

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında gösterdiği ilgi, destek ve yardımlarından ötürü danışmanım Doç. Dr. Bilge Işık' a,
her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mayıs 2005

Ece Özcan

İÇİNDEKİLER

Önsöz	ii
Tablo Listesi	v
Şekil Listesi	vi
Özet	viii
Summary	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	3
1.2. Kapsam	4
1.3. Yöntem	5
2. TÜRKİYE' DE KONUT ÜRETİMİNDE PROBLEM BELİRLEME	6
2.1 Konut Talebi ve Teknolojileri	6
2.2 Konutta Performans Gereksinimleri	9
2.3 Konutlaşmada Hedefler	13
3. HAFİF ÇELİK YAPI TEKNOLOJİSİNİN KONUTLARDA KULLANIMI	16
3.1 Hafif Çelik Yapı Teknolojisi	16
3.1.1 Hafif Çelik Konutların Ortaya Çıkışı	16
3.1.2 Çeliğin Malzeme Özellikleri	18
3.1.3 Hafif Çeliğin Malzeme Özellikleri	22
3.1.4 Yapı Çeliği ve Hafif Çeliğin Karşılaştırılması	25
3.1.5 Hafif Çelik Taşıyıcı Sistem	27
3.1.5.1 Döşeme	29
3.1.5.2 Duvarlar	33
3.1.5.3 Çatı	39
3.2 Hafif Çelik Yapıda Performans Gereksinimleri	41
3.2.1 Su ve nem	41
3.2.2 Yangın	41
3.2.3 Isı Yalıtımı	42
3.2.4 Akustik	43

4. KERPIÇ YAPI TEKNOLOJİSİNİN KONUTLARDA KULLANIMI	44
4.1 Kerpiç Yapı Teknolojisi	44
4.1.1 Günümüzde Kerpiç Yapı	44
4.1.2 Kerpiciin Malzeme Özellikleri	48
4.1.3 Alkerin Malzeme Özellikleri	55
4.1.4 Kerpiç ve Alkerin Karşılaştırılması	59
4.1.5 Kerpiç Taşıyıcı Sistem	60
4.2 Kerpiç Yapıda Performans Gereksinimleri	62
4.2.1 Su-Nem	62
4.2.2 Yangın	63
4.2.3 Isı Yalıtımı	63
4.2.4 Akustik	65
5. YAPIM SİSTEMLERİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ	66
5.1 Hafif Çelik ve Alker Yapım Sistemlerinin Birleştirilmesi İle Tasarlanan Konut Projesi	71
5.1.1 Temel	72
5.1.2 Döşemeler	72
5.1.3 Duvarlar	73
5.1.3.1 Hatıl	74
5.1.3.2 Pencere ve Kapılar	75
5.1.4 Çatı	76
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	80

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 :Genel nüfus sayımlarına göre nüfus, yıllık nüfus artış hızı, nüfus yoğunluğu	6
Tablo 2.2 :Konut İhtiyacı	7
Tablo 2.3 :Yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfı	10
Tablo 2.4 :Konutta kullanım alanlarının kabul edilebilir ses basınç düzeyleri	13
Tablo 3.1 :Çeliğin fiziksel özellikleri	18
Tablo 3.2 :Taşıyıcı malzemelerin yoğunluğu ve ısı geçiş değerleri	42
Tablo 4.1 :Kerpiç üretim teknolojileri süreç karşılaştırması	52
Tablo 4.2 :Alkerin Fiziksel Özellikleri	58
Tablo 4.3 :Alkerin Mekanik Özellikleri	58
Tablo 4.4 :Geleneksel ve Alçı katkılı kerpiç yapı teknolojilerinin karşılaştırılması	60
Tablo 4.5 :Kerpiç malzemenin yangındaki davranışı	63
Tablo 4.6 :Birim ağırlığa göre ısı iletkenlik katsayıları	64
Tablo 4.7 :Bazı yapı malzemelerinin fiziksel özellikleri	65
Tablo 4.8 :Yapı malzemesinin kullanılma kalınlığına göre ses geçiş direnç değerleri (kalınlık m olarak)	65
Tablo 5.1 :İki yapı teknolojisinin bir arada kullanımının yapım süreci açısından karşılaştırılması	69
Tablo 5.2 :İki yapı teknolojisinin bir arada kullanımının performans gereksinimleri açısından karşılaştırılması	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Belediye sınırlarında toplam bina sayısı içinde kullanma amaçlarına göre bina sayılarının oranı, 2000	8
Şekil 2.2	: İç ortam sıcaklığı ile ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi	12
Şekil 3.1	: Hafif çelik taşıyıcılı yapı	18
Şekil 3.2	: Gerilme-Uzama (σ - ϵ) diyagramı	19
Şekil 3.3	: Galvanizli saçtan bükme hafif çelik taşıyıcı profiller	23
Şekil 3.4	: Hafif çelik C profil	23
Şekil 3.5	: Yapısal çelik ve hafif çelik profiller arasındaki farklar	26
Şekil 3.6	: Hafif çelik yapı taşıyıcı sistemi	27
Şekil 3.7	: Hafif çelik yapım sistemi	28
Şekil 3.8	: Çubuk sistem	29
Şekil 3.9	: Panel sistem	29
Şekil 3.10	: Hücre Sistem	29
Şekil 3.11	: Döşeme kirişleri	29
Şekil 3.12	: Solda:döşeme kirişlerinin temele oturması. Sağda:döşeme: kirişlerinin taşıyıcı iç duvara oturması,	30
Şekil 3.13	: Solda: çapraz bağlama, sağda boyunduruk detayı	30
Şekil 3.14	: Temel duvarına oturan konsol	31
Şekil 3.15	: Döşeme kirişleri takviyeli konsol	31
Şekil 3.16	: Döşemede boşluk açılması	31
Şekil 3.17	: Kompozit döşeme örnekleri	32
Şekil 3.18	: Döşemede kuru sistem	32
Şekil 3.19	: Hafif çelik yapıda duvar konstrüksiyonu	33
Şekil 3.20	: Duvarlarda köşeler oluşturulurken en az üç dikme kullanılır	34
Şekil 3.21	: Duvarların kesişim yerlerinde en az dört dikme kullanılır	34
Şekil 3.22	: Duvar-Temel bağlantısı	35
Şekil 3.23	: Diagonal stabilite bağlantıları	35
Şekil 3.24	: (A) Taşıyıcı duvarda en fazla 120cm kapı açıklığı (B)Taşıyıcı olmayan duvarda en fazla 120cm kapı açıklığı	36
Şekil 3.25	: (A) Taşıyıcı olmayan duvarda en fazla 120cm pencere açıklığı (B)Taşıyıcı duvarda en fazla 120cm pencere açıklığı	37
Şekil 3.26	: Tesisatın düşeyde yerleştirilmesi	38
Şekil 3.27	: Tesisatın yatayda yerleştirilmesi	38
Şekil 3.28	: Dış duvar döşeme bağlantısı	39
Şekil 3.29	: Hafif çelik yapıda çatı konstrüksiyonu	39
Şekil 3.30	: Mertek-tavan kirişi bağlantısı	40
Şekil 3.31	: Mertek-kasnak kirişi birleşimi	40
Şekil 3.32	: Çatı boşluğu	40
Şekil 4.1	: Üstte: Fransa' da Lyon yakınlarında Arse kilisesi. Altta: Devon Tricombe' de yapım aşamasındaki kır evi	46

Şekil 4.2	: Üstte: Fransa, Lyon yakınlarında Isle d' Abeau' da, tokmıklama yöntemiyle inşa edilmiş 5 katlı kerpiç kule. Ortada: Ünlü Fransız mimarlar Jourda ve Perraudin' in tasarladığı drama stüdyosu. Aşağıda: Fransa' nın merkezinde Dijon çevresinde ahşap taşıyıcılı konutlarda dolgu maddesi olarak kerpiç malzeme kullanılmıştır	47
Şekil 4.3	: Geleneksel kerpiç tuğlası döküm kalıbı	53
Şekil 4.4	: Münferit yerinde döküm kalıpları	53
Şekil 4.5	: Sürekli yerinde döküm kalıpları	54
Şekil 4.6	: Gelişmiş yerinde döküm kalıpları	54
Şekil 4.7	: Kerpiç tuğla duvar örgülü ev	55
Şekil 4.8	: Yerinde dökme duvar tekniği	55
Şekil 4.9	: Kerpicingin alçı ve kireç katkılarına bağlı olarak birim ağırlık değişimi	56
Şekil 4.10	: Alçı katkı oranına bağlı basınç dayanım değişimi	57
Şekil 5.1	: İNTAG TOKİ 622 Araştırma binası	68
Şekil 5.2	: Zemin kat planı	71
Şekil 5.3	: Üst kat planı planı	72
Şekil 5.4	: Hafif çelik konsol ve alker duvar birleşim detayı	73
Şekil 5.5	: Hatıl ve kiriş birleşim detayı	74
Şekil 5.6	: I-I Kesiti	74
Şekil 5.7	: II-II Kesiti	75
Şekil 5.8	: Teras çatı ve duvar birleşimi	76
Şekil 5.9	: Teras çatı katmanları	76
Şekil 5.10	: Ön ve arka görünüş	77
Şekil 5.11	: Sol ve sağ yan görünüş	78
Şekil 5.12	: Sistem detayı	79

KONUT SEKTÖRÜNDE HAFİF ÇELİK VE ALKER YAPIM TEKNOLOJİLERİNİN BİRLİKTE KULLANILABİLİRLİĞİ

ÖZET

Dünya ülkeleri, artan konut ihtiyacının karşılanması amacıyla sorunu hızlı ve rasyonel çözebilecek, dünya kaynaklarının ve enerjinin tasarruflu kullanımını sağlayacak, çevreyle uyumlu yeni yapı teknolojileri aramaktadır.

Avrupa Birliği Araştırma ortamında (European Research Area, ERA) kurulan 'The European Council for Construction Research, Development and Innovation (ECCREDI)', İnşaat Sektöründe Araştırma, Geliştirme ve Yenilikçiliği Destekleyen Avrupa Konseyi, araştırma hedeflerini dünyadaki bu beklentileri göz önünde bulundurarak: inşaat sektöründe rekabeti, kaliteyi, güvenlik ve çevresel performansı, sürdürülebilir yaşam kavramını artırmak şeklinde belirtmiştir.

Türkiye' de ise TÜBİTAK' ın düzenlediği Vizyon 2023 projesi, İnşaat ve Altyapı Panelinde, teknolojik gelişme sağlanması gerekli görülen teknoloji alanlarının belirlenmesinde ECCREDI' ın araştırma hedeflerine benzer şekilde parametreler göz önünde tutulmuştur.

Avrupa Birliği ve Türkiye' de yapı üretiminde belirlenen bu hedefler ile yeniden gündeme gelen kerpiç yapılar, ısısal performansları, sağlıklı iç mekanlar oluşturmaları açısından ülkemizdeki mevcut konut ihtiyacının çözümüne yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir. Kerpiç; doğal, kolay elde edilen, üretiminde az enerji ve işlem gerektiren, ekonomik bir yapı malzemesidir.

Çalışmada, kerpiç yapıların, sahip olduğu olumlu özelliklerden günümüzde de faydalanmak amacıyla, bu yapı kültürünün yeni teknolojilerle desteklenip geliştirilmesi, çağdaş inşaat sektörüne kazandırılarak kullanım alanının artırılması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, alçı katkılı kerpiç yapı sistemin, ülkemizde yeni yeni uygulanmaya başlanan hafif çelik sistem ile birlikte kullanılabilirliği incelenmiştir. İki sistemin birlikte kullanımı ile tasarlanan iki katlı konut projesi, yapım süreci ve performans gereksinimleri açısından incelenip, projenin ECCREDI hedeflerine uygunluğu değerlendirilmiştir.

Çalışma beş ana bölümden meydana gelmiştir. Giriş bölümünde problem belirlenerek çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi anlatılmıştır.

İkinci bölümde, Türkiye' de konut üretiminde karşılaşılan problemler genel olarak belirtilip, konut yapılarında yapım süreci ve kullanıcı gereksinimleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, konut yapım sistemleri arasından seçilen hafif çelik sistem yapım süreci ve performans ihtiyaçları açısından incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, kerpiç ve alçı katkısı ile nitelikleri iyileştirilen alçı katkılı kerpiç (Alker) yapım sistemi, yapım süreci ve performans ihtiyaçları açısından incelenecektir.

Beşinci bölümde, iki teknolojinin birlikte kullanımı ile tasarlanan iki katlı konut pilot projesi, yapım süreci ve performans gereksinimleri açısından incelenip, projenin ECCREDI hedeflerine uygunluğu değerlendirilmiştir.

THE USABILITY OF LIGHT GAUGE STEEL AND ALKER BUILDING TECHNOLOGIES IN RESIDENTIAL CONSTRUCTION

SUMMARY

To solve the growing housing demand, new building technologies that will solve the problem in a short time, provide the efficient use of natural resources and energy and are compatible with nature, have been started to examine throughout the world.

ECCREDI, The European Council for Construction Research, Development and Innovation, which was established in The European Research Area (ERA), aims to contribute to the competitiveness, quality, safety and environmental performance of the construction industry and the overall sustainability of the built environment through the researches. In Turkey, in The Vizyon 2023 Project arranged by TÜBİTAK, similar parameters are mentioned for technological development.

According to the European Union and Turkey's goals in the construction sector, awareness of living in healthy buildings, sustainability in construction, energy efficient design have increased the study of adobe buildings as they have many advantages for human life, building performance and environmental care.

Adobe buildings are natural in origin, locally sourced, renewable, don't require a lot of energy and processing, allow their occupants healthy living conditions. Having good thermal performance and providing healthy living conditions, adobe buildings have the potential to contribute solving the housing demand in our country.

In this study, to improve and modernize the adobe construction system, to encourage the greater use of adobe buildings, the use of new building technologies with adobe system is proposed.

In order that, the use of gypsum stabilized adobe system with light gauge steel system is examined. A two-storey house project, designed by using these technologies, is examined through its construction period and performance requirements and the compatibility of the project to ECCREDI's aims is discussed.

The study consists of five main sections. In the introduction part, the aim, limits and the method of the study are described.

In the second part, housing demand, housing problem in our country and the aim of housing sector are generally described.

In the third part, residential light gauge steel system is examined according to its construction period and performance requirements.

In the fourth section, adobe and gypsum stabilized adobe (Alker) building technologies are examined according to their construction periods and performance requirements.

In the fifth section, to examine the usability of light steel and alker building technologies, a two storey house project designed by using gypsum stabilized adobe and light steel systems is analysed through its application period and performance requirements and the compability of the project to ECCREDI' s aims is discussed.

1. GİRİŞ

Konut ihtiyacı, hızlı nüfus artışı, siyasi ve doğal olaylar sonucu insanların yer değiştirmesi ile artış göstermektedir. Dünya ülkeleri, artan konut ihtiyacının karşılanması için sorunu hızlı ve rasyonel çözebilecek, dünya kaynaklarının ve enerjinin tasarruflu kullanımını sağlayacak, çevreyle uyumlu yeni yapı teknolojileri aramaktadır.

Avrupa Birliği Araştırma ortamında (European Research Area , ERA) kurulan, 'The European Council for Construction Research, Development and Innovation (ECCREDI)' in araştırma hedefleri dünyadaki beklentileri göz önünde bulundurarak, aşağıdaki gibi özetlenmektedir: [1]

- Kullanıcı ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılması ve karşılanması
- Daha yüksek kalitede hizmet işlemleri
- Yeni teknolojinin daha etkin kullanımı
- Daha fazla sürdürülebilirlik
- Ürün ve işlemlerde daha yüksek kapasitede yenilikçilik
- Daha yüksek performansta işgücü

Konut üretiminde karşılaşılan problemler yapı üretiminden başlayarak yeni teknolojilerin uygulanmaması, belli düzeyin altındaki kalite düşüklüğü, kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanamaması, konutların çevre açısından sürdürülebilirlik değerlerini taşımasına kadar gelmektedir.

Mevcut konut stoğunun kalite bakımından yetersiz olması, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayamaması konut talebini artıran faktörlerdendir. Türkiye' de özellikle konut iç konforunu belirleyecek ısı, su ve ses yalıtımı gibi yapı fiziği sorunlarına gereken önem yeterince verilmemekte, sıhhi tesisat veya klima tesisatı projelerine bağlı olmadan yapımlar gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde bitirilmiş bir konuta kullanıcı geçtiği zaman yeniden bir yapım sürecine girmektedir [2].

TÜBİTAK' ın düzenlediği Vizyon 2023 projesi, İnşaat ve Altyapı Panelinde, Sektörde gelecek yirmi yıllık süre içinde, Türkiye' yi etkilemesi ve bu nedenle teknolojik gelişme sağlanması gerekli görülen teknoloji alanlarından biride nitelikli konut yapım teknolojileri olarak belirlenmiştir [3].

Bu teknoloji alanlarının belirlenmesinde ECCREDI' in araştırma hedeflerine benzer şekilde: pazar geliştirme yeteneği, yeni pazar yaratma olasılığı, yeni sanayi girişimi başlatma olanağı, rekabet gücü, istihdama katkısı, çevreye olan duyarlılığı, enerji tasarrufuna katkısı, yerel kaynak kullanımı, toplum tarafından benimsenebilirliği, teknoloji (Ar-Ge) yoğunluğu parametreleri göz önünde tutulmuştur [3].

Sürekli ve hızla gelişen dünyada, çevre sorunlarının insan sağlığını tehdit edici boyutlara ulaşması, çevre bilincinin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiş, insanlığı gelecek nesillere temiz, sağlıklı ve yaşanabilir bir çevre bırakmak üzere harekete geçirmiştir. Bu durum inşaat sektörünü de etkilemiş, yapı üretiminde yeni teknolojilerin geliştirilmesinde sürdürülebilirlik, ekolojik ve enerji etkin tasarım gibi çevreye duyarlı kavramlar önem kazanmıştır.

Yapılar, yaşam döngüleri boyunca üretim, kullanım ve dönüşüm evrelerinde dünyadaki doğal kaynakların ve enerjinin büyük bir bölümünü harcamakta, bunların sonucunda açığa çıkan gaz ve katı atıklar nedeniyle çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu değerlerin, konut ihtiyacının artışı ile daha yüksek seviyelere çıkacağı kaçınılmazdır.

Türkiye' de ki verilere bakıldığında :

- İnşaat sektöründeki yatırımlar, %74.9' luk oran ile en fazla konutlara yapılmaktadır [4].
- Konut ihtiyacı sayısal bir eksiklik olarak görülmekte, yapılardaki kalite yetersizliği ve hizmete uygunsuzluk nedenleri ile uğranılan kayıplar gözardı edilmektedir. Kalite yetersizliği gereğinden çok onarım işi yaratmakta işgücü ve malzeme sarfiyatına sebep olmaktadır. Üzerinde önemle durulması gereken bir nokta da iç ortamda gerekli bioklimatik konfor şartlarının sağlanamaması sonucu, kullanıcı sağlığının olumsuz yönde etkilenmesidir [5].
- Ülkemizdeki konut politika ve programlarındaki ekoloji ve sürdürülebilirlik konularına olan duyarsızlığa karşılık, özellikle gelişmiş ülkelerde, konut programlarının sürdürülebilir ve çevre duyarlı olmaları konusunda önemle durulmaktadır. Doğal kaynakların bugün olduğu gibi gelecekte de kullanılmasına olanak tanımak amacıyla toplumların etkinliklerini doğal kaynakları tüketmeden ve doğal çevreye zarar vermeden yerine getirilmesi çalışmaların temelini oluşturmaktadır [6].
- Son yıllarda konutlarda yakıt giderlerinin artması, bireyleri enerji tüketimi ile ilgili olarak önlem almaya yöneltmiştir. Enerjisinin %69'unu ithal eden ülkemizde, enerji tüketiminin %41'lik oranı konutlara aittir ve yalıtım yapıldığında yaklaşık

%50 oranında tasarruf sağlanacaktır. Bu tasarruf aile ekonomisi ve ülke ekonomisi açısından büyük anlam ifade etmektedir [7].

Günümüzde yapılar klasik işlevlerinin yanı sıra, sürdürülebilir yaşam, geri dönüşüm ve enerji üretimi gibi kavramlara yaklaşımları ile yeni bir anlam kazanmaktalar. Çevre ve enerji duyarlılığının, teknolojinin, sürdürülebilir yaşam kavramının mimari ile bütünleştirilmesi gelecek açısından kaçınılmazdır. Tüm bu veriler ele alındığı zaman, konut yapımında uygun teknoloji seçiminde yenilikçi, yaratıcı hatta radikal yapım sistemlerinin belirlenmesinin gerektiği görülmektedir.

Ülkemizin yapı kültüründe oldukça büyük bir yeri olan kerpiç; doğal, kolay elde edilen, üretiminde az enerji ve işlem gerektiren, ekonomik bir yapı malzemesidir. Kerpiç yapılar sahip olduğu özellikler ile sağlıklı, çevreye uyumlu, az enerji tüketen konut üretimine son derece uygundur. Dünyada endüstrileşme ve teknolojik gelişmeler ile artan ihtiyaçların karşılanması için hızlı ve rasyonel yapım teknolojilerinin kullanılma zorunluluğu kerpiç yapıların kullanımını azaltmıştır ancak günümüzde yapı üretiminde istenen sürdürülebilirlik, ekolojik ve enerji etkin tasarım hedefleri, toplumlarda etkinliği artan sağlıklı yaşam isteği, kerpiç yapı malzemesini tekrar gündeme getirmiştir.

Kerpiç; insan, çevre ve yapı sağlığı açısından sahip olduğu olumlu özellikler ile ülkemizdeki mevcut konut ihtiyacının sağlıklı ve rasyonel çözümünü sağlayacak potansiyele sahiptir. Bu nedenle zayıf yönlerinin geliştirilmesi, daha ileriye taşınması gereken bir yapı biçimidir. İ.T.Ü' de yapılan çalışmalar sonucu alçı katkısı ile nitelikleri iyileştirilen kerpice Alker adı verilmiştir. Alker yapı sistemi gelişen teknoloji ile geliştirilip desteklenerek çağdaş inşaat sektörüne kazandırılmalı, kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. İnsanları Alker yapılara teşvik ederek, Türkiye' de mevcut konut ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olacak, sağlıklı, rasyonel ve yeni bir konut modeli önerilebilecek, ülke ekonomisine katkı, yerel kaynak kullanımı ve işçiliğin değerlendirilmesi sağlanacak, ekolojik denge korunacaktır.

1.1 AMAÇ

Yapı üretiminde istenen sürdürülebilirlik, ekoloji ve enerji etkin tasarım hedefleri ile yeniden gündeme gelen kerpiç yapılar, ısısal performansları, sağlıklı iç mekanlar oluşturmaları açısından ülkemizdeki mevcut konut ihtiyacının çözümüne yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir.

Bu çalışmada, ülkemizin yapı kültüründe büyük bir yeri olan kerpiç yapıların yeni teknolojiler ile geliştirilip desteklenerek çağdaş inşaat sektörüne kazandırılması, kullanım alanının artırılarak ileriye taşınması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, alçı katkılı kerpiç yapı sistemi ülkemizde yeni yeni uygulanmaya başlanan hafif çelik sistem ile birlikte kullanılacaktır. Bu iki sistemin birlikte kullanımı ile tasarlanan iki katlı konut projesi, yapım süreci ve performans gereksinimleri açısından incelenecek ve projenin ECCREDI' in hedeflerine uygunluğu değerlendirilecektir. Yapım sistemlerinin taşıyıcılık performansları daha sonraki çalışmalarda incelenecektir.

Hafif çelik teknolojisi, yapım süresinin kısalığı, ekonomik, güvenilir, geri dönüşümlü oluşu, hafifliği gibi olumlu özelliklerinden konut sektöründe de yararlanılması amacı ile seçilmiştir. Endüstrileşmiş bir sistemin yurtdışından doğrudan alınması yerine yeni bir teknolojinin ülke şartlarına göre geliştirilmesi sağlanacaktır.

Çalışmada incelenen ikinci yapı teknolojisi kerpiç yapım sistemi olup, sağlıklı iç ve dış mekan yaratma hedefi ile seçilmiştir. Kerpiç yapım sistemi son yüzyılda endüstriyel üretim, eğitim içinde yer almadığı için çağın şartlarını yerine getirememiştir. Dünya nüfusunun yarısını barındıran kerpiç yapıların teknoloji desteği alamayışı kullanılan ve yeni yapılacak yapıları güvensiz hale getirmektedir. İ.T.Ü' de yapılan araştırmalar sonucu mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştirilmiş alker yapı malzemesi tez içerisinde iyileştirilmiş kerpiç yapım teknolojisi olarak hafif çelik ile beraber kullanılacaktır.

Kerpiç yapı sisteminin, endüstrileşmiş bir sistem olan hafif çelik ile birlikte kullanımı, bu yapı sisteminin rasyonelleştirilmesini, daha kısa sürede üretilmesini, kalın kerpiç duvarlar yerine ince hafif çelik bileşenlerin kullanımı ile kerpiç yapıda, daha geniş mekanların elde edilmesini sağlayacaktır. Yeni teknolojilerle desteklenen kerpiç yapılara insanları teşvik ederek, ülke ekonomisine, doğal kaynakların ve yerel işgücünün kullanılmasına, çevrenin korunmasına katkıda bulunulacaktır.

1.2 KAPSAM

Çalışmada, inşaat sektöründe konut üretiminde karşılaşılan problemler genel olarak belirlenerek, konut üretiminde uygulanan yapı teknolojileri ve performans gereksinimleri incelenecektir. Bu değerler sıra ile konut yapım sistemleri arasından seçilmiş olan hafif çelik ve alker yapı teknolojilerinde incelenecektir.

Elde edilen veriler ışığında, hafif çelik ve alker yapım sistemlerinin birlikte kullanımı ile iki katlı konuta ait bir pilot proje tasarlanarak, bu projenin ECCREDI' in hedeflerine uygunluğu değerlendirilecektir.

1.3 YÖNTEM

Dünya ülkeleri, artan konut ihtiyacının karşılanması için sorunu hızlı ve rasyonel çözebilecek, dünya kaynaklarının ve enerjinin tasarruflu kullanımını sağlayacak, çevreyle uyumlu yeni yapı teknolojileri aramaktadır.

Kerpiç yapılar, sağlıklı iç mekan oluşturmaları, yerel kaynakları kullanmaları, üretim ve kullanım aşamalarında az enerji harcayarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaları ve çevreyle uyumlu olmaları açısından konut üretiminde istenen hedeflere uygundur ancak yeterli teknoloji desteği alamamaları nedeniyle endüstriyel sistemlerin gerisinde kalmıştır. Taşıyıcılığın sağlanması amacıyla kerpiç yapıda yığma kalın duvarların yapılması, yapım sürecini uzatırken mekanlardaki kullanım alanını da azaltmaktadır.

Çalışmada, alçı katkısı ile nitelikleri iyileştirilen (alger) kerpiç yapı teknolojisinin, gelişen teknoloji ile desteklenip geliştirilerek, çağdaş inşaat sektörüne kazandırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, dış kabuğu sağlıklı ortam şartları yaratması nedeniyle alger yapı sistemi ile; iç bölme duvarları, döşeme ve çatısı, yapım süresinin kısalığı, ince bileşenlerden oluşması, hafifliği nedeniyle hafif çelik sistem ile tasarlanan iki katlı konut projesi, yapım süreci ve performans gereksinimleri açısından incelenecek, bu projenin ECCREDI' in hedeflerine uygunluğu araştırılacaktır.

Çalışma beş ana bölümden meydana gelmiştir. Giriş bölümünde problem belirlenerek çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi anlatılacaktır.

İkinci bölümde, Türkiye' de konut üretiminde karşılaşılan problemler genel olarak belirtilip, konut yapılarında yapı teknolojileri ve performans gereksinimleri incelenecektir.

Üçüncü bölümde, konut yapım sistemleri arasından seçilen hafif çelik sistem, yapı teknolojisi ve performans ihtiyaçları açısından incelenecektir.

Dördüncü bölümde, kerpiç ve alçı katkılı kerpiç (Alger) yapım sistemleri, yapı teknolojisi ve kullanıcı ihtiyaçları açısından incelenecektir.

Beşinci bölümde, hafif çelik ve alger yapı teknolojilerinin birlikte kullanımı ile tasarlanan konut projesi incelenerek, projenin ECCREDI' in hedeflerine uygunluğu değerlendirilecektir.

2. TÜRKİYE' DE KONUT ÜRETİMİNDE PROBLEM BELİRLEME

Bu bölümde, Türkiye' de konut üretiminde karşılaşılan problemler genel olarak anlatılıp, konut yapılarında uygulanan yapı teknolojileri ve konutlardan beklenen performans gereksinimleri incelenecek, konut sektörünün hedefleri anlatılacaktır.

2.1 Konut Talebi ve Teknolojileri

Türkiye' de sanayileşme süreci ile birlikte 1950'li yıllardan itibaren hızlı nüfus artışı ve şehirlere olan göç konuta olan talebi artırmıştır. Öte yandan, son on yılda yaşanan ekonomik krizler ve depremlerin inşaat sektörünü ve dolayısıyla konut üretim ve alımını ciddi boyutlarda etkilemesi konuta olan ihtiyacı daha da artırmıştır.

Tablo 2.1' de görüldüğü gibi 1927 yılında yaklaşık 13 milyon 600 bin olan nüfusumuz 73 yılda beş kat artış göstermiştir. Nüfusumuz 1927-1935 döneminde yılda ortalama 314 bin kişi artarken, 1990-2000 döneminde yılda ortalama 1 milyon 133 bin kişi artış göstermiştir.

Tablo 2.1 Genel nüfus sayımlarına göre nüfus, yıllık nüfus artış hızı, nüfus yoğunluğu [8]

Sayım tarihleri Census dates	Nüfus Population	Yıllık nüfus artış hızı Annual Increase rate ‰	İl sayısı Number of provinces	Nüfus yoğunluğu Population density
28.10.1927	13.648.270	-	63	18
20.10.1935	16.158.018	21,10	57	21
20.10.1940	17.820.950	19,59	63	23
21.10.1945	18.790.174	10,59	63	24
22.10.1950	20.947.188	21,73	63	27
23.10.1955	24.064.763	27,75	66	31
23.10.1960	27.754.820	28,53	67	36
24.10.1965	31.391.421	24,63	67	41
25.10.1970	35.605.176	25,19	67	46
26.10.1975	40.347.719	25,01	67	52
12.10.1980	44.736.957	20,65	67	58
20.10.1985	50.664.458	24,88	67	65
21.10.1990	56.473.035	21,71	73	73
22.10.2000	67.803.927	18,28	81	88

VIII. beş yıllık kalkınma planına göre plan döneminde, nüfusu 20.000 ve üstü olan yerleşme yerlerinde demografik gelişmelerden doğacak yeni konut ihtiyacının 2.714.000 adet olacağı belirtilmiştir. Yenileme ve afet konutları olarak birikmiş ihtiyaç dahil, her yıl 72.200 olmak üzere, beş yılda toplam 361.000 konutun yapılması gerektiği, bu durumda, plan döneminde kentleşme ve nüfus artışı ile yenileme ve afetten kaynaklanan toplam konut ihtiyacının 3.075.000 adet olacağı tespit edilmiştir (Tablo 2.2, [9]).

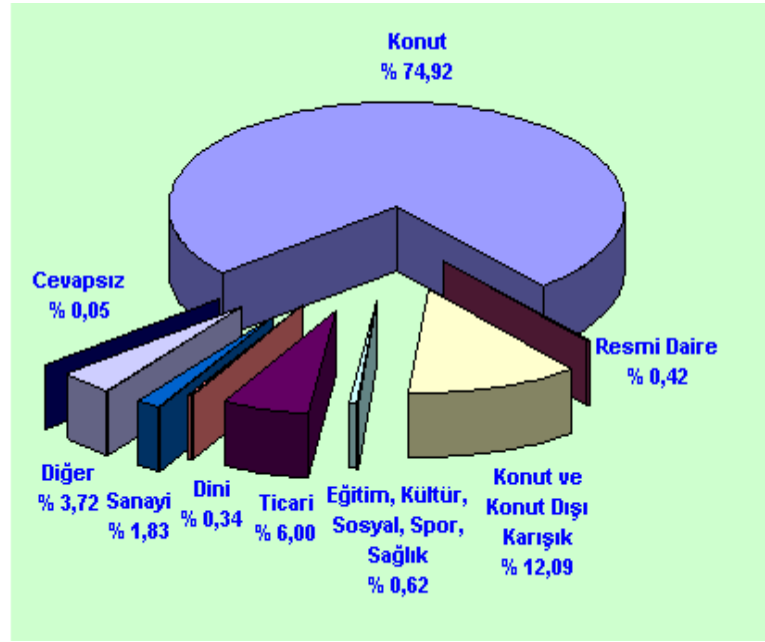
Tablo 2.2 Konut İhtiyacı [9]

Yıllar	Yıllık Kent Nüfusu Artışı ⁽¹⁾ (Kişi)	Kentlerde Demografik Konut İhtiyacı	Yenileme ve Afet Konutu İhtiyacı	Kentlerde Toplam Konut İhtiyacı
2001	2.100.000	496.400	72.200	568.600
2002	2.200.000	521.300	72.200	593.500
2003	2.221.000	527.500	72.200	599.700
2004	2.358.000	561.400	72.200	633.600
2005	2.545.000	607.400	72.200	679.600
TOPLAM		2.714.000	361.000	3.075.000

Kaynak: DPT.

(1) Nüfusu 20.000 ve üstü yerleşmeler.

İnşaat sektörü ülkemizde ekonominin öncü sektörlerinden biridir. Bu sektördeki yatırımlar konutları, konut-dışı yapıları ve altyapıyı kapsar. Bu yatırımların büyük bir kısmını konutlar oluşturmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü' nün 2000 yılı bina sayımı sonuçlarına göre belediye sınırları içindeki binaların kullanma amaçlarına göre dağılımında en fazla payı %74.9 ile yalnızca konut kullanım amaçlı yapılar almıştır (Şekil 2.1, [4]). Dolayısı ile konut alanındaki sorunlar ve iyileştirmeler sektörün tümünü, sektörün yaşadığı tüm sıkıntılar da ülkedeki konutla ilgili gelişmeleri etkileyecektir.



Şekil 2.1: Belediye sınırlarında toplam bina sayısı içinde kullanma amaçlarına göre bina sayılarının oranı, 2000 [4]

Devlet İstatistik Enstitüsü, 24 nisan-30 eylül tarihleri arasında uyguladığı IV. Bina Sayımı' nda, '2000 Yılı Bina Sayımı' sonuçlarını belirtmiştir. Araştırma sonuçlarına göre:[4]

- Yaş dağılımına bakılarak tespit edilen binaların %77,3' ünün 1970 sonrası inşa edildiği belirlenmiştir. Bu sonuç, en hızlı yapılaşmanın 1970 sonrası olduğunu göstermektedir.
- Taşıyıcı sisteme göre binaların %48,4' ü iskelet, %51,1' i yığma olarak inşa edilmiştir. Tünel kalıp sistemi ile inşa edilen bina sayısının oranı %0,1' dir. Bolu, Düzce, Kocaeli, Sakarya ve Yalova illeri dışında kalan geçici prefabrik konut alanları dışında kalan prefabrik yapıların oranı ise %0,3 düzeyindedir.
- İnşaatların dolgu maddesi cinslerine göre ise en fazla payı %59,6 ile tuğla almıştır. Bunu %18,0 ile briket, %9,8 ile taş ve %7,9 ile kerpiç izlemiştir .

Bu verilerden de görüldüğü gibi Türkiye' de konut üretiminde yığma ve iskelet yapım sistemlerinin yaygın olarak tercih edildiği, endüstrileşmiş yapım sistemlerinin uygulanma oranının düşük olduğu anlaşılmaktadır. Toplumun, yeni yapı teknolojilerinin konut yapımında sağladığı imkanlar konusunda yeterince bilinçlenmemiş olması, bu konuda yetenekli uzman elemanların yetiştirilmemesi, devletin bu yönde uyguladığı teşviklerin, izlediği yasal politika ve finansman uygulamalarının yetersizliği gibi sorunlar sektörü olumsuz yönde etkilemekte, yeni yapı teknolojilerinin konut üretiminde uygulanma oranını azaltmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin doğurduğu yeni yapı malzemeleri ve yapım olanakları, toplumsal gelişmeler sonucu ortaya çıkan yeni ihtiyaçlar, yapı sektöründe yeni ve ileri yapım sistemlerinin araştırılmasını zorunlu kılmıştır [10].

Artan konut ihtiyacı sorununun çözümü için hızlı, kaliteli ve ekonomik yapı teknolojileri aranmaya başlanmıştır. Konut yapımında üretimi hızlandırmak, kaliteyi ve ekonomiyi sağlamak için bir yandan konut üretiminde kullanılan geleneksel sistemler geliştirilirken diğer yandan da konutta endüstrileşmiş yapım sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişim içinde yapım teknikleri şöyle sıralanabilir: [11]

- Geleneksel yapım teknikleri: El iş işçiliğinin hakim olduğu, tüm temel işlemlerin şantiyede geçtiği, ancak bazı yarı mamul yapı malzemeleri ile, yapı bileşenlerinin kullanıldığı, işbölümünün yer aldığı yapım teknikleridir. Bu tekniklerde bazı işlemlerde yapı makineleri yer almaktadır.
- Geliştirilmiş geleneksel teknikler: Bunlar endüstrileşme yolunda ilk adım sayılmalıdır. Şantiyedeki yapım süresini kısaltmak, üretim hızını artırmak veya kaynak kullanımını rasyonalize etmek için çeşitli yollara başvurulabilmektedirler.
- Endüstrileşmiş yapım teknikleri: Binayı oluşturan tüm bileşenlerin veya bitmiş binanın önceden üretilerek yerine monte edilmesi ile yapım süresinin minimuma indirilmeye çalışıldığı sistemlerdir.

2.2 Konutta Performans Gereksinimleri

Bir yapı, amacına göre, kullanıcılarının her türlü ihtiyacına cevap verebilir nitelikte olmalıdır. Fonksiyonları ve konfor koşullarını sağlayamayan bir yapı, bitmiş olsa bile zamanla bu ihtiyacını belli edecek ve birtakım değişikliklere yol açacaktır [12]. Dolayısı ile sağlıklı ve hijyenik mekanlarda yaşamak için yapılardaki fiziksel hareketler kontrol altına alınmalı, binalar yapı fiziğine uygun olarak inşa edilmelidir. Bu bölümde, yapı fiziği kapsamına giren etmenlerden yangın, su ve nem, ısı, ve akustik konuları incelenecektir.

• Yangın

Yapının yangın sırasında gösterdiği davranış yapı malzemelerinin özelliği ile ilgilidir. Yapı malzemeleri yangındaki davranışlarına göre A ve B olarak iki sınıfa ayrılmışlardır. Tablo 2.3' de yanma davranışlarına göre sınıfların kodları görülmektedir [37].

Tablo 2.3 Yapı malzemelerinin yanıcılık sınıfı [37]

Yanıcılık Sınıfı	Davranış	Malzeme Türü
A	Yanmaz	
A1	Hiç yanmaz	Beton
A2	Zor yanan	Taşıyünü
B	Yanar	
B1	Zor alev alan	Ahşap
B2	Normal alev alan	Sert köpük izolasyon malz.
B3	Kolay alev alan	Pamuklular

Bina taşıyıcı sistem ve elemanlarının, gerek bir bütün olarak, gerekse her bir elemanı ile, bir yangında insanların tahliyesi ya da söndürme süresinde korunmaları için yeterli bir zaman boyunca stabil kalmalarını sağlayacak şekilde hesaplanarak boyutlandırılmaları zorunludur. Söz konusu hesaplar, istenilen yangına dayanıklı ya da yangın kesici süreyi sağlayacak şekilde yapılır. Yangına dayanma süresi F harfinin yanındaki 30, 60, 90, 120, 180 dakika süre ile ifade edilir. 2002 yangın yönetmeliğine göre binalarda taşıyıcı duvarlar en az F90-A sınıfında olmalıdır.

- **Su-Nem**

Yapıda görülen su etkisi üç şekilde etkilidir:[12]

1. Yüzeysel ıslanma ve su emme olaylarının etkili olduğu haller (düz veya meyilli çatılar, ıslak hacim döşemeleri-banyo, mutfak, teras, balkonlar-, tesisat arızaları, genişleme için bırakılan derzler ve doğrama).
2. Basıncılı su ve kapilarite olaylarının etkili olduğu haller (zemin suyu ve yer altı sularının etkilediği yapı temelleri, bodrum duvar ve döşemeleri, su depoları, barajlar).
3. Yapı elemanını çevreleyen havanın nemi ve hidrotermik olayların etkili olduğu haller (duvar ve teraslarda görülen terleme ve buhar geçirimsizlik ile yapım sonrası malzeme kurumaları)

Su içinde bulunan yapı malzemelerinde su emme, yüzeysel olarak su ile temasta bulunan malzemelerde su geçirimsizlik olayı meydana gelir. Su emme olayında malzemenin boşluklu yapısı önemli bir etmendir [12]. Yapı malzemelerinin sudan etkilenmemesi için suyla temas eden yüzeylerinin su geçirimsiz katkılar veya kaplamalarla korunması ayrıca suyun birikmeden ve basınç oluşturmada eğimle veya drenaj yoluyla uzaklaştırılması gereklidir. Su geçirimsizliğinin sağlanmaması, iç

mekanlarda suyun ve nemin zararlı etkileri nedeniyle yapı ve insan sağığı açısından olumsuz etkiler oluşturur.

Yapı malzemelerinin ve mekanın nemli olması mikro-organizmaların oluşumuna, küflenmeye neden olur ayrıca ıslanan yapı elemanlarının ısı iletkenliğı artar yüzey sıcaklığı düşer, nemli yüzeylere sahip mekanların ısıtılması için daha fazla enerji harcanır. Φ bağıl nem yüzdesi iç hacimlerde %55-80, dış hacimlerde 80-100 arasında alınır [12].

Havadaki su buharı oranına bağılı olarak yapı elemanlarında terleme veya yoğuşma (kondensasyon) olayları görülür. Terleme, yapı elemanının yüzeyinde sıcaklık düşmesi ile meydana gelen buharın su haline geçmesidir. Yoğuşma ise, farklı buhar basınçlarından dolayı yapı elemanının malzemeleri arasında meydana gelen buharın su haline dönüşmesi olayıdır. Buhar akımının geçişi malzemelerin buhar diffüzyon direncine (μ) bağılıdır [12].

Terleme ve yoğuşma olayları, yapı elemanı içindeki ısı tutucu malzemenin değerini düşürmekte, metal bileşim elemanlarını korozyona uğratmakta, kaplama malzemelerinde kabarma ve dökülmelere neden olmaktadır.

İç havanın bağıl nemini azaltmak, terleyen yüzeyde hava sirkülasyonu sağlayarak havayı harekete geçirip yüzey sıcaklığını yoğuşma noktası sıcaklığının üstüne çıkarmak, nem artışının yüksek olduğu hacimlerde iç nem azaldığında nemi geri veren bir nem emici tabakayla yüzeyleri kaplamak iyi sonuç veren önlemlerdir [12].

• Isı

İnsan sağığı, içinde bulunduğu ortam ile doğrudan ilişkilidir. Isıl konfor ve iç hava kalitesi, bireyin bir ortamda ısı şartlar içinde kendini rahat hissetmesini sağlayacak özelliklerdir. Isıl konforu aşağıdaki faktörler belirlemektedir: [13]

- Ortam sıcaklığı
- Duvar yüzey sıcaklığı
- Hava hızı
- Havadaki nem miktarı

Ortam sıcaklığı ile duvar iç yüzey sıcaklığı arasındaki fark konfor hissini yakından ilgilendirmektedir. Duvar iç yüzey sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark ne kadar fazla ise konforsuzluk o kadar fazla olur. Duvar iç yüzey sıcaklığının ortam sıcaklığından uzaklaşmasının en önemli etkeni de duvarın yalıtımsız oluşudur. Konforlu bir mekanda duvar iç yüzey sıcaklığı, ortam sıcaklığından en çok 3°C az olmalıdır [13].

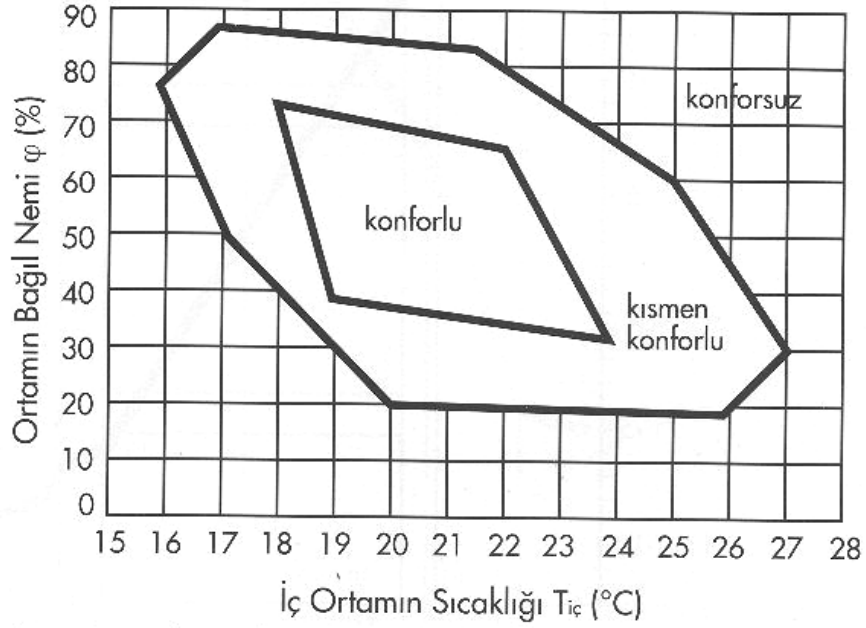
Konfor ortamını sağlamada odanın sıcaklık, nem ve hava hızı için aşağıdaki değerler verilmektedir: [13]

Sıcaklık :18-22°C

Nem :%35-70

Hava hızı :0.25m/sn

Şekil 2.2, iç ortam sıcaklığı ile ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesini göstermektedir.



Şekil 2.2: İç ortam sıcaklığı ile ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi [13]

Ortam şartlarının yanı sıra yapı bileşenlerinin özellikleri de uygun konfor koşullarının belirlenmesinde önemlidir. Bir mekanın ısı etkilerinden korunması, mekanı çevreleyen yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneğine bağlıdır. Yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneği ısı geçirgenlik direnci ile belirtilir. Bu direnç malzemelerin cinsine, kalınlığına ve ısı iletkenlik katsayısına bağlı olarak değişir [12].

Isı geçirme katsayısı (U), herhangi d(m) kalınlığındaki yapı bileşeninin (duvar, çatı v.s.) her iki tarafındaki hava sıcaklıkları arasındaki fark $1K=1^{\circ}C$ olduğunda bileşenin $1m^2$ yüzeyinden 1 saatte geçen ısı miktarıdır. Bazı literatürde, k olarak da gösterilmektedir [13]. U değerinin küçük olması yapının toplam ısı kaybının az olduğunu belirtir. Konutta ısı kaybının az olması ısıtma ve soğutma amaçlı harcanan enerjiden tasarruf dolayısıyla ekonomik katkı sağlar, daha az yakıt ve daha az atık gaz nedeniyle çevre kirliliğini azaltır, istenen ısı konforu sağlar. Yapı bileşenlerinin ısı geçirme katsayıları ile ilgili sınırlar Bayındırlık Bakanlığınca

yayınlanan TS 825 no'lu standart ile düzenlenmiştir. Yasal zorunlulukların da etkisi ile yapılarda ısı yalıtımının önemi giderek daha çok anlaşılmaktadır.

- **Akustik**

İnsan tüm yaşamını belli bir gürültü seviyesinde sürdürebilmektedir. İstenmeyen ya da insanı rahatsız eden sesler olarak tarif edilebilen gürültünün kontrol altına alınması, insan sağlığı, iş verimliliği, mahremiyet ve konfor şartları açısından zorunlu olmaktadır.

Yapılarda ses basınç düzeylerinin istenilen değerlerde sağlanarak gürültünün kontrol altında tutulmasına "Yapı Akustiği" denir. Yapı akustiği uygulamaları iki başlık altında toplanmaktadır:[14]

-Ses kaynağının bulunduğu mekan içinde, ses seviyesinin düşürülmesi ve yankılanmanın önlenmesi için yapılan uygulamaları kapsayan akustik düzenleme

-Sesin bir mekandan diğerine geçişini önlemek için yapılan uygulamaları kapsayan mekanlar arası ses yalıtımı.

İnsanlarda işitme eşiği 0 dB' e tekabül ederken, acı duyma eşiği 120dB' den itibaren başlamaktadır. Konutlarda kullanım alanlarına bağlı olarak kabul edilebilir ses basınç düzeyleri Tablo 2.4' te gösterilmektedir.

Tablo 2.4 Konutta kullanım alanlarının kabul edilebilir ses basınç düzeyleri [14]

Kullanım alanı	Ses basınç düzeyi dB
Yatak odaları(şehir)	35
Oturma odaları(şehir dışı)	40
Oturma odaları(şehir kenarı)	45
Oturma odaları(şehir)	60
Servis bölümleri(mutfak,banyo)	70

2.3 Konutlaşmada Hedefler

Yapılar, yaşam döngüleri boyunca, enerji ve doğal kaynak kullanımı, bunların sonucunda ortama bırakılan gaz ve katı atıklar nedeni ile çevre kirliliğine neden olan etmenlerin başında gelmektedir. Çevre sorunlarının dünya çapında büyük boyutlara ulaşması inşaat sektörünü de etkilemiş, yapı üretiminde yeni teknolojilerin geliştirilmesinde sürdürülebilirlik, ekolojik ve enerji etkin tasarım gibi çevreye duyarlı kavramlar önem kazanmıştır.

Konut talebinin karşılanması amacıyla dünyada ve ülkemizde çeşitli politika ve programlar uygulanmış ve uygulanmaktadır. Ancak yaşanan nüfus artışı, hızlı kentleşme sonucunda iklim koşullarındaki farklılıklar yeterince göz önüne alınmadan hemen her yere, her istenilen bina dikilmiştir, dikilmektedir. Sonuçta gereğinden fazla fosil yakıt kullanımı olmaktadır. Bu aşamada mimarlara uygulamada olduğu kadar, politikaların ve programların oluşumunda uyarı ve yönlendirme aşamalarında da önemli sorumluluklar düşmektedir].

İnşaat sektörü bireyi ve toplumu yakından ilgilendiren bir etkinlik alanı olduğundan, bu alanda sağlanacak doğrudan veya başka teknolojilerce desteklenecek teknolojik gelişmeler, toplumsal vurgu ve yaşam kalitesini etkilemesi açısından önemlidir. Türkiye'de ki inşaat sektörü; Batı Avrupa, ABD, Kanada, Japonya gibi ekonomik açıdan ve yaşam kalitesinin düzeyi açısından ileri gitmiş ülkelerde görülmekte olan hızlı teknolojik gelişmenin gerisindedir [3].

TÜBİTAK' ın Vizyon 2023 projesi kapsamında düzenlediği İnşaat ve Altyapı Panelinde, sektörde gelecek yirmi yıllık süre içinde, Türkiye' yi etkilemesi ve bu nedenle teknolojik gelişme sağlanması gerekli görülen 8 teknoloji alanı, aşağıdaki görülen öncelik sırasında sıptanmıştır: [3]

1. Malzeme teknolojileri
2. Depreme ilişkin teknolojiler
3. Nitelikli konut yapım teknolojileri
4. Yapı güçlendirme ve rehabilitasyon teknolojileri
5. Yapım (inşaat) teknolojileri
6. Enerji tasarrufu ve kaynak korunmasına yönelik teknolojiler
7. Yapı bilişim teknolojileri
8. Uzay temelli sistem teknolojileri

Türkiye' de konut üretiminde karşılaşılan problemler yapı üretiminden başlayarak yeni yapım teknolojilerinin uygulanamaması, belli düzeyin altındaki kalite düşüklüğü, kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanamaması, konutların çevre açısından sürdürülebilirlik değerlerini taşıyamamasına kadar gelmektedir.

Türkiye' de konut yapımları çoğu kez belirli bir düzeyi olan özel sektör yapımcıları tarafından gerçekleştirilmekte, planlama açısından belli kalıpların ötesine çıkmamaktadır. Mimari planlaması, yapım teknolojisi ve malzeme tercihleri yönünden uzun süre etüdları yapılmış daha sonra şantiye uygulamasına geçilen bir konut kompleksine rastlamak bir hayli zordur. Projelendirme ve etüd aşaması çok kısa, ancak yapım süresi çok uzun olan örnekler ülkemizde daha yaygındır [2].

Ancak teknolojisi gelişmiş dış ülkelerde bu tamamen ters olup, projelendirme süresi uzun, yapım süresi daima kısa olmaktadır. Bina, yapım sırasında çok kere tadilat projeleri ile değiştirilerek, bazı uygulamalar birkaç kere takılıp sökülerek sonuca ulaşmak istenmektedir. Burada asıl sorun, inşaat sektöründe istihdam edilen işçi kalitesinin çok düşük olmasındadır. Genellikle kırsal alandan bir mevsimlik çalışmalar için gelen vasıfsız işçiler yapım kalitesini düşürücü bir rol oynarlar. Özellikle konut iç konforunu belirleyecek ısı, su ve ses yalıtımı gibi yapı fiziği sorunlarına gereken önem verilmemekte, sıhhi tesisat veya klima tesisatı projelerine bağlı olmadan yapımlar gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde bitirilmiş bir konuta kullanıcı geçtiği zaman yeniden bir yapım sürecine girmektedir. Bu süreç içinde sorunların giderilmesine çalışılmakta, ancak inşaatın yapım sürecince uygulama dışı kalmış bir önlemin bu aşamada köklü olarak çözüme kavuşturulması çoğu kez mümkün olamamaktadır [2].

Ülkemizdeki konut politika ve programlarındaki ekoloji ve sürdürülebilirlik konularına olan duyarsızlığa karşılık, özellikle gelişmiş ülkelerde, konut programlarının sürdürülebilir ve çevre duyarlı olmaları konusunda önemle durulmaktadır. Doğal kaynakların bugün olduğu gibi gelecekte de kullanılmasına olanak tanımak amacıyla toplumların etkinliklerini doğal kaynakları tüketmeden ve doğal çevreye zarar vermeden yerine getirilmesi çalışmalarının temelini oluşturmaktadır [6].

Sürdürülebilir bir gelecek için çevreye uyumlu, enerji tüketimini en aza indiren, yerel kaynak kullanımını sağlayan, sağlıklı iç mekanlar oluşturan, yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir veya sık sık bakım onarım gerektirmeyen yapı malzemelerinin kullanıldığı tasarımlar önkoşullardır.

Konut üretiminde karşılaşılan bu sorunlar ele alındığında, Türkiye' de öncelikli yatırım alanı olan konut sektöründe, uygun teknoloji seçiminde alınacak kararların yaşam kalitesi, ülke ekonomisi, doğal kaynakların ve enerjinin korunumu, çevre sağlığı açısından taşıdığı önem daha iyi kavranabilir.

Bu bölümde incelenen konut yapım teknolojileri ve performans ihtiyaçları, sıra ile hafif çelik ve kerpiç yapım sistemleri üzerinde incelenecektir. Elde edilen veriler doğrultusunda, iki teknolojinin birlikte kullanıldığı iki katlı konut projesi tasarlanacak ve projenin ECCREDI' ın hedeflerine uygunluğu incelenecektir.

3. HAFİF ÇELİK YAPI TEKNOLOJİSİNİN KONUTLARDA KULLANIMI

Çeliğin diğer yapı malzemelerine göre daha üstün olan mekanik ve strüktürel özelliklerinden, yapım sırasında sağladığı kolaylıklardan konut sektöründe de faydalanmak üzere son 30 yıl içinde başta ABD olmak üzere Kanada, Avustralya, Almanya, Finlandiya, Japonya gibi ülkelerde hafif çelik (light gauge steel) yapı sistemleri gelişmiştir.

Yurt dışında konut yapımında yoğun olarak kullanılmakta olan bu konstrüksiyon sisteminin Türkiye’deki uygulamaları henüz yenidir. İzmit’te, 1999 depreminde yaşanan büyük can ve mal kaybından sonra, yapı sektörünün mevcut yapım sistemlerinin yerine alternatiflerini aramaya başlamasıyla, hafif çelik yapı sistemi ülkemizde güncellik kazanmaya başlamıştır.

Türk Yapısal Çelik Derneği istatistiklerinde, Türkiye’de konutlardaki hafif çelik yapı sistemi uygulama oranı %0.5 olarak belirtilmiştir [15].

Bu bölümde, taşıyıcı sistemlerde kullanılan çelikler arasından hafif çelik taşıyıcı sistem inceleneyecektir. Sıra ile çeliğin ve hafif çelik sistemi oluşturan soğukta şekillendirilmiş çelik parçaların malzeme özellikleri ve üretim yöntemleri anlatılacaktır. Daha sonra hafif çelik taşıyıcı sistemin özellikleri ve hafif çelik konutta kullanıcı gereksinimleri inceleneyecektir.

3.1 Hafif Çelik Yapı Teknolojisi

İnşaat sektöründe, genellikle büyük binaların (köprü, alışveriş merkezleri, fuar yapıları, ofis binaları, stadyum gibi) inşaatında kullanılan bir malzeme olan çelik, 20.yy’ın sonuna doğru hafif çelik yapıların geliştirilmesinden sonra, konutlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

3.1.1 Hafif Çelik Konutların Ortaya Çıkışı

Soğukta şekil verilerek üretilen çelik taşıyıcılı parçalardan oluşan hafif çelik yapıların kökeni, 20.yy’ın başlangıcında uçak endüstrisinin hem hafif hem de taşıma kapasitesi yüksek elemanlara ihtiyaç duyması ile başlar. Bu yapım tekniğinin ve konuyla ilgili araştırmaların hızlanmasına neden olan diğer bir sebep ise otomobil

endüstrisidir. Birinci dünya savaşı sırasında otomobil endüstrisinde ve demiryolu vagonlarında soğukta şekil verilerek üretilen ince levhalar, kaporta malzemesi olarak kullanılmıştır. Öte yandan, 2. Dünya savaşı sırasında ortaya çıkan çelik malzeme darlığı bu tekniğin daha da gelişmesine, yaygınlaşmasına neden olmuştur. Böylelikle elde edinilen bilgi ve deneyimler, soğukta şekillendirilmiş çelik levhalarla üretilen taşıyıcı elemanların yapı endüstrisinde de kullanılmasına neden olmuştur. O zamandan beri, bu yapı tekniği özellikle ABD’ de hızla gelişerek kullanılmaya devam etmiştir. Bu gelişim diğer Avrupa ülkelerinde de izlenerek yapı endüstrisindeki yerini bulmuştur. Ancak, bu tür yapım tekniğinde kullanılan boyutlandırma kurallarının klasik çelik yapıdakinden farklı oluşu ve göz önünde bulundurulması gereken mekanizmaların daha fazla oluşu, Avrupa ülkelerinde bu yapım tekniğinin uygulama hızını beklenilenin altında tutmuştur.

Amerika’da çelik taşıyıcılı evlerin ilk örneği, 1928 yılında Pittsburgh yakınlarında Mt. Lebanon’ da yapılmıştır. Amerika’da çelik taşıyıcılı konut piyasası 1991’ de 500 konuttan 1993’te 12.000 konuta çıkmıştır. Bu artıştaki en önemli neden, konut sektöründe ahşap kullanımının yarattığı olumsuz ekolojik etkiler ve ahşabın maliyetindeki artıştır. Özellikle 1993’den bu yana konut endüstrisinde çelik kullanımının potansiyeli artmıştır [16].

Almanya’da çok sayıda küçük ve orta boy şirket, çelik taşıyıcılı evleri geliştirmek için çalışmaktadır. Çeliğin konut yapımında kullanımının artırılması için, “Alman Çelik Enformasyon Merkezi”, çelik konut sistemi ve çelik üreticisi 12 imalatçıyı bir araya getirip 1999 Kasım ayında “Çelik Konut Ortaklığı”nı kurmuştur [17].

Avustralya’ da 1995 yılında tek katlı konutların %7’ sinin taşıyıcı sistemi hafif çelik sistem ile inşa edilmiştir. Sonradan çevresel nedenlerin zorlayıcı etkisi, çelik yapı tekniğinin kullanımını artırmıştır. 1996’ da hafif çelik taşıyıcı sistemle inşa edilen yeni konutların oranı %12’ye yükselmiştir [16].



Şekil 3.1: Hafif çelik taşıyıcı yapı[21]

3.1.2 Çeliğin Malzeme Özellikleri

Mekanik olarak işlenebilen, preslenerek, haddeden geçirilerek şekil alabilen demir alaşımlara "çelik" denir [18]. Bu bölümde çeliğin fiziksel ve kimyasal malzeme özellikleri ve üretim yöntemi incelenecektir.

- **Çeliğin Fiziksel Özellikleri**

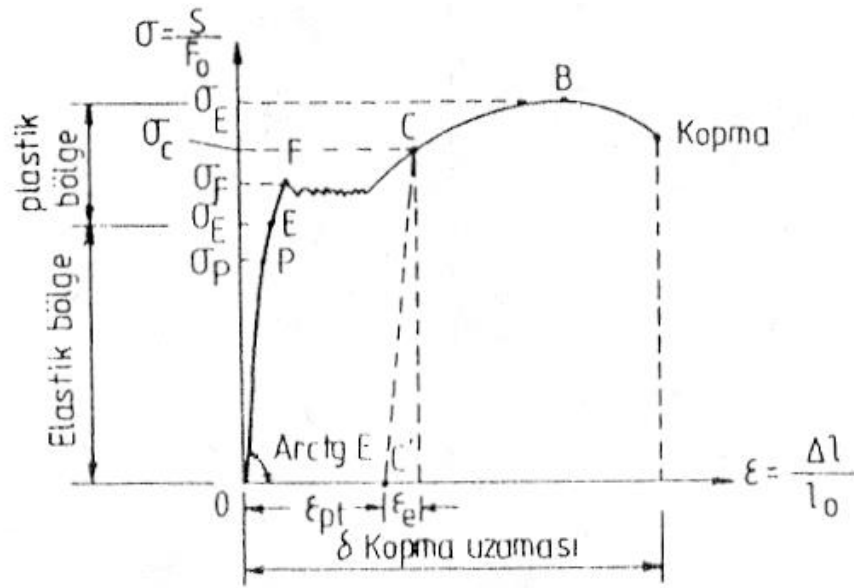
Çelik bünyesinde demirden başka %0,16-0,20 kadar karbon bulunur. Karbon miktarı artırılarak, bünyesine su verilerek ve başka madenlerle birleştirilerek çelik sert bir hale getirilir. Çelik demirden çok daha sert ve daha hafif olup daha iyi işlenebilir. Çelik, alaşımında bundan başka fosfor, azot, silisyum, mangan, bakır gibi elementler içerir. Bu elementlerin çeliğin içinde belirli miktarları aşmaması gerekir. Çelik alaşımına krom, nikel, vanadyum, molibden gibi maddelerde katılarak yüksek kaliteli çelikler de elde edilebilir. Çelikler elde edilişlerine göre Siemens-Martin çeliği, Bessemer çeliği, Thomas çeliği ve Elektro çeliği olarak adlandırılır [19].

Tablo 3.1: Çeliğin fiziksel özellikleri [12]

Fiziksel Özellikler	
Birim hacim ağırlığı	7,85 gr/cm ³
Erime sıcaklığı	1400°C
Isı iletkenlik katsayısı	35 W/m°C
Isı genleşme katsayısı	15,1x 10 ⁻⁶ cm/cm°C
Elektrik iletkenliği	14 Mho/m/mm ²

- **Çeliğin Mekanik Özellikleri**

Çeliğin mekanik özellikleri çekme deneyi sonucu belirlenir. Şekil 3.2' de çekme deneyinde elde edilen gerilme-uzama (σ - ϵ) diyagramı görülmektedir. Deneyde kullanılan çelik malzemeye sıfırdan itibaren artarak uygulanan σ gerilmesi, σ_P orantılı sınır gerilmesine varıncaya kadar malzeme lineer-elastik bir karakter gösterir, yani Hooke kanunu geçerlidir. Malzeme σ gerilmesi, σ_E elastik sınır gerilmesine kadar yine elastik kalır ancak Hooke kanuna uymaz; σ_E ' yi aştıktan sonra da elastiklik özelliği kaybolur. σ gerilmesi, σ_F akma gerilmesine vardığı zaman malzemede büyük plastik değişimler olur. Bundan sonra malzeme kendini toparlar ve gerilme σ_B kopma sınır gerilmesine varınca kopma olayı meydana gelir [19].



Şekil 3.2: Gerilme-Uzama (σ - ϵ) diyagramı [19]

Çelik malzeme, plastik bölgede C noktasına kadar yüklendikten sonra gerilme tekrar sıfır noktasına getirilirse, σ - ϵ diyagramı, OP' ye paralel CC' doğrusu olur. Şekil değiştirmenin bir kısmı geri döner, bir kısmı malzemede kalır. Çelik malzeme tekrar yüklendiğinde, σ - ϵ diyagramı olarak C'CB elde edilir, yani malzeme σ_C gerilmesine kadar lineer-elastik karakter gösterir. Bu olaya pekleşme denir. Pekleşme sonucu metalin sertliği, akma sınırı gerilmesi artar, sünekliği ise OC' kadar azalmış olur. Diyagramda elastik bölgede eğrinin eğimi çeliğin elastiklik modülüne eşittir. Elastiklik modülü (E) 2.100.000 kg/cm²' dir.

Taşıyıcı sistemler için kullanılan çelik malzeme, yapı çeliği veya yapısal çelik olarak isimlendirilir. Yapısal çelik, malzeme kalitesine göre normal ve yüksek dayanımlı yapı çeliği olarak ikiye ayrılabilir. Yapılarda çoğunlukla Thomas çeliği olarak

adlandırılan St.37 kullanılır. Normal yapı çeliği de diyebileceğimiz St.37, haddeden geçmiş, genel olarak yuvarlak çubuk halindeki yumuşak çeliktir. Bu çubuğun kırılma dayanımı $3700-4200 \text{ kg/cm}^2$ dir. Akma dayanımı sınırı $2000-2600 \text{ kg/cm}^2$ dir. Yüksek dayanımlı çelikler akma sınırı 3000 kg/cm^2 ve daha yukarı olan çeliklerdir. St.50 ve St.52 olarak adlandırılırlar [19].

- **Çeliğin Üretimi**

Çelik demirden iki aşamada elde edilir. Birinci aşamada ham demir, ikinci aşamada ham demirden çelik elde edilir. Demir cevherlerinin yüksek fırınlarda kok kömürü yakılarak ergitilmesiyle ham demir elde edilir. Ham demirde %5' e kadar karbon bulunur. Özel fırınlarda ham demire hurda demir ve diğer katkı maddeleri karıştırılarak font(pik) elde edilir. Pik demirde %4' e kadar karbon bulunduğundan işlenebilme özelliği yoktur, döküm malzemesi olarak kullanılır ve çekme mukavemeti çok azdır.

Thomas konvertörü, Bessemer konvertörü, Siemens-Martin fırını, elektrik fırını gibi özel fırınlarda, ham demir arıtılarak ve gerekli katkılar yapılarak çeşitli çelik cinsleri elde edilir. Bu fırınlardan sıvı halinde çıkan çelik ingot kalıplarına dökülür. Kütük denilen prizma şeklindeki dökme çelik bloklar haddelenmek suretiyle, çeşitli şekillerde olmak üzere, çelik ürünleri elde edilmiş olur.

20. yüzyılın başından itibaren elektrik fırınlarının da kullanılmaya başlanmasıyla dökme çelik üretimi artar, böylece 1890 yılından itibaren dövme çelik yerini tamamen dökme çeliğe bırakır. Dökme çeliğin kullanılmaya başlanmasıyla da modern çelik yapı tekniği ortaya çıkar ve bu alanda büyük ilerlemeler kaydedilir [19].

Türkiye, çelik üretiminde dünyada 16'ncı sırada yerini alıyor. Ancak Türkiye' deki 14 milyon tonu aşan yıllık çelik üretiminin yaklaşık 400 bin tonu yapısal çelik sektöründe kullanılıyor. Ülkedeki toplam inşaatların ancak yüzde 5'inde çelik taşıyıcı sistem kullanılıyor. Endüstriyel yapılar, köprüler gibi benzeri yapıları çıkarırsak, konutlardaki çelik kullanım oranı yüzde 0.5'e kadar iniyor. İngiltere'de aynı oran yüzde 54, İskandinav ülkelerinde yüzde 40, Fransa ve Almanya gibi betonarme kullanımının yaygın olduğu Avrupa ülkelerinde bile yüzde 30'un altına inmiyor [15].

- **Çeliğin Sağladığı Avantajlar**

Konutlarda çeliğin malzeme olarak kullanımının getirdiği üstünlükler üç başlık altında toplanabilir:

Mimari açıdan üstünlükler

- Çelik yapı tasarımı estetik ve yaratıcılığa açıktır. Çeliğin şekil alma olanağı sınırsız olduğundan, taşıyıcı yapıda çok çeşitli şekillerde kullanılabilir. Yapısal çelik fabrikada çok değişik şekillerde işlenebildiğinden tasarımcılar için sınırsız yaratıcı olanaklar sağlar.
- Taşıyıcı sistem bileşenlerinin narinliği ve geniş açıklıkların geçilmesi nedeniyle mekandan tasarruf sağlanır.
- Diğer malzemelerle geçilemeyecek büyük açıklıklar, çelik malzeme kullanılarak geçilebilir.
- Yapıda, doğru hesaplanmak koşuluyla büyütme veya tadilat yapılmak istendiğinde kolaylıkla yapılabilir.
- Sürdürülebilir yapılaşma için gerekli olan yapı malzemesidir. Çelik dünyanın en çok ve %100 olarak geri dönüştürülen malzemesidir. Çelik hurda %100 çeliğe dönüşür ve doğru yapılsa kalite ve güvenilirlik kaybı olmaz. Yapılarda çelik kullanmak tasarımcılar için çevre bilinci fırsatı ve çevreye karşı sorumluluklarını yerine getirme olanağı sağlar. Çelik yapı söküldüğü zaman bile geriye atık malzeme bırakmaz. Yapısal çelik malzemeler, çeşitli kesit ve yüksek dayanımlı çelik kaliteleriyle sınırsız çözüm olanakları, daha az malzeme kullanımı daha az ağırlık sağlar. Bu da en iyi ve en ekonomik çözümün elde edilmesi demektir.

Taşıyıcı sistem yönünden üstünlükleri

- Yüksek mukavemetli bir malzeme olan çeliğin öz ağırlığının taşıdığı yüke oranı çok düşüktür, bu da yapıda hafiflik getirmektedir. Böylelikle daha az malzeme kullanılır, yapının çekirdeği %30-%40 hafifler, temel maliyetleri yaklaşık %15 - %25 azalır, daha az taşıma yapılır. Bu da daha düşük yapı maliyeti, daha az çevre aşınması, daha az kirlilik ve daha az toplumsal maliyet demektir. Çelik yapıların ağırlıkları, betonarme yapılara göre % 50 daha az olması nedeniyle zayıf zeminlerde çelik yapı yapılması tercih nedenidir.
- Yapı çeliğinin sünek bir malzeme oluşu ve çelik yapıların hafifliği depreme dayanımlarını artırır. Deprem etkileri altındaki bir yapının enerjiyi sönümlendirmesi için, yapı malzemesinin sünek davranışı gereklidir. Çelik taşıyıcı yapı elemanları sünek olduğundan üzerlerine düşen enerjiyi çok iyi sönümlerler, bunu yaparken taşıyıcı yeteneklerini ve duyarlılıklarını kaybetmezler. Aynı zamanda deprem etkilerinin kütlelerle, dolayısıyla ağırlıkla orantılı olması nedeniyle, çelik yapıların hafifliği de, yapıya etkiyen deprem yüklerini azaltmaktadır [26].

- Yapının kullanım ömrü boyunca, çelik malzemenin özellikleri sabittir, boyutlarında küçülme ve çekme olmaz. Dayanım açısından da korozyon ve yangına karşı gerekli önlemler alınırsa, işlev ve dayanımından bir şey yitirmez, uzun ömürlüdür.

Uygulama ve inşaat açısından üstünlükleri

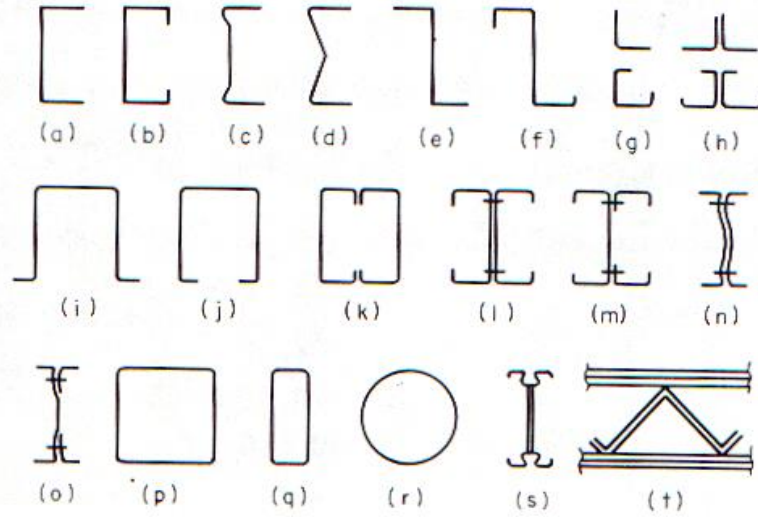
- Çelik taşıyıcı sistem fabrikada, ön-üretimli olarak standart ve yönetmeliklere uygun olarak kontrol edilir ve üretilir. Dolayısıyla çelik taşıyıcılı yapılar endüstriyel kalite güvencesi içerir. Tüm yapısal çelik elemanlar yapım sırasında, yapı bittikten sonra ve yapı kullanılırken görünebilir ve kontrol edilebilir. Üretimde toleranslar mm mertebesinde olduğundan tüm elemanlar kesin ölçüsünde, montaj sorunsuz ve kusuruzdur.
- Çelik taşıyıcı elemanlar atölyede işlendiğinden, montaj aşamasında hava koşullarından etkilenmezler dolayısıyla inşaat süresi kısalmır.
- Çelik bir yapı, inşaatının daha hızlı olması sonucunda, çok daha erken kullanılabilir duruma gelerek daha erken gelir sağlayabilir. Ayrıca hızlı gerçekleştirilebilmesi, alınacak kredilerin daha çabuk geriye dönmesine neden olarak kredi maliyetlerini de düşürür. Çelik yapının hızı sayesinde, şantiye masrafları ve ekipman kiralrı için yapılan ödemeler daha erken biter ve bütün bu hususlar, yapının tümsel maliyetini ciddi şekilde etkileyen faktörlerdir.(19)
- Uygulamada kalıp kullanılmadığından ölü malzeme maliyeti yoktur.
- Mekanik ve elektrik tesisat kanalları, döşeme iç hacimleri boş olduğundan bu boşluklardan geçirilebilir, böylelikle kat yüksekliğinden kayıp verilmez. Çelik yapıda tesisat bölgelerine kolay ulaşılır, bakım ve yenileme çok kolay yapılır.

3.1.3 Hafif Çeliğin Malzeme Özellikleri

Hafif çelik profiller, sıcakta çekilmiş profillerden farklı olarak, normal oda koşullarında şekillendirildikleri için, soğukta şekillendirilmiş ince cidarlı çelik parçalar olarak da adlandırılmaktadır.

• Statik Özellikler

Kalınlıkları 0.50mm ile 2.50 mm arasında değişen genellikle U, C, Z şekilli profiller, roll forming ya da pres makinelerinde istenen şekiller verilerek sahip olunan şeklin getirdiği özellikler sayesinde o kalınlıktaki bir levhaya oranla oldukça yüksek bir yük taşıma kapasitesine ulaşmış olmaktadır. Hafif çelik sistemin statik özelliklerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak hesaplarının yapılması ve boyutlandırılması taşıma gücü yöntemine göre yapılmaktadır [14]

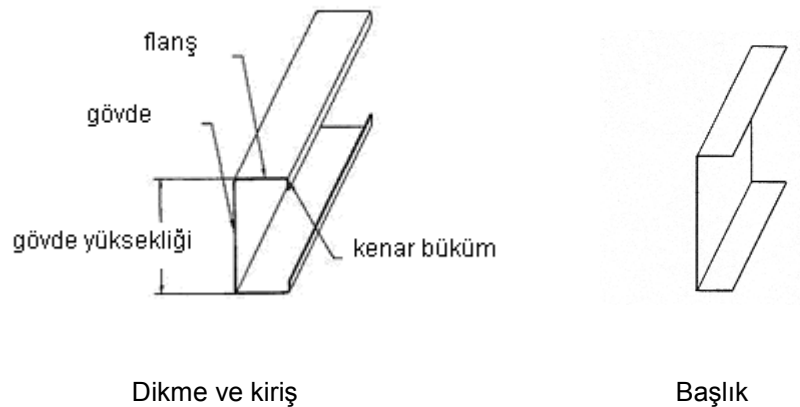


Şekil 3.3: Galvanizli saçtan bükme hafif çelik taşıyıcı profiller [20]

- **Geometrik Özellik**

Bükme profiller, taşıyıcılık ve birleştirme tekniklerine göre, değişik şekillerde üretilir. Şekillendirmede kullanılan makinelerin yapabilirliği de sınırlayıcı unsurdur. Merdaneli makineler boy saçları, giyotin makineler levhaları bükür. Taşıyıcılık ve birleştirme tekniklerine uygun levha kalınlığı seçilmelidir. Bitmiş ürünlerdeki boyut toleranslarına dikkat edilmelidir [21].

Hafif çelik taşıyıcı sistemde en çok kullanılan C kesitli elemanlardır. Basit bir C eleman Şekil 3.4' de gösterildiği gibi üç bölümden oluşur: flanş, gövde ve kenar büküm. Gövde genişliği 50mm ve 300mm arasında değişir [22].



Şekil 3.4: Hafif çelik C profil [22]

- **Soğukta Şekil Verme Yöntemleri**

Soğukta şekillendirilmiş parçaların üretiminde genel olarak sürekli şekil verme ve pres kullanma yöntemleri kullanılır.

- Sürekli şekil verme yöntemi

Sürekli şekil verme yöntemi çoğunlukla yapı sistemlerinin ana taşıyıcı elemanlarının üretiminde kullanılır. Ayrıca pencere ve kapı kasaları, borular, tarımsal malzemeler, kamyon, yolcu treni, yük vagonu, ev eşyaları ve benzeri ürünlerde de kullanılır [16].

Roll forming makinelerinden geçen saç şeridi çeşitli kademelerde adım adım şekillendirilerek son formunu alır. Bu adımların her birine 'Pas' veya istasyon adı verilir. Bir kesit şeklinin oluşması için gerekli istasyon sayısı kesit şeklinin ne kadar karmaşık olduğuna bağlıdır. Örneğin levha kalınlığı 2mm' nin üstünde olan bir Z kesitin oluşturulması için beş veya daha fazla pas gerekir [23].

Sürekli şekil verme yönteminin en belirgin üstünlüğü, üretim hızının yüksek oluşudur. Diğer önemli üstünlüğü ise önceden galvanizlenmiş veya boyanmış malzemenin kaplamasına hasar verilmeden şekillendirilebilmesidir [23].

- Pres kullanma yöntemi

Bu şekil verme yöntemi daha çok basit şekilli, kısa boydaki parçalar için kullanılır. Kullanılan presler 3- 3,5m uzunlukta eleman oluşturulmasına imkan verir. Ancak 8m uzunluğunda eleman üretimine olanak veren kuvvetli presler de mevcuttur. Kesit şeklini oluştururken meydana getirilen her köşe bir pres darbesiyle oluşturulur.

Her iki şekil verme yönteminden hangisinin en uygun olduğunu belirleyecek en önemli faktör maliyettir. Ayrıca, tesisin kurulması veya üretimin mevcut bir tesiste yapılması da üretim maliyetini ciddi oranda etkilemektedir [23].

- **Boyutlandırma Standartları**

Hafif çelik taşıyıcı elemanların üretim şekli, profil yapısı, birleşim araçları ve yapı içinde kullanılış yöntemleri gibi özellikleri ile ağır çelik elemanlardan farklı oluşu ve hafif çelik elemanlarla ilgili bir standardın olmaması, bu tür yapı sistemiyle ilgili bir standartın hazırlanması gereğini ortaya çıkartmıştır.

Hafif çelik taşıyıcı elemanlarla ilgili bir standartın hazırlanmasına alt yapı oluşturacak yeterli seviyede bilgi, uygulama tecrübesinin olmaması nedeniyle, A.I.S.I (American Iron and Steel Institute) tarafından 1939 yılında Cornell Üniversitesinde soğukta şekillendirilmiş ince cidarlı çelik taşıyıcı elemanların, çeşitli yükleme hallerindeki davranışlarını incelemek üzere çalışmalar başlatılmıştır. Cornell Üniversitesi başta olmak üzere araştırmaya katılan diğer ABD üniversitelerinden elde edilen araştırma

sonuçları ve uygulama deneyimleri sonucunda, A.I.S.I tarafından 1946 yılında 'Specifications for Design of Light Gauge Steel Structural Members' adı altında soğukta şekil verilmiş ince cidarlı çelik taşıyıcı elemanların boyutlandırma kurallarını içeren bir standart yayınlanmıştır. Bu standart, daha sonra yapılan revizyonlarla gittikçe geliştirilerek son halini almış ve pek çok ülkenin standardına alt yapı oluşturmuştur.

Bu konuda başta İngiltere, Kanada, Almanya, Fransa, Japonya, Hindistan olmak üzere çeşitli ülkeler, bazı kuralları A.I.S.I standartlarına dayanmakla birlikte, kendi ülkelerinin ekonomik ve teknolojik özelliklerini göz önünde tutarak, kendi ulusal standartlarını hazırlamışlardır.

Ülkemizde, henüz soğukta şekil verilmiş ince cidarlı çelik taşıyıcı elemanların tasarımına yönelik bir standart olmadığı için yabancı şartnameler kullanılmaktadır. Bu gibi durumlar için 2 Temmuz 1998 tarih ve 23390 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan değişikliklere en son "Afet bölgelerinde Yapılan Yapılar Hakkında Yönetmelik" in 5.2 kapsam maddesinin 5.2.5 şıkında "her türlü kapsam dışı yapılarda uygulanacak esaslar kendi özel yönetmenlikleri yapıncaya dek, yapımları denetleyen bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar göz önünde tutularak özel olarak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre denetlenecektir" denmektedir [24].

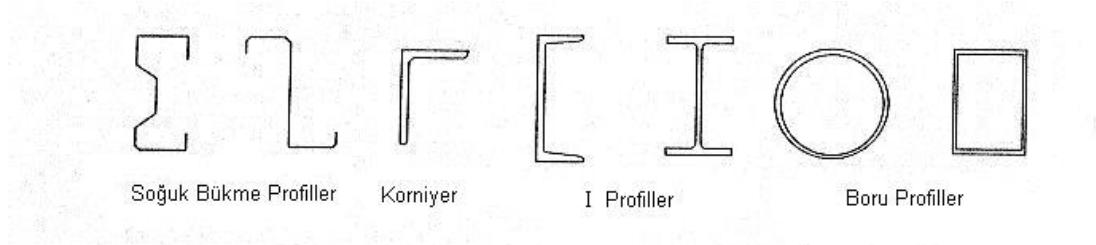
Türkiye' de Türk standartlarının olmadığı konularda inşaat sahibinin istediği işin niteliğine göre ABD, Almanya, Fransa, İngiltere gibi inşaat teknolojisinde ileri ülkelerin uluslararası projelerde kullanılan standartları kullanılmaktadır. Aynı durum soğuk şekil verilmiş hafif çelik yapı sistemleri için de söz konusudur. Ancak bu sayede çağdaş ve ileri yapı sistemlerinin Türkiye'de de uygulanabilmesi mümkündür [24].

3.1.4 Yapı Çeliği ve Hafif Çeliğin Karşılaştırılması

Hafif çelik yapılarda kullanılan profiller ve taşıyıcı sistem, yapısal çelikler içinde daha çok bilinen sıcak çekme ağır profillerin inşaat tekniğinden farklılıklar gösterirler.

- Yük taşıma kapasitesi/Ağırlık oranı oldukça yüksek optimum kesit şekillerinin ekonomik ve süratli olarak üretilmesi, soğukta şekil vererek mümkün olmaktadır.
- Ağırlıkları hafif olduğundan montajı çok daha kolay ve kısa sürede olmaktadır. Yüksek kapasitede süratli bir yapı üretimi olanağı sağlarlar.
- Üretim teknolojileri farklıdır. Hafif çelik soğuk haddelenmiş olarak normal oda koşullarında üretilmekteyken, yapısal çelik sıcak haddelenmiş olarak üretilmektedir [25].
- Kesit yapıları farklıdır. Şekil ve büyüklük olarak farklıdır [25].

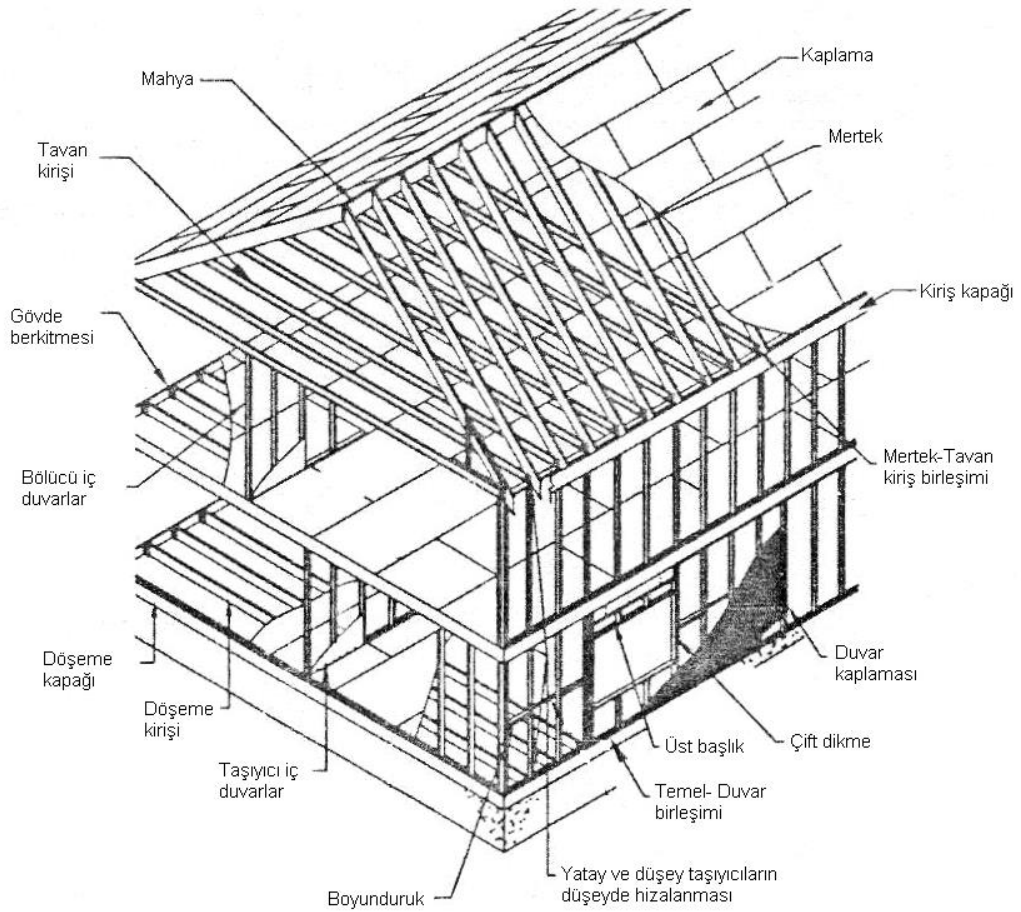
- Soğuk bükme işlemi sırasında ortaya çıkan artık gerilmeler yapısal çelikte yoktur [25].
- Ağır profiller kolon-kiriş görevi ile yapının iskeletini kurarlar. İskelet sistem yatay ve düşey kuvvetlerin tamamını taşır. Hafif taşıyıcı sistemlerde ise duvar ve döşeme kaplamaları da taşıyıcı sisteme katkıda bulunur [25].



Şekil 3.5: Yapısal çelik ve hafif çelik profiller arasındaki farklar [20]

3.1.5 Hafif Çelik Taşıyıcı Sistem

Çelik yapılarda iki tür taşıyıcı sistem kullanılır. Bunlardan bir tanesi yaygın olarak kullanılan sıcak hadde ürünü ağır çelik taşıyıcı elemanlardan oluşan sistem, diğeri ise günümüzde giderek kullanım alanı artan soğukta şekillendirilmiş ince cidarlı çelik profillerden oluşan hafif çelik taşıyıcı sistemdir. 'Hafif' tanımı konstrüksiyonda kullanılan eleman ve bileşen kesitlerinin inceltilmesinden ortaya çıkmıştır. Hafif çelik yapılar, kullanılan profiller ve taşıyıcı sistem olarak çelik iskelet yapılardan tamamen farklıdır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Hafif çelik yapı taşıyıcı sistemi [27]

Yatayda döşeme ve çatı, düşeyde iç ve dış duvarlar yapıya ait bütün yükleri taşırlar. Yatay ve düşey yükleri taşıyabilmek amacıyla ince çelik profiller sistem içinde güçlendirilir. Bağlantı noktalarındaki ilave elemanlar, yatay yük çaprazları, iki yöndeki kaplama malzemesi taşıyıcı sistemi güçlendirecek şekilde kullanılırlar [21]. Tüm sistemin montajında bulon, vida, perçin ya da kaynak işlemlerinden biri seçilerek kullanılır. Bulon, hata payının diğerlerine oranla düşüklüğü nedeniyle en

çok tercih edilen yöntemdir [25]. Vidalı birleşimlerde hem delme özelliği olan hem de tespit eden vidalar kullanılarak inşaat süresi de kısaltılmaktadır [21].



Şekil 3.7: Hafif çelik yapım sistemi [22]

Hafif çelik konut yapımında üç esas montaj yöntemi vardır: Çubuk sistem, Panel sistem, Hücre sistem.

- Çubuk Sistem

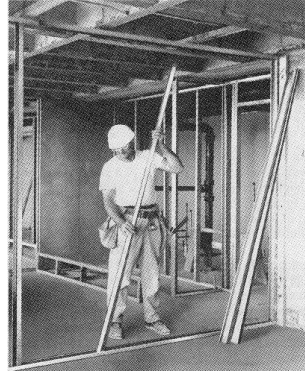
Çubuk sistem, hava koşullarına bağlı olmayan, prefabrike panellerin nakliyesinin zor olduğu durumlarda geçerli olan ekonomik bir alternatif yöntemdir. Şantiye alanına getirilen, istenilen uzunluklarda kesilmiş dikme ve kirişler ayrı ayrı düzenlenip vidalarla monte edilirler (Şekil 3.8, [28]).

- Panel Sistem

Panel sistemler, panel tip ve ölçülerinde tekrarlama olduğu durumlarda avantajlıdır. Sistemin en büyük avantajlarından biri montaj süresinin hızlı olmasıdır. Montaj süresi çubuk sistemle yapılan inşaata göre dörtte bir daha hızlıdır. Panellerle yapım, hava koşullarından etkilenmediği için inşaat gecikmeden istenen zamanda bitirilebilir. Ayrıca şantiyede açıkta kalan malzemelerde, ahşapta olduğu gibi büzülme, kabarma, eğrilme gibi problemler görülmez (Şekil 3.9, [28]).

- Hücre Sistem

Hücre sistemler ile fabrikada tamamen bitmiş ürün imali mümkün olmaktadır. Hücreler, duvar panelleri ile döşeme ünitelerinin bir araya gelerek oluşturdukları üç boyutlu mekansal elemanlardır (Şekil 3.10, [11]).



Şekil 3.8: Çubuk sistem [28]



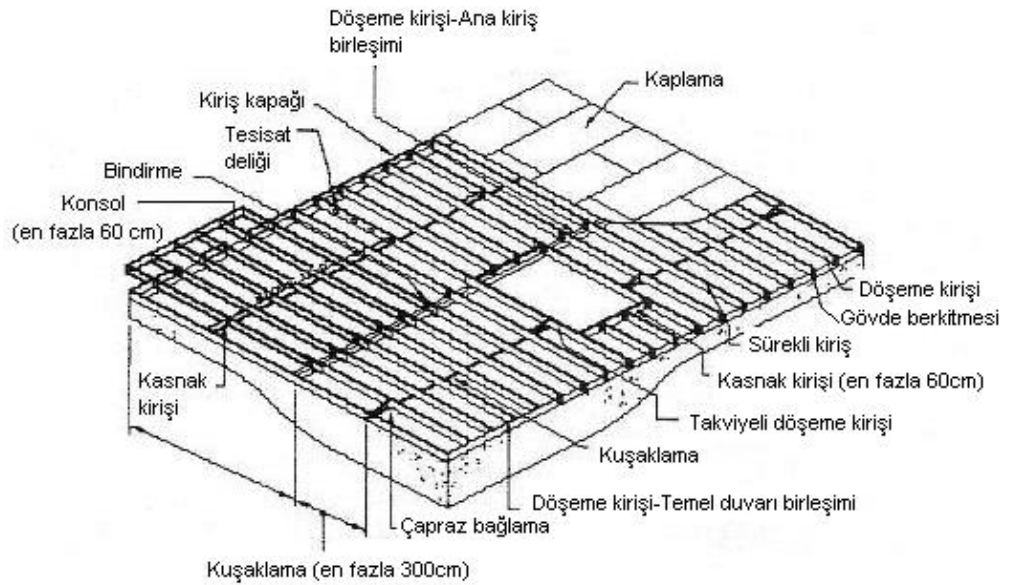
Şekil 3.9: Panel sistem [28]



Şekil 3.10: Hücre Sistem [28]

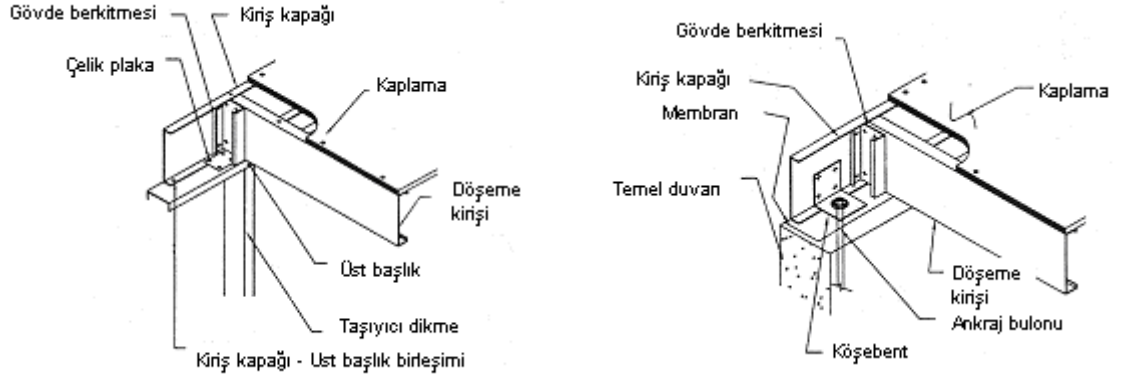
3.1.5.1 Döşeme ve Çatı

Döşemeler, üzerine gelen yatay ve düşey yükleri taşıyan, mekanlar arası ayrımı, ısı ve akustik izolasyonu ayrıca yatayda tesisat geçişini sağlayan yatay taşıyıcı elemanlardır.



Şekil 3.11: Döşeme kirişleri [27]

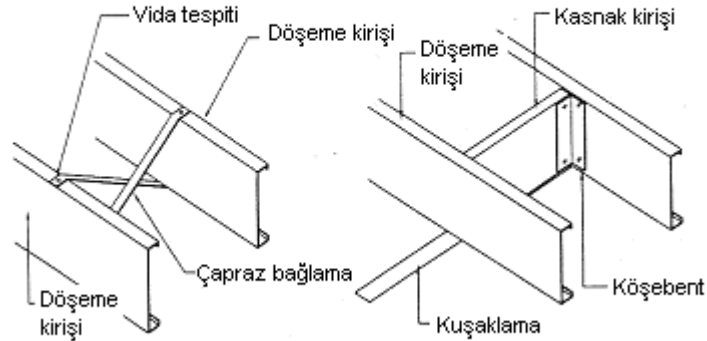
Kirişler, döşemeyi oluşturan ana taşıyıcı bileşenlerdir. Taşıdıkları yüklerde oluşabilecek değişimlere karşı yeterli dayanımda ve rijitlikte olmalıdırlar. Kirişlerin iç veya dış yanına yük taşıma kapasitelerini artırmak veya eksenel yüklerin yoğunlaştığı bölgelerde destek amacıyla köşebent, gövde berkitmeleri gibi çelik parçalar kullanılır [28]. Döşemelerin çoğu prefabrike veya çubuk sistem ile inşa edilir. Döşeme kirişleri geçecekleri açıklık boyunca kesintisiz veya ek yapılarak yerleştirilebilirler. Ek yapılması gereken durumlarda, ek yeri taşıyıcı iç duvarın üzerinde olmalıdır.



Şekil 3.12: Solda:döşeme kirişlerinin temele oturma. Sağda:döşeme kirişlerinin taşıyıcı iç duvara oturma [27].

• Döşeme Kirişinde Stabilité Bağlantıları

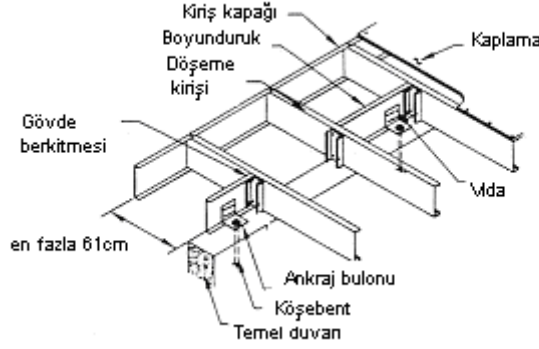
Geniş açıklık geçen döşeme kirişleri kuşaklama, çapraz bağlama, boyunduruk gibi stabilité bağlantıları ile desteklenir. 3.7m' den geniş açıklıkları geçen kirişler, alt flanşlarından yanal stabilité bağlantıları ile desteklenir. Çapraz bağlamalar veya boyunduruk, en fazla 3.7m açıklık geçen kirişler arasına kirişlere dik olacak şekilde yerleştirilir [27].



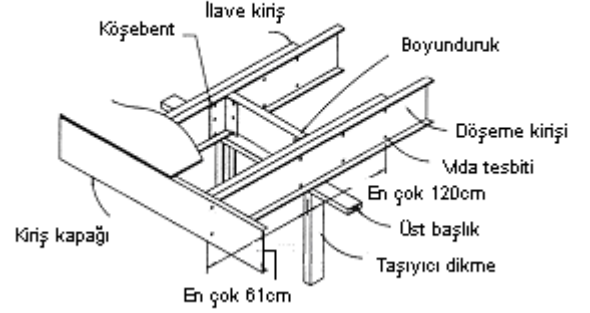
Şekil 3.13: Solda çapraz bağlama, sağda boyunduruk detayı [27]

- **Konsol**

Döşeme kirişlerinin uzatılması ile oluşan konsol 61cm' i geçmemelidir. (Şekil3.14,15). Konsol kirişler, çatı yükleriyle birlikte sadece döşeme yüklerini taşırlar. Konsolu oluşturan kirişler çift kiriş olarak kabul edilmelidir. (sırt sırta veya iç içe kutu şeklinde, [27]).



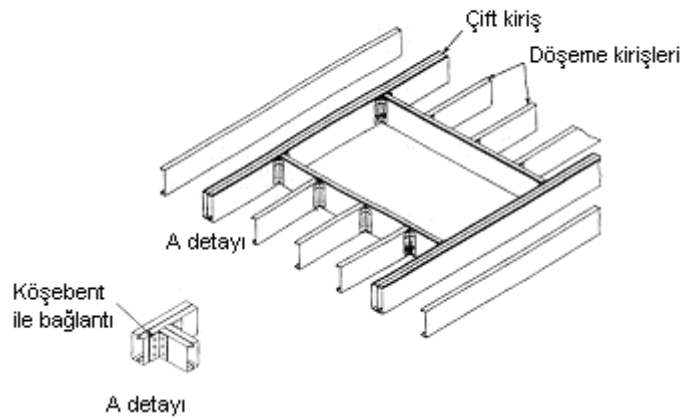
Şekil 3.14: Temel duvarına oturan konsol [27]



Şekil 3.15: Döşeme kirişleri takviyeli konsol [27]

- **Döşemede Boşluk Açılması**

Merdiven, baca, şömine için açılan boşluklar döşeme sistemini zayıflatır. Dengelemenin sağlanması için boşluk çevresinde çift kirişler kullanılarak güçlendirme yapılır [28].



Şekil 3.16: Döşemede boşluk açılması [28]

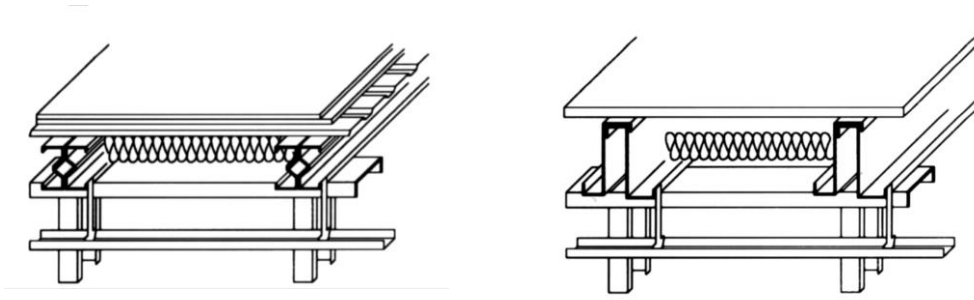
Döşemeler için değişik çözümler önerilebilir. Önemli olan döşemenin görevini yerine getirebilmesidir. Kompozit döşemelerde sistemi taşıyan çelik kirişlerle, saç trapez

levha üzerine dökülen döşeme betonu birlikte çalışır. Böylelikle, döşemeye gelen düşey yüklerle birlikte yatay yükler de kirişlere sağlıklı bir şekilde aktarılırken taşıyıcı sistemdeki vibrasyonda önlenmiş olur (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: Kompozit döşeme örnekleri [29]

Yapım sürecinde ıslak sistem istenmiyorsa ahşap yapay levha (kontraplak gibi) kullanılabilir. Bu durumda ses yalıtımı için daha çok özen göstermek gerekir (Şekil 3.18). Darbe seslerinin önlenmesi için halı ve halı altında keçe önerilebilir [29].

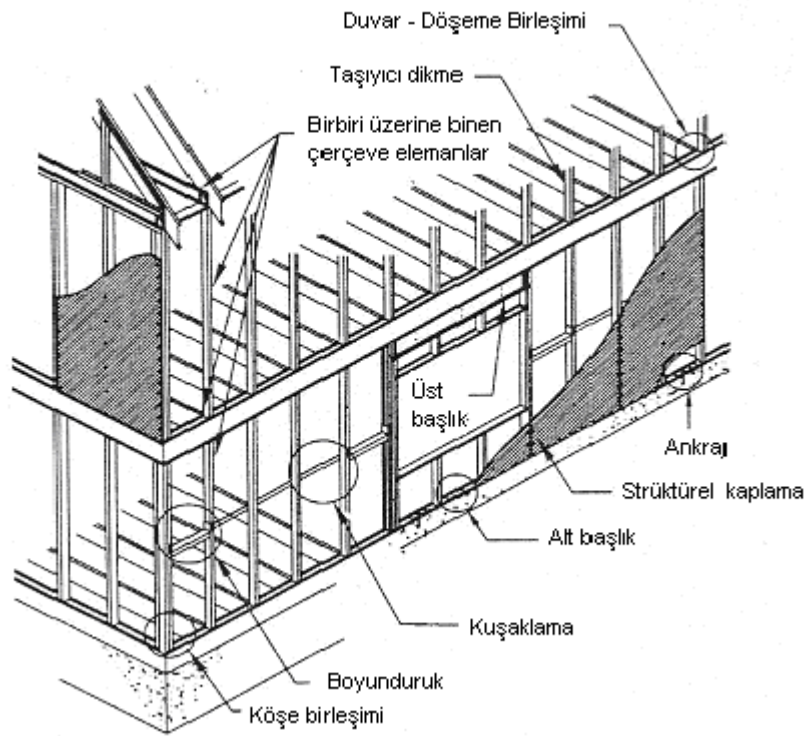


Şekil3.18: Döşemede kuru sistem [29]

3.1.5.2 Duvarlar

İç ve dış duvarlar yapının düşey taşıyıcılarını oluşturur; düşey ve yatay yüklerde yeterli mukavemeti ve stabiliteyi sağlar; mekanlarda mahremiyet ve konfor sağlayacak şekilde ses korunumu oluşturur. Duvarlar yangının yayılmasını önlemeli, duvar kaplamaları taşıyıcı çeliği yangından korumalıdır [21].

Duvar kesiti; yapı sağlığı ve mekanlardaki insan sağlığına uygun tasarlanmalı, yapının ihtiyacı olan tesisat için uygun yer bırakmalıdır. Dış duvarlar ayrıca iç mekanları atmosfer şartlarından korumalıdır.

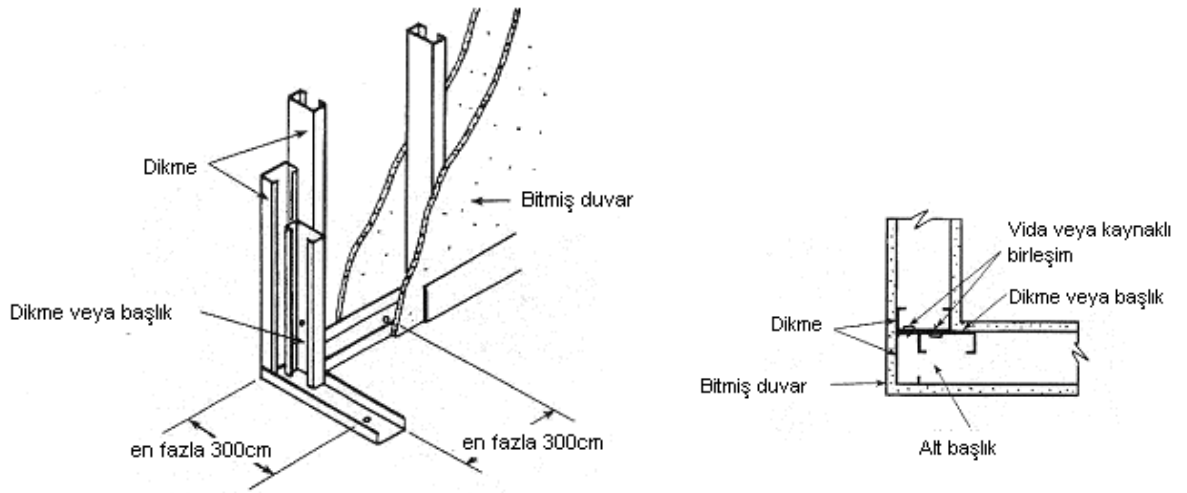


Şekil 3.19: Hafif çelik yapıda duvar konstrüksiyonu [27]

Strüktür içinde yüklerin uygun dağılımını sağlamak için taşıyıcı çerçeveyi oluşturan dikmelerin ve kirişlerin düşeyde aynı hizada birleştirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde bina yükü ve diğer yüklerin temele düzgün aktarımı sağlanmaktadır [22].

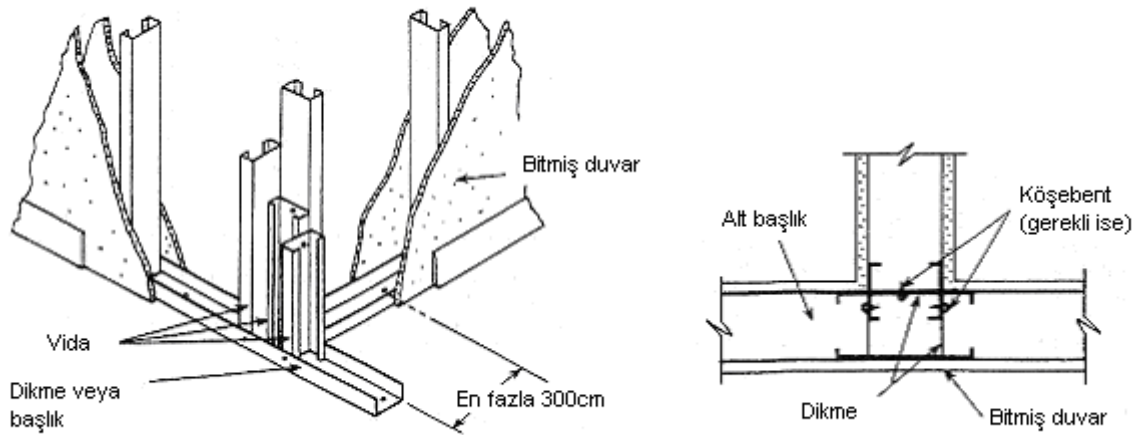
Duvar yapımında önce, galvanizli sac'tan bükülerek elde edilen profiller, yaklaşık 0.60m aralıklarla alt ve üst başlık profilleri arasına yerleştirilerek, duvarın iskeleti oluşturulur. Sonra üstüne duvar kaplamaları bağlanır. Duvar, içte ince profiller ve iki yönde genellikle kontraplak gibi, köşegen yükleri üstlenen levha ile beraber taşıyıcılığı yüklenir. Duvarların taşıdığı sistem yığma yapı prensibine benzemektedir [24].

- **Taşıyıcı Duvarlarda Köşe Oluşumu**



Şekil3.20: Duvarlarda köşeler oluşturulurken en az üç dikme kullanılır [28]

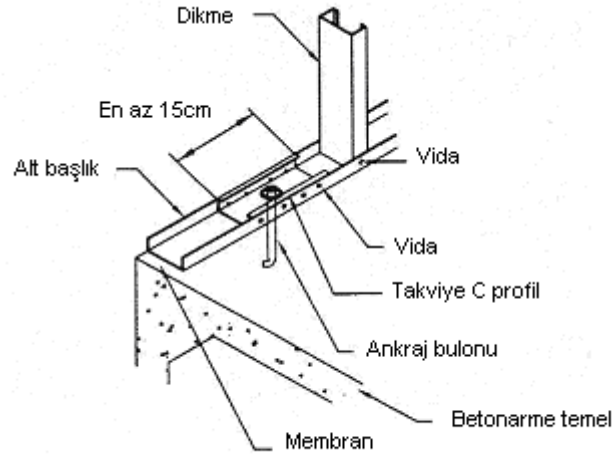
- **Duvarların Kesişimi**



Şekil3.21: Duvarların kesişim yerlerinde en az dört dikme kullanılır [28]

- **Taşıyıcı Duvar-Temel Bağlantısı**

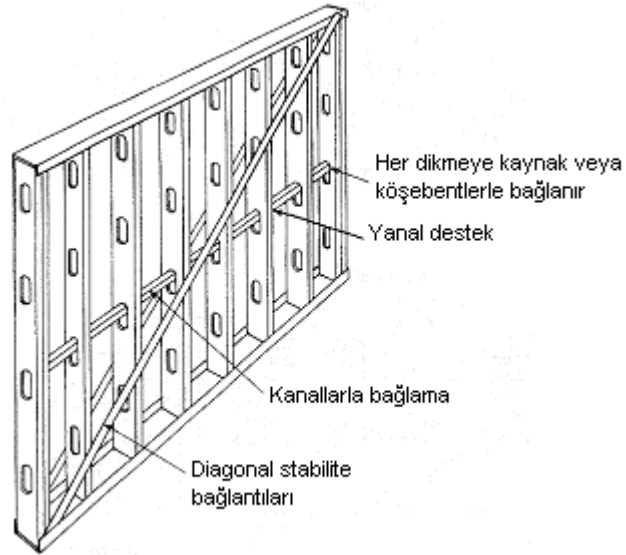
Yapının rüzgar basıncı nedeniyle dönme, devrilme gibi hareketlerini önlemek için, üst strüktürün temellere ankraj bulonları veya profilleri ile bağlanması gerekir. Şekil 3.22' de alt başlığın ankraj bulonları ile temele bağlantısı görülmektedir [28].



Şekil 3.22: Duvar-Temel bağlantısı [27]

- **Duvar Stabilite Bağlantıları**

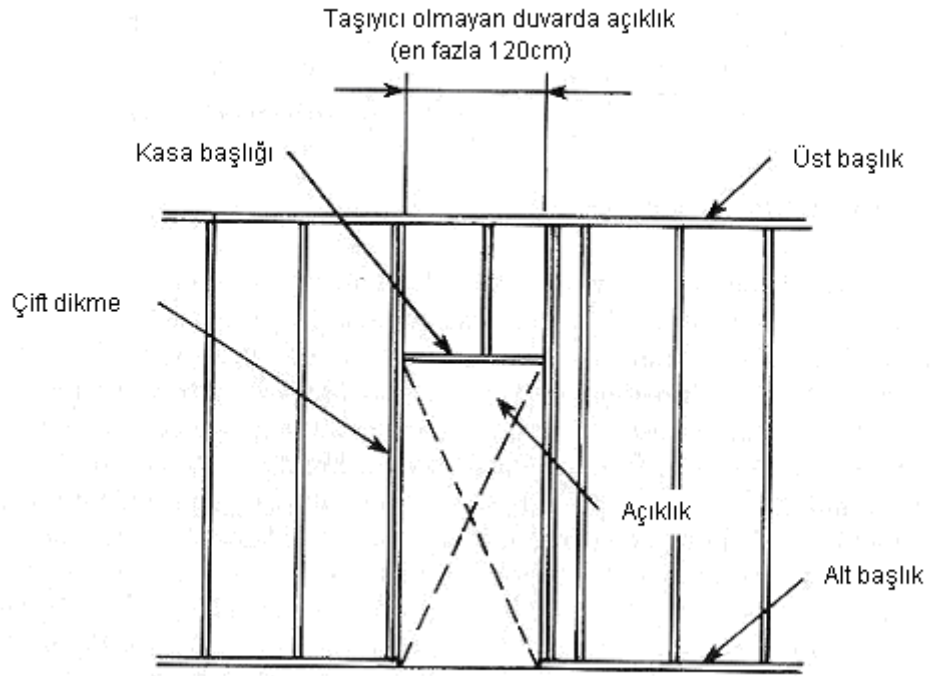
Duvarlar, yanal ve diagonal stabilite bağlantıları ile desteklenmelidir. Yanal bağlantılar dikmelerin eksenlerinden eğilmelerini, flanşların rüzgar etkisi ile dönmesini önler. Boyundurukta yanal bağlantı olarak kullanılabilir. Ayrıca dikmelerin her iki yanında kullanılan duvar kaplama malzemeleri de yapıda rijitliği sağlar (Şekil 3.23).



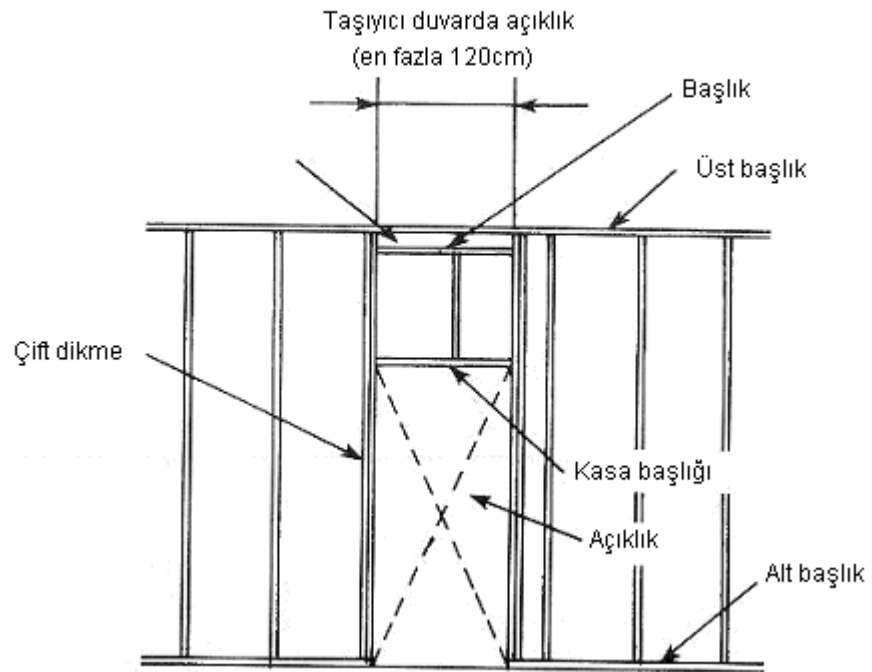
Şekil 3.23: Diagonal stabilite bağlantıları [28]

- **Kapılar**

Şekil 3.24, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlarda, kapı açıklığı en fazla 120cm olan kapıların montajını göstermektedir.



A

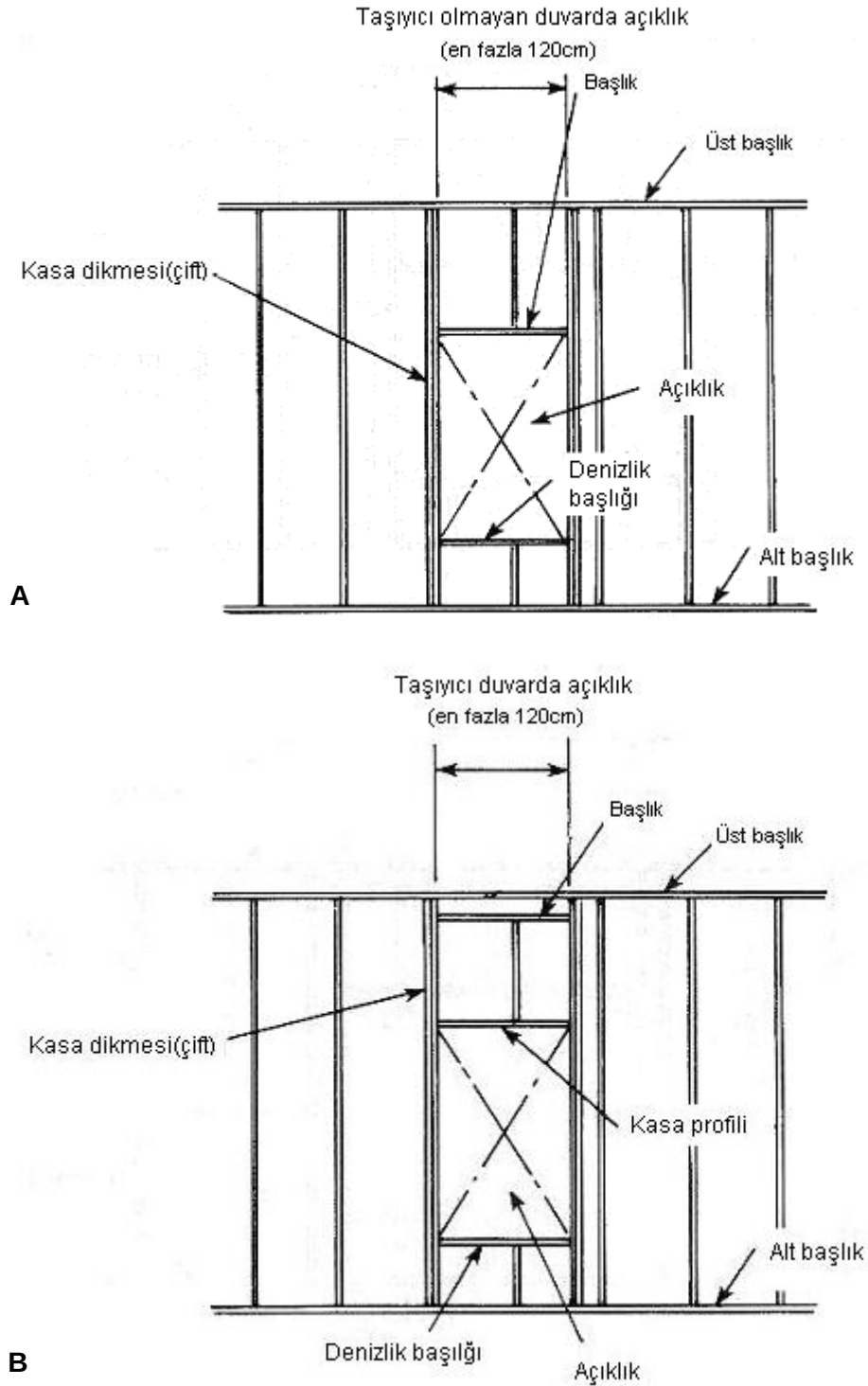


B

Şekil3.24: (A) Taşıyıcı duvarda en fazla 120cm kapı açıklığı (B)Taşıyıcı olmayan duvarda en fazla 120cm kapı açıklığı [28]

- **Pencereler**

Şekil 3.25, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlarda, pencere açıklığı en fazla 120cm olan pencerelerin montajını göstermektedir.

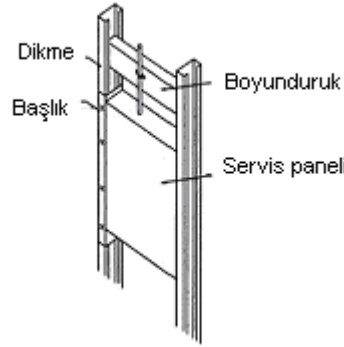


Şekil 3.25: (A) Taşıyıcı olmayan duvarda en fazla 120cm pencere açıklığı (B) Taşıyıcı duvarda en fazla 120cm pencere açıklığı [28]

- **Tesisat Sistemleri**

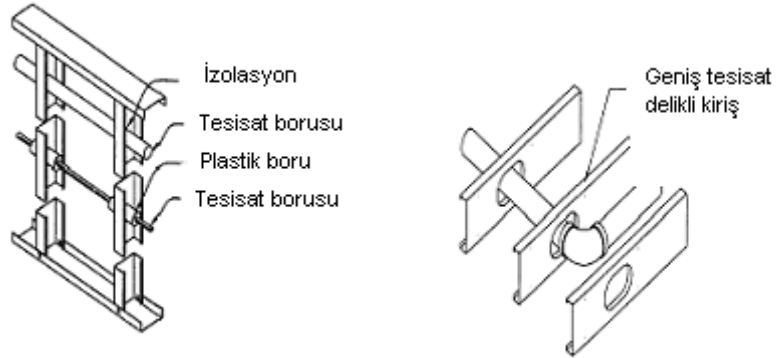
Hafif çelik sistem için elektrik, su ve diğer tesisatların montajı için gereken maliyet diğer yapım sistemleriyle yapılan sistemlere göre %20- 40 arasında azalmaktadır. Maliyetteki azalmanın sağlanabilmesi için bina yapımının her aşamasından daha fazla detaylı ve özenli bir planlama gerektirmektedir [25].

Tesisat malzemelerinin montajı , montaj için ayrılacak zaman ve iş gücü, tesisatın yerleştirileceği yapı bölgelerinin tespitinin ve planlamasının tasarım aşamasında detaylı olarak yapılması gereklidir. Bu şekilde tesisatın geçtiği bölümler, montajı fabrikada tamamlanmış olarak şantiye sahasına getirilebilir [25].



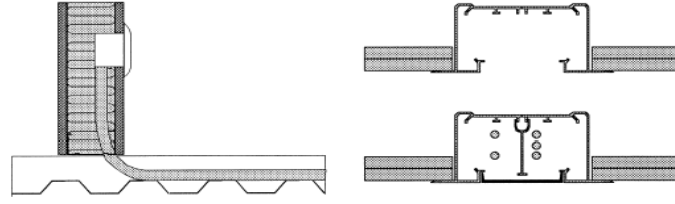
Şekil 3.26: Tesisatın düşeyde yerleştirilmesi [27]

Yapı duvarlarının içine yerleştirilen kanallar tesisatlara ilerde oluşabilecek sorunlar sırasında kolay erişebilirlik sağlamaktadır.



Şekil 3.27: Tesisatın yatayda yerleştirilmesi [27]

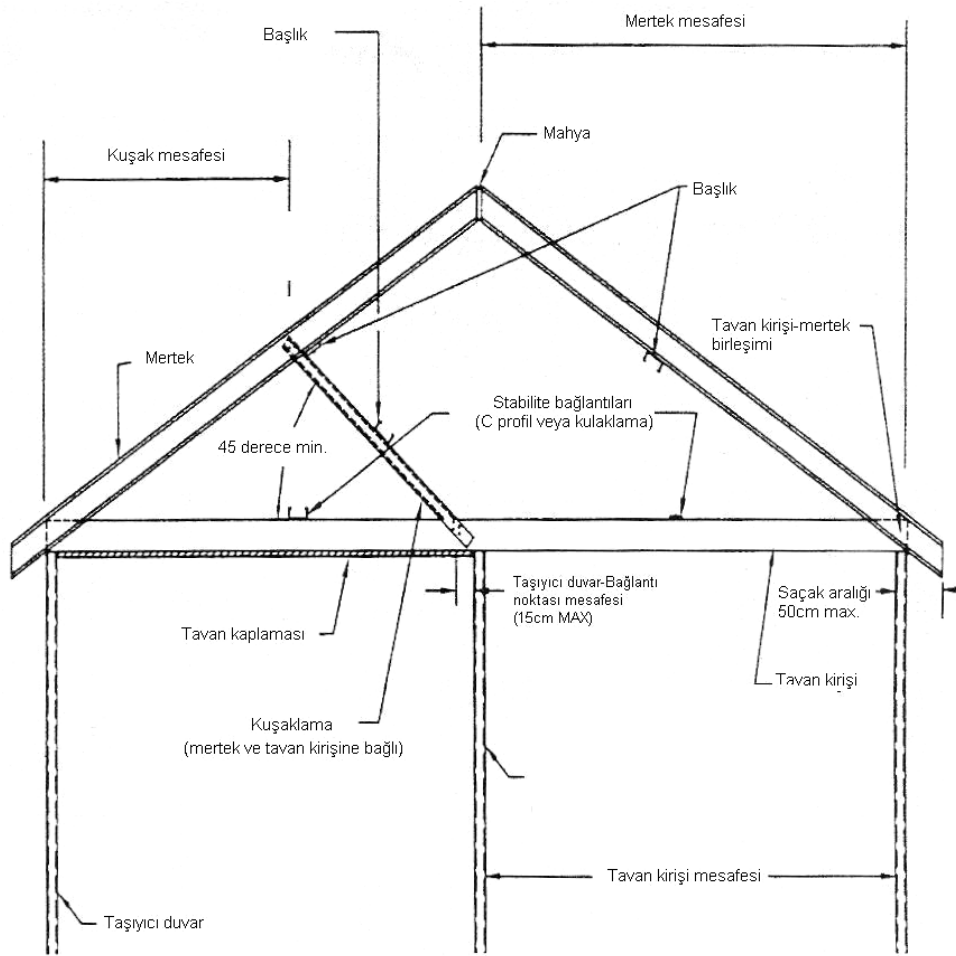
Servisler, taşıyıcısı çelik olan duvar ve döşeme boşluklarından geçirilirken çeliğin ısı ve elektrik açısından iletken olduğu hatırlanmalıdır. Bu durumda: ses izolasyonu, ısı izolasyonu, elektrik izolasyonu dikkatli bir şekilde sağlanmalıdır. Elektrik tesisatının diğer duvarlarda olduğu gibi plastik borudan geçmesi gerekmektedir. Elektrikliğin özellikle afet sonrası devreden çıkacağı sigorta sistemi devreye sokulmalıdır [21] .



Şekil 3.28: Dış duvar döşeme bağlantısı (solda). Elektrik tesisatı kanalı. Aynı kanalda bulunan telefon ve elektrik kablolarına mutlaka yalıtım uygulanmalıdır [30]

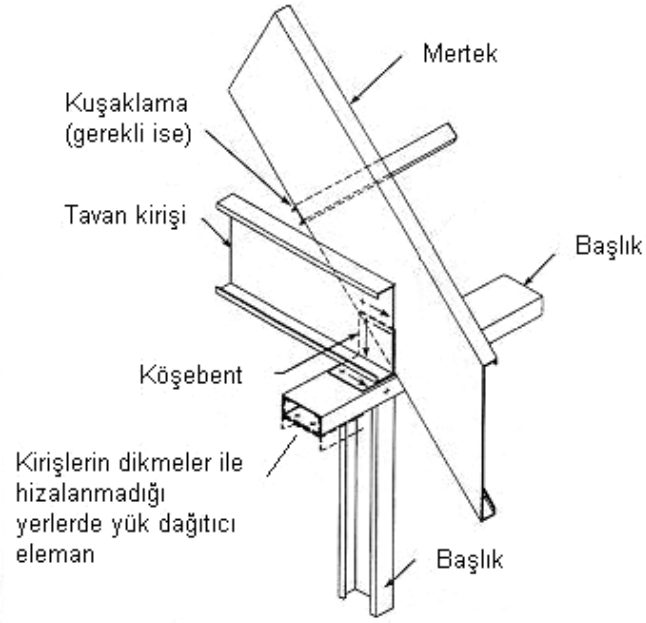
3.1.5.3 Çatı

Hafif çelik yapıda çatı konstrüksiyonu; tavan kirişleri, mertek, mahya ve makaslardan oluşur.



Şekil 3.29: Hafif çelik yapıda çatı konstrüksiyonu [27]

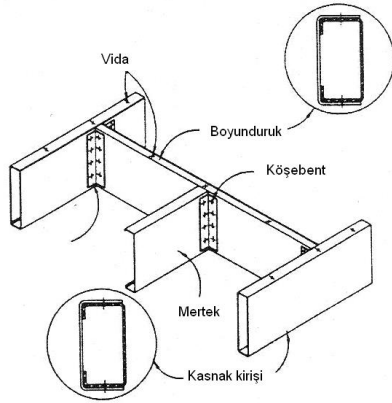
Mertekler, dış duvarda sürekliliği sağlamak için tavan kirişlerine paralel olarak bağlanır. Merteklerin alt flanşları sürekli olarak 0.84mm kalınlığında C elemanlar veya 0.84mm kalınlığında üst başlıklarla desteklenmelidir. Kirişlere paralel en fazla 2.4 m aralıklarla kuşaklamalarda kullanılabilir [27].



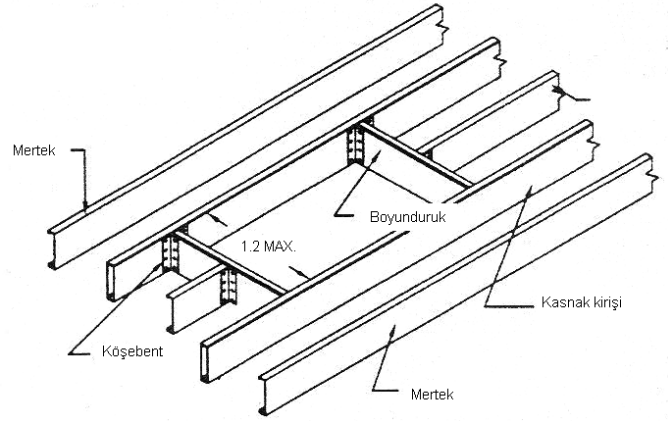
Şekil 3.30: Mertek-tavan kirişi bağlantısı[28]

• Çatıda Boşluk Oluşturulması

Çatıda boşluk oluşturulurken boyunduruk açıklığı 120cm' yi geçmemelidir. Her boyunduruk kasnak kirişine en az 4 (51mmx51mm) köşebent ile bağlanmalıdır. Köşebentlerin her biri hem boyunduruğa hem de kasnak kirişine bağlanmalıdır [27].



Şekil 3.31: Mertek-Kasnak kirişi birleşimi [28]



Şekil 3.32: Çatı boşluğu [28]

3.2 Hafif Çelik Yapıda Performans Gereksinimleri

Soğuk bükme profillerle oluşturulan hafif çelik yapıda, ağır çelik profillere göre su ve nem, yangın, ısı yalıtımı, akustik gibi konularda daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.2.1 Su ve Nem

Hafif çelik taşıyıcı sistemde kullanılan profiller, ince kesitli oldukları için su ve nem etkisi ile en fazla korozyondan zarar görürler. Korozyon, çeliğin kesitini azaltarak ciddi bir tehlike oluşturur. Korozyon tehdidi a) Rölatif nem %60'ın üstüne çıkıyorsa, b) ziraat bölgesinde, c) endüstri bölgesinde d) deniz kenarında bulunur. Çelik yapıların kullanılma özelliklerine ve ortam şartlarına göre korozyondan korunmaları için tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirler kısaca [21]:

- Boya ile korozyon önlemi :
Kimyasal veya mekanik yollarla çeliğin yüzeyi temizlendikten sonra kurşun veya çinko esaslı astar veya bitümlü boya ile örtülür.
- Galvanizleme yolu ile korozyon önlemi:
Yüzey temizlendikten sonra kimyasal yoldan veya daldırma yoluyla galvanizlemek.
- Alaşım yoluyla korozyon önlemi:
Özellikle bakır bulunan alaşımların yüzeyinde çeliği korozyondan koruyan oksidasyon tabakası oluşur.

Korozyondan korunmak için, duvar ve döşemenin kesitinde kondensasyon oluşması önlenmelidir. Isı yalıtımı ve nem direnci katmanlarını doğru hesaplamalı ve nem sürükleyici hava için geçiş yeri bırakılmalıdır.

Yapısal çelik türleri arasında korozyona karşı en hassas olan hafif taşıyıcılı çelik yapılarda korozyondan korunma stratejisi:

- Yapının servis ömrünün belirlenmesi
 - Karşılaşılabilecek korozyon ortamının belirlenmesi
 - Taşıyıcıların korozyondan etkilenme yoğunluğunun belirlenmesi
- şeklinde sıralanabilir [21].

3.2.2 Yangın

Hafif çelik yapılarda kullanılan profiller ince sac'tan imal edildikleri için yangından ciddi şekilde korunmalıdır. Yangından korunma projelendirme aşamasında başlar. Elemandaki sıcaklığın 450°C'yi aşması halinde önce uzama etkisi ile çelik taşıyıcılığını kaybeder. Sıcaklığın taşıyıcı profillerden uzak tutulabilmesi için

mantolama yapılmalıdır. Mantolama için kullanılan malzemeler yanma sırasında zehirli gazlar veya aşırı duman çıkartmamalıdır. Taşıyıcı sistemin yangından korunması iç kaplamalarda alçı levha kullanılarak sağlanabilmektedir [21]. Yapılan araştırmalarda alçı levhalarla çelik strüktürün 120 dakikaya kadar korunabildiği görülmektedir. 60 dakikalık yangın dayanımı için 13mm' lik iki tabaka alçı levha yeterli olmaktadır [14]. Galvanizli saçların yangın sırasında zehirli gaz çıkardığı göz ardı edilmemelidir. Yangında 30, 60, 90, 120 dakika gibi istenilen zaman dilimi süresince şişip kabarak alevin çeliğe temasını kesen yangın durdurucu ve geciktirici boyalar da kullanılabilir [21].

3.2.3 Isı Yalıtımı

İç mekan konforu ve insan sağlığı için gerekli ısı yalıtımının sağlanabilmesi için iki faktör göz önünde tutulur: İlk faktör duvarı oluşturacak malzemelerin ısı geçirgenlik katsayıları, diğeri ise yapı kabuğu detay tasarımının ısı geçişine etkisidir. Bu faktörlerin ihmal edildiği bir detay tasarımının sonucunda ısı köprüsünün oluştuğu görülmektedir. Isı iletkenlik değeri λ işareti ile gösterilir. Çeliğin ısı iletkenliği diğeri yapı malzemelerine göre daha yüksek olduğu için çelik yapılarda ısı izolasyonu çok önemlidir.

Tablo 3.2: Taşıyıcı malzemelerin yoğunluğu ve ısı geçiş değerleri [29]

Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Isı iletkenlik katsayısı λ (W/mK)
Betonarme	2400	1,80
Ahşap	400-600	0,14
Çelik	7850	60.0
Cam	2700	0.81
Su	1000	0.58

Çelik iskelette, yalıtımın profil aralıklarına konulması halinde duvardaki profil kondensasyona sebep olur. Kondensasyon hem kaplama malzemelerini ıslatarak onların çürümelerine, bakteri ve mantar barındırmalarına, hem de taşıyıcı profilin korozyonuna yani metalin paslanmasına ve taşıyıcılığının azalmasına sebep olur. Bu durumda ısı yalıtımı ince çelik profilleri de korumalıdır. "Yalıtımın hesaplanan kalınlığı" iskeletin iç veya dış yüzüne kesintisiz olarak yerleştirilmelidir. Malzemenin ısı yalıtım değeri, kalınlığı ve boşluk oranına göre hesaplandığından, yük altında veya tespit noktalarında ezilerek boyut değiştirmeleri halinde malzemelerin yalıtım değeri de değişir. Hafif çelik iskelet yapılarda ısı izolasyonu malzemeleri tespit

noktalarında şekil değiştirmemelidir. Duvar kesitinde yoğuşmanın önlenmesi için ayrıcı bütün cepheye nem bariyeri konulmalıdır [21] .

3.2.4 Akustik

Hafif çelik yapılarda duvarlar zorlayıcı bir sebep yoksa hafif ve kuru sistemler ile yapılır. Dolayısı ile hafif duvarlı yapıların en zayıf noktası ses iletkenliğidir. Konutlarda, akustik konforun sağlanması bitirme malzemesi ve uygulama tekniği seçimi aşamalarında göz önüne alınır. Hafif çelik yapılarda akustik konforun sağlanması için önerilen bazı detay uygulamaları aşağıdaki gibidir;[25]

- Sıhhi tesisatın yaşama mekanlarına gürültü etkisinin azaltılması için ses yalıtımının yapılması.
- Havalandırma tesisatı kanallarının etrafında yalıtım yapılması.
- Bina içi tesisatın uygulanacağı ve tesisat kanallarının geçebileceği alanlarının özenli bir detaylandırma ve yalıtımla planlaması.
- Yapıda dış duvar kesit birim ağırlıklarının artırılması yararlı olur. Isı yalıtımı uygulaması üzerinde birim ağırlığı düşük olan boyalar yerine, son kat kaplama olarak 3-4 kg/m² sarfiyatlı dekoratif, renkli akrilik sıva kullanımı birim kütleyi ve ses geçiş kaybını artırır.

Hafif çelik sistemdeki vibrasyon etkisinin akustik konfor için önemli olduğu düşünülerek, tüm geçilen açıklıklarda kiriş boyu ve döşeme duvar bağlantılarının standartlara uygun yapılması gereklidir. Bu şekilde, istenen akustik konforlu mekanlar oluşturulabilir [25] .

4. KERPIÇ YAPI TEKNOLOJİSİNİN KONUTLARDA KULLANIMI

Kerpiç, çok eski çağlardan beri yaygın olarak kullanılan doğal bir yapı malzemesidir. Günümüzde dünya nüfusunun, %33' ü kerpiç yapılarda yaşamaktadır [31]. Yapı malzemesi olarak hemen her yerde kolay ve bol elde edilebilmesi ve yaşanılacak sağlıklı ortamlar oluşturmaya nedeniyle çok fazla kullanılmıştır.

Günümüzde hızla artan ihtiyaçların karşılanması için hızlı, rasyonel olan yapım teknolojilerinin kullanılması zorunluluğu kerpiç yapıların kullanımını azaltmıştır. Kerpiç yapılarla ilgili, başka olanak bulunmadığı dönem ve yörelerde, zorunluluk nedeniyle kullanılan, toplumun refah düzeyinin yükselmesi ile olanaklar elverdiği an terk edilmesi gereken bir malzeme, şeklindeki önyargılar çok yaygındır.

Oysa günümüzde artan ham madde ve enerji tüketimi, özellikle gelişmiş toplumlarda etkinliği artan " sağlıklı yaşam isteği ", kerpiç yapı malzemesinin insan, çevre ve yapı sağlığı açısından sahip olduğu olumlu özellikleri tekrar gündeme getirmiştir [32].

Elbette ki toprak yapının da, diğer yapı türlerinde olduğu gibi, bazı sakıncalı yönleri vardır. Bunlar gerekli önlemler alınarak ve öngörülen koşullara uyularak, ya tamamen giderilebilir, ya da en aza indirilebilir. Toprak malzemenin en belirgin iki sakıncalı yönü, basınç dayanımının az, rutubete karşı duyarlılığının fazla olmasıdır. Daha iyi, yani basınca daha dayanıklı, rutubete karşı duyarlılığı daha azaltılmış, suda dağılmayan, yüzeyleri düzgün ve toz üretmeyen kerpiç elde etmek amacıyla, toprağa çimento, kireç, alçı ve diğer katkı maddeleri katılır. Bunlar arasında alçı katkılı kerpiç üretimi, ülkemiz için daha uygun sonuçlar verdiği için, diğerlerine tercih edilmiştir [33].

4.1 Kerpiç Yapı Teknolojisi

Bu bölümde, kerpiç ve alçı katkılı kerpiç (Alker)' in malzeme özellikleri, üretim yöntemleri ve yapım teknikleri incelenerek, normal kerpiç ve alker malzeme arasındaki farklar belirlenecektir.

4.1.1 Günümüzde Kerpiç Yapı

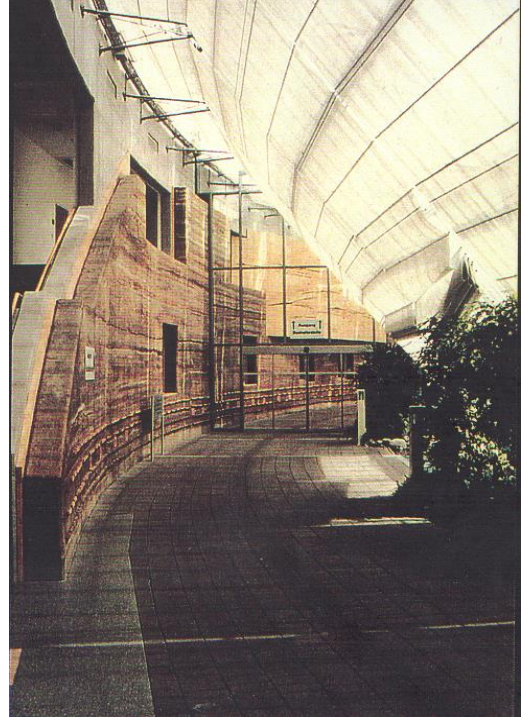
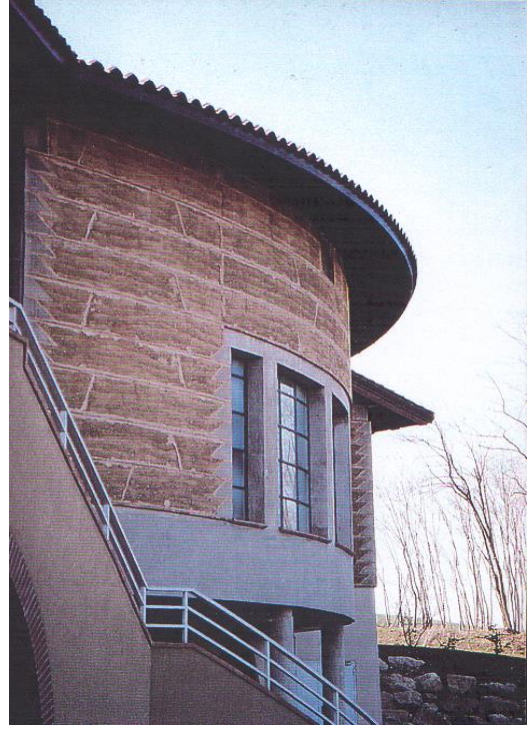
Yaygın olan bir geleneği gösteren yapı malzemesi olması nedeniyle, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kerpicin malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla pek çok araştırma yapılmaktadır.

Çevre şartlarının elverişli olması sebebiyle Amerika' nın özellikle sıcak–kuru iklime sahip bölgelerinde kerpiç yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri' nde kerpiçle yapılmış 200.000 adet modern konut bulunmaktadır [34]. A.B.D' nin bazı bölgelerinde yapı malzemesi olarak sadece kerpicin kullanılmasına izin verilmektedir. Özellikle New Mexico eyaletinde, kerpiç yapılar bölgenin özgün mimarisini oluşturur. Burada bulunan 48 adet kerpiç blok üreticisinin yılda 4 milyondan fazla blok üretimi yapması, bize bölgedeki kerpiç kullanımının yaygınlığını göstermesi açısından önemlidir [35].

Bugün, Fransa'da bağımsız bir araştırma organizasyonu olan Craterre, toprak yapım tekniği ile ilgili kurslar düzenleyen, Centre de Terre gibi mimari uygulamalar ile mevcut yapım teknikleri için çeşitli uzmanlıklar öneren Grenoble' da ki mimarlık fakültesi, toprak malzeme ile çalışmak isteyen mimarları destekleyen kuruluşlardandır. Ayrıca Avrupa' da Almanya, Danimarka ve Finlandiya gibi ülkelerde, çağdaş toprak mimariye ait örnekler bulunmaktadır. Britanya' da The Plymouth school of Architecture ve The Devon Earth Building Association, toprak yapılara olan ilgiyi canlandırmak ve bu malzemenin kullanımını arttırmak için uluslar arası konferanslar ve kurslar düzenlemeye başlamıştır [31].

Jourda ve Perraudin, Mike Reynolds, Nader Khalili, Robert Vint ve Glen Murcutt, Sumita Sinha gibi modern mimarların toprak malzeme ile ilgili çalışmaları, toprağın sadece geçmişe ait bir malzeme olduğu inancını çürütmekte, kullanımını yeniden canlandırmaktadır (Şekil 4.1,2). Bu mimarlar geleneksel toprak mimarinin canlı kalabilmesi için birçok ilginç deneysel projeler geliştirmektedir [31].

Toprak yapılarla çağdaş bir mimari stil oluşturulabilmesi için bu konu daha geniş alanlara yayılmalı, konu hakkında daha çok deneysel çalışma yapılmalı, bilgiler paylaşılmalı ve toprağın geçmişe ait bir malzeme olmadığının farkına varılması gereklidir.



Şekil 4.1: Üstte: Fransa' da Lyon yakınlarında Arse kilisesi; Avustralya, Feldkirch' te tokmaktama yöntemiyle yapılmış eğri toprak duvar. Altta: Devon Tricombe' de yapım aşamasındaki kır evi; Devon' da yeni bir toprak yapı, Attricombe kır evi [31].



Şekil 4.2: Üstte: Fransa, Lyon yakınlarında Isle d' Abeau' da, tokmıklama yöntemiyle inşa edilmiş 5 katlı kerpiç kule. Kulenin yanındaki evlerin yapımında da kerpiç bloklar kullanılmıştır. Ortada: Ünlü Fransız mimarlar Jourda ve Perraudin' in tasarladığı drama stüdyosu. Toprak yapının masifliği beton kolonlarla tamamlanıp, üstte hafif çatı ile kontrast oluşturulmuş. Aşağıda: Fransa' nın merkezinde Dijon çevresinde ahşap taşıyıcılı konutlarda dolgu maddesi olarak kerpiç malzeme kullanılmıştır [31].

4.1.2 Kerpicing Malzeme Özellikleri

Kerpiç, kilin özelliklerinden yararlanılarak nemlendirilip, şekillendirilen, havada kurutulması sonucu belirli ve sınırlı basınç dayanımı kazanan ve suya karşı duyarlı bir malzeme olarak tanımlanır [36].

Kerpicing ana maddesi olan toprak, agrega olarak kabul edilen çakıl ve kum boyutundaki daneler ile bu danelerin arasını dolduran ve bağlayıcılık özelliği gösteren kil ve siltten oluşur [36]. Kum iç iskeleti oluştururken, kil ve silt bağlayıcılık özelliği ile rijitliği sağlar. Ayrıca kimyasal maddelerle reaksiyona girerek stabilize olan maddeler de kum ve silttir. Dolayısıyla, topraktaki kil oranı ve türü, özelliklerin büyük ölçüde değişimine neden olur.

Su ile yoğrulan killi malzeme, kurumaya bırakıldığı zaman su kaybı ile birlikte boyutlarında küçülmeler görülür. Toprak bünyesinde bulunan kil zerrelere arasındaki suyun buharlaşıp malzemeden ayrılması olayına kilin rötre yapması denir. Su kaybı sonucu oluşan rötre, kil tanecikleri hareket edemez hale geldiklerinde durur ve bu arada kilin plastikiğide kaybolur.

Toprağı oluşturan çakıl, kum, silt ve kil oranlarının belirlenerek granülometri oranının ayarlanması sonucu, kerpiç kalitesi iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla, kerpiç tuğlasında kullanılabilir toprak türlerinin alt ve üst sınırlarını belirleyen eğriler ve ideal granülometri eğrisi ortaya konmuştur [37].

- **Kerpicing Fiziksel Özellikleri**

İyi hazırlanmış ve kurutulmuş kerpiç, oldukça homojen ve kompakt olduğundan, taşıyıcı duvar malzemesi olarak yapılarda kullanılmaktadır. İslanınca taşıyıcılık özelliği azalır. Bünye yapısı gözenekli olduğu için rutubet alır. İyi bir ısı tutucu malzemedir, yaz ve kış dönemlerinde iç mekanda iyi bir bioklimatik konfor sağlar. Nemlendiği zaman ısı tutuculuğu azalır ancak ses tutuculuğu bir miktar artar. Ağır kitleli ve bünyeli olması nedeniyle ses tutuculuk özelliği yeterlidir [38].

- **Kerpicing Mekanik Özellikleri**

Kerpiç değişik oranlarda değişik maddeler içerdiğinden, basınç mukavemeti de bu maddelerin cins ve miktarına göre değişecektir. Basınç dayanımı, iyi bir granülometre ayarlaması ile 35 kg/cm² olabilen kerpiç malzemenin, normal hallerdeki basınç dayanımı 10-15 kg/cm² arasındadır. Çimento katkılı kerpicing basınç mukavemeti 10-21 kg/cm² iken, İ.T.Ü' de yapılan alçı katkılı kerpiç

araştırmalarında 30-50 kg/cm² basınç mukavemeti elde edilmiştir. Genelde kerpicing basınç mukavemetini değiştiren etmenleri şöyle sıralayabiliriz: [36]

- Kerpiç toprağının cinsi
- Su miktarı
- Bitkisel katkı oranı
- Kalıplama yöntemi
- Kurutma süresi ve yöntemi
- Stabilize kerpiçte kullanılan bağlayıcı madde cinsi ve miktarı

• **Kerpicing Sağladığı Faydalar**

Kerpiç birçok yararlı özelliğe sahip olan nitelikleri iyileştirilebilen, sakıncaları giderilebilen bir malzemedir. Kerpicing sağladığı yararlar şöyle sıralanabilir:

- Gözenekli yapısı nedeniyle havadaki nemi bünyesine çeker. Böylece iç mekan ne çok kuru ne de çok rutubetli olur.
- Isı tutuculuk ve iç yüzey sıcaklık değerlerinin yüksek oluşu ısı ve nem dengesinin korunmasını sağlar.
- Maliyeti az, üretimi tesis gerektirmeyen bir malzemedir. Üretimi ve kullanımı için çok az bir enerjiye ihtiyaç vardır.
- Hem üretiminde hem de malzeme ömrünü tamamladığında çevreye zarar vermez. Toprak yapının yıkımı, betonarme yapılar gibi büyük işgücü ve ekipman gerektirmediğinden büyük bir enerji tasarrufu sağlanmış olur. Aynı zamanda toprak malzemenin bina yıkıldıktan sonra tekrar kullanılabilir olması, zararlı atıklar oluşturmaması onu diğer yapı malzemelerinden ayıran bir özelliğidir.
- Su' dan sonra en iyi enerji depolayan malzemelerden birisi olan toprak, yapı malzemesi olarak mekanı çevreleyen duvarları oluşturduğunda, ısınma enerjisini bünyesinde depolar. Isıtma kesildikten sonra uzun bir süre depoladığı enerjiyi mekana vererek, sıcaklığın dengeli kalmasını sağlar. Diğer yandan izolasyon kapasitesi yüksek olduğundan, yapı dışındaki istenmeyen sıcaktan veya soğuktan mekanı korur [39].

• **Kerpicing Sakıncalı Yönleri**

Katkı maddeleri kullanılmayan kerpiç malzeme ile inşa edilen yapıların sakıncaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:[36]

- Yağışlı havada kerpiç yapılmaz. Dolayısı ile kerpiç yapılarda yapım süreci iklim koşullarına bağlıdır.
- Toprak yapı suya karşı hassastır , korunması gerekir.
- Eğilme, darbe ve aşınmaya karşı dayanıksızdır.

- Devamlı bakım ve onarım yapılması gerekir.

- **Kerpicin Stabilizasyonu**

Kerpicin stabilizasyonu (iyileştirilmesi), içerdği toprak, su ve havanın özelliklerinin kerpicin kullanılacağı uygulamaya uygun olarak daha dayanıklı olacak şekilde değiştirilmesidir [40]. İyileştirme işlemi, normal kerpiçten daha üst kalitede kerpiç üretimi amaçlanıyorsa yapılmalıdır.

Stabilizasyon yönteminin seçiminde: İyileştirilmesi gereken toprağın özellikleri, projenin ekonomikliği (maliyet ve kerpicin iyileştirilmesi sürecinde harcanacak süre), kerpicin üretim tekniği ve kerpiç malzemenin kullanılacağı yapım sistemi dikkat edilmesi gereken noktalardır. Toprağı iyileştirme yöntemleri üçe ayrılır:[40]

- Mekanik Stabilizasyon

Toprağın yoğunluk, mekanik dayanım, porozite, basınç dayanımı gibi özelliklerinin artırılmasıdır.

- Fiziksel Stabilizasyon

Toprağın dokusunun değiştirilmesi ile özelliklerinin iyileştirilmesidir. Ör: Toprağın granülometrik yapısının değiştirilmesi, toprağın dinlendirilmesi, kurutulması, gibi.

- Kimyasal Stabilizasyon

Toprağa farklı maddelerin veya kimyasal maddelerin eklenmesidir. Kimyasal reaksiyonlar sonucu yeni bir malzeme elde edilir. Bunlardan en yaygın olanları, toprağa bitkisel lifler katılması, bağlayıcı nitelikte çimento, alçı, ve bitüm katılmasıdır. Bunların dışında önerilen veya denenmiş başka metodlarda bulunmaktadır ancak bu yöntemler ile ilgili yeterince araştırma yapılmadığı için toprağın stabilizasyonunda ne derece etkili oldukları bilinmemektedir [40].

Kerpicin iyileştirilmesi amacıyla çeşitli yöntemler denenmesine karşın alçı katkısını konu alan etraflı ve köklü bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kerpicin alçı katkısı ile stabilizasyonu, İ.T.Ü' de yapılan TÜBİTAK MAG 505 çalışması ile geliştirilmiştir. Katkı maddesi olarak alçı seçilmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir:

- Ülkemizde bol bulunan bir malzemedir. Bu nedenle yapılarda kullanımının yaygınlaştırılması ülkemiz açısından olumlu olacaktır.
- Alçı, alçıtaşı bulunan her yerde kolayca üretilebilir. Maliyetinin ucuz olması nedeniyle katkı maddesi olarak diğer malzemelere oranla daha avantajlıdır.
- Üretimi ve kullanımı halk tarafından bilinir.
- Alçı, toprağa çimentodan daha kolay katılır ve çimento ile karşılaştırıldığında üretiminde daha az enerji harcar.

- Alçı, nefes alan bir malzeme olduğu için yapılarda gerekli konfor koşullarına uyar.

- **Kerpiç Üretimi**

Kerpiç üretiminde, ilk adım uygun toprak seçimidir. İyi bir toprak, yarı nemli durumda avuç içinde sıkıldığında ele yapışmamalı, top haline gelmemeli, yere bırakılınca dağılmadan yere yapışmalı, bir bütün halinde kalmalıdır.

Uygun toprak seçimi ya da çeşitli katkı maddelerinin eklenmesi ile toprağın uygun duruma getirilmesinden sonra toprak biçimlendirilir. Kerpiç toprağının iyi biçimlendirilmesi için, toprağın kıvamının iyi ayarlanması gerekir. Toprağın kıvamı, katılan su miktarı ile değişir. Toprak-su karışımında su arttıkça, kerpicingin dayanımı azalır, zor kurur. Kuruma sırasında fazla büzülme ve çatlama yaptığı gibi, kerpicingin biçimi bozulabilir.

Karma suyunun mümkün olduğunca azaltılması bu sakıncaları önler, yani kerpicingin büzülmesi azalır, dayanıklılığı artar, biçimi bozulmaz. Bunlara karşılık, kalıplanması zorlaşır. Hamuru kalıba yerleştirmek için, sıkıştırma veya tokmaklama gereği ortaya çıkar. Bu işlemler, karşılığı değen bir zahmettir. Hamurun kıvamı, uygulanacak kalıplama ve sıkıştırma yöntemine göre önceden denenerek belirlenmelidir. Toprağın nemliliğinin değişmesinin, katılacak su miktarını etkileyeceği unutulmamalıdır.

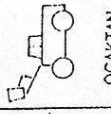
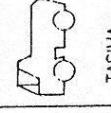
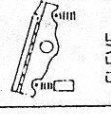
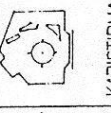
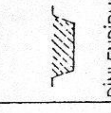
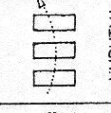
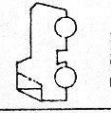
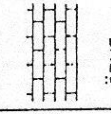
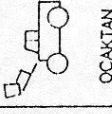
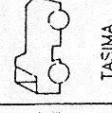
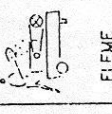
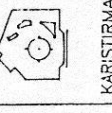
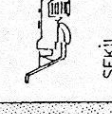
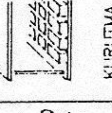
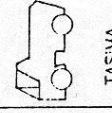
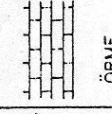
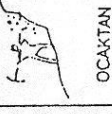
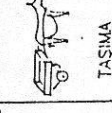
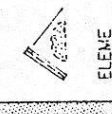
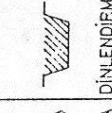
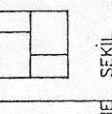
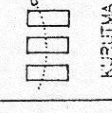
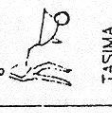
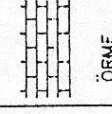
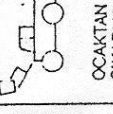
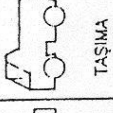
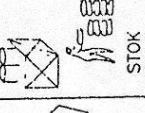
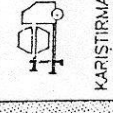
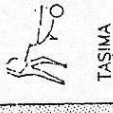
Kerpicingin uygun kıvamı için gerekli su miktarı belirlendikten sonra, bunun bir kısmı (katkı maddeleri katılacak ise) katkı malzemesi karışımı için ayrılır, kalan su ile toprak iyice karıştırıldıktan sonra en az bir gün dinlendirilmelidir. Daha sonra uygun kıvama gelen kerpiç hamuru kalıplara dökülür. Kerpiç, bir miktar kuruduktan sonra kalıptan çıkarılır ve kurumaya bırakılır. Kuruma güneşte olmamalı, gölgede kurutulmalıdır. Kuruyan yüzeyler sürekli çevrilerek kerpicingin çatlaması önlenir [33].

Kerpiç üretimi, yukarıda anlatıldığı gibi kolay olup enerji gereksinimi az ve maliyeti düşüktür. Örneğin 1 m³ beton elde etmek için 300-500 kwh gibi bir enerji gerekmektedir. Aynı miktarda kerpiç elde etmek için bu enerjinin %1' i yeterli olmaktadır. Kullanılan bu enerjinin üretimi için büyük miktarlarda oksijen yakıldığı ve zararlı maddelerin üretildiği genelde dikkate alınmamaktadır. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki 1 kwh elektrik enerjisi üretimi için atmosfere ortalama 5.5g SO₂ ve 2.5g NO₂ aktarılmaktadır [32]. Her iki maddenin de asit yağmurları ve çevre problemlerinin oluşumundaki etkisi unutulmamalıdır.

Temel kazısı sırasında çıkarılan toprak, konut üretiminde kullanılırsa taşıma masrafları olmayacağından yapı ekonomisine ek bir tasarruf sağlanmış olur. Ayrıca

kerpiçten yapılan binaların yıkımı betonarme yapılar gibi fazla işgücü ve ekipman gerektirmediğinden, büyük bir enerji tasarrufu sağlanır. Bina yıkıldıktan sonra aynı kerpici tekrar kullanmak mümkündür. Yapıda tekrar kullanılmayacaksa hiçbir zararlı etki bırakmadan toprağa karışır.

Kerpiç üretimi için her ülke ihtiyaçları ve yapı kültürleri doğrultusunda inşaat teknolojileri geliştirmiştir. Tablo 4.1' de dört ayrı inşaat sürecinin işlem kriterlerine göre karşılaştırılması görülmektedir.

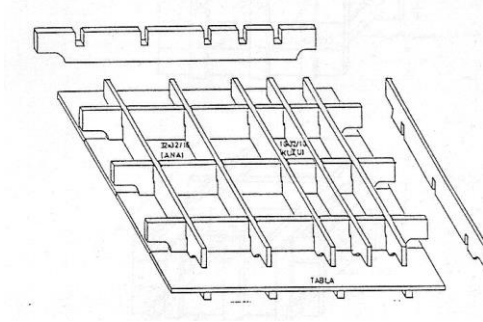
KERPİÇ ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ SÜREÇ KARŞILAŞTIRMASI											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
İSVİÇRE	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK	 ELEME OGUTME	 KARIŞTIRMA	 DİNLENDİRME	 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ÖRME
FRANSA	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK	 ELEME OGUTME	 KARIŞTIRMA		 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ÖRME
ANADOLU	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA		 ELEME OGUTME	 KARIŞTIRMA	 DİNLENDİRME	 ŞEKİL VERME	 KURUTMA	 STOK	 TAŞIMA	 ÖRME
622	 OCAKTAN ÇIKARMA	 TAŞIMA	 STOK		 KARIŞTIRMA					 TAŞIMA	 ŞEKİL VERME TOKMAKLAMA

Tablo 4.1 : Kerpiç üretim teknolojileri süreç karşılaştırması [37]

Tablo 4.1' de görüldüğü gibi alker yapı şantiyesindeki işlem aşamaları, geleneksel kerpiç ve dış ülkelerde görülen geliştirilmiş kerpiç şantiyelerine göre oldukça azaltılmıştır.

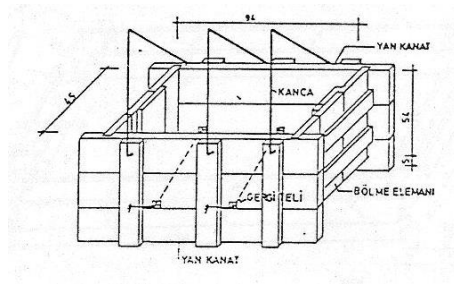
Ülkemizde kerpiç yapımında kullanılan kalıplar şöyle sıralanmaktadır:

- Geleneksel Kerpiç Tuğlası Döküm Kalıbı: Kullanılan en eski kalıp tipidir. Birbirine geçen kalıp tahtaları hem kerpiç blokların kalıplarını oluşturur hem de rijitliği sağlarlar. Blok üretimindeki kurutma, şantiyede stok, nakliye, örülme işçiliği, örülme malzemesi sırasında oluşan kayıplar nedeniyle teknolojik yönden ihtiyaca cevap verememektedir.



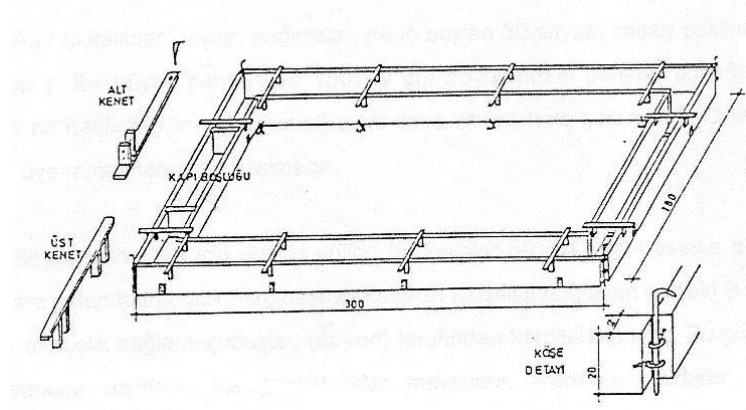
Şekil 4.3: Geleneksel kerpiç tuğlası döküm kalıbı [37]

- Münferit Yerde Döküm Kalıpları: Duvar yerinde kurulan kalıplara harcın dökülmesi ile duvarlar oluşturulur. Günlük dökümlerde görülebilecek rötreyi önlemek için dökülen bloklar arasında boşluk bırakılarak kalıplar ilerletilir. Bu nedenle kalıp aktarma yerlerinde farklılıklar oluşmaktadır. Ayrıca döküm ve tokmaktama sırasında kalıbın rijitliğini kaybetmesi, kalıbın zayıf olduğunu göstermiştir.



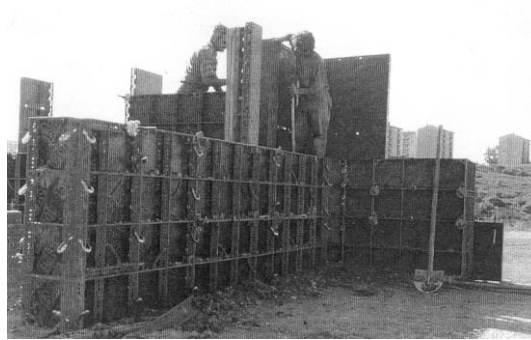
Şekil 4.4: Münferit yerinde döküm kalıpları [37]

- Sürekli yerinde döküm kalıpları: Tüm duvarlar boyunca devam eden sistemlerdir. Kalıbın kurma, sökme problemleri kısmen halledilmiş olsa da, kalıp tahtalarının en az 2cm oluşu birkaç kullanım sonrasında deforme olmalarına neden olmaktadır. İstenen duvar yüzeyi elde edilememektedir [37].



Şekil 4.5 Sürekli yerinde döküm kalıpları [37]

- Gelişmiş Yerinde Döküm Kalıpları: Bu kalıplar daha çok beton teknolojilerinde kullanılan kalıplardır. Her türlü yapıya kolay uyum sağlarlar, işçilik maliyetlerini en aza indirirler, hızlı montaj ve söküm olanakları vardır, ömürleri uzundur. Pano boyları 30cm' nin katları şeklindeki modüler kalıpların en büyük panel boyutu 150x90 cm' dir [37].



Şekil 4.6: Gelişmiş yerinde döküm kalıpları [37]

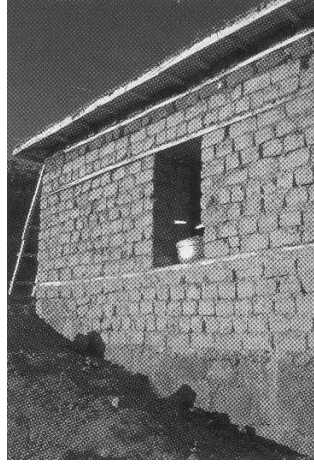
• Kerpiç Yapım Tekniği

Dünya üzerinde kerpiç yapı olarak değişik inşaat teknikleri vardır. Ülkemizde, kerpiç yapılarda en çok kullanılan yapım teknikleri kerpiç tuğla veya bloklarla örme ya da yerinde dökme sistemidir.

- Kerpiç tuğla veya bloklar: Bu yapım yönteminde, blok veya tuğla şekli verilen kerpiç malzeme ile örülen duvarlarda, yığma yapım sisteminde tuğlaların örülmesi için geçerli kurallar aynen uygulanır.

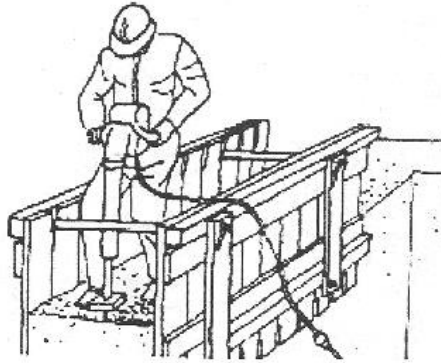
Kerpiç hamuru üretim aşamasında rötresini tamamladığı için bu sistem ile örülen duvarlarda kurumadan dolayı çatlama oluşmaz. Kerpiç blokların, duvara konulmadan önce kalite kontrolü yapılabilir. Bu sistemin en olumsuz özelliği yapım süresinin

yavaşlıdır. Türkiye' de mevcut kerpiç yapılarda en yaygın olarak kullanılan sistemdir.



Şekil 4.7: Kerpiç tuğla duvar örgülü ev [41]

-Yerinde Dökme (Dövme Duvar) Sistem: Kerpiç hamurunun duvarda hazırlanmış kalıplar arasına beton gibi döküldüğü ve daha sonra dövülerek sıkıştırıldığı sistemdir. Kerpiç ile örmeye göre daha hızlı duvar yapılır. Ancak kalıp içinde hamurun sıkıştırılması zordur. Büyük hacimde duvarlar kuruduğu zaman büzülme ve bundan dolayı çatlaklar fazla olacaktır. Duvar tamamlanmadan kalitesi açısından bir şey söylenemez. Az sayıda yapı yapılacaksa, yüksek maliyetli kalıplar nedeniyle ekonomik olmayabilir. Kalıplar duvar kalitesi ve maliyet açısından önemlidir. Ancak düzgün yüzeylere sahip rasyonel yapıların inşaatı gerçekleştirilir.



Şekil 4.8: Yerinde dökme duvar tekniği [40]

4.1.3 Alkerin Malzeme Özellikleri

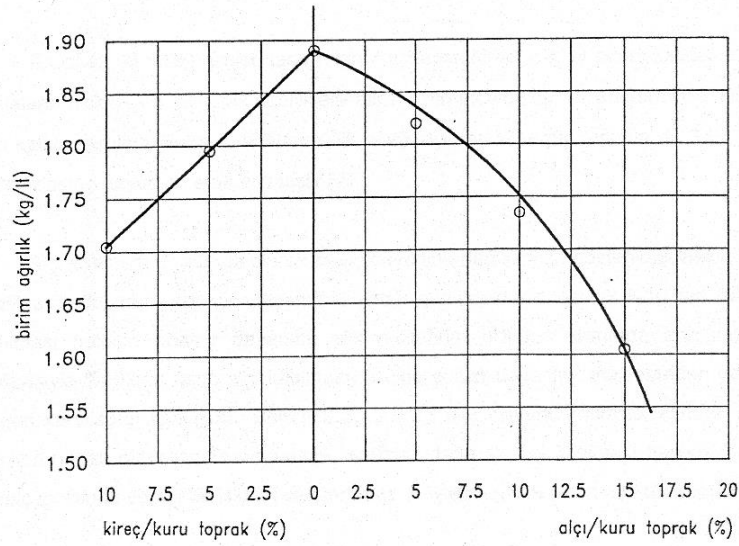
Yapı malzemesi olarak kerpicingin alçı ile stabilizasyonu, ilk defa Türkiye' de İ.T.Ü' de 1980 yılında Prof. Dr. Ruhi Kafesçioğlu yürütücülüğünde TÜBİTAK MAG 505 no' lu

araştırma ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadan sonra, alçı ile stabilize edilmiş kerpice alker adı verilmiştir.

Alker, uygun kerpiç toprağına %10-20 arasında alçı katılmış bir kerpiç türüdür. Fiziksel ve mekanik özellikleri, normal kerpice göre yapı için gerekli olan yönde, önemli ölçüde iyileştirilmiştir [33].

Toprağı katılan alçı, karışım daha kurumaya başlamadan, malzeme içerisinde bir iskelet oluşturur. Bu iskelet, kuruma sırasında birbirine yaklaştırmaya çalışan kil zerreciklerinin hareketlerini azaltır. Sonuçta, malzeme bünyesinde bir iç gerilme oluşarak rötre azalır [37].

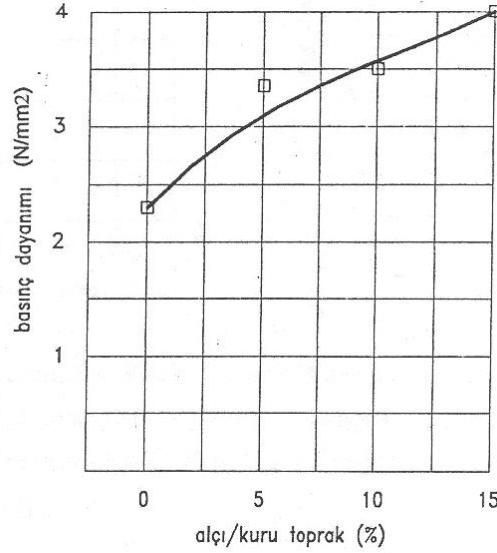
Alçı, rötrei engellediğı için buharlaşan su yerini hava boşluklarına bırakmaktadır. Böylece poröz ve katkısız kerpice kıyasla birim ağırlığı daha az, su içerisinde dağılmayan, yüzeyleri son derece düzgün, toz üretmeyen bir malzeme elde edilmektedir. Şekil 4.9' da, alçı ve kireç oranının artmasına bağılı olarak birim ağırlığın değişimi gösterilmektedir.



Şekil 4.9: Kerpice alçı ve kireç katkılarına bağılı olarak birim ağırlık değişimi [37]

Malzemenin birim ağırlığının düşmesi, ısı iletkenlik değeri (λ) küçülmesini, böylelikle kerpiç yapılarda ısı enerjisinden tasarruf edilmesini sağlar.

Granülometrisi uygun bir toprağı %10 alçı katılarak üretilmiş alçılı kerpiç malzemenin basınç dayanımı 4-5 N/mm² olmaktadır. Geleneksel kerpiçte ise bu değer 0.8-1 N/mm² dir. Alçı katkı oranına bağılı olarak basınç değişimi Şekil 4.10' da gösterilmektedir.



Şekil 4.10: Alçı katkı oranına bağlı basınç dayanım değişimi [37]

Grafikte, alçı katkı oranı arttıkça dayanımın arttığı görülmektedir. Ancak %10' dan fazla alçı katılması halinde basınç dayanımı alçı miktarının artması oranında artmamaktadır. %10' dan fazla alçı katılmasıyla elde edilen dayanım, malzemeden beklenen değeri karşıladığı için alçı miktarını arttırmak sadece maliyet artışına neden olacaktır. %10' dan az alçı katılması ise, alçının kerpiç içinde yeterli iskelet oluşturmasını engeller, böylelikle rötne artar, mukavemet düşer.

Alçı katkısı, malzemenin eğilmede çekme dayanımını artırarak duvarın statik ve dinamik yüklere dayanımında rol oynar. Eğilmede çekme dayanımının normal kerpice göre daha fazla olması, kuvvet etkileri ile kırılma ve dağılmayı büyük ölçüde önler. Deprem sırasında oluşan yatay kuvvetlere karşı dayanım artar.

Alçının priz süresinin kısa oluşu, karışımın hızla katılaşıp kalıba yerleştirilmesini zorlaştırdığı için %2 kireç katkısı ile bu süre kontrol altına alınmıştır. Priz süresini uzatmak amacıyla %2 oranında yapılan kireç katkısının, priz süresini 4-5 dakika uzattığı görülmüştür. Kireç katkısı birim ağırlığının düşmesine neden olmakta, nem ve yağmur etkisine dayanıklılığı artırmaktadır. Ayrıca alçı ile stabilizasyonda kireç katılması, malzemenin inşaat makineleri ile kullanılmasını sağlar. Bu olumlu özelliklerinin yanı sıra, basınç dayanımını azaltıcı etkisi nedeniyle karışıma katkı oranı düşük tutulmuştur.

Alçı katkılı kerpiç karışımında, %18-20 oranında su ilavesi ile elde edilen plastik kıvamdaki karışımın, işlenebilirlik yönünden en uygun karışım olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de alçı katkılı kerpiç ile ilgili belirlenmiş bir standart yoktur ancak Doç. Dr. Bilge Işık yürütücülüğünde yapılan TÜBİTAK İNTAG TOKİ 622 no' lu araştırma ile

alçı katkılı kerpiç standartlarının belirlenmesi için bir çalışma başlatılmıştır. Diğer ülkelere bakıldığında iyileştirilmiş kerpiç standartlarına rastlamak mümkündür.

- **Alkerin Fiziksel Özellikleri**

Alker malzeme ile inşaat yapılabilmesi için malzemenin aşağıdaki özellikleri bulunmuştur.

Tablo 4.2: Alkerin Fiziksel Özellikleri [39]

Birim ağırlık	1.6-1.7 kg/litre
Rötre	%0-1,8
Porozite	0.44
Buhar diffüzyon direnç faktörü	13
Isı iletkenlik katsayısı	0.40 W/m ² K
Özgül Isı	0.30 kcal/kg ^o C

- **Alkerin Mekanik Özellikleri**

Alkerin yapı malzemesi olarak kullanılması için aşağıdaki mekanik özellikler belirlenmiştir.

Tablo 4.3: Alkerin Mekanik Özellikleri [39]

Basınç Dayanımı	4.2 MPa
Elastisite Modülü	1.4 10 ⁶ kN/m ²

- **Alker Üretimi**

Alkerin üretimi, kerpiç üretiminde katkı maddesinin katılacağı aşamaya kadar aynıdır. Kerpiç hamurunu oluşturan toprağın kuru ağırlığına göre belirlenen katkı maddesi ayrılan suya karıştırılır. Bol su ile karıştırılarak akışkan hale getirilen alçı, daha önceden ıslatılarak dinlendirilmiş toprağa katılır ve çok acele karıştırılır, hemen kalıplanır. Alçının çabuk katılaşması kerpiç kurumadan kalıbın hemen boşaltılmasına imkan verir. Yapılan deneylerde; alçılı kerpiç (Alker)' in katkısız kerpice nazaran kururken büzülmesinin, suda çözülme ve dağılmasının daha az, taşıma gücünün daha fazla, yüzeylerinin çok daha düzgün olduğu ve toz üretmediği saptanmıştır. Alker kalıptan çıkarılınca hemen aralıklı istif edilir veya duvara konulabilir. Alker için, katkısız kerpiçler veya çimento katkıları gibi, geniş döküm alanlarına kuruma sırasındaki işlere ve zamana (beklemeye) gereklilik yoktur [33].

Alkerin ana malzemeleri toprak, alçı, kireç ve sudur. Üretimi kolaydır ve diğer yapı malzemelerinde olduğu gibi büyük tesisler kurulmasına, kuruluş ve işletme sermayesine gerek yoktur.

Alkerin yalnız üretim aşamasında sarf edilen enerji, tuğla ve beton bloklara oranla sırasıyla 1/200 – 1/145 oranında azdır [36]. Toprağın kazı, yükleme ve boşaltma enerjisinin düşük olması, alçı ve kireç için diğer yapı malzemelerinden daha düşük pişirme enerjisinin yeterli olması, çevreye verilen zararı da en aza indirmiş olmaktadır.

4.1.4 Kerpiç ve Alkerin Karşılaştırılması

Alker malzeme ile yapı üretiminde normal kerpice ek olarak kazanılan avantajlar şöyledir:

- Normal kerpiçte 5-10 kgf/cm² olan basınç dayanımının, Alker malzemedeki 35-60 kgf/cm²' ye çıkması, Alker ile üretilen kerpiç yapıların geleneksel yöntemle üretilen kerpiç yapılara göre daha mukavemetli olduğunu göstermiştir.
- Alçının çabuk katılaşması, katkısız normal kerpiç ve diğer katkılı kerpiçler de uygulanan gölgede serme, çevirme, kurutma işlemlerini ortadan kaldırır. Kerpicing kalıplarda kurumasını beklemeden, kalıptan hemen boşaltılmasına imkan verir. Böylelikle kurutma için işçilik ve zaman kaybı önlenir.
- Alkerin suya karşı duyarlılığının azalması, normal kerpicing kısa sürede dağıldığı ortamlarda bile bütünlüğünü korumasını sağlar ve yapının yağmur gibi dış etkenler karşısında yıpranmasını önler.
- Alkerin ısı iletkenlik değeri daha düşük olduğu için alker duvarlardaki duvar iç yüzey sıcaklıkları geleneksel kerpiç yapılara göre daha yüksektir. Böylelikle, insanların kendilerini daha düşük iç ortam sıcaklıklarında yeterli ısı konforunda hissetmeleri sağlanır. Bu durum yakıt giderlerinden de tasarruf edilmesini sağlar.
- Duvar kesitinin homojen olması, kerpiç duvarın yapı fiziği açısından dengeli davranmasını sağlar. Pek çok iklim bölgesinde alker duvarın içinde yoğuşma olmaz. Duvar kesitinde yoğuşma olmuyorsa, duvar fiziksel ve kimyasal eskimeden korunmuş olur. Duvar kesitinde ve yüzeyinde küf ve mikro organizmalar yetişmez [39].

Tablo 4.4 Geleneksel ve Alçı katkılı kerpiç yapı teknolojilerinin karşılaştırılması [37]

Geleneksel Kerpiç Yapı Teknolojisi	Alçı Katkılı Kerpiç Yapı Teknolojisi
Kerpiç kesme: yağışsız-yaz	4 mevsim üretim
Kerpiç kurutma: yağışsız-yaz	–
İnşaat dönemi: yağışsız-yaz	4 mevsim üretim
Dinlendirme gereklidir	–
Kerpiç kesimi için geniş alan	Duvara döküm
Kurutma için geniş alan	–
15-21 günde mukavemet kazanır	20 dakikada mukavemet kazanır
%30 kil	%10 kil
Duvarın dışı yağıştan korunmalı	Açık bırakılabilir
Yağmurlu bölgelerde yapılmaz	Yapılır

4.1.5 Kerpiç Taşıyıcı Sistem

Bu bölümde, yığma kargir yapıların taşıyıcı sistem özellikleri genel olarak incelendikten sonra, kerpiç yapılarda döşeme, duvar ve çatıya elemanlarına ait taşıyıcı sistem özellikleri incelenecektir.

Yığma kargir binalarda her bir katın yüksekliği, döşeme üstünden döşeme üstüne 3 m' den fazla olmamalıdır. Taşıyıcı duvarlar, planda olabildiğince düzenli ve ana eksnlere göre simetrik veya simetriğe yakın biçimde düzenlenmelidir. Kısmi bodrum yapılmasından olabildiğince kaçınılmalıdır. Tüm taşıyıcı duvarlar planda mutlaka üst üste gelecek biçimde yapılmalıdır.

Taşıyıcı olmayan bölme duvarlarının kalınlığı en az 1/2 tuğla veya tuğla dışı malzemelerde en az 10 cm olmalıdır. Bu duvarlar, her iki uçta taşıyıcı duvarlara düşey arakesit boyunca bağlanarak örülmelidir.

Yığma kargir binalarda döşemeler, TS-500'deki kurallara göre boyutlandırılarak donatılan betonarme plak döşemeler veya dişli döşemeler kullanılmalıdır. Döşemeleri bu kurala uymayan yığma binalar, bütün deprem bölgelerinde, varsa bodrum kat hariç olmak üzere, en fazla iki katlı olarak yapılmalıdır.

Merdiven sahanlıkları da dahil olmak üzere, her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerlerde, betonarme döşeme ile birlikte (monolitik olarak) dökülmek üzere, betonarme yatay hatıllar yapılmalıdır.

Yığma kargir binaların çatıları; betonarme teras çatı, ahşap veya çelik oturtma çatı olarak yapılabilir.

Taşıyıcı sistemi kerpiç malzeme ile oluşturulan yığma kerpiç yapıların üretiminde aşağıdaki kurallara uyulmalıdır.

Kerpiç tek katın yüksekliği, döşeme üstünden döşeme üstüne 2.70 m'den fazla olmamalıdır. Bodrum kat yapılması durumunda ise, bu katın yüksekliği 2.40 m' yi geçmemelidir.

Kerpiç yapılar, planda dikdörtgen olmalı ve taşıyıcı duvarlar, ana eksenlere göre simetrik veya simetriğe yakın biçimde düzenlenmelidir. Kısmi bodrum yapılmamalıdır.

Herhangi bir taşıyıcı duvarın, planda kendisine dik olarak saplanan taşıyıcı duvar eksenleri arasında kalan mesnetlenmemiş uzunluğu, 4.5 m' yi geçmemelidir. Taşıyıcı duvarlarda kullanılacak kerpiçlerin üretimi TS-2514'e göre yapılmalı ve duvar yapımında dinlendirilmiş kerpiç harcı kullanılmalıdır.

Normal kerpiç boyutları, cm olarak, 12x30x40 (ana) ve 12x19x40 (kuzu), ya da 12x18x30 (ana) ve 12x25x30 (kuzu) şeklinde olmalıdır. Taşıyıcı dış kerpiç duvarlar en az 1.5, taşıyıcı iç kerpiç duvarlar ise en az 1 kerpiç boyu kalınlığında olacaktır.

Kerpiç yapıda yatay yüklere dayanıklılığı artırmak ve yükleri yaymak için duvarlarda yatay bağlantının sağlanması için hatıllar yapılır. Hatıllar, subasman başlangıcında, duvar bitiminde, pencere alt ve üst hizalarında, duvarın dış yüzünden biraz içeride olacak şekilde yapılır. Hatıllar ahşap veya betonarme olabilir. Betonarme hatıllar, duvar genişliğinde ve en az 15 cm yüksekliğinde yapılmalıdır. Hatılın içine en az üçü altta, üçü üstte olmak üzere 6Ø 10 boyuna donatı konmalı, bunlar en fazla 25 cm ara ile Ø 8'lik etriye ile bağlanmalıdır.

Duvara dik olarak saplanan taşıyıcı duvarların eksenleri arasında birden fazla kapı boşluğu bırakılmamalıdır. Kapı boşlukları yatayda 1.00m' den, düşeyde 2.10m' den fazla, pencere boşlukları yatayda 0.90m' den, düşeyde 1.20m' den fazla olmamalıdır.

Kerpiç binaların çatıları, dış duvarları en fazla 50 cm aşacak şekilde saçaklı olarak ve olabildiğince hafif yapılacaktır. Kerpiç binaların çatıları, ahşap makas veya betonarme plak teras çatı şeklinde de yapılabilir.

4.2 Kerpiç Yapıda Performans Gereksinimleri

İkinci bölümde anlatılan, yapı ve insan sağlığını doğrudan etkileyen yangın, su ve nem, ısı ve akustik etkileri bu bölümde kerpiç malzeme üzerinde incelenecektir.

4.2.1 Su-Nem

Kerpiç, ana maddesi toprak olduğu için suya karşı dayanıksız bir malzemedir. Kerpiç malzemenin bozulmasına neden olan en önemli etken "su" dur. Yapı elemanlarının bünyesine giren su, çözücülüğüyle bağlayıcıların kimyasal yapısını bozar. Suyun malzeme üzerindeki etkileri ise su emme, kapilarite, donma, çiçeklenme, eriyebilen tuzların açığa çıkması, nem nedeni ile oluşan şekil deformasyonları, kondensasyon ve nemin havadaki gazlarla birleşmesiyle ortaya çıkan asitlerin etkisi olarak görülmektedir [38].

Kerpiç yapıda su etkisi ile oluşan hasarlar çoğunlukla; duvarlarda suyun malzeme bünyesine girmesi nedeniyle, yetersiz drenaj, sıçrama ve özellikle zemin suyunun yükselmesiyle duvar alt kısımlarında oluşur. Kerpiç malzemede kapiler yükseliş düşüktür ve su, zeminden 30-40 cm. yukarıya ulaşamaz [2].

Cephe yüzeyine gelen suyun %85-90' nı yağmur suyu oluşturur. Cepheler yağışın m² olarak yaklaşık %40' nı alır. Duvara nüfuz eden yağmur suyu buharlaşmazsa duvarda birikir. Yağmur suyunun duvar bünyesine girmesini engellemek amacıyla ince sıvanın çok sert yapılması veya su geçirmez bir boya ile kaplanması gerebilir. Fakat içeriden gelen su buharı dışarı atılamaz ise, bu geçirimsiz tabaka altında yoğunlaşarak birikir, çok soğuk havalarda donar. Buhar yoğunlaşarak geçirimsiz boya altında toplanırsa, boyayı kabartır ve sonra patlatarak dışarı çıkar [38].

Yapıda konfor şartlarını belirleyen etmenlerden biri de nem miktarıdır. Havadaki nem oranının insanın konfor sınırları içinde kalması için yapı malzemelerinin nem değişikliklerini absorbe edecek nitelikte olması gerekir.

Kerpici iç mekan iklimindeki nem oranını diğer yapı malzemelerine oranla daha fazla düzenlediği tartışmasızdır. Kerpiç malzeme, havadaki nemi bünyesine çabuk çeker ve bünyesindeki nemi havaya çabuk bırakabilir. Böylelikle iç mekandaki iklim ne çok kuru ne de çok rutubetli olur [32].

Ancak yüksek nem miktarı, kil bağlayıcılı toprak duvarların çekme ve basınç dayanımlarını önemli ölçüde düşürür. Duvar temelleri ya da alt bölgeleri, yapının diğer bölgelerine göre daha fazla yük alan kısımları, suyla doymun hale geldiklerinde göçme eğilimindedirler. Kerpiç duvarların, ıslak zeminle direkt temasından ve yağmur suyunun sıçramasından korunmaları gerekir. Kerpiç yapılarda, varlıklarını

sürdürebilmeleri için, su geçirimsiz ve dayanıklı bir malzemeden üretilmiş geniş saçaklı çatı yapılması zorunludur.

4.2.2 Yangın

Kerpiç yapı malzemesi DIN 4102 ve DIN 18951' e göre içinde yanıcı bir katkı bulunmadığı takdirde; yanmaz, alev almaz, duman ve koku çıkarmaz [37]. Yangın etkisi ile malzemenin rengi değişir ve iç yapısı bozulur. Tablo 4.5' te kerpicingin yangındaki davranışı gösterilmektedir.

Tablo 4.5: Kerpiç malzemenin yangındaki davranışı [37]

Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Kalınlık d(cm)	Alev alma/ duman	Yangına dayanım süresi
Masif kerpiç	2000	45	—	F180
Hafif kerpiç	900	45	—	F180

Bu durumda, 45 cm' lik kerpiç duvarın, yangın yönetmeliğinde yeterli görülen F90-A' dan daha uzun süre yangına dayandığı görülmektedir.

4.2.3 Isı Yalıtımı

Isı, nem, ışıma, koku ve hava akımları bir arada insanda konfor hissini uyandırır. Isısal konfor bunun sadece bir parçasıdır. Malzemenin ısı biriktirme ve ısı alış özellikleri; ısısal iletkenlik katsayısı, yoğunluğu, özgül ısısın kapsamı içindedir. Masif kerpiç aynı yoğunluktaki kiremit, beton, klinker tuğlası gibi malzemeler ile aynı ısı biriktirme özelliği gösterir [2].

Bölüm 2' de anlatıldığı gibi mekanın ısı etkilerinden korunması, mekanı çevreleyen yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneğine bağlıdır. Yapı bileşenlerinin ısı depolama yeteneği ise malzemelerin cinsine, kalınlığına ve ısı iletkenlik katsayısına bağlı olarak değişir.

Malzemenin birim ağırlık değeri düştükçe, ısı iletkenliği de küçülür. %10 alçı katkısı ile kerpicingin birim ağırlığı dolayısıyla ısı iletkenlik değeri azaltılmıştır (Tablo 4.6). Isı depolama özelliği artan Alker malzemenin ($\lambda=0.40$ W/m²K), ısı tutuculuk ve iç yüzey sıcaklık değerlerinin yüksek oluşu, ısı ve nem dengesinin korunmasını, böylelikle yakıt ve enerji tüketiminden tasarruf edilmesini sağlar.

Tablo 4.6: Birim ağırlığa göre ısı iletkenlik katsayıları [37]

Malzeme	ρ (kg/lt)	λ (kcal/mhc)
Tuğla	1,80	0,70
Gaz beton	0,80	0,23
Kireç kum taşı	1,80	0,85
Normal beton (donatılı)	2,40	1,80
Kerpiç (çimento, saman katkılı)	>1,70	0,80
Alker	1,60	0,40

Endüstriyel yapı malzemeleri ile inşa edilen yapılarda daha iyi yaşanıldığı sanılmaktadır. Ancak biliniyorki ileri teknoloji ile üretilen yapı malzemeleri dahi elemana dönüştürüldükleri zaman elemanın yüklenmesi gereken bütün görevleri yerine getiremez. Birçok malzemeden oluşan katmanların detaylandırılması gerekmektedir. Mesela betonarme perde ile oluşturulmuş bir mekanda, mekan ısısının korunması; ayrıca duvar iç yüzey sıcaklığının yeterli ve gerekli düzeyde olması için duvar izolasyonu ilave edilmelidir. Bu ise ayrı bir malzeme ve işçilik maliyetini beraberinde getirir. Bu ilavelerden sonra mekanda bağıl nem dengesi bozulur. Çünkü ısı izolasyonu, yalıtım özelliğini kaybetmemesi için, buhar geçirimsiz bir katman ile mekan yönünde korunmalıdır. Bu durumda "taşıyıcı betonarme duvar + ısı izolasyon malzemesi ve işçiliği + buhar geçirimsiz katman ve işçiliği" yan yana kullanılmış olmakla beraber mekandaki bağıl nemin konfor düzeyinde tutulamayacağı görülmektedir. Kerpiç duvar ise "taşıyıcılık + ısı yalıtımı + ısı depolama + buhar difüzyon değeri" ile yapının taşıyıcılık ve koruyuculuk görevlerini, konfor şartlarını da sağlayarak, tek başına yerine getirir [37].

Kullanıcı sağlığı açısından, yapıda belirli konfor şartlarının sağlanması gerekir. Yapıda ortam şartlarını belirleyen malzemenin fiziksel özellikleridir. Tablo 4.7' de, bazı yapı malzemelerinin ısısal özelliklerini etkileyen fiziksel özellikleri, kerpiç malzemenin fiziksel özellikleri ile karşılaştırılmak üzere verilmiştir.

Tablo 4.7: Bazı yapı malzemelerinin fiziksel özellikleri [37]

	Malzeme	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	c (kJ/kgK)	μ
[SIA] 381/1	Tuğla	1100	0,37	0,9	4,0-6,0
	Kireç, Kum taşı	1600	0,8	0,9	10-25
	Gazbeton	400	0,18	1,1	3,0-5,0
	Ahşap (çam)	450-500	0,14	2,0-2,4	20-40
	Ahşap elyaf çam	350-500	0,09	1,6	2,0-5,0
CRA TERRE	Masif kerpiç	2000	0,46-0,81	1,0	10,0-11,0
	Çimentolu kerpiç(%8)			0,65-0,85	
	Hafif kerpiç	1200	0,47	1,0	8,0-10,0
[AL-KER]	Alçılı kerpiç	1600	0,4		13

4.2.4 Akustik

Kerpiç, malzeme özelliğine göre ses yutucudur. SIA - Norm 181 değerlerinden yapılmış hesaplar sonucu, kerpicin kullanılma kalınlığına göre ses yutuculuğu Tablo 4.8' de gösterilmektedir.

Tablo 4.8: Yapı malzemesinin kullanılma kalınlığına göre ses geçiş direnç değerleri (kalınlık m olarak) [37]

Hava sesi	ρ (kg/m ³)	30dB	40dB	50dB	55dB
Masif kerpiç	2000	0,03	0,07	0,20	0,40
Hafif kerpiç	900	0,04	0,12	0,33	0,73

5. YAPIM SİSTEMLERİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ

Bu bölümde, hafif çelik ve alker yapım sistemlerinin bir arada kullanımının yapım süreci (Tablo 5.1) ve performans gereksinimleri (Tablo 5.2) açısından uygunluğu, bu iki teknolojinin birlikte kullanımı ile tasarlanan pilot proje üzerinde incelenecektir. Pilot projenin dış kabuğu alker, diğer yapı elemanları: bölücü duvarları, döşeme ve çatısı hafif çelik sistem ile oluşturulmuştur.

Günümüzde yapı üretiminde istenen hedefler ve toplumlarda etkinliği artan sağlıklı yaşam isteği, kerpiç yapıları tekrar gündeme getirmiştir. Kerpiç, doğal, kolay elde edilebilen, üretiminde ve kullanımında çok fazla proses ve enerji gerektirmeyen, sağlıklı mekanlar yaratan bir malzemedir. Ancak ana malzemesinin toprak olması nedeniyle bazı sakıncalı yönleri vardır. Toprak malzemenin en belirgin iki sakıncalı yönü, suya karşı dayanımının az, basınç mukavemetinin düşük olmasıdır. Bu özellikler, gerekli önlemler alınarak ve öngörülen koşullara uyularak, ya tamamen giderilebilir, ya da en aza indirilebilir.

Kerpiç yapılarla ilgili, başka olanak bulunmadığı dönem ve yörelerde, zorunluluk nedeniyle kullanılan, toplumun refah düzeyinin yükselmesi ile olanaklar elverdiği an terk edilmesi gereken bir malzeme, şeklindeki önyargılar çok yaygındır. Ancak modern mimarların toprak malzeme ile ilgili çalışmaları toprağın sadece geçmişe ait bir malzeme olduğu inancını çürütmekte, kullanımını yeniden canlandırmaktadır. Geleneksel toprak mimarinin canlı kalabilmesi için dünya çapında kerpicing malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla pek çok araştırma yapılmaktadır.

Kerpiç malzeme, gözenekli yapısı ile havadaki fazla nemi bünyesine çabuk çeker ve bünyesindeki nemi havaya yine çabuk bırakabilir. Böylece iç mekanın ne çok kuru ne de çok rutubetli olması sağlanır. Malzemelerin bünyelerine emdikleri suyu dışarı atamamaları sonucu yüzeylerde oluşan mantar, küflenme, bakteri ve mikropların üremesi gibi olaylara rastlanmaz.

Isı tutuculuk değeri yüksek olan kerpiç malzeme, ısınma enerjisini bünyesinde depolar. Isıtma kesildikten sonra, uzun bir süre depoladığı enerjiyi mekana vererek, sıcaklığın dengeli kalmasını sağlar. Diğer yandan izolasyon kapasitesi yüksek olduğundan, yapı dışındaki istenmeyen sıcaktan veya soğuktan mekanı korur.

Böylece yapıda ısıtma ve soğutma için daha az enerji harcanmasını sağlayarak, hem maliyet hem de doğal kaynakların korunması açısından olumlu sonuçlar doğurur.

Nem alışverişini, ısı yalıtımını kendi doğasından gelen özelliklerle karşılayan kerpiç, yapı malzemesi olarak mekanı çevreleyen duvarları oluşturduğunda, yapı fiziği açısından dengeli, homojen bir kesit elde edilir. Oysa günümüzde, endüstriyel yapı malzemeleri ile oluşturulan duvarların istenen performansı karşılaması için birçok katmandan oluşmaları gerekir. Mekanda istenen sıcaklığın sağlanması amacıyla ısı yalıtımı uygulanması gerekir. Isı yalıtımının, yalıtım özelliğinin bozulmaması, duvar kesiti içinde yoğuşmanın olmaması için de mekan yönünde buhar geçirimsiz bir katmanın kullanılması gerekir.

Kerpiç duvar ise ' taşıyıcılık, ısı yalıtımı, ısı depolama, buhar diffüzyon değeri' ile yapıdan beklenen taşıyıcılık ve koruyuculuk görevlerini, konfor şartlarını da sağlayarak tek başına yerine getirmektedir.

Bu olumlu özelliklerinin yanında, kerpiç yapılarda karşılaşılan en olumsuz özellik yapım süresinin yavaşlığıdır. Kerpiç tuğla veya bloklarla örme tekniğinde, yığma yapım sisteminde tuğlaların örülmesi için geçerli kurallar aynen uygulanır. Yerinde dökme sistemde ise, kerpiç ile örmeye göre daha hızlı duvar yapılır. Ancak büyük hacimde duvarlar kuruduğu zaman büzülme ve bundan dolayı çatlaklar fazla olmaktadır.

Pilot projede kullanılan alker malzeme ise, normal kerpiç ve diğer katkılı kerpiçler de uygulanan gölgede serme, çevirme, kurutma işlemlerini ortadan kaldırmaktadır. Alçı katkısı, kerpice kalıplarda kurumasını beklemeden, kalıptan hemen boşaltılmasına imkan vermektedir. Böylelikle kurutma için işçilik ve zaman kaybı önlenmektedir. Alkerin inşaat makineleri ile birlikte kullanılabilmesi, alker yapıların yapım sürecini kısaltmaktadır. (Alkerin, geleneksel kerpice göre iyileştirilmiş özellikleri Bölüm 4.1.3' te daha ayrıntılı incelenmiştir).

Tablo 4.1' de incelendiği gibi alker yapı şantiyesindeki işlem aşamaları, geleneksel kerpiç ve dış ülkelerde görülen geliştirilmiş kerpiç şantiyelerine göre oldukça azaltılmıştır.

Kerpice, insan yapı ve çevre sağlığı açısından sahip olduğu özelliklerden günümüzde de faydalanmak amacıyla, çalışmada tasarlanan pilot projenin dış kabuğunda, gelişmiş (alçı katkılı) teknoloji ile üretilen kerpiç malzeme kullanılmıştır.

Çalışmada incelenen diğer teknoloji hafif çelik sistemdir. Dış kabuğu alker malzeme ile oluşturulan projenin, iç bölme duvarları, döşeme ve çatısında hafif çelik

kullanılmıştır. Hafif çelik bileşenlerin, fabrikada hızla üretilmesi ve şantiyede kısa sürede monte edilmesi, alker yapının yapım sürecini kısaltması amacıyla seçilmiştir.

Ayrıca, alker yapıda, iç mekanlarda ince bileşenlerden oluşan hafif çelik sistem kullanımı, yığma kerpiç duvarların kalınlığı nedeniyle kaybedilen mekanlardan tasarruf edilmesini de sağlayacaktır. Şekil 5.1' de alker yapıda duvar kalınlıkları görülmektedir.



Şekil 5.1: İNTAG TOKİ 622 Araştırma binası [37]

Hafif çeliğin geri-dönüşümlü olması, ERA hedefleri doğrultusunda, yapılarda daha fazla sürdürülebilirliğin sağlanmasına yardımcı olacaktır.

Alker ve hafif çelik sistemin bir arada kullanımı, yurt dışından hazır projeler halinde gelen hafif çelik sistemin doğrudan alınması yerine, yeni bir teknolojinin ülke şartlarına göre geliştirilmesini sağlayacaktır.

Hafif çelik yapı teknolojisinde, eleman ya da bileşenlerin ön üretimle fabrikada üretilmesi nedeniyle ön yatırım ve tesis ihtiyacı yüksektir. Bu teknolojinin ön üretimli olması, prefabrike imalat aşamalarını içermesi, sahada kuru montaj sistemi ile yapılması, yapının kısa sürede tamamlanmasını sağlamaktadır. Malzemenin hafif olması, eleman ya da bileşenlerin şantiyeye taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Böylelikle, yapısal çelikte olduğu gibi vinçlere gerek olmadan birleştirme ve montaj işlemleri yapılabilir. Bu da toplam maliyette büyük bir azalmaya neden olmaktadır.

Alçı katkısı ile nitelikleri iyileştirilen alker malzeme, inşaat makineleri ile birlikte kullanılabilir. Böylelikle kerpiç yapıda rasyonalizasyon sağlanarak, gelişmiş (alçı katkılı) teknoloji ile üretilen kerpiç yapıların yapım süreci, geleneksel kerpiç yapılara göre oldukça kısalmaktadır. Alkerin ana malzemeleri toprak, kireç ve su'dur. Üretimi kolaydır ve diğer yapı malzemelerinde olduğu gibi büyük tesisler kurulmasına, ön yatırıma gerek yoktur.

Pilot projede uygulanan yapı teknolojilerinin yapım süreci açısından karşılaştırılması Tablo 5.1' de gösterilmektedir.

Tablo 5.1: İki yapı teknolojisinin bir arada kullanımının yapım süreci açısından karşılaştırılması

	Ön Yatırım	Tesis İhtiyacı	İşgücü	Maliyet	Yapım Süreci
Hafif Çelik	Yüksek	Yüksek	Az	Yüksek	Kısa
Alker	Düşük	Düşük	Az	Düşük	Kısa

Pilot projede kullanılan yapı teknolojileri performans gereksinimleri açısından incelenecek olursa, geliştirilmiş alçı katkılı kerpice mekanik ve fiziksel özellikleri, normal kerpice göre daha iyidir. Bu nedenle alker yapılar kullanıcı ihtiyaçlarını, geleneksel yöntemle üretilen kerpiç yapılara göre daha iyi karşılamaktadır. Alçı katkısı ile kerpice, suda çözülme ve dağılmasının daha az olduğu, yüzeylerinin daha düzgün ve toz üretmediği saptanmıştır. Alker, normal kerpice göre daha gözenekli, birim ağırlığı daha az bir malzemedir. Böylelikle alker ile üretilen yapılarda ısı enerjisinden daha fazla tasarruf edilmektedir.

Hafif çelik teknolojisi performans gereksinimleri açısından incelenecek olursa, taşıyıcılarda kullanılan profiller ince kesitli olduğundan, hafif çelik taşıyıcılar su ve nem etkisi ile en fazla korozyondan zarar görürler. Çelik yapıların kullanıma özelliklerine ve ortam şartlarına göre korozyondan korunmaları için boyama, galvanizleme ya da alaşım yoluyla çeşitli tedbirler alınmalıdır. Çeliğin ısı iletkenliği diğer yapı malzemelerine göre daha yüksek olduğu için çelik yapılarda ısı izolasyonu çok önemlidir. Hafif çelik sistemde taşıyıcı strüktür alçı levhayla kaplandığı için extra bir yangın korunumuna gerek görülmemektedir. Yapılan araştırmalarda alçı levhalarla çelik strüktürün 120 dakikaya kadar korunabildiği görülmektedir. İnce ve hafif bileşenlerden oluşan hafif çelik sistemde, mekanlarda gerekli önlemler alınarak istenen akustik konfor sağlanmaktadır.

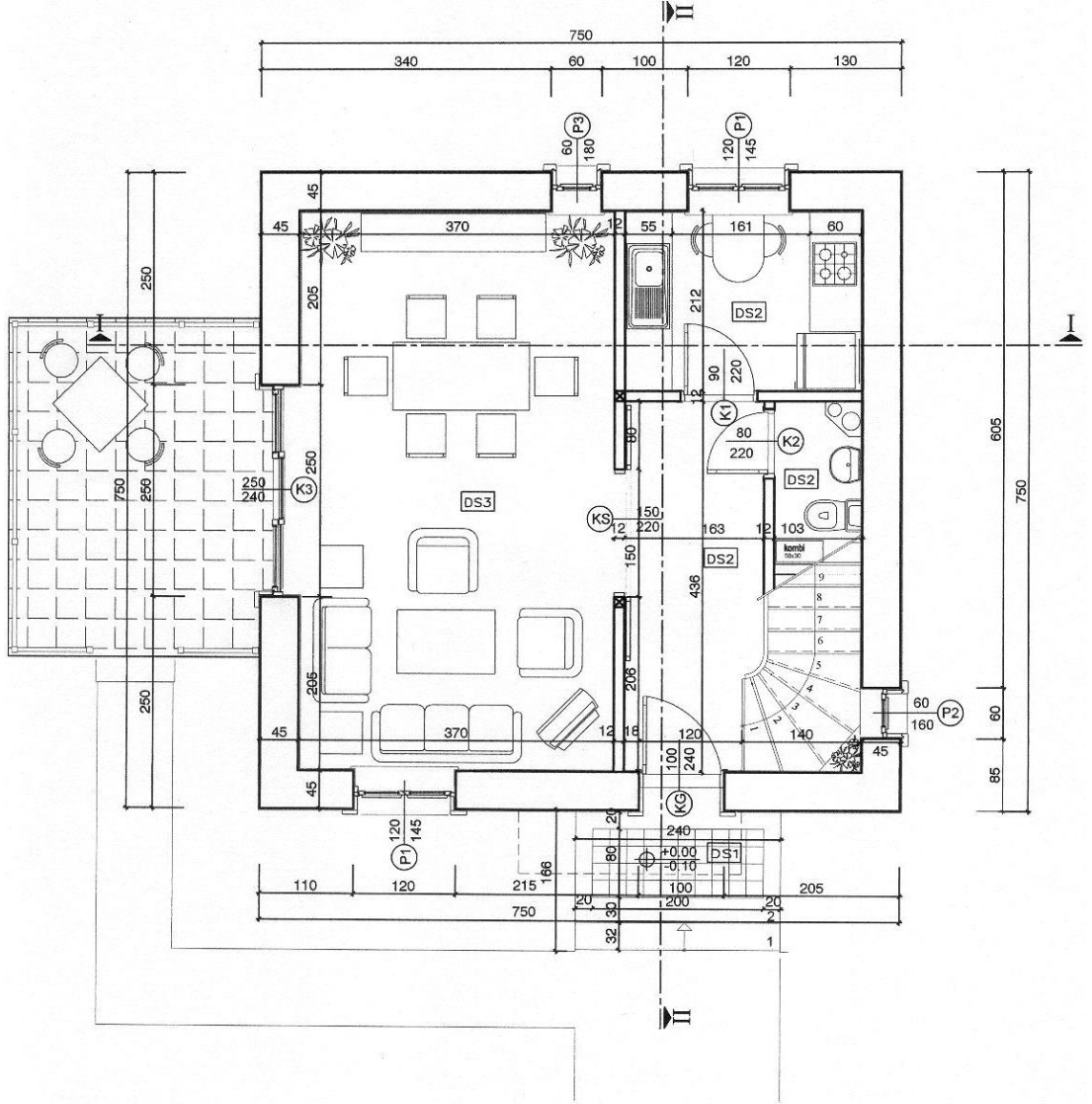
Pilot projede uygulanan yapı teknolojilerinin performans gereksinimleri açısından karşılaştırılması Tablo 5.2' de gösterilmektedir.

Tablo 5.2: İki yapı teknolojisinin bir arada kullanımının performans gereksinimleri açısından karşılaştırılması

	Suya karşı dayanım	Yangın dayanımı	Isı Yalıtımı	Ses iletkenliği
Hafif Çelik	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
Alker	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük

5.1 Hafif Çelik ve Alker Yapım Sistemlerinin Birleştirilmesi İle Tasarlanan Konut Projesi

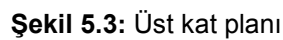
Tez çalışması için hazırlanan pilot proje 7,5mx7,5m boyutlarındadır. Zemin katta mutfak ve salon, üst katta yatak odaları ve banyo bulunmaktadır. Alker dış duvarlar dışındaki tüm taşıyıcı sistem elemanlarında hafif çelik kullanılmıştır. Yapı, zeminden sıçrayan sulardan korunması amacıyla, doğal zeminden 40cm yukarıda yapılmıştır.



Şekil 5.2: Zemin kat planı

Dış kabuğu yığma, iç bölme duvarları, birinci kat döşemesi ve çatısı hafif çelik sistemle inşa edilen yapının alker duvarlarının altında sürekli betonarme temel, hafif çelik duvarların altında ise radye temel uygulanmıştır.

Yapının zemin kat döşemesi betonarmedir. Üst kat döşemesi ise hafif çelik taşıyıcı kirişlerle oluşturulmuştur. Şekil 5.5, üst kat döşemesinde hatıl ve kirişlerin birleşim detayını göstermektedir. Döşemeyi oluşturan ana taşıyıcı kirişlerde 25.4cm' lik hafif çelik C profiller kullanılmıştır. Tesisat boruları, hafif çelik döşeme kirişleri arasına yerleştirilmiştir.



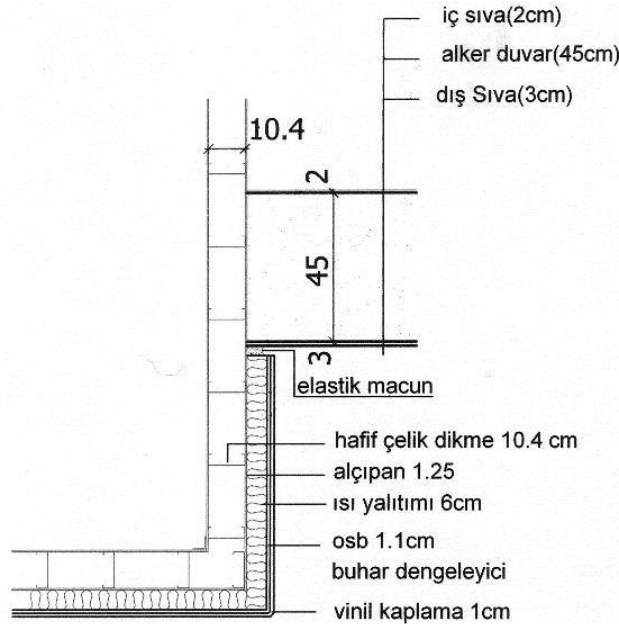
5.1.3 Duvarlar

Yapının kabuğunu oluşturan dış duvarlar, alker malzeme kullanılarak dökme metodu ile inşa edilmiştir. Alker yapıda duvarlar, binanın tüm yükünü yığma yapı prensibi ile taşır. Dış duvarlar 45cm kalınlığındadır.

Alker duvarlar taşıyıcılık, ısı yalıtımı, ısı depolama, buhar difüzyon değeri ile yapının taşıyıcılık, koruyuculuk görevlerini ve istenilen konfor şartlarını tek başına yerine getirmektedir. Dış duvarların iç yüzü ısı ve nem alışverişine izin veren hazır alçı sıva ile dış yüzü ise çimento sıva ile kaplanmıştır.

Yapının iç duvarları U, C, Z, şeklindeki hafif çelik taşıyıcı profiller ile oluşturulmuştur. Hafif çelik duvarların taşıdığı sistem yığma yapı prensibine benzemektedir. İnce profiller, üzerlerine bağlanan kaplamalar ile birlikte taşıyıcılığı yüklenirler. Çelik yapılarla uyumu nedeniyle, iç duvarlarda kaplama malzemesi olarak alçı levha kullanılmıştır.

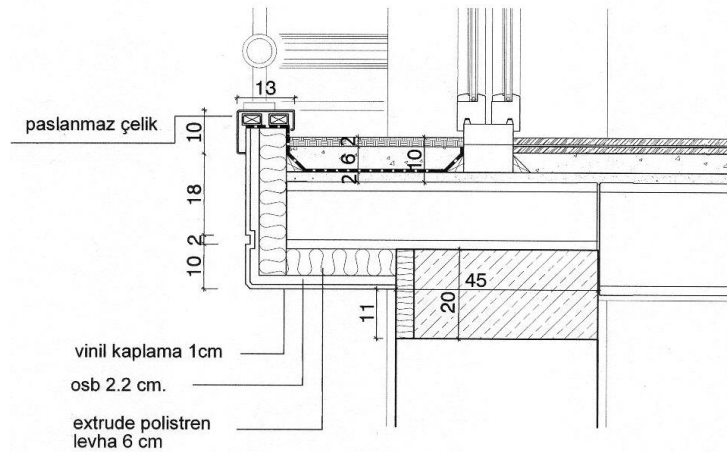
Pilot projede, 30cm kalınlığındaki kerpiç iç duvarlar yerine 15 cm kalınlığındaki hafif çelik duvarların kullanımı ile daha geniş mekanlar elde edilmiştir (Şekil5.2,3). Hafif çeliğin hızlı montaj özelliği ile alker yapının yapım süresi kısalmaktadır.



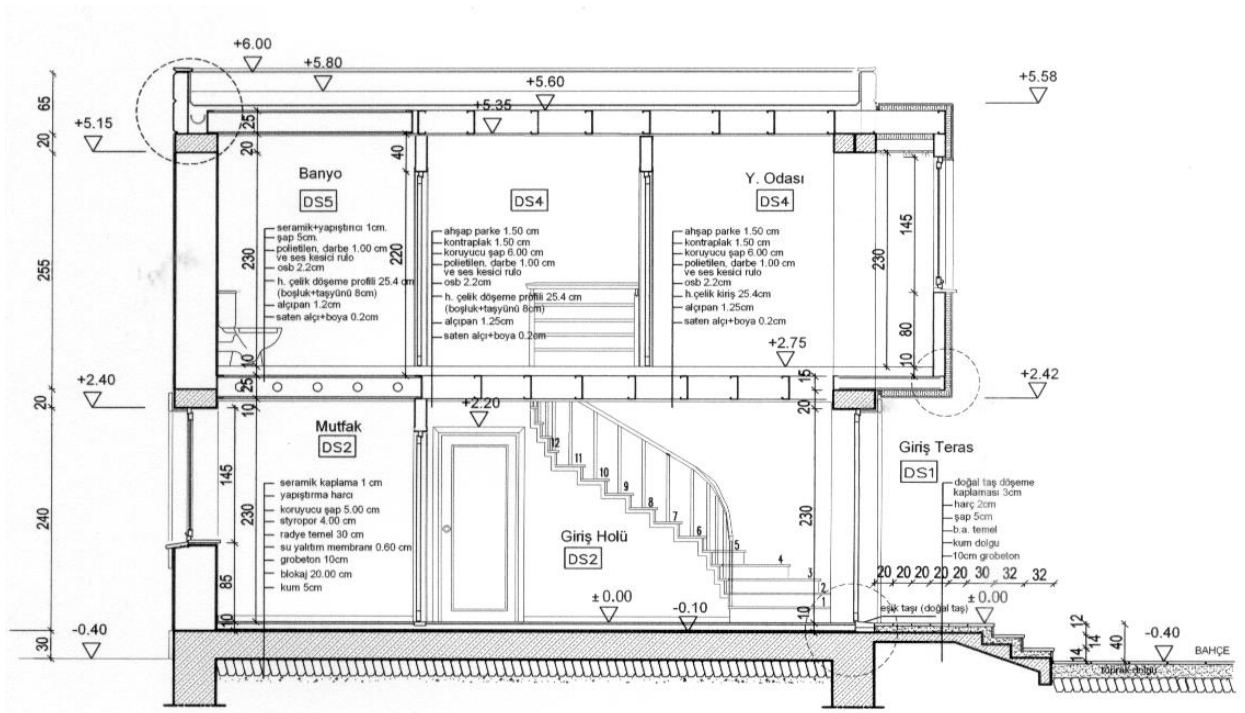
Şekil 5.4: Hafif çelik konsol ve alker duvar birleşim detayı

5.1.3.1 Hatıl

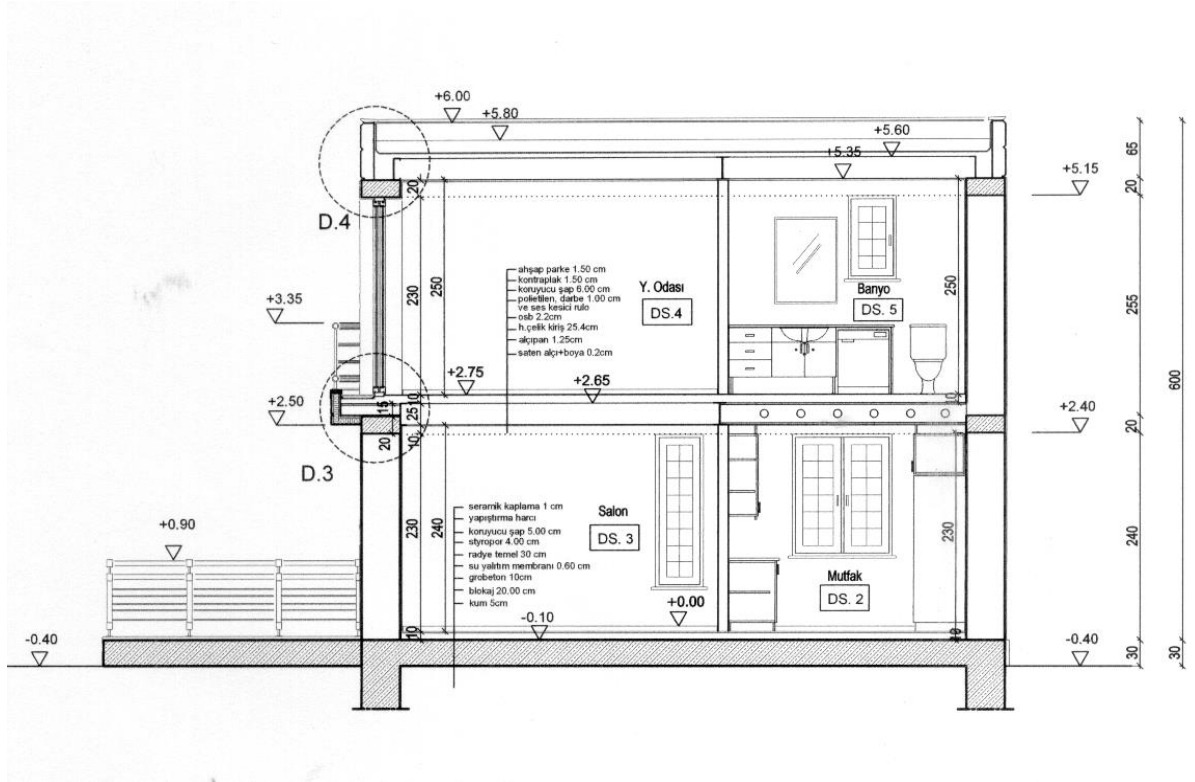
Alker dış duvarların üstü 20x30cm boyutlarında betonarme hatıl ile bağlanmıştır. Hafif çelik döşemenin yüklerini duvarlara aktaran hatıl, dış duvarların dış yüzünden 15cm içeride başlatılmıştır. Dış duvarların üzerine hatıl yerleştirildikten sonra kalan boşluk tekrar kerpiç malzeme ile doldurulmuştur. Böylelikle hem betonarme hatılda oluşacak ısı köprüleri engellenmiş, hem de dış görünüş açısından kerpiç yapı bütünlüğü ve estetiği korunmuştur.



Şekil 5.5: Hatıl ve kiriş birleşim detayı



Şekil 5.6: I-I Kesiti



Şekil 5.7: II-II Kesiti

5.1.3.2 Pencere ve Kapılar

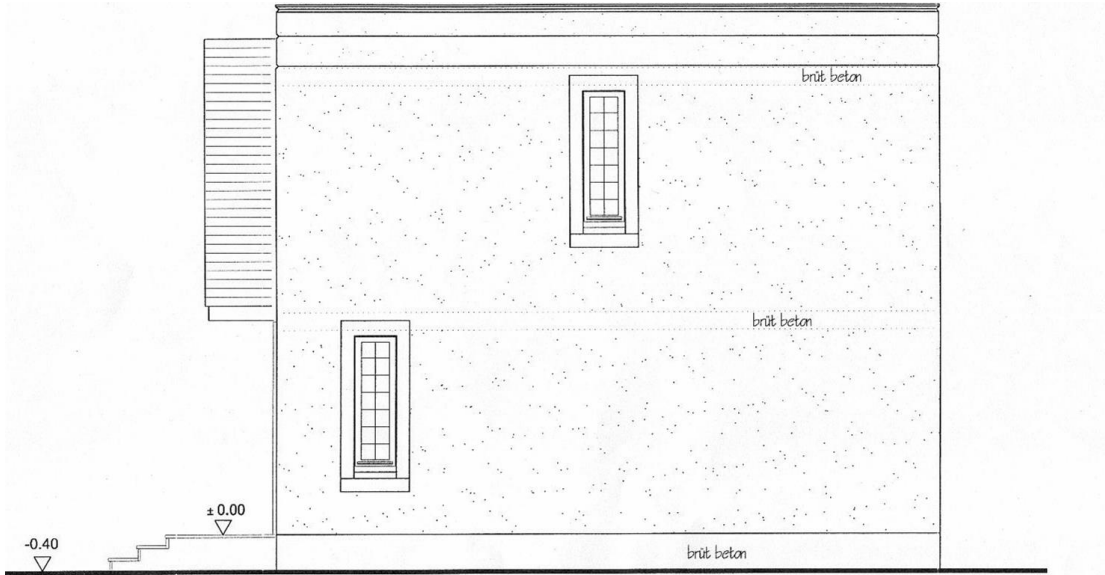
Dış duvar kalınlığı 45cm olup, doğramalar duvar dış yüzeyinden 15 cm içeriye yerleştirilmiştir. Pencere ve kapı boşlukları hatıl altına kadar yükseltilmiştir. Dış denizlikte mermer kullanılmıştır. Duvarlarda pencere ve kapı kenarları taş söve ile kaplanmıştır.



Şekil 5.10: Ön ve arka görünüş

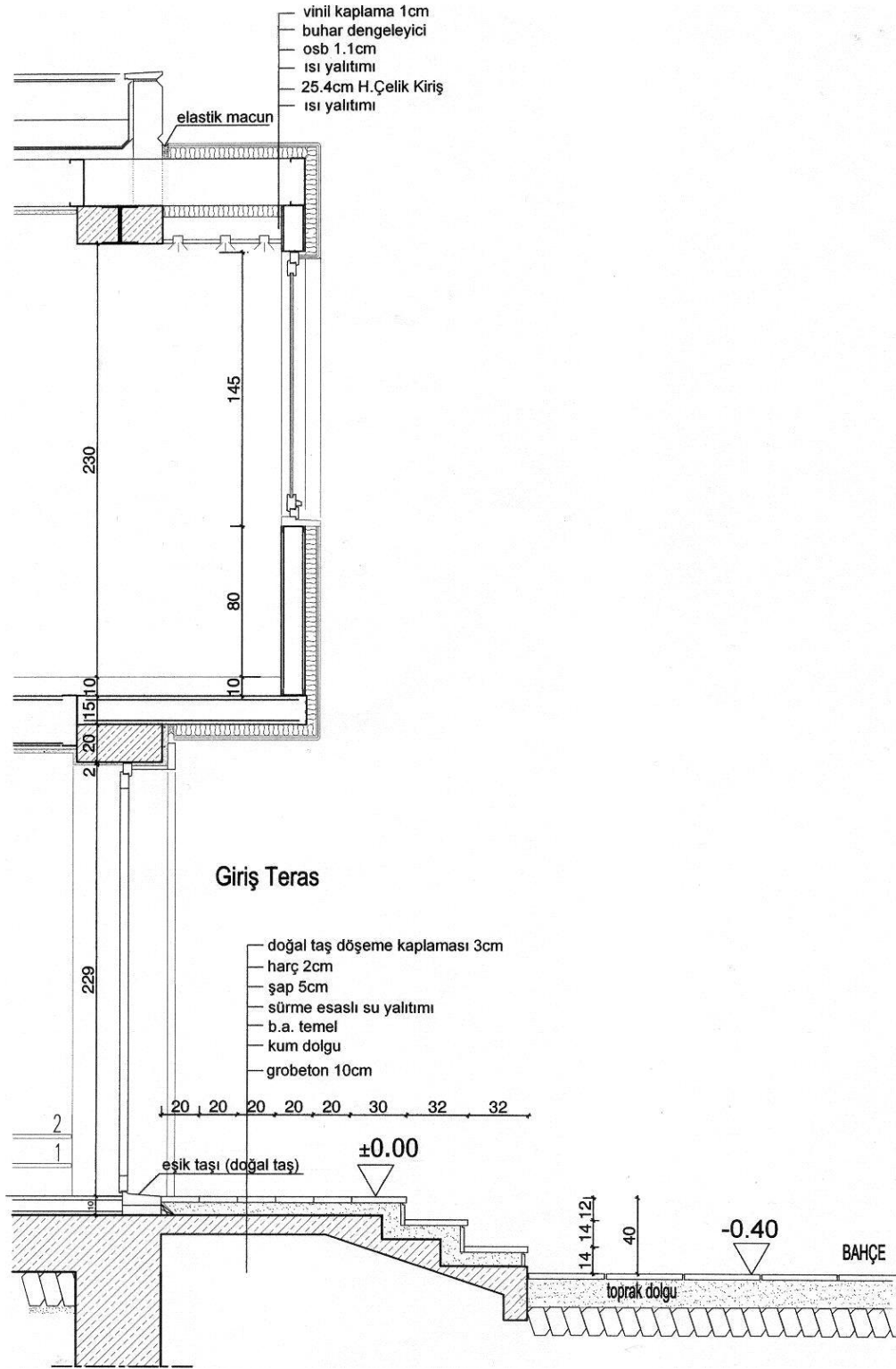


SOL YAN GÖRÜNÜŞ



SAĞ YAN GÖRÜNÜŞ

Şekil 5.11: Sol ve sağ yan görünüş



Şekil 5.12: Sistem detayı

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Avrupa Birliği Araştırma ortamında (European Research Area, ERA) kurulan 'The European Council for Construction Research, Development and Innovation (ECCREDI)', İnşaat Sektöründe Araştırma, Geliştirme ve Yenilikçiliği Destekleyen Avrupa Konseyi, araştırma hedeflerini dünyadaki beklentileri göz önünde bulundurarak: kullanıcı ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılması ve karşılanması, hizmet işlemlerinin daha yüksek kalitede uygulanması, yeni teknolojilerin daha etkin kullanımı, ürün ve işlemlerde daha yüksek kapasitede yenilikçilik, işgücünün daha yüksek performansta kullanımı şeklinde belirtmiştir.

TÜBİTAK' ın düzenlediği Vizyon 2023 projesi, İnşaat ve Altyapı Panelinde, teknolojik gelişme sağlanması gerekli görülen teknoloji alanlarının belirlenmesinde ECCREDI' ın araştırma hedeflerine benzer şekilde: pazar geliştirme yeteneği, yeni pazar yaratma olasılığı, yeni sanayi girişimi başlatma olanağı, rekabet gücü, istihdama katkısı, çevreye olan duyarlılığı, enerji tasarrufuna katkısı, yerel kaynak kullanımı, toplum tarafından benimsenebilirliği, teknoloji (Ar-Ge) yoğunluğu parametreleri göz önünde tutulmuştur.

Avrupa Birliği ve Türkiye' de belirlenen bu hedefler, toplumlarda artan sağlıklı yaşam bilinci, ülkemizin mimari kültüründe önemli bir yeri olan kerpiç yapıları tekrar gündeme getirmiştir.

Tezde, kerpiç yapıların insan, çevre ve yapı sağlığı açısından sahip oldukları olumlu özelliklerden günümüzde de yararlanabilmek için, kerpiç yapıların yeni teknolojilerle desteklenip geliştirilmesi, çağdaş inşaat sektörüne kazandırılarak kullanım alanının artırılması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, alçı katkılı kerpiç yapı sisteminin, ülkemizde yeni yeni uygulanmaya başlanan hafif çelik sistem ile birlikte kullanılabilirliği incelenmiştir.

Çalışmada, öncelikle ülkemizdeki mevcut konut talebi belirlenmiş, konut sektöründeki problemler ve hedefler, konutlardan beklenen performans değerleri ve uygulanan yapım teknikleri genel olarak araştırılmıştır. Daha sonra konut üretiminde uygulanan yapı teknolojileri arasından seçilen hafif çelik ve alker yapım sistemleri, teknoloji ve performans gereksinimleri açısından incelenmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda, bu iki teknolojinin birlikte kullanımı ile tasarlanan iki katlı konut pilot projesi, yapım süreci ve performans gereksinimleri açısından incelenip, projenin ECCREDİ hedeflerine uygunluğu değerlendirilmiştir. Pilot projenin dış kabuğu, sağlıklı ortam şartları yaratması nedeniyle alker sistemle, diğer yapı elemanları yapım süresinin kısalığı ve ince bileşenlerden oluşması, çevreyle uyumlu olması nedeniyle hafif çelik sistemle oluşturulmuştur.

Pilot proje yapım süreci açısından incelendiğinde, alkerin inşaat makineleri ile birlikte kullanılabilmesi, kerpiç yapıda rasyonalizasyonu sağlamıştır. Böylelikle, gelişmiş (alçı katkılı) teknoloji ile üretilen kerpiç yapılar daha kısa sürede üretilmektedir. Yapının iç kısmında, fabrikada üretimi ve montaj süresinin kısalığı nedeniyle hafif çelik sistem kullanılmıştır. Hafif çelik, kerpiç yapıda üretim sürecini daha da kısaltacaktır.

Pilot projede, iç duvarlarda ince hafif çelik bölücü duvarların kullanımı, yığma kerpiç duvarların kalınlığı nedeniyle kaybedilen mekanlardan tasarruf edilmesini sağlayacaktır. 30cm kalınlığındaki alker iç duvarlar yerine 15cm kalınlığındaki hafif çelik bölücü duvarların kullanılması, yapıda daha geniş mekanlar elde edilmesini sağlamıştır.

Konutta konfor şartlarının sağlanması için ısı, nem, hava akımı, ses gibi etkilere karşı bazı değerlerin sağlanması gereklidir. Pilot proje, performans gereksinimleri açısından incelendiğinde, yapının dış kabuğunu oluşturan alker; ısısal performansı, gözenekli bir malzeme olması nedeniyle tüm bu şartları yerine getirmektedir.

Tasarlanan pilot projede:

- Alçı katkısı ile nitelikleri iyileştirilen kerpiç malzeme, kullanıcı ihtiyaçlarını daha iyi karşılamaktadır.
- Yeni yapı teknolojilerinin kullanılması ile yenilikçi bir öneri getirilmektedir.
- Her iki teknolojinin çevreyle uyumlu olması, sürdürülebilir yaşam kavramının geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.
- Alçı katkısı ile nitelikleri iyileştirilmiş kerpiç sistemin kullanımı, ürün ve işlemlerde daha yüksek kapasitede yenilikçiliği desteklemektedir.
- Endüstriyel bir sistem olan hafif çelik ve rasyonalleştirilen alker yapı teknolojilerinin uygulanması, işgücünün daha yüksek performansta kullanımını sağlamaktadır.

Tüm bu veriler, pilot projenin ECCREDİ ve TÜBİTAK VİZYON 2023 Projesi' nin araştırma ve konutlaşma hedefleri ile uygunluğunu göstermektedir.

Çalışmada, Türkiye' deki mevcut konut ihtiyacının sağlıklı, rasyonel ve çevreyle uyumlu bir şekilde çözümüne yardımcı olacak bir konut modeli önerilmiştir. Böylelikle, ülke ekonomisine katkı, yerel kaynak kullanımı ve işçiliğin değerlendirilmesi sağlanacak, ekolojik denge korunacak, mimari kültürümüzde önemli bir yeri olan kerpiç yapıların gelecek nesillere aktarılması da sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] www.b4e.com
- [2] **Eriç, M., Ersoy, H.Y, Yener, N.**, 1986. Günümüz Konutunda Rasyonel Donatım, Teknografik Yayıncılık, İstanbul.
- [3] www.vizyon2023.tubitak.gov.tr
- [4] <http://www.die.gov.tr/TURKISH/SONIST/INSAAT/160301B.htm>
- [5] **Kafesçioğlu, R.**, 1989. Konut Darboğazından Nasıl Çıkacağız?, *Yapı*, **97**, 57-60
- [6] **Koçan,A.**, 2003. Sürdürülebilir Toplu Konut Tasarımı, *Yapı*, **256**, 49-55
- [7] Anon., 2004. Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu, *Şantiye*, **196**, 56-57
- [8] http://www.die.gov.tr/nufus_sayimi/2000Nufus_Kesin1.htm
- [9] <http://www.zmo.org.tr/belgeler/plan8.pdf>
- [10] **Kulaksızoğlu, E.**, 1973. Mimarlık Alanında Çağdaş İnşaat Sistemlerinin Gelişimi ve İlgili Tasarım Olanakları, *Doçentlik Tezi*, İ.T.Ü Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [11] **Yıldız, S.**, 1987. Çağdaş Yapım Sistemleri: ders notları 1986-1987 yaz yarıyılı, Kitap Yayınları, İstanbul.
- [12] **Eriç, M.**, 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- [13] **Karakoç, H.T., Binyıldız, Ecvet., Turan, Orhan.**, 1999. Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı, Ode Teknik Yayınları, No:G 20
- [14] **Osbourn, D.**, 1993. Introduction To Buildings, Longman
- [15] <http://tucsa.org.tr/tuc/dernek.htm>
- [16] **Davies, J.M.**, 2000. Light gauge construction:Developments in applications, *Progressive Structural Engineering Materials*, **2**, 26-33
- [17] www.emlax.com/content.asp?anakonu=14&altkonu
- [18] **Hasol, D.**, 1995. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, YEM, İstanbul.
- [19] **Deren, H.**, 1995. Çelik Yapılar, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [20] **Yu, Wei-wen.**, 2000. Cold-Formed Steel Design, Wiley & Sons, New York.

- [21] **Işık, B.**, 1999. Çelik Hafif Taşıyıcı Sistemlerin Konut Yapımında Kullanılması, Mimari Tasarım ve Uygulama Açısından Çelik, İstanbul.
- [22] <http://www.toolbase.org/secondaryT.asp?TrackID=&CategoryID=1142>
- [23] **Uzgider, E. ve Arda, T. S.**, 1989. Soğukta Şekil Verilmiş İnce Cidarlı Çelik Elemanlar, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [24] Anon, 2001. Yüksek Kalite Teknolojik Güven, *Çelik Yapılar*, Nisan, 8-10.
- [25] **Tartar, A. ve Işık, B.**, 2002. Hafif Çelik Konstrüksiyon Sistemi ve Tasarım Olanakları, 1. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi , İstanbul.
- [26] **Yardımcı, N.**, 2004. Yapıda Çelik Kullanımı, *Dizayn Konstrüksiyon*, **217**, 53-60.
- [27] **North American Steel Framing Alliance**, 2000. Perspective method for residential Cold-Formed Steel Framing
- [28] **Scharff, R.**, 1996. Residential Framing Handbook, McGrawhill, New York.
- [29] **Işık, B.**, 2001. Çelik Yapının Mimari Tasarım İlkeleri, Türk Yapısal Çelik Derneği, İstanbul.
- [30] **Höglund. T., Burstrand. H.**, 1998. Slotted Steel Studs to Reduce Thermal Bridges İn Insulated Walls, *Thin-Walled Structures*, **32**, 81-109.
- [31] **Sinha, S.**, 1996. Down To Earth Buildings, Architecture of Ecology, *Architectural Design*, March, 91-93
- [32] **Akman, A.**, 1995. Kerpiğin Araştırılması ve Niteliklerinin İncelenmesi, *Yapı*, **169**, 104-105
- [33] **Gürdal, E., Kafesçioğlu, R.**, 1985. Çağdaş Yapı Malzemesi Alker, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dairesi Başkanlığı, Shell Yayını
- [34] **Helvacı, G.**, 2001. GAP Bölgesinde İnsan Yerleşmelerinin İyileştirilmesi Amacıyla Alçı Katkılı Kerpiç ve Tuğla Duvarın Şanlıurfa Toplu Konut Projesi Üzerinde Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [35] **Işık, B.**, 1990. A.B.D' de Konut Yapıları 'Kerpiç Yapılar', *Yapı*, **140**, 55-63
- [36] **Kafesçioğlu, R.**, 1980. Yapı Malzemesi Olarak Kerpiğin Alçı ile Stabilizasyonu, Tübitak MAG 505, İstanbul.
- [37] **Işık, Bilge., Akın, Alev., Kuş, Hülya., Çetiner, İkbāl., Göçer, Caner., Arıoğlu, Nihal.** Aralık 1995. Alçı Katkılı Yapı Malzemesinde Uygun Mekanize İnşaat Teknolojisinin ve Standartlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK Araştırma Raporu. Proje No: İNTAG TOKİ 622

- [38] **Gündüz. G.N.**, 1999. Kerpiç Yapılarda Sıva İle Dış Yüzey Korunması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [39] **Işık, B.**, 2000. Alker Yapılar, 1983-2000, İstanbul
- [40] **Houben, H., Guillaud, H.** 1988. Earth Construction, A Comprehensive Guide, Intermediate Technology Publications, London
- [41] **Eryıldız, S.**, 2003. Eko Mimarlık Örnek Yapı ve Projeleri, *Arredamento Mimarlık*, **1**, 86- 91, İstanbul

Özgeçmiş

Ece Özcan, 6 Mayıs 1979 tarihinde Merzifon' da doğdu. Orta ve lise eğitimini 1997' de Antalya Anadolu Lisesinde tamamladı. 2002 yılında İ.T.Ü Mimarlık bölümünden mezun oldu ve aynı yıl İ.T.Ü Yapı Bilgisi programında yüksek lisans eğitimine başladı.