

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞED TİPİ ÇELİK ÇATILARIN KAR YÜKÜ DEĞERLERİNİN TS-498,
EUROCODE 1-3 VE ASCE 07-10 KAPSAMINDA ANALİZİ ,
KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Erdem HABERDAR

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞED TİPİ ÇELİK ÇATILARIN KAR YÜKÜ DEĞERLERİNİN TS-498,
EUROCODE 1-3 VE ASCE 07-10 KAPSAMINDA ANALİZİ ,
KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ahmet Erdem HABERDAR
(501091087)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Filiz PİROĞLU

20 OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091087 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ahmet Erdem HABERDAR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ŞED TİPİ ÇELİK ÇATILARIN KAR YÜKÜ DEĞERLERİNİN TS-498, EUROCODE 1-3 VE ASCE 07-10 KAPSAMINDA ANALİZİ, KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Filiz PİROĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. K. Armağan KORKMAZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Devrim ÖZHENDEKÇİ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **12 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **20 Ocak 2015**

Bu tezi yazmamda büyük katkıları olan biricik eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü desteği sağlayıp,engin bilgi ve deneyimini benden esirgemeyen çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Filiz Piroğlu'na bana olan güveni ve desteği için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimi tamamlamam konusunda beni teşvik edip, her zaman destekleyen sevgili aileme ve her konuda bana destek olan sevgili eşime içtenlikle teşekkür ediyorum.

Aralık 2014

Ahmet Erdem Haberdar
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOLLER	xi
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ÇELİK ÇATILAR	3
2.1 Çatıların Çökmesi.....	5
3. YÖNETMELİKLERDE BULUNAN KAR YÜKÜ HESAPLAMALARI	9
3.1 Türk Standartları	9
3.1.1 TS-7046.....	9
3.1.2 TS-498-1997	12
3.2 EN-1991-1-3 Eurocode Kar Yükleri	19
3.2.1 Genel terimler	19
3.2.2 Yönetmelik kapsamında çatı kar yükü özellikleri.....	20
3.2.3 Yönetmelik kapsamında çatı şekil katsayıları.....	21
3.2.3.1 Tek eğimli çatılar	22
3.2.3.2 Çift eğimli çatılar	23
3.2.3.3 Çok eğimli çatılar (Şed Çatılar)	23
3.2.3.4 Silindirik çatılar.....	25
3.2.3.5 Daha yüksek bir yapıya bitişik veya yakın çatılar	26
3.3 ASCE 07-10 Bölüm-7 Kar Yükleri.....	28
3.3.1 Yönetmelik dahilinde eğimli çatı kar yükleri	29
3.3.2 Yönetmelik dahilinde dengesiz kar yükleri	30
3.3.3 Yönetmelik dahilinde kırma ve çift eğimli çatılar için kar yüklemesi.....	30
3.3.4 Yönetmelik dahilinde silindirik çatılar için dengesiz kar yüklemesi.....	31
3.3.5 Yönetmelik dahilinde şed çatılar için dengesiz kar yüklemesi	32
3.4 NBCC 2010 Kanada Yönetmeliği Kar Yükleri Hakkında Genel Bilgiler	33
4. YÜKLEMELER VE ANALİZLER	37
4.1 15 Derece Açılı Şed Çatılar İçin Yapılan Çalışmalar	38
4.2 31 Derece Açılı Şed Çatılar İçin Yapılan Çalışmalar	43
4.3 31 Derece Açılı Şed Çatıya Sahip Çelik Endüstri Yapısı İçin Deprem Yüğü Ve Metraj Karşılaştırılması	49
4.3.1 Yapı bilgileri	50
4.3.2 Yük tanımları	51
4.3.3 Aşıklar	51
4.3.4 Analizler.....	52
4.3.4.1 Periyotlar ve kullanıcı katsayısının belirlenmesi	52

4.3.4.2 Yük birleşimleri.....	53
4.3.4.3 Sistemlere etkiyen yükler	53
4.3.4.4 Analiz sonuçları.....	57
4.3.4.5 Analiz özeti	63
5. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR	65
KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ	73

KISALTMALAR

ASCE:	: American Society of Civil Engineers
ASD-89	: Allowable Stress Design
CSI SAP	: Structural Analysis Program
IR	: Infrared
NBCC	: National Building Code of Canada
TS-498	: Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değeri
TS-7046	: Yapıların tasarımı için esaslar-çatılardaki kar yüklerinin tespiti
TS EN-1991-1-3	: Yapılar üzerindeki etkileri-Bölüm 1-3: Genel etkiler-kar yükleri (Eurocode 1)
UV	: Ultraviyole

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : İl ve ilçelere göre kar yükü bölgeleri.	14
Çizelge 3.2 : Çatı eğimine bağlı olarak azaltma değeri	18
Çizelge 3.3 : Farklı topografik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri.....	21
Çizelge 3.4 : Kar yükü şekil katsayıları.....	22
Çizelge 3.5 : Bina önem katsayıları.....	34
Çizelge 4.1 : 15 derece açılı çatı-mesnet tepkileri.....	48
Çizelge 4.2 : 31 derece açılı çatı-mesnet tepkileri.....	48
Çizelge 4.3 : Analiz modelleri özeti	63

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Tek eğimli çatı örneği.....	3
Şekil 2.2	: Çift eğimli çatı örneği.....	3
Şekil 2.3	: Çok eğimli çatı örneği.....	4
Şekil 2.4	: Silindirik çatı örneği.....	4
Şekil 2.5	: Yüksek bir yapıya bitişik veya yakın çatı örneği	4
Şekil 2.6	: Çöken sergi salonu çatı örneği	5
Şekil 2.7	: Çöken kapalı pazaryeri çatı örneği.....	6
Şekil 2.8	: Çöken müze binası çatı örneği.	6
Şekil 2.9	: Çöken fabrika çatı örneği	6
Şekil 2.10	: Çöken halı saha çatı örneği	7
Şekil 2.11	: Çöken futbol sahası çatı örneği	7
Şekil 3.1	: Tek eğimli ve çift eğimli çatıların şekil katsayıları.....	10
Şekil 3.2	: Çok eğimli çatıların şekil katsayıları.....	11
Şekil 3.3	: Eğri çatıların şekil katsayıları.....	12
Şekil 3.4	: Kar yükü şekil kat sayıları..	22
Şekil 3.5	: Kar yükü şekil kat sayısı-tek eğimli çatı.	22
Şekil 3.6	: Kar yükü şekil kat sayısı-çift eğimli çatı.....	23
Şekil 3.7	: Kar yükü şekil kat sayısı-çok eğimli çatı	23
Şekil 3.8	: Çok eğimli çatılarda çatı derelerindeki istisnai kar birikmeleri için kullanılacak kar birikintisi uzunlukları ve kar yükü şekil katsayıları...	24
Şekil 3.9	: Farklı yükseklik/açıklık oranlarına sahip silindirik çatılar için kar yükü şekil katsayıları	25
Şekil 3.10	: Silindirik çatılar için kar yükü şekil katsayıları.....	26
Şekil 3.11	: Daha yüksek bir yapıya bitişik veya yakın olan çatılar için kar yükü şekil katsayıları.	27
Şekil 3.12	: Sürekli kirişler için yarım yük durumları	29
Şekil 3.13	: Çift eğimli çatılar için birikmiş kar yüklemeleri	30
Şekil 3.14	: Hd değerinin bulunduğu diyagram.....	31
Şekil 3.15	: Silindirik çatılar için dengeli ve dengesiz yük dağılımları.....	32
Şekil 3.16	: Şed çatılar için dengeli ve dengesiz yük durumları.....	32
Şekil 4.1	: TS-498'e göre yükleme durumu	38
Şekil 4.2	: TS-498'e göre yükleme durumuna göre oluşan mesnet tipleri	38
Şekil 4.3	: 15 derece açılı uygulama modelinin geometrisi.....	39
Şekil 4.4	: Eurocode-1-3 yükleme durumu (Birikmemiş durum).....	40
Şekil 4.5	: Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri	40
Şekil 4.6	: Eurocode 1-3 Yükleme Durumu (Birikmiş durum).	41
Şekil 4.7	: Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre mesnet tepkileri.....	41
Şekil 4.8	: ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengeli Durum).....	41
Şekil 4.9	: ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre mesnet tepkileri.....	42
Şekil 4.10	: ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengesiz durum)	42
Şekil 4.11	: ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre mesnet tepkileri.....	42

Şekil 4.12 : TS-498 Yükleme Durumu	43
Şekil 4.13 : TS-498 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri	43
Şekil 4.14 : 31 açılı uygulama modelinin geometrisi	44
Şekil 4.15 : Eurocode 1-3 Yükleme Durumu(Birikmemiş durum)	45
Şekil 4.16 : Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri	45
Şekil 4.17 : Eurocode 1-3 Yükleme Durumu(Birikmiş durum)	45
Şekil 4.18 : Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri	46
Şekil 4.19 : ASCE 07-10 Yükleme Durumu(Dengeli durum).....	46
Şekil 4.20 : ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri.	47
Şekil 4.21 : ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengesiz durum).....	47
Şekil 4.22 : ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri.....	47
Şekil 4.23 : Analiz modeli	49
Şekil 4.24 : Çerçeve geometrisi	50
Şekil 4.25: Sabit yükler (TS-498).....	54
Şekil 4.26 : Hareketli yükler (TS-498)	54
Şekil 4.27 : Sabit yükler (Eurocode).....	55
Şekil 4.28 : Hareketli yükler (Eurocode)	55
Şekil 4.29 : Sabit yükler (ASCE).....	56
Şekil 4.30 : Hareketli yükler (ASCE)	56
Şekil 4.31 : Analiz modeli 1 (TS-498).....	57
Şekil 4.32 : Analiz modeli 1-tasarım sonuçları.	58
Şekil 4.33 : Analiz modeli 2 (Eurocode)	59
Şekil 4.34 : Analiz modeli 2-tasarım sonuçları.....	60
Şekil 4.35 : Analiz modeli 3 (ASCE)	61
Şekil 4.36 : Analiz modeli 3-tasarım sonuçları.....	62

SEMBOLLER

A_0	: Etkin yer ivme katsayısı
α	: Çatı örtüsünün eğimi (TS-498)
b	: Çatı açıklığı (ASCE)
b	: Çatı açıklığı (Eurocode)
β	: Çatının eğim açısı (TS-7046)
c_a	: Birikme faktörü (NBCC)
C_b	: Temel kar yükü çarpanı (NBCC)
c_e	: Maruz kalma katsayısı (Eurocode)
C_s	: Eğimli çatı faktörü (ASCE)
c_s	: Eğim faktörü (NBCC)
c_t	: Isı katsayısı (Eurocode)
c_w	: Rüzgar faktörü (NBCC)
E	: Deprem yükü
G	: Sabit yükler
h	: Biriken kar yüksekliği (Eurocode)
H_d	: Biriken kar yüksekliği (ASCE)
l_c	: Karakteristik uzunluk (NBCC)
I_s	: Bina önem katsayısı (ASCE)
S_0	: Kar yükü (TS-7046)
v	: Çatı bölümünün anma şekil katsayısı
K	: Kelvin (Eurocode)
kN	: Kilo Newton
Kg	: Kilogram
L	: Uzun yönde uzunluk (NBCC)
m	: Kar yükü azaltma değeri (TS-498)
m	: Metre
μ	: Eğime bağlı şekil katsayısı (TS-7046)
μ_i	: Kar yükü şekil katsayısı (Eurocode)
Q	: Hareketli yükler
R	: Yapı davranış katsayısı
P_{cf}	: Amerikan yoğunluk birimi (ASCE)
P_f	: Düz çatı kar yükü (ASCE)
P_g	: Zemin kar yükü (ASCE)
P_k	: Kar yükü hesap değeri (TS-498)
P_{k0}	: Zemin kar yükü (TS-498)
P_m	: Minimum kar yükü (ASCE)
P_s	: Eğimli çatı kar yükü (ASCE)
s	: Çatıdaki kar yükü (Eurocode)
s_{Ad}	: İstisnai zemin kar yükü tasarım değeri (Eurocode)
S_k	: Dikkate alınan mahaldeki karakteristik zemin kar yükü (Eurocode)
S_r	: Yağmur yükü (NBCC)
S_s	: Zemin kar yükü değeri (NBCC)
S_t	: Spektrum katsayısı

T : Periyot değeri
w : Kısa yönde uzunluk (NBCC)

ŞED TİPİ ÇELİK ÇATILARIN KAR YÜKÜ DEĞERLERİNİN TS-498, EUROCODE 1-3 VE ASCE 07-10 KAPSAMINDA ANALİZİ, KARŞILAŞTIRILMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışma, lisansüstü tezi olarak hazırlanmış olup, tez çalışmasında farklı eğimlere sahip şed tipi çatıların aynı zemin kar yükü şartları altında mesnetlendikleri açıklıklarda oluşan etkiler analiz edilmiştir. Analiz iki şekilde yapılmıştır; öncelikle eğim açıları 15 ve 31 derece olan 16 metre açıklığında çatı 5 noktasından mesnetlenmiş ve oluşan mesnet tepkileri incelenmiştir. Eğim değişiklikleri aynı mesnet noktalarından yapılarak yani yükseklikler değiştirilerek yapılmıştır. Eğim değişikliklerine göre yönetmeliklerin gerekli gördüğü yükleme değerleri sisteme etkiltilmiştir. Yapılan ikinci çalışma 20x30 metre geometrisindeki çelik endüstri yapısında sadece kar ve kaplama yükleri hesaba katılarak deprem ve metraj analizleri yapılmıştır.

Dört bölümden oluşan çalışmada ilk bölümde çelik malzemesi, çelik yapı mühendisliği ve kullanım alanları ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Bunun yanında çelik malzemesinin avantajlarına da değinilmiş olup yaşadığımız dönemdeki önemine vurgu yapılmıştır.

İkinci bölümde çelik çatılar ve çatıların çökmesi konuları ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Çatı tipleri basit görseller ile anlatılmaya çalışılmıştır. Ayrıca çöken çatılar ile ilgili dünyadan ve ülkemizden örneklemeler yapılmış ve durumun ciddiyetine vurgu yapılmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde TS-498, TS-7046, Eurocode 1-3, ASCE 07-10 ve Kanada yönetmeliklerinin kar yükleri ile ilgili kısımlarında verilen bilgiler aktarılmaya çalışılmıştır. TS-7046, Eurocode 1-3 standardının Türkçe'ye çevirilip yürürlüğe girmesi ile iptal edilmiştir ancak 1989 yılında ülkemizin de kar yükünü farklı durumlardan analiz eden bir yönetmeliğe sahip olduğu gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca diğer yönetmeliklerin kar yükü ile ilgili tek eğimli, çift eğimli, eğri ve şed tipi çatılar için belirttiği gereklilikler hakkında bilgi verilmiş ve dünyada kar yağma oranının yüksek olduğu Kanada'nın kar yüküne farklı bakış açısı da anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde çatılara, üçüncü bölümde şed çatılar için tanımlanan değerlere göre yüklemeler ve analizler yapılmıştır. Zemin kar yükü değeri olarak 75 kg/m^2 seçilmiştir. Statik analizler CSI SAP 2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Giriş paragrafında bahsedildiği gibi öncelikle çatılarda eğim durumlarına göre yüklemeler yapılmış ve mesnet tepkilerinde oluşan bölgesel farklılıklar birbirine oranlanarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmanın sonucunda daha olumsuz sonuçlar veren 31° eğim açısına sahip çelik çatı tipinden bir endüstri yapısı modeli oluşturulmuş ve daha geniş analizler yapılmıştır. X ve Y doğrultularında oluşan deprem kuvvetleri ve yapının güvenli bir şekilde servis verebileceği tasarımlara göre seçilen profiller doğrultusunda metraj analizleri yapılmış ve karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölümde değerlendirmeler yapılmıştır. Dördüncü bölümde yapılan analizlerde çatıların aynı açıklıkta olmasına rağmen farklı eğim durumlarında ve farklı kar birikmesi ile yüklenmeleri durumunda oluşan mesnet tepkileri yorumlanmıştır. Buna ek olarak hareketli yük olarak sadece kar yükü bulunan çatılarda, kar yükünün farklı durumlarına göre oluşan deprem kuvvetleri ve metraj farklılıkları da yorumlanmıştır. Sonuç olarak da proje mühendisinin tasarımını yapacağı çatının bulunduğu bölgeye ve çatının tipine göre sadece TS-498 dikkate alınarak değil diğer ulusal/uluslararası yük standartlar da göz önünde bulundurularak tasarımını yapması gerektiği sonucu çıkarılmıştır.

THE COMPARISON, EVALUATION AND ANALYSIS OF SNOW LOADS ON THE SHED TYPE OF STEEL ROOFS ACCORDING TO TS-498, EUROCODE 1-3 AND ASCE 07-10

SUMMARY

This study is prepared as a masters of science thesis, which explains the analysis of different effects of snow forces on different kinds of multi-span shed roofs under the same ground snow load circumstances. Analysis are carried out in two ways. Firstly the slope degrees of roofs are chosen as 15° and 31° so that these values may represent the two different slope factors in Eurocode EN 1-3 General actions-Snow loads standard. The span length of the roof is 16 metres and it is supported at 5 different points. The changes on the slopes of roofs are made by changing the height of maximum points so that the effect of the slope can be understood better. The minimum necessities of loads due to the explained standards are effected. In the second study a steel industry building with a rectangular geometry of 20x30m is analysed under the affects of dead and snow loads. Earthquake loads and quantities are evaluated and compared.

This study is composed of four sections. First section explains the history and development of steel material, the importance of steel structures engineering and the usage of steel in the construction world. In addition to these the advantages of steel are explained and also the importance of steel material in other professions is emphasised.

In the second section, general information about steel roofs and collapses of roofs are given. Steel roofs are simply shown by some pictures and also the pictures of collapsed roofs in the world and in Turkey are added and shown to have the ones attention to the subject. The collapses were generally caused by snow loads on the roofs of big malls, wide span concert places, museums or other government buildings. These are kind of places that so many people are going and visiting, shopping and making cultural activities, the failure about the snow load may cause bad results such as deaths.

Third section gives information about snow loads in TS-498 (The design loads for buildings), TS-7046 (Bases for design of structures – determination of snow loads on roofs), Eurocode 1991-1-3 (General actions-snow loads), ASCE 07-10 Sections 7 (Snow loads) and NBCC (National Building code of Canada). TS-7046 is fallen into desuetude after Eurocode 1991-1-3 is translated into Turkish language and accepted as a formal load standard of Turkey, however the reason for giving information about TS-7046 is that there had been a standard in Turkey, which had different point of views on snow loads.

In addition to that, the minimum load factors of the above told standards about the monopitched roofs, pitched roofs, multi-span roofs and cylindrical roofs are given as they are explained in the standards. Moreover, the different viewpoint of NBCC is explained in the thesis.

Fourth section shows the analysis and the results of statical calculations on the roofs which are studied. 75 kg/m^2 is chosen as the ground snow load and resultant forces on the supports are shown as figures. Load comparison charts are prepared to show the different values on the supports especially on the drift support so that the effect of drifted load can be understood in a better way. The structural analyses are prepared with CSI SAP2000 program. As a result of these analysis and the comparisons, the roof type, that has 31° slope angle is chosen to design a steel industrial building because it has more negative results than 15° slope angle roof. Wider analysis are carried out; the earthquake forces in the X and Y planes and the quantities of the profiles which are chosen for the safe service of building are determined and compared.

To sum up, an internationally important subject is studied by solving two different problems and the effects of each standard is observed. Evaluations are started with the 15° slope angle roof. Firstly the load assignments of TS-498 is studied. This standard has no decrease if the slope angle is less than 30° so 75 kg/m^2 force is directly affected to the roof. After that Eurocode drifted and undrafted conditions are studied and load assignments are made. Lastly the ASCE load assignments are affected to the roof and the resultant forces on the supports are analyzed. Analyze is shown on a chart. As to give a little summary of this chart; total loads and drift support loads are calculated and compared between themselves. For the total loads ASCE unbalanced snow loads have the biggest results then comes the balanced ASCE load's results and TS-498' then lastly Eurocode load's; however when the drift support load is compared ASCE unbalanced load result is biggest again but Eurocode result has bigger value than TS-498 load results.

31° slope angle roof is examined in the same way that is done for 15° slope angle roof. However, as the angle increases and gets bigger than 30° , the slope factors and coefficients change. 31° angle is provided by changing the height of support point. Because of the change in the slope, there becomes decreases and increases in the loads. The total loads of Turkish and European standards decreases but American standards resultant total load did not change. In addition to that the ranking of drift support loads didn't change but European standards drift load result gets nearer to American standards drift load resultant forces. The purpose of this study is to determine the model for the earthquake study and 31° slope angle roof is decided and a steel industrial building is designed to study the quake loads.

Industrial building is 20x30m dimensioned and the total height is 8 metres. The distance between the frames is 6 metres. The earthquake zone is chosen as the first zone, the ground class is chosen as Z3-C. Structure importance factor is chosen as 1. Structural behavior factor is taken 5 for the X direction and 4 for the Y direction. Firstly the roof beams are designed. The calculations are made due to the dead and live loads and the live loads are snow loads. Snow loads change due to the factors of standards. The strongest and the heaviest roof beam profile has become necessary for the ASCE 07-10 standard's loading assumptions because it has the biggest load value of snow loads; then European standards and lastly the Turkish Standard (TS-498). In the previous study only the valley area is taken as the drift area but in this study the side beam's area are also taken as drift area because in the real life there may be parapets on the side beams that will cause the snow to drift there.

After determining the roof beam, the dead loads have become obvious so the calculations and designs may begin. Dead and live loads are affected to the main beams of the roofs. According to the moment and shear forces values of the frames, the designs of each profile are made to each structures. Stress ratios of profiles are tried to be chosen as nearby values so that the weight quantities of structures can be compared more appropriately. At the end of the study it is obviously seen that ASCE standards' necessities are the safest and most expensive solutions; secondly the Eurocode necessities and lastly TS-498.

Turkey is in earthquake region, there had become lots of quake disasters in Turkey. Moreover every disaster taught something to Turkish people but there is still a lot to learn. As It is known that the quake forces depend on the loads of the structures; this means that it is important to make the right load assumption to determine the right quake forces. In this industrial building study quake forces are also compared and from bigger force to smaller force, the ranking is ASCE, Eurocode and lastly TS-498. The main reasons for this difference is the snow loads and the roof beams.

Turkey is a country that lives all the four seasons. In winter eastern regions are covered with snow and unfortunately the construction systems, especially the roof systems are old-wooden structures with no structural designs. This causes for the roof to collapse in the middle of hard winter conditions and it is hard to reconstruct such roof because of the weather conditions. Not only eastern regions but also western regions are affected by snow especially rainy and windy snow. These kinds of snows causes icy effects. This study obviously shows that the load assumptions are very important and should be applied carefully. All of the conditions should be taken care of. A structural engineer is not a good engineer unless he or she makes the true load assumptions. He or she may know all the rules of designs but correct moment and shear force values can be occurred by true loading. As a result of that study, it is understood that, the structural design engineer should use every national or international useful information, standard, research etc. especially about the loads while designing the project.

1. GİRİŞ

Yapı malzemesi olarak demirin ve hesapsız yollarla birleştirilerek üretilen çeliğin kullanımı ilk çağlara kadar dayanmaktadır. Çelik, genellikle %0.2 ila %2.1 oranlarında değişen karbon miktarının, demir elementi ile bileşiminden meydana gelen bir alaşımdır. Çelik kullanımı 17.yy'da icat edilen daha etkili üretimlerden sonra yaygın bir hal almıştır. 19.yüzyılın ortalarında Bessemer Fırınının icadıyla çelik pahalı bir malzeme olmaktan çıkmış ve seri üretimine başlanmıştır. Seri üretim hızının ve kalitesinin büyük bir hızla artması çeliği hem daha ucuz, hem de kalitesi kontrol edilebilir bir yapı malzemesine dönüştürmüştür. Günümüzde dünya çelik üretimleri milyar tonlarla ifade edilir hale gelmiş ve böylece dünyanın en büyük üretim sektörlerinden biri olmuştur.

Çeliğin yapısal özelliklerinin (sertlik, süneklik, dayanım..vb) üretim sürecinde daha ileri seviyelerde kontrol edilebilmesi ve imalat yöntemlerinin çok üst düzeylere taşınması, istenilen karakterde malzemenin üretilmesini sağlamaktadır. Bu durum da çeliği sadece inşaat sektöründe değil başka birçok sektörde de çok cazip kılmaktadır. İnşaat sektörü için düşünüldüğünde; işçilik maliyetleri yüksek olmakla birlikte, her iklim koşulunda imalat yapılabilmesi ve montaj süresinin kısa olması projenin işletmeye açılma sürecini öne çekmektedir. Böylece yapının gelir dönüşümü daha önce başladığından bu durum yatırımcıya kâr olarak geri dönmektedir.

Çelik; statik mühendislik açısından değerlendirildiğinde; elastisite modülü yüksek olması ve aynı zamanda profil en kesitlerinin dolu olmamasından dolayı hafif bir yapı malzemesidir. Betonarme yapılarda yapı elemanlarının zati yükleri genel yapıya etkileyen yüklerin genellikle yarısıdır. Bu durum betonarme yapılara etkileyen deprem yüklerini her zaman arttıran bir etmendir. Deprem etkilerinin belirlenmesinde yapının yükünün baş aktör olduğu göz önünde bulundurulduğunda, çelik yapı elemanlarının hafif olması deprem yüklerini azaltan önemli bir unsurdur. Ayrıca çelik malzemesi yüksek elastisite modülüne sahiptir. Böylelikle hesaplamalar sonucu oluşturulan kesitlerin betonarmeye göre daha küçük boyutlarda olmasını sağlamakta ve daha geniş hacimlerin oluşmasına izin vermektedir.

Çelik yapılar sadece ana taşıyıcılar olarak değil ara taşıyıcılar olarak da geniş bir kullanım alanına sahiptir. Her geçen gün tasarım yeteneğini geliştiren mimarlık dünyası her kesimin gözüne hoş gelen cephe tasarımlarını çelik yapılara borçludur. Ayrıca tesisat elemanlarının da yapıya bağlanmasında çelik elemanlar kullanılmaktadır.

Kullanılan bütün profiller belirli sünelik ve narinlik kuralları doğrultusunda ve belirli standartlar ışığında oluşturulmaktadır. Profil tipleri; I,U,L geometrisinde ve ayrıca kare, dikdörtgen ve dairesel kesitler olarak yapı mühendislerinin kullanımına sunulmaktadır. Bunların yanında yassı mamul adı verilen levhaların soğuk şekillendirilmesi ile elde edilen soğuk hadde profiller de özel mimari tasarımlara imkan vermektedir.

Çelik yapılar kullanım olarak çok geniş bir yelpazeye sahiptir ancak bunun yanında çelik yapı tasarımı üst düzey mühendislik gerektiren bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Çelik yapılarda sabit ve hareketli yüklerin yanında ısı, kar ve rüzgar yükleri gibi meteorolojik durumlarla ilgili yükler de önem arz etmektedir. Bu yüklerin yıllar içerisinde gözlemlenmesi ile yapılan istatistikî çalışmaların bir sonucu olarak her ülkeye, hatta ülke içinde bölgelere göre farklı yük haritaları oluşturulmuştur. Bu çok ciddi bir çalışmadır, özellikle çelik üretim miktarı düşük olan ve çelik ithalatı yapan ülkelerin, yük değerlerini ve emniyet kat sayılarını çok yüksek tutmamaları ve ekonomik olmayan yapıların projelendirilmemesi için bu çalışmaları çok daha hassas bir şekilde yapmaları gerekmektedir.

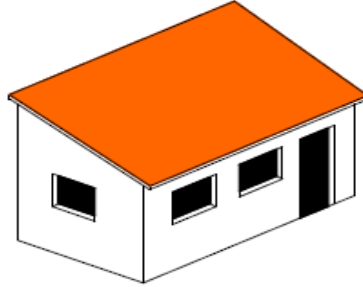
Bu tez kapsamında; çelik çatılara etkiyen kar yüklerinin TS 498 (Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri), TS EN 1991-1-3 (2003) Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads, ASCE 07-10 Chapter 7 – Snow Loads kapsamında karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılarak, şed tipi çatılarda yurtdışında kullanılan yönetmeliklere göre farklı eğimlerde oluşan farklı etkiler irdelenmiştir.

2. ÇELİK ÇATILAR

Çatılar, bir yapının en üst kaplanmış bölümüdür. Esas olarak binanın yağmur, kar, dolu, don, gece-gündüz sıcaklık farkları, IR ve UV radyasyonu, rüzgar, dış kaynaklı sesler vb. dış koşulların etkisi altında, iç ortamda ısısal, görsel, akustik konfor, güvenlik vb. kullanıcı gereksinimlerini sağlamak için yapılırlar. Eski zamanlarda özellikle konut tipi yapılarda çatılar ahşap olarak çözümlenmiştir ancak ülkemizin zenginleşmesi, çelik işçiliğinin kalitesinin artması ve çelik yapı malzemesinin daha kolay temini ile çelik çatılara dönüş yaşanmıştır. Çelik çatılar, ahşap çatılara göre daha sağlam yapılar olup, geniş açıklıkların aşılabilmesinde daha narin profiller ile daha hızlı bir şekilde imal edilebilmektedir.

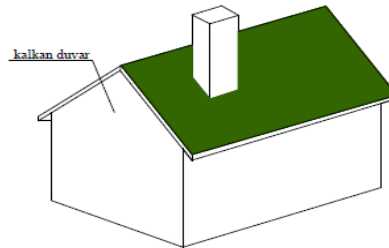
Yönetmeliklerde yük durumları incelenen çatı tipleri Şekil 2.1, Şekil 2.2, Şekil 2.3, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’te gösterilmektedir:

- **Tek eğimli çatılar:**



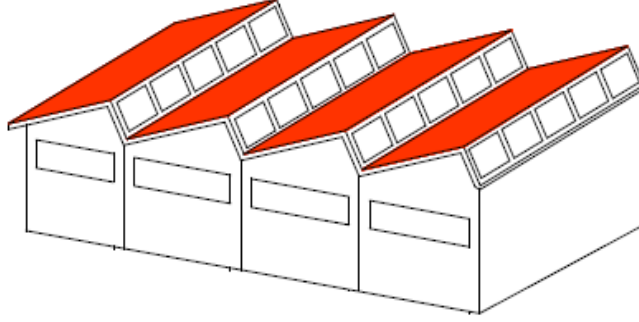
Şekil 2.1: Tek eğimli çatı örneği.

- **Çift eğimli çatılar:**



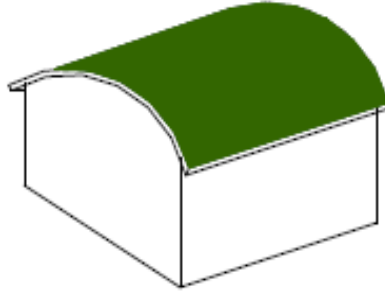
Şekil 2.2: Çift eğimli çatı örneği.

- **Çok eğimli çatılar (Testere Dişli):**



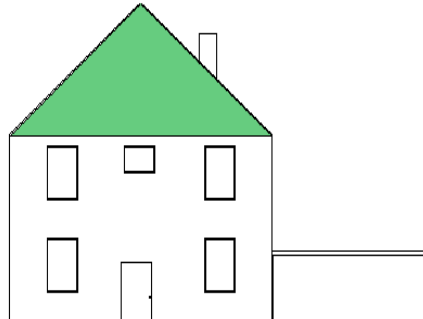
Şekil 2.3: Çok eğimli çatı örneği.

- **Silindirik çatılar:**



Şekil 2.4: Silindirik çatı örneği.

- **Daha yüksek bir yapıya bitişik veya yakın olan çatılar:**



Şekil 2.5: Daha yüksek bir yapıya bitişik veya yakın çatı örneği.

2.1 Çatıların Çökmesi

Çatı konstrüksiyonlarının göçmesine ve yapısal elemanların dayanımına ilişkin birçok analiz ve test sonuçları bulunmaktadır. Bu yayınlarda kullanılan kaplama ve cinsi, seçilen drenaj sistemleri ve parapet yüksekliklerinin çatılarda biriken yağmur ve kar suyu miktarlarındaki etkileri incelenmiştir. Ayrıca bu faktörlerin yanında rüzgar etkisi de dikkate alınmıştır. Yapılar projelendirilirken dört disiplin (mimari, statik, mekanik, elektrik) bir arada çalışıyor gibi görünmektedir, ancak uygulamada bu durum böyle olamamaktadır. Ancak çatılarda kullanılacak drenaj sisteminin çok etkin bir biçimde oluşturulması gerekmektedir. Statik ve mekanik projeleri hazırlayan gruplar, özellikle çelik çatının projelendirilmesi sürecinde birlikte çalışmalı ve böylece olası bir göçme durumunun önüne geçilmelidir. Çatılarda kar yüklerinin doğru olarak belirlenememesi veya hesaba katılmaması nedeniyle dünyada ve ülkemizde çok sayıda çatı kar yükü altında çökmüş ve can kaybına neden olan trajik olaylar gerçekleşmiştir. Çöken çatıların çoğunlukla büyük alanlı spor salonu, sergi salonu, pazaryeri türü yapılar olması kayıpları arttırmaktadır. Can kaybının yanında çok yüksek seviyede mali kayıplara ve ülkeler için de prestij kaybına neden olan bu durumlardan bazıları Şekil 2.6, Şekil 2.7, Şekil 2.8, Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de gösterilmektedir:



Chorsow, Polonya: Sergi salonu

Yıkılış: 28.01.2006

Can kaybı: 65

Yaralı: 161

Şekil 2.6: Çöken sergi salonu çatı örneği.



Basmanny, Rusya: Kapalı pazaryeri

Yıkılış: 23.02.2006

Can kaybı: 63

Yaralı: 31

Şekil 2.7: Çöken kapalı pazaryeri çatı örneği.



Baltimore, ABD: Müze binası

Yıkılış: 14.02.2013

Şekil 2.8: Çöken müze binası çatı örneği.



Mudanjiang, Çin: Fabrika çatısı

Yıkılış: 27.11.2013

Can kaybı: 9

Şekil 2.9: Çöken fabrika çatı örneği.



Muş, Türkiye: Halı saha

Yıkılış: 01.02.2012

Şekil 2.10: Çöken halı saha çatı örneği.



Bitlis, Türkiye: Futbol stadyumu

Yıkılış: 12.03.2012

Şekil 2.11: Çöken futbol sahası çatı örneği.

3. YÖNETMELİKLERDE BULUNAN KAR YÜKÜ HESAPLAMALARI

3.1 Türk Standartları

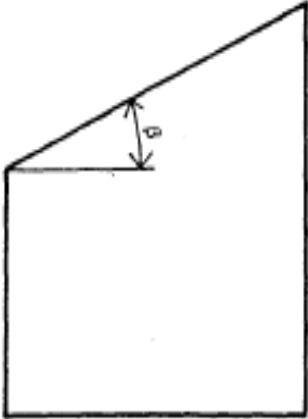
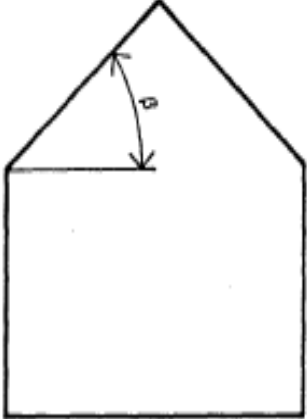
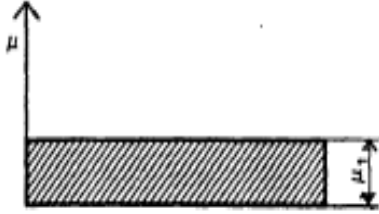
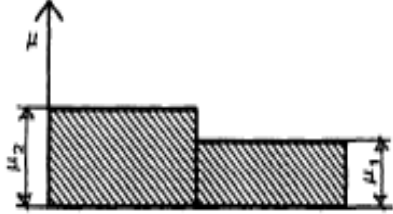
Türk Standartları başlığı altında TS 7046 ve TS 498-1997 yönetmelikleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1 TS-7046

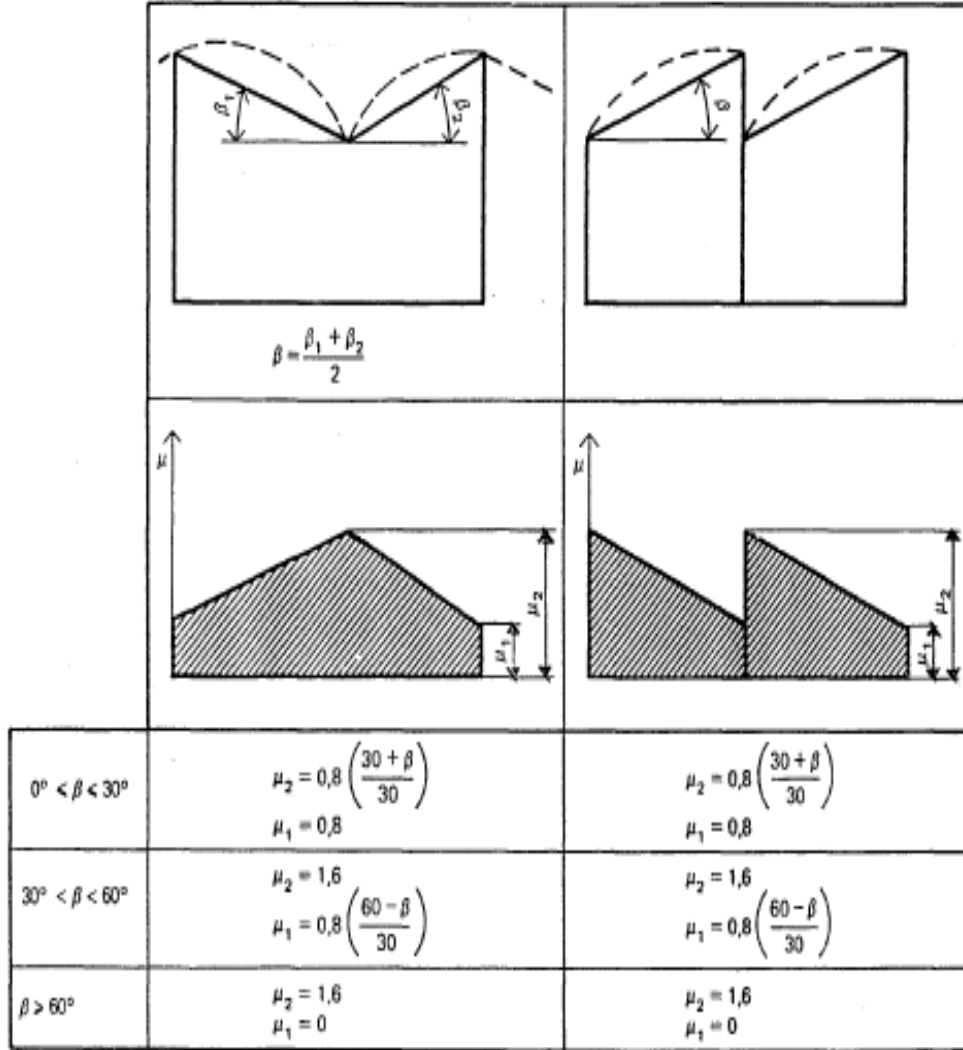
Bu standart; 1989 yılında uygulamaya konulup, 2004 yılında Eurocode-1-3'ün Türkçe'ye çevrilerek yürürlüğe girmesiyle tedavülden kaldırılmıştır. Bu standart, kar yüküne ait meteorolojik veriler elde edilmesi durumunda kar yükünün tespiti yöntemlerini anlatır. Kar yükünün dağılımının ve yoğunluğunun; iklim, topografya, bina şekli, çatı termal malzemesi ve zamanın fonksiyonu olarak değiştiğini belirtir. Ayrıca bu verilerin eksikliği durumunda ihtimal teorisi ile kar yükünün tespit edilmesinin mümkün olmadığını belirtir. Bu yönetmeliğe göre bir zeminde veya çatıda, kar yığılmasına maruz herhangi bir alandaki karakteristik kar yükü; standartta göz önüne alınmış bölgeye göre belirlenmiş yerdeki karakteristik kar yükü S_0 ile, çatı bölümünün anma şekil katsayısı v 'nin çarpımıdır. Şekil katsayıları, iklime, rüzgâra, yerel topoğrafyaya, binanın ve çevre binaların geometrisine (şekline), yapı tecridine vb. bağlıdır. Ayrıca yönetmelik karın rüzgarın tesiri ile tekrar dağılabileceğini, eriyerek sonradan buz haline gelebileceğini veya çatıdan kayarak düşebileceğini de belirtmektedir. Yönetmelik dahilinde yer alan föylerde çatı şekillerine göre alınması gereken şekil katsayıları belirtilmiştir. Föylerde bulunan β çatının eğim açısını, μ ise eğime bağlı şekil katsayısını vermektedir. Şekil 3.1'de tek eğimli çatılar için gerekli görülen şekil katsayıları gösterilmiştir. Tezin ana konusu olan şed çatılar için birikmiş veya birikmemiş kar yükü durumlarına göre katsayılar da Şekil 3.2'de verilmiştir.

Basit Düz ve Tek Eğimli Çatılar

Basit Çift Eğimli Çatılar
(Pozitif Çatı Eğimli)

		
		
$0^\circ < \beta < 15^\circ$	$\mu_1 = 0,8$	$\mu_2 = \mu_1 = 0,8$
$15^\circ < \beta < 30^\circ$		$\mu_2 = 0,8 + 0,4 \left(\frac{\beta - 15}{15} \right)$ $\mu_1 = 0,8$
$30^\circ < \beta < 60^\circ$	$\mu_1 = 0,8 \left(\frac{60 - \beta}{30} \right)$	$\mu_2 = 1,2 \left(\frac{60 - \beta}{30} \right)$ $\mu_1 = 0,8 \left(\frac{60 - \beta}{30} \right)$
$\beta > 60^\circ$	$\mu_1 = 0$	$\mu_2 = \mu_1 = 0$

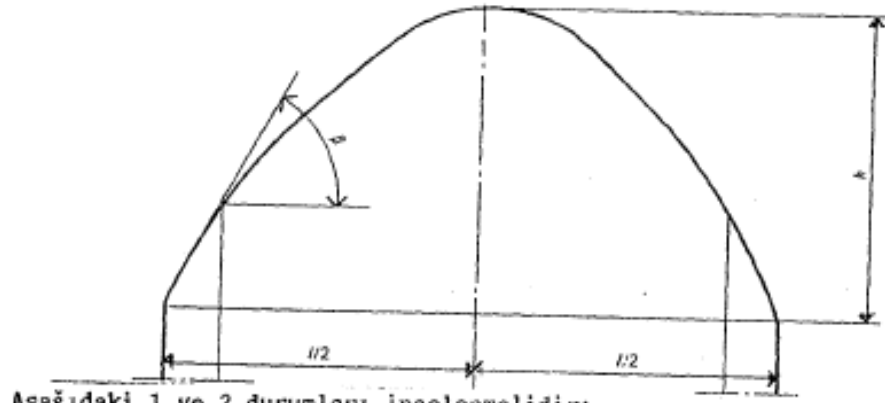
Şekil 3.1: Tek eğimli ve çift eğimli çatıların şekil katsayıları.



Şekil 3.2: Çok eğimli çatıların şekil katsayıları.

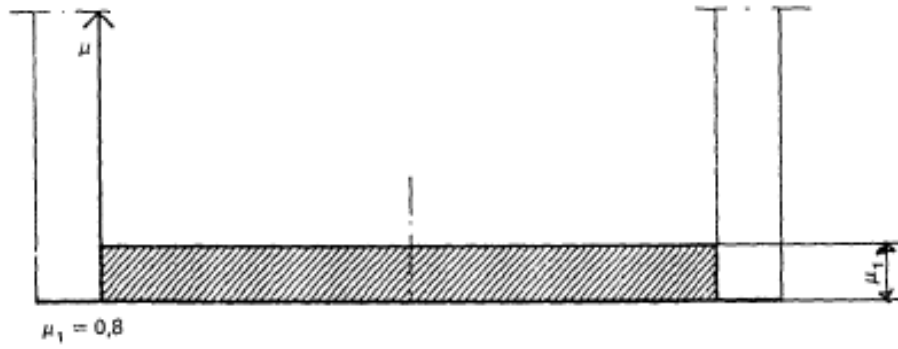
Görüldüğü gibi çatının dereli çatı ve şed çatı olmasına göre sadece açının belirlenme şekli değişmektedir. Ancak katsayılar ile ilgili bir değişiklik bulunmamaktadır.

Bu katsayılar EN 1991-1-3 Snow Loads (Kar Yükleri)'nde belirtilen katsayılar ile aynıdır. Ayrıca Şekil 3.3'te TS-7046'da bulunan silindirik çatılar için çatı şekil katsayıları gösterilmektedir.

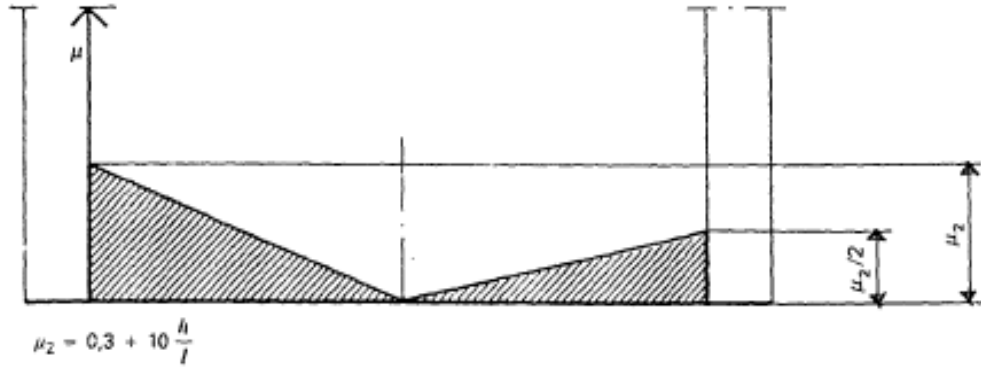


Aşağıdaki 1 ve 2 durumları incelenmelidir:

Durum - 1



Durum - 2



Tahdit :

$\mu_2 \leq 2,3$

$\mu = 0$ Eğer $\beta > 60^\circ$ ise.

Şekil 3.3: Eğri çatıların şekil kat sayıları.

3.1.2 TS 498-1997

Kar yükünün nasıl hesaplanacağı TS 498-1997’de belirtilmiştir. Çatı eğimini de dikkate alan P_k kar yükü bu yönetmelikte gösterilen şartlara göre hesaplanır. Yönetmelikte verilen değerler minimum değerlerdir. Mühendis yapının yerine, çatı tipine veya yapının önemine göre yönetmelikte verilen minimum yükü arttırabilir.

- **Kar haritası ve bölgeleri**

Türkiye dört kar bölgesine ayrılmıştır. Ayrıca yönetmelikte ilçelere göre de ayırım bulunmaktadır. Bu sınıflandırmada bölge numarası büyüdükçe kar yükünün değeri de artmaktadır. Bununla birlikte yapı yerinin denizden yüksekliği de kar yükü şiddetini etkilediği için, yapılara tesir edecek kar yükleri belirlenirken gerek kaçınıcı derece kar bölgesi olduğu, gerekse yapı yerinin denizden yüksekliğinin nasıl dikkate alındığı Çizelge 3.1’de belirtilmiştir. TS 498’de bulunan “Tipik olmayan özel yapımlı çatılarda kar yükü hesap değeri (Pk), yapılacak kar yükü dağılımı deneyi sonucunda belirlenmelidir. TS 498’deki açıklamaların dışında kalan bölgeler için o yerdeki kar yağma süresi ve yüksekliğe bağlı olarak verilen değerler, varsa meteorolojik ölçmelerden de faydalanılarak arttırılmalıdır. “Kar yağmayan yerlerde kar yükü sıfır alınmalıdır.” ifadesi özel bir durum olduğu düşünülen çatılarda özel yük önlemlerinin alınması gerektiğini belirtmektedir. Bu ifade ile yönetmeliğimiz tez konusu olan kar birikmesi gibi durumlarda farklı yönetmeliklere başvurulması gerektiğini net bir şekilde olmamakla birlikte ifade etmiştir. Ancak açık bir ifade olmaması, bu gibi beklenmedik durumların projelendirilme aşamasında tasarım yükünün belirlenmesini zorlaştırmaktadır.

Çizelge 3.1: İl ve ilçelere göre kar yükü bölgeleri.

İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.
ADANA	I	AMASYA	III	Reyhanlı	I
Bahçe	III	Göynücek	II	Samandağı	I
Ceyhan	I	Gümüşhacıköy	II	Yayladağı	I
Düziçi	III	Merzifon	II	ARTVİN	IV
Feke	III	Sulovaarı	II	Ardanuç	III
Kadirli	III	Taşova	III	Arhavi	IV
Karaisali	III	ANKARA	II	Borçka	IV
Karataş	I	Altındağ	I	Hopa	IV
Kozan	III	Ayaş	III	Sarp	IV
Mağara	III	Bala	I	Şavşat	IV
Osmaniye	III	Beypazarı	IV	Yusufeli	III
Pozantı	II	Çamlıdere	III	AYDIN	I
Saimbeyli	III	Çankaya	II	Bozdoğan	I
Yumurtalık	I	Çubuk	III	Çine	I
ADAPAZARI		Delice	II	Germencik	I
Sakarya	III	Elmadağı	IV	Karacasu	II
Akyazı	III	Etimesgut	I	Koçarlı	I
Geyve	III	Güdül	III	Kuşadası	I
Hendek	III	Haymana	II	Kuyucak	I
Karasu	III	Kalecik	III	Nazilli	I
Pamukova	III	Keskin	I	Söke	I
Sapanca	III	Kırıkkale	II	Sultanhisar	I
ADIYAMAN	II	Kızılcıhamam	III	Yenipazar	I
Besni	IV	Nallıhan	II	BALIKESİR	I
Çelikhan	III	Polatlı	II	Ayvalık	I
Gerger	III	Yenimahalle	I	Balya	I
Gölbaşı	IV	ANTALYA	I	Bandırma	I
Rahtağ	II	Akseki	III	Bigadiç	I
Samsat	II	Alanya	I	Burhaniye	I
AFYON	III	Elmalı	III	Dursunbey	III
Bolvadin	III	Finike	I	Edremit	I
Çay	II	Gazipaşa	I	Erdek	I
Dazkırı	II	Gündoğmuş	III	Gönen	I
Dinar	II	İbradi	III	Havran	I
Emirdağ	III	Kaş	I	İvrindi	I
İhsaniye	III	Korkuteli	III	Kepsun	III
Sandıklı	II	Kumluca	I	Manyas	I
Sincanlı	II	Manavgat	I	Savaştepe	I
Şuhut	II	Serik	I	Sındırgı	III
Sultandağı	II	ANTAKYA		Susurluk	III
AGRI	IV	(Hatay)	I		
(Karaköse)		Altınözü	I		
Diyadin	II	Arsuz	I		
Doğubayazıt	II	Belen	I		
Eleskirt	IV	Dörtöyl	I		
Hamur	IV	Erzin	III		
Patnos	IV	Hassa	III		
Taşılcay	IV	İskenderun	I		
Tutak	IV	Kırkhan	I		

Çizelge 3.1 (devam): İl ve ilçelere göre kar yükü bölgeleri.

İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.
BİLECİK	III	Biga	III	Lice	II
Bozüyük	III	Çan	I	Silvan	II
Gölpazarı	III	Eceabat	III	EDİRNE	III
Osmaneli	III	Ezine	I	Enez	III
Pazaryeri	III	Gelibolu	III	Havşa	III
Söğüt	III	Lapseki	III	İpsala	III
BİNGÖL	IV	Yenice	I	Keşan	III
Genç	II	ÇANKIRI	III	Lalapaşa	III
Karlıova	IV	Çerkeş	III	Meriç	III
Kiğı	IV	Eldivan	III	Uzunköprü	III
Solhan	IV	Eskipazar	IV	ELAZIĞ	III
BİTLİS	IV	İlgaz	III	Ağın	IV
Adilcevaz	IV	Kurşunlu	III	Başkil	III
Ahlat	IV	Orta	III	Karakoçan	III
Hizan	IV	Ovacık	IV	Keban	IV
Kotum	IV	Şabanözü	III	Maden	III
Mutki	II	Yapraklı	III	Palu	III
Tatvan	IV	ÇORUM	II	Sivrice	III
BOLU	III	Alaca	II	ERZİNCAN	III
Akçakoca	III	Bayat	II	Çayırlı	III
Düzce	III	İskilip	II	İliç	III
Gerede	IV	Kargı	II	Kemah	III
Göynük	III	Mecitözü	II	Kemaliye	IV
Kırıbrıçık	IV	Ortaköy	II	Refahiye	III
Menyen	IV	Osmancık	II	Tercan	III
Mudurnu	III	Sungurlu	II	ERZURUM	III
Seben	IV	DENİZLİ	II	Aşkale	III
Yığılca	III	Acıpayam	II	Çat	III
BURDUR	II	Babadağ	II	İspir	III
Ağlasun	II	Buldan	II	Hınıs	IV
Bucak	II	Çal	II	Horasan	III
Gölkhisar	II	Çameli	II	Karayazı	IV
Tefenni	II	Çardak	II	Narman	III
Yeşilova	II	Çivril	II	Olur	III
BURSA	IV	Güney	II	Oltu	III
Armutlu	III	Kale	II	Pasinler	III
Gemlik	III	Sarayköy	II	Şenkaya	III
İnegöl	IV	Tavas	II	Tekman	III
İznik	III	DIYARBAKIR	II	Tortum	III
Karacabey	III	Bismil	II	ESKİŞEHİR	II
Keles	IV	Çermik	III	Çifteler	II
Mudanya	III	Çınar	II	Mahmudiye	II
M.Kemalpaşa	III	Çüngüş	III	Mihalıççık	II
Orhaneli	IV	Dicle	III	Sankaya	II
Orhangazi	III	Eğil	III	Seyitgazi	II
Yalova	III	Ergani	III	Sivrihisar	II
Yenişehir	III	Hani	II	GAZİANTEP	III
ÇANAKKALE	I	Hazro	II	Araban	IV
Ayvacı	I	Kulp	II	Barak	III
Bayramiç	I				

Çizelge 3.1 (devam): İl ve ilçelere göre kar yükü bölgeleri.

İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.
Çobanbeyi	II	Kadıköy	II	Selim	IV
Fevzipaşa	III	Kartal	II	Susuz	IV
Islahiye	III	Sarıyer	II	Tuzluca	II
Kilis	II	Silivri	II	<u>KASTAMONU</u>	III
Nizip	III	Şile	II	Abana	III
Oğuzeli	III	Şişli	II	Araç	III
Yavuzeli	III	Üsküdar	II	Azdavay	III
<u>GİRESUN</u>	IV	Yalova	II	Bozkurt	III
Alucra	IV	Zeytinburnu	II	Çatalzeytin	III
Bulancak	III	<u>İZMİR</u>	I	Cide	III
Dereli	IV	Aliaga	I	Daday	III
Esbiye	IV	Bayındır	I	Devrekani	III
Eynesil	IV	Bergama	I	İnebolu	III
Görece	IV	Bornova	I	Taşköprü	III
Keşap	IV	Buca	I	Tosya	III
Şebinkarahisar	IV	Çeşme	I	<u>KAYSERİ</u>	I
Tirebolu	IV	Dikili	I	Bünyan	I
<u>GUMUŞHANE</u>	III	Foça	I	Develi	III
Bayburt	III	Karaburun	I	Felahiye	I
Kelkit	III	Karşıyaka	I	Hacılar	III
Şiran	III	Kemalpaşa	I	İncesu	I
Torul	IV	Kinik	I	Pınarbaşı	III
<u>HAKKARİ</u> (Çölemerik)	IV	Kozak	I	Sarıoğlu	III
Beytüşşebap	IV	Menemen	I	Sarız	III
Bacıra	IV	Ödemiş	I	Talas	III
Çukurca	IV	Seferihisar	I	Tomarza	III
Şemdinli	IV	Selçuk	I	Viranşehir	III
Şireli	IV	Tire	I	Yahyalı	III
Uludere	IV	Torbalı	I	Yeşilhisar	III
Yüksekova	IV	Urla	I	<u>KIRKLARELİ</u>	II
<u>ISPARTA</u>	II	<u>İZMİR</u> (Kocaeli)	II	Babaeski	II
Atabey	II	Gebze	II	Demirköy	III
Eğirdir	II	Gölcük	II	Kofcaz	III
Gelendost	II	Hereke	II	Lüleburgaz	II
Keçiborlu	II	Kandıra	III	Midye	II
Senirkent	II	Karamürsel	II	Pehlivan köyü	II
Sütçüler	II	Kaynarca	III	Pınarhisar	III
Şarkikaraağaç	III	<u>KARS</u>	IV	<u>KIRŞEHİR</u>	I
Uluborlu	II	Aralık	II	Çiçekdağı	I
Yalvaç	II	Ardahan	IV	Kaman	I
<u>İSTANBUL</u>	II	Arpaçay	IV	Kozaklı	III
Bakırköy	II	Çıldır	IV	Mucur	I
Beşiktaş	II	Digar	IV	<u>KONYA</u>	II
Beykoz	II	Göle	IV	Akşehir	II
Beyoğlu	II	Hanak	IV	Beyşehir	II
Çatalca	II	İğdir	II	Bozkır	II
Eminönü	II	Kağızman	II	Cihanbeyli	I
Eyüp	II	Posof	IV	Çumra	II
Gaziosmanpaşa	II	Sarıkamış	IV	Doğanhisar	II
				Ereğli	II

Çizelge 3.1 (devam): İl ve ilçelere göre kar yükü bölgeleri.

İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.	İL/İLÇE	BÖLGE NO.
Emenek	II	<u>MARDİN</u>	II	Ünye	III	Malkara	III	<u>VAN</u>	IV
Hadım	II	Cizre	I	<u>RİZE</u>	IV	Muratlı	II	Başkale	IV
İlgin	II	Derbesiye	I	Ardeşen	IV	Mürefte	II	Çatak	IV
Kadınhanı	II	Derik	I	Çamlıhemşin	IV	Saray	II	Gevaş	IV
Karaman	II	Gercüş	II	Çayeli	IV	Şarköy	II	Gülpınar	IV
Karapınar	I	Hasankeyf	II	Fındıklı	IV	<u>TOKAT</u>	III	Muradiye	II
Kulu	I	İdil	I	İkizdere	III	Almus	III	Özalp	II
Sarayönü	II	Kızıltepe	I	Pazar	IV	Artova	III	<u>YOZGAT</u>	III
Seydişehir	II	Mazıdağı	I	<u>SAMSUN</u>	III	Erbaa	III	Akdağmadeni	III
Yunak	II	Midyat	IV	Alaçam	III	Niksar	III	Boğazköy	I
Zivank	I	Nusaybin	I	Bafra	III	Reşadiye	III	Boğazlıyan	III
<u>KUTAHYA</u>	III	Ömerli	IV	Çarşamba	III	Turhal	III	Çayıralan	III
Altıntaş	II	Savur	II	Havza	II	Zile	III	Çekerek	III
Dağardı	III	Silopi	I	Kavak	III	<u>TRABZON</u>	IV	Sankaya	III
Domanic	III	<u>MUĞLA</u>	I	Ladik	III	Akçaaabat	IV	Sorgun	III
Dumlupınar	III	Bodrum	I	Terme	III	Araklı	IV	Şefaati	III
Emet	III	Dalaman	I	Vezirköprü	III	Arsin	IV	Yerköy	III
Gediz	III	Datça	I	<u>SIIRT</u>	II	Çaykara	III	<u>ZONGULDAK</u>	III
Simav	III	Fethiye	I	Batman	II	Maçka	IV	Amasra	III
Tavşanlı	III	Güllük	I	Baykan	II	Of	IV	Bartın	III
<u>MALATYA</u>	III	Köyceğiz	I	Beşiri	II	Sürmene	IV	Çaycuma	III
Ağın	IV	Marmaris	I	Eruh	IV	Tonya	IV	Devrek	III
Akçadağ	III	Milas	I	Kozluk	II	Vakfikebir	IV	Eflani	IV
Arapkir	IV	Ula	I	Kurtalan	II	Yomra	IV	Ereğli	III
Arguvan	IV	Yatağan	I	Pervari	IV	<u>TUNCELİ</u>	IV	Karabük	III
Darende	III	<u>MUS</u>	III	Sason	II	Çemişgezek	IV	Kilimli	III
Doğaneşehir	III	Bulanık	IV	Şımak	IV	Hozat	IV	Kozlu	III
Hekimhan	III	Malazgirt	IV	Şirvan	II	Kalan	IV	Kurucapı	III
Pötürge	III	Varto	IV	<u>SINOP</u>	III	Mazgirt	IV	Safranbolu	IV
Yeşilyurt	III	<u>NEVŞEHİR</u>	I	Ayanık	III	Nazimiye	IV	Ulus	III
<u>MANİSA</u>	I	Avanos	I	Boyabat	III	Ovacık	IV		
Akhisar	I	Derinkuyu	I	Durağan	III	Pertek	IV		
Alaşehir	I	Gülşehir	I	Gerze	III	Pülümür	IV		
Demirci	III	Hacıbektaş	I	Türkeli	III	<u>ŞURFA</u>	I		
Gölmarmara	I	Ürgüp	I	<u>SIVAS</u>	III	Akçakale	I		
Göğdes	III	<u>NİĞDE</u>	II	Divriği	IV	Birecik	I		
Kırkağaç	I	Aksaray	I	Gemerek	III	Bozova	I		
Kula	II	Bor	II	Gürün	III	Ceylanpınar	I		
Salihli	I	Çamardı	II	Hafik	III	Hilvan	II		
Sarıgöl	II	Ortaköy	II	İmranlı	III	Siverek	II		
Saruhanlı	I	Ulukışla	II	Kangal	IV	Sürüş	I		
Selendi	II	<u>ORDU</u>	III	Koyulhisar	III	Viranşehir	I		
Soma	I	Akkuş	III	Suşehri	III	<u>USAK</u>	II		
Turgutlu	I	Aybastı	III	Şarkışla	III	Banaz	II		
<u>K.MARAS</u>	III	Fatsa	III	Yıldızeli	III	Eşme	II		
Afşin	III	Gökçöy	III	Zara	III	Karahallı	II		
Andirin	III	Korgan	III	<u>TEKİRDAĞ</u>	II	Sivaslı	II		
Elbistan	III	Kumru	III	Alpu	II	Ulubey	II		
Göksun	III	Mesudiye	III	Çorlu	II				
Pazarlık	III	Perşembe	III	Ganos	II				
Türkoğlu	III	Ulubey	III	Hayrabolu	III				

• **Kar yükünün TS 498-1997 ile hesaplanması**

Hareketli yük sınıfına giren zemin kar yükü (P_{ko}), coğrafi ve meteorolojik şartlara göre değişmektedir. 30^0 'ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri (P_k), zemin kar yükü (P_{ko}) değerine eşit kabul edilir ve çatı alanına planda düzgün yayılı olarak tesir ettiği kabul edilir. Yatayla α açısı kadar eğim yapan ve kar kaymasının engellenmediği yapılarda P_k kar yükü, TS 498-1997'e göre aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır:

$$\begin{aligned}
P_k &= mP_{k0} \\
m &= 1 - \frac{\alpha - 30^0}{40^0} \\
0 \leq m &\leq 1
\end{aligned}
\tag{3.1}$$

Burada

P_k : Kar yükü hesap değeri (kN/m²)

P_{k0} : Zati kar yükü (kN/m²)

m : Kar yükü azaltma değeri

α : Çatı örtüsünün eğimi (derece) dir.

P_{k0} değeri, yapının deniz seviyesinden yüksekliğine ve kar bölgesi numarasına bağlı olarak TS 498-1997’de bulunan ilgili çizelgeden alınır. Hiç kar yağmayan bölgelerde veya çatı altı sıcaklığı sürekli 12⁰ C nin üstünde olan çatılarda $P_{k0}= 0$ alınabilir. $0^0 \leq \alpha \leq 90^0$ geçerlidir. $\alpha \leq 30^0$ durumunda $m=1$, $\alpha \geq 70^0$ durumunda $m=0$ alınır. Çizelge 3.2’de “m” değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.2: Çatı eğimine (α) bağlı olarak azaltma değeri (m).

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

Kenarlarda parapet veya benzeri bir engel bulunmaması durumunda çatı eğimi arttıkça karın yüzeye tutunması ve birikmesi güçleşir (ya rüzgarla kolay savrulur ya da yerçekimi etkisiyle kayar), bu nedenle kar yükü hesap değeri yukarıda belirtildiği biçimde azaltılır.

3.2 EN-1991-1-3 Eurocode Kar Yükleri

Avrupa Birliği, sınırları içerisinde bulunan ülkelerin birbirine yakın şartlarda yaşamalarını sağlamak amacıyla çalışmalar yapmaktadır. Bu alışmalar kapsamında yapı tasarımı ve uygulamaları içinde bir standartlar serisi oluşturmuştur. Bu standartlar serisi, elik yapıların tasarımı için de oldukça geniş ve detaylı bir kaynaktır. Bu detaylara ek olarak Avrupa lkeleri için özel olarak deprem, kar, rüzgar ve diğer meteorolojik verileri belirten haritalar oluşturulmuş ve standartların eklerinde kullanıcılara sunulmuştur. Emniyet katsayıları ülkeler için farklı değerler göstermektedir, ancak projelendirme sürecinde ortak standartlarda belirtilen kurallar kullanılmaktadır. Tez kapsamında Eurocode-1991-1-3 Kar Yükleri incelenmiştir.

3.2.1 Genel terimler

Karakteristik zemin kar yükü değeri; yıllık açılma ihtimali %2 olan, istisnai kar yüklerini kapsamayan zemin üzerindeki kar yüküdür.

Mahal rakımı; yapımı düşünülen veya zaten mevcut olan bir yapının bulunduğu alanın deniz seviyesinden ortalama yüksekliğidir.

İstisnai zemin kar yükü; nadir görülen şiddetli kar yağışıyla oluşmuş, zemin üzerindeki kar tabakasının meydana getirdiği yüktür. Coğrafi bölgeye bağlı olarak kaza eseri meydana gelmiş etkiler olarak da düşünülebilir.

Karakteristik atı kar yükü değeri; zemin kar yükünün karakteristik değerinin uygun katsayılarla çarpılmış halidir. Bu katsayıların, çatı kar yükünün zemin kar yükünü aşmayacak şekilde seçilmesi gerekmektedir. Birikmiş ve birikmemiş kar yükü olarak iki çeşit kar yükü bulunmaktadır. Birikmemiş atı kar yükü, diğer iklim etkileri nedeniyle çatı üzerindeki kar kütlesinin yeniden dağılması öncesinde çatının şekilsel özelliklerine göre tanımlanan simetrik yüktür. Birikmiş atı kar yükü ise rüzgar etkilerinden dolayı kar kütlesinin tamamen veya bir bölümünün taşınması ile oluşan asimetrik yk tanımıdır.

atı kar yükü şekil katsayısı; harici etkiler oluşmadan, çatı kar yükünün birikmemiş zemin kar yüküne oranıdır.

Isı katsayısı; kar erimesine sebep olan çatıdaki ısı akımının bir fonksiyonu olarak ifade edilen ve çatı kar yükünün azaltılması için kullanılan bir katsayıdır.

Maruz kalma (etkime) katsayısı; ısıtılmayan binalardaki çatı kar yükünün azaltılması veya çoğaltılması ile alakalı, karakteristik zemin kar yüküne bağlı katsayıdır.

İstisnai çatı kar yükü; çatıda başka bir yerden düşme gibi sonucu nadir olarak oluşan kar tabakasının meydana getirdiği yük olarak tanımlanan yük düzenlemesidir.

Görüldüğü gibi Avrupa Standardı'nda farklı kar durumları için bu durumlara uygun tanımlar bulunmaktadır.

3.2.2 Yönetmelik kapsamında çatı kar yükü özellikleri

Yük tasarımında, kar kütlesinin çatılar üzerinde farklı biçimlerde toplanabileceği ihtimalleri göz önünde bulundurulmalıdır. Kar kütlesinin farklı biçimlerde toplanmasına neden olan çatı özellikleri şöyle sıralanmıştır;

- Çatı şekli,
- Isıl özellikler,
- Yüzey pürüzlülüğü,
- Çatı altında oluşan ısı miktarı,
- Komşu binaların yakınlığı,
- Çevre arazi yapısı,
- Lokal meteorolojik iklim özellikleri, özellikle rüzgâr, sıcaklık değişkenliği, yağış (yağmur veya kar olarak) ihtimali.

Eurocode'a göre P "çatı kar yükü" 3 durumda belirtilmelidir:

- 1) Sürekli/Geçici tasarım durumları için, $s = \mu_i C_e C_t s_k$
- 2) İstisnai kar yükleri için, $s = \mu_i C_e C_t s_{Ad}$
- 3) İstisnai kar birikmelerinin kaza eseri meydana gelmiş olan etkiler oluşturduğu kabul edilerek özel katsayıların uygulandığı durum, $s = \mu_i s_k$

TS 498'de olduğu gibi Eurocode'da da yükün düşey olarak etkidiği ve etki alanı olarak çatının yataydaki izdüşüm alanı kabul edilmektedir. Ayrıca bu yönetmelik dahilinde kar kütlesinin üzerine yağmur yağması veya karın bir kaç kez eriyip yeniden donması ihtimali olan bölgelerde, özellikle çatı drenaj sisteminin kar veya buz ile tıkanabileceği durumlarda çatı kar yükünün arttırılması gerektiği belirtilmektedir.

Maruz kalma katsayısı C_e çatı kar yükünün belirlenmesinde kullanılmalıdır. C_e değerini seçerken bölgede daha ileride olabilecek değişimler göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı topografik bölgeler için özel değerler ifade edilmedikçe C_e değeri 1,0 alınmalıdır. Çizelge 3.3'te farklı topografik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.3: Farklı topografik alanlar için tavsiye edilen C_e değerleri.

Topografik bölge	C_e
Rüzgara açık*	0,8
Normal**	1,0
Korunmuş***	1,2
*Rüzgara açık topografik alanlar; her coğrafi yönden etkiye maruz kalan, arazi tarafından korunma imkanının olmadığı veya az olduğu daha yüksek yapıların veya ağaçların bulunmadığı engelsiz düz alanlar	
**Normal topografik alanlar; rüzgarın yapı üzerine etkisiyle kar kütlesinin, arazi, diğer yapılar ve ağaçlar sebebiyle önemli bir değişime uğramadığı alanlar	
***Korunmuş topografik alanlar; dikkate alınan yapının yüksekliğinin önemli ölçüde çevre arazisinden veya çevresindeki yüksek ağaçlardan ve/veya çevresindeki daha yüksek yapılardan düşük olduğu alanlar	

Isı katsayısı C_t , yüksek sıcaklık iletiminden ($>1 \text{ W/m}^2\text{K}$) dolayı, özellikle binanın çatısı altındaki ısı kaybının çatı yüzeyini etkilemesi sebebiyle erimelerin meydana geldiği bazı cam kaplı çatılarda çatı kar yükündeki azalmanın hesaba katılması için kullanılır.

Diğer bütün durumlar için:

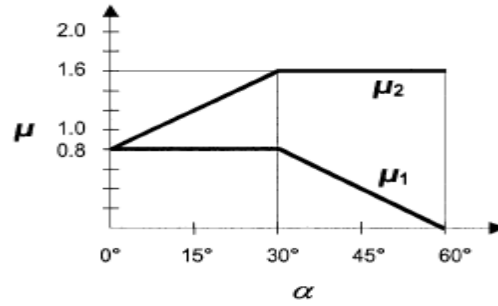
$C_t = 1,0$ alınmalıdır.

3.2.3 Yönetmelik kapsamında çatı şekil katsayıları

Katsayılar bu standartta belirtilmiş bütün çatı tiplerinde, birikmiş veya birikmemiş kar yükü düzenlemeleri için verilmiştir. Kar yükünün artmasına neden olacak biçimde, doğrusal eğime sahip normal çatılara kıyasla daha fazla önem arz eden dış geometriye sahip çatılarda kullanılacak kar yükü şekil katsayılarına özel önem verilmesi gerektiği yönetmelikte belirtilmektedir.

3.2.3.1 Tek eğimli çatılar

Kar yükü şekil katsayısı μ_1 şekil 3.4'te belirtilen grafikteki gibi ele alınmalıdır.

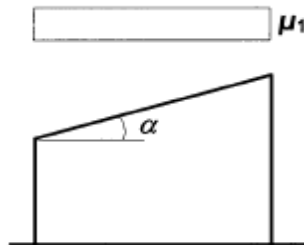


Şekil 3.4: Kar yükü şekil katsayıları.

Ayrıca çatı yüzeyindeki kar kütlesinin kaymasının önlenmediği durumlarda Çizelge 3.4'te verilen değerler kullanılmalıdır. Kar perdelerinin veya diğer kar tutucularının (engel) mevcut olduğu durumlarda, ya da çatının alt kenarlarında parapetler varsa, kar yükü şekil katsayısı 0,8'den az olamaz. Şekil 3.4'te gösterilen grafiğin matematiksel açıklaması Çizelge 3.4'te gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 3.5'te tek eğimli çatılar için şekil katsayısı yaklaşımı gösterilmektedir.

Çizelge 3.4: 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	--

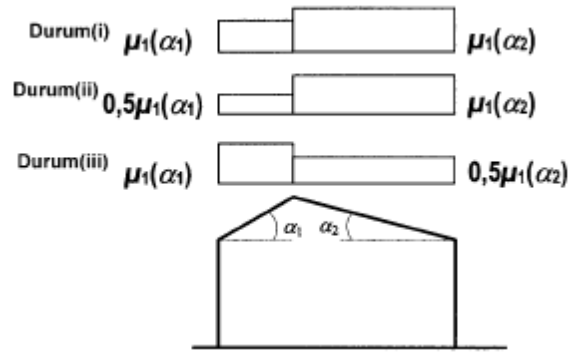


Şekil 3.5: Kar yükü şekil kat sayısı-tek eğimli çatı.

3.2.3.2 Çift eğimli çatılar

Çift eğimli çatı için kullanılacak şekil katsayıları tek eğimli çatılarda kullanılan değerler ile aynıdır, ancak aşağıdaki Şekil 3.6’da görüldüğü gibi, birikmiş ve birikmemiş kar durumları için farklı yük düzenlemeleri kullanılmaktadır.

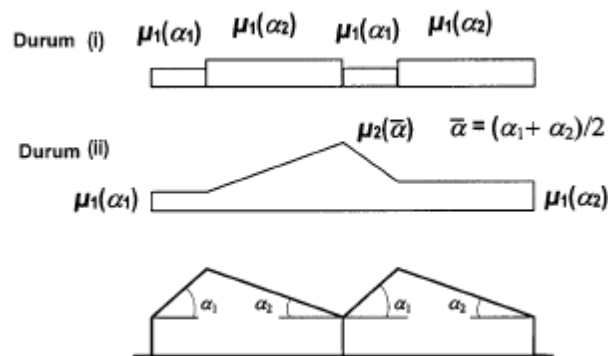
Durum(i); birikmemiş durum, durum (ii) ve durum(iii) birikmiş durumlardır.



Şekil 3.6: Kar yükü şekil katsayısı-çift eğimli çatı.

3.2.3.3 Çok eğimli çatılar (Şed çatılar)

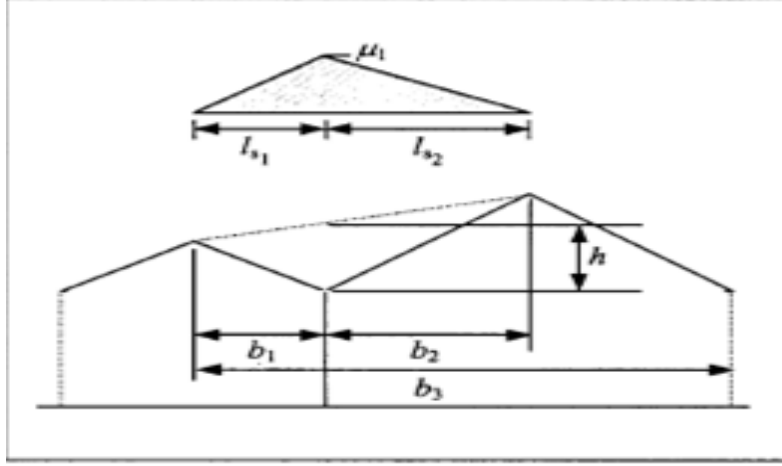
Çok eğimli veya şed çatı olarak adlandırılan çatılar bu tezin uygulama çalışmasının yapıldığı ve dikkate alınmadığında, özellikle sanayii yapılarında kalıcı hasarlara neden olan yükleme durumudur. Yönetmelik yaklaşımı Şekil 3.7’de gösterilmektedir.



Şekil 3.7: Kar yükü şekil kat sayısı-çok eğimli çatı.

Durum (i) birikmemiş yük durumu, durum (ii) birikmiş yük düzenlemeleri için kullanılmalıdır. Ayrıca çatı deresinin eğimlerinden en az birinin 60 dereceden fazla olduğu çok eğimli çatıların tasarımında kar yükü şekil katsayılarına özel değerler verilmelidir.

Eurocode EK-B’de belirtilen istisnai kar yüklemeleri durumunda çok eğimli çatılar da Şekil 3.8’deki gibi işlenmiştir.



Şekil 3.8: Çok eğimli çatılarda çatı derelerindeki istisnai kar birikmeleri için kullanılacak kar birikintisi uzunlukları ve kar yükü şekil katsayıları.

Şekil 3.8’de verilen şekil katsayısı aşağıdaki üç eşitlikten elde edilen en küçük değer olarak belirlenir.

$$\mu l = 2h/sk \quad (3.2)$$

$$\mu l = 2b3/(l1 + l2) \quad (3.3)$$

$$\mu l = 5 \quad (3.4)$$

Kar birikintisi uzunluğu aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$l1 = b1, l2 = b2 \quad (3.5)$$

Çok eğimli çatılarda yaklaşık olarak çatı yüzeylerinin simetrik ve geometrilerinin eşit olduğu sıralı üç çatı yüzeyinde, bu üç çatı yüzeyinin yatay düzlemdeki uzunluğu, b3 değerini verir (her bir çatı parçasının açıklığıx1,5) (Şekil 3.8). Aynı anda gerekli olmamasına rağmen, bu kar yükü dağılımı her çatı deresi için ayrı ayrı uygulanabilir.

Düzgün geometriye sahip olmayan çatılarda μ_3 'ün seçimine özen göstermek gerekmektedir. Mahya yüksekliklerindeki ve/veya çatı yüzeylerinin yatay düzlemdeki uzunluklarındaki önemli farklılıklar, karın çatı üzerindeki serbest yer değişimi için bir engel oluşturabilir ve kar birikmesini oluşturacak kar miktarına teorik olarak tesir eder.

Yapının bütün olarak tasarımında, çok eğimli çatıların çatı derelerinde aynı anda kar birikmelerinin olduğu düşünülürse, çatı üzerindeki birikmiş kar miktarı için bir üst sınır değeri belirlenmelidir. Aynı anda meydana gelen kar birikmelerinde, her metre uzunluk için toplam kar yükü, zemin kar yükü ile yapının, çatı deresi doğrultusuna dik doğrultudaki uzunluğunun çarpımını geçmemelidir.

Ayrıca yapı asimetrik yüklemeye duyarlı ise, tasarım için çatı derelerinde birbirine göre farklı şiddete sahip kar birikme ihtimalleri de dikkate alınmalıdır. Tez kapsamında birikmiş ve birikmemiş kar yükü durumları incelenmiştir.

3.2.3.4 Silindirik çatılar

Kar perdelerinin olmadığı silindirik çatılar için kullanılacak kar yükü şekil katsayısı şöyle elde edilir;

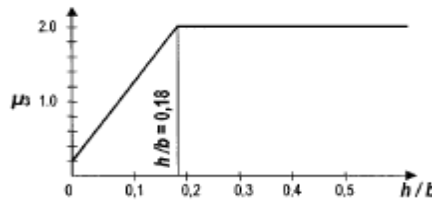
$\beta > 60^\circ$ için $\mu_3 = 0$

$\beta \leq 60^\circ$ için $\mu_3 = 0,2 + 10 h/b$

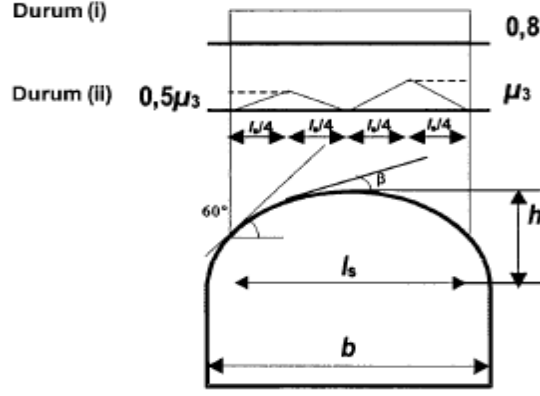
μ_3 için tavsiye edilen üst sınır değeri 2.0'dır.

Şekil 3.9'da yükseklik-açıklık oranlarına göre şekil katsayılarının belirlendiği grafik gösterilmektedir.

Şekil 3.10'da bulunan (i) durumu birikmemiş, (ii) durumu ise birikmiş yük düzenlemeleri içindir.



Şekil 3.9: Farklı yükseklik/açıklık oranlarına sahip silindirik çatılar için kar yükü şekil katsayıları ($\beta \leq 60^\circ$).



Şekil 3.10: Silindirik çatılar için kar yükü şekil katsayıları.

3.2.3.5 Daha yüksek bir yapıya bitişik veya yakın olan çatılar

Daha yüksek bir yapıya bitişik olan çatılar için kullanılan kar yükü şekil katsayıları aşağıdaki eşitliklerden ve Şekil 3.11'den elde edilir.

$\mu_1 = 0,8$ (Daha alttaki çatının düz olduğu kabul edilirse)

$\mu_2 = \mu$

$s + \mu w$

Burada;

μ_s Daha üstteki çatıdan kar kayması nedeniyle çatılardaki kar yükü şekil katsayısı

$\alpha \leq 15^\circ$ için $\mu_s = 0$

$\alpha > 15^\circ$ için μ_s daha yüksekteki çatının bitişik eğimindeki madde Şekil 3.3'e göre hesaplanan en büyük toplam kar yükünün %50'si miktarında ilave kar yükünden elde edilir.

μ_w : Rüzgar etkisinin mevcut olduğu çatılardaki kar yükü şekil katsayısı

$$\mu_w = (b_1 + b_2)/2h \leq \gamma h/sk \quad (3.6)$$

Burada;

γ : kar birim hacim ağırlığı, bu eşitlik için 2 kN/m^3 alınabilir.

μ_w için bir üst sınır ve bir alt sınır belirlenmelidir. Sonuç olarak;

- μ_w 'nin alt ve üst sınır değerleri Millî Ek'te belirtilebilir. Tavsiye edilen değerler: $0.8 \leq \mu_w \leq 4$ 'dir.

Kar birikintisinin uzunluğu aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenir.

Yönetmelik kapsamında düz veya düze yakın eğime sahip çatılarda köşeleri dışında farklı yerlerinde parapet olması durumuna göre de ayrı şartlar bulunmaktadır. Ancak tez konusu bu durumları içermediğinden yer verilmemiştir.

3.3 ASCE 07-10 Bölüm-7 Kar Yükleri

ASCE 07-10'a göre kar yüklerinin tanımı da TS-498'e göre çok farklıdır. Avrupa standardı'nda olduğu gibi Amerikan Standardı'nda da çatının şekline, termal durumuna, eğimine, binanın önemine göre yük durumları değişkenlik göstermektedir.

Zemin kar yükü diğer yönetmeliklerde tanımlandığı gibi meteorolojik değerlere ve belirli istatistiki hesaplamalara göre bir bölgede oluşan minimum kar yüküdür ve P_g olarak gösterilmektedir.

Düz çatılar için kar yükü;

$$P_f, \text{ lb/ft}^2 (1 \text{ lb/ft}^2 = 4.882 \text{ kg/m}^2)$$

cinsinden hesaplanmaktadır. Bu hesaplama yapılırken aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$P_f = 0.7 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I_s \cdot P_g \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Bu formülde bulunan

C_e ; etkime yükünü ,

C_t ; ısı faktörünü ,

I_s ; bina önem katsayısını belirtmektedir. Bu değerler yönetmelik dahilinde bulunan belirli tablolardan elde edilebilir

Yönetmelik dahilinde minimum kar yükü tanımı bulunmaktadır. Bu tanım eğimi 15 dereceden düşük tek eğimli, kırma ve çift eğimli çatılar için ve eğimi 10 dereceden düşük silindirik çatılar için kullanılır.

Bu şartı sağlayan çatılar için formül şöyledir;

$$P_m = I_s \cdot P_g \quad (3.9)$$

Bu değer ayrı bir uniform yük değeridir; birikmiş, birikmemiş veya istisnai kar yükleri ile birlikte düşünülmesine gerek yoktur.

3.3.1 Yönetmelik dahilinde eğimli çatı kar yükleri

ASCE 07'ye göre eğimli çatı kar yükü tanımı P_s , eğimli çatı faktörü C_s ile P_f düz çatı kar yükünün çarpımıdır. Bu yönetmelikte de diğer yönetmelikler de olduğu gibi kar yükü çatının yatay izdüşümüne etkidiği düşünülür:

$$P_s = C_s \cdot P_f \quad (3.10)$$

Ayrıca çatının termal faktörüne göre göre soğuk çatı eğim faktörü veya sıcak çatı eğim faktörü de değerlendirilmelidir.

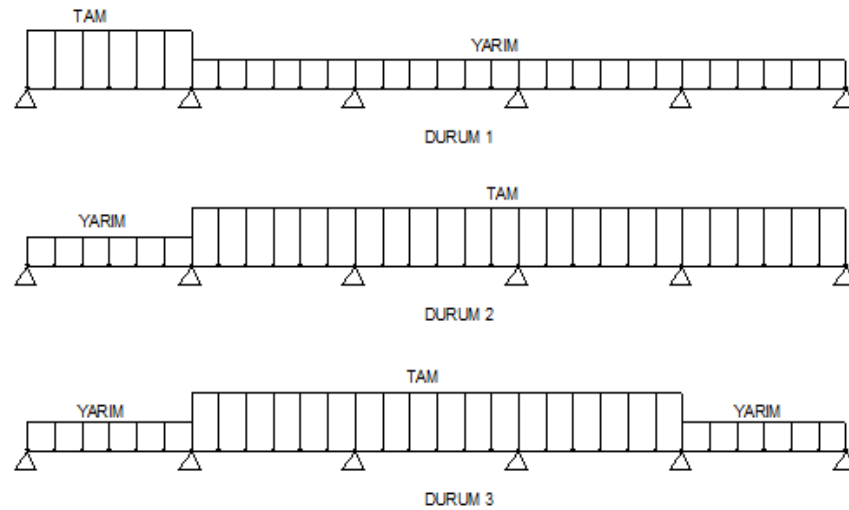
Eğimi 70° yi aşan çatılar için $C_s = 0$ 'dır.

Bu tezin anakonusu olarak işlenecek olan şed çatılarda da $C_s = 1$ 'dir, yani eğimden dolayı herhangi bir azaltma olmaz.

P_s değeri dengeli yük olarak tanımlanan, Eurocode'da birikmemiş yük durumuna denk gelen yük sınıfına denk gelmektedir.

Yarım yükleme ile alakalı da yönetmelikte 3 durum ile ilgili bilgi verilmektedir.

Bunlar şekil 3.12' de gösterilmektedir;



Şekil 3.12: Sürekli kirişler için yarım yük durumları.

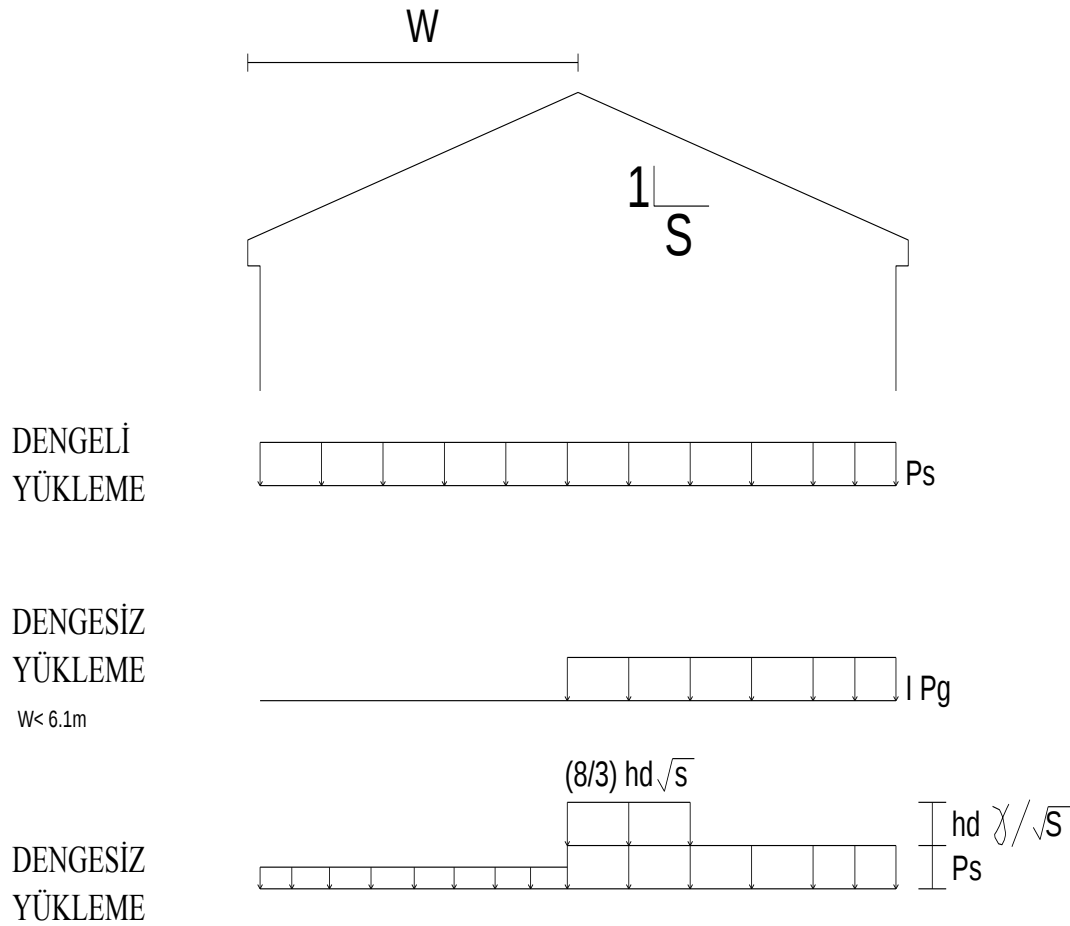
Eğer bu durumlarda ek olarak bir konsol bulunuyorsa bu da bir açıklık olarak değerlendirilmelidir ayrıca yarım yük hükümleri 2.38° veya daha eğimli çatılarda uygulanmaz.

3.3.2 Yönetmelik dahilinde dengesiz kar yükleri

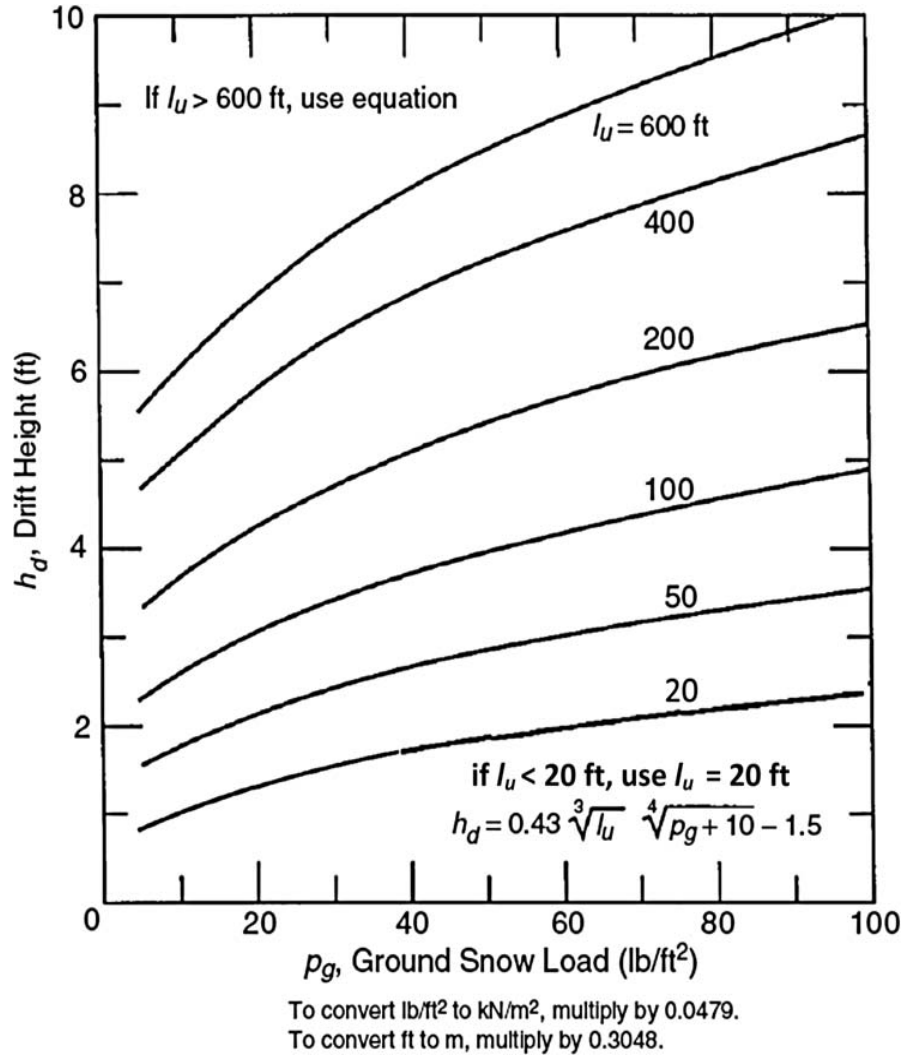
Eurocode dahilinde simetrik ve asimetrik yükleme durumları, birikmiş ve birikmemiş yükleme durumları olarak belirlenmiştir. ASCE’de de aynı durum için dengeli ve dengesiz yükler tanımlanmıştır ve bu yükler de ayrı ayrı analiz edilmektedir.

3.3.3 Yönetmelik dahilinde kırma ve çift eğimli çatılar için dengesiz kar yüklemesi

$2.38^\circ < \alpha < 30.2^\circ$ arası açılara uygulanır Şekil 3.13’te açıklandığı gibi uygulanır. Ayrıca dengesiz kar yüklemesinde bulunan hd birikme değeri Şekil 3.14’ten alınır.



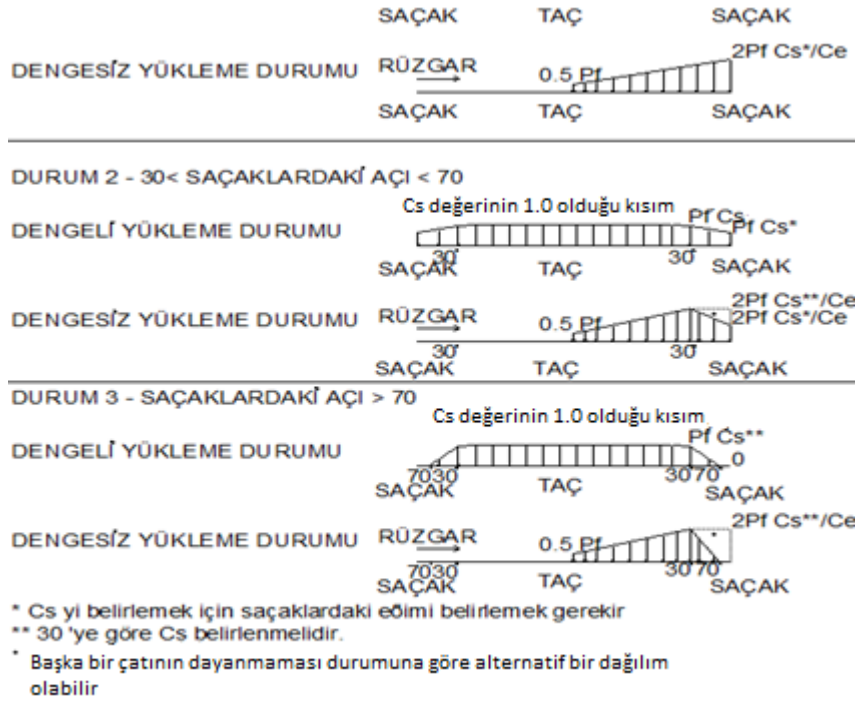
Şekil 3.13: Çift eğimli çatılar için birikmiş kar yüklemeleri.



Şekil 3.14: H_d değerinin bulunduğu diyagram.

3.3.4 Yönetmelik dahilinde silindirik çatılar için dengesiz kar yüklemesi

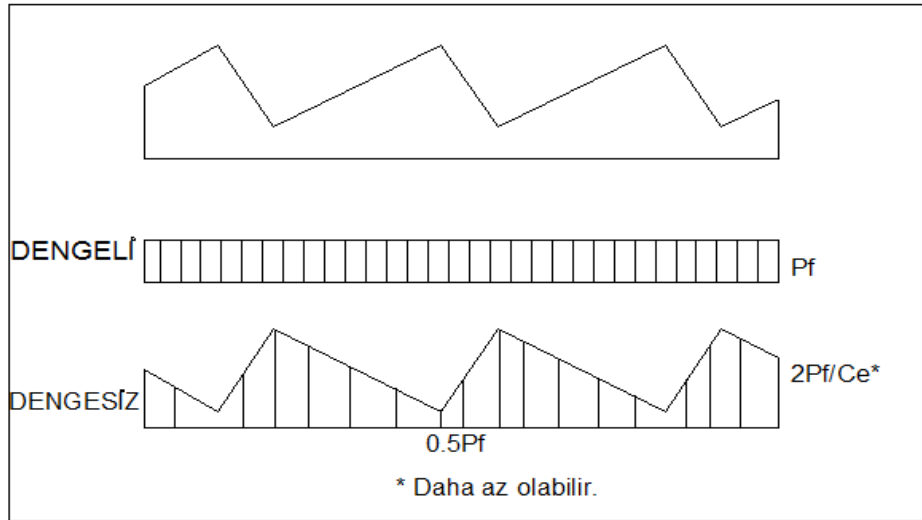
Dengeli kar yüklemesinde olduğu gibi dengesiz kar yüklemesinde de 70°den fazla eğimli çatılar için kar yükü sıfır olarak düşünülmelidir ayrıca saçaktan silindirin tepesine kadar olan açının 10°den küçük, 60°den büyük olduğu durumlarda dengesiz kar yükü hesaba katılmayabilir. Şekil 3.15'te yönetmelik yaklaşımları gösterilmektedir. Her koşulda rüzgar yönü, kar yüksüz olarak düşünülebilir.



Şekil 3.15: Silindirik çatılar için dengeli ve dengesiz yük dağılımı.

3.3.5 Yönetmelik dahilinde şed çatılar için dengesiz kar yüklemesi

Tez kapsamında incelenen şed çatılar için ASCE 7-10 şartları Şekil 3.16'da görüldüğü gibidir. 1.79° eğimi aşan çatılar için uygulanır. Dengeli ve dengesiz yüklemeler Şekil 3.16'ya göre uygulanır.



Şekil 3.16: Şed çatılar için dengeli ve dengesiz yük durumları.

Çatının vadisi üstünde bulunan kar miktarı, sırt kısmının üstünde bulunan kar seviyesinden fazla olmamalıdır. Kar derinlikleri, kar yükünün karın yoğunluğuna bölünmesiyle elde edilir. Kar yoğunluğu; $0.13 P_g + 14$ 30pcf (480kg/m^3) den fazla olmamalıdır.

Amerikan yönetmeliğindeki kar yoğunluğu ifadesinin kN/m^3 cinsinden değeri $0.426 P_g + 2.2$ formülünden bulunabilir. Ancak bu değer 4.8 kN/m^3 den fazla olmamalıdır. Bu tip çatılarda Cs eğim faktörü 1,0 alınmaktadır. Bu da yükleme durumunda eğime bağlı bir azalma ya da artma olmadığını göstermektedir.

Ayrıca parapet kenarında kar birikimleri, sarkıtlar ve çatı koruma konuları da yönetmelikte incelenmiştir. Ancak tez konusu bu durumları içermediği için detaylı bilgi verilmemiştir.

3.4 NBCC 2010 Kanada Yönetmeliği – Kar Yükleri Hakkında Genel Bilgiler

Bu tez kapsamında Türk, Avrupa ve Amerikan yönetmelikleri ile ilgili örneklendirme çalışmaları yapılacağı için bu yönetmeliklerle ilgili daha geniş bilgi verilmiştir. Ancak kar yüküne bu yönetmeliklere göre biraz daha farklı bir bakış açısı olan Kanada Yönetmeliği ile ilgili de genel bilgiler verilmiştir. Kanada çok soğuk ve yağışlı kışların yaşandığı bir ülkedir. Kanada'nın bir çok bölgesinde dizayn kar yükünün çatıların yapısal analizinde en önemli faktör olduğu ve maliyeti çok etkilediği bazı kaynaklarda belirtilmektedir.

Kanada yönetmeliğinde kar yükü şu formülle bulunmaktadır:

$$S = I_s [S_s (C_b C_w C_s C_d) + S_r] \quad (3.11)$$

I_s = Bina önem katsayısı; Kanada, 1998 yılında yaşadığı buz fırtınası sonrasında kar yükü hesaplamalarına da bina önem katsayısı çarpanı eklenmesi gerektiğine karar vermiştir. Kamu ve okul binalarının felaket durumlarında sığınma merkezleri olarak kullanılmasından dolayı, önem katsayıları diğer binalara göre yüksektir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5: Bina önem kat sayıları.

Sınıflandırma	Mukavemet için	Sehim için
Normal Önem	1.0	0.9
Yüksek Önem	1.15	0.9
Afet Sonrası Kullanım	1.25	0.9

S_s ; Zemin kar yükü değeridir. 50 yıllık istatistiklere göre hazırlanır. C_b ; Kanada yönetmeliğinde bulunan temel kar yükü çarpanıdır. Rüzgarın çatıda bulunan kar tabakasını uzaklaştırma ihtimalinden ve ısıyan evlerin çatılarının zeminden daha sıcak olmasından dolayı 0.8 değerini almaktadır. Ayrıca çok geniş çatılar da rüzgarın kar tabakasını azaltma oranının daha az olduğu çalışmalarla belirtilmiş ve bu konuda bir formülasyon oluşturulmuştur. Bu formülasyona göre çatı genişledikçe S_s değeri 1.0 a yaklaşmaktadır. Bu yaklaşım sadece Kanada yönetmeliğinde bulunan bir yaklaşımdır.

$$C_b = 1.0 - (30/l_c)^2 \quad (l_c > 70m) \quad (3.12)$$

$$l_c = \text{Karakteristik uzunluk} = 2w - w^2/L \quad (3.13)$$

w: Kısa yönde uzunluk, L:Uzun yönde uzunluk

C_w = Rüzgar faktörüdür. Yapının çevresi tamamen açık değilse 1.0'den daha düşük değer alamaz; ayrıca afet sonrası kullanılacak binalarda 1.0'den daha düşük değer alamaz.

C_s = Eğim faktörüdür. 15 dereceden daha düşük eğimli çatılarda değeri 1.0'dır. Bu derecenin üstündeki değerlerde eğimin kaymaya neden olup olmasına göre

değişiklikler göstermektedir. 60 derecede eğim faktörü sıfırdır, 70 derecede ise çatıda karın birikebileceği düşünülmez.

C_a =Birikme faktörüdür.

S_r =Bu faktör sadece Kanada yönetmeliğinde bulunan bir faktördür. Yağmurun yağma dönemi ve yağma yoğunluğuna göre kar yüküne değişik etkileri bulunduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır.

Kanada yönetmeliğini diğer yönetmeliklerle karşılaştıracak olursak;

- Birikme faktörünün formülasyonun direkt içinde olduğunu görmekteyiz
- Yağmur etkisinin de önemli olduğunu, yağmurun yavaş veya hızlı yağmasının kar yükü değerlerini değiştirdiğini görmekteyiz.

Kanada yönetmeliği ile ilgili bilgiler, ülkelerin coğrafi konumlarının meteorolojik yüklere bakış açılarına ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Bu tez kapsamında sadece genel bilgiler verilmiştir, ancak yoğun kar yağan bölgeler için bu hususların gözönüne alınması gerekmektedir.

4. YÜKLEMELER VE ANALİZLER

Bu tez kapsamında, birikmiş ve birikmemiş kar yüklerinin, çatı eğimi açısı(α), 15° ve 31° olan dereli şed tipi çatılarda oluşturduğu simetrik ve asimetrik yüklemelerin, yapıda oluşturduğu etkiler irdelenmiştir. Bu kapsamda, yönetmeliklerde belirtilen kar yükleri belirli bir sisteme etkililmiş ve oluşan mesnet tepkileri bulunmuştur.

Yükleme durumlarının tanımları şöyledir:

Birikmemiş kar yükü; Eurocode 1-3 kapsamında sisteme etki eden simetrik yükleme durumudur.

Birikmiş kar yükü; Eurocode 1-3 kapsamında sisteme etki eden asimetrik yükleme durumudur. “Yarım kar” yüküne tam olarak denk gelmemekte, kar birikme yüklerini tanımladığından lineer yayılı yükler de söz konusu olabilmektedir.

Dengeli kar yükü; ASCE 07-10 kapsamında sisteme etki eden uniform sabit yayılı yükleme durumudur.

Dengesiz kar yükü; ASCE 07-10 kapsamında sisteme etki eden lineer değişen yayılı yükleme durumudur. “Yarım kar” yüküne tam olarak denk gelmemektedir.

Yönetmelik tanımlarında belirtildiği gibi ASCE 07-10 kapsamında P_f , kar yükü şu şekildedir:

$$P_f = 0.7 \cdot C_e \cdot C_t \cdot I_s \cdot P_g \quad (4.1)$$

Zemin kar yükünün 75 kg/m² olduğu kabul edilmiştir, ancak karşılaştırma yapılırken ASCE hesaplamalarında 0,7 P_g değerinin 75 kg/m²’ye eşit olduğu kabulüne ve P_g değerinin 75 kg/m²’ye eşit olduğu kabulüne göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

C_e etkime faktörü ve C_t termal faktör; 1,0 olarak kabul edilmiştir.

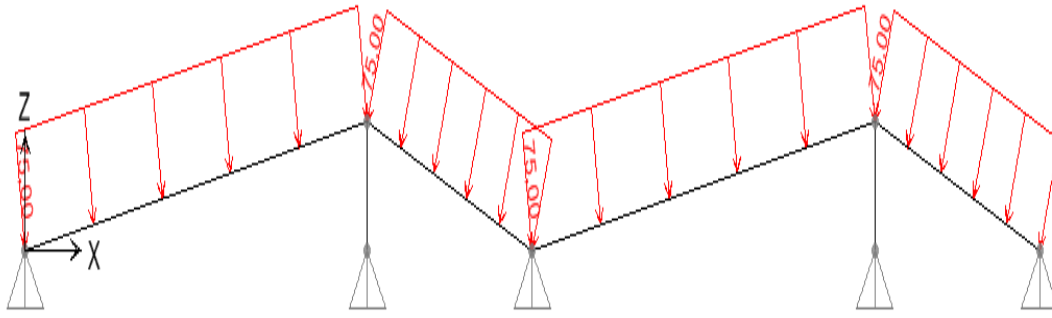
ASCE kapsamındaki bina önem katsayısı ise 1,0 olarak kabul edilmiştir.

Yüklerde oluşacak farklılıkların sadece eğime ve standartlardaki özel kabullere göre olması için diğer değerler bu şekilde seçilmiştir. Zemin kar yükünün 75 kg/m² olduğu kabul edilmiştir.

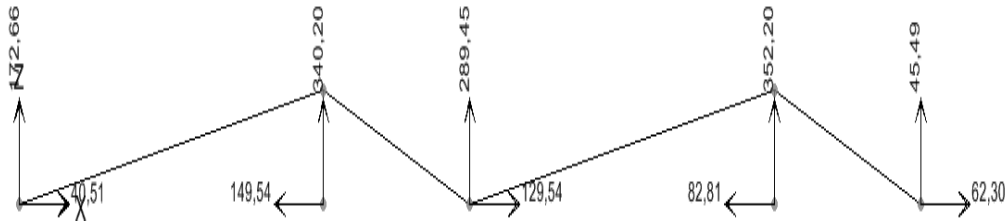
Önceden belirtildiği gibi TS-498’de birikme durumu ile alakalı bir açı belirleme yöntemi bulunmamaktadır. Bu nedenle incelenen eğim açılarının belirlenme yöntemleri Avrupa ve Amerikan standartlarına göre yapılmıştır. Modellemeler CSI SAP 2000 Programı’nda yapılmış, sonuçlar da aynı programdan alınmıştır.

4.1 15° Açılı Şed Çatılar İçin Yapılan Çalışmalar

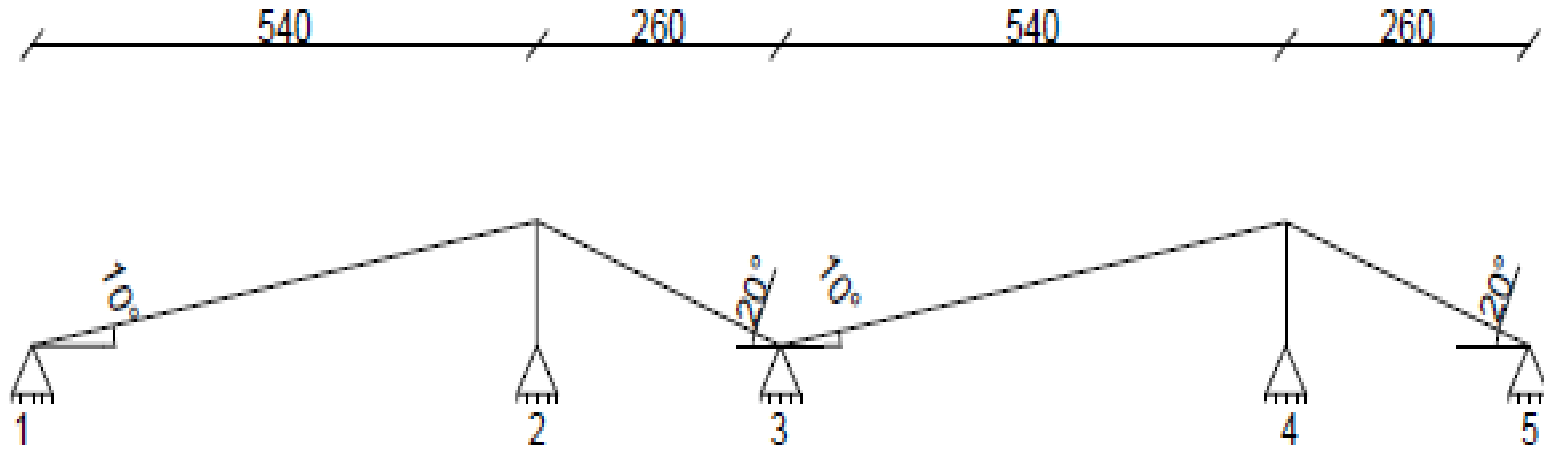
Çatının geometrisi Şekil 4.3’te gösterilmiştir. Çatının eğim durumuna göre yüklemeler yapılmıştır. TS-498’e göre yükleme durumları Şekil 4.1’de ve mesnet tepkileri de 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: TS 498’e göre yükleme durumu.

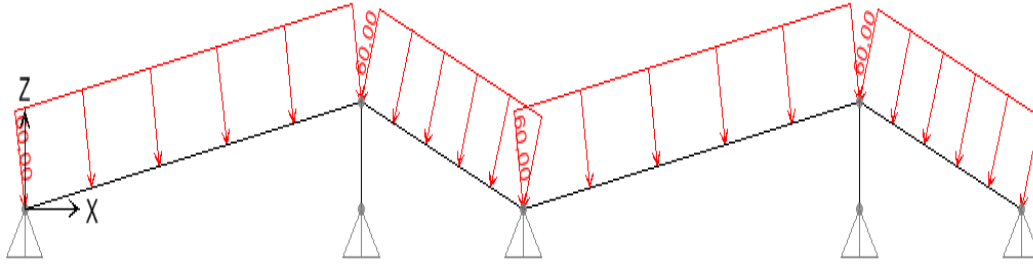


Şekil 4.2: TS 498’e göre yükleme durumuna göre oluşan mesnet tepkileri.



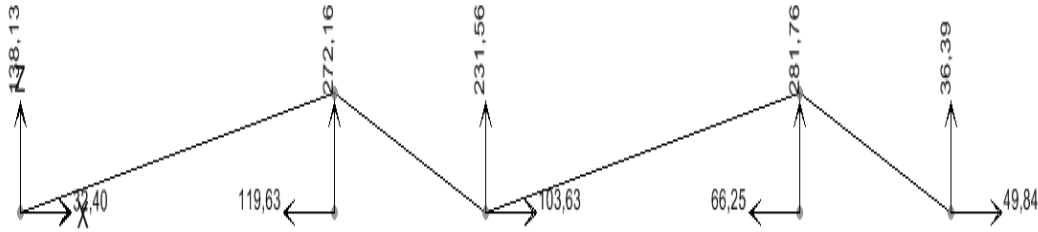
Şekil 4.3: 15° açılı uygulama modelinin geometrisi.

Çatı eğim açısı 30° 'nin altında olduğu için eğim katsayısı değeri ile küçültülmesine gerek bulunmamaktadır. Eurocode birikmemiş durum yükleme durumu Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



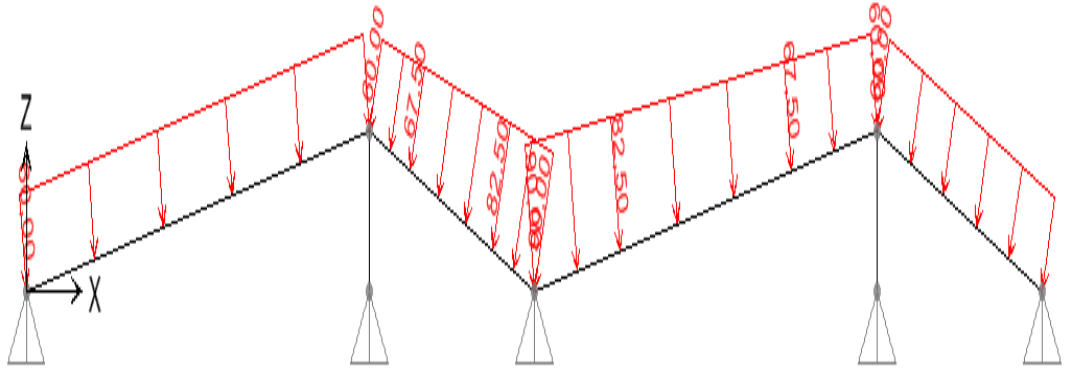
Şekil 4.4: Eurocode-1-3 yükleme durumu (Birikmemiş durum).

Yükleme sonucu oluşan mesnet tepkileri Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

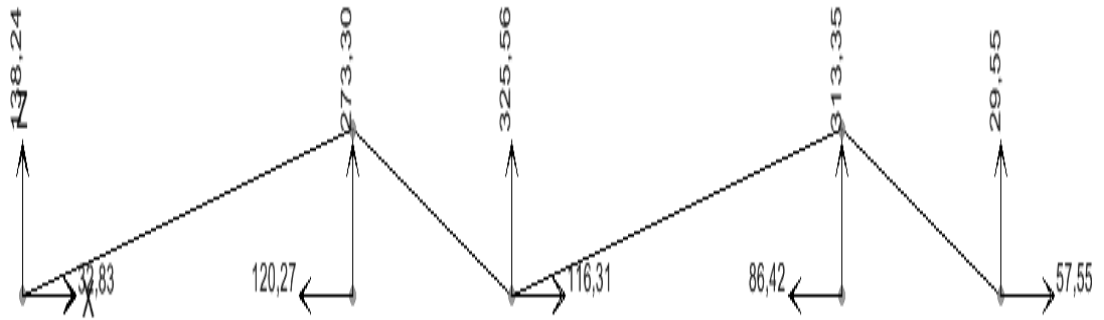


Şekil 4.5: Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri (Birikmemiş Durum).

0° ve 20° açılı çatılarda birikmemiş duruma göre belirtilen eğim faktörü Şekil 3.4'ten alınmış ve etkiltilmiştir. Eurocode birikmiş kar yükü yükleme durumu Şekil 4.6'da, oluşan mesnet tepkileri de Şekil 4.7'de gösterilmektedir.

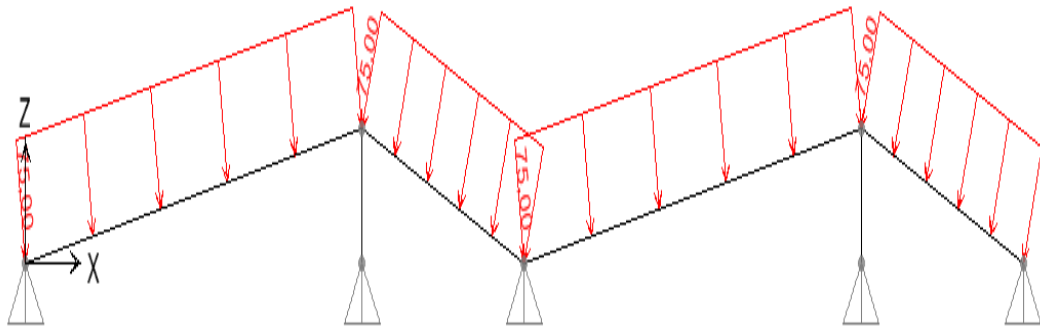


Şekil 4.6: Eurocode 1-3 Yükleme Durumu (Birikmiş durum).

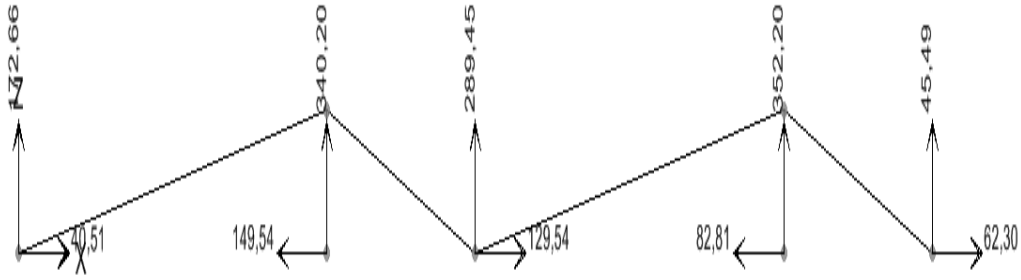


Şekil 4.7: Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre mesnet tepkileri (Birikmiş durum).

10° ve 20° açılı çatılarda birikmiş duruma göre belirtilen eğim faktörü şekil 3.4'ten alınmış ve etkililmiştir. ASCE dengeli durum kar yüklemesi Şekil 4.8'de ve oluşan mesnet tepkileri de Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

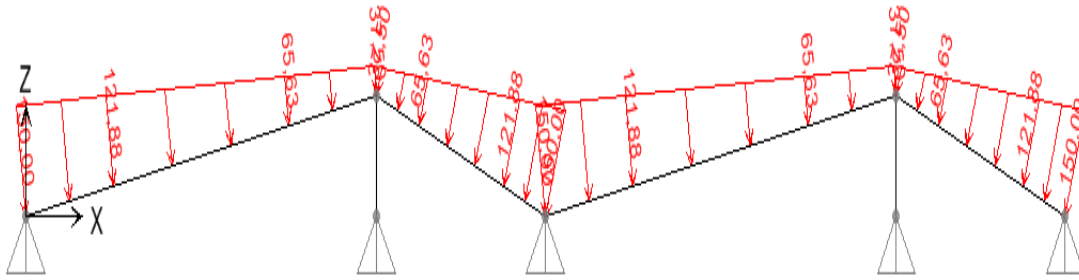


Şekil 4.8: ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengeli Durum).

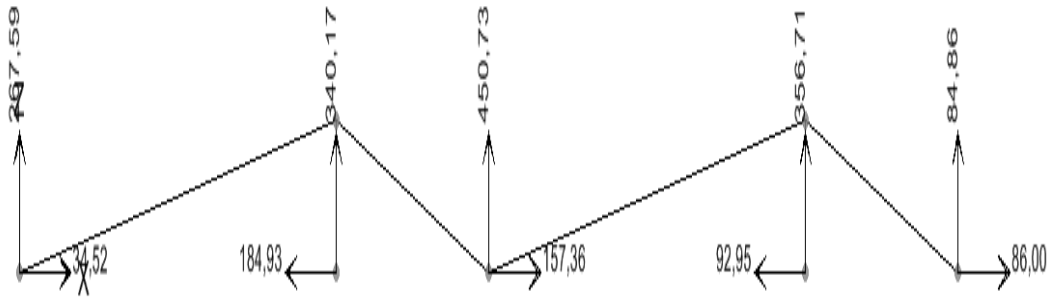


Şekil 4.9: ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre mesnet tepkileri (Dengeli Durum).

ASCE yönetmeliği kapsamında belirtilen gerekliliklere göre dengesiz kar yüklemesi durumu Şekil 4.10’da gösterilmektedir. Oluşan mesnet tepkileri Şekil 4.11’deki gibi olmuştur.



Şekil 4.10: ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengesiz durum).



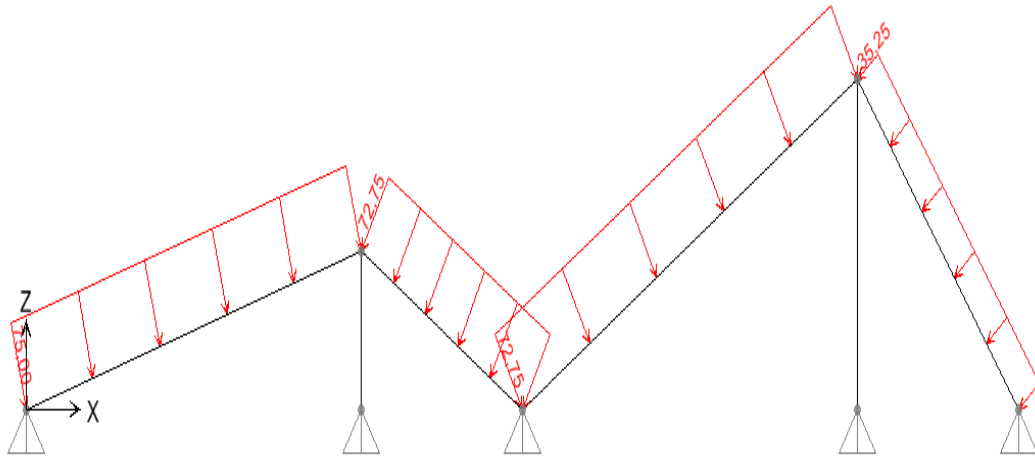
Şekil 4.11: ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre mesnet tepkileri (Dengesiz durum).

Eurocode 1-3 kapsamında eğim açısının 0 ila 30 derece arasında bulunması ve 30 ila 60 derece arasında bulunmasına göre katsayılar değişmektedir. Bu nedenle de

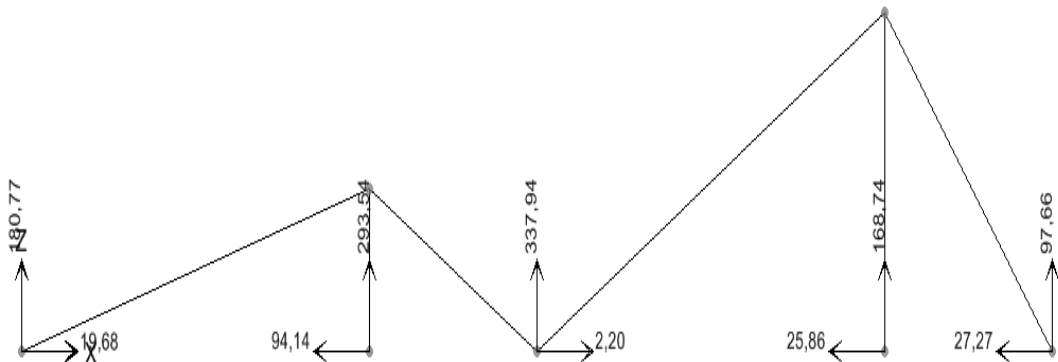
uygulama örnekleri hem ilk aralıkta bulunan 15 derece için hem de ikinci aralıkta bulunan 31 derece için yapılmıştır.

4.2 31° Açılı Şed Çatılar İçin Yapılan Çalışmalar

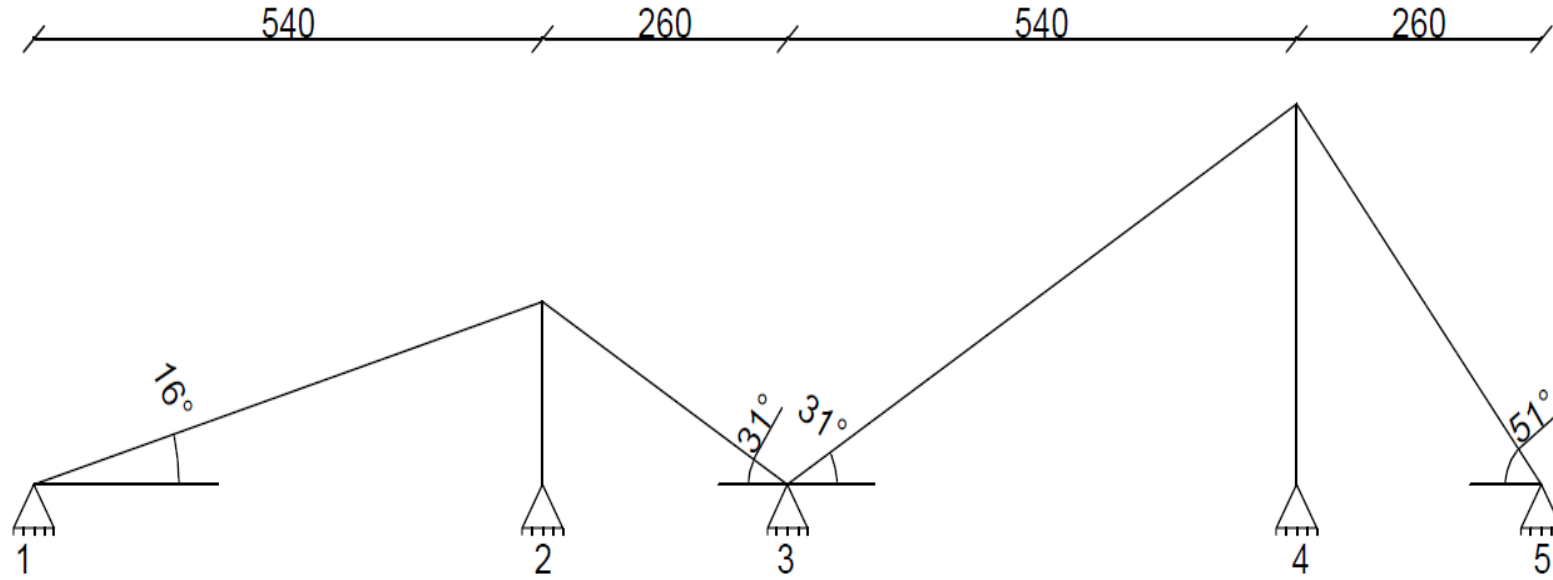
Çatı eğim açısının 30 derecenin üstünde bulunması durumunda yönetmeliklerin yaklaşımlarının farklı olduğu belirtilmiştir. Bu farklı yaklaşımlara göre karşılaştırma yapabilmek amacı ile modeller yapılmıştır. Çalışılan çatının çizimi Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Genişlik olarak 15 dereceli açı ile aynı genişlik seçilmiş ancak tepe yükseklikleri değiştirilerek gerekli açılar sağlanmıştır. TS-498’e göre yapılan yüklemeler Şekil 4.13’te gösterilmiştir. Çatı eğim açısı 30°’nin üstünde olduğu için kar yükü değer 0.97 ile çarpılarak etkiltilmiştir. Bu durum sonucu çıkan etki Şekil 4.14’te belirtilmiştir.



Şekil 4.12: TS-498 Yükleme Durumu.

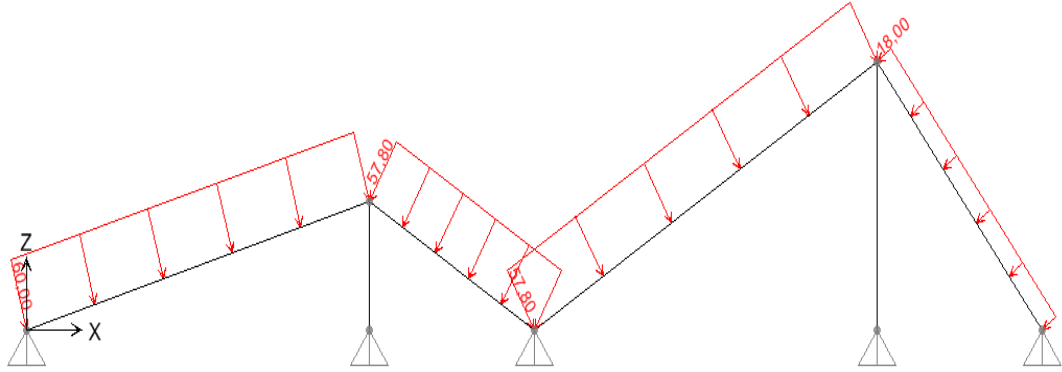


Şekil 4.13: TS-498 Yükleme durumuna göre oluşan mesnet tepkileri.

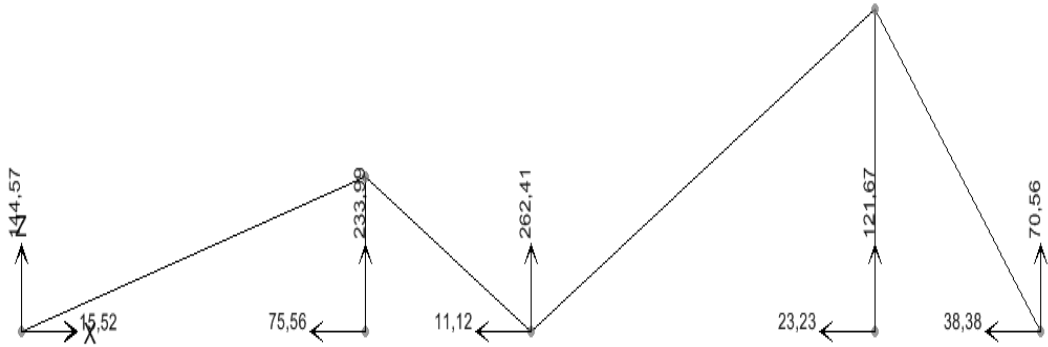


Şekil 4.14: 31° açılı uygulama modelinin geometrisi

Eurocode 1-3 birikmemiş durum için yükleme durumu ve mesnet tepkileri Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

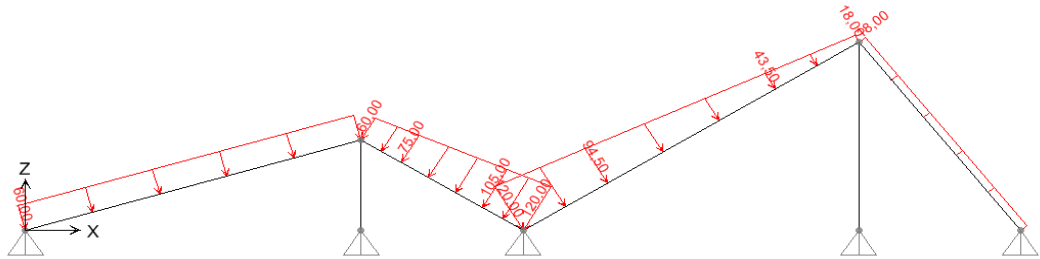


Şekil 4.15: Eurocode 1-3 Yükleme Durumu (Birikmemiş Durum).

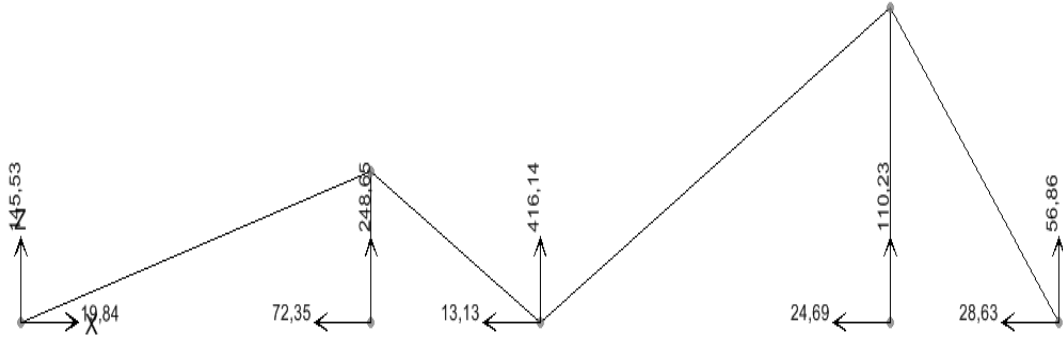


Şekil 4.16: Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri (Birikmemiş Durum).

Eurocode 1-3 birikmiş durum için yükleme durumu ve mesnet tepkileri Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

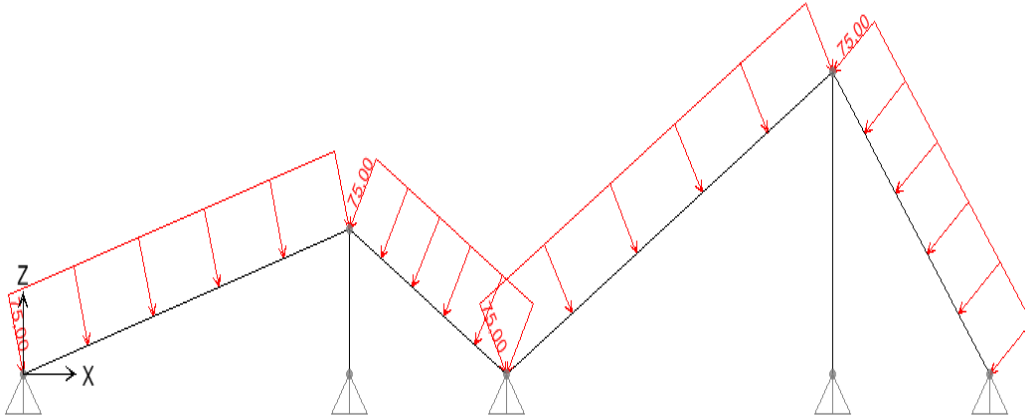


Şekil 4.17: Eurocode 1-3 Yükleme Durumu (Birikmiş Durum).

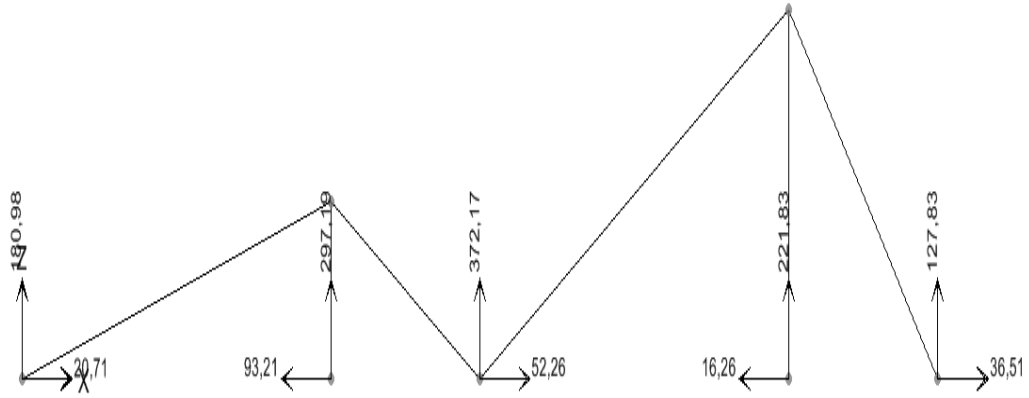


Şekil 4.18: Eurocode 1-3 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri (Birikmiş Durum).

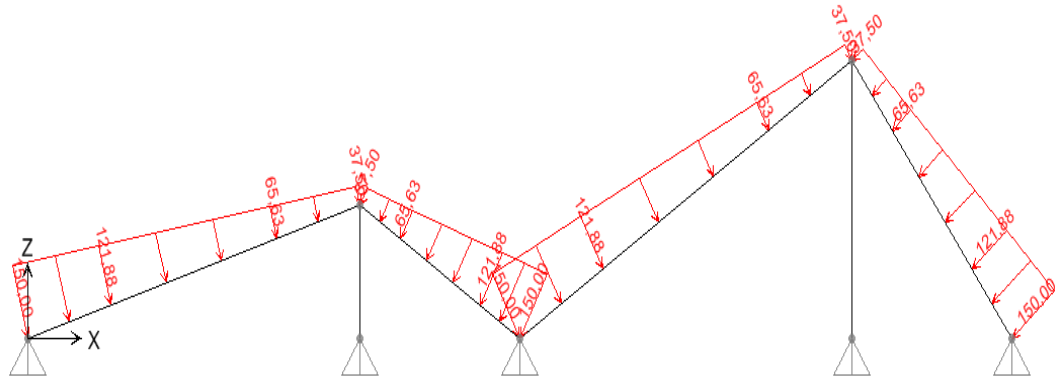
Birikme durumu eğer istisnai durum olarak ele alınmayacaksa özellikle çatının vadi bölgesinde ciddi etkiler oluşturmaktadır diğer bölgeler de birikme olmayacakmış gibi eğim faktör değerleri verilmiştir. Bu durum ASCE’de daha farklıdır. Dengeli ve dengesiz durumlar için yüklemeler ve mesnet tepkileri Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



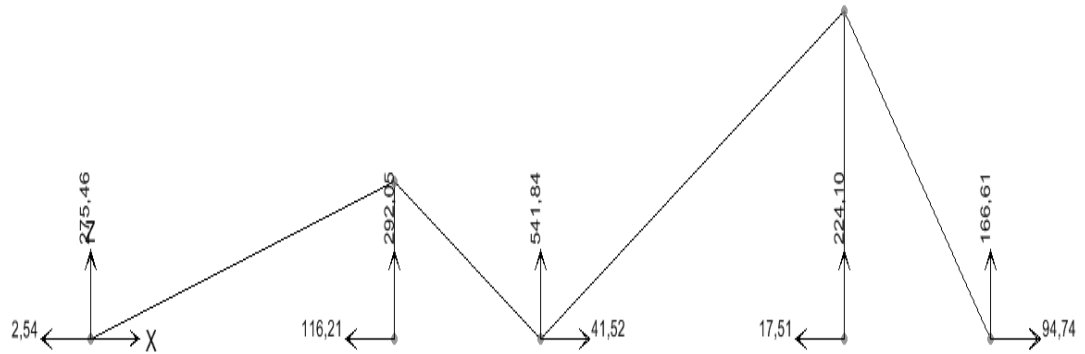
Şekil 4.19: ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengeli Durum).



Şekil 4.20: ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri (Dengeli Durum).



Şekil 4.21: ASCE 07-10 Yükleme Durumu (Dengesiz Durum).



Şekil 4.22: ASCE 07-10 Yükleme Durumuna göre oluşan mesnet tepkileri (Dengesiz Durum).

ASCE kapsamında yapılan çalışmalar da dengeli ve dengesiz durumlar için yük değerleri değişmemesine rağmen çatının yapısındaki değişiklikten dolayı mesnetlerde oluşan tepkilerin farklı olduğu gözlenmektedir.

Kar yüklemeleri sonucu çatıların mesnetlendiği noktalarda oluşan mesnet tepkileri çizelgelerde gösterilmiştir. Bu çizelgelere en başta belirtildiği gibi Amerikan

yönetmeliğindeki 0,7 çarpanı gözönünde bulundurularakta yapılan analizler eklenmiştir. Ayrıca birikme tepkisinin olduğu 3 numaralı mesnet için TS-498 kar yükü yükleme baz kabul edilerek diğer durumlar ile karşılaştırma yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: 15 Derece açılı çatı-mesnet tepkileri.

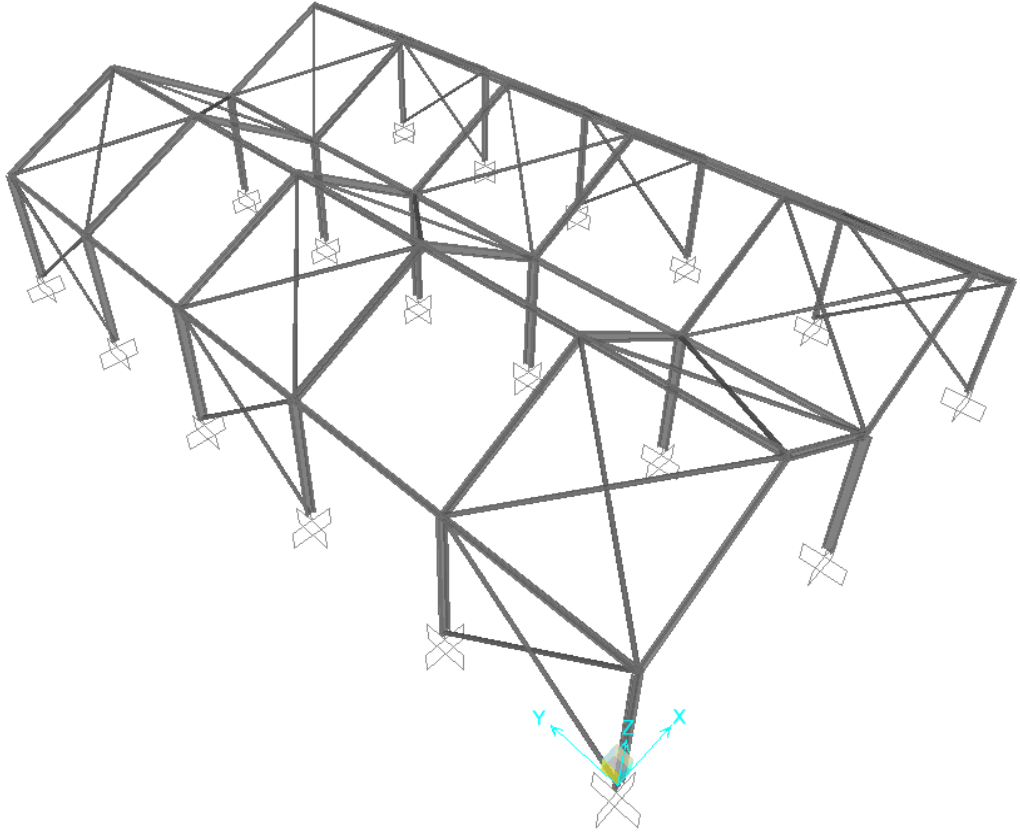
15 Derece Açılı Çatı-Mesnet Tepkileri								
Mesnet Yönetmelik	1	2	3	4	5	Toplam Yük (kg)	TS-498’e Benzerlik Oranı	Birikme Mesneti Benzerlikleri(3)
TS-498	172,66	340,2	289,45	352,2	45,49	1200	100%	100%
Eurocode 1-3 (Birikmemiş)	138,13	272,16	231,66	281,76	36,39	960	80%	80%
Eurocode 1-3 (Birikmiş)	138,24	273,3	325,56	313,35	29,55	1080	90%	112%
ASCE 07-10 (Dengeli)	172,66	340,2	289,45	352,2	45,49	1200	100%	100%
ASCE 07-10 (Dengesiz)	267,59	340,17	450,73	356,71	84,86	1500	125%	156%
ASCE 07-10 (Dengesizx0,7)	187,313	238,119	315,511	249,697	59,402	1050	88%	109%

Çizelge 4.2: 31 Derece açılı çatı-mesnet tepkileri.

31 Derece Açılı Çatı-Mesnet Tepkileri								
Mesnet Yönetmelik	1	2	3	4	5	Toplam Yük(kg)	TS-498’e Benzerlik Oranı	Birikme Mesneti Benzerlikleri (3)
TS-498	180,77	293,54	337,94	168,74	97,66	1078,65	100%	100%
Eurocode 1-3 (Birikmemiş)	144,57	233,99	262,41	121,67	70,56	833	77%	78%
Eurocode 1-3 (Birikmiş)	145,53	248,65	416,14	110,23	56,86	977,41	91%	123%
ASCE 07-10 (Dengeli)	180,98	297,19	372,17	221,83	127,83	1200	111%	110%
ASCE 07-10 (Dengesiz)	275,46	292,05	541,84	224,1	166,61	1500	139%	160%
ASCE 07-10 (Dengesizx0,7)	192,822	204,435	379,288	156,87	116,627	1050	97%	112%

4.3 31° Açılı Şed Çatıya Sahip Çelik Endüstri Yapısı İçin Deprem Yüğü ve Metraj Karşılaştırması

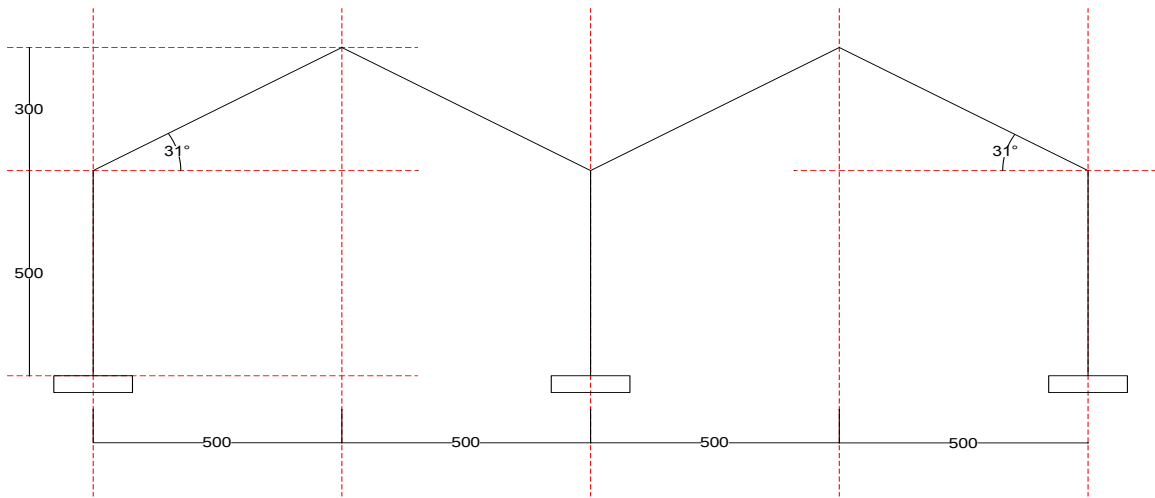
Kar yüklerinin farklı açılarda oluşturduğu farklı yükler ve bunun sonucunda mesnetlerde oluşan tepkiler Bölüm 4.1 ve Bölüm 4.2’de gösterilmiştir. Bu yüklemeler neticesinde Eurocode ve ASCE yönetmeliklerinin kar birikmesi gözlenen durumlarda TS-498’e göre daha elverişsiz durumlar oluşturduğu gözlenmiştir. Şekil 4.23’te gösterilen endüstri yapısına Bölüm 4.2’de çözümlenen birikmiş kar yükleri etkiltilmiş ve bu yükler üzerinden deprem analizleri ve metraj analizleri yapılmıştır. Böylece farklı yüklerin oluşturduğu durumlar karşılaştırılmıştır. Analizler SAP2000 Programı ile yönetmeliğimize en yakın tasarım yönetmeliği olan ASD-89 ile yapılmıştır. Bu nedenle deprem durumunda emniyet gerilmeleri %33 arttırılmıştır.



Şekil 4.23: Analiz Modeli.

4.3.1 Yapı bilgileri

Yapının (x) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi, süneklik düzeyi normal moment aktaran çerçevelerden, (y) doğrultusundaki yatay yük taşıyıcı sistemi ise süneklik düzeyi normal merkezi çaprazlı çelik çaprazlı perdelerden oluşmaktadır. Şekil 4.24'te geometrisi gösterilen çerçeve 6 adet uygulanmıştır; çerçeveler arası uzaklık 6 metredir ve simetrik olarak düşey ve yatay çaprazlar ile sistemin stabilitesi sağlanmıştır. (y) doğrultusunda sistemi bağlayan kirişler çerçeve kirişlerine ve kolonlara mafsallı bağlanmıştır.



Şekil 4.24: Çerçeve geometrisi.

Bu kirişler ve çapraz elemanlar bütün yükleme durumlarında aynı eleman olarak seçilmiştir. Böylece çerçevelerde oluşan metraj farklılığı daha rahat bir şekilde görülmüştür.

Analizi yapılmış olan endüstri yapısının üzerine projelendirileceği zeminin sınıfı Z3 seçilmiştir, ayrıca bina önem katsayısı (I) = 1 ve hareketli yük katılım katsayısı n= 0.3 olarak alınmıştır. Yapının yükleme durumlarına göre periyotları ve deprem yükleri CSI SAP 2000 programı ile hesaplanmıştır. Detaylı bilgi deprem hesaplamalarında açıklanmıştır.

4.3.2 Yük tanımları

G (Sabit Yükler)

Çatı kaplaması	15kg/m ²
Tesisat yükleri	15kg/m ²
Aşıklar	12.7 – 18.8 kg/m
(Aşıklar her kar yükleme için ayrı ayrı hesaplanmış ve basit kiriş olarak modellenmiştir.)	

Q (Hareketli Yükler)

Kar yükleri, her ynetmeliğın kendi kabulleri doğrultusunda etkililmiştir. Daha gerçekçi bir yaklaşım yapabilmek adına, çatının iki kenarında parapet bulunma ihtimali düşünlmş ve Eurocode birikmiş kar yükleme durumu için kenarlarda da birikmiş kar yükü durumuna göre hesap yapılmıştır. Hesaba katılan kar yükleri Bölüm 4.3.4.3'te gösterilmiştir. Bu tez kapsamında kar yüklerinin etkisi incelendiği için rüzgar yükleri ve diğer yükler hesaba katılmamıştır.

4.3.3 Aşıklar

Yapılan hesaplamalarda Bölüm 4.2'de gösterilen yükleme durumu kullanılmıştır. Önceden belirtildiği gibi aşıklar basit kiriş olarak çözülmüş ve yüklerin aşıkların normal eksenine dik olarak etkidiği düşünülerek hesap yapılmıştır.

Ayrıca aşıkların 1.45 metre aralıklarla sistemde uygulanacağı düşünülerek hesap yapılmıştır. Karşılaştırmaların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için bütün geometrik koşullar aynı tutulmuştur. TS-498 kapsamında sabit yük 30kg/m², kar yükü 72.75kg/m²'dir.

Bu yükleme koşullarında aşık için IPE A 160 profili hem gerilme hem de sehim koşullarını sağlamaktadır. Bu profilin ağırlığı 12.7kg/m'dir.

Eurocode'a göre kar yükü değişken bir dağılım göstermektedir; bu durum Bölüm 4.2'de gözlenebilir. Aşıklar için oluşacak en elverişsiz koşulda kar yükü 105kg/m²'dir. Sabit yük 30 kg/m²'dir. Bu durumda IPE 160 hem gerilme hem de sehim koşullarını sağlamaktadır. Bu profil sehim koşullarını %98.5 oranında bir çalışma ile sağlamaktadır. Bu profilin ağırlığı 15.8kg/m'dir.

ASCE yüklemelerine göre elverişsiz kar yükü 121.88 kg/m^2 'dir. Aynı sabit yük koşullarında gerilme ve sehim koşullarını sağlayan profil IPE 180'dir. Bu profilin ağırlığı ise 18.8 kg/m 'dir. Görüldüğü gibi daha deprem hesapları yapılmadan yapıda bulunan servis yüklerinden dahi metraj farklılığı oluşmuştur.

Aşık yüklerinin belirlenmesi yapıda oluşacak toplam sabit yük durumunu da belirlemiştir.

Bu durumda aşıklardan dolayı oluşan sabit yükler yönetmelik bazında şöyledir;

TS 498 ~ 10.88 kg/m^2

Eurocode ~ 13.54 kg/m^2

ASCE ~ 16.106 kg/m^2 'dir.

4.3.4 Analizler

4.3.4.1 Periyotlar ve kullanıcı katsayısının belirlenmesi

Yapının X yönü yapı davranış katsayısı (R) = 5, Y yönü yapı davranış katsayısı (R) = 4 olarak belirlenmiştir. Deprem hesapları SAP 2000 programında bulunan kullanıcı katsayısı (User Coefficient) özelliği kullanılarak hesaplanacaktır. Kullanıcı katsayısı hesabı yapılmadan önce S(t) Spektrum katsayısı değerinin belirlenebilmesi için her yapıya modal analiz yapılmış, X ve Y yönü periyotları saniye cinsinden bulunmuştur. Farklı yük durumlarına göre periyot değerleri şu şekildedir:

TS-498 yük durumuna göre $T(x) = 0.435 \text{ sn}$, $T(y) = 0.45 \text{ sn}$

Eurocode yük durumuna göre $T(x) = 0.431 \text{ sn}$, $T(y) = 0.452 \text{ sn}$

ASCE yük durumuna göre $T(x) = 0.439 \text{ sn}$, $T(y) = 0.458 \text{ sn}$

Yük durumlarına göre boyutlandırmada sistem ile ilgili yeterli dayanımlar esas alındığından dayanımla birlikte rijitlik seviyesi de değişmesine karşın, periyot değerleri yükün artmasına göre büyük değişkenlik göstermemiştir. Bu gayet doğal bir sonuçtur.

Modal analiz sonucu bulunan periyot değerleri Z3 zemin sınıfının T(a) ve T (b) değerlerinin ($0.15 \text{ sn} - 0.60 \text{ sn}$) aralığında bulunduğu için S(t) Spektrum katsayısı 2.5'tir.

Buna göre kullanıcı katsayısı her model için şu şekilde hesaplanmıştır.

$$X \text{ Yönü} = A(o) \times I \times S(t) / R(x) = 0.4 \times 1 \times 2.5 / 5 = 0.2$$

$$Y \text{ Yönü} = A(o) \times I \times S(t) / R(y) = 0.4 \times 1 \times 2.5 / 4 = 0.25$$

Bu değerler taban kesme kuvvetlerini belirleyen katsayılardır.

4.3.4.2 Yük birleşimleri

$$G + Q$$

$$G + Q \pm E_x \pm 0.3E_y$$

$$G + Q \pm 0.3 E_x \pm E_y$$

$$0.9G \pm E_x \pm 0.3E_y$$

$$0.9G \pm 0.3 E_x \pm E_y$$

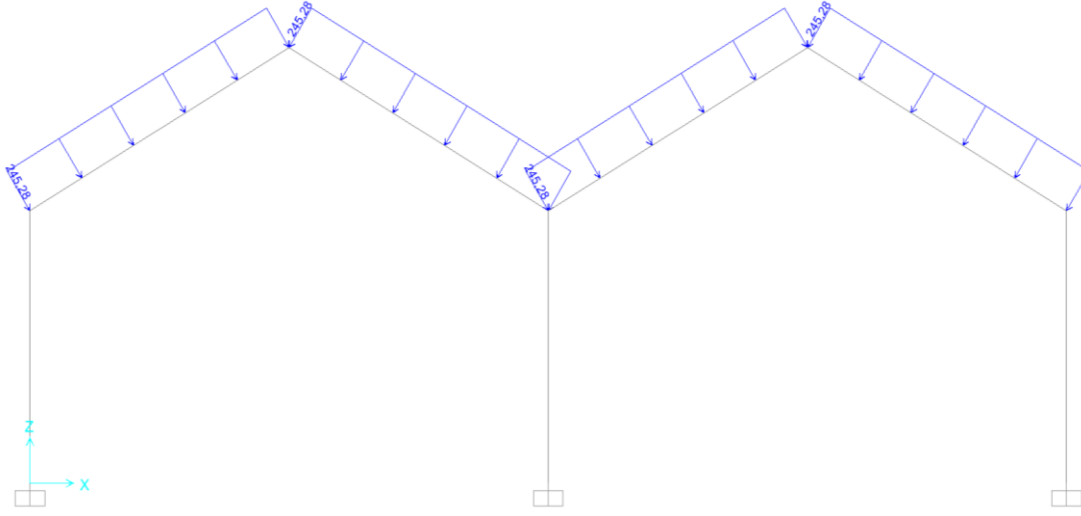
Bu yük birleşimleri kullanılarak kolon ve kiriş boyutlandırmaları yapılmıştır.

Çaprazlar ve mafsallı kirişler bütün sistemde aynı ve güvenli çalışacak şekilde seçilmiştir.

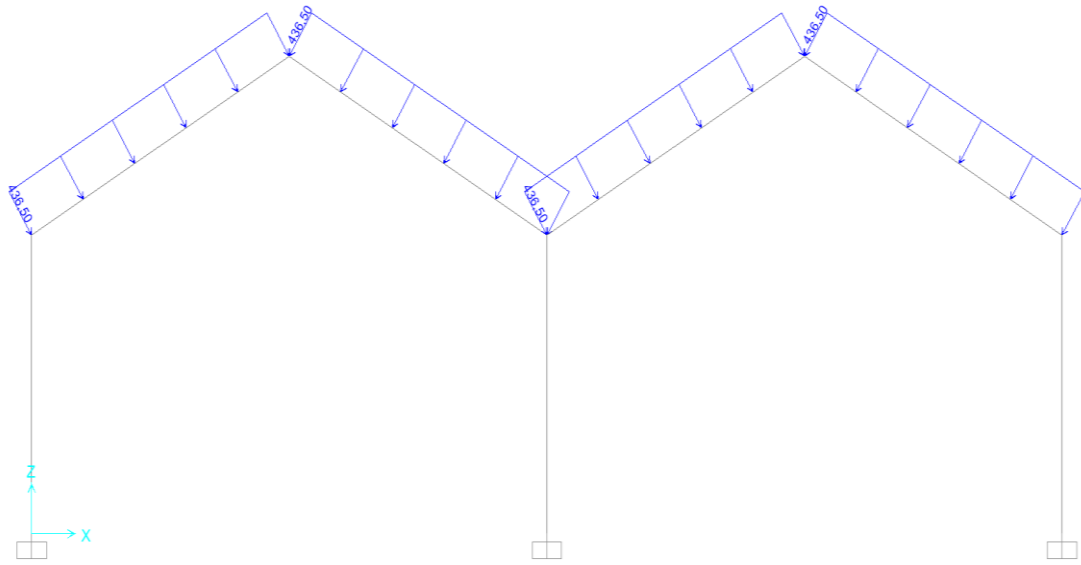
Bu tez kapsamında ana çerçevede oluşan değişimler gösterilmiştir. Deprem yönetmeliği kapsamında, gerekli görülen yerlerde çelik yapı elemanlarının tasarımında arttırılmış deprem yükleri gözönüne alınmalıdır. Deprem Yönetmeliği 2007 Tablo 4.2'ye göre süneklik düzeyi normal çerçevelerde büyütme katsayısı 2'dir. Ayrıca TS 648 Çelik Yapılar Standardına ve Deprem Yönetmeliği 4.2.3.5'e göre emniyet gerilmeleri yöntemine göre yapılan kesit hesaplarında emniyet gerilmeleri düşey yük + deprem yüklemeleri için %33 arttırılmalıdır. Bu konu analiz programında yatay faktör olarak belirtilmektedir ve tasarım yapılırken bu katsayı göze alınmıştır.

4.3.4.3 Sistemlere etkiyen yükler

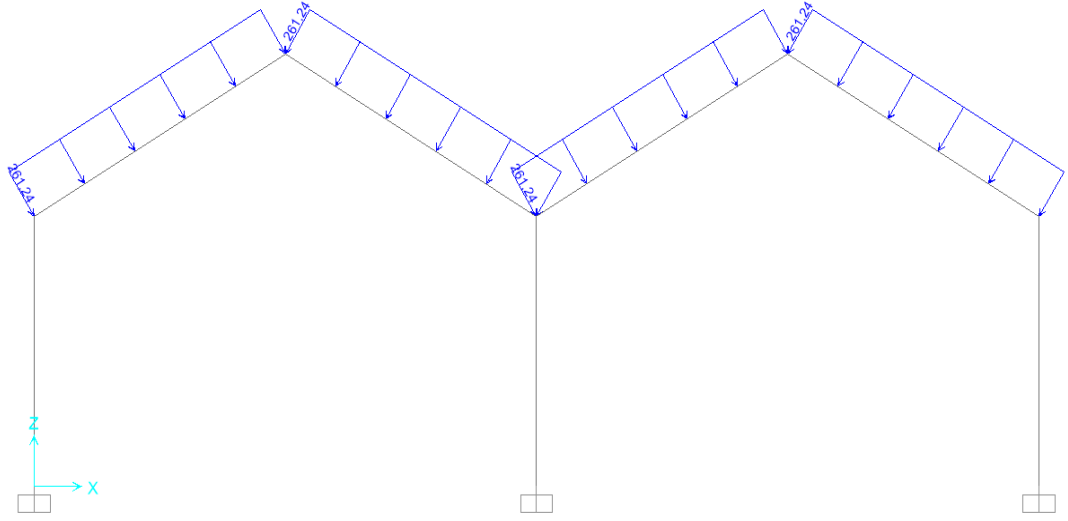
Analiz modellerinde etkitilen yükler Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27, Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da belirtildiği gibidir. Yükleme durumları daha çok zorlanan orta akslar için gösterilmiştir, ilk ve son çerçevede bu yüklerin yarısı etkitilmiştir.



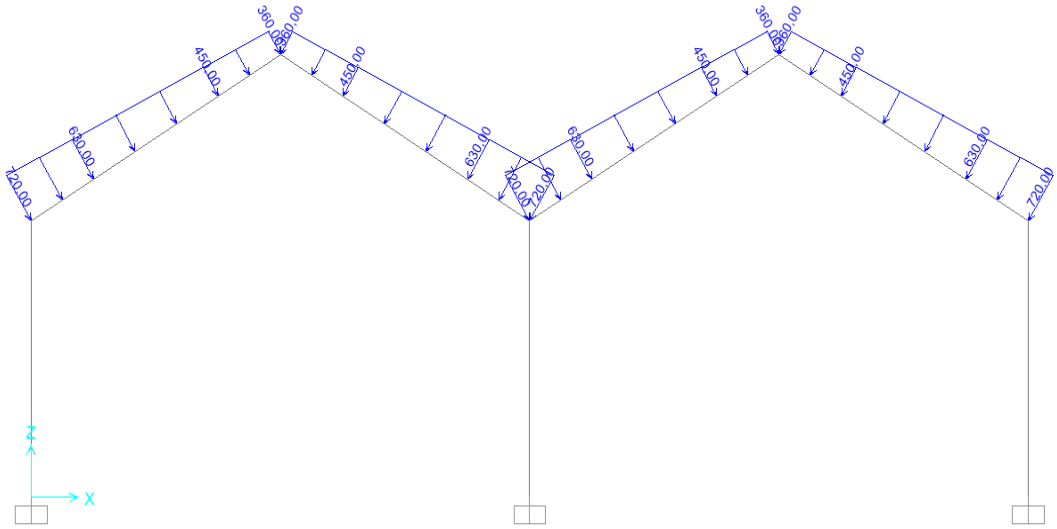
Şekil 4.25: Sabit yükler (TS-498).



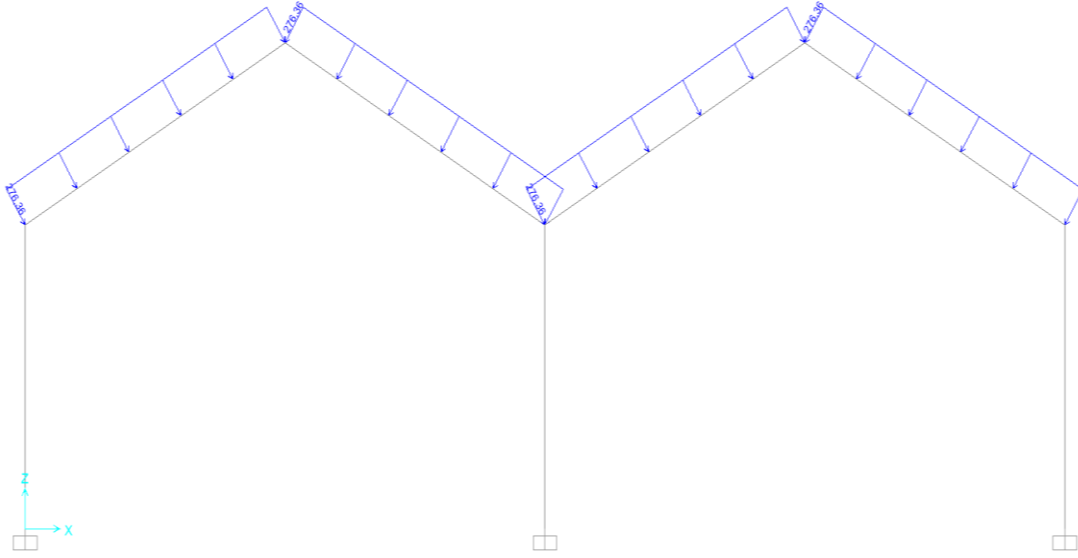
Şekil 4.26: Hareketli yükler (TS-498).



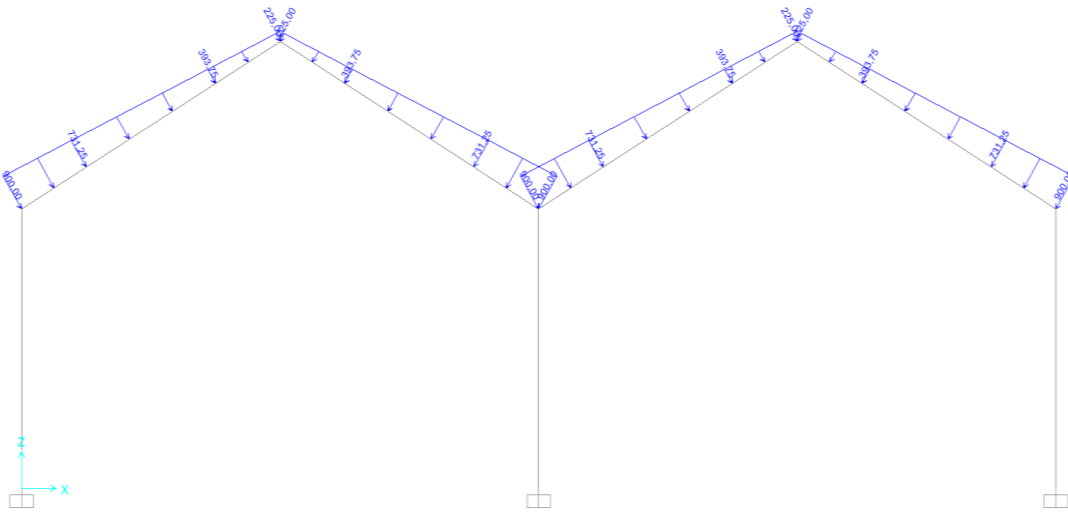
Şekil 4.27: Sabit yükler (Eurocode).



Şekil 4.28: Hareketli yükler (Eurocode).



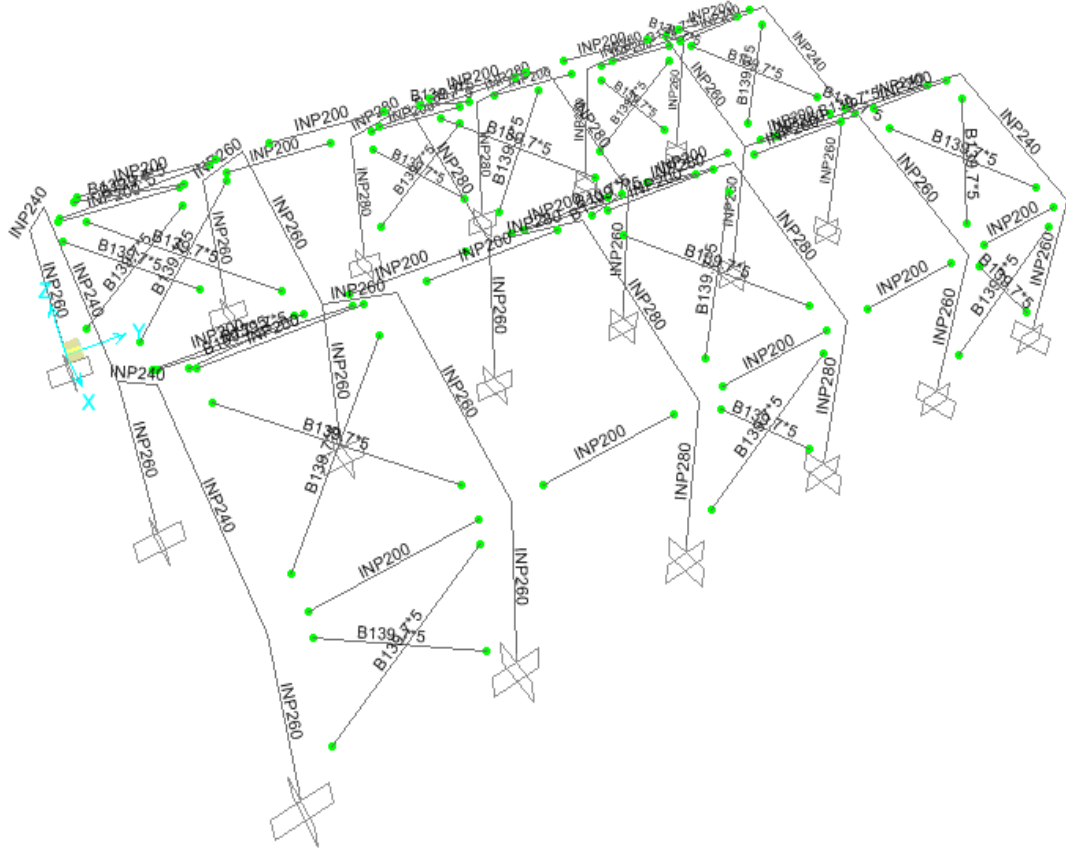
Şekil 4.29: Sabit yükler (ASCE).



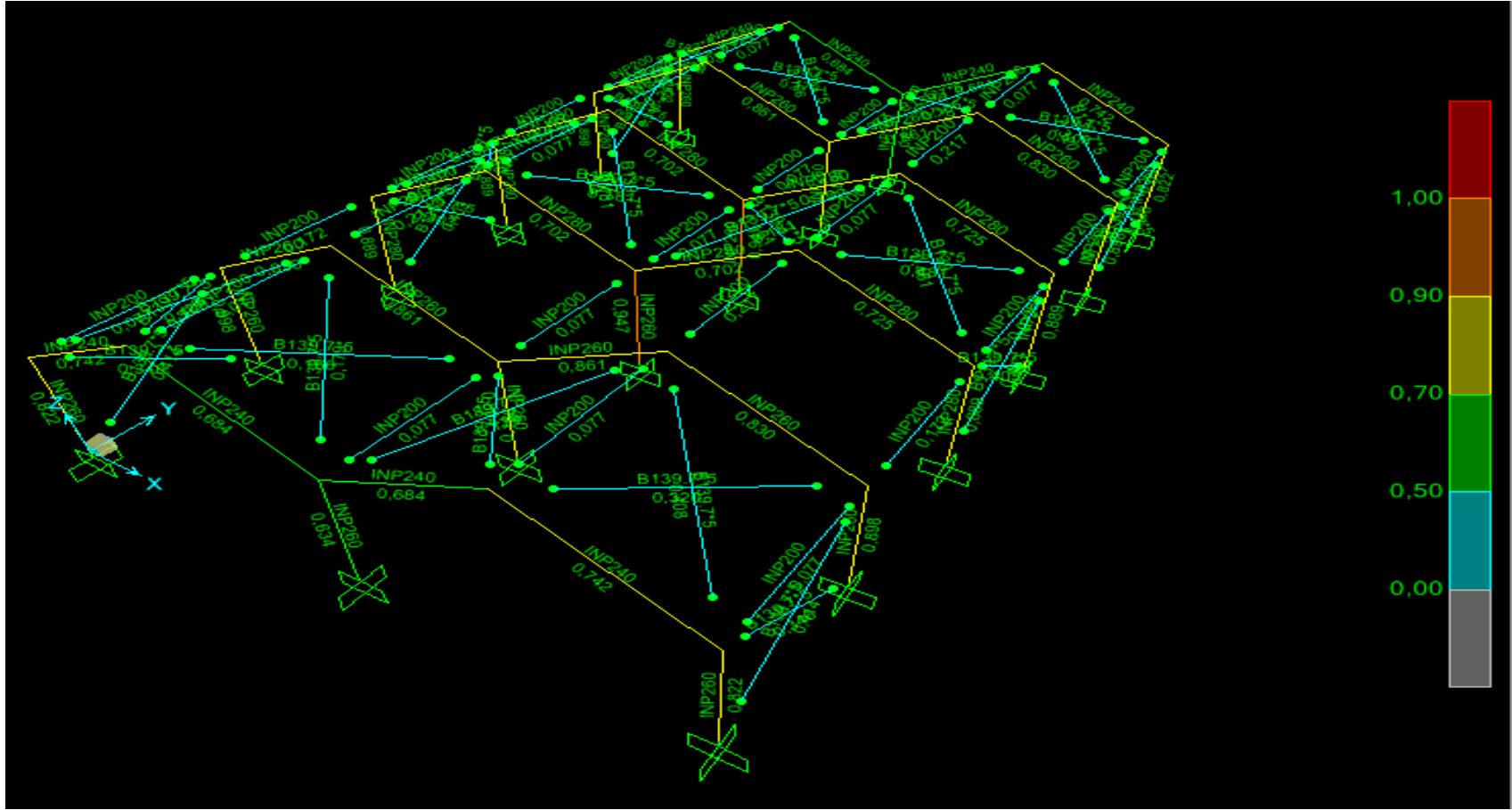
Şekil 4.30: Hareketli yükler (ASCE).

4.3.4.4 Analiz sonuçları

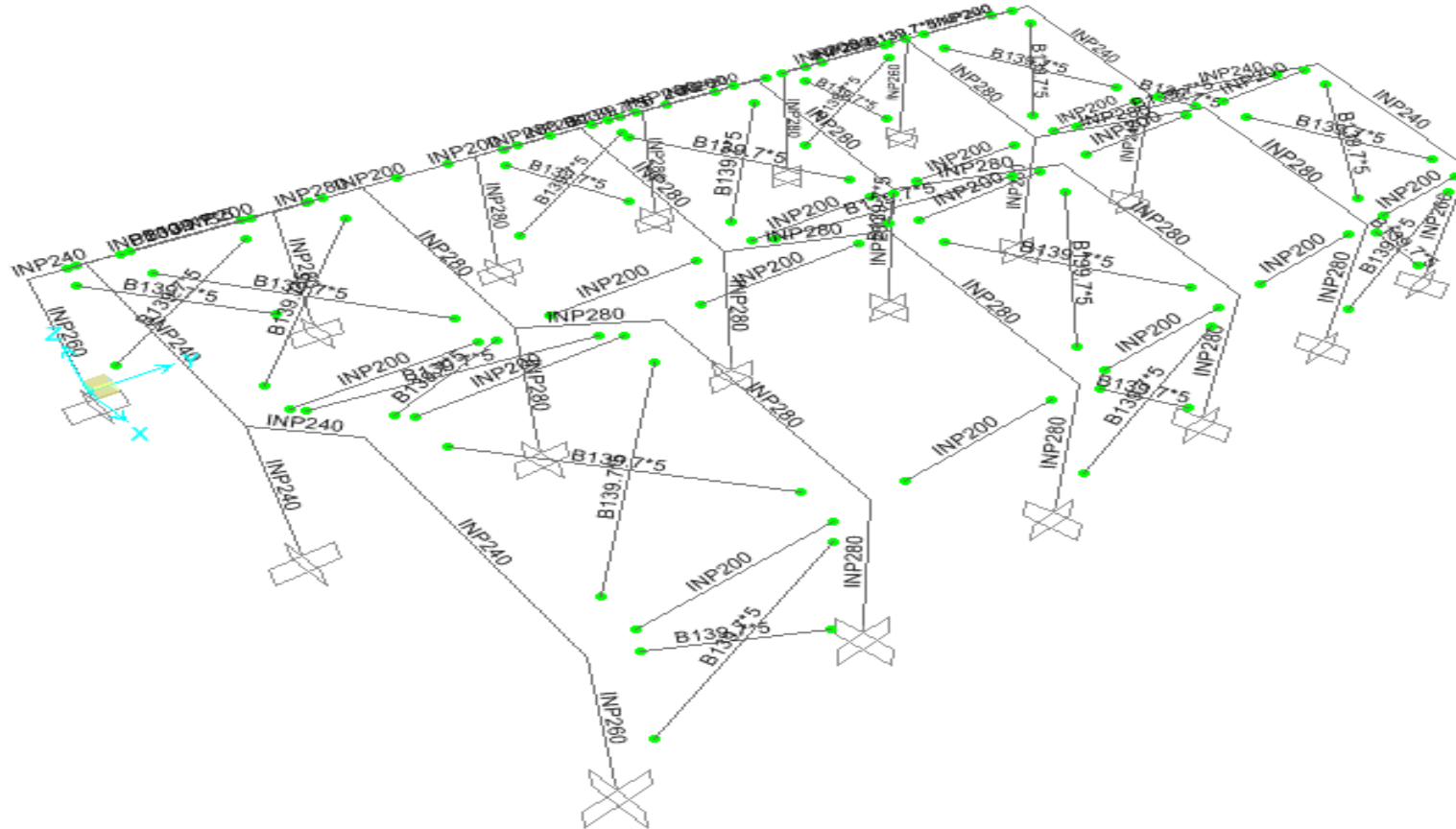
Şekil 4.31’de TS-498 analiz modeli, Şekil 4.32’de sonuçları, Şekil 4.33’te Eurocode analiz modeli, Şekil 4.34’te sonuçları ve son olarak Şekil 4.35’te ASCE analiz modeli, Şekil 4.36’da ise bu modele ait sonuçlar bulunmaktadır.



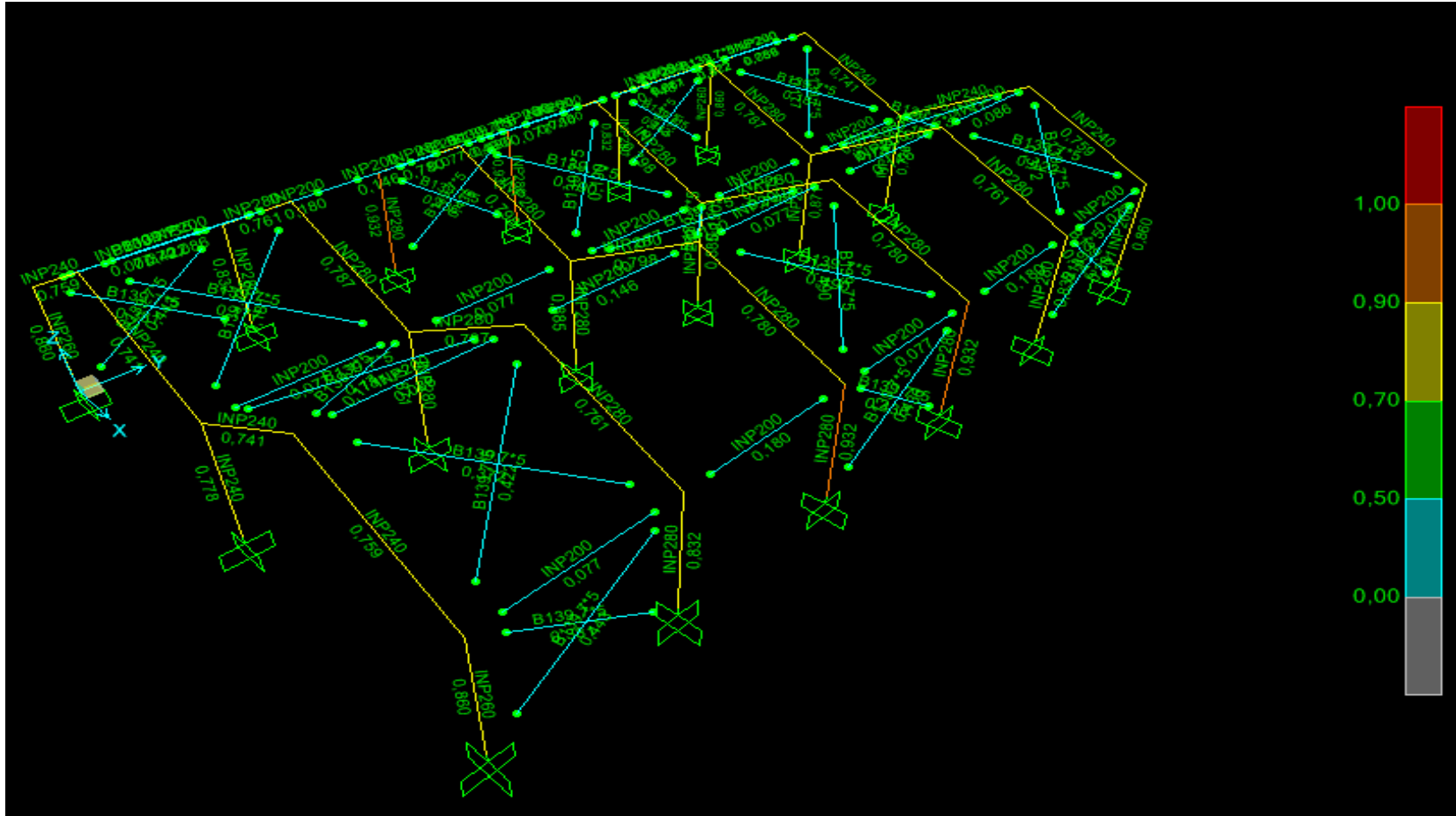
Şekil 4.31: Analiz modeli 1 (TS-498).



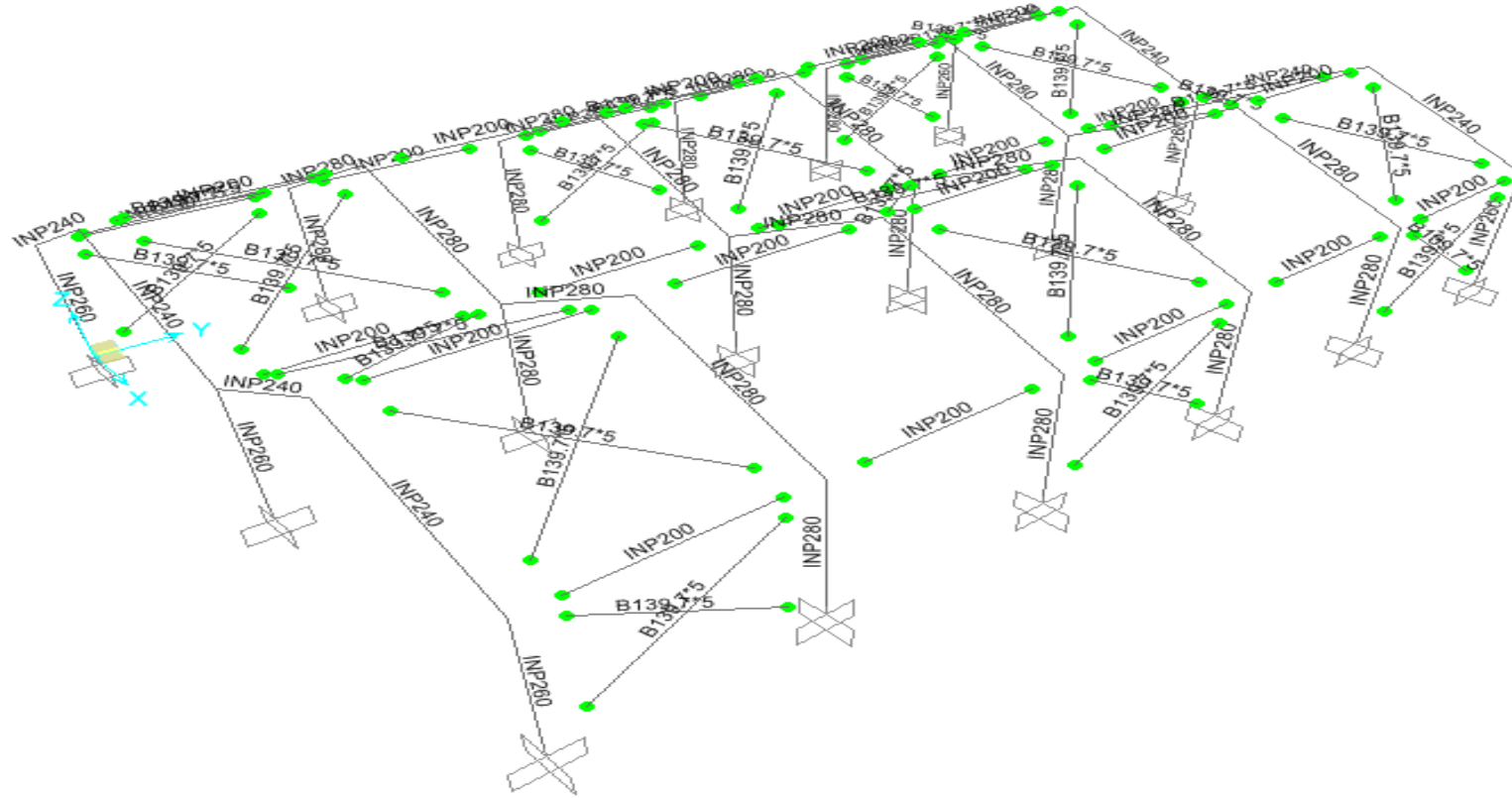
Şekil 4.32: Analiz modeli 1-tasarım sonuçları (TS-498).



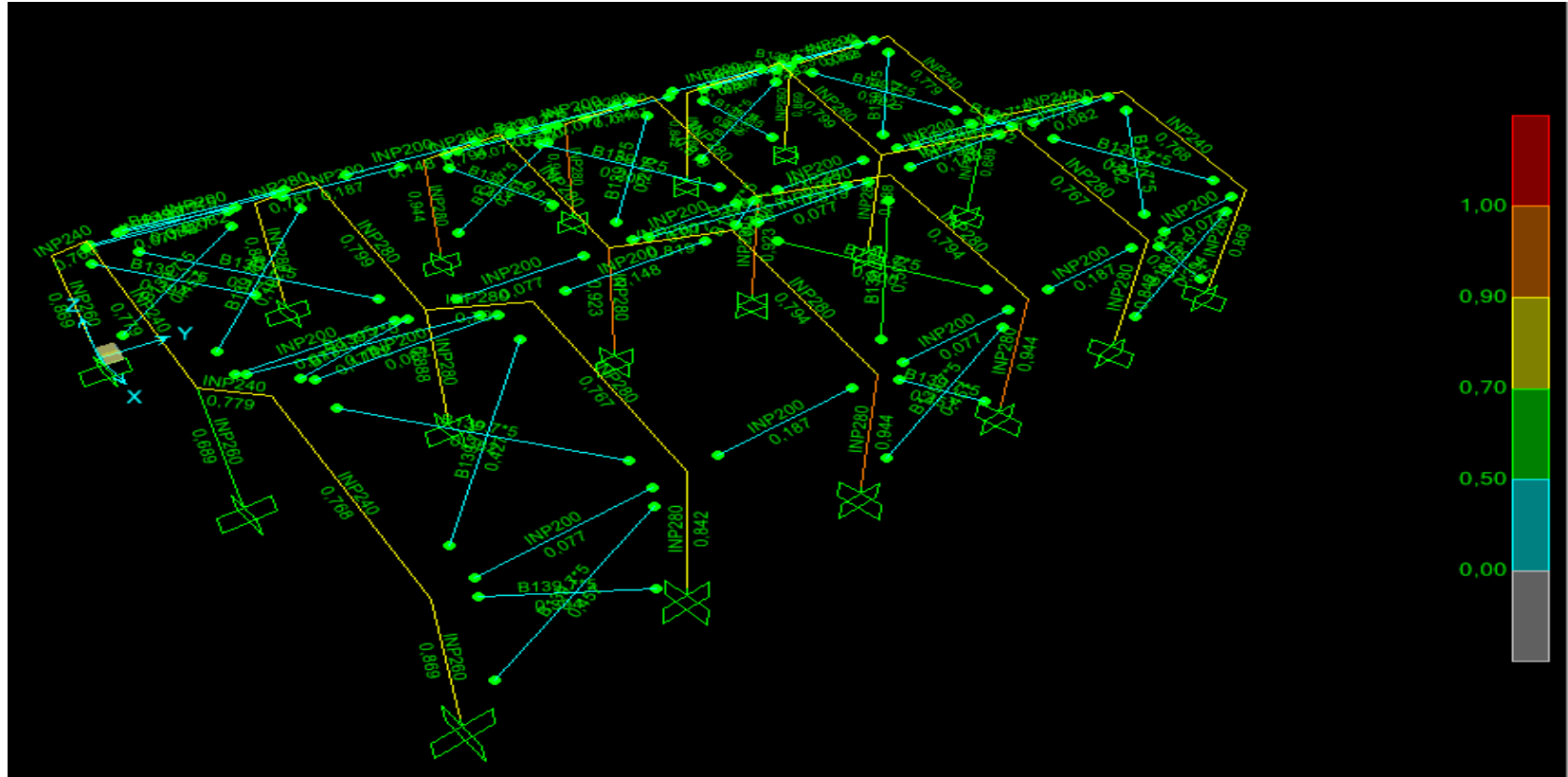
Şekil 4.33: Analiz modeli 2 (Eurocode).



Şekil 4.34: Analiz modeli 2-tasarım sonuçları (Eurocode).



Şekil 4.35: Analiz modeli 3 (ASCE).



Şekil 4.36: Analiz modeli 3-tasarım sonuçları (ASCE).

4.3.4.5 Analiz özeti

Tasarım sonuçlarından da görüleceği üzere, metrajın daha dengeli bir şekilde karşılaştırılabilmesi için, profillerin çalışan gerilme oranları(stress ratio) birbirine yakın olacak şekilde seçimler yapılmıştır. Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi toplam metraj TS-498 ile yapılan tasarıma göre oranlandığında Eurocode yüklerine göre yapılan tasarımda %8,8 , ASCE yüklerine göre yapılan tasarımda ise %15,7 fark etmiştir. Ayrıca aşıklar karşılaştırıldığında ise bu oranlar Eurocode için %24,4 iken, ASCE için %48 farketmiştir.

Çizelge 4.3: Analiz modelleri özeti.

Yönetmelik	G+0.3Q	X yönü Taban Kesme Kuvveti	Y yönü Taban Kesme Kuvveti	Metraj	Aşıklar
TS-498	56,21ton	11.24 ton	14.05 ton	26.21 ton	7.62 ton
Eurocode	61.38ton	12.28 ton	15.344 ton	28.53 ton	9.48 ton
ASCE	63.62ton	12.73 ton	15.91 ton	30.32 ton	11.3 ton

5.DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

Uluslararası düzeyde önemli bir yere sahip olan kar birikmesi konusu; 16 metre açıklığında, 5 farklı noktasından alt taşıyıcısına mesnetli bir şed çatı modeli (vadi bölgesi eğim etkisi açısının 15° ve 31° olması durumlarına göre) ve toplamda 600m^2 kapalı alanı olan simetrik bir endüstri yapısı analiz edilerek irdelenmiştir. Çatılardaki vadi bölgesi, çatıda kar birikmesinin oluşmasının beklenildiği bölgedir. Bu irdelemeler TS-498, Eurocode 1-3 ve ASCE 07-10-Kar yükleri kuralları doğrultusunda yapılmıştır. Değerlendirmeye çatı modellerinin 15° eğimli olanından başlandığında; bu eğimde bulunan çatılar için TS-498 kapsamında herhangi bir birikme veya azalma durumu göze alınmamaktadır. Bu nedenle uygulama değeri olarak belirlenen 75kg/m^2 zemin kar yükü bütün çatı kirişlerine etkilmiştir. Ancak Eurocode kapsamında birikme ve birikmeme durumlarına göre çatı yükleri farklı değerler almaktadır. Eurocode 1-3'e göre yapılan uygulamalarda birikmemiş durumda çatı şekil katsayısı ile azaltma olduğu için TS-498'e göre mesnet tepkileri daha küçük değerler almaktadır. Ancak birikmiş durum göze alındığında, vadi bölgesinde TS-498'e göre %12 oranında daha fazla mesnet tepkisi oluşmaktadır. TS-498'e göre yükleme yapıldığında birikmenin beklenmediği kirişlerde daha fazla mesnet tepkisinin oluşması, o alanlarda daha gayri ekonomik kesitler çıkmasına neden olacakken, birikmenin olması beklenen vadi bölgesinde ise bölgesel veya toptan göçme ihtimalini doğurmaktadır. Eurocode için ise bu durum şöyle değerlendirilebilir; vadi bölgesinde birikme ihtimali bulunduğundan, burada daha sağlam bir alan oluşturulacak ve bölgesel göçme önlenebilecek; ancak yan kirişlerde TS-498'e göre daha güvensiz bir durum oluşacaktır. Amerikan yönetmeliğinde ise şed tipi çatılarda eğim faktörü 1.0'dır; yani eğimden dolayı azaltma yapılmamaktadır. Çatı üzerinde dengeli kar yükü dağılımı TS-498 ile aynı sonuçları vermekte, ancak dengesiz kar yükü dağılımında oluşan mesnet tepkileri birikme beklenen vadi bölgesinde TS 498'e göre %56, Eurocode 1-3'e göre ise %38,4 daha

fazla oluşmuştur. Kar yükleri sisteme lineer değişken bir şekilde etki ettiği halde, vadi mesneti dışındaki mesnetlerde oluşan tepkiler Eurocode 1-3'e göre fazla, TS-498'e göre ise fazla, ancak daha yakın değerler olarak oluşmuştur. Bu durumdan ASCE'nin rüzgarın iki yönden de esebileceğini ve birikmenin sadece orta vadiye değil, yan yarım vadilerde de oluşabileceğini öngörerek statik tasarım yaptırdığı sonucu çıkarılmıştır. Ayrıca TS-498'in kar yükünü azaltmamasının da birikme vadisi dışında kalan alanlar için güvenli bir yükleme olduğunu da söyleyebiliriz. Ayrıca ASCE 07-10 kapsamında zemin kar yükü değerinin 75kg/m^2 alınarak, yani çatı kar yükü hesabında belirtilen 0.7 katsayısı ile çarpılarak hesaba katıldığı durum da analiz edilmiştir. Bu durumda dahi vadi bölgesinde oluşan mesnet tepkisi, TS-498'e göre yapılan hesaplar sonucu vadi bölgesinde hesaplanan mesnet tepkisi değerlerinden fazladır. Oluşan toplam mesnet tepkileri birikmiş ve birikmemiş yük bazında incelendiğinde yük sıralaması birikmemiş yüklerde azdan çoğa doğru; Eurocode kapsamında yapılan birikmemiş kar yükü hesaplaması, sonrasında eşit biçimde TS-498 ve ASCE 07-10 dengeli kar yükü hesaplamaları şeklindedir. Birikmiş kar yükü bazında sıralandığında; ASCE kapsamında hesaplanan ve 0.7 katsayısı ile azaltılarak etkitilen yükleme durumu, Eurocode kapsamında yapılan birikmiş kar yükü hesaplaması, TS-498 ve son olarak ASCE 07-10 dengesiz kar yüklemeleri şeklinde olmuştur. TS-498 için birikmiş veya birikmemiş durum gibi bir ayrım bulunmadığı için iki sıralamaya da konulmuştur.

31°'lik açığa sahip şed çatılar için oluşan sonuçlar irdelendiğinde; TS-498 uyarınca eğim açısı 30 derecenin üstünde olan çatılarda kar yükü azaltması yapılmaktadır. Bu nedenle mesnet tepkilerinde de azalma beklenebilir, ancak özellikle vadi bölgesinde artış olmuştur(eğimi sağlamak için eleman boyutları artmış bu da yük kolunu arttırmıştır). Eurocode 1-3 değerlendirildiğinde; birikmemiş kar yükü durumunda oluşan tepkiler TS-498'e göre daha az olmuş, ancak birikmiş durum incelendiğinde ise vadi bölgesinde TS-498'de oluşan tepkiye göre %23 seviyesinde mesnet tepkisinin arttığı görülmüştür. 15° açılı çatıda olduğu gibi, bu durumda da sadece vadi bölgesinde mesnet tepkisi TS-498'e göre fazladır. ASCE 07-10'a göre ise dengeli kar yüklemesinden dolayı oluşan mesnet tepkileri, TS-498'den ve Eurocode birikmemiş durumdan dolayı oluşan mesnet tepkilerinden daha fazladır. ASCE 07-10 dengesiz durum kar yüklemesi ise özellikle vadi bölgesinde TS-498'den %60,

Eurocode 1-3 birikmiş kar yüklemesinden ise %30 daha fazla tepkiye neden olmuştur. Çatı eğim açısının artması, mesnet tepkileri arasındaki oranların değişmesine neden olmuştur. Eurocode ile ASCE birikmiş kar yüklemesi sonucu vadi bölgesinde elde edilen mesnet tepkileri arasındaki oranda azalma olmuştur, bunun nedeni eğim açısının artmasından dolayı katsayının değişmesidir. Toplam tepki değerlendirildiğinde ise ASCE 07-10'de dengesiz kar yüklemesi eğim açısına göre değişiklik göstermediği için yine kar yükü fazladır ancak diğer yönetmelikler bazında yapılan yükleme koşullarında oluşan toplam yüklerde azalmalar oluşmuştur. Mesnetlerde oluşan değişken tepkiler, değerlendirmelerin yanlış yapılması durumunda, yanlış sonuçlara neden olunabileceğinin göstergesidir.

Bir yapıda oluşacak deprem kuvvetlerinin farklılığını ve yapı elemanlarının tasarımı sonucu ortaya çıkan metraj değerleri arasındaki farkı görebilmek için simetrik ve çok karışık olmayan bir endüstri yapısı sadece kaplama ve kar yükleri altında incelenmiştir. Çatı sistemi 31° eğim açısı seçilerek kurgulanmıştır. Yüklerin eğim yönüne dik olarak etkiyeceği kabul edilerek tasarım yapılmıştır. Sistem boyurlandırmasına ilk olarak aşıklardan başlanılmış ve burada bulunan sonuçlar yapının sabit yükünü belirlenmesini sağlamıştır. Kar yükü de standartlar doğrultusunda sisteme etkililmiş ve tasarımlar yapılmıştır.

Deprem yükü bilindiği gibi teorik olarak yapının sabit ağırlığına bağlı olarak tasarlanan bir yüküdür, öte yandan depremde mevcut hareketli yükün(bu tasarımda kar yükü) belirli bir oranı (hareketli yük azaltma katsayısı oranında) sabit yük olarak dikkate alınmaktadır. Bu nedenle kar yüklerinin farklılığı ve sistemin güvenli sayılabilecek tasarımı sonunda oluşan yük farklılıkları taban kesme kuvvetlerinin de farklı oluşmasına neden olmuştur. Kar yükleri sisteme etkililirken Eurocode yaklaşımı kenar kirişlerde de birikme ihtimali göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Sistem çözümünde yönetmeliğimizde bulunan yük kombinasyonları kullanılmıştır. Tasarımlar sonucunda profillerin çalışan gerilme oranları(stress ratio) birbirine çok yakın tutularak metraj farklılığının daha doğru bir şekilde yorumlanması sağlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Eurocode ve ASCE yük katsayılarına göre çözümlenen yapılarda yüklerin daha fazla olmasından dolayı deprem yükleri ve metraj değerleri, TS-498 kar yüklemesi durumuna göre daha fazla çıkmıştır. Deprem yükleri Eurocode'da %9,2, ASCE'de %13,2 oranında; metrajlar

ise Eurocode'da %8,8, ASCE'de %15,7 fark etmiştir. Ayrıca sadece aşık elemanları karşılaştırılırsa Eurocode kar yüklemesinden dolayı oluşan metraj %24,4 , ASCE'den dolayı olan ise %48 fark etmiştir.

Bu tez kapsamında yapı asimetrik, düzensiz veya açıklıkları daha fazla olan bir yapı olarak dikkate alınmamıştır ancak buna rağmen böyle farklar oluşmuştur. Daha komplike yapılarda daha büyük farklar oluşması beklenebilir. Proje mühendisinin tasarım yaklaşımına göre metraj sonuçlarında farklılıklar oluşması da söz konusudur. Ayrıca metrajlar sadece ana elemanların metrajını içermektedir, yükler arttıkça ve yapı asimetrikleştikçe deprem kuvvetleri artarak sisteme etkiyecektir. Bu durum birleşim elemanlarının ve çapraz elemanların da daha maliyetli olmasına neden olacaktır. Ancak özellikle endüstri yapılarında kullanılan bu tip çatıların ve hatta bütün binanın güvenli olması, yapının işletmecisi (veya sahibi) için daha önemli olmaktadır. Hem personelinin iş güvenliği hem de makine parkının güvenliği işletmeci için önemlidir. Bu nedenle yapının ilk tasarım aşamasında maliyet olarak gözükken durum, endüstri yapıları için daha sonraki zamanlarda kâr olarak geri dönebilmektedir.

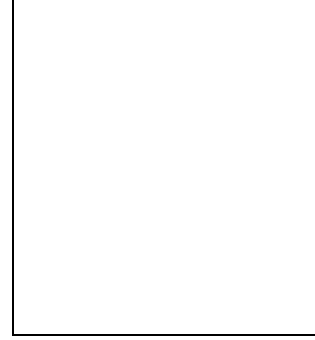
Kar yükü değerlerinin çok fazla alınması durumunda kiriş ve aşık kesitleri büyüyeceği için gayri ekonomik bir tasarım ortaya çıkacaktır, ancak yüklerin az alınması durumunda ise bölgesel veya genel göçmeler meydana gelecek ve bu durum can kaybı riskinin yanı sıra, tamir masrafları nedeniyle ekonomik olarak da ek bir maliyet oluşturacaktır. Yük yönetmeliğimiz TS-498'de basit ve fazla ayrıntılı olmayan bir şekilde tanımlanan kar yükü, Eurocode ve ASCE 07-10'da çok daha detaylı olarak incelenmektedir. Hatta ASCE'de sadece kar yükünün farklı bütün durumları ile ilgili rehber kitaplar dahi bulunmaktadır. Analiz yapılmasa da bilgi verilen Kanada yönetmeliğinde ise yağmur yükü de yapıya kar yükü ile birlikte etkitilmektedir. Bu çalışmada sadece şed tipi çatılar için yüklemeler incelenmiştir, ancak açıklamalarda tanımlanan diğer çatı tipleri için yapılacak çalışmalar sonucunda da çok farklı sonuçlar çıkacaktır. Ülkemizin rakımı yüksek yerlerinde de kar yağışı yoğundur, hatta kar temizliklerinin aşırı soğuklardan veya yöntem bilgisizliğinden ötürü yapılamaması sonucu kar yükü Doğu Anadolu Bölgesi'nde kış aylarında neredeyse sabit bir yüke dönüşmektedir. Beklemiş kar ile yeni yağın karın arasında dahi birim hacim ağırlığı farkı bulunduğu dikkate alınmalı, buzlanma durumu da

dahil olmak üzere bu bölgelerde ekstra önlemler alınarak tasarım yapılmalıdır. Ülkemiz Eurocode 1-3 standardını Türkçe'ye çevirerek bir adım atmış olmakla birlikte meteorolojik incelemelerin ve istatistiki değerlendirilmelerin daha yoğun bir şekilde yapılması ve ülkemizin de günümüzde daha kapsamlı ve detaylı bir kar yükü yönetmeliğine sahip olması gerekliliği ortadadır. Zemin ve fay analizleri mikro ölçeklendirmeler ile yürütülürken, kar yükü gibi bir yük kavramının da olabildiğince mikro yani detaylı düzeyde incelenmesi gerekmektedir. Ancak bu süreç gerçekleşinceye dek tasarım yaparken bütün yönetmeliklerin irdelenerek oluşabilecek her durumun gözönüne alınması ve ekonomi-emniyet diyagramında optimum değeri oluşturacak şekilde dizayn yapılması gerekliliği bu çalışmadan çıkarılacak en önemli sonuçtur.

KAYNAKLAR

- ASCE 07-10** (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, *American Society of Civil Engineers*, Reston, VA.
- Demir, A.** (2012). “Geniş açıklıklı ve makas çelik kirişli bir alışveriş merkezi yapısının ilgili Türk standartları ile Avrupa standartları uyarınca ayrı ayrı boyutlandırılıp karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- CSI (2010)**. CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS and SAFE, *Computer and Structures Inc.*, Berkeley, CA.
- EN 1991-1-3** (2003). Eurocode 1 - Actions on structures - Part 1-3: General actions Snow loads, *Avrupa Standartları Komitesi (CEN)*
- Faraji, H. P.**(2011). Design of Standard Type Buildings Using NBCC/IBC
- Irwin, P. A.** (2010). Wind and snow loads –an international perspective
- O’ Rourke, M.** (2010). Guide to the Snow Load Provisions of ASCE 07-10
- Piroğlu, F. , Özakgöl, K.** (2013). Çelik uzay çatılarda yağmur suyu birikmesinin incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- TS-498** (1997). Yapı Elemanlarının Boyutlandırmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- TS-7046 (1989)**. Yapıların Tasarımı için Esaslar – Çatılardaki Kar Yüklerinin Tespiti, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- TS EN 1991-1-3** (2007). Yapılar Üzerindeki Etkiler-Bölüm 1-3: Genel Etkiler – Kar Yükleri (Eurocode 1), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Ahmet Erdem Haberdar
Doğum Yeri ve Tarihi : Üsküdar, 07.05.1986
E-Posta : haberdarahmet@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü