

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIYDİRME CEPHE SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ALÜMİNYUM
PROFİLLERİN TASARLANMASI, TERMAL VE STATİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

ONUR KIZILARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

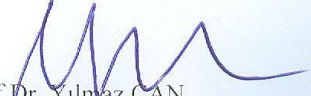
EDİRNE-2016

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı



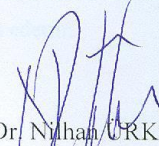
Prof.Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.



Prof.Dr. Yılmaz ÇAN
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd.Doç.Dr. Nilhan ÜRKMEZ
TAŞKIN
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında bir Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Yrd.Doç.Dr. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

Yrd.Doç.Dr. Altan MESUT

Yrd.Doç.Dr. Özmen ERUSLU

İmza



Tarih: 05/02/2016

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

05/02/2016

Onur KIZILARSLAN

Yüksek Lisans Tezi

Giydirme Cephe Sistemlerinde Kullanılan Alüminyum Profillerin Tasarlanması, Termal ve Statik Açıdan İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Giydirme cephe sistemleri, yapılar için, iç ve dış ortam arasında filtre görevi üstlenen bir nevi yalıtım elemanıdır. Giydirme cephe uygulaması sayesinde, yapılarda farklı sıcaklık etkisinden oluşacak zorlanmalar ortadan kalkmaktadır. Giydirme cephe sistemleri, yapıları birçok dış etkene karşı korunmaktadır. Son yıllarda hızla gelişen teknoloji sayesinde, daha hafif giydirme cephe sistemleri tasarlanmaktadır. Uygulanan bu sistemler hem daha ekonomik hem de daha mukavemetli olmaktadır. Bu sayede yapılar daha uzun ömürlü olmakta ve mimari açıdan daha zengin bir görünüme bürünmektedirler.

Giydirme cephe sistemlerinde en çok tercih edilen sistem alüminyum profil sistemleridir. Bu sistemlerinin tasarım ve analizlerinin yapılması sürecinde; alüminyum nedir, alüminyumun teknik özellikleri, alüminyumun üretimi ve işlenmesi, katkı elementlerinin alüminyuma etkileri, korozyonun alüminyuma etkileri gibi temel malzeme bilgisinin yanında, yapıyı etkileyen yükler (sistemin kendi yükü, statik yükler, kar yükü, rüzgar yükü, çevrede ki yapıların rüzgar yüküne etkileri, türbülanslar, vorteks titreşimleri) ve ısı transferi gibi özel mühendislik konularının da bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmamda giydirme cephe sistemlerinde kullanılan alüminyum profillerin tasarlanması, termal ve statik açıdan incelenmesi, konusu incelenmiştir. Alüminyum profillerin tasarım ve analiz süreçlerinin incelendiği çalışmada çeşitli bilgisayar yazılımlarından da yararlanılmıştır.

Yıl : 2016

Sayfa Sayısı :

Anahtar Kelimeler : Giydirme cephe sistemleri, alüminyum profiller, kar yükü, rüzgâr yükü, rüzgâr basıncı.

Master's Thesis

Examines design and thermal and static assessment of aluminum profiles used in curtain wall systems

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Curtain wall system is kind of an insulation component which functions as a filter between the internal and the external environment for buildings. Curtain wall system eliminates challenges caused by different temperature effects on buildings. Curtain wall system protects buildings from many external factors. Advanced technology allows designing light weight curtain wall systems. These systems are more economical and high strength. This offers long service life and a rich architectural texture.

The most common system in curtain walls is aluminum profile systems. Design and analysis of these systems require knowledge about certain technical aspects including structure and technical aspects, production and processing of aluminum, basic material know-how such as the effects of additives and corrosion on aluminum, loads on the building (system's own load, static loads, snow load, wind load, effects of the frame on wind load, turbulence, vortex vibrations etc.), heat transfer and other special engineering branches. This study makes a research into the issue and reviews design and analysis of profiles.

This study examines design and thermal and static assessment of aluminum profiles used in curtain wall systems. Computer software used in the study is referred herein.

Year : 2016

Number of Pages :

Keywords : Curtain wall systems, aluminum profiles, snow load, wind load, wind pressure.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, alüminyum giydirme cephe sistemlerinde araştırmalar yapmam için beni teşvik eden, bana yol gösteren, yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerini ve yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN'a ve Yrd. Doç. Dr. Vedat TAŞKIN hocama teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İlk öğretimimden bugüne kadar, yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen tüm hocalarıma ve okul arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca bana duydukları güven ve vermiş oldukları sonsuz destek için aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
BÖLÜM 1 ALÜMİNYUM	1
1.1. Alüminyum Nedir?	1
1.2. Alüminyumun Tarihçesi.....	2
1.3. Alüminyumun Teknik Özellikleri	3
1.4. Saf Alüminyumun Özellikleri	4
1.5. Alüminyumun Elde Edilişi.....	5
1.6. Alüminyumun Üretimi ve Üretim Teknikleri	5
1.6.1. Boksit Nedir?	6
1.6.2. Alümina Üretimi.....	8
1.7. Katkı Elementlerinin Alüminyuma Etkisi.....	9
1.8. Korozyon Nedir? Alüminyum ve Alaşımlarının Korozyon Davranışları	9
1.8.1. PH Etkisi.....	10
1.8.2. Suyun Etkisi.....	10
1.8.3. Filiform Korozyon.....	11
BÖLÜM 2 ALÜMİNYUM PROFİLLERİN KULLANIM ALANLARI	14
2.1. Alüminyum Profilinin Kullanım Alanları	14

2.2. Alüminyumun Hayatımızda ki Yeri ve Kullanım Alanları	15
2.3. Alüminyum Profillerin Kullanıldığı Örnek Sistemler	16
BÖLÜM 3 ALÜMİNYUM PROFİLLERİN TASARIM	24
3.1. Alüminyum Profillerinin Tasarımı	24
3.2. Profil Kesit Boyutlarının Geliştirilmesi	26
3.3. Tasarlanan Profil Kesitinin Üretici Firmaların Profil Kesitleri İle Kıyaslanması	29
3.4. Boyutların Maliyet Açısından Değerlendirilmesi	31
BÖLÜM 4 YAPIYA ETKİYEN YÜKLER	36
4.1. Yapıya Etkiyen Yükler	36
4.2. Kar Yüğü	37
4.2.1. Kar Yüğünün Hesabı	37
4.3. Rüzgâr Yüğü	38
4.3.1. Rüzgâr Hızı	38
4.3.2. Ortalama Rüzgâr Hızı	39
4.3.3. Temel Rüzgâr Hızı	39
4.3.4. Yüzey Pürüzlülük Katsayısı	39
4.3.5. C_t Topoğrafya Katsayısı	41
4.4. Çevredeki Yapıların Ortalama Rüzgâr Hızı Profiline Etkileri	41
4.5. Dinamik Rüzgâr Hızı (Rüzgâr Türbülansı)	42
4.6. Türbülans Şiddeti	42
4.7. Türbülans Uzunluğu	43
4.8. Türbülans Güç Yoğunluk Fonksiyonu	43
4.9. Maksimum Rüzgâr Hızı	44
4.10. Rüzgâr Basıncı	44
4.10.1. Bir Noktaya Etkiyen Maksimum Rüzgâr Basıncı	44

4.10.2. Bir Yüzeye Etkiyen Maksimum Rüzgâr Basıncı.....	46
4.11. Binalara Etkiyen Rüzgâr Yükleri	47
4.12. Binada Rüzgârdan Oluşan Maksimum Yerdeğiştirmeler ve İvmeler	52
4.13. Vorteks Titreşimleri	52
4.14. Rüzgâr Kuyruğu Etkileri	54
4.15. Rüzgâr Tüneli Deneyleri	55
BÖLÜM 5 ISI TRANSFERİ	57
5.1. Isı Transferinin Tanımı.....	57
5.2. Pencereelerde U_w Değerinin Hesaplanması.....	59
5.3. Bilgisayar Yazılımları Yardımıyla Termal ve Statik Analiz.....	63
BÖLÜM 6 SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR	78
ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR

Al	: Alüminyum
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NaAlO ₂	: Sodyum Alüminat
Na ₂ CO ₃	: Soda
Al ₂ O ₃	: Alümina
Al ₂ (SO ₄) ₃	: Alüminyum Sülfat
pH	: Power of Hydrogen
FK	: Filiform Korozyon
ESTAL	: Avrupa Alüminyum Yüzey İşlem Birliği (European Surface Treatment on Aluminium)
DPT	: Devlet planlama teşkilatı
FÜF	: Üretici Firmanın profil enkesit alanı (cm^2),
FOP	: Geliştirilen optimum profilin enkesit alanı(cm^2),
GÜF	: Üretici Firma profilinin birim boy ağırlığı (kg/m),
GOP	: Geliştirilen optimum kesitin birim boy ağırlığı (kg/m)
G^Y	: Yatay profil ağırlığı
G^D	: Düşey profil ağırlığı
G^{D+Y}	: Yatay profil ağırlığı
P _k	: Kar yükü
P _{k0}	: Zati kar yükü (kN/m^2)
m	: Kar yükü azaltma değeri

α	: Çatı örtüsünün eğimi
$V(z, t)$	: Rüzgar hızı
$V_m(z)$	: Ortalama rüzgar hızı
$w(z, t)$	: Dinamik rüzgar hızı
V_b	: Temel rüzgar hızı
Q_b	: Temel rüzgar basıncı
C_e	: Yüzey pürüzlülük katsayısı
z_0	: Yüzey pürüzlülük uzunluğu
z_{min}	: Yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yükseklik (m)
C_t	: Topoğrafya katsayısı
$\bar{W}_{max}$	: Ortalama türbülans hızı
σ_w	: Türbülansın standart sapması
$I_w(z)$	: Türbülans şiddeti
$L(z)$	: Türbülans uzunluğu
$SL(z, f)$	: Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonu
$fL(z, f)$	: Boyutsuz frekans
f	: Frekans (Hz)
$ V(z, t) _{max}$	: Maksimum rüzgar hızı
$q_p(z)$	: Maksimum rüzgar basıncı
$Q(z)$	: Maksimum rüzgar yükü
P	: Havanın yoğunluğu
F	: Toplam rüzgar yükü

F_{ex}	: Dış yüzeylere etkiyen yükler
F_{in}	: İç yüzeylere etkiyen yükler
F_{fr}	: Yan yüzeylere etkiyen sürtünme yükleri
C_s	: Yük kolerasyon katsayısı
C_d	: Dinamik rezonans katsayısı
$q_p (Z_e)$	: Dış yükseklik Z_e deki maksimum basınç
$q_p (Z_i)$	: İç yükseklik Z_i deki maksimum basınç
C_{pe}	: Dış basınç katsayısı
C_{pi}	: İç basınç katsayısı
C_{fr}	: Sürtünme katsayısı
A_{ex}	: Referans dış yüzey alanı
A_{in}	: Referans iç yüzey alanı
A_{fr}	: Referans yan yüzey alanı (referans sürtünme alanı)
C_{pe}	: Hakim yüzdeki dış basınç katsayısını gösterir
B^2	: Korelasyon faktörü
δ	: Binanın birinci moduna karşı gelen logaritmik azalım katsayısı
f_0	: Binanın birinci doğal titreşim frekansı
f_{oy}	: Yapının rüzgara dik yöndeki doğal frekansını (Hz),
$S_L(z_r, f_0)$	: Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun z_r ve f_0 'daki değeri
$R_h(\eta_h)R_b$	: Düşey doğrultudaki aerodinamik kabul fonksiyonu
$R_b(\eta_b)$	: Yatay doğrultudaki aerodinamik kabul fonksiyonu
ξ_0	: Binanın birinci moduna karşı gelen sönüm katsayısı

h	: Binanın yüksekliği
b	: Binanın genişliği
z_r	: Referans yüksekliği
$V_m (H)$	: Binanın en üst kısmında ki rüzgar hızı (m/s)
V_{cr}	: Kritik rüzgar hızı (m/s)
S_t	: Strouhal sayısı
Q	: Birim zamanda geçen ısı miktarı [W]
U	: Isı taşınım katsayısı
A	: Yüzey alanı [m^2]
ΔT	: Isı geçiş yönündeki sıcaklık farkı [K]
U_w	: Pencereden ısı iletim katsayısı
A_w	: Pencerenin alanı (m^2)
A_f	: Kasanın alanı (m^2)
I_g	: Cam ıtasının uzunluğu (m)
ψ_g	: Cam ıtasının katsayısı

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1: Alüminyumun teknik özellikleri	3
Tablo 1.2: Dünyada ki en büyük 10 boksit üreticisi	7
Tablo 2.1: Alüminyumun kullanım alanlarına göre dağılımı.....	16
Tablo 3.1: Profillerin toplam ağırlıkları	33
Tablo 3.2: Profillerin maliyet açısından kıyaslanması	35
Tablo 4.1: Yapıya etkiyen yüklerin çeşitleri ve içerdği yük çeşitleri	36
Tablo 4.2: Yüzey pürüzlülük uzunlukları (z_0) ve minimum yükseklikler ($z_{\min}$)	40
Tablo 4.3: Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları	47
Tablo 4.4: Strouhal sayısı'nın kesitin derinlik/genişlik (d/b) oranına göre değişimi.....	54
Tablo 5.1: DIN EN ISO 10077-1 göre U_w ısı transfer katsayısı tablosu	59
Tablo 5.2: Standart DIN 673'e göre tablodan U_w pencere değeri hesaplanır.	60

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Alüminyumun işlem süreçleri	6
Şekil 2.1: Alüminyumun kullanım alanlarının grafiksel gösterimi	15
Şekil 2.2: Strüktürel silikon cephe detayı	16
Şekil 2.3: Klasik kapaklı cephe sistemi	17
Şekil 2.4 : Yarı kapaklı cephe sistemi	17
Şekil 2.5 : Strüktürel silikon cephe sistemi detay resmi	18
Şekil 2.6 : Strüktürel silikon cephe sistemi detay resmi	18
Şekil 2.7 : Strüktürel silikon cephe sistemi detay resmi	19
Şekil 2.8 : Isıcam panel cephe sistemi	19
Şekil 2.9 : Kompozit panel cephe sistemi.....	20
Şekil 2.10 : Transparan cephe sistemiyle giydirilmiş bir bina girişi	20
Şekil 2.11 : Çelik gergili sistemle yapılmış transparan çatı üst görünüşü	21
Şekil 2.12 : Çelik gergili sistemle yapılmış transparan çatı alt görünüşü.....	21
Şekil 2.13 : Transparan cephe görünüşü.....	22
Şekil 2.14 : Transparan cephe sistemi ile yapılmış bina.....	22
Şekil 2.15 : Transparan cephe görünüşü.....	23
Şekil 3.1 : Profil enkesiti.	27
Şekil 3.2 : Et kalınlığı değişimine göre Ix-ΔF ve Ix-ΔG değişimleri.	28
Şekil 3.3: Ülkemizde ki üretici firmalara ait Ix- F ve Ix – G bağlantısı.	30

Şekil 3.4 : Binanın geometrik özellikleri.....	32
Şekil 3.5 : Giydirme cephe çubuk sistemi detayı	32
Şekil 4.1 : Kar yığılmış bir konut çatısı ve temizleme çalışması.....	37
Şekil 4.2: Çevredeki yapıların ortalama rüzgar hızı profiline etkileri	41
Şekil 4.3: Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun normalize edilmiş frekansla değişimi	44
Şekil 4.4: $C_q(z)$ 'nin yükseklikle değişimi (topoğrafya katsayısı $C_t = 1$ alınmıştır).....	45
Şekil 4.5: Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayısı bölgeleri	47
Şekil 4.6: Rüzgar yüklerinin düşey doğrultuda değişiminin gözönüne alınması	50
Şekil 4.7: Vorteks yüklerinin oluşumu	53
Şekil 5.1 : Tek açılım örnek bir pencerenin, anma ölçüleri.....	58
Şekil 5.2: Hesabı yapılacak tek açılım bir pencere detayı	62
Şekil 5.3: LogiKal yazılımının açılış ekranı	63
Şekil 5.4: LogiKal yazılımında yeni projenin oluşturulması.....	64
Şekil 5.5: LogiKal yazılımına analizi yapılacak sistem bilgileri girilir.....	64
Şekil 5.6: LogiKal yazılımı ile sistem oluşturma ekranı	65
Şekil 5.7: LogiKal yazılımı ile tasarlanan örnek sistem	65
Şekil 5.8: Tasarlanan örnek sistem için ülke seçimi.....	66
Şekil 5.9: Sistemin yük altındaki davranışı	66
Şekil 5.10: Sisteme ankrajların eklenmesi.....	67
Şekil 5.11: Sisteme ankrajların eklenmesi.....	67
Şekil 5.12: Sisteme ankrajların eklenmesi.....	68

Şekil 5.13: Sisteme ankrajların eklenmesi.....	68
Şekil 5.14: Sisteme ankrajların eklenmesi.....	69
Şekil 5.15: Sisteme ankrajların eklenmesi.....	69
Şekil 5.16: Sisteme eklenen ankrajların kesit görünümü	70
Şekil 5.17: Uygulanan sistemin kesit görünüşü.....	70
Şekil 5.18: Sistemde kullanılan profilin kesit görünüşü.....	71
Şekil 5.19: Sistemde kullanılan profilin CAD ortamında incelenmesi	71
Şekil 5.20: Sistemde kullanılan profilin çiziminin. dxf formatında kayıt işleminin yapılması	72
Şekil 5.21: Flixo programına giriş	72
Şekil 5.22: Flixo programında malzeme tanımlama.....	73
Şekil 5.23: Flixo programında malzeme tanımlama.....	73
Şekil 5.24: Flixo programında malzeme tanımlama.....	74
Şekil 5.25: Flixo programında sıcak ve soğuk bölgeleri tanımlama	75
Şekil 5.26: Sisteme mesh ataması ve sistemin çözülmesi	75
Şekil 5.27: Sistemin küflenme kontrolünün yapılması.....	76
Şekil 5.28: Sistemin akış çizgilerinin kontrolü.....	76
Şekil 5.29: Sistemin izoterm eğrilerinin kontrolü	77

BÖLÜM 1

ALÜMİNYUM

1.1.Alüminyum Nedir?

Simgesi Al olan, alüminyum gümüşü bir renge sahiptir. Yumuşak, hafif ve sünek olan alüminyumun, atom numarası 13'tür ve doğada boksit cevheri halinde bulunmaktadır. Hava ile teması sırasında üzerinde ince bir oksit tabakası meydana gelir ancak alüminyum, bu oksit tabakasına ve paslanmaya karşı üstün bir direnç göstermektedir. Bu yüzden mat gümüşü bir renk alır.

Zehirli ve manyetik bir özelliği olmayan alüminyum kıvılcım da çıkartmaz. Alüminyum şüana kadar bilinen ve kullanılan metaller arasında insan sağlığı açısından en az zararlı metaldir. Bu konuda, birçok kurum, kuruluş ve araştırmacı tarafından halen insan sağlığına özellikle de Alzheimer ile bir bağlantısının olup olmadığı araştırılmaktadır.

Çelik, bakır gibi metallerin yoğunluğundan neredeyse üçte bir oranda daha hafif olan alüminyum kolaylıkla şekil alan bir metal olma özelliğine sahiptir. Alüminyum demir, kalay ve kurşun gibi yeryüzünde bileşikler halinde bulunmaktadır. Oksijen ve silisyumdan sonra en fazla bulunan maddelerden biridir. [1]

1.2.Alüminyumun Tarihçesi

Alüminyum ilk kez Yunanlılar ve Romalılar tarafından renk sabitleyici ve kan durdurucu olarak kullanılmıştır. Bugünlerde birçok kan durdurucu ilaç içerisinde alüminyum kullanılmaktadır. Humprey Davy'nin yaptığı çalışmalarla 1807'de alüminyum, oksit bileşiğinden ayrıştırılmıştır. Daha sonra ki yıllarda araştırmacıların yaptıkları çalışmalar ile alüminyumda üretim sürecine yönelik teknolojiler geliştirilmiştir.

1866 tarihinde elektrolizin keşfi ile alüminyumun sanayilerde kullanımı hızlanmıştır. Dinamonun icat edilmesiyle de alüminyumun ünü artmıştır. K.J.Bayer'in geliştirdiği "Bayer Prosesi" ise alüminyum üretiminde bir milat olmuştur. Proseste yapılan bu iyileştirmeler ve teknolojide ki ilerlemeler ile alüminyum, dünyada en çok kullanılan ikinci büyük maden konumuna erişmiştir. Araştırmacıların geliştirdikleri elektroliz yöntemi halen kullanılan bir yöntemdir. [1]

1.3. Alüminyumun Teknik Özellikleri

Tablo 1.1: Alüminyumun teknik özellikleri [1]

TEMEL ÖZELLİKLER	
Atom Numarası	13
Element Serisi	Metaller
Grup, Periyot, Blok	13, 3, p
Görünüş	Gümüşümsü
Atom Ağırlığı	26,9815386(8) g/mol
Elektron Dizilimi	Ne 3s ² 3p ¹
Enerji Seviyesi Başına Elektronlar	2, 8, 3
FİZİKSEL ÖZELLİKLER	
Maddenin Hali	Katı
Yoğunluğu	2,70 g/cm ³
Sıvı Haldeki Yoğunluğu	2,375 g/cm ³
Ergime Noktası	933,47 °K 660,32 °C
Kaynama Noktası	2792 °K 2519 °C
Ergime Isısı	10,71 kJ/mol
Buharlaşma Isısı	294 kJ/mol
Isı Kapasitesi	24,2 J/(mol·K)
ATOM ÖZELLİKLERİ	
Karistal Yapısı	Yüzey Merkezli Kübik
Yükseltgenme Seviyeleri	(3+) (amfoter oksit)
Elektronegatifliği	1,61 Pauling ölçeği
İyonlaşma Enerjisi	577,5 kJ/mol
Atom Yarıçapı	143 pm
Kovalent Yarıçapı	118 pm
Elektrik Direnci	26,50 nΩ.m (20°C’de)
Isı İletkenlik	237 W/(m.K)
Isıl Genleşme	23,1 µm/(m.K) (20°C’de)
Ses Hızı	5000 m/s (20°C’de)
Mohs Sertliği	2,75
Vickers Sertliği	167 Mpa
Brinell Sertliği	245 MPa

1.4. Saf Alüminyumun Özellikleri

Tablo 1.1’ de saf alüminyumun özellikleri verilmiştir. Katkı maddeleri ile alüminyumun bu teknik özellikleri değiştirilebilir. Alüminyum, birçok özelliğinden ötürü en ideal malzemeler arasındadır.

Bu özellikleri şu şekilde listeleyebiliriz:

- Alüminyum hafif bir malzemedir. Kesit ölçüsü ve hacmi aynı olan bir çelik malzemenin ağırlığından üçte ikisi kadar daha hafiftir.
- Alüminyumun gümüşü beyaz renginden dolayı, üzerine birçok renk kolayca transfer edilebilmektedir. Bu özelliği onu, mimarî açıdan çok gözde bir malzeme yapmaktadır. Ahşap transfer tezgâhları ile de, alüminyuma ahşap deseni çok kolay bir şekilde verilebilmektedir.
- Katkı elementleri sayesinde birçok alüminyum alaşımı mukavemet açısından, birçok çelik cinsi kadar dayanıklı ya da daha yüksektir.
- Alüminyumun elastisite modülü yüksektir. Alüminyumun bu özelliği onu ani darbelere karşı mukavemetli bir malzeme yapmaktadır. Sıcaklığın düşmesi ile bu elastiklik kabiliyeti çok fazla kaybetmez. Çelikler ise düşük sıcaklıklarda bu kabiliyetlerini çok fazla kaybederler.
- Alüminyum işlenmesi, şekil alması kolay bir malzemedir.
- Isı iletkenliğinin yanında elektrik iletkenliği de yüksek olan alüminyum, iletkenlik değeri yüksek olan bakır kadar iyi bir iletkenidir.
- Alüminyum birçok imal usulüne uygun bir metaldir.
- Alüminyumun sahip olduğu $40-540 \text{ N/mm}^2$ mukavemet değeri ile birçok alanda uygun değer çözümler sunmaktadır.

Alüminyum sahip olduğu özelliklerden ve alaşımları ile yaptığı mükemmel yapısı itibarı ile ev eşyalarından, mimariye, otomotiv sanayiden uçak-uzay teknolojilerine kadar birçok alanda kullanılabilmektedir. [2]

1.5. Alüminyumun Elde Edilişı

Elektroliz yöntemiyle boksit'ten elde edildikten sonra, boksit filizini daha çok geliştirmek için, bünyesinde bulunan silisyum ve demir gibi metallere giderilmesi gerekmektedir. Bunun için, boksit filizi, sodyum-hidroksit ile tepkimeye sokulur.

Süzülen çözelti oksit ve diğerlerinden arandıktan sonra, soğutulmaya bırakılır. Daha sonra içerisine bir miktar hidroksit ilave edilerek, alüminyum iyonları, alüminyum hidroksit halinde çöker ve silikatlar çözeltide kalır. Hidroksitin daha fazla ısıtılmasıyla, alüminyum, saf alüminyum okside dönüşmektedir.

Metalik alüminyumun elde edilmesi için, saf boksitin Hall-Heroult yöntemiyle elektrolize edilmesi gerekmektedir. Elektroliz yöntemi çok fazla elektrik enerjisi sarf eder ve 1000 °C dolayında yapılır. Bir ton alüminyum için 1890 kg boksit, 450 kg karbon çubuk, 70 kg kriyolit ve 15 000 kw-saat elektrik enerjisi kullanılır. [3]

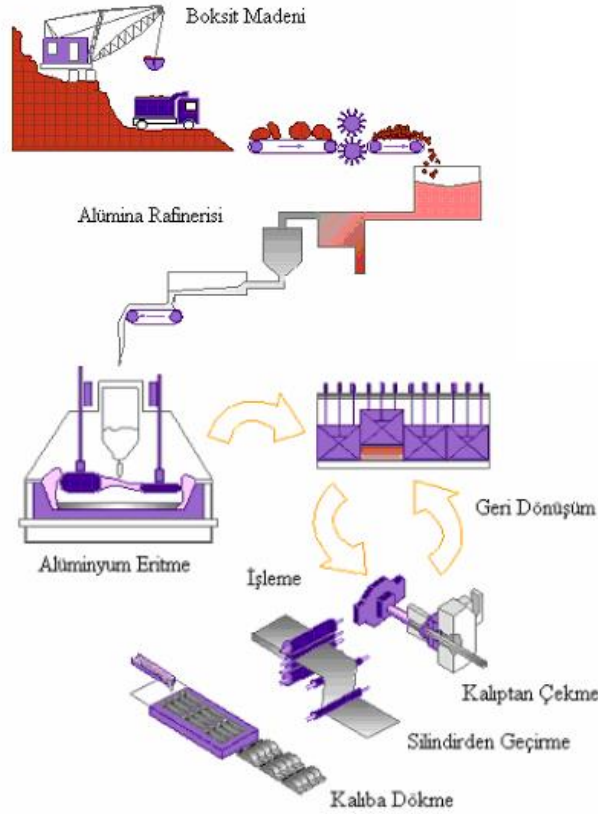
1.6. Alüminyumun Üretimi ve Üretim Teknikleri

Alüminyum üretim süreçleri şu şekildedir:

- Boksit madenin çıkartılması
- Çıkartılan cevherin işlenerek alümina madeni haline getirilmesi
- Alümina madeninin, elektroliz işlemine tabi tutularak sıvı alüminyum haline geçirilmesi
- Sıvı haldeki alüminyumu, diğer madenlerle alaşım haline getirerek döküm yapmak
- Ekstrüzyon yöntemi, haddeleme işlemi gibi yöntemlerle, malzemeyi mamül veya yarımamül ürün haline getirmektir.

Yukarıda bahsedilen tüm işlemler aslında birbirinden ayrı birer işlemdir. Bu işlemler birbirinden farklı sanayi koludur. Her şirkette bu işlemlerin hepsi bir arada

bulunamayabilir. Bu işlemlerin hepsini bünyesinde bulunduran işletmeler, entegre tesislerdir ve çok azdır. Buna örnek olarak Seydişehir Alüminyum Tesisleri verilebilir.[4]



Şekil 1.1: Alüminyumun işlem süreçleri [1]

1.6.1 Boksit Nedir?

Dünyada en çok bulunan 3. Element alüminyumdur. Katışıksız bir durumda olmayan alüminyum bileşikler halinde bulunmaktadır ve boksit'ten elde edilmektedir. Boksit cevherinin, bünyesinde %50 alümina bulundurmaktadır. Toplam olarak dünyada 55-75 milyar ton rezerv bulunmaktadır bunun 24 milyarı işlenebilir haldedir. Dünya üzerindeki en büyük 10 boksit üreticisi Tablo 1.3'de gösterilmiştir. [4]

Tablo 1.2: Dünyada ki en büyük 10 boksit üreticisi [4]

FİRMA	ÜRETİM (BİN YIL)	
	2001 YILI	2002 YILI
AWAC (Alcoa)	30.8	34.3
MRC (Brezilya)	11.3	11.9
CHALCO (Çin)	11.1	12.4
ALCAN	11.3	11.6
BHP Billiton (Avustralya)	10.7	10.8
Rio Tinto (Comalco-Avusturalya)	10.6	10.6
Gine Devleti	7.1	7.1
Bauxilum (Venezuela)	4.6	4.9
SUAL-Trust (Rusya)	4.1	5.1
Kaiser (Jamaika)	3.9	4.2
TOPLAM	105.5	112.9

Kaynak: Alüminyum Sektörü Hakkında Bir Değerlendirme

Yıllık yaklaşık 150 milyon ton olan boksit üretiminin %90'ı alümina ve alüminyumdur. En önemli üretici ülkeler ise Avustralya, Gine, Jamaika, Brezilya'dır.

Yapılan araştırmalar tüketim miktarlarının bu hızla devam etmesi halinde, dünya rezervlerinin 190 yıl dayanabileceğini göstermektedir. Dünya rezervlerinin yaklaşık yüzde 1'lik kısmı da ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizin rezervlerinin %95'i Toros kuşağındadır. 422 milyon tonluk rezerv potansiyelinin 57,3 milyon tonu görünür rezerv

durumundadır. Bunun da işlenebilir kısmı %0,2 kadardır. Seydişehir-Akseki rezervleri, Türkiye'nin en zengin boksit yataklarıdır. Ve işletilebilir rezerv yaklaşık olarak 36 milyon ton civarındadır. [4]

1.6.2 Alümina Üretimi

Alümina prosesinde “Bayer Prosesi” kullanılmaktadır. Boksit cevherinin işlenebilir bir hale getirilmesi için, hammadde hazırlama görevi büyük önem arz etmektedir. Otoklavlar ve Kırmızı Çamur bölümünde öğütülmüş boksiti sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile kimyasal reaksiyona sokarak Al_2O_3 'ü sıvı faza almak, Kırmızı Çamur kısmının görevi ise çözülmeyen komponentlerin (demir, silis gibi) çöktürerek temiz Sodyum Alüminat ($NaAlO_2$) çözeltisi elde etmek ve 6 kademe yıkanan kırmızı çamuru çamur barajına basmaktır. Çözelti hidrolize edilerek Alüminyum hidrat elde edilir.

Üretilen hidratın bir kısmı alüminyum sülfat ünitesine gönderilirken diğer kısmı da, kalsine alümine üretimi için prosese devam etmektedir. Buharlaştırma bölümünde, zayıf çözeltinin buharlaştırılması ve Soda (Na_2CO_3) ile organik safsızlıkların çöktürülerek prosesten uzaklaştırılması yapılır. Kalsinasyon bölümünde, Bayer Prosesi sonucunda elde edilen hidratın döner fırınlarda fiziksel ve kimyasal suyu uçurularak kalsine edilir ve alümina (Al_2O_3) elde edilir.

Alüminyum Sülfat Ünitesinde, üretilen hidratın bir kısmı kullanılarak sisteme sülfirik asit ilavesi ile reaksiyona sokulup, daha sonra kristalize edilmesi ile alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) elde edilmektedir. Alüminyum sülfat, proses içinde daha sonraki aşamalarda kullanılan bir ürün değildir. Alüminyum sülfat ünitesinin kapasitesi 35.000 ton/yıl alüminyum sülfattır. [5]

1.7. Katkı Elementlerinin Alüminyuma Etkisi

a. ÇİNKO: Döküm yeteneğini artırır. Bünyesinde % 10' dan daha fazla alaşım bulunanlar zayıf gerilmeli korozyon direnci gösterirler.

b. BAKIR: Alüminyuma; mukavemetin yanında, döküm özelliği ve kolay işlenebilirlik yeteneği sağlar.

c. SİLİSYUM: Ergime derecesini düşürür (565 °C). Mekanik özelliğini artırır, Yüksek sıcaklığa karşı dayanımı artar. Silisyum miktarı arttıkça, işlenebilirliği azalır, sertlik artar.

d. MANGANEZ: Ergime derecesini yükseltir. Döküm yeteneği arttırmak için demir ile birlikte kullanılmalıdır. Alaşımların süneklik ve tokluk değerlerini değiştirir.

e. MAGNEZYUM: Düşük özgül ağırlığı sayesinde, alaşımının özgül ağırlığını da düşürür.

f. DEMİR: Alaşımının mekanik dayanımını azaltır.

g. NİKEL: Alaşım halindeki alüminyumun, korozyona direncini güçlendirir ve alüminyuma parlaklık verir.

h. TİTAN: Bor ile birlikte kullanıldığı zaman, tane inceltici olarak kullanılır. [6]

1.8. Korozyon nedir? Alüminyum ve Alaşımlarının Korozyon Davranışları

Oksitlenme ile yada kimyasal tepkimeler ile malzemelerin, yüzeylerinden iç kısımlarına kadar ilerleyen, malzemenin kimyasal yada fiziksel durumunda değişikliğe uğraması ya da aşınmasıdır. Bazı durumlarda temas eden iki metal malzeme arasında korozyon görülebilmektedir. Bu tür ortamlar genelde nemlenmiş ortamlardır. Bu tarz korozyonlarda elektrokimyasal korozyon adı verilir. Buna örnek olarak şunlar verilebilir; Demir ile bakır, alüminyum ile bakır, alüminyum ile paslanmaz çelik. Elektrokimyasal korozyonların oluşmasını tamamen ortadan kaldıracak neredeyse imkansızdır. Malzemelerde görülebilecek en istenmeyen ve tehlikeli korozyon tipleri,

oyuklanma ve aralık tipleridir. Bu tip korozyonlar malzemeleri kullanılamaz hale getirir.[7]

Korozyonun oluşmasında ki etkenler:

- Suyun sertliği
- PH
- Su içinde bulunan element ve tuzlar
- Çalışan sistemdeki farklı metal malzemeler
- Sistem çalıştırma sıcaklığı
- Su içinde erimiş gazlar

1.8.1 PH Etkisi

Metallerin aşınmasında en belirleyici etken pH faktörüdür. Çözeltilerde asitlik yada bazlık derecesini ifade eden ölçüdür. Bu değer gözardı edilmemelidir. Ph değeri suda karışmış hidrojen miktarını ifade etmektedir. Düşük pH değeri asidik olabilmekte ve aşındırıcı olmaktadır. pH değeri 6 ila 8.5 arasında bir değer almaktadır.[7]

1.8.2 Suyun Etkisi

Su, hiçbir zaman tabiatta saf halde bulunmaz. Durmadan bir devir daim halindedir. Bu döngüde, devamlı olarak buharlaşma ve yoğunlaşma yaşanmaktadır. Atmosferdeki gazlar ve yeryüzü kabuğu, su tarafından değişikliğe uğramaktadır.

Harici yöntemlerle eriyik gazlar, bileşikler ve diğer kirlilikler sudan arındırılabilir. Korozyona sebep olan su, kazan borularına, kombilerde bulunan eşanjörlere ciddi zararlar verebilmektedir.[7]

1.8.3. Filiform Korozyon

1980’li yıllarda ilk kez farkına varılan **“Filiform Korozyon (FK)”** keşfinden sonra çok fazla dikkat çekti. Eloksal işlemine alternatif olarak geliştirilen ve talepleri gittikçe artan yaş ve toz boyama, özellikle toz boyama yapan birçok tesisin kurulmasına zemin hazırladı ve piyasada boyanmış Alüminyum’a talepler yükseldi. Başta sanayileşmiş ülkeler olmak üzere Hollanda, Belçika ve Almanya gibi ülkelerde bazı boyalı alüminyum üzerinde “Filiform Korozyon” görüldü. İngiltere üzerinden geldiği sanılan asit yağmurları Benelux ülkelerinde yoğun filiform korozyona neden oldu.

1944’de filiformu keşfeden Sharman, filiformu korozyonu saç teline benzetmiştir. Filiformu **“tabaka altı korozyonu”** olarak adlandırmıştır. Çeliklerde olduğu savunulan filiform korozyon, daha sonraki yıllarda alüminyum malzemelerde ve magnezyum malzemelerde de görülmesiyle, bu sav yıkılmış oldu. İlk zamanlarda silah sanayinde araştırma konusu olan bu korozyon tipi sanayinin ilerlemesiyle, denize kıyısı olan ülkelerde çok ciddi olarak araştırılan bir konu haline geldi. Boyalı alüminyumun üretiminin artması filiform korozyonunun arttığına kanıt olarak gösterilebilir. Organik boyanın cinsi ve metoduna bağlı olmadan oluşan filiform korozyon, 40 mikrondan daha az olan bölgelerde malzemenin mekanik özelliklerini etkilemez. Filiform korozyon birkaç yılda kendisini gösterir.

1989 ila 1992 yılları arasında, alüminyumun mimari uygulamalarda boyanmış haliyle kullanılması neredeyse %50 artış gösterdi. Filiform korozyonun genel özelliği şu şekilde sıralanabilir:

- Filiform korozyon daha çok kırık yada çatlak gibi fiziksel kusurları bulunan malzemelerde görülür ve herhangi bir yönde lineer bir şekilde ilerleme yapar.
- Oluşan bu kılcal ilerlemenin hızı 0,15-0,4mm/gün, genişliği ise 0,1 ila 0,5 mm arasındadır.
- Birbirleri ile kesişmeyen bu kılcal ilerlemeler herhangi bir kırık veya çatlamaya neden olmazlar. Herhangi bir şekilde birden fazla kılcal ilerleme karşılaşır ise ve bu karşılaşma birbirinin başları ile oluşursa bu seferde birleşerek tek bir yönde

ilerlerler. Eğer karşılaşma sırasında birinin başı diğerinin gövdesi ile karşılaşır ise bu sefer ilerleme ya durmakta yada kıvrılmaktadır.

- Düşük pH değerli **asidik** bir ortam, filaman başının ön kısmında yer alır ve anodik olarak en aktif kısımdır.
- Filiform korozyonun oluşabilmesi için **tuzların ve suyun** ortamda bulunması gerekir.
- Bağıl nem oranının **%75-85** arasında olduğu bölgelerde filiform korozyon görülür. Bu değerden daha az yada fazla olan bölgelerde korozyon oluşma olasılığı çok düşer.
- Sıcaklığın 40°C üzerinde veya nem miktarının yüksek olduğu ortamlarda filiform korozyon olasılığı çok yükselir
- Filiformun ilerlemesi için oksijen şarttır. Oksijenin olmadığı ortamlarda filiform korozyon oluşmaz.

“Avrupa Alüminyum Yüzey İşlem Birliği” ve “Avrupa Alüminyum Birliği” tarafından, filiform korozyonun oluşma sebepleri üzerine araştırmalar sürmektedir. Yetersiz kaplamanın yapıldığı yüzeylerde ve koruyucu oksit tabakasının tam oluşamadığı bölgelerde korozyon belirtileri görülmeye başlar. Koruyucu kaplamanın yetersiz veya eksik kaldığı yüzeylerde filiform korozyonun oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir.

Kesim işlemi yapılmış bölgelerde veya montaj işlemi sırasında kaplamanın zedelendiği bölgelerde filiform korozyonun oluşma olasılığı yüksektir. Eğer malzeme filiform korozyona karşı çok hassas bir malzeme değilse, korozyon 1mm kadar ilerleyecek ve duracaktır. En çok benimsenen görüşe göre yerçekimi, binalara dik montajlanan profillerde, tuzu ve suyu, profilin alt kısmına çekmektedir. Ve kısımda biriken tuz ve suyun korozyon oluşumuna neden olmaktadır. Korunaksız, yıllık temizliği ve bakımı yapılmayan binalarda filiform korozyonun oluşma riski yüksektir. Filiform korozyonun çıkış nedenlerini araştıran ESTAL çok önemli bilgilere ulaşmıştır. Alüminyum malzemeye boyama öncesinde uygulanan yüzey nişlemlerinde, kromatlama öncesi yüzey temizliğinin son derece iyi olması için alkali czelti ile

temizleme, sud-kostik ile dağlama, yeşil kromatlama yerine sarı kromatlamanın tercih edilmesi, kromatlama işlemi sonunda en son yıkamanın de-iyonize su ile yapılması filiform korozyonun oluşma olasılığını azaltmaktadır.

řirketlerin zamandan tasarruf etmek amacıyla, malzemelerin yūzeylerinde ōzenmeden yaptıkları acele ve kısa sūren yūzey iřlemler ōnerilmemektedir. Őevre ve insan sađlıđı aēısından kromat kullanılan tesislerde Chrome-free (kromatsız) yūzey kimyasalları kullanılmaya bařlandı ve olumlu sonuēlar gōzlendi. Bu chrome-free kimyasalların korozyon mukavvemetleri kromatlı sistemlerle benzer ōzelliklere sahip olduđu gōrūlmūřtūr. ESTAL/QUALICOAT halen eloksal sistemlerini, kromat kimyasallarını ve diđer arařtırma konularını yūrūtmektedir. [7]

Yapılan araştırmalarda, **AA6063** ile **6060** alaşımlarının yūksek oranda demir ile bakır iēermesi, filiform korozyonun oluşmasını artırdığı rapor edilmiştir. ($Zn > \%0,02$; $Pb > \%0,005$; $Cu > \%0,015$; $Fe > \%0,21$) Elementlerinde ki bu sınır değerler ařıldıkēa malzemelerde korozyon gōrūlme olasılığı artmaktadır.[12]

BÖLÜM 2

ALÜMİNYUM PROFİLLERİN KULLANIM ALANLARI

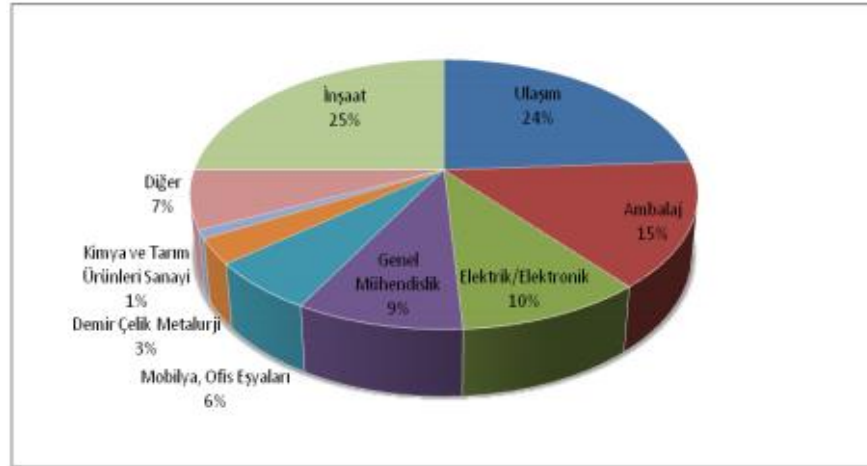
2.1. Alüminyum Profilinın Kullanım Alanları

- A. Giydirme cepheler
 - 1) Kapaklı Cephe Sistemleri
 - 2) Silikonlu Cephe Sistemleri
 - a) Özel Cam Tutuculu Cephe sistemleri
 - b) Kasetli Cephe Sistemi
 - 3) Yarı Kapaklı Cephe Sistemleri
 - 4) Panel Cephe Sistemleri
 - 5) Işıklık Sistemleri
 - 6) Çift Kabuk Cephe Sistemleri
- B. Doğrama sistemleri
 - 1) Pencereler
 - 2) Kapılar
 - 3) Katlanır / kayar pencere ve kapı sistemleri
 - 4) Sürme doğrama pencere ve kapı sistemleri
 - 5) Doğal havalandırma sistemleri
- C. Transparan cepheler
 - 1) Çelik taşıyıcılı transparan cepheler
 - 2) Cam kolonlu transparan cepheler
 - 3) Cam kirişli transparan cepheler
 - 4) Çelik gergili transparan cepheler
- D. Hafif konstrüksiyonlu transparan cepheler
- E. Diğer sistemler
 - 1) Güneş kırıcı lameller

- 2) Sürme güneş kontrol sistemleri
- 3) Solar panel ve fotovoltaik sistemler
- 4) Korkuluk sistemleri

2.2. Alüminyumun Hayatımızdaki Yeri ve Kullanım Alanları

Günümüzde alüminyum, hayatımızın birçok yerinde karşımıza çıkmaktadır. Hemen hemen birçok sektörde en çok kullanılan element olan alüminyum; makine sanayinden inşaat sanayine, ulaştırmadan gıda sanayine kadar birçok yerde tercih edilmektedir. Canlı sağlığına en az zararı olan alüminyum, tıp alanında da kan durudurucu ve diğer tedavi yöntemlerindeki başarısı ile karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.1 : Alüminyumun kullanım alanlarının grafiksel gösterimi [8]

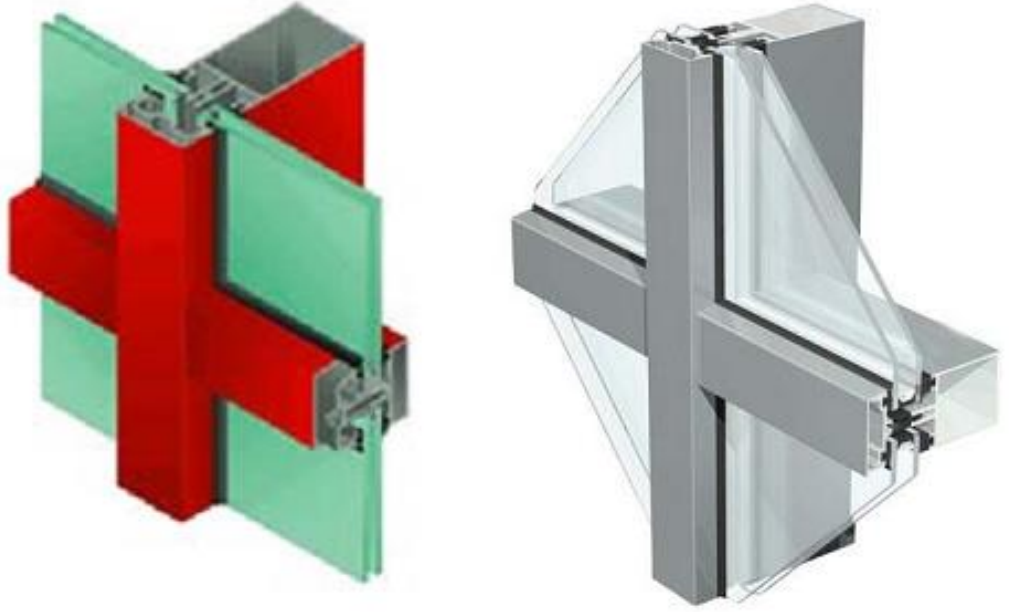
Tablo 2.1: Alüminyumun kullanım alanlarına göre dağılımı [4]

İnşaat	%25
Ulaşım	%24
Ambalaj	%15
Elektrik / Elektronik	%10
Genel Mühendislik	%9
Mobilya Ofis Eşyaları	%6
Demir Çelik Metalurji	%3
Kimya ve Tarım Ürünleri Sanayi	%1
Diğer	%7
Toplam	%100

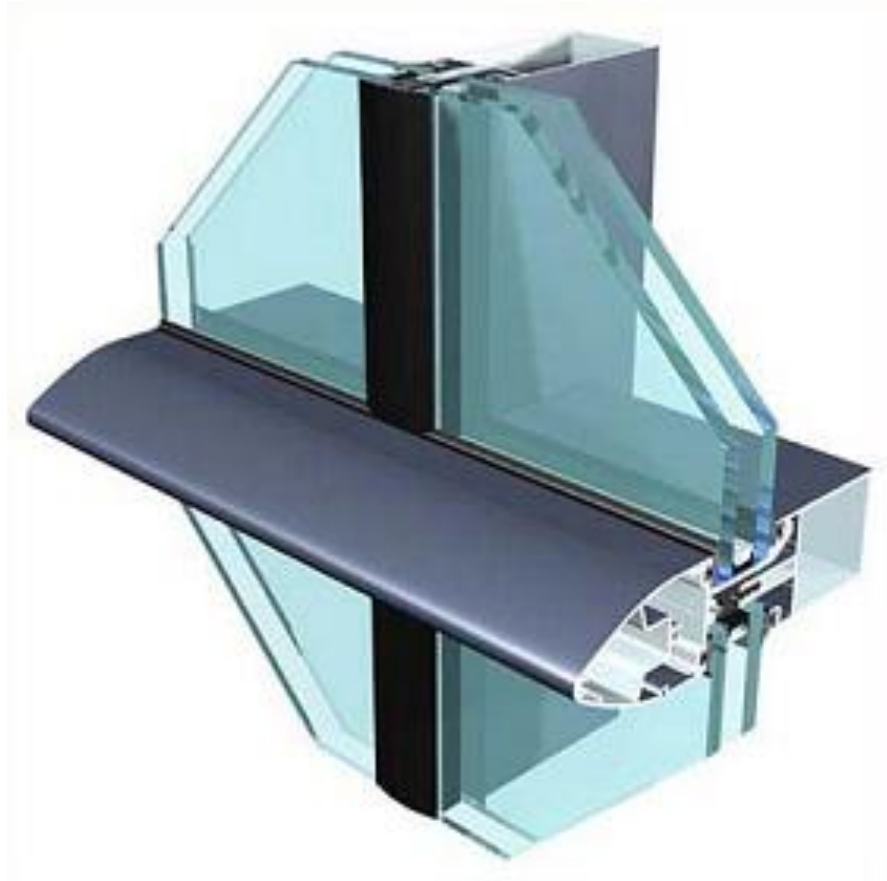
2.3. Alüminyum Profillerin Kullanıldığı Örnek Sistemler



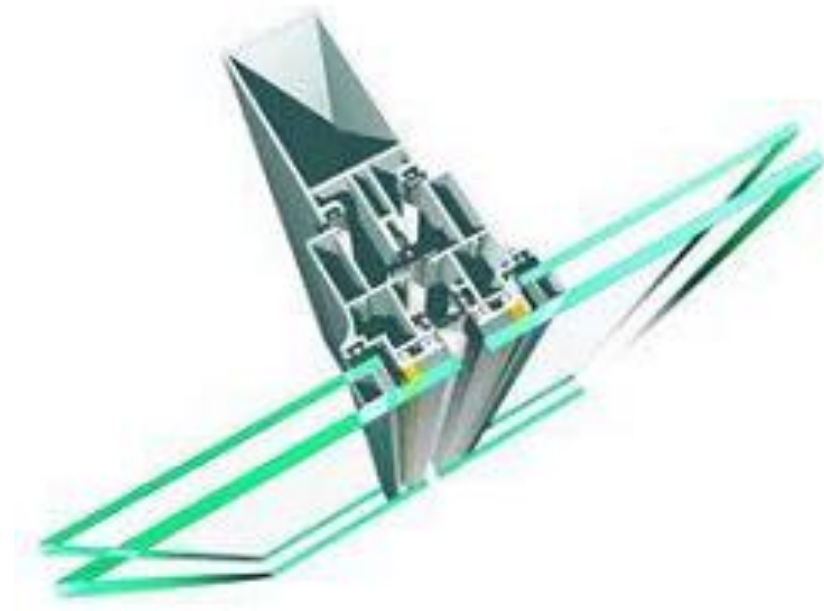
Şekil 2.2: Strüktürel silikon cephe detayı [9]



Şekil 2.3: Klasik kapaklı cephe sistemi [9]



Şekil 2.4: Yarı kapaklı cephe sistemi [9]



Şekil 2.5: Strüktürel silikon cephe sistemi detay resmi [9]



Şekil 2.6: Strüktürel silikon cephe sistemi detay resmi [9]



Şekil 2.7: Strüktürel silikon cephe sistemi detay resmi [9]



Şekil 2.8: Isıcam panel cephe sistemi [9]



Şekil 2.9: Kompozit panel cephe sistemi [9]



Şekil 2.10: Transparan cephe sistemiyle giydirilmiş bir bina girişi [9]



Şekil 2.11: Çelik gergili sistemle yapılmış transparan çatı üst görünüşü [9]



Şekil 2.12: Çelik gergili sistemle yapılmış transparan çatı alt görünüşü [9]



Şekil 2.13: Transparan cephe görünüşü [9]



Şekil 2.14: Transparan cephe sistemi ile yapılmış bina [9]



Şekil 2.15: Transparan cephe görünüşü [9]

BÖLÜM 3

ALÜMİNYUM PROFİLLERİN TASARIMI

3.1. Alüminyum Profillerinin Tasarımı

Alüminyum profillerinin tasarımı aslında başlı başına bir araştırma konusudur. Profillerin tasarımı yapılırken, birçok konunun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bunların başında statik, dinamik yükler ve ısı geçirgenliği konuları gelmektedir. Bunlara ilave olarak bazı özel durumlarda frekans analizi de yapılabilmektedir. Ancak öncelikle göz önünde bulundurulan konular; sistemin kendi yükü, rüzgâr ve yağmur yükü, ısı geçirgenlik kabiliyetidir. Bu konuda, yurt içi ve yurt dışında birçok araştırma mevcuttur. Özellikle soğuk bölgelerde kullanılan profiller (Soğuk iklim kuşağı ülkelerinde) ısı yalıtım değerleri çok yüksek sistemler olarak tasarlanmaktadır.

Cephelere uygulanan ve giydirme cephe diye isimlendirilen sistemlerde, taşıyıcı elemanlar bulunmaktadır. Bu taşıyıcı elemanların asıl görevleri, kar yükü, rüzgâr yükü ve deprem yükü gibi dış yüklere karşı cepheyi güvenle taşıyabilmektir. Birleşim elemanları sayesinde de, taşıdıkları yükleri binanın taşıyıcı sistemlerine aktarmaktadırlar. Giydirme cepheler aynı zamanda dış ortamdan binayı izole eden sistemlerdir.

Giydirme cepheleri oluşturan elemanlar; yükleri taşıyan profiller, cam – kompozitler (kullanım yerine göre kompozit yada cam olarak değişmektedir.), birleşim yerlerinde kullanılan standart parçalardır (vida, rondela, somun, perçin vb.). Teknolojinin gelişmesi ile alüminyumun üretimi ve uygulamaları ucuzlamıştır. Önceleri sadece yüksek yapılarda veya çok pahalı yapılarda kullanılırken şu an neredeyse yeni yapılan her yapıda karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemlerin kullanıldığı yapılar daha

prestijli ve daha estetik görünmektedir. Yapıların estetiğinin artması, yapının ömrünün artırması, modern mimari tasarımların uygulanabilirliğinin mümkün olması ve maliyetinin önceki yıllara nazaran daha düşük olması alüminyum, giydirme cephelerde en çok kullanılan malzeme konumuna yükseltmiştir.

Teknoloji ve mühendislik çalışmalarındaki ilerlemeler, araştırmacıları alüminyumun, cephelerde daha hafif nasıl kullanılabileceğini araştırmaya yöneltmiştir. Bu araştırmaların artması ile daha hafif ve daha mukavemetli alüminyum profillerin nasıl tasarlanabileceği fikrini ortaya çıkartmıştır.

Yapılan Ar-Ge faaliyetleri sonucunda, hafiflik ve dayanıklılık açısından tasarlanan yeni alüminyum profil sistemlerin yapıyı hafiflettiği ağırlık yaptığı ancak daha fazla dış yük taşıdığı görülmüştür. Geliştirilen bu profil tasarımları sayesinde binayı etkileyen dış yüklerin değerlerinde ciddi azalmalar olmaktadır. Aynı zamanda taşıyıcı sistem elemanlarında ki yeni boyutlandırmalar ile de ekonomik kazanımlar elde edilmiştir.

Cephe mühendisliğinin amacı; modern, güvenilir, ekonomik ve geliştirilebilir sistemler tasarlamak ve üretmektir. Tasarlanan ve üretilen sistemler ve mekanizmalar kullanıcı dostu, modern çizgiler taşıyan, ekonomik ve güvenlik katsayısı yüksek sistemler olmalıdır.

Kullanılan tüm profil ve ekipmanlar belli standartlara uymak zorundadır. Bu elemanlar dış yüklerin etkilerini ortadan kaldıracabilecek yetenekte tasarlanıp, boyutlandırılırlar. Türkiye’de kullanılan ve üretilen elemanlar da bu standartlar gereği üretilmektedir. Türkiye’de Alman ve Türk Standartları uygulanmaktadır.

Her alüminyum üreticisi firma, ürettikleri sistemlerde bazı kalite ve standartlara uymak zorundadır. Bu standartların dışında kendi içlerinde geliştirdikleri, iç kalite sistemlerine de uymalıdır. Birçok sistem üreticisi, ürettikleri sistemleri kataloglarında detaylı olarak yazmaktadır. Kataloglarında sadece ürünlerinin teknik bilgi ve çizimlerine değil, sistemlerinin detaylarını da kullanıcının anlayacağı şekilde sunmalıdırlar.

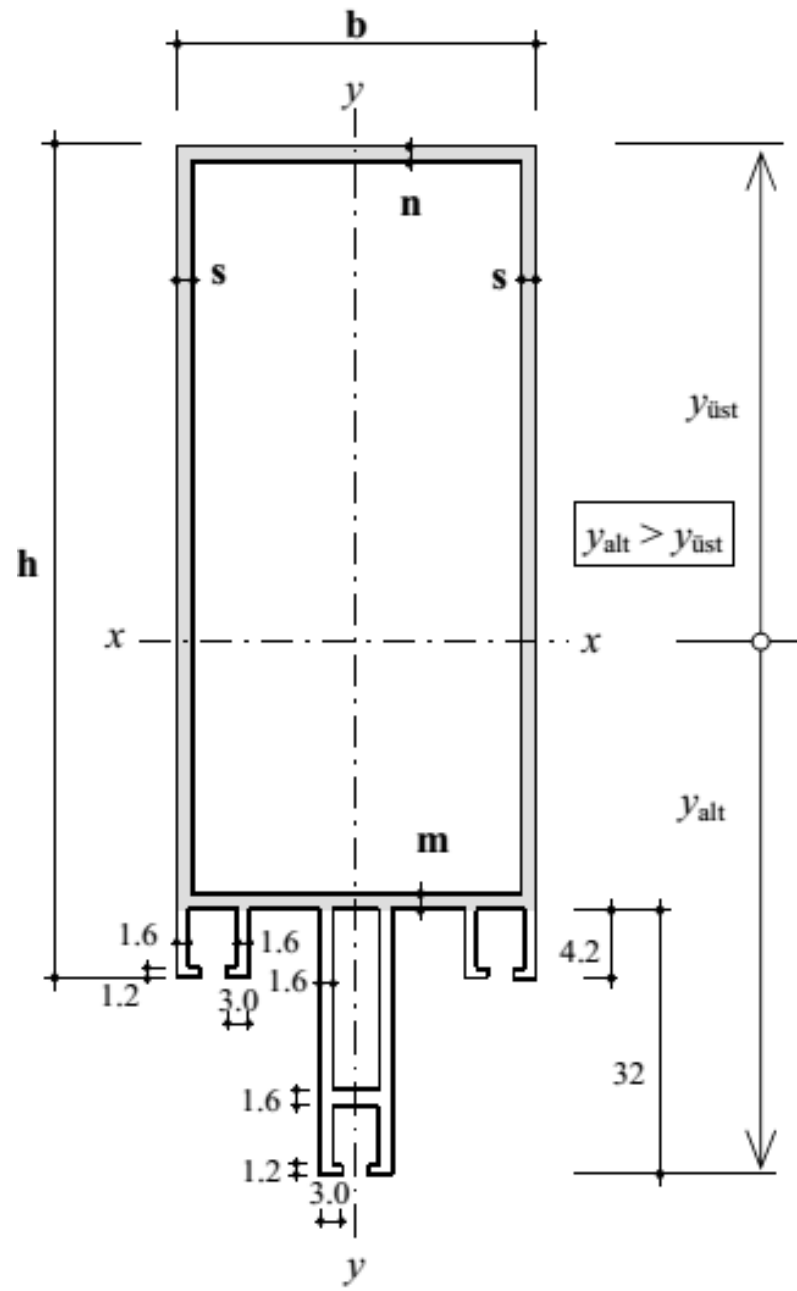
3.2 Profil Kesit Boyutlarının Geliştirilmesi

Alüminyum giydirme cephelerde kullanılan alüminyum alaşımlı profiller, ekstrüzyon yöntemleriyle yüksek sıcaklık ve basınç altında üretilmektedir. Ekstrüzyon işlemi, malzemeye daha kolay şekil vermek için sıcak yapılır.

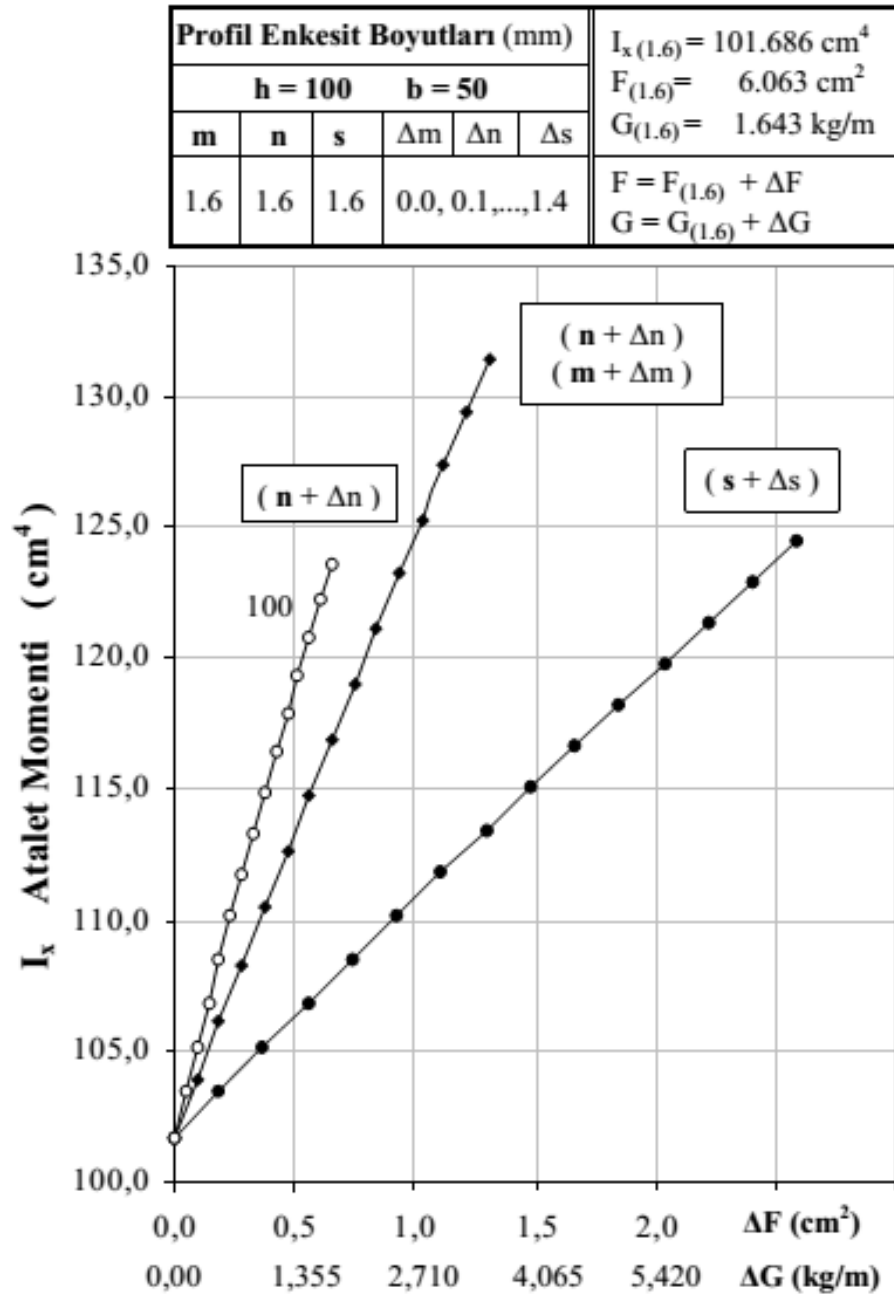
Yüksek kalıp maliyetlerinden dolayı profil üreticileri, kendilerine ait belirli ölçüler ve kesitler geliştirmektedir. Ülkemizde üretilen alüminyum profillerin, boyutlandırma analizleri sonucunda, bazı değerlerin hesaplanması gerekmektedir (I_x , I_y , W_x , W_y , F_g v.b.). Şekil 3.1’de, taşıyıcı bir alüminyum profilin kesidi görülmektedir. Bu profil y-y kesitinde simetriktir. Bu profilin üst kısmı fitillerin takıldığı ve cam, kompozit ve diğer ünitelerin takıldığı kısımdır. Bütün profil tasarımcılarının kendi sistemleri için farklı özellikleri ve değerleri olan profil kesitleri vardır. Bu profiller dikey ve yatay bağlantılarda kullanılmaktadır. Ülkemizde ki üretici firmaların ürettiği profillerin genellikle genişlikleri, 50mm için (b) yüksekliği 50 mm (h)’dir. Bu şekilde 10 mm artışla dikdörtgen kesitli profiller üretmektedir. Profil üreticileri 50 mm’nin altında ki profil kalınlıklarını genelde üretmemektedir.

Taşıyıcı profillerde en düşük et kalınlığı 1,5 mm’dir. (TS 5247 EN 12020-2) Olası imalat kusurları göz önünde bulundurularak 0,1 mm imalat tolerans değeri verilmiştir. Şekil 3.1’de gösterilen profilin kesit detaylarının, kesit boyutları için, $(h = 50 \text{ ila } 160 \text{ mm})$ h değerleri için $b=50\text{mm}$, $s=1.6\text{mm}$ ve $m=1.6\text{mm}$ sabit tutularak n değeri (et kalınlığı) elde edilebileceği görülmüştür. Buna karşılık enkesitin mukavemet özellikleri I_x , W_x , S_x değerleri ise fazla olmaktadır. Bu konuyu daha iyi açıklayabilmek için üç farklı I_x atalet momentinin enkesit alanındaki artışın değişimini ifade eden ($I_x - \Delta F$) ve I_x ile birim boy ağırlığındaki artışları arasındaki farkı ifade eden ($I_x - \Delta G$) grafikleri elde edilmiştir.

Örneğin Şekil 3.1’de $h=100\text{mm}$ ve $b=50\text{mm}$ için sadece $(n+\Delta n)$ artışı, sadece $(s+\Delta s)$ artışı ve $(n+\Delta n)$ ’nin ile $(m+\Delta m)$ ’nin birlikte artışları için ($I_x - \Delta F$) ve ($I_x - \Delta G$) ifade edilmiştir. Şekil 3.1’deki, I_x değerinin enkesit alanı (F)’deki ΔF artışının ve birim boy ağırlığı (G)’deki ΔG artışının en az olduğu durumun $(n+\Delta n)$ ile elde edildiği görülmektedir. [9]



Şekil 3.1: Profil enkesiti [9]



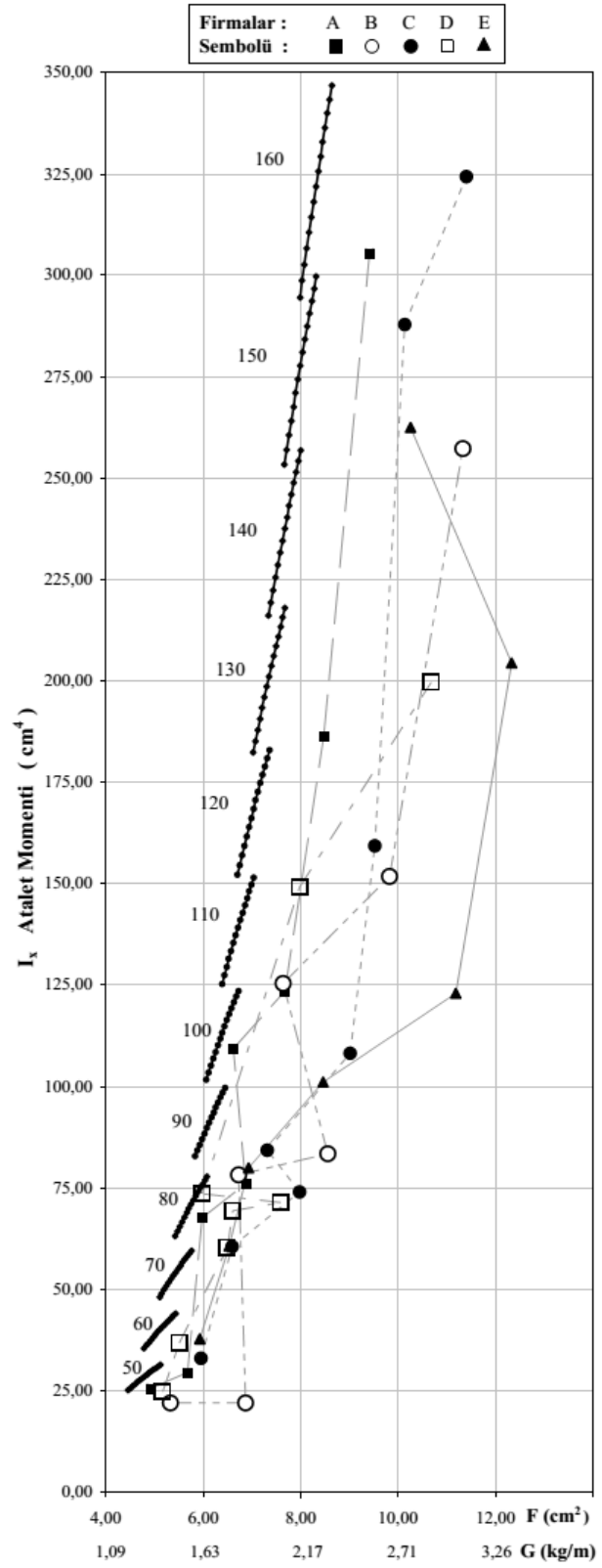
Şekil 3.2: Et kalınlığı değişimine göre I_x - ΔF ve I_x - ΔG değişimleri [9]

3.3. Tasarlanan Profil Kesitinin Üretici Firmaların Profil Kesitleri ile Kıyaslanması

Ülkemizde üretilen profillerin kesitlerinde, boyutlarında ve şekillerinde ortak bir standart bulunmayışı sebebiyle, uygulayıcılar kendilerine en uygun üreticilerin profillerini seçmektedir.

Ülkemizin cephe sektörü için profil üreten, beş üretici firma ürünleri örnek olarak incelenmiştir. Bu incelemede firmalar A, B, C, D ve E harfi ile isimlendirilmiştir. Bu firmaların ürettikleri profiller birçok açıdan karşılaştırılmıştır. Bu beş firmanın ürettiği profiller atalet momenti (I_x) ve enkesit alanı (F) değerleri incelenmiştir. Çıkan sonuçlarda firmaların ürettikleri profillerinde mukavemet ve geometrik açıdan ortak bir standartları olmadığı görülmüştür. Bu analiz Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Buna göre, atalet momenti (I_x) değerine karşı gelen enkesit alanına (F) göre, aynı (I_x) değerleri için optimum enkesit alanı (F) değerlerinin daha küçük olduğu, yani optimum kesitlerin daha ekonomik olduğu görülmektedir. Bu değerlendirmenin profil birim boy ağırlığı (G) ile de yapılabilmesi için Şekil 3.3’ün yatay ekseninde (G) değerleri de gösterilmiştir.

Boyutlandırma analizi yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda atalet momenti değeri için en ideal kesit boyutları bulunabilmektedir. Grafikte (I_x) değeri öncelikle belirlenir. Daha sonra bu değerden yatay yönde çizgi çizilir ve kesiştiği [$h=(50, 60, \dots, 160)$] nokta belirlenir. Kesişen nokta ile F ve G değeri için ideal boyut belirlenmiş olur. Geliştirilen optimum kesitlerin boyutlarını ve (I_x , W_x , S_x , F, G vb.) mukavemet değerlerini içeren Tablolar hazırlanmıştır. [9]



Şekil 3.3: Ülkemizde ki üretici firmalara ait I_x - F ve I_x – G bağlantısı [9]

Geliştirilen profil enkesitinin, örnek alınan beş yerli üreticinin profiline göre kıyaslanması ve geliştirilen profilin nedenli ekonomik olduğunu anlamak için aşağıdaki (3.1) denkleminde faydalanılır.[9]

$$\Delta G_{\ddot{U}F-OP} = \frac{G_{\ddot{U}F} - G_{OP}}{G_{OP}}, \quad \Delta G_{OP-\ddot{U}F} = \frac{G_{OP} - G_{\ddot{U}F}}{G_{\ddot{U}F}}, \quad (3.1)$$

$F_{\ddot{U}F}$: $(I_x)_{gerekli} \leq (I_x)_{\ddot{U}F}$ 'e karşı gelen **Üretici Firma** profil enkesit alanı (cm²),

F_{OP} : $(I_x)_{gerekli}$ değerine karşı gelen ve geliştirilen optimum profilin enkesit alanı (cm²),

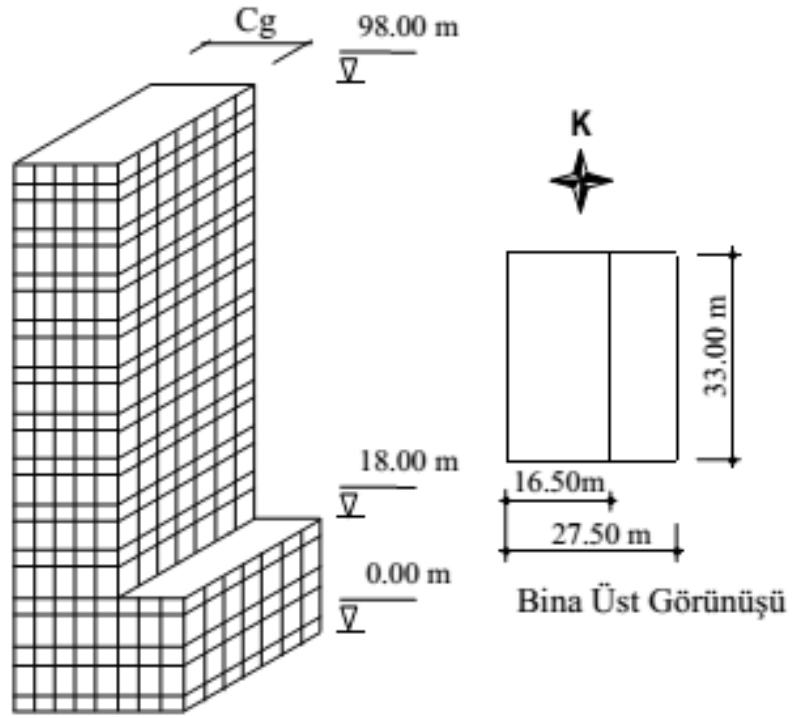
$G_{\ddot{U}F}$: $(I_x)_{gerekli} \leq (I_x)_{\ddot{U}F}$ 'e karşı gelen **Üretici Firma** profilinin birim boy ağırlığı (kg/m),

G_{OP} : $(I_x)_{gerekli}$ değerine karşı gelen ve geliştirilen optimum kesitin birim boy ağırlığı (kg/m)

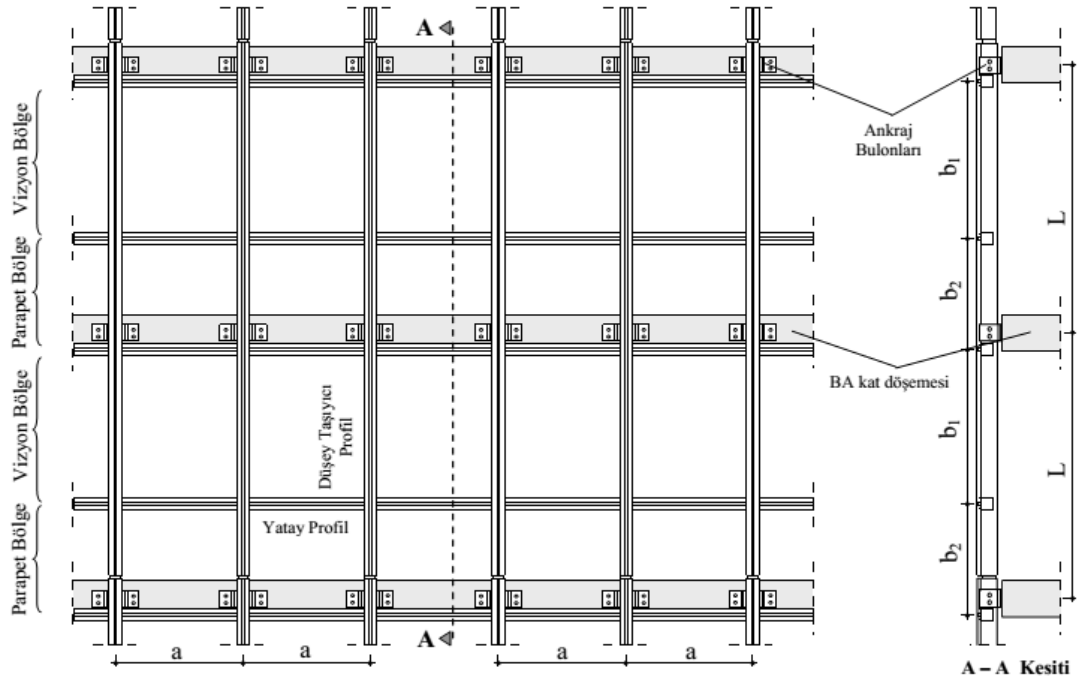
3.4. Boyutların Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

Şekil 3.4'de temsili olarak bir bina projesi çizilmiştir. Bu örnek bina projemizde kullanılacak giydirme cephe sistemi için, ülkemizde en çok tercih edilen çubuk sistem kullanılacaktır.

Şekil 3.4'de görülen örnek projede kullanılan giydirme cephe sistemi, ülkemizde en çok tercih edilen, Şekil 3.5'de ki çubuk sistemdir. Toplam düşey ve yatay taşıyıcı profillerin ağırlıkları karşılaştırılarak ekonomik bakımdan değerlendirilmiştir. Bu binanın dış kolonları 3 mt. Yüksekliklerle kirişlere bağlanmış ve düşey taşıyıcı profillerin de bu kirişlere bulonlarla sabitlendiği farz edilmiştir. Üretilen profillerin standart uzunlukları 6 metredir. Ekonomik analizler sonucunda profillerin 6 metre kullanılması ve düşey taşıyıcı sistemin iki açıklıklı sürekli kiriş olarak uygulanması ön görülmüştür.[9]



Şekil 3.4: Bina geometrik özellikleri [9]



Şekil 3.5: Giydirme cephe çubuk sistemi detayı [9]

Taşıyıcı sistem profillerinin boyutlandırılmasında emniyet gerilmesi yöntemi ele alınır. Bu hesap yönteminde, emniyet gerilmesi, orantılı sınır gerilmesinin altında kaldığında, malzeme lineer-elastik davranış gösterir ve profillerin boyutlandırılması, elastisite teorisine göre yapılır. Düşey profillerin hesapları dış yüklere (rüzgâr yükü, yağmur yükü, kar yükü ve deprem yükü gibi) ve emniyet gerilmesine göre gerekli mukavemet değerleri baz alınarak hesaplanmıştır. Yatay profillerin boyutlandırma hesapları ise düşey yükler (yer çekimi, camın ve profillerin kendi ağırlıkları v.b) göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi binaya giydirilen düşey profiller, binaya kat döşemelerinden yada kirişlerden sabitlenir. Uygulamalarda çoğunlukla dikey profiller, üst ucundan sabitlenir, alt ucundan ise dikey doğrultuda hareketli kayar mesnetli olarak birleştirilir. Bu şekilde profilde oluşan basınç telafi edilmektedir. Basıncın dışında da burkulma oluşmadığı için hesabı yapılmamaktadır. Örnekte ki binamızın giydirmeye yapılacak cepheleri, kuzey ve güney yönündedir. Bu cepheler 18 metre ve 98 metre yüksekliğindedir. Bu binanın geometrisi göz önünde bulundurulduğunda binanın kule tipi bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu sebeple rüzgâr yükü değerlerinin TS 498 ve DIN 1055 standartlarınca her iki cephenin tüm kenarlarında 1/8’lik ($C_g / 8$) bölgede rüzgâr, türbülans etkisi yaratacaktır. Bu türbülansın emme kuvveti dikkate alınmıştır.

Cephe uygulaması yapılacak binamız için gerekli mukavemet analizleri yapılmıştır. Profiller bu mukavemet değerlerini sağlayan profillerden seçilmiştir. Bu profiller ülkemizde faaliyet gösteren üretici firmalardan ve tasarlanan en uygun profil kesitlerine göre belirlenmiştir. Bu profillerin toplam ağırlıkları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yatay profiller için (G^Y), düşey profiller için (G^D) ve profillerin toplamı için (düşey + yatay profil) (G^{D+Y})’dir. Bu değerler Tablo 3.1’de verilmiştir.[9]

Tablo 3.1: Profillerin toplam ağırlıkları [9]

ÖRNEK BİNA İÇİN GEREKLİ PROFİL AĞIRLIKLARI	Geliştirilen Optimum Kesit	ÜRETİCİ FİRMALAR				
		A	B	C	D	E
Yatay Profil Ağırlığı G^Y (kg)	8213	9061	9774	10941	9502	10900
Düşey Profil Ağırlığı G^D (kg)	15639	18725	20886	22172	20788	25144
Toplam Profil Ağırlığı G^{D+Y} (kg)	23852	27786	30660	33113	30290	36044

Ülkemizde ki profil üreticilerinden örnek olarak seçtiğimiz A, B, C, D ve E firmalarının profilleri ile geliştirilen optimum profilin kesit ağırlıkları Tablo 3.1’de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma 3.1 denklemine göre yapılmış ve çıkan sonuçlar Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Aşağıda 3.1 denklemi ile yapılan kıyaslanmanın detayları verilmiştir. [9]

Üretici firma (Örnek olarak seçilen A firması) profillerinin geliştirilen optimum kesitlere göre kıyaslanması yapılırsa eğer,

$$\Delta G_{A-OP}^Y = \frac{G_A^Y - G_{OP}^Y}{G_{OP}^Y} = \frac{9061 - 8213}{8213} = +0.1033 \quad (\% + 10.33) \quad (3.2)$$

$$\Delta G_{A-OP}^D = \frac{G_A^D - G_{OP}^D}{G_{OP}^D} = \frac{18725 - 15639}{15639} = +0.1974 \quad (\% + 19.74) \quad (3.3)$$

$$\Delta G_{A-OP}^{(D+Y)} = \frac{G_A^{(D+Y)} - G_{OP}^{(D+Y)}}{G_{OP}^{(D+Y)}} = \frac{27786 - 23852}{23852} = +0.1649 \quad (\% + 16.49) \quad (3.4)$$

$$\Delta G_{OP-A}^Y = \frac{G_{OP}^Y - G_A^Y}{G_A^Y} = \frac{8213 - 9061}{9061} = -0.0936 \quad (\% - 9.36) \quad (3.5)$$

$$\Delta G_{OP-A}^D = \frac{G_{OP}^D - G_A^D}{G_A^D} = \frac{15639 - 18725}{18725} = -0.1648 \quad (\% - 16.48) \quad (3.6)$$

$$\Delta G_{OP-A}^{(D+Y)} = \frac{G_{OP}^{(D+Y)} - G_A^{(D+Y)}}{G_A^{(D+Y)}} = \frac{23852 - 27786}{27786} = -0.1416 \quad (\% - 14.16) \quad (3.7)$$

A üreticisinin profilleri, geliştirilen optimum profil kesitine göre daha fazla malzeme gerektirdiğinden ekonomik olmadığı görülmüştür. Geliştirilen optimum profil daha ekonomik olduğu görülmüştür. [9]

Tablo 3.2: Profillerin maliyet açısından kıyaslanması [9]

		Geliştirilen Optimum Kesit	ÜRETİCİ FİRMALAR				
			A	B	C	D	E
Geliştirilen Optimum Kesit		Yatay Profil %	- 9.36 **	- 15.97	- 24.93	- 13.57	- 24.65
		Düşey Profil %	- 16.48 **	- 25.12	- 29.47	- 24.77	- 37.80
		Toplam %	- 14.16 **	- 22.20	- 27.97	- 21.25	- 33.83
ÜRETİCİ FİRMALAR	A	+ 10.33 *		- 7.29	- 17.18	- 4.64	- 16.87
		+ 19.74 *		- 10.35	- 15.55	- 9.92	- 25.53
		+ 16.49 *		- 9.37	- 16.09	- 8.27	- 22.91
	B	+ 19.01	+ 7.87		- 10.67	+ 2.86	- 10.33
		+ 33.35	+ 11.54		- 5.80	+ 0.47	- 16.93
		+ 28.54	+ 10.34		- 7.41	+ 1.22	- 14.94
	C	+ 33.22	+ 20.75	+ 11.94		+ 15.14	+ 0.38
		+ 41.77	+ 18.41	+ 6.16		+ 6.66	- 11.82
		+ 38.83	+ 19.17	+ 8.00		+ 9.32	- 8.13
	D	+ 15.69	+ 4.87	- 2.78	- 13.15		- 12.83
		+ 32.92	+ 11.02	- 0.47	- 6.24		- 17.32
		+ 26.99	+ 9.01	- 1.21	- 8.53		- 15.96
	E	+ 32.72	+ 20.30	+ 11.52	- 0.37	+ 14.71	
		+ 60.78	+ 34.28	+ 20.39	+ 13.40	+ 20.95	
		+ 51.12	+ 29.72	+ 17.56	+ 8.85	+ 19.00	

BÖLÜM 4

YAPIYA ETKİYEN YÜKLER

4.1. Yapıya Etkiyen Yükler

Tasarlanan sistem, statik ve dinamik olmak üzere göz ardı edilemeyecek birçok kuvvetin etkisi altında kalmaktadır. Bu kuvvetler zamanla sistemde şekil ve yer değişimine neden olarak iç kuvvetleri tetikleyerek sistemin hasarlanmasına yol açacaktır.

Sistemin hasarlanmasını önlemek için, sistemi etkileyecek kuvvetleri doğru belirlemek gerekmektedir. G, Q, E, W, H, T harfleri farklı türdeki kuvvetleri ifade etmektedir. Bunlar Tablo 4.1’de açıklanmıştır. [10]

Tablo 4.1: Yapıya etkiyen yüklerin çeşitleri ve içerdiği yük çeşitleri [10]

YÜKLER	KALICI YÜKLER G	HAREKETLİ YÜKLER Q	YATAY YÜKLER E	YATAY YÜKLER W	YATAY YÜKLER H	DİĞER YÜKLER T
TÜRÜ	Yapı elemanlarının öz yükleridir.	Yapı elemanına zaman zaman etkiyen ve yer değiştiren statik yüklerdir.	Yapıya yatay olarak etkilediği varsayılan statik ve dinamik yüklerdir.	Yapıya yatay olarak etkilediği varsayılan statik ve dinamik yüklerdir.	Yapıya yatay olarak etkilediği varsayılan statik ve dinamik yüklerdir.	Bu yüklerin dışında kalan yüklerdir.
ÇEŞİTLERİ	• Döşeme ağırlığı • Kiriş ağırlığı • Duvar ağırlığı • Kolon ağırlığı	• Döşeme ağırlığı • Kiriş ağırlığı • Duvar ağırlığı • Kolon ağırlığı	• Deprem yükü	• Rüzgar yükü	• Toprak etkisi • Sıvı yükü	• Sıcaklık farkından oluşan yükler. • Büzülme – Çekme – Sünmelerden oluşan yükler. • Farklı oturmalarından oluşan yükler • Buz yükü • Patlama yükü • Montaj yükü • Dalga yükü

4.2. Kar Yüğü

Kar yoğunluğunun karakterinden dolayı tam bir değeri atamak doğru değildir. Normal şartlarda kar yükü: $100 - 300 \text{ kN/m}^3$ değerleri arasındadır. Suyla karışık yağın (sulu kar) $400 - 500 \text{ kN/m}^3$ yoğunluğa sahiptir. Geniş çatılı yerlerde, kapalı Pazar, halı saha, spor salonu gibi yerlerde çatılar tasarlanırken bu kar yükü hesaba katılmalı ve mutlaka önlem alınmalıdır. [10]



Şekil 4.1: Kar yığılmış bir konut çatısı ve temizleme çalışması [10]

Kar yapıyı etkileyen hareketli bir yük tipidir. Türkiye, kar yükü için dört bölgeye ayrılmıştır. Yapıları etkileyen kar yükleri için belirlenmiş standartlardan yararlanılır. TS 498-1997 standardı kar yükünü içermektedir. Çatıda ki eğimlerde oluşan yükler, yayılı yük olarak hesap edilir ve kN/m^2 cinsinden ifade edilir. [10]

4.2.1 Kar Yükünün Hesabı

Yapının konumuna, yerine ve çatının durumuna göre kar yükü hesabı değişmektedir.

TS 498-1997 'ye göre P_k kar yükü şu şekilde hesaplanır.

$$P_k = m \times P_{k0} \quad (4.1)$$

$$m = 1 - \frac{\alpha - 30^0}{40^0} \quad (4.2)$$

$$0 \leq m \leq 1$$

P_k : Kar yükü hesap değeri kN/m^2

P_{k0} : Zati kar yükü kN/m^2

m : Kar yükü azaltma değeri

α : Çatı örtüsünün eğimi

Kar yükü hesap değeri, yapının rakımına ve kar bölgesi numarasına bağlı olarak TS 498-1997 ile belirtilmiş çizelgeden okunur. Bulunduğu coğrafya itibari ile yapı eğer hiç kar yağışı almıyorsa, ya da çatının sıcaklığı 13^0C derecenin üstünde ise $P_{k0} = 0$ olur. [10]

4.3. Rüzgâr Yüğü

Yüksek olmayan yapılar için yatay yönde ve statik bir şekilde etkilediği düşünülen bir kuvvettir. Rüzgâr yükü hesabı TS 498-1997 standardına göre hesap edilir. Rüzgârın yapıya çarptığı yüzeyinde basma, yapının arka yüzeyinde ise emme kuvveti oluşturur. Bu kuvvetler yapının mimarisine ve rüzgâr hızına göre değişmektedir.

4.3.1 Rüzgâr Hızı

Aşağıdaki denklem rüzgâr hızını açıklamaktadır.

$$V(z, t) = V_m(z) + w(z, t) \quad (4.3)$$

Burada;

$V(z, t)$: z 'ye ve t 'ye bağlı toplam rüzgâr hızıdır. (z) zeminden yüksekliği, (t) zamanı göstermektedir.

$V_m(z)$: Ortalama rüzgâr hızını ifade eder. $V_m(z)$, rüzgârın statik bileşeni olarak adlandırılır ve binaya etki eden rüzgâr hızlarının seçilen bir zaman aralığındaki ortalamasına karşı gelir. $w(z,t)$ ise ortalama değerin etrafındaki hız değişimlerini (türbülans) ifade eden dinamik rüzgâr hızıdır. [11]

4.3.2. Ortalama Rüzgâr Hızı

Ortalama rüzgâr hızı, aşağıdaki denklemle hesaplanmaktadır.

$$V_m(z) = C_e(z) C_t V_b \quad (4.4)$$

Bu denklemde V_b temel rüzgâr hızını, $C_e(z)$ yükseklikle değişen yüzey pürüzlülük katsayısı'nı ve C_t topoğrafya katsayısı gösterilmektedir [11].

4.3.3. Temel Rüzgâr Hızı

Hava alanları gibi boş bir alanda, zeminden 10 metre yükseklikteki bir noktada ölçülen, 10 dakikalık ortalama rüzgâr hızlarından 50 senede en az bir defa aşılma olasılığına karşı gelen rüzgâr hızıdır. Örneğin, Atatürk Havaalanı'nda ki 1 dakikalık aralar ile yapılan veri analizleri sonucunda, İstanbul için temel rüzgâr hızı $V_b = 25$ m/s hesaplanmıştır. [11]

4.3.4. Yüzey Pürüzlülük Katsayısı

Yapının, rüzgâr ile temas ettiği yüzeyin pürüzlülüğünün, rüzgârın ortalama hızına ve hızın yükseklikle değişimine etkisi aşağıdaki katsayı ile tanımlanır.

$$z > z_{\min} \quad \text{için} \quad C_e(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) ; \quad k_r = 0,23 (z_0)^{0.07} \quad (4.5)$$

$$z \leq z_{\min} \quad \text{için} \quad C_e(z) = C_e(z_{\min}) \quad (4.6)$$

Yukarıdaki denklemlerde z_0 yüzey pürüzlülük uzunluğu'nu (m), $z_{\min}$ ise yüzey pürüzlülük katsayısının sabit olduğu minimum yüksekliği (m) gösterilmektedir. Aşağıdaki Tablo 4.2'de, beş değişik arazi tipi için z_0 ve $z_{\min}$ değerleri gösterilmiştir [11].

Tablo 4.2: Yüzey pürüzlülük uzunlukları (z_0) ve minimum yükseklikler ($z_{\min}$) [11]

Arazi Tip No	Arazi Tipi	z_0 (m)	$z_{\min}$ (m)
0	Denize açık kıyı şeritleri	0.003	1
1	Göl çevreleri ve engebesiz düz ve geniş alanlar	0.01	1
2	Seyrek ağaçların ve yapıların olduğu ova, çayır tipi alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından fazla)	0.05	2
3	Köyler, banliyöler, ormanlık alanlar (engebe aralıkları ortalama engebe yüksekliğinin 20 katından az)	0.3	5
4	Şehir merkezleri ve benzeri en az %15 oranında ortalama yüksekliği 15m ve üzeri yapılarla kaplı alanlar	1.0	10

4.3.5. C_t Topoğrafya Katsayısı

İstanbul'un topoğrafya katsayısı aşağıdaki gibi gösterilir;

$$C_t = 1.0 + 0.001 \Delta \quad (4.7)$$

Δ : metre cinsinden, yapının bulunduğu yerin rakımını ifade eder [11].

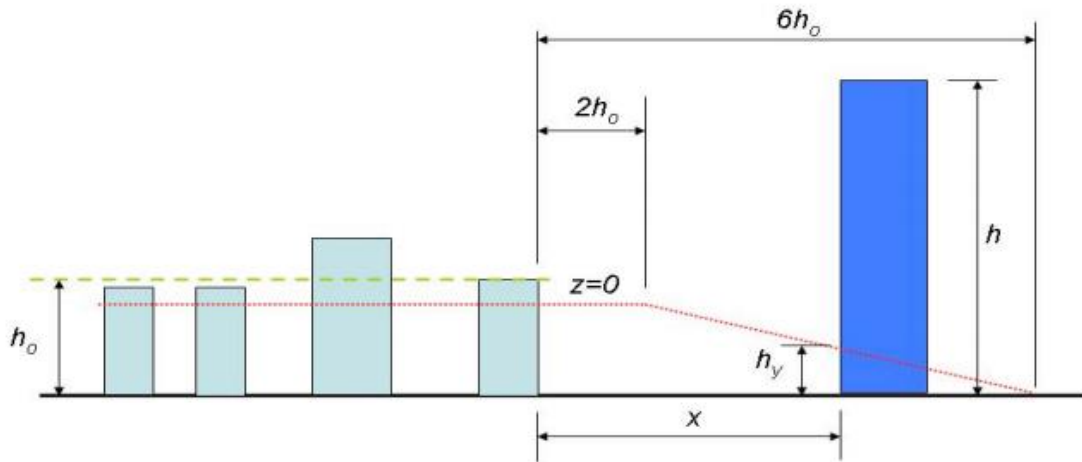
4.4. Çevredeki Yapıların Ortalama Rüzgâr Hızı Profiline Etkileri

Şehir merkezlerinde (Arazi tipi IV) etrafı daha alçak yapılarla çevrili yüksek bir yapıya gelen rüzgâr yüklerinin hesabı yapılırken, rüzgârın alçak yapılar tarafından engellenmesinin etkisi, zemin seviyesini efektif olarak yükselterek dikkate alınmalıdır. Yükseltme ile ilgili kurallar aşağıdaki Denk.(4.8–4.9–4.10) ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Yüksek yapının rüzgâr hesabı normal koşullar altında yapıya etkiyen rüzgâr profili ve yüklerini düşey yönde h_y kadar öteleyerek yapılır. [11]

$$x \leq 2h_0 \text{ ise } h_y = \min [0.8 h_0 , 0.6h] \quad (4.8)$$

$$2h_0 < x < 6h_0 \text{ ise } h_y = \min [1.2 h_0 - 0.2 x , 0.6h] \quad (4.9)$$

$$x \geq 6h_0 \text{ ise } h_y = 0 \quad (4.10)$$



Şekil 4.2: Çevredeki yapıların ortalama rüzgâr hızı profiline etkileri [11]

Çevre yapıların yüksekliği konusunda detaylı bilginin olmadığı durumlarda $h_0 = 15$ m alınacaktır.[11]

4.5. Dinamik Rüzgâr Hızı (Rüzgâr Türbülansı)

Rüzgâr türbülansı, ortalama değeri sıfır olan normal dağılımlı rastgele süreç olarak modellenir ve türbülansın standart sapması σ_w cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\sigma_w = k_r V_b \quad (4.11)$$

Binalara etkisi açısından, ortalama türbülans rüzgâr hızı, $\bar{W}_{\max}$ standart sapmanın maksimum 3.5 katı olarak alınır. [11]

$$\bar{W}_{\max} = 3.5 \sigma_w$$

4.6. Türbülans Şiddeti

Türbülansın ortalama rüzgâr hızına göre relatif genliği, aşağıda tanımlanan ve yükseklikle değişen türbülans şiddeti $I_w(z)$ cinsinden belirlenir.

$$z > z_{\min} \text{ için } I_w(z) = \frac{\sigma_w}{V_m(z)} = \frac{1}{C_t \ln(\frac{z}{z_0})} \quad (4.12)$$

$$z \leq z_{\min} \text{ için } I_w(z) = I_w(z_{\min}) \quad (4.13)$$

z ve $z_{\min}$ değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.[11]

4.7. Türbülans Uzunluğu

Türbülansın büyüklüğünü tanımlayan ikinci parametre, türbülans uzunluğudur. Türbülans uzunluğu, $L(z)$, türbülansı yaratan rüzgâr dalgalarının ortalama dalga boyunu gösterir ve yaklaşık olarak aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir:

$$z > z_{\min} \text{ için } L(z) = 300 \left(\frac{z}{200} \right)^{\alpha} ; \quad \alpha = 0.67 + 0.05 \ln(z_0) \quad (4.14)$$

$$z \leq z_{\min} \text{ için } L(z) = L(z_{\min}) \quad (4.15)$$

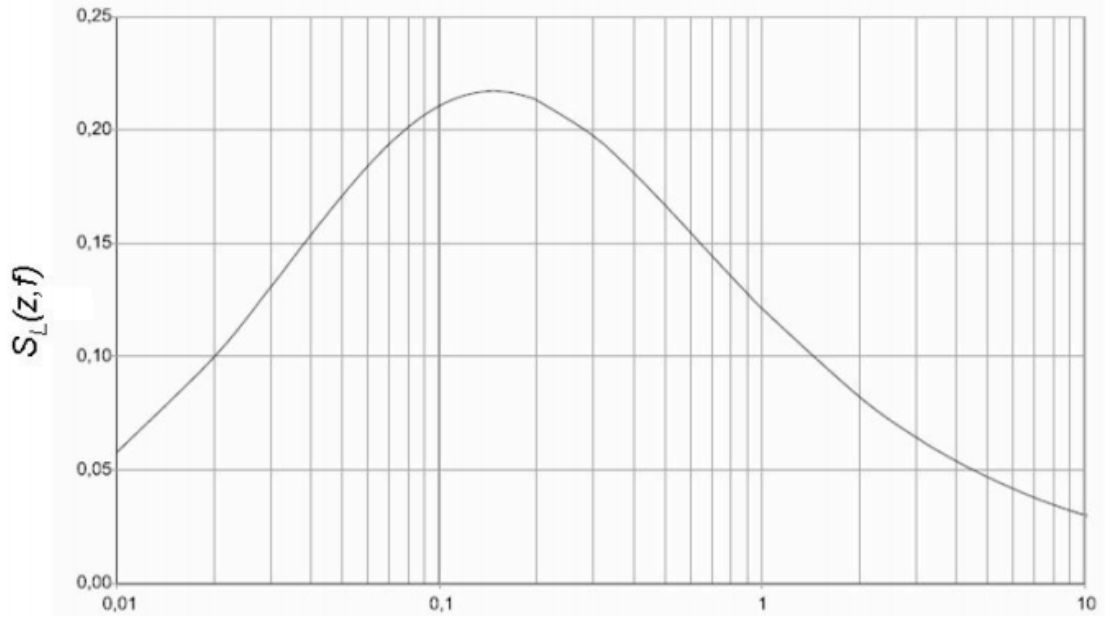
z_0 ve $z_{\min}$ değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir.[11]

4.8 Türbülans Güç Yoğunluk Fonksiyonu

Türbülans enerjisinin frekans tanım alanındaki dağılımı, yükseklikle değişen Türbülans Güç Spektrumu Yoğunluk Fonksiyonu $SL(z,f)$ ile normalize edilmiş boyutsuz frekans $f_L(z,f)$ cinsinden aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$S_L(z, f) = \frac{6.8 f_L(z, f)}{[1 + 10.2 f_L(z, f)]^{5/3}} ; \quad f_L(z, f) = \frac{f_L(z)}{V_m(z)} \quad (4.16)$$

Burada f frekansı (Hz) göstermektedir. $S_L(z, f)$ ’nin $f_L(z, f)$ ’e göre değişimi Şekil 4.8’de verilmiştir. [11]



Şekil 4.3: Türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun normalize edilmiş frekansla değişimi. [11]

4.9. Maksimum Rüzgâr Hızı

Denk.(4.3) ve $\bar{W}_{\max} = 3.5 \sigma_w$ 'den yararlanılarak maksimum rüzgâr hızı $|V(z, t)|_{\max}$ aşağıdaki gibi tanımlanır. [11]

$$|V(z, t)|_{\max} = V_m(z) + \bar{w}_{\max} \quad (4.17)$$

4.10. Rüzgâr Basıncı

4.10.1. Bir Noktaya Etkiyen Maksimum Rüzgâr Basıncı

Rüzgâr basıncı havanın kütle yoğunluğu ve rüzgâr hızının karesi ile orantılıdır. Rüzgâra dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir birim alana gelen maksimum rüzgâr basıncı $q_p(z)$ Denk.(4.18) ile hesaplanır.

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \rho |V(z, t)|_{\max}^2 \quad (4.18)$$

Yukarıdaki bağıntıda, $|V(z,t)|_{\max}$ Denk.(4.19)'a göre z yüksekliğinde etki eden maksimum rüzgâr hızını, ρ ise havanın yoğunluğunu göstermektedir.

($\rho = 1.25 \text{ N/m}^3$). Denk.(4.18) Denk.(4.20)'de yerine konulur ve $\bar{w} = V_m(z)$ olduğu gözönüne alınırsa, maximum rüzgâr basıncı için aşağıdaki bağıntı yazılabilir.

$$q_p(z) \approx \frac{1}{2} \rho V_m^2(z) + \rho V_m(z) \cdot \bar{w}_{\max} \quad (4.19)$$

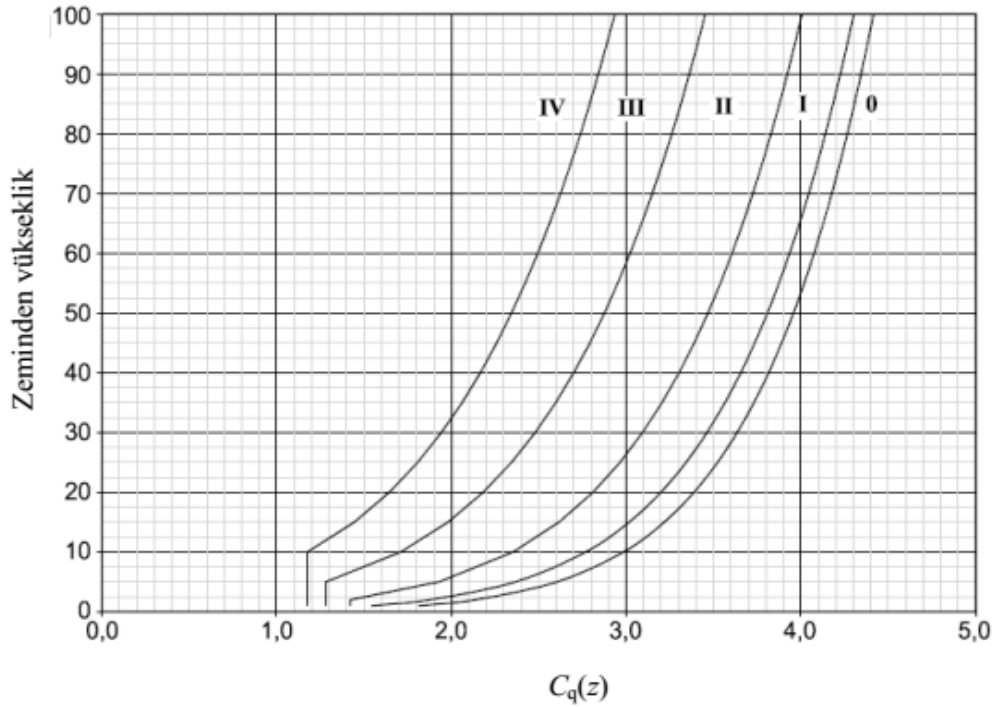
Denk.(4.18) ve Denk.(4.19)'dan yararlanılarak

$$q_p(z) \approx \frac{1}{2} \rho V_m^2(z) [1 + 7 I_w(z)] \rightarrow q_p(z) \approx C_q(z) q_b \quad (4.20)$$

Bu bağıntıda yer alan temel rüzgâr basıncı q_b ve yükseklikle değişen etkilenme katsayısı $C_q(z)$, Denk.(4.20)'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

$$q_p = \frac{1}{2} \rho V_b^2(z) \quad ; \quad C_q(z) = C_e^2(z) C_t^2 [1 + 7 I_w(z)] \quad (4.21)$$

Tablo 4.2'de verilen beş arazi tipi için $C_q(z)$ 'nin yükseklikle değişimi, C_t topoğrafya katsayısı 1.0 kabul edilerek, Şekil 4.9'da verilmiştir. [11]



Şekil 4.4: $C_q(z)$ 'nin yükseklikle değişimi (topoğrafya katsayısı $C_t = 1$ alınmıştır) [11]

4.10.2. Bir Yüzeye Etkiyen Maksimum Rüzgâr Basıncı

Rüzgâra dik doğrultudaki düzlemde z yüksekliğindeki bir yüzeye etkiyen maksimum rüzgâr yükü $Q(z)$, maksimum rüzgâr basıncı $q_q(z)$ 'nin yüzey alanı A ve yüzey basınç katsayısı C_p ile çarpılmasıyla bulunur.

$$Q(z) = q_p(z) C_p A \quad (4.22)$$

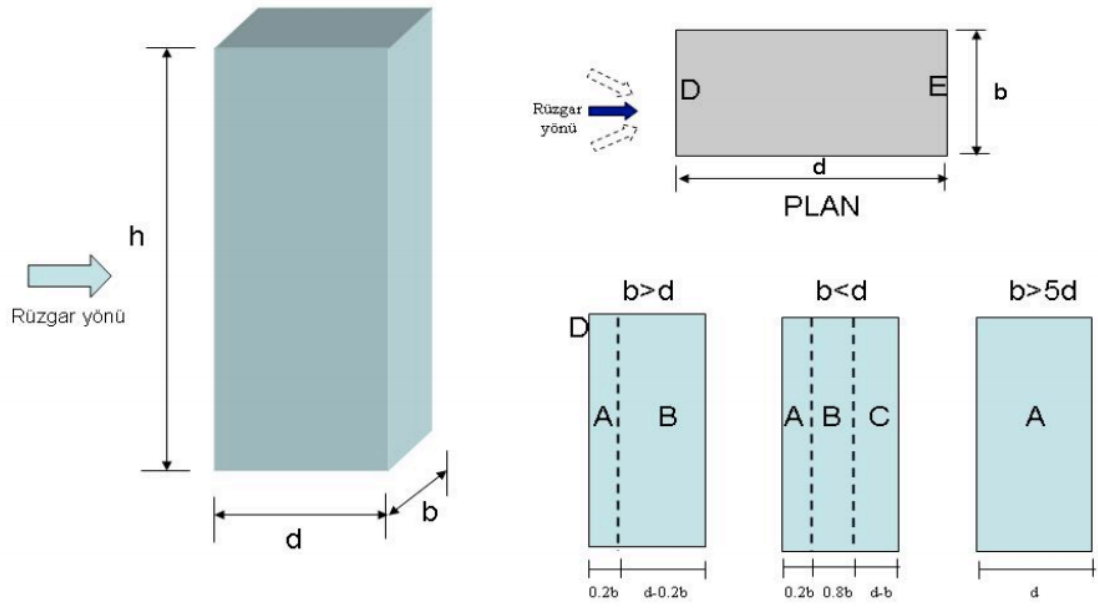
C_p Katsayısının değeri ve işareti yüzeyin binadaki konumuna göre (örneğin, binanın rüzgâra göre ön yüzünde, arka yüzünde, yan yüzünde, çatıda veya yapının içinde olmasına göre) değişir. Artı işaretli katsayılar yüzeye dik doğrultudaki basıncı, eksi işaretli katsayılar ise yüzeye dik doğrultudaki çekmeyi gösterir.

Binaya ve bina elemanlarına gelen rüzgâr yüklerinin hesabında kullanılacak C_p katsayısının değeri rüzgâra maruz yüzeyin büyüklüğüne göre değişir. 1.0 m^2 veya daha küçük alanlar için $C_{p,1}$ katsayısı, 10.0 m^2 veya daha büyük alanlar için $C_{p,10}$ katsayısı kullanılır. Aradaki alan değerlerine karşı gelen $C_{p,A}$ değerleri logaritmik interpolasyonla aşağıdaki denklemde gösterildiği şekilde bulunur.

$$C_{p,A} = C_{p,1} - (C_{p,1} - C_{p,10}) \log_{10} A \quad (1 \text{ m}^2 \leq A \leq 10 \text{ m}^2) \quad (4.23)$$

Genel olarak, $C_{p,1}$ katsayısı yapısal olmayan elemanlara ve bağlantılarına gelen rüzgâr yüklerinin hesabında, $C_{p,10}$ katsayısı ise yapının taşıyıcı sistemine gelen yüklerin hesabında kullanılır.

Dikdörtgen kesitli yapılar için yapının rüzgâr yükleri açısından değişik bölgeleri Şekil 6'da, her bölgeye karşı gelen $C_{p,1}$ ve $C_{p,10}$ katsayıları ise Tablo 8'de verilmiştir.[11]



BOYUNA KESİT

Şekil 4.5: Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayısı bölgeleri [11]

Tablo 4.3: Dikdörtgen kesitli binalar için basınç katsayıları [11]

h/d	A (yan yüz)		B (yan yüz)		C (yan yüz)		D (ön yüz)		E (arka yüz)	
	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$	$C_{p,10}$	$C_{p,1}$
5	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-	+0.8	+1.0	-0.7	-
1	-1.2	-1.4	-0.8	-1.1	-0.5	-	+0.8	+1.0	-0.5	-

NOT: h/d'nin ara değerlerine karşı gelen katsayılar interpolasyonla bulunur. h/d > 5 için h/d = 5 değerleri kullanılabilir.

4.11 Binalara Etkiyen Rüzgâr Yükleri

Dikdörtgen kesitli bir binaya etkiyen toplam rüzgâr yükü F aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$F = F_{ex} + F_{in} + F_{fr} \quad (4.24)$$

$$F_{ex} = C_s \cdot C_d \cdot \sum_{\text{yüzey alanı}} q_p (Z_e) C_{pe} A_{ex} \quad (4.25)$$

$$F_{in} = \sum_{\text{yüzey alanı}} q_p (Z_i) C_{pi} A_{in} \quad (4.26)$$

$$F_{fr} = \sum_{\text{yüzey alanı}} q_p (Z_e) C_{fr} A_{fr} \quad (4.27)$$

Burada;

F_{ex} = Dış yüzeylere etkiyen yükler

F_{in} = İç yüzeylere etkiyen yükler

F_{fr} = Yan yüzeylere etkiyen sürtünme yükleri

C_s = Yük kolerasyon katsayısı

C_d = Dinamik rezonans katsayısı

$q_p (Z_e)$ = Dış yükseklik Z_e deki maksimum basınç

$q_p (Z_i)$ = İç yükseklik Z_i deki maksimum basınç

C_{pe} = Dış basınç katsayısı

C_{pi} = İç basınç katsayısı

C_{fr} = Sürtünme katsayısı

A_{ex} = Referans dış yüzey alanı

A_{in} = Referans iç yüzey alanı

A_{fr} = Referans yan yüzey alanı (referans sürtünme alanı)

Yapının yüzeyinde bulunan açıklıkların ebatları ve fazlalığı, iç basınç katsayısını değiştirir. Yapının hakim yüzü diye tabir ettiğimiz alanlar, yüzeydeki açıklıkların diğer yüzeylere oranla daha fazla ve büyük oluşundandır. Yapılan hesaplarda, pencere ve kapı boşluklarının açık olduğu farz edilir. Buna göre iç basınç katsayıları, açıklık oranına bağlı olmak üzere şu şekilde hesap edilir;

Kabul ettiğimiz yüzeyde bulunan açık alanlar, diğer yüzeylerin açık alanlarının toplamlarının en az iki katı ise;

$$C_{pi} = 0.75 C_{pe} \quad (4.28)$$

Kabul ettiğimiz yüzeyde bulunan açık alanlar, diğer yüzeylerin açık alanlarının toplamlarının en az üç katı ise;

$$C_{pi} = 0.90 C_{pe} \quad (4.29)$$

C_{pe} hakim yüzdeki dış basınç katsayısını gösterir. Eğer açık alanlar değişik basınç katsayısına sahip bölgelerde ise, C_{pe} alan-ağırlıklı ortalama alınarak hesaplanır. Duvarlar, parapetler ve çatı yüzeyleri için sürtünme katsayıları aşağıda verildiği gibi hesaplanır.

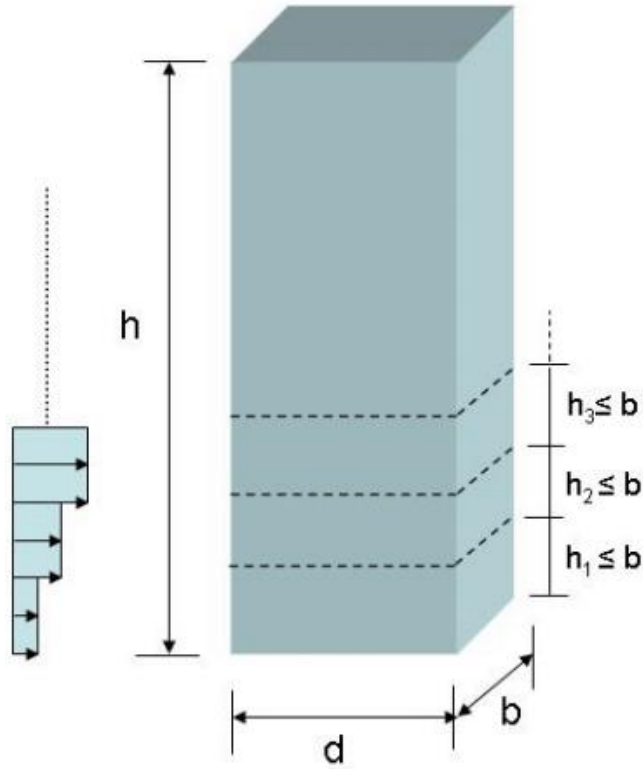
$C_{fr} = 0.01$ – pürüzsüz yüzeyler için (örn. çelik, düzgün beton gibi)

$C_{fr} = 0.02$ – pürüzlü yüzeyler için (düzgün olmayan beton, asfalt kaplama)

$C_{fr} = 0.04$ – Çok pürüzlü yüzeyler için (örn. ondelalı çatı kaplamaları gibi)

Sürtünme yüzeyi rüzgâr yönü doğrultusundaki dış yüzeylerden oluşur. Düşey duvarlar için, sürtünme alanı rüzgâr yönündeki toplam düşey duvar alanıdır.

Çatılar için sürtünme alanı rüzgârın geldiği taraftaki çatı kenarından (2 x ön yüz genişliği) veya (4 x çatı yüksekliği) değerlerinden küçük olan kadar uzaklaştıktan sonra geriye kalan çatı alanıdır. Binaya gelen toplam yükleri hesaplarken bina düşey doğrultuda Şekil 4.11’de gösterildiği gibi dilimlere ayrılır ve her dilime gelen yükler ayrı ayrı hesaplanır. Dilimlerin yüksekliği rüzgâra dik yöndeki bina genişliğinden daha fazla olmamalıdır. Yatay doğrultuda yüklerin düzgün olarak dağıldığı kabul edilecektir.



Şekil 4.6: Rüzgâr yüklerinin düşey doğrultuda değişiminin göz önüne alınması [11]

C_s katsayısı ile maksimum rüzgâr yüklerinin bina yüzeyine her noktada aynı anda (tam korelasyonlu) etki etmediği göz önüne alınır. C_d katsayısı ise, dinamik rüzgâr yükleri altında yapının dinamik davranışı (titreşimi) ve rezonans nedeniyle yer değiştirmelerde meydana gelen artışı göz önüne alır. C_s ve C_d katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$C_s = \frac{1+7I_w(z_r)\sqrt{B^2}}{1+7I_w(z_r)} ; \quad C_d = \frac{1+7I_w(z_r)\sqrt{B^2+R^2}}{1+7I_w(z_r)\sqrt{B^2}} \quad (4.30)$$

veya

$$C_s C_d = \frac{1+7I_w(z_r)\sqrt{B^2+R^2}}{1+7I_w(z_r)} \quad (4.31)$$

Yukarıdaki bağıntılarda z_r referans yüksekliği (m) (toplam yüksekliğin %60'ı olarak alınabilir $z_r = 0.6h$), $I_w(z_r)$ referans yükseklikteki türbülans şiddetini, B^2 korelasyon faktörü'nü ve R^2 ise rezonans faktörü'nü göstermektedir. Yukarıdaki

bağıntılar, rüzgâr doğrultusundaki titreşimlere birinci modun hakim olduğu planda dikdörtgen binalar için geçerlidir. Korelasyon faktörü B^2 aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$B^2 = \frac{1}{1+0.9 \left[\frac{b+h}{L(z_r)} \right]^{0.63}} \quad (4.32)$$

Bu bağıntıda, b binanın rüzgâra dik doğrultudaki genişliğini (m), h binanın yüksekliğini (m), $L(z_r)$ ise referans yükseklik z_r 'deki ($z_r = 0.6h$) türbülans uzunluğunu (m) göstermektedir. Rezonans faktörü R^2 aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2\delta} S_L(z_r, f_0) R_h(\eta_h) R_b(\eta_b) \quad (4.33)$$

Bu bağıntıda, δ binanın birinci moduna karşı gelen logaritmik azalım katsayısı'nı, f_0 binanın birinci doğal titreşim frekansı'nı (Hz), $S_L(z_r, f_0)$ türbülans güç spektrumu yoğunluk fonksiyonunun z_r ve f_0 'daki değeri (Bkz. Denk.(3.10)), $R_h(\eta_h)R_b$ düşey doğrultudaki aerodinamik kabul fonksiyonu'nu, $R_b(\eta_b)$ ise yatay doğrultudaki aerodinamik kabul fonksiyonu'nu göstermektedir. Logaritmik azalım katsayısı δ , binanın birinci moduna karşı gelen sönüm katsayısı ξ_0 cinsinden aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\delta = \frac{2\pi\xi_0}{\sqrt{1-\xi_0^2}} \approx 2\pi\xi_0 \quad (4.34)$$

Birinci modun hakim olduğu bina titreşimleri için $R_h(\eta_h)$ ve $R_b(\eta_b)$ fonksiyonları aşağıdaki bağıntılardan elde edilir:

$$R_h(\eta_h) = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h}); \quad \eta_h = \frac{4.6h}{L(z_r)} f_L(z_r, f_0) \quad [\eta_h = 0 \text{ ise } R_h(\eta_h) = 1] \quad (4.35)$$

$$R_b(\eta_b) = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} (1 - e^{-2\eta_b}); \quad \eta_b = \frac{4.6b}{L(z_r)} f_L(z_r, f_0) \quad [\eta_b = 0 \text{ ise } R_b(\eta_b) = 1] \quad (4.36)$$

Yukarıdaki bağıntılarda h binanın yüksekliğini (m), b rüzgâra dik doğrultudaki genişliğini (m), z_r referans yüksekliği ($z_r = 0.6h$), $f_L(z_r, f_0)$ normalize edilmiş boyutsuz

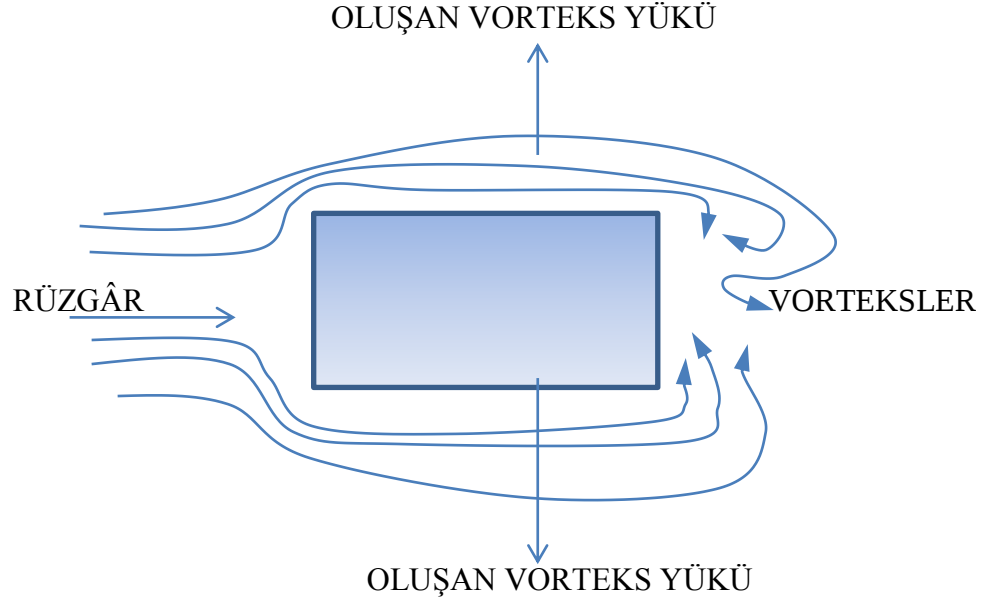
frekansı (Bkz. Denk.(3.10)), $L(z_r)$ ise referans yükseklik z_r 'deki ($z_r = 0.6h$) türbülans uzunluğunu (m) göstermektedir. [11]

4.12. Binada Rüzgârdan Oluşan Maksimum Yer Değiştirmeler ve İvmeler

Binadaki en büyük rüzgâr yer değiştirmesi, yukarıda verilen rüzgâr yüklerini yapıya statik yük olarak uygulayarak hesaplanır. Binadaki titreşimlerinin dinamik özelliklerinin de hesaplanması gerektiğinde (örneğin, oturanların konforunu açısından binadaki en büyük ivme değeri istendiğinde) detaylı dinamik analiz yapılması gerekir. Titreşimleri yaratan türbülans yükleri gelişigüzel yükler olduğu ve ancak istatistiki yöntemlerle (örneğin, güç spektral yoğunluk fonksiyonu ile) tanımlanabildiği için dinamik analiz genelde Gelişigüzel Titreşim Teorisi (Random Vibration Theory) yöntemleri kullanılarak yapılır. [11]

4.13. Vorteks Titreşimleri

Yüksek basınçtan alçak basınca doğru akış halinde olan hava, yapıların yüzeylerine şekilde gösterildiği gibi sürtünerek geçmektedir. Bu esnada hava akımı yapının çevresinde vorteksler oluşturmaktadır. Oluşan bu vorteksler yapı üzerinde dinamik yükler oluşturmaktadır. Bu vorteks yükleri sinüzoidal yük olarak tanımlanmaktadır. [11]



Şekil 4.7: Vorteks yüklerinin oluşumu [11]

Vorteks yüksek yapılarda büyük genlikli titreşimler oluşturmaktadır. Bu titreşimlerin oluşmasının nedeni ise; vorteks frekansının doğal frekansa yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Şu durumlarda bu vorteks titreşimleri ihmal edilebilir.

$$h/d_{\min} < 6$$

$$V_{cr} > 1.25 V_m (H) \quad (4.37)$$

h : Bina yüksekliğini

$d_{\min}$: Rüzgâra dik doğrultudaki en kısa genişlik

$V_m (H)$: Yapının en üst kısmında ki rüzgâr hızı (m/s)

V_{cr} : Kritik rüzgâr hızı (m/s)

$$V_{cr} = \frac{b f_{oy}}{S_t} \quad (4.38)$$

Burada;

b: Yapının rüzgâra maruz kalan kısmının genişliği (m),

f_{oy} : Yapının rüzgâra dik yöndeki doğal frekansını (Hz),

S_t : Strouhal sayısı'nı göstermektedir. Dairesel yapılar için 0.18'dir. Enkesiti keskin köşeli dikdörtgen yapılar için Strouhal sayısı kesitin derinlik/genişlik (d/b) aşağıda ifade edilmiştir. Derinlik/Genişlik oranının ara değerlerini bulmak için ise lineer interpolasyon yöntemine başvurulur.

Tablo 4.4: Strouhal sayısı'nın kesitin derinlik/genişlik (d/b) oranına göre değişimi [11]

d/b	1	2	3	3.5	5	10
S_t	0.12	0.06	0.06	0.15	0.11	0.09

Vorteks titreşimleri varsa yapıda, bu titreşimleri gidermenin yolları aranmalıdır. Bu titreşimlerin giderilmesi veya azaltılması için yapıda bazı değişikliklere gidilmesi gerekebilir. Bunun için önleyici elemanlar ya da sönümleyici elemanlar monte edilmelidir. [11]

4.14. Rüzgâr Kuyruğu Etkileri

Yüksekliğinin genişliğine oranı 4 veya daha büyük ve başka bir yüksek binanın arkasında yer alan yüksek binalar, öndeki binanın rüzgâr akışında yaptığı etkiler nedeniyle ilave türbülans etkilerine maruz kalırlar. Bu etki “Rüzgâr Kuyruğu Etkileri” olarak adlandırılır. Rüzgâr kuyruğu etkileri aşağıdaki iki koşuldan birinin sağlandığı durumlarda ihmal edilebilir.

(a) İki bina arasındaki uzaklığın, öndeki binanın rüzgâra dik doğrultudaki genişliğinin 25 katından daha fazla olması durumu,

(b) Binanın (arkadaki bina) doğal frekansının 1.0 Hz'den daha büyük olması durumu.

Aksi takdirde rüzgâr kuyruğu etkileri göz önüne alınmalıdır. Çözüm için rüzgâr tüneli deneyleri veya uzman tavsiyesi gerekebilir. [11]

4.15. Rüzgâr Tüneli Deneyleri

Mimarisi, yapısal özellikleri veya konumu nedeniyle (örneğin geometrisi, yüksekliği, kesiti, kullanılan malzeme, bulunduğu mevki veya çevresindeki yapılar gibi) standard olmayan yüksek yapıların rüzgâr davranışının ortaya çıkarılabilmesi için genelde rüzgâr tüneli deneyleri gerekir. Bunlar arasında aşağıdaki bina tiplerini sayabiliriz.

(a) Çok yüksek ve düzgün olmayan en kesitlere sahip binalar.

(b) Çok esnek binalar (örn. tabii frekansı 1,0 Hz ün altında olan binalar).

(c) Vorteks titreşimlerine, kuyruk çarpmalarına ve benzer aerodinamik stabilite problemlerine maruz olabilecek binalar.

(d) İçinde yaşayanları rahatsız edecek ölçüde titreşim yapması beklenen binalar.

(e) Yapısal sisteme ve elemanlarına gelen rüzgâr yüklerinin çok daha hassas olarak hesaplanmasını gerektiren binalar.

Rüzgâr tüneli deneylerinde aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

(a) Rüzgâr tüneli, binanın bulunduğu bölgedeki atmosferik sınır tabakasını, yani rüzgâr hızının yükseklikle değişimini modelleyebilmelidir.

(b) Türbülansın makro ve mikro ölçekteki uzunlukları tüneldeki modelde de sağlanmalıdır.

(c) Bina, etrafındaki yapılar ve bölgenin topoğrafyası geometrik olarak gerçektekine benzer şekilde modellenmelidir.

(d) Model binanın ve etrafındaki yapıların rüzgâr doğrultusundaki projeksiyonunun alanı toplam tünel alanının %8 inden fazla olmamalıdır.

(e) Rüzgâr basıncının tünel boyunca değişimi göz önüne alınmalıdır.

(f) Reynolds sayısının rüzgâr basınç ve yüklerindeki etkisi en aza indirilmelidir.

(g) Deneyde kullanılan ölçme sensörleri ölçülen değerlerin gerektirdiği özelliklere ve hassasiyete sahip olmalıdır.

(h) Rüzgâr yüklerinin yanı sıra binanın dinamik davranışı da ölçülecekse, dinamik davranışı kontrol eden parametreler (kütle, rijidlik, sönüm gibi) modelde gerçekçi şekilde temsil edilmelidir.

Rüzgâr tüneli deneyleri anlatılan tüm hesaplama yöntemlerinin alternatifi olarak kullanılabilir. [11]

BÖLÜM 5

ISI TRANSFERİ

5.1. Isı Transferinin Tanımı

İki sistem arasında ya da bir sistemle bulunduğu ortam ile arasında sıcaklık farkı olduğu zaman burada enerji transferi gerçekleşir. Bu transfer yalnız sıcaklık farkından dolayı oluşuyorsa buna “ısı enerjisi” denilmektedir. Isı transferi, termodinamiğin kanunlarında da belirtildiği gibi her zaman sıcak sistemden daha soğuk sisteme doğru olmaktadır.

Yapılarda, ısı yalıtımlı doğramalar kullanılmaya özen gösterilir. Böylelikle ısı transferi büyük ölçüde engellenmiş olur. EPDM fitilleri de alüminyumun direk olarak hava ile olan temasını engellemek amacıyla kullanılmaktadır.

Isı transferinin hesaplanmasında ısı taşınım katsayısı hesaplanır;

$$u = \frac{Q}{A\Delta T} \text{ W/m}^2\text{K} \quad (5.1)$$

Q = Birim zamanda geçen ısı miktarı [W]

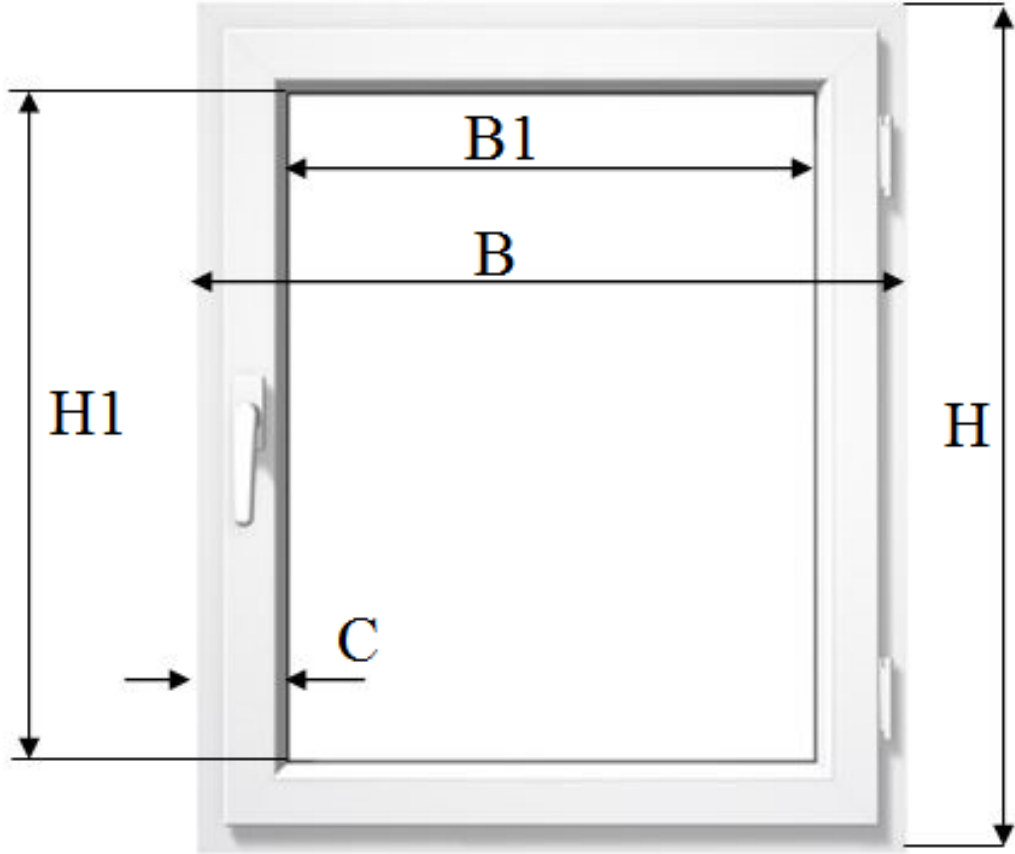
u = Isı taşınım katsayısı

A = Yüzey alanı [m²]

ΔT = Isı geçiş yönündeki sıcaklık farkı [K]

Hava boşluğunun ısı direnci, ısı kaybı hesaplamalarında dikkate alınmalıdır. Boşlukta ısı bir ortamdan diğer ortama iletim (kondüksiyon), taşınım (konveksiyon) ve

ışınım (radyasyon) yoluyla geçmektedir. Boşluğun genişliği 20mm'den az ise, hava durgun kabul edilir ve yalıtım görevi yapar. Eğer boşluğun genişliği 20mm'den fazla ise havanın ısıl direnci yaklaşık olarak $0.18 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ $\{0.20 \text{ m}^2\text{h C}/\text{Kcal}\}$ kabul edilir.



Şekil 5.1 : Tek açılım örnek bir pencerenin, anma ölçüleri

Pencerelerde U_w değeri hesaplanırken 1.23 m x 1.48 m standart ölçüleri girilerek hesaplama yapılmalıdır.

$U_f - U_g - U_\psi$ Değerleri gereklidir. Standartları ise DIN EN ISO 10077-1 dir. Hesaplama yapabilmek için komple cam girilmesi gerekmektedir.

5.2. Pencereelerde U_w Değerinin Hesaplanması

Pencereelerde gerekli U_w değerinin hesabı şu şekilde yapılmaktadır.

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (5.2)$$

A_w = Pencerenin alanı (m^2)

A_f = Kasanın alanı (m^2)

I_g = Cam çitasının uzunluğu (m)

ψ_g = Cam çitasının katsayısı

$$A_w = A_f + A_g$$

Tablo 5.1: DIN EN ISO 10077-1 göre U_w ısı transfer katsayısı tablosu

Çerçeve U_f Değeri		U_f - W/m^2K
	< 0,90	0,80
> 0,90	< 1,1	1,00
> 1,1	< 1,3	1,20
> 1,3	< 1,6	1,40
> 1,6	< 2,0	1,80
> 2,0	< 2,4	2,20
> 2,4	< 2,8	2,60
> 2,8	< 3,2	3,00
> 3,2	< 3,6	3,40
> 3,6	< 4,0	3,80
	> 1,1	7,00

Tablo 5.2: Standart DIN 673'e göre tablodan U_w pencere değeri hesaplanır.

Cam Türü	U_g	$U_g W/m^2K$								
		1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	7,0
Tek Cam	5,7	4,3	4,4	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	6,1
Çift Cam	3,3	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	4,4
	3,1	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,3	3,5	4,3
	2,9	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	4,1
	2,7	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1	3,2	4,0
	2,5	2,1	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,0	3,1	3,9
	2,3	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	2,9	3,8
	2,1	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7	2,8	3,6
	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,7	3,5
	1,7	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9
Üçlü Cam	2,3	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,7
	2,1	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,6
	1,9	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	3,4
	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	3,3
	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	3,2
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,1
	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,9
	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,8
	0,7	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	2,6
	0,5	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,5

B = 1230 mm - Kasa iç ölçüsü

B1 = 1008 mm - Kasa dış ölçüsü

$H_1 = 1258 \text{ mm}$ - Kasa iç ölçüsü

$H = 1480 \text{ mm}$ - Kasa dış ölçüsü

$C = 111 \text{ mm}$ - Kasa kalınlığı

$$U_f = 3,4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\psi_g = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$I_g = 6056 \text{ mm}$$

$U_w =$ Isı iletim katsayısı

$A_f =$ Alüminyum kasa ve kanat alanı

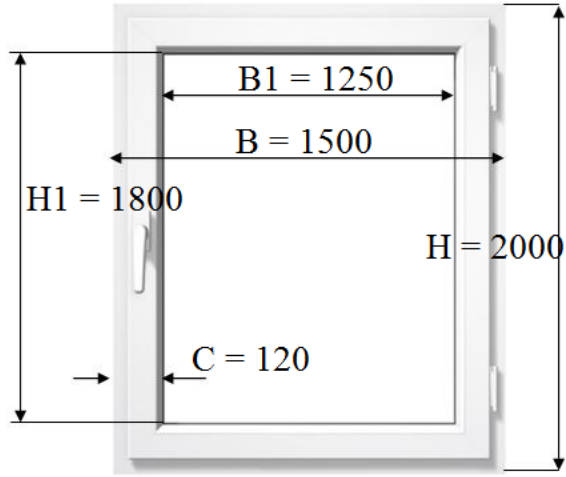
$I_g =$ Cam çitasının toplam uzunluğu

$\psi_g =$ Cam çitasının doğrusal iletim katsayısı

$A_w =$ Toplam alan

$A_g =$ Cam alanı

Burada en büyük değer cama aittir. Alüminyum profilin sistemde olan etkisi %20 civarındadır.



Şekil 5.2: Hesabı yapılacak tek açılım bir pencere detayı

$$A_f = (2 \cdot B \cdot C) + (2 \cdot H \cdot C)$$

$$A_f = (2 \cdot 1,500 \cdot 0,120) + (2 \cdot 2,000 \cdot 0,120)$$

$$A_f = 0,84 \text{ m}^2$$

$$A_g = B1 \cdot H1 = 1,250 \cdot 1,800 = 2,25 \text{ m}^2$$

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (5.3)$$

$$U_w = \frac{2,25 \cdot 1,1 + 0,84 \cdot 3,4 + 6,056 \cdot 0,11}{0,84 + 2,25}$$

$$U_w = \frac{2,475 + 2,856 + 0,666}{3,09} = \frac{5,997}{3,09} = 1,940 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (5.4)$$

$$U_w = \frac{1,26 \cdot 1,1 + 0,84 \cdot 3,4 + 6,056 \cdot 0,11}{0,84 + 2,25} = \frac{1,386 + 2,856 + 0,666}{3,09} = \frac{4,908}{3,09} = 1,5883$$

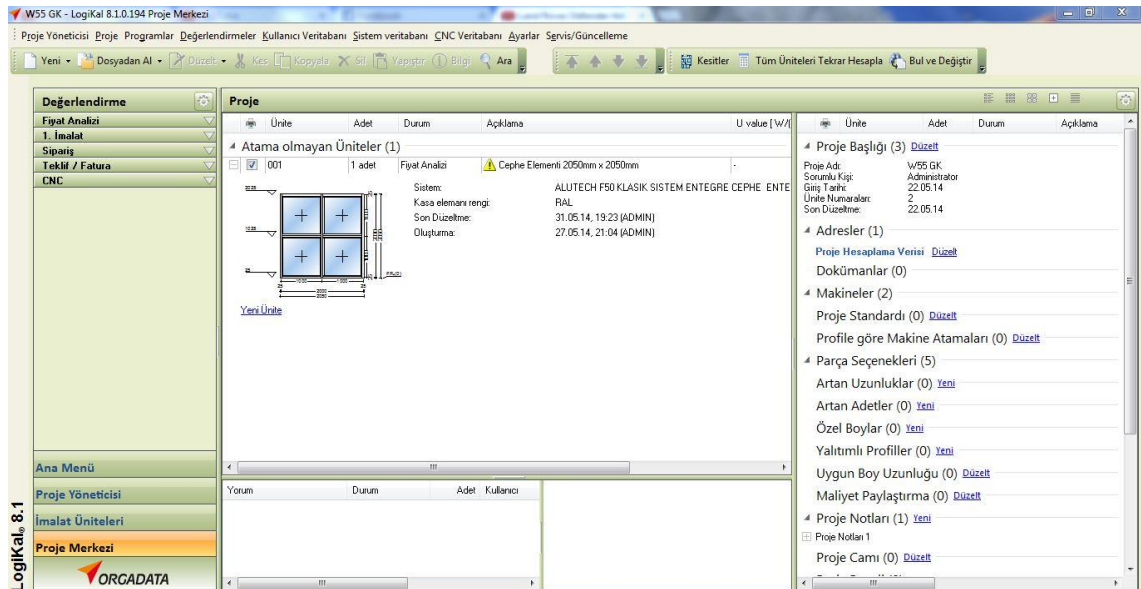
$$U_w = 1,5883 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

5.3. Bilgisayar Yazılımları Yardımıyla Termal ve Statik Analiz

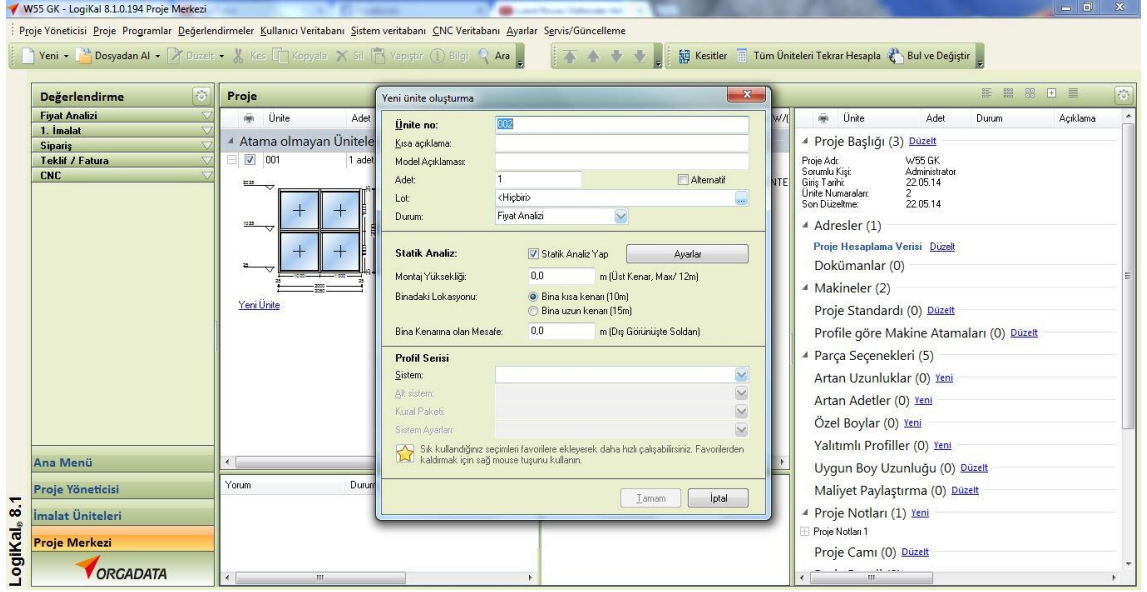
Bina dış cephe giydirmelerinde kullanılacak sistemler tasarlanırken, bilgisayar yazılımlarından faydalanılmaktadır. Bu sayede hem maliyet açısından bir analiz yapılp tasarlanan sistemlerin maliyeti önceden öğrenilir ve maliyetinde tasarruf önlemleri alınır hem de statik ve termal açıdan analizler yapılabilir. Sektörde küçük ölçekli işler için bilgisayar yazılımı çok fazla önemli olmasa da büyük ölçekli işler için bu yazılımlar çok önemlidir.

Bu çalışmada Orgadata firmasının Logikal programı, Autodesk firmasının Autocad programı ve Infomind firmasının Flixo programı kullanılmıştır. Autocad dışında diğer CAD çizim programları ile de sistem tasarımları, Logikal ve Flixo dışında da bu analizleri yapacak yazılımlar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada, sektörde çok fazla kullanılan çizim programı olan Autocad, Logikal ve Flixo ile çalışılmıştır.

İlk önce Logikal programı açılır, daha sonra uygulanacak olan projenin adı programa yazılır.

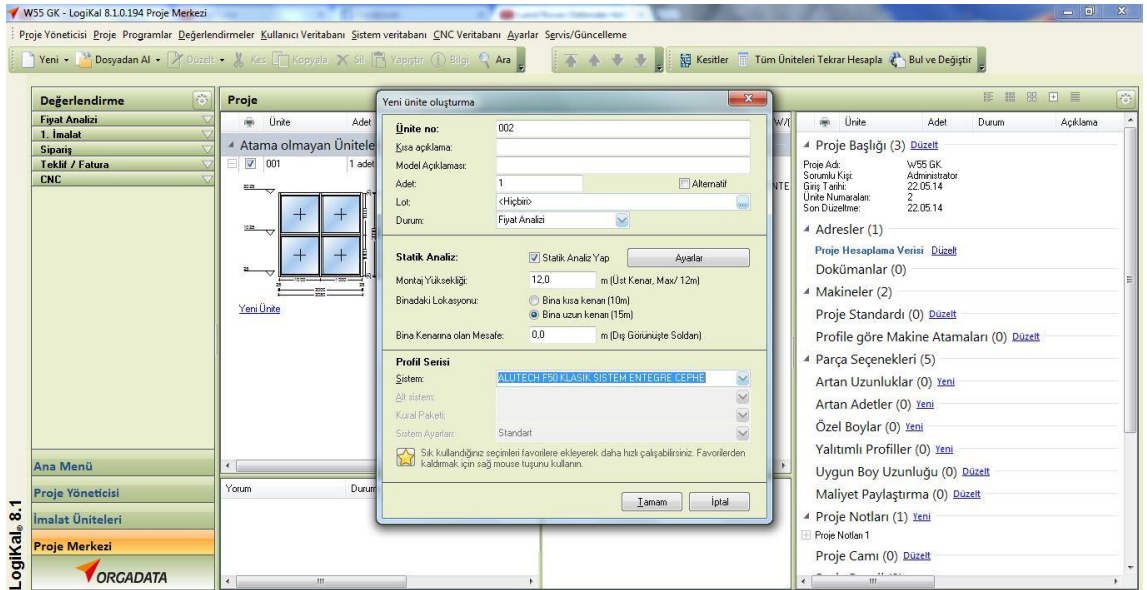


Şekil 5.3: LogiKal yazılımının açılış ekranı

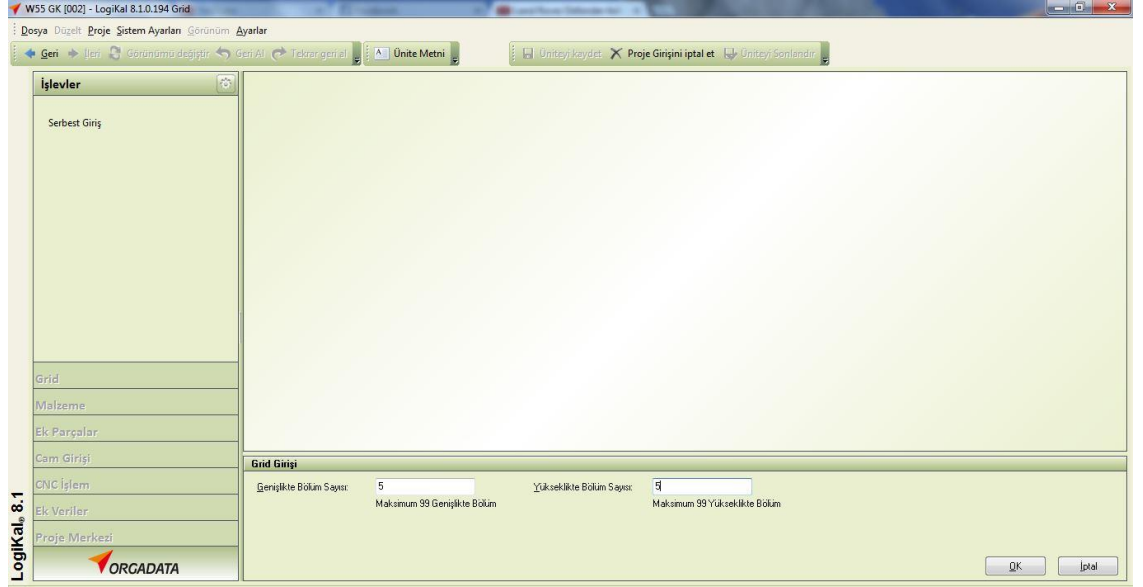


Şekil 5.4: LogiKal yazılımında yeni projenin oluşturulması

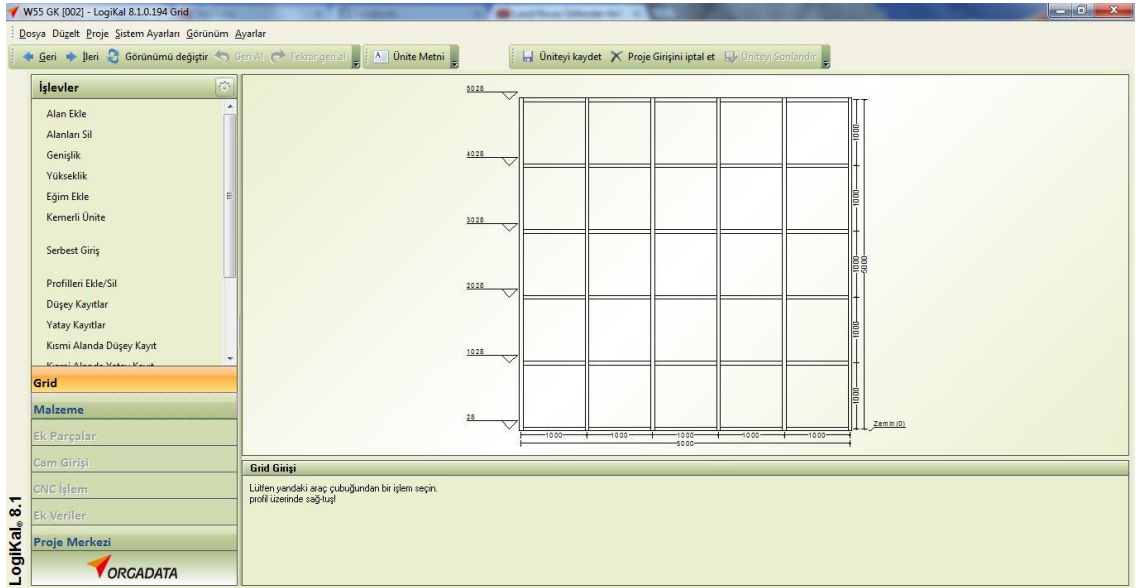
İlk önce “Statik Analiz Yap” kutucuğu işaretlenir. Daha sonra giydirme cephe için uygulanacak sistemin, montaj yüksekliği ve binanın diğer bilgileri girilir. Profil serisi kısmından, hangi üretici firmanın sistemi kullanılacak ise o sistem seçilir. Grid girişi ile sistemin genişlikte ve yükseklikteki sayısı girilir. Bu girilen bilgiler doğrultusunda sistemin tasarımı, yazılım tarafından yapılmış olur.



Şekil 5.5: LogiKal yazılımına analizi yapılacak sistem bilgileri girilmesi.



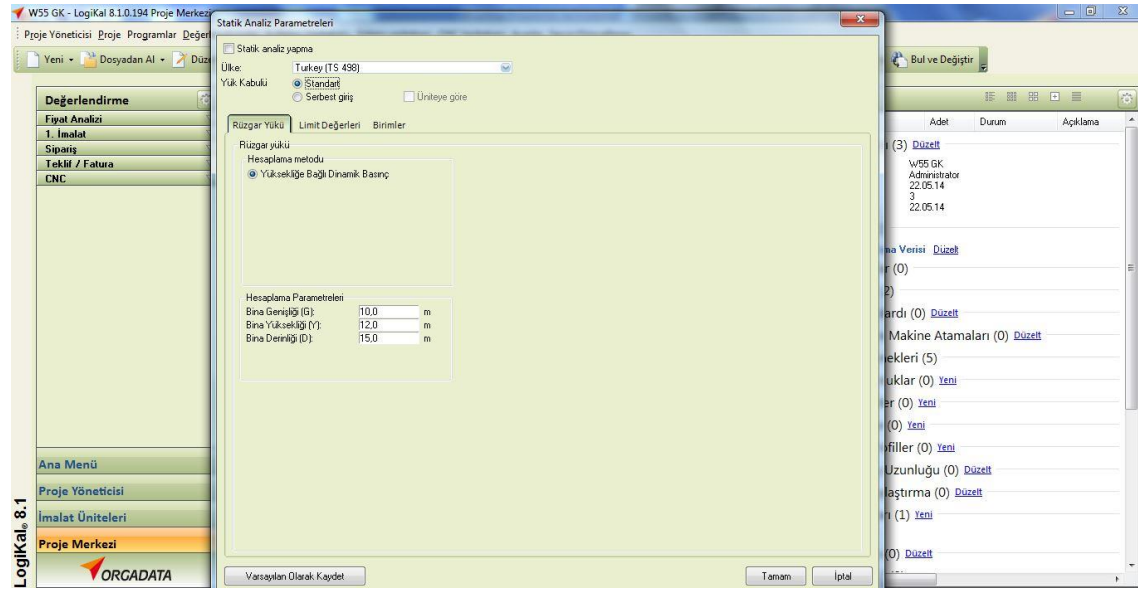
Şekil 5.6: LogiKal yazılımı ile sistem oluşturma ekranı



Şekil 5.7: LogiKal yazılımı ile tasarlanan örnek sistem

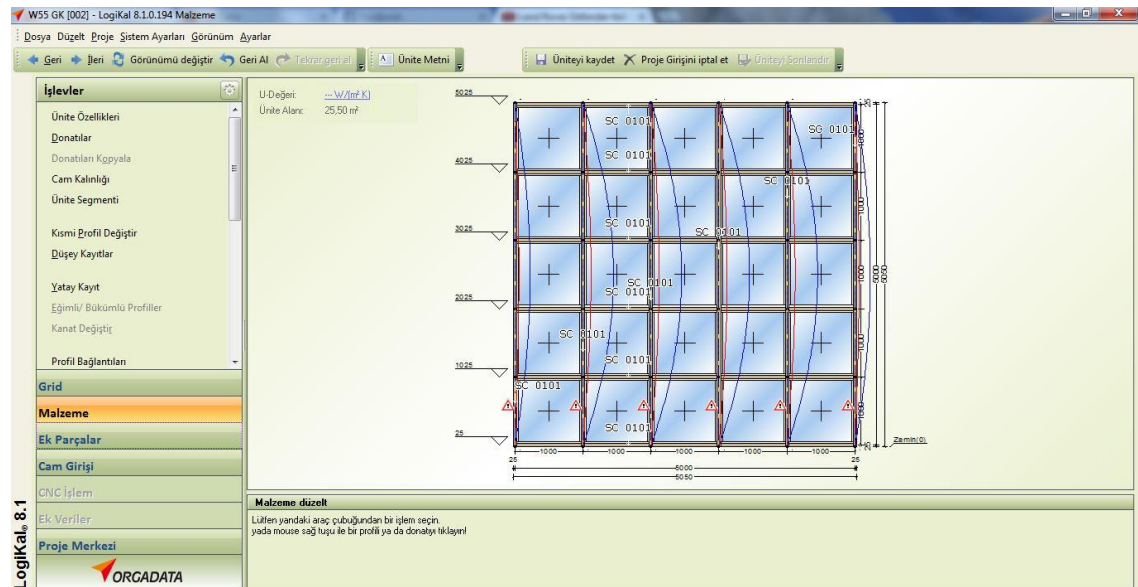
Uygulanacak giydirme cephe sistemi, hangi ülkede yer alıyor ise, bu sistemin maruz kaldığı yükler programda seçilerek girilir. Türkiye için TS-498 standardı geçerlidir. Bazı ülkelerin coğrafyası gereği o ülkede birkaç farklı bölge bulunabilir. Bu

yüzden o ülkenin standardı iyice okunmalı ve doğru bölge ve doğru rüzgâr yükü girilmelidir.



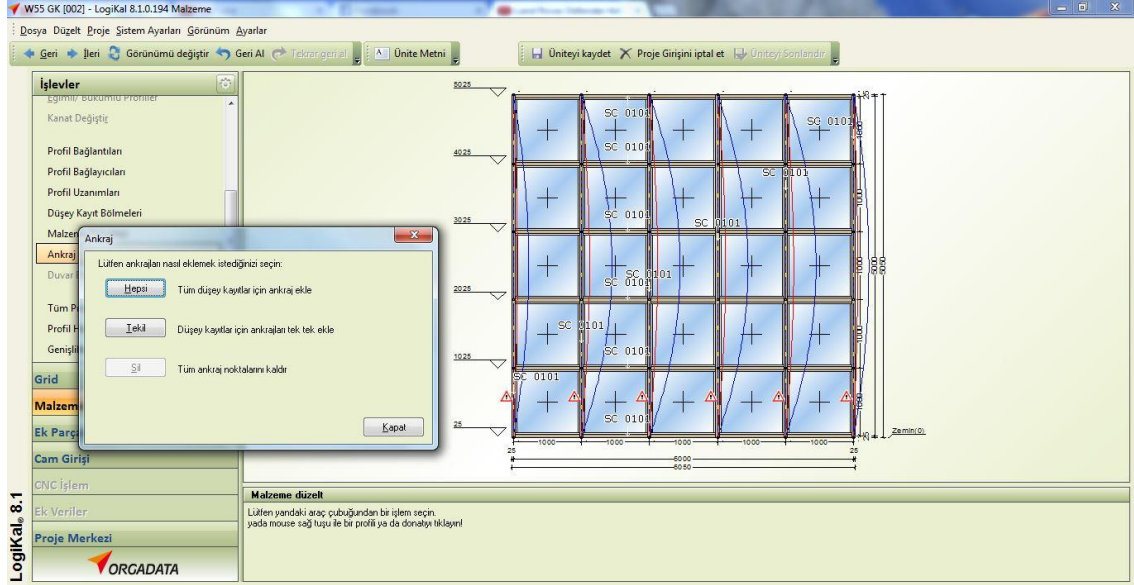
Şekil 5.8: Tasarlanan örnek sistem için ülke seçimi

Sistemin maruz kaldığı yükler, bilgisayar tarafından simülasyon edilir. Mavi renkli eğriler sisteme gireceğimiz ankrajlar ile değişecektir. Bu ankrajlar zemin, birinci kat, ikinci kat, ve diğer katlarda olacaktır.



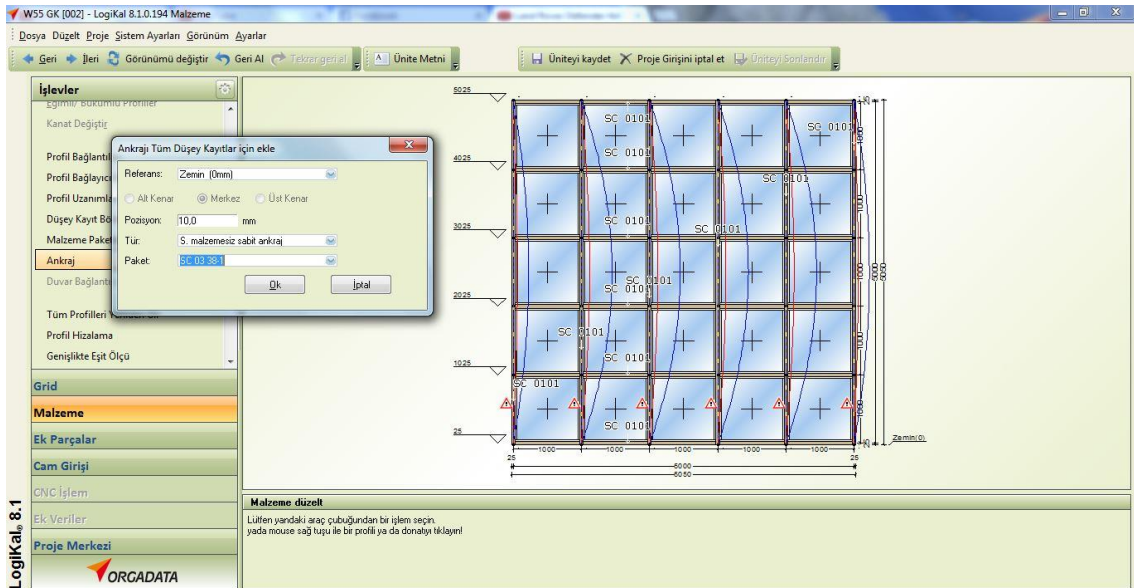
Şekil 5.9: Sistemin yük altındaki davranışı

Bu eğriler bize sistemin zorlanmaları hakkında bilgiler vermektedir. Bu durumda sistemin belli noktalarına ankraj eklememiz gerekmektedir. Bunu da yine bilgisayar yardımı ile belirliyoruz.

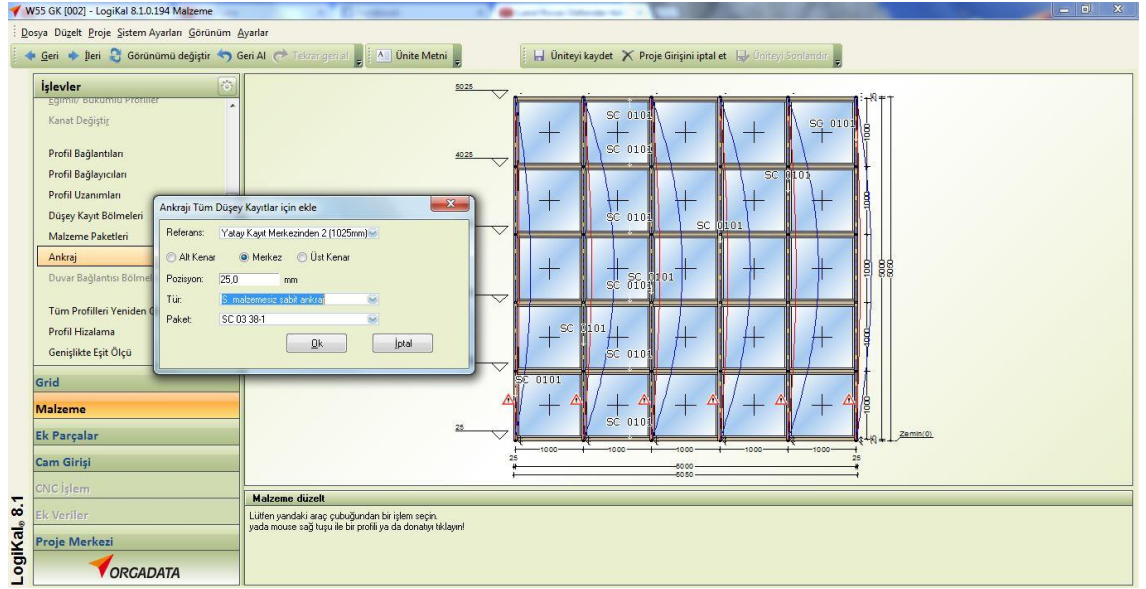


Şekil 5.10: Sisteme ankrajların eklenmesi

Sisteme monte edeceğimiz ankrajlar için ankraj bilgilerini girmemiz gerekmektedir. Ankraj bilgilerini girerken ankrajlar arası mesafe, ankraj türü, ankraj malzemesinin cinsi önemlidir.

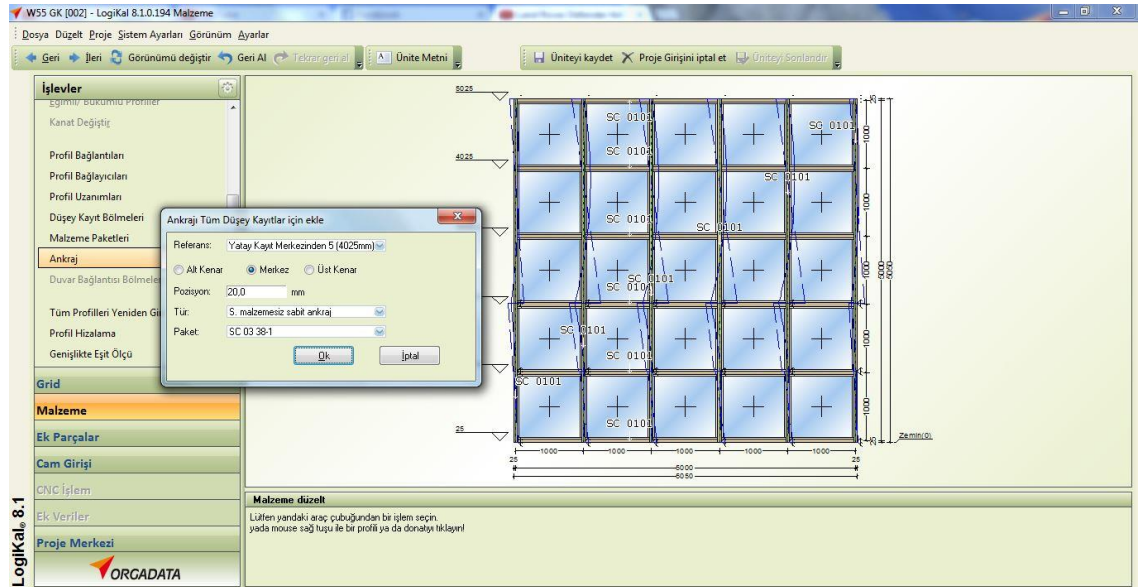


Şekil 5.11: Sisteme ankrajların eklenmesi

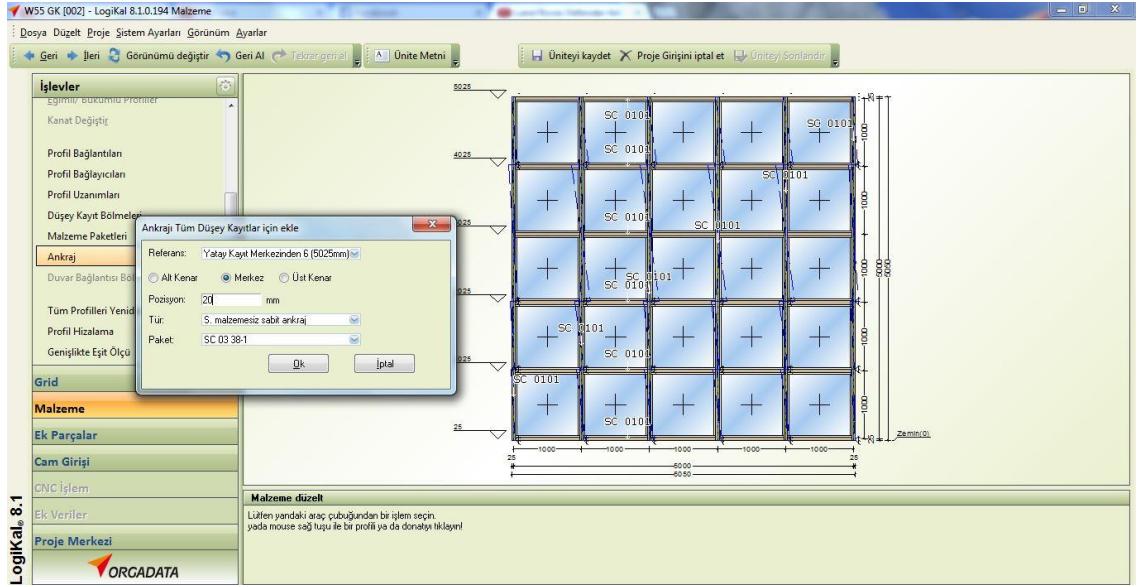


Şekil 5.12: Sisteme ankrajların eklenmesi

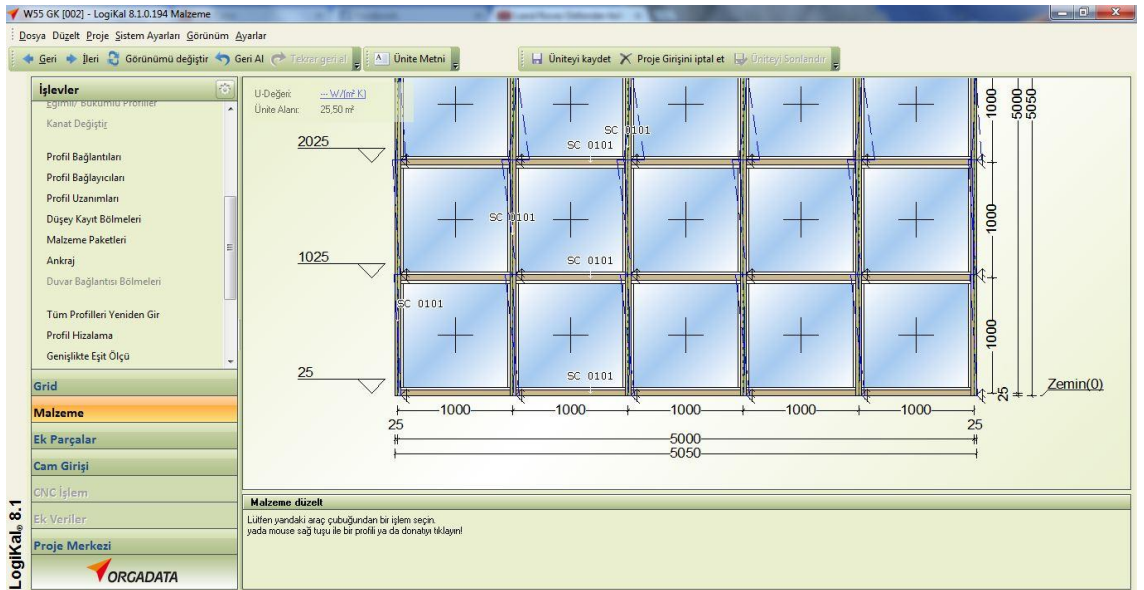
Sisteme ankrajlar eklenirken bir yandan da sistem kontrol edilir. Mavi renkli sehim eğrileri ankrajlar eklendikçe değiştiği görülmektedir.



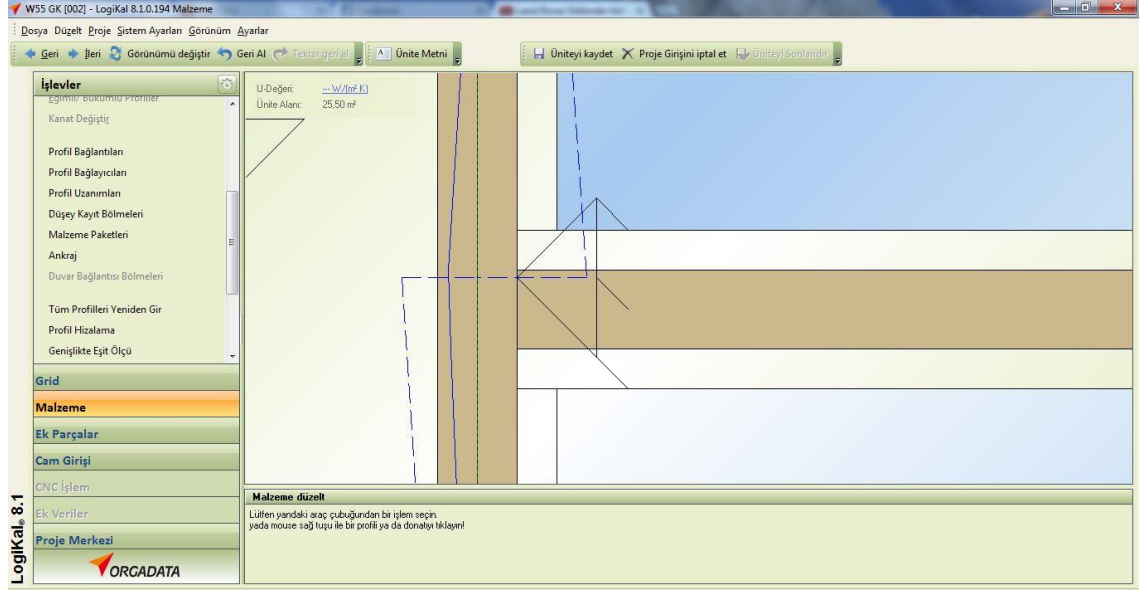
Şekil 5.13: Sisteme ankrajların eklenmesi



Şekil 5.14: Sisteme ankrajların eklenmesi

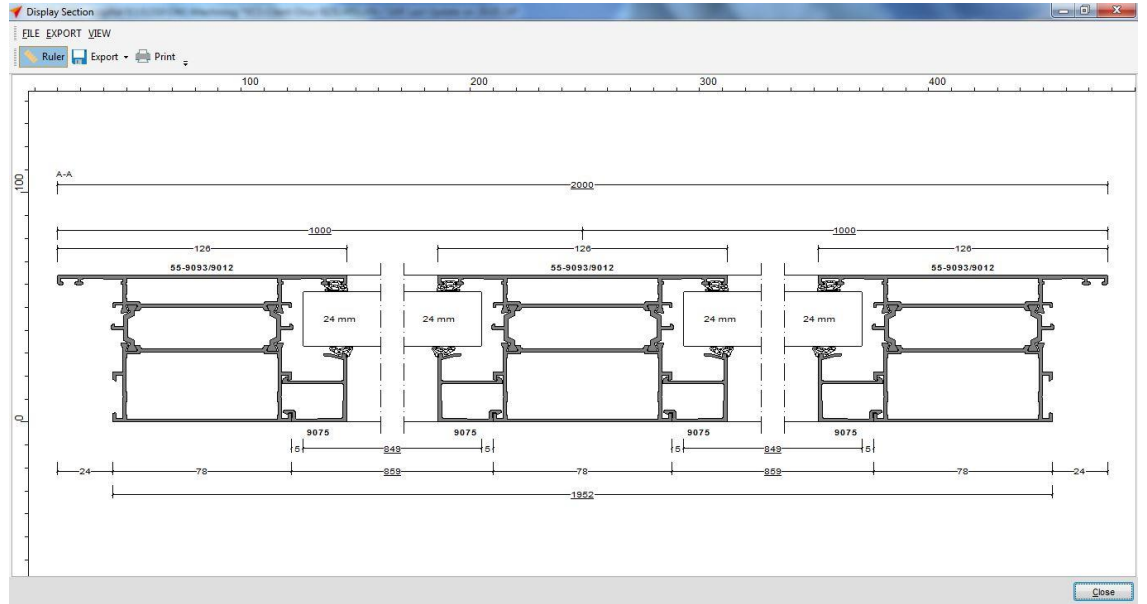


Şekil 5.15: Sisteme ankrajların eklenmesi



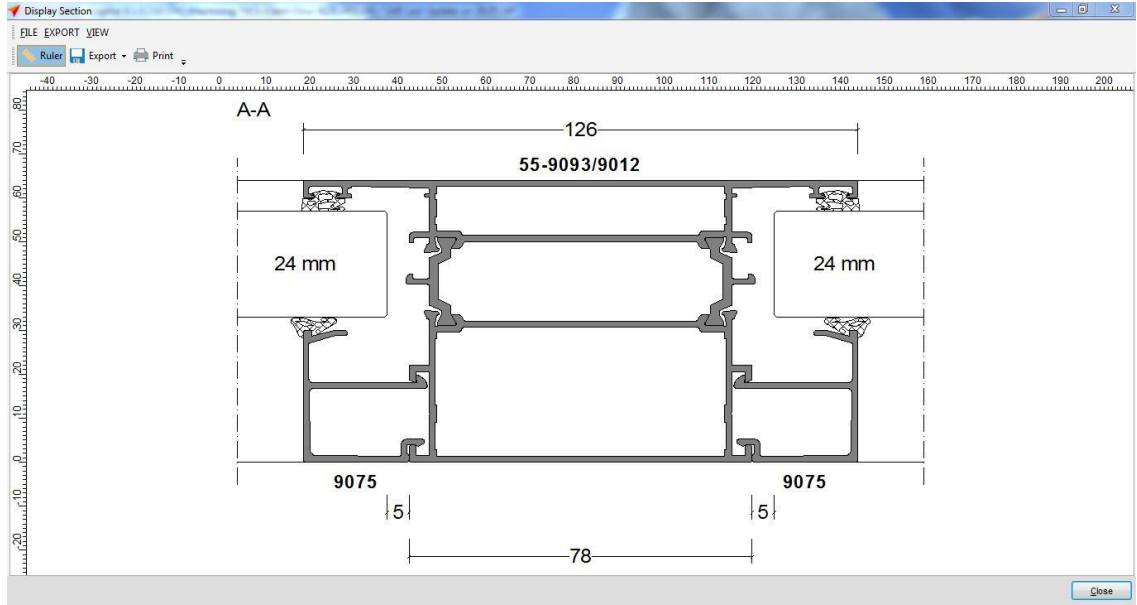
Şekil 5.16: Sisteme eklenen ankrajların kesit görünümü

Bu tasarladığımız sistemden bir kesit aldığımızda, yazılım bize şu şekilde bir çıktı verecektir.



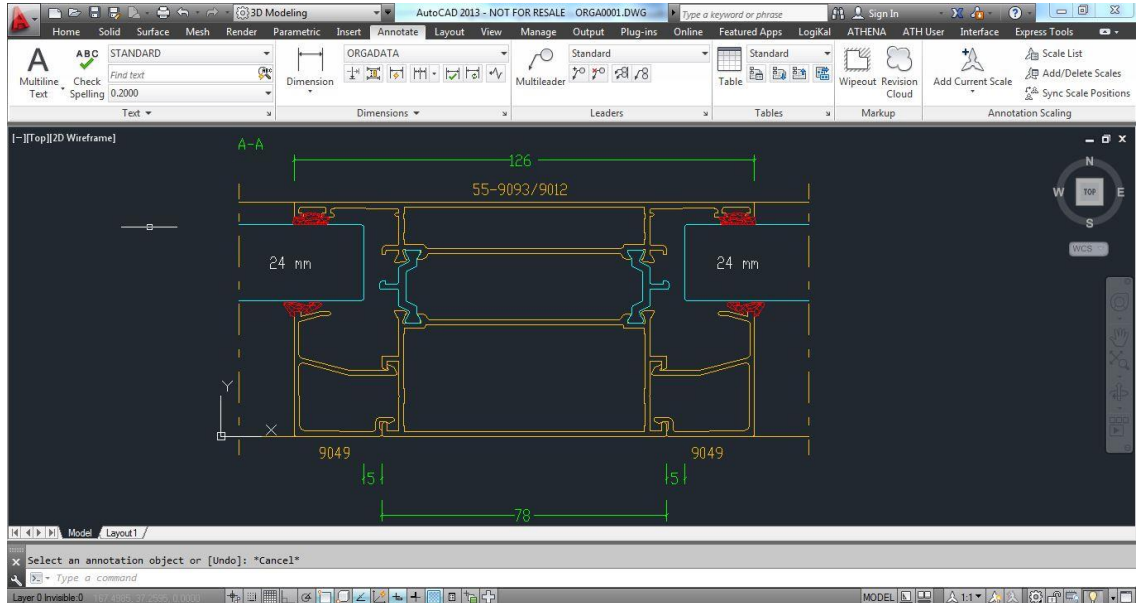
Şekil 5.17: Uygulanan sistemin kesit görünüşü

Gerekli görülürse eğer, tasarlanan profilin kesidinin ölçüsü kontrol edilir.

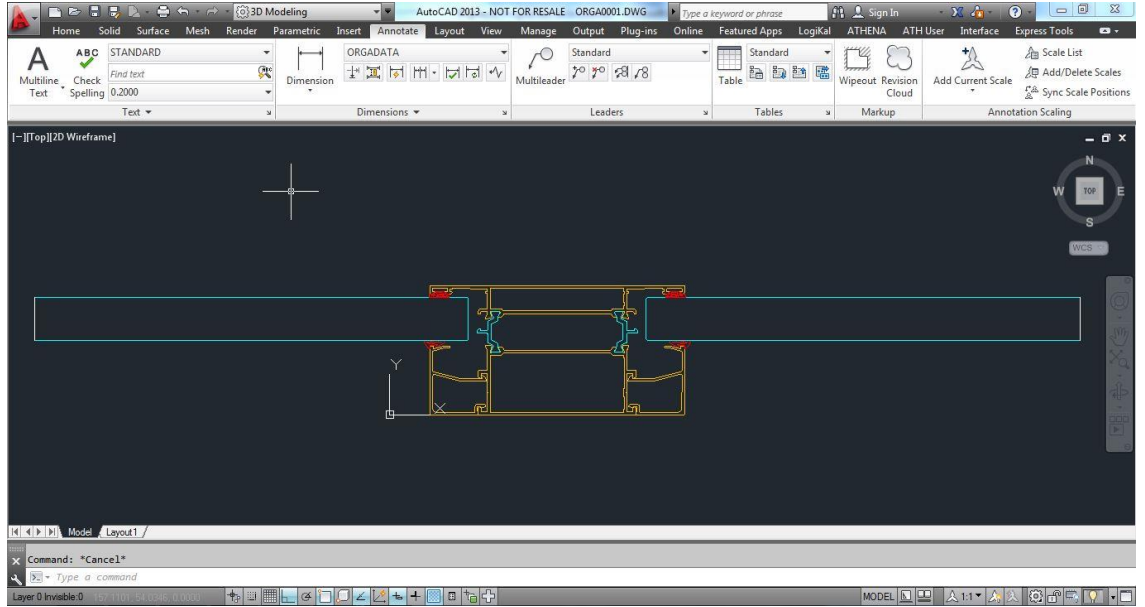


Şekil 5.18: Sistemde kullanılan profilin kesit görünüşü

Sistem detayını bir cad programı yardımı ile açılır. Gereksiz yerler, çizgileri ve detaylar silinerek çizim temizlenir ve. dxf formatında kayıt edilir.

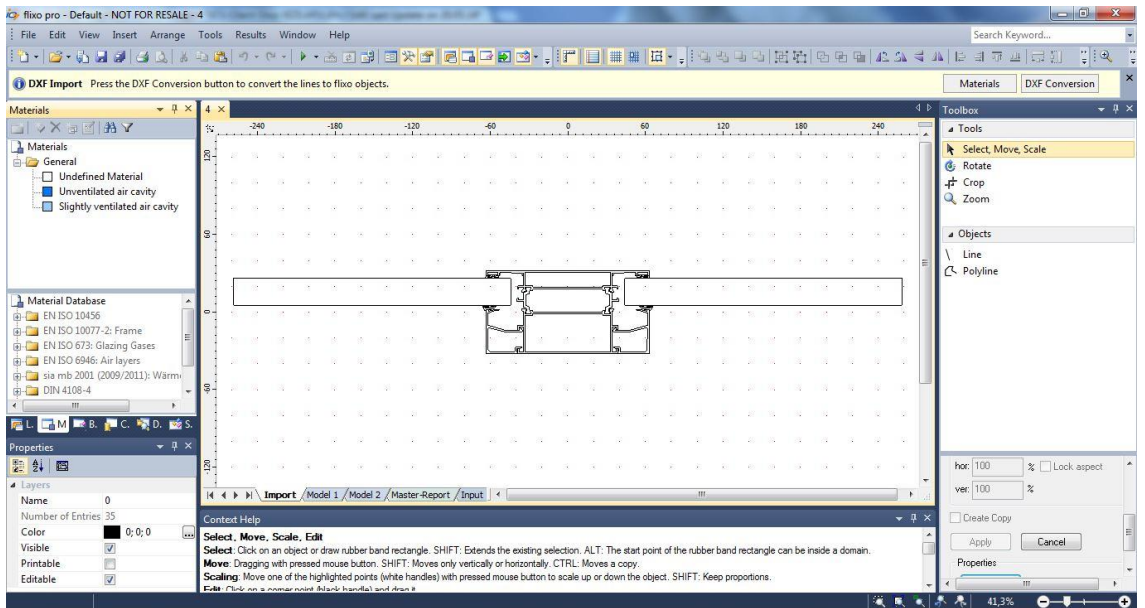


Şekil 5.19: Sistemde kullanılan profilin CAD ortamında incelenmesi



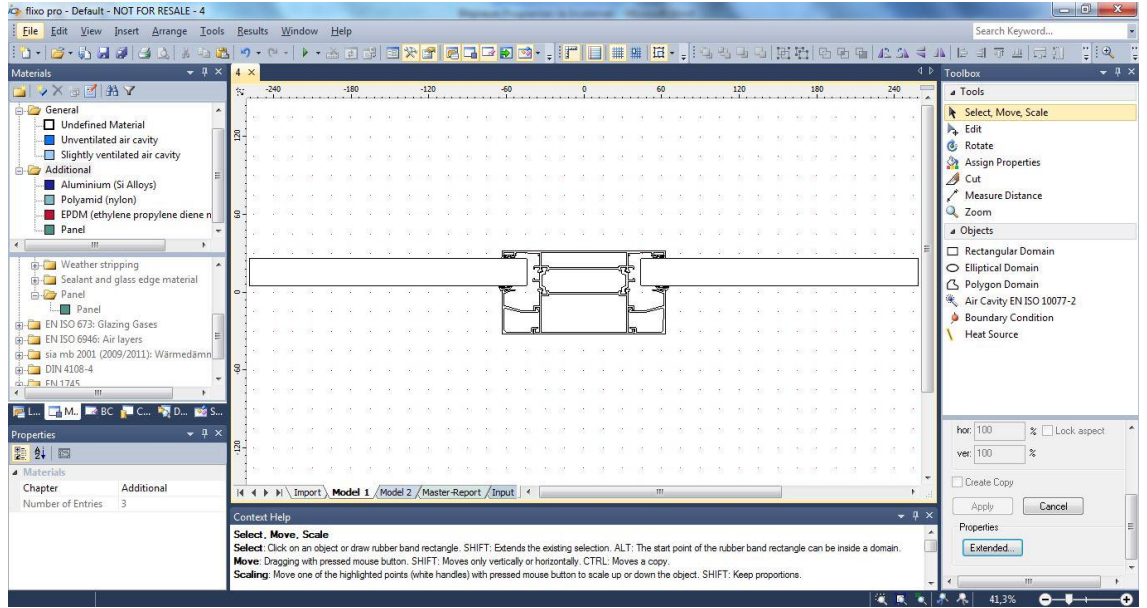
Şekil 5.20: Sistemde kullanılan profilin çiziminin. dxf formatında kayıt işleminin yapılması

Flixo analiz programında, .dxf formatında ki çizim import edilerek açılır. Çizim de herhangi bir hata var ise giderilir ve DXF Conversion edilerek programın anlayacağı hale çevrilir.

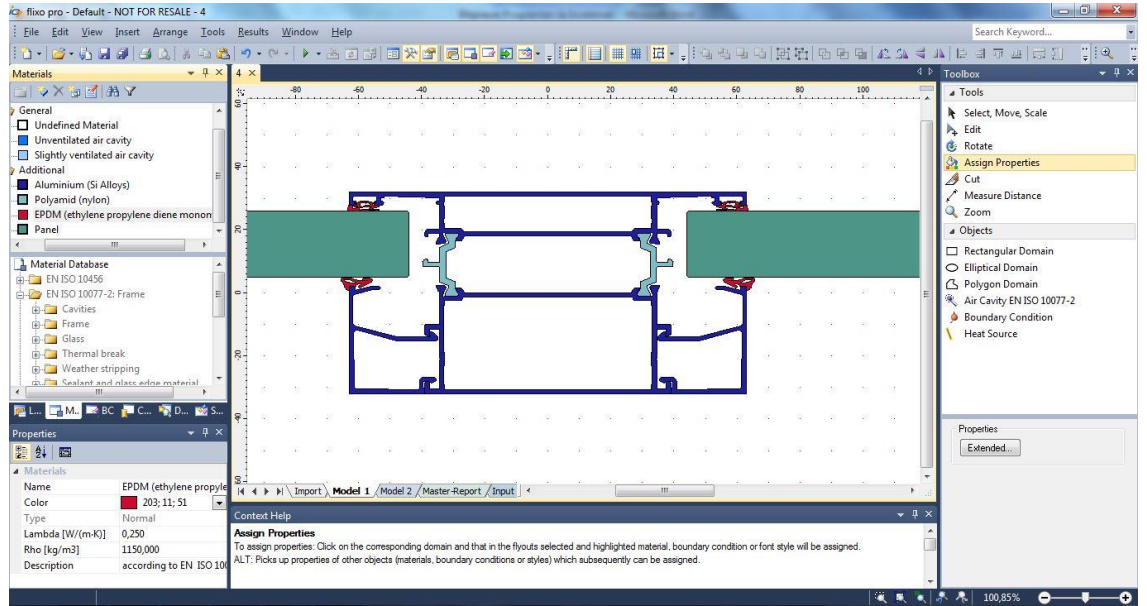


Şekil 5.21: Flixo programına giriş

EN ISO 10077-2 standardına göre çizimde bulunan malzemeler belirlenir.

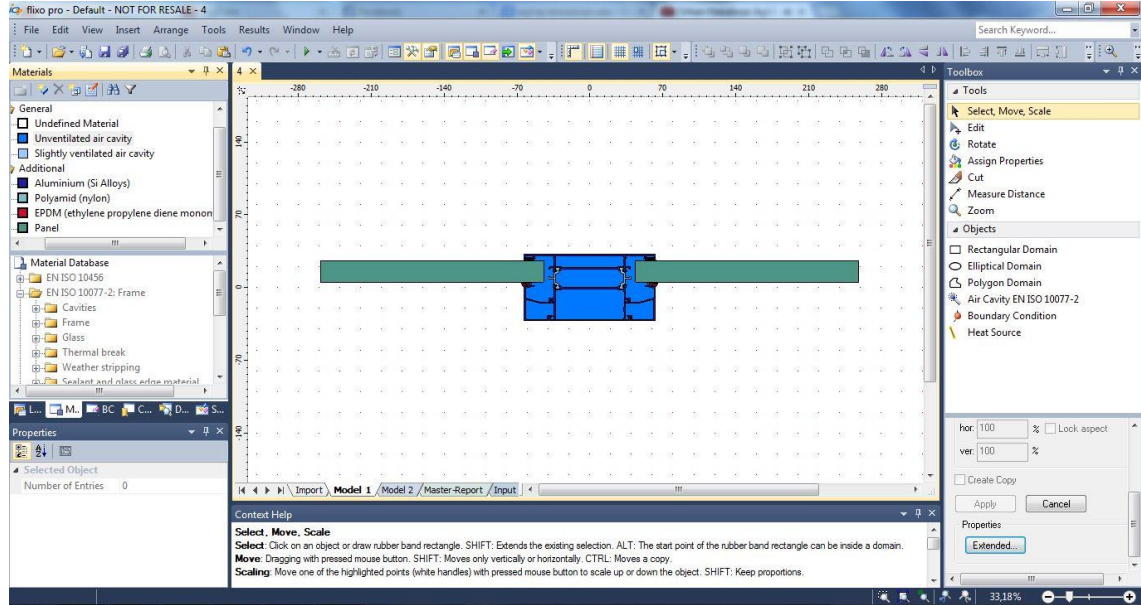


Şekil 5.22: Flixo programında malzeme tanımlama



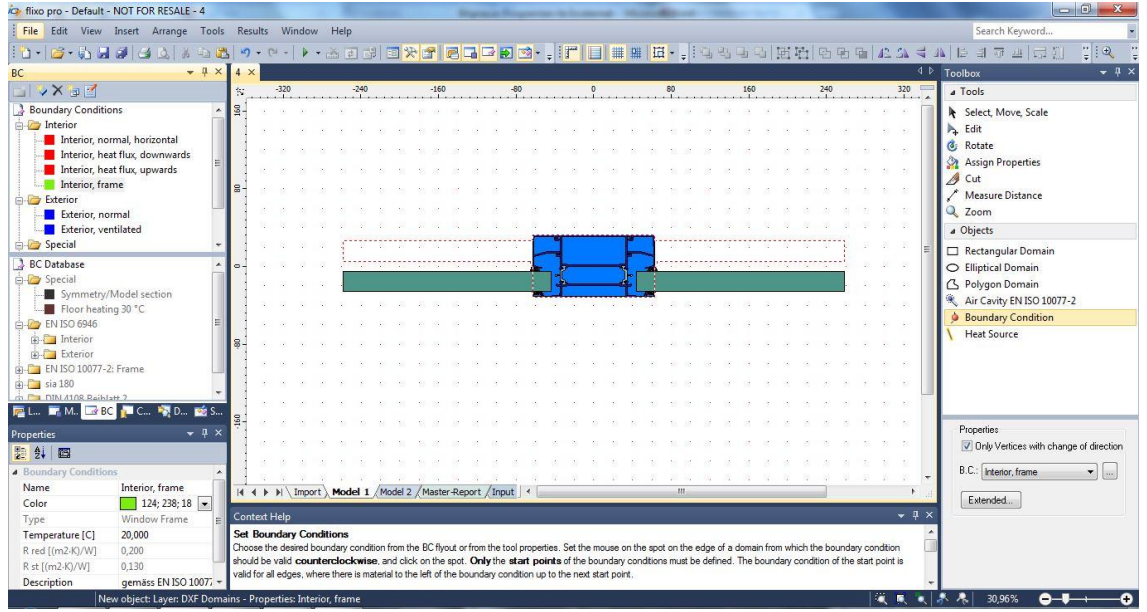
Şekil 5.23: Flixo programında malzeme tanımlama

Programda çizimler, ilgili malzemeler tanımlanır ve yerleri belirlenir. Malzemeler belirlendikten sonra hangi bölgelerde hava geçişi var ise, ya da hangi bölgelerde hava geçişi olmuyorsa o bölgeler belirlenir.

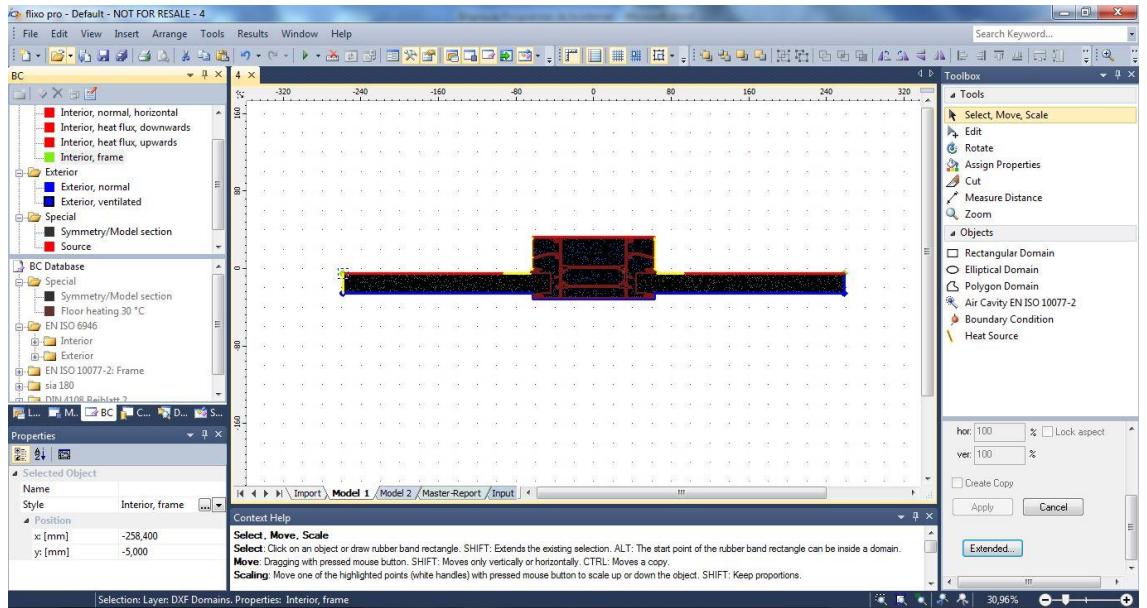


Şekil 5.24: Flixo programında malzeme tanımlama

Hangi bölgeler dışarıda, hangi bölgeler içeride kalacaksa o bölgeler belirlenir. Ve sınır şartlar verilir. Bu örnekte dış sıcaklık 0°C iç sıcaklık ise 20°C olarak belirlenmiştir. Dış sıcaklık Exterior – iç sıcaklık ise Interior olarak belirtilir. Ve Boundary Condition ile bölgeler belirlenir.



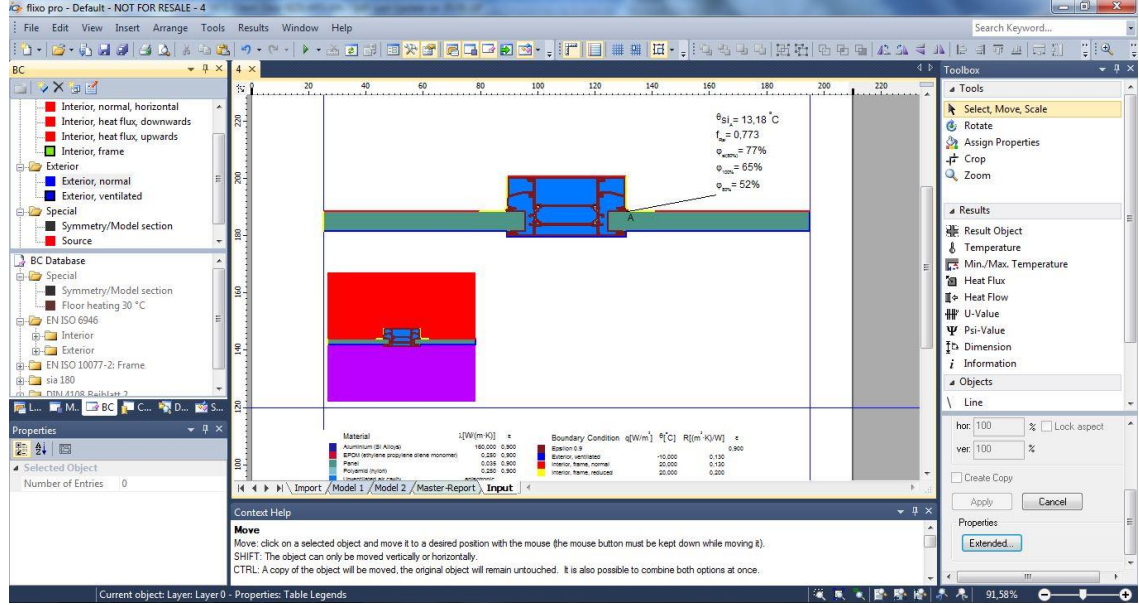
Şekil 5.25: Flixo programında sıcak ve soğuk bölgeleri tanımlama



Şekil 5.26: Sisteme mesh ataması ve sistemin çözülmesi

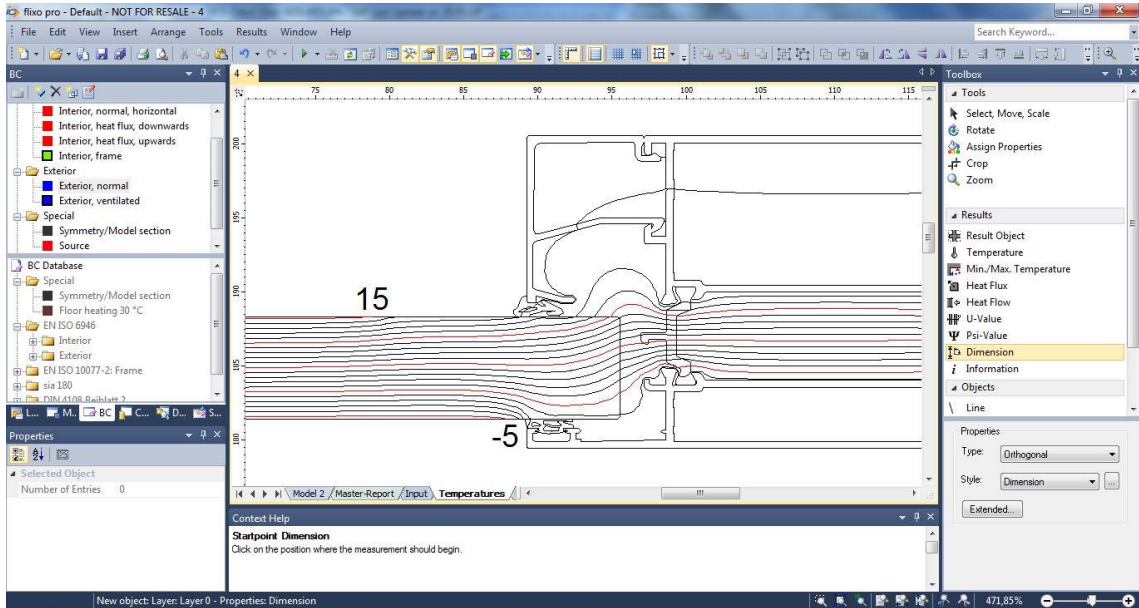
Sistem çözümlendikten sonra sağ menüde bulunan kısımdan $U_f - U_{tj}$ ve diğer değerler belirlenir. Bunun dışında sistemde küflenme olup olmadığı da buradan görülebilir. Eğer $\phi_{si}(\%50)$ değeri $\%80$ ve üzerine çıkarsa bu sistemde küflenmenin

başlayacağı anlamına gelmektedir. Bizim yapmış olduğumuz tasarımda bu değer %77 de kalmıştır. Herhangi bir küflenme oluşmamaktadır.

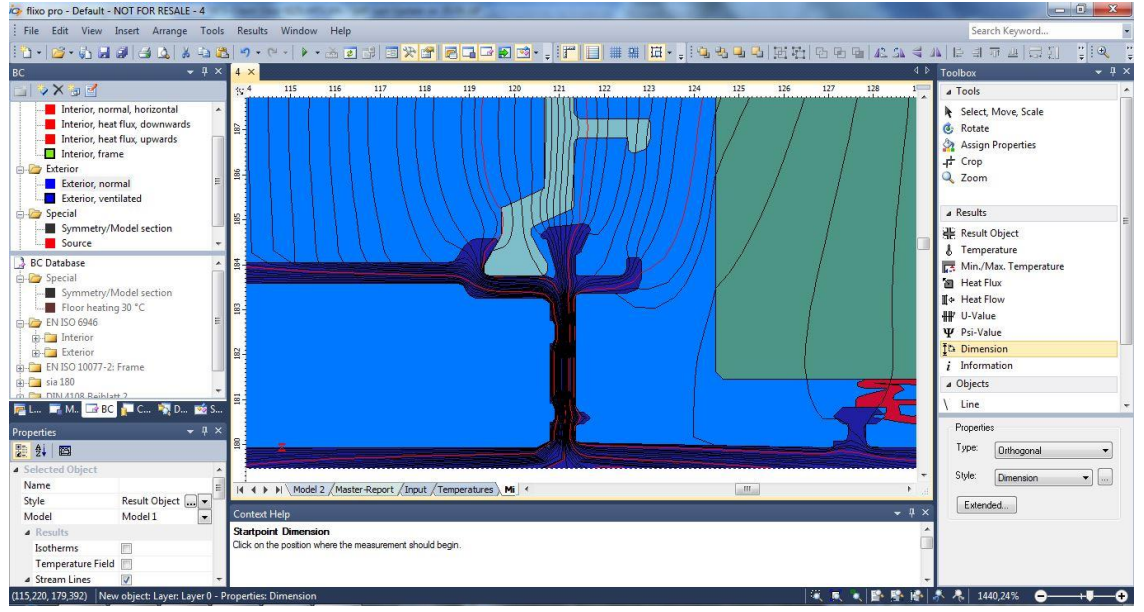


Şekil 5.27: Sistemin küflenme kontrolünün yapılması

Sistem analiz edildikten sonra, hava akım çizgilerinin durumları kontrol edilir. İyileştirilmiş sistemlerde hava akım çizgilerinde, lineer bir geçiş görülmektedir. Tasarlanan sistemin izoterm eğrileri de programın çıktılarında görüntülenecektir.



Şekil 5.28: Sistemin akış çizgilerinin kontrolü



Şekil 5.29: Sistemin izoterm eğrilerinin kontrolü

BÖLÜM 6

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Sanayi devrimiyle başlayan ve günümüze kadar hızla ilerleyen teknolojiye gelişmeler, beraberinde yeni pazarlar oluşturmuştur. Oluşan bu pazar, mimarideki gelişmeleri hızlandırmıştır. Özellikle son 50 yılda malzeme ve yapı fiziğindeki teknolojik gelişmeler ve yatırımlar, mekânların olmazsa olmazı cephe sistemlerini daha da ilerletmiştir. Mimari sistemlerde birçok cephe sistemi bulunmakta ve uygulanmaktadır. Günümüzde bunlardan en çok bilineni ise, alüminyum giydirme cephe sistemleridir.

Yurt dışında “Facade Engineering” olarak bilinen ve cephe sistemleri üzerine araştırmalar yapan birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bunlardan en çok bilineni topluluk olarak CIBSE (The Chartered Institution of Building Services Engineers), ve İngilterede Bath (University of Bath) üniversitesidir. Giydirmce cephe sistemleri özellikle yurt dışında başlı başına bir araştırma konusudur. Bu konuda üniversitelerde lisans, yüksek lisans ve doktora bölümleri bulunmaktadır. Ancak ne yazık ki, ülkemizde cephe mühendisliği dalında bir bölüm henüz bulunmamaktadır.

Sanayideki gelişmelerle birlikte ilerleyen cephe sektöründe, henüz ülkemizde standartlar tamamen yerleşmemiştir. Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri için hala 1997 yılında yazılmış olan TS498 geçerlidir.

Dünyada oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan metal olan alüminyum günümüzde ki en genç metaldir. Isı ve elektrik iletkenliğinin iyi olması, kolay şekillenebilen yapısı, dünyada en çok bulunan metal olması, insan sağlığı açısından günümüzde bilinen en zararsız metallerden olması, alayım elementleri sayesinde yüksek mukavemet değerlerine ulaşması ve diğer eşsiz fiziksel özellikleri sayesinde alüminyum, cephe sektörü için cazip bir konuma ulaşmıştır.

Alüminyum, bir çok kurum-kuruluş ve araştırmacı tarafından halen Alzheimer ile bir bağlantısının olup olmadığı araştırılmaktadır ancak sağlığa zararı bulunamamıştır. Alüminyumun tıpta ki kullanımı, eski yunan ve Roma'ya kadar uzanmaktadır ve şuan da bile alüminyum, tıpta kan durdurucu olarak kullanılmaktadır. Alüminyumun yapılan araştırmalar ışığında, canlılar üzerinde çok fazla olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Diğer ağır metallerin verdiği zararlı etkileri, insanların üzerinde bırakmayan alüminyum, bu konuda kullanıcılardan tam not almıştır. Neredeyse %100 geri dönüşüme müsait olan bir metal olan alüminyum, firmalar için fiyesi en az olan, doğa içinse zararı en az olan metaldir.

Alüminyum, çelik, bakır gibi metallerin yoğunluğundan neredeyse üçte bir oranda daha hafif, alaşım elementleri sayesinde yüksek mukavemet değerlerine ulaşabilmektedir. Bu özelliği sayesinde birçok alanda optimum çözümler sunmaktadır kullanıcısına. Alüminyum, birçok üretim tekniğine yatkın bir metal olması ve karakteristik yapıları gereği birçok imal usulüne elverişlidir.

Alüminyum ısı farklarından en az etkilenen metaldir. Şöyle ki; alüminyum ısı farkları altında sahip olduğu iletkenliği, mukavemet değerlerini ve diğer fiziksel özelliklerini çok fazla kaybetmezken, çelik ve diğer metallerde bu durum böyle değildir. Bunun yanı sıra alüminyumun sahip olduğu gümüşü rengiyle ve üzerine aktarılan farklı renklerin transferine çok uyum göstermektedir. Ahşap renk transferi ya da farklı renk transferleri çok rahat yapılabilir. Mimari açıdan bakıldığında, giydirme cephede kullanılacak metalden en çok istenen özellikler bunlardır.

Gerek üretim aşamasında gerekse montaj sırasında istenmeyen hatalar oluşabilmektedir. Alüminyum giydirme cephe sistemlerinde kullanılan ölçü toleransları çok fazla olmadığı için oluşabilecek hatalar yüzünden parçalar fire olmaktadır. Alüminyumun neredeyse %100'lük bir geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu için bu fireler firmalar için çok fazla zarar teşkil etmemektedir.

Alüminyum alaşım elementleri sayesinde yüksek mukavemet değerlerine ulaşmaktadır. Bu alaşım elementlerinin yanı sıra kompozit yapılar için de çok uygun bir metal olduğu görülmüştür.

Giydirme cephe mühendisliği, alüminyum sistemlerin maruz kaldığı dış yükler etkisi altında nasıl davranışlar sergilediğini incelemektedir. Kar yükü, rüzgâr yükü, deprem yükü, titreşimler, vorteks etkileri, sistemin kendi yükleri, uygulanan sistemler için en tehlikeli ve hesaplanan en önemli yüklerdir. Bu hesapların iyi yapılmadığı sistemlerde kazaların yaşanması ne yazık ki kaçınılmazdır. Bu çalışmada buna örnekler verilmiştir. Ne yazık ki ülkemizde de bunlara benzer kazalar yaşanmıştır. Sistemlerin tasarım sürecinde bu yükler ne kadar önemseniyorsa, montaj sırasında da sistemlerin doğru montajının yapılması ve montaj kurallarına uyulması o denli önemlidir.

Bilgisayar yazılımları birçok sektörde olduğu gibi cephe sektöründe de çok önemli bir yer tutmaktadır. Uzun vakitler alan tasarımlar, modellemeler ve analizler bilgisayar yazılımları sayesinde çok kısa sürelerde yapılabilmektedir. Bu yazılımların doğru kullanılabilmesi ve çıktılarının doğru çözülmesi çok önemlidir. Günlerce süren çizim ve mühendislik hesaplamaları, bilgisayar yazılımları sayesinde çok kısa ve çok basit işlemlerle yapıldığı görülmüştür. Bunun yanı sıra bilgisayar yazılımlarını kullanarak, rüzgâr basıncı gibi dış yüklerin etkisindeki sistemlerde oluşabilecek zararları ve olayları gözlemlemek mümkündür. Bu sayede tasarladığımız sistemlerin uygulamada nasıl davranacağını bilgisayar ortamında inceleme fırsatımız bulunmaktadır. Bu çalışmada, tasarım için Autodesk firmasının Autocad yazılımından, rüzgâr yüklerinin analizi için Orgadata firmasının Logikal yazılımından, termal analizler için de Infomind firmasının Flixo yazılımından destek alınmıştır.

Her ülkenin coğrafi yapısının farklı olması, profil sistemlerinin tasarımını da etkilemektedir. Örneğin Norveç gibi soğuk bir iklime sahip bir coğrafya için hesaplanmış ve tasarlanmış bir profil sistemini ülkemize yada daha ılıman bir coğrafyadaki ülkede kullanılamaz. Veya sıcak bir ülke için tasarlanmış bir profil sistemini, rüzgâr ve kar yükünün çok yüksek olduğu bir ülkede kullanılamaz. Bu şekilde kullanmak o profil sistemini hesaplanmayan dış yüklere maruz bırakmaktır. Bu yüzden alüminyum profil sistemlerini tasarlandığı coğrafya dışında bir coğrafyada kullanmak büyük risk doğurmaktadır. Her profil sistem bulunduğu coğrafyanın şartları göz önüne alınarak tasarlanmaktadır. Bugün kullanılan ısı analiz yazılımları birçok ülkenin coğrafi özelliklerini bünyesinde ki kütüphanelerinde barındırmaktadır.

Alüminyum profil sistemlerin tasarımı, belli standartlar ve yönetmelikler esas alınarak yapılmaktadır. Yapılan tüm kaynak taramalarında ve kaynak incelemelerinde, standartlar dışında yapılan tasarımların her zaman daha riskli ve daha az ekonomik oldukları görülmüştür. Bundan dolayı standartlar ve yönetmeliklerle belirlenmiş grafiklerin ve hesapların kullanılması, profil sistemlerinin tasarımında çok önemli yer teşkil ettiği görülmüştür. Bilgisayar ortamında yapılan tasarımların ve analizlerin, maliyet açısından çalışanlara ve firmalara çok fazla zaman kazandırdıkları görülmüştür. Ayrıca oluşabilecek hatalar da bu yazılımlar sayesinde önceden farkedilip, önleyici ve engelleyici tedbirlerin alınmasını sağlamaktadır. Bilgisayar yazılımlarını doğru ve etkin bir biçimde kullanmanın yolları iyi bir mühendislik ve mimarlık eğitiminin yanında güncel teknolojiyi takip etmektir.

ÖNERİLER

Bu çalışmamın ana hedefi, giydirme cephe sistemlerinde kullanılan alüminyum profillerin tasarım sürecini incelemektir. Tezin ana konusu olan alüminyum malzemesi incelenmiştir. Alüminyumun tercih edilme sebepleri ve özellikleri araştırılmıştır. Alüminyum profilin tasarım sürecinde etkin olan hususlar araştırılmıştır. Tasarımı belirleyen ve en önemli etkenlerden olan, dış yükler incelenmiştir. Alüminyum profil tasarımını yapabilmek için gerekli olan standartlar, yönetmelikler ve kaynak taramaları yapılmıştır. Katkı elementlerinin, alüminyuma etkileri incelenmiştir. Tasarımı yapılan profillerin, maruz kalacağı yükler ve bu yüklere karşı profillerin davranışları bilgisayar ortamında analiz edilmiştir.

Yapı elemanlarının boyutlandırılması konusunda uzun yıllar süren araştırmalar ışığında, standartlar ve yönetmelikler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu standartlar ve yönetmeliklere, uygun bir şekilde tasarlanmış ve analizleri doğru yapılmış, optimum alüminyum profillerin, uygulanacağı giydirme cephe sistemleri, hem daha güvenli, hemde maliyet açısından daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Giydirme cephe sistemlerinde kullanılan alüminyum profillerin tasarımını inceleyen araştırmacılar, öncelikle tasarlanacak alüminyum profilin hangi coğrafyada kullanılacağını iyi bilmelidirler. Belirlenen coğrafyanın koşullarına uygun standartlar ve yönetmelikler iyi incelenmelidir. Yapının bulunduğu coğrafyanın özellikleri gereği, sistemi hangi yüklerin etkileyeceği detaylıca araştırılmalıdır. Profil enkesitlerini belirlerken, yapılan uzun araştırmalar sonucu ortaya çıkan ve bu çalışmada da yeralan en kesitlere ait grafiklerden yararlanılması önerilmektedir. Bilgisayar yazılımları sayesinde profil tasarımı hem daha hızlı, pratik yapılmakta, hemde profilin uygulanacağı yerde, profilin maruz kalacağı yükler karşısındaki davranışını incelemek, araştırmacılar için daha kolay ve daha doğru sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Analizler sonucunda emniyetli çalışacağına inanılan profilleri üretmek, ileride ortaya çıkacak hataların önüne geçilerek üretimde maliyeti azaltmaktadır. Bu konuda inceleme yapmak isteyen araştırmacıların, güvenilirliği yüksek, kullanımı kolay olan bilgisayar yazılımlarıyla çalışması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] < <http://tr.wikipedia.org/wiki/Alüminyum>>, (Erişim, 05 Mayıs 2014)
- [2] < <http://www.aluminyumsanayi.com/aluminyumprofilgenel.htm>> (Erişim, 05 Mayıs 2014)
- [3] Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi [M.E.B.] MESEP **Metaller - 1**, Ankara 2008
- [4] Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Müdürlüğü, **Alüminyum Sektörü Hakkında Bir Değerlendirme**, Sayı No: GA-06-07-08, Ankara 2006
- [5] < <http://www.etialuminyum.com> >, (Erişim 05 Mayıs 2014)
- [6] Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi [M.E.B.] MESEP **Alüminyum Alışumları Modülü** , Ankara 2005
- [7] < <http://tr.scribd.com/doc/128099948/13-Aluminyum-korozyonu>>, (Erişim 05 Mayıs 2014)
- [8] Özgür AKMAN, Sema ATASEVER, Ecem GÜÇLÜ, Gözde GÜMÜŞ, **Alüminyum ve İnsan**
- [9] Erdal İRTEM, Gökhan TIĞ, 3. Ulusal Çatı & Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, **Giydirme Cephe Taşıyıcı Sistem Profilleri için Optimum (Ekonomik) Kesit Boyutlarının Geliştirilmesi**, İTÜ – Taşkışla Yerleşkesi – İstanbul, 17-18 EKİM 2006
- [10] Prof. Dr. Ahmet TOPÇU, **Betonarme II**, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eylül 2013
- [11] Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Boğaziçi Üniversitesi, **İstanbul Yüksek Binalar Rüzgâr Yönetmeliği**, Versiyon – IV Ağustos 2008, Çengelköy – İstanbul
- [12] < <http://www.aluminyumsanayi.com>>, (Erişim 05 Mayıs 2014)

ÖZGEÇMİŞ

Onur KIZILARSLAN 1983 tarihinde Edirne’de doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamlamıştır. 2000 yılında Süleyman Demirel Üniversitesinde Makine Resim Konstrüksiyon eğitime başlamıştır. 2002 – 2005 yılları arasında İstanbul’da makine imalat sektöründe, makine ressamı olarak çalışmıştır. 2005 yılında Sakarya Üniversitesinde Makine Mühendisliği eğitime başlamıştır. 2009 yılında mezun olduktan sonra askerlik görevini yapmıştır. 2010 yılında makine sektöründe makine mühendisi olarak çalışmaya başlamıştır. 2012 yılında Trakya Üniversitesinde yüksek lisans eğitime başlamıştır. 2014 yılında “Facadium Mühendislik” adında kendi mühendislik firmasını kurmuştur. Buluş niteliği taşıyan “Dokunmatik Mekanik Kilit Mekanizması” adında bir patent çalışması bulunmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.