



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN TÇY-2016 VE
TS648 YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
ANALİZLERİ

Ubeydullah ZARARSIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ubeydullah ZARARSIZ tarafından hazırlanan “Çelik Yapı Sistemlerinin Tçy-2016 Ve Ts648 Yönetmeliklerine Göre Analizleri” adlı tez çalışması ... /... /2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER

.....

Danışman

Doç. Dr. Ali KÖKEN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Adnan KARADUMAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ubeydullah ZARARSIZ

Tarih: 03.02.2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN TÇY-2016 VE TS648 YÖNETMELİKLERİNE GÖRE ANALİZLERİ

Ubeydullah ZARARSIZ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Ali KÖKEN

2021, 121 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğr. Üyesi Adnan KARADUMAN
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER**

Bu tez çalışmasında çelik yapıların tarihçesinden kısaca bahsedilmiş ve günümüze kadar çelik yapıların kullanım alanları artarak devam ettiği vurgulanmıştır. Zaman geçtikçe yönetmelikler güncellenmiş ve daha gerçek sonuç veren yeni yöntemler geliştirilmiştir. Tezimizin amacı bu güncellenen ve değişen yönetmelikleri eski ile yenisi arasındaki oluşan farklılıkları göstermek ve aynı zamanda yeni yönetmelikteki tasarım yöntemleri arasındaki farklılıkları görmektir.

Bu tez çalışmasında endüstri binası ve çok katlı bina farklı geometrik şekillerde modellenmiş, yapısal analiz programı olan Sap2000 programı yardımıyla analizi gerçekleştirilip boyutlandırılmış ve sonuçlar yapı ağırlıkları, yapı elemanlarına etki eden kesit zorları, etkileşim oranları tablolar ve grafikler halinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Bu yapılar TÇY 2016 yönetmeliğinde bahsi geçen "Yük ve Dayanım Katsayıları ile tasarım (YDKT) ve "Güvenlik Katsayıları" ile tasarım (GKT) yaklaşımlarından her ikisi de uygulanıp yapı ekonomiklik yönünden karşılaştırılmıştır.

Bunun haricinde TS 648 ve TÇY 2016 her iki yönetmelik için deprem yükü Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar TBDY2018 yönetmeliği dikkate alınmıştır.

TS648 yönetmeliği ile analizinde düşey, rüzgar ve kar yüklerinin belirlenmesi amacıyla TS498 yönetmeliği kullanılmıştır.

TÇY 2016 yönetmeli için yönetmelikte bahsi geçen rüzgar yükü TS EN 1991-1-4 yönetmeliği ve kar yükleri için TS EN 1991-1-3 yönetmelikleri dikkate alınmış, düşey yükler için TS498 yönetmeliği kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Çelik yapılar, Endüstri binası, Türk Çelik Yönetmeliği (TÇY-2016), Çelik yapıların analiz ve boyutlandırılması.

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSIS OF STEEL BUILDING SYSTEMS ACCORDING TO TÇY-2016 AND TS648 REGULATIONS

Ubeydullah ZARARSIZ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Doç. Dr. Ali KÖKEN

2021, 121 Pages

Jury

**Dr. Öğr. Üyesi Adnan KARADUMAN
Dr. Öğr. Üyesi Nebi ÖZDÖNER**

In this thesis, the history of steel structures was briefly mentioned and it was emphasized that the usage areas of steel structures have been increasing until today. As time passed, the regulations were updated and new methods were developed with more real results. The aim of our thesis is to show the differences between these updated and changed regulations between the old and the new. And it is also to see the differences between the design methods in the new regulation.

In this thesis, the industrial building and the multi-storey building were modeled in different geometric shapes, analyzed and dimensioned with the help of the structural analysis program Sap2000, and the results were given comparatively in the form of tables and graphs in the form of structural weights, section forces affecting structural elements, and interaction rates.

These structures were compared in terms of construction economy by applying both "Load and Strength Coefficients and Design (YDKT)" and "Safety Coefficients" and design (GKT) approaches mentioned in the TÇY 2016 regulation.

Apart from this, for both TS 648 and TÇY 2016 regulations, the principles for the design of buildings under earthquake load earthquake effect TBDY2018 regulations were taken into consideration.

In the analysis with TS648 regulation, vertical, wind and snow loads TS498 regulation were used.

For the TÇY 2016 regulation, the wind load TS EN 1991-1-4 regulation and for the snow loads TS EN 1991-1-3 regulations were taken into consideration, and the TS498 regulation was used for vertical loads.

Keywords: Steel structures, Industrial building, Turkish Steel Regulation (TCY-2016), Analysis and sizing of steel structures.

ÖNSÖZ

İnşaat mühendisi her dönemde değişen şartlar altında kendisini güncel tutmalı gerçeğe yakın hesaplamalar yaparak binayı en ekonomik şekilde tasarlamalıdır.

Bu gaye çerçevesinde TÇY 2016 yönetmeliğinde yer alan GKT ve YDKT ile tasarım yaklaşımları irdelenmek ve en iyi sonucun hangi tasarım yöntemine ait olduğunu araştırmak üzere bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda günümüzde TÇY 2016 yönetmeliğinin uygulanması gerçeğe daha yakın olduğu, TS 648 yönetmeliği ise daha basit yapıda kaldığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi rüzgar ve kar yükü yönetmeliklerin çok basit yapıda olması ve gerçek değerleri yansıtmamasından kaynaklanmaktadır.

Bu tez çalışmasında bahsi geçen yönetmelik ve standartların çelik proje ve uygulamalarıyla uğraşan meslektaşlarıma yararlı olmak arzusundayım.

Yüksek lisans eğitimi ve seminerin hazırlanması aşamasında bilgi ve deneyimini esirgemeyen, bana yol gösteren Doç. Dr. Ali KÖKEN hocama teşekkürü borç bilirim. Beni hiçbir zaman manevi destekleriyle yalnız bırakmayan aileme ve arkadaşlarıma, ayrıca öğrenim hayatım boyunca emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Ubeydullah ZARARSIZ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. ÇELİK YAPILARIN TASARIM, HESAP VE YAPIM ESASLARI YÖNETMELİĞİNE (TÇY-2016) GÖRE ÇELİK YAPILARIN BOYUTLANDIRMA KURALLARI	6
3.1 Genel Esaslar	6
3.1.1 Kapsam	6
3.1.2 İlkeler	6
3.1.3 İlgili standart ve yönetmelikler	7
3.2 Malzeme	7
3.3 İmalat ve Montaj	9
3.4 Kalite Kontrolü	10
3.5 Tasarımda Temel İlkeler	10
3.5.1 Stabilite analizi	11
3.5.2 Birleşimlerin tasarımı	11
3.5.3 Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım	11
3.5.4 Dayanım sınır durumları için tasarım	11
3.5.5 Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT)	12
3.5.6 Güvenlik katsayıları ile tasarım (GKT)	13
3.5.7 Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım	14
3.5.8 Yerel burkulma sınır durumu için enkesitlerin sınıflandırılması	14
3.6 Stabilite Tasarımı	15
4. ÇELİK YAPILARIN ANALİZİ	16
4.1. Örnek Çelik Yapıların Genel Özellikleri	16
4.2. Taşıyıcı Sistem Bilgileri	17
4.2.1 Endüstri bina özellikleri	18
4.2.2 Çok katlı çelik yapıların özellikleri	23
4.2.3. Malzeme özellikleri	28
4.3. TÇY 2016 ve TS648 Yönetmeliklerine Göre Yükler	28
4.3.1 Yükler	28
4.4 Sistem Analizlerin Gerçekleştirilmesi	59
4.4.1 Endüstri binası sistem tasarımı ve analizi	61
4.4.2 Çok katlı çelik bina sistem tasarımı ve analizi	86

4.5 Yönetmeliklerin ve Sistem Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	109
4.5.1 Yönetmeliklere göre kar yükü hesabı karşılaştırılması.....	109
4.5.2 Yönetmeliklere göre rüzgar yükü hesabı karşılaştırılması	110
4.5.3 Endüstri binasının yönetmeliklere göre kesit zorları ve etkileşim oranlarının karşılaştırılması.....	111
4.5.4 Modellerin yönetmeliklere ve tasarım yöntemlerine göre ağırlık karşılaştırılması.....	114
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR	119
ÖZGEÇMİŞ	121



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

BYS	: Bina önem sınıfı
C_{dir}	: Doğrultu katsayısı
C_e	: Maruz kalma katsayısı
c_o	: Orografi katsayısı
$Cover$	: Panel ağırlığı
c_{pe}	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7’de iç basınç için verilen basınç katsayısıdır.
$c_{pe,10}$	: Dış rüzgar basınç katsayısı
c_{pi}	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7’de iç basınç için verilen basınç katsayısıdır.
c_{pi}	: İç rüzgar basınç katsayısı
c_{pnet}	: Net rüzgar basınç katsayısı
$c_r(z)$	: z metre yükseklikteki engebelilik katsayısı
C_{season}	: Mevsim katsayısı
C_t	: Isı katsayısı
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
E	: Deprem etkisi
E_d	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi
$E_d^{(H)}$	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(X)}$	: (X) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Y)}$	: (Y) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$	: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
F	: Akışkan madde basınç yükü
FS	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_u	: Çekme dayanımı
F_y	: Sıcakta haddelenmiş yapısal çeliklerde karakteristik akma gerilmelisi
F_{yb}	: Bulonların karakteristik akma gerilmeleri
F_{yu}	: Bulonların çekme dayanımları
G	: Sabit yük
g	: Yerçekimi ivmesi
H	: Yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı veya yığılı madde basıncı
I	: Bina önem katsayısı
k_l	: Türbülans katsayısı
k_r	: Engebelilik uzunluğu z_0 ’a bağlı arazi katsayısı
l_v	: Türbülans şiddeti
m	: Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri
n	: Hareketli yük katlılık katsayısı

P	: Normal kuvvet
P_k	: Kar yükü hesap değeri
P_{ko}	: Kar yükü değeri
R	: Yağmur yükü
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$R_a(T_n)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_d	: Tasarım dayanımı ($= \phi R_u$)
R_g	: Güvenli dayanım ($= R_n/\Omega$)
R_n	: Karakteristik dayanım
R_u	: YDKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım
R_y	: Y yönünde taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_x	: X yönünde taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S	: Çatı yüzeyindeki kar ağırlığı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$S_{ae}(T)$	: Elastik Spektral İvme
$S_{ae}(T_n)$	: Spektrum Katsayısı
$S_{aR}(T_n)$	: Azaltılmış ivme spektrumu
S_k	: Karakteristik zemin kar yükü (kN/m^2)
T	: Sıcaklık değişmesi ve/veya mesnet çökmesi etkileri
TA, TB	: Spektrum karakteristik periyotları
U	: Poisson oranı
V_b	: Esas rüzgar hızı
V_{bo}	: Rüzgar hızının temel değeri
$V_m(z)$	: z metre yükseklikteki ortalama rüzgar hızı
$V_{tE}^{(x)}$	: (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) [kN]
$V_{tx}^{(x)}$	: Modal hesap yöntemlerinden biri ile x doğrultusu'nda elde edilen en büyük toplam deprem yükü [kN]
W	: Rüzgar yükü
W_e	: Bina dış yüzeylere etkileyen rüzgar basıncı
WindX	: X yönünden esen rüzgâr basıncı
WindY	: Y yönünden esen rüzgâr basıncı
z_e	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7'de ifade edilen dış basınç için referans yükseklik,
z_i	: TS EN 1991-1-4 Bölüm 7'de verilen iç basınç için referans yükseklik,
z_0	: Engebililik uzunluğu
q	: Rüzgar basıncı kN/m^2
Q	: Hareketli yük
q_p	: Esas hız kaynaklı rüzgâr basıncı
$q_p(z_e)$	: Tepe rüzgâr basıncı,
$q_p(z_i)$	: Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı,
Q_r	: Çatı hareketli yükü

γ_E : Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı
 ϕ : Dayanım katsayısı.
 Ω : Güvenlik katsayısı.
 μ_k : Kar yükü şekil katsayıları
 ρ : Fırtınalar esnasında bölgede olması beklenen sıcaklık ve barometrik basınçlara ve rakıma bağlı olan hava yoğunluğu
 $\beta_{tE}^{(X)}$: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı

Kısaltmalar

AISC 360-10 : Amerikan şartnamesi Specification for Structural Steel Buildings, Çelik Binalar için Tasarım ve İnşaat Yönetmeliği Haziran 2010
ASIC89 : Amerikan şartnamesi Specification for Structural Steel Buildings, Çelik Binalar için Tasarım ve İnşaat Yönetmeliği Haziran 1989
GKT : Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
TBDY 2018 : Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TÇY 2016 : Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2016
TS EN 1090-1 : Çelik yapı uygulamaları - Bölüm 1: Yapısal bileşenlerin uygunluk değerlendirme gerekleri
TS EN 1090-2 : Çelik ve alüminyum yapı uygulamaları- Bölüm 2: Çelik yapılar için teknik gerekler
TS EN 1991-1-3 : Yapılar üzerindeki etkiler - Bölüm 1-3: Genel etkiler, kar yükleri
TS EN 1991-1-4 : Yapılar üzerindeki etkiler- Bölüm 1-4: Genel etkiler, rüzgar etkileri
TS 498 : Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
TS 648 : Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Aralık 1980
YDKT : Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

1. GİRİŞ

Demir ilk defa MÖ Asya bölgesinde küçük alet yapımında kullanılmıştır. Günümüze kadar farklı alanlarda kullanılmaya devam edip gelişmiştir. Demir 18. yüzyıla kadar silah ve eşya yapımında kullanılmıştır. İlk defa 18.yy - 19.yy da inşaat malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. O dönemlerde taş duvarlarını birbirine bağlanarak gerekli çekme kuvveti çelik malzemesi tarafından karşılanmaktaydı. (Deren ve ark.,2012)

Demir yapısal anlamda ilk defa Severn nehri üzerinde Coalbrookdale Köprüsünde kullanılmıştır. Ve böylece çelik yapıları günümüze kadar kullanılmaya devam etmiştir. (Deren ve ark.,2012)

Son yıllarda çelik yapı alanında kullanımı yaygınlaşmaya başladı. Çünkü çelik ile beton malzeme özelliğini karşılaştırdığımızda, çeliğin elastisite modülü betondan daha büyüktür. Bu nedenle yapı elastik davranış göstermesi gerektiği durumlarda çelik daha sünek davranış gösterir ve deprem enerjisini yutma kapasitesi betona göre daha yüksektir. Aynı zamanda çelik yüksek mukavemetli oluşu malzeme miktarını ve ağırlığını azaltacağı için yatay ve düşey yüklerde azalma olacaktır. Betonarmeye göre öz ağırlığının az olması deprem anında yatay yükün binaya daha az etkimesini sağlayacaktır.

Ayrıca çelik yapılar diğer malzemelere göre çevre dostudur. Çünkü çelik istenildiği zaman sökülebilir taşınabilir ve tekrar montajı yapılabilir. Gerek görüldüğünde geri dönüşümü ile yeniden çelik malzemesi olarak üretilebilir.

Çelik elemanlar üretim yerlerinde işlenip imalatı gerçekleştirilebilir. Şantiye ortamında kısa sürede montajı gerçekleştirilerek bina inşaatı hızlı bir şekilde yapılabilir. Kapalı alanlarda üretimi gerçekleştiği için bina inşaatı sırasında çevre faktörlerinden betonarmeye göre daha az etkilenir.

Fakat betonarmeye göre nispeten daha pahalı olması nedeniyle çelik binalar çok yaygın değildir. Günümüzde çelik malzemesi daha hafif olması binaya gelen yüklerden ve taşıma gücünden kazanç sağlaması, hızlı ve kolay inşa edilebilir olması son yıllarda tercih edilmeye başlanmıştır.

Ülkemizde çelik yapılar genellikle endüstriyel tesislerde ve çok katlı binalarda kullanılmaktadır.

Esas taşıyıcı sistemi çelik malzemelerinden oluşturulan yapılara “çelik yapılar “ denilmektedir. Çelik malzemesi genellikle yüksek yapılarda ve büyük açıklıkları geçmek için kullanılır. Çelik yapılar konstrüksiyon biçimi ve uygulama alanlarına göre adlandırılır.

Bu tez kapsamında tek katlı endüstri binası ve çok katlı konut binası farklı geometrik şekillerde modellenmiştir.

Ülkemizde 2016 yılına kadar çelik yapı tasarımında TS648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Yönetmeliği kullanılıyordu. Bu çelik yönetmeliğinde binaya etkiyen düşey ve yatay yükler TS498 ilgili bölüm dikkate alınıyordu. TS498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri Yönetmeliğindeki rüzgar ve kar yüklerin basit yapıda olduğu düşünülerek daha kompleks ve gerçeğe yakın olan TÇY 2016 (Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik) yönetmeliğinin kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.

TÇY 2016 yönetmeli için yönetmelikte bahsi geçen rüzgar yükü TS EN 1991-1-4 (Yapılar üzerindeki etkiler – Bölüm 1-4: Genel etkiler, rüzgar etkileri) yönetmeliği ve kar yükleri için TS EN 1991-1-3 (Yapılar üzerindeki etkiler – Bölüm 1-3: Genel etkiler, kar yükleri) yönetmelikleri dikkate alınmış düşey yükler TS498 yönetmeliğine uyulmuştur.

Bu tez çalışmasında iki yönetmelik için kar yükü ve rüzgar yükleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

TÇY 2016 yönetmeliğinde "Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım" (YDKT) ve "Güvenlik Katsayıları ile Tasarım" (GKT) yaklaşımları anlatılmış her biri için yük senaryoları TBDY 2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) Yönetmeliği de dikkate alınarak oluşturulmuştur.

Bu çalışmada TÇY 2016 yönetmeliğinde yer alan GKT ve YDKT ile tasarım yaklaşımları arasında en iyi sonucun hangi tasarım yönetmeliğine ait olduğu irdelenmiş ve TS648 yönetmeliğindeki eksiklikler vurgulanmıştır.

Yapı modellerin tasarımında SAP2000 programı kullanılmıştır. Bu program her türlü yapı sisteminin tasarımında ve analizinde kullanılmaktadır. Daha çok inşaat mühendisleri tarafından kullanılan bu program; modelleme, yük seçimi, analiz, tasarım ve çıktı gibi sıralı adımlarla bir yapının tasarlanmasına katkı sağlar. Betonarme veya çelik yapıların tasarlanmasında uluslararası standartlarla tam uyumludur. Analiz sonucunda çubuk elemanlarının iç kuvvet değerlerini moment, kesme kuvveti, eksenel kuvvet gibi bir çok kuvvetlerin doğru şekilde görülmesini sağlar. Bu program yardımıyla kesitler tanımlanarak otomatik şekilde programa boyutlandırılabilir. Gerçekleştirilen bu Yüksek Lisans tez çalışmasında SAP2000 programın bu özelliği kullanılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çelik yapılar tasarlanırken öncelikle yapıya gelen dinamik ve sabit yükleri güvenli bir şekilde ve en ekonomik boyutlarıyla taşıması beklenir. Ekonomik ve güvenlik unsurlarını dikkate alarak günümüze kadar birçok yönetmelikler getirilmiş ve gerekli görülen kısımlar değiştirilmiştir. Bu yönetmelikler ülkeler arasında da değişiklik gösterse de temel amaç yapıyı en uygun kesitlerle en ekonomik bir şekilde tasarlamaktır.

Geçmiş yıllarda bu konu hakkında birçok akademik çalışma vardır. Bunların bir kısmı aşağıda verilmiştir.

Güçlü (2003), "Çok Katlı Çelik Toplu Konut Binasının Karşılaştırmalı Tasarımı" yüksek lisans tez çalışmasında yirmi katlı bir çelik konut binasının Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğine göre deprem hesabını yapmıştır. Ve bu hesabı esas alarak çok katlı bir çelik toplu konut binasını tasarlamış, Eurocode 3 ve TSE 648'e göre boyutlandırma yapmış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır.

S. Kocabaş (2005), "Çelik Yapıların Sap2000 Programı ile Analiz ve Tasarımı" konulu yüksek lisans tez çalışmasında çelik yapıları SAP2000 programı ile analizin ve tasarımını yapmıştır. Çelik yapı analizini yaparken TS498, TS648, TS3357 ve bu standartlara ek olarak TDY98, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, yönetmeliklerini kullanmıştır. Sonlu elemanlar yöntemiyle SAP2000 programında yapısal analizini gerçekleştirmiştir.

A. Taşdemir (2007), "Çok Katlı Çelik Bir Hastane Binasının Eurocode 3'e Göre Çerçeve kusurları Dikkate Alınarak Karşılaştırmalı Boyutlandırılması" adlı tez çalışmasında çok katlı hastane binasını Eurocode 3'e göre analizini yapmış ve farklı döşeme tiplerini kullanarak en ekonomik sonucu elde etmiştir. Çerçeve kusurlarından dolayı binaya etkiyen ek yüklerin, bina tasarımında da ne gibi değişiklikler oluşturduğunu göstermiştir.

Ö. Ceylan (2007), on katlı çelik büro binası ele alarak Eurocode 3'e göre boyutlandırmıştır. Boyutlandırmaları DBYBHY 2007'ye göre karşılaştırmıştır. Döşeme kirişlerini farklı tiplerde ve boyutlarda seçerek ekonomik yönünü karşılaştırmıştır.

E. Ar (2009), “Çelik Yapıların Tasarım Metotları ve Bunların Karşılaştırılması” konulu tezinde TS 648 çelik yapı standardı ile Avrupa Birliğinde kullanılan Eurocode 3 çelik yapı standartlarını tasarım konusunu incelemiştir. Beş katlı bir yapıda bu iki yönetmeliği ekonomiklik ve üstünlük yönünden karşılaştırmıştır.

M. Tansel (2010), “Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analizi ve Tasarımı” adlı tezinde aynı binayı; rijit çerçeve, merkezi çaprazlı ve dış merkezi çaprazlı olarak tasarlanmış. Ve bu modelleri 2007 deprem yönetmeliğine göre analizini yapıp, kapasite tasarım ilkesine göre kontroller yapılmış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır.

C. Bingöl (2014), ağır sanayi yapısını AISC 3060-10 ve TS-648 yönetmeliklere göre statik ve dinamik analizlerini yapıp boyutlandırmıştır. Elde edilen sonuçları karşılaştırarak yorumlarda bulunmuştur.

M. Ülker (2014), çelik bina tasarımında AISC 360-10 (Çelik Binalar için Tasarım ve İnşaat Yönetmeliği) ve DBYBHY (Türk Deprem Yönetmeliği 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) yönetmeliklerine kullanarak tasarlamış ve elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır.

Ç. Ünal (2015), Çelik yapıları farklı standartlara göre tasarımını yaparak karşılaştırmıştır. Bu çalışmada; TS648 (Türk Çelik Yapı Standartı), YDKT (Amerikan Yük ve Dayanım Faktörü Tasarımı Şartnamesi) ve Eurocode 3 (Avrupa Çelik Yapı Tasarımı Şartnamesi) yönetmeliklerini kullanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmıştır.

KONU

Sunulan bu tez çalışmasında, TS648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Yönetmeliği ile 2016 yılında yürürlüğe giren Çelik Yapıların Tasarım, Hesap Ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik (TÇY 2016) esasları dikkate alarak karşılaştırmalı statik analizler ve tasarım sonuçları yer almaktadır. TÇY 2016 yönetmeliği içinde yer alan YDKT (Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım) ve GKT (Güvenlik Katsayıları ile Tasarım) tasarım esasları yapıya ayrı ayrı uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tek

katlı bir endüstri binası ve çok katlı bina üzerinde aynı şartlar altında yüklemeler etki ettirilmiş ve yük senaryoları SAP2000'e girilerek TS648 ve TÇY 2016 yönetmelik hükümleri esas alınarak statik analizler yapılmıştır. Her iki yönetmeliğe göre elde edilen kesitlere gelen yükler, kesit boyutları ve yapı ağırlıkları vb. karşılaştırılmıştır.

TS 648 yönetmeliğinde yapıya etkiyen yükler TS 498 de belirtilen esaslara göre belirlenmiş, rüzgar ve kar yükler bu yönetmeliğe göre uygulanmıştır.

TÇY 2016 yönetmeliğinde ise kar yükü için TS EN 1991-1-3 yönetmeliği, rüzgar yükü için TS EN 1991-1-4 yönetmeliği dikkate alınmıştır.



3. ÇELİK YAPILARIN TASARIM, HESAP VE YAPIM ESASLARI YÖNETMELİĞİNE (TÇY-2016) GÖRE ÇELİK YAPILARIN BOYUTLANDIRMA KURALLARI

TÇY 2016 yönetmeliğinde bahsi geçen genel esaslar, malzeme özellikleri, imalat ve montaj, kalite kontrol ve tasarımda kullanılan temel ilkeleri gibi konular bu bölümde kısaca irdelenmiş ve açıklanmıştır.

3.1 Genel Esaslar

TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 1 de kapsam ve genel esaslardan bahsederek belirtilmemiş durumlar için ise referans alınabilecek ulusal ve uluslararası standartları sıralanmaktadır.

3.1.1 Kapsam

TÇY 2016 da geçen bu Esaslar, çelik yapıları ve çelik-betonarme kompozit yapı elemanlarının kullanım amaçlarına uygun olarak, yeterli güvenlik çerçevesinde tasarımına ve yapımına ilişkin yöntemleri, koşulları içermektedir.

Bu esaslarda bahsi geçen kurallar bina türü çelik yapı sistemlerini kapsasada, yatay ve düşey yük taşıyıcı elemanlar içeren diğer çelik yapıları da kapsamaktadır ve benzer şekilde uygulanabilir. Yine bu esaslar boru ve kutu profillerinin eleman kalınlıkları en az 4.00 mm olan çelik yapı sistemlerini de kapsamaktadır.

Deprem bölgelerinde yapılacak binalarda depreme dayanıklı taşıyıcı sistemlerini tasarlarken bu esaslara birlikte TBDY2018 “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği” yönetmeliği uygulanmalıdır.

3.1.2 İlkeler

Çelik yapılarda ve betonarme-çelik kompozit yapı elemanlarının tasarımına ilişkin verilen Esaslarda yer almayan tasarım kuralları uluslararası geçerliliği olan diğer standartlar ve yönetmelikler en azami güvenlik sağlayacak şekilde kullanılmalıdır.

3.1.3 İlgili standart ve yönetmelikler

TS498	Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
TS 500	Betonarme yapılarında tasarım ve yapım kuralları
TS 708	Betonarme için donatı çeliği
TBDY2018	Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar
TS EN 1991-1-3	Yapılar üzerindeki etkiler – Kar yükleri ve diğer genel etkiler
TS EN 1991-1-4	Yapılar üzerindeki etkiler- Rüzgar etkiler ve diğer genel etkiler

3.2 Malzeme

TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 2'de çelik yapı malzeme özellikleri ve birleşim araçları hakkında takip edilmesi gereken yönetmelikleri vermektedir. Bu bölümde bahsi geçen malzeme özellikleri üretim standartlarında verilen en düşük gereksinim değerleridir.

Yönetmelikte sıcakda haddelenerek üretilmiş çelik profiller ve levhalar ile boru ve kutu enkesitli elemanlara ait tasarım esaslarını içermektedir. Bu kurallar Yönetmelikte **TÇY 2016 Tablo 2.1A** (Bkz Tablo 3.1) ve **TÇY 2016 Tablo 2.1B** 'de(Bkz Tablo 3.2) verilen çelik sınıfları için geçerlidir. Tabloda Sıcak haddelenmiş yapısal çeliklerde karakteristik akma gerilmesi (F_y) ve çekme dayanımı (F_u) değerleri verilmiştir. Bu değerler tasarım hesaplarında kullanılacak karakteristik değerlerdir.

Tablo 3. 1 TÇY 2016 Tablo 2.1A- Sıcak Haddelenmiş Yapısal Çeliklerde Karakteristik Akma Gerilmesi, F_y Ve Çekme Dayanımı, F_u

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t \leq 40mm$		$40mm < t \leq 80mm$	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S275 N/NL	275	390	255	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420N/NL	420	520	390	520
S460N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S275 M/ML	275	370	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Tablo 3. 2 TÇY 2016 Tablo 2.1B- Yapısal Boru Ve Kutu Profillerde Karakteristik Akma Gerilmesi, F_y Ve Çekme Dayanımı, F_u

Standart ve Çelik Sınıfı	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t \leq 40mm$		$40mm < t \leq 80mm$	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
EN 10210-1				
S235 H	235	360	215	340
S275H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S275 NH/NLH	275	390	255	370
S355 NH/NLH	355	490	335	470
S420 NH/NLH	420	540	390	520
S460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10219-1				
S235 H	235	360		
S275 H	275	430		
S355 H	355	510		
S275 NH/NLH	275	370		
S355 NH/NLH	355	470		
S460 NH/NLH	460	550		
S275 MH/MLH	275	360		
S355 MH/MLH	355	470		
S420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

Bulonlar, somunlar ve pullar, Yönetmelikte **TÇY 2016 Yönetmelik 1.3.5'** te bahsi geçen standartlara uygun olmalıdır. Bu kurallar **TÇY 2016 Tablo 2.2** (Bkz Tablo 3.3) ' aşağıdaki tabloda verilen bulon sınıfları için geçerlidir. **TÇY 2016 Tablo 2.2** (Bkz Tablo 3.3) ' deki değerler, tasarım hesaplarına kullanılacak karakteristik değerlerdir.

Tablo 3. 3 TÇY 2016 Tablo 2.2- Bulonların karakteristik akma gerilmeleri, f_{yb} ve çekme dayanımları, F_{ub} (MPa)

Bulon sınıfı	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
F_{yb}	240	320	300	400	480	640	900
F_{ub}	400	400	500	500	600	800	1000

Yapısal çelik elemanların şekli, boyutu ve kullanılacak bulon, somun ve pulların özellikleri **TÇY 2016 Yönetmelik 1.3.4** ve **Yönetmelik 1.3.5'**te verilen standartlara uygun olarak belirlenecektir. **Yönetmelik 1.3.6** ve **Yönetmelik 1.3.7'**de kaynak malzeme özellikleri ve çelik-kompozit yapı elemanlarında kullanılacak çelik ankraj elemanlarının malzeme ve kaynak özellikleri bahsi geçen standartlara uygun olarak belirlenecektir.

3.3 İmalat ve Montaj

Uygulama, imalat ve montaj projeleri için gerekli kurallar ve esaslar **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 3** te belirtilmiştir.

Yapısal çelik ve betonarme – çelik kompozit yapılarda imalat ve montaja ait teknik bilgi ve esaslar TS EN 1090-2 yönetmelikte bahsi geçen konular uygulanmalıdır.

Yine bu yapısal çelik ve diğer çelik kompozit yapılarda imalat ve montaj için kalite kontrol ve yöntem ölçütleri TS EN 1090-2 de bahsi geçen uygulama sınıfları TS EN 1090-2 de ki kurallara uyulmalıdır. Böylece gerekli uygulama sınıfları belirlenmiş ve genel şartlar uygulanmış olacaktır.

Çelik ve kompozit yapı sistemlerinin proje çizimleri, imalat ve montaj aşamasında gerekli asgari kurallar **TÇY 2016 Yönetmelik** 'te açıklanmıştır.

Proje raporunun başında projeye ait tasarım ilkeleri aşağıdaki gibi olmalıdır.

- i) Projenin krokisi çizilerek taşıyıcı sistemlerinin gösterilmesi
- ii) Tasarımda kullanılan başlıca yönetmelikler gerekli dökümanların sunulması
- iii) Yapı tasarımının yapıya etki eden yük bilgileri

- iv) Deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda ilgili deprem parametreleri ve kullanılan standartlar belirtilmeli
 - v) Uygulanan tasarım yöntemi ve kullanılan yük birleşimleri. YDKT ve GKT tasarım prensiplerinden birinin tercih edilmesi
 - vi) Malzeme sınıflarının belirlenmesi ve bulon sınıfı seçilmesi
 - vii) Zemin parametrelerinin belirlenmesi
- Yapı sisteminin analizi sonucunda seçilen kesitler gerekli kontroller yapılarak belirlenmeli ve hesap raporu kapsamında ayrıntılı olarak verilmelidir.

3.4 Kalite Kontrolü

TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 4 de çelik ve kompozit (betonarme-çelik) yapı sistemleri ve elemanlarının kalite kontrolü için gerekli asgari kurallar bu bölümde yer almaktadır.

İmalatı gerçekleştirilen yapı sistem elemanlarının kalite kontrolü, şantiye sevki ve montajı güvence içinde gerçekleşmesi için yüklenici ve imalatçı tarafından TS EN 1090 – 2 de bahsi geçen şartlara uygun olarak gerçekleştirilmeli gerekli raporlandırma işlemleri yapılmalıdır.

3.5 Tasarımda Temel İlkeler

Çelik yapıların analizi ve boyutlandırılması ile ilgili kurallar, genel esaslar **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 5** 'te detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Çelik yapı elemanları tasarımı gerçekleştirilirken **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 5** 'te bahsi geçen “Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)” veya “Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT)” tasarım prensiplerinden biri uygulanarak gerçekleştirilmelidir. Bu Yönetmelik bölümünde seçilen yaklaşımlara göre yük birleşimlerden bahsedilmiştir.

Çelik yapı elemanları yapının ömrü boyunca üzerine etki eden yükbirleşimlerini güvenle karşılayabilecek kararlılıkta (stabilite), gerekli dayanım ve rijitliğe sahip, kullanılabilirlik sınır durumlarını esaslarını yerine getirebilecek şekilde olmalıdır.

3.5.1 Stabilité analizi

Yapı sisteminin stabilité tasarımı, sistem genelinde veya elaman bazında geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisine bakılarak ikinci merteye teorisi'ne uygun analiz yapılarak hesaplanan iç kuvvet değerlerinin elemanların mevcut dayanımları ile karşılaştırılması durumudur. **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 6** da stabilité analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.5.2 Birleşimlerin tasarımı

TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 13 ve 14 te yapı sistemlerinin birleşim detayları hakkında bilgi verilmiştir. Yapıya etki eden iç kuvvet ve şekil değiştirmeler bu bölümdeki esaslar dikkate alınarak birleşim detayları güvenli bir şekilde gerçekleştirilecektir.

3.5.3 Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım

Yapı sistemi yük birleşimlerine maruz kaldığında kullanılabilirlik sınır durumlarını sağlaması gerekir. Bu konu **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 15'** te gerekli şartlar bahsedilmiştir.

3.5.4 Dayanım sınır durumları için tasarım

Yapı sistemi yük birleşimleri altında dayanım sınır durumları için tasarımda **TÇY 2016 Yönetmelik 5.3'**te verilen YDKT ve GKT yaklaşımlarından biri kullanılarak gerçekleştirilecektir. Yapı sistemlerine etki eden karakteristik yük değerleri TS498 'e göre belirlenecektir. Rüzgar yükleri için TS EN 1991-1-4, kar yükleri için TS EN 1991-1-3' te verilen esaslar gözönüne alınacaktır. Deprem bölgesinde yapılacak yapı sistemleri için TBDY2018" Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" yönetmeliğindeki koşullar esas alınacaktır.

Seçilen tasarım yüklerine bağlı olarak yapı sisteme etki eden yük birleşimleri GKT için **Yönetmelik Bölüm 5.3.2**, YDKT için **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 5.3.1'** deki değerlere uygun olarak oluşturulmalıdır.

Yük birleşimlerinde kullanılan semboller ve tanımlar aşağıdaki gibidir.

Q : Yapı sisteme etki eden hareketli yük

G : Yapı sistemi oluşturan elemanların ölü, sabit yükü ve diğer sabit yükler

Q_r : Yapının çatı kısmına etki eden hareketli yük

S : Yapı sistemine etki eden kar yükü

R : Yapı sistemine etki eden yağmur yükü

W : Yapı sisteme etki eden rüzgar yükü

E : Deprem bölgesinde yapıya etki eden deprem etkisi

F : Eğer varsa akışkan madde basınç yükü

T : Sıcaklık değişmesi sonucunda mesnet çökmesi etkileri

H : Yapı sisteme etki eden yatay zemin basıncı, zemin suyu basıncı

3.5.5 Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT)

YDKT yönteminde tüm yapı elemanları yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım R_u , elemanların tasarım dayanımından R_d eşit veya daha küçük olması prensibine dayanır. Buna göre YDKT yönteminde verilen koşul **Denk.(3.1)** dekine uygun olarak gerçekleştirilecektir. Bu kurallar hakkında detaylı bilgiler **TÇY 2016 Bölüm 5.2.2** 'de bahsedilmiştir.

$$R_u \leq R_d = \phi R_n \quad (3.1)$$

Terimlerin anlamları aşağıdaki gibidir.

R_u : Yapıya etkiyen YDKT yükbirleşimleri etkisi altında hesaplanan gerekli dayanım.

R_n : Karakteristik dayanım.

ϕ : Belirlenmiş dayanım katsayısı.

R_d : Tasarım dayanımıdır. ($= \phi R_n$)

YDKT yönteminde hesaplanan gerekli dayanım R_u aşağıdaki yükbirleşimleri ile hesaplanacaktır. Bu yük birleşimleri **TÇY 2016 Bölüm 5.2.1** 'de bahsedilmiş ve aşağıdaki gibi yükbirleşimleri oluşturulmuştur.

$$1.4G \quad (1)$$

$$1.2G + 1.6(S \text{ veya } Q_r \text{ veya } R) \quad (2a)$$

$$1.2G + 1.6Q + 0.5(S \text{ veya } Q_r \text{ veya } R) \quad (2b)$$

$$1.2G + 1.6Q(S \text{ veya } Qr \text{ veya } R) + (0.8W \text{ veya } Q) \quad (3)$$

$$1.2G + 1.0Q + 0.5(S \text{ veya } Qr \text{ veya } R) + 1.6W) \quad (4)$$

$$1.2G + 1.0Q + 0.2S + 1.0E \quad (5)$$

$$0.9G + 1.6W \quad (6)$$

$$0.9G + 1.0E \quad (7)$$

3.5.6 Güvenlik katsayıları ile tasarım (GKT)

GKT yönteminde tüm yapı elemanları yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım R_a , Güvenli dayanım R_g eşit veya daha küçük olması prensibine dayanır. Buna göre GKT yönteminde verilen koşul **Denk.(3.2)** dekine uygun olarak gerçekleştirilecektir. **TÇY 2016 Bölüm 5.3.2** 'de bu kurallar hakkında bilgi verilmiştir.

$$R_a \leq \frac{R_n}{\Omega} = R_g \quad (3.2)$$

Bu terimlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

R_a : Yapıya etkileyen GKT yük birleşimleri altında hesaplanan gerekli dayanım.

R_n : Karakteristik dayanım.

Ω : Belirlenen güvenlik katsayısı.

R_g : Güvenli dayanım ($= R_n/\Omega$).

GKT yönteminde hesaplanan gerekli dayanım R_a aşağıdaki yük birleşimleri ile hesaplanacaktır. Bu yük birleşimleri **TÇY 2016 Bölüm 5.3.1** 'de bahsedilmiş ve aşağıdaki gibi yük birleşimleri oluşturulmuştur.

$$G \quad (1)$$

$$G + Q \quad (2)$$

$$G + (S \text{ veya } Qr \text{ veya } R) \quad (3)$$

$$G + 0.75Q + 0.75(S \text{ veya } Qr \text{ veya } R) \quad (4)$$

$$G + 1.0W \quad (5a)$$

$$G + 0.7E \quad (5b)$$

$$G + 0.75Q + 0.75(S \text{ veya } Qr \text{ veya } R) + 0.75W \quad (6a)$$

$$G + 0.75Q + 0.75S + 0.75(0.7E) \quad (6b)$$

$$0.6G + W \quad (7)$$

$$0.6G + 0.7E \quad (8)$$

3.5.7 Kullanılabilirlik sınır durumları için tasarım

Kullanılabilirlik, dış etkiler ,yükler altında yapının dış görünümü bozulmaması, kendisinden beklenen fonksiyonları yerine getirmesi ve yeteri konforun sağlanması gibi tanımlanabilir. Kullanılabilirliğin sağlanması için **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 15'** te kullanılabilirlik sınır durumlarından bahsedilmiştir.

Yönetmelikte belirlenen yükbirleşimleri altında, yapı sisteminin ivme ve yerdeğiştirmesi gibi davranış büyüklüklerine ait sınır değerler ile kullanılabilirlik sınır durumları tanımlanmıştır.

Kullanılabilir sınır durumlarını kontrol edebilmek için **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 15'**te aşağıdaki gibi yük birleşimlerinden bahseder.

$$G + Q \quad (1)$$

$$G + 0.5S \quad (2)$$

$$G + 0.5Q \quad (3)$$

$$G + 0.5Q + W \quad (4)$$

G: Sabit (Ölü) yükler

Q: Hareketli yükler

S: Kar yükleri

W: Rüzgar yükleri

Yine yönetmelik **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 15'**te düşey ve yatay yerdeğiştirme kontrolleri, düşey titreşim kontrolleri, rüzgar etkisi altında konfor kontrolleri ve sıcaklık değişmelerinden oluşan yerdeğiştirmeler gibi konulardan bahsetmiştir.

3.5.8 Yerel burkulma sınır durumu için enkesitlerin sınıflandırılması

Yerel burkulma sınır durumu için enkesitlerin sınıflandırılması **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 5.4 '** te verilmiştir. Bu kısımda enkesitlerin eksenel kuvvet etkisi altında davranışlarını incelemiş ve belli bir şart getirmiştir. **TÇY 2016 Tablo 5.1A** ve

Tablo 5.1B de olması gereken eksenel kuvvet etkisi altında enkesit parçaların genişlik/kalınlık oranlarını ve sınır değerlerini vermiş.

3.6 Stabilite Tasarımı

Bu tasarım yöntemi sistem genelindeki geometrik değişimlerin eleman bazında ikinci mertebe teorisi ile analiz yapılmasını ve hesaplanan iç kuvvetlerin elemanların mevcut dayanımları ile karşılaştırılma prensibine dayanır.

Yapı sistemlerinin stabilite tasarımı hakkında temel şartlar ve analiz yöntemleri hakkında **TÇY 2016 Yönetmelik Bölüm 6** da detaylı bir şekilde anlatılmıştır.



4. ÇELİK YAPILARIN ANALİZİ

Bu bölümde TS648 Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları Yönetmeliği ile 2016 yılında yürürlüğe giren Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelikleri (TÇY 2016) ile tasarımı ve sistem analizi yapılacak olan yapıların genel özellikleri, taşıyıcı sistem bilgileri, malzeme özellikleri ve sistem analizi için gerekli yapıya etkiyen yatay ve düşey yük bilgileri verilmiştir. Yönetmelik ve şartnamelere göre bu özellikler belirlenmiştir. Yük birleşimleri belli kabullerle yönetmeliklere uygun bir şekilde oluşturulup yapı sistemi Sap2000 programı yardımıyla girilmiş ve sistem analizi gerçekleştirilmiştir. Sistem analizi, kar ve rüzgar yükü, kesit zorları ve modellerin ağırlık yönünden karşılaştırılması yapılmıştır.

4.1. Örnek Çelik Yapıların Genel Özellikleri

Bu kısımda, tek katlı tek açıklıklı çelik endüstri binası ile çok katlı çelik binanın düşey ve yatay yükler altında TS648 yönetmeliği ve TÇY 2016 yönetmeliğinde yer alan uygulama prensiplerinden Yük ve Dayanım Katsayısı ile Tasarım (YDKT) ve Güvenlik Katsayısı ile Tasarım (GKT) yaklaşımları uygulanarak yapı boyutlandırılacaktır.

Yük birleşimleri TS498, TÇY 2016 ve TBDY 2018 yönetmelikleri esas alınarak oluşturulacaktır.

Modellerde baz alınan yapı konumu Van ili, Tuşba ilçesi, Seyrantepe mahallesi 38.53° enleminde, 43.36° boylamında yer almaktadır. Mahal rakımı 1688 m olup, rüzgar etkileri için arazi katagorisi IV olarak öngörülmüştür.

Kar ve rüzgar yükleri TÇY 2016 yönetmeliğine göre TS EN 1991-1-3 ve TS EN 1991-1-4 standartları kullanılmış, TS648 için TS498 de yer alan kar ve rüzgar yükleri esas alınmıştır.

Deprem yükleri ise her iki yönetmelik için TBDY 2018 yönetmeliği dikkate alınmış ve Deprem Yük Birleşimleri bu yönetmeliğe göre uygulanmıştır.

Bu bilgiler dahilinde ilgili yönetmeliklerdeki tasarım yöntemleri uygulanarak Sap2000 programı yardımıyla analizi gerçekleştirilip uygun kesitler belirlenecektir.

4.2. Taşıyıcı Sistem Bilgileri

Endüstri çelik binası kısa doğrultuda deprem etkilerini süneklik düzeyi sınırlı tamamının moment aktaran çelik çerçevelerle karşılar. Uzun doğrultuda deprem etkilerini moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçevelerle süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılar.

Endüstri bina sistemi olarak, **TBDY2018** uyarınca **Bölüm 4 Tablo 4.1.** deki kısa doğrultuda C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, uzun doğrultuda C33. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar olarak seçilmiştir. (Bkz. Şekil 4.1)

Böylece ;

X Doğrultuda ; R: 4 D : 2,5

Y Doğrultuda; R: 4 D : 2

R : Taşıyıcı Sistem Davranış katsayısı

D : Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Çok katlı bina sistemi için;

TBDY2018 Bölüm 4 Tablo 4.1 de kısa doğrultuda (Y eksen) C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar, uzun doğrultuda (X eksen) C15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar olarak seçilmiştir. (Bkz. Şekil 4.1)

X Doğrultuda ; R: 6 D : 2,5

Y Doğrultuda ; R: 8 D : 3

Bina önem katsayısı, I her iki yapı türümüz içinde aynı olup **TBDY2018 Tablo 3.1** e göre konutlar, işyerleri, bina türü endüstri yapıları grubuna girdiği için 1.0 olarak alınmıştır.

C. ÇELİK BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
C1. Sınırlı Düzeyli Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
C12. Deprem etkilerinin tamamının <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> düşmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	8	2.5	BYS ≥ 2
C13. Deprem etkilerinin tamamının <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı binalar	5	2	BYS ≥ 4
C14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> düşmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	8	3	BYS ≥ 2
C15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.4.5)	6	2.5	BYS ≥ 2
C16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> çelik kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	4	2	–
C2. Sınırlı Düzeyli Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
C21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> düşmerkez veya burkulması önlenmiş merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.1.2)	6	2.5	BYS ≥ 4
C22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> çelik çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya <i>sınırlı düzeyli yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz. 4.3.1.2)	5	2	BYS ≥ 4
C3. Sınırlı Düzeyli Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.7)			
C31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>sınırlı düzeyli sınırlı</i> çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS ≥ 7
C32. Deprem etkilerinin tamamının <i>sınırlı düzeyli sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçevelerle karşılandığı binalar	3	2	BYS = 8
C33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>sınırlı düzeyli sınırlı</i> çelik çerçeveler ile <i>sınırlı düzeyli sınırlı</i> merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 7

Şekil 4. 1 TBDY2018 Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için sırasıyla R, D ve BYS değerleri

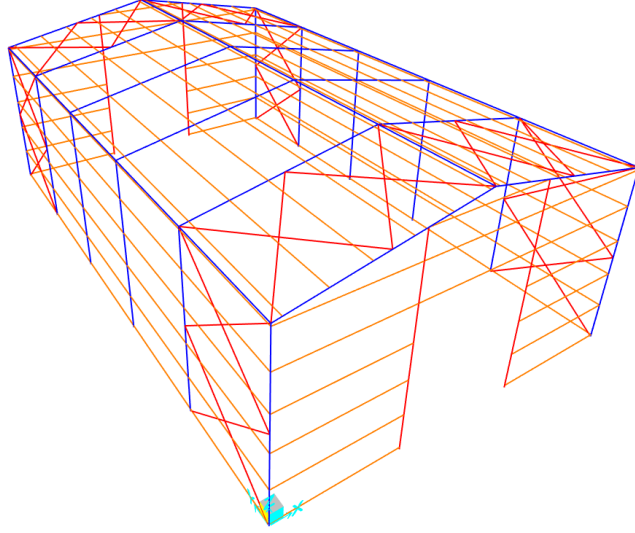
4.2.1 Endüstri bina özellikleri

Endüstri bina model bilgileri **Tablo 4.1** da verilmiştir. Üç boyutlu genel sistem görünüşleri ve çatı sistem planı her bir model için ayrı ayrı verilmiştir. Endüstri binası için Y yönünde yapıya etki eden yatay yükleri karşılaması için düşey ve yatay çapraz ve basınç boruları oluşturulmuştur. Stabilitate elemanları gerekli serbestlikler Sap2000 modeli üzerinde tanımlanmıştır.

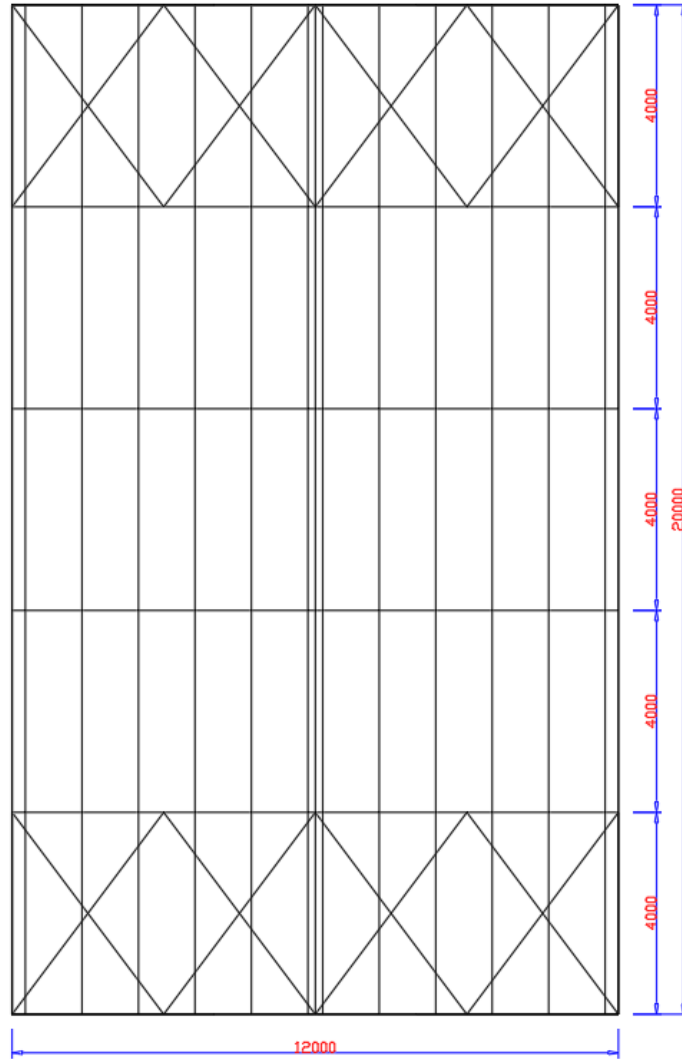
Tablo 4. 1 Endüstri bina özellikleri

Yapıya Ait Genel Bilgiler			
	MODEL 1	MODEL 2	MODEL 3
X Ekseni	12 m	24 m	2 x 12 m
Y Ekseni	20 m	42 m	20 m
Kat Adedi	Tek katlı	Tek katlı	Tek katlı
Kolon Yüksekliği	6 m	6 m	6 m
Bina Mahya Kotu	+7,2 m	+8,4 m	+7,2 m
Kolon	12 adet	16 adet	18 adet
Kiriş	12 adet	16 adet	24 adet
Bina açıklığı	12 m	24 m	12 m
Aşık açıklığı	4 m	6 m	4 m
Aşık aralığı	1140 mm	1200 mm	1140 mm
Çatı eğimi	11,31 ⁰	11,31 ⁰	11,31 ⁰
Çatı Tipi	Çift Eğimli	Çift Eğimli	Çok Eğimli

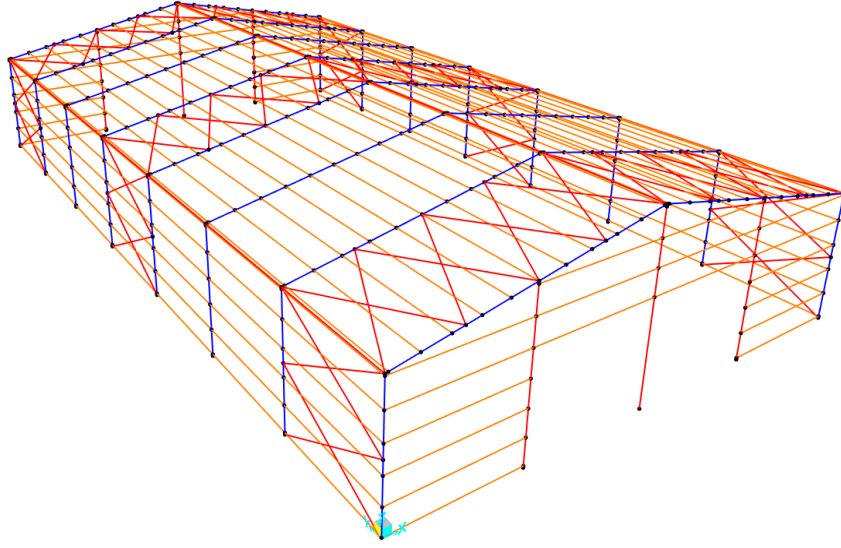
Üç boyutlu genel sistem görünüşüyle, çatı sistem planı sırasıyla Model 1 için; **Şekil 4.2** ve **Şekil 4.3** , Model 2 için **Şekil 4.4** ve **Şekil 4.5** de , Model 3 için ise **Şekil 4.6** ve **Şekil 4.7** de verilmiştir.



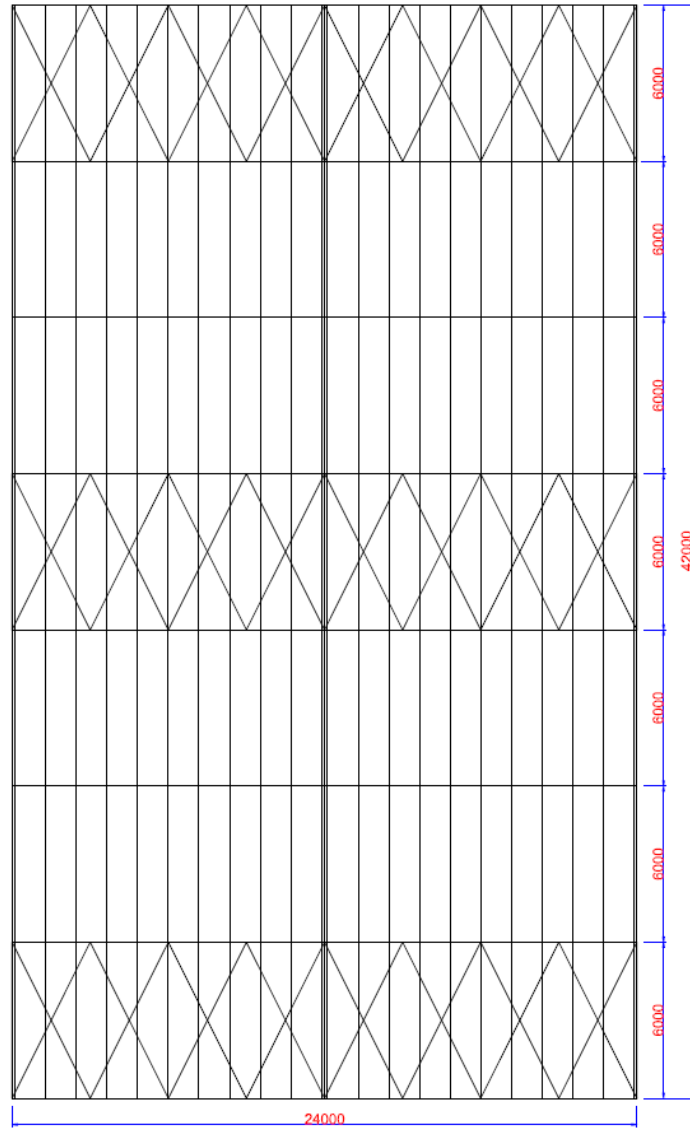
Şekil 4. 2 (Model 1) Üç boyutlu genel sistem görünüşü



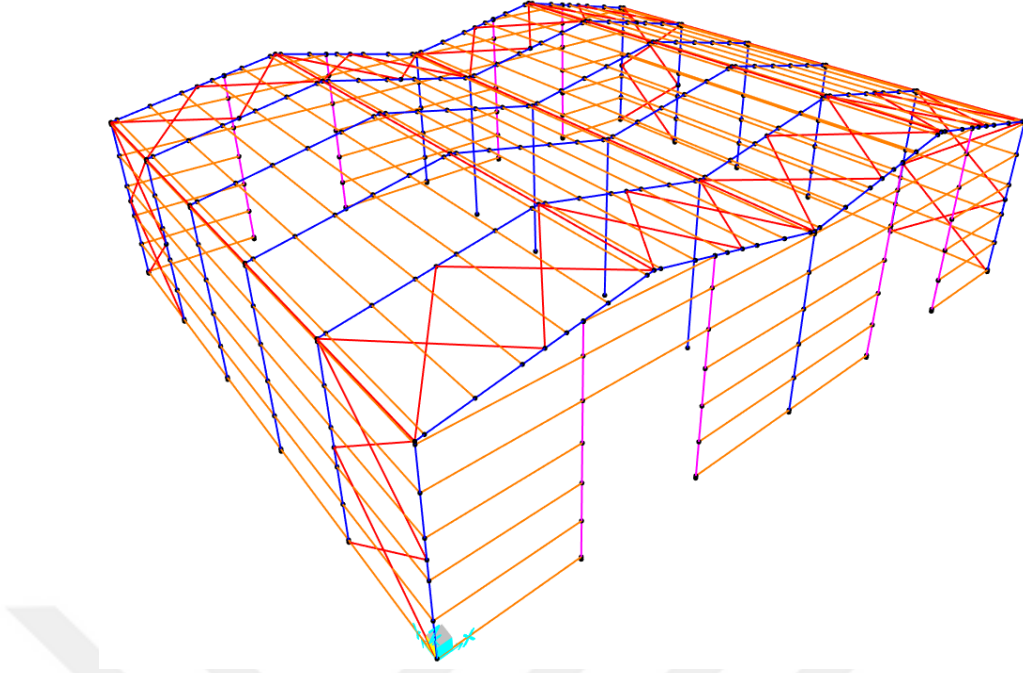
Şekil 4. 3 (Model 1) Çatı sistem planı



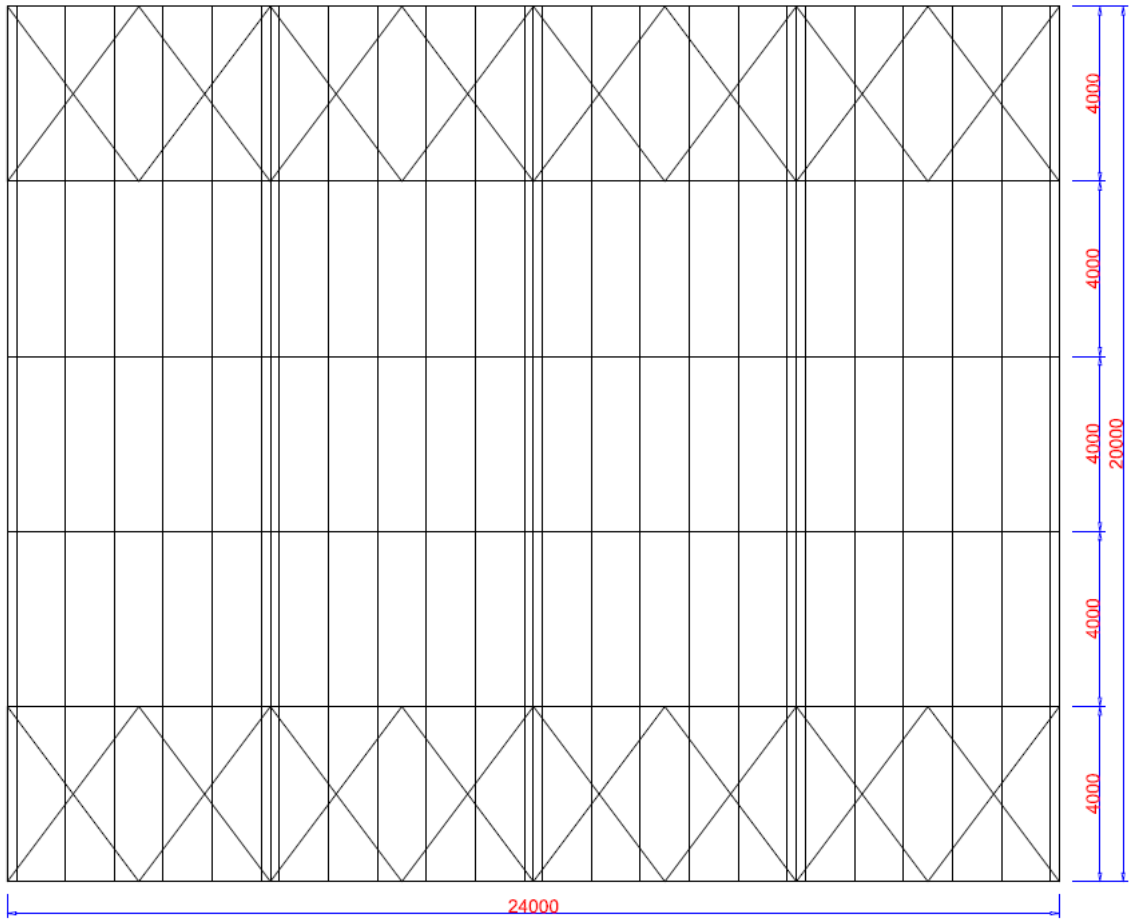
Şekil 4. 4 (Model 2) Üç boyutlu genel sistem görünüşü



Şekil 4. 5 (Model 2) Çatı sistem planı



Şekil 4. 6 (Model 3) Üç boyutlu genel sistem görünüşü



Şekil 4. 7 (Model 3) Çatı sistem planı

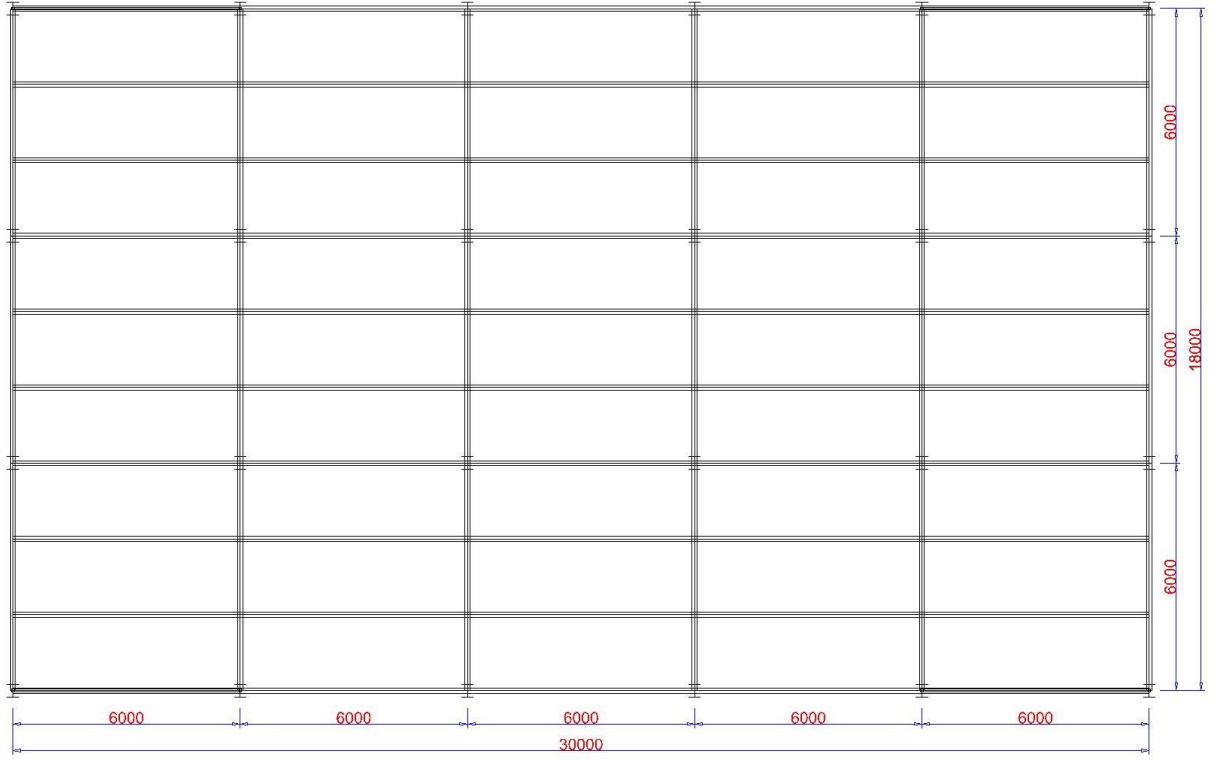
4.2.2 Çok katlı çelik yapıların özellikleri

Çok katlı bina model bilgileri **Tablo 4.2** de verilmiştir. Sistemde X eksenini doğrultusunda merkezi çelik çaprazlar kullanılmış. X eksenini doğrultusunda tali kirişler mafsallı tanımlanmıştır. Tüm kolonlar mesnetleri temele ankestre olacak şekilde serbestlikleri düzenlenmiştir.

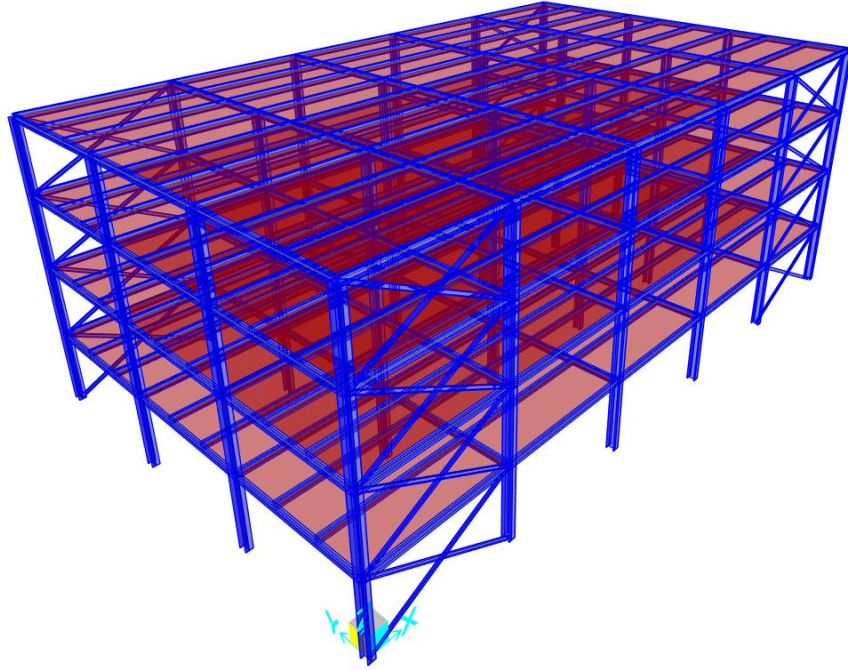
Tablo 4. 2 Çok katlı bina özellikleri

	MODEL 4	MODEL 5	MODEL 6	MODEL 7
X Eksenini	30 m	30 m	24 m	24 m
Y Eksenini	18 m	18 m	24 m	24 m
Kat Adedi	4 Katlı	8 Katlı	4 Katlı	8 Katlı
Kat Yüksekliği	3 m	3 m	3 m	3 m
Bina Yüksekliği	12 m	24 m	12 m	24 m

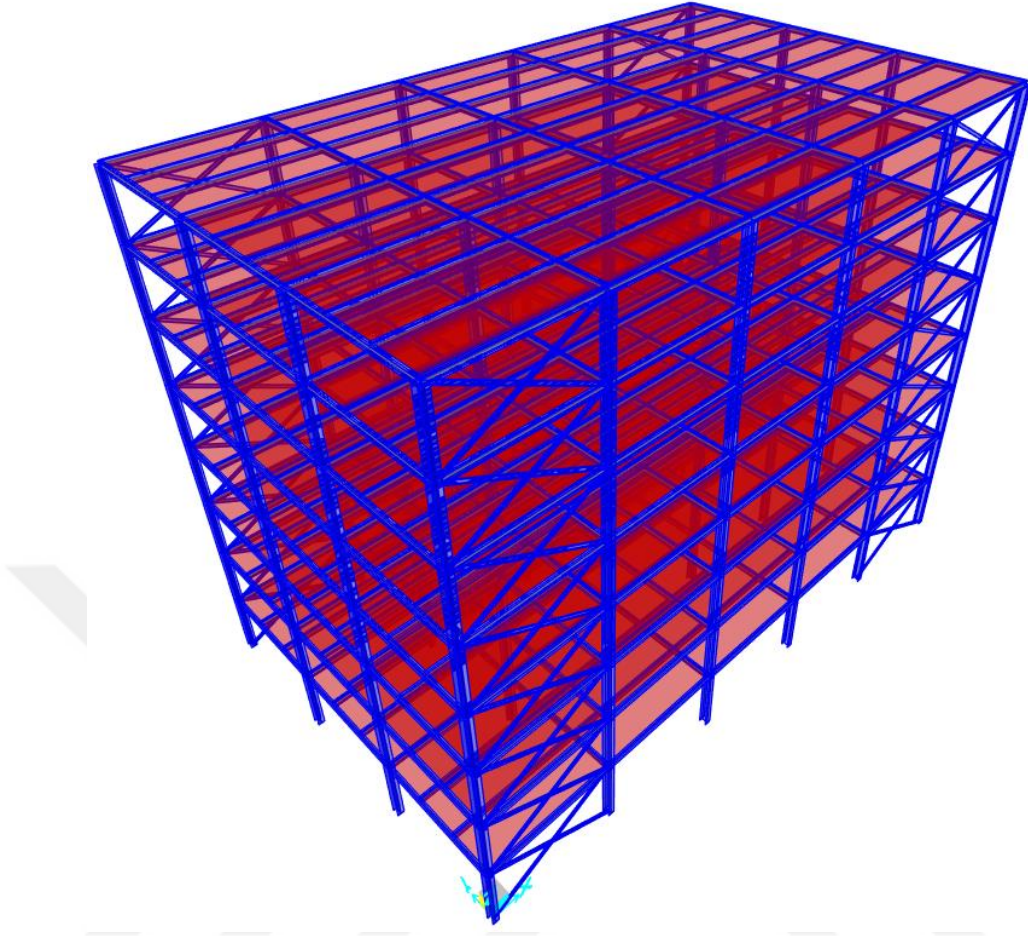
Model 4 ve Model 5 ‘in kat planı aynı olup **Şekil 4.8** verilmiştir. Üç boyutlu genel sistem görünüşleri sırasıyla **Şekil 4.9**, **Şekil 4.10** daki gibidir. Yine aynı şekilde **Şekil 4.11** deki kat planı Model 6 ve Model 7’ e aittir. Model 6 için üç boyutlu genel sistem görünüşü **Şekil 4.12**, Model 7 ye ait görünüş ise **Şekil 4.13** de gösterilmiştir.



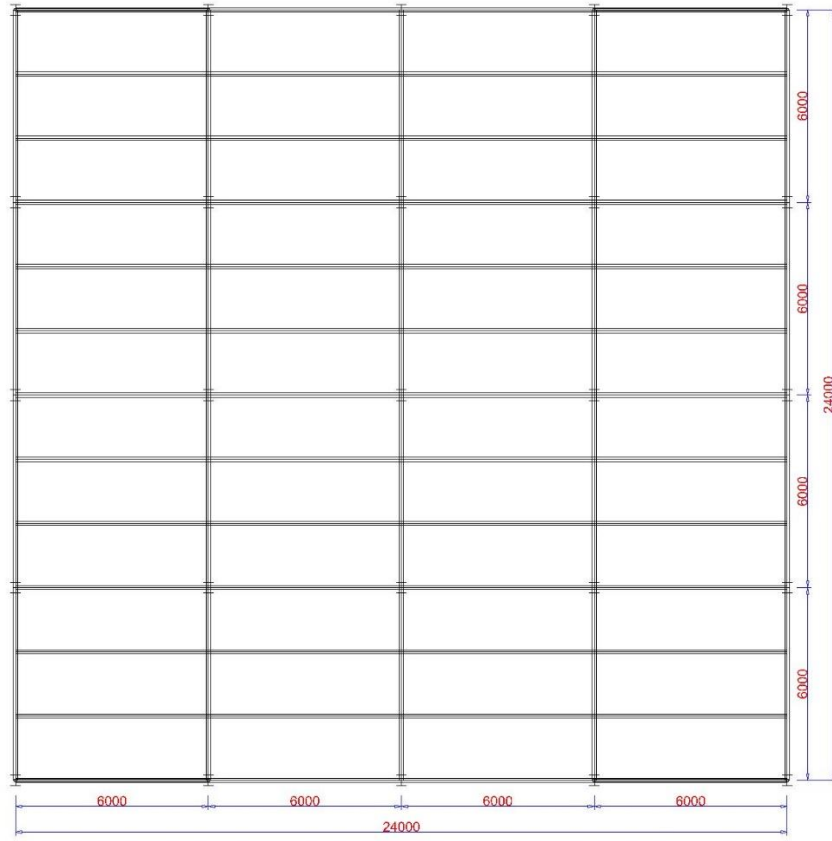
Şekil 4. 8 (Model 4 ve Model 5) Kat Planı



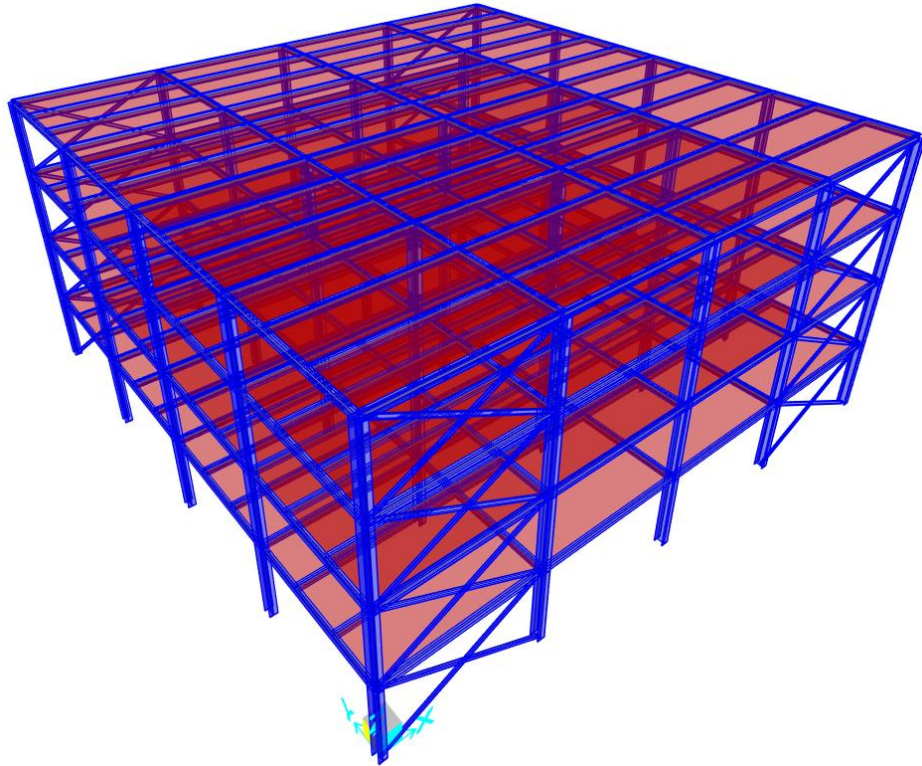
Şekil 4. 9 (Model 4) Üç boyutlu genel sistem görünüşü



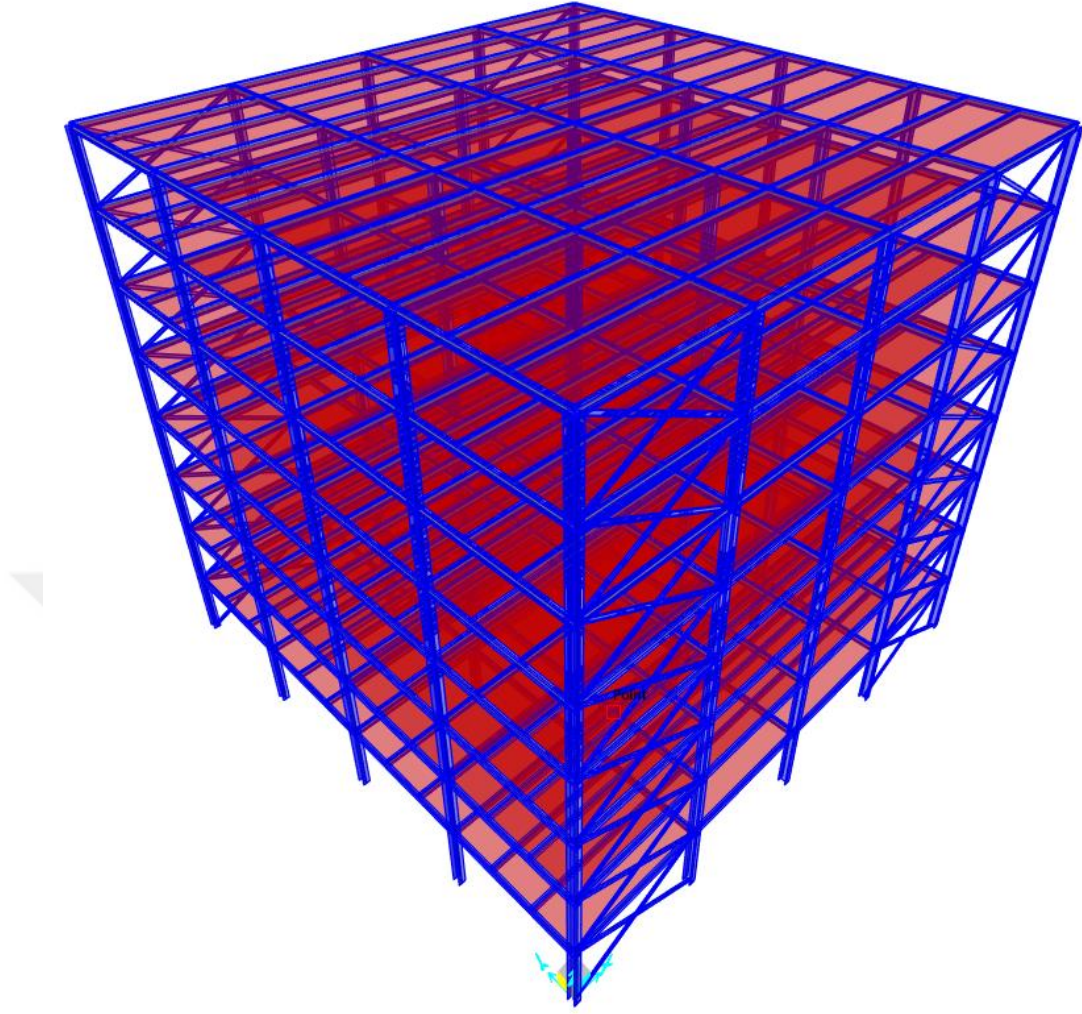
Şekil 4. 10 (Model 5) Üç boyutlu genel sistem görünüşü



Şekil 4. 11 (Model 6 ve Model 7) Kat Planı



Şekil 4. 12 (Model 6) Üç boyutlu genel sistem görünüşü



Şekil 4. 13 (Model 7) Üç boyutlu genel sistem görünüşü

Kullanılan yönetmelikler

TÇY 2016	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları 2016
TS498	Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap
Değerleri	
TBDY2018	Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar
TS648	Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
TS EN 1991-1-3	Yapılar üzerindeki etkiler Kar Yükleri
TS EN 1991-1-4	Yapılar üzerindeki etkiler Rüzgar Etkileri

4.2.3. Malzeme özellikleri

Çelik kalite sınıfı S235 olarak tanımlanıp Europe EN 1993-1-1 per EN 10025-2 Standartlarına uygun olarak tanımlanmıştır. Aşağıdaki gibi yapısal çeliğin karakteristik değerleri sisteme tanımlanmıştır.

Akma gerilmesi, F_y : 235 N/mm^2

Çekme gerilmesi, F_u : 360 N/mm^2

Elastisite modülü, E : 2100 kN/cm^2

Poisson oranı, $U = 0.3$

4.3. TÇY 2016 ve TS648 Yönetmeliklerine Göre Yükler

Bu bölümde yapılara etkiyebilecek olası yükler yönetmeliklerdeki yer alan şartlara göre hesaplanacaktır. Deprem yükü tüm sistem analizinde TBDY2018 yönetmeliği dikkate alınacaktır.

TS648 yönetmeliğine uygun analizi gerçekleştirilen yapı sistemlerinde düşey yükler, rüzgar ve kar yükleri TS498 yönetmeliğine uygun bir şekilde hesaplanacaktır.

TÇY 2016 yönetmeliği rüzgar yükü için TS EN 1991-1-4 yönetmeliği ve kar yükleri için TS EN 1991-1-3 yönetmelikleri uygulanmasını uygun görür. Buna binaen GKT ve YKT ile çözümlerde bu yönetmelikler dikkate alınacaktır. Düşey yükler içinse TS498 yönetmeliği kullanılacaktır.

4.3.1 Yükler

Yapı sistemine bir çok yük etki eder. Bu yükleri en ekonomik şekilde taşıması için en ideal tasarım yapılmalıdır. Buda yapıya etkiyen yüklerin iyi belirlenmesinden geçer.

Bu yükler dört ana başlıkta incelenebilir;

- Kalıcı (sabit, öz, ölü, zati) yükler : Yapı elemanların kendi, öz ağırlıklarıdır. (Duvar, döşeme, eleman ağırlıkları vb.)
- Hareketli yükler : Yapıya zaman zaman etkiyen ve yer değiştiren yüklerdir. Statik yük olarak da tanımlanır. (Eşya, insan, kar yükleri)
- Yatay yükler : Yapıya yatay olarak etkiyen statik veya dinamik yüklerdir. (Rüzgar , sıvı yükü, deprem yükü)
- Diğer yükler (Buz yükleri, sıcaklık farkıyla oluşan yükler)

4.3.1.1 Sabit yükler

Çelik yapı sistem elemanlarının ağırlıkları SAP2000 programı yardımıyla tanımlanmış ve sabit yüke dahil edilmiştir. Yapılara ait diğer yükler aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Endüstri Binası için (Model 1, Model 2, Model 3) ;

Çatı ve cephe kaplama ağırlığı (Cover) = 50 kg/m²

Çok Katlı Bina için (Model 4, Model 5, Model 6, Model 7) ;

Çatı katı döşemesi $g = 3,8 \text{ kN/m}^2$

Normal kat döşemesi $g = 4,2 \text{ kN/m}^2$

Dış duvar $g = 3 \text{ kN/m}^2$

4.3.1.2 Hareketli Yükler

Endüstri binası için öngörülen herhangi bir hareketli yük yoktur. Çok katlı binalarda ise çatı katı döşemesi ve normal kat döşemesine etki edebilecek hareketli yükler tanımlanmıştır.

Endüstri Binası için (Model 1, Model 2, Model 3) ;

Hareketli yük tanımlanmamıştır.

Çok Katlı Bina için (Model 4, Model 5, Model 6, Model 7) ;

Çatı katı döşemesi $q = 1 \text{ kN/m}^2$

Normal kat döşemesi $q = 2 \text{ kN/m}^2$

4.3.1.3 Kar yükü

Model 1 ve Model 2 çift eğimli çatıya sahiptir. İki yönetmelikte de bu durum için kar yükü hesap kurallarına yer vermiştir.

Model 3 endüstri binası çok eğimli çatı olduğu için açıklık ortasında kar birikmesi olacaktır. Kar birikme hesabı sadece TS EN 1991-1-3 detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Örnek üzerinde aşağıda gösterilecektir.

Model 4, Model 5, Model 6 ve Model 7 çok katlı binalarda kar yükü dikkate alınmamıştır.

4.3.1.3.1 TS EN 1991-1-3 yönetmeliğine göre kar yükü hesabı;

Kar yükünü belirlemek için öncelikle bölgenin topoğrafik yapısına göre tavsiye edilen C_e değeri belirlenmelidir. TS EN 1991-1-3 Bölüm 5.2 Çizelge 5.1 e göre topoğrafi yapı normal koşulunu sağladığı kabul elip C_e değeri 1.0 olarak alınmıştır.

TS EN 1991-1-3 Bölüm 1.6.1 de yıllık %2 aşılma ihtimali olan zemin yüzeyindeki kar ağırlığı S_k sembolüyle gösterilir. Bu tanıma göre aynı yönetmelikte Bölüm 4.1 de zemin yüzeyindeki kar ağırlığı S_k ; TS EN 1991-1-3 Ek MA Çizelge MA.1 (Bkz. Tablo 4.3) e göre:

Rakım 1688 m ve IV bölgede karakteristik zemin kar yükü değeri

$$S_k = 1,60 \times 1,15 = 1,84 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak belirlenir.}$$

Tablo 4. 3 TS EN 1991-1-3 Çizelge MA.1 - Karakteristik zemin kar yükü (s_k) değerleri kN/m² (*)

	1	2	3	4	5
1	Yapı yerinin denizden	BÖLGELER			
	m	I	II	III	IV
	≤ 200	0,75	0,75	0,75	0,75
2	300	0,75	0,75	0,75	0,80
	400	0,75	0,75	0,75	0,80
	500	0,75	0,75	0,75	0,85
3	600	0,75	0,75	0,80	0,90
	700	0,75	0,75	0,85	0,95
	800	0,80	0,85	1,25	1,40
4	900	0,80	0,95	1,30	1,50
	1000	0,80	1,05	1,35	1,60
5	> 1000	1000 m'ye tekabül eden değerler, 1500 m'ye kadar % 10, 1500 m'den yukarı yüksekliklerde % 15 artırılır.			
* Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır alınır.					

TS EN 1991-1-3 Bölüm 5.2(3) e göre, çatı yüzeyindeki kar ağırlığı, S

$$S = \mu_i C_e C_t S_k \quad (4.1)$$

Buradaki C_e maruz kalma katsayısı olup TS EN 1991-1-3 Çizelge (5.1) (Bkz. Tablo 4.3) e göre topoğrafik bölge sınıfı normal topoğrafik alan için, $C_e = 1.0$ olarak belirlenmiştir.

Isı katsayısı C_t , TS EN 1991-1-3 Bölüm 5.2(8) e göre, $C_t = 1.0$ olarak alınmıştır.

$$S = \mu_i(1.0)(1.0)S_k$$

$$S = \mu_i S_k$$

Tablo 4. 4 TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.1 - Farklı topoğrafik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri

Topoğrafik bölge	C_e
Rüzgara açık ^a	0,8
Normal ^b	1,0
Korunmuş ^c	1,2

Kar yükü şekil katsayısı μ_i TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.2 (Tablo 4. 4) de çatı eğimine bağlı olarak değeri verilmiştir.

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$

$$0^\circ \leq \alpha = 11,31^\circ \leq 30^\circ$$

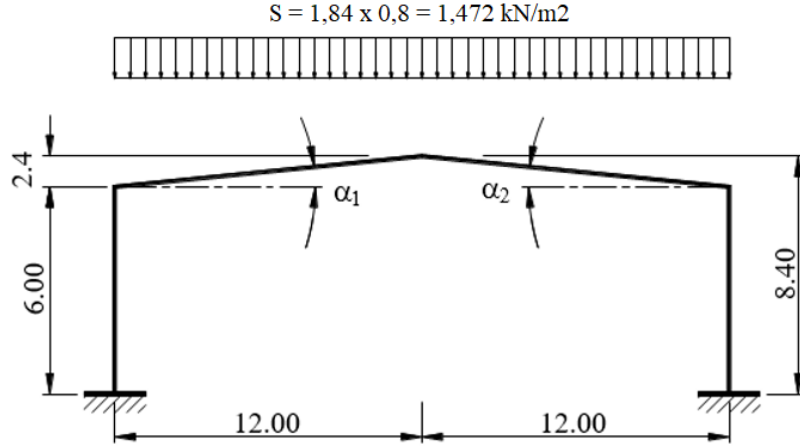
$$\mu_1 = 0.80$$

Tablo 4. 5 TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.2 - Kar yükü şekil katsayıları

Çatı eğim açısı, α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 (60-\alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8+0,8 \alpha/30$	1,6	--

$$S = \mu_i S_k$$

$$S = 1,84 \times 0,8 = 1,472 \text{ kN/m}^2$$



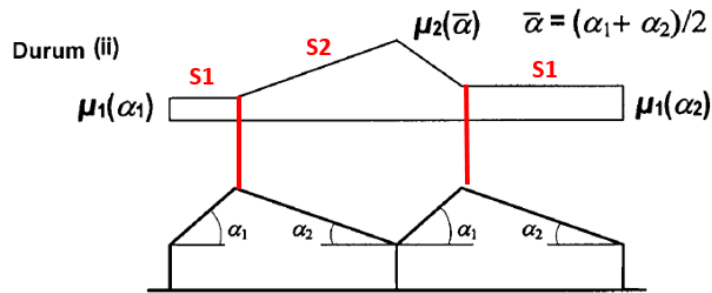
Şekil 4. 14 Kar yükü yayılışı

Model 1, Model 2 de endüstri yapısı çift eğimli çatıya sahip olduğu için kar yükü değeri $S = 1,472 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Model 3 de çok eğimli çatı olduğu için iki açıklık ortasında kar birikmesi olacaktır.

Model 3 için kar yükü hesabı

TS EN 1991-1-3 Bölüm 5.3.4 uyarınca çok eğimli çatıların kar birikmesi hesabı Çizelge 5.4 deki gibi hesaplanır.



Şekil 4. 15 TS EN 1991-1-3 Çizelge 5.4 Kar yükü şekil katsayıları – çok eğimli çatı

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha \quad 0^\circ \leq \alpha = 11,31^\circ \leq 30^\circ \quad \mu_1(\alpha) = 0.80$$

$$\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2)/2 = 11,31^\circ \quad 0^\circ \leq \alpha = 11,31^\circ \leq 30^\circ$$

$$\mu_2(\alpha) = 0.80 + 0,8 \times 11,31/30 = 1,1$$

$$S = \mu_i S_k$$

$$S_1 = 1,84 \times 0,8 = 1,472 \text{ kN/m}^2$$

$$S_2 = 1,84 \times 1,1 = 2,026 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak biriken karların yükü hesaplanır.}$$

Çok Katlı Binalarda Model 4, Model 5, Model 6 ve Model 7 de kar yükü dikkate alınmamıştır.

4.3.1.3.2 TS648 ve TS498 yönetmeliğine göre kar yükü;

TS498 yönetmeliği Çizelge 4 de göre 1688 m ve IV bölgede zati kar yükü (P_{ko}) değeri $P_{ko} = 1,60 \times 1,15 = 1,84 \text{ kN/m}^2$ olarak bulunmuştur.

$$P_k = m P_{ko} \quad \alpha = 11,31^\circ \quad m = 1 \quad (\text{TS 498 Bölüm 7})$$

$$P_k = 1 \times 1,84 = 1,84 \text{ kN/m}^2$$

P_k : kar yükü hesap değeri

m değeri TS 498 Çizelge 3'den alınmıştır. (Tablo 4.5)

Tablo 4. 6 TS 498 Çizelge 3 Çatı Eğimine (α) bağlı azaltma değeri (m)

α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0-30°	1,0									
30°	1,00	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85	0,82	0,80	0,77
40°	0,75	0,72	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,57	0,55	0,52
50°	0,50	0,47	0,45	0,42	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30	0,27
60°	0,25	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,07	0,05	0,02
70° - 90°										

Model 1, Model 2 de endüstri yapısı çift eğimli çatıya sahip olduğu için kar yükü değeri $S = 1,84 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Model 3 de çok eğimli çatı için TS498 de detaylı bir bilgiye yer verilmemiştir. Bu sebeple $S = 1,84 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır.

Çok katlı binalarda yani **Model 4, Model 5, Model 6 ve Model 7 de** kar yükü dikkate alınmamıştır.

4.3.1.4 Rüzgar yükü

Rüzgar yükleri yapıya yatay olarak etkiyen dinamik yüküdür. TS498 Bölüm 11 de rüzgar yükü hesap değerlerinden bahsedilmiştir. TS EN 1991-1-4 yönetmeliğinde ise

yapıya etkiyen rüzgar yükleri daha detaylı gerçeğe yakın bir şekilde açıklanmıştır. İki yönetmeliğe göre rüzgar hesabı aşağıda endüstri binası örneği üzerinden açıklanmıştır.

4.3.1.4.1 TS EN 1991-1-4 yönetmeliğine göre rüzgar yükü hesabı;

Model 1 için rüzgar yükü değerini hesaplayalım.

TÇY 2016 Yönetmelik 5.3 rüzgar hızının temel değeri, $V_{b,0} = 28$ m/sn (100 km/sa) den ve binanın ana taşıyıcı sistemine, dış cephe kaplamalarına etki eden karakteristik rüzgar yükleri 0.50 kN/m^2 den az olmayacaktır der. Buna binaen rüzgar hızının temel değeri $V_{b,0} = 28$ m/sn (100 km/sa) olarak alınmıştır. Esas rüzgar hızı hesabı için TS EN 1991-1-4 (4.1) deki denklem kullanılacaktır.

$$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0} \quad \text{TS EN 1991-1-4 (4.1)}$$

TS EN 1991-1-4 Yönetmelikte C_{dir} , doğrultu katsayısı ve C_{season} , mevsim katsayısı değerleri 1.0 alınması tavsiye edilmiştir. Bu iki değer 1.0 alındığında esas rüzgar hızı $V_b = V_{b,0} = 28 \text{ m/sn}$ olarak bulunur.

Arazide yer seviyesinden z metre yükseklikte ortalama rüzgar hızı $V_m(z)$, hesaplamak için orografik özellikleri, arazinin engebeliği ve esas rüzgar hızı V_b değerleri TS EN 1991-1-4 Çizelge (4.1) de gibi aşağıda hesaplanmıştır. Çizelge (4.1) de kategori II de “Çayır gibi az seviyee bitki örtüsü olan ve aralarında en az engel yüksekliğinin 20 katı kadar mesafe bulunan engellere (ağaçlar,binalar) sahip alan“

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 2 \text{ m}$$

Bu çelik binada, $z = 7,2 \text{ m}$

$$z_{min} = 2 \text{ m} \leq z = 7,2 \text{ m} \leq z_{maks} = 200 \text{ m}$$

$$k_r = 0.19 \left(\frac{z_0}{z_{0,\pi}} \right)^{0.07} = 0.19 \left(\frac{0.05}{0.05} \right)^{0.07} = 0.19 \quad \text{TS EN 1991-1-4(4.5)}$$

$$c_r(z) = k_r \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0.19 \ln \left(\frac{7.2}{0.05} \right) = 0.944 \quad \text{TS EN 1991-1-4(4.4)}$$

Arazi orografisi için TS EN 1991-1-4 Bölüm 4.3.3 de orografinin rüzgar hızını arttırmadığı düşünüldüğünde orografi katsayısı, $c_o(z)$, TS EN 1991-1-4 Bölüm 4.3.1, Not 1' e göre tavsiye değer olan 1.0 olarak alınmalıdır.

Ortalama rüzgar hızı, $V_m(z)$,

$$V_m(z) = c_r(z)c_0(z)V_b \quad \text{TS EN 1991-1-4(4.3)}$$

$$V_m(z) = 0,944 \times 1 \times 28 = 26,44 \text{ m/sn}$$

z metre yükseklikteki, ortalama ve kısa süreli hız değişikliklerini içeren tepe hız rüzgar basıncı, $q_p(z)$ TS EN 1991-1-4 Bölüm 4.4 ile , rüzgar türbilans şiddetini de Bölüm 4.5 de verilen formüllere göre hesaplanır.

Bunun için, z metre yükseklikteki türbülans şiddeti, $I_v(z)$

$$z_{min} = 2 \text{ m} \leq z = 7,2 \text{ m} \leq z_{maks} = 200 \text{ m} \text{ olduğundan.}$$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1.0}{1.0 \ln\left(\frac{7,2}{0.05}\right)} = 0,201 \quad \text{TS EN 1991-1-4(4.7)}$$

$$q_p(z) = (1 + 7I_v(z)) \frac{1}{2} \rho V_m^2(z) = c_e(z) q_b \quad \text{TS EN 1991-1-4(4.8)}$$

$$q_p(z) = (1 + 7(0,201)) \frac{1}{2} 1,25 (26,44)^2 10^{-3}$$

$$q_p(z) = 1,052 \text{ kN/m}^2$$

Bina dış yüzeylere etkiyen rüzgar basıncı W_e , TS EN 1991-1-4 Bölüm 5.2 de tepe rüzgar basıncı, $q_p(z)$, referans yüksekliği, (z_i) ve yüzeylere etkiyen dış ve iç rüzgar basınçları, TS EN 1991-1-4 Denk.(5.1) ve Denk.(5.2) de verilmektedir.

$$W_e = q_p(z_e) c_{pe} \quad \text{TS EN 1991-1-4 (5.1)}$$

Burada;

$q_p(z_e)$ Tepe rüzgâr basıncı,

z_e TS EN 1991-1-4 Bölüm 7’de ifade edilen dış basınç için referans yükseklik,

c_{pe} TS EN 1991-1-4 Bölüm 7’de iç basınç için verilen basınç katsayısıdır.

Bir yapının iç yüzeylerine etkiyen rüzgâr basıncı w_i , Denk. (5.2) kullanılarak hesaplanmalıdır.

$$W_i = q_p(z_i) c_{pi} \quad \text{TS EN 1991-1-4 (5.2)}$$

Burada;

$q_p(z_i)$ Tepe hız kaynaklı rüzgâr basıncı,

z_i İç basınç için referans yükseklik,

c_{pi} İç basınç için verilen basınç katsayısıdır.

rüzgar



Şekil 4. 17 TS EN 1991-1-4 Şekil 7.5 e göre düşey duvar (cephe) etki bölgeleri

Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için yapının düşey duvarlarına ve çatıya etkiyen rüzgar yükünün belirlenmesi

$b = 20$ m (rüzgarı karşılayan dik boyut)

$d = 12$ m olmaktadır.

$e = \min(b; 2h) = \min(20; 2 \times 7,2 = 14,4)$

$e = 14,4$ m

$e = 14,4 > d = 12$ olduğundan düşey duvarda A, B, C etki bölgeleri için dış basınç katsayıları, c_{pe}

$h/d = 7,2/12 = 0,6 > 0,25$ olduğundan,

TS EN 1991-1-4 Çizelge (7.1) göre değerler aşağıda verilmiştir. Yönetmelikte Çizelge 7.1 Not 1 e göre tabloda değerler arasında interpolasyon uygulanabilir der. Bu durumda $h/d=0,6$ göre hesap yaptığımızda Tablo 4.7 deki değerler elde edilir.

Tablo 4. 7 Düşey duvarlar için $C_{pe,10}$ dış basınç katsayıları

BÖLGE	A	B	C	D	E
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,10}$
0,6	-1,20	-0,80	-0,50	0,75	-0,39

TS EN 1991-1-4 Bölüm 5.2 göre bir yapı elemanına veya duvara etkiyen net basınç , elemanların zıt yüzeylerde oluşan basınç farklarına eşittir. Basınçların yönleride dikkate alınmalıdır. Yüzey içinden uzaklaşan yöndeki basınç negatiftir. Yüzeye doğru oluşan basınç pozitif alınmalıdır.

İç basınç katsayısı, yönetmeliğe göre en gayrı müsait durum olan c_{pi} değeri +0,2 veya -0,3 alınmış ve aşağıda net basınç katsayıları hesaplanmıştır.

Tablo 4. 8 Düşey duvarlar için net basınç katsayıları, $c_{pi} = -0,3$ için

C_{pi}	-0,3				
Bölge	A	B	C	D	E
$C_{pnet}=C_{pe}-C_{pi}$	-0,9	-0,5	-0,2	1,05	-0,09

Tablo 4. 12 Çatı için c_{pnet} , net basınç katsayıları, ($c_{pi} = +0.2$) için

C_{pi}	0,2				
Bölge	F	G	H	I	J
$C_{pnet}=C_{pe}-C_{pi}$	-1,40	-1,15	-0,61	-0,67	-1,05

Yukarıda belirlenenen iç ve dış rüzgar basınç katsayıları referans yüksekliklere bağlı olarak aşağıda verilen denklemden rüzgar basınçları hesaplanır. TS EN 1991-1-4 (5.2) denkleminde de c_{pi} elde edilen değerler. Yeni denklemimiz Denk. (4.2) deki gibi olacaktır.

$$w(z) = c_{net} q_p(z) \quad (4.2)$$

$q_p(z) = 1,05 \text{ KN/m}^2$ olarak bulmuştuk. En elverişsiz rüzgar basınçlarına göre bölgelere etkiyen rüzgar basınçları Tablo 4.13 de hesaplanmıştır.

Tablo 4. 13 Rüzgar Yönü $\theta = 0^\circ$ için bölgelere etkiyen rüzgar yükü

Rüzgar Yönü $\theta = 0^\circ$ İçin Rüzgar Yükü					
Bölge	A	B	C	D	E
Yükler KN/m^2	-1,47	-1,05	-0,74	1,1	-0,62
Bölge	F	G	H	I	J
Yükler KN/m^2	-1,47	-1,21	-0,64	-0,71	-1,11

Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için yapının düşey duvarlarına ve çatıya etkiyen rüzgar yükünün belirlenmesi

$b = 12 \text{ m}$ (rüzgarı karşılayan dik boyut)

$d = 20 \text{ m}$ olmaktadır. Bu durumda,

$e = \min(b; 2h) = \min(12; 2 \times 7,2 = 14,4)$

$e = 12 \text{ m}$

$e = 12 < d = 20$ e değeri d 'den küçük çıktığı için düşey duvarda A, B, C etki bölgeleri oluşur. Bu bölgelerdeki dış basınç katsayıları, c_{pe}

$h/d = 7,2/20 = 0,36 \geq 0,25$ olduğundan,

TS EN 1991-1-4 Çizelge (7.1) göre, hesaplanan değerler aşağıda verilmektedir.

Tablo 4. 14 Düşey duvarlar için dış basınç katsayıları

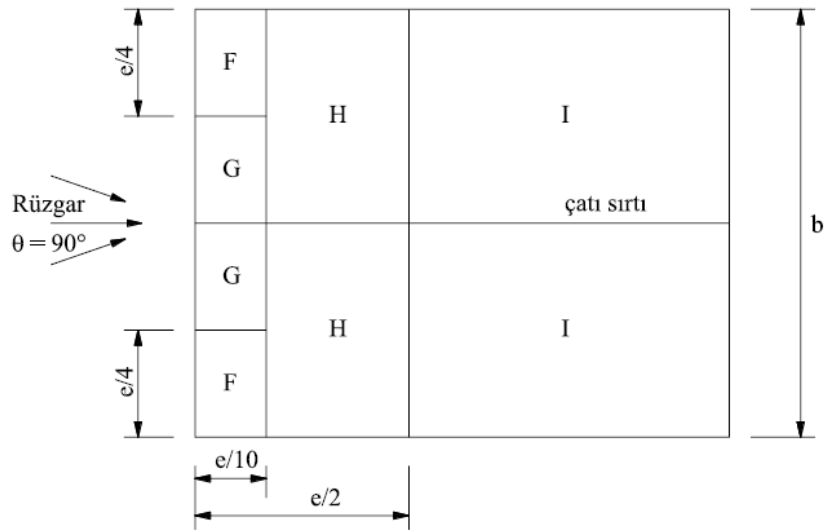
Bölge	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,71	-0,33

Tablo 4. 15 Düşey duvarlar için net basınç katsayıları

C_{pi}	-0,3				
Bölge	A	B	C	D	E
$C_{pnet}=C_{pe}-C_{pi}$	-0,9	-0,5	-0,2	1,01	-0,03

Tablo 4. 16 Düşey duvarlar için net basınç katsayıları

C_{pi}	0,2				
Bölge	A	B	C	D	E
$C_{pnet}=C_{pe}-C_{pi}$	-1,4	-1	-0,7	0,5	-0,53

**Şekil 4. 19** - Rüzgâr yönü $\theta = 90^\circ$ için etki bölgeleri**Tablo 4. 17** Çatı için $c_{pe,10}$ dış basınç katsayıları

Bölge	F	G	H	I
$C_{pe} (\alpha=5^\circ)$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
$C_{pe} (\alpha=15^\circ)$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
$C_{pe} (\alpha=11,31^\circ)$	-1,41	-1,30	-0,64	-0,54

Çatı için c_{pe} katsayıları TS EN 1991-1-4 Çizelge (7.4b) den çatı eğim açısı, $\alpha=11,31^\circ$ için 5° ve 15° değerleri arasında interpolasyon yapılarak, her bölge için gerekli olan dış basınç katsayıları belirlenmiştir.

Tablo 4. 18 Çatı için net basınç katsayıları

C _{pi}	-0,3			
Bölge	F	G	H	I
C _{pnet} =C _{pe} -C _{pi}	-1,11	-1,00	-0,34	-0,24

Tablo 4. 19 Çatı için net basınç katsayıları

C _{pi}	0,2			
Bölge	F	G	H	I
C _{pnet} =C _{pe} -C _{pi}	-1,61	-1,50	-0,84	-0,74

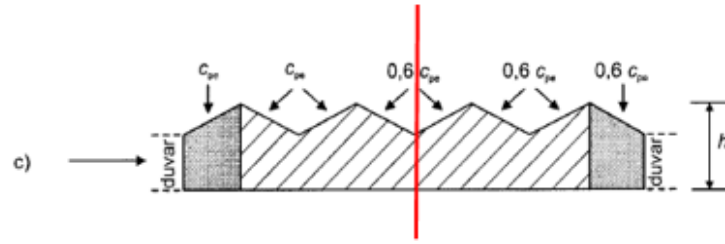
En elverişsiz rüzgar basınçları Tablo 4.19 de hesaplanmıştır.

Tablo 4. 20 Rüzgar Yönü $\theta = 90^\circ$ için bölgelere etkiyen rüzgar yükü

Rüzgar Yönü $\theta = 90^\circ$ İçin Rüzgar Yükü					
Bölge	A	B	C	D	E
Yükler KN/m ²	-1,47	-1,05	-0,74	1,07	-0,56
Bölge	F	G	H	I	
Yükler KN/m ²	-1,69	-1,58	-0,88	-0,78	

Rüzgar basınçları, en elverişsiz duruma göre hesaplanmış ve bina geometrisi üzerinde Şekil 4.21, Şekil 4.22 de gösterilmiştir.

Model 3 endüstri binasına etkiyen rüzgar yükleri TS EN 1991-1-4 de Şekil 7.10 a göre çok eğimli binaların çatıda 0,6 oranın da küçültülmesi vurgulanmıştır. (Şekil 4.20)

**Şekil 4. 20** TS EN 1991-1-4 de Şekil 7.10 (c) maddesi**Tablo 4. 21** Model 3 - Rüzgar Yönü $\theta = 0^\circ$ için bölgelere etkiyen rüzgar yükü

Rüzgar Yönü $\theta = 0^\circ$ İçin Rüzgar Yükü						
Bölge	A	B	C	D	E	
Yükler KN/m ²	-1,47	-1,05	-0,74	1,06	-0,54	
Bölge	F	G	H	I	I''	J
Yükler KN/m ²	-1,47	-1,21	-0,64	-0,71	-0,42	-1,11

Tablo 4. 22 Model 3 - Rüzgar Yönü $\theta = 90^\circ$ için bölgelere etkiyen rüzgar yükü

Rüzgar Yönü $\theta = 90^\circ$ İçin Rüzgar Yükü					
Bölge	A	B	C	D	E
Yükler KN/m ²	-1,47	-1,05	-0,74	1,07	-0,56
Bölge	F	G	H	I	
Yükler KN/m ²	-1,69	-1,58	-0,88	-0,78	

Model 2 endüstri binasına etkiyen tüm rüzgar yükleri hesaplanmış **Tablo 4.23** ve **Tablo 4.24** de bölgelere etkiyen rüzgar yükleri verilmiştir.

Tablo 4. 23 Model 2 - Rüzgar Yönü $\theta = 0^\circ$ için bölgelere etkiyen rüzgar yükü

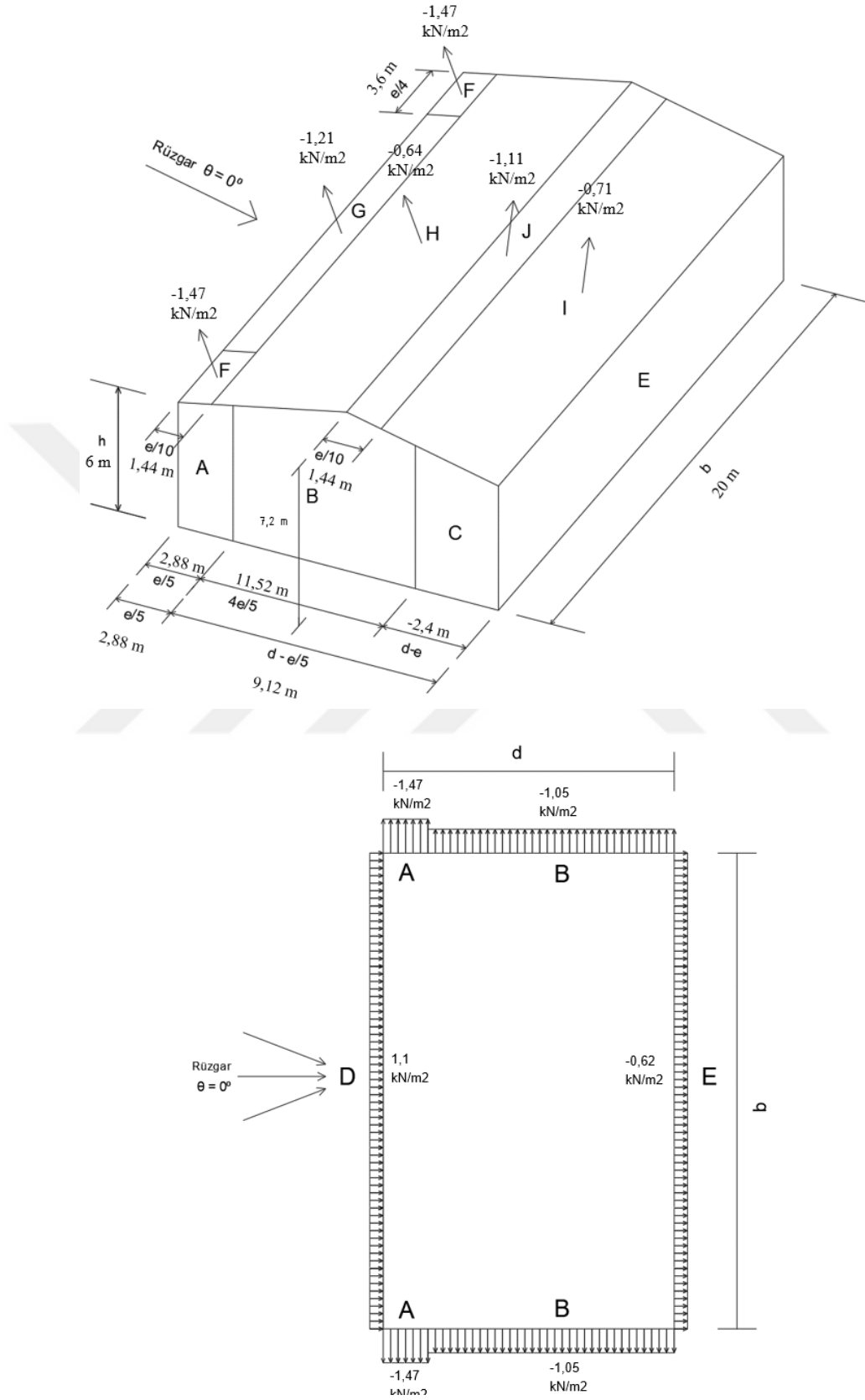
Rüzgar Yönü $\theta = 0^\circ$ İçin Rüzgar Yükü					
Bölge	A	B	C	D	E
Yükler KN/m ²	-1,54	-1,1	-0,77	1,11	-0,58
Bölge	F	G	H	I	J
Yükler KN/m ²	-1,53	-1,26	-0,67	-0,74	-1,16

Tablo 4. 24 Model 2 - Rüzgar Yönü $\theta = 90^\circ$ için bölgelere etkiyen rüzgar yükü

Rüzgar Yönü $\theta = 90^\circ$ İçin Rüzgar Yükü					
Bölge	A	B	C	D	E
Yükler KN/m ²	-1,54	-1,1	-0,77	1,1	-0,55
Bölge	F	G	H	I	
Yükler KN/m ²	-1,77	-1,65	-0,92	-0,81	

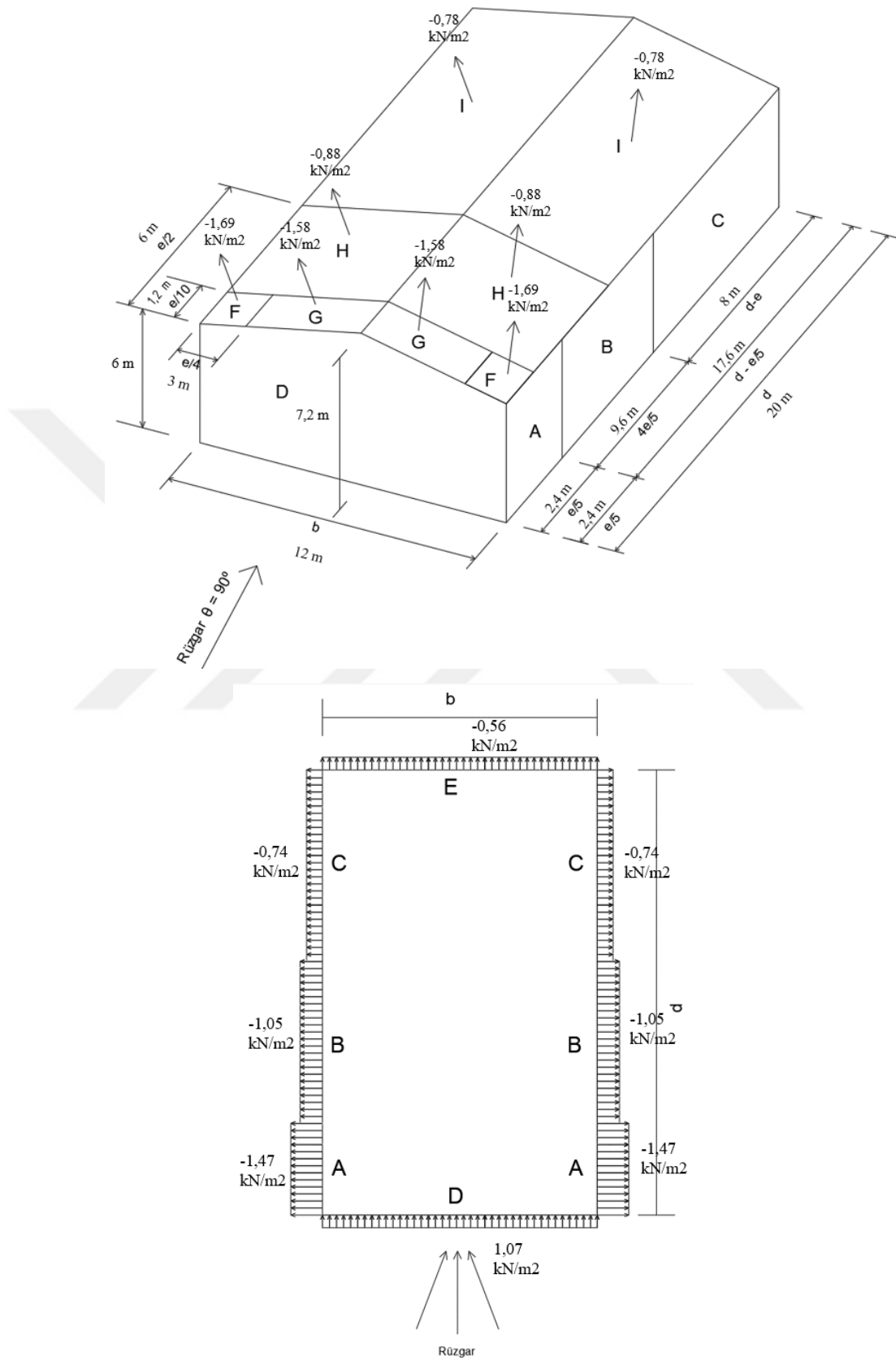
Model 1, Model 2, Model 3 için rüzgar yükleri aşağıda üç boyutlu görsel üzerinde gösterilmiştir.

MODEL 1 Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için yapıdının çatıya ve duvarlara etkiyen rüzgar yükleri



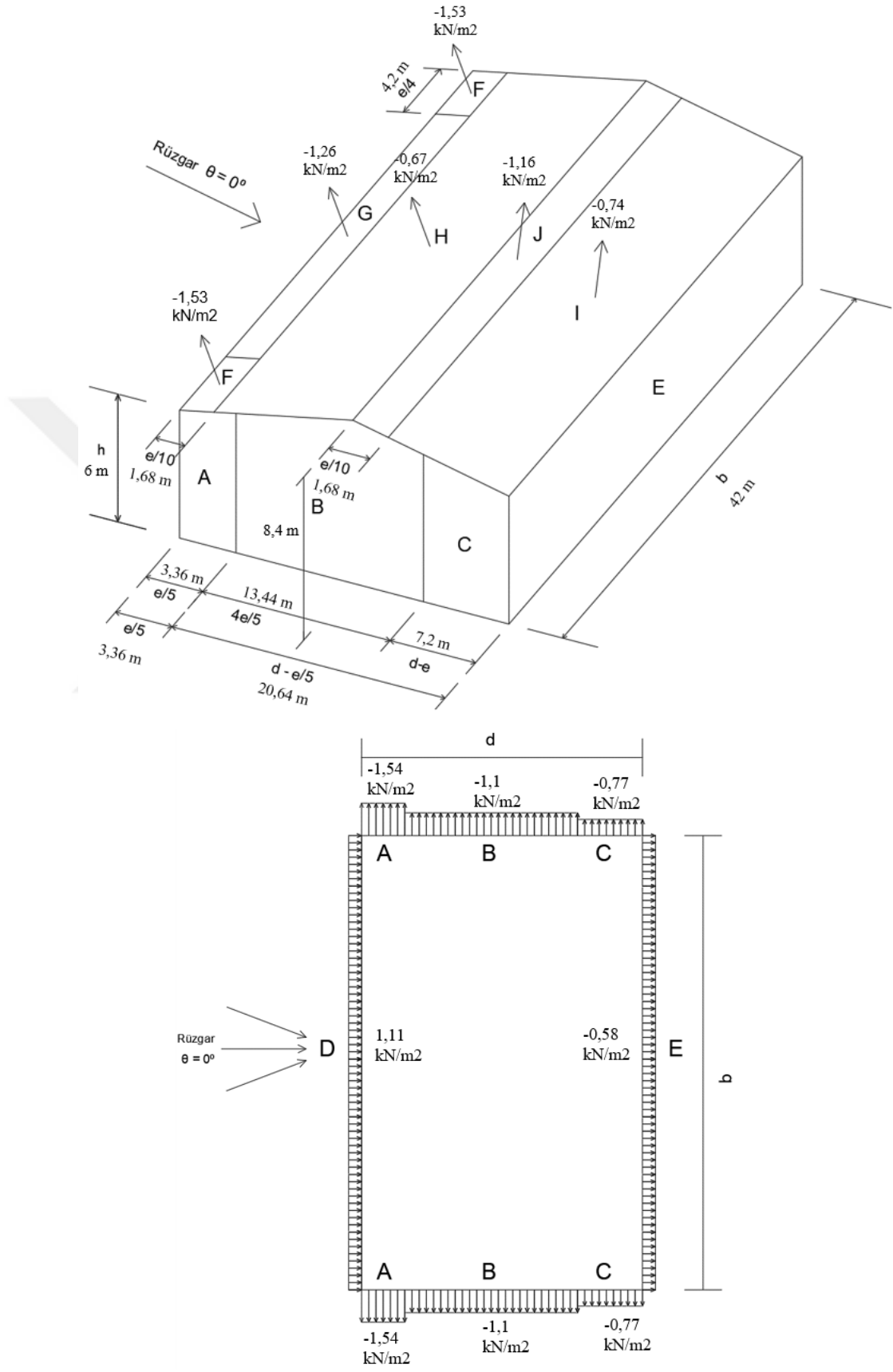
Şekil 4. 21 - Model 1 Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için rüzgar basınçları

MODEL 1 Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için yapıdının çatıya ve duvarlara etkiyen rüzgar yükleri



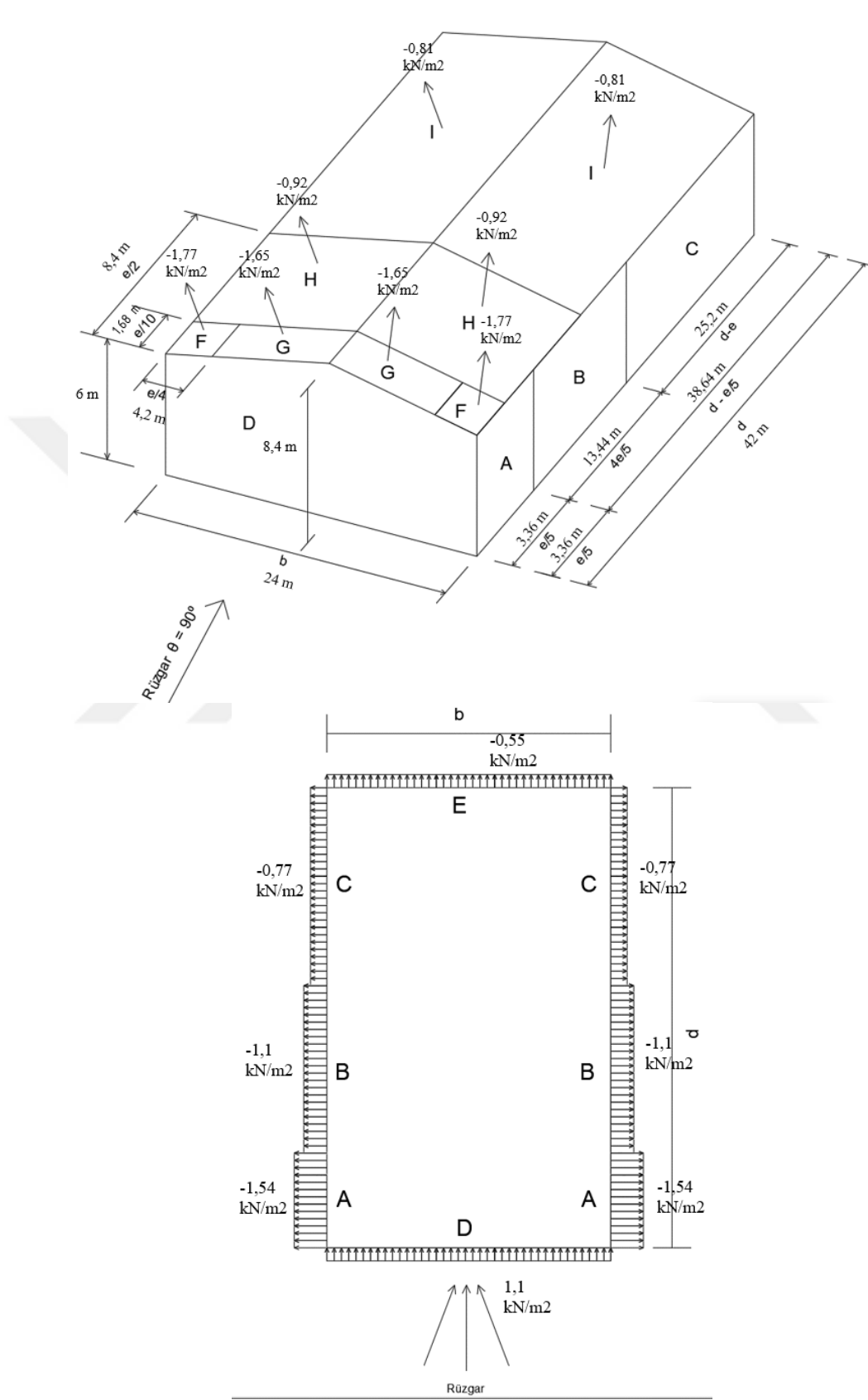
Şekil 4. 22 Model 1 - Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için rüzgar basınçları

MODEL 2 Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için yapıdının çatıya ve duvarlara etkiyen rüzgar yükleri



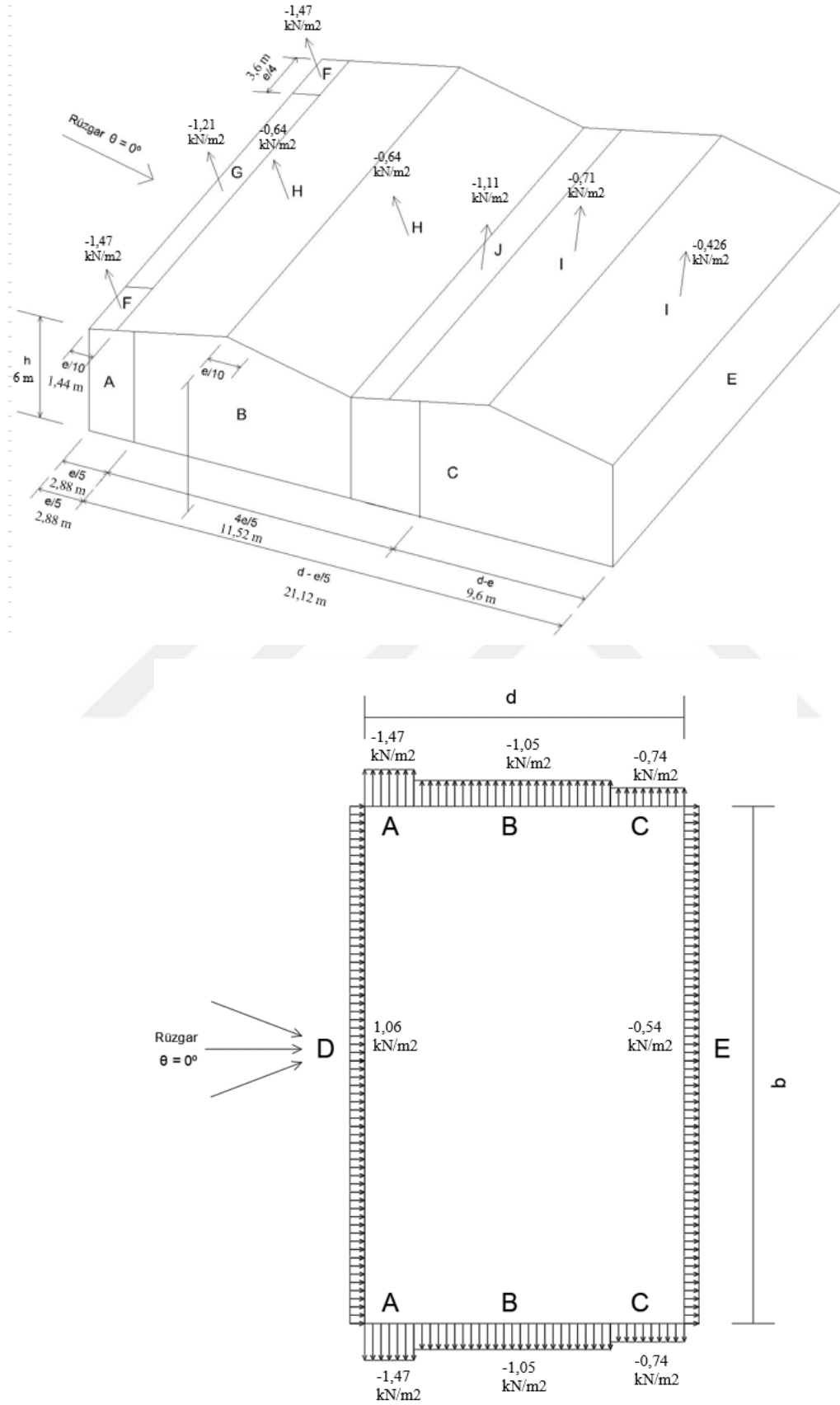
Şekil 4. 23 Model 2 - Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için rüzgar basınçları

MODEL 2 Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için yapıdının çatıya ve duvarlara etkiyen rüzgar yükleri



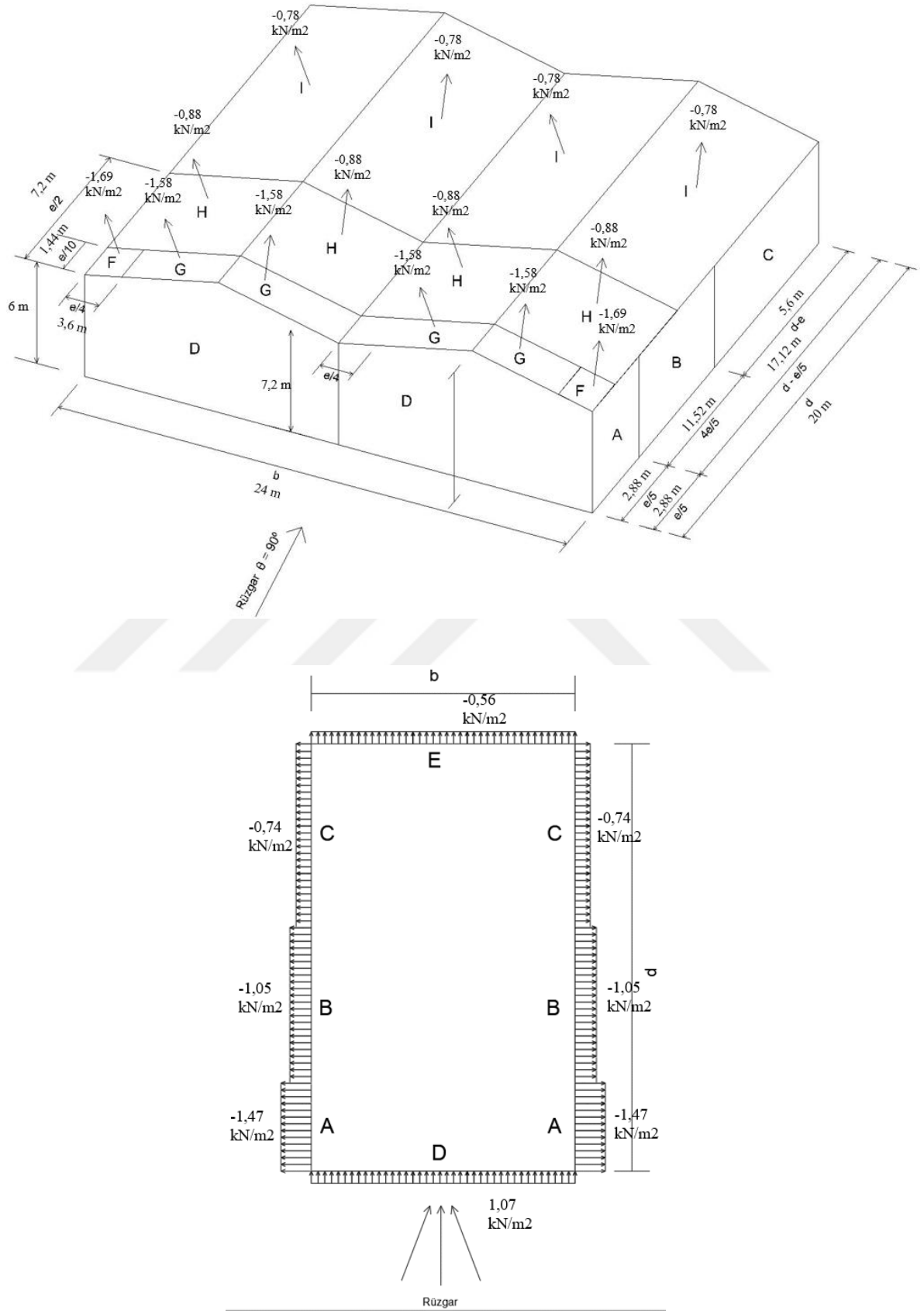
Şekil 4. 24 Model 2 - Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için rüzgar basınçları

MODEL 3 Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için yapının çatıya ve duvarlara etkiyen rüzgar yükleri



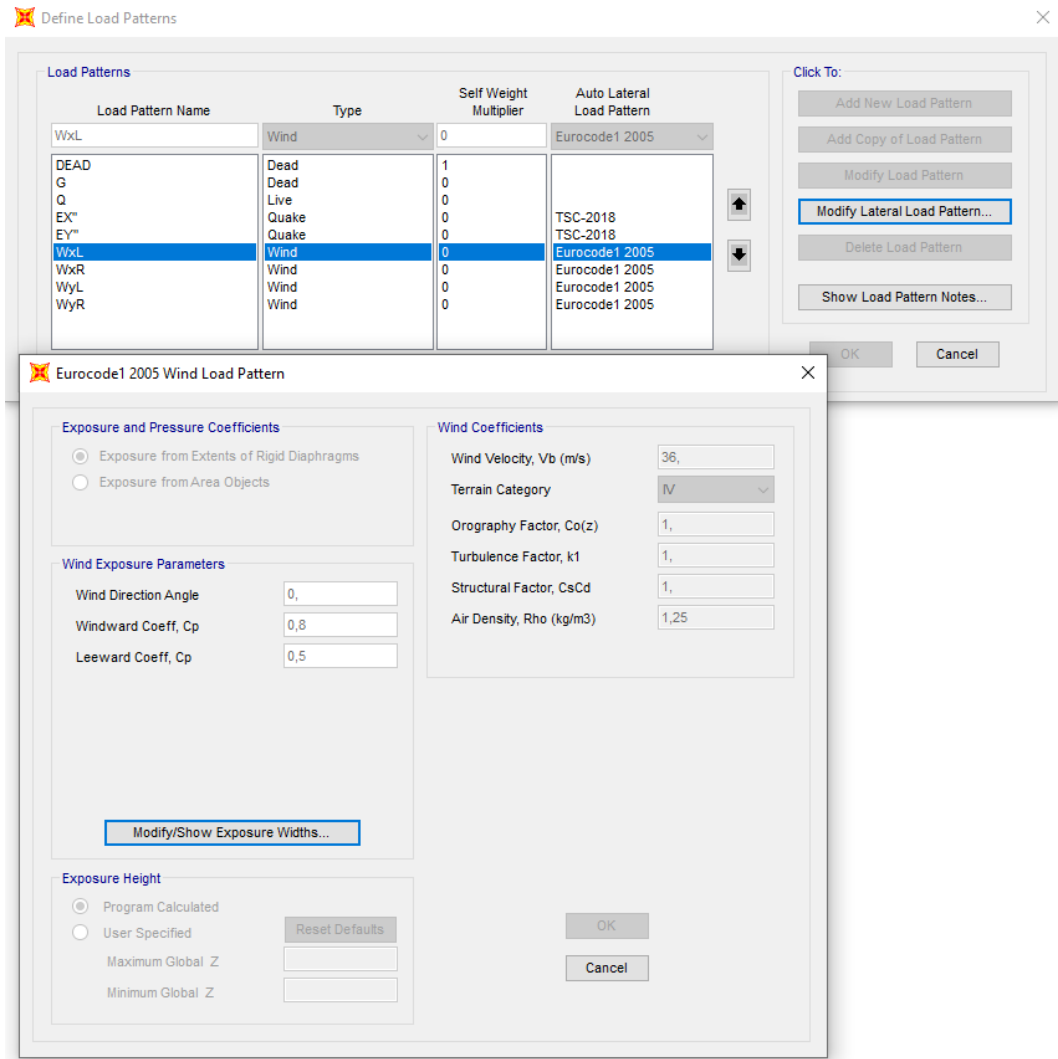
Şekil 4. 25 Model 3 - Rüzgar yönü $\theta = 0^\circ$ için rüzgar basınçları

MODEL 3 Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için yapıdının çatıya ve duvarlara etkiyen rüzgar yükleri



Şekil 4. 26 Model 3 - Rüzgar yönü $\theta = 90^\circ$ için rüzgar basınçları

Çok katlı yapılarda rüzgar yükü Sap2000 programına hesaplatılarak yapı sisteme etki ettirilmiştir. TS EN 1991-1-4 yönetmeliği Eurocode 1 yönetmeliğinin aynısı olması sebebiyle bu yönetmelik seçilmiştir. 4 katlı çelik yapı olan Model 4 ve Model 6 için rüzgar hızı 36 (m/sn), Model 5 ve Model 7 8 katlı çelik yapı sistemine rüzgar hızı 42 (m/s) olarak tanımlanmıştır. Diğer parametreleri tüm modeller içinde aynıdır ve Şekil 4.27 de ki gibi tanımlanmıştır.



Şekil 4. 27 4 katlı çelik bina Eurocode 1 yönetmeliğine göre SAP2000 otomatik rüzgar yükü tanımlama

4.3.1.4.2 TS498 yönetmeliğine göre rüzgar yükü hesabı;

Bu bölümde Model 1 endüstri binasına etkiyen rüzgar hesabı TS 498 yönetmeliğine göre yapılacaktır.

TS 498 yönetmelik Bölüm 11' e göre rüzgar yükü hesap değeri rüzgar basıncı w , aşağıdaki formülle hesaplanır. Denk.(4.3)

$$w = C_p q \text{ kN/m}^2 \quad (4.3)$$

Burada;

q = Rüzgar basıncı kN/m^2

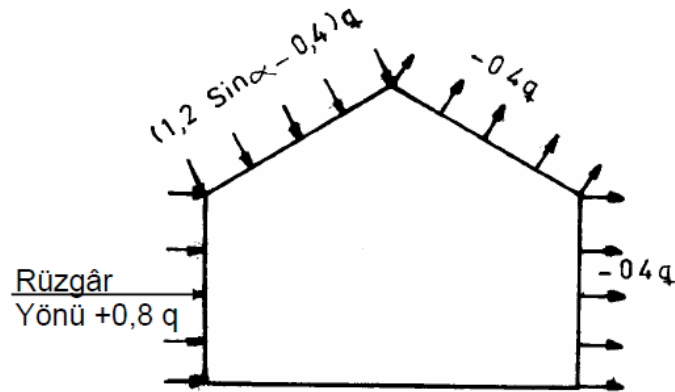
C_p = Emme katsayısı

C_p , Rüzgar basıncı yüzeye dik olarak etki eder ve yüzey esiş yönüne bağlı olarak Şekil 4.28 deki gösterilen değer şeklinde hesaplanır.

Tablo 4. 25 TS 498 Çizelge 5 - Yüksekliğe Bağlı Olarak Rüzgar Hızı ve Emme basıncı

Zeminden Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı v (m/s)	Emme q (kN/m^2)
0 - 8	28	0,5
9 - 20	36	0,8
21 - 100	42	1,1
> 100	46	1,3

Rüzgâr yükü ağırlığı TS 498 uyarınca, yapı yüksekliği 8m'den küçük olduğu yerlerde $q = 0,50 \text{ kN/m}^2$ yayılı yük olarak hesaplanmıştır. TS 498'de belirtilen oranlar ile rüzgârın x ve y yönünde esmesi durumuna göre iki farklı kombinasyonda taşıyıcı sistem üzerine aşağıdaki hesaplar yapılarak sisteme etki ettirilmiştir.



Şekil 4. 28 Planda kare kesitli ve eğik çatılı kapalı yapılarda rüzgar yükünün ana taşıyıcı sistem doğrultusunda dağıtımı (TS 498)

Kısa doğrultuda rüzgar yükü hesabı ;

Yukarıda rüzgar basıncı , $q = 0,5 \text{ kN/m}^2$ olarak bulunmuştu. Model 1 yapımızın çatı eğimi $11,31^\circ$ dir.

$$w = C_p q$$

$$F1 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \text{ kN/m}^2$$

$$F2 = (1.2 \sin \alpha - 0.4) \times 0.5$$

$$F2 = (1.2 \sin(11,31) - 0.4) \times 0.5 = -0,082 \text{ kN/m}^2$$

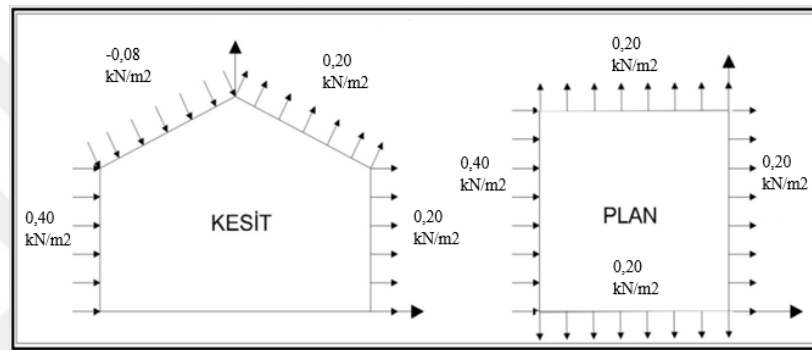
$$F3 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F4 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F5 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F6 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

Bu rüzgar yükleri Şekil 4.29 da kesit ve plan üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4. 29 Kısa yönde Model 1 yapısına etkiyen rüzgar yükü

Uzun doğrultuda rüzgar yükü hesabı ;

Bu rüzgar basınç değeri aşağıdaki gibi hesaplanmış Şekil 4.30 da plan kesit üzerinde gösterilmiştir.

$$q = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w = C_p q$$

$$F1 = 0.5 \times 0.8 = 0.4 \text{ kN/m}^2$$

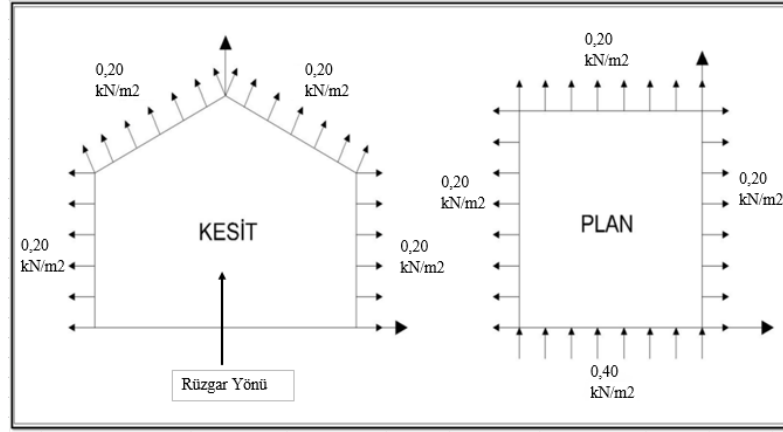
$$F2 = 0.5 \times 0,4 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F3 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F4 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F5 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$

$$F6 = 0.4 \times 0.5 = 0.2 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 4. 30 Uzun doğrultuda Model 1 yapısına etkiyen rüzgar yükü

Bulunan bu rüzgar yükleri Model 1, Model 2 ve Model 3 endüstri binaları için geçerlidir. Çünkü bina yüksekliğine bağlı olarak seçilen rüzgar hızı $v = 28 \text{ (m/s)}$ ve emme $q = 0,5 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ değerleri aynı çıkacaktır. Bu bu modellerde TS648 yönetmeliği dikkate alınarak çözülen yapılarda kısa doğrultuda Şekil 4.29, uzun doğrultuda Şekil 4.30 rüzgar yük değerleri alınmıştır.

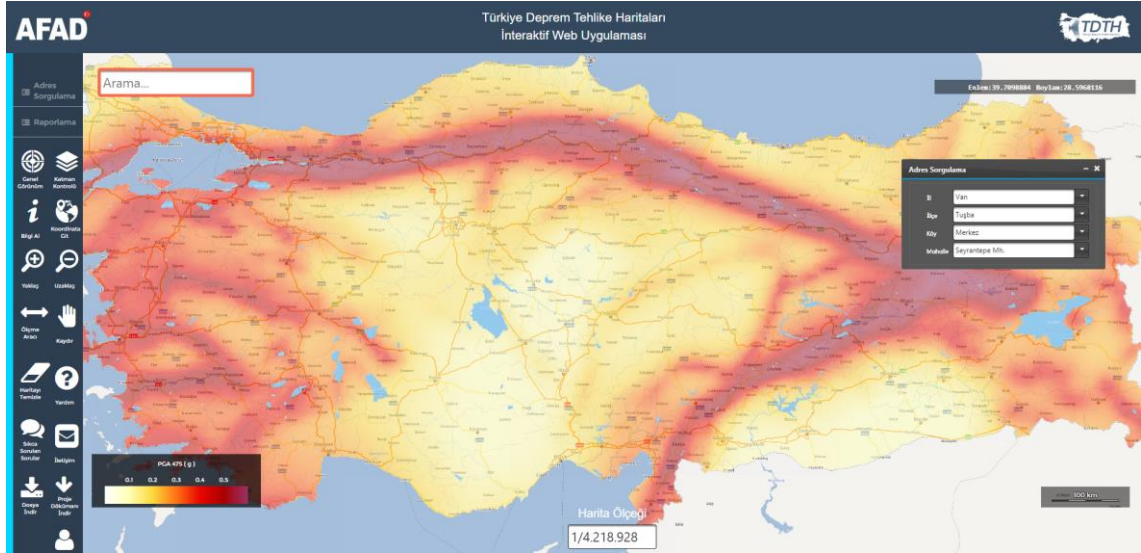
Çok katlı modellerde Model 4 ve Model 6 4 katlı bina için rüzgar hızı $v = 36 \text{ (m/s)}$ seçilmiştir. Aynı şekilde Model 5 ve Model 7 8 katlı çelik bina olup rüzgar hızı $v = 42 \text{ (m/s)}$ olarak hesaplanmıştır. (Bkz TS 498 Çizelge 5) Bu değerler SAP2000 programında TS 498-97 yönetmeliği kullanılarak otomatik hesaplanmıştır.

4.3.1.5 Deprem yükünün belirlenmesi

Bu çalışmada deprem yükü için 2018 yılında yayınlanan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği kullanılmıştır.

TBDY 2018 Bölüm 2 de *Türkiye Deprem Tehlike Haritası* <https://tdth.afad.gov.tr/> adresinden alınması gerektiğinden bahseder.

Modellerde baz alınan konum Van ili Tuşba ilçesinde Seyrantepe mahallesi 38.53° enleminde, 43.36° boylamında yer almaktadır. (Şekil 4.31) Buna göre deprem hesabı için gerekli değerler AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulması'ndan alınmıştır.



Şekil 4. 31 AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Deprem yer hareketi düzeyi DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi veya standart tasarım deprem yer hareketi) , yerel zemin sınıfı ZB (az ayrılmış, orta sağlam kayalar) kabul edilmiştir.

S_{DS} ve S_{D1} değerleri TBDY 2018 uyarınca, Bölüm 2.3 “ Standart Deprem Hareketi Spektrumları” başlığı altında el ile hesabı yapılabilir. Böylece yatay ve düşey elastik spektrum değerleri sırasıyla TBDY 2018 Bölüm 2.3.4 ve Bölüm 2.3.5 yer alan grafik ve formüller kullanılarak elde edilebilir. Bu çalışmada bu değerler AFAD’ dan elde edilmiştir.

AFAD Web Uygulamasından elde edilen değerler Şekil 4.32 de gösterilmiştir. Buna göre;

$$S_s = 0,683 \quad S_1 = 0,171 \quad S_{DS} = 0,615 \quad S_{D1} = 0,137$$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı

Çıktılar

$$S_s = 0.683$$

$$S_1 = 0.171$$

$$S_{DS} = 0.615$$

$$S_{D1} = 0.137$$

$$PGA = 0.289$$

$$PGV = 16.239$$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

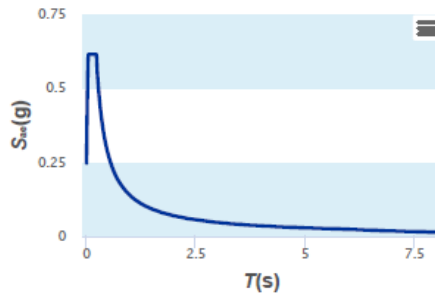
S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

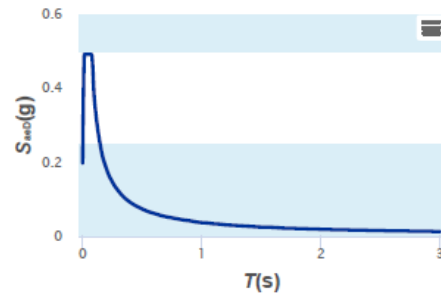
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu



Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 4. 32 AFAD 'dan alınan değerler

Bölüm 4.2 taşıyıcı sistemlerin özelliklerinden bahsedilmişti. Tekrar irdelenecek olursa TBDY 2018 Bölüm 3.1.2 uyarınca bina kullanım sınıfı (Konutlar, işyerleri Model 4, Model 5, Model 6 ve Model 7, bina türü endüstri yapılar Model 1, Model 2 ve Model 3) BKS = 3 tür ve bina önem katsayısı I_e 1.0 olarak bulunur.

TBDY 2018 Tablo 3.2 de deprem tasarım sınıflarına ait bilgiler yer almaktadır. Bu tez çalışmasında DTS, DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı $S_{DS} = 0,615$ değerine bağlı olarak Tablo 4.26' teki gibi hesaplanır.

Buna göre $0.50 \leq S_{DS} = 0,615 \leq 0.75$ ve $BKS = 3$ e karşılık gelen DTS değeri 2 olarak bulunmuştur.

Tablo 4. 26 TBDY 2018 Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Bina yükseklik sınıflarına TBDY 2018 Tablo 3.3 de yer verilmiştir. (Bkz. Tablo 4.26)

Endüstri binalar Model 1 ve Model 3 bina yüksekliği 7,2 m , Model 2 bina yüksekliği ise 8,4 m dir. Buna göre DTS = 2 için $7 < H_N \leq 10.5$ aralığına takabül edip BYS değeri 7 olacaktır.

Çok katlı çelik binada Model 4 ve Model 6 bina yüksekliği 12 m olup DTS = 2 için bina yükseklik aralığı $10.5 < H_N \leq 17.5$ aralığında olacak ve BYS değeri 6 olarak okunacaktır. Model 5 ve Model 7 24 m yüksekliğindedir. Yine Aynı şekilde DTS = 2 değeri için BYS değeri 5 olarak bulunur.

Tablo 4. 27 TBDY 2018 Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Bu tez çalışmasında Bölüm 4.2 de taşıyıcı sistem bilgilerini vermiştik. Tekrar irdeliyecek olursak.

Endüstri çelik binası kısa doğrultuda deprem etkilerini tamamının moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçevelerle, uzun doğrultuda deprem etkilerini moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılar. Böylece TBDY2018 Bölüm 4 Tablo 4.1 uyarınca X eksen doğrultusunda taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , 4 , dayanım fazlalığı katsayısını D , 2,5 olarak bulunur. Y eksen doğrultusunda ise $R = 4$ ve $D = 2$ değerleri bulunmuştur.

Çok katlı bina sistemi için;

Kısa doğrultuda (Y eksen) TBDY2018 Tablo 4.1 uyarınca C11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle, uzun doğrultuda (X eksen) deprem etkilerini moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından birlikte karşılar

Buna göre;

X Doğrultuda ; $R: 6$ $D : 2,5$

Y Doğrultuda ; $R: 8$ $D : 3$

Bu değerler SAP2000 programında deprem yükleri tanımlanmak için kullanılmıştır.

4.3.1.5.1 Yatay deprem etkisi

Bu yükler binaya (X) ve (Y) eksen doğrultusunda etki eder. Bu etki tam olarak tek yönde olmaz. Bu yüzden yönetmelik birbirine dik doğrultusuda etkiyen bu deprem etkilerini birleştirilmiş yatay deprem etkisi adı altında incelemiştir.

TBDY2018 yönetmeliği uyarınca, Bölüm 4.4.2 de yatayda birbirine dik doğrultulardaki deprem etkileri TBDY2018 **Denk.(4.9)**’daki gibi birleştirilmelidir.

$$\begin{aligned} E_d^{(H)} &= \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)} \\ E_d^{(H)} &= \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \end{aligned} \quad \text{TBDY 2018(4.9)}$$

$E_d^{(X)}$ ve $E_d^{(Y)}$, herhangi bir kesitte etti eden yatay deprem etkileridir. $E_d^{(H)}$ ise bu iki birbirine dik doğrultuda etki eden depremlerin birleştirilmiş esas yatay deprem etkisidir.

4.3.1.5.2 Düşey deprem etkisi

Eskiden kullanılan DBYBHY 2007 deprem yönetmeliğinde düşey deprem etkisinden bahsedilmiyordu. Yeni yayınlanmış olan TBDY2018 yönetmeliğinde düşey deprem etkisini Bölüm 4.4.3 te açıklamıştır. Buna göre ;

Düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$ sembolü ile gösterilir. Ve düşey deprem etkisinde tüm taşıyıcı sistem için $R/I = 1$ ve $D = 1$ alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Biz bu tez çalışmasında tüm modeller için hem yatay hem de düşey deprem etkileri SAP2000 programında TBDY 2018 yönetmeliğine uygun bir şekilde tanımlanmış ve programa hesaplatılmıştır.

4.3.1.5.3 Deprem etkisinin diğer etkilerle birleştirilmesi

TBDY2018 yönetmeliği uyarınca Bölüm 4.4.4 de taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımı deprem etkisi içeren yük birleşimleri Denk.(4.11) ve Denk.(4.12) ile tanımlanmıştır.

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad \text{TBDY2018 (4.11)}$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)} \quad \text{TBDY2018 (4.12)}$$

Burada Q hareketli yükü, S kar yükünü, H ise yatayda zemin yükünü sembolize etmektedir. Bu **Denk.(4.11)** ve **Denk.(4.12)** ler çelik ve hafif çelik binalarda;

YDKT yaklaşımı yapı sisteme uygulanan çelik binalarda Denk.(4.11) de G yerine 1.2G alınmalıdır.(Bkz. TBDY2018 Bölüm 4.4.4.2-(a))

Bu durumda YDKT yaklaşımı için kullanılacak yük birleşimi aşağıdaki Denk.(4.4), Denk.(4.5) gibi olacaktır.

$$1.2G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (4.4)$$

$$0.9G + H + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)} \quad (4.5)$$

GKT yaklaşımı yapı sisteme uygulanan çelik binalarda TBDY2018 uyarınca Bölüm 9.2.5 deprem etkisini **Denk.(9.1)** ' deki gibi yükbirleşimleri oluşturulmasını söyler.

$$G + 0.75Q + +0.75S \pm 0.75(0.7E_d) \quad \text{TBDY2018 (9.1a)}$$

$$G \pm 0.7E_d \quad \text{TBDY2018 (9.1b)}$$

$$0.6G + 0.75H + \pm 0.7E_d \quad \text{TBDY2018 (9.1c)}$$

TS648 yönetmeliği uygulanarak analizi gerçekleştirilen çelik binalarda GKT de kullanılan denklem uygulanacaktır.

TÇY2016 yönetmeliği için GKT ve YDKT hangi yaklaşım uygulanacaksa ilgili denklemler dikkate alınarak tasarım gerçekleştirilecektir.

4.3.1.5.4 Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Deprem Hesabı

Eşdeğer deprem yükü, yapı sisteminin bulunduğu bölgede daha önceki deprem verilerden yararlanarak ilerki dönemde maruz kalabileceği deprem yükünü hesap ederek yapı üzerine yatay statik tekil kuvvet şeklinde etki ettirilmesidir. Bir başka ifadeyle Eşdeğer deprem yükü deprem etkisi altında yapıya zemininden etkiyecek taban kesme kuvvetinin etkisiyle yapı boyunca kesme kuvvetlerin statik olarak etki etmesi durumudur.

Eşdeğer deprem yükü SAP2000 programında hazır halde bulunan TSC-2018 yani TBDY-2018 yönetmeliği kullanılacak ve tanımlama yapılırken Bölüm 4.3.1.5 de elde edilen değerler sisteme girilecektir.

4.3.1.5.5 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yüğü Hesabı

Bu yöntemde iç kuvvet ve yerdeğiştirmelerin binada yeterli sayıda doğal titreşim modunu oluşturmasını ve bu mod sayısının her biri için hesaplanan maksimum değerleri istatistiksel olarak birleştirilmesi ile deprem yükü hesaplanır. Bir başka ifadeyle sisteme tanımlanan deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak bulunan her bir titreşim modunun davranış büyüklüklerinin en büyük değeri modal yöntemi ile hesaplanır. Hesaplanan en büyük modal davranış büyüklükleri istatistiksel olarak birleştirilmesiyle en büyük değer elde edilir.

Modal hesap yöntemlerinde yeterli miktarda titreşim mod sayısı elde edilmelidir. Aksi halde mod sayısı yeterli olmadan işlem yapılan sistemlerde deprem yükü hesabı

yanlış olacaktır. Bu konu hakkında TBDY2018 uyarınca Bölüm 4.8.1.2- (a) ‘ya göre (X) ve (Y) deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerine oranı %95’inden az olamaması gerektiğinden bahseder.

Bu kontroller bina analizinden hemen sonra yapılmalı koşul sağlanmaması durumunda mod sayısı artırılıp tekrar bina analiz gerçekleştirilmelidir.

İkinci kontrol olarak Mod Birleştirme Yöntemi ile bulunan değerler Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’ne göre hesaplanan eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) ile karşılaştırılarak tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri $\beta_{tE}^{(X)}$ katsayısıyla çarpılarak büyütülecektir.

Bu konuda TBDY 2018 Bölüm 4.8.4 ‘de modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, **TBDY2018 Denk.(4.31)** ile verilen eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı $\beta_{tE}^{(X)}$ ile çarpılarak büyütülecektir.

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(x)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad \text{TBDY2018 (4.31)}$$

Burada $V_{tx}^{(X)}$ mod birleştirme yöntemiyle elde edilen x doğrultusunda toplam deprem yükünü göstermektedir. $V_{tE}^{(x)}$ ise Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile hesaplanan X doğrultusunda toplam eşdeğer deprem yükünü sembolize etmektedir.

TBDY 2018 4.8.3 – (a) ve (b) ‘ de γ_E çarpanı hakkında bilgilere yer vermiştir. Buna göre binada TBDY 2018 Tablo 3.6 daki A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en azı biri mevcut olması halinde $\gamma_E = 0,90$, her hangi bir tanımlanan düzensizlikler olmaması halinde 0,80 alınması gerekmektedir.

Biz yapı sistemlerimizde en olumsuz koşul olan $\gamma_E = 0,90$ değerini alarak deprem yükü hesabını gerçekleştirilmiştir.

4.4 Sistem Analizlerin Gerçekleştirilmesi

Yapı sistem analizi ve boyutlandırılması Sap2000 programı yardımıyla gerçekleştirilecektir.

Sistem analizinde binanın gerekli dayanımı, uygulanan tasarım yaklaşımı için öngörülen ve ayrıntıları TCY2016 yönetmeliği uyarınca Bölüm 5.3 te verilen yük

birleşimleri hesaplanacaktır. Bu yük birleşimleri içinde yatay etki eden deprem yükleri TBDY2018 uyarınca Bölüm 4.4.4 YDKT için tasarım yük bileşimi ve Bölüm 9.2.5 GKT için yük birleşimleri dikkate alınacaktır. TS648 yönetmeliği dikkate alınarak çözülen sistemlerde TS498 ve TS648 yönetmeliğindeki yük birleşimler dikkate alınmıştır. Bu yük birleşimleri aşağıda verilmiştir.

TS648 ve TS 498 Yönetmeliği uyarınca yük birleşimleri;

- 1) $G + S$
- 2) $G + Q$
- 3) $G + Q + W$
- 4) $0.9G + W$
- 5) $G + 0.75Q + 0.75S \pm 0.75(0.7Ed)$
- 6) $G \pm 0.7Ed$
- 7) $0.6G \pm 0.7Ed$

Bu yük birleşimlerinde E_d ; $\pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \pm 0.3E_d^{(Z)}$ ifade etmektedir.

TÇY2016 Yönetmeliği uyarınca Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım için Yük Birleşimleri (YDKT) ;

- 1) $1.4G$
- 2) $1.2G + 1.6Q + 0.5S$
- 3) $1.2G + 1.6S$
- 4) $1.2G + 1.6S + Q$
- 5) $1.2G + 1.6S + 0.8W$
- 6) $1.2G + Q + 0.5S + 1.6W$
- 7) $0.9G + 1.6W$
- 8) $1.2G + Q + 0.2S + E_d^H + 0.3E_z$
- 9) $0.9G + E_d^H - 0.3E_z$

Yük birleşimlerindeki E_d^H ; TBDY2018 yönetmeliğine göre $\pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)}$ şeklinde alınmalıdır der.

TÇY2016 Yönetmeliği uyarınca Güvenlik Katsayıları ile Tasarım Yük

Birleşimleri;

- 1) G
- 2) G + Q
- 3) G + S
- 4) G + 0.75Q + 0.75S
- 5) G + W
- 6) G + 0.75Q + 0.75S + 0.75W
- 7) 0.6G + W
- 8) G + 0.75Q + 0.75S $\pm$ 0.75(0.7Ed)
- 9) G $\pm$ 0.7Ed
- 10) 0.6G $\pm$ 0.7Ed

Yük birleşimlerinde E_d ; $\pm E_d^{(X)} \pm 0.3E_d^{(Y)} \pm 0.3E_d^{(Z)}$ ifade etmektedir.

4.4.1 Endüstri binası sistem tasarımı ve analizi

Endüstri binası ve çok katlı çelik binasının bilgisayar yardımıyla SAP2000 programında analitik modeli üç boyutlu olarak hazırlanmıştır. Malzeme özellikleri ve elemanların ağırlıkları Define menüsünden tanımlanmıştır.

Endüstri binası için çatı ve cephe yüzeylerine etkiyen rüzgar yükleri ve diğer yükler yapının üç boyutlu modelinde aşıklar sistemine etkilettirilmiştir. Aşıklar sistemi yardımıyla kirişler ve kolonlar vasıtasıyla temellere yükler aktarılacaktır. Yapıya etki eden deprem yükleri (y) eksenini doğrultusunda A ve B aksları merkezi çaprazlı çelik çerçeveler karşılayacak şekilde tasarlanmış ve deprem etkisi için gerekli değerler programa girilmiştir.

Tüm çubuk sistemi kolon, makas, çatı aşıklar, cephe aşıklar, çaprazlar ve basınç boruları kesitleri tanımlanmış boyutlandırma işlemi programa yaptırılmıştır.

Kolon ayakları Y eksenini yönünde ankastre X eksenini yönünde sabit mesnet olarak tanımlanmıştır. Bunun sebebi Y eksenini boyunca çelik çaprazların bulunmasıdır. Bu sayede X eksenini kendi etrafında dönmesi çaprazlar sayesinde engellenmiş olacaktır.

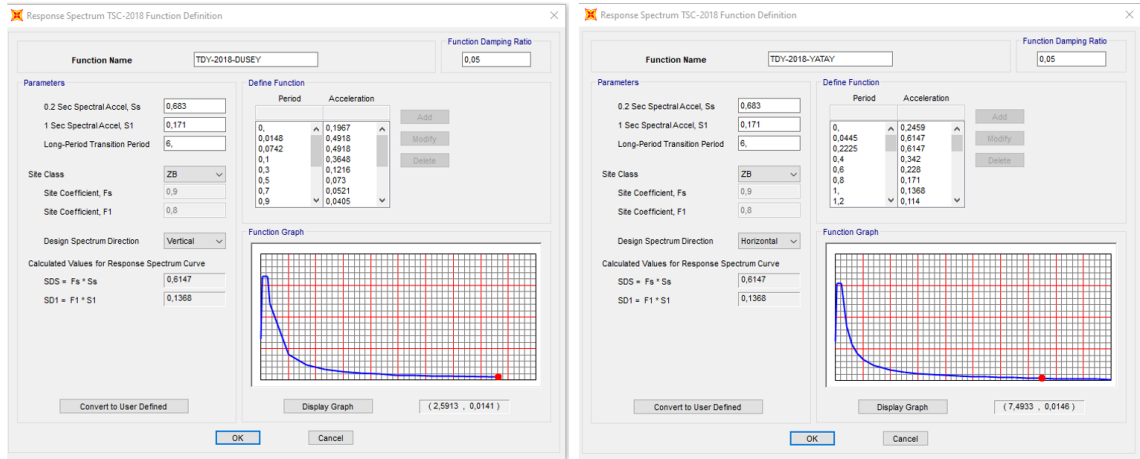
Çaprazlar, aşıklar ve diyagoneller pin olarak tanımlanmış. Sap2000 programında Frame üzerinde Release Moment, Torsion kısımlarını 0 (sıfır) olarak girilmiştir. Model 1, Model 2 de gergi kullanılmazken Model 3 te 1 adet gergi kullanılmış Steel Frame

Design Overwrites for (AISC 360-10 veya ASIC89) aşıklar Unbraced Length Ratio (Minor) 0.5 değeri girilerek yapılır. Böylece aşıkların burkulma boyları kısaltılmış olur.

Define Load Pattern bölümüne yükler tanımlanmış sonrasında **Bölüm 4.3** te hesaplanan yükler her aşık kendi taşıyacağı yük oranında hesaplamalar yapılarak tek tek yükleri girilmiştir. Rüzgar yükü, kar yükü ve zati ağırlık sisteme girilmiştir. Deprem yükü programda yer alan Eşdeğer Deprem Yüğü için TSC-2018 hazır yönetmeliği içinde gerekli bilgiler girilerek hesaplanmıştır. (Bkz. Şekil 4.33)

Şekil 4. 33 Endüstri Binası Eşdeğer Deprem Yüğü İçin Tanımlanan Değerler

Mod Birleştirme Deprem Yüğü için Function – Response Spectrum Functions da düşey ve yatay deprem bilgileri girilmiştir. (Şekil 4.34)



Şekil 4. 34 Düşey ve Yatay Deprem fonksiyon grafikleri

Programın Load Case Data – Response Spectrum bölümünde Function kısmında yatay veya düşey Function grafiği seçilerek Scale Factor kısmına **Bölüm 4.3.1.5** de bulunan R ve I değeri girilerek Scale Factor değeri **Denk. (4.6)** daki gibi hesaplanır.

$$g / (R/I) \quad (4.6)$$

Scale Factor değeri yerçekimi 9,80665 değeri $R/I = 4 / 1 = 4$ değerine bölünerek elde edilir. $9,80665/4 = 2,4516625$ değeri elde edilmiştir. X ve Y eksenini için R değerine göre hesaplanır ve Scale Factor kısmını girilir.

Analiz gerçekleştirildikten sonra Mod Birleştirme Yöntemiyle bulunan deprem yükü değeri **Bölüm 4.3.1.6** da bahsedilen TBDY2018 **Denk.(4.31)** deki bulunan katsayı ile Scale Factor kısmı çarpılmalıdır. Böylece Eşdeğer Deprem Yükü ile bulunan deprem yük değerine yaklaşılmış olacaktır.

Örneğin Model 1 TÇY 2016 GKT (GKT-AISC360-10 uygulandı) yöntemi ile analizi yapılacak binayı seçelim. Deprem yükü değerleri;

Eşdeğer yöntemiyle elde edilen değerler :

(X) yönü için = 49,203 kN

(Y) yönü için = 94,923 kN

Mod Birleştirme Yöntemiyle elde edilen değerler:

(X) yönü için = 33,130 kN

(Y) yönü için = 43,653 kN

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} = \frac{0,9 \times 49,203}{33,130} = 1,3366345$$

$$\beta_{tE}^{(Y)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(Y)}}{V_{ty}^{(X)}} = \frac{0,9 \times 94,923}{43,653} = 1,9570408$$

(X) yönünde Sacale Factor 2,4516625 idi. Bu değer bulduğumuz 1,3366345 katsayı ile çarparak büyütülür. Böylece Mod Birleştirme Yöntemi ile yatay ve düşey deprem yükü hesabı yapılmış olur.

Mod birleştirme yönteminde diğer bir kontrol ise yeteri kadar titreşim mod sayısı girilmişmi ona bakılmalıdır. Yine bu konu **Bölüm 4.3.1.6** “Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Yükü Hesabı” başlığı altında detaylı anlatılmıştır. Program sistem analizinden sonra Display – Show Tables sekmesinden Analysis Results – Structure Output bölümünden Modal Participating Mass Ratios tablosu açılır. Bu kısımda binanın ilk titreşimi ve diğer titreşim periyot değerleri yer alır. SumUX ve SumUY Unitless bölümünün ikisinin birden %95 ve daha fazla değerine ulaştığında sisteme girilen mod sayısı yeterli olacaktır. (Şekil 4.35)

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
MODAL	Mode	427	0,002451	2,675E-10	6,461E-14	4,925E-16	0,94	0,96	0,94	1,306E-14
MODAL	Mode	428	0,002451	3,469E-09	3,1E-14	3,189E-17	0,94	0,96	0,94	1,097E-14
MODAL	Mode	429	0,002449	1,312E-10	6,393E-17	2,152E-16	0,94	0,96	0,94	3,329E-17
MODAL	Mode	430	0,002449	3,831E-09	9,682E-15	1,395E-16	0,94	0,96	0,94	3,391E-15
MODAL	Mode	431	0,002439	5,062E-10	7,426E-18	3,097E-15	0,94	0,96	0,94	2,464E-18
MODAL	Mode	432	0,002439	4,158E-10	7,499E-14	1,529E-17	0,94	0,96	0,94	3,057E-17
MODAL	Mode	433	0,002432	1,789E-10	2,457E-16	2,952E-18	0,94	0,96	0,94	2,332E-15
MODAL	Mode	434	0,002432	6,877E-12	2,507E-14	1,055E-15	0,94	0,96	0,94	2,338E-17
MODAL	Mode	435	0,002297	1,371E-11	5,811E-16	7,684E-12	0,94	0,96	0,94	2,571E-13
MODAL	Mode	436	0,002297	5,318E-13	2,41E-15	2,848E-12	0,94	0,96	0,94	6,251E-13
MODAL	Mode	437	0,002297	0,00205	1,005E-19	5,694E-15	0,95	0,96	0,94	1,284E-16
MODAL	Mode	438	0,002297	0,01409	8,109E-16	2,049E-16	0,96	0,96	0,94	2,348E-15
MODAL	Mode	439	0,002296	1,228E-15	2,078E-15	5,964E-11	0,96	0,96	0,94	1,168E-12
MODAL	Mode	440	0,002296	2,368E-15	1,249E-14	1,485E-12	0,96	0,96	0,94	4,141E-11

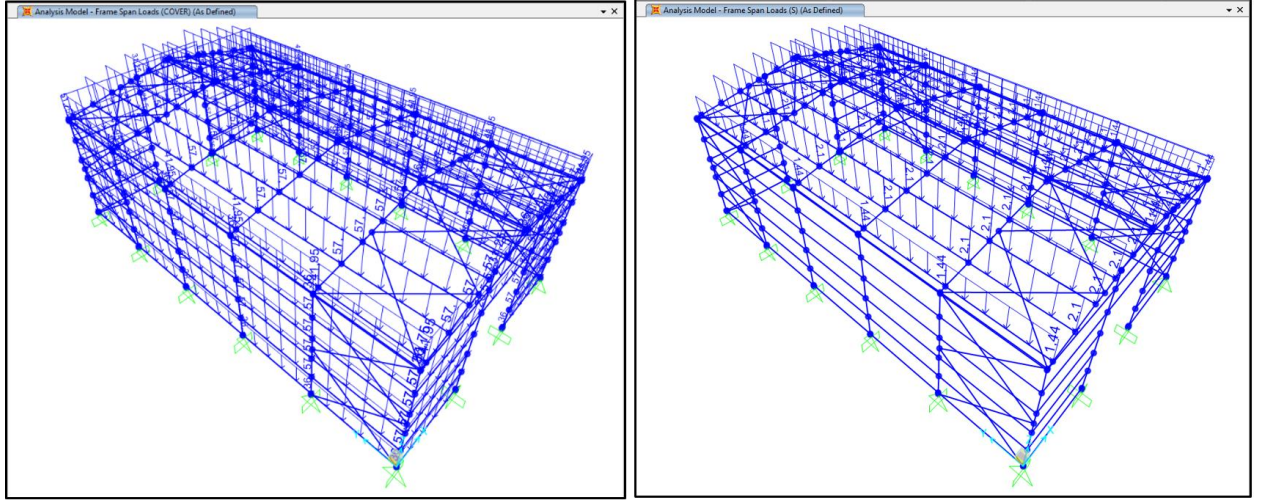
Şekil 4. 35 Mod Sayısının Kontrolü

Deprem yükü doğru tanımlanıp sistem analizi gerçekleştirdikten sonra sistem dizaynı gerçekleştirilir. Bu kısımda üç farklı yönetmelik dikkate alınmıştır.

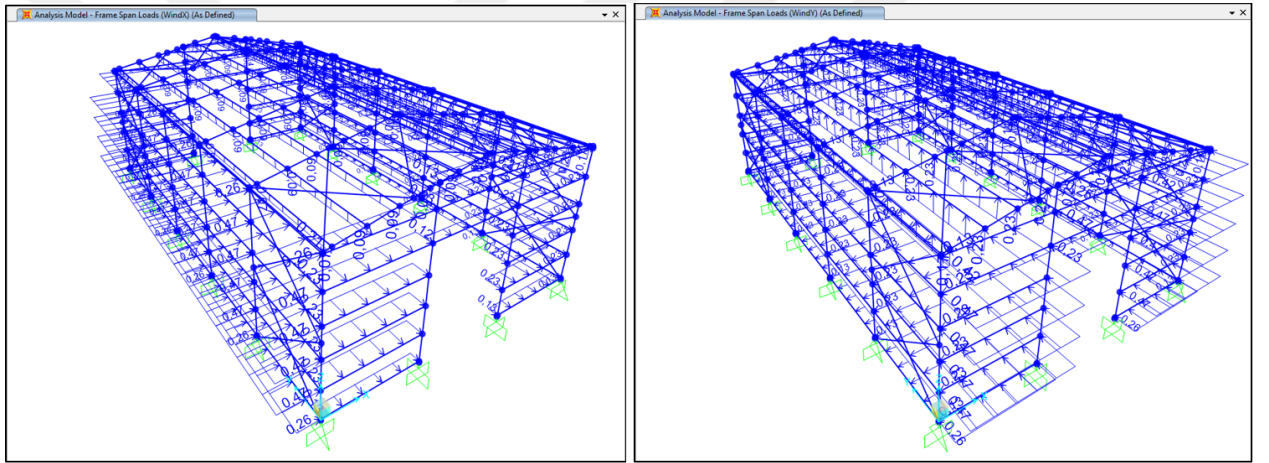
TS648 ve TS498 yönetmelikleri uygulandığı yapı sistemlerinde AISC-ASD89 standartı kullanılmıştır.

TÇY2016 Güvenlik Katsayıları ile Tasarım için AISC 360-10 yönetmeliğindeki ASD bölümü seçilmiş, Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım için LRFD bölümü seçilerek dizayn gerçekleştirilmiştir.

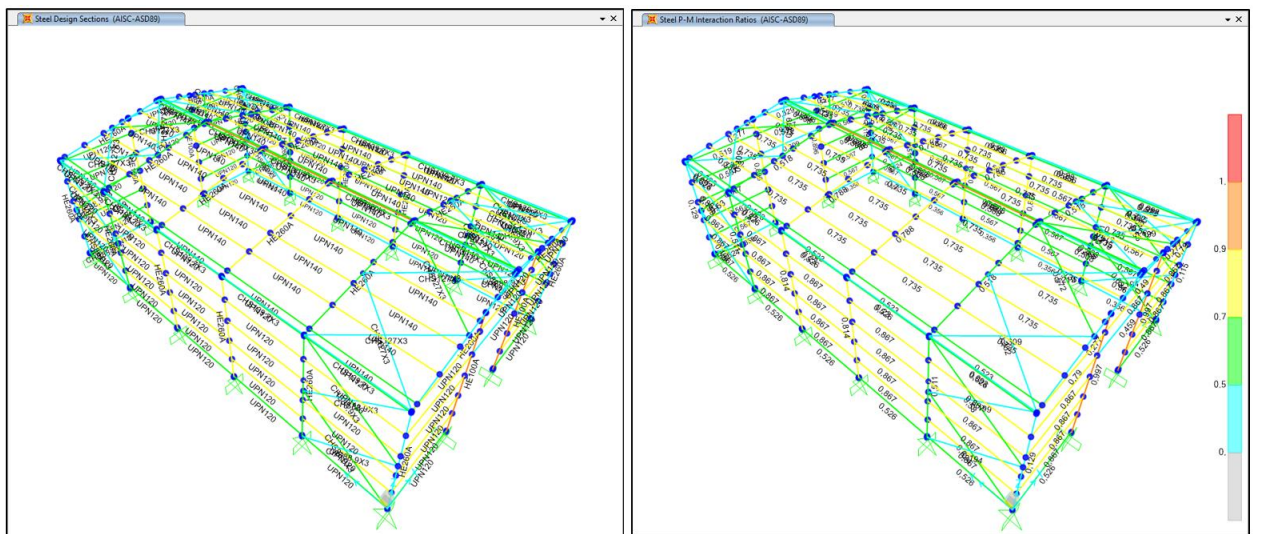
Tüm cubuk elemanlar kolon, kiriş, basınç borusu, cephe aşık, çatı aşık ve alın dikmesi olarak gruplandırılmıştır. Elemanlar dizayn yaparken bu gruplardaki en çok zorlanan kesite göre eleman kesitleri belirlenerek toplam bina ağırlıkları bulunmuştur. Seçilen kesit ve en elverişsiz yük birleşimi aşağıdaki tabloda verilmiştir. Yapı elemanlarının kapasite kullanım oranları üç boyut görünüşleri ve en çok zorlanan çerçeve sistemleri gösterilmiştir. Aynı zamanda en çok zorlanan aks için yerdeğiştirme miktarları grafik ve tablo üzerinde gösterilmiştir.



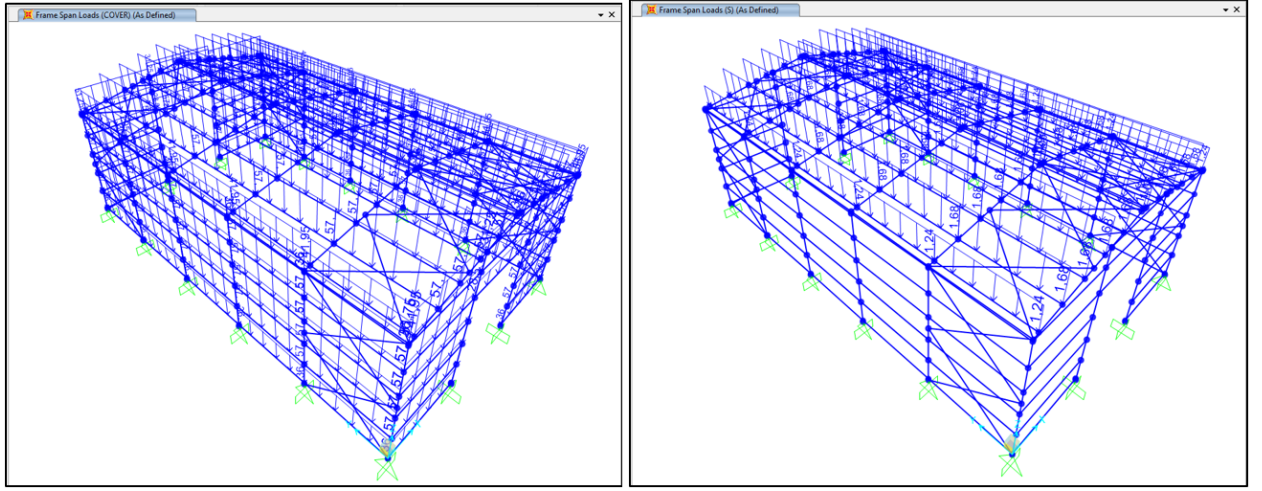
Şekil 4. 36 Model 1- AISC89 sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



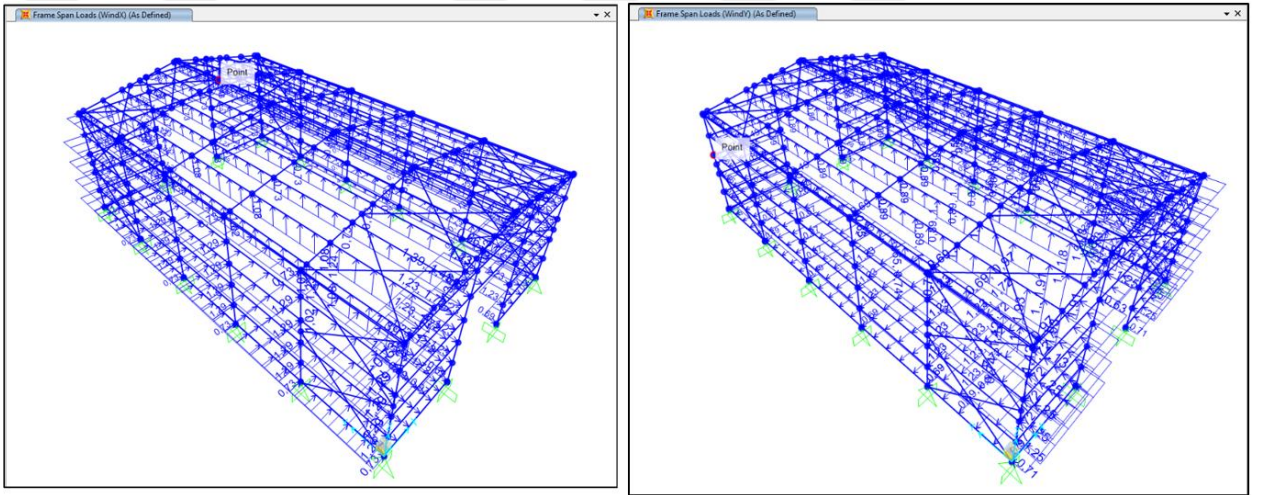
Şekil 4. 37 Model 1- AISC89 sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



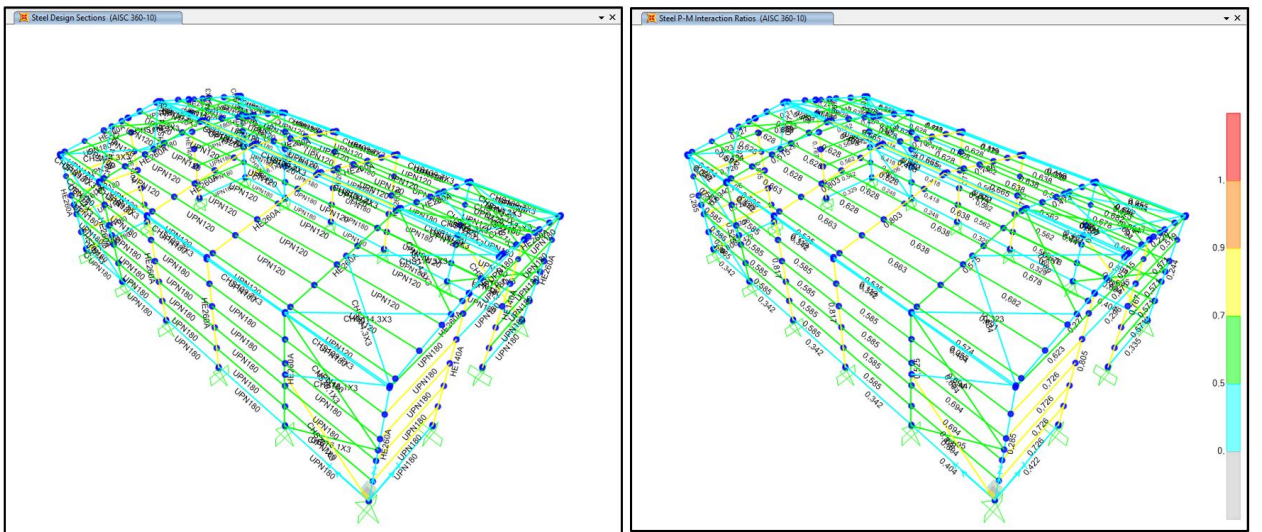
Şekil 4. 38 Model 1- AISC89 için kesit ve etkileşim oranları



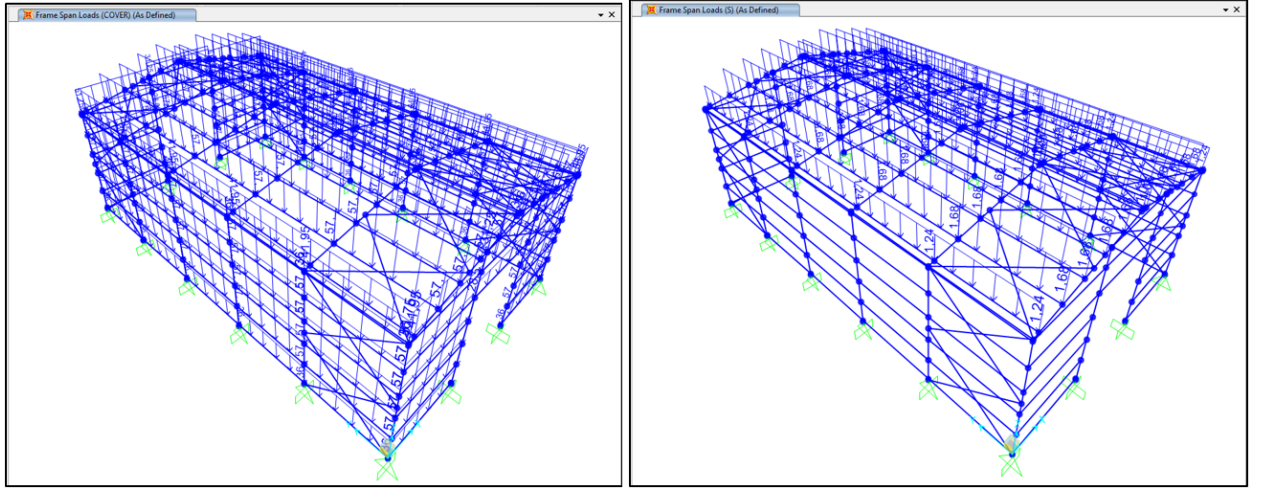
Şekil 4. 39 Model 1- AISC360-10 GKT sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



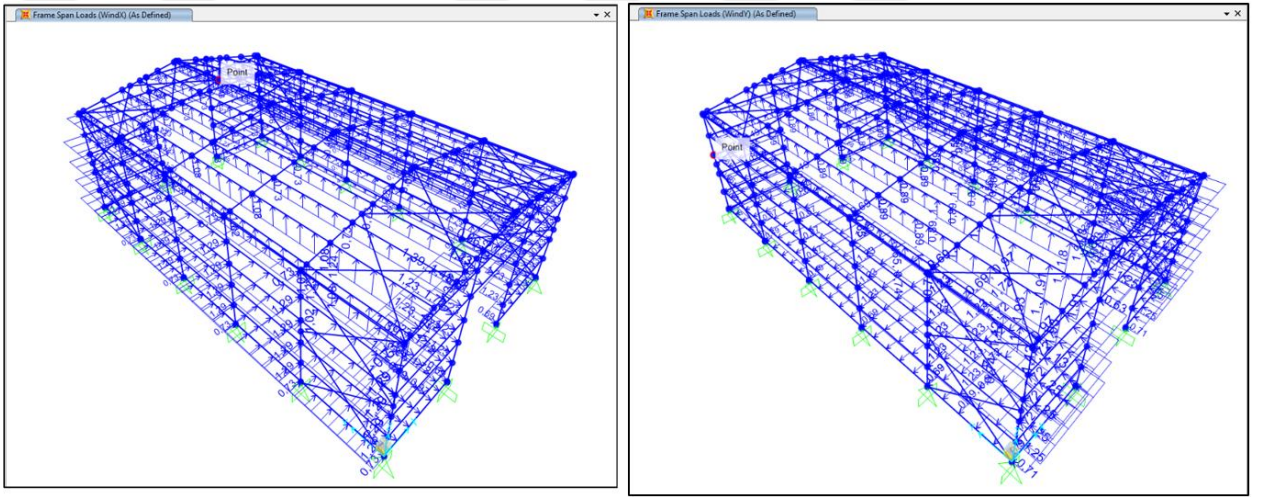
Şekil 4. 40 Model 1- AISC360-10 GKT sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



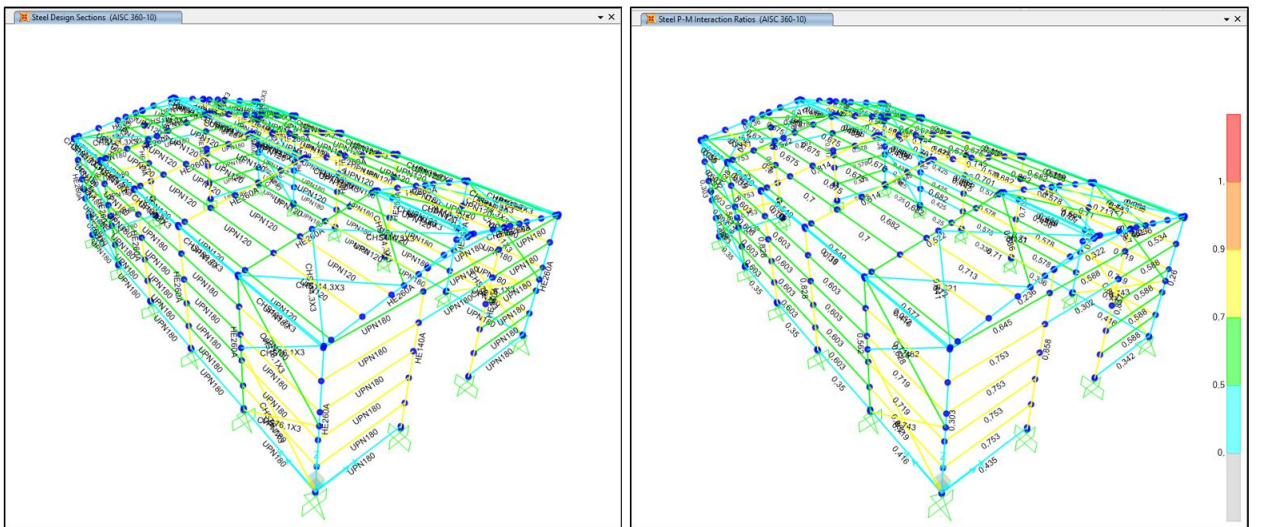
Şekil 4. 41 Model 1- AISC360-10 GKT için kesit ve etkileşim oranları



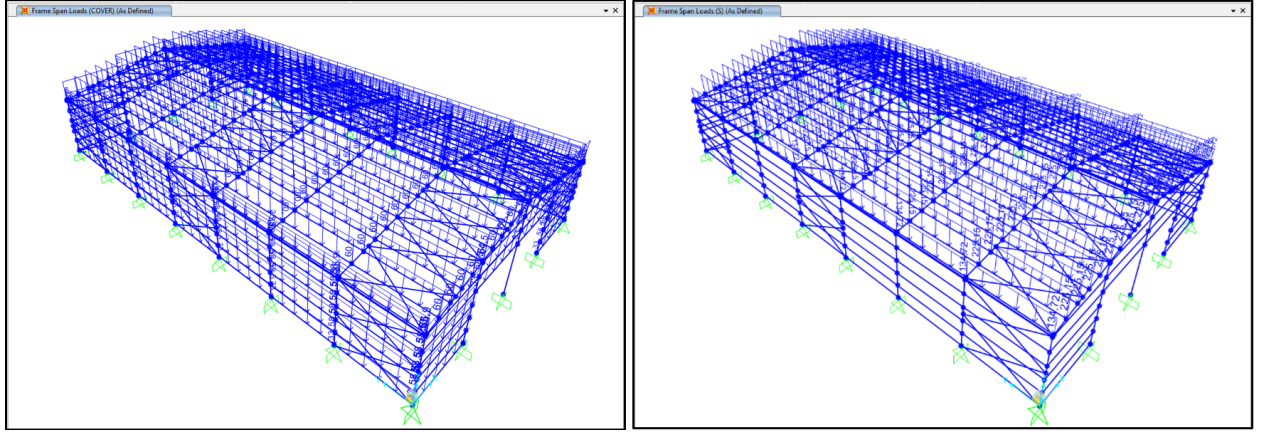
Şekil 4. 42 Model 1- AISC360-10 YDKT sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



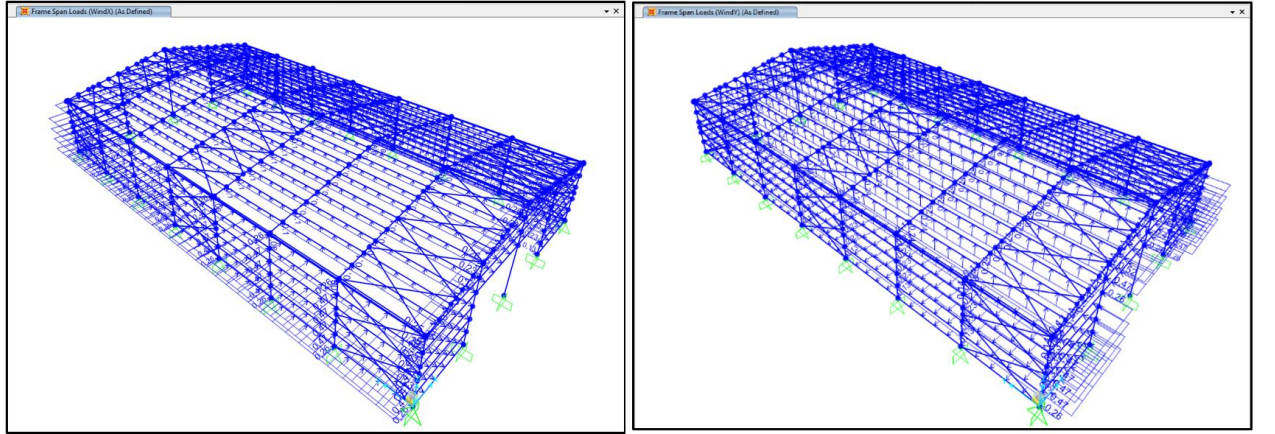
Şekil 4. 43 Model 1- AISC360-10 YDKT sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



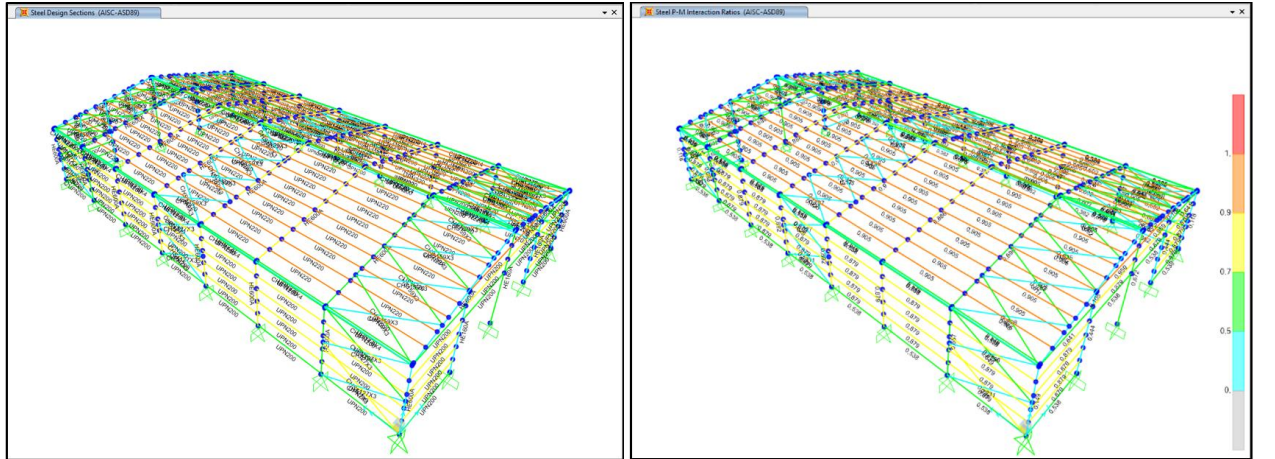
Şekil 4. 44 Model 1- AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



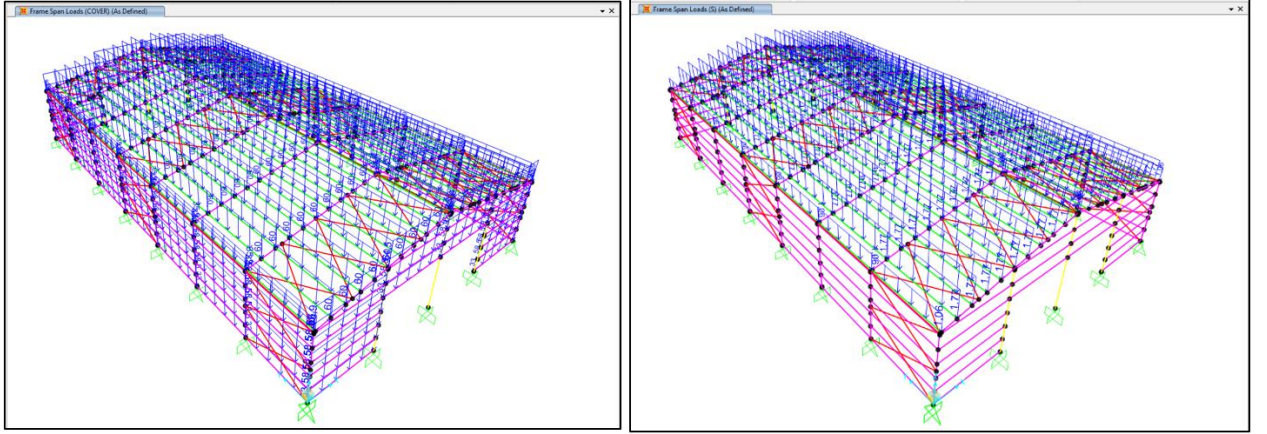
Şekil 4. 45 Model 2- AISC89 sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



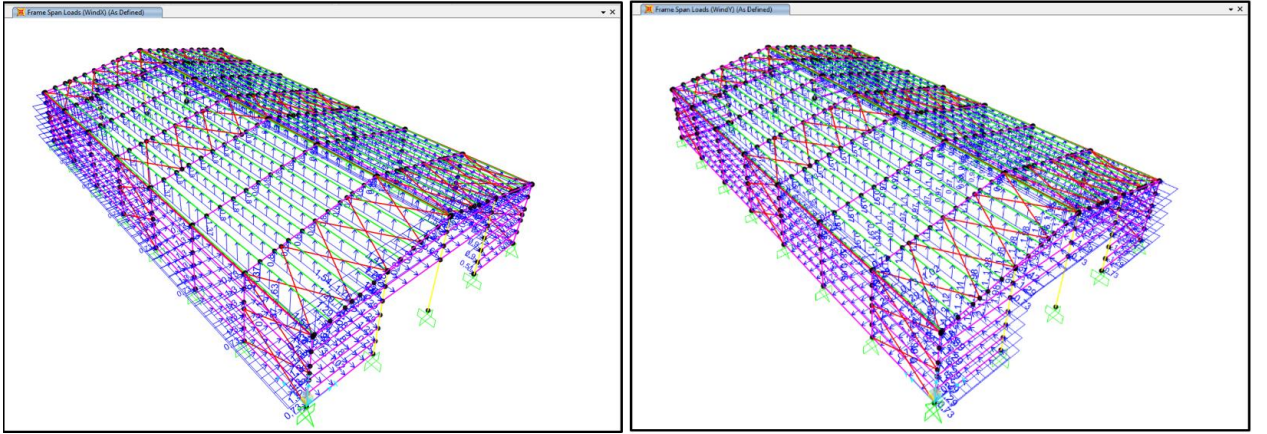
Şekil 4. 46 Model 2- AISC89 sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



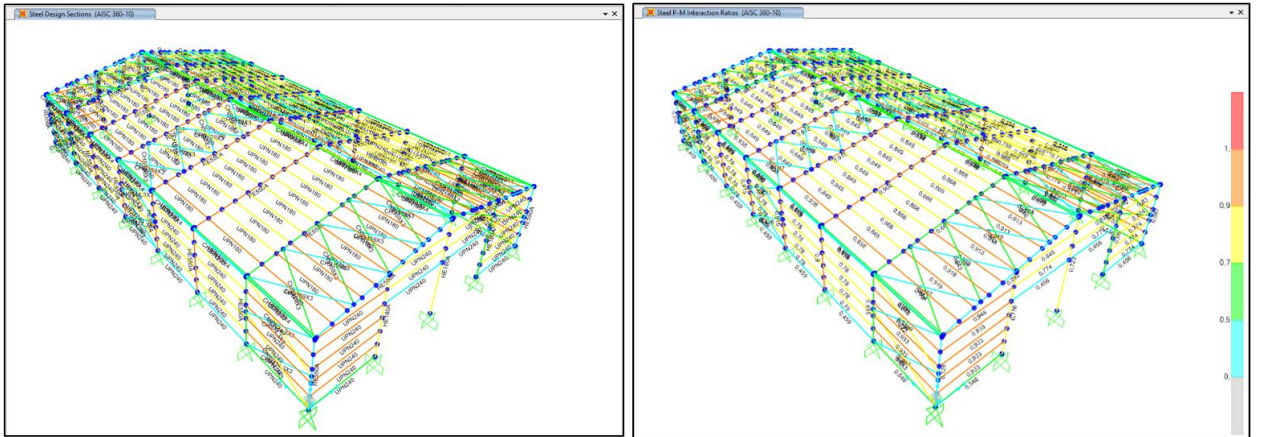
Şekil 4. 47 Model 2- AISC89 için kesit ve etkileşim oranları



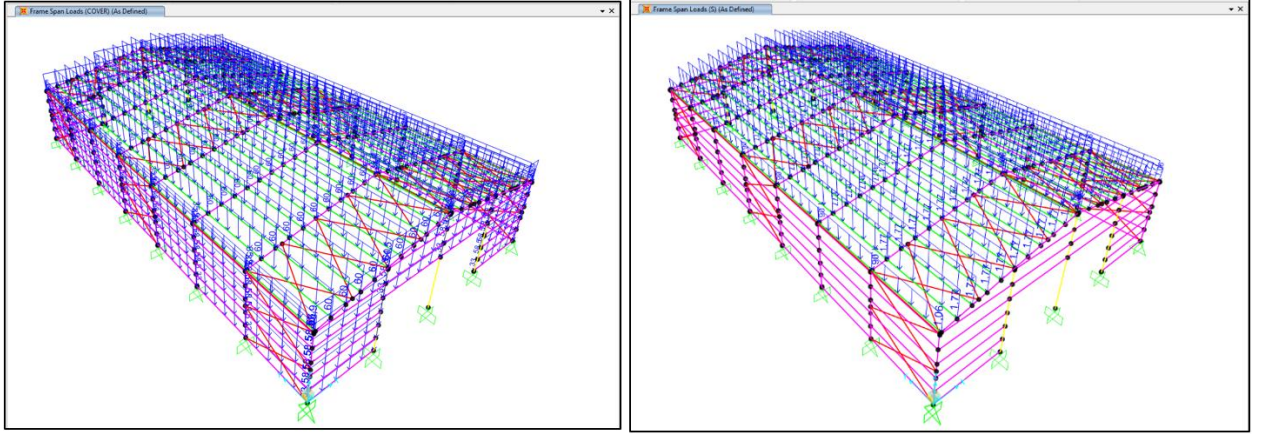
Şekil 4. 48 Model 2- AISC360-10 GKT sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



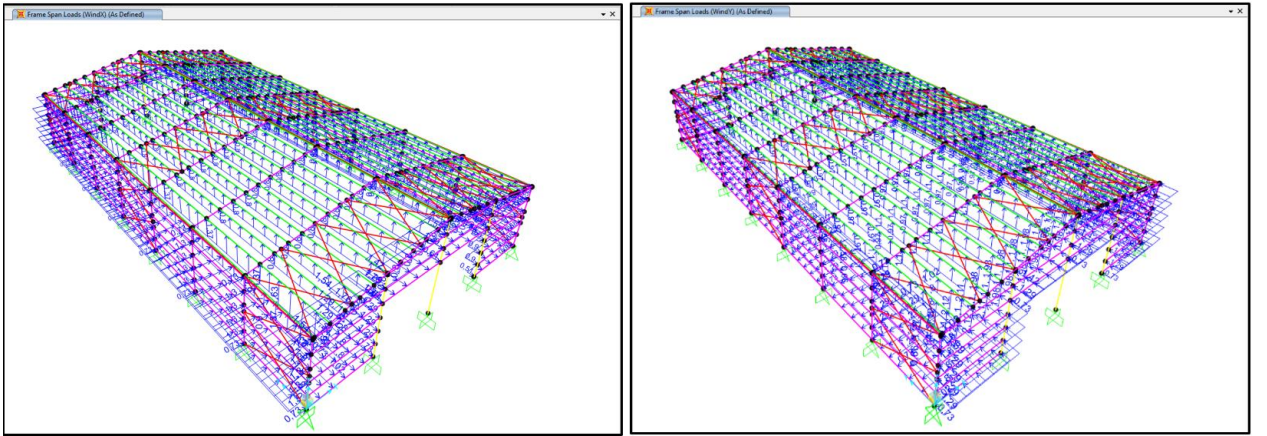
Şekil 4. 49 Model 2- AISC360-10 GKT sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



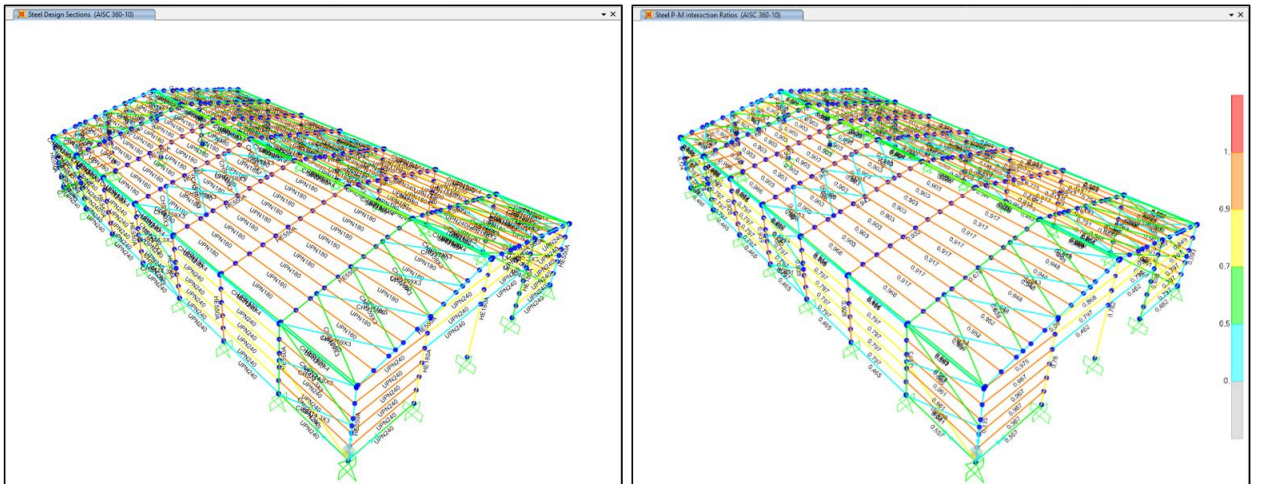
Şekil 4. 50 Model 2- AISC360-10 GKT için kesit ve etkileşim oranları



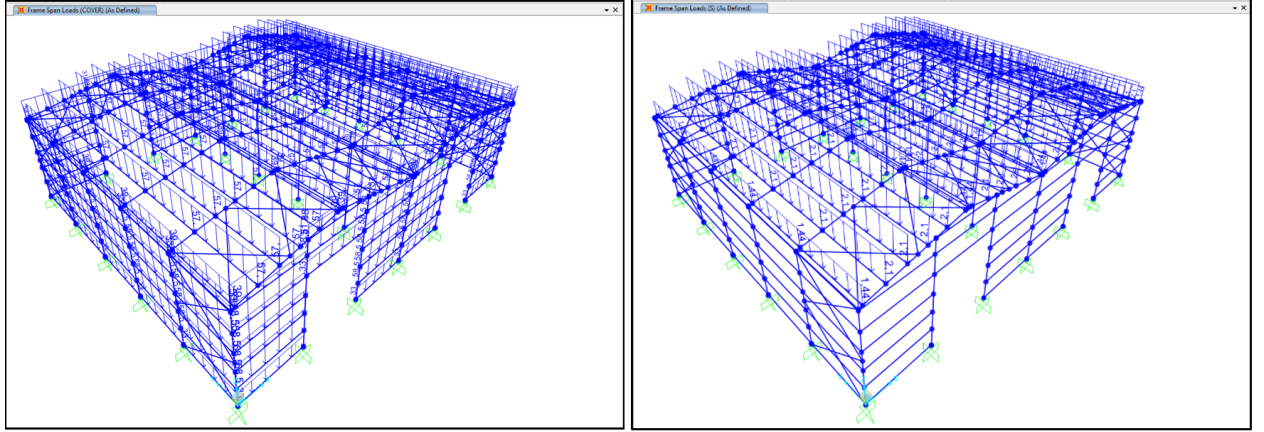
Şekil 4. 51 Model 2- AISC360-10 YDKT sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



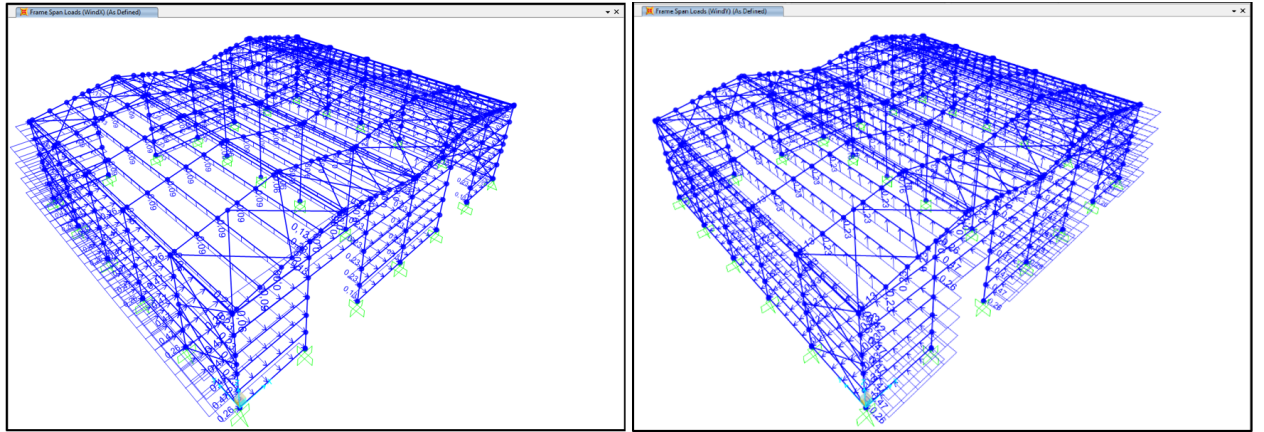
Şekil 4. 52 Model 2- AISC360-10 YDKT sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



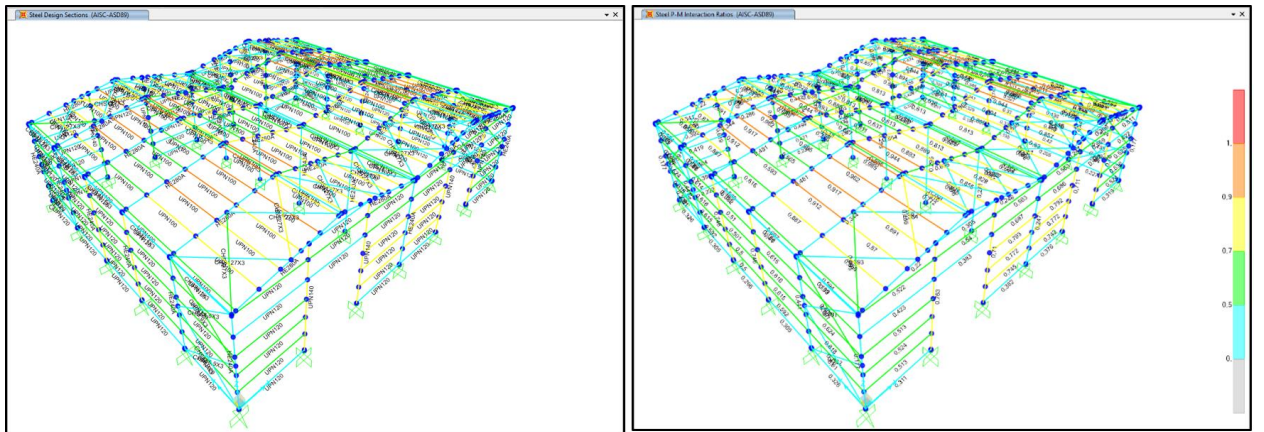
Şekil 4. 53 Model 2- AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları



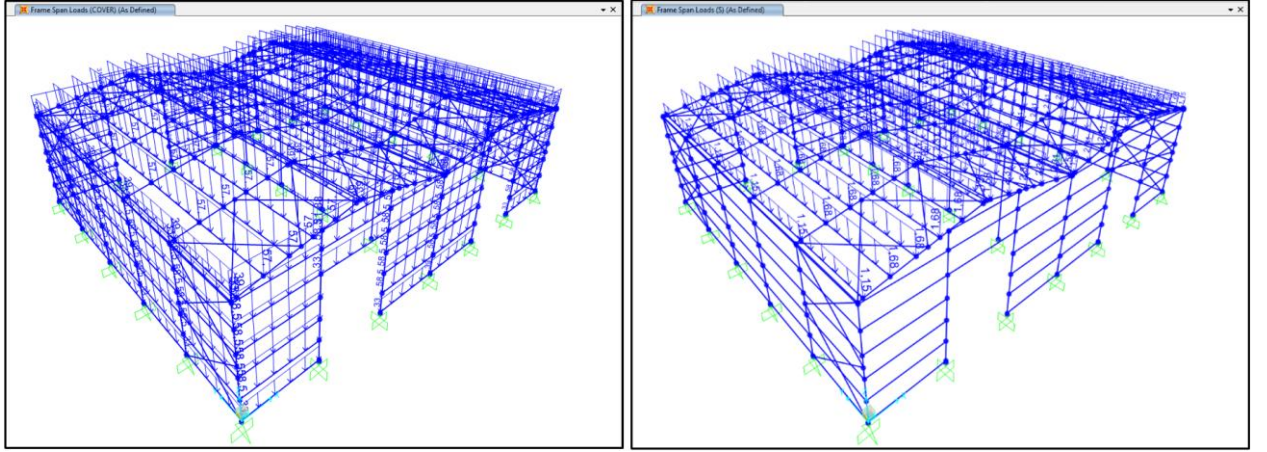
Şekil 4. 54 Model 3- AISC89 sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



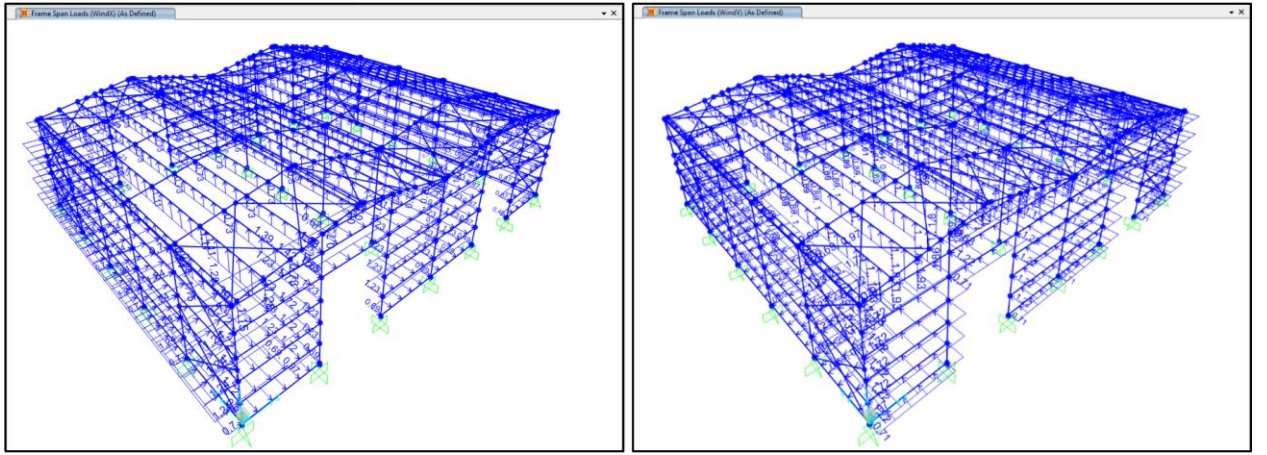
Şekil 4. 55 Model 3- AISC89 sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



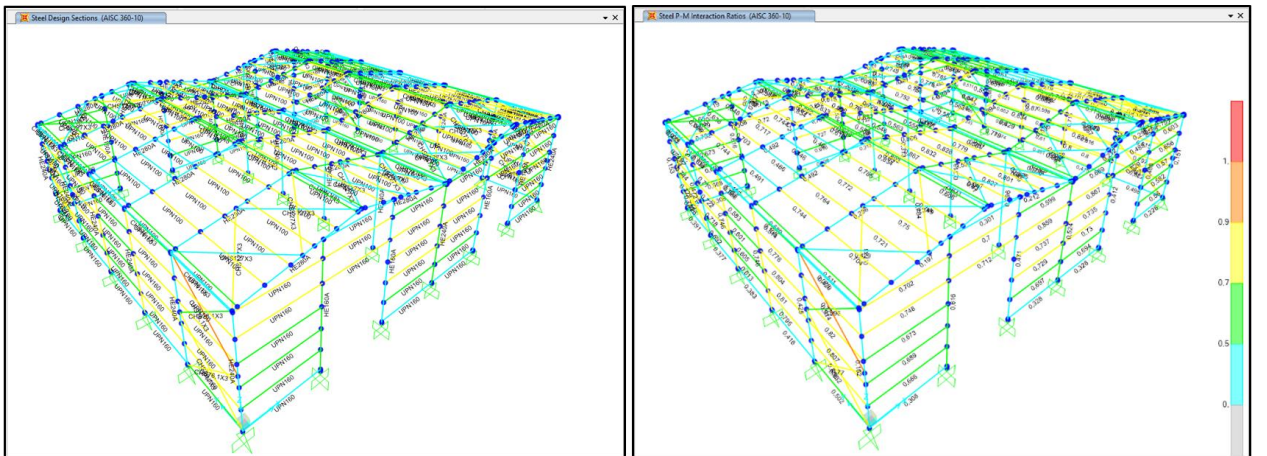
Şekil 4. 56 Model 3- AISC89 için kesit ve etkileşim oranları



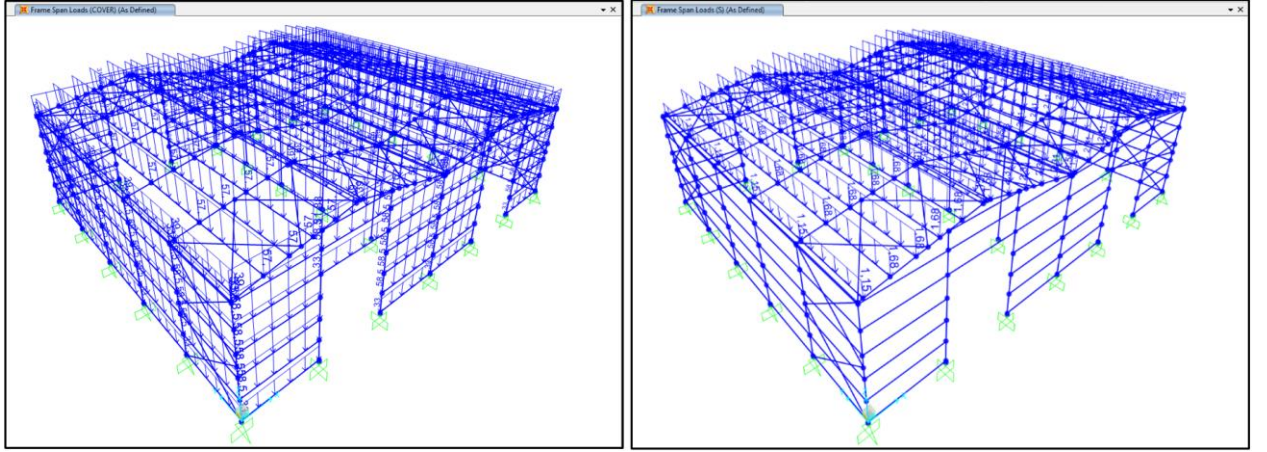
Şekil 4. 57 Model 3- AISC360-10 GKT sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



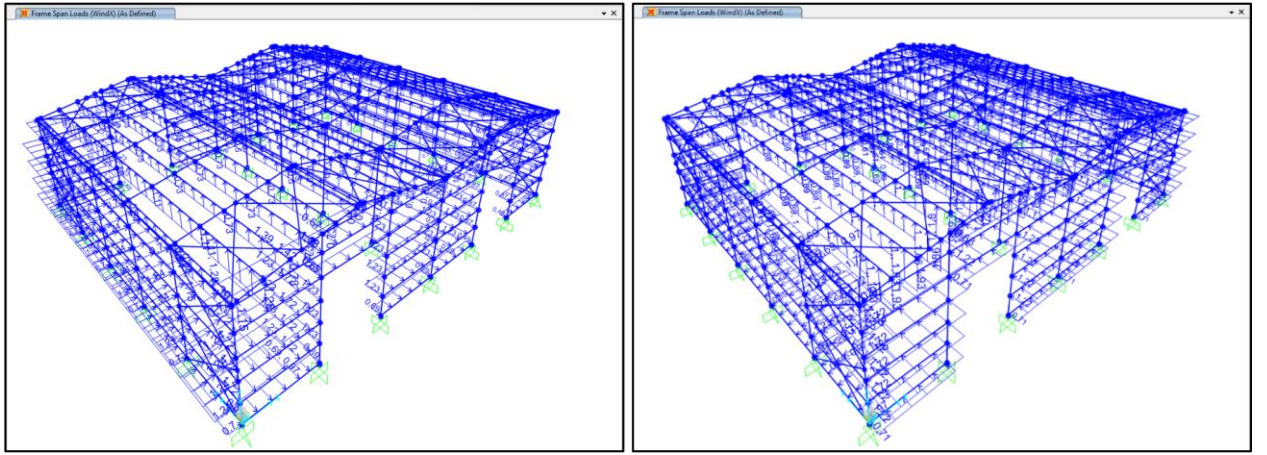
Şekil 4. 58 Model 3- AISC360-10 GKT sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



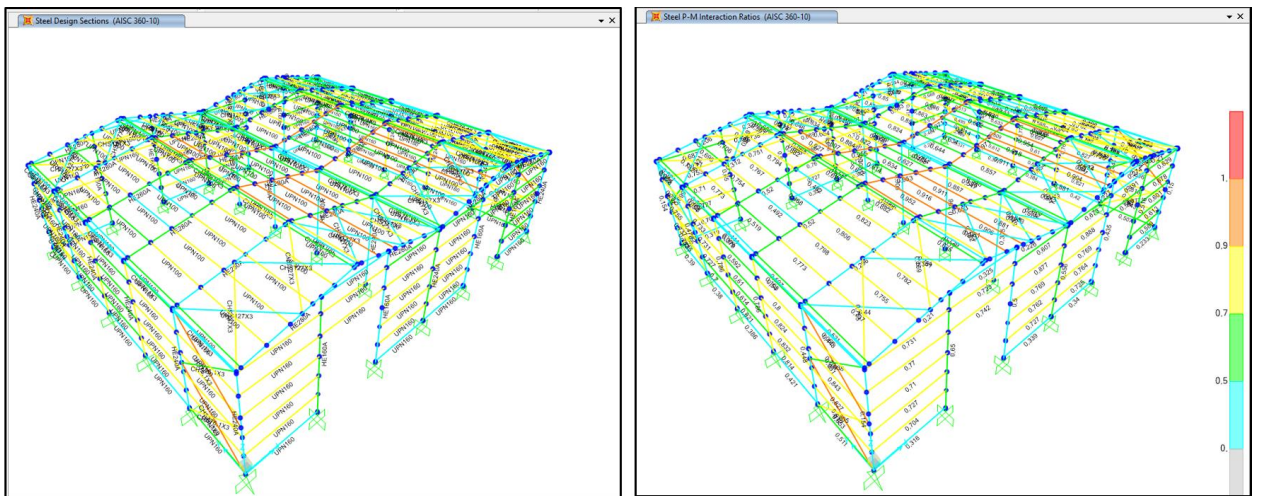
Şekil 4. 59 Model 2- AISC360-10 GKT için kesit ve etkileşim oranları



Şekil 4. 60 Model 3- AISC360-10 YDKT sırasıyla Cover (KG) ve Kar yükü (KN)



Şekil 4. 61 Model 3- AISC360-10 YDKT sırasıyla WindX ve WindY rüzgar yükleri (kN)



Şekil 4. 62 Model 2- AISC360-10 YDKT için kesit ve etkileşim oranları

Tablo 4. 28 Model 1 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

1. Model (12x20)	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Alın Dikmesi	HE100A	0,9971	HE140A	0,8048	HE140A	0,8577
Basınç Borusu	CHS139,7X3	0,9227	CHS139,7X3	0,8719	CHS139,7X3	0,8841
Catı Capraz	CHS127X3	0,5725	CHS114,3X3	0,6885	CHS114,3X3	0,6862
Cephe Çapraz	CHS88,9X3	0,6237	CHS76,1X3	0,8777	CHS76,1X3	0,8619
Kolon	HE260A	0,8137	HE260A	0,8165	HE260A	0,8283
Makas	HE260A	0,7877	HE260A	0,8028	HE260A	0,8145
Catı Aşık	UPN140	0,7351	UPN120	0,6909	UPN120	0,7195
Cephe Aşık	UPN120	0,8668	UPN180	0,7262	UPN180	0,7536
Ağırlık(kg)	20848 kg		23380 kg		23380 kg	

Tablo 4. 29 Model 1 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

1. Model (12x20)	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Alın Dikmesi	G+Q-Wy	G-Wx	1,2G+Q+0,5S-1,6Wx
Basınç Borusu	G+S	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	1,2G+1,6S-0,8Wx
Catı Capraz	G+S	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	1,2G+1,6S-0,8Wx
Cephe Çapraz	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ey+0,3Ex+0,Ez))	G+0,75Q+0,75S-0,75Wy	1,2G+Q+0,5S-1,6Wy
Kolon	G+S	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	1,2G+1,6S-0,8Wx
Makas	G+S	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	1,2G+1,6S-0,8Wx
Catı Aşık	G+S	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	1,2G+1,6S-0,8Wy
Cephe Aşık	G+Q+Wx	G+Wx	1,2G+Q+0,5Qr+1,6Wx

Tablo 4. 30 Model 2 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

2. Model (24x42)	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Alın Dikmesi	HE160A	0,6722	HE180A	0,7228	HE180A	0,7817
Basınç Borusu	CHS177,8x4	0,9899	CHS219,1X4	0,7518	CHS219,1X4	0,7498
Catı Capraz	CHS159X3	0,6920	CHS159X3	0,6956	CHS159X3	0,6945
Cephe Çapraz	CHS127X3	0,7158	CHS114,3X3	0,8998	CHS114,3X3	0,8478
Kolon	HE600A	0,8922	HE550A	0,9146	HE550A	0,9395
Makas	HE600A	0,8996	HE550A	0,9178	HE550A	0,9431
Catı Aşık	UPN220	0,9052	UPN180	0,9842	UPN180	0,9989
Cephe Aşık	UPN200	0,9586	UPN240	0,9483	UPN240	0,9753
Ağırlık(kg)	105864		102084		102084	

Tablo 4. 31 Model 2 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

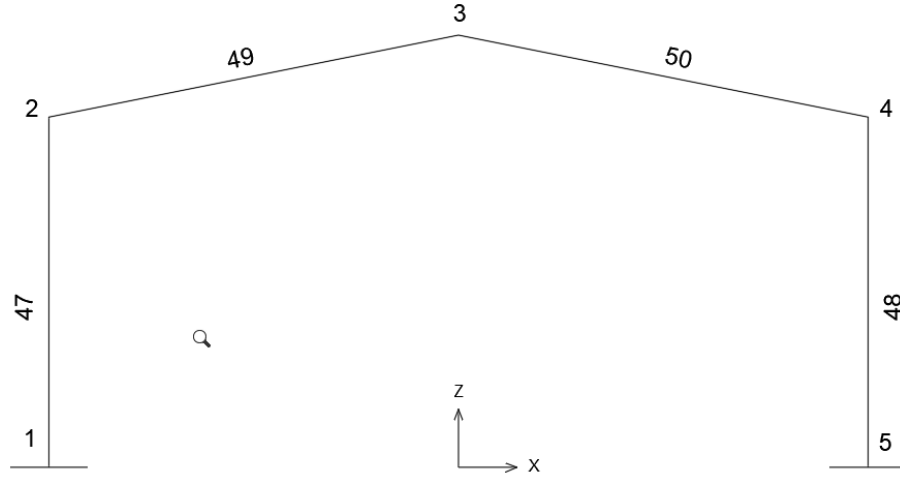
2. Model (24x42)	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Alın Dikmesi	$G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ex+0,3Ey+0,Ez))$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wy$	$1,2G+Q+0,5S-1,6Wy$
Basınç Borusu	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Catı Capraz	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Cephe Çapraz	$G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ey+0,3Ex+0,Ez))$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wy$	$1,2G+Q+0,5S-1,6Wy$
Kolon	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Makas	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Catı Aşık	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Cephe Aşık	$G+Q+Wy$	$G+Wx$	$1,2G+Q+0,5Qr+1,6Wx$

Tablo 4. 32 Model 3 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

3. Model (2x12x20) Tek Gergili	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Alın Dikmesi	HE140A	0,7629	HE160A	0,6162	HE160A	0,6503
Basınç Borusu	CHS76,1X3	0,6799	CHS76,1X3	0,6508	CHS76,1X3	0,6773
Catı Capraz	CHS127X3	0,7561	CHS127X3	0,7337	CHS127X3	0,7694
Cephe Çapraz	CHS88,9X3	0,5914	CHS76,1X3	0,9139	CHS76,1X3	0,9512
Kolon	HE240A	0,7464	HE240A	0,7459	HE240A	0,7863
Makas	HE280A	0,8637	HE280A	0,8935	HE280A	0,9708
Catı Aşık	UPN100	0,9866	UPN100	0,8921	UPN100	0,9665
Cephe Aşık	UPN120	0,7931	UPN160	0,8756	UPN160	0,8968
Ağırlık(kg)	32591		35955		35955	

Tablo 4. 33 Model 3 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

3. Model (2x12x20)	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Alın Dikmesi	$G+Q-Wy$	$G-Wx$	$1,2G+Q+0,5S-1,6Wx$
Basınç Borusu	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Catı Capraz	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wy$	$1,2G+1,6S-0,8Wy$
Cephe Çapraz	$G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ey+0,3Ex+0,Ez))$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wy$	$1,2G+Q+0,5S-1,6Wy$
Kolon	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Makas	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Catı Aşık	$G+S$	$G+0,75Q+0,75S-0,75Wx$	$1,2G+1,6S-0,8Wx$
Cephe Aşık	$G+Q-Wy$	$G-Wx$	$1,2G+Q+0,5S-1,6Wx$



Şekil 4. 63 Model 1 3. aks çerçeve çubuk elemanları

Tablo 4. 34 Model 1- AISC89 yönetmeliği 3 aksı kesit zorları

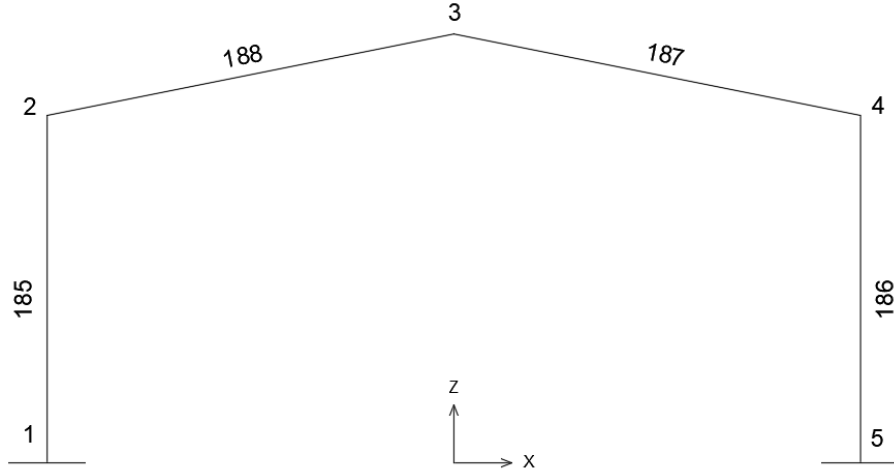
Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
47	1	G+S	84,40	60,88	26,35	HE260A	0,814
48	5	G+S	84,40	60,88	26,35	HE260A	0,814
49	2	G+S	38,6	97,24	58,66	HE260A	0,788
50	4	G+S	38,6	97,24	58,66	HE260A	0,788

Tablo 4. 35 Model 1- AISC360-10 GKT yönetmeliği 3 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
47	1	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	84,91	94,63	42,64	HE260A	0,817
48	5	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	79,66	25,16	11,67	HE260A	0,713
49	2	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	34,86	101,78	57,86	HE260A	0,803
50	4	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	33,83	78,37	52,72	HE260A	0,705

Tablo 4. 36 Model 1- AISC360-10 YDKT yönetmeliği 3 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
47	1	1,2G+1,6S-0,8Wx	124,83	130,133	58,09	HE260A	0,828
48	5	1,2G+1,6S-0,8Wx	119,23	56,03	25,06	HE260A	0,755
49	2	1,2G+1,6S-0,8Wx	55,71	155,05	90,04	HE260A	0,814
50	4	1,2G+1,6S-0,8Wx	54,61	130,07	84,56	HE260A	0,745



Şekil 4. 64 Model 2 4. aks çerçeve çubuk elemanları

Tablo 4. 37 Model 2- AISC89 yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

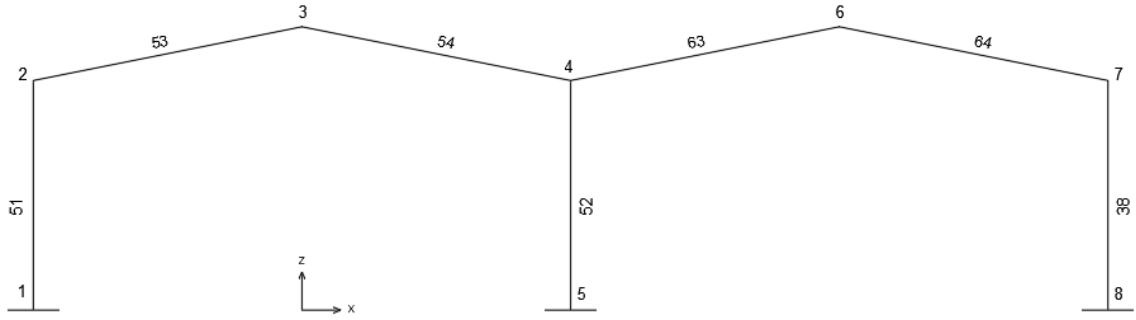
Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
185	1	G+S	252,31	471,92	180,02	HE600A	0,892
186	5	G+S	252,45	471,87	180,01	HE600A	0,892
188	2	G+S	220,74	608,21	175,09	HE600A	0,900
187	4	G+S	220,74	608,19	175,09	HE600A	0,900

Tablo 4. 38 Model 2- AISC360-10 GKT yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
185	1	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	239,69	502,91	194,08	HE550A	0,915
186	5	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	235,45	391,99	148,45	HE550A	0,903
188	2	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	202,02	571,68	163,19	HE550A	0,918
187	4	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	201,28	545,71	159,08	HE550A	0,908

Tablo 4. 39 Model 2- AISC360-10 YDKT yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
185	1	1,2G+1,6S-0,8W _x	356,73	751,66	288,35	HE550A	0,939
186	5	1,2G+1,6S-0,8W _x	352,28	633,32	239,66	HE550A	0,931
188	2	1,2G+1,6S-0,8W _x	315,27	882,51	252,51	HE550A	0,943
187	4	1,2G+1,6S-0,8W _x	314,48	854,80	248,12	HE550A	0,936



Şekil 4. 65 Model 3 4. aks çerçeve çubuk elemanları

Tablo 4. 40 Model 2- AISC89 yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
51	1	G+S	75,66	47,58	19,78	HE240A	0,746
52	5	G+S	138,35	0	0	HE240A	0,295
38	8	G+S	75,61	47,58	19,78	HE240A	0,746
53	2	G+S	30,73	71,19	52,24	HE280A	0,481
54	4	G+S	33,10	130,82	62,00	HE280A	0,864
63	4	G+S	33,10	130,82	62,00	HE280A	0,864
64	7	G+S	30,73	71,19	52,22	HE280A	0,481

Tablo 4. 41 Model 3- AISC360-10 GKT yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

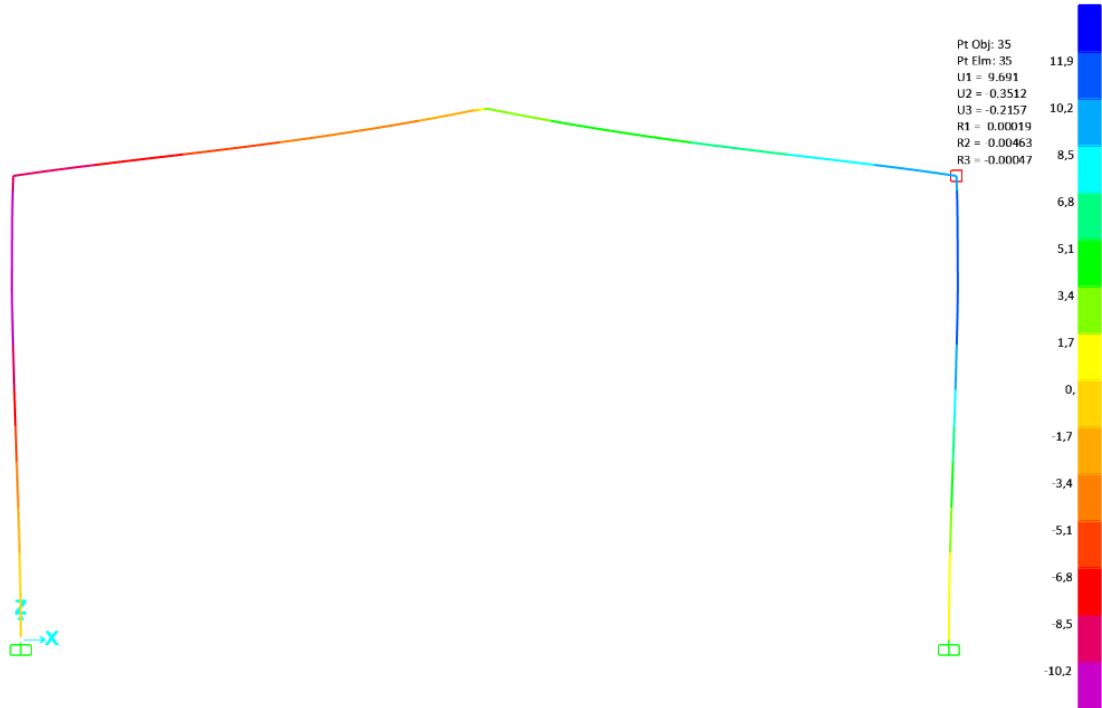
Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
51	1	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	75,72	70,15	33,31	HE240A	0,746
52	5	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	143,87	11,63	3,40	HE240A	0,313
38	8	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	69,035	26,78	9,46	HE240A	0,726
53	2	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	25,89	74,57	52,20	HE280A	0,492
54	4	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	29,07	128,73	63,90	HE280A	0,872
63	4	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	33,07	137,50	66,55	HE280A	0,894
64	7	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	28,73	59,53	44,86	HE280A	0,481

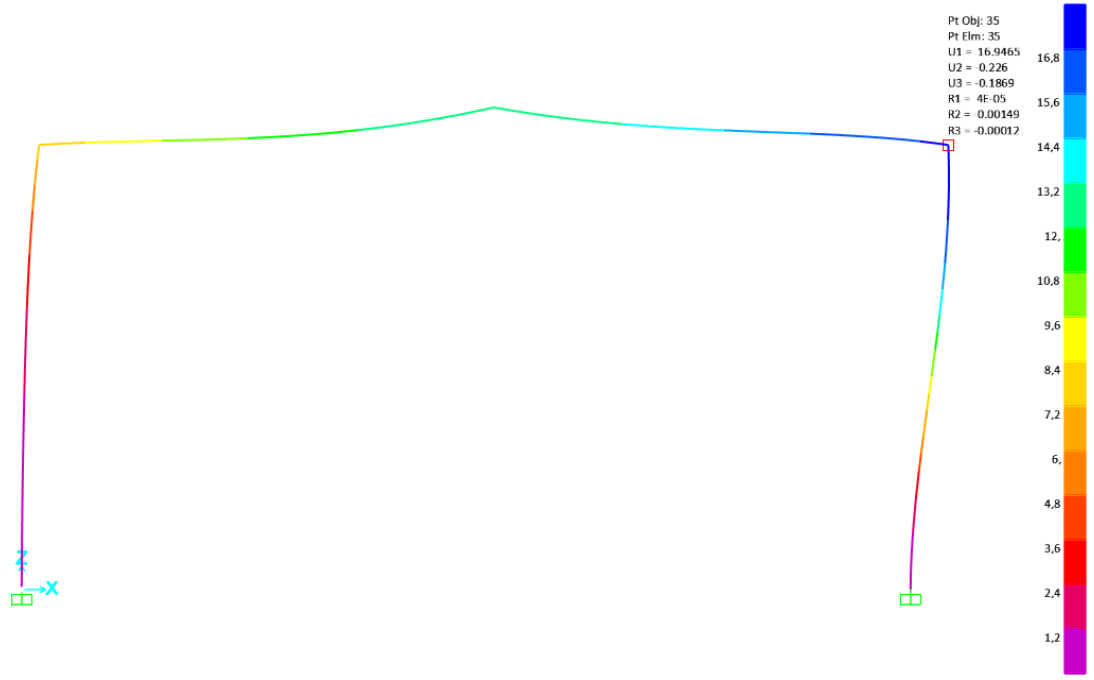
Tablo 4. 42 Model 3- AISC360-10 YDKT yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
51	1	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	112,81	101,04	46,35	HE240A	0,786
52	5	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	237,19	12,40	3,63	HE240A	0,306
38	8	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	105,60	54,78	20,91	HE240A	0,773
53	2	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	44,16	118,35	82,64	HE280A	0,520
54	4	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	50,13	215,43	106,59	HE280A	0,955
63	4	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	54,40	224,78	109,61	HE280A	0,971
64	7	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	47,18	102,29	74,79	HE280A	0,512

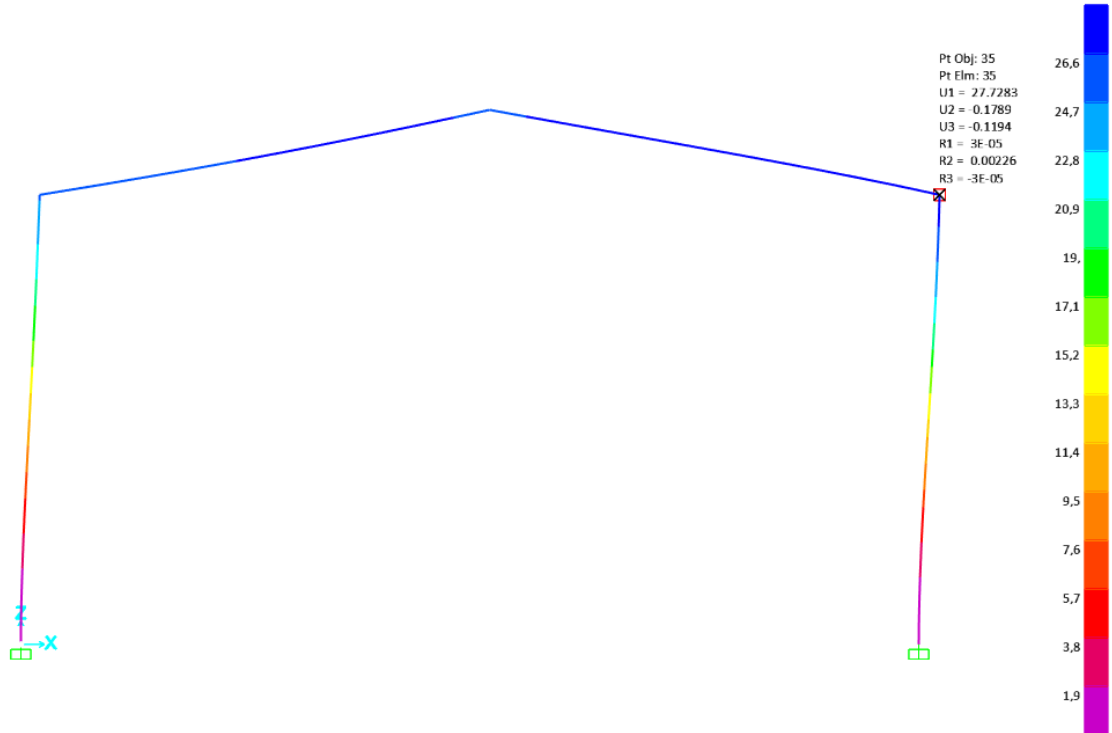
Tablo 4. 43 Model 1 - 3 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	35	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez))	9,69	0,35	-0,21
TÇY 2016 - GKT	35	G+0,75Q+0,75S+0,75Wx	16,95	-0,23	-0,19
TÇY 2016 - YDKT	35	1,2G+Q+0,5S+1,6Wx	27,73	-0,18	-0,12

**Şekil 4. 66** Model 1 TS648 yönetmeliği ile çözülen 3 aksı çerçeve sistemin yer değıştirme hareketi (mm)



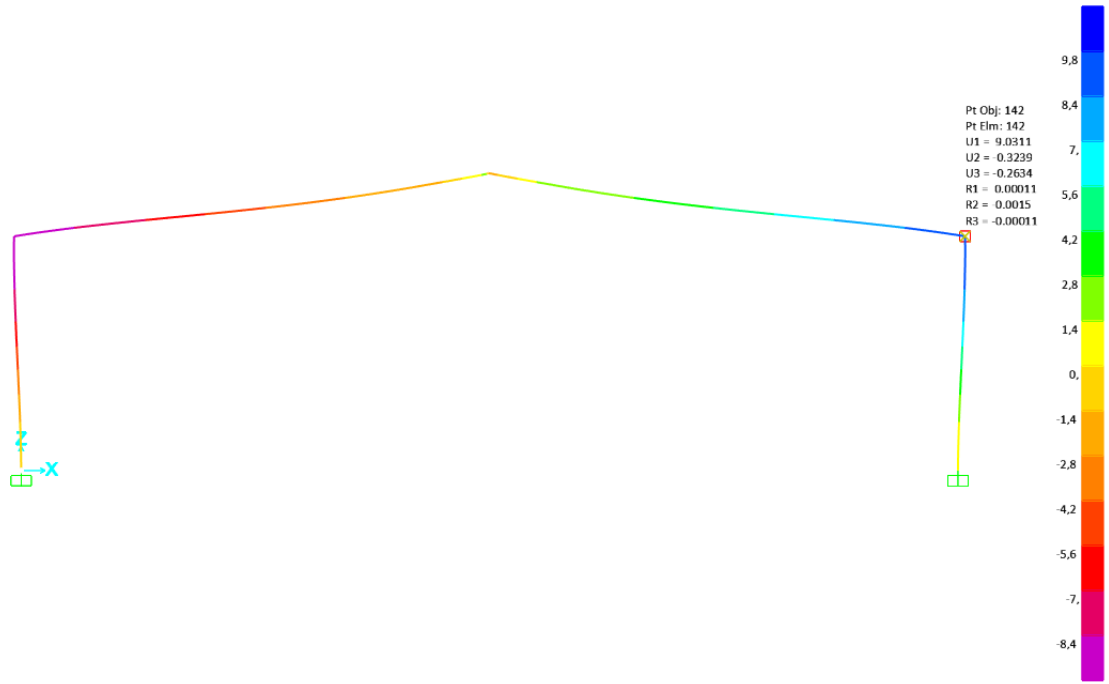
Şekil 4. 67 Model 1 TÇY 2016 - GKT yönetmeliği ile çözülen 3 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

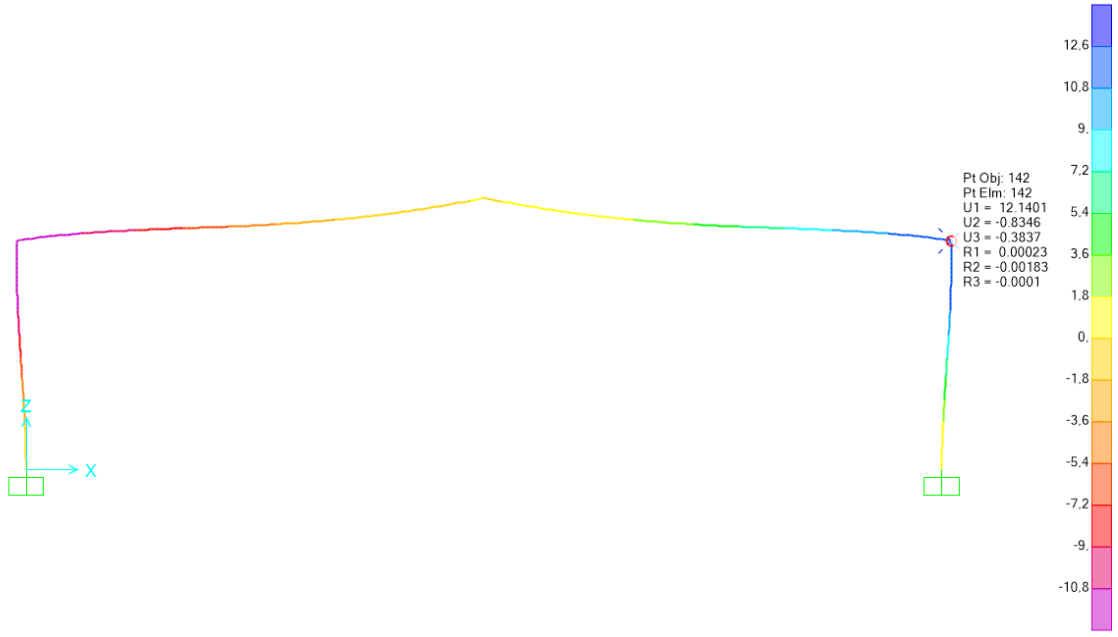


Şekil 4. 68 Model 1 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 3 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

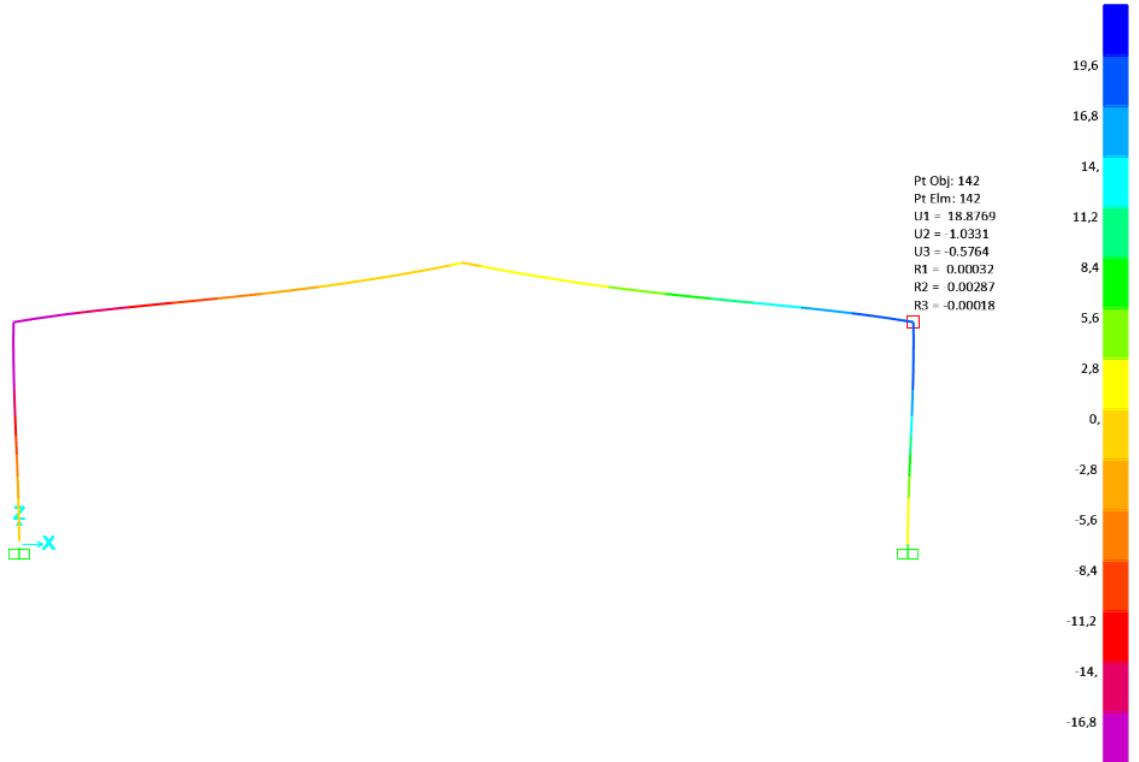
Tablo 4. 44 Model 2 - 4 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	142	$G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(E_x+0,3E_y+0,E_z))$	9,03	-0,32	-0,26
TÇY 2016 - GKT	142	$G+0,75Q+0,75S-0,75W_y$	12,14	-0,83	-0,38
TÇY 2016 - YDKT	142	$1,2G+1,6S-0,8W_y$	18,88	-1,03	-0,58

**Şekil 4. 69** Model 2 TS648 yönetmeliği ile çözülen 4 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



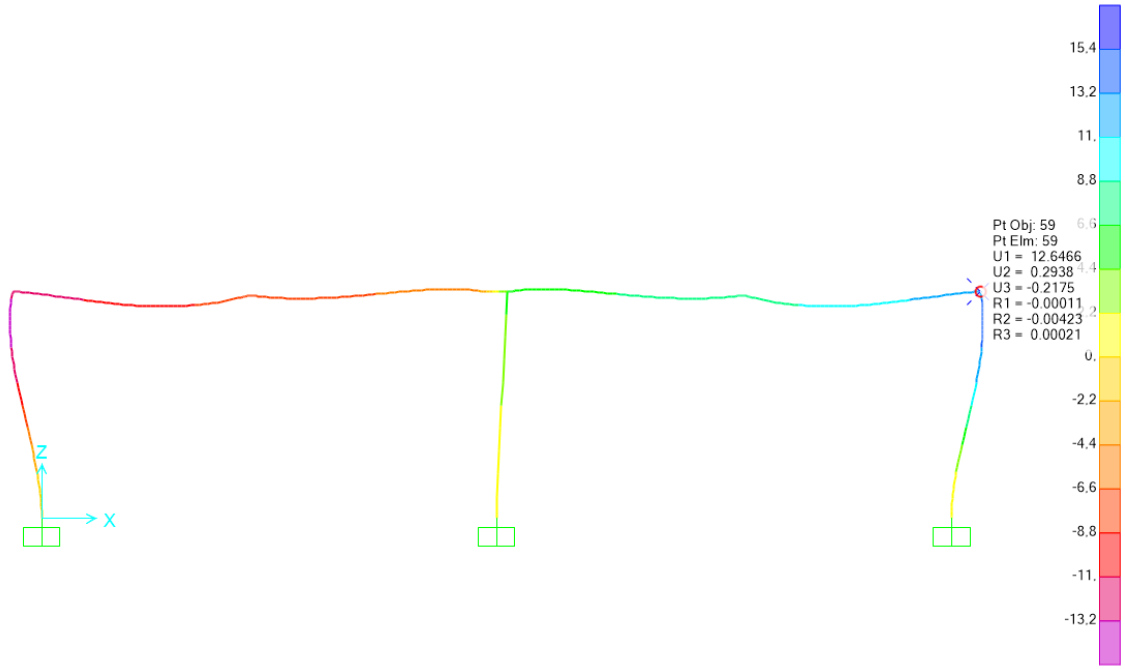
Şekil 4. 70 Model 2 TÇY 2016 - GKT yönetmeliği ile çözülen 4 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

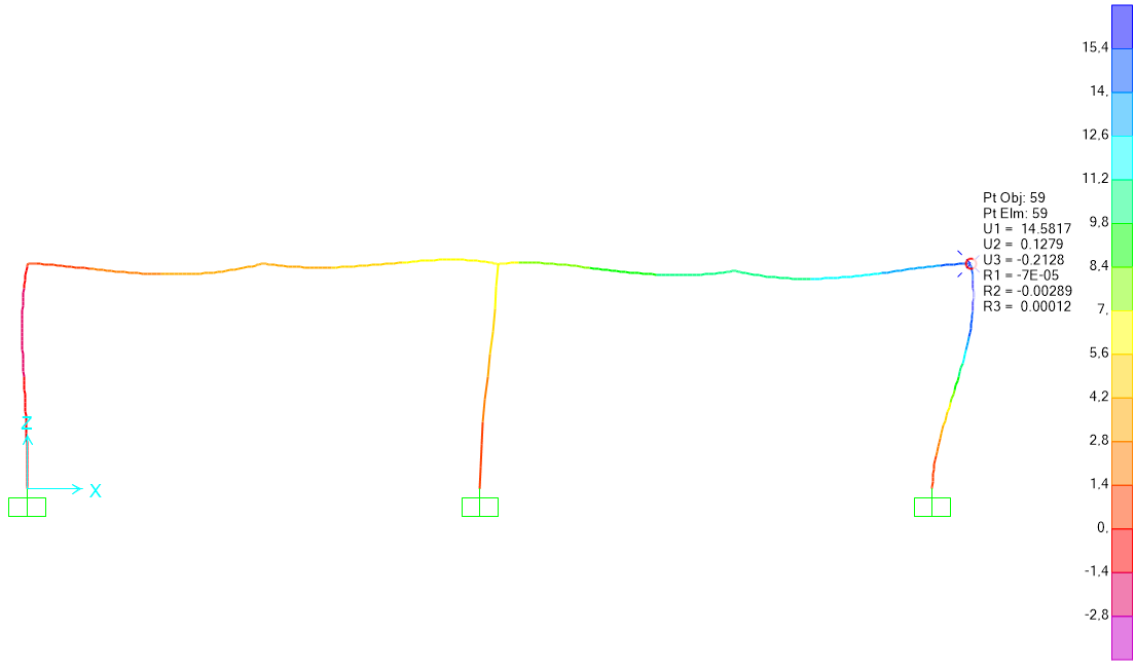


Şekil 4. 71 Model 2 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 4 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

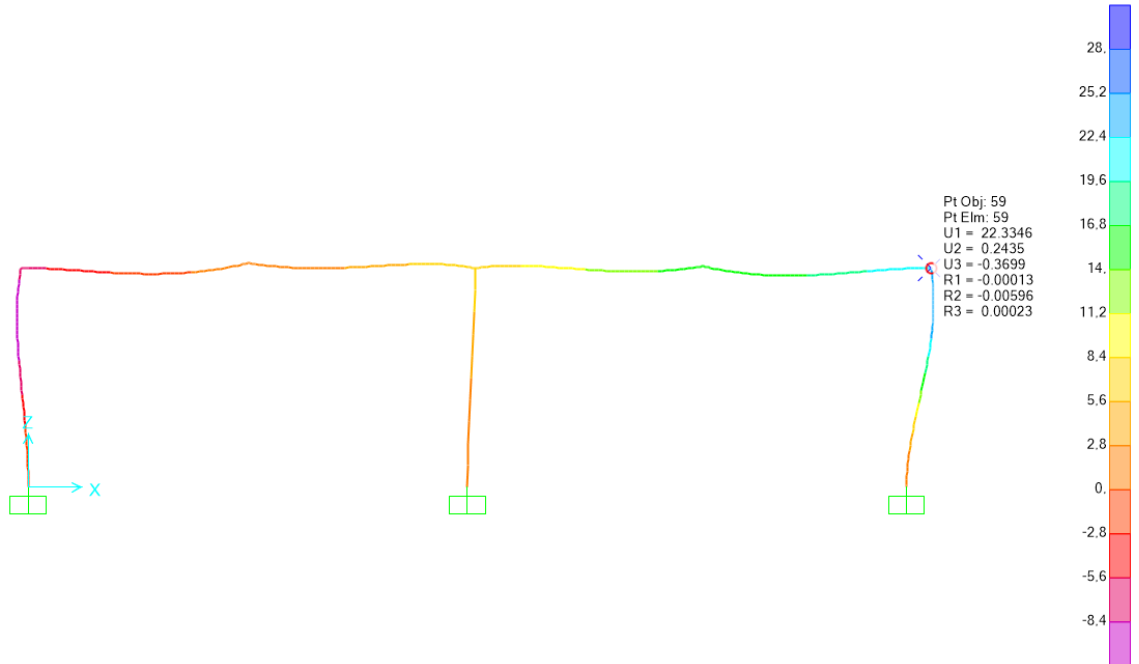
Tablo 4. 45 Model 3 - 4 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	59	$G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(E_x+0,3E_y+0,3E_z))$	12,65	0,29	-0,22
TÇY 2016 -GKT	59	$G+0,75Q+0,75S+0,75W_x$	14,58	0,13	-0,21
TÇY 2016 -YDKT	59	$1,2G+1,6S+0,8W_x$	22,33	0,24	-0,37

**Şekil 4. 72** Model 3 TS648 yönetmeliği ile çözülen 4 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



Şekil 4. 73 Model 3 TÇY 2016 - GKT yönetmeliği ile çözülen 4 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



Şekil 4. 74 Model 3 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 4 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

4.4.2 Çok katlı çelik bina sistem tasarımı ve analizi

Bu çelik binamızda aynı endüstri binası gibi SAP2000 programında analitik modeli üç boyutlu olarak tasarlanmış malzeme özellikleri ve eleman ağırlıkları Define menüsünden tanımlanmıştır.

Çok katlı çelik bina sistemimiz basit yapıda olması için çatı kısmı ihmal edilmiş kar yükü dikkate alınmamıştır. Rüzgar yükleri programda yer alan hazır yönetmelikler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu konu **Bölüm 4.3.1.4** de detaylı olarak anlatıldı.

Yapıya etki eden yatay yükleri ; deprem ve rüzgar yüklerini karşılaması için (x) eksenini doğrultusunda ve binanın iki ucuna merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tanımlanmıştır. Buna göre deprem yükü hesabı yapılmıştır.

Kolon zemine ankastre mesnet olarak tanımlanmış merkezi çaprazların gerekli serbestlikleri girilmiştir.

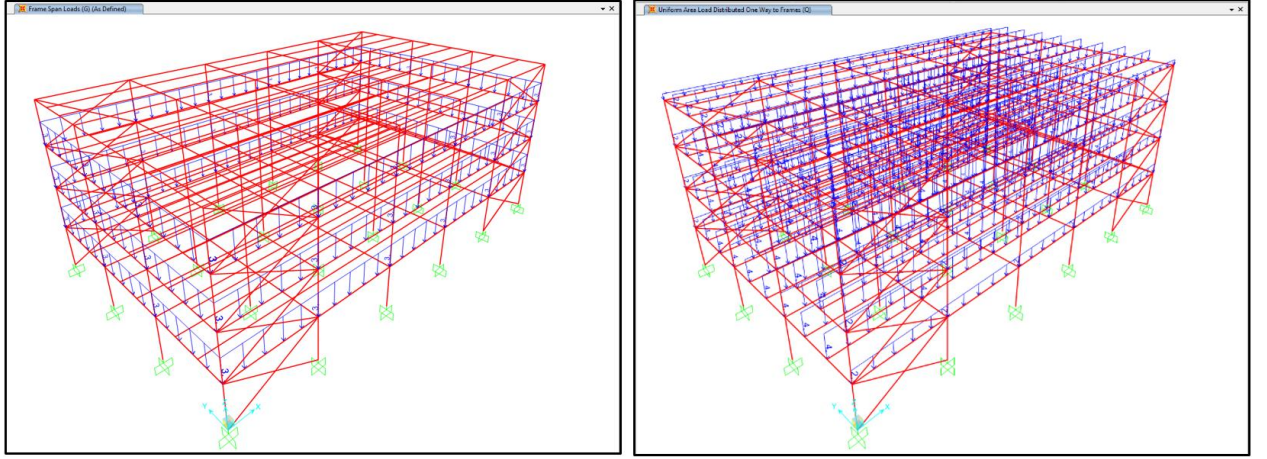
Deprem hesabı **Bölüm 4.3.1.5** de anlatıldığı şekilde gerçekleştirilmiş program yardımıyla hesaplanmıştır. Analiz gerçekleştirildikten sonra gerekli kontroller yapılmıştır.

Sistem analizi doğru şekilde tamamlandıktan sonra, elemanların dizaynı gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda üç farklı yönetmelik dikkate alınmıştır.

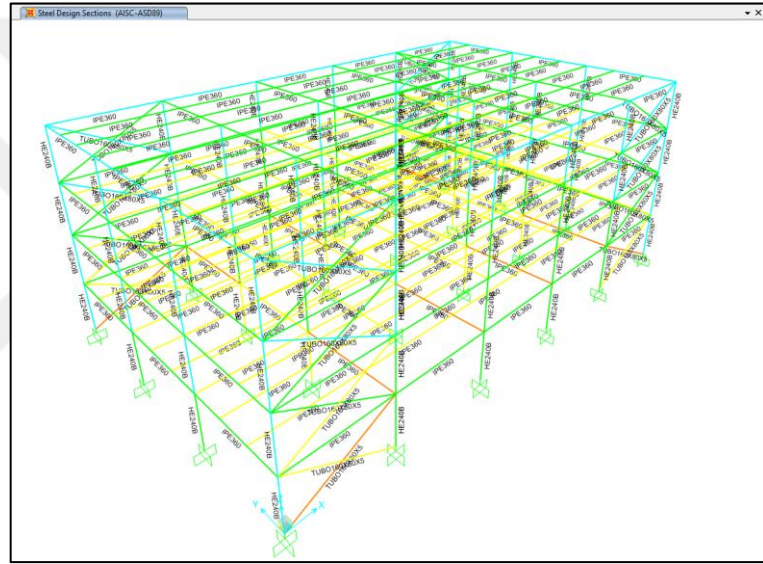
TS648 ve TS498 yönetmelikleri uygulandığı sistemlerde AISC-ASD89 standardı kullanılmıştır.

TÇY2016 Güvenlik Katsayıları ile Tasarım için AISC 360-10 yönetmeliğindeki ASD bölümü seçilmiş, Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım için LRFD bölümü seçilerek dizayn gerçekleştirilmiştir.

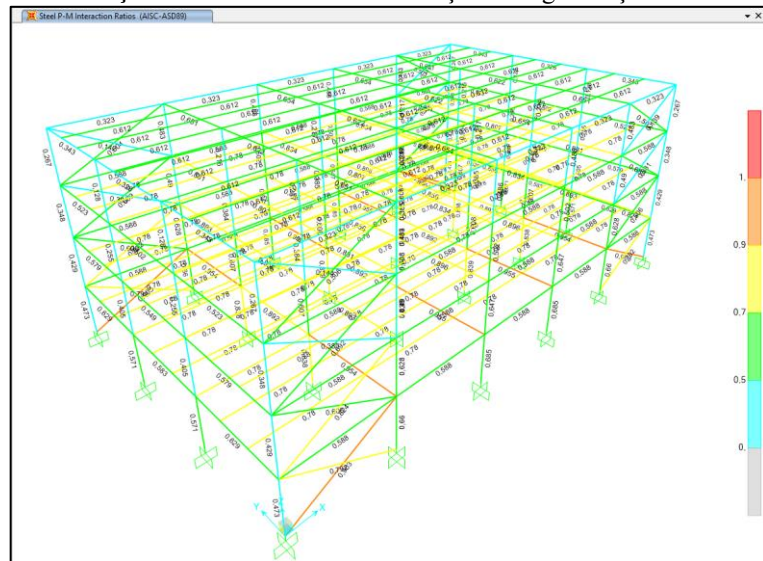
Tüm çubuk elemanlar 4 katlı çelik bina için; kolon, ana kiriş, tali kiriş ve çapraz olarak gruplandırılmıştır. 8 katlı çelik binalar içinse ilk 4 kat için kolon, ana kiriş, tali kiriş, çapraz olarak ve diğer geri kalan elemanlar için kolon 2, ana kiriş 2, tali kiriş 2 ve çapraz 2 şeklinde gruplandırılarak isimlendirilmiştir. Sistem dizaynı yapılırken her grup kendi elemanları içerisinde en çok zorlanan elemana göre boyutlandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Aşağıda yük değerlerini ve etkileşim oranlarını üç boyutlu sistem üzerinde gösterilmiştir. Kullanılan kesitler, kesitin en çok zorlandığı yük kombinasyonları, etkileşim oranları ve toplam ağırlıkları tablo üzerinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca 1 aksı çerçeve çubuk sistemi için yerdeğiştirme miktarları grafik ve tablo üzerinde gösterilmiştir.



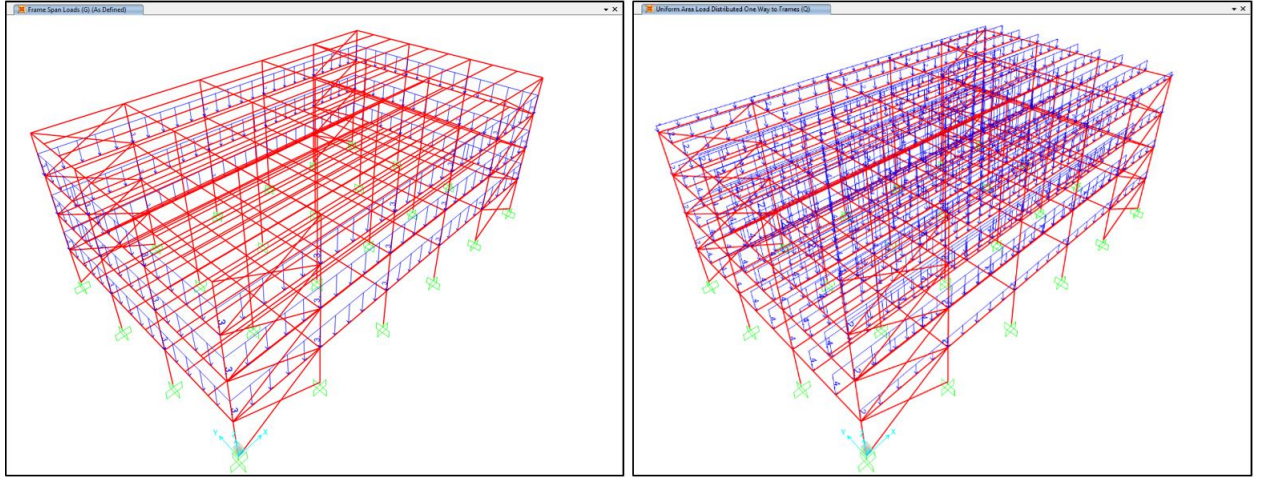
Şekil 4. 75 Model 4- AISC89 sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



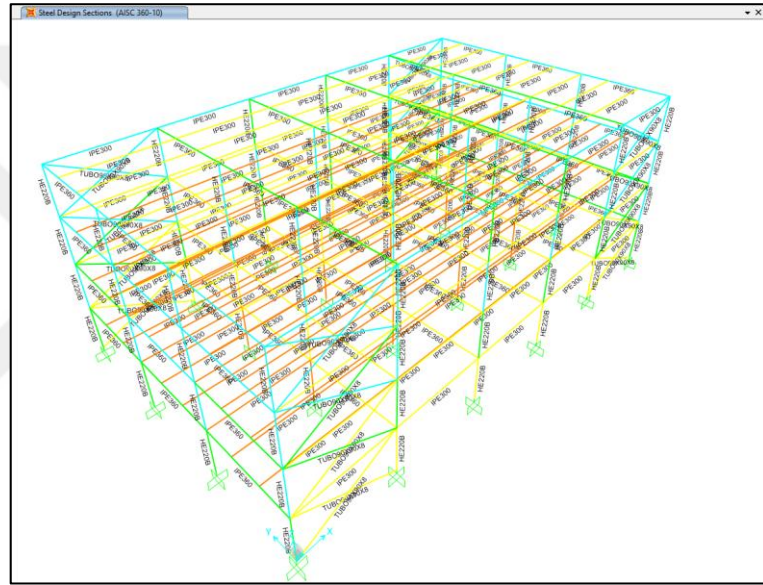
Şekil 4. 76 Model 4- AISC89 için kesit görünüşleri



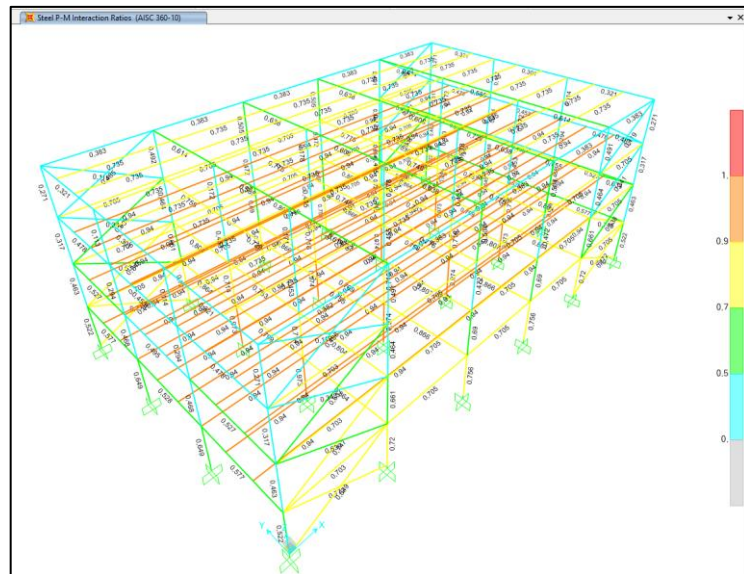
Şekil 4. 77 Model 4- AISC89 için etkileşim oranları



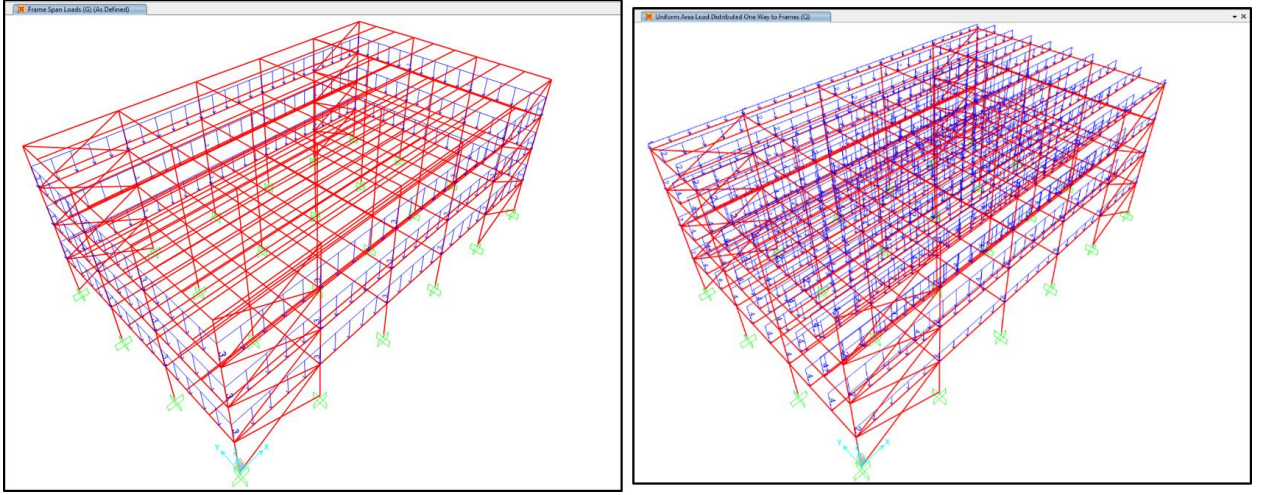
Şekil 4. 78 Model 4- AISC360-10 GKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



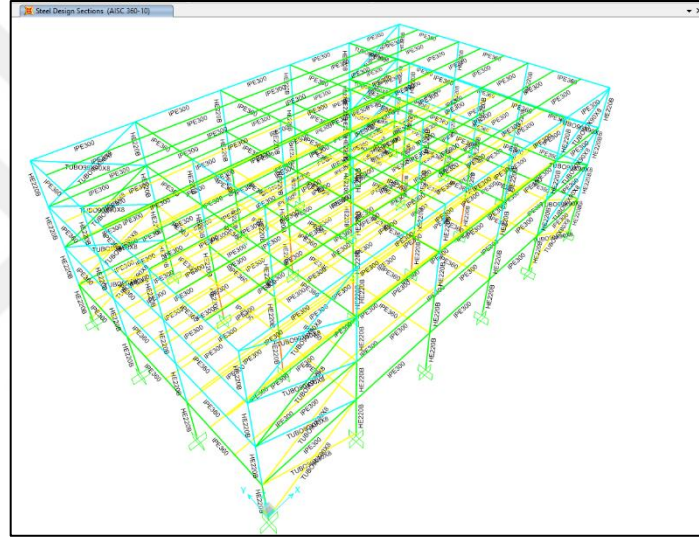
Şekil 4. 79 Model 4- AISC360-10 GKT için kesit görüntüleri



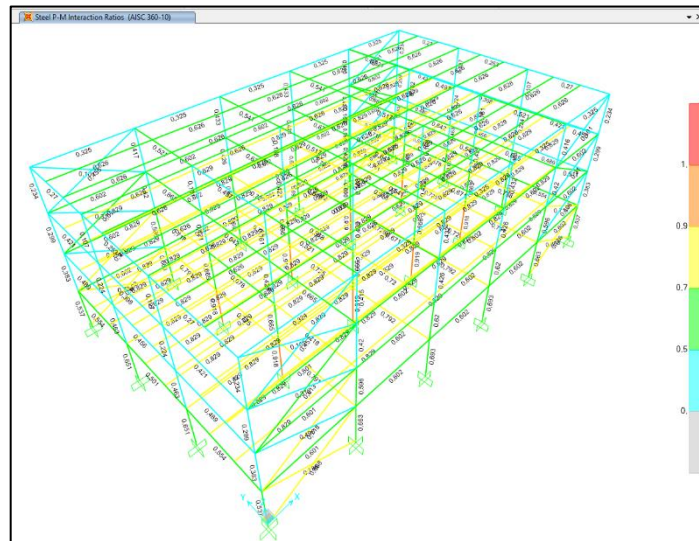
Şekil 4. 80 Model 4- AISC360-10 GKT için etkileşim oranları



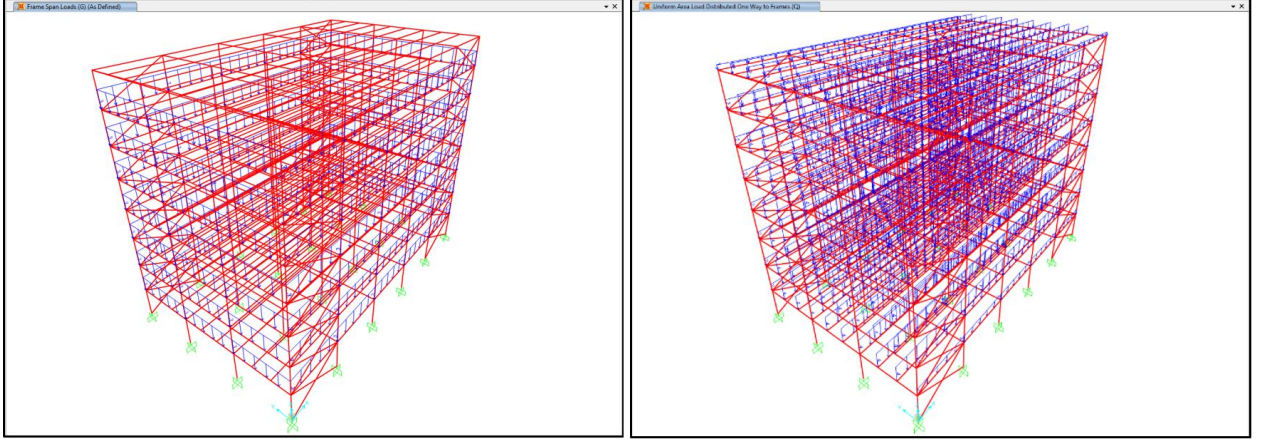
Şekil 4. 81 Model 4- AISC360-10 YDKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



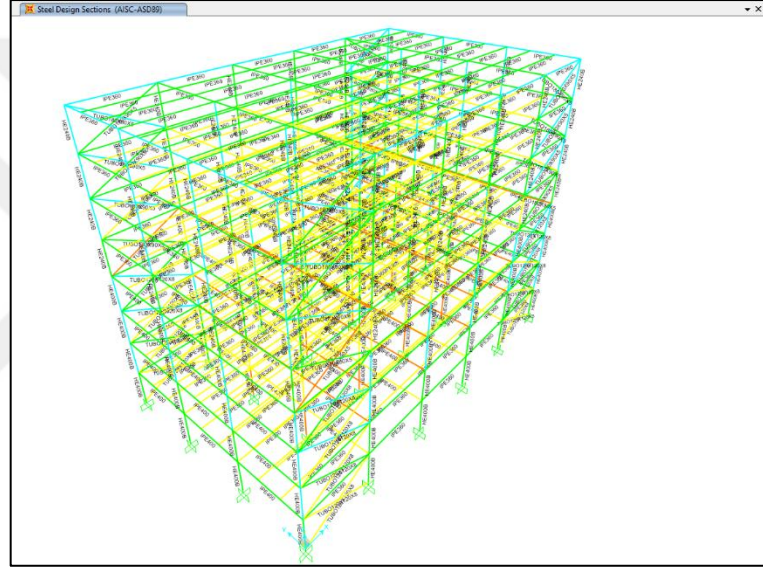
Şekil 4. 82 Model 4- AISC360-10 YDKT için kesit görünüşleri



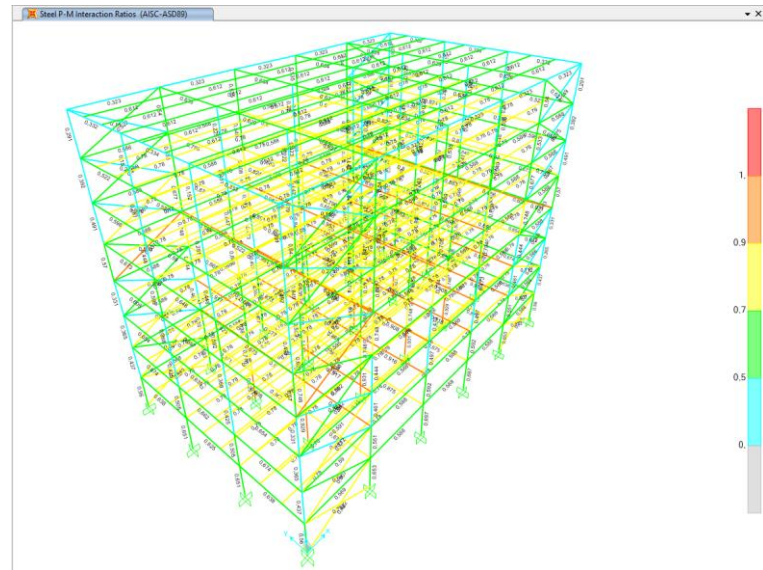
Şekil 4. 83 Model 4- AISC360-10 YDKT için etkileşim oranları



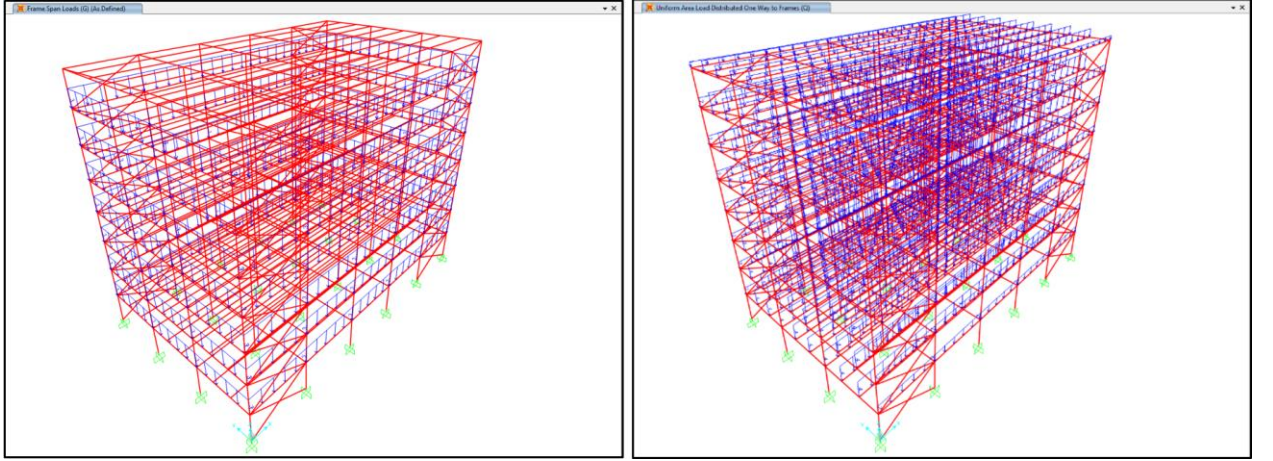
Şekil 4. 84 Model 5- AISC89 sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



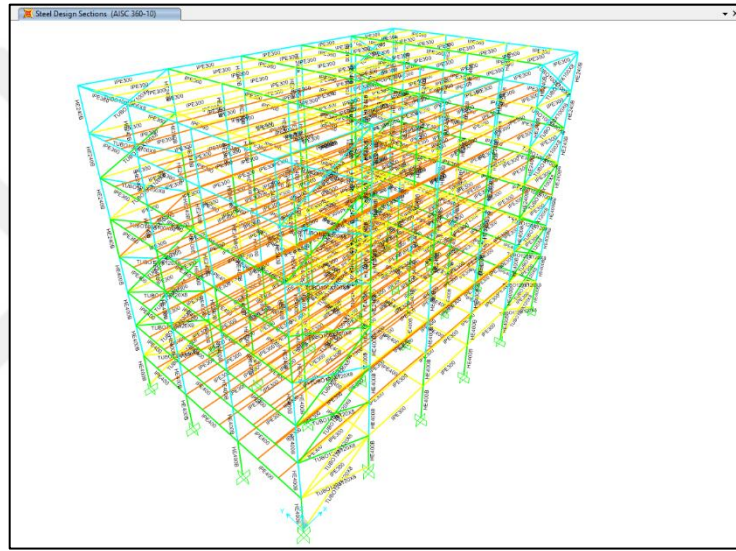
Şekil 4. 85 Model 5- AISC89 için kesit görüşleri



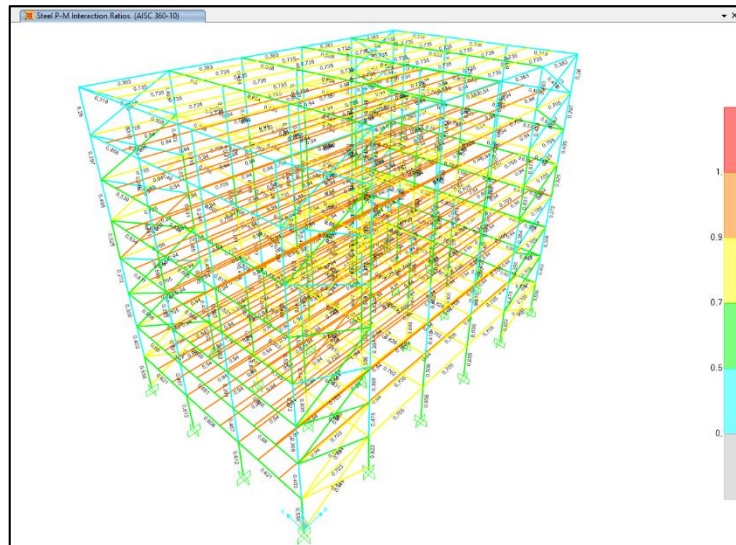
Şekil 4. 86 Model 5- AISC89 için etkileşim oranları



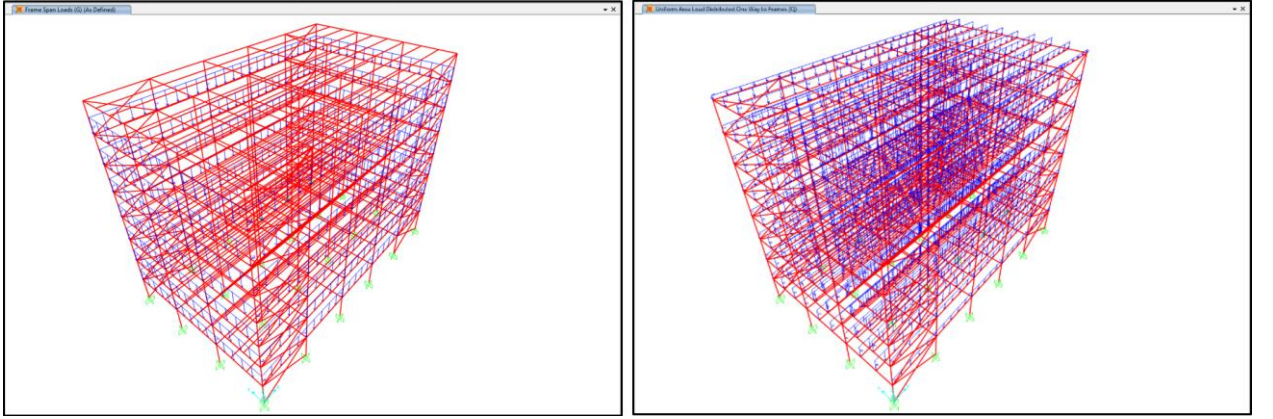
Şekil 4. 87 Model 5- AISC360-10 GKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



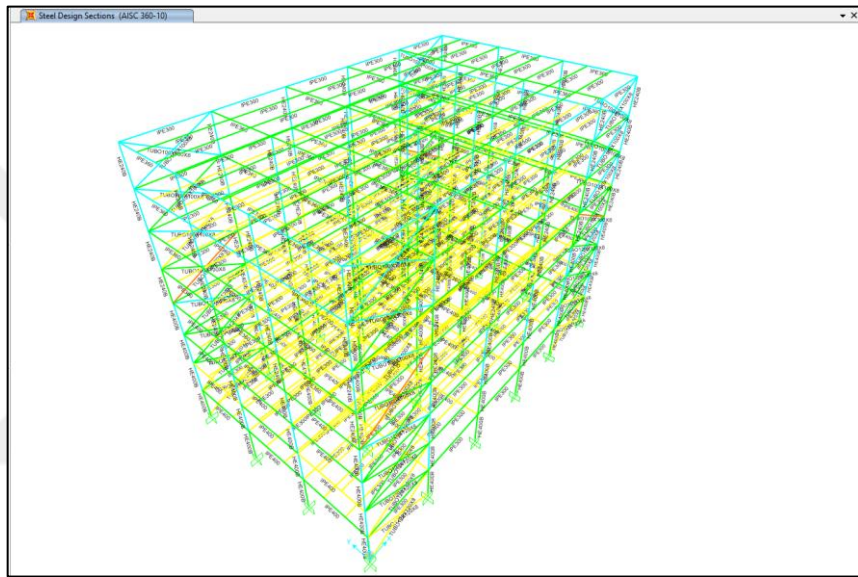
Şekil 4. 88 Model 5- AISC360-10 GKT için kesit görünüşleri



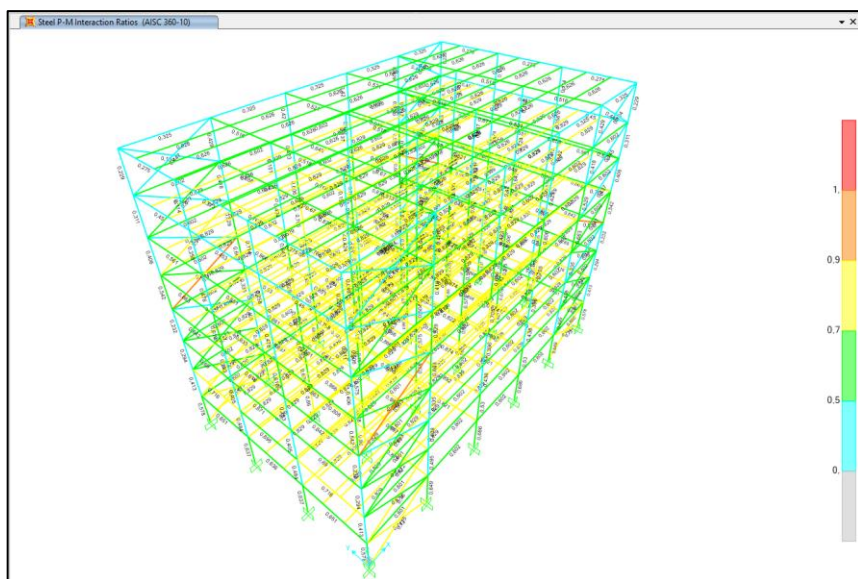
Şekil 4. 89 Model 5- AISC360-10 GKT için etkileşim oranları



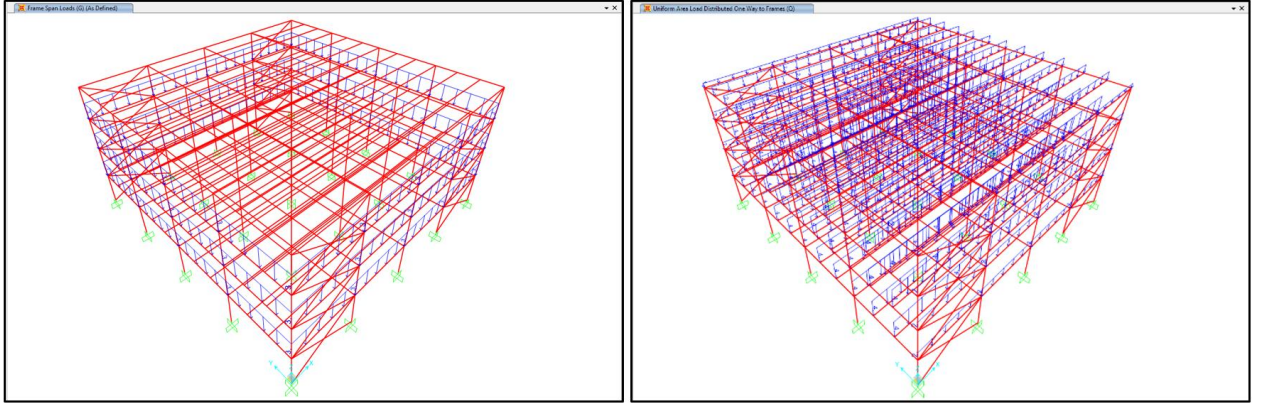
Şekil 4. 90 Model 5- AISC360-10 YDKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



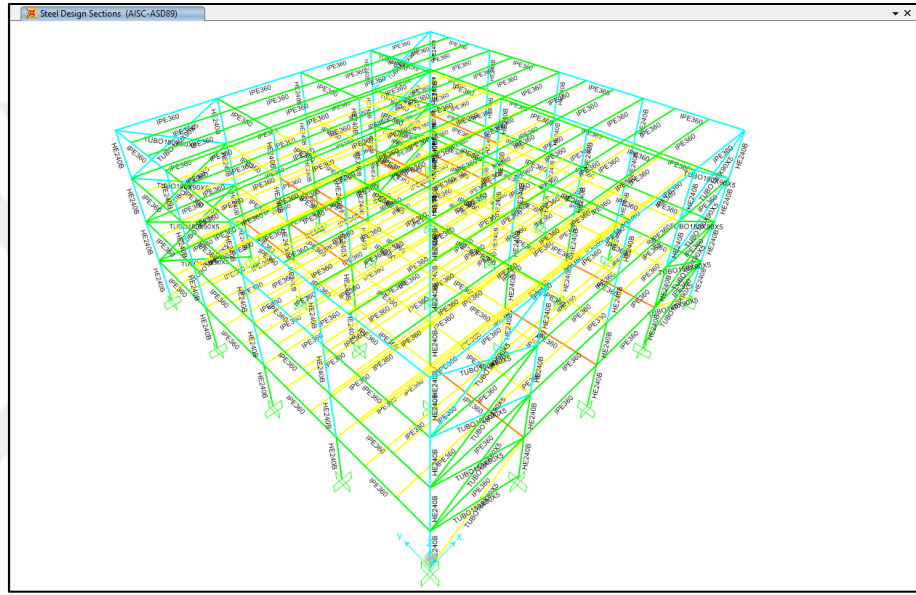
Şekil 4. 91 Model 5- AISC360-10 YDKT için kesit görünüşleri



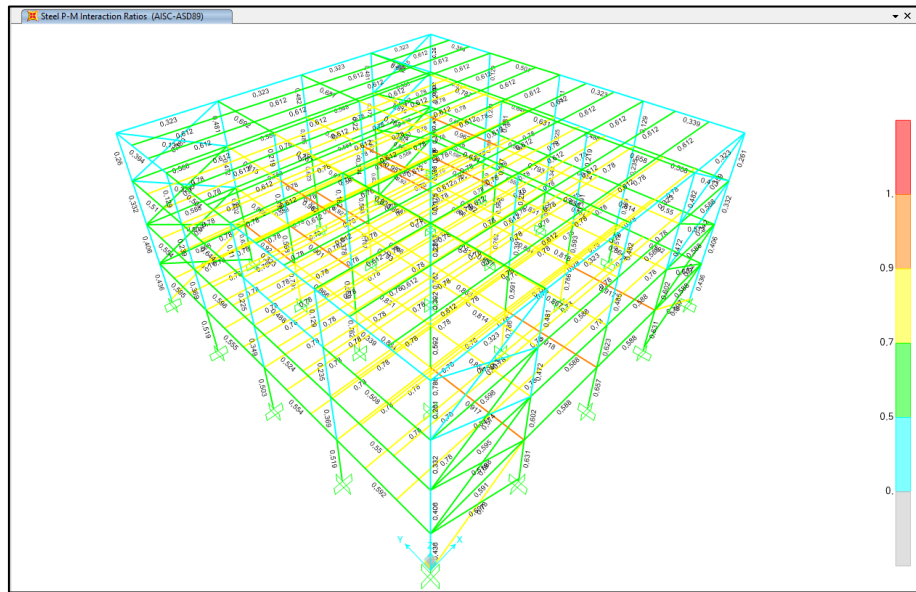
Şekil 4. 92 Model 5- AISC360-10 YDKT için etkileşim oranları



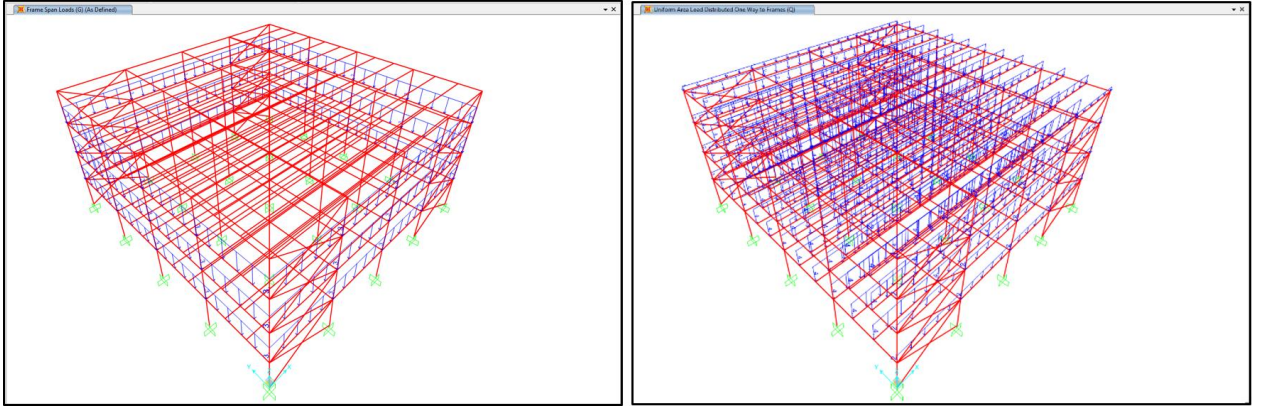
Şekil 4. 93 Model 6- AISC89 sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



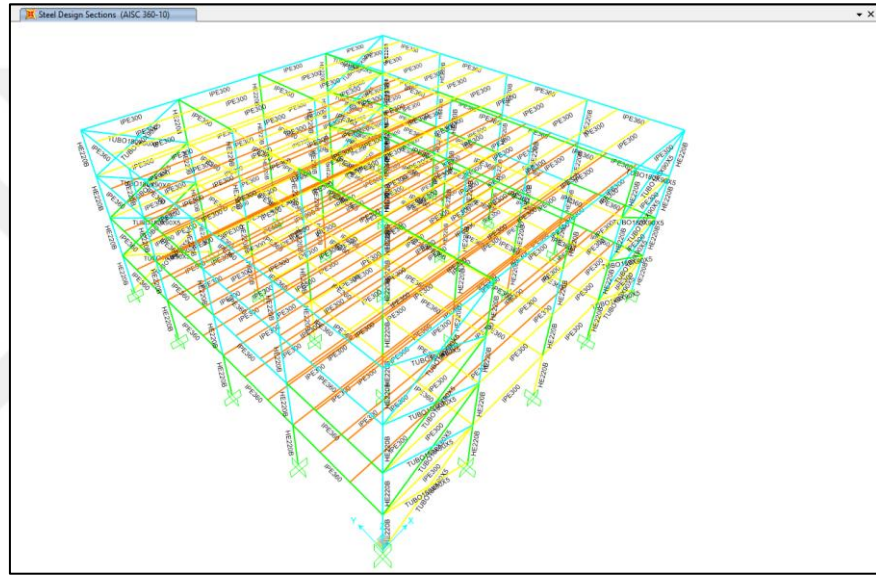
Şekil 4. 94 Model 6- AISC89 için kesit görüşleri



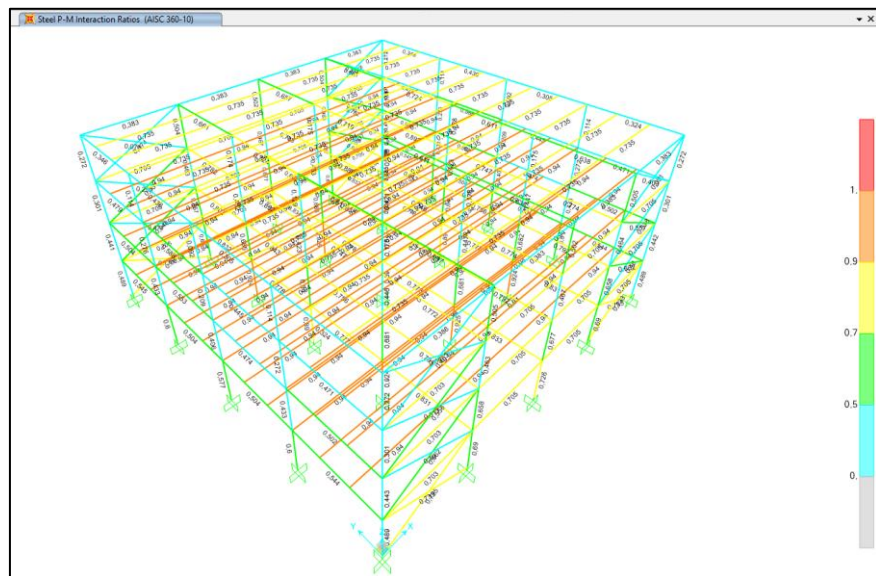
Şekil 4. 95 Model 6- AISC89 için etkileşim oranları



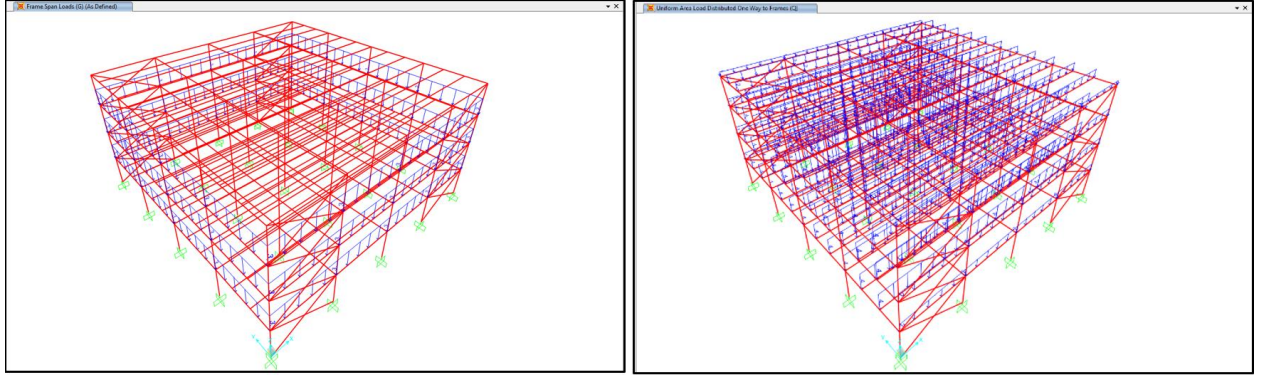
Şekil 4. 96 Model 6- AISC360-10 GKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



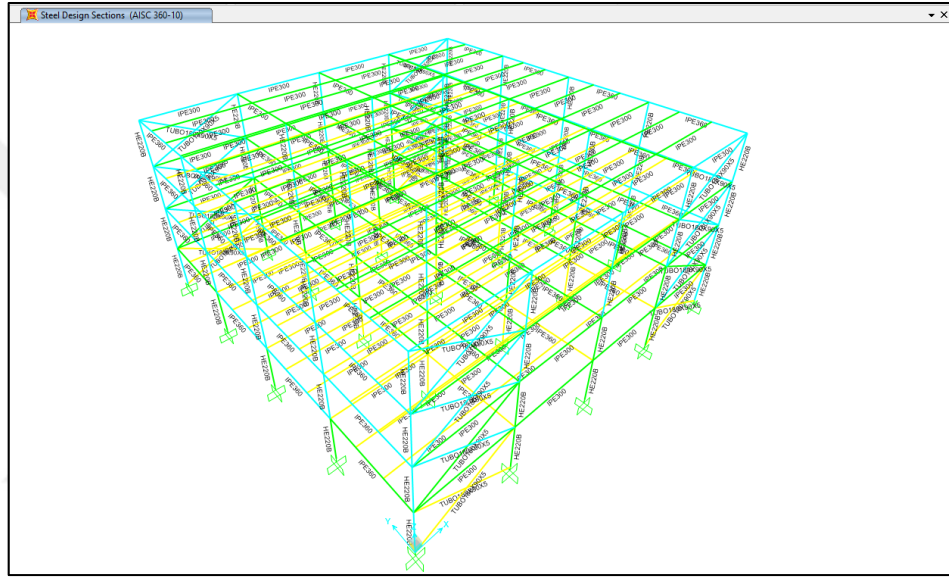
Şekil 4. 97 Model 6- AISC360-10 GKT için kesit görüntüleri



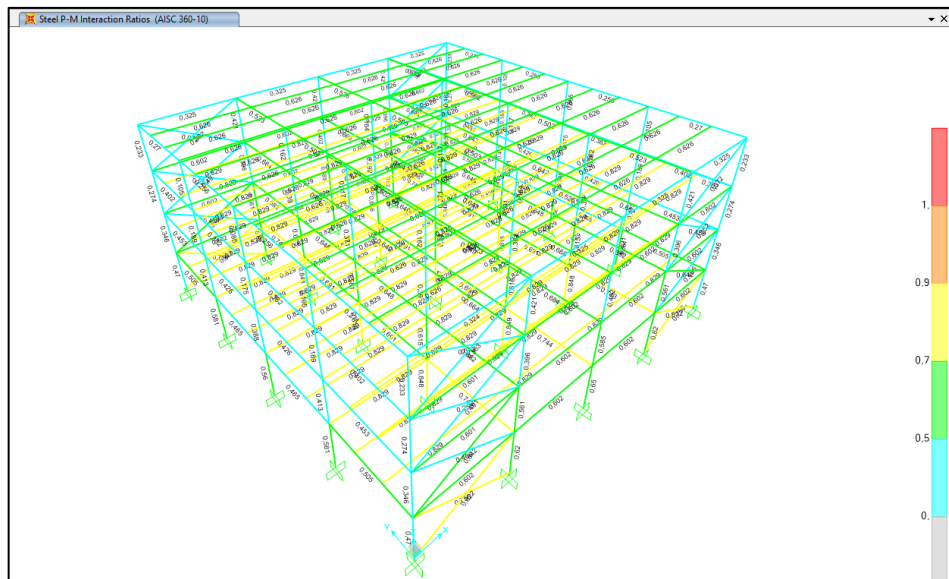
Şekil 4. 98 Model 6- AISC360-10 GKT için etkileşim oranları



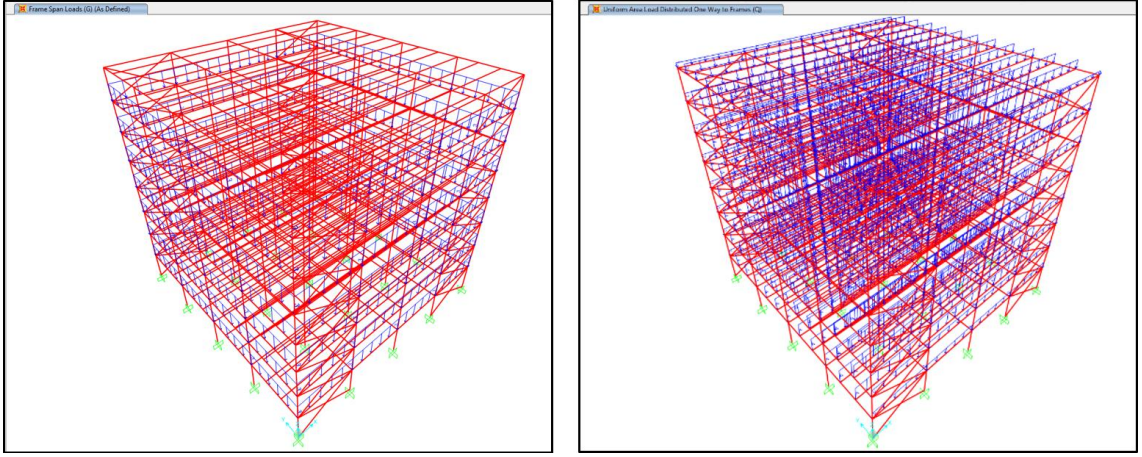
Şekil 4. 99 Model 6- AISC360-10 YDKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



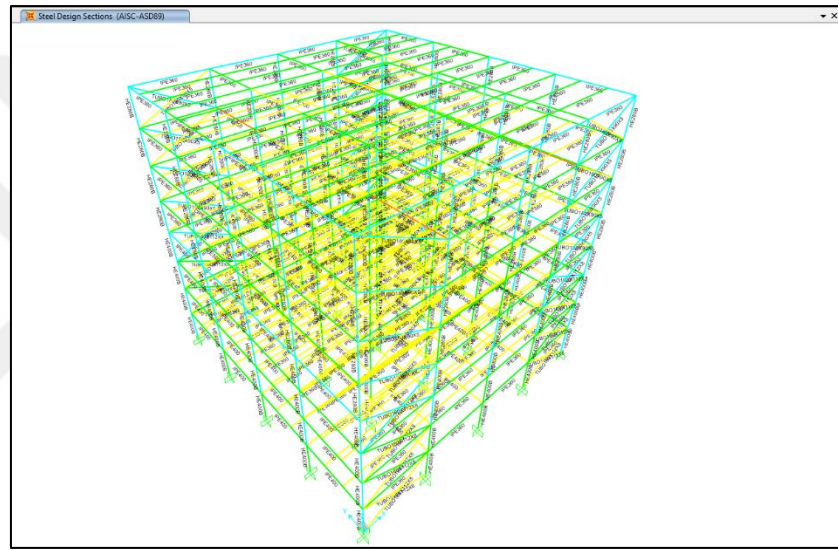
Şekil 4. 100 Model 6- AISC360-10 YDKT için kesit görüntüleri



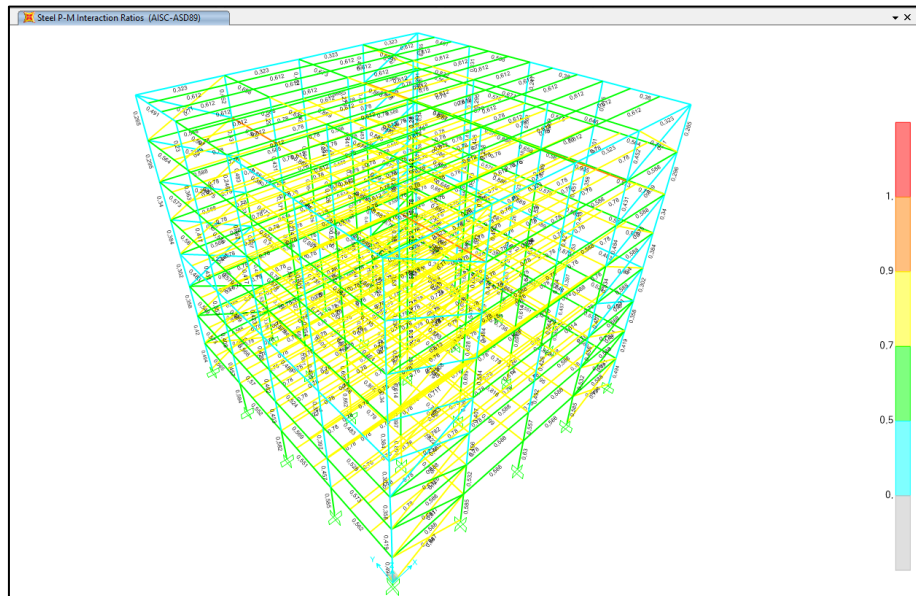
Şekil 4. 101 Model 6- AISC360-10 YDKT için etkileşim oranları



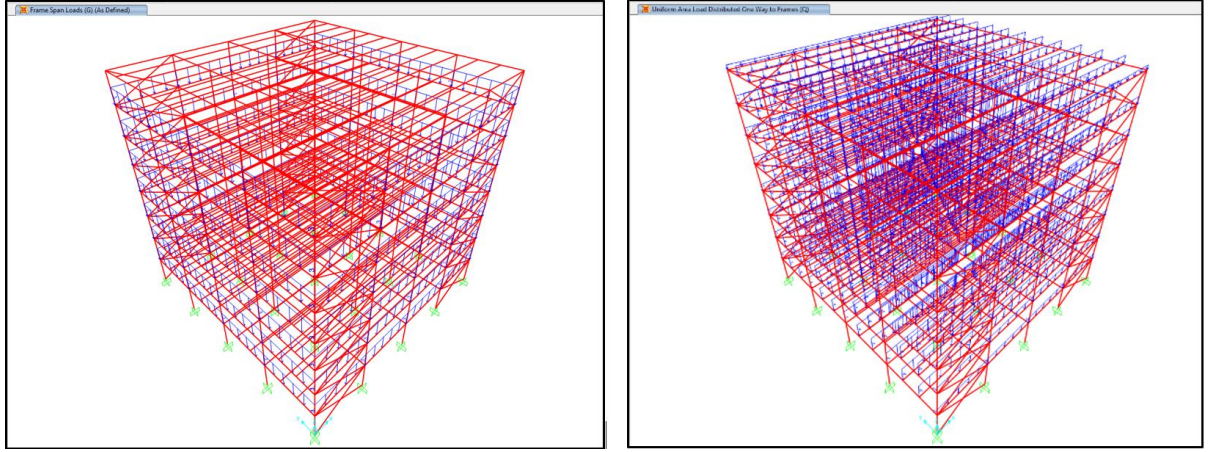
Şekil 4. 102 Model 7- AISC89 sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



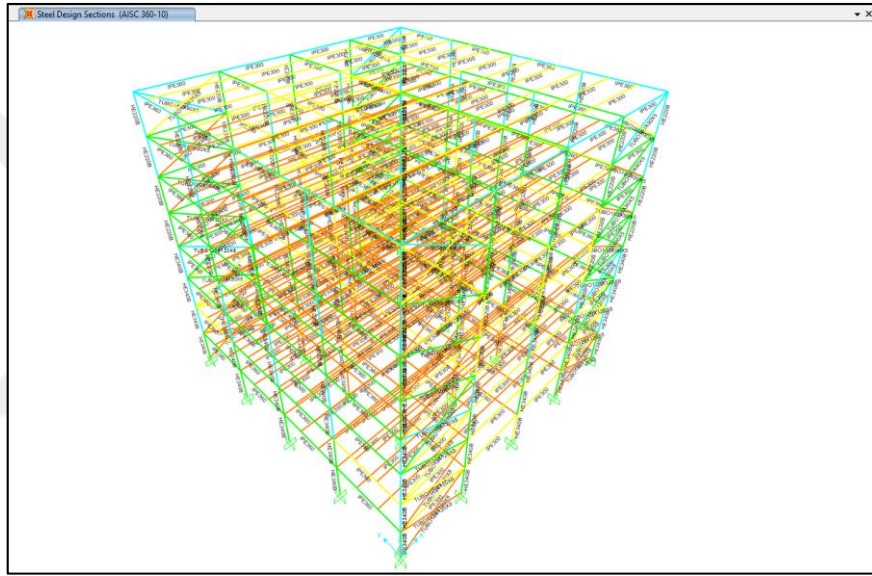
Şekil 4. 103 Model 7- AISC89 için kesit görünüşleri



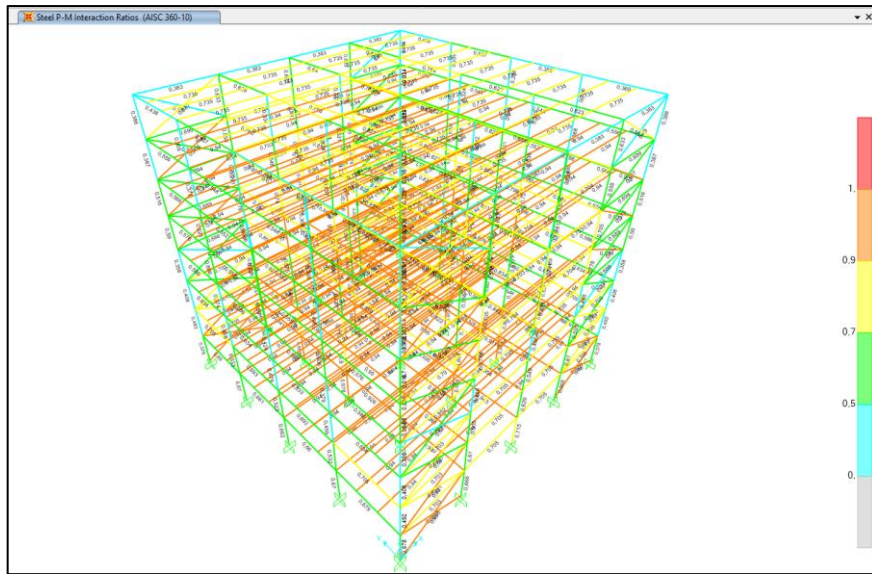
Şekil 4. 104 Model 7- AISC89 için etkileşim oranları



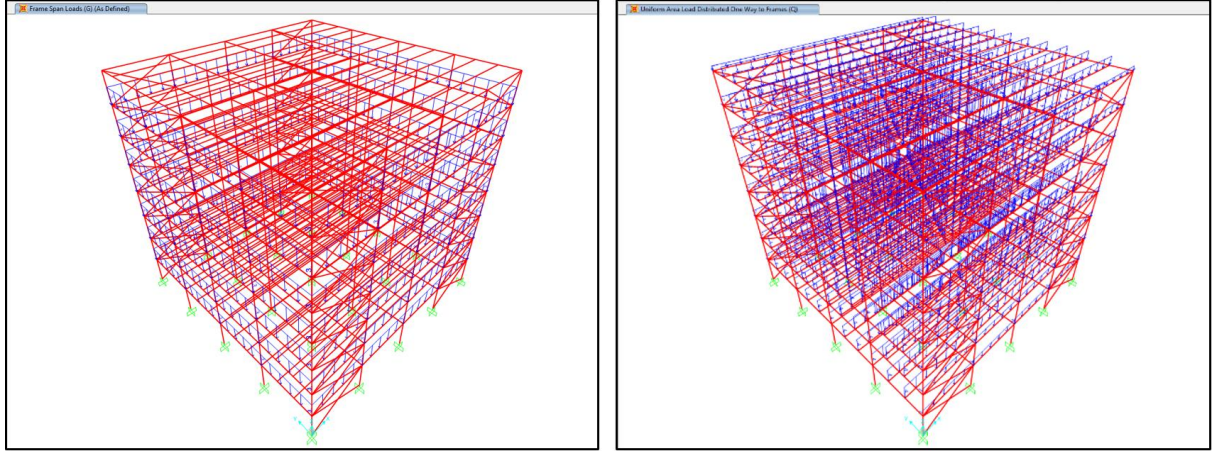
Şekil 4. 105 Model 7- AISC360-10 GKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



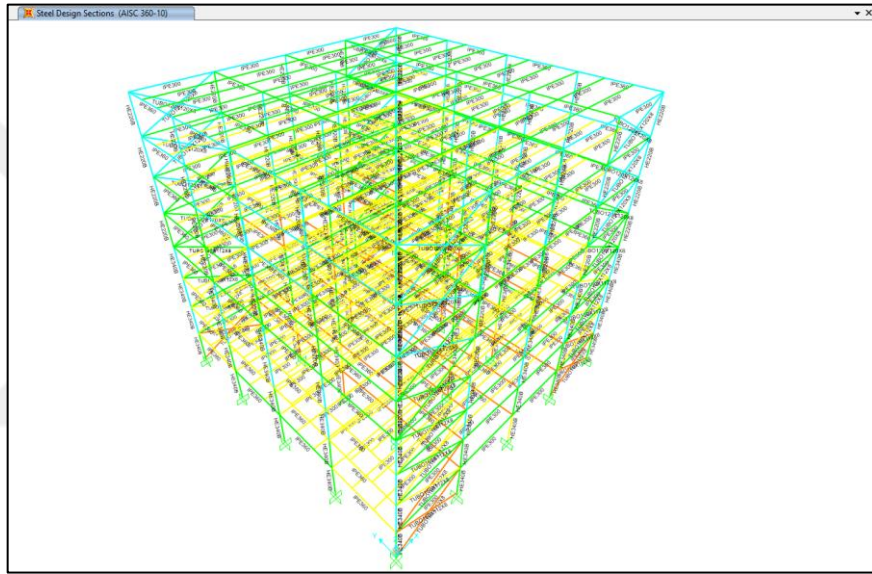
Şekil 4. 106 Model 7- AISC360-10 GKT için kesit görüşleri



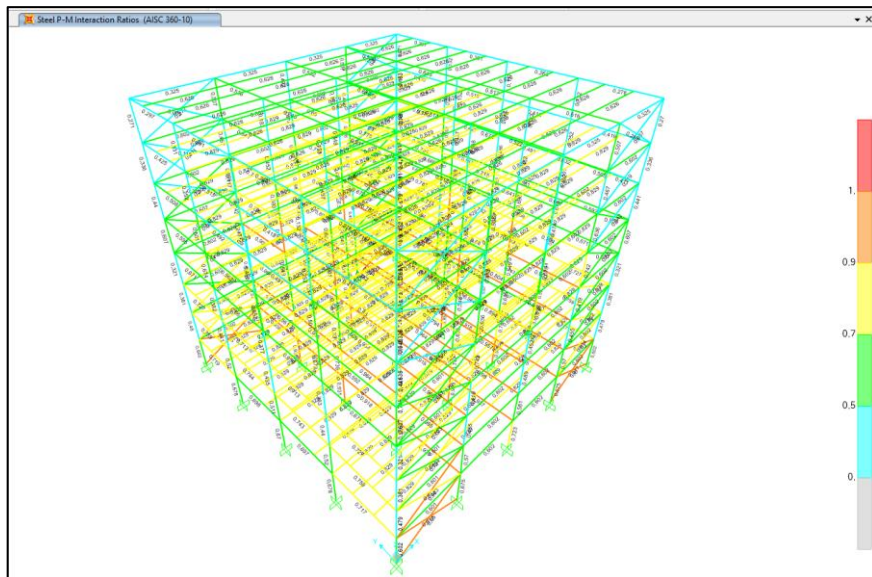
Şekil 4. 107 Model 7- AISC360-10 GKT için etkileşim oranları



Şekil 4. 108 Model 7- AISC360-10 YDKT için sırasıyla Duvar yükü (G) ve Hareketli yükü (Q) (KN)



Şekil 4. 109 Model 7- AISC360-10 YDKT için kesit görüşleri



Şekil 4. 110 Model 7- AISC360-10 YDKT için etkileşim oranları

Tablo 4. 46 Model 4 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

4. Model (30x18) 4 Katlı	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Kolon	HEB240	0,8387	HEB220	0,9742	HEB220	0,9186
Ana Kiriş	IPE360	0,9554	IPE360	0,8658	IPE360	0,7921
Tali Kiriş	IPE360	0,7802	IPE300	0,9402	IPE300	0,8287
Çapraz	TUBO160X80X5	0,9031	TUBO90X90X8	0,8486	TUBO90X90X8	0,8677
Ağırlık (kg)	103854		100316		100316	

Tablo 4. 47 Model 4 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

4. Model (30x18) 4 Katlı	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Kolon	G+Q+W _y L	G+0,75Q+0,75Q _r +0,75W _y L	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _y L
Ana Kiriş	G+Q+W _y L	G+0,75Q+0,75Q _r +0,75W _y L	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _y L
Tali Kiriş	G+Q	G+Q	1,2G+1,6Q+0,5Q _r
Çapraz	G+Q+W _x R	G+W _x R	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _x R

Tablo 4. 48 Model 5 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

5. Model (30x18) 8 Katlı	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Kolon	HE400B	0,9310	HEB400	0,8059	HEB400	0,8614
Kolon 2	HEB240	0,8489	HEB240	0,7832	HEB240	0,8304
Ana Kiriş	IPE400	0,9227	IPE400	0,8305	IPE400	0,8965
Ana Kiriş 2	IPE360	0,9668	IPE360	0,8092	IPE360	0,8743
Tali Kiriş	IPE360	0,7802	IPE300	0,9402	IPE300	0,8287
Tali Kiriş 2	IPE360	0,7802	IPE300	0,9402	IPE300	0,8287
Çapraz	TUBO120X120X8	0,8219	TUBO120x120X8	0,7490	TUBO120X120X8	0,7746
Çapraz 2	TUBO180X90X5	0,9314	TUBO100x100X8	0,9017	TUBO100X100X8	0,9331
Ağırlık (kg)	269393		234369		234369	

Tablo 4. 49 Model 5 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

5. Model (30x18) 8 Katlı	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Kolon	G+Q+WyL	G+WyL	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WyL
Kolon 2	G+Q+WyR	G+WyL	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WyL
Ana Kiriş	G+Q+WyR	G+WyR	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WyR
Ana Kiriş 2	G+Q+WyL	G+WyL	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WyL
Tali Kiriş	G+Q	G+Q	1,2G+1,6Q+0,5Qr
Tali Kiriş 2	G+Q	G+Q	1,2G+1,6Q+0,5Qr
Çapraz	G+Q+WxR	G+WxR	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WxR
Çapraz 2	G+Q+WxR	G+WxR	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WxR

Tablo 4. 50 Model 6 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

6. Model (24x24) 4 Katlı	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Kolon	HEB240	0,7913	HEB220	0,9250	HEB220	0,8485
Ana Kiriş	IPE360	0,9618	IPE360	0,8924	IPE360	0,7443
Tali Kiriş	IPE360	0,7802	IPE300	0,9402	IPE300	0,8287
Çapraz	TUBO180X90X5	0,7825	TUBO180X90X5	0,7971	TUBO180X90X5	0,8216
Ağırlık(kg)	108923		105899		105899	

Tablo 4. 51 Model 6 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

6. Model (24x24) 4 Katlı	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Kolon	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ey+0,3Ex+0,3Ez))	G+0,75Q+0,75Qr+0,75WyL	1,2G+Q+0,2S+Ey+0,3Ex+0,3Ez
Ana Kiriş	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez))	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez))	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WyL
Tali Kiriş	G+Q	G+Q	1,2G+1,6Q+0,5Qr
Çapraz	G+Q+WxR	G+WxR	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WxR

Tablo 4. 52 Model 7 seçilen kesitler ve etkileşim oranları

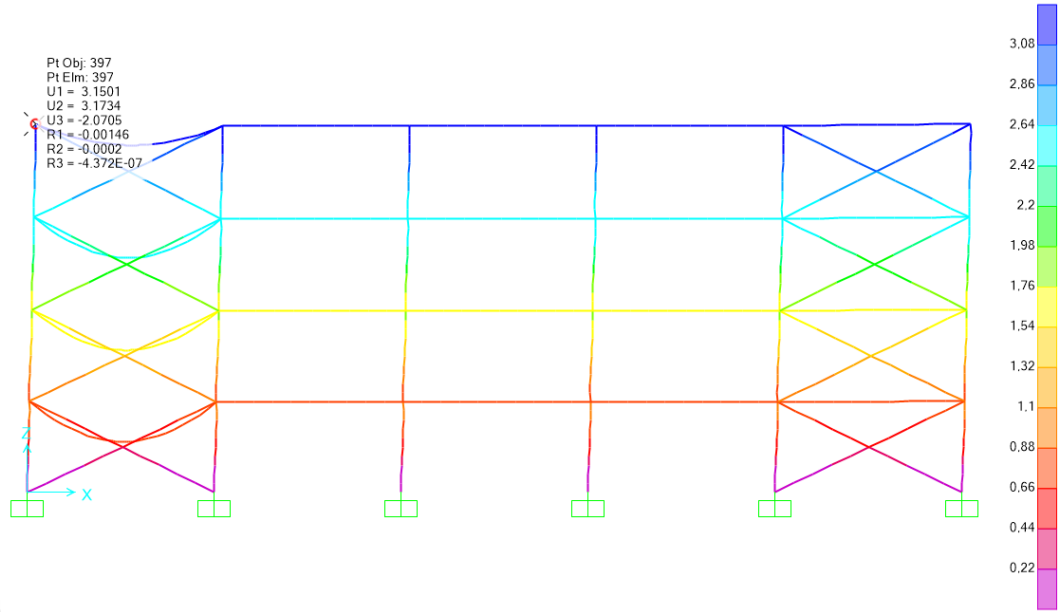
7. Model (24x24) 8 Katlı	Kullanılan Kesitler ve Etkileşim Oranları					
Yapı Elemanları	TS 648		TÇY 2016 GKT		TÇY 2016 YDKT	
Kolon	HEB400	0,8628	HEB340	0,9857	HEB340	0,9380
Kolon 2	HEB280	0,6748	HEB220	0,9197	HEB220	0,9294
Ana Kiriş	IPE400	0,8225	IPE360	0,9605	IPE360	0,9852
Ana Kiriş 2	IPE360	0,9052	IPE360	0,8335	IPE360	0,8064
Tali Kiriş	IPE360	0,7819	IPE300	0,9402	IPE300	0,8287
Tali Kiriş 2	IPE360	0,7803	IPE300	0,9402	IPE300	0,8287
Çapraz	TUBO160X112X8	0,8526	TUBO120X120X8	0,9654	TUBO160X112X8	0,9568
Çapraz 2	TUBO180x90X5	0,8301	TUBO180x90X5	0,9508	TUBO120X120X8	0,6874
Ağırlık(kg)	290406		232294		234814	

Tablo 4. 53 Model 7 yapı elemanlarının boyutlandırılmasında etkili olan en elverişsiz yük kombinasyonları

7. Model (24x24) 8 Katlı	Yük Kombinasyonları		
Yapı Elemanları	TS 648	TÇY 2016 GKT	TÇY 2016 YDKT
Kolon	G+Q+W _y L	G+0,75Q+0,75Q _r +0,75W _y L	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _y L
Kolon 2	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez))	G+0,75Q+0,75Q _r +0,75W _y R	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _y R
Ana Kiriş	G+Q+W _y R	G+0,75Q+0,75Q _r +0,75W _y R	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _y L
Ana Kiriş 2	G+Q+W _y R	G+0,75Q+0,75Q _r +0,75W _y L	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _y R
Tali Kiriş	G+0,75Q+0,75S+0,75(0,7(Ey+0,3Ex+0,3Ez))	G+Q	1,2G+1,6Q+0,5Q _r
Tali Kiriş 2	G+Q+W _y L	G+Q	1,2G+1,6Q+0,5Q _r
Çapraz	G+Q+W _x R	G+W _x R	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _x R
Çapraz 2	G+Q+W _x R	G+W _x R	1,2G+Q+0,5Q _r +1,6W _x R

Tablo 4. 54 Model 4 - 1 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

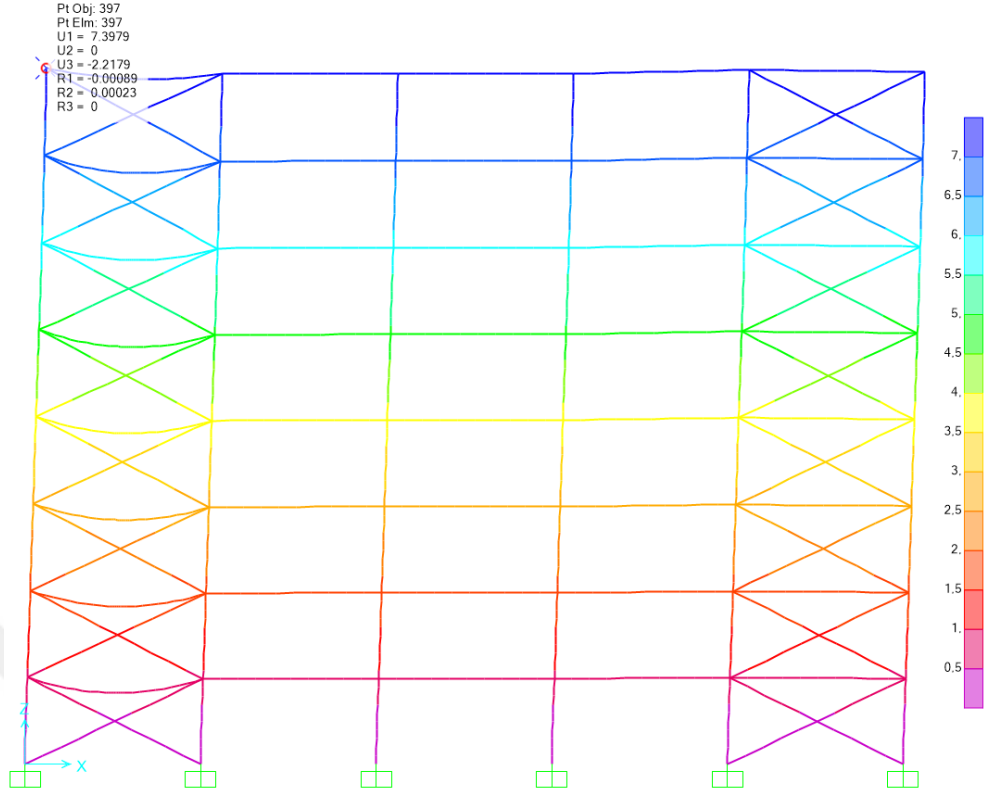
	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	397	G+0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez)	1,89	1,56	-0,97
TÇY 2016 - GKT	397	G+0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez)	2,21	2,22	-0,84
TÇY 2016 - YDKT	397	1,2G+Q+0,2S+Ex+0,3Ey+0,3Ez	3,15	3,17	-1,26



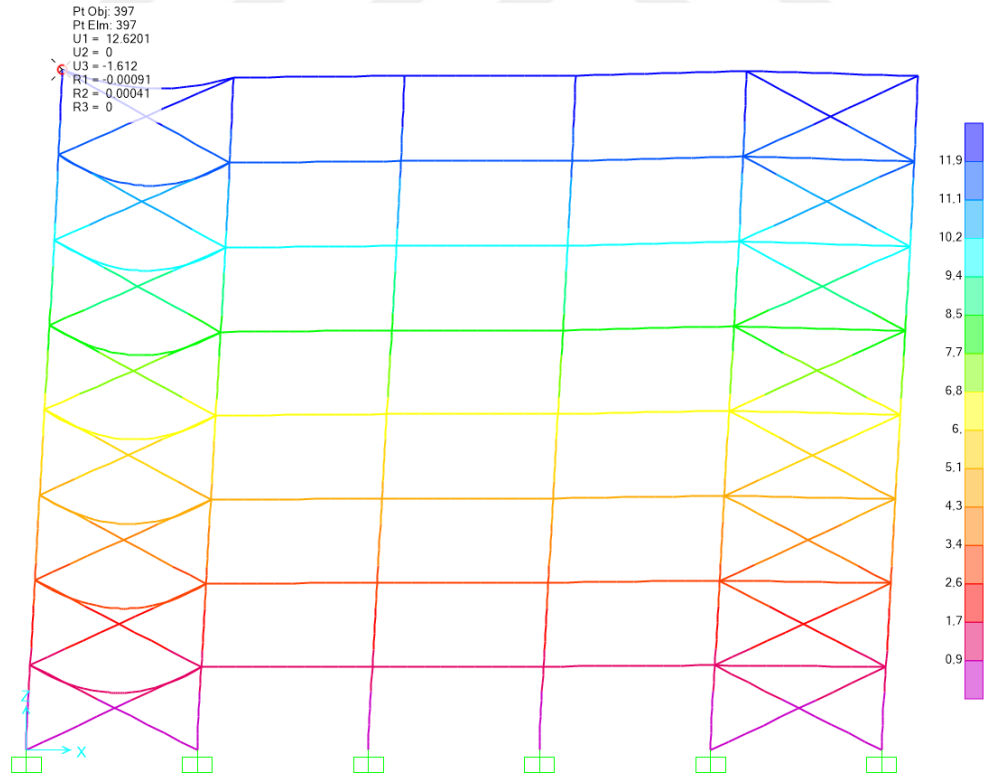
Şekil 4. 113 Model 4 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

Tablo 4. 55 Model 5 - 1 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

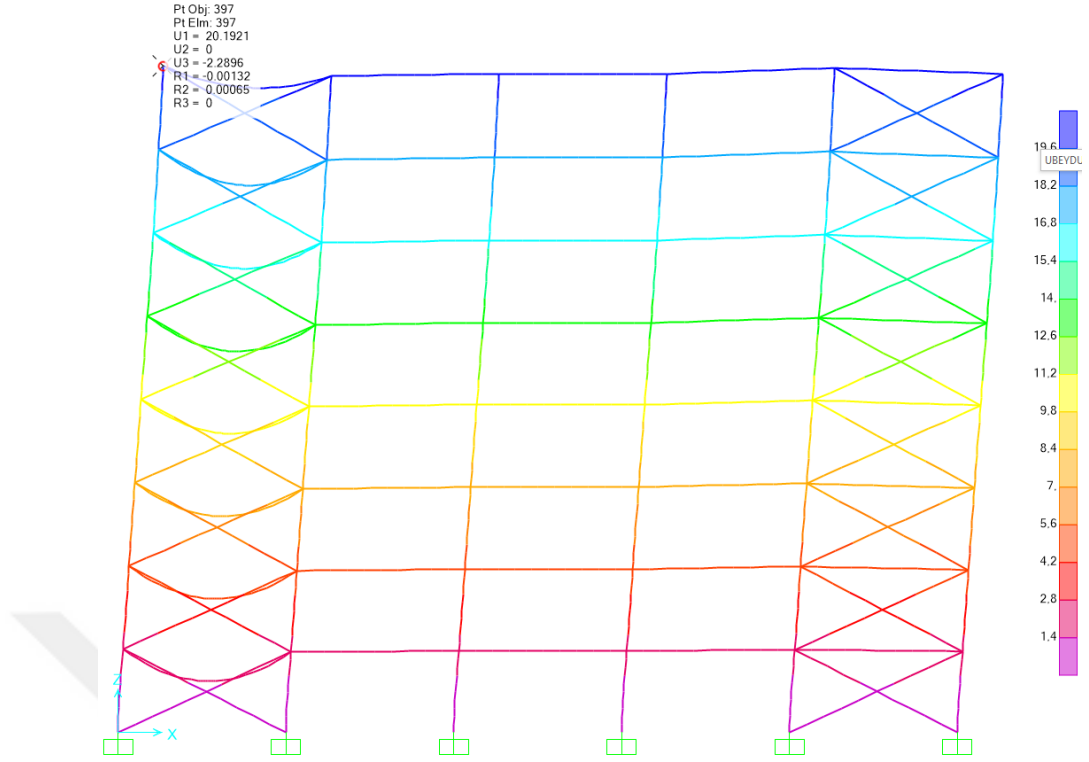
	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	397	G+Q+WxL	7,40	0,00	-2,22
TÇY 2016 - GKT	397	G+WxL	12,62	0,00	-1,61
TÇY 2016 - YDKT	397	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WxL	20,19	0,00	-2,29



Şekil 4. 114 Model 5 TS648 yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



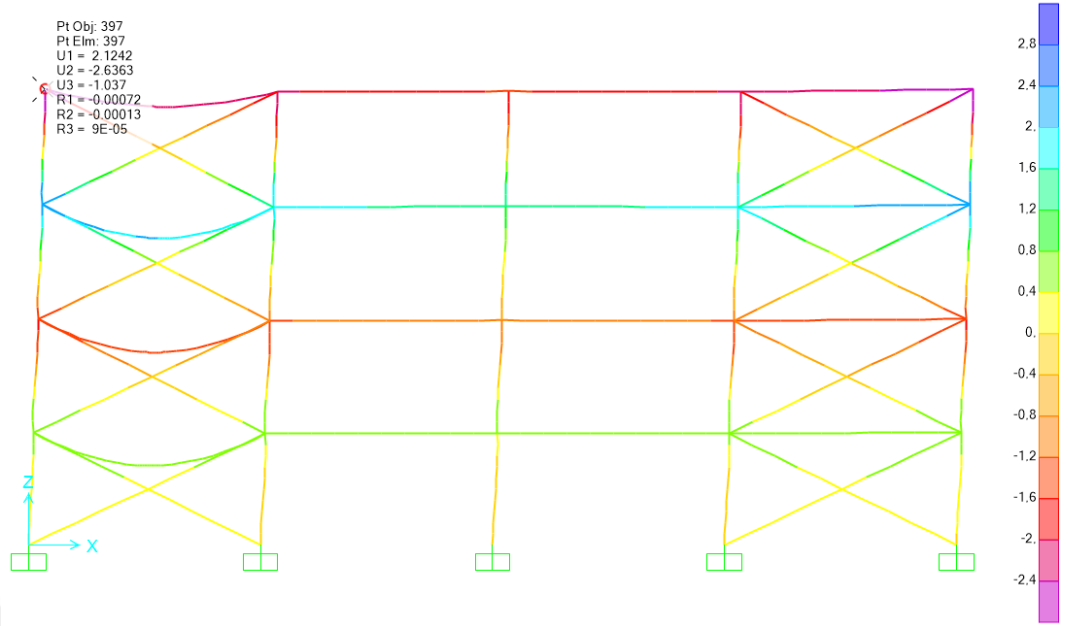
Şekil 4. 115 Model 5 TÇY 2016 - GKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



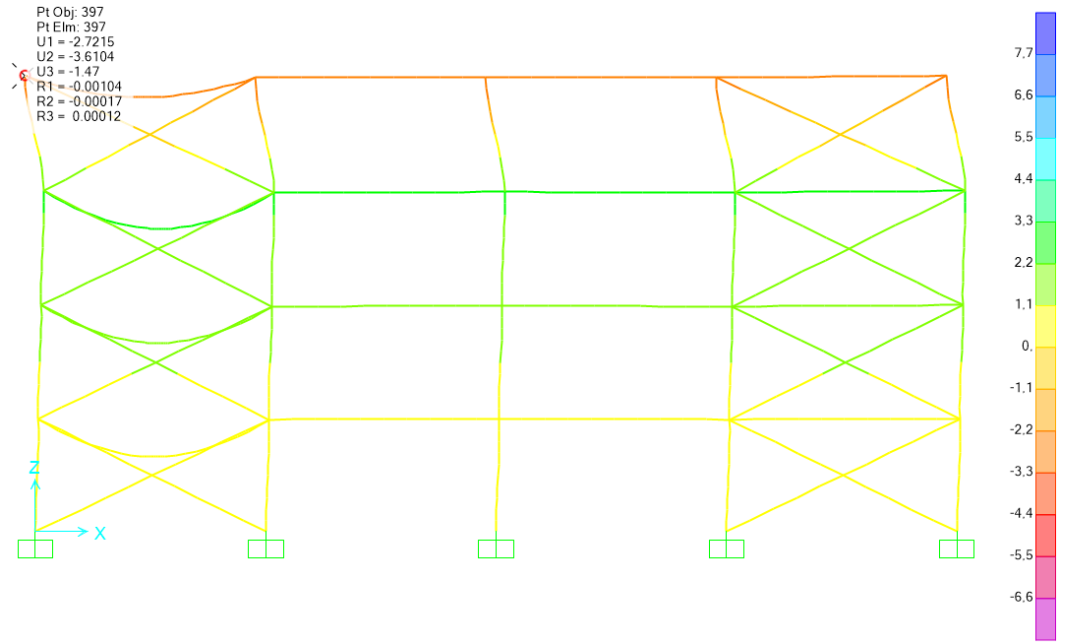
Şekil 4. 116 Model 5 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

Tablo 4. 56 Model 6 - 1 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

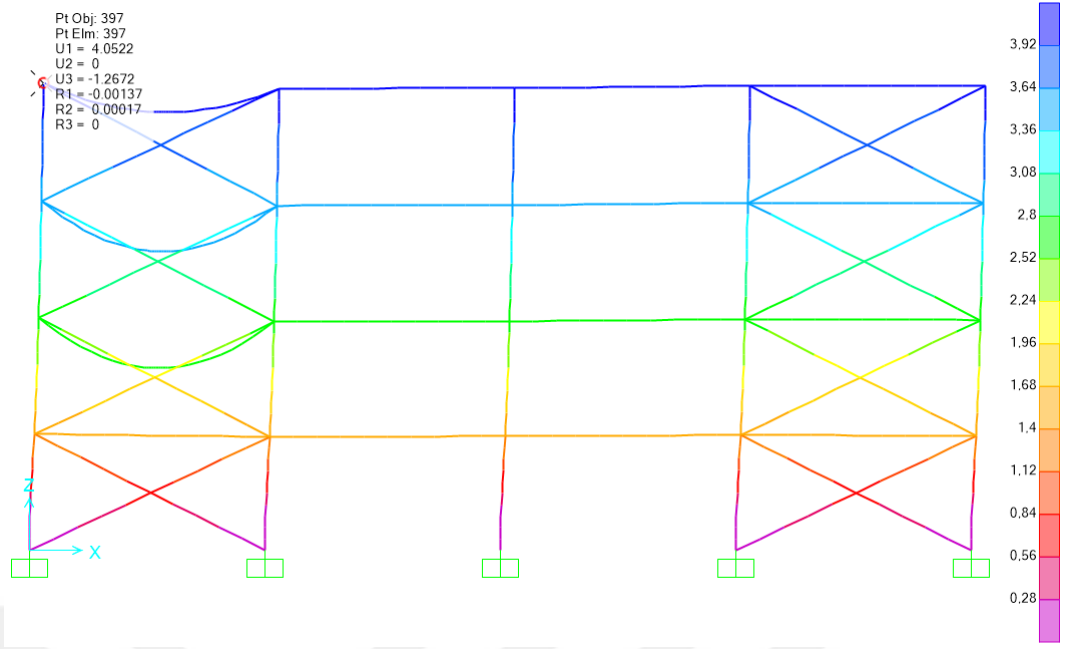
	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	397	$G+0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez)$	2,12	2,64	-0,54
TÇY 2016 -GKT	397	$G+0,7(Ex+0,3Ey+0,3Ez)$	2,72	3,61	-0,78
TÇY 2016 -YDKT	397	$1,2G+Q+0,5Qr+1,6WxL$	4,05	0,00	-1,27



Şekil 4. 117 Model 6 TS648 yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



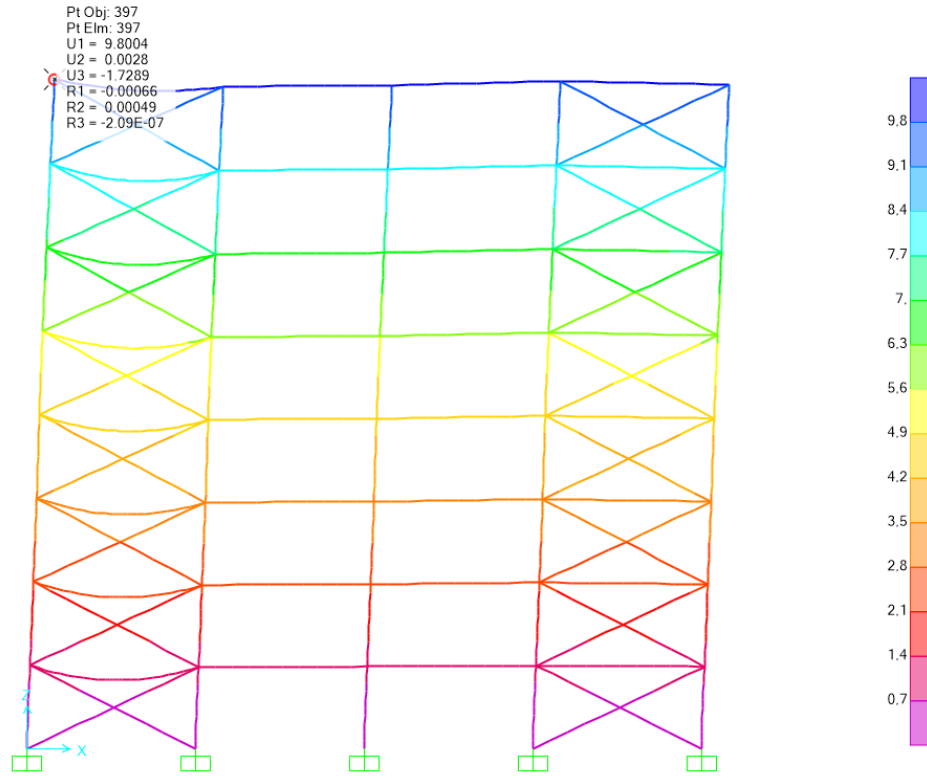
Şekil 4. 118 Model 6 TÇY 2016 - GKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



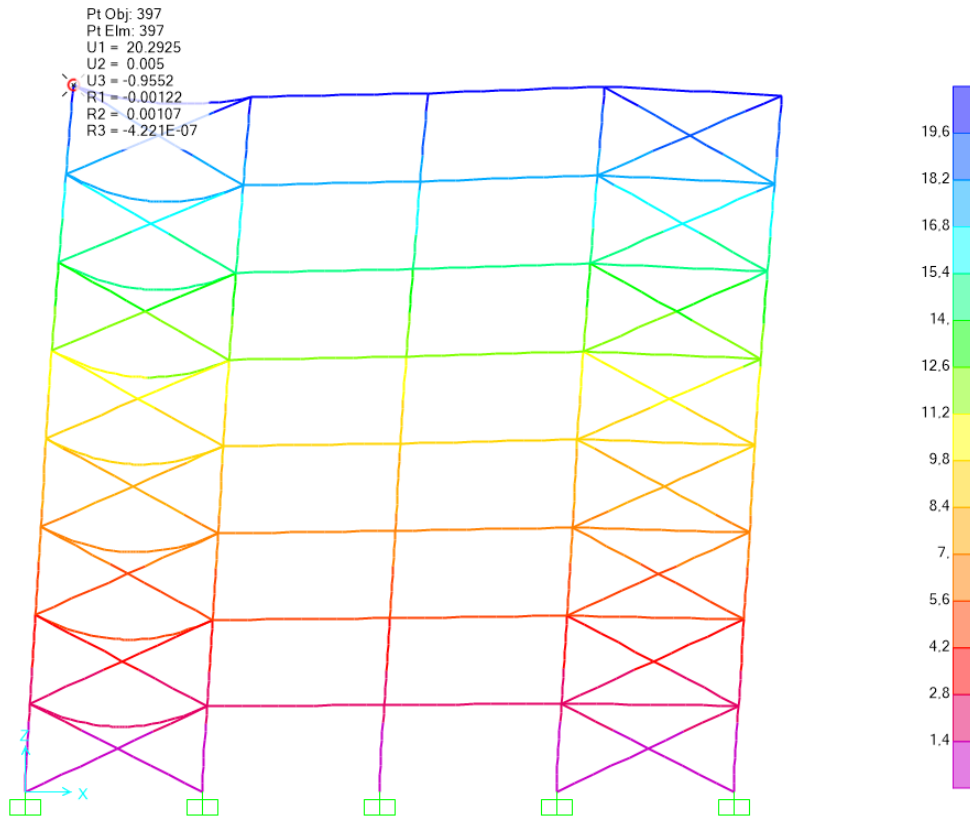
Şekil 4. 119 Model 6 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

Tablo 4. 57 Model 7 - 1 aksı çerçeve çubuk sistemi yerdeğiştirme hareketleri

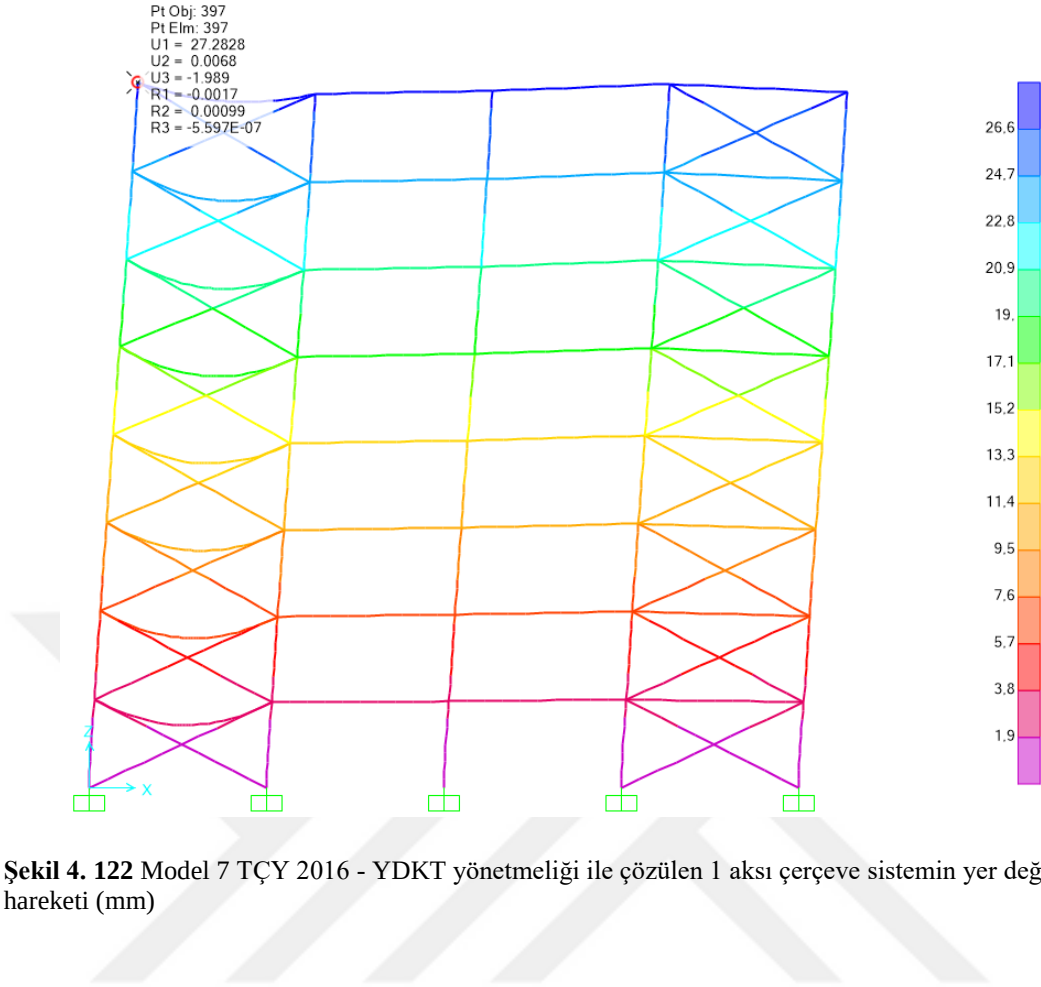
	Düğüm Noktası	Yük Birleşimi	U1 (mm)	U2 (mm)	U3 (mm)
TS648	397	G+Q+WxL	9,80	0,00	-1,73
TÇY 2016 -GKT	397	G+WxL	20,29	0,00	-0,96
TÇY 2016 -YDKT	397	1,2G+Q+0,5Qr+1,6WxL	27,28	0,01	-1,99



Şekil 4. 120 Model 7 TS648 yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



Şekil 4. 121 Model 7 TÇY 2016 - GKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)



Şekil 4. 122 Model 7 TÇY 2016 - YDKT yönetmeliği ile çözülen 1 aksı çerçeve sistemin yer değiştirme hareketi (mm)

4.5 Yönetmeliklerin ve Sistem Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde yönetmelik ve tasarım yöntemlerine göre kar, rüzgar yükü, kesit zorları, etkileşim oranları ve ağırlık yönünden karşılaştırma yapılacaktır.

4.5.1 Yönetmeliklere göre kar yükü hesabı karşılaştırılması

Yönetmeliklere göre yapıya etkiyen yükler farklılık göstermektedir. **Bölüm 4.3.1.3** yönetmeliklere göre hesaplanan kar yükü değerleri TS498 ve TS EN 1991-1-3 iki yönetmelik için $S_k = 1,84 kN/m^2$ olarak bulunmuş. TS EN 1991-1-3 yönetmeliği Çizelge 5.2 de çatı eğimine bağlı olarak kar yükü şekil katsayısı $\mu_1(\alpha) = 0.80$ bulunmuş ve kar yükü $S = 1,472 kN/m^2$ elde edilmişti. TS648 yönetmeliği için kullanılan TS498 de Çizelge 3 çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri (m) 0-39° arasında 1.0 değeri alır ve kar yükü $S = 1,84 kN/m^2$ olur.

Bulunan değerleri birbirine oranladığımızda TS498 yönetmeliği TS EN 1991-1-3 yönetmeliğine göre kar yükü %25 daha fazla çıkar. Fakat TS EN 1991-1-3 yönetmeliğinde birikmiş kar yükü hesaplamalarına yer vermiştir. Çatı eğimine bağlı olarak TS EN 1991-1-3 uyarınca Çizelge 5.2 dikkate alınarak birikmiş kar yükü hesap edildiğinde $S_2 = 2,026 \text{ kN/m}^2$ olarak bulunur.

Böylece kar birikmesi olan yerlerde; TS EN 1991-1-3 yönetmeliği TS498 e göre %10 daha fazla kar yükü oluşturmuştur. Bu değerler çatının eğimine ve yapının geometrik şekline göre kar yükü değeri farklılık gösterecektir.

4.5.2 Yönetmeliklere göre rüzgar yükü hesabı karşılaştırılması

Rüzgar yükü hesabı için iki yönetmelik dikkate alınmıştır. TS EN 1991-1-4 yönetmeliğine göre rüzgar yükü, bina geometrisine bağlı binayı bölümlere ayırarak ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. TS 648 de ise rüzgar yükü basit bir şekilde anlatılmıştır.

Model 1 üzerinden bu iki yönetmeliğe göre rüzgar yüklerinin karşılaştırılalım.

Rüzgar Yükü X eksen yönünde esmesi durumunda

TS EN 1991-1-4 yönetmeliğine göre **Tablo 4.13** çatı bölgesine etkiyen en büyük rüzgar yükü F alanında etkili olup $1,47 \text{ kN/m}^2$ dir.

X yönünde duvara etkiyen rüzgar yükü $1,1 \text{ kN/m}^2$. Y yönünde duvara etkiyen en büyük rüzgar yükü ise $1,47 \text{ kN/m}^2$ dir.

Bölüm 4.3.1.4.2 de TS498 e göre hesaplanan rüzgar yükü; Çatı bölgesinde $0,20 \text{ kN/m}^2$, X yönünde duvarlara dik esen rüzgar $0,40 \text{ kN/m}^2$ olarak etkimiş. Y yönünde ise rüzgar yükü $0,20 \text{ kN/m}^2$ dir.

Çatıya etkiyen rüzgar yükleri TS EN 1991-1-4 yönetmeliği TS648 yönetmeliğine göre 7,35 kat daha fazla çıkmıştır. Bu durum yapı sisteminde çatı eğimine bağlı olarak değişir.

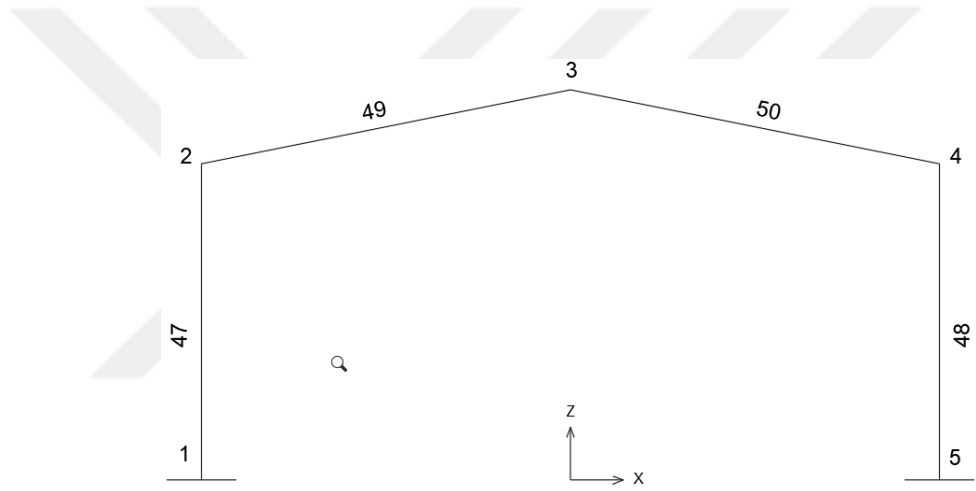
Duvarlara etkiyen yükleri karşılaştırdığımızda X yönünde duvarlara etki eden rüzgar yükü TS EN 1991-1-4 yönetmeliği 2,75 kat TS498 yönetmeliğine göre daha büyüktür. Bu farklılıktan dolayı Model 1 de TÇY 2016 yönetmeliği ile çözülen sistemlerde cephe aşık eleman kesitler daha büyük çıkmıştır.

Aynı şekilde rüzgarın Y yönünden esmesi durum için de geçerlidir. Her iki durumda da TS EN 1991-1-4 yönetmeliği daha detaylı, gerçeğe yakın ve yük miktarı

TS498 e göre daha büyük çıkmıştır. Yönetmelikler arasında farkın çok olması yük hesabı sırasında kabullere dayanmaktadır. Buna karşın TS EN 1991-1-4 yönetmeliği rüzgar yükünün gerçeğe daha yakın olduğu görülmekte ve kullanılması daha uygun olacaktır.

4.5.3 Endüstri binasının yönetmeliklere göre kesit zorları ve etkileşim oranlarının karşılaştırılması

Aşağıda Model 1, Model 2 ve Model 3 endüstri binasının en çok zorlanan aksı çerçeve çubuk eleman kesiti için karşılaştırma yapılmıştır. Çerçeve sistemi Şekil 4.123 de gösterilmiştir.



Şekil 4. 123 Model 1 3. aks çerçeve çubuk elemanları

Tablo 4. 58 Model 1- AISC89 yönetmeliği 3 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
47	1	G+S	84,40	60,88	26,35	HE260A	0,814
48	5	G+S	84,40	60,88	26,35	HE260A	0,814
49	2	G+S	38,6	97,24	58,66	HE260A	0,788
50	4	G+S	38,6	97,24	58,66	HE260A	0,788

Tablo 4. 59 Model 1- AISC360-10 GKT yönetmeliği 3 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
47	1	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	84,91	94,63	42,64	HE260A	0,817
48	5	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	79,66	25,16	11,67	HE260A	0,713
49	2	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	34,86	101,78	57,86	HE260A	0,803
50	4	G+0,75Q+0,75S-0,75Wx	33,83	78,37	52,72	HE260A	0,705

Tablo 4. 60 Model 1- AISC360-10 YDKT yönetmeliği 3 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
47	1	1,2G+1,6S-0,8Wx	124,83	130,133	58,09	HE260A	0,828
48	5	1,2G+1,6S-0,8Wx	119,23	56,03	25,06	HE260A	0,755
49	2	1,2G+1,6S-0,8Wx	55,71	155,05	90,04	HE260A	0,814
50	4	1,2G+1,6S-0,8Wx	54,61	130,07	84,56	HE260A	0,745

Model-1 yönetmeliklere göre çözülen sistemde 47 numaralı kolana etki edenden kesit zorları ; (Tablo 4.58, 4.59 ve 4.60)

AISC89 GKT yönetmeliği;

$$P = 84.40 \text{ kN}, M = 60.88 \text{ kN.m}, V = 26.35 \text{ kN}$$

AISC360-10 GKT yönetmeliği;

$$P = 84.91 \text{ kN}, M = 94.63 \text{ kN.m}, V = 42.64 \text{ kN}$$

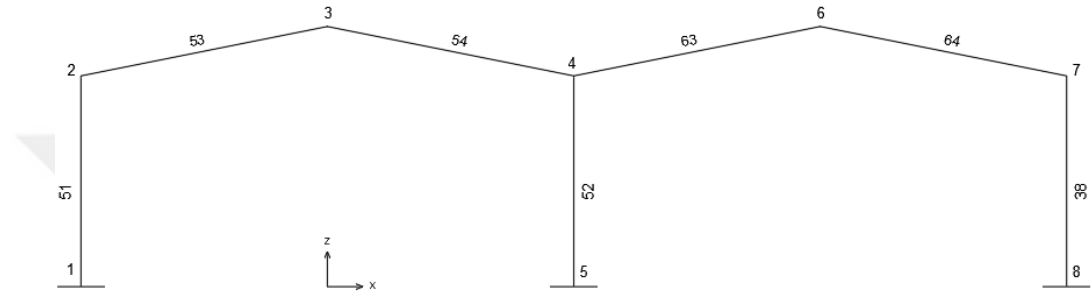
AISC360-10 YDKT yönetmeliği;

$$P = 124.83 \text{ kN}, M = 130.133 \text{ kN.m}, V = 58.09 \text{ kN} \text{ şeklinde bulunmuştur.}$$

Değerlere baktığımızda yeni yönetmelikte bulunan değerler eski yönetmeliğe göre yakın olsada daha fazla bulunmuştur. ASIC360-10 ile yeni yönetmeliğe uygun olarak çözülen sistemlerde yapıya etkiyen kesit zorları YDKT yöntemi, GKT yöntemiyle çözülen yapı sistemin daha fazla çıkmıştır. Fakat bu değerler kesit boyutunun değişmesinde yeterli olmamış. Tüm farklı yönetmelik ve farklı yöntemle dizaynı gerçekleştirilen yapı sistemlerinde aynı kesit seçilmiştir. Böylece seçilen kesitler aynı olduğu için etkileşim oranları bakılması gerekir. Yani kesitlerin üzerine gelen yük ile maksimum taşıyabileceği yük oranına baktığımızda YDKT yöntemi ile dizaynı gerçekleştirilen yapı sistemi GKT yöntemi ile çözülen sistemden daha çok çıktığı gözlemlenir.

Tabloya detaylı kontrol edersek diğer noktalara etki eden Normal yükler, Kesme Kuvvetleri ve Moment miktarlarının YDKT yöntemi GKT yöntemine göre daha çok çıktığını göreceğiz. Bu demek oluyor ki Model 1 gibi endüstri binasının geometrik şekline benzer olan yapılarda YDKT ile tasarımın GKT ye göre kesit zorları daha çok çıkacaktır. Fakat arasında çok fazla fark oluşmadığı durumlarda aynı kesit elde edilecektir.

Model 2 de sistemin açıklık ve genişlik bakımından Model 1 e göre iki katına çıkartılarak çözülmüş ve sonuç yine aynı çıkmıştır. (Bknz Tablo 4.37, Tablo 4.38 ve Tablo 4.39)



Şekil 4. 124 Model 3 4. aks çerçeve çubuk elemanları

Tablo 4. 61 Model 2- AISC89 yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
51	1	G+S	75,66	47,58	19,78	HE240A	0,746
52	5	G+S	138,35	0	0	HE240A	0,295
38	8	G+S	75,61	47,58	19,78	HE240A	0,746
53	2	G+S	30,73	71,19	52,24	HE280A	0,481
54	4	G+S	33,10	130,82	62,00	HE280A	0,864
63	4	G+S	33,10	130,82	62,00	HE280A	0,864
64	7	G+S	30,73	71,19	52,22	HE280A	0,481

Tablo 4. 62 Model 3- AISC360-10 GKT yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
51	1	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	75,72	70,15	33,31	HE240A	0,746
52	5	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	143,87	11,63	3,40	HE240A	0,313
38	8	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	69,035	26,78	9,46	HE240A	0,726
53	2	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	25,89	74,57	52,20	HE280A	0,492
54	4	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	29,07	128,73	63,90	HE280A	0,872
63	4	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	33,07	137,50	66,55	HE280A	0,894
64	7	G+0,75Q+0,75S-0,75W _x	28,73	59,53	44,86	HE280A	0,481

Tablo 4. 63 Model 3- AISC360-10 YDKT yönetmeliği 4 aksı kesit zorları

Çubuk Eleman	Düğüm Noktası	Yük Kombinasyonları	P Normal Kuvvet (Kn)	Moment (Kn-m)	V kesme (Kn)	Kesitler	Etkileşim oranları
51	1	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	112,81	101,04	46,35	HE240A	0,786
52	5	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	237,19	12,40	3,63	HE240A	0,306
38	8	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	105,60	54,78	20,91	HE240A	0,773
53	2	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	44,16	118,35	82,64	HE280A	0,520
54	4	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	50,13	215,43	106,59	HE280A	0,955
63	4	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	54,40	224,78	109,61	HE280A	0,971
64	7	1, 2G+1, 6S-0, 8Wx	47,18	102,29	74,79	HE280A	0,512

Model-3 yönetmeliklere göre çözülen sistemde 52 numaralı çubuğa etki edenden normal kuvvet miktarı; (Tablo 461, 4.62 ve 4.63)

AISC89 GKT yönetmeliği : 138,35 kN

AISC360-10 GKT yönetmeliği : 143,87 kN

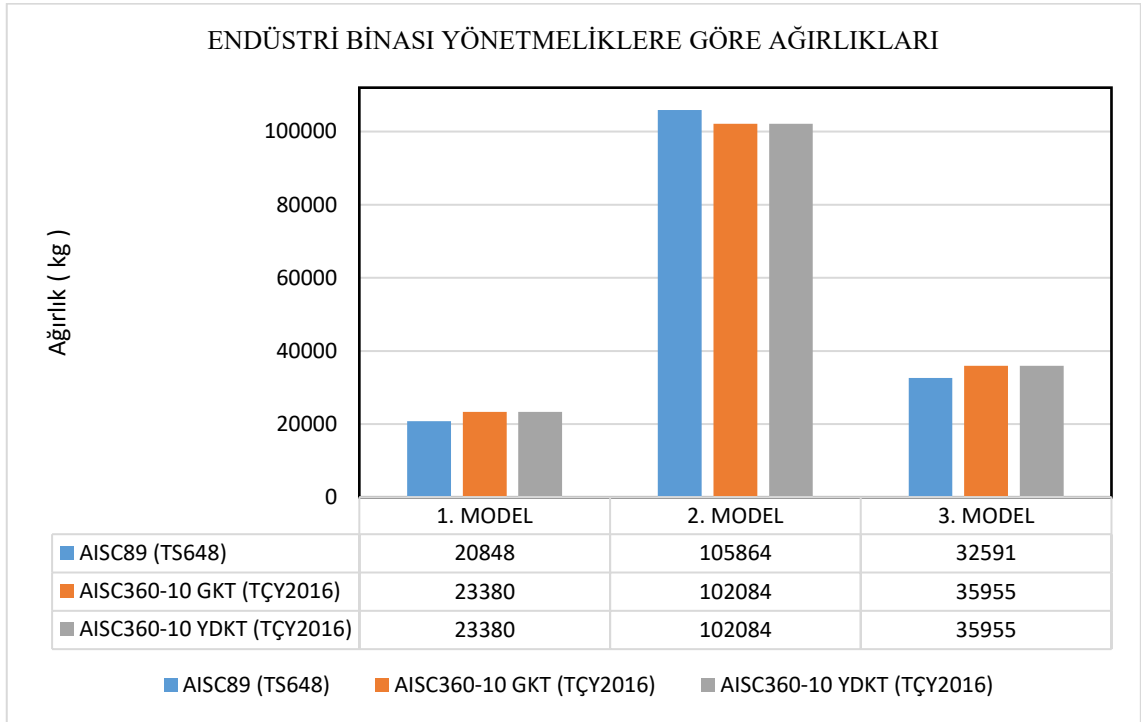
AISC360-10 YDKT yönetmeliği : 237,19 kN şeklinde bulunmuştur

Yine Model 1 ve Model 2 deki aynı sonucu elde ettik. 52 numaralı kolonun üzerine yeni yönetmelikte bahsi geçen TS EN 1991-1-3 yönetmeliğindeki birikmiş kar yükü hesabı gerçekleştirildiği için AISC360-10 yönetmeliği ile dizaynı gerçekleştirilen yapı sistemi AISC89 yönetmeliğinden daha çok çıkmasına katkıda bulunmuştur.

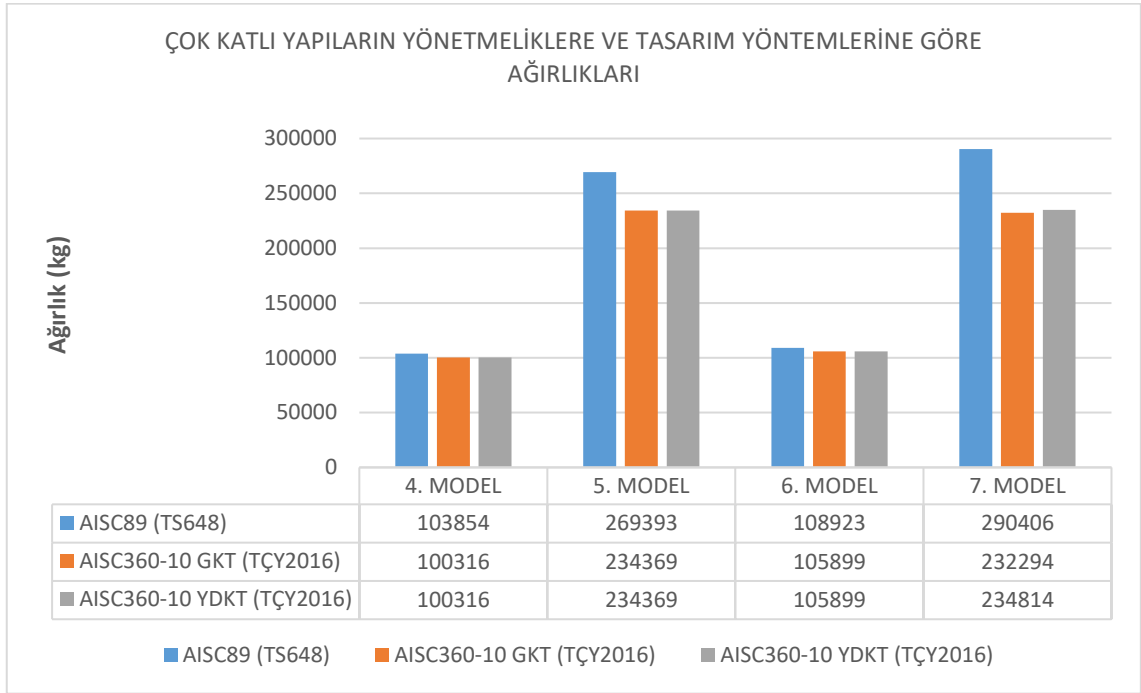
4.5.4 Modellerin yönetmeliklere ve tasarım yöntemlerine göre ağırlık karşılaştırılması

Endüstri binasının yönetmeliklere ve tasarım yöntemlerine göre tasarım sonucu elde edilen ağırlık değerleri Tablo 4.64 de verilmiştir. Bu tabloyu incelediğimizde Model 1 (12 m x 20 m) ve Model 3 (2x12 x 20) TÇY 2016 yönetmeliğine uygun olarak çözülen bina TS648 e göre ağırlığı daha çok çıkmıştır. Bunun sebibe uygulanan rüzgar yükü, kar yükü, yük birleşimleri ve standarda ait kabuller gibi farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

TÇY 2016 yönetmeliğinde yer alan GKT ve YDKT yöntemlerini karşılaştırdığımızda aynı sonuç elde edilmiş kesitlerde değişiklik oluşturmamıştır. Aralarındaki farkı ayrıntılı görmek için etkileşim oranlarına bakılması gerekir. (Bknz Bölüm 4.5.3 e)

Tablo 4. 64 Endüstri binasının yönetmeliklere ve tasarım yöntemlerine göre ağırlık karşılaştırması

Çok katlı binalarda kar yükü dikkate alınmayıp Rüzgar yükü Sap2000 program yardımıyla ilgili yönetmelik seçilerek sisteme tanımlanmıştı. Tablo 4.65 deki çok katlı binaların yönetmeliklere ve tasarım yöntemlerine göre ağırlık karşılaştırmasına baktığımızda, TÇY 2016 YDKT ve GKT ile tasarım yöntemleri ile çözümde bina ağırlıkları çok yakın veya aynı çıkmıştır. Bu da bize gösteriyorki tasarım yöntemlerinden hangisi seçilirse seçilsin birbirlerine yaklaşık değerler vermektedir. Eski yönetmelik yani TS648 yönetmeliği ile çözülen binalar çok daha büyük kesit çıkmış ve bina ağırlığını etkilemiştir. Tablo 4.58 de 4. Model ve 6. Modelde iki yönetmelik içinde birbirine çok yakın çözümler elde edilmiştir. Fakat bina kat ededi 4 katlıdan 8 kata çıkarıldığında arasındaki ağırlık farklı açılmış. Bunun sebebe ağırlık farkını daha iyi gözlemleyebilmek için sistem çözülürken elemanları birbirinden bağımsız olarak değilde gruplara ayrılarak çözüm gerçekleştirilmesinden kaynaklanır. Bir kolon kurtarmasa dahi sadece onu değiştirmek yerine tüm kolonları grup halinde değiştirilmiş ve böylece ağırlık farklı rahatça gözlemlenmiştir.

Tablo 4. 65 Çok katlı binaların yönetmeliklere ve tasarım yöntemlerine göre ağırlık karşılaştırması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların tasarımı ve üretimi farklı standartlara bağlı yönetmeliklerle gerçekleştirilmektedir. Fakat yönetmeliklerde bulunan şartlar belli bir kabullerle oluşturulduğu için gerçek değeri tam olarak karşılayamayabilir. Bu yüzden yönetmelikler sürekli güncellernir. Mühendisler bu güncellenen şartnameleri ve yönetmelikleri yakından takip etmelidir. Bu gaye çerçevesinde TÇY-2016'nin getirdiği yenilikler bu tez çalışmasında irdelenmiştir. Aynı zamanda TS 648 ve TÇY- 2016 yönetmelikleri ile örnek yapı sistemlerinin analizlerini gerçekleştirerek, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasının diğer amacı ise yeni TÇY-2016'da (Türk Çelik Yönetmeliği) yer alan "Güvenlik Katsayısı İle Tasarım" GKT ve "Yük Dayanım Katsayısı ile Tasarım " YDKT ile tasarım yaklaşımları irdelenmek ve en uygun en ekonomik tasarım yöntemi belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda yapıların tasarımlarını ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; tek katlı endüstri binası ile çok katlı binalar Mod Birleştirme Yöntemine göre statik analizi gerçekleştirilmiştir.

Parametreler karmaşık yapıda olmaması için tüm sistem analizinde Deprem Yüğü için TBDY2018 “Türk Bina Deprem Yönetmeliği “ dikkate alınmıştır.

TS648 “Çelik yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” ile sistem analizi gerçekleştirilen yapılarda yapıya etkiyen deprem yükü haricindeki yükler TS498 den alınmıştır.

TÇY 2016 “ Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları 2016” ile sistem analizi gerçekleştirilen yapılarda yönetmeliğin uygun gördüğü Kar Yüğü TS EN 1991-1-3 , Rüzgar yükü ise TS EN 1991-1-4 yönetmeliği dikkate alınmış diğer yükler için TS498 uygulanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen yapı ağırlıkları, yapı elemanlarına etki eden kesit zorları (Normal Kuvvet, Moment ve Kesme Kuvveti), etkileşim oranları tablolar ve grafiklerle birbirleriyle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Aynı yöntemle yönetmeliklere göre kar yükü ve rüzgar yükü hesabı karşılaştırılarak incelenmiştir.

Tez çalışmasında görülyorki TS648 yönetmeliği yani eski yönetmelikle çözülen sistemlerde Kar ve Rüzgar yükü basit yapıda olup gerçek rüzgar basıncını tam olarak karşılamayabilir. Aynı şekilde kar yükü için kar birikmesi ile ilgili açık bir hesap yöntemi yoktur. Bu sebeple TÇY 2016 yönetmeliğinde bahsi geçen TS EN 1991-1-4 rüzgar yükü ve TS EN 1991-1-3 kar yükü hesapları detaylı ve gerçeğe daha yakın sonuç vermiştir.

Bu durumda büyük ve kompleks yapılarda mutlaka bu yönetmelikler dikkate alınarak analiz yapılması daha uygun olacaktır.

TÇY 2016 daki yük kombinasyonları daha detaylı açıklanmış ve gerçeğe daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Ve bir çok konuda bize yenilik sunmuştur. Bu tez çalışmada uygulama kısmına girilmemiş, sadece hesap ve analiz kısmındaki yenilikleri elimizden geldiğince gösterilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak sistem analizlerimizde ve uygulamalarımızda en güncel yönetmelik dikkate alınması gerekmektedir.

TÇY 2016 tasarım yöntemleri karşılaştırdığımızda ise her ikiside de birbirine çok yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Yapılan ve karşılaştırılan tüm örneklerde kesitler aynı seçildiği için etkileşim oranlarına bakılarak karşılaştırılmış. Ve sonuçlar çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Kimi yapılarda GKT yöntemi daha uygun çıkarken kimisinde YDKT yöntemi uygun çıkmıştır. Sonuç olarak herhangi bir tasarım yöntemi seçilmesi ekonomiklik açısından uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, *TBDY 2018, ANKARA*, 1-395.
- AR, E., 2009, *Çelik Yapıların Tasarım Metodları ve Bunların Karşılaştırılması*, Yüksek lisans, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İZMİR, 1-172.
- BİNGÖL, C., 2014, *Ağır Sanayi Yapısının AISC 360-10 ve TS-648 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırmalı Boyutlandırılması*, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İSTANBUL, 1-90.
- CEYLAN, Ö. G., 2007, *10 Katlı Çelik Bir Büro Binasının Eurocode 3 Göre Karşılaştırmalı Boyutlandırılması*, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İSTANBUL, 1-147.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2016, *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları*, *TÇY 2016, ANKARA*, 1-237.
- Deren, H., Uzgider, E., Piroğlu, F. Ve Çağlayan, Ö., 2012, *Çelik yapılar*, 4. Baskı, *Çağlayan Kitabevi*, Zeytinburnu – İSTANBUL, 1-12.
- GÜÇLÜ, G., 2003, *Çok Katlı Bir Çelik Toplukonut Binasının Karşılaştırmalı Tasarımı*, Yüksek lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İSTANBUL, 1-132.
- KOCABAŞ, S., 2005, *Çelik Yapıların Sap2000 Programı ile Analiz ve Tasarımı*, Yüksek lisans, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, ADANA, 1-105
- TANSEL, M., 2010, *Çok Katlı Çelik Yapıların 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Analiz ve Tasarımı*, Yüksek lisans, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, ADANA, 1-56.
- TAŞDEMİR, A., 2007, *Çok Katlı Çelik Bir Hastane Binasının Eurocode 3'e Göre Çerçeve Kusurları Dikkate Alınarak Karşılaştırmalı Boyutlandırılması*, Yüksek lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İSTANBUL, 1-120.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1980, *Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*, *TS 648, ANKARA*, 1-48.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1997, *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, *TS 498, ANKARA*, 1-19.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2000, *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, *TS 500, ANKARA*, 1-75.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2007, *Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yükleri (Eurocode 1)*, *TS EN 1991-1-3, ANKARA*, 1-47.

Türk Standartları Enstitüsü, 2007, Yapılar Üzerindeki Etkiler – Bölüm 1-4: Genel Etkiler – Rüzgar Etkileri (Eurocode 1), *TS EN 1991-1-4*, ANKARA, 1-121.

Türk Standartları Enstitüsü, 2010, Çelik – Betonarme için – Donatı Çeliği, *TS 708*, ANKARA, 1-19.

ÜLKER, M., 2014, *AISC 360-10 ve Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY,2007)'ne Göre Çelik Yapıların Tasarımı*, Yüksek lisans, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, ELAZIĞ, 1-86.

ÜNAL, M. Ç., 2015, *Çelik Yapıların Farklı Standartlara Göre Karşılaştırmal Tasarımı*, Yüksek lisans, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, TRABZON, 1-110.

AFAD, 2016, Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulaması [online], AFAD, Ankara, <https://tdth.afad.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 4 Mart 2020].



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ubeydullah ZARARSIZ
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : KONAK 19.07.1992
Telefon : (553) 225 37 07
E-Posta : ubeyd.zararsiz@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Gazi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Selçuklu/KONYA	17/06/2011
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Selçuklu/KONYA	05/06/2015
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi Selçuklu/KONYA	02/02/2021

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	Ali Işıldar Çelik Yapı ve İnşaat Sanayi Ticaret Anonim Şirketi	İnşaat Müh. Proje Sorumlusu
2018	Hayati Dünder İnşaat Mühendislik Nak.Haf.Orman.Ürünleri.Ltd.Şti	İnşaat Müh. Proje Sorumlusu
2019	3'üncü Zırhlı Tugay Komutanlığı Çerkezköy İstihkam Şube	Proje Subayı

YABANCI DİLLER

İngilizce