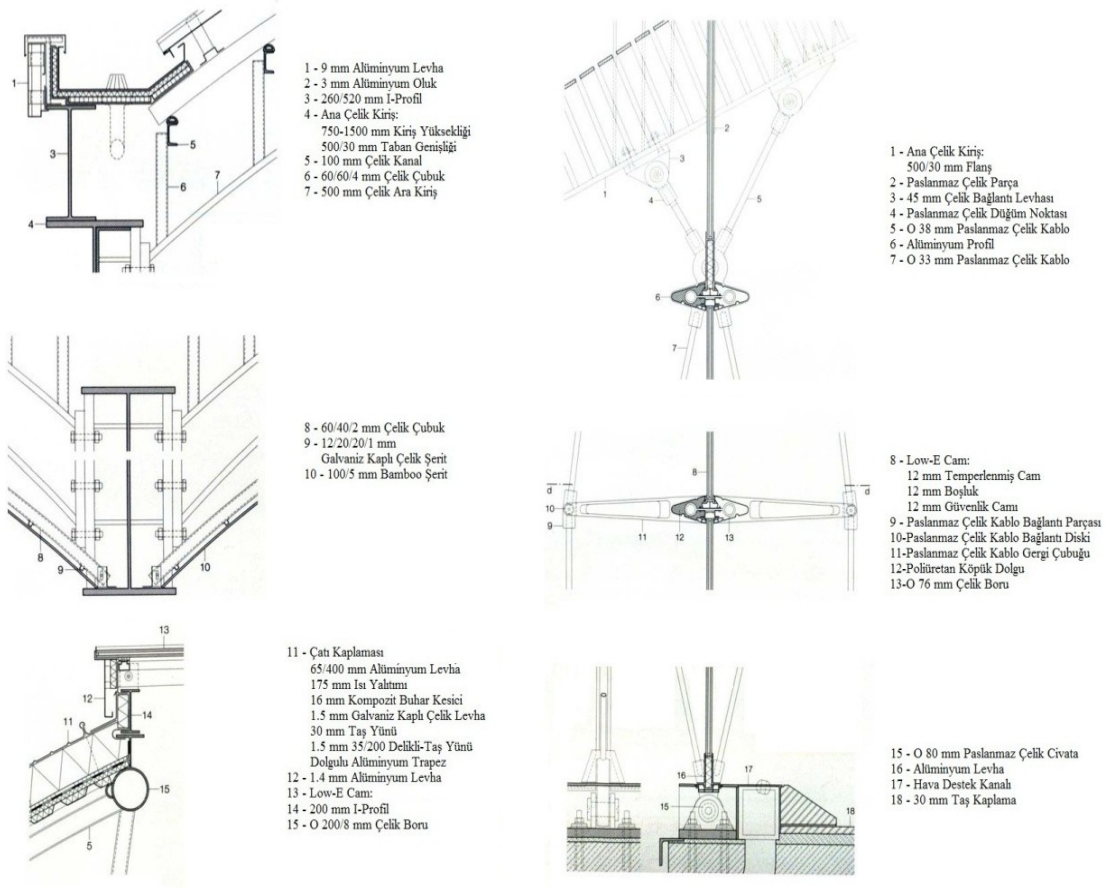
çelik kolonlar, çapları 480 mm - 240 mm arasında değişen kesitleri üst kısma doğru azalan 14 mm et kalınlığında 2 adet eliptik boru profilin birleşmesiyle oluşmaktadır. Yapının taşıyıcı strüktürünün çelik olması bu formların seçilebilmesine olanak vermiştir. Bu sayede çelik kolon sayısı azaltılarak gerek binanın cephelerinde gerekse kanyonlarda istenilen şeffaflık elde edilmiştir.



Şekil 4.6 Barajas Havalimanı çelik taşıyıcı sistem-2 (Hesse, 2008)

Sistem olarak yüklerin eşit dağılımı ve hafiflik prensiplerinden esinlenerek tasarlanan martı kanadı biçimindeki kirişler, çeliğin yüksek dayanımı ve hafifliği sayesinde 72 m açıklık geçebilmektedir. Birbirini takip eden ve 9 m de bir birbiri ile bağlantılı olan bu kirişler çeliğin üstün başarısı sonucu oluşturulan geometrik başarısı ile büyük ilgi oluşturmaktadır. Bu martı kanadını kesitini andıran çelik kirişler, I – kesitli ve değişen ölçülerde kullanılmıştır. Bu kirişlerin gövde kalınlığı 15 mm olup yükseklikleri ana kirişin orta kısmında 1500 mm olurken uç kısımlarda 750 mm’ ye düşmekte taban genişliği ise 500x30 mm ölçülerindedir. İstenilen eğrilikte üretilen kirişlerin baskıya dayanabilmesi için S355 J2 kalitede çelik kullanılırken boylamsal uzunluğun artış miktarına göre de S420N kalite çelik kullanılmıştır.

Ana Kirişler, 3.5 m de bir atılan kemer biçiminde ikincil kirişler ile birbirine bağlanmıştır. Bu ikincil kirişler IPE-500, HEB-500 ve HEB-700 serisi profillerden oluşturulurken S355 J2 kalitesinde çelik kullanılmıştır. Ayrıca ikincil kirişler S275 kalitesinde UPN-100 çatı kirişleri ile desteklenmektedir. Bu çelik kirişlerin üzerine yedi farklı katmandan (ısı yalıtımı, buhar kesici, ses yalıtımı...) oluşan çift eğrilikli 65/400 cm boyutlarında alüminyum çatı kaplaması gelmektedir.



Şekil 4.7 Barajas Havalimanı çatı ve cephe sitem detayı (Detail, 2005)

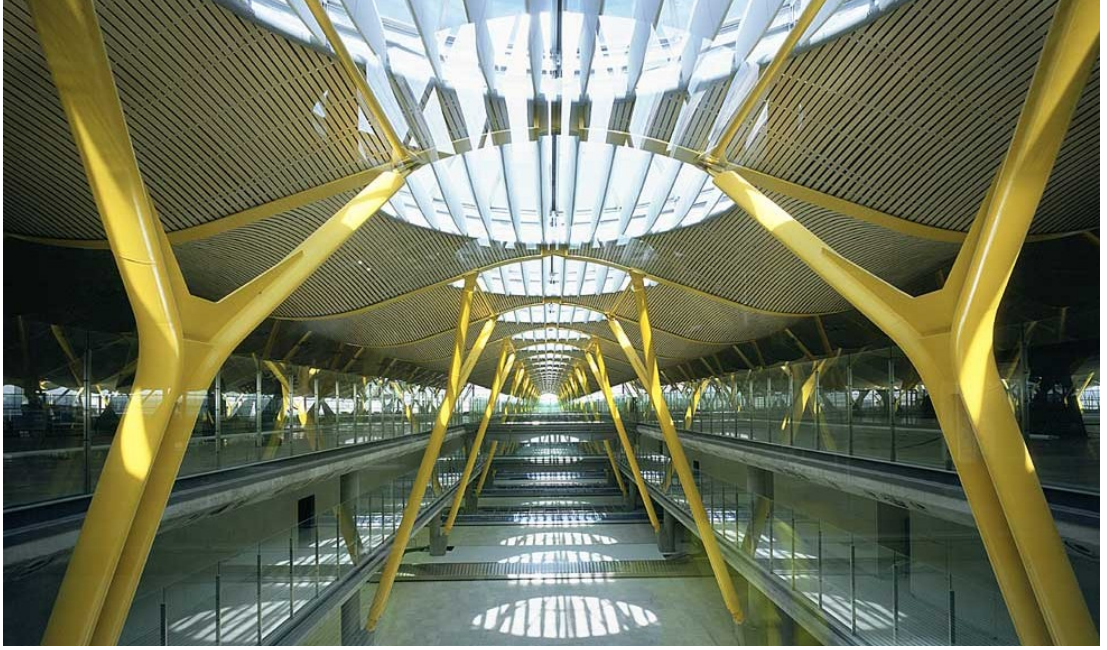
Binanın doğu ve batı yönlerinde bulunan ana cepheler paslanmaz çelik çubuklarla desteklenen cam yüzeylerden oluşmaktadır. Bu destek elemanları 9 m de bir atılırken 3 m de bir yatay yönde birbirine bağlanmıştır. 3 x 2.34 m ebatlarında panellerden oluşan camlar ısı kontrol (Low-E) camları olup binanın enerji etkinliğini yüksek oranda arttırmaktadır. Ayrıca çelik yapı elemanlarını korozyon ve yangına karşı

korumak amacı ile EF30-EF60 tip boya ile boyanırken farklı renk kullanarak yapı bütününde bir hareketlilik kazandırılmıştır.



Şekil 4.8 Barajas Havalimanı cephe sistem detayı (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Yapının esneklik, işlevsellik, çevre ile bütünleşme gibi tasarım prensiplerinin yanı sıra doğru malzeme seçimi de yapının sürdürülebilirlik özelliğini arttırmaktadır. Yapının taşıyıcı strüktüründe çelik yapı malzemesi kullanılarak istenilen strüktürel etkinlik sağlanmıştır. Geniş açıklıklar diğer yapı sistemlerine göre daha küçük kesitlerle geçilebilmiş ve istenilen form kolaylıkla oluşturulabilmiştir. Ayrıca çeliğin modüler üretimi yapının yapı sistemini sürekli hale getirmiş yapının olası büyüme ihtiyaçlarına olanak vermiştir.



Şekil 4.9 Barajas Havalimanı kanyon genel görünüm (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Çelik diğer yapı malzemeleri ile bir bütün olarak çalışabilmektedir. Bu sayede yapı genelinde geniş cam yüzeyler, aydınlatma panelleri oluşturulmuş doğal ışıktan olabildiğince faydalanılmıştır. Paslanmaz çelik güneş kırıcılar ve uzanan çatı örtüsü ile de yapının yaz aylarında aşırı ısınması engellenmiştir. Gerek doğal aydınlatma gerekse de doğal iklimlendirme yapının enerji etkinliğini arttırmaktadır. Ayrıca zeminde doğal kireç taşı, eğrisel çatı tavan yüzeyinde de bambu gibi doğal yapı elemanları kullanılması kullanıcı memnuniyeti sağlanmıştır.



Şekil 4.10 Barajas havalimanı iç mekan genel görünüm (Rogers Stirk Harbour + Partners)

4.2 Londra Parlamento Binası – Londra, İngiltere

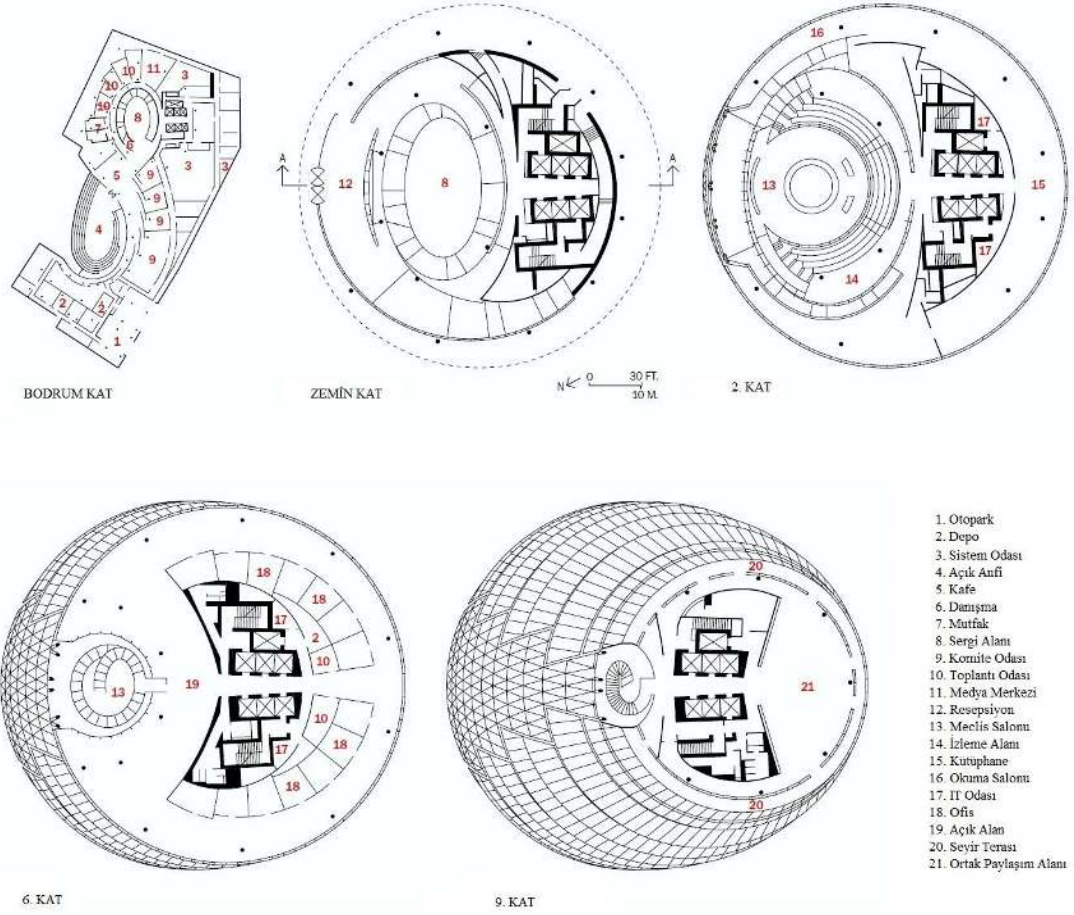
Tablo 4.2 Londra parlamento binası proje bilgileri

Mimar	Norman Foster & Partners
Kullanım Amacı	Parlamento Binası
Yapım Yılı	1998-2002
Alan	18.000 m ²
Maliyet	43.000.000 €
Taşıyıcı Sistem	Çelik
Anahtar Kelime	Enerji Etkinliği, Doğal Havalandırma, Strüktürel Etkinlik



Şekil 4.11 Parlamento Binası genel görünüm (Merkel, 2003)

Thames Nehri kıyısına Norman Foster tarafından tasarlanan yapı dikkat çekici formu, strüktürel yapısı ve enerji etkinliği bakımından kendini diğer yapılardan önemli ölçüde ayırmaktadır. 45 metre yüksekliğinde ve 10 kattan oluşan parlamento binası; meclis toplantı salonu, galeri, halk kütüphanesi, komite odaları, ofisler ve restoran birimlerini barındırmaktadır. Yapı 30 aylık bir sürede tamamlanırken resmi olarak 2002 yılında hizmete girmiştir. Toplam alanı 18.000 m² olan parlamento binasının yapımında çelik ve cam yapı elemanları kullanılmıştır.

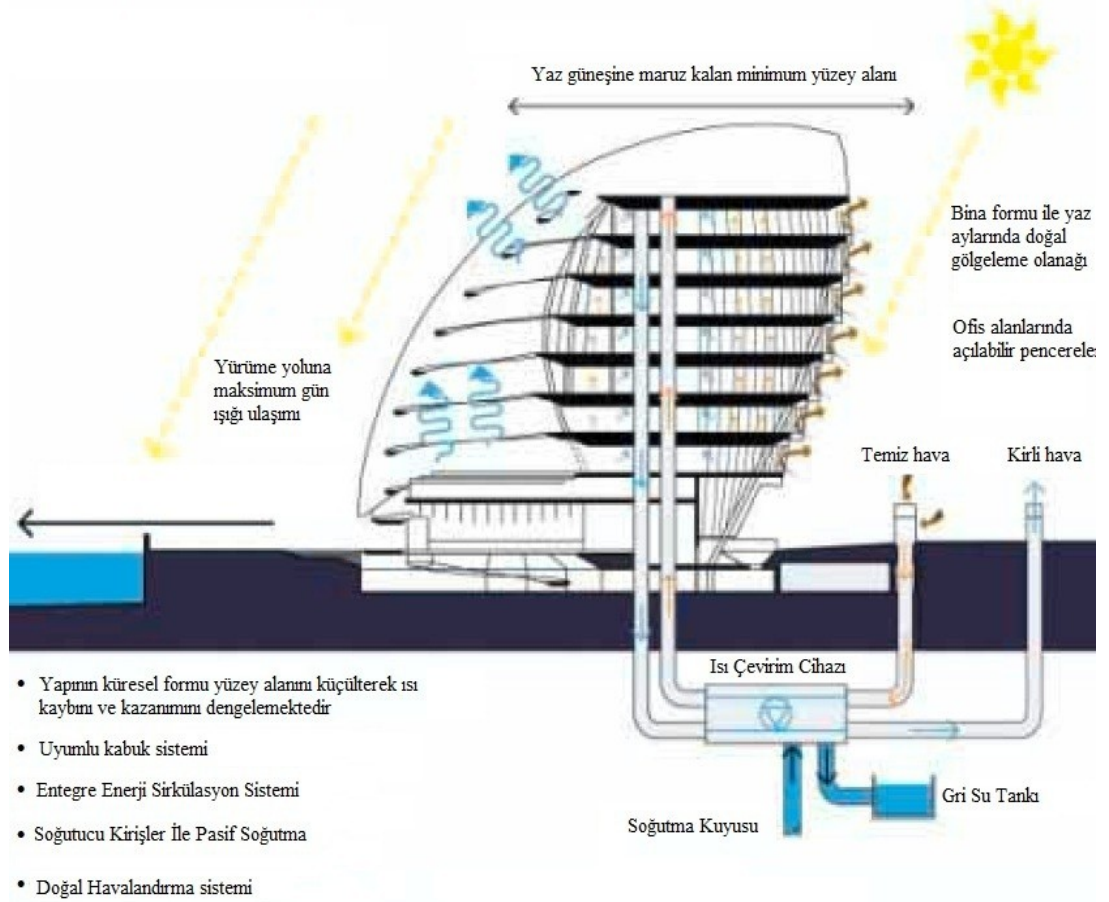


Şekil 4.12 Parlamento Binası kat planları (Merkel, 2003)

Tasarım ekibi binanın konseptini küre üzerinde kurmuş, bu küre bir noktadan nehrin aksi yönünde belli bir eğimle geri çekilmiştir. Bu eğim ile yaz aylarında güneş alan yüzey miktarı minimuma indirilerek ısınma oranı düşürülmüştür. Yapının aynı ölçüde küp yerine küre olması ile %25 daha az alan meydana getirmiş bu sayede kış aylarında daha az ısı kaybı oluşurken yaz aylarında da daha fazla güneş ışığından etkilenmesi engellenmiştir. Ayrıca yapı formundaki eğilim nehir kıyısındaki sosyal yaşam alanlarındaki gölge etkisi kaldırarak bu alanlara güneş ışığının ulaşmasını sağlanmıştır (Merkel, 2003).

Yapının yüzeyine lokal olarak kontrol edilebilen havalandırma sistemi bulunmaktadır. Doğal hava girişi açıldığı zaman birleşik mekanlardaki otomatik ısıtma sistemi kendini kapatarak enerji kaybını önlemektedir. Yapının yatay taşıyıcı

sistemini oluşturan çelik borular içinde yer alan sıcak su ile kış aylarında atrium ısıtılmaktadır. Yaz aylarında ise yerin 125 metre altında yer alan soğutma kuyuları ile doğal olarak soğutulan su binanın serinletilmesinde daha az enerji kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca binada soğutucu kirişler bulunmaktadır. Yapının içinde dolanan bu kirişler; pasif soğutma, standart ve acil ışıklandırma, duman ve yangın sistemleri gibi birçok işlevi yerine getiren elemanları taşımaktadır (Merkel, 2003).



Şekil 4.13 Parlamento Binası enerji etkinlik stratejileri (Merkel, 2003)

Yapı, strüktürel olarak üç boyutlu parçaların sorunsuz bir şekilde bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. İstenilen formun oluşturulabilmesi çeliğin strüktürel etkiliği önemli bir rol oynamaktadır. Yapının yüzey, form ve diğer tasarım öğeleri çelik yapı elemanının dayanımı, işlenebilirlik özelliği ve diğer yapı elemanları ile sorunsuz olarak birleşmesi gibi getirdiği olanaklar ile kolayca gerçekleştirilmiş, gerek strüktürel gerek sürdürülebilirlik açısından eşsiz bir yapı ortaya çıkmıştır.

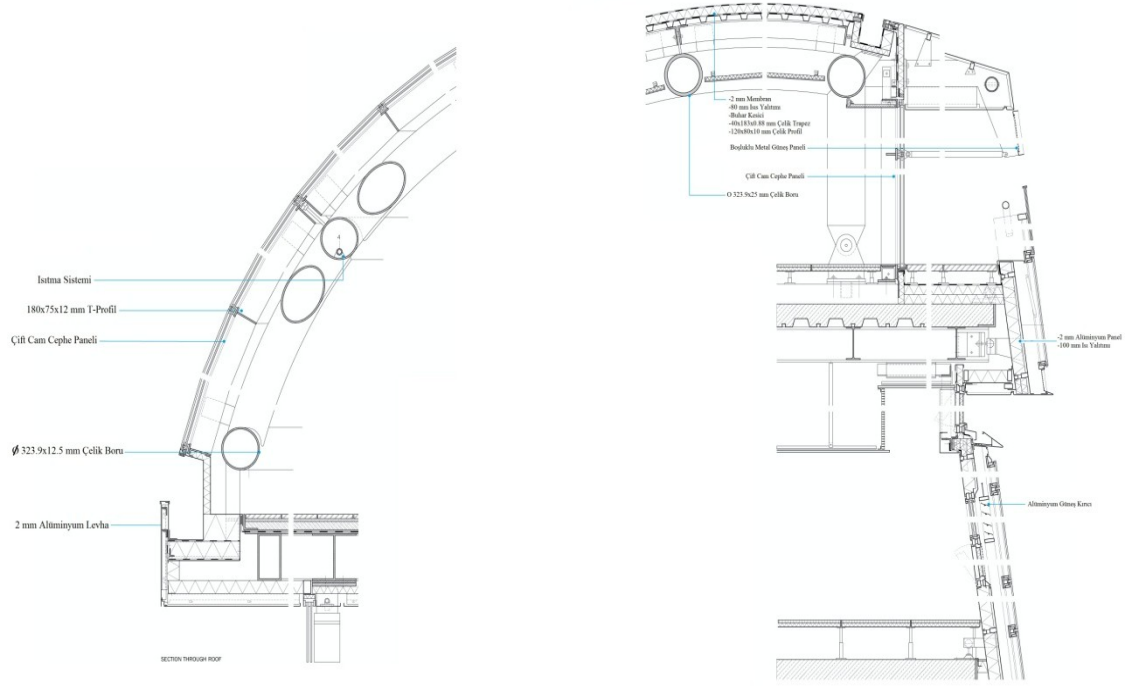
Yapı strüktürünün kıvrımsal hareketleri döşemelerin yatay yönde hareketi sonucu oluşmuştur. Bu hareketler yapının ön yüzeyinde eğrisel bir kabuk oluştururken ofislerin bulunduğu arka yüzünde taraklı bir form oluşturmuştur. Bu iddialı strüktürün çalışabilmesi için çeşitli strüktürel öğelerden faydalanılmıştır. Yapı genelinde 1950 ton çelik kompozit döşemede, 2100 ton çelik strüktürel olarak kullanılmıştır. Ayrıca 7.300 m^2 cam, 13.100 m^3 beton yapı elemanı kullanılmıştır.



Şekil 4.14 Parlamento Binası yapım aşaması (Blackmon, 2005)

$\varnothing 508 \text{ mm}$ çapındaki çelik kolonların seçimde sadeliği, uygulanabilirliği ve sisteme olan katkısı etkili olmuştur. Yapının tamamında 14 adet kullanılan bu çelik kolonlar tüm katlardaki döşeme kirişlerini ve eğrisel cephe kirişlerini birbirine bağlamaktadır. Döşeme açıklığı maksimumda 45 metreye ulaşmaktadır. 675 mm yüksekliğindeki I-Profil kirişlerden oluşan döşeme strüktürü 175 mm kalınlığındaki betonarme kompozit döşemeyi taşıırken kolonlar ile döşemeyi bir arada tutmaktadır.

Yapının eğrisel kabuğunu oluşturan yatay çelik boru kirişler Ø323.9x12.5 mm boyutlarındadır. Bu kirişler eğrisel çelik kolonlarla birleşerek yapının strüktürünü tamamlamaktadır. Yapının cephesi cam cephe panelleri ile örtülmüştür. Yapı strüktürüne T profiller ile bağlanan cephe panelleri atriumu saran kısımdaki açıklıklarda ise Ø 323.9 mm çapında çelik borular ile taşınmaktadır (Detail, 2002).



Şekil 4.15 Parlamento Binası sistem detayı-1 (Merkel, 2003)

Yapının çatı ve cephe sistemi 180x75x12 mm T-profil ile ana strüktüre kaynak ile bağlanmaktadır. Çatı sisteminde 40x183x0.88 mm çelik trapez kullanılırken cephede ise alüminyum kasalı çift katmanlı cam cephe panelleri kullanılmıştır.

Atriumu saran spiral sirkülasyon rampası 1500 mm genişliğinde 400 mm yüksekliğinde sürekli kutu kesitli çelik kirişten oluşturulmuştur. Bu çelik kutu kirişin üzerinde ise 100 mm kalınlığında beton yürüyüş yolu oturmaktadır. Bu iki katman arasında dinamik etkileri azalmak amacıyla yalıtım membranı serilmiştir. Kıvrımlı bir şekilde meclis salonunu saran rampa ulaşımı sağlarken aynı zamanda da salonun akustik dengesini sağlamaktadır (Merkel, 2003).



Şekil 4.16 Parlamento Binası spiral rampa (Merkel, 2003)

Tüm strüktürel parçalar ve detaylar mümkün olduğunca standartlaştırılmıştır. Bu da hem uygulamada kolaylık sağlarken hem de yapım süresine olumlu yönde katkı sağlamıştır. Standart makara düğüm noktaları strüktürel kiriş ve kolonların istenilen açılarda birleşmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 4.17 Parlamento Binası yapım aşaması (London.gov.uk)

Çelik ve cam yapı malzemelerinin mükemmel uyumu sonucu farklı mimarisi ile ön plana çıkan parlamento binası sadece biçimsel farklılığı ile değil aynı zamanda enerji etkinliği ile de ön plana çıkmaktadır. Yapının küresel ve kademeli formu ısı kaybını ve kazanımını dengelemekte, yapı kabuğunda kullanılan cam kabuk ile doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanılmakta ve kullanılan doğal havalandırma ve iklimlendirme sistemleri ile de yapının enerji giderleri azaltılmaktadır.

4.3 Swiss Re Binası – Londra, İngiltere

Tablo 4.3 Swiss Re Binası proje bilgileri

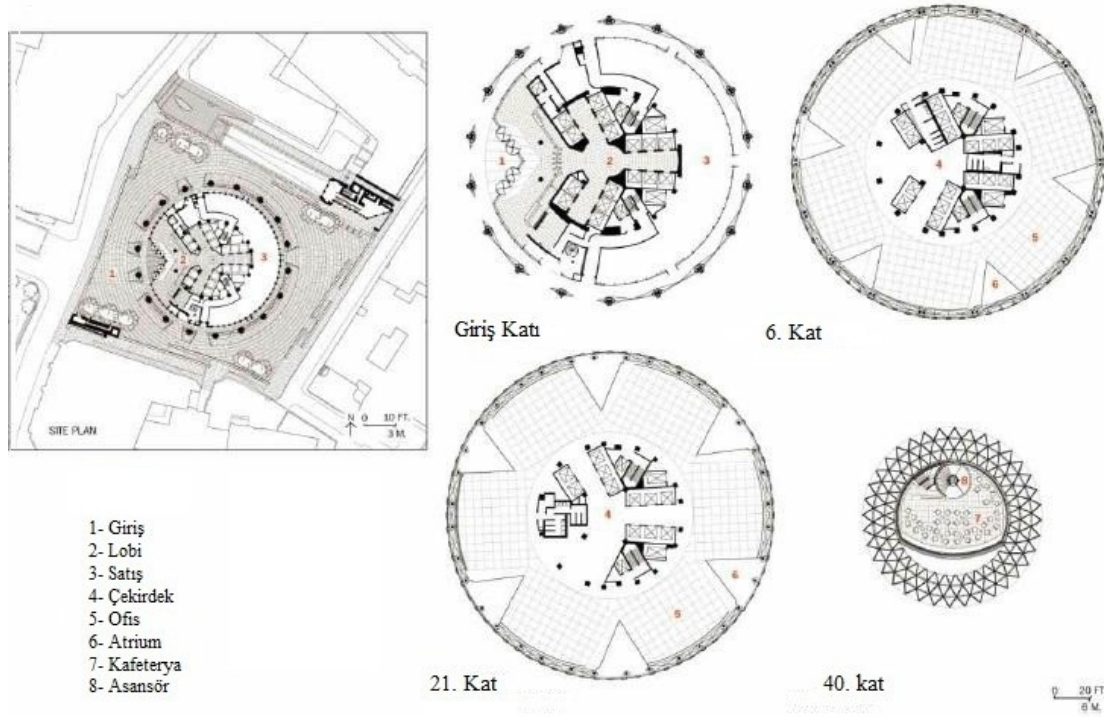
Mimar	Norman Foster & Partners
Kullanım Amacı	Ofis Binası
Yapım Yılı	2001-2003
Alan	47.950 m ²
Maliyet	138.000.000 €
Taşıyıcı Sistem	Çelik
Anahtar Kelime	Doğal Havalandırma, Çift Cephe Sistemi, Enerji Etkinliği



Şekil 4.18 Swiss Re Binası genel görünüm (Foster + Partners)

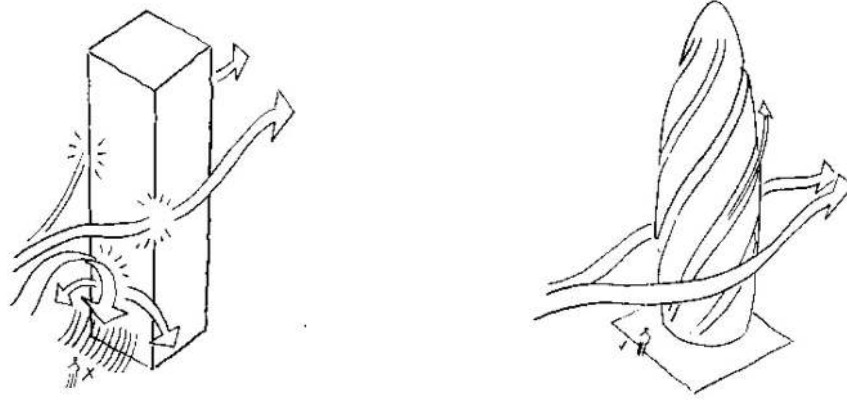
Londra'nın en yüksek binası olma unvanına sahip Swiss Re Genel Müdürlüğü, dünyanın önde gelen sigorta şirketlerinden biri olan Swiss Re Insurance'ın genel merkezidir. 2001 de yapımına başlanan bina 2004 yılında kullanıma açılmıştır. Mimari, teknolojik ve sosyal açılardan radikal bir yaklaşımla tasarlanan yapıda, kullanıcılar ve ziyaretçiler için sağlıklı ve konforlu mekanlar oluşturmanın yanı sıra, kaynak ve enerji etkinliği ön plana çıkmaktadır. Norman Foster çevre dokusuna ve mevcut yapılaşmaya duyarlı bir yaklaşımla, mikro iklimsel özelliklere en az etki edecek bir form ortaya koymuştur. Doğal havalandırma ve aydınlatma, sürdürülebilirlik kapsamında yapının dikkat çekici özelliklerindendir.

180 metre yüksekliğinde ve 41 kattan oluşan yapı 76.400 m² alana sahiptir. Yapıya etkiyen rüzgar yüklerini azaltmak amacıyla tasarlanan eğrisel form dışta çelik kafesli bir tüp ve merkezde kafesli bir çekirdek tarafından taşınmaktadır. Çift kabuk cephe sistemi çelik taşıyıcı sistemi dıştan örterek hava koşullarına karşı yapıyı korumaktadır. Burada dış katman contalı, üçgen ve eşkenar dörtgen formda, çift camlı panellerden; iç katman kat yüksekliğinde, tek camlı ve sadece bakım onarım amacıyla açılan yatay sürme kapılardan oluşmaktadır.



Şekil 4.19 Swiss Re Binası vaziyet ve kat planları (Constructalia.com)

Rüzgar basıncını azaltarak strüktürel sisteme daha az yük gelmesini sağlayan form, aynı zamanda cephedeki ısı kayıplarını da en aza indirmektedir. Binanın % 40'ı doğal olarak havalandırılmaktadır. Doğal hava dış katmandaki yatay yarıklardan ara boşluğa alınmakta, burada konumlandırılarak gerektiğinde asma tavanlardan iç mekana verilebilmektedir. Bina enerji korunumu sayesinde %50 tasarruf sağlamaktadır.



Şekil 4.20 Swiss Re Binası yapı formu-rüzgar ilişkisi (Constructalia, The Steel Construction Website)

Yapının dairesel planı zeminde 50 m, en geniş noktada 57 m ve en üst katta 25 m çapındadır. Kat planları 5° döndürülerek üst üste konulmaktadır. Böylece her katta düzenlenen 6 adet boşluk, bina boyunca spiral formlu atriumları oluşturmaktadır. Bu atriumlar yaz aylarında bina içindeki sıcak havayı baca etkisiyle yukarı yönlendirerek dışarı atmakta, kış aylarında ise sera etkisi oluşturarak ısıtma yükünü azaltmaktadır. Bunların yanı sıra çalışma mekanlarına doğal ışık sağlama açısından da önemli katkısı bulunmaktadır. Asansör tuvalet ve servis birimleri merkezi konumda merkezde toplanmıştır. En üst katta 360° 'lik açıyla şehir manzarası görebilen bir kafeterya bulunmaktadır.



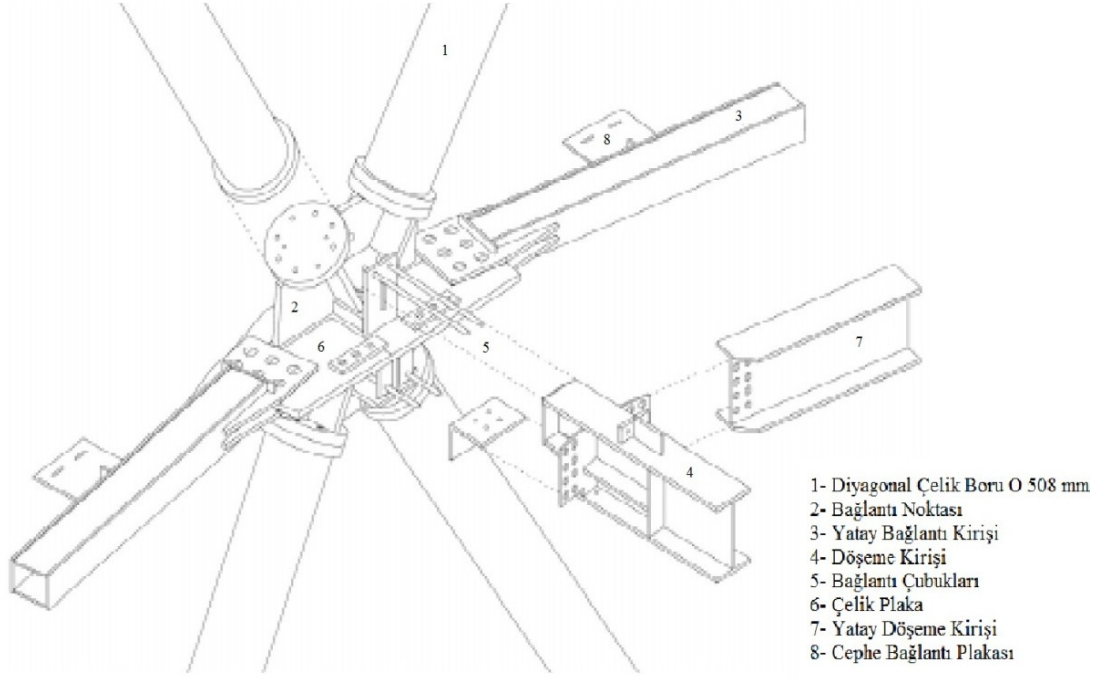
Şekil 4.21 Swiss Re Binası atrium yapım aşaması (Constructalia.com)

Bina cephesindeki diyagonal çelik boru gövdeler ve yatay bağlantılar birbirini tamamlayan düzenli bir çerçeve oluşturmaktadır. Bu çerçeveler iki kat boyunca uzanırken her bir çerçevenin yüksekliği 9 m dir. Diyagonal çelik borular $\varnothing$ 508 mm olup et kalınlıkları 32 mm ile 40 mm arasında değişmektedir. Bunları bağlayan yatay bağlantı kirişlerinde ise 300x250 mm kutu profiller kullanılmıştır. Döşeme kirişleri 14 m açıklık geçerek çekirdek ile bina kabuğunu birbirine bağlamaktadır. Düğüm noktalarından putrel plakalar ile dış çerçeveye bağlanan bu kirişler I kesitli olup 540x300 mm boyutlarındadır (Detail, 2003).

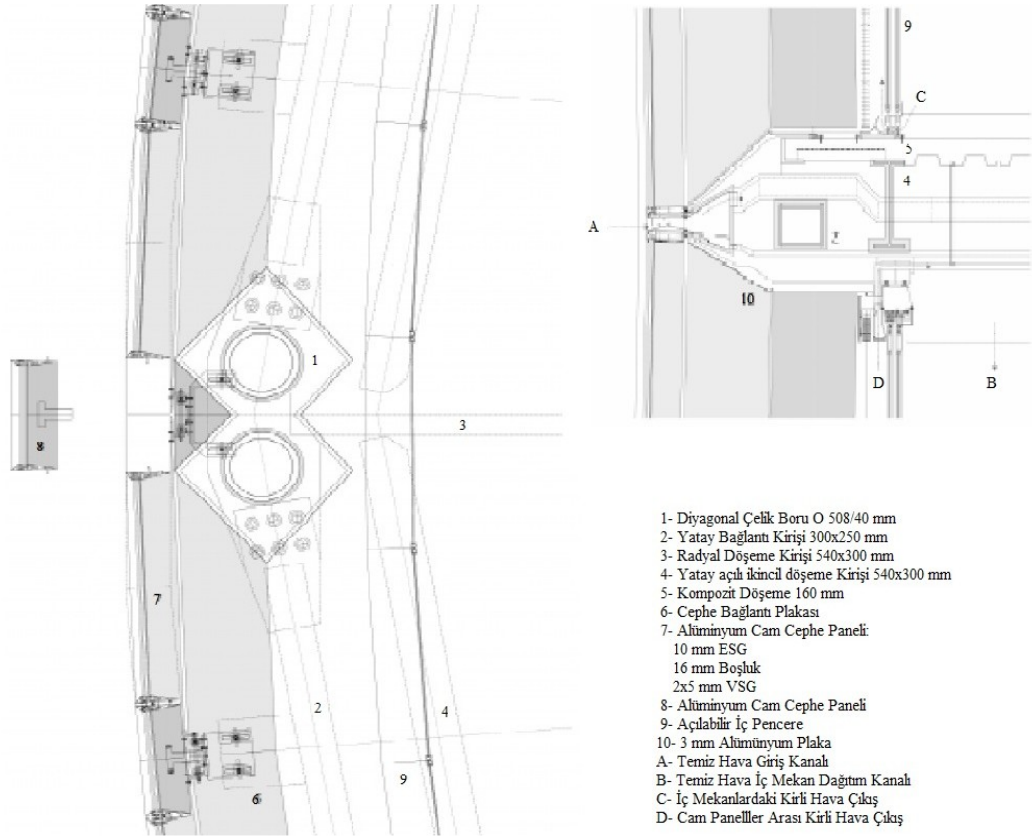


Şekil 4.22 Swiss Re Binası çelik dış çerçeve yapım aşaması (Constructalia.com)

Diyagonal çelik borular plan düzleminde 10^0 açısı ile konulurken iki döşeme aralığı maksimumda 4.5 m ye ulaşmaktadır. Döşeme de kompozit betonarme döşeme kullanılarak rüzgar yükü dengelenmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.23 Swiss Re Binası sistem detayı-1 (Constructalia.com)



Şekil 4.24 Swiss Re Binası sistem detayı-2 (Constructalia.com)



Şekil 4.25 Swiss Re Binası atrium genel görünüm (Foster + Partners)

Binanın tüm yüzeyi cam ile kaplı olup yaklaşık olarak 24.000 m² alana sahiptir. Bu cam kabuğu ulaştırabilmek için yaklaşık olarak 5.500 adet üçgensel ve baklava biçiminde cam paneller kullanılmıştır. Bu cam çerçeve binanın tepe noktasında kendi kendini taşıyan kubbe ile sonlanmaktadır. Bu kubbe kaynak ile birleştirilmiş 110 x 150 mm boyutlarında içi boş kutu profillerden oluşturulmuştur. 360 bağlantı noktasından oluşan çelik çerçeve gövde için 2500 ton çelik kullanılırken bina strüktüründe toplamda 10.500 ton yapısal çelik kullanılmıştır. Çelik elemanlar fabrika ortamında modüler olarak üretilirken montajları yerinde yapılmıştır.



Şekil 4.26 Swiss re merkez binası çatı kubbesi (Foster + Partners)

4.4 Kaliforniya Bilim Akademisi – Kaliforniya, A.B.D

Tablo 4.4 Kaliforniya Bilim Akademisi proje bilgileri

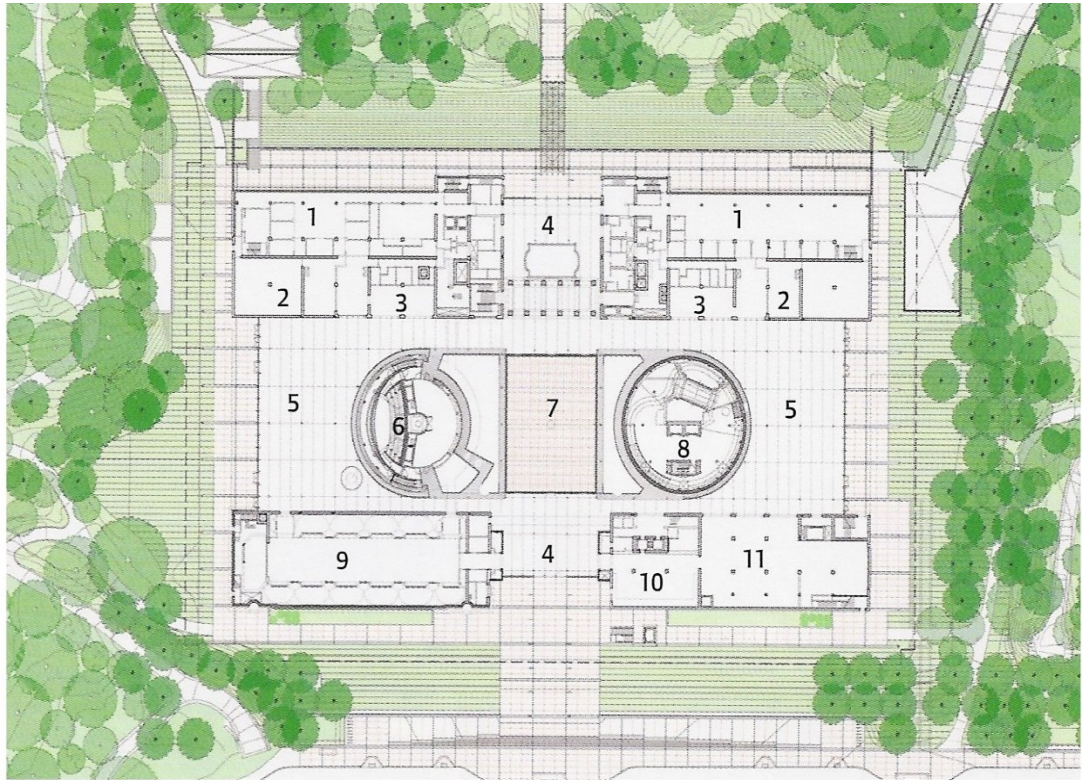
Mimar	Renzo Piano Building Workshop
Kullanım Amacı	Bilim Akademisi / Müze
Yapım Yılı	2005 - 2008
Alan	38.000 m ²
Maliyet	488.000.000 \$
Malzemeler	Çelik + Betonarme
Anahtar Kelime	Yeşil Çatı, Enerji Etkinliği, Malzemenin Etkin Kullanımı



Şekil 4.27 Kaliforniya Bilim Akademisi genel görünüm (AISC, 2009)

San Francisco'daki Kaliforniya Bilim Akademisi bilimsel araştırmalarla deneylerin aynı binada yapıldığı birkaç doğal enstitü arasında yer almaktadır. 1916 – 1991 yılları arasında inşa edilen 11 eski bina yıkılarak yeniden inşa edilen Bilim Akademisi, sergileme, eğitim, koruma ve araştırma fonksiyonlarını sürdürülebilir tasarım kriterlerine uygun olarak tek çatı altında toplamayı başarmıştır.

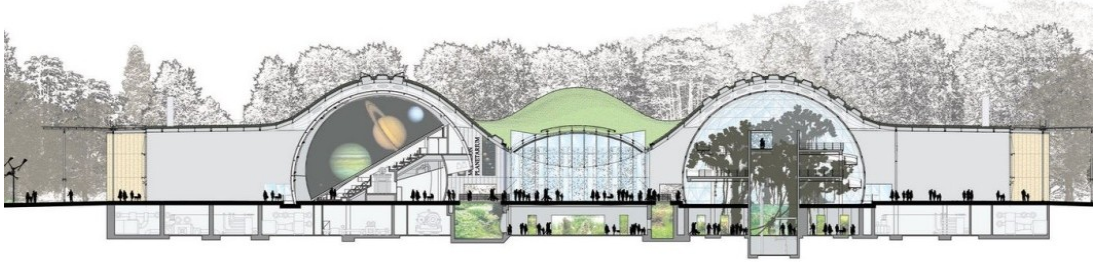
Yeni akademi binası doğu-batı yönünde 152 m, kuzey-güney yönünde 91 m' lik bir alana otururken eski bina ile aynı konumda bulunmaktadır. Ayrıca eski akademi binası gibi yeni akademi binasında da tüm birimler gündüzleri kafeterya ve dinlenme alanı olarak kullanılan geceleri ise konser ve akşam yemeklerinin düzenlendiği kısmen cam bir çatıyla kaplı “Piazza” denilen bir mekan çevresinde konumlandırılmıştır.



- | | | | | | |
|--------------|---------------------|----------------------|------------|------------------------|--------------|
| 1- Araştırma | 2- Koleksiyonlar | 3- Halk Laboratuvarı | 4- Lobi | 5- Sergi Holü | 6- Plenaryum |
| 7-Piazza | 8- Yağmur Ormanları | 9- Afrika Salonu | 10- Mağaze | 11-Oditorum Restouranı | |

Şekil 4.28 Kaliforniya Bilim Akademisi zemin kat planı (Yapı, 2009)

Eski Akademi binasının üç tarihi ögesi (Afrika Salonu, Kuzey Amerika Salonu ve Steinhart Akvaryum Girişi) geçmişi hatırlatmak amacıyla orijinal form ve dokusuna uygun olarak düzenlenmiştir. Piazza' ya bitişik olarak konumlandırılan küre biçimindeki Planetarium Kubbesi, Yağmur Ormanları Biyosferi ile Steinhart Akvaryumu yeniden inşa edilerek Uzay, Dünya ve Okyanus gibi akademinin üç önemli söylemini temsil etmektedir (Yapı, 2009).



Şekil 4.29 Kaliforniya Bilim Akademisi eğrisel çatı kesiti (Archdaily.com, 2008)

Üç sergi mekanının tavanları yükseltilerek engebeli bir çatı yüzeyi oluşturulmuştur. Çatı yüzeyini kaplayan yaklaşık 2500 m² lik yeşil örtüde kuraklığa dayanıklı ve sulama gerektirmeyen bitki türleri kullanılmıştır. Yapının üzerini örten bu yeşil doku yapıyı doğal olarak iklimlendirmekte, yağmur sularını tutarak yapının su etkinliğini arttırmakta ve çevre duvarların ötesine uzanarak gölgelik ve yağmurdan koruyucu cam bir saçak oluşturmaktadır. Cam saçak üzerine yerleştirilen güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten yaklaşık 60.000 fotovoltaik panel yapının enerji ihtiyacını büyük ölçüde karşılanmaktadır. Ayrıca çatı yüzeyi boyunca dağıtılmış çapları 1.1 – 1.4 m arasında değişen konik çatı pencereleri bir yandan sergi alanlarını doğal olarak aydınlatırken bir yandan da otomatik olarak açılarak sergi alanlarının doğal havalandırılmasını sağlamaktadır (Reid, 2009).



Şekil 4.30 Kaliforniya Bilim Akademisi eğrisel çatı genel görünüm (Renzo Piano Building Workshop)

Sergi alanları ve diğer araştırma birimleri yumurta kutusunu andıran çift eğrilikli çatı örtüsü ile bir araya getirilmiştir. Çeliğin yüksek dayanımı ve işlenebilme özelliği sayesinde istenilen formlar daha narin kesitler kullanarak elde edilebilmiştir. Müzenin çatı formu yedi tepe benzeri modül ile şekillendirmiştir.



Şekil 4.31 Kaliforniya Bilim Akademisi eğrisel çatı çelik strüktür (Arup.com)

Bu çift eğrilikli çatı örtüsü I – kesitli eğrisel çelik kirişler ile taşınmakta olup bu kirişler, 14.6 m – 29 m arasında değişen açıklıkları geçmektedir. Eğrisel yüzeylerin kalınlığı 457 mm olup, oldukça narin boru kesitli çelik kolonlar üzerine oturmaktadır. Bu boru kesitli çelik kolonların çapları 305 mm olup dalgalanmadan dolayı uzunlukları 11 m – 12 m arasında değişmektedir (Reid, 2009).

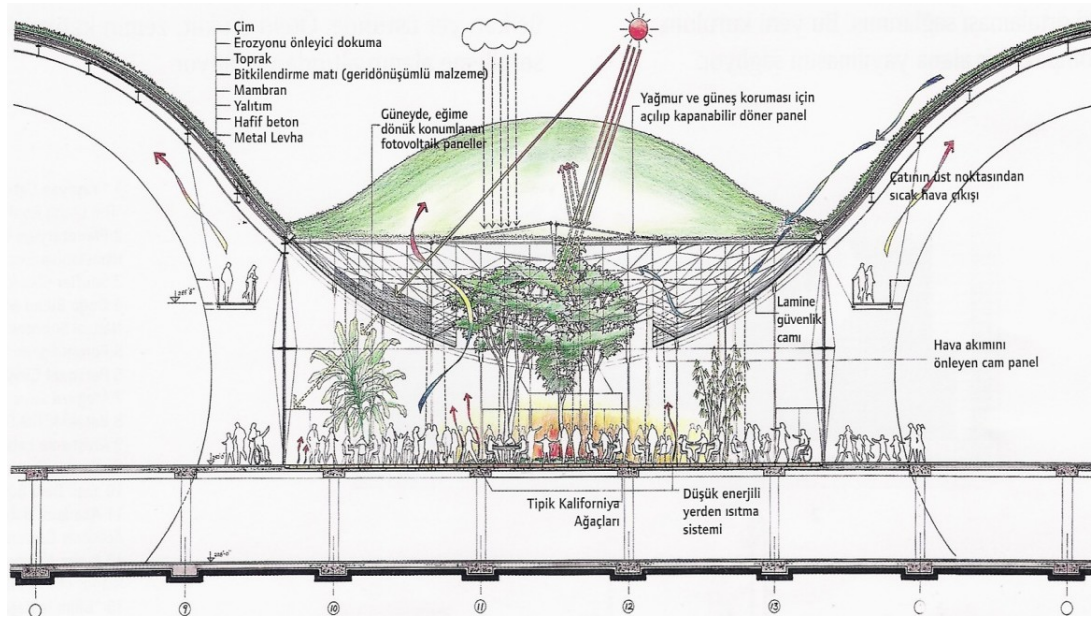
Çelik kirişlerin üzerine metal trapez levha ve onun üzerine 125 mm beton kaplama gelmektedir. Beton çatı örtüsünün üzerine yalıtım koruyucu tabakalar serildikten sonra 152 mm kalınlığında dışarıda parçalar halinde üretilen bitkisel topraklar yerleştirilmektedir (Reid, 2009).



Şekil 4.32 Kaliforniya Bilim Akademisi yağmur ormanları sergi holü (Arup.com)

Yaklaşık olarak 4. 6 m yüksekliği ve 27.4 m çapları ile Plenaryum ve Yağmur Ormanları Sergi Holü karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. 27.4 m Çapındaki Yağmur Ormanları sergi salonu 19 mm kalınlığında ve yaklaşık olarak 2.4 m² alana sahip cam paneller ile örtülüdür. Bu cam paneller paralel ve meridyen biçiminde yerleştirilen 76 mm çapında çelik borular ile taşınmaktadır. Çapraz paslanmaz çelik çubuklar da eğrisel formu yatay yüklere karşı dengelemektedir. Küre içinde spiral şekilde dönen rampa 508 mm çapında boru kesitli çelik kolonlara oturmaktadır.

Sergi mekanları binanın geneli tasarım anlayışına paralel olarak geliştirilmiştir. Zemin katındaki geniş, düz ve yaklaşık 10 m yüksekliğindeki esnek sergi mekanı, cephe ve çatı sayesinde doğal olarak aydınlatılmakta ve havalandırılmaktadır. Bu sergileme alanları binanın kabuğu boyunca devam etmektedir. Beş katlı araştırma, koleksiyon ve idare binasının yalnızca üç katı yer üstünde bulunmaktadır. Diğer iki kat, zemin kattaki ana sergileme alanının altında konumlandırılmıştır. Bilim kütüphanesi en üst katı oluştururken diğer dört katta ise yönetim birimleri bulunmaktadır (Yapı, 2009).



Şekil 4.33 Kaliforniya bilim akademisi eğrisel çatı sistem kesiti (Yapı, 2009)

Plenaryum ile Yağmur Ormanları arasında kalan Piazza 22 m x 30 m genişliğinde olup örümcek ağını andıran çelik kablolarla taşınan cam çatı örtüsü ile örtülüdür. Eğrisel cam çatı örtüsü konkav ve konveks olarak gerilmiş iki çelik ağ katmanından oluşmaktadır. Bu ağ sistemi 1.8 m x 1.8 m aralıklarla gridal düzende birbirine bağlanan paslanmaz çelik kablolar ile oluşturulmuştur. Düşey olarak yerleştirilen paslanmaz çelik çubuklar vasıtası ile de iki ağ katmanını birbirine bağlanmaktadır. Bu çelik ağların taşıdığı cam çatının tam ortasına çatı penceresi bulunmaktadır. Bu pencere ile hem hava sirkülasyonu hem de konser sırasında akustik denge sağlanmaktadır (Reid, 2009).



Şekil 4.34 Kaliforniya Bilim Akademisi çatı saçağı ve çelik kolonlar (Archdaily.com, 2008)

Bina çevresini saran çatı saçağı oldukça narin kesitleri ile herhangi bir görsel rahatsızlık vermeyen çelik kolonlar üzerine oturmaktadır. 7.3 m uzunluğundaki bu çelik kolonların kesitleri 152 mm - 203 mm arasında değişmektedir. Narin yapısına rağmen yüksek dayanımı 12 metreye varan saçak genişliğine izin vermektedir. Bu çatı saçağı yapıyı bir yandan istenmeyen güneş ısınmalarından korurken bir yandan da üzerine yerleştirilen yaklaşık 60.000 fotovoltaiik paneller ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi kazanımını sağlamaktadır (Reid, 2009).

Akademi binasının ana tasarım konseptini oluşturan “Doğal dünyayı keşfet, anlat ve koru” söylemi, projenin sürdürülebilir tasarım ilkelerine bağlılığının en önemli göstergelerinden biridir. Projede, enerji etkin ısıtma, soğutma ve aydınlatma sistemleri, suyun etkin ve yeniden kullanımı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ve geri dönüştürülmüş malzeme seçimleri sürdürülebilirlik kapsamında yer almaktadır.



Şekil 4.35 Kaliforniya Bilim Akademisi eğrisel çatı genel görünüm (Arup.com)

Bu kapsamda yapı genelinde 12.000 ton geri dönüştürülmüş yapısal çelik kullanılmıştır. Eski binanın yıkımı sonrası oluşan atıkların % 90 yeni binanın yapımı sırasında yeniden kullanılmıştır. Isı ve ses yalıtımı amaçlı geri dönüştürülmüş kottan üretilmiş yalıtım ürünleri tercih edilmiştir. Aynı zamanda sürdürülebilirlik, sergi tasarımının ve günlük hareketliliğin de önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Burada insanların sürdürülebilir tasarım ilkelerini yerinde görerek anlamaları amaçlanmıştır.

4.5 Commerzbank Binası – Frankfurt, Almanya

Tablo 4.5 Commerzbank Binası proje bilgileri

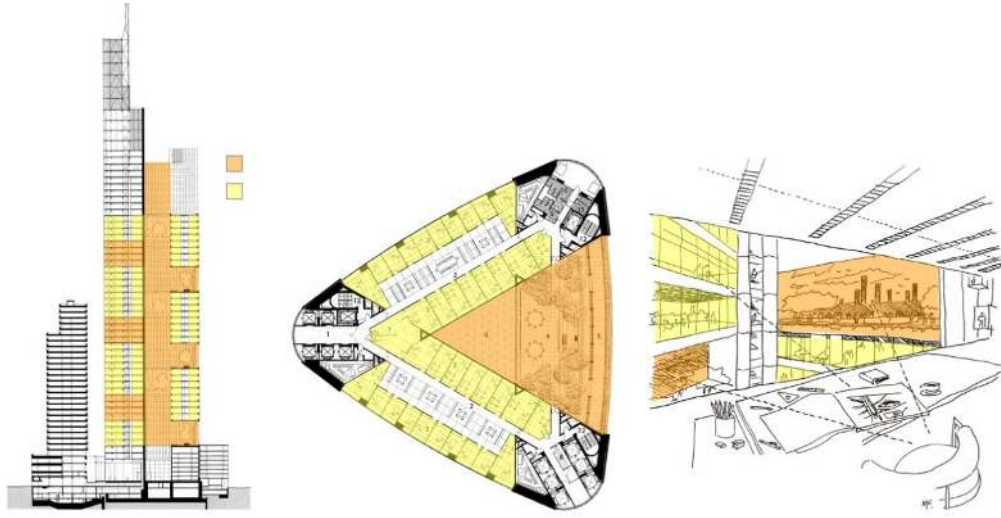
Mimar	Norman Foster & Partners
Kullanım Amacı	Ofis Binası
Yapım Yılı	1991-1997
Alan	120.000 m ²
Maliyet	300.000.000 \$
Taşıyıcı Sistem	Kompozit
Anahtar Kelime	Doğal Havalandırma, Doğal Aydınlatma



Şekil 4.36 Commerzbank Binası genel görünüm (Foster + Partners)

Norman Foster tarafından Frankfurt'ta tasarlanan yapı saydamlık, fonksiyonellik, enerji etkinliği, kullanıcı konforunun sağlanması gibi özelliklerinin yanı sıra çelik strüktür sisteminin getirdiği prefabrikasyon ve esneklik özellikleri bakımından sürdürülebilir çelik yapılar arasında önemli bir yere sahiptir.

56 katlı ve 299 metre yüksekliğinde olan yapı toplamda 120.000 m² inşaat alanına sahip olup, üçgen bir atrium çevresinde toplanmış ofis blokları ara iç bahçelerden oluşmaktadır. Tasarımın başlıca hedefi, alışlagelmiş örneklerden farklı olarak doğal yollarla havalandırılan ve aydınlatılan bir gökdelen ortaya koymaktır. Binanın form ve yapısı da bu amaç sonucu şekillenmiştir. Üçgen planlı yapının ortasında yer alan atrium ve çift kabuk cephe sistemi; çalışma mekanlarında ve ortak mekanlarda doğal havalandırma ve aydınlatma sağlama açısından önemli görev üstlenmektedir. Üçgenin köşelerinde strüktürel kolonların oluşturduğu çekirdekler asansör ve tuvaletler gibi servis elemanlarını barındırmaktadır. Bu sayede üçgenin kanatlarına yerleşen serbest çalışma mekanları cepheden ve atriumdan doğal ışık alabilmektedir (Sev, 2009).



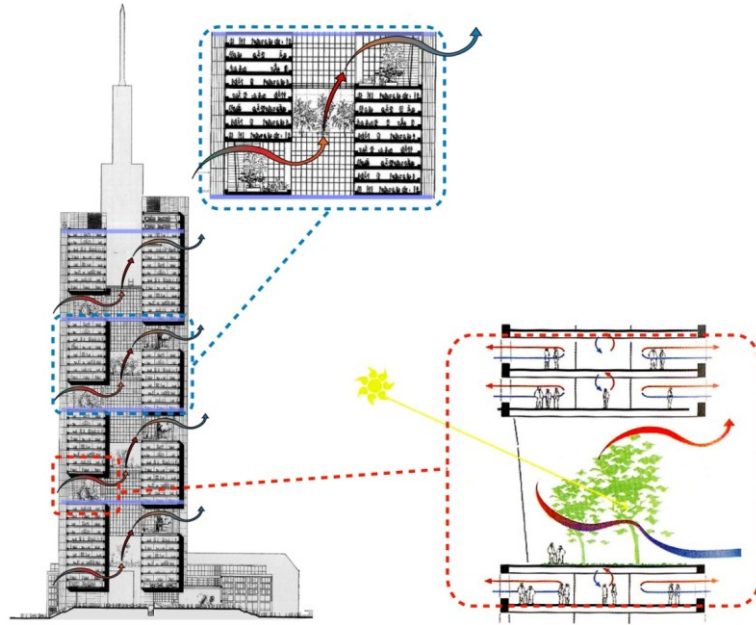
Şekil 4.37 Commerzbank Binası proje tasarım konsepti (Benkert)

Binanın planı üçgen bir atrium etrafında düzenlenen dikdörtgen formlu çalışma alanlarından oluşmaktadır. 15.85 m x 40.0 m ebatlarında olan bu kanatlardan biri dönüşümlü olarak boşaltılarak iç bahçeler oluşturulmuştur. Üçgen plan kenarlarında sekizer katlı ofis gruplarının arasına yer alan ve dört kat yüksekliğinde olan bu iç bahçeler yapıda doğal havalandırma ve aydınlatma etkisini artırmak amacıyla yerleştirilmiştir. Bu iç bahçeler 14 m yüksekliğinde olup, bu iç bahçelerin güneye bakan kısımlarına Akdeniz bitkileri, batıya bakan kısımlarına Kuzey Amerika bitkileri, doğuya bakan kısımlarına da Asya bitkileri dikilmiştir (Sev, 2001).



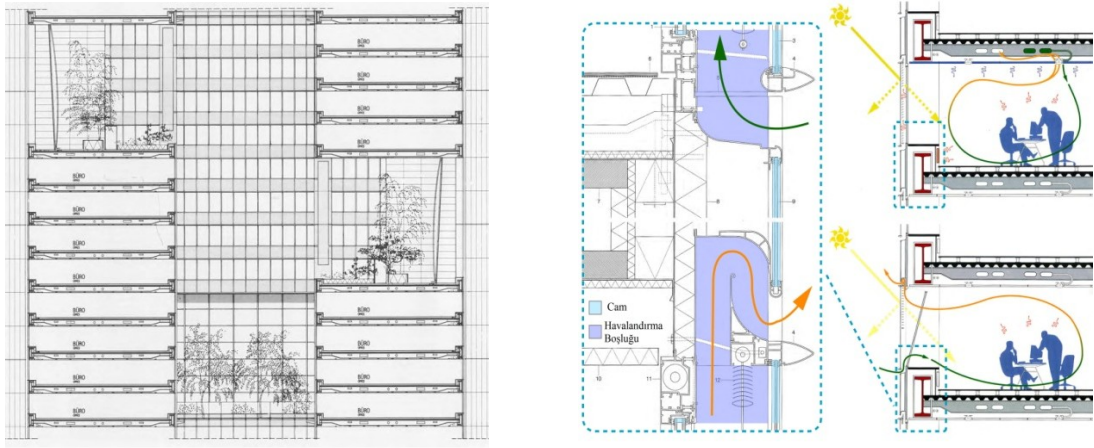
Şekil 4.38 Commerzbank Binası iç bahçe (Benkert)

Sekiz katlı gruplar halinde düzenlenen ofislerin her katında, çift katmanlı olarak tasarlanan cephe sisteminin, dıştaki yüzeyinin altında açılan boşluklardan giren taze hava, mekan içinde dolaşarak, üstteki boşluklardan dışarı atılmaktadır. Bu durum binanın enerji korunumu açısından önem taşımaktadır. Atrium içerisinde baca etkisinin engellenmesi için belli katlarda saydam cam kaplama düzenlenerek hava akımı yönlendirilmiştir. 12 katta bir düzenlenen bu yatay cam bölmeler sıcak havanın dışarı atılmasını sağlamaktadır (Sev, 2009).



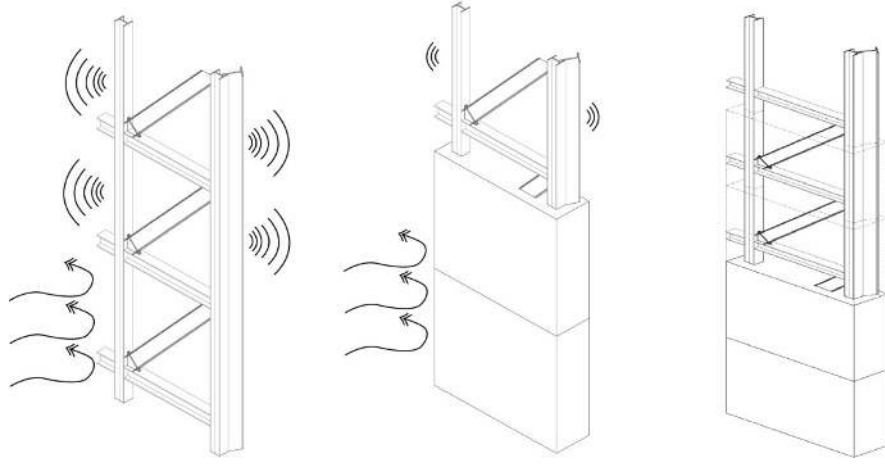
Şekil 4.39 Commerzbank Binası doğal havalandırma şeması (Benkert)

Bina otomasyon sistemi cephedeki açıklıkları kontrol ederek yılın farklı mevsimlerinde farklı hava akımı sağlamaktadır. Ofis katları için tasarlanan çift katlı cephenin dış katmanında, altta ve üste bırakılan boşluklardan giren hava açılabilir pencerelerden iç mekanlara alınmaktadır. Hava koşulları uygun olmadığında dış katmandaki boşluklar bina otomasyonu tarafından tamamen kapatılmaktadır. Yapıda havalandırma soğutma ve nemlendirme optimal biçimde kontrol altına alınabilmekte ve bunların kontrolü kullanıcı tarafından yapılabilmektedir. Binanın ısıtma ve soğutma sistemindeki yıllık enerji tasarrufu benzer ofis yapılarına göre daha az olmaktadır (Enercan, 2004).



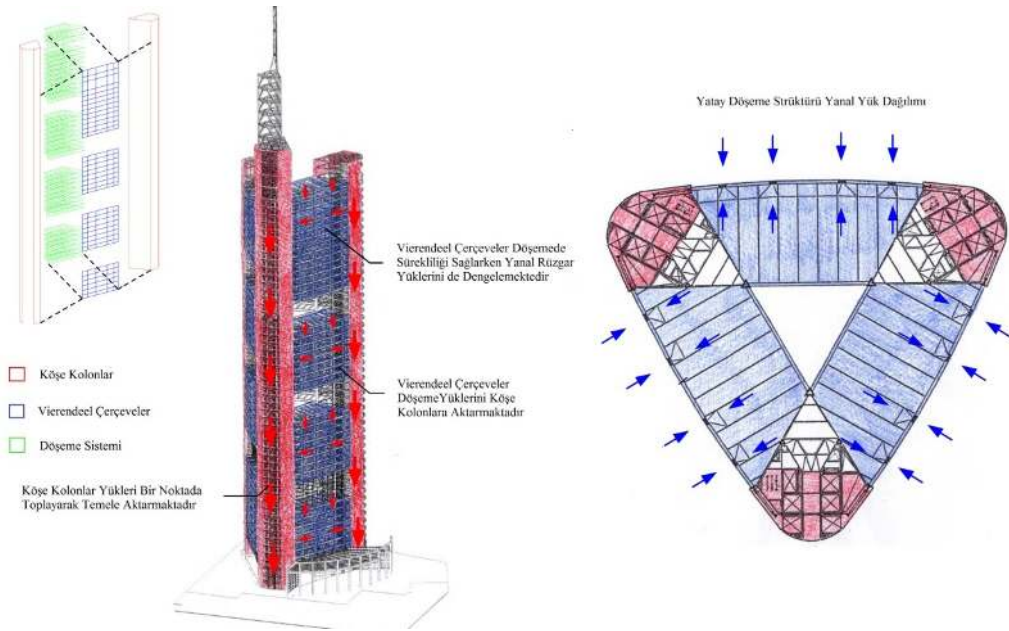
Şekil 4.40 Commerzbank Binası cephe ve doğal havalandırma sistem detayı (Benkert)

Yapı genelinde yaklaşık olarak 18.000 ton strüktürel çelik kullanılmıştır. Aşırı yük alan kiriş ve kolonlarda S460M kalitede çelik kullanılırken diğer yapı elemanlarında S355M kalitede çelik kullanılmıştır. Binanın taşıyıcı sistemi esas olarak 6 adet kompozit kolondan meydana gelmiştir. Yapının köşe noktalarında yer alan bu kolonlar; H-Profillerin makas şeklinde birbirine bağlanması ve güçlendirilmiş beton ile kaplanması ile oluşturulmuştur. Bu düşey taşıyıcılar ikişerli gruplar halinde çekirdeklere yerleştirilerek, sekiz kat 475 x 1100 mm ebatlarındaki Vierendeel kirişleri ve 4 kat yüksekliğindeki iç bahçeleri taşımaktadır. Kompozit kolonların beton ile kaplanması ile olası rüzgar yüklerinin oluşturacağı titreşimler engellenmiştir (Detail, 1997).



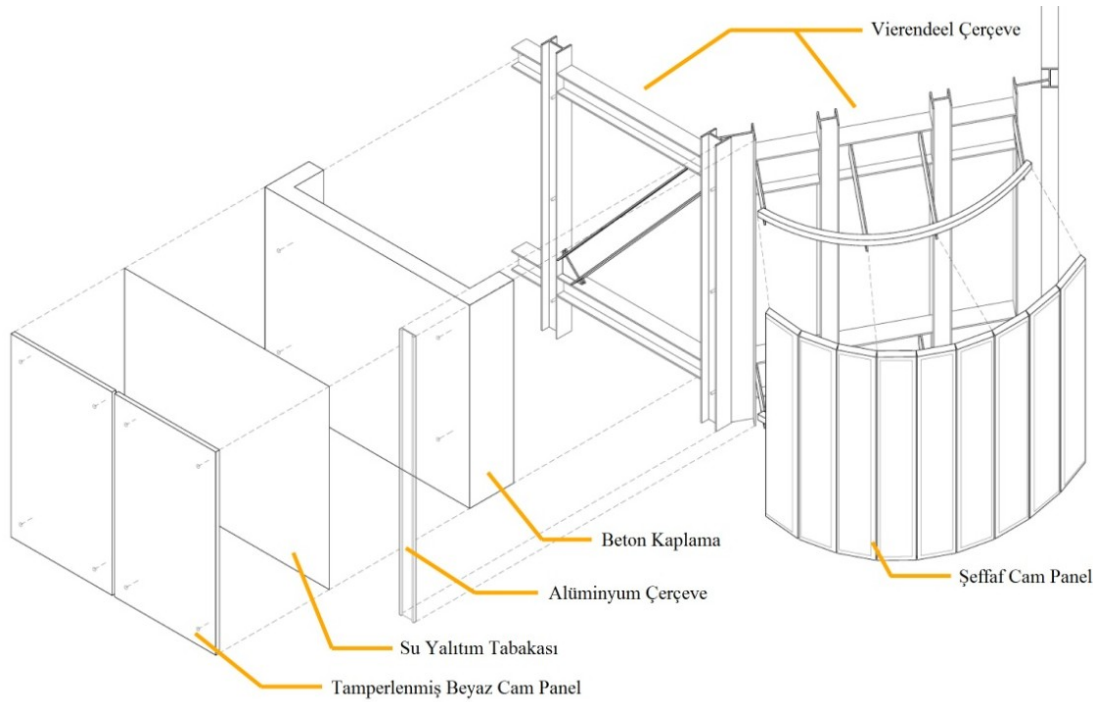
Şekil 4.41 Commerzbank Bina taşıyıcı sistem detayı (Benkert)

Atrium ve cephe arasındaki 16.5 m açıklıklı 210 x 556 mm ebatlarında çelik I-Profil kirişler ile geçilmiştir. Bu kirişler 260 x 260 x 5 mm ebatlarındaki kutu profillerle bağlanmıştır. Oluşan sistemin üzerine çelik trapez levha serilerek betonarme kompozit döşeme sistemi elde edilmiştir. Yapının strüktüründe kullanılan çelik profiller ve vierendeel kirişler ile birbirini tekrar eden ve yapıya daha az yük getiren bir sistem oluşturulması amaçlanmıştır. Bu sistem ile yüzey açıklıkları artırılarak doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanılmıştır (Detail, 1997).



Şekil 4.42 Commerzbank Binası taşıyıcı sistem şeması (Benkert)

Döşemelerdeki çelik kirişler vierendeel çerçevelere bağlanarak yanal yüklere karşı stabilite sağlamaktadır. Vierendeel çerçeveler 8 adet yatay ve 4 adet düşey strüktürel elemandan oluşmaktadır. Bu yatay ve düşey elemanlar birlikte çalışarak yükleri eşit olarak dağıtmakta ve yanal yükleri dengelemektedir. Yatay elemanlar döşeme hizalarına gelerek açık cephe anlayışını sağlamakta ve köşe noktaları desteklemektedir. Düşey elemanlar ise yatay elemanları birbirine bağlayarak çerçeve sistemini tamamlamakta ve vierendeel çerçevenin yanal yüklere karşı stabilitesini arttırmaktadır.



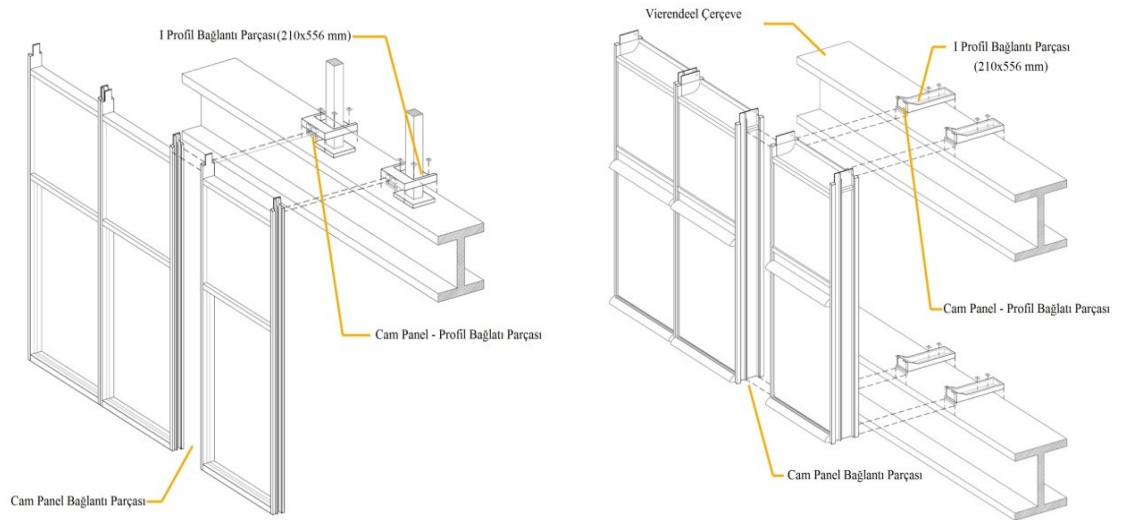
Şekil 4.43 Commerzbank Binası prefabrik konstrüksiyon elemanları (Benkert)

Ana kolonlar ilk etapta yangına karşı dayanımlı boya ile boyanarak güçlendirilmiş beton ile kaplanmaktadır. Beton ile kaplanan ana taşıyıcı sisteme tamperlenmiş beyaz cam panelleri taşıyacak olan alüminyum çerçeve sabitlenmektedir. Cam panel ile beton kaplama arasına da su yalıtımı uygulanmaktadır. İki ana kolon arasında kalan köşede ise çerçeve oluşturularak içinde hava boşluğu olan şeffaf cam yüzey oluşturulmuştur.



Şekil 4.44 Commerzbank Binası çelik strüktür sistemi (Benkert)

Yapının merkezinde bulunan atrium iç köşe noktalardan desteklenen ikincil kirişler ile oluşturulmuştur. Bu atrium 2.5 cm kalınlığında ve köşe uzunlu 1.5 m olan üçgen cam paneller ile örtülüdür. Yapının dış cephe kaplaması ise ofis alanlarında birbirini tekrar eden ve bağlantı parçası ile birbirine bağlanan bağımsız modüllerden oluşmaktadır. Bu paneller ara bağlantı elemanları ile vierendeel kirişlere sabitlenmektedir. İç bahçede tasarlanan cam duvar 101.6 mm çapındaki çelik borular ile taşınmaktadır. Bu çelik borular ana sisteme 100 x 100 x 6.3 mm ebatlarındaki kutu profil ile bağlanmaktadır. (Detail, 1997)



Şekil 4.45 Commerzbank Binası cephe sistem detayları (Benkert)

4.6 Stadttor Binası– Düsseldorf, Almanya

Tablo 4.6 Stadttor Binası proje bilgileri

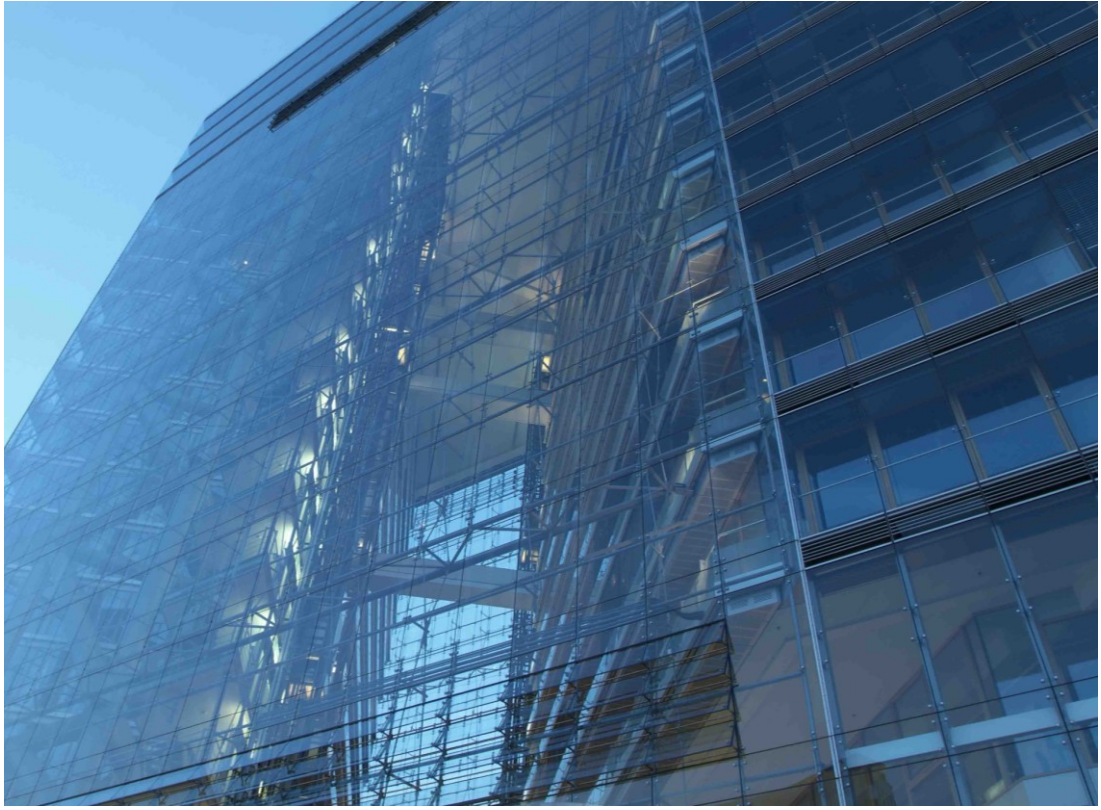
Mimar	Overdiek, Petzinka & Partners
Kullanım Amacı	Ofis Binası
Yapım Yılı	1991-1997
Alan	41.000 m ²
Maliyet	55.000.000 €
Taşıyıcı Sistem	Kompozit
Anahtar Kelime	Doğal Havalandırma, Esneklik, Doğal Aydınlatma



Şekil 4.46 Stadttor Binası genel görünüm (Stadttor.de)

Overdiek, Petzinka ve Ortakları tarafından tasarlanan ve Düsseldorf Kent Kapısı olarak anılan yapı Almanya'nın Ruhr bölgesinde Rhine Embankment Tüneli'nin girişinde yer almaktadır. Yapı paralelkenar bir plan üzerine oturmaktadır. 80 m yüksekliğindeki bu yapı birbirine paralel 16 katlı iki ofis kulesi, bu kuleleri üstte birbirine bağlayan üç katlı ofis bloğu ve iki blok ortasında bulunan 56 m yüksekliğindeki atriumdan oluşmaktadır. Altından otoyol geçen yapı arsasının sınırlayıcı geometrisi, hakim rüzgara yönelme hedefi yapıya alışılmadık bir form kazandırmıştır.

Net kullanım alanı 780 m² olan bu ofis blokları tasarımında esneklik önemli bir faktör olması çelik yapı elemanlarının strüktürel etkinliğinden faydalanmayı gerektirmiştir. Beton dolgulu çelik kolonlar bir kafes sistem oluşturarak kompozit döşemeler ile birbirine bağlanmaktadır. Çeliğin mukavemeti sayesinde geniş açıklıkların geçilebildiği yapıda iç mekanlar farklı amaçlara hizmet edebilecek şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca zemin katta yer alan 1500 m²'lik sosyal mekanlar kullanıcıların günlük yaşantılarını sürdürebilecek kafeterya ve alışveriş birimlerini barındırmaktadır.



Şekil 4.47 Stadttor Binası cam cephe kabuğu (Stadttor.de)

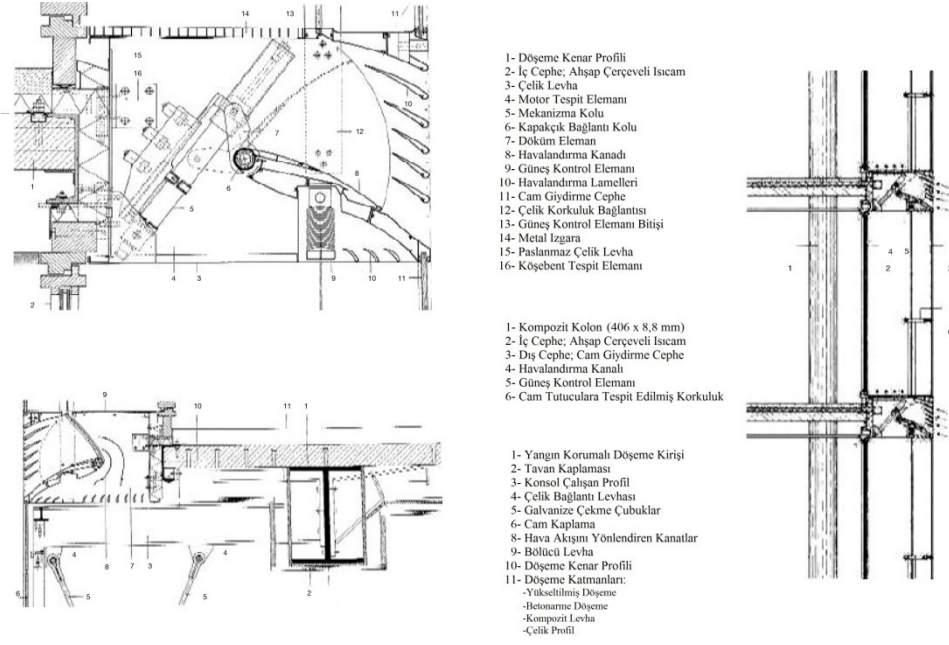
Trafik gürültüsü ve rüzgar etkisine karşı ofis kuleleri yaklaşık 30.000 m² alana sahip çift katmanlı cam bir kabuk ile örtülmüştür. Ofis kuleleri arasında yer alan atrium ise çelik taşıyıcı çubuklar tarafından taşınan temperli cam duvar ile çevrelenmiştir. Yapıyı saran cam kabuk iki katmandan oluşmaktadır. Yapıyı saran dış kabuk 149 x 285 cm boyutlarında ve 12 mm kalınlığında temperli camdan oluşmaktadır. Yapıyı saran iç kabuk ise 150 x 285 cm ahşap çerçeveli

Low-E (Isı kontrol camı) kaplı çift camdan oluşmaktadır. Yapının çift katmanlı bölgelerinde 90 cm – 140 cm arasında değişen ara boşluk bulunmaktadır. Bu ara boşlukta kullanıcılar tarafından kontrol edilebilen, güneş ışığına duyarlı jaluziler ve bina otomasyonu yer almaktadır.



Şekil 4.48 Stadttor Binası çift katmanlı cephe ara boşluğu (Stadttor.de)

Tasarımda önemli bir yeri olan çift katmanlı cephe ve atrium, yapı genelinde doğal havalandırma ve aydınlatma açısından yapının enerji etkinliğini arttırmaktadır. Çift katmanlı cephenin sağladığı doğal havalandırma ile enerji etkin ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemi enerji tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 4.49 Stadttor Binası havalandırma, cephe sistem detayları (Yapı, 2003)

Doğal havalandırmayı sağlamak için kat seviyesinde elektronik kumandalı motorların kontrol ettiği jaluziler bulunmaktadır. Dış kısımdaki havayı istenilen düzeyde ara boşluğa yönlendirebilmek için jaluziler rüzgarın hızına göre açılıp kapanabilmektedir. Çift katmanlı cam cephe ve atrium doğal ışıkla aydınlatılan çalışma mekanlarına yeterli seviyede gün ışığını sağladığı gibi çift katmanlı yüzeylerde bulunan ara boşluk, kış aylarında yansıma kayıplarını en aza indirerek bir tampon bölge oluşturmaktadır.



Şekil 4.50 Stadttor Binası atrium cephe sistem detayı (Stadttor.de)

Yapı genelinde 4.000 ton yapısal çelik kullanılmıştır. Yapının strüktürü kompozit kolonların oluşturduğu kafes sistem ve bunları birbirine bağlayan kompozit döşemeden oluşmaktadır. Kompozit çelik kolonların çapları 40, 55 ve 90 cm arasında değişmektedir. Bu kompozit kolonlar yatayda ve düşeyde bir kafes oluşturarak yapının ana strüktürünü oluşturmaktadır. Kompozit döşeme 15 cm kalınlığında olup, 2.5 m x 4.6 m aralıklarla birbirine bağlanan ikincil çelik kirişler üzerine oturmaktadır. 7.5 x 7.6 m aralıklarla birbirine bağlanan kompozit kirişler ise yüksekliği 180 mm ile 270 mm arasında değişen bu ikincil kirişleri taşımaktadır.



Şekil 4.51 Stadttor Binası çelik taşıyıcı sistem (Stadttor.de)

4.7 Galler Parlamento Binası – Cardif, İngiltere

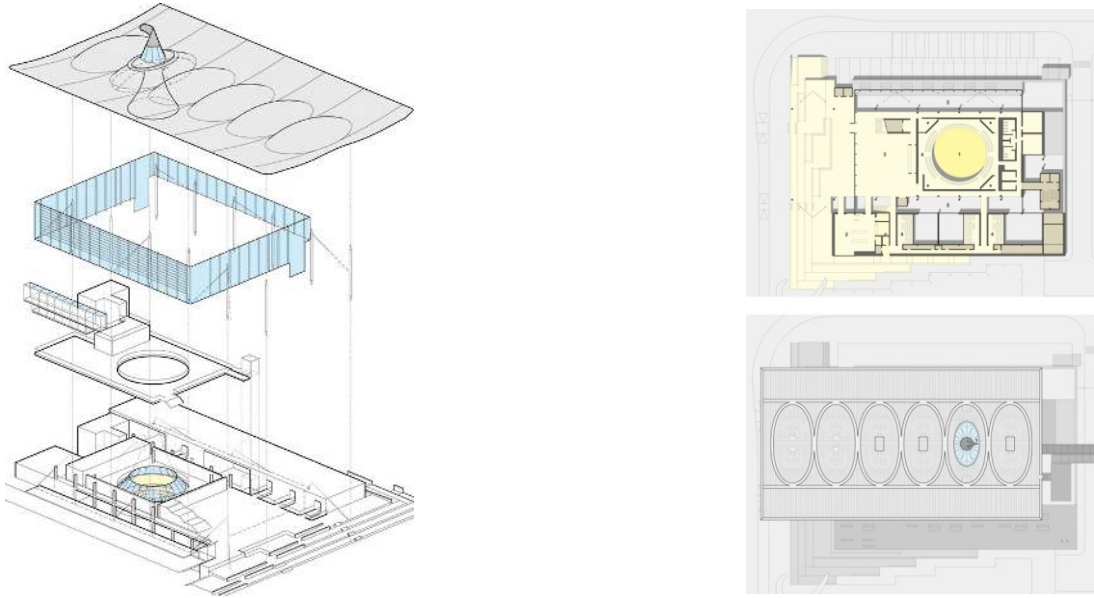
Tablo 4.7 Parlamento Binası proje bilgileri

Mimar	Richard Roger Pertnership
Kullanım Amacı	Parlamento Binası
Yapım Yılı	1998-2005
Alan	4.000 m ²
Maliyet	40.997.000 €
Taşıyıcı Sistem	Çelik + Cam
Anahtar Kelime	Doğal Havalandırma, Doğal Aydınlatma, Esnek Tasarım



Şekil 4.52 Galler Parlamento Binası iç görünüm (Arup.com)

Nisan 1998 de yapılan uluslararası yarışma sonucu Richard Rogers tarafından tasarlanan yapı, 21. yüzyılın çağdaş mimarisini yansıtan fonksiyonel çözümleri, net mekan anlayışı, saydam yapısı gibi özellikleri sonucu jüri tarafından kabul edilmiştir. 4000 m² inşaat alanına sahip yapı, 2005 yılında tamamlanmış olup resmi olarak 2006 yılında hizmete girmiştir. Bristol Nehrinin kıyısında Cardif Bay alanında inşa edilen yapının, gerek kullanıcı gerekse çevresel dokuya duyarlı olması istenmiş ve tasarım bu doğrultuda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.53 Galler Parlamento Binası yapı bileşenleri, kat planları (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Yapı 3 kattan oluşup içerisinde meclis salonu, kafeterya, sergi salonları, üç komite odası, ofisler, medya salonu, dinlenme salonlarını bulundurmaktadır. Ayrıca tasarımı, bina girişinin ulaşılabilir olması, yerel malzeme kullanımına önem verilmesi, doğal olarak havalandırma ve aydınlatma gereksinimlerinin karşılanması ve yaklaşık 120 yıllık kullanım süresinin olması yapının sürdürülebilirlik özelliklerini belirlemektedir.

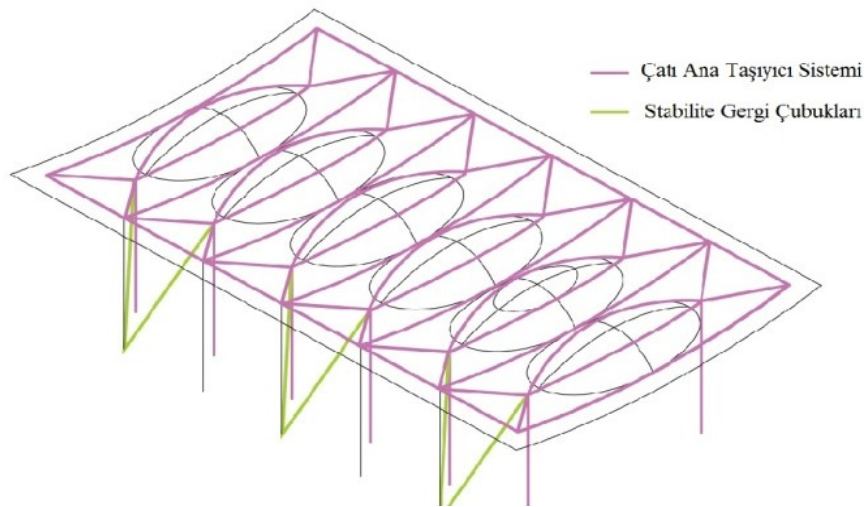


Şekil 4.54 Galler Parlamento Binası meclis salonundan görünüm (Arup.com)



Şekil 4.55 Galler Parlamento Binası giriş cephesi (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Bina içinde havalandırmaya yardımcı sistemler bulunsa da neredeyse tamamı doğal olarak havalandırılmaktadır. Yapıda kullanılan enerji etkin sistemler kadar malzemenin etkin kullanımı da yapının sürdürülebilir olmasına katkı sağlamıştır. İç alanlarda ahşap ve doğal taş kullanılırken yapının taşıyıcı sistemi ve eğrisel çatısı çelik yapı elemanları kullanılarak oluşturulmuştur. Yapının üzerini kapatan eğrisel çatı sadece biçimi olarak değil aynı zamanda işlevi ile de ön plana çıkmaktadır. Yapının çelik strüktürlü eğrisel çatısı yapım sisteminin prefabrik oluşu, ve çeliğin strüktürel etkinliği sayesinde kolayca elde edilebilmiştir. Bu çatı altı modülden meydana gelmekte ve 12 dairesel kesitli çelik kolon tarafından taşınmaktadır. Ayrıca bu kolonlar gergi çubukları ile desteklenerek yanal stabilitesi sağlanmıştır (The Arup Journal, 2006).



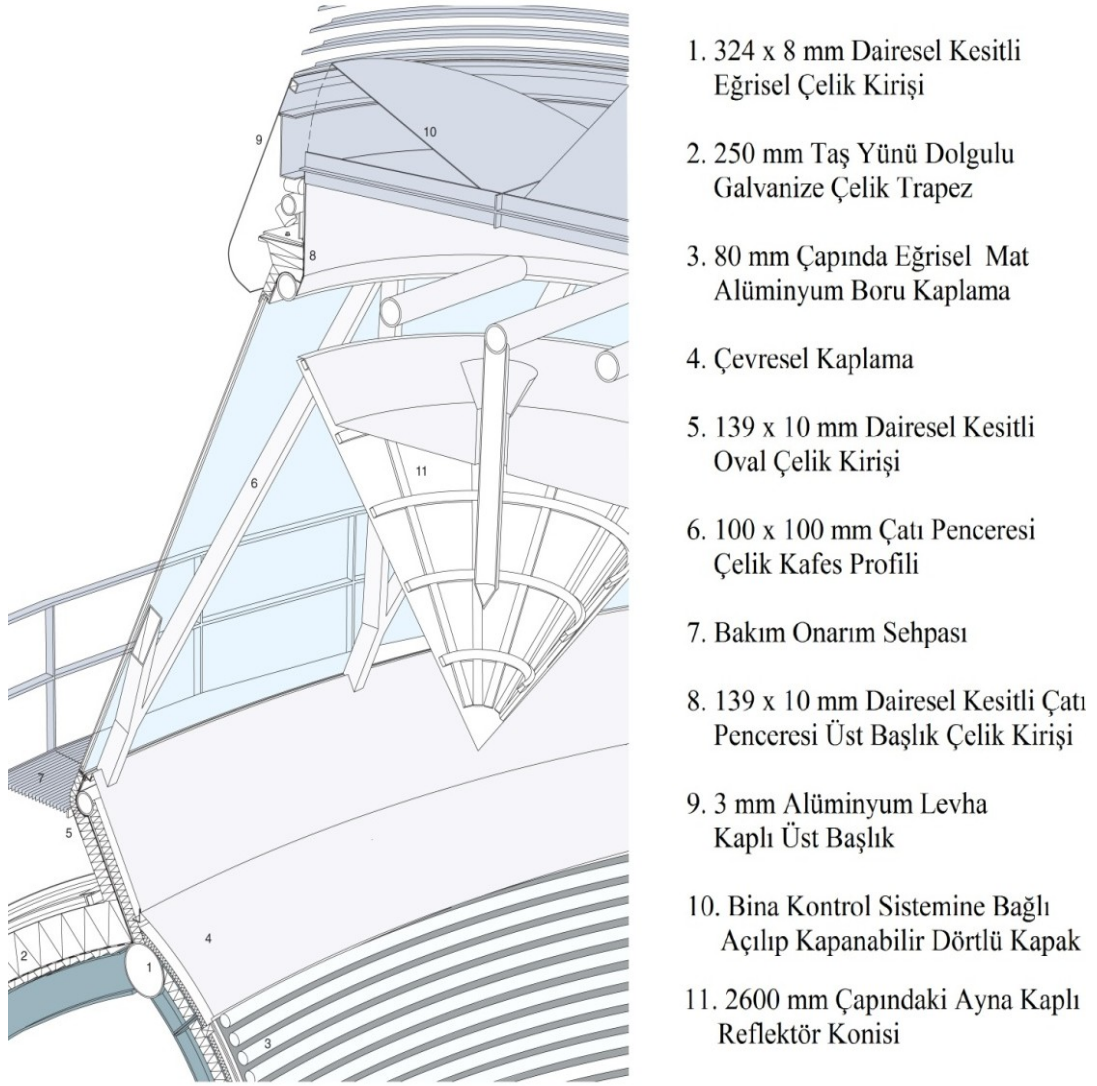
Şekil 4.56 Galler Parlamento Binası taşıyıcı sistem detayı
(The Arup Journal, 2006)

Rugby topu şeklindeki bu her bir modül 41.5 x 12 m boyutlarında olup kemer şeklindeki eğrisel iki çelik kiriş ve bunları destekleyen ikincil çelik kiriş ve gergi çubukları tarafından oluşturulmuştur. Kemer şeklindeki eğrisel kirişlerde 324 mm çapında çelik boru profiller kullanılmıştır. Çatı yüzeyi 250 mm taş yünü dolgulu galvanize çelik çatı örtüsü ile örtüdür (Bizley, 2008).



Şekil 4.57 Galler Parlamento Binası çatı pencersi ve üst başlık (Rogers Stirk Harbour + Partners)

Toplantı salonu üzerinde doğal aydınlatma ve havalandırma amaçlı bırakılan konik çatı penceresi ise alüminyum tepe başlığı ile sonlandırılmıştır. Tepe boşluğundan alınan ışık çelik strüktürlü huni şeklindeki aydınlatma bacası sayesinde toplantı salonunu doğal olarak aydınlatmaktadır. Doğal ışığın direkt olarak gelip rahatsız edici parlaklığını engellemek için koni kesitli bacanın iç yüzeyi 80 mm çapında eğrisel alüminyum borular ile kaplanarak doğal ışığın dağılımı ve yansıması tüm salonda eşit hale getirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu alüminyum kaplamanın altına akustik yalıtımın sağlanması için 100 mm taş yünü yalıtım malzemesi yerleştirilmiştir (Bizley, 2008).



Şekil 4.58 Galler Parlamento Binası çatı penceresi ve aydınlatma baca detayları (Bizley, 2008)

Konik çatı penceresi 100 x 50 mm boyutlarındaki çelik kutu profillerden oluşturulmuş çelik çerçeve ve onun taşıdığı cam panellerden oluşmakta olup üst kısmı oval alt kısmı dairesel halka şeklindeki bacanın üzerine oturmaktadır. Dairesel ve oval çelik kirişlerde 219 mm çapında boru profiller kullanılırken bunlar 254 x 146 mm boyutlarındaki eğrisel I profillerle birbirine bağlanmıştır. Ayrıca çatı penceresinin ortasında ters asılı şekilde duran 2.6 m çapındaki ayna kaplı reflektör koni ışığın bacanın içinde eşit dağılımına yardımcı olmaktadır. Bu reflektör koninin üzerinde bulunan ve merkezi sistemden kontrol edilebilen dörtlü kapaklar istenilen ışık şiddetini ayarlamaktadır (Bizley, 2008).



Şekil 4.59 Galler Parlamento Binası aydınlatma bacası sistem detayı(Rogers Stirk Harbour + Partners)

Binanın tüm cephesi çatı örtüsünden 2.5 m içerisinde yer alan cam paneller ile kaplanarak tüm mekanların doğal ışıktan faydalanması sağlanmıştır. 3 m de bir atılan çelik profiller tarafın taşınan cam cepheler gergi çubukları ile çelik kolonlara sabitlenmektedir. Bu cam paneller içerisinde yer alan çok sayıda açılabilir kanatlar sayesinde yapı doğal olarak havalandırılabilir. Ayrıca kolon aksından 8 m uzayan çatı saçağı tüm binanın çevresini sararak yapıyı aşırı güneş ısınlımlarından korumaktadır (The Arup Journal, 2006).



Şekil 4.60 Galler Parlamento Binası çelik profil çerçeveli cam cephe (The Arup Journal, 2006)

4.8 Reichstag Parlamento Binası – Berlin, Almanya

Tablo 4.8 Reichstag Parlamento Binası proje bilgileri

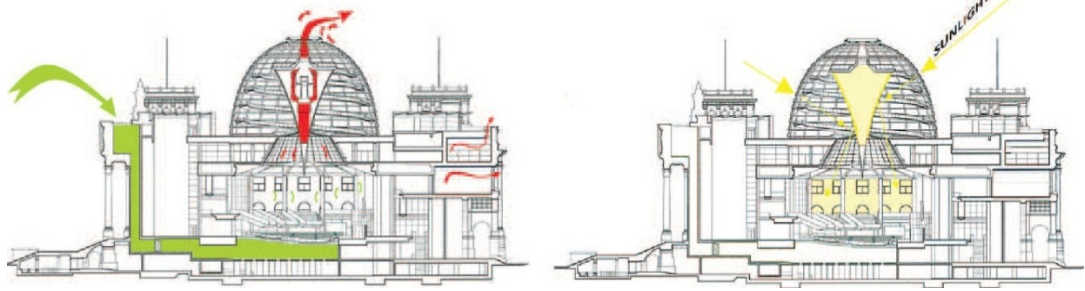
Mimar	Norman Foster & Partners
Kullanım Amacı	Parlamento Binası
Yapım Yılı	1992-1999
Alan	12.200 m ²
Maliyet	600,000,000 DM
Taşıyıcı Sistem	Çelik + Cam
Anahtar Kelime	Doğal Havalandırma, Doğal Aydınlatma, Çevresel Uyum



Şekil 4.61 Reichstag Parlamento Binası genel görünüm (Foster + Partners)

Paul Wallot tarafından tasarlanan ve Almanya'nın Berlin şehrinde inşa edilen yapı günümüze kadar yangın ve savaş gibi birçok yıkıcı etkiye maruz kalmıştır. Soğuk savaş yıllarında kullanılamaz hale gelen bina, Berlin Duvarı'nın yıkılması ile yeniden kent merkezindeki yerini almış, birleşim ve değişim söylemleri ile çeşitli onarımlar geçirmiştir. Son olarak 1992 yılında federal hükümet tarafından açılan uluslar arası bir yarışma projesi sonucu kullanılamaz hale gelen bu yapının yeniden modern

demokrasinin sembolü haline getirilmesi amacıyla tarihi ve toplumsal verileri de koruyarak yeniden yapımına karar verilmiştir. Yarışmayı çelik ve camdan oluşan etkileyici kubbe önerisi ve enerji gereksinimlerini minimuma indiren çözümleri ile Norman Foster kazanmıştır.



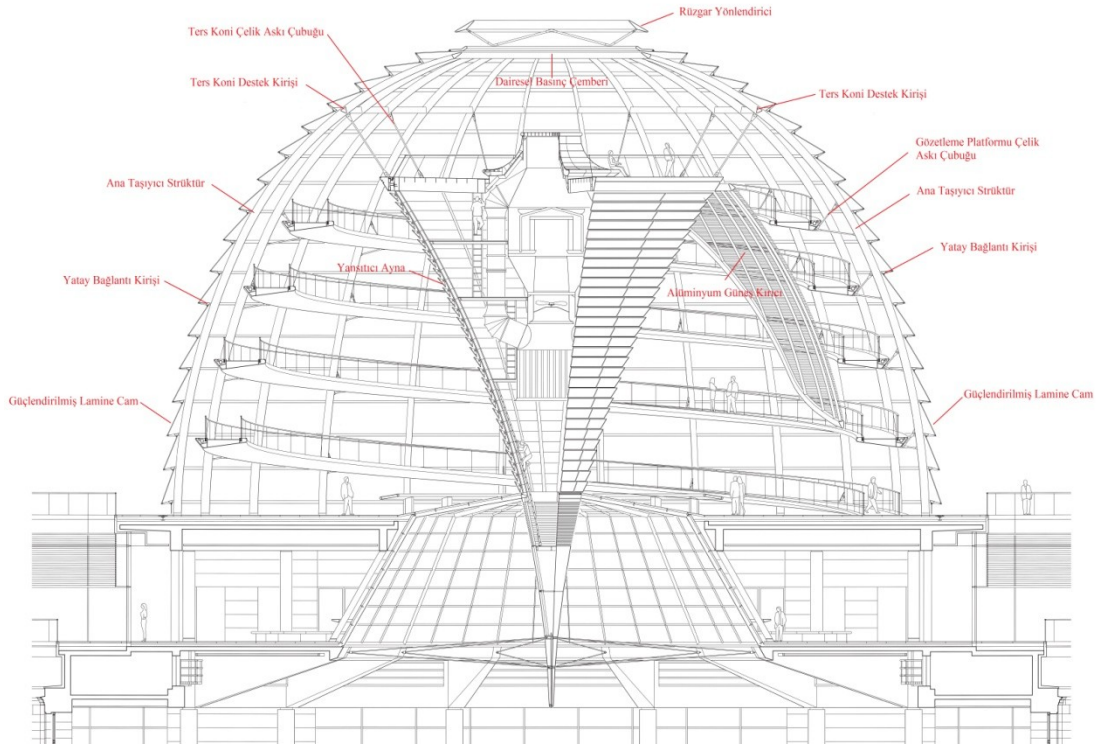
Şekil 4.62 Reichstag Parlamento Binası havalandırma ve aydınlatma prensibi (karinazarzar.com)

Eski yapının ortasında bulunan ve toplantı salonun üzerini örten 38 m çapında ve 23.5 m yüksekliğindeki şeffaf kubbe yapının aydınlatma ve havalandırma gereksinimlerini doğal olarak sağlarken projenin ana konseptini oluşturmaktadır.



Şekil 4.63 Reichstag Parlamento Binası kubbe strüktür sistemi (greatbuildings.com)

Üçgensel 24 ana çelik kirişin tepe noktasında 9 m çapındaki dairesel basınç çemberi etrafında birleşmesi sonucu oluşturulan çelik strüktür yatayda 210 x 100 mm boyutlarındaki 1.7 m aralıklarla yerleştirilen toplamda 17 adet yamuk biçimli çelik kiriş ile bağlanmaktadır. Ana strüktüre 60 mm çapındaki çelik çubuklara asılı 1.6 m genişliğindeki çift sarmal gözetleme platformu ise kubbenin başlangıç noktasından başlayıp 16 m yukarıdaki teras çatıya kadar ulaşmaktadır. Ayrıca bu rampa kubbenin merkezi vurgusunu tamamladığı gibi kubbe içerisindeki akustik dengeyi de sağlamaktadır.



Şekil 4.64 Reichstag Parlamento Binası kubbe sistem kesiti (Constructalia.com)

Kubbenin ortasında üzerinde aynaların bulunduğu ters koni şeklindeki reflektör, 50 mm çapındaki üç çelik çubuğun oluşturduğu 20 mm çelik levha kaplı üçgensel çelik kiriş ile desteklenen bölgeye çelik çubuklar ile asılıdır. Genişliği maksimumda 15 olan bu ters koni kubbeden toplantı salonuna doğru sarmaktadır. Üzerindeki yansıtıcı aynaların bulunduğu bu koni bir yandan gün ışığını toplantı salonuna ulaştırırken bir yandan da baca görevi yaparak toplantı salonu içerisinde birikmiş kirli ve sıcak havanın dışarı atılmasına yardımcı olmaktadır.

Konik strüktür çevresini 12 m yüksekliğindeki 50 mm çapındaki alüminyum boruların oluşturduğu güneş kırıcı sarmakta ve yapıyı istenmeyen güneş ışınlarından yapıyı korumaktadır. 12 m yüksekliğindeki bu hareket edebilen güneş kırıcı ters konik strüktüre 180 x 180 x15 mm boyutlarındaki kutu profil ile bağlanmaktadır.



Şekil 4.65 Reichstag Parlamento Binası kubbe strüktür sistemi (Stahlbau Zentrum Schweiz, 2002)

Kubbenin tüm dış yüzeyi kademeli olarak alüminyum çerçevesi 2 x 12 mm kalınlığında güçlendirilmiş lamine camla kaplı olup 210 x 100 mm boyutlarındaki yamuk biçimli çelik kiriş ile ana strüktüre bağlanmaktadır. Kademeli cam cephe rüzgar yönlendiricisi ile sonlanmaktadır. Kubbenin tepe noktasında bulunan ve merkezi olarak kontrol edilebilen bu rüzgar yönlendiricisi kubbe alanı ve meclis salonunun havalandırılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca yapının çatısı üzerindeki güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten fotovoltaik paneller sayesinde havalandırma ve gölgelendirme elemanları için gereken elektrik enerjisi sağlanmaktadır.

Enerji etkin doğal aydınlatma ve doğal havalandırma sistemlerinin yanı sıra binanın ısıtılması ve soğutulması da minimum kaynak tüketimi ile olmaktadır. Binanın kendi ısıtma merkezi olup burada bio-yakıt kullanılarak karbondioksit salınımı büyük ölçüde düşürülmüştür. Ayrıca yapının altında yer altı gölü bulunmaktadır. Yaz aylarında yer altından gelen serin su ile yapı serinletilmektedir. Kış aylarında ise fazla üretilen elektrik enerjisi ile yer altındaki su sıcaklığı yükseltilerek yapının bu sıcak su ile ısıtılması sağlanmaktadır.



Şekil 4.66 Reichstag Parlamento Binası çelik yapı elemanları (greatbuildings.com)

Yapı genelinde 400 ton yapısal çelik kullanılmıştır. Çelik yapı malzemesinin strüktürel etkinliği, diğer yapı malzemeleri ile sorunsuz birleşimi, prefabrik ve bilgisayar destekli üretime dayanması gibi özellikleri sayesinde kusursuz bir yapı ortaya çıkmıştır.

BÖLÜM BEŞ

ÖRNEKLERİN İRDELENMESİ

Çelik yapı malzemesinin; havaalanları, ofis binaları, müze ve sergi binaları, parlamento binaları gibi kendine özgü yapı formu, geniş kullanım alanı, narin taşıyıcı sistem gerektiren yapılarda, strüktürel etkinliği, dayanıklılığı, geri dönüştürülebilirliği, yeniden kullanılabilirliği, hızlı ve modüler üretime olanak sağlaması gibi özellikleri sürdürülebilir yapıma yönelik tercih edilmesini sağlamıştır.

Çalışmanın bu bölümünde ele alınan yaklaşımların genel değerlendirilmesi yapılmaktadır. İncelenen çelik yapıların sürdürülebilirlik kriterleri çerçevesinde değerlendirilmesine yönelik izlenilen yöntem aşağıdaki temel başlıkları içermektedir;

- Strüktür Sistemi
 - Kolon (Yapı strüktürünü oluşturan düşey taşıyıcı elemanlar)
 - Kiriş (Yapı strüktürünü oluşturan yatay taşıyıcı elemanlar)
 - Döşeme (Yapı strüktürünü oluşturan döşeme sistemi)
- Form ve Kabuk Seçimi
 - Yapı Formu (Sürdürülebilir yapıma yönelik yapı form seçimleri)
 - Çatı Kabuğu (Sürdürülebilir yapıma yönelik çatı kabuk seçimi)
 - Cephe Kabuğu (Sürdürülebilir yapıma yönelik cephe kabuk seçimi)
- Sürdürülebilirlik Stratejileri
 - Enerji Etkinliği (Aydınlatma, Havalandırma ve Isıtma/Soğutma)
 - Malzeme Etkinliği (Geri dönüşebilirlik, modüler üretim ve esneklik)
 - Yerleşim (Mevcut dokuya uyum ve fiziki çevre korunumu)

Dördüncü bölümde incelenen çelik yapıların strüktür sistemleri, form – kabuk seçimi ve sürdürülebilirlik stratejileri çerçevesinde karşılaştırılması Tablo 5.1’de gösterilmektedir.

Tablo 5.1 Çelik yapıların strüktür sistemi, form-kabuk seçimi ve sürdürülebilirlik stratejileri

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇELİK YAPILAR			BARAJAS HAVALİMANI MADRID - İSPANYA	LONDRA PARLAMENTO BİNASI LONDRA - İNGİLTERE	SWISS RE BİNASI LONDRA - İNGİLTERE	KALİFORNİYA BİLİM AKADEMİSİ KALİFORNİYA - A.B.D	COMMERZBANK BİNASI FRANKFURT - ALMANYA	STADTTOR BİNASI DÜSSELDORF - ALMANYA	GALLER PARLAMENTO BİNASI CARDIF - İNGİLTERE	REICHSTAG PARLAMENTO BİNASI BERLİN - ALMANYA
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Açık Profil (I/H/T/L)	-	-	✓	-	✓	-	-	-
		Kapalı Profil (Kutu/Boru)	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓
		Kompozit	-	-	-	-	-	✓	-	-
	Kiriş	Açık Profiller (I/H/T/L)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Kapalı Profiller (Kutu/Boru)	-	✓	✓	-	-	✓	✓	✓
		Kafes Kiriş	-	-	-	-	✓	✓	-	-
	Döşeme	Betonarme	✓	-	-	✓	-	-	✓	-
		Çelik	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓
		Kompozit	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-
FORM ve KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Atrium/İç Bahçe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
		Çatı Penceresi	✓	-	-	✓	-	-	✓	✓
		Eğrisel Cephe Formu	-	✓	✓	-	-	-	-	✓
		Eğrisel Çatı Formu	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓
	Çatı Kabuğu	Alüminyum / Çelik Trapez	✓	✓	-	-	-	-	✓	-
		Cam	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓
		Bitkisel Toprak	-	-	-	✓	-	-	-	-
		Fotovoltaik Panel	-	✓	-	✓	-	-	-	-
		Kompozit	-	-	-	-	✓	✓	-	-
	Cephe Kabuğu	Tek Kabuk Cephe	-	-	-	✓	-	✓	✓	✓
		Çift Kabuk Cephe	✓	✓	✓	-	✓	✓	-	-
		Güneş Kırıcı	✓	✓	-	-	✓	✓	-	✓
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Doğal Aydınlatma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Doğal Havalandırma	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Doğal Isıtma/Soğutma	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
	Malzeme Etkinliği	Geri Dönüştürülmüş Malz.	-	-	-	✓	-	-	-	✓
		Prefabrikasyon/Modüler Ürt.	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓
		Esneklik	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-
	Yerleşim	Mevcut Dokuya Uyum	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		Fiziki Çevre Korunumu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Richard Rogers tarafından tasarlanan Barajas Havalimanı martı kanadını andıran eğrisel çatısı ile ön plana çıkmaktadır. Eğrisel çatıyı taşıyan ana taşıyıcı kolonlar betonarme kolonlar üzerine oturan “V” şeklinde çapı 750-400 mm arasında değişen konik kesitli boru profiller ve “Y” şeklinde çapı 480-240 mm arasında değişen eliptik kesitli boru profillerden oluşturulmuştur. Ana kirişlerde yüksekliği 750-1500 mm arasında değişen I profil, İkincil kirişlerde IPE-500, HEB-500 ve HEB-700, Çatı destek kirişlerinde UPN-100 profiller kullanılmıştır. Yapının cephesi çift kabuk cam ile kaplanmıştır. Eğrisel çatı kabuğu 65/400 cm boyutlarında çift eğrilikli alüminyum çatı kaplaması ile kaplanmıştır. Eğrisel çatının tepe noktalarında 1.5 m çapında, kanyon üzerinde 9 m çapında çatı pencereleri bulunmaktadır. Cam cepheler, kanyon ve eğrisel çatı üzerinde bulunan çatı pencereleri yapıyı doğal olarak aydınlatmaktadır. Yapının güneşe göre konumu, cephelerde Low-E cam kullanımı, cam yüzeylerde kullanılan güneş kırıcılar ve eğrisel çatının dışarı uzayarak saçak oluşturması yapının ısıtılması ve soğutulmasında etkilidir. Yapının eğrisel çatısı ve üzerinde bulunan pencereler ile yapının havalandırılmasında etkilidir.

Norman Foster tarafından tasarlanan Londra Parlamento Binası eşsiz formu, strüktürel etkinliği, doğal havalandırma ve aydınlatma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Yapının ana taşıyıcı kolonları 14 adet 508 mm çapında dairesel kesitli boru profillerden oluşmaktadır. Ana kirişlerde 675 mm yüksekliğinde I profil, eğrisel kabuğu oluşturan kirişlerde 323.9 mm çapında dairesel kesitli boru profil, cephe ve çatı taşıyıcı kirişlerinde 180 x 75 mm T profil kullanılmıştır. Yapının döşeme sisteminde kompozit döşeme kullanılmıştır. Yapının cephesi çift kabuk cam ile kaplanmıştır. Yapının çatısı 40 x 183 x 0.88 mm boyutlarında ısı ve su yalıtımlı trapezoidal kesitli paneller ile örtülüdür. Ayrıca yapının çatı ve çatı saçağında değişen ölçü ve şekillerde 663 fotovoltaiik panel yer almaktadır. Yapının küresel formu ve yapı kabuğunun cam örtü ile sarılı olması ile doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanılmaktadır. Lokal olarak kontrol edilebilen havalandırma sistemi ve atrium yapının havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.

Norman Foster tarafından tasarlanan Swiss Re Binası dikkat çekici formu, katlar arası oluşturulan atriumları, doğal aydınlatma ve havalandırma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Yapının ana taşıyıcı kolonları 508 mm çapında diagonal dairesel kesitli boru profillerin bir kafes oluşturması ile oluşmaktadır. Dış çerçeve yatay bağlantı kirişlerinde 300 x 250 mm kutu profil, döşeme kirişlerinde 540 x 300 mm boyutlarında I profil kullanılmıştır. Yapının döşeme sisteminde kompozit döşeme kullanılmıştır. Yapı cephesi çift kabuk cam ile kaplanmıştır. Yapının çatısı; 110 x 150 mm boyutlarında kutu profillerin oluşturduğu cam kubbeden oluşmaktadır. Yapıyı saran cam kabuk ile yapı doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanmaktadır. Yapının dairesel formu sayesinde güneş ışığından maksimum seviyede faydalanılırken katlar arasında oluşturulan atriumlar sayesinde doğal olarak ısıtılmakta / soğutulmaktadır. Çift kabuk ile örtülü olması ve katlar arası oluşturulan atriumlar yapının doğal olarak havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.

Renzo Piano tarafından tasarlanan Kaliforniya Bilim Akademisi bitkisel örtü ile kaplı eğrisel çatısı ile ön plana çıkmaktadır. Eğrisel çatıyı taşıyan ana taşıyıcı kolonlarda 305 mm çapında dairesel kesitli boru profil ve çatı saçağını taşıyan kolonlarda ise 152 – 203 mm kesitlerinde narin kutu profiller kullanılmıştır. Ana kirişlerde I kesitli profiller kullanılmıştır. Eski yapının özgün taş cephesi korunurken diğer kısımlarda cam elemanlar kullanarak yapı doğal olarak aydınlatılmaya çalışılmıştır. Sergi mekanlarının yükseltilmesi ile oluşturulan engebeli çatının üzeri bitkisel örtü ile kaplıdır. Üzerinde 1.1m ile 1.4 m çapında aydınlatma pencereleri bulunan bu eğrisel çatı bina dışına uzayarak gölgelik görevi görmektedir. Ayrıca bu saçak üzerinde yaklaşık 60.000 fotovoltaiik panel yer almaktadır. Eğrisel çatı üzerinde bulunan çatı pencereleri gerekli olan doğal ışığı yapı içerisine almaktadır. Eğrisel çatının oluşturduğu saçak ile istenmeyen güneş ısınlımlarından korunurken üzerini örten toprak örtü ile doğal olarak ısıtılmakta / soğutulmaktadır. Engebeli çatı üzerinde bulunan çatı pencereleri yapıyı doğal olarak havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.

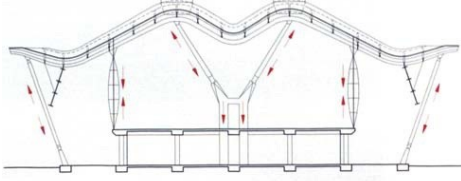
Norman Foster tarafından tasarlanan Commerzbank Binası strüktürel etkinliği, esnekliği, doğal havalandırma ve aydınlatma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Yapının ana taşıyıcı kolonları yapının köşe noktalarında yer alan, toplamda 6 adet H profilin ikişerli gruplar halinde makas şeklinde bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Ana kirişlerde; 474 x 1100 mm ebatlarındaki kirişlerin sekiz kat boyunca bir araya gelerek oluşturdukları vierendeel kafesler, döşeme kirişlerinde 556 mm yüksekliğinde I profiller, ikincil kirişlerde 260 x 260 mm ebatlarında kutu profiller kullanılmıştır. Yapının döşeme sisteminde kompozit döşeme kullanılmıştır. Yapının cephesi çift kabuk cam ile kaplanmıştır. Yapının merkezinde bulunan atrium çatı seviyesine kadar çıkarak doğal ışığın iç mekanlara ulaşmasını sağlamaktadır. Yapının merkezinde bulunan atrium, vierendeel kafesler sayesinde oluşturulan geniş cam yüzeyler yapının doğal olarak aydınlatılmasında yardımcı olmaktadır. Atrium, iç bahçeler ve çift kabuklu cephe sistemi yapının doğal olarak ısıtılmasına / soğutulmasına yardımcı olmaktadır. Atrium ve sekiz katta bir düzenlenen iç bahçeler ve cephe katmanları arasındaki havalandırma boşlukları yapının doğal olarak havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.

Overdiek ve Petzinka tarafından tasarlanan Stadttor Binası strüktürel etkinliği, doğal havalandırma ve aydınlatma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Yapının ana taşıyıcı kolonları 40, 55 ve 90 cm arasında değişen çaplarda dairesel kesitli kompozit kolonlardan oluşmaktadır. Bu kolonlar yatayda ve düşeyde birbirine bağlanarak bir taşıyıcı kafes oluşturmaktadır. Döşeme kirişlerinde yüksekliği 180 mm ile 270 mm arasında değişen çelik profiller kullanılmıştır. Yapının döşeme sisteminde kompozit döşeme kullanılmıştır. Yapının ofis cepheleri çift kabuk cam ile kaplanmıştır. İki katman arasında 90 – 140 cm genişliğinde hava koridoru bulunmaktadır. Atriumu örten cephe ise çelik çubuklarca taşınan tek kabuk cam cephe ile kaplanmıştır. Yapıyı boydan boya saran çift ve tek katmanlı cam kabuk ile orta kısımda yer alan atrium yapının doğal olarak aydınlatılmasına yardımcı olmaktadır. Çift kabuk cephe ve otomatik olarak ayarlanabilen güneş ışığına duyarlı jalousiler yapının ısıtılması / soğutulmasına yardımcı olmaktadır. Yapının ortasında bulunan atrium, çift kabuk cephe arasında yer alan hava koridoru ve havalandırma kanalları yapının doğal olarak havalandırılmasını sağlamaktadır.

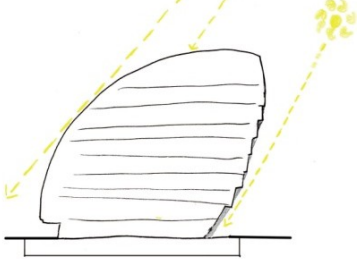
Richard Rogers tarafından tasarlanan Galler Parlamento Binası eğrisel çatısı, konik çatı penceresi, doğal havalandırma ve doğal aydınlatma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Eğrisel çatıyı taşıyan ana taşıyıcı kolonlar dairesel kesitli boru profillerden oluşturulmuştur. Ana kirişlerde; 324 mm çapında dairesel kesitli eğrisel boru profil, ikincil kirişlerde; 254 x 146 mm boyutlarında I profil, konik çatı pencere kirişinde; 219 mm çapında dairesel kesitli boru profil kullanılmıştır. Yapının cephesi çatı saçağının 2.5 m içerisinde yer alan tek katman cam ile kaplanmıştır. Yapının çatısı 250 mm kalınlığında taş yünü dolgulu galvanize çelik çatı örtüsü ile örtülüdür. Toplantı salonun üstünde yer alan konik çatı penceresi alüminyum tepe başlığı ile sonlandırılmıştır. Toplantı salonu üzerinde bulunan konik çatı penceresi ve yapıyı boydan boya saran cam cephe yapının doğal olarak aydınlatılmasının sağlamaktadır. Yapının üzerini örten çatı yapı sınırlarını aşarak yapıya bir saçak oluşturmakta ve yapıyı istenmeyen güneş ısınimlerinden korumaktadır. Toplantı salonu üzerinde bulunan konik çatı penceresi ve cam cephe üzerinde bulunana açılabilir paneller sayesinde yapı doğal olarak havalandırılmaktadır.

Norman Foster tarafından tasarlanan Reichstag Parlamento Binası strüktürel etkinliği, doğal aydınlatma ve havalandırma sistemleri ile ön plana çıkmaktadır. Yapının ana taşıyıcı kolonları 24 adet üçgensel çelik kirişin bir basınç çemberi etrafında birleşmesi ile oluşmuştur. Ana kirişler 210 x 100 mm boyutlarındaki ana taşıyıcılara yatayda 1.7 m aralıklarla bağlanan yamuk biçimli çelik kirişlerden oluşmaktadır. Yapının cephesi kademeli olarak tasarlanmış tek kabuk cam ile kaplanmıştır. Yapının cam kabuk ile örtülü olması ve toplantı salonuna doğru sarkan ters koni ve onun üzerinde yer alan yansıtıcı aynalar yapının doğal olarak aydınlatılmasını sağlamaktadır. Yapı kabuğunun kademeli yapısı ve ters koni üzerindeki hareket edebilen güneş kırıcı yapının istenmeyen güneş ısınimlerinden korumaktadır. Yer altı gölünden sağlanan serin / sıcak su ile binanın ısıtılması / soğutulması sağlanmaktadır. Toplantı salonu üzerinde yer alan ters koni yapının doğal olarak havalandırılmasını sağlamaktadır.

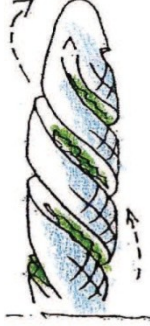
Tablo 5.2 Barajas Havalimanı kimlik kartı

BARAJAS HAVALİMANI – MADRID, İSPANYA			1
Richard Roger Partnership + Estudio Lamela			
			
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Havalimanı	
	Yapım Yılı	1997 - 2005	
	Toplam Alan	1.158.000 m ²	
	Toplam Maliyet	1.238.000.000 Euro	
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcılarda; betonarme kolonlar üzerine oturan ‘V’ şeklinde çapı 750-400 mm arasında değişen konik kesitli boru profiller ve ‘Y’ şeklinde çapı 480-240 mm arasında değişen eliptik kesitli boru profil kullanılmıştır.	
	Kiriş	Ana kirişlerde; yüksekliği 750-1500 mm arasında değişen I profil, İkincil kirişlerde; IPE-500, HEB-500 ve HEB-700, Çatı destek kirişlerinde;UPN-100 profiller kullanılmıştır.	
	Döşeme	Betonarme döşeme kullanılmıştır.	
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Yapı, birbirini tekrar eden taşıyıcı sistem ve bunu üzerini kaplayan martı kanadı biçimindeki eğrisel çatı örtüsünden oluşmaktadır.	
	Çatı Kabuğu	Eğrisel çatı; 65/400 cm boyutlarında çift eğrilikli alüminyum çatı kaplaması ile kaplanmıştır. Eğrisel çatının (martı kanadı) tepe noktalarında 1.5 m çapında, kanyon üzerinde 9 m çapında çatı pencereleri bulunmaktadır.	
	Cephe Kabuğu	Yapının tüm cephelerinde Low-E (12 mm Temperli Cam + 12 mm Boşluk + 12 mm Lamine Güvenlik Camı) cam ile kaplanmıştır.	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Cam cepheler, kanyon ve eğrisel çatı üzerinde bulunan çatı pencereleri yapıyı doğal olarak aydınlatmaktadır. Yapının güneşe göre konumu, cephelerde Low-E cam kullanımı, cam yüzeylerde kullanılan güneş kırıcılar ve eğrisel çatının dışarı uzatarak saçak oluşturmaları yapının ısıtılması ve soğutulmasında etkilidir. Yapının eğrisel çatısı ve üzerinde bulunan pencereler ile yapının havalandırılmasında etkilidir	
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini arttırmıştır.	
	Yerleşim	Yapı; 9000 araç kapasiteli otopark ve iki terminal binasından oluşan havalimanı çevre ve iklimsel koşullara uygun olarak tasarlanmıştır.	

Tablo 5.3 Londra Parlamento Binası kimlik kartı

LONDRA PARLAMENTO BİNASI – LONDRA, İNGİLTERE		2
Norman Foster & Partners		
		
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Parlamento Binası
	Yapım Yılı	1998 - 2002
	Toplam Alan	18.000 m ²
	Toplam Maliyet	43.000.000 Euro
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcılarda; 508 mm çapında dairesel kesitli boru profiller kullanılmıştır.
	Kiriş	Ana kirişlerde; 675 mm yüksekliğinde I profil, eğrisel kabuğu oluşturan kirişlerde; 323.9 mm çapında dairesel kesitli boru profil, cephe ve çatı taşıyıcı kirişlerinde 180 x 75 mm T profil kullanılmıştır.
	Döşeme	Kompozit döşeme kullanılmıştır.
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Yapı küre biçiminde tasarlanmış olup yatay döşemeler birbiri üzerinde belirli bir düzende kademe oluşturmaktadır.
	Çatı Kabuğu	Yapının çatısı 40 x 183 x 0.88 mm boyutlarında ısı ve su yalıtımlı trapezoidal kesitli paneller ile örtülmüştür. Ayrıca yapının çatı ve çatı saçağında değişen ölçü ve şekillerde 663 fotovoltaik panel yer almaktadır.
	Cephe Kabuğu	Yapının ön cam yüzeyinde çift katmanlı (10 mm Temperli Cam + 18 mm Boşluk + 2x8 mm Lamine Güvenlik Camı) cam, ofis cepheleri (10 mm Lamine Güvenlik Camı + 16 mm Boşluk + 6 Float Cam) cam ile kaplanmıştır.
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Yapının küresel formu ve yapı kabuğunun cam örtü ile sarılı olması ile doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanılmaktadır. Yapının küresel ve kademeli formu ısı kaybı ve kazanımını dengelemekte, çelik kirişler içerisinden geçen tesisat ile yapı pasif olarak soğutulmakta/ısıtılmaktadır. Lokal olarak kontrol edilebilen havalandırma sistemi ve atrium yapının havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, serbest form oluşumuna olanak sağlaması, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini artırmıştır.
	Yerleşim	Yapı; Thames Nehri kıyısında kamusal açık alanlarla bütünleşik olarak tasarlanmıştır.

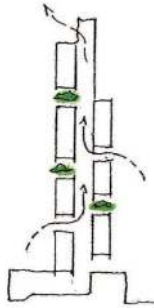
Tablo 5.4 Swiss Re Binası kimlik kartı

SWISS RE MERKEZ BİNASI – LONDRA, İNGİLTERE			3
Norman Foster & Partners			
			
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Ofis Binası	
	Yapım Yılı	2001 - 2003	
	Toplam Alan	47.950 m ²	
	Toplam Maliyet	138.000.000 Euro	
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcılarda; 508 mm çapında diagonal dairesel kesitli boru profil kullanılmıştır.	
	Kiriş	Dış çerçeve yatay bağlantı kirişlerinde; 300 x 250 mm kutu profil, döşeme kirişlerinde; 540 x 300 mm boyutlarında I profil kullanılmıştır.	
	Döşeme	Kompozit döşeme kullanılmıştır.	
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Dairesel planlı yapının kat döşemeleri birbiri üzerinde belirli bir açı ile döndürülerek yapıya aerodinamik bir form kazandırılmıştır. Bu hareket sonucu katlar arasında atriumlar oluşturulmuştur.	
	Çatı Kabuğu	Yapının çatısı; 110 x 150 mm boyutlarında kutu profillerin oluşturduğu cam kubbeden oluşmaktadır.	
	Cephe Kabuğu	Yapı iç ve dışta olmak üzere iki kabuk ile örtülmüştür. Dış kabuk; çift katmanlı (10 mm Temperli Cam + 16 mm Boşluk + 2x5 mm Lamine Güvenlik Camı) cam, iç kabuk tek katmanlı (2x 5 mm Lamine güvenlik Camı) cam ile kaplanmıştır.	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Yapıyı saran cam kabuk ile yapı doğal ışıktan maksimum seviyede faydalanmaktadır. Yapının dairesel formu sayesinde güneş ışığından maksimum seviyede faydalanılırken katlar arasında oluşturulan atriumlar sayesinde doğal olarak ısıtılmakta / soğutulmaktadır. İki kademeli kabuk ile örtülü olması ve katlar arası oluşturulan atriumlar yapının doğal olarak havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.	
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, serbest form oluşumuna olanak sağlaması, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini arttırmıştır.	
	Yerleşim	Yapı; kent merkezinde eski ve yeni kent dokusu içinde radikal bir yaklaşım ile tasarlanmıştır.	

Tablo 5.5 Kaliforniya bilim akademisi kimlik kartı

KALİFORNİYA BİLİM AKADEMİSİ – KALİFORNİYA, A.B.D			4
Renzo Piano Building Workshop			
			
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Bilim Akademisi / Müze	
	Yapım Yılı	2005 - 2008	
	Toplam Alan	38.000 m ²	
	Toplam Maliyet	488.000.000 \$	
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcılarda; 305 mm çapında dairesel kesitli boru profil ve çatı saçağı taşıyıcılarında; kestleri 152 – 203 mm arasında değişen çelik profiller kullanılmıştır.	
	Kiriş	Eğrisel çatıyı oluşturmak için I kesitli profiller kullanılmıştır.	
	Döşeme	Betonarme ve kompozit döşeme kullanılmıştır.	
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Yapı 152 m x 91 m boyutlarında olup dört betonarme bloktan oluşmaktadır. Bu betonarme bloklar üzerinde aydınlatma pencereleri ve fotovoltaiik panellerin bulunduğu bitkisel toprak örtülü eğrisel çatı ile örtülmüştür.	
	Çatı Kabuğu	Sergi mekanlarının yükseltilmesi ile oluşturulan engebeli çatının üzeri bitkisel örtü ile kaplıdır. Üzerinde 1.1m ile 1.4 m çapında aydınlatma pencereleri bulunan bu eğrisel çatı bina dışına uzayarak gölgelik görevi görmektedir. Ayrıca bu saçak üzerinde yaklaşık 60.000 fotovoltaiik panel yer almaktadır.	
	Cephe Kabuğu	Eski yapının özgün taş cephesi korunurken diğer kısımlarda cam elemanlar kullanarak yapı doğal olarak aydınlatılmaya çalışılmıştır.	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Eğrisel çatı üzerinde bulunan çatı pencereleri gerekli olan doğal ışı yapı içerisine almaktadır. Eğrisel çatının oluşturduğu saçak ile istenmeyen güneş ısınlımlarından korunurken üzeri örten toprak örtü ile doğal olarak ısıtmakta / soğutulmaktadır. Engebeli çatı üzerinde bulunan çatı pencereleri yapıyı doğal olarak havalandırılmasına yardımcı olmaktadır	
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin geri dönüştürülebilirliği, dayanıklılığı ve serbest form oluşumuna olanak sağlaması yapının sürdürülebilir etkinliğini arttırmıştır.	
	Yerleşim	Yapı; eski akademi binasının üzerine eski akademi binasının temel değerlerini koruyarak yeniden inşa edilmiştir.	

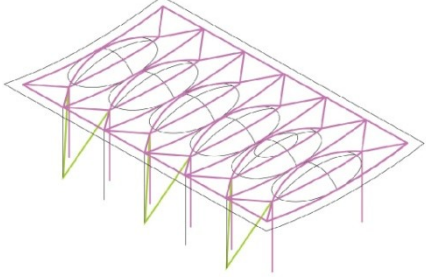
Tablo 5.6 Commerzbank merkez binası kimlik kartı

COMMERZBANK – FRANKFURT, ALMANYA			5
Norman Foster & Partners			
			
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Ofis Binası	
	Yapım Yılı	1991 – 1997	
	Toplam Alan	120.000 m ²	
	Toplam Maliyet	300.000.000 \$	
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcılar; yapının köşe noktalarında yer alan, toplamda 6 adet H profilin ikişerli gruplar halinde makas şeklinde bir araya getirilerek güçlendirilmiş beton ile kaplanması ile oluşturulmuştur.	
	Kiriş	Ana kirişlerde; 474 x 1100 mm ebatlarındaki kirişlerin sekiz kat boyunca bir araya gelerek oluşturdukları vierendeel kafesler, döşeme kirişlerinde; 556 mm yüksekliğinde I profiller, ikincil kirişlerde; 260 x 260 mm ebatlarında kutu profiller kullanılmıştır.	
	Döşeme	Kompozit döşeme kullanılmıştır.	
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Yapı, üçgen bir atrium çevresinde toplanmış ofis blokları ve iç bahçelerden oluşturulmuştur.	
	Çatı Kabuğu	Yapının merkezinde bulunan atrium çatı seviyesine kadar çıkarak doğal ışığın iç mekanlara ulaşmasını sağlamaktadır.	
	Cephe Kabuğu	Yapının cephesi alüminyum ve cam panellerden oluşturulmuştur. Low-E cam paneller çift kabukludur. Dış katmanda 6-8 mm temperlenmiş güvenlik camı, iç katmanda çift camlı (6 mm x 14 mm x 8 mm) açılabilir katman bulunmaktadır.	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Yapının merkezinde bulunan atrium, vierendeel kafesler sayesinde oluşturulan geniş cam yüzeyler yapının doğal olarak aydınlatılmasında yardımcı olmaktadır. Atrium, iç bahçeler ve çift kabuklu cephe sistemi yapının doğal olarak ısıtılmasına / soğutulmasına yardımcı olmaktadır. Atrium ve sekiz katta bir düzenlenen iç bahçeler ve cephe katmanları arasındaki havalandırma boşlukları yapının doğal olarak havalandırılmasına yardımcı olmaktadır.	
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, serbest form oluşumuna olanak sağlaması, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini arttırmıştır.	
	Yerleşim	Kent merkezinde çevresindeki binalar ile uyum içerisinde sosyal mekanları ile referans noktası olacak şekilde tasarlanmıştır.	

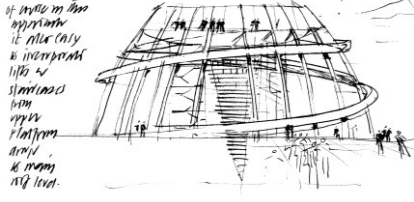
Tablo 5.7 Stadttor ofis binası kimlik kartı

STADTTOR – DÜSSELDORF, ALMANYA			6
Overdiek, Petzinka & Partners			
			
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Ofis Binası	
	Yapım Yılı	1991 - 1997	
	Toplam Alan	41.000 m ²	
	Toplam Maliyet	55.000.000 €	
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcılarda; 40, 55 ve 90 cm arasında değişen çaplarda içleri beton ile dolu dairesel kesitli boru profillerden oluşmaktadır. Bu profiller yatayda ve düşeyde birbirine bağlanarak bir taşıyıcı kafes oluşturmaktadır.	
	Kiriş	Döşeme kirişlerinde; yüksekliği 180 mm ile 270 mm arasında değişen çelik profiller kullanılmıştır.	
	Döşeme	Kompozit döşeme kullanılmıştır.	
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Yapı Eşkenar bir plan üzerine oturmaktadır. 80 m yüksekliğindeki bu yapı birbirine paralel 16 katlı iki ofis kulesi, bu kuleleri üstte birbirine bağlayan üç katlı ofis bloğu ve iki blok ortasında bulunan 56 m yüksekliğindeki atriumdan oluşmaktadır.	
	Çatı Kabuğu	İki ofis kulesini birleştiren üç katlı ofis bloğu yapının çatı kabuğunu oluşturmaktadır.	
	Cephe Kabuğu	Yapının ofis cephesi iki kademeli kabuk ile örtülüdür. Dış kabuk 12 mm kalınlığında temperli camdan iç kabukta ise Low-E cam kullanılmıştır. İki katman arasında 90 – 140 cm genişliğinde hava koridoru bulunmaktadır. Atriumu örten cephe ise çelik çubuklarca taşınan tek katmanlı cam cephe olup bu cephede 12 mm temperli cam kullanılmıştır.	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Yapıyı boydan boya saran çift ve tek katmanlı cam kabuk ile orta kısımda yer alan atrium yapının doğal olarak aydınlatılmasına yardımcı olmaktadır. Çift katmanlı cephe ve otomatik olarak ayarlanabilen güneş ışığına duyarlı jaluziler yapının ısıtılmasına / soğutulmasına yardımcı olmaktadır. Yapının ortasında bulunan atrium, çift katmanlı cephe arasında yer alan hava koridoru ve havalandırma kanalları yapının doğal olarak havalandırılmasını sağlamaktadır.	
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini arttırmıştır.	
	Yerleşim	Yapı; kent merkezine ulaşımı sağlayan işlek bir yol üzerinde konumlandırılmıştır.	

Tablo 5.8 National assembly for wales kimlik kartı

GALLER PARLAMENTO BİNASI – CARDİF, İNGİLTERE			7
Richard Roger Partnership			
			
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Parlamento Binası	
	Yapım Yılı	1998 - 2005	
	Toplam Alan	4.000 m ²	
	Toplam Maliyet	40.997.000 €	
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcı olarak dairesel kesitli boru profil kullanılmıştır	
	Kiriş	Ana kirişlerde; 324 mm çapında dairesel kesitli eğrisel boru profil, ikincil kirişlerde; 254 x 146 mm boyutlarında I profil, konik çatı pencere kirişinde; 219 mm çapında dairesel kesitli boru profil kullanılmıştır.	
	Döşeme	Betonarme döşeme kullanılmıştır.	
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Dikdörtgen planlı yapı üç katlı olup çelik kolonlar tarafından taşınan eğrisel çatı ile örtülmüştür.	
	Çatı Kabuğu	Yapının çatısı 250 mm kalınlığında taş yünü dolgulu galvanize çelik çatı örtüsü ile örtülmüştür. Toplantı salonun üstünde yer alan konik çatı penceresi alüminyum tepe başlığı ile sonlandırılmıştır.	
	Cephe Kabuğu	Yapının cephesi çatı saçağının 2.5 m içerisinde yer alan cam bir kabuk ile örtülmüştür.	
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Toplantı salonu üzerinde bulunan konik çatı penceresi ve yapıyı boydan boya saran cam cephe yapının doğal olarak aydınlatılmasının sağlamaktadır. Yapının üzerini örten çatı yapı sınırlarını aşarak yapıya bir saçak oluşturmakta ve yapıyı istenmeyen güneş ısınmalarından korumaktadır. Toplantı salonu üzerinde bulunan konik çatı penceresi ve cam cephe üzerinde bulunana açılabilir paneller sayesinde yapı doğal olarak havalandırılmaktadır	
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, serbest form oluşumuna olanak sağlaması, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini arttırmıştır.	
	Yerleşim	Yapı; kent merkezinde tarihi kent dokusuna duyarlı bir şekilde çağdaş bir yapı olarak tasarlanmıştır.	

Tablo 5.9 Reichstag parlamento binası kimlik kartı

REICHSTAG PARLEMENTO BİNASI – BERLİN, ALMANYA		8
Norman Foster & Partners		
		
PROJE BİLGİLERİ	Kullanım Amacı	Parlamento Binası
	Yapım Yılı	1992 - 1999
	Toplam Alan	12.200 m ²
	Toplam Maliyet	600.000.000 DM
STRÜKTÜR SİSTEMİ	Kolon	Ana taşıyıcı 24 adet üçgensel çelik kirişin bir basınç çemberi etrafında birleşmesi ile oluşmuştur.
	Kiriş	Ana kirişler 210 x 100 mm boyutlarındaki ana taşıyıcılara yatayda 1.7 m aralıklarla bağlanan yamuk biçimli çelik kirişlerden oluşmaktadır.
	Döşeme	Çelik levhalardan oluşturulan döşeme / rampa sistemi kullanılmıştır.
FORM – KABUK SEÇİMİ	Yapı Formu	Parlamento binasının üzerine inşa edilen yeni kubbe 38 m çapında ve 23.5 m yüksekliğinde şeffaf olarak tasarlanmıştır.
	Çatı Kabuğu	Üçgensel ana çelik taşıyıcılar yapının tepe noktasında bir basınç çemberi etrafında birleşerek yapının çatısının tanımlanmaktadır. Bu basınç çemberinin üzerinde merkezi olarak kontrol edilebilen rüzgar yönlendiricisi bulunmaktadır.
	Cephe Kabuğu	Yapının cephesi kademeli olarak tasarlanmış olup 2 x 12 mm lamine güvenlik camı ile örtülmüştür.
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİ	Enerji Etkinliği	Yapının cam kabuk ile örtülü olması ve toplantı salonuna doğru sarkan ters koni ve onun üzerinde yer alan yansıtıcı aynalar yapının doğal olarak aydınlatılmasını sağlamaktadır. Yapı kabuğunun kademeli yapısı ve ters koni üzerindeki hareket edebilen güneş kırıcı yapının istenmeyen güneş ısınmalarından korumaktadır. Yer altı gölünden sağlanan serin/sıcak su ile binanın ısıtılması/soğutulması sağlanmaktadır. Toplantı salonu üzerinde yer alan ters koni yapının doğal olarak havalandırılmasını sağlamaktadır.
	Malzeme Etkinliği	Çelik yapı malzemesinin dayanıklılığı, geri dönüştürülebilirliği, serbest form oluşumuna olanak sağlaması, prefabrikasyon ve modüler üretime uygunluğu yapının sürdürülebilir etkinliğini artırmıştır.
	Yerleşim	Yapı eski parlamento binasının yenilenmesi ve modern bir görünüm kazanması amacıyla toplantı salonunun üzerine yerleşecek şekilde tasarlanmıştır.

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Bizler bu dünyada yaşayan insanlar olarak; endüstri devrimi ile başlayıp günümüze kadar devam eden süreçte daha iyi, daha konforlu bir yaşam tarzı için yaşadığımız çevreyi sürekli tahrip ederek zamanla gelecekte yaşayacak bir evimiz kalmayacağı gerçeği ile karşı karşıya geldik. Doğal kaynakların bilinçsizce tüketirken, çöp alanlarını, zehirli atıkları, atmosfere yayılan co^2 miktarını önemli ölçüde arttırarak ekosistemimizi olumsuz yönde etkiledik. Bu olumsuz gidişi azaltmak veya durdurmak için düşünce tarzımızda esaslı bir değişikliğin zamanı geldiği açıktır. Bu bağlamda yeryüzünde yaşayan insan topluluklarından tek bir bireye kadar üzerimize farklı görevler düşmektedir.

Bu gün karşılaşmakta olduğumuz ve insanoğlunun geleceğini yakından ilgilendiren bu sorunlara çözüm olarak çevresel, ekonomik ve toplumsal kalkınmanın bir arada yürütüldüğü sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir kalkınma ekonomi, turizm, sağlık, yapım gibi pek çok sektörde karşımıza çıkmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınmanın hedeflerine ulaşabilmesi için yapım sektörü önemli bir yere sahiptir. Doğal kaynakların ve küresel enerjinin büyük bir kısmı yapı sektörü tarafından tüketildiği göz önüne alındığında yapılaşmada sürdürülebilir önceliklere önem vermenin ekosistem üzerindeki olumlu etkisi göz ardı edilemez.

Sürdürülebilir mimarlık, yeryüzünde yaşayan insanlar ve diğer canlıların varlığını gelecek nesillerde de devam ettirmesine yönelik çözümler ortaya koymaktır. Bu çözümler yapıların planlama ve tasarım aşamasından başlayarak, yapının gerçekleştirilmesi, kullanımı, bakım-onarım işleri ve yıkım süreçlerini kapsayan bütüncül bir süreçtir. Bu süreçte yapı strüktür sisteminin belirlenmesi, yapı form ve kabuk seçimi, enerji etkinlik stratejileri, uygun yapı malzemesi kullanımı ve arazi yerleşimi gibi konularda sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda verilen kararlar yapının sürdürülebilir karakterini belirlemektedir.

Bu çalışmada, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir mimarlık kavramları ele alınmış, sürdürülebilirlik kapsamında çelik yapı malzemesi ve çelik yapı malzemesi kullanılarak inşa edilmiş çelik yapılar incelenmiş, incelenen çelik yapılar belirlenen sürdürülebilirlik kriterleri çerçevesinde irdelenmiştir. Yapılan çalışma sonucu yapıların sürdürülebilirlik özelliklerini belirleyen temel faktörler aşağıda belirtilmiştir:

- Strüktür Sistemi: Yapı strüktürünü oluşturan çelik kolon, kiriş ve döşeme sistemlerinin uygulandıkları yapılara kazandırdığı esneklik, serbest form oluşumu, dayanıklılık, modüler üretime uygunluk, geniş açıklık geçebilme gibi özellikleri yapıların sürdürülebilir etkinliğinde öncül rol üstlenmektedir. Bu kapsamda incelenen örnekler üzerinden elde edilen sonuçlara bakacak olursak;
- Kolon: İncelenen çelik yapılarda ana taşıyıcı strüktür olarak açık, kapalı profiller ve kompozit kolonlar kullanılmaktadır. Kapalı profillerden oluşturulan kolonlar diğer kolon çeşitlerine göre daha fazla tercih edilmiştir.
- Kiriş: İncelenen çelik yapılarda kiriş olarak açık, kapalı profiller ve kafes kirişler kullanılmaktadır. Açık profillerden oluşturulan kirişler diğer kiriş çeşitlerine göre daha fazla tercih edilmiştir.
- Döşeme: İncelenen çelik yapılarda döşeme olarak betonarme, çelik ve kompozit döşeme sistemleri kullanılmıştır. Kompozit döşeme diğer döşeme çeşitlerine göre daha fazla tercih edilmiştir.
- Form ve Kabuk Seçimi: Yapı form, cephe ve çatı kabuk seçimi yapıya kazandırdığı, doğal aydınlatma, havalandırma, ısıtma / soğutma özellikleri ile yapının sürdürülebilir etkinliğinde önemli bir yere sahiptir. İstenilen form ve kabuk; çeliğin dayanıklılığı, işlenebilme özelliği ve prefabrikasyona uygunluğu sayesinde kolayca üretilebilmiştir. Bu kapsamda incelenen örnekler üzerinden elde edilen sonuçlara bakacak olursak;

- Yapı Formu: İncelenen çelik yapılarda atrium ve iç bahçe tasarımı önemli bir sürdürülebilir yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Yapı ve cephe kabuğundaki eğrisel hareketler ile çatı penceresi kullanımı çelik yapılarda uygulanan diğer sürdürülebilir yaklaşımlarındandır.
- Çatı Kabuğu: İncelenen yapılarda çatı kabuğu olarak alüminyum / çelik trapez, cam, bitkisel toprak, fotovoltaik panel ve kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Cam ve alüminyum / çelik trapez yapı malzemeleri diğer yapı malzemelerine göre daha fazla tercih edilmiştir.
- Cephe Kabuğu: İncelenen çelik yapılarda cephe kabuğu olarak tek veya çift cephe kabuğu kullanıldığı görülmektedir. Sürdürülebilir etkinlik açısından çift kabuk cephe tek kabuk cepheye göre daha fazla tercih edilmiştir. Ayrıca yapıların cephelerinde güneşten korunum amacıyla güneş kırıcı kullanılmıştır.
- Sürdürülebilirlik Stratejileri: Sürdürülebilir yapıya yönelik yapıların planlama ve tasarım aşamasından başlayarak, yapının gerçekleştirilmesi, kullanımı, bakım-onarım işleri ve yıkım süreçlerini kapsayan enerji etkinliği, malzeme etkinliği, yapı alanına yerleşim gibi bir takım stratejiler bulunmaktadır. Bu stratejiler uygulandıkları oranda yapıya sürdürülebilir etkinlik kazandırmaktadır. Bu kapsamda incelenen örnekler üzerinden elde edilen sonuçlara bakacak olursak;
- Enerji etkinliği: Enerji etkinliği sürdürülebilir yapıya yönelik ilkelere biridir. İncelenen çelik yapılarda aydınlatma, havalandırma ve ısıtma / soğutma da enerji gerektirmeyen doğal yöntemlere gidilmesi bu yapıların enerji etkinliklerini arttırmıştır.
- Yerleşim: Yapıların sürdürülebilir özelliklerini belirleyen diğer bir ilke yapı alanına yerleşimdir. İncelenen çelik yapıların mevcut dokuya uyum sağladığı ve inşa edildikleri fiziki çevreyi korudukları görülmektedir.

- Malzeme Etkinliği: Seçilen çelik yapıların sürdürülebilir özelliklerini belirleyen en önemli ilke kuşkusuz malzeme seçimidir. İncelenen yapılarda yapı malzemesi olarak çeliğın kullanıldığı görölmektedir. Çelik yapı malzemesinin geri dönüştürülebilir veya yeniden kullanılabilir olması, hammadde kaynağını koruması, yerel kaynaklardan elde edilebilmesi, dayanıklı ve uzun ömürlü olması, prefabrikasyon ve modüler üretime olanak vermesi, minimum atık oluşturmaması gibi özellikleri uygulandığı yapıların sürdürülebilir etkinliğini önemli ölçüde arttırmaktadır.

Sonuç olarak, çelik yapı malzemesi kullanılarak inşa edilmiş yapılarda tercih edilen strüktür sistemi, belirlenen form ve kabuk biçimi ile enerji etkinliği, yapı alanına yerleşim ve malzeme seçimi gibi sürdürülebilirlik stratejileri yapıların sürdürülebilir özelliklerini belirlemektedir.

KAYNAKLAR

Aktuğlu Orbay, K.Y. (1988). *Kemeraltı Tarihi Dokusu İçinde Günümüz Koşullarına Uygun Yapılaşma İçeriğinde Taşıyıcı Sistem Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aktuğlu Orbay, K.Y. (1995). *A New Trend in Design and Construction for 21st Century According to Architectural Requirements in Steel Buildings and Economic Design*, Doktora Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aldemir, B. (2004). *Sürdürülebilir Tasarım Kriterleri ve Uygulama Olanakları: Urla'da Örnek Konut Yerleşimleri Analizi*, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

American Institute of Steel Construction (AISC). (2009). *California Academy of Sciences Project Wins National Architecture and Engineering Award*. 01 Ağustos 2011, <http://www.aisc.org/newsdetail.aspx?id=19540>

Archdaily.com, (2008). *California Academy of Science / Renzo Piano*. 01 Ağustos 2011. <http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano/>

Arslantatar, A. H. (2006). *Metal Çerçeveleli Giydirme Cephelerin Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Gebze: Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

Arup.com, (b.t). *National Assembly for Wales*. 01 Ağustos 2011, http://www.arup.com/Projects/National_Assembly_for_Wales.aspx

Benkert, M., Arend, J., DeFilippis, A. ve Tillmaand, S. (b.t). *Commerzbank Tower*. 01 Ağustos 2011, <http://www.mbenkert.com/arend.benkert.defilippis.tillmaand.pdf>

Bizley, G. (2008). *Architecture in Detail* (1. Baskı). UK: Elsevier.

Blackmon, B., Diane, H., Kocurek, B., Seitzer, J. ve Trojcak, J. (2005). *London City Hall*. 21 Haziran 2011, http://faculty.arch.tamu.edu/anichols/index_files/courses/arch631/case/2005/londoncityhall.pdf

Blanc, A., McEvoy, M., Plank R. (1997). *Architecture and Construction in Steel* (1. Baskı). London: E & FN Spon.

Bruno, A., Bollinger, K., Davies, J. M., Feldmann, M., Grohmann, M., Mazzolani, F. M. (2009). *Featuring Steel: Resources, Architecture, Reflections* (1. Baskı). Munich: GmbH & Co.KG.

California Academy of Science. (b.t). *About the Building*. 01 Ağustos 2011, <http://www.calacademy.org/academy/building/>

CIB ve UNEP-IETC. (2002). *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document*. Pretoria: Published by the CSIR Building and Construction Technology.

Constructalia.com, (b.t). *Hearst Tower*. 21 Haziran 2011, http://www.constructalia.com/english/case_studies/united_states/hearst_tower

Constructalia.com, (b.t). *New terminal for Madrid-Barajas Airport*. 21 Haziran 2011, http://www.constructalia.com/en_EN/gallery/galeria_detalle.jsp?idProyec=370275

Constructalia.com, (b.t). *The advantages of steel*. 21 Haziran 2011, http://www.constructalia.com/english/sustainable_construction/the_advantages_of_steel/the_advantages_of_steel

Constructalia.com, (b.t). *Transformation of the Reichstag - New German Parliament*. 10 Ağustos 2011, http://www.constructalia.com/prg/selfware.pl?id_sitemap=4875

Constructalia.com, (b.t). *30 St Mary Axe*. 10 Ağustos 2011, http://www.constructalia.com/prg/selfware.pl?id_sitemap=4959

Correnza, J., Hyde, G., Kerr, G., Lake, R., Newman-Sanders, E., Skuse, M. (2006). *The National Assembly for Wales*. 25 Ağustos 2011, http://www.arup.com/_assets/_download/download632.pdf

Daniels, K. (1997). *The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas* (1. Baskı). Basel-Boston-Berlin: Birkhauser.

Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F. (2003). *Çelik Yapılar* (1. Baskı). İstanbul: Çağlayan Kitabevi.

Dündar, H. (2006). *Farklı Soğutma Hızlarında Soğutulan Çelikhane Cürufklarının Öğütme Parametrelerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Enercan, T. (2004). *High Tech Akım Ofis Yapıları ve Ekolojik Ofis Yapılarının Gelişimine Olan Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Eren, Ö. (2007). *Çelik Yapılar – Tasarım, Konstrüksiyon, Uygulama* (1. Baskı). İstanbul: Arı Yayınları.

Esin, T. (2006). Sürdürülebilir Yapılaşma İçin Uygun Malzeme Seçimi. *Yapı*, 291 (2), 83-86.

Estudio Lamela Arquitectos. (b.t). *Madrid Barajas Airport*. 10 Ağustos 2011, <http://www.lamela.com/ingles/indexI.html>

E-architect.co.uk, (b.t). *Barajas Airport Madrid: Architecture Information*.
10 Haziran 2011, http://www.e-architect.co.uk/madrid/barajas_airport.htm

Foster, N. (2001). Lord Foster of Themes Bank. *Architectural Design*, 71 (4), 32.

Foster + Partners. (b.t). *City Hall, London*. 01 Ağustos 2011,
<http://www.fosterandpartners.com/Projects/1027/Default.aspx>

Foster + Partners. (b.t). *Commerzbank Headquarters*. 01 Ağustos 2011,
<http://www.fosterandpartners.com/Projects/0626/Default.aspx>

Foster + Partners. (b.t). *Reichstag, New German Parliament*. 01 Ağustos 2011,
<http://www.fosterandpartners.com/Projects/0686/Default.aspx>

Foster + Partners. (b.t). *Swiss Re HQ, 30 St Mary Axe*. 01 Ağustos 2011,
<http://www.fosterandpartners.com/Projects/1004/Default.aspx>

Gauzin-Müller, D. (2002). *Sustainable Architecture and Urbanism* (1. Baskı). Basel-Berlin-Boston: Birkhauser.

Gissen, D. (2003). *Big and Green: Toward Sustainable Architecture in the 21st Century* (1. Baskı). London: Princeton Architectural Presss.

GreatBuildings.com, (b.t). *Iron Bridge at Coalbrookdale*, 21 Haziran 2011,
http://www.greatbuildings.com/buildings/Iron_Bridge_at_Coalbrookdale.html

GreatBuildings.com, (b.t). *The Reichstag*, 01 Ağustos 2011,
<http://www.greatbuildings.com/buildings/Reichstag.html>

Hesse, J.M., Almodovar, F.A. (2008). New terminal area at the Madrid Barajas Airport. *Revista de Obras Publicas*, 155 (3584), 20-55.

Hoşkara, E. (2007). *Ülkesel Koşullara Uygun Sürdürülebilir Yapım İçin Stratejik Yönetim Modeli*, Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG. (1997). Bank Tower in Frankfurt-on-Main. *Detail*, (3), 349-354.

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG. (1999). Conversion of Reichstag Building into German Bundestag in Berlin. *Detail*, (3), 422-431.

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG. (2002). City Hall in Landon. *Detail*, (9), 1086-1112.

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG. (2003). Innovative Tower Block Facades: Swiss Re London Headquarters and Westhafen Tower, Frankfurt. *Detail*, (7-8), 820-825.

Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG. (2005). Airport Terminal in Madrid. *Detail*, (12), 1456-1462.

Karinazarzar.com, (b.t). *Norman Foster, Sustainable design approach Transparency and accessibility of the democratic process*. 01 Ağustos 2011, <http://www.karinazarzar.com/foster.pdf>

Karslı, H.U. (2008). *Sürdürülebilir Mimarlık Çerçevesinde Ofis Yapılarının Değerlendirilmesi ve Çevresel Performans Analizi İçin Bir Model Önerisi*, Doktora Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Kımillı, Z. M. (2006). *Depreme Duyarlı Bölgelerde Sürdürülebilir Mimari Tasarım; Isparta / Mavikent Örneği*, Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koçhan, A. (2002). Sürdürülebilir Bir Gelecek İçin Ekolojik Tasarım. *Yapı*, 249 (8), 45-53.
- Kuşçu, A. C. (2006). *Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Geleneksel Konya Evi Üzerine Bir İnceleme*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lakot, E. (2007). *Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması*, Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Library of Congress, (b.t). *Eiffel tower*. 21 Haziran 2011, <http://www.loc.gov/pictures/resource/cph.3a13663/>
- London.gov.uk, (b.t). *A modern London landmark*. 22 Temmuz 2011, <http://www.london.gov.uk/city-hall/the-building>
- Merkel, J. (2003). An accessible city building gives green building a new shape. *Architectural Record*, (2), 110-123.
- Oktay, B. (2005). *A Model for Measuring the Sustainability of Historic Urban Quarters: Comparative Case Studies of Kyrenia and Famagusta in North Cyprus*, PhD Thesis. Famagusta: Eastern Mediterranean University.
- Osso, A., Walsh, T., ve Gottfried, D (1996). *Sustainable Building Technical Manual*. New York: Public Technology Inc.

- Öğüt, M.R. (2006). *Az Katlı Yapılarda Taşıyıcı Sistem Olarak Çelik Malzemenin Kullanımı*, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özhendekci, D. (b.t). *Çelik Yapıların Tarihçesi*. 21 Haziran 2011, http://www.yildiz.edu.tr/~devrimo/Devrim_Ozhendekci_Celik1_Ders-Notu-1.pdf
- Öztürk, M. (2004). *Kullanılmış Çeliğin Geri Kazanılması*. 07 Haziran 2011, <http://www2.cevreorman.gov.tr/belgeler/celik.pdf>
- Öztürk, M. (2008). *Çelik Taşıyıcı Sistemli Yapılarda Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Farklı Malzemeli Yapı Bileşenleri İle Bağlantılarının İrdelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Reid, R.L. (2009). Under One Green Roof. *Civil Engineering*, 79 (3), 47-57.
- Renzo Piano Building Workshop. (b.t). *California Academy of Sciences*. 10 Ağustos 2011, <http://rpbw.rui-pro.com/>
- Rogers Stirk Harbour + Partners. (b.t). *Madrid Barajas Airport*. 01 Ağustos 2011, http://www.richardrogers.co.uk/work/selected_works/madrid_barajas_airport/completed
- Rogers Stirk Harbour + Partners. (b.t). *National Assembly for Wales*. 01 Ağustos 2011, http://www.richardrogers.co.uk/work/all_projects/national_assembly_for_wales/completed
- Schaumann, P., Trautmann, T. (b.t). *City Gate Düsseldorf, Germany*. 01 Ağustos 2011, <http://www.difisek.eu/UK/Syllabus/WP5B-City%20Gate%20Dusseldorf-Syllabus.pdf>

- Schittich, C. (2003). *In Detail: Solar Architecture* (1. Baskı). Basel-Boston-Berlin: Birkhauser.
- Sev, A. (2001). *Türkiye ve Dünya'daki Yüksek Binaların Mimari Tasarım ve Taşıyıcı Sistem Açısından Analizi*, Doktora Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık* (1. Baskı). İstanbul: YEM Yayın.
- Sipahioğlu, V. (2006). *Teknolojik Anlatımın Aracı Olarak "Çelik Mimarlığı"*, Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Slessor, C. (1997). *Eco-Tech: Sustainable Architecture and High Technology* (1. Baskı). New York: Thames & Hudson.
- Stadttor.de, (b.t). *Informationen zum Düsseldorfer Stadttor*. 10 Ağustos 2011, <http://www.stadttor.de/pressecenter.htm>
- Stahlbau Zentrum Schweiz. (2002). *Der Reichstag in Berlin*. 01 Ağustos 2011, http://www.szs.ch/user_content/editor/files/steeldoc/bauen_in_stahl_05_02.pdf
- Tata steel construction, (b.t). *Manchester Civil Justice Centre*. 28 Ekim 2011, http://www.tatasteelconstruction.com/en/case_studies/commercial/manchester_civil_justice_centre/
- Tokabaş, P. (2005). *Kapalı Atrium Tasarımı ve Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkçü, H. Ç. (2004). *Yapım – İlkeler, Malzemeler, Yöntemler, Çözümler* (3. Basım). İstanbul: Birsan Yayınevi.

Ünal, M. (2006). *Çift Kabuk Cephelerin Sistemik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yapı. (2009). Kaliforniya Bilim Akademisi. *Yapı*, 329 (4), 56-63.

Wikipedia.org, (b.t). *St Pancras railway station*. 21 Haziran 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/St_Pancras_railway_station

Wikipedia.org, (b.t). *The Crystal Palace*. 21 Haziran 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/The_Crystal_Palace

Wikipedia.org, (b.t). *Flatiron Building*. 21 Haziran 2011, http://en.wikipedia.org/wiki/Flatiron_Building

World Commission on Environment and Development (WCED). (1987). *Our Common Future. Brundtland Report*. Oxford: Oxford University Press.