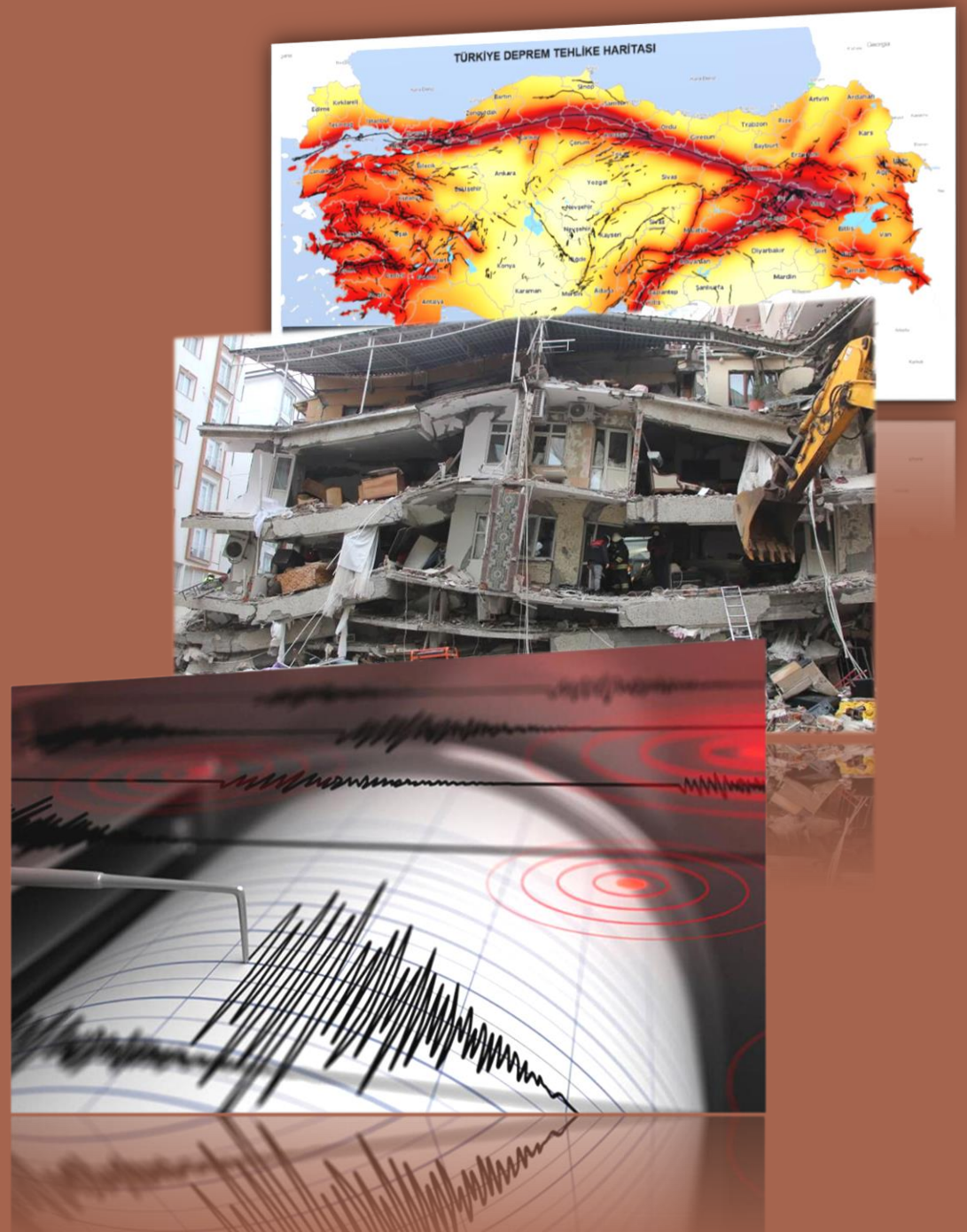
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KARADENİZ TECHNICAL UNIVERSITY
1955

ÇORUM BELEDİYESİ
Yapı Kontrol Müdürlüğü

EĞİTİM SEMİNERLERİ

- Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım İlkeleri
- Betonarme Yapılar
- Çelik Yapılar
- Güvenli Yapılarda Mimari Tasarım



Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi

Deprem ve Yapı Sağlığı Uygulama Araştırma Merkezi Müdürü

DEPREMLERE DİRENÇLİ KENTLER

a)

- Yönetim
- Jeolojik ve Jeofizik ve Geoteknik Mikro Bölgelendirme
- Fay Haritası
- Tehlike Analizi
- Bina Yerleri/Yeşil Alan Yerlerinin Belirlenmesi
- Kent Planlanmasının Yapılması

b)

- Halkın Bilinçlendirilmesi

c)

- Altyapının Hazır Hale Getirilmesi

d)

- Yapı Stoku Hazırlanması / **DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI**

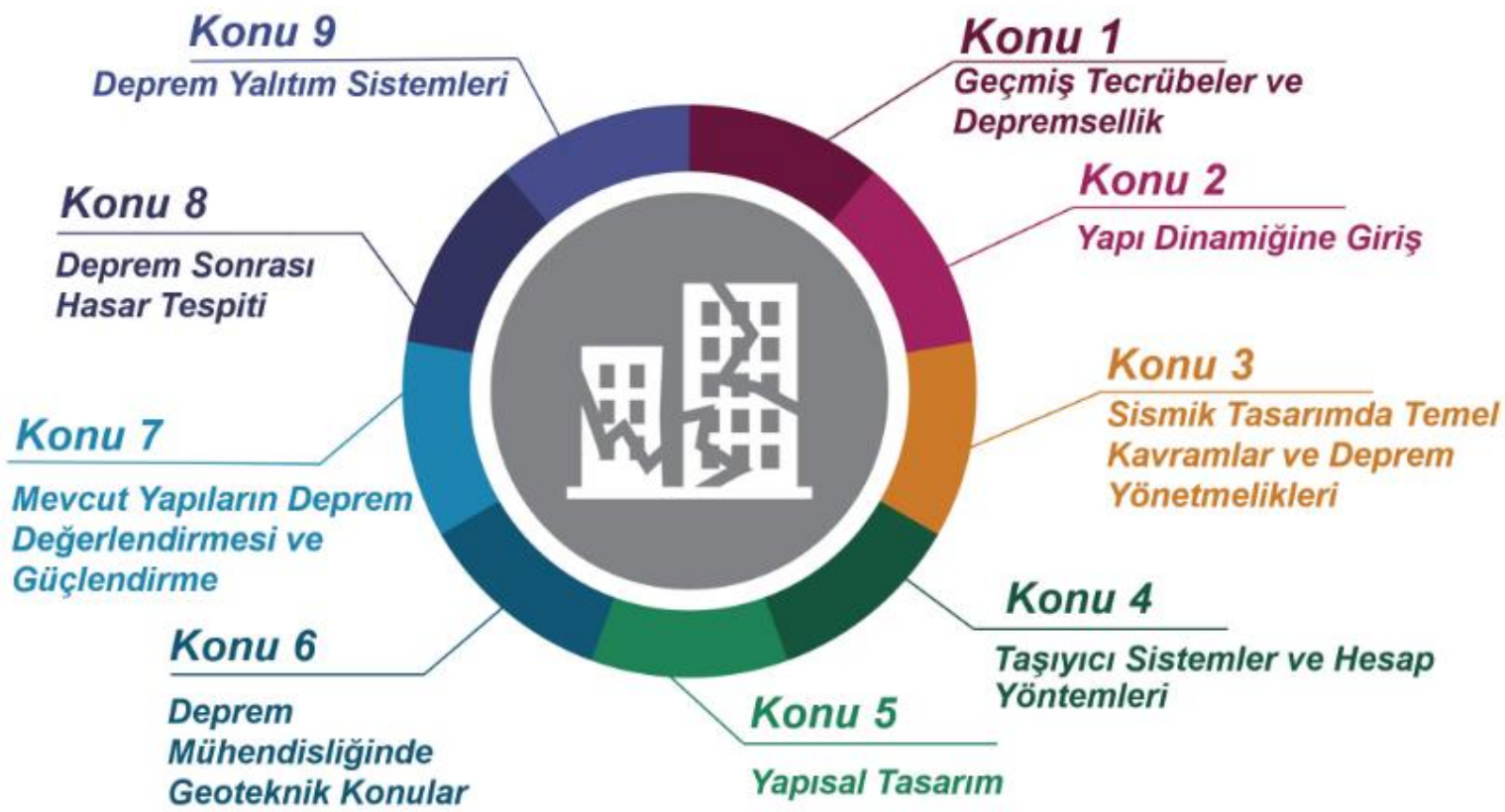
e)

- Çevrenin Depreme Hazır Hale Getirilmesi. Moloz Döküm yerleri, Sağlık Problemi vb.

f)

- İş Gücü, Ekipman, Ekonomik Bağımsızlık

Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temelleri

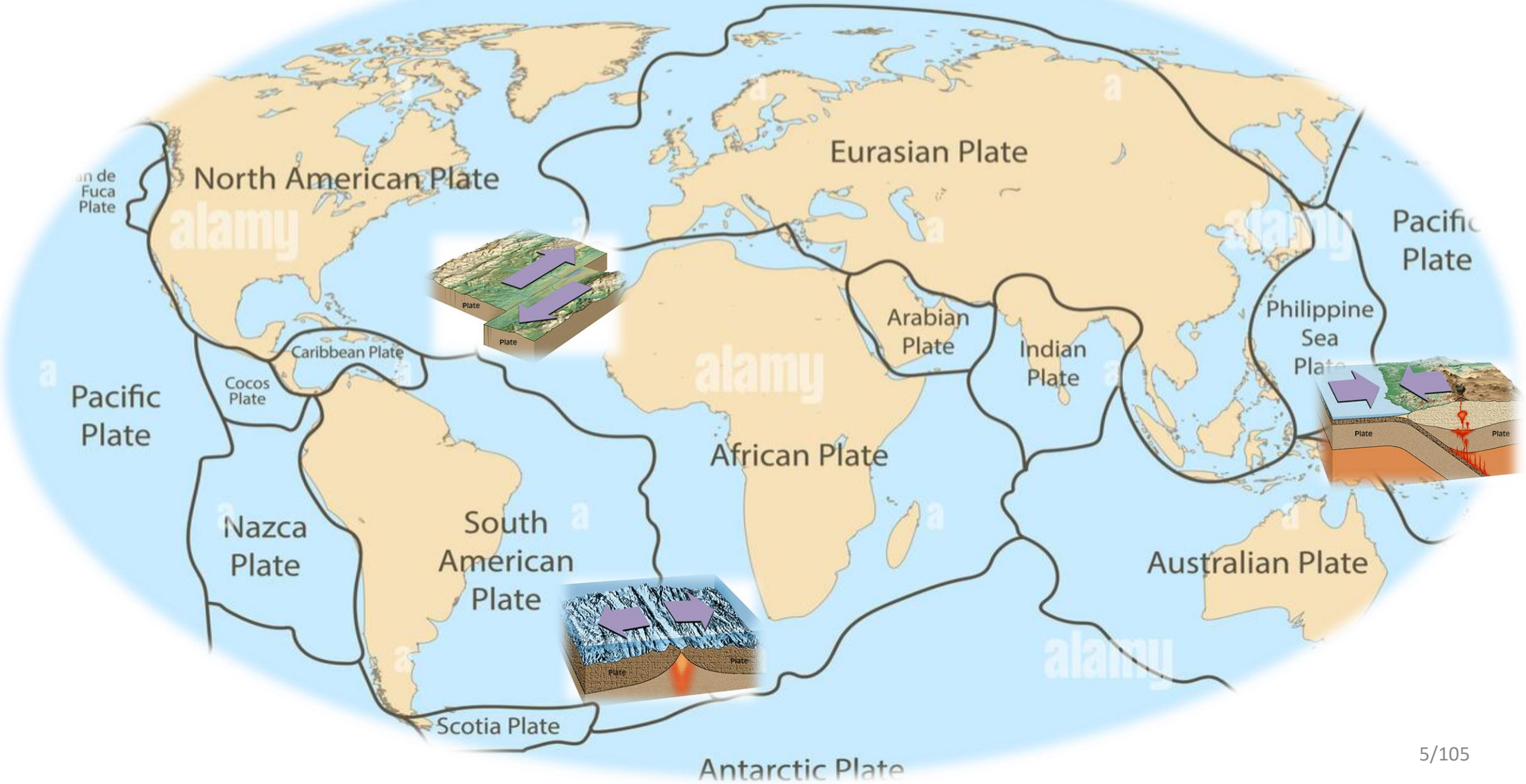


Çevre, Şehircilik ve İklim Değişimi Bakanlığı'nın desteği ile Türkiye Deprem Vakfı ve ARUP Türkiye tarafından düzenlenen Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temelleri eğitimi

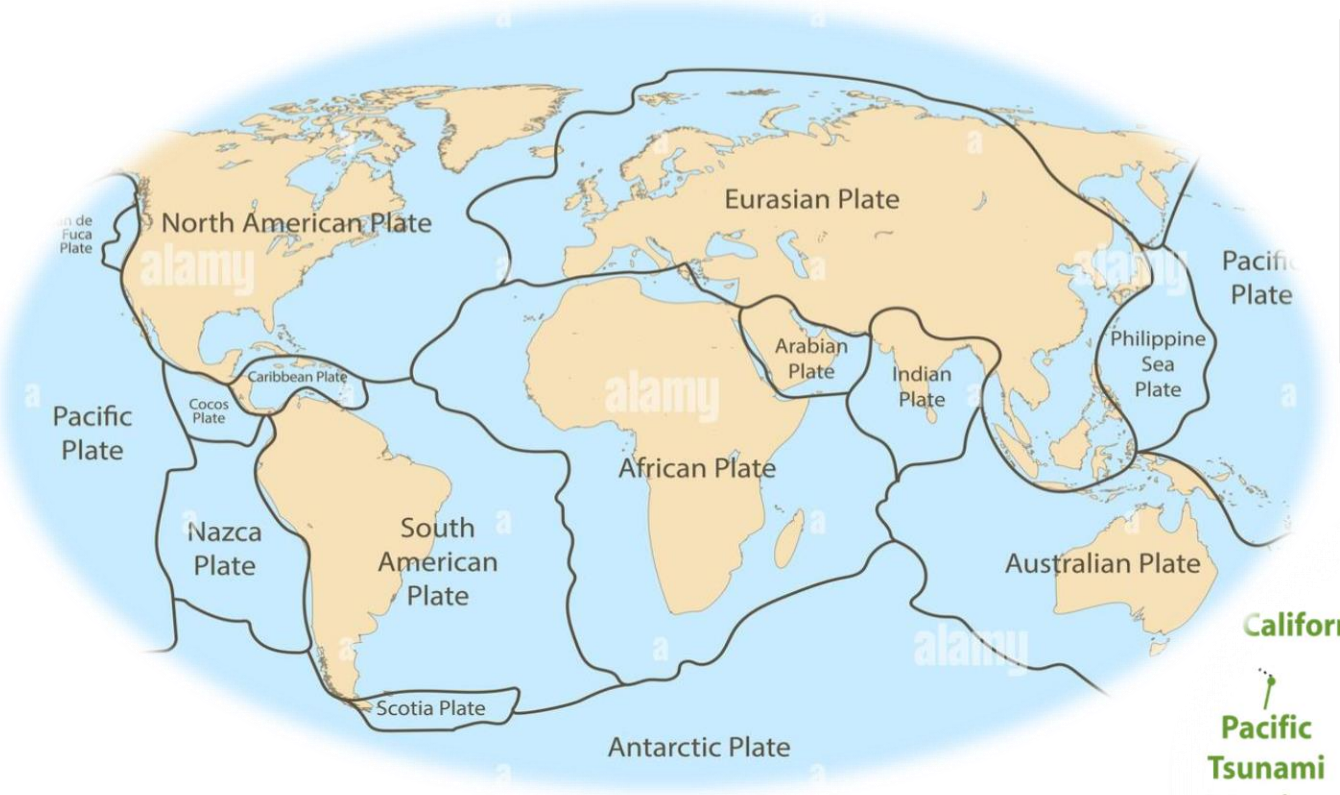
https://lnkd.in/dCNFae4c

DEPREM / Plaka Tektoniği Kuramı

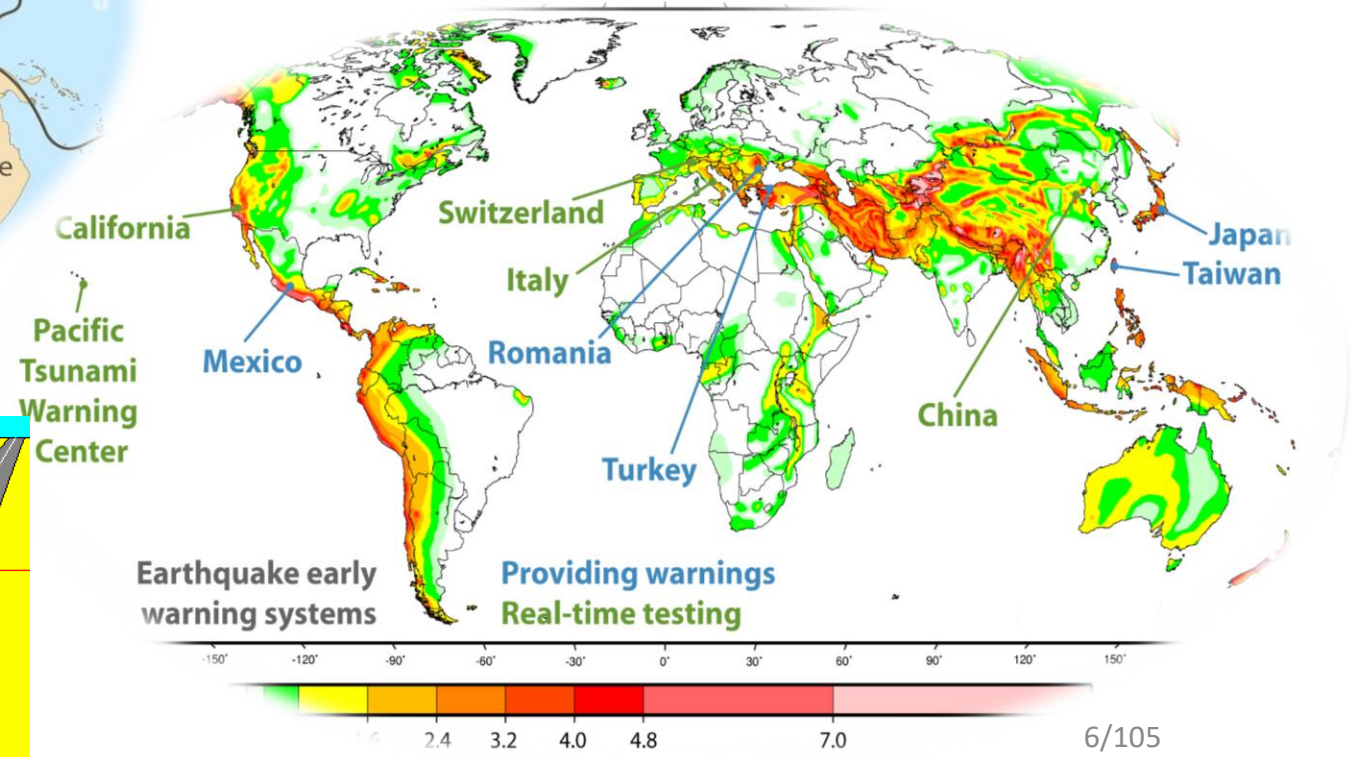
DEPREM / Plaka Tektoniği Kuramı



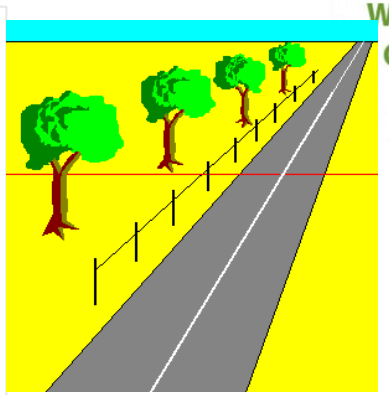
Deprem Oluşumu



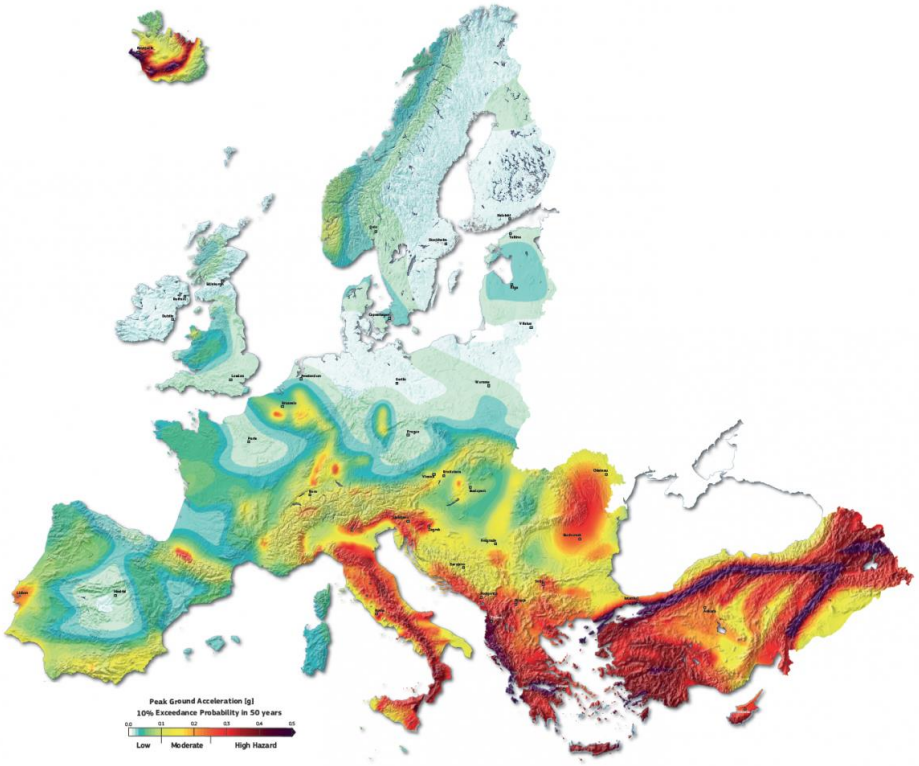
Yeryuvarının yapı ve hareketlerini bir bütün olarak konu alan **Plaka Tektoniği** kavramına göre, yerin dış kısmını oluşturan 70-100 km kalınlıkta ve rijit özellikteki litosfer, 7 büyük ve birkaç küçük parçacıktan meydana gelmiştir.



Hareket eden bu plakalar faylarla bölünmüş olup, fayların hareketi sonucu açığa çıkan elastik deformasyon enerjisinin oluşturduğu titreşim hareketlerine **deprem** adı verilir.

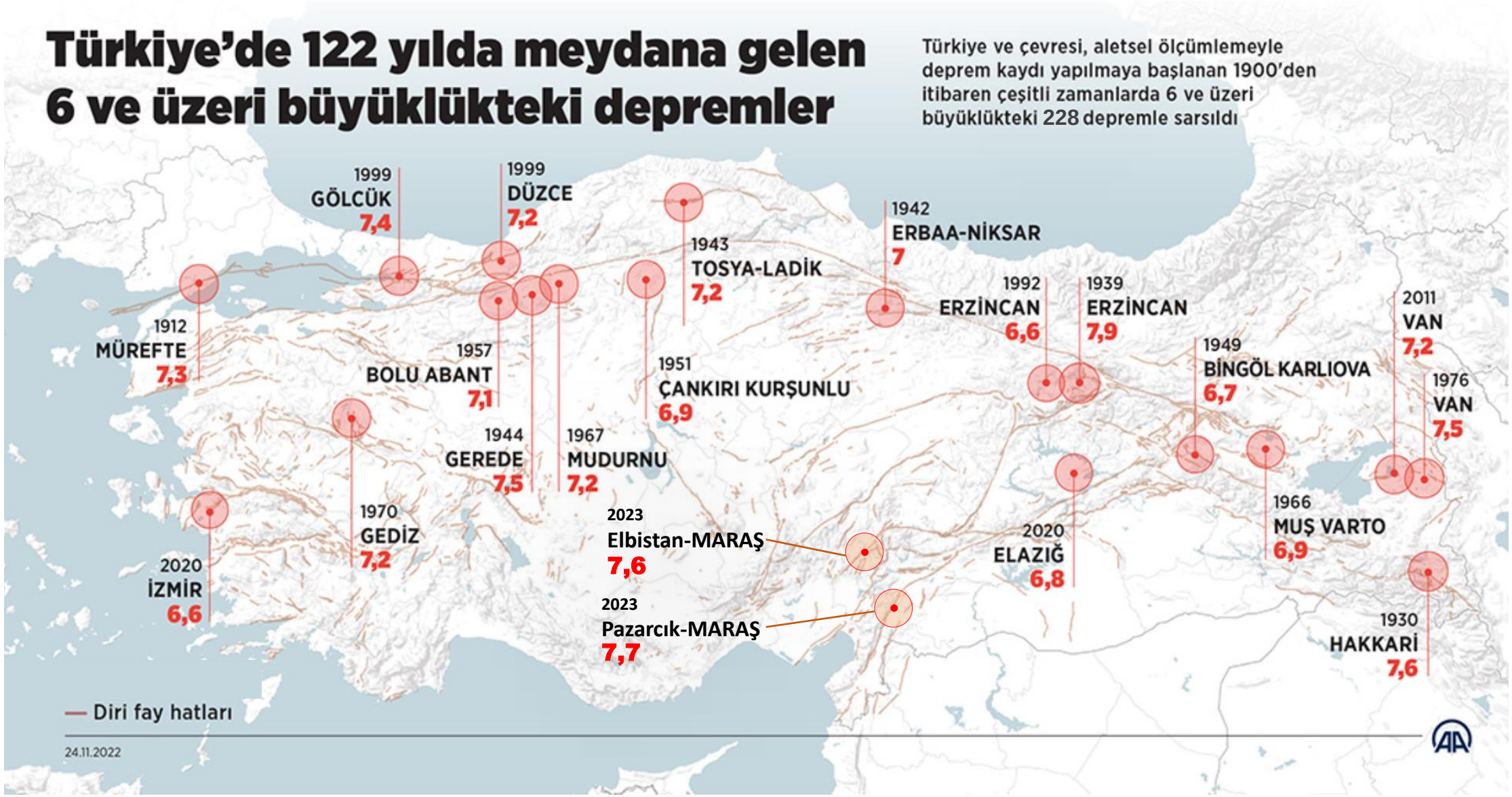


Ülkemizin Depremselliği

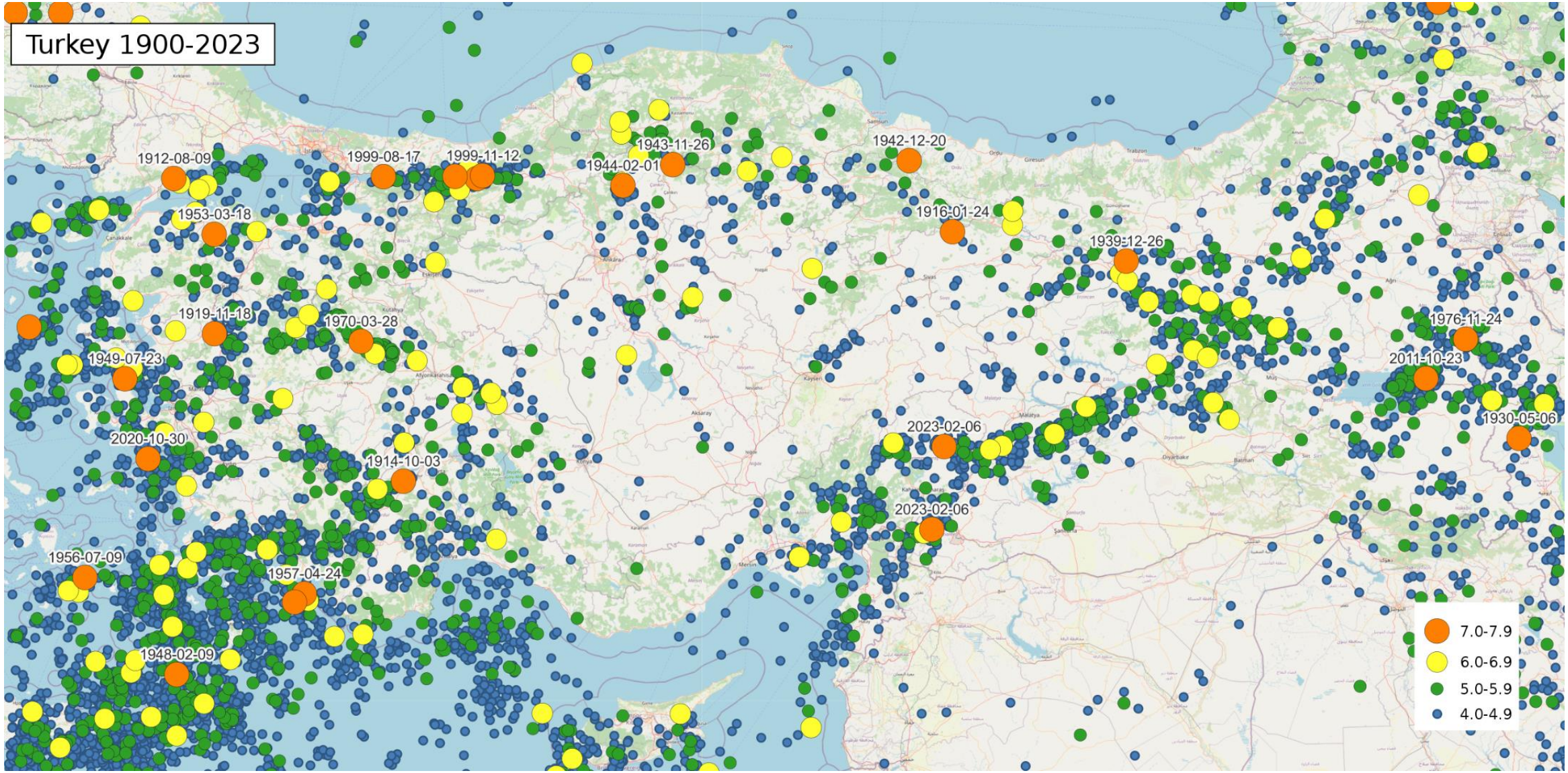


Ülkemiz dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Ülkemizin karmaşık jeolojik yapısı ve jeodinamik konumunu çok sayıda aktif fay bulunmasının nedenidir.

Ülkemizin Depremselliği



Ülkemizin Depremselliği



20.yy'ın başlarından itibaren yapılan istatistik tabanlı çalışmalar, Ülkemizde çok kısa aralıklarla yıkıcı depremlerin meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Ülkemizin kaçınılmaz bir doğal afet bölgesi olduğunu göstermektedir.

«%95'i deprem riski taşımakta olan Ülkemizde, büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ü deprem riskini yakından hissetmektedir.»

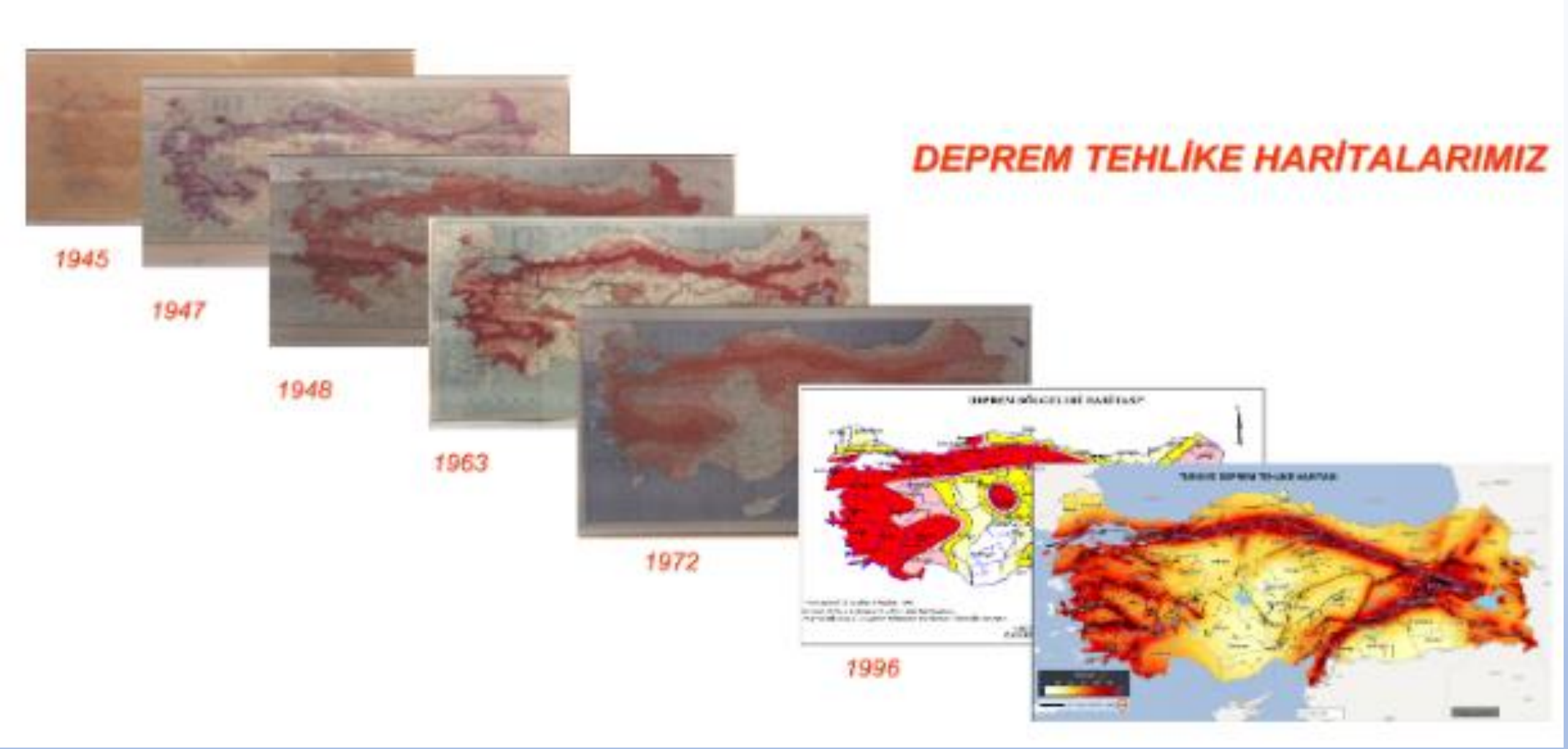
Bu durumda yapılması ve alınması gereken en önemli önlem;

- **Ülkemizdeki deprem gerçeğinin farkına varmak,**
- **mühendislik açısından depremin özelliklerini çok iyi tanıyıp gerekli tedbirleri projelendirme ve inşaat sırasında almaktır.**

YÖNETMELİK İHTİYACI

«DEPREM YÖNETMELİĞİ»

- **Yurt dışında ortalama 3-5 yıl içerisinde yenileniyor.**


DEPREM TEHLİKE HARİTALARIMIZ
1945
1947
1948
1963
1972
1996

Ülkemizde Geçmişten Günümüz Afet/Deprem Yönetmelikleri

- 1940 - Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi
- 1944 - Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi
- 1949 - Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
- 1953 - Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
- 1962 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)
- 1968 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)
- 1975 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)
- 1998 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)
- 2007 - Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)

«2018 - Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)»

- **1940 - Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi**

1939 yılında meydana gelen ve Ülkemizdeki 20.yy afeti/felaketi olarak adlandırılan Erzincan depremi sonrası İtalyan yönetmeliği aynen tercüme edilmiştir.

- **1944 - Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi**

Yönetmelik değil kanundur. Valiliklere yıkılmaya yakın binaları yıkmaya yetki (malihi inhidam) vermiştir. Çok fazla yürürlüğü girmemiştir.

- **1949 - Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği**
- **1953 - Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**

Bu iki yönetmelik, 1962 yılına kadar ara geçiş yönetmeliği olarak deprem ve hesaplamaları hakkında genel bilgilerin verilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bir önceki ceza hükümleri kaldırılmıştır.

- **1962 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)**

Adı yönetmelik olan ilk yönetmeliktir. Temelde oldukça eksik ve yanlışlıklar içermektedir.

- **1968 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)**

1967 yılı Adapazarı depreminden sonra ilgili yönetmelik düzeltilmiştir. 1963 yılında kurulan TSE sadece sanayi ürünlerinin standardize edilmesiyle uğraşırken ilk kez inşaat mühendislerinin gayretleriyle TS500 çıkartılmıştır. DIN Alman yönetmeliğinin benzeridir.

- **1975 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)**

1970 Gediz, 1971 Burdur ve Bingöl depremleri yapı stokunun kötü durumda olduğunu göstermiştir. Bu aşamada, mevcut TS500 ve Deprem Yönetmeliğinin uyumlaştırılması ve anlaşılabilir hale getirilmesi hedeflenmiştir.

Bu yönetmelik, donatı sıklaştırılması, kolonların kirişlerden güçlü olması gibi temel prensipleri lineer düzen içerisinde getiren ilk yönetmeliktir.

1975 bugün için oldukça ilkeldir fakat hükümleri harfiyen yerine getirilirse betonarme binalarda yeterli güvenliği sağlamaktadır.

- **1998 - Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)**

Yönetmeliğin çıkış nedeni, 20-23 sene geçtikten sonra 1996'da yürürlüğe giren deprem bölgeleri haritasıdır. İhtimal hesapları işin içine girince bu durumun yönetmelikte anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmıştır. 1994 Amerikan yönetmeliğine benzemektedir. Basit, anlaşılabilir ve uygulanabilirdir.

- **2007 - Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)**

1998 Yönetmeliği henüz test edilmemişken meydana gelen deprem sonrasında büyük maddi zararlar oluşmuş, Ülkemiz bu zararı karşılamak için tarihinin en büyük borçlarını almak zorunda kalmıştır. Adapazarı, Kocaeli, Gebze vb. yerlerde yeniden imar faaliyetleri başlarken, yönetmeliğimizde değerlendirme ve güçlendirme kısımlarının olması zorunluluğu istenmiştir. 7. Bölüm olarak 1998 yönetmeliğine eklenmiştir. Yönetmelik 100 sayfadan 160 sayfaya çıkmıştır.

Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği toplam 17 Bölüm'den oluşmaktadır.

Bölüm 1 – Genel Hükümler

Bölüm 2 – Deprem Yer Hareketi

Bölüm 3 – Deprem Etkisi Altında Binaların Değerlendirilmesi ve Tasarımı için Genel Esaslar

Bölüm 4 – Deprem Etkisi Altında Binaların Dayanıma Göre Tasarımı için Hesap Esasları

Bölüm 5 – Deprem Etkisi Altında Binaların Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarımı için Hesap Esasları

Bölüm 6 – Deprem Etkisi Altında Yapısal Olmayan Bina Elemanlarının Tasarımı Esasları

Bölüm 7 – Deprem Etkisi Altında Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 8 – Deprem Etkisi Altında Önüretimli Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 9 – Deprem Etkisi Altında Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 10 – Deprem Etkisi Altında Hafif Çelik Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 11 – Deprem Etkisi Altında Yığma Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 12 – Deprem Etkisi Altında Ahşap Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 13 – Deprem Etkisi Altında Yüksek Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 14 – Deprem Etkisi Altında Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 15 – Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 16 – Deprem Etkisi Altında Temel Zemini ve Temellerin Tasarımı İçin Özel Kurallar

Bölüm 17 – Düzenli Yerinde Dökme Betonarme Binalar İçin Basitleştirilmiş Tasarım Kuralları

2018-TBDY Başlıca Özellikler ve Yenilikler

- **İyileştirme:**

2007 yılından itibaren geleneksel yöntemlerde belirlenen zaman bağlı eksiklikler revize edilmiştir. En önemli iyileştirme ise deprem etkisi altında temel zemini ve temellerin tasarımı kısmında getirilen ayrıntılı kurallardır.

- **Geliştirme:**

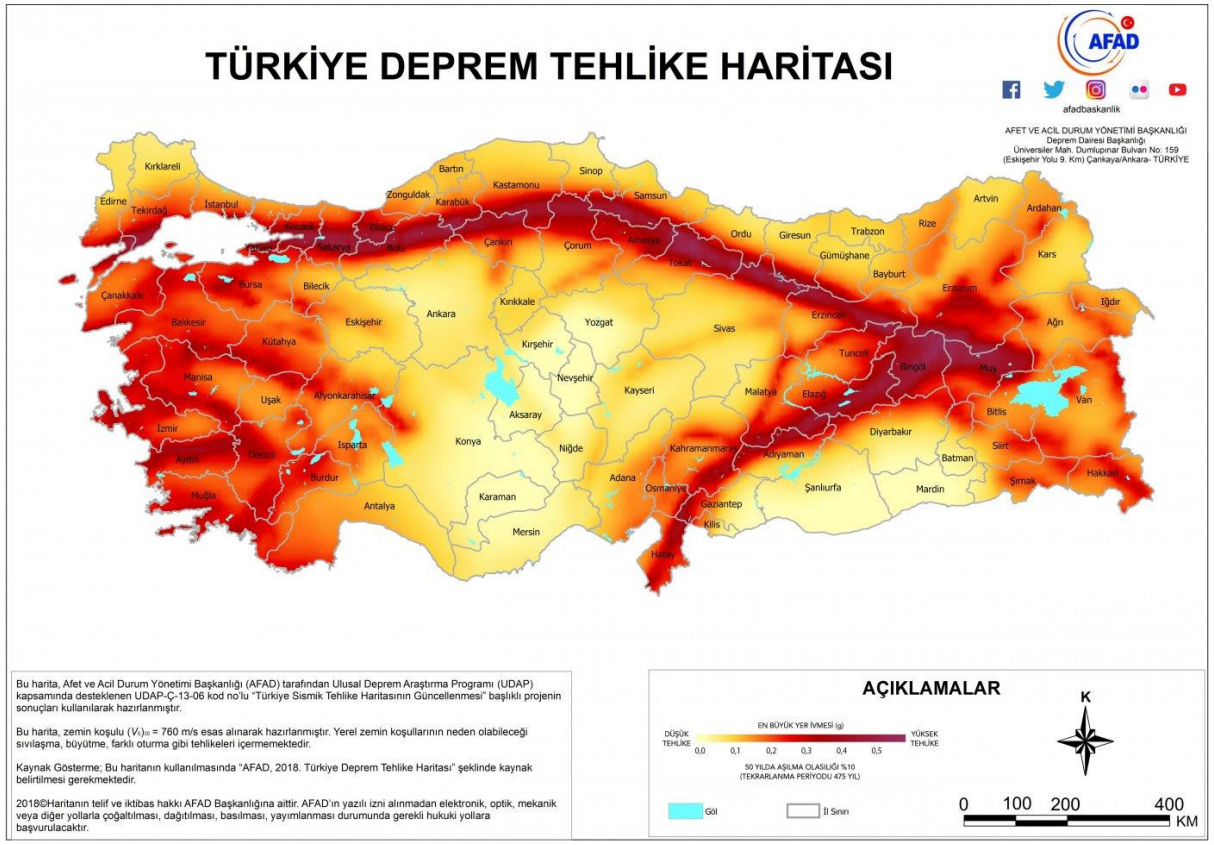
2007 yılında sınırlı düzeyde yer alan performansa dayalı değerlendirme ve tasarım hem yeni hem de mevcut binalar için detaylandırılmıştır. Önemli ve yüksek binalarda uygulamaya ait hükümlere yer verilmiştir.

- **Yeni Teknolojiler:**

Yeni tür taşıyıcı sistemlerin (yüksek binalar, yalıtımlı binalar, hafif çelik, donatılı yığma duvarlar, çelik çapraz kullanımı vb.) hesabı için bölümler ilave edilmiştir.

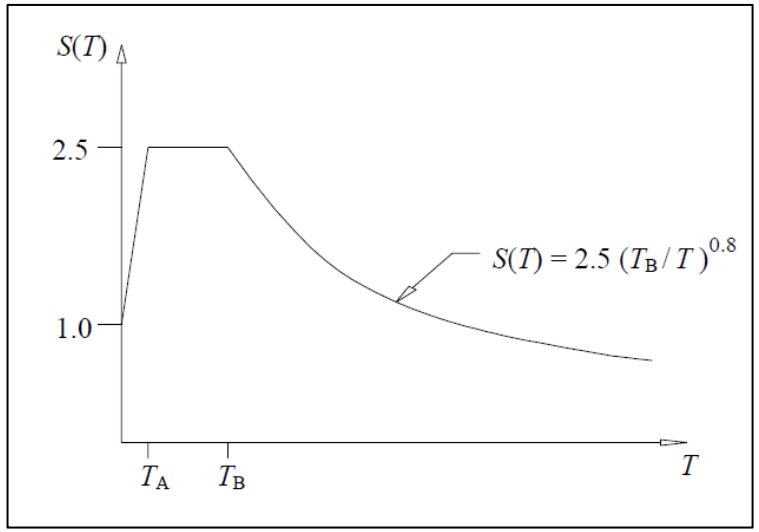
GİRİŞ VE KAPSAM

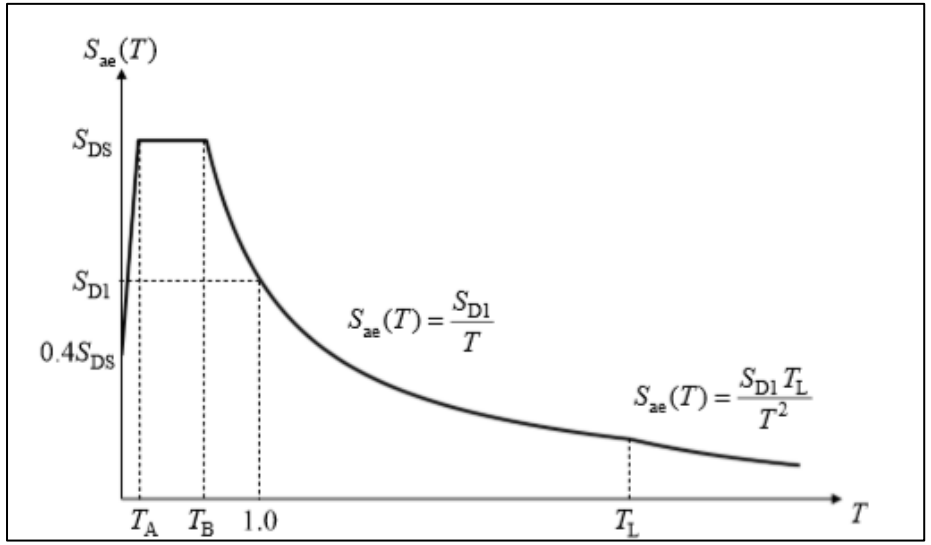
- **18 Mart 2018 tarihinde TBDY ile birlikte «Türkiye Deprem Tehlike Haritası (TDTH)» yayınlanmıştır.**



GİRİŞ VE KAPSAM

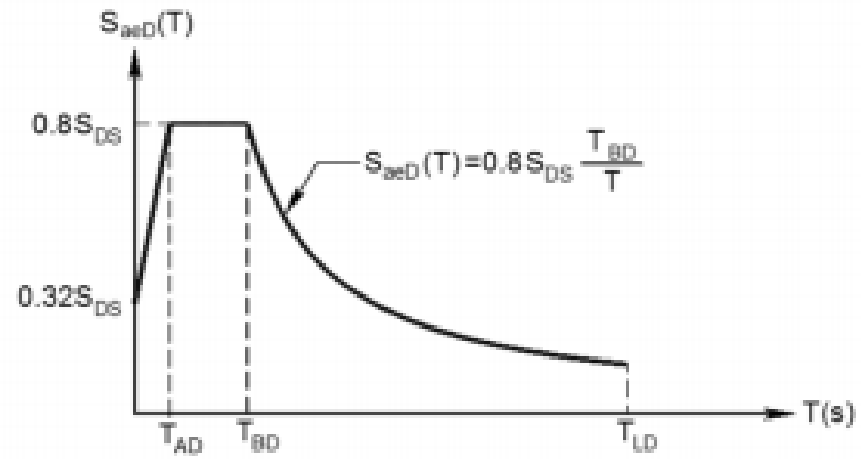
- **Deprem Tehlikesi tanımında esaslı bir değişikliğe gidilmiştir.**
- **Standart ivme spektrumunu oluşturan deprem tehlikesi ve zemin etki parametreleri önemli derecede değişmiştir.**
- **Spektrumun analitik ifadesi değişmiştir.**





GİRİŞ VE KAPSAM

- **Yatay spektruma ilave olarak ilk kez düşey yer hareketi spektrumu tanımlanmıştır.**



Düşey Elastik Tasarım İvme Spektrumu [g]

- **4 (dört) farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır.**
- **Her bir deprem düzeyi için spektrum parametreleri tanımlanmıştır.**
- **Bu veriler özellikle Bölüm 3'te performansa dayalı hesaplarda çeşitli binalar için istenilen performans hedeflerinin değerlendirilmesinde kullanılacaktır.**

DEPREM TEHLİKESİ KAVRAMI

- **Deprem yer hareketi Deprem Tehlike Haritaları ile tanımlanır.**
- **Kesin olmayan deprem tehlikesi , yer hareketi ivmesinin belirli bir büyüklüğe ulaşması veya onu aşması olarak tanımlanır.**

Bunun için esas alınan temel veriler;

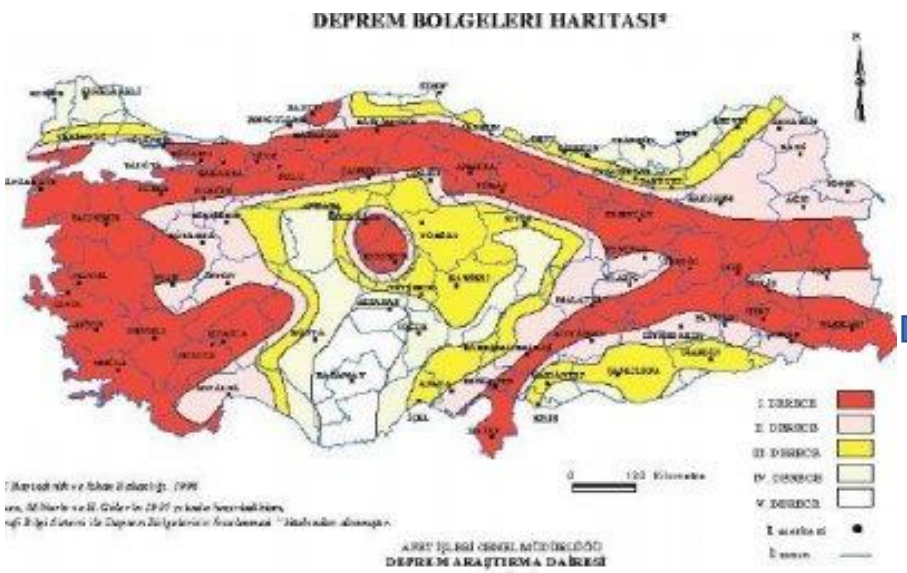
- ❑ **DİRİ FAY HARİTALARI**
- ❑ **DEPREM KATALOGLARI**
- ❑ **YER HAREKETİ TAHMİN DENKLEMLERİ**

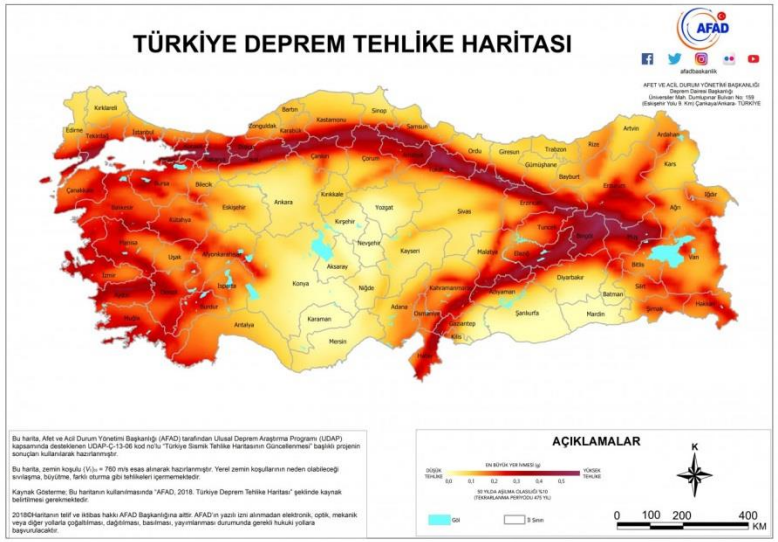
TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI

- **1996 yılında yayınlanan «Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası»'nda, ülke genelinde dört deprem bölgesi tanımlanmıştır.**
- **Bu bölgelerdeki deprem tehlikesinin sabit olduğu düşünülmüştür.**
- **Etkin yer ivme katsayısı A_0, 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 olan depremdir.**
- **Tasarım depremi olarak adlandırılır ve tekrarlanma periyodu 475 yıldır.**

TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI

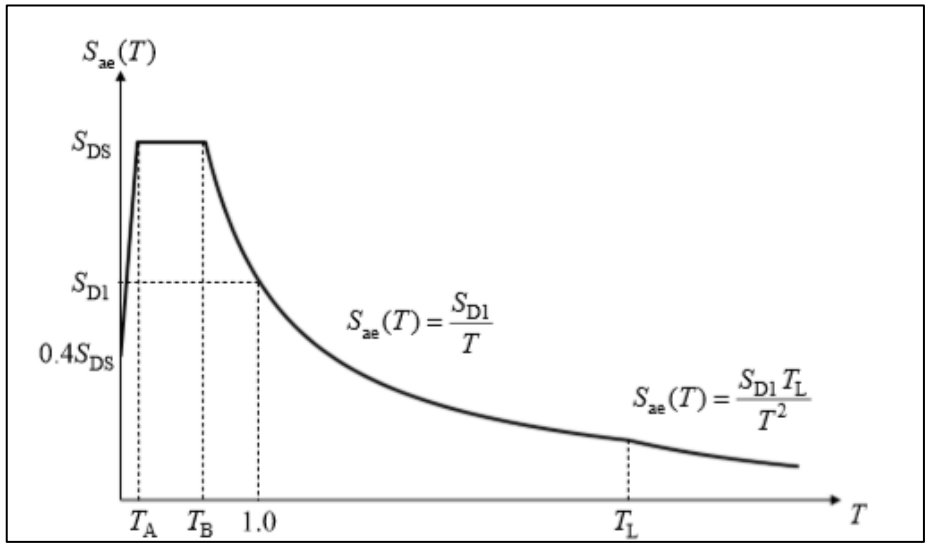
- **Deprem yönetmeliği çalışmaları ile MTA tarafından başlatılan «Türkiye Diri Fay Haritası» çalışmaları eş zamanlı devam etmiş ve yayınlanmıştır.**
- **2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası, 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasından oldukça farklıdır.**





TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI

- **Deprem bölgesi kavramı kalkmıştır.**
- **Bölge haritası değil noktasal lokasyona bağlı deprem tehlikesi belirlenmektedir.**
- **A_0 etkin yer ivmesi yerine kısa periyot (0.2sn) ve 1.0sn periyotlara karşılık gelen ivmeler tanımlanmaktadır.**
- **İvme spektrumu da bu değerlere göre tanımlanmaktadır.**



$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

TÜRKİYE DEPREM TEHLİKE HARİTASI

- **Deprem tehlikesi tek bir yer hareketi düzeyinde değil dört farklı düzeyde tanımlanmaktadır.**
- **0.2sn ve 1.0sn spektral ivmelerin yanında başka mühendislik verileri de elde edilebilmektedir.**
- **Harita detaylı çalışmalar ile birlikte 6-8km'lik alanlara ayrılmıştır.**

https://tdth.afad.gov.tr/

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2]	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[3]	KH	DGT[3,4]
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

[1] BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.
[2] BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.
[3] Ön tasarım olarak yapılacaktır.
[4] $I = 1.5$ alınarak uygulanacaktır.
[5] Bkz. 3.5.2.2.

DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin **50 yılda aşılma olasılığının %2** ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun **2475 yıl** olduğu **çok seyrek** deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, gözönüne alınan **en büyük deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin **50 yılda aşılma olasılığının %10** ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun **475 yıl** olduğu **seyrek** deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, **standart tasarım deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.

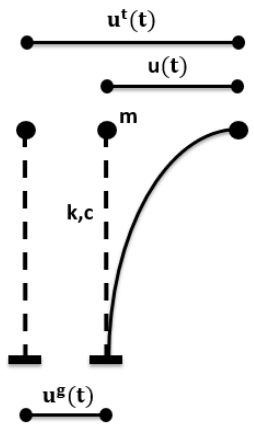
DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin **50 yılda aşılma olasılığının %50** ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun **72 yıl** olduğu **sık** deprem yer hareketini nitelemektedir.

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin **50 yılda aşılma olasılığının %68** (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun **43 yıl** olduğu **çok sık** deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, **servis deprem yer hareketi** olarak da adlandırılmaktadır.

DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

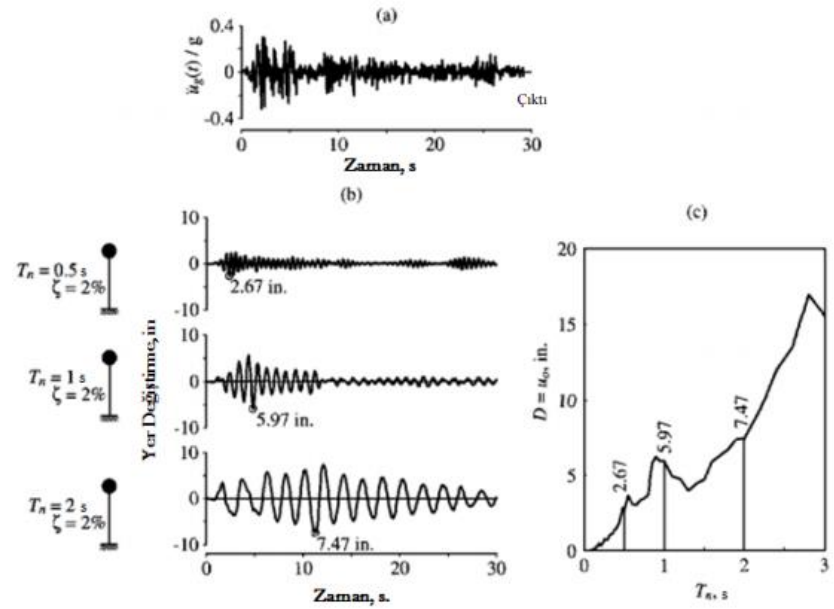
Spektrum Kavramı

Deprem yer hareketi spektrumu (davranış spektrumu), bir deprem yer hareketi altında, belirli bir sönüm oranı için farklı periyotlara sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin maksimum tepkilerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır.



m: kütle
k: rijitlik katsayısı
c: sönüm noktası
ω: doğal açısal frekans, rad/s = $(k/m)^2$
T: doğal titreşim frekans, s = 2π/ω
ξ: sönüm oranı= c/2mω

$u^g(t)$: deprem yer hareketi (yerin yerdeğiştirmesi)
$u(t)$: yapısal yerdeğiştirme (göreli yerdeğiştirme)
$u^t(t)$: toplam yerdeğiştirme = $u^g(t) + u(t)$:
$\ddot{u}^t(t)$: toplam ivme = $\ddot{u}^g(t) + \ddot{u}(t)$:
$S_{de}(T)$: spektral yerdeğiştirme, m(belirli bir ξ için) = max $|u^t(t)|$
$S_{ae}(T)$: spektral ivme, m/s^2(belirli bir ξ için) ≈ max $|\ddot{u}^t(t)|$
$S_{ae}(T)$: $\omega^2 S_{de}(T)$



- **İvme ve yer değiştirme spektrumları birbirlerine bağlı büyüklüklerdir.**
- **Spektrum eğrisi depremden depreme farklılık gösterir. Genellikle standardize edilir.**
- **Spektrum eğrisi belirli parametrelere bağlı analitik olarak ifade edilir.**
- **Yerel zemin koşullarının etkisi ile birlikte tasarım ivme spektrumu elde edilir.**
- **Tasarım ivme spektrumu tasarımın deprem yer hareketi ile ilgili temel verisidir.**
- **Tasarım ivme spektrumu deprem etkisi altında maksimum davranış demektir.**
- **Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi maksimumlara göre hesap yaptığından tasarım ivme spektrumu önemlidir.**
- **Zaman tanım alanında hesap ve mod toplama yönteminde ise tasarım ivme spektrumu kullanılmaz. Gerçek deprem kayıtları kullanılır.**

Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi **için** ***Deprem Tehlike Haritaları*****, iki spektral ivme değerini tanımlayan** ***Spektral İvme Haritaları*** **olarak düzenlenmiştir.**

Boyutsuz olarak tanımlanan ***harita spektral ivme katsayıları*** **aşağıda belirtilmiştir:**

(a) Kısa periyod bölgesi için ***harita spektral ivme katsayısı*** S_S

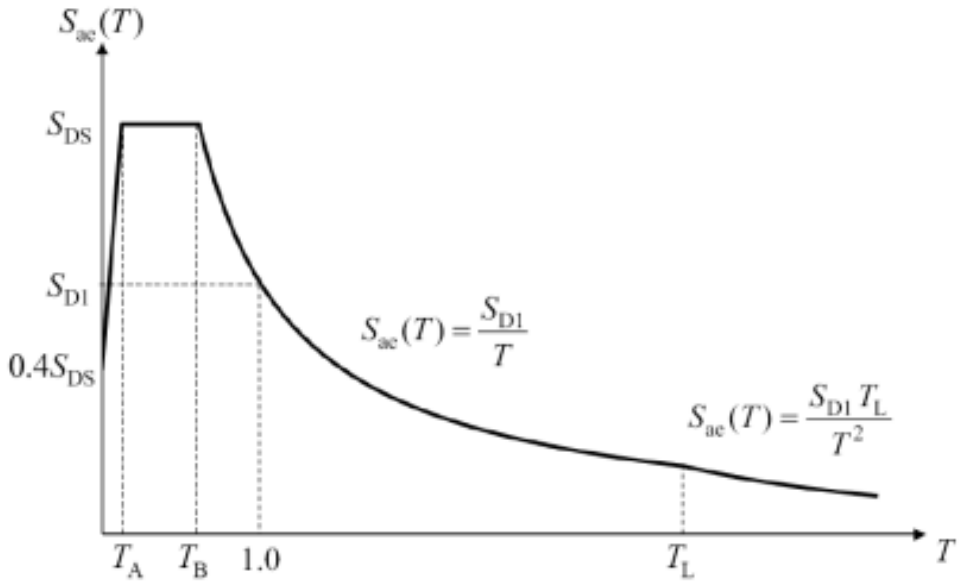
(b) 1.0 saniye periyod için ***harita spektral ivme katsayısı*** S_1

Harita spektral ivme katsayıları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu $(V_S)_{30}$**=760 m/s esas alınarak %5 sönüm oranı için Deprem Tehlike Haritasında verilen harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır.**

Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Harita spektral ivme katsayıları **aşağıdaki şekilde** ***tasarım spektral ivme katsayılarına*** **dönüştürülür:**

$$S_{DS} = S_S F_S$$
$$S_{D1} = S_1 F_1$$



F_S ve F_1 ise ***yerel zemin etki katsayıları*****'nı göstermektedir.**

Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Tablo 16.1 – Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_S)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \%\ 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası $(c_u < 25\ \text{kPa})$ içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (PI >50) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

***Yerel zemin sınıfları*'na bağlı olarak *yerel zemin etki katsayıları*, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir. Tablolarda harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir.**

Tablo 2.1 – Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_S					
	$S_S \le 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \ge 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır* (**Bkz.16.5**).					

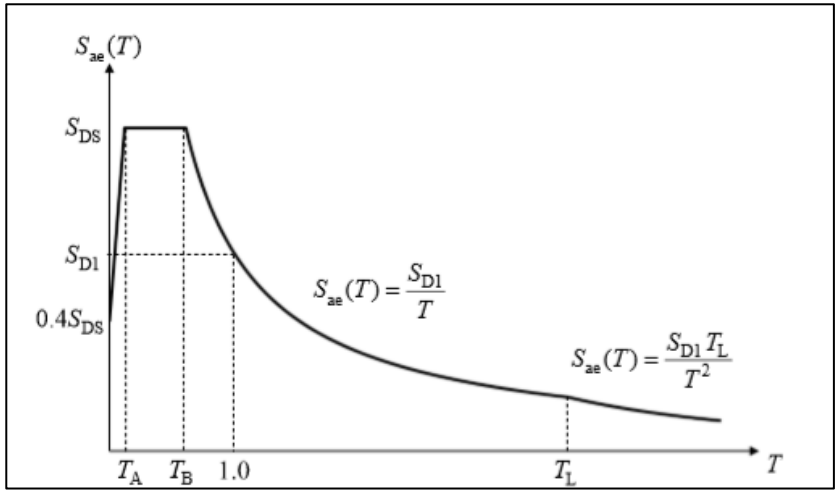
Tablo 2.1 ve/veya Tablo 2.2'ye göre ZF yerel zemin sınıfına giren zeminler için *sahaya özel zemin davranış analizleri Bölüm* 16.5'e göre yapılacaktır.

Tablo 2.2 – 1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için *Yerel Zemin Etki Katsayısı* F_1					
	$S_1 \le 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \ge 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	*Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır* (**Bkz.16.5**).					

Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

- **Referans zemin ZB-ZC geçişinde yer almaktadır.**
- **Zemin iyileştikçe katsayılar azalmakta, kötüleştikçe artmaktadır.**
- **İvmeler büyüdükçe yani deprem etkisi arttıkça zeminde meydana gelen doğrusal olmayan şekil değiştirme ile birlikte F_s ve F_1 azalmaktadır.**



$$T_A = 0.2\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_L = 6 \text{ s}$$

$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6\frac{T}{T_A}\right)S_{DS} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad (T_A \le T \le T_B)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \qquad (T_B \le T \le T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}T_L}{T^2} \qquad (T_L \le T)$$

Harita Spektral İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

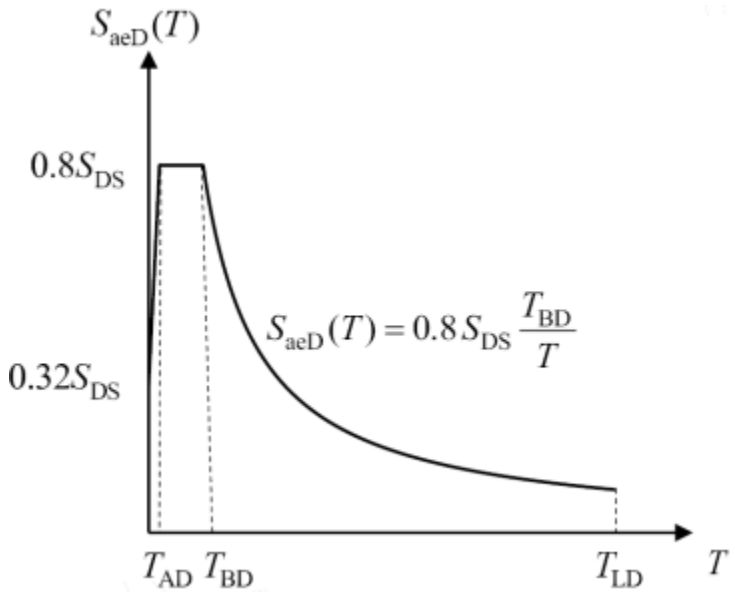
Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için *düşey elastik tasarım ivme spektrumu*'nun ordinatları olan *düşey elastik tasarım spektral ivmeleri* $S_{aeD}(T)$, yatay deprem yer hareketi için tanımlanan kısa period tasarım spektral ivmesi katsayısına ve doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [*g*] cinsinden tanımlanır.

$$S_{aeD}(T) = \left(0.32 + 0.48\frac{T}{T_{AD}}\right)S_{DS} \quad (0 \le T \le T_{AD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8\,S_{DS} \quad (T_{AD} \le T \le T_{BD})$$

$$S_{aeD}(T) = 0.8\,S_{DS}\frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \le T \le T_{LD})$$

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad ; \quad T_{BD} = \frac{T_B}{3} \quad ; \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2}$$



- **Özel ve önemli projelerde (yüksek bina veya yalıtımlı bina) sahaya özel deprem tehlike analizleri yapılmalıdır.**

- **Elde edilen spektrum ordinatları yönetmelik değerlerinin %90'ından daha düşük olmayacaktır.**

- **ZF zemin için sahaya özel zemin davranış analizleri yapılmalıdır.**

- **Mod toplama yönteminde tasarım ivme spektrumu doğrudan kullanılmaz.**

- **Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilir.**

- **Kayıtların seçimi, sayısı, ölçeklendirilmesi vb. çok önemlidir.**

- **Öncelikle binaların kulanım amacına bağlı olarak Bina Kullanım Sınıflarının (BKS) belirlenmesi gerekmektedir.**

Tablo 3.1 – Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	**Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar** **a)** Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) **b)** Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. **c)** Müzeler **d)** Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	**İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar** Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	**Diğer binalar** BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

«BKS, Deprem Tasarım Sınıfını belirlemek için kullanılacaktır.»

- **TBDY (2018)'de deprem bölgesi kavramı yer almamaktadır.**

- **Bina Kullanım Sınıflarına ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısına bağlı olarak, Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), belirlenecektir.**

Tablo 3.2 – Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

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

$$S_{DS} = S_S F_S$$

BİNA YÜKSEKLİĞİ (H_N)

- **Bodrumlu binalarda bina tabanı, bodrum perdelerinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanır.**

(a) Rijit bodrum perdelerinin binayı her taraftan veya en az üç taraftan çevrelemesi,

(b) Bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan doğal titreşim periyodunun, zemin kat döşemesi dahil tüm bodrum kütleleri hesaba katılmaksızın hesaplanan doğal titreşim periyodu'na oranının 1.1'den küçük olması

$$(T_{p,tüm} \leq 1.1\ T_{p,üst})$$

BİNA YÜKSEKLİĞİ (H_N)

- **Bu koşullardan herhangi birini sağlamayan bodrumlu binalar ve bodrumsuz binalarda bina tabanı temel üst kotunda tanımlanır.**

- **Deprem hesabı bakımından bina yüksekliği H_N tabanından itibaren ölçülen yükseklik olarak tanımlanır.**

- **Bu tanımda, çatı döşemesinin üzerinde yer alan asansör makine dairesi ve benzeri küçük kütleli uzantılar dikkate alınmayabilir.**

BİNA YÜKSEKLİK SINIFLARI

- **Binalar yükseklikleri bakımından sekiz Bina Yükseklik Sınıfı'na (BYS) ayrılmıştır.**
- **BYS=1 olarak belirtilen binalar yüksek binalar olarak sınıflandırılacaktır.**

Tablo 3.3 – Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

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

BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ

Performansa Göre Değerlendirme ve Tasarım kapsamında,

Bina Performans Düzeyleri yapısal hasar düzeyleri ne göre 4 başlıkta tanımlanmıştır.

(a) Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

(b) Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

(c) Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

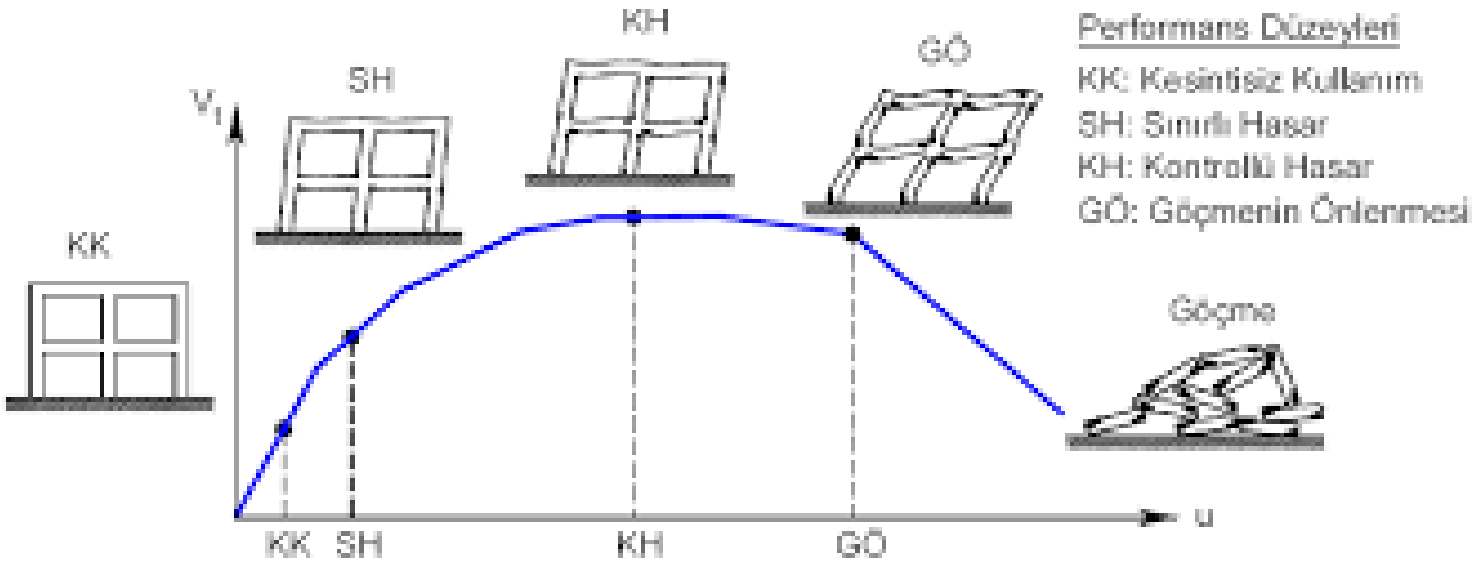
Can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan kontrollu hasar düzeyine karşı gelmektedir.

(d) Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

DEPREM ETKİSİ ALTINDA DEĞ. VE TASARIM İÇİN GENEL ESASLAR

Bina Performans Düzeyleri



Bina Performans Hedefleri ve Tasarım Yaklaşımları

Bina Performans Hedefleri

Dört deprem yer hareketi düzeyi **için bu Yönetmelik kapsamındaki binalara uygulanmak üzere,** ***Deprem Tasarım Sınıfı*** **DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan** ***Normal Performans Hedefleri*** **ile** ***Deprem Tasarım Sınıfı*** **DTS = 1a, 2a için tanımlanan** ***İleri Performans Hedefleri*** **verilmiştir. Yapı sahibinin isteğine bağlı olarak deprem yer hareketi düzeylerine karşı gelen daha ileri performans hedefleri seçilebilir.**

Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

Bölüm 4'te hesap esasları verilen ***Dayanıma Göre Tasarım*** **(DGT) yaklaşımı ile Bölüm 5'te hesap esasları verilen** ***Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım*** **(ŞGDT) yaklaşımı'nın uygulama kapsamları verilmiştir.**

Yığma, ahşap ve hafif çelik binaların deprem hesabı, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında ***Can Güvenliği*** **(CG) performans hedefini sağlamak amacı ile** ***Dayanıma Göre Tasarım*** **(DGT) yaklaşımı ile yapılacaktır.**

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2]	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[3]	KH	DGT[3,4]
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

[1] BYS > 3 olan binalarda uygulanacaktır.
[2] BYS = 2,3 olan binalarda uygulanacaktır.
[3] Ön tasarım olarak yapılacaktır.
[4] $I = 1.5$ alınarak uygulanacaktır.
[5] Bkz. 3.5.2.2.

Tablo 3.6 – Düzensiz Binalar

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük göreli kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama göreli ötelemeye oranını ifade eden *Burulma Düzensizliği Katsayısı* η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu (**Şekil 3.1**). $[\eta_{bi} = (\Delta_i^{(X)})_{max} / (\Delta_i^{(X)})_{ort} > 1.2]$. *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak,* **4.7**'*ye göre yapılacaktır.*	**3.6.2.1**
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede (**Şekil 3.2**); I – Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu	**3.6.2.2**
A3 – Planda Çıkıntılar Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu (**Şekil 3.3**).	**3.6.2.2**

A1 ve B2 türü düzensizlikler, deprem hesap yönteminin seçiminde etken olan düzensizliklerdir.

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *toplam etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *toplam etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci}'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı:* $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: **4.9.1.3(b)**'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	**3.6.2.3**
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)}/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)}/h_{i+1})_{ort} > 2.0]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak* **4.7**'*ye göre yapılacaktır.*	**3.6.2.1**
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu (**Şekil 3.4**).	**3.6.2.4**

A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu binalarda, kat döşemeleri iki boyutlu levha (membran) veya kabuk sonlu elemanlar ile modellenecektir.

Taşıyıcı Sistemin Sadeliği ve Basitliği

Binanın deprem davranışının öngörülebilir olmasını sağlamak üzere taşıyıcı sistemin olabildiğince sade ve basit olması, deprem etkisi altında tasarımın temel kuralıdır.

Taşıyıcı Sistemin Düzenli ve Simetrik Olarak Düzenlenmesi

Sistemin planda düzenli ve simetrik olarak, düşey doğrultuda da düzenli biçimde düzenlenmelidir. *Planda ve düşeyde düzensiz taşıyıcı sistemler*den olabildiğince kaçınılmalıdır.

Taşıyıcı Sistemde Fazla-Bağlılık Özelliğinin Sağlanması

Deprem sırasında bazı taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımlarının azalması ve hatta devre dışı kalması durumunda, sistemde kararlı davranışı sağlayabilecek yeterli sayıda yedek elemanın devreye girmesi, diğer deyişle taşıyıcı sistemin yedeklenmesi sağlanmalıdır.

Bunun için en büyük yapılan yanlış derz yapmaktadır.

Taşıyıcı Sistemde Yeterli Dayanım, Rijitlik ve Süneklik

Taşıyıcı sistem elemanlarının tercihan birbirine dik iki asal doğrultuda düzenlenmesi ve birbirine yakın dayanım ve rijitliğe sahip olması esastır. Taşıyıcı sistemde üniform olmayan davranışlara neden olan burulma düzensizliğini ortadan kaldırmak ve tehlikeli burulma titreşimlerini önlemek amacı ile yeterli burulma dayanımının ve rijitliğin sağlanması esastır.

Yönetmelik'te tanımlanan *sünek tasarım* ve *kapasite tasarımı* ilkelerine titizlikle uyulmalıdır.

- **Bu özellikler, büyük depremlerde taşıyıcı sistem davranışını belirleyen temel öğelerdir.**
- **Ne gereğinden fazla ne de gereğinden az olmalıdır.**
- **Fazla rijitlik yer değiştirme azaltır, deprem yükünü ve iç kuvvetleri arttırır.**
- **Bu durum dayanım artışı gerektirir, sünekliğin sağlanması zorlaşır.**

Katlarda ve Geçiş Katlarında Yeterli Döşeme Rijitliği ve Dayanımı

Depremde döşemelerde oluşan eylemsizlik kuvvetlerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılmasını ve aynı zamanda deprem etkilerinin farklı rijitliklere sahip düşey taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle dağıtılmasını sağlamak üzere, döşemelerin yüksek düzlem içi rijitliğe ve yeterli dayanıma sahip olmaları esastır.

Düzlem içi kuvvetlerin döşemelerden düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenli biçimde aktarıldığı mutlaka hesapla gösterilecektir. Gerekli durumlarda betonarme döşemelerde ek bağlantı donatıları ve aktarma elemanları kullanılacaktır.

Döşemelerde büyük boşluklardan kaçınılmalıdır. Boşluklardan kaçınılamadığı durumlarda, eylemsizlik kuvvetlerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarınına aktarılmasını sağlamak üzere boşluk kenarlarında yeterli rijitlik ve dayanıma sahip yatay elemanlar düzenlenmelidir.

Özellikle normal rijitlikli katlardan çok rijit bodrum katlarına geçişte yer alan ve üstteki katlarda oluşan deprem kuvvetlerinin büyük kısmını bodrum katlardaki çevre perdelerine aktaran *geçiş döşemeleri*'nde yeterli düzlem içi rijitlik ve dayanımın sağlanması esastır.

GİRİŞ VE KAPSAM

- **Bu bölüm, Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı ile Doğrusal Hesap Esaslarını içermektedir.**
- **Bu yaklaşım ile birlikte kullanılan Kapasite Tasarım İlkeleri açıklanmıştır.**
- **Dayanıma Göre Tasarım için kullanılan hesap yönteminin temelini oluşturan Azaltılmış Deprem Yüklerinin ayrıntıları verilmiştir.**

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

↓

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen *süneklik düzeyi yüksek* betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.1.2**)	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.1.2**)	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 6

$$D = \frac{\text{Akma dayanımı}}{\text{Tasarım dayanımı}} > 1.0$$

***Dayanıma Göre Tasarım* (DGT) yaklaşımında:**

(a) Öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem *süneklik kapasitesi*'ne karşı gelen *azaltılmış deprem yükleri* belirlenir.

(b) Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin *doğrusal deprem hesabı* yapılır. Bu hesaptan bulunan eleman azaltılmış iç kuvvetleri, gerekli durumlarda *dayanım fazlalığı* da dikkate alınarak, diğer yüklerden oluşan iç kuvvetlerle birleştirilerek *dayanım talepleri* elde edilir.

(c) Eleman *dayanım talepleri*, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (*dayanım kapasiteleri*) ile karşılaştırılır.

(d) Deprem hesabından elde edilen *göreli kat ötelemeleri* izin verilen sınırlarla karşılaştırılır.

(e) Dayanım taleplerinin dayanım kapasitelerinin altında olduğu ve aynı zamanda göreli kat ötelemelerinin izin verilen sınırların altında olduğu gösterilerek tasarım tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanarak sonuca gidilir.

Dayanıma Göre Tasarım – DGT

Bölüm 13'te açıklanan *Yüksek Binalar*'ın tasarımı,

Bölüm 14'te açıklanan *Deprem Yalıtımlı Binalar*'ın tasarımı ve

Bölüm 15'te açıklanan *Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi* dışında

Bu Yönetmelik kapsamındaki tüm binaların tasarımında *temel hesap esasları* olarak uygulanacaktır.

DGT hesap esaslarından *Yüksek Binalar*'ın (Bölüm 13) ve *Deprem Yalıtımlı Binalar*'ın (Bölüm 14) tasarımında kısmi olarak yararlanılacaktır.

Performans Hedefleri

Bölüm kapsamındaki tüm binalarda, *Normal Performans Hedefi* olarak tanımlanan *Kontrollü Hasar* (KH) performans hedefini sağlamak üzere, DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında DGT hesap esasları ile deprem hesabı yapılacaktır.

Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1a, DTS=2a ve *Bina Yükseklik Sınıfı* BYS=2, BYS=3 olan binalarda;

(a) DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında I = 1.5 alınarak DGT hesap esasları ile yapılan tasarım bir *ön tasarım* olarak gözönüne alınacaktır.

(b) Ön tasarımı yapılan bina taşıyıcı sistemi bu kez DD-1 deprem yer hareketinin etkisi altında *İleri Performans Hedefi* olarak tanımlanan *Kontrollü Hasar* (KH) performans hedefini ve ayrıca DD-3 depremi altında *Sınırlı Hasar* (SH) performans hedefini sağlamak üzere *Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım* (ŞGDT) yaklaşımı (Bölüm 5) ile değerlendirilecektir.

Tablo 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Yeni Yapılacak veya Mevcut Binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,1a[1], 2, 2a[1], 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a[2], 2a[2]	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT[5]	KH	DGT[3,4]
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

Dayanıma Göre Tasarım **çerçevesinde,** ***öngörülen süneklik kapasitesi – dayanım talebi*** **ilişkisi ve buna bağlı olarak belirlenen** ***deprem yükü katsayıları*** **tanımlanmıştır.**

Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak ***Deprem Yükü Azaltma Katsayısı*** **aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:**

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \qquad T > T_B$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right)\frac{T}{T_B} \qquad T \le T_B$$

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5)\,\frac{T}{T_A} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$R_a(T) = R \qquad (T_A < T)$$

Kapasite Tasarım İlkeleri

Dayanıma Göre Tasarım **çerçevesinde bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımında,** ***kapasite tasarımı ilkeleri*** **de gözönüne alınır.**

Kapasite tasarımı **yaklaşımı,**

- **taşıyıcı sistemde doğrusal olmayan sünek davranışın açık olarak tanımlanan belirli elemanlarla (veya kesitlerle) sınırlı tutulmasını,**
- **bu davranışla uyumlu olarak diğer bütün elemanların yeterli dayanım kapasitesine sahip olmasını öngören tasarım yaklaşımıdır.**

Kapasite Tasarımı İlkeleri**'nin uygulanmasına ilişkin kurallar ilgili bölümlerde verilmiştir.**

Taşıyıcı Sistemlerin Uygulama Sınırları

Dayanıma Göre Tasarım **çerçevesinde bu bölümde verilen hesap esaslarının uygulanabileceği bina taşıyıcı sistemleri ve bu sistemler için *İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları* (BYS), süneklik düzeyine bağlı olarak, Tablo 4.1'de verilmiştir.**

Yüksek Binalar **(BYS=1) için taşıyıcı sistemler ve hesap esasları Bölüm 13'te tanımlanmıştır.**

Tablo 4.1. Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı *R*	Dayanım Fazlalığı Katsayısı *D*	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının *süneklik düzeyi yüksek* boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* betonarme çerçeveler ile *süneklik düzeyi yüksek* bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.**4.3.4.5**)	8	2.5	BYS ≥ 2

Süneklik Düzeyi Yüksek, Sınırlı ve Karma Taşıyıcı Sistemler

Betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler, *süneklik düzeyi yüksek*, *sınırlı* ve *karma taşıyıcı sistemler* olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır.

***Süneklik düzeyi yüksek* ve *süneklik düzeyi sınırlı* yerinde dökme ve önüretimli betonarme, çelik, hafif çelik ve ahşap taşıyıcı sistemlere ilişkin tanımlar ve uyulması gerekli koşullar, sırası ile, Bölüm 7, Bölüm 8, Bölüm 9, Bölüm 10 ve Bölüm 12'de verilmiştir.**

***Süneklik düzeyi karma* taşıyıcı sistemler, belirli durumlarda *süneklik düzeyi sınırlı* çerçeve taşıyıcı sistemlerinin *süneklik düzeyi yüksek* betonarme perdeler veya çelik çaprazlı çerçevelerle birlikte kullanılması ile oluşturulan sistemlerdir.**

Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

DTS=1a, DTS=2a, DTS=3a ve DTS=4a olarak sınıflandırılan binalarda *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* kullanılamaz. DTS=1a, DTS=2a olarak sınıflandırılan binalarda *süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler* kullanılamaz.

Birbirine dik doğrultularda taşıyıcı sistemlerin *süneklik düzeyleri*'nin aynı olması zorunludur. Ancak birbirine dik doğrultularda farklı *R* katsayıları ve bunlara karşı gelen *D* katsayıları kullanılabilir. İzin verilen en üst *Bina Yükseklik Sınıfı*, iki doğrultuya göre verilenlerin elverişsizi olarak belirlenecektir.

Dolgulu (asmolen) ve dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemler, perde içermedikleri takdirde *süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler* olarak sınıflandırılacaktır. Bu taşıyıcı sistemler sadece DTS=3 ve DTS=4 olarak sınıflandırılan binalarda kullanılacaktır.

Kirişsiz döşemeli taşıyıcı sistemlerde, deprem etkilerinin tamamı betonarme binalarda *süneklik düzeyi yüksek* veya *süneklik düzeyi sınırlı* perdeler tarafından karşılanacaktır.

Bu tür sistemlerin hesabı iki aşamada yapılacaktır.

1. **Betonarme perdeler veya çelik çaprazlı çerçevelerin tasarımı için yapılacak birinci aşama hesapta çerçeve kolonları alttan ve üstten mafsallı alınacaktır.**
2. **Kolonların ve kirişsiz döşemelerin tasarımı için yapılacak ikinci hesapta ise bu elemanların bağlantıları monolitik olarak modellenecektir.**

Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Koşullar

Süneklik düzeyi yüksek **yerinde dökme veya önüretimli betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin moment aktaran *süneklik düzeyi yüksek* çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda, perdelerin veya çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az, %75'inden fazla olmayacaktır:**

$$0.40\,M_o < \sum M_{DEV} < 0.75\,M_o$$

Betonarme ve çelik *süneklik düzeyi karma* taşıyıcı sistemlerde, *süneklik düzeyi yüksek* betonarme perdeler ile merkezi, dışmerkez veya burkulması önlenmiş çelik çaprazlı çerçevelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momentinin %75'inden az olmayacaktır:

$$\sum M_{DEV} \geq 0.75\,M_o$$

Binaların Üst ve Alt Bölümlerinde Farklı *R* Katsayılarının Kullanılması

Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, binanın üst bölümünde ve çok rijit bodrumlu alt bölümünde farklı *R* ve *D* katsayıları uygulanacaktır.

Bodrumlu binalar dışında, gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümü için hesaplanan hakim doğal titreşim periyodunun, alt bölümdeki kütleler silinerek hesaplanan hakim doğal titreşim periyoduna oranının 1.1'den küçük olması durumunda ($T_{p,tüm} \leq 1.1\ T_{p,üst}$) bodrumlu binalar için önerilen *iki adımlı hesap yaklaşımı* uygulanabilir.

Bu durumda, alt ve üst bölümlerin *R* ve *D* katsayıları olarak, ilgili bölümlerin taşıyıcı sistemleri için Tablo 4.1'de verilen katsayılar kullanılacaktır.

Dayanım Fazlalığı Katsayılarının Uygulanması

Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarındakiler hariç, taşıyıcı sistem elemanlarının yüksek veya sınırlı düzeyde *sünek* davranışına karşı gelen (*eğilme momenti, çekme kuvveti ve benzeri*) azaltılmış iç kuvvetlerin hesabında *dayanım fazlalığı katsayısı* kullanılmayacak ($D = 1$).

Taşıyıcı sistem elemanlarının *sünek olmayan* davranışına karşı gelen (*betonarme elemanlarda kesme kuvveti, çelik elemanlarda birleşimlere etkiyen kuvvetler ve benzeri*) azaltılmış iç kuvvetler için *dayanım fazlalığı katsayısı* kullanılacaktır ($D > 1$).

Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu

Yatay doğrultuda azaltılmış deprem yükleri'nin belirlenmesi için kullanılacak azaltılmış tasarım ivme spektrumu'nun belirli bir T doğal titreşim periyodu için ordinatı olan azaltılmış tasarım spektral ivmesi

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)}$$

$S_{ae}(T)$, DD-2 deprem yer hareketi için belirlenen *yatay elastik tasarım spektral ivmesi*'ni, $R_a(T)$ ise *deprem yükü azaltma katsayısı*'nı göstermektedir.

Yatayda Birbirine Dik Doğrultulardaki Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi

Yatay deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin deprem hesabının 4.7 veya 4.8.2'de verilen yöntemlerden biri ile yapılması durumunda (eşdeğer deprem yükü yöntemi veya modal hesap), yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri şu şekilde birleştirilecektir:

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0.3 E_d^{(Y)}$$
$$E_d^{(H)} = \pm 0.3 E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)}$$

Düşey Deprem Etkisi

DTS=1, DTS=1a, DTS=2 ve DTS=2a olarak sınıflandırılan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu *elemanların yerel düşey titreşim modları* esas alınarak *sadece bu elemanlar için düşey elastik ivme spektrumu*'na göre yapılacaktır. *Düşey deprem etkisi 'nin* tüm taşıyıcı sistemler için *R/I* = 1 ve *D* = 1 alınacaktır.

(a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar,
(b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar,
(c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar.

Yukarıda belirtilen elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve yukarıdaki tanımın dışında kalan binalarda *düşey deprem etkisi*, özel bir hesap yapılmaksızın, yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} \simeq (2/3)\, S_{DS}\, G$$

Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında esas alınmak üzere, deprem etkisini içeren yük birleşimleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)}$$

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

Genel Modelleme Kuralları

Bina taşıyıcı sistemleri daima *üç boyutlu* olarak modellenecektir.

***Birbirine dik iki yatay* doğrultudaki deprem etkisi daima gözönüne alınacaktır.**

Düşey deprem etkisi de hesaba katılacaktır.

Sönüm oranı, aksi belirtilmedikçe, %5 alınacaktır.

Kiriş ve Kolonların Modellenmesi

Kiriş ve kolonlar, *çerçeve (çubuk) sonlu elemanları* olarak modelleneceklerdir. Kolon ve kirişlerin birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tümü gözönüne alınacaktır.

Döşemelerin rijit diyafram olarak modellenmesi durumunda bu serbestlik derecelerinin gerekli olmayanları kaldırılacaktır. Kolon-birleşim bölgeleri rijit veya yarı rijit modellenebilir.

Betonarme kolon ve kirişlerin *etkin kesit rijitlikleri* 4.5.8'e göre belirlenecektir.

Betonarme Boşluksuz Perdelerin Modellenmesi

Dikdörtgen betonarme perdeler, kesitteki boyunun kalınlığına oranı en az 6 olarak tanımlanan taşıyıcı sistem elemanlarıdır.

Enkesit şekli I, T, L, U veya C olan betonarme perdelerde, çalışan doğrultuda en az bir perde kolu yukarıda verilen koşulu sağlayacaktır. Ancak, bu perdelerde çalışan doğrultudaki perde kolunun 4.5.4.5'i sağlayan bir *bağ kirişli perde*'nin parçası olması du
rumunda, koşul uygulanmayabilir.

***Perde uç bölgeleri*'nin birer kolon olarak alındığı *kayma çerçevesi modelleri* perdeler için kullanılmayacaktır.**

Betonarme Boşluksuz Perdelerin Modellenmesi

Enkesit şekli T, L, U veya C olan perdelerde perde kollarının ayrı ayrı modellenip hesaplandığı modelleme teknikleri perdeler için kullanılmayacaktır.

Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan betonarme perdeler hem düzlem içi, hem de düzlem dışı yerdeğiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini içeren *kabuk sonlu elemanlar*'la modelleneceklerdir.

Enkesit şekli dikdörtgen, I, T, L, U veya C olan perdeler, plandaki en büyük perde kolu uzunluğunun toplam perde yüksekliğine oranının 1/4'ü aşmadığı durumlarda, ekseni enkesit ağırlık merkezinden geçen *eşdeğer çubuk* sonlu eleman olarak modellenebilirler.

Bodrum Perdelerinin Modellenmesi

Bodrum perdeleri kabuk sonlu elemanlarla modellenecektir.

Bodrumlu binalarda araç rampaları ile ilgili olarak, rampanın hemen yanında mesnetsiz olarak devam eden bodrum perdeleri için ayrıntılı sonlu eleman modellemesi yapılacaktır.

Döşemelerin Modellenmesi

A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunduğu ve/veya döşemelerin *rijit diyafram* olarak çalışmasının öngörülmediği binalarda betonarme döşemeler, düzlem içi yerdeğiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini içermek üzere iki boyutlu *levha* (*membran*) sonlu elemanlar ile modellenecektir. Bu durumda her düğüm noktasında üç serbestlik derecesi dikkate alınacaktır. İstenirse, her düğüm noktasında altı serbestlik derecesinin dikkate alındığı *kabuk* sonlu elemanlar da kullanılabilir.

A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunmadığı ve düzlem içi önemli şekildeğiştirmelerin meydana gelmeyeceğinin beklendiği *planda düzenli* binalarda, betonarme döşemeler *rijit diyafram* olarak modellenebilir. Bu durumda her katın kütle merkezindeki *ana düğüm noktası*'nda yatayda iki dik doğrultuda öteleme ve düşey eksen etrafında dönme olmak üzere üç serbestlik derecesi tanımlanacaktır.

Bodrum Katlarında ve Geçiş Katlarında Döşemelerin Modellenmesi

Normal katlardan çok rijit bodrum katlarına geçişte yer alan ve üstteki katlarda oluşan eylemsizlik kuvvetlerinin büyük bir bölümünü ani olarak bodrum katlardaki çevre perdelerine aktarmak durumunda kalan *geçiş katları döşemeleri*'nde yeterli düzlem içi rijitlik ve dayanımın sağlanması esastır.

A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunup bulunmadığına bakılmaksızın geçiş katlarının döşemeleri, yeterli döşeme kalınlıkları alınarak modellenecektir.

Deprem hesabı sonucunda bodrum katlardaki rijit çevre perdelerine aktarılan kuvvetler hesaplanacak ve geçiş döşemelerinin bu aktarım için yeterli dayanıma sahip olduğu kanıtlanacaktır.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitlikleri

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesit özelliklerinin modellenmesinde *etkin kesit rijitliği çarpanları* kullanılacaktır.

Tablo 4.2. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)	***Eksenel***	***Kayma***
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	***Eğilme***	***Kesme***
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	***Eğilme***	***Kesme***
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Deprem sırasında elemanlarda oluşacak kesit azalımlarını dikkate alınması için etkin kesit rijitliği kullanılacak.

Kütlelerin Modellenmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının çubuk, levha (membran) veya kabuk sonlu eleman olarak modellenmeleri durumunda *tekil düğüm noktası kütleleri,* bağlı sonlu elemanların kapsama alanlarındaki yayılı kütlelerin bileşkeleri olarak atanırlar.

Endüstri binalarında sabit ekipman ağırlıkları için *n* = 1 alınacak, ancak vinç kaldırma yükleri kat ağırlıklarının hesabında gözönüne alınmayacaktır. Çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u gözönüne alınacaktır.

Kat döşemelerinin *rijit diyafram* olarak modellenmeleri durumunda *kat kütleleri,* kat kütle merkezindeki *ana düğüm noktası*'nda tanımlanırlar.

$$w_j^{(S)} = w_{G,j}^{(S)} + n\, w_{Q,j}^{(S)}$$

$$m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g}$$

Tablo 4.3. Hareketli Yük Kütle Katılım Katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Ek Dışmerkezlik Etkisinin Modellenmesi

Deprem yer hareketinin etkisinde ve taşıyıcı sistemin rijitlik ve kütle dağılımındaki olası belirsizlikleri gözönüne alan *ek dışmerkezlik etkisi* tanımlanmıştır.

Kat döşemelerinin rijit diyaframlar olarak modellenmeleri durumunda,

(a) **4.5.9.3**'e göre kat kütle merkezinde (*ana düğüm noktası*) tanımlanan *kat kütlesi* esas alınarak her bir deprem doğrultusunda deprem hesabı yapılacaktır.

(b) Kat kütle merkezine (*ana düğüm noktası*) etkiyen yatay deprem yükleri, gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılacak ve bu durumlar için de ayrıca deprem hesabı yapılacaktır.

(c) Deprem hesabının **4.7**'ye göre (eşdeğer deprem yükü) yapılması durumunda modelleme kolaylığı bakımından deprem yükünün kaydırılması yerine, kat kütle merkezinde (*ana düğüm noktası*) etkiyen eşdeğer deprem yükü *ek kat burulma momenti*'nin gözönüne alınması uygundur.

$$M_{ib}^{(X)} = F_{iE}^{(X)}\, e$$

Doğrusal Hesap Yöntemleri

Dayanıma Göre Tasarım **kapsamında kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri, ayrıntıları** ***Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi*** **ile** ***Modal Hesap Yöntemleri*** **'dir.**

Hesap Yönteminin Seçilmesi

Modal Hesap Yöntemleri'**nden herhangi biri (*****Mod Birleştirme Yöntemi*** **veya** ***Mod Toplama Yöntemi*****) bu Bölüm kapsamındaki binaların tümünün deprem hesabında kullanılabilir.**

Tablo 4.4. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin Uygulanabileceği Binalar

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a, 4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca **B2** türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS ≥ 4	BYS ≥ 5
Diğer tüm binalar	BYS ≥ 5	BYS ≥ 6

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Doğrusal Deprem Hesabı:

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, **birbirine dik (X) ve (Y) deprem doğrultularında binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanacaktır. Aşağıdaki bağıntılar (X) deprem doğrultusu için verilmiştir.**

$$V_{tE}^{(X)} = m_t\, S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t\, I\, S_{DS}\, g$$

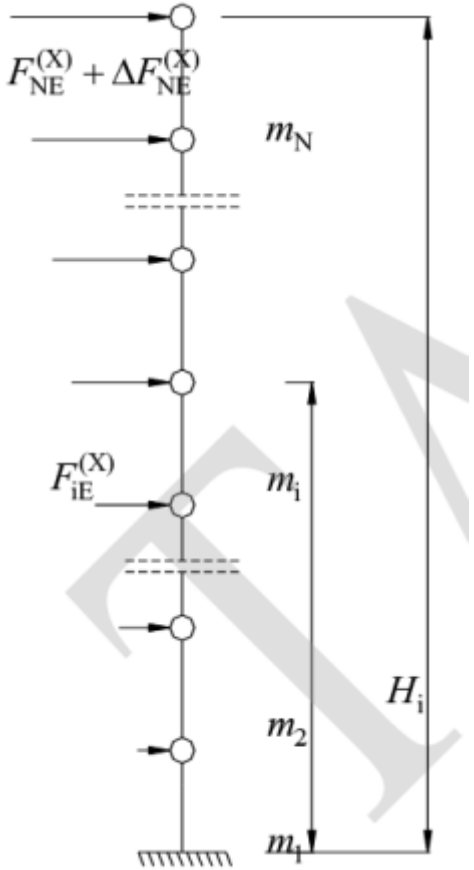
$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^{N} F_{iE}^{(X)}$$

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075\, N\, V_{tE}^{(X)}$$

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} m_j H_j}$$

$$f_{jE}^{(S)} = \frac{F_{iE}^{(X)}}{m_i} m_j^{(S)}$$

$$T_p^{(X)} = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i\, d_{fi}^{(X)2}}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi}^{(X)} d_{fi}^{(X)}} \right)^{1/2}$$

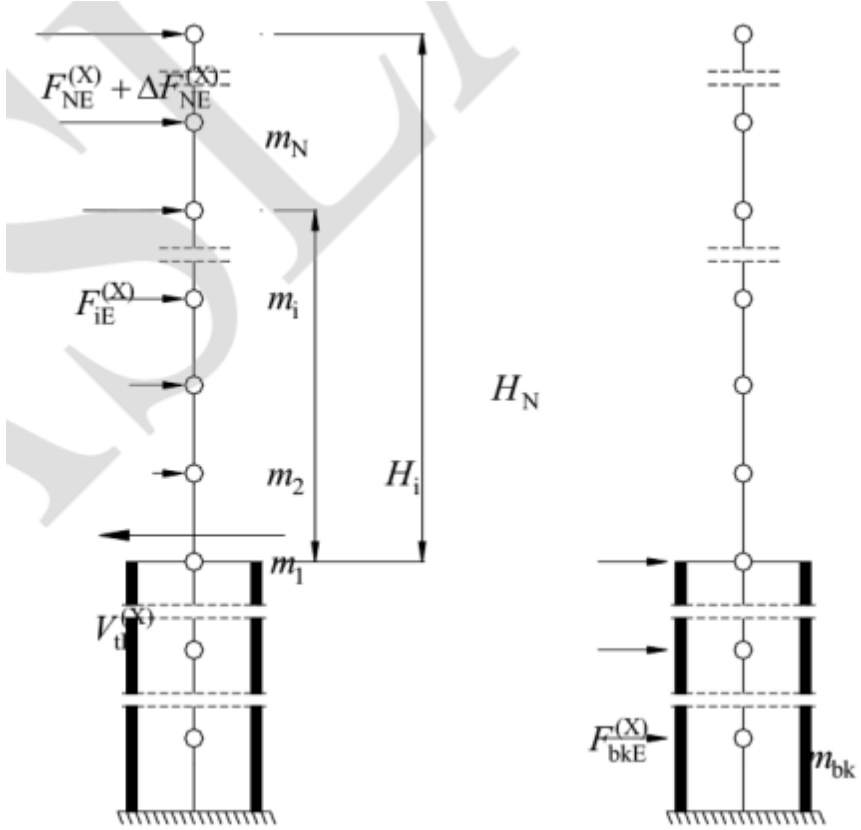


Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Bodrumlu Binaların Hesabı

Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, binanın üst bölümü ve bodrumlu alt bölümü birarada ortak bir taşıyıcı sistem olarak modellenecek, ancak deprem hesabı *iki adımlı hesap yaklaşımı* ile yapılacaktır.

İlk adımda ortak taşıyıcı sistem modelinde hesaplanan eşdeğer deprem yükleri sadece *üst bölüm*'e etki ettirilir ve *deprem yükü azaltma katsayısı*'nın hesabında üst bölüm için tanımlanan $R_{\text{üst}}$ ve $D_{\text{üst}}$ katsayıları kullanılır.

İkinci adımda, yine ortak taşıyıcı sistem modelinde *alt bölüm*'deki bodrum katlarının kütleleri, T=0 için elde edilen $S_{aR}(0)$ ile çarpılarak bu katlara etkiyen yaklaşık eşdeğer deprem yükleri hesaplanır. Bu duruma karşı gelen *deprem yükü azaltma katsayısı*'nın hesabında (R_{alt} / I) = 2.5 ve D_{alt} = 1.5 alınacaktır.



Modal Hesap Yöntemleri

Taşıyıcı sistemin modal davranışını esas alan *Modal Hesap Yöntemleri*, deprem spektrumu ile hesaba dayalı *Mod Birleştirme Yöntemi* ve zaman tanım alanında hesaba dayalı *Mod Toplama Yöntemi*'dir.

Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken *yeterli titreşim modu sayısı*, YM,

(a) (X) ve (Y) deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan *taban kesme kuvveti modal etkin kütleleri*'nin toplamının bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.90\, m_t \quad ; \quad \sum_{n=1}^{YM} m_{tyn}^{(Y)} \geq 0.90\, m_t$$

(b) Her iki doğrultu için hesaplanan YM'lerin büyüğü üç boyutlu hesapta dikkate alınacaktır

Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Verilen bir deprem doğrultusunda *deprem tasarım spektrumu*'ndan yararlanılarak gözönüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin maksimum değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, *maksimum modal davranış büyüklükleri* daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek *kamsimum davranış büyüklükleri*'nin değerleri elde edilir.

Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi ile Deprem Hesabı

Depremin eşzamanlı olarak birbirine dik iki yatay doğrultuda etkidiğinin gözönüne alınması durumunda, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklükleri *zaman tanım alanında modal hesap yöntemi* ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan *eşzamanlı modal davranış büyüklükleri* daha sonra zaman tanım alanında doğrudan toplanarak *davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi* ve tasarımda esas alınmak üzere *maksimum değerleri* elde edilir.

Mod Toplama Yöntemi'nde:

(a) Mod katkıları doğrudan zaman tanım alanında toplandığından istatistiksel mod birleştirme kurallarının uygulanmasına gerek kalmamaktadır.

(b) Aynı anda birbirine dik yatay yer hareketi bileşenlerinin gözönüne alınabilmesi nedeni ile *doğrultu birleştirmesi* kurallarının uygulanmasına da gerek kalmamaktadır.

Azaltılmış İç Kuvvetlerin Eşdeğer Taban Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi

Herhangi bir deprem doğrultusu için modal hesap yöntemlerinden biri ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, *eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı* ile çarpılarak büyütülecektir.

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1$$

(a) A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda γ_E=0.90 alınacaktır.

(b) (b) Düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmaması durumunda γ_E=0.80 alınacaktır.

Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda *eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısı*, binanın bodrum katlarının üstündeki *üst bölüm* için hesaplanacaktır.

Modal Hesap Yöntemleri ile Bodrumlu Binaların Hesabı

Dıştan rijit perdelerle çevrelenen bodrumların bulunduğu binalarda, modal hesap yöntemleri ile doğrusal deprem hesabı için uygulanan *iki adımlı hesap yaklaşımı*'nda, binanın üst bölümü ve bodrumlu alt bölümü birarada tek bir taşıyıcı sistem olarak modellenir, ancak *üst bölüm* ile *alt bölüm*'ün birbirlerine çok uzak modlarda titreşmeleri nedeni ile deprem hesabı iki adımda ayrı ayrı yapılır:

İki adımlı hesabın ilk adımında ortak taşıyıcı sistem modelinde sadece *üst bölüm*'ün kütleleri gözönüne alınarak modal hesap yapılır. Bu durumda yeterli titreşim modu sayısı, sadece *üst bölüm*'ün toplam kütlesi esas alınarak hesaplanan *etkin kütle katılım oranları*'na göre belirlenecektir. *Deprem yükü azaltma katsayısı*'nın hesabında her bir mod için **Tablo 4.1**'de üst bölüm için tanımlanan R ve D katsayıları kullanılır.

İki adımlı hesabın ikinci adımında, ortak taşıyıcı sistem modelinde sadece *alt bölüm*'ün kütleleri gözönüne alınarak analiz yapılır. Bu durumda yeterli titreşim modu sayısı, sadece *alt bölüm*'ün toplam kütlesi esas alınarak hesaplanan *etkin kütle katılım oranları*'na göre belirlenecektir. *Deprem yükü azaltma katsayısı*'nın hesabında $(R / I) = 2.5$ ve $D = 1.5$ alınacaktır.

Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Hesaplanması ve Sınırlandırılması

Herhangi bir (örneğin X) deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden *azaltılmış göreli kat ötelemesi* ve *etkin göreli kat ötelemesi*

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)}$$

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I}\Delta_i^{(X)}$$

Herhangi bir i'inci kattaki kolon veya perdelerde, etkin göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri için, gevrek malzemeden yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına,

a) Aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008$$

b) Esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanının çerçeveden bağımsız olması durumunda:

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016$$

λ, binanın gözönüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için DD-3 depreminin *elastik tasarım spektral ivmesi*'nin, DD-2 depreminin *elastik tasarım spektral ivmesi*'ne oranıdır.

Verilen koşulların binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Yönetmelik mühendisleri süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistem seçmeye yönlendiriyor.**

- **DTS=1a, DTS=2a, DTS=3a ve DTS=4a olarak sınıflandırılan binalarda süneklik düzeyi sınırlı taşıyıcı sistemler kullanılamaz. DTS=1a, DTS=2a olarak sınıflandırılan binalarda süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler kullanılamaz.**

- **Radikal şekilde izin verilen bina yüksekliği azalıyor.**

- **Yönetmelik dişli ve kirişsiz döşemeyi sevmiyor.**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Sınıf kavramı oldukça kullanılmaktadır.**

Bina Kullanım Sınıfı → **Yapı Önem Katsayısı**

Deprem Tasarım Sınıfı → **Deprem Bölgesi**

NOT: İçinde «a» olanlar yapı önem katsayısı yüksek anlamına geliyor

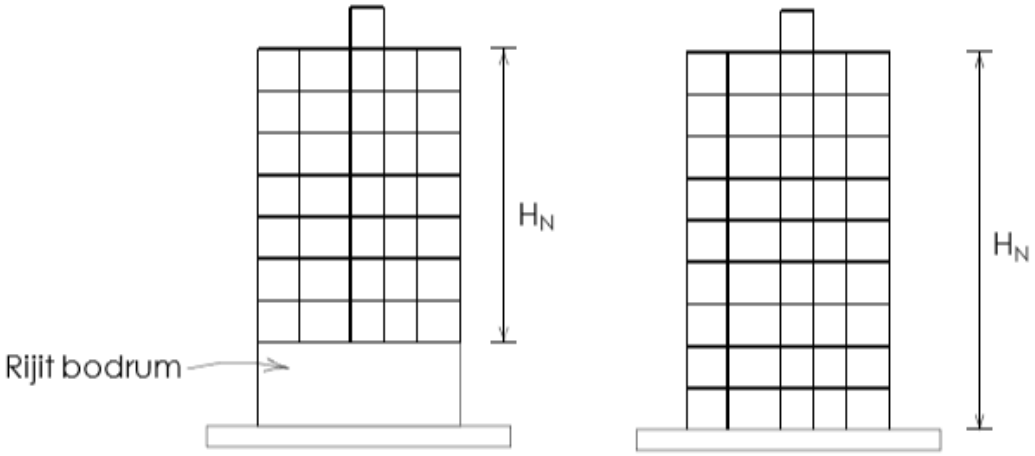
Bina Yükseklik Sınıfı → **Bina Yüksekliği**

NOT: «1» olan yüksek bina anlamına geliyor

Yerel Zemin Sınıfı 6 Adet → **Yerel Zemin Sınıfı 4 Adet**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Bodrumlu binalarda bina tabanı, bodrum perdelerinin üst kotundaki kat döşemesi seviyesinde tanımlanır.**



$(T_{p,tüm} \leq 1.1\ T_{p,üst})$

a) Rijit bodrum perdelerinin binayı her taraftan veya en az üç taraftan çevrelemesi,

(b) Bodrum katlar dahil binanın tümü için hesaplanan doğal titreşim periyodunun, zemin kat döşemesi dahil tüm bodrum kütleleri hesaba katılmaksızın hesaplanan doğal titreşim periyodu'na oranının 1.1'den küçük olması

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Zemin özelliklerine bağlı olarak spektrum ivmeleri azalabiliyor veya artabiliyor.**
- **Özellikle gevrek (kesme) etkisini kaldırmak için kullanılan dayanım fazlalığı katsayısı daha açık bir şekilde yönetmelikte yer aldı.**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

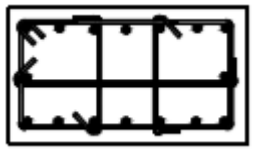
- **Deprem sırasında elemanlarda oluşacak kesit azalımlarını dikkate alınması için etkin kesit rijitliği kullanılacak.**
  - **Bu durum periyot değerini arttırır.**
  - **Yerdeğiştirmeleri arttırabilir**
  - **Deprem yüklerinin azalmasına neden olabilir.**

- **Minimum beton sınıfı C25 oldu. Üst sınır TS500 dışında C50'den sonra EuroCode'a benzer TS EN 1992-1'e göre yer aldı.**

- **2 yeni donatı tipi yer almakta. B420C ve B500C. S420 belirli koşulları sağlaması halinde kullanılabilecek.**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Çirozlar, her iki uçlarında mutlaka boyuna donatıları ve dış etriyeyi saracaktır.**

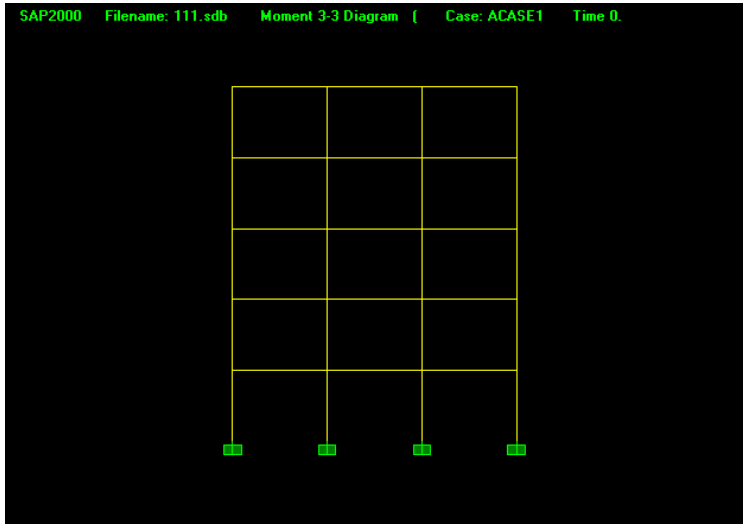


- **Kolon minimum boyutu 25cm'den 30cm'ye yükseltildi. Dikdörtgen kesitli kolonların en küçük enkesit boyutu 300 mm'den ve dairesel kolonların çapı 350 mm'den küçük olmayacaktır.**

- **$A_c > N_{dm}/(0.40 f_{ck})$ daha büyük kolon boyutları seçilecektir. 2007 yönetmeliğinde «0.40» değeri «0.50» idi. Normal kuvvetin sünekliği azalttığı göz önünde bulundurulmalıdır.**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- Bindirmeler orta bölgede olacak.



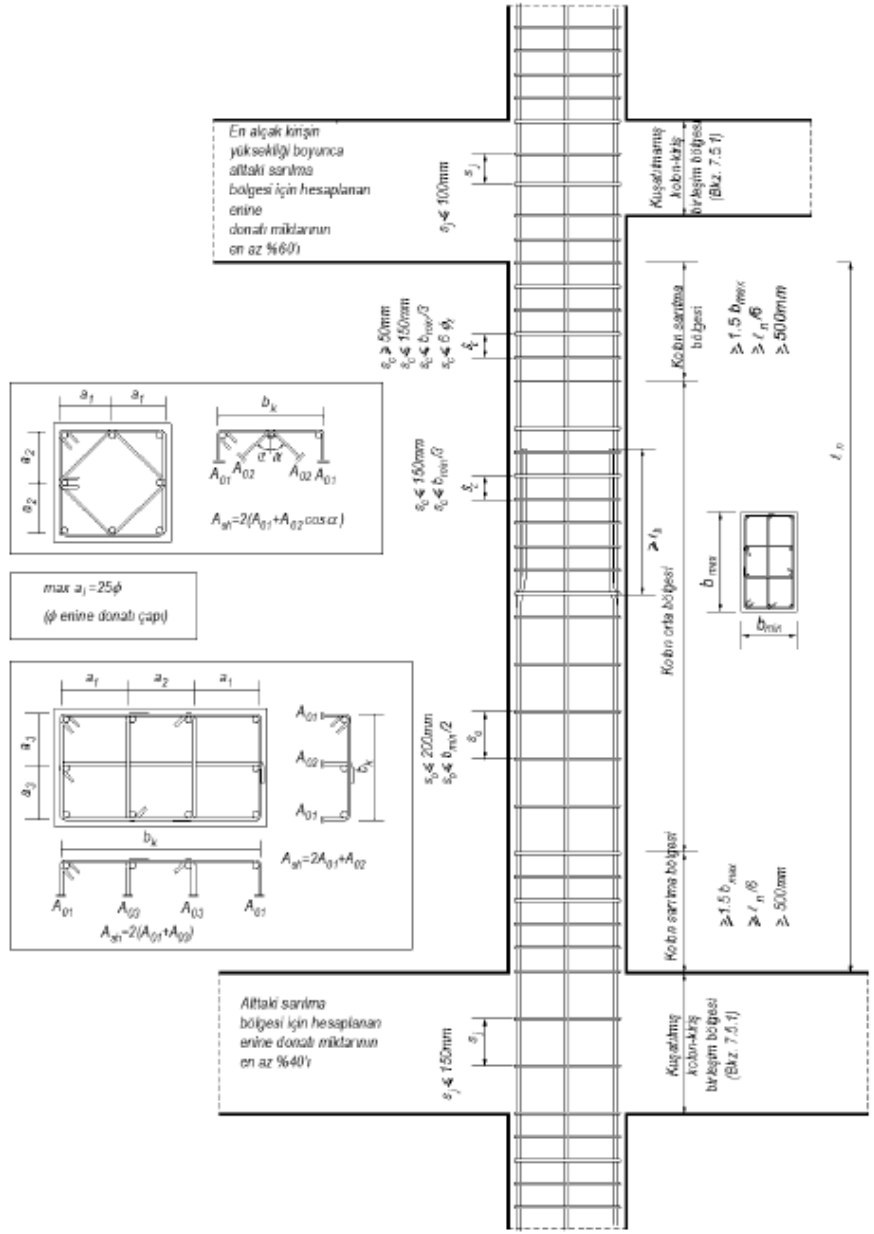
- Sarılma bölgesi uzunluğu değişti. Her yer neredeyse sıklaştırma bölgesi oldu.
- Amaçlanan husus aslında, sarılma bölgeleri ile hem dayanım hem de sünekliği arttırmak.

TBDY 2018

Kolon sarılma bölgesi

$\geq 1.5\, b_{max}$
$\geq \ell_n/6$
$\geq 500mm$

$s_c \geq 50mm$
$s_c \leq 150mm$
$s_c \leq b_{min}/3$
$s_c \leq 6\, \phi_\ell$



DBYBHY 2007

Kolon sarılma bölgesi

$\geq b_{max}$
$\geq l_n/6$
$\geq 500\ mm.$

$s_c \geq 50\ mm.$
$s_c \leq 100\ mm.$
$s_c \leq b_{min.}/3$

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Kesme güvenliğinde D parametresi işin içine giriyor.**

$$V_e = (M_a + M_{ü}) / \ell_n$$

$$V_e = \min \begin{cases} (M_a + M_{ü}) / l_n \\ V_G + D \times V_R \end{cases}$$

$$V_e = (M_a + M_{ü}) / \ell_n$$

$$V_e = \min \begin{cases} (M_a + M_{ü}) / l_n \\ V_G + V_{R_u = 2} \end{cases}$$

- **Benzer formüller. Dayanım fazlalığı hesaplara katılıyor. Kesme kuvveti gevrek bir davranış olduğu için düşey yükler ile dayanım fazlalığı ile arttırılmış depremden hesaplanan kesme kuvveti dikkate alınır.**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Ezilme bağıntısı değişti. Amerikan şartnamesine dönüştü. C30'a kadar aynı sonrasında ise bir artış söz konusu.**

$$V_e \leq 0.85 A_w \sqrt{f_{ck}} \quad \Rightarrow \quad V_e \leq 0.22 A_w f_{cd}$$

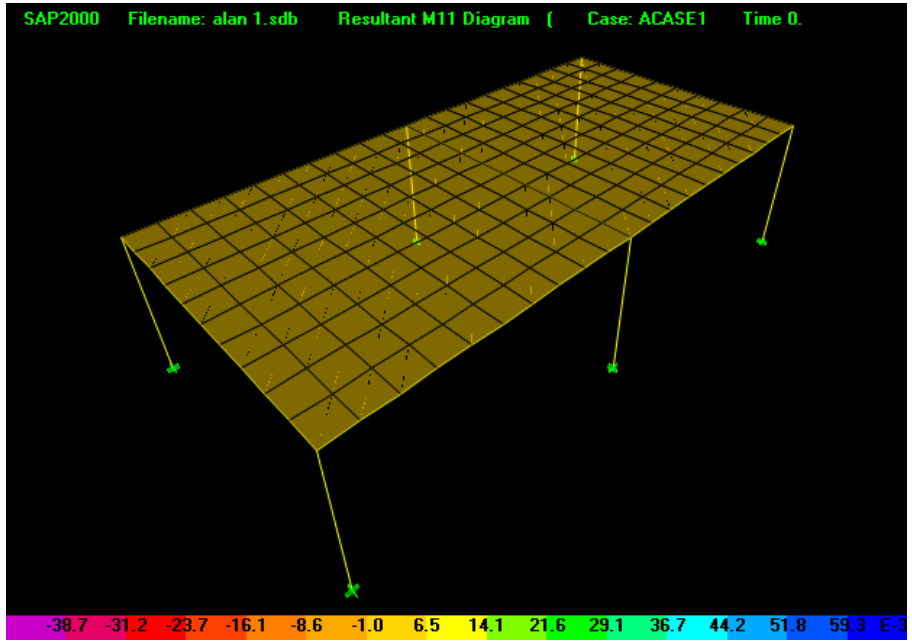
- **C30'a kadar aynı değerleri veriyor fakat daha üst sınıflarda daha zor şartlar geliyor.**

$$C30 \cdot için \cdot 0,85\sqrt{f_{ck}} = 4,66 MPa \cdot iken \cdot 0,22 A_w f_{cd} = 4,40 MPa$$

$$C50 \cdot için \cdot 0,85\sqrt{f_{ck}} = 6,01 MPa \cdot iken \cdot 0,22 A_w f_{cd} = 7,33 MPa$$

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- Kiriş boyutlarında belirgin bir değişim yok.
- Yeterli mesnet yapılabilmesi için kiriş yüksekliğinin 3d kuralı vardı. Bu kural biraz esnetildi. Sağlanamaması durumunda sonlu eleman analiz çözümü getirildi.

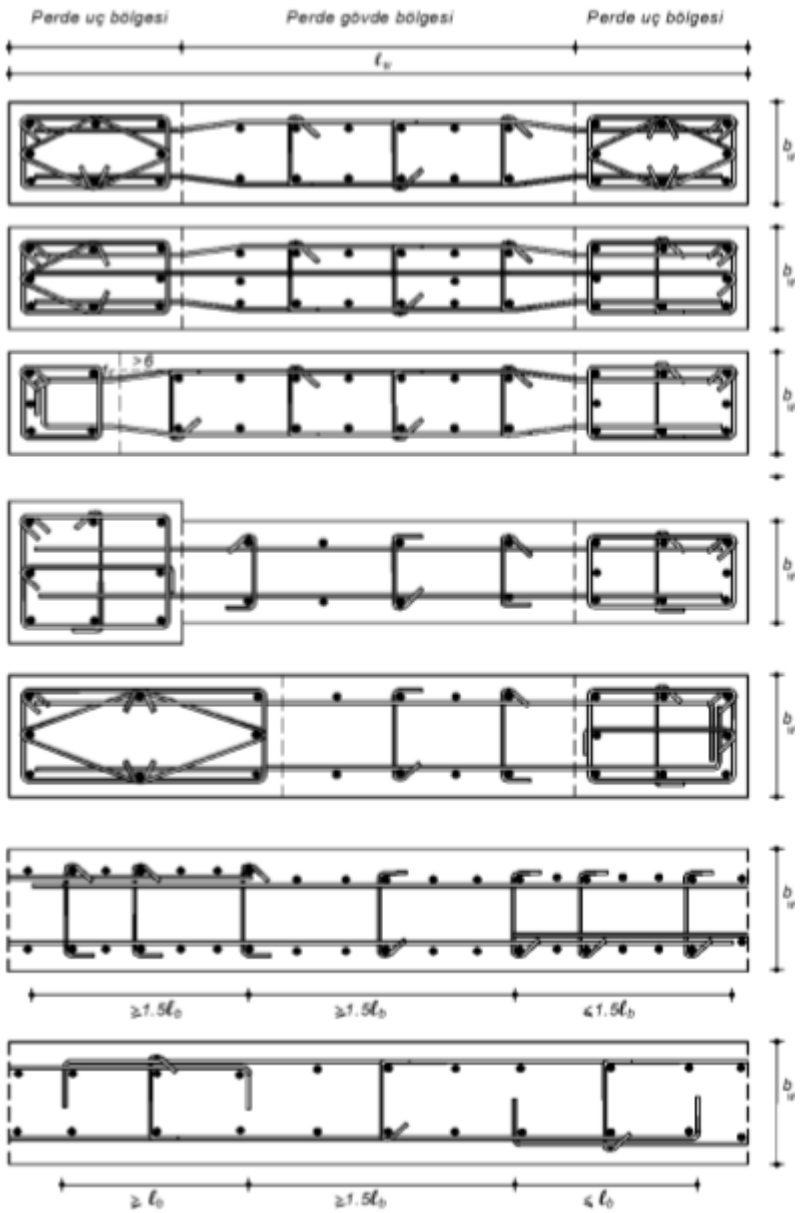


2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Etriye kolu arası mesafe 35cm'yi aşmayacaktır.**
- **Kiriş kesme güvenliği formülünde değişmeler oldu.**
- **Kolon-kiriş birleşim bölgesi şartları değişti. Maddeler daha ağırlaştı. Kesitleri büyütmek gerekecek.**
- **Perde tanımı uzun kenarın kısa kenara oranı 6 olarak değiştir. Burada moment diyagramı önemli. Konsol gibi ise perde, katlar arası işaret değiştiriyor ise kolon denilebilir.**

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

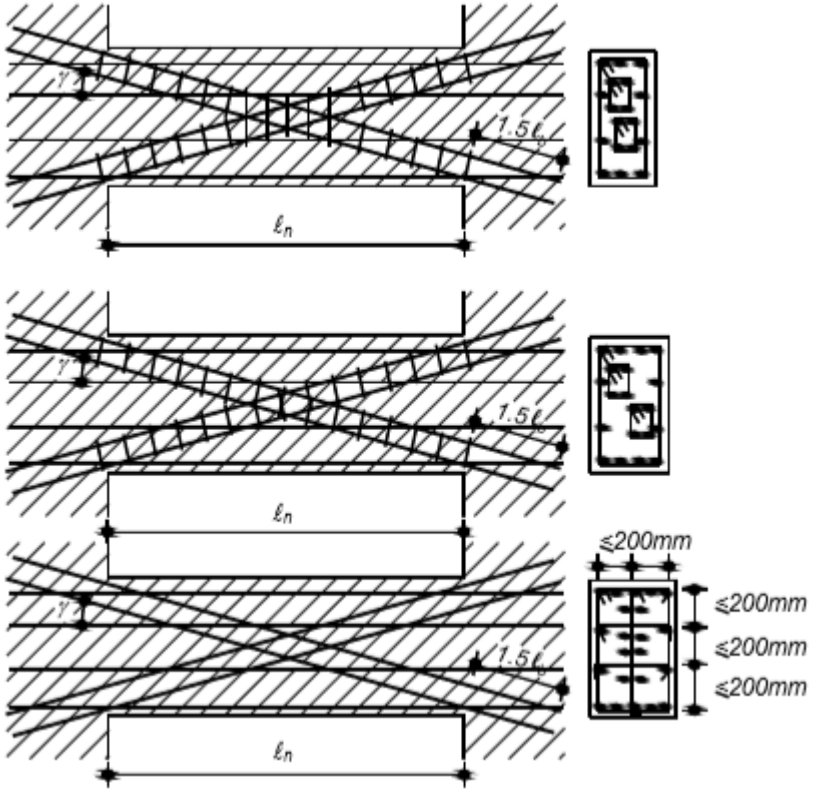
- **Perdelerde kolon benzer olarak normal kuvvete bir sınır getirildi.**
- **Perdeler için çeşitli donatı türleri sunulmuştur.**
  - ***Dışa düşey donatı koyulabiliyor***
  - ***Kenetlemeye dikkat edilmeli***
  - ***Uç bölgelerde esnet detaylar mevcut***
  - ***Kesme kuvveti fazla ise orta bölgeye de gövde donatısı koyulabiliyor.***



2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Perdelerde en önemli hasarlara neden olabilen kesme kuvvetleri için güvende kalmayı, büyük boyut seçilmesi öneriliyor.**

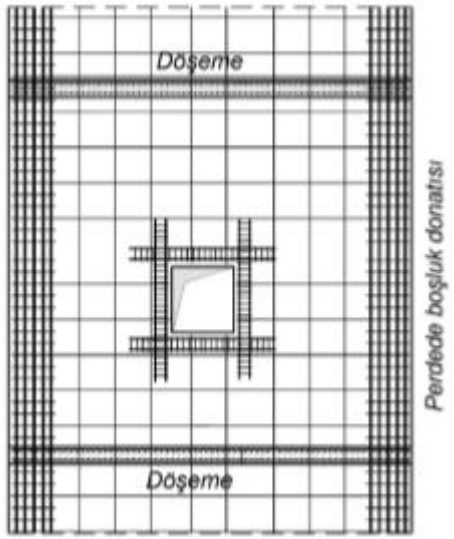
- **Bağ kirişi tanımı değişti. Uçlarda etriye devamı yok. Daha kolay uygulanabilen detaylarda mevcut.**



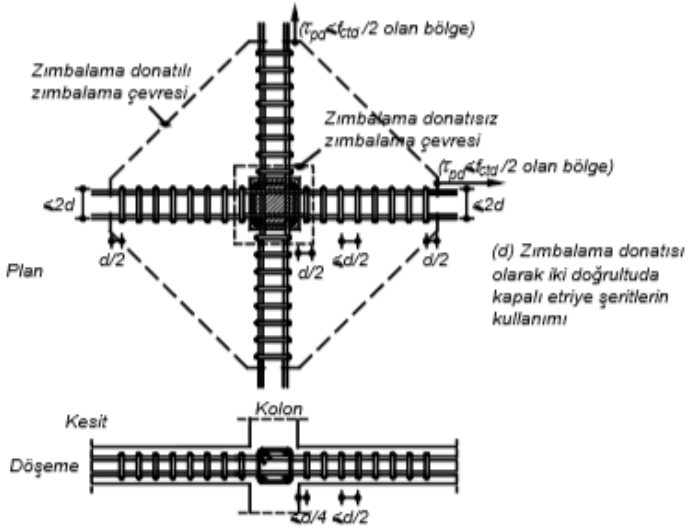
Boşluklu perdede bağ kirişi donatısı örnekleri

2018 TBDY ile ön çıkan hususlar şu şekilde özetlenebilir;

- **Perdelerde kullanılacak boşluğun yeri, boyutu ve kenarlara koyulacak donatı ile ilgili daha detaylı bilgiler mevcut.**



- **Kirişsiz döşemeler için gerilme sınırları verilmiş.**



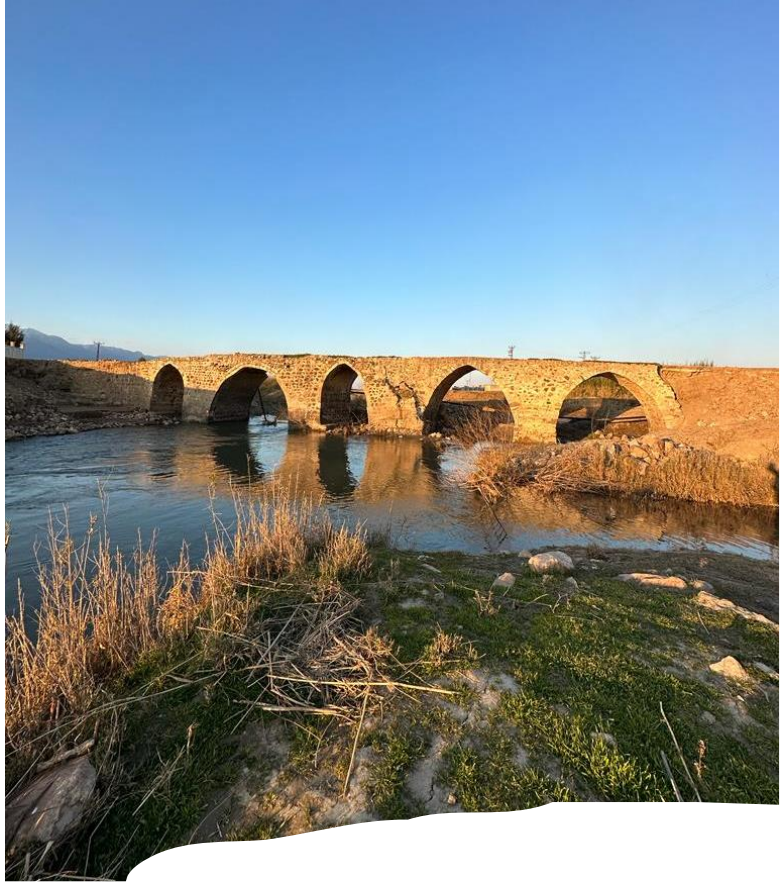
Şekil 7.16

MODELLEME ÖNERİLERİ

- Taşıyıcı sistem üç boyutlu olarak modellenmelidir.
- Kolon ve kiriş elemanlar çubuk (frame) elemanlar ile modellenmelidir.
- Perde modellemesine dikkat edilmeli ve kabuk elemanlar kullanılmalıdır.
- Düğüm noktaları 6 serbestlik dereceli olmalıdır.
- Sonlu eleman mesh kontrolü yapılmalıdır.

- **Düzensizlik durumunda döşemeli model kurulmalıdır.**

- **Rijit bodrum katta, geçiş katı döşemelerinde ciddi düzeyde gerilmeler oluşur. Bu döşemelerin yeteri kadar rijit / kalın olması gerekir. Sonlu eleman analizi yapılmalıdır.**



BETONARME YAPILAR VE DEPREM HASARLARI

#HATAY

EMSC

📍 Adıyaman

12

HASAR TESPİTİ

Hasar Tespiti Nedir ?

DEPREMİN;

- KOLONLARA
- KİRİŞLERE
- TAŞIYICI SİSTEMLERE HASAR VERİP VERMEDİĞİ
- BURKULMA
- KESME
- ÇATLAMA OLUP OLMADIĞI GİBİ DURUMLAR İNCELENİR.

Binalar belirlenen hasar ve hasarsızlık durumlarına göre;

- Hasarsız ve Az Hasarlı binalar **kullanılabilecek** durumda kabul edilir.
- Orta Hasarlı binaların **detaylı deprem performanslarının değerlendirilmesi gerekir.**
- Ağır Hasarlı ve Acil Yıkılacak binaların **kesinlikle kullanılmaması ve kontrollü bir şekilde yıkımının gerçekleştirilmesi zorunludur.**

Binalara ait kriterlere göre belirlenen hasar durumu **e-devlet** ya da **www.hasartespit.gov.tr** adresinden öğrenilebilir.

Binasının hasar durumu için tespit yaptırmak isteyenler bu adreslerden ya da afet bölgelerindeki mobil iletişim merkezlerinden başvuruda bulunabilirler.

Bir Binanın Depreme Dayanıklı Olup Olmadığı Nasıl Belirlenir ?

Performans Analizi için İşlem Adımları

Gözlemsel İnceleme 01

- Yapının taşıyıcı (perde, kolon, kiriş, döşeme, vb.) ve taşıyıcı olmayan (bölme duvarlar vb.) elemanların varsa hasarlarının belirlenmesi
- Eğer yapının projesi varsa projenin yerinde kontrol edilmesi
- Eğer yapının projesi yoksa taşıyıcı sistem rölevesinin çıkartılması

Zemin Özellikleri

02

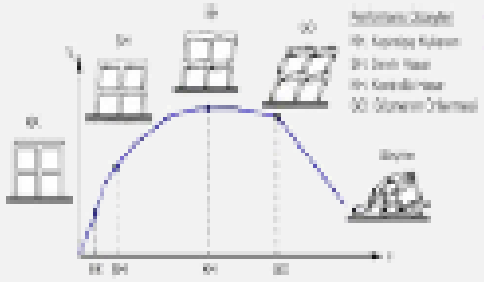
- Sondaja dayalı zemin jeolojik etüt ve geoteknik değerlendirme raporunun hazırlanması

Malzeme Özellikleri 03

- Beton ve donatıya ait malzeme özelliklerinin belirlemesi

Analiz

04



- Binanın sonlu eleman modelinin oluşturulması ve performans analizine dayalı mevcut deprem güvenliğinin belirlenmesi

Güçlendirme Projesi

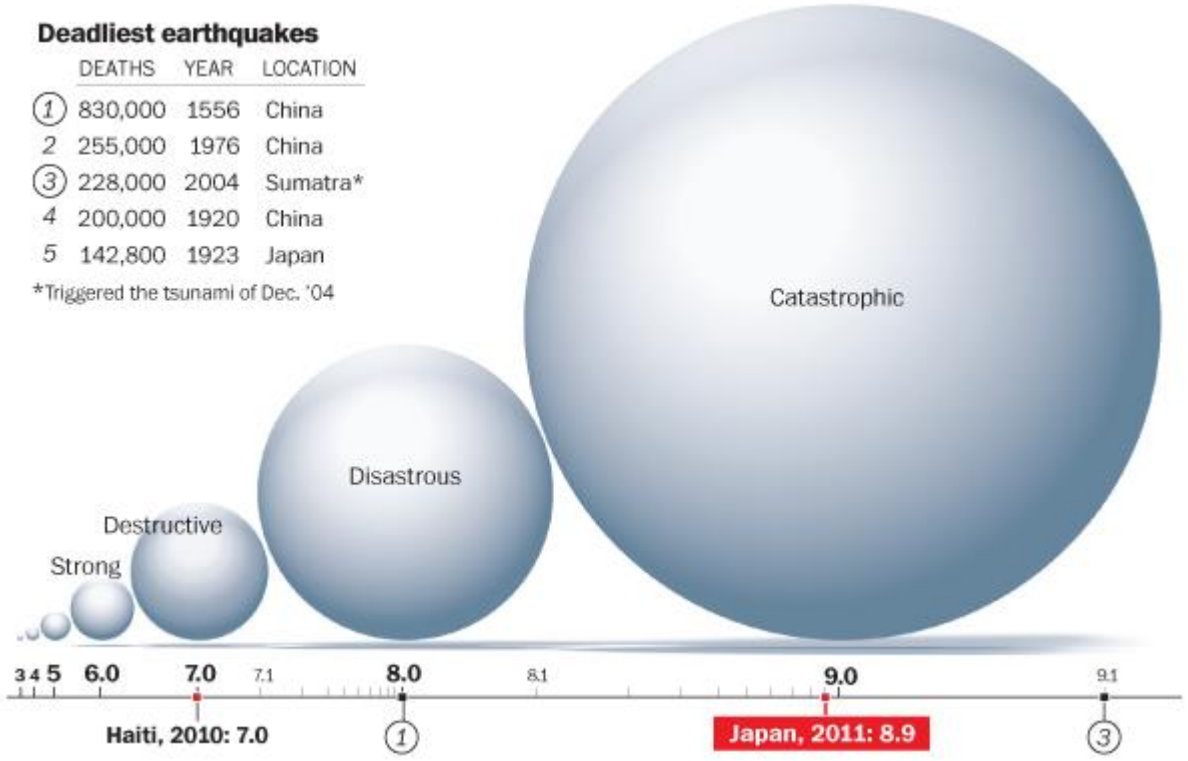
05

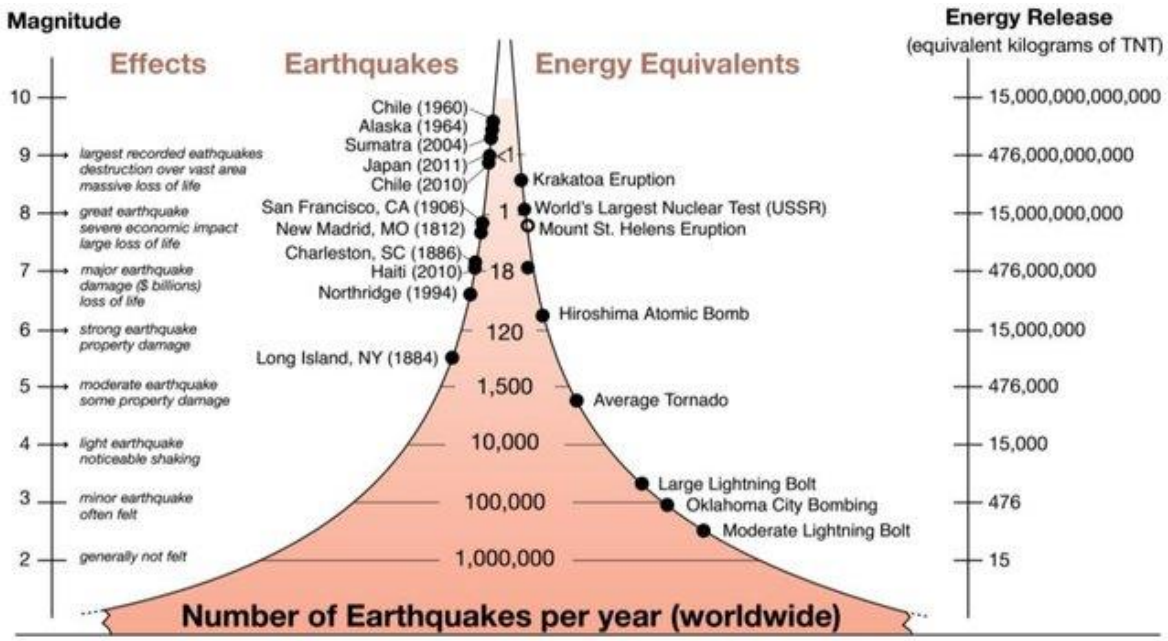
- Gerekli ise güçlendirme projelerinin ve yaklaşık maliyetin hazırlanması

Raporlama 06

- Detaylı raporun hazırlanması

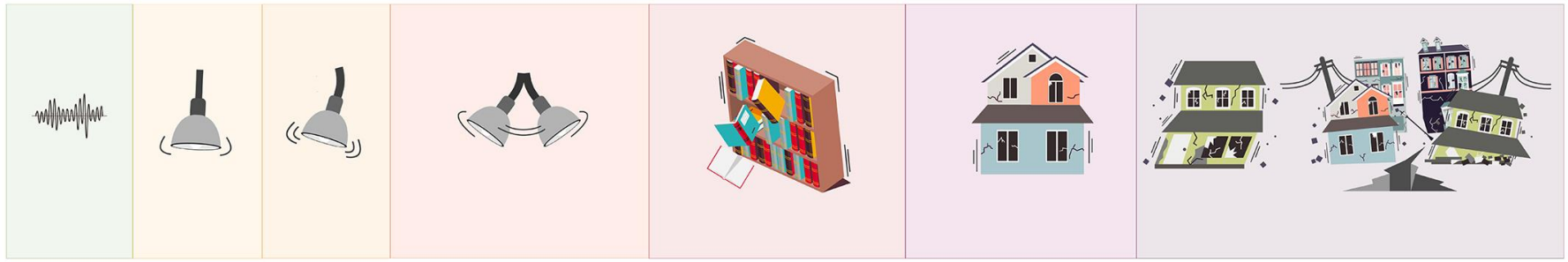
Depremin Büyüklüğü





Depremin Şiddeti

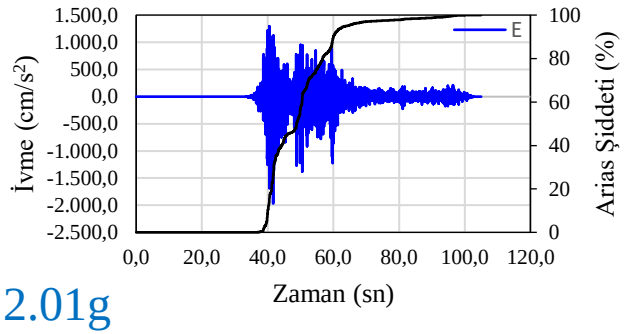
Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği

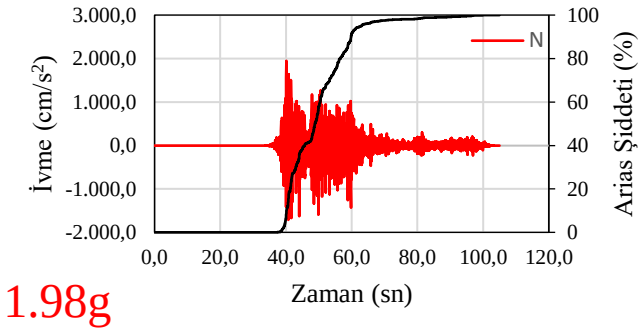


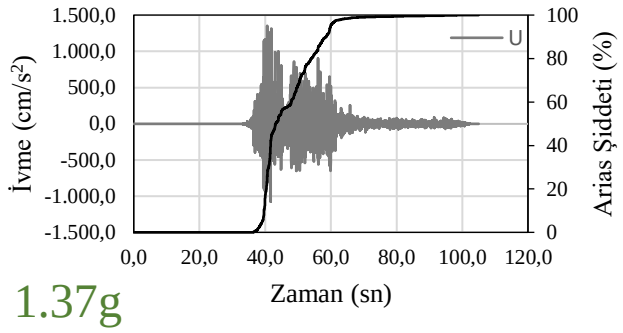
Büyüklük	1-1,9	2-2,9	3-3,9	4-4,9		5-5,9		6-6,9		7 ve Üzeri		
Şiddet	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Neredeyse hiç hissedilmez.	Üst katlarda bulunan insanlar tarafından hissedilebilir.	Binalarda bulunanlar, özellikle üst katlarda yaşayanlar hisseder. Birçok insan sarsıntının deprem olduğunu fark edemez. Duran motorlu araçlar hafifçe sallanır. Sarsıntı, büyükçe bir kamyonun geçişi sırasındaki sarsıntıyı andırır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilebilir.	Gündüz vakti binalardaki insanların çoğu tarafından hissedilir, dışarıdakilerinse çok azı sarsıntıyı hisseder. Gece vakti bazı insanları uykudan uyandırır. Tabaklar ve pencereler sarsıntının etkisiyle titreşir. Büyük bir tırın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Duran motorlu araçlar görünür bir şekilde sallanır.	Hemen hemen herkes tarafından hissedilir ve gece vakti çoğu insanı uykusundan uyandırır. Bazı pencereler ve tabaklar kırılır. Dengesiz nesneler devrilir. Ağaç ve direk gibi yüksek cisimlerin sallandığı bazen fark edilir.	Herkes tarafından hissedilir ve korku verir. Bazı ağır mobilyalar hareket eder. Sıva dökülebilir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.	Özel olarak depreme dayanıklı binalarda göz ardı edilebilecek bir hasara yol açarken; iyi inşa edilmiş sıradan binalarda hafif ya da orta ölçüde hasar gözlenir; kötü tasarlanmış ve inşa edilmiş binalarda önemli ölçüde hasara neden olur. Bazı bacalar yıkılır.	Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda hafif hasar, sıradan yapılarda orta hasar, kötü tasarlanmış ve inşa edilmiş zayıf binalarda ise oldukça büyük hasara yol açar. Bacalar ve ağır mobilyalar devrilir.	Özel olarak depreme dayanıklı tasarlanmış binalarda orta ölçekte hasar oluşur. Taş ya da tuğladan yapılan binalar ve demirli betondan inşa edilen yapılar hafif eğilir. Sıradan binalarda büyük hasar oluşur ve yer yer yıkılmalar gözlenir. Binalar temellerinden kayar.	İyi inşa edilmiş ahşap yapılardan bazıları hasar görürken taş ve kafes yapıların çoğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.	Birkaç yapı (özellikle taştan yapılanlar) dışındaki tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demir yolları büyük oranda eğilir ve bükülür.	Bütün binalar yerle bir olur. Ufuk çizgisi oynak bir yüzeye dönüşür. Nesneler havaya fırlar.

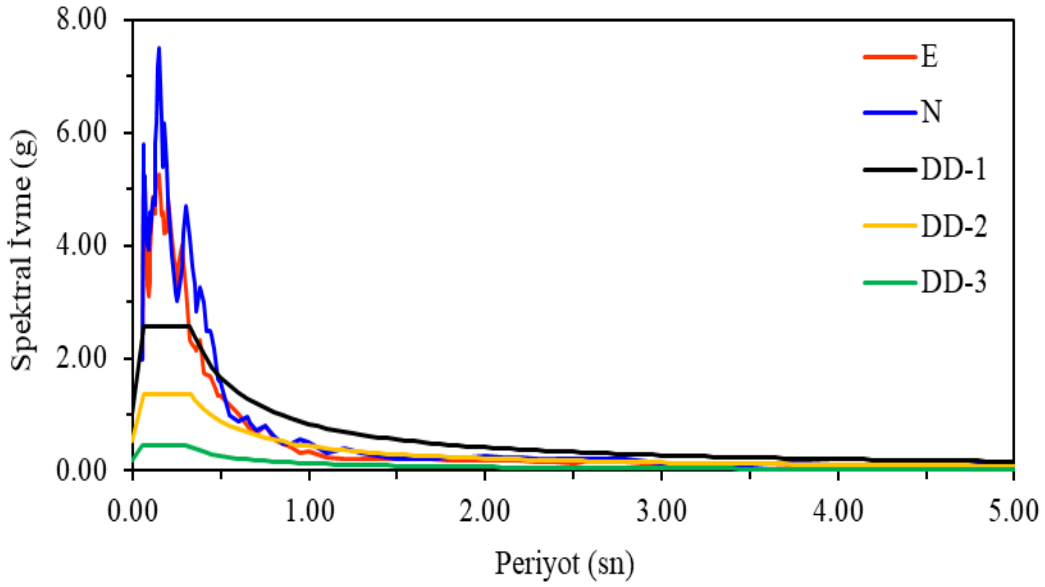
Rezonans Nedir ?

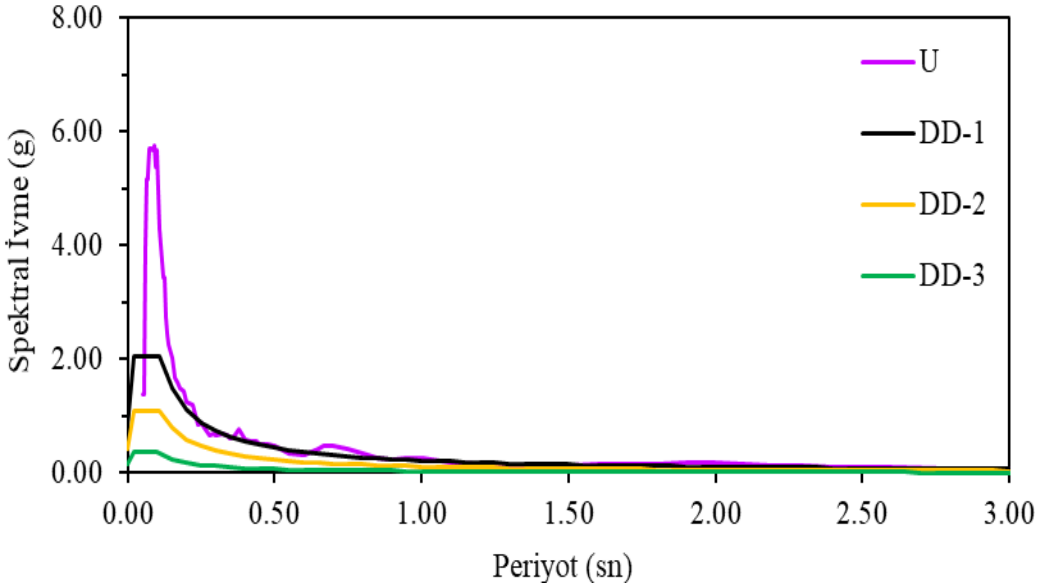
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 4614 (Kahramanmaraş) istasyonu (ξ = %5, ZC)



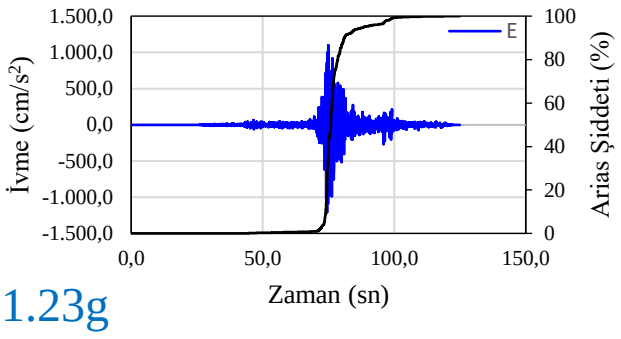




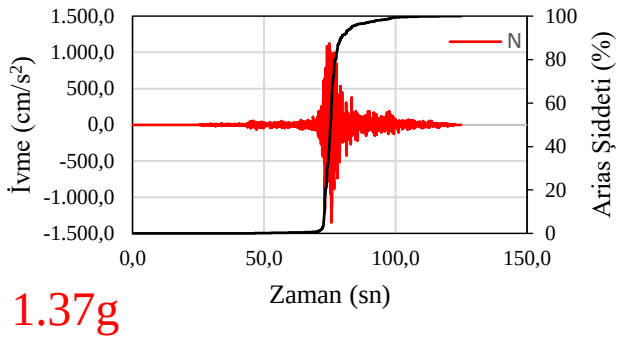




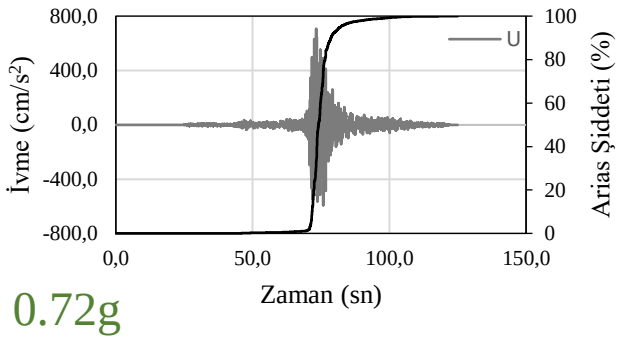
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 3129 (Hatay) istasyonu (ξ = %5, ZC)



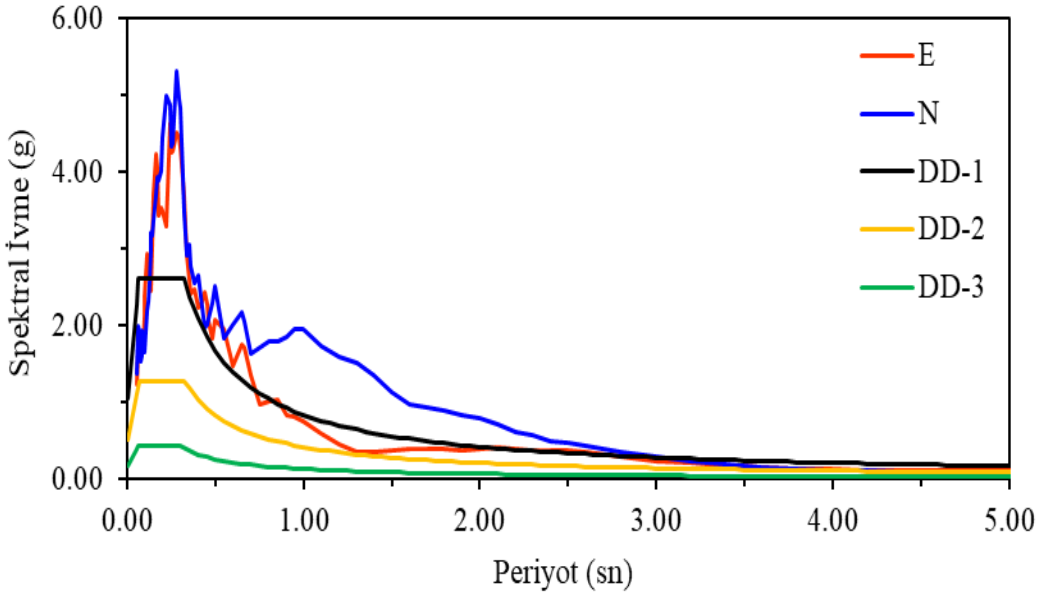
1.23g

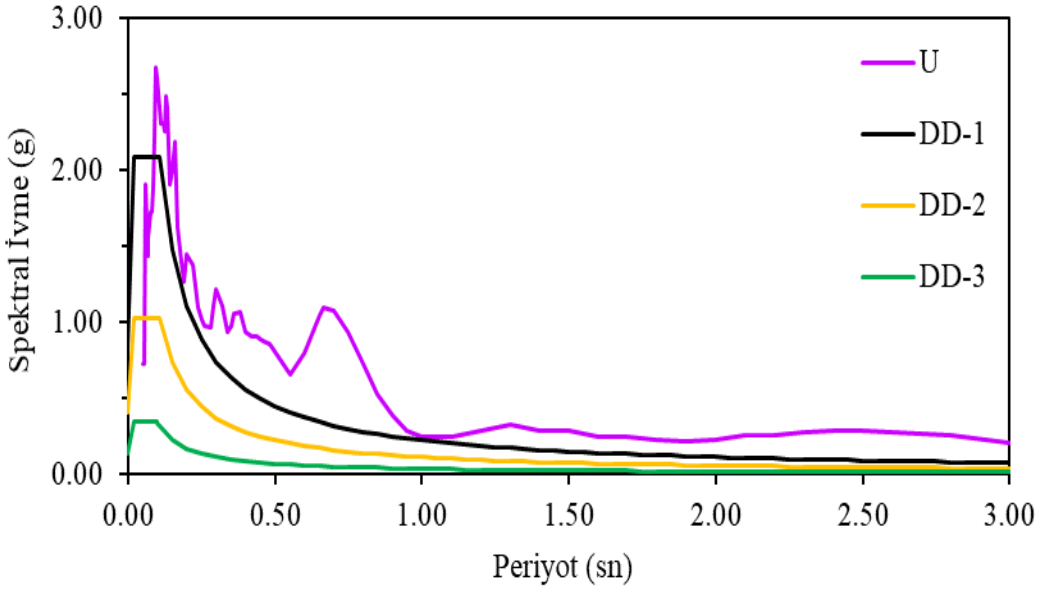


1.37g

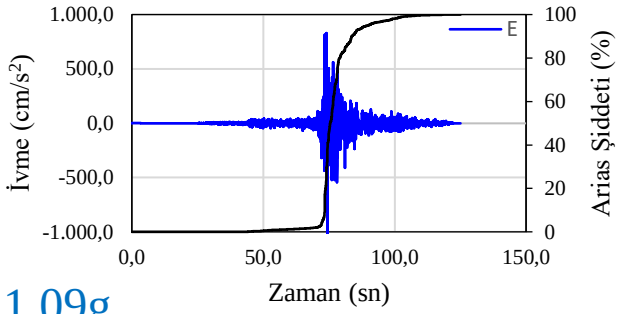


0.72g

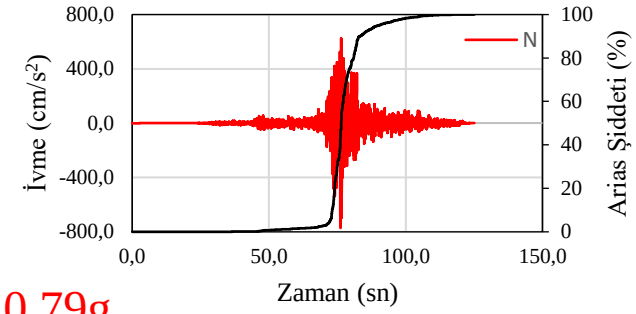




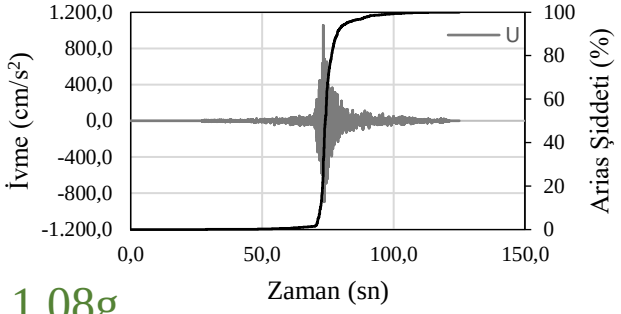
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 3125 (Hatay) istasyonu (ξ = %5, ZC)



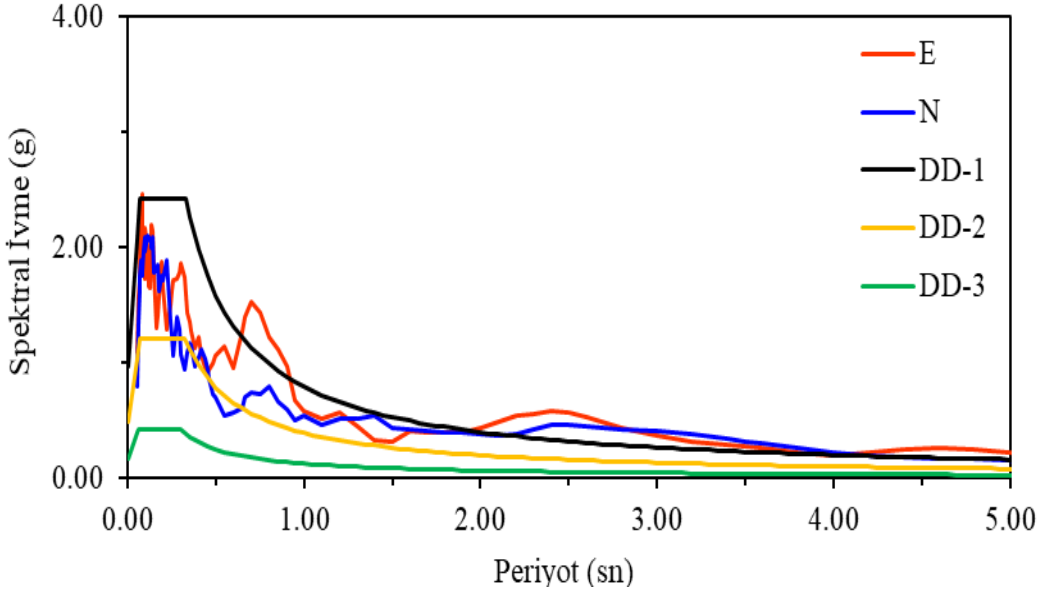
1.09g

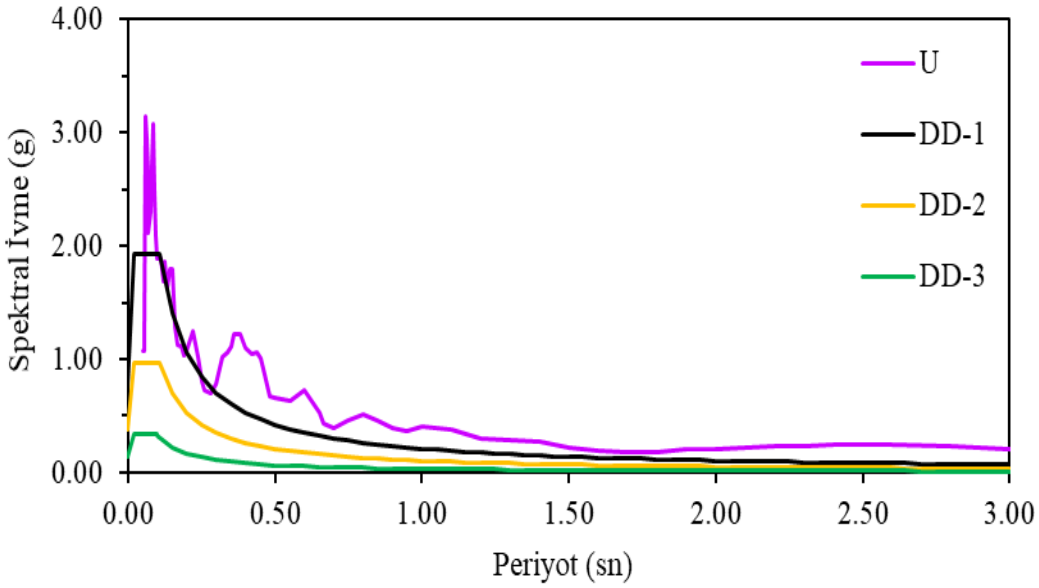


0.79g

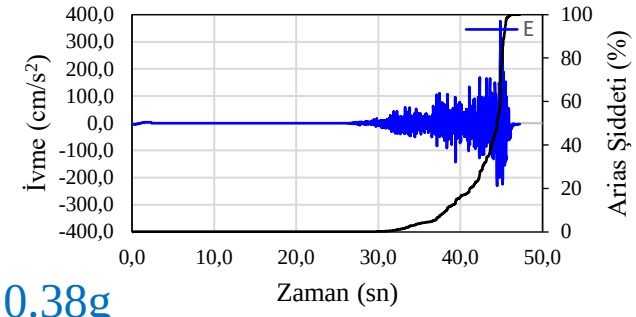


1.08g

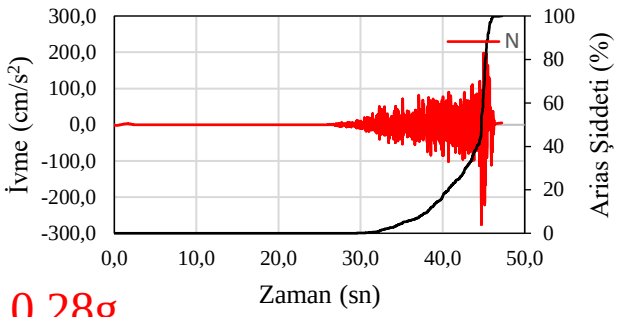




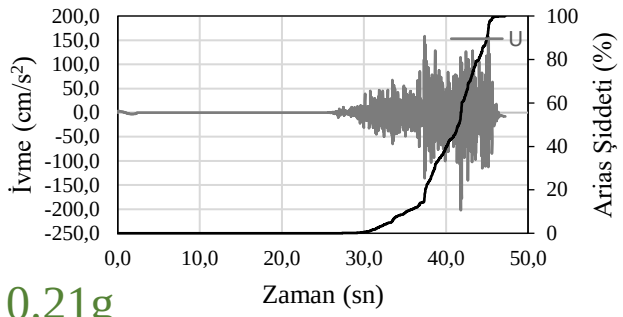
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 0201 (Adıyaman) istasyonu (ξ = %5, ZC)



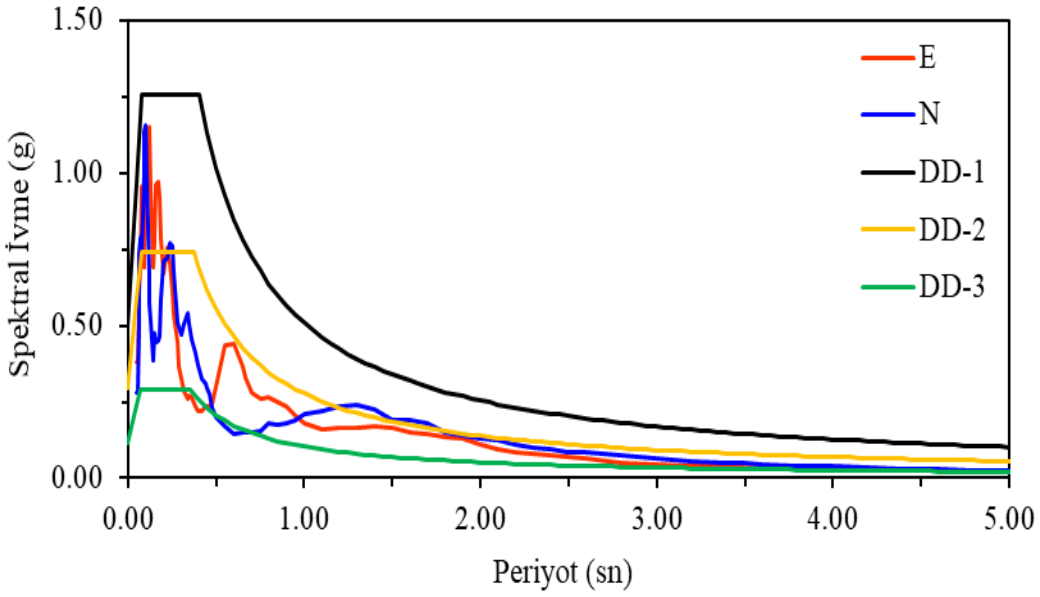
0.38g

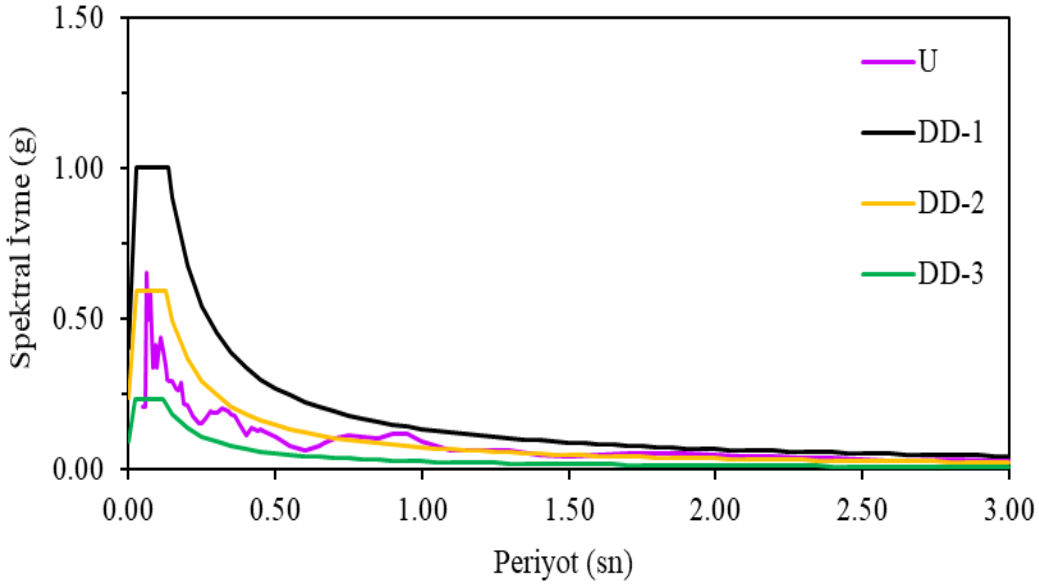


0.28g

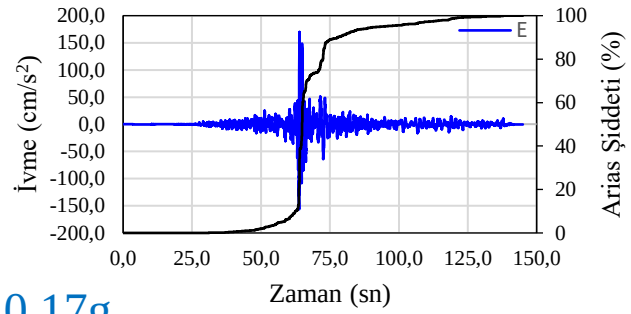


0.21g

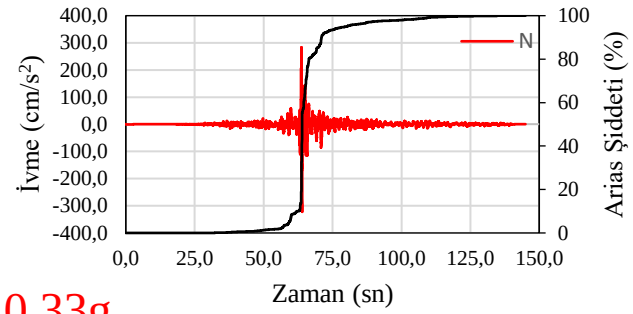




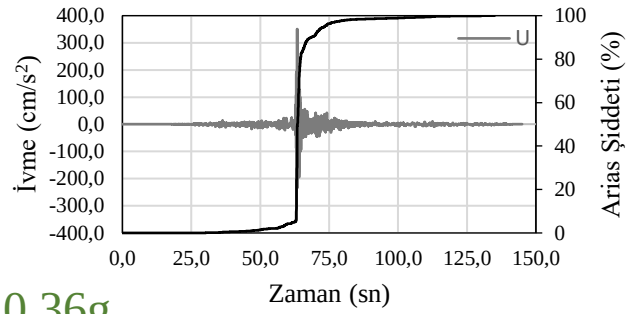
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 2308 (Elazığ) istasyonu (ξ = %5, ZC)



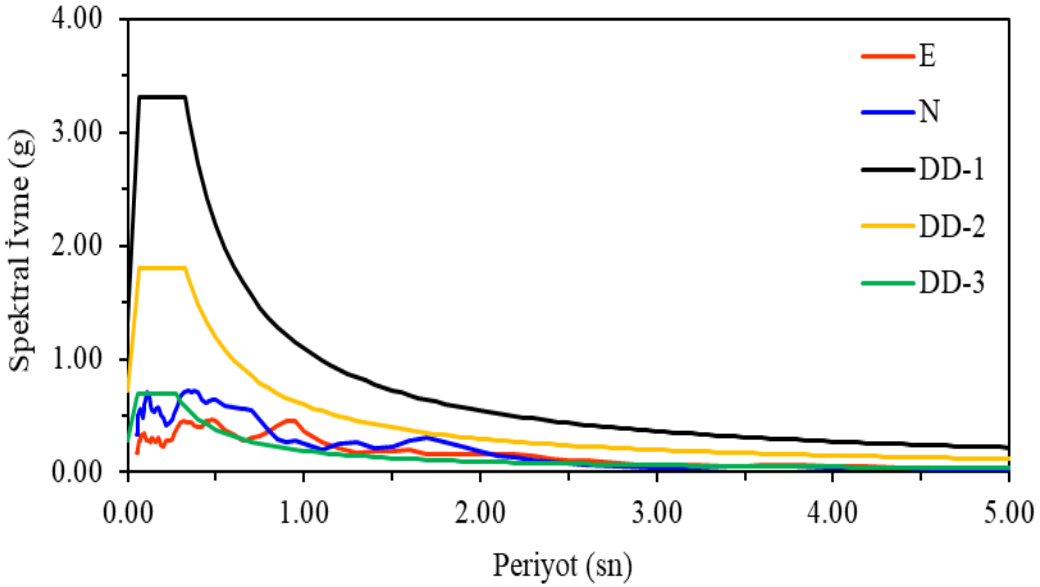
0.17g

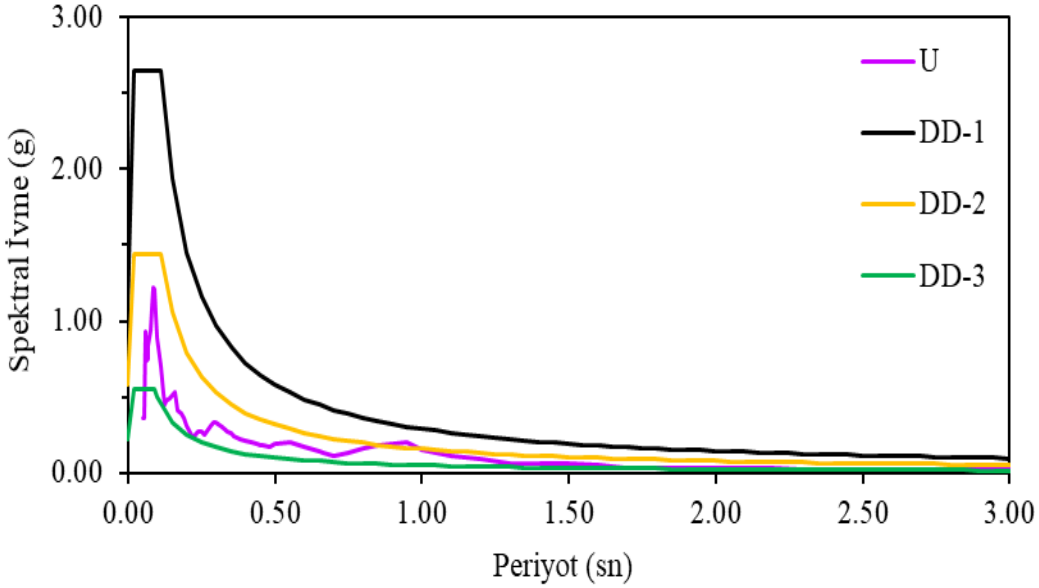


0.33g

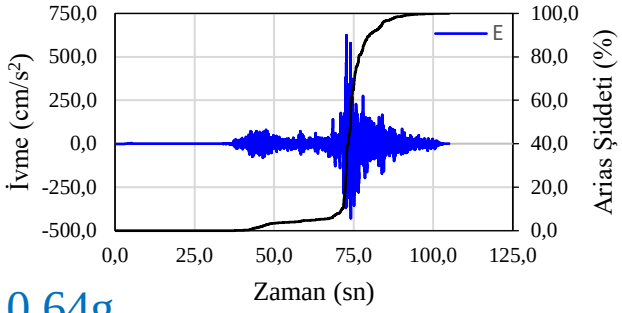


0.36g

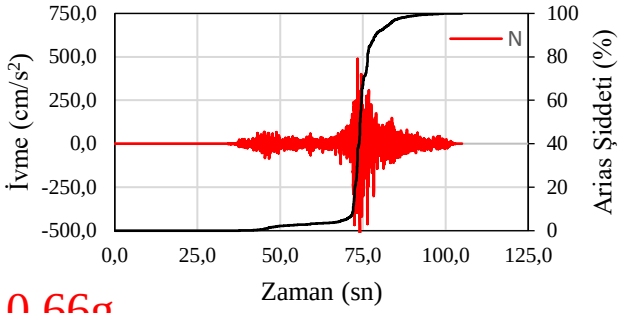




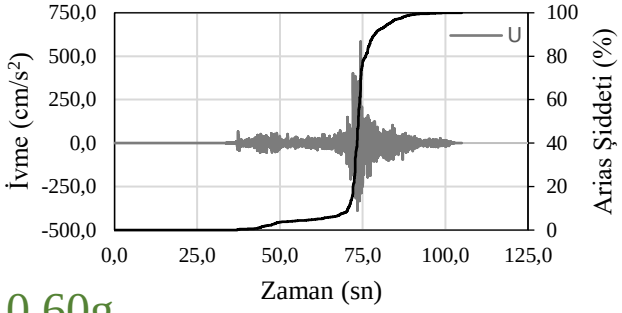
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 2718 (Gaziantep) istasyonu (ξ = %5, N/A (ZC kabul edilmiştir))



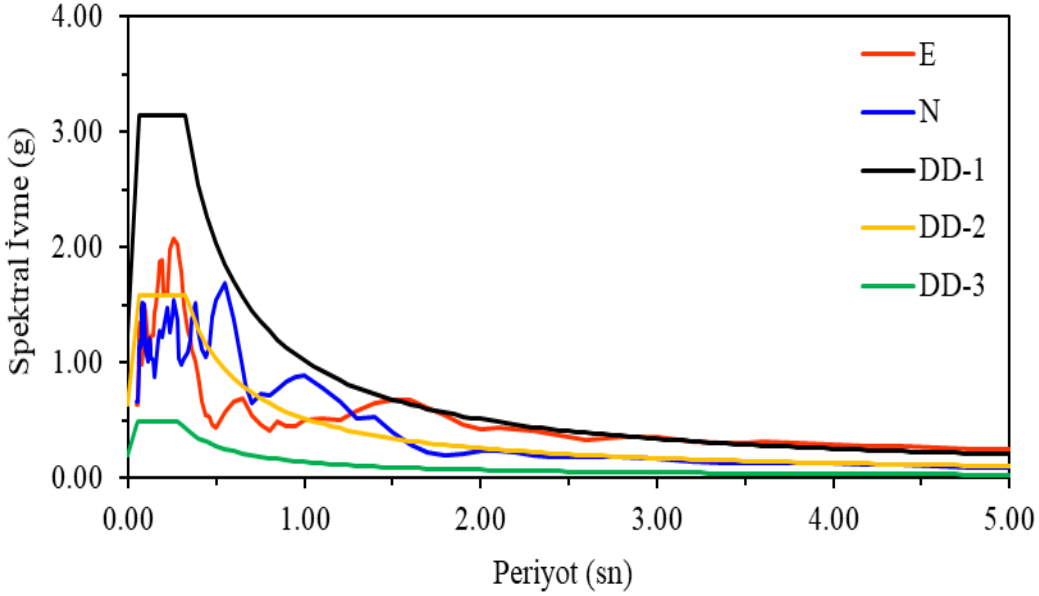
0.64g

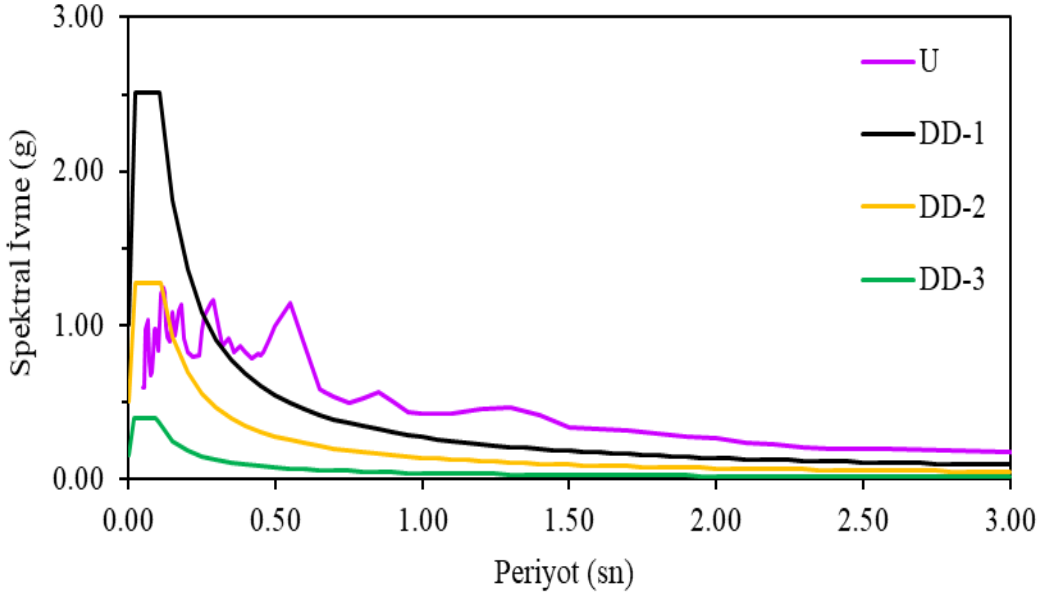


0.66g

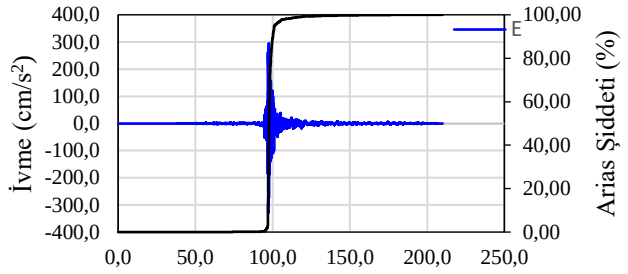


0.60g

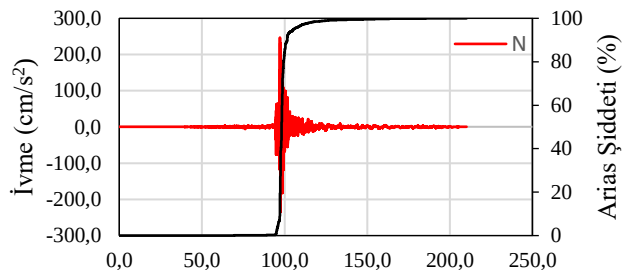




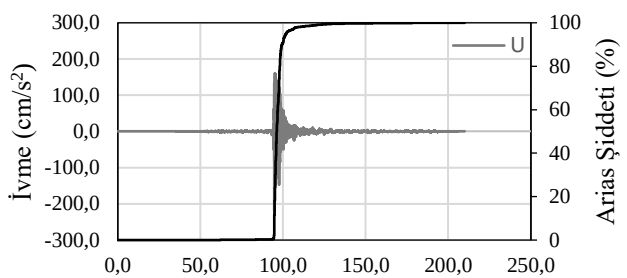
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 1213 (Bingöl) istasyonu (ξ = %5, N/A (ZC kabul edilmiştir))



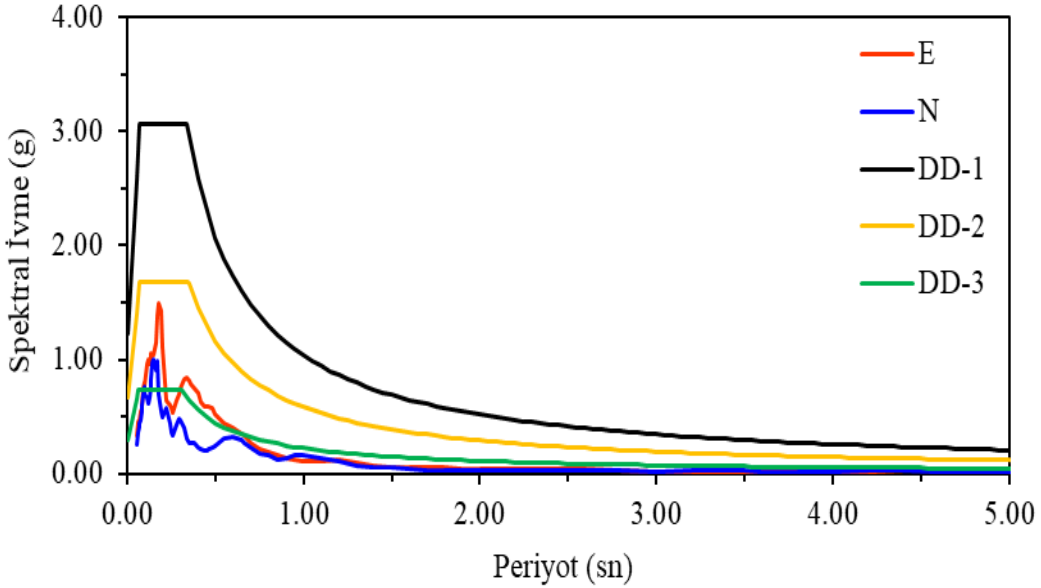
0.34g

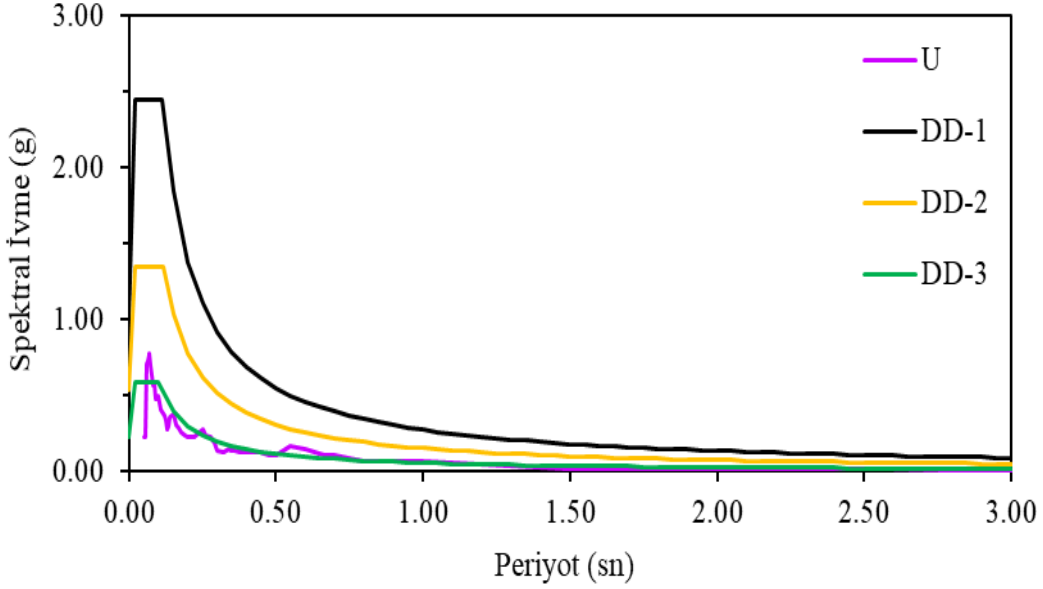


0.25g

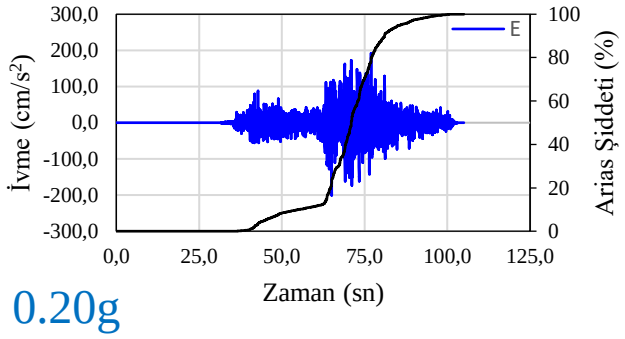


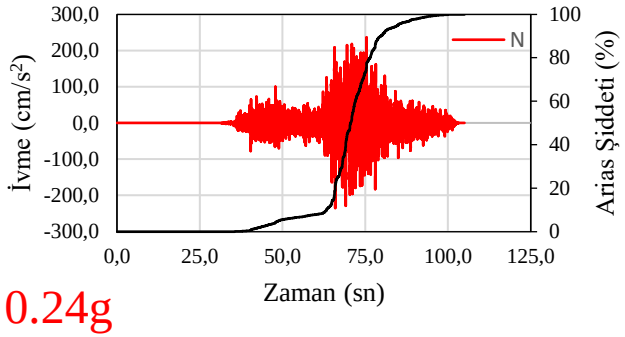
0.22g

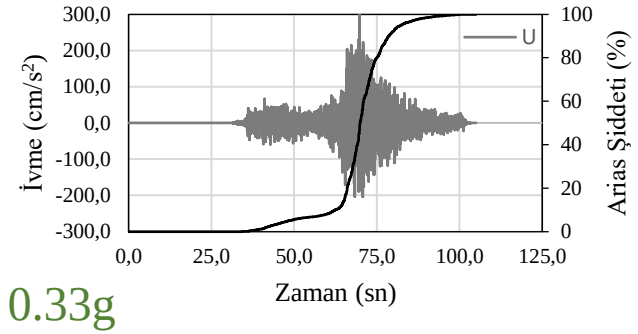


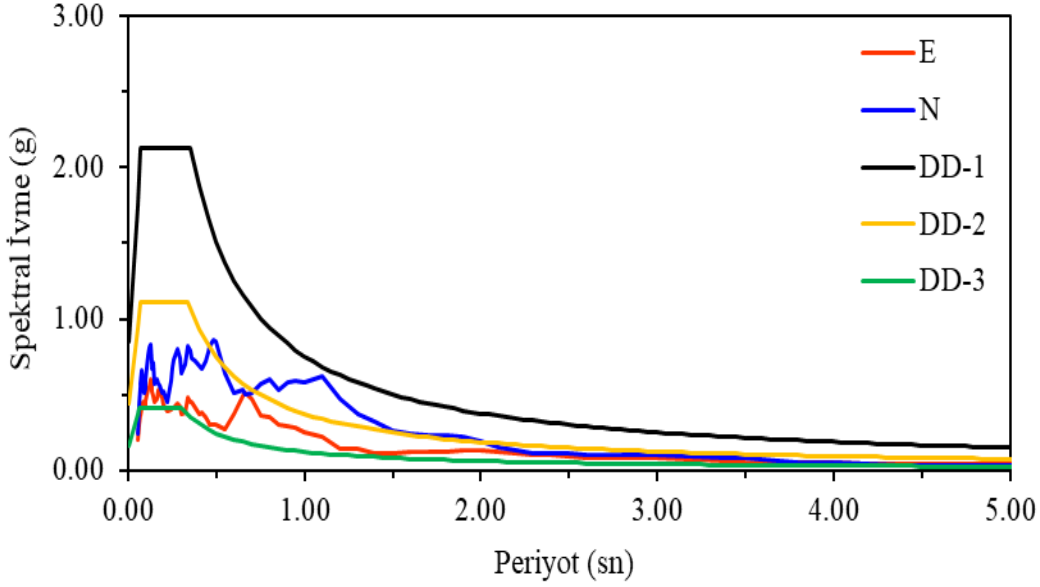


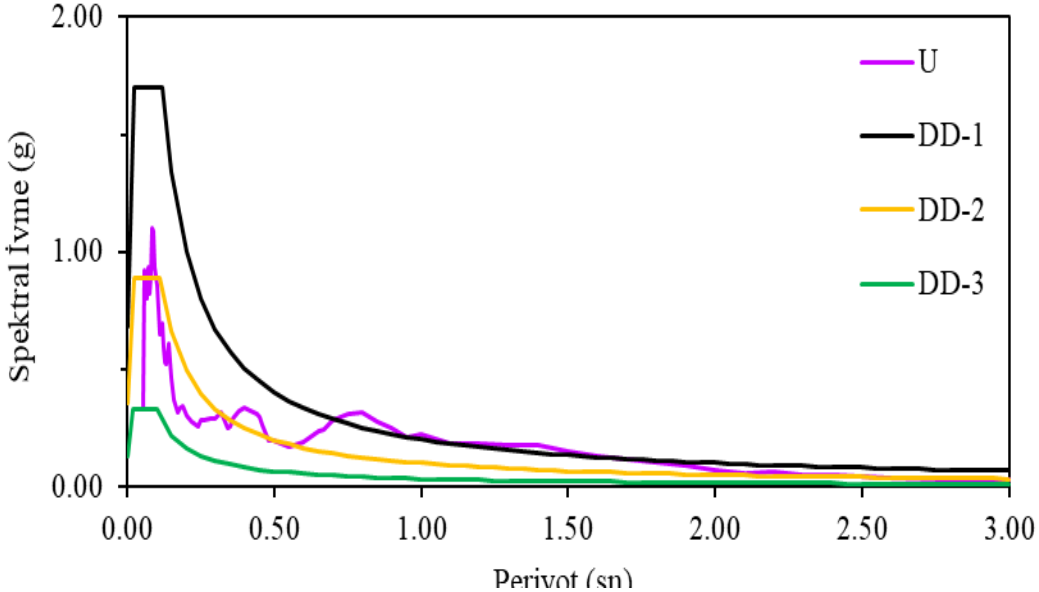
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 8002 (Osmaniye) istasyonu (ξ = %5, ZC)



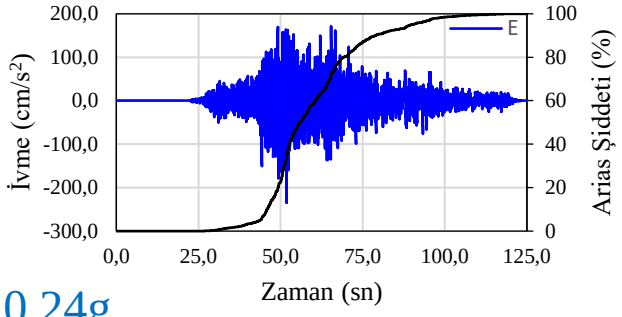




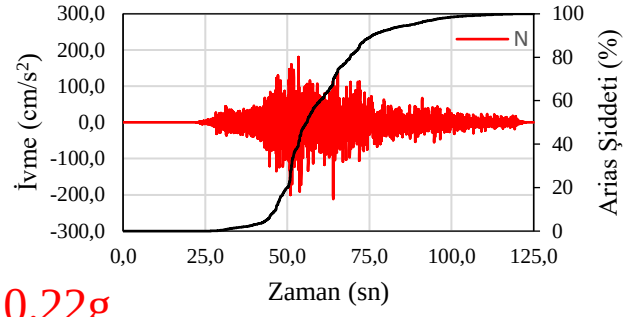




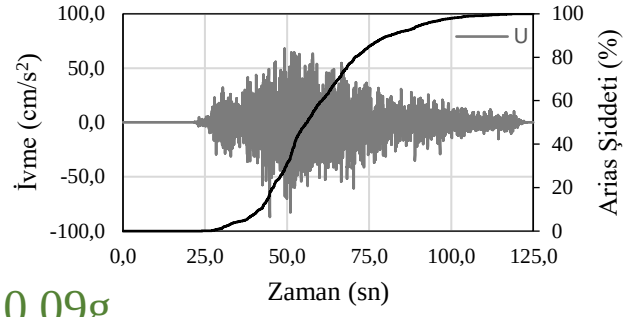
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 6304 (Şanlıurfa) istasyonu (ξ = %5, ZC)



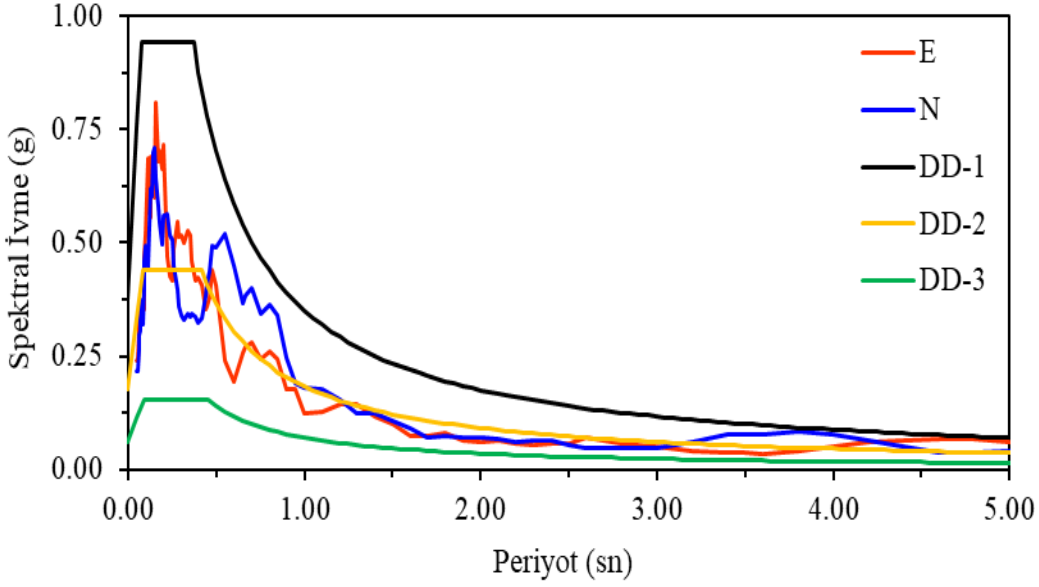
0.24g

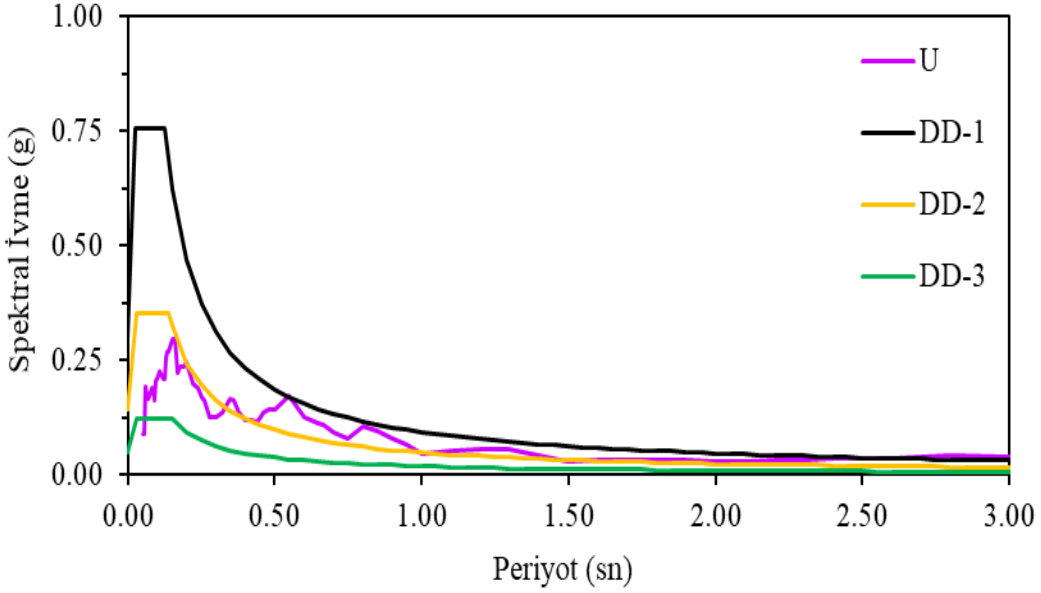


0.22g

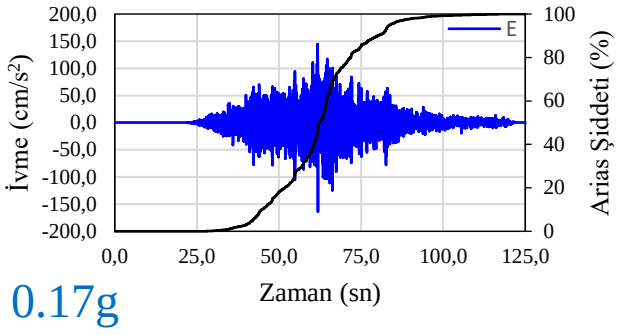


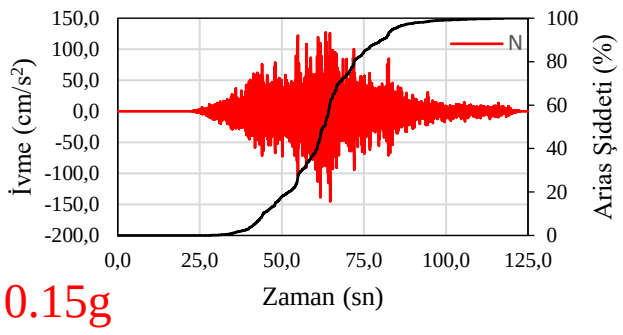
0.09g

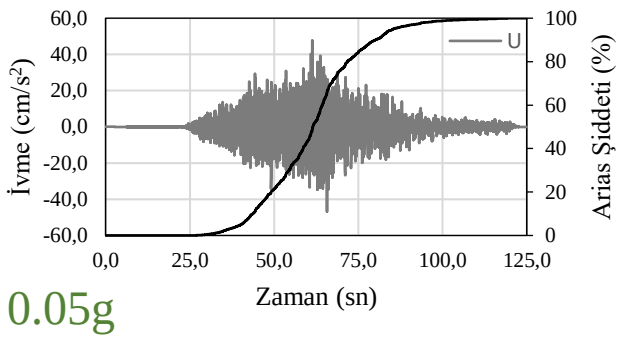


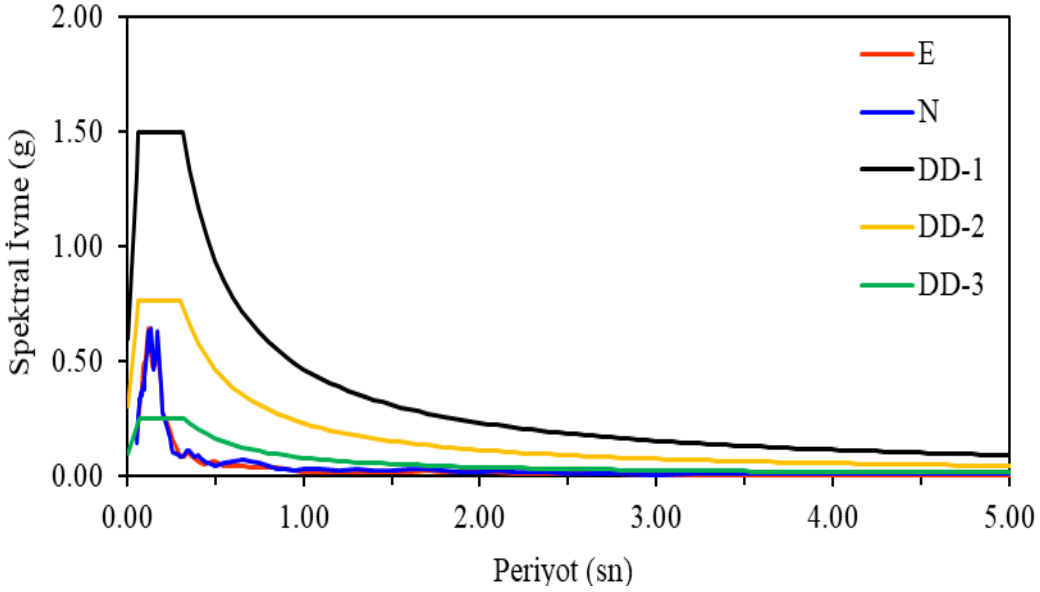


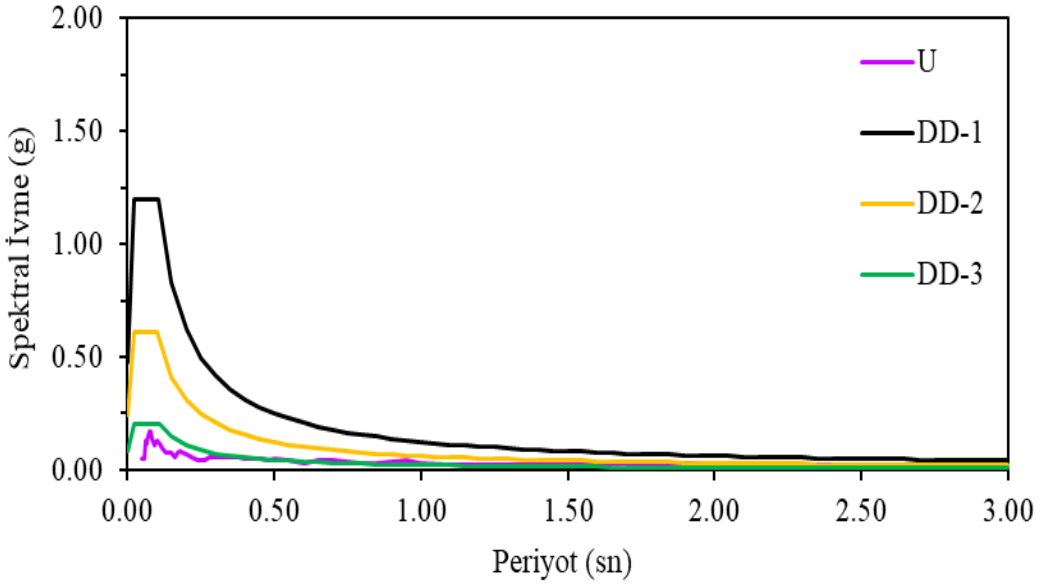
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 0131 (Adana) istasyonu (ξ = %5, N/A (ZC kabul edilmiştir))



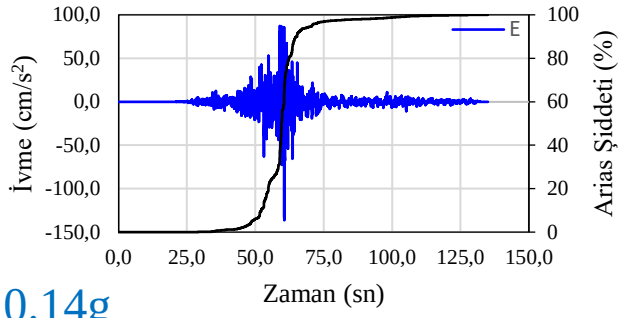




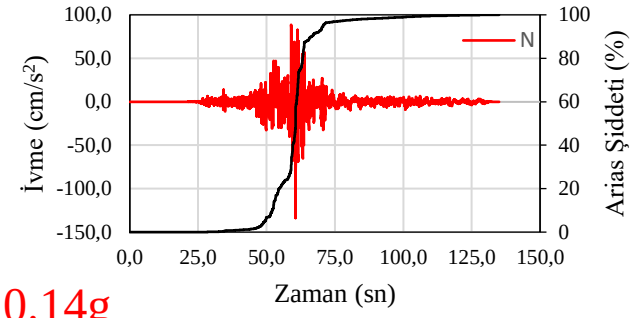




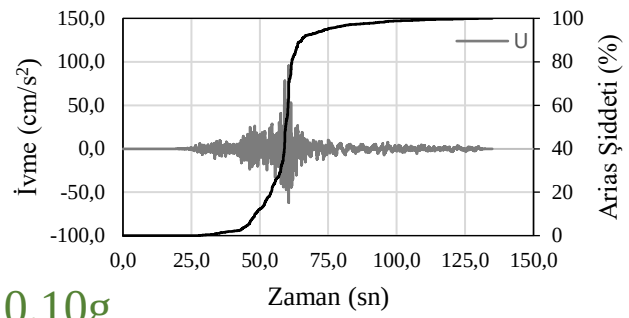
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 4404 (Malatya) istasyonu (ξ = %5, ZB)



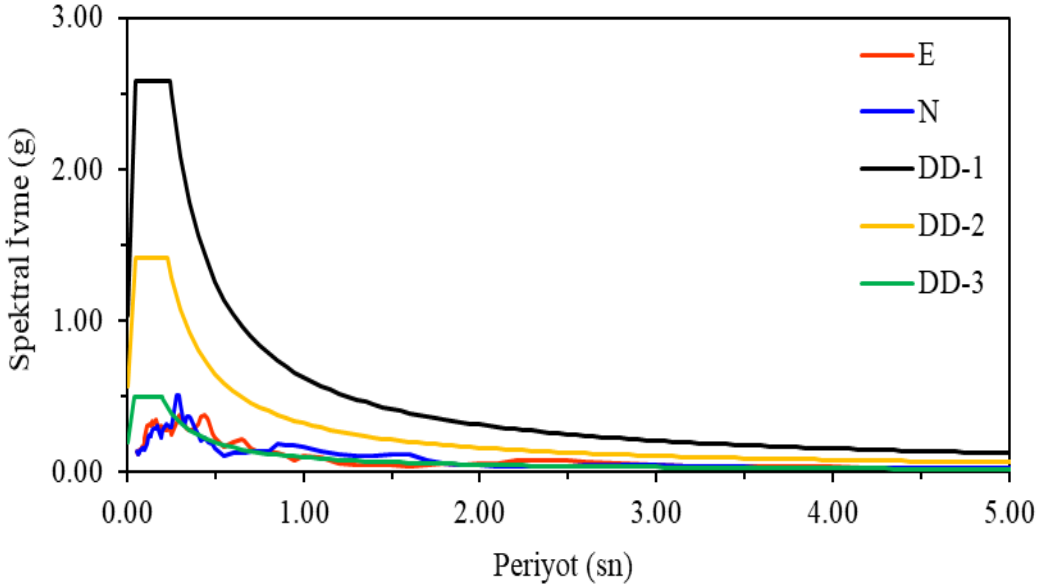
0.14g

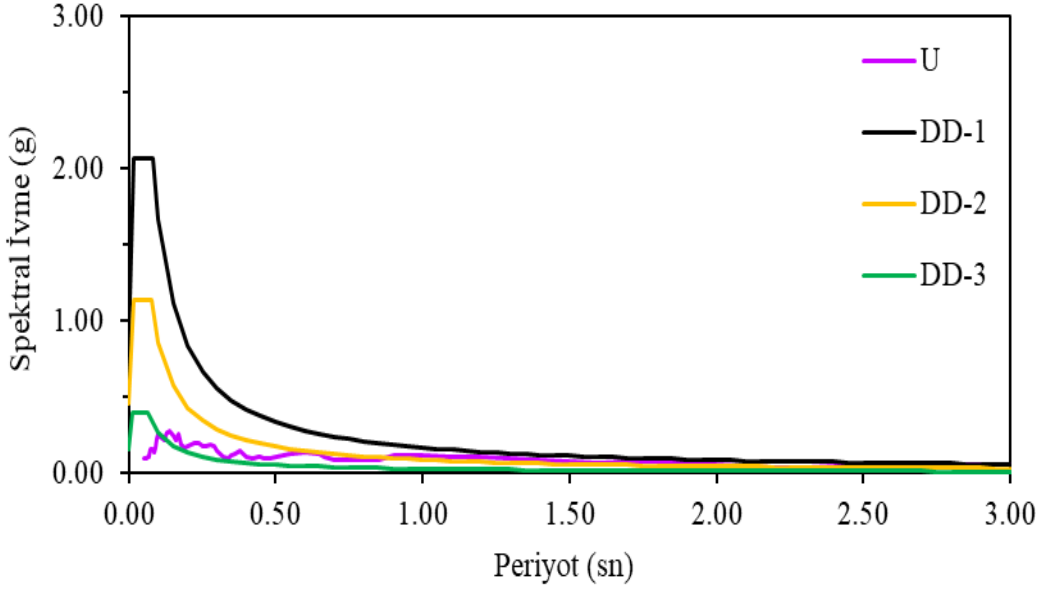


0.14g

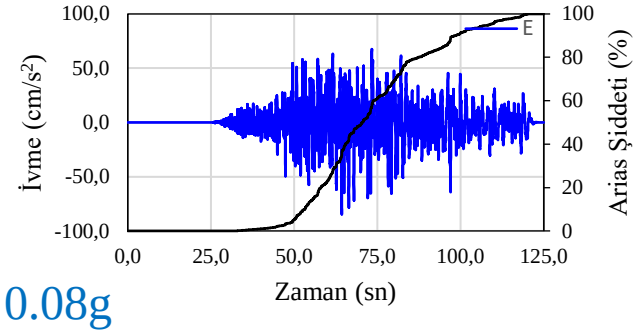


0.10g

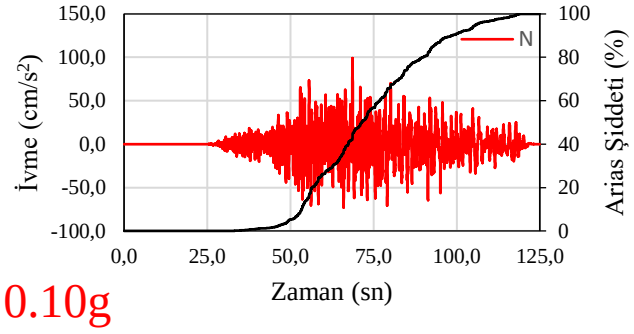




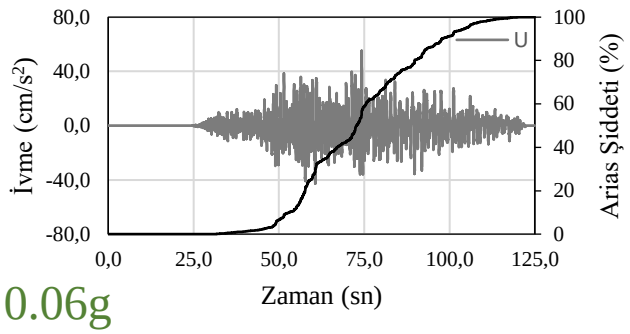
06.02.2023 04:17:34 (TSİ), Pazarcık Depremi (Mw = 7.7) 3802 (Kayseri) istasyonu (ξ = %5, ZD)



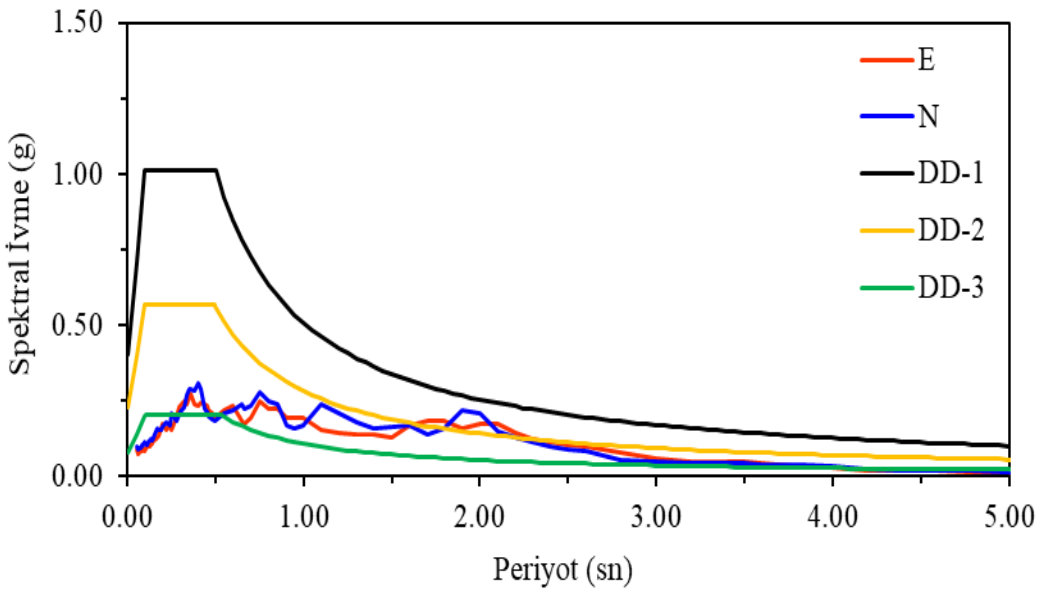
0.08g

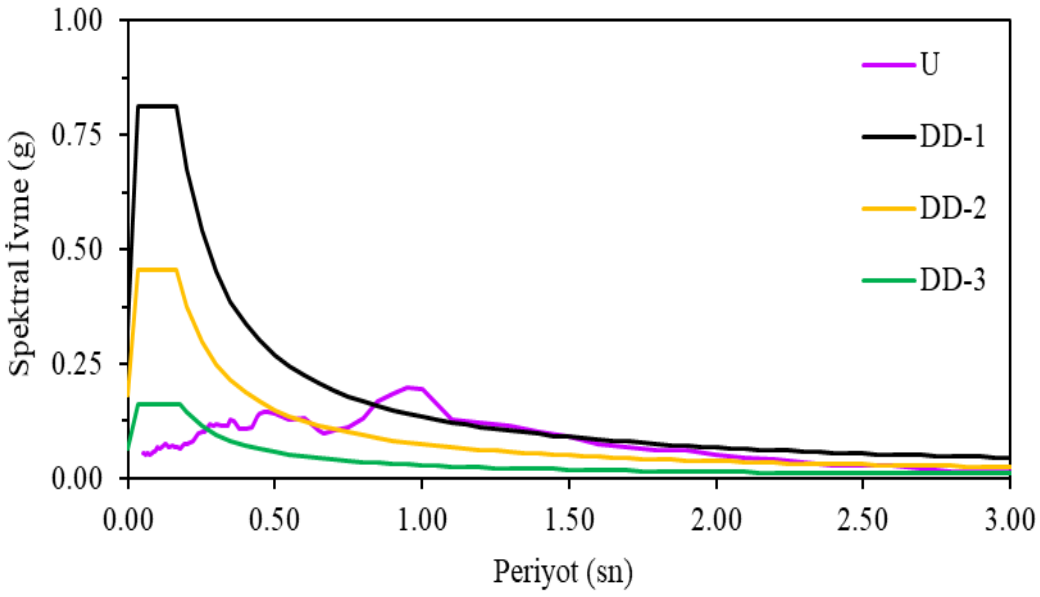


0.10g

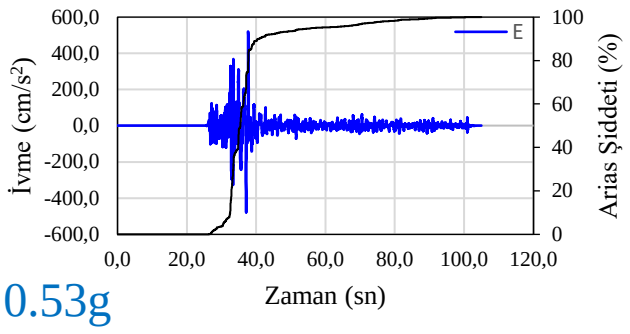


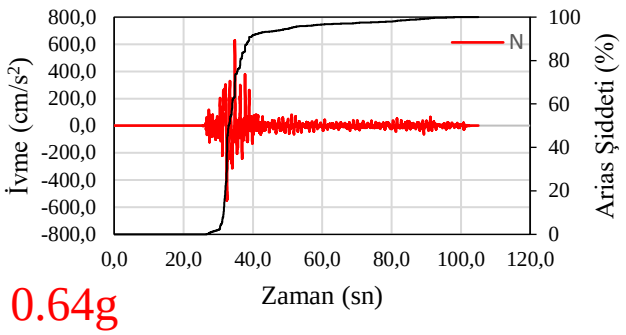
0.06g

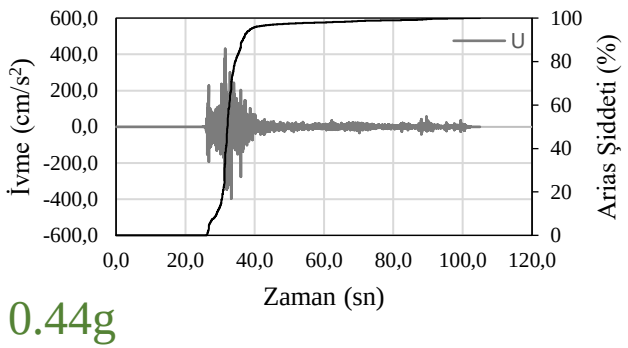


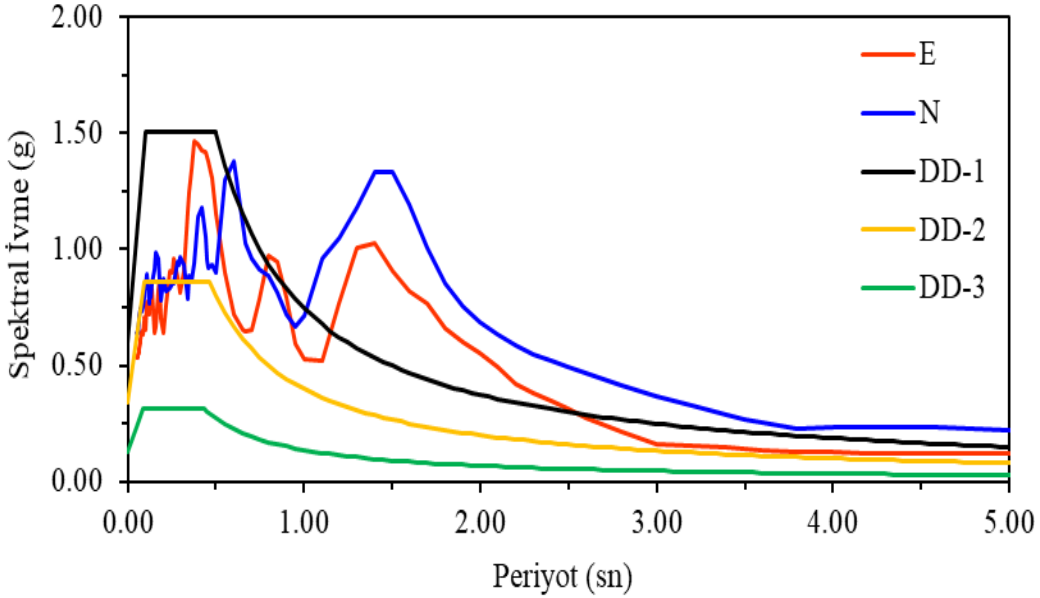


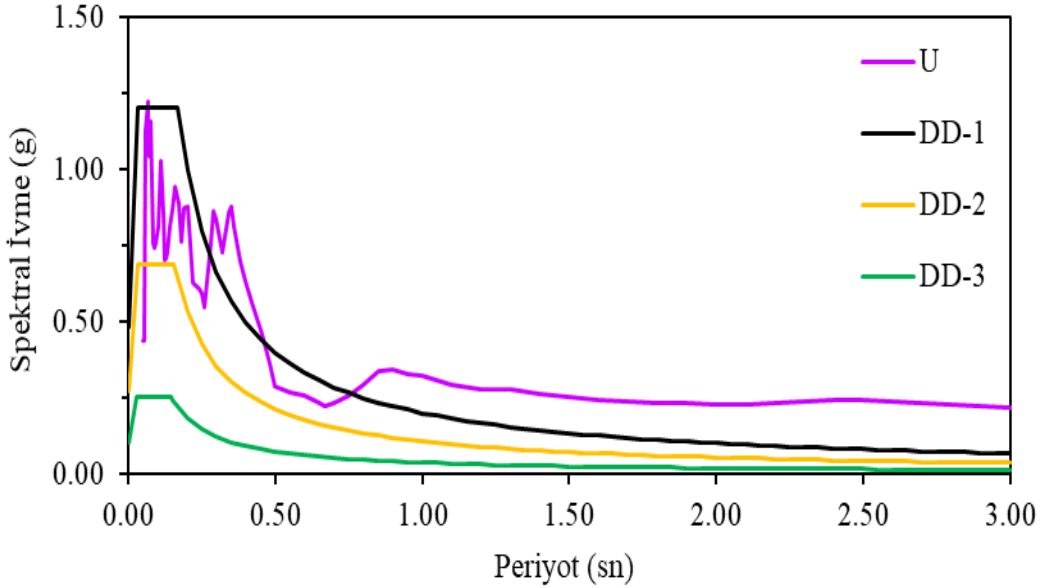
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 4612 (Kahramanmaraş) istasyonu (ξ = %5, ZD)



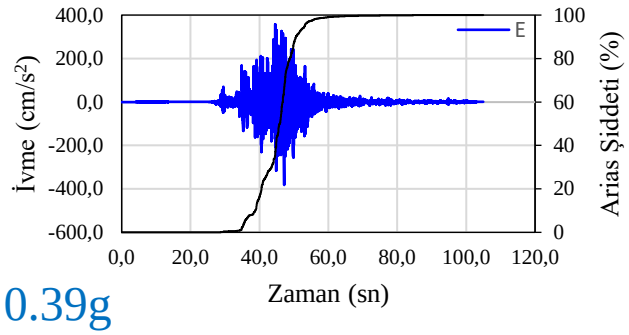


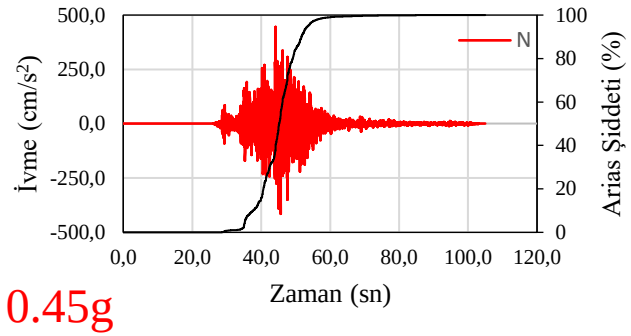


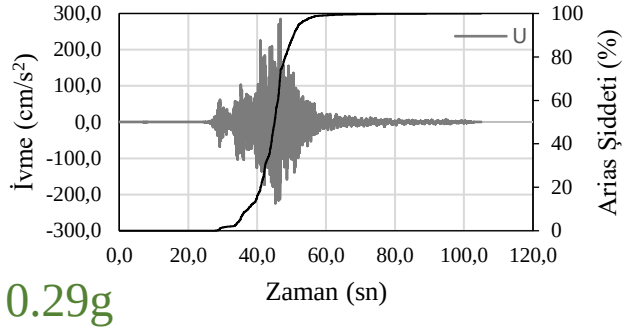


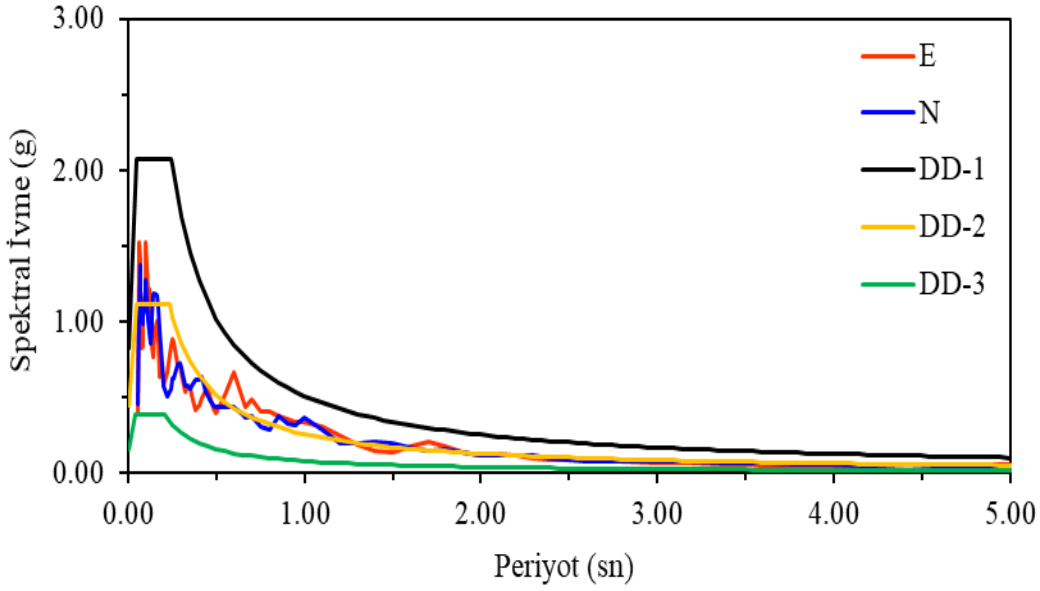


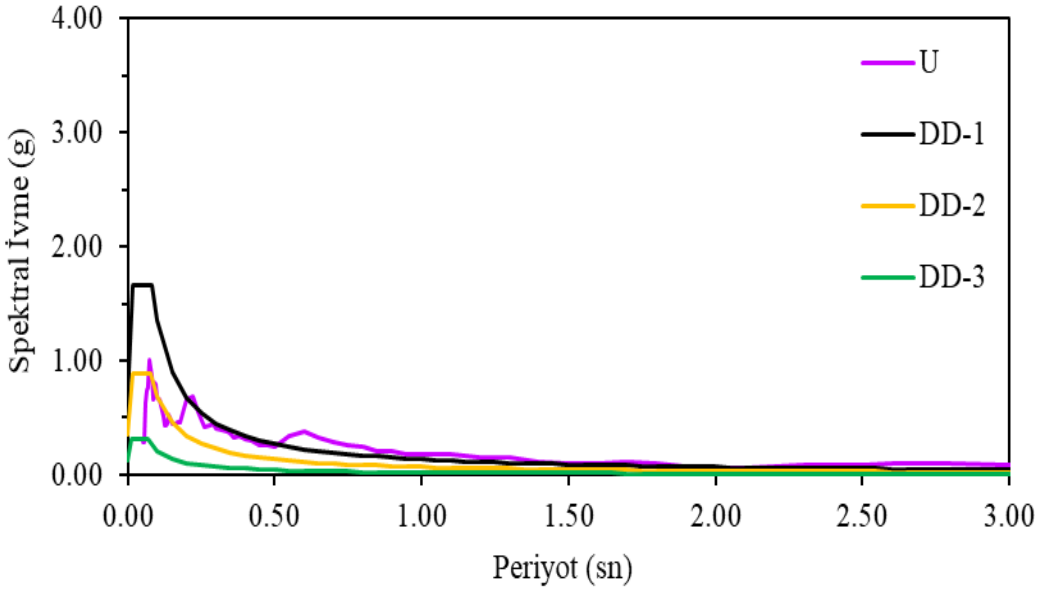
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 4406 (Malatya) istasyonu (ξ = %5, ZB)



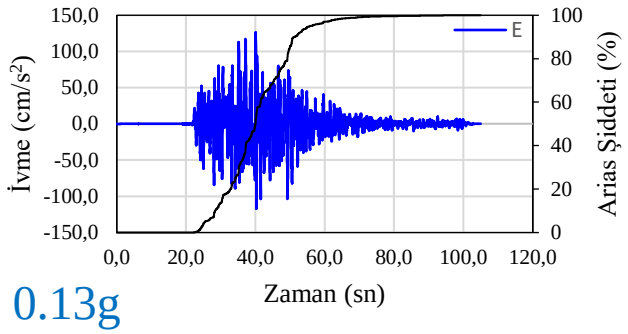


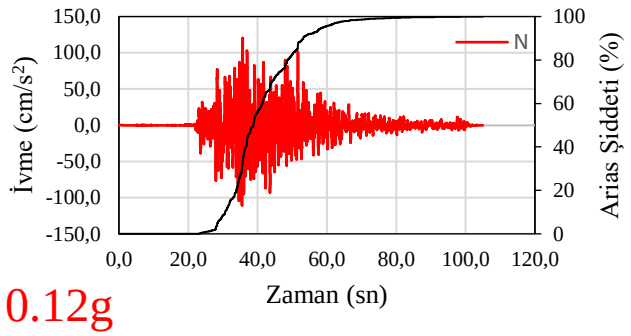


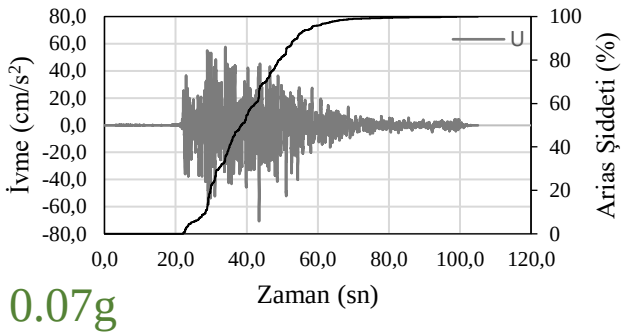


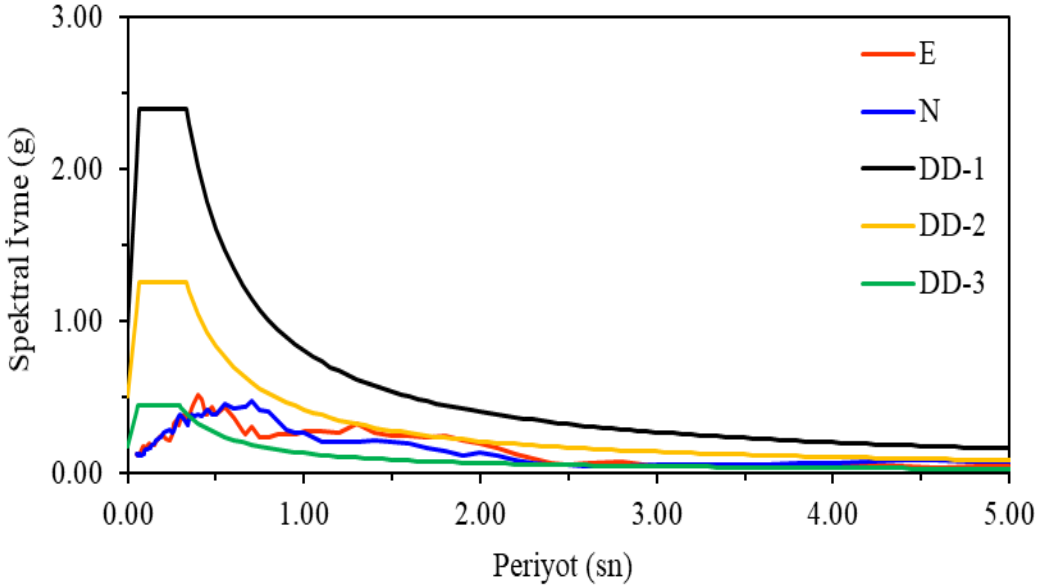


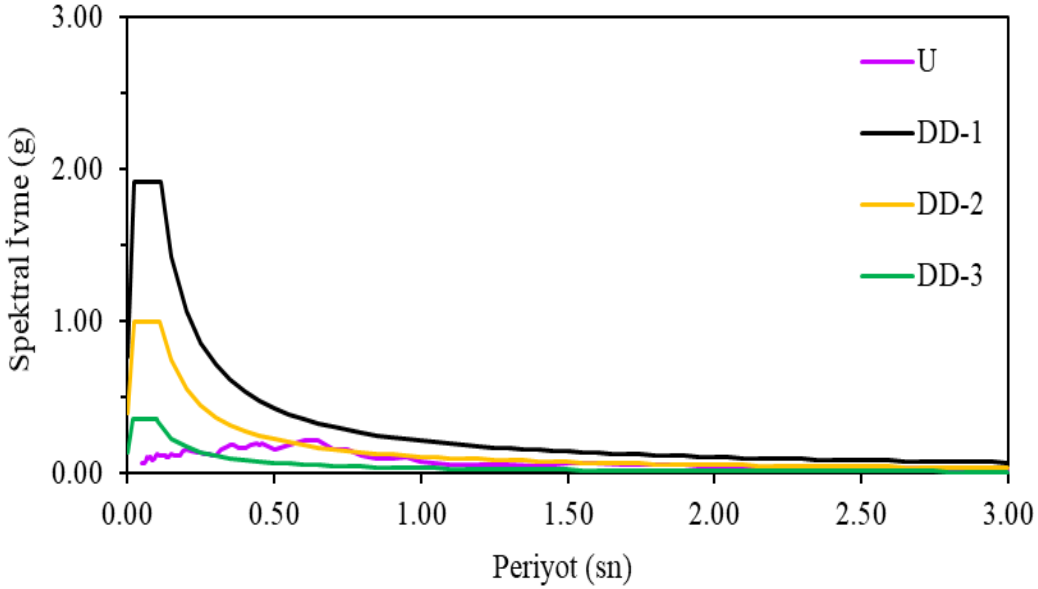
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 0213 (Adıyaman) istasyonu (ξ = %5, N/A (ZC kabul edilmiştir))



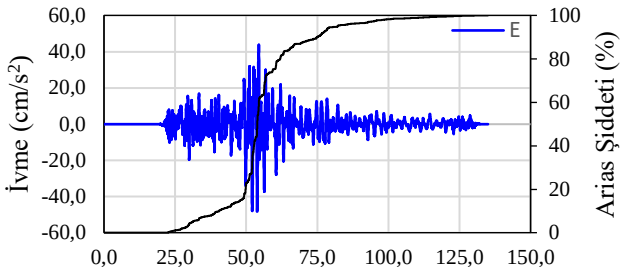




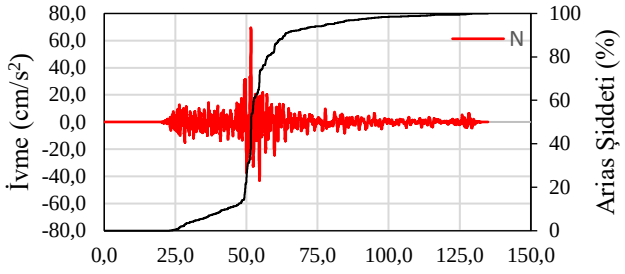




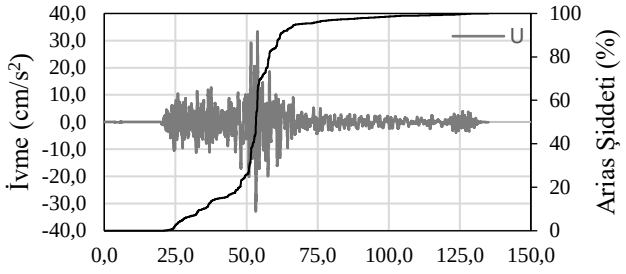
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 2308 (Elazığ) istasyonu (ξ = %5, ZC)



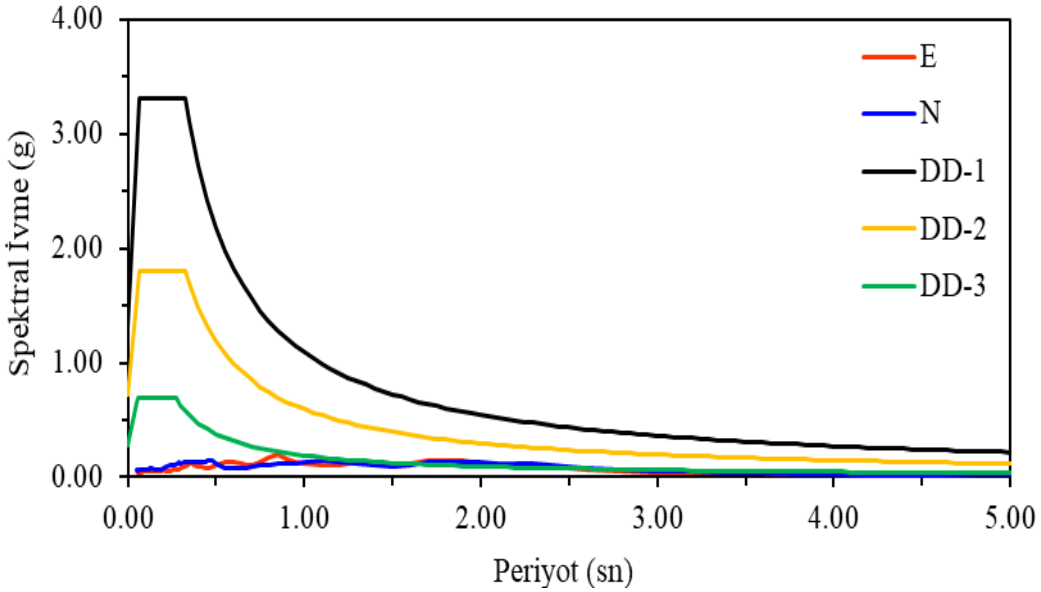
0.05g

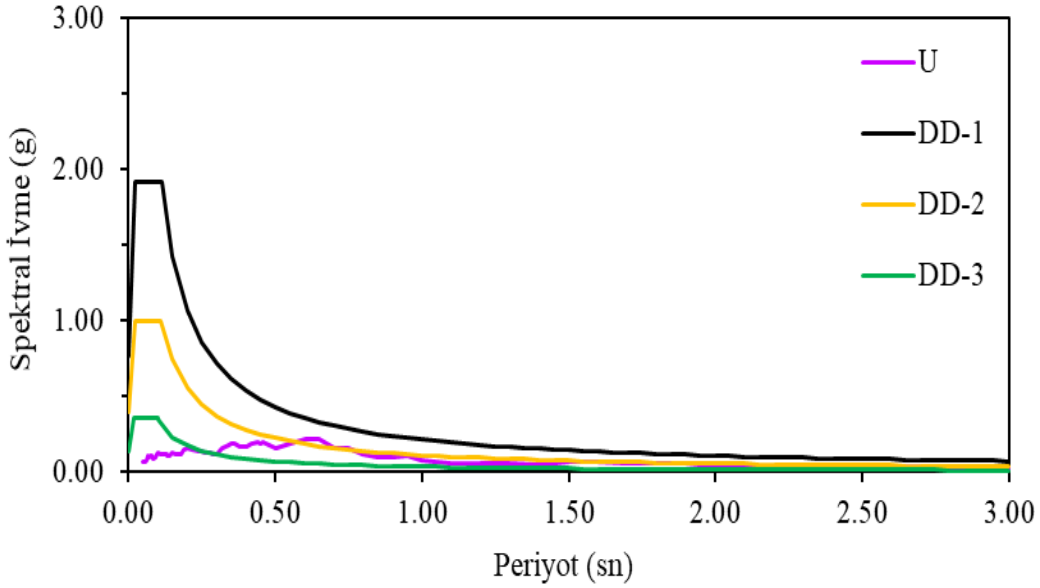


0.07g

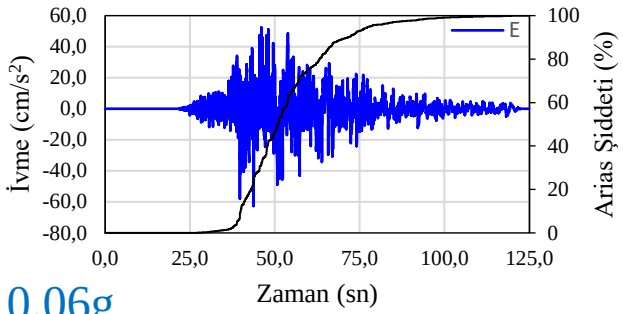


0.03g

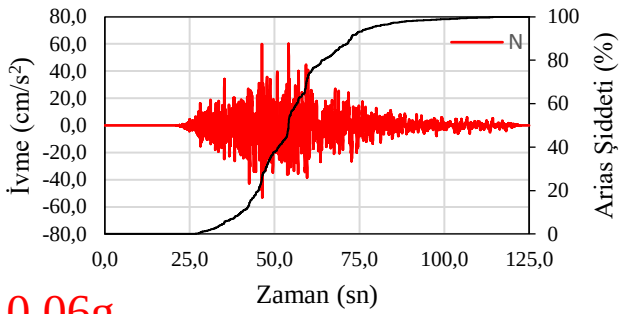




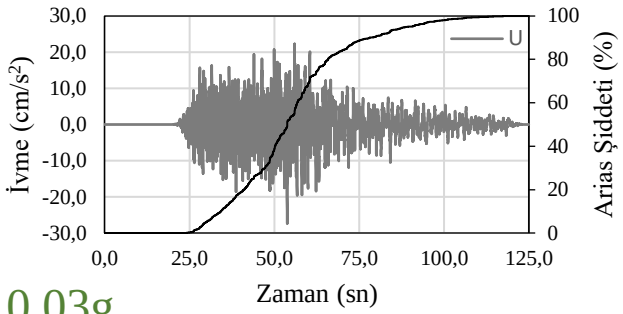
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 2703 (Gaziantep) istasyonu (ξ = %5, ZC)



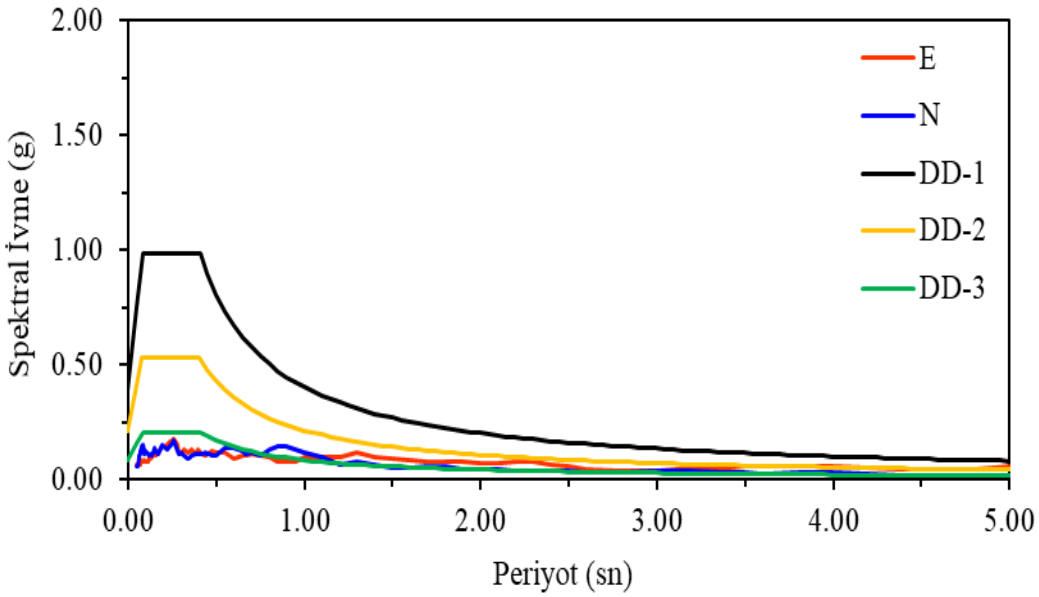
0.06g

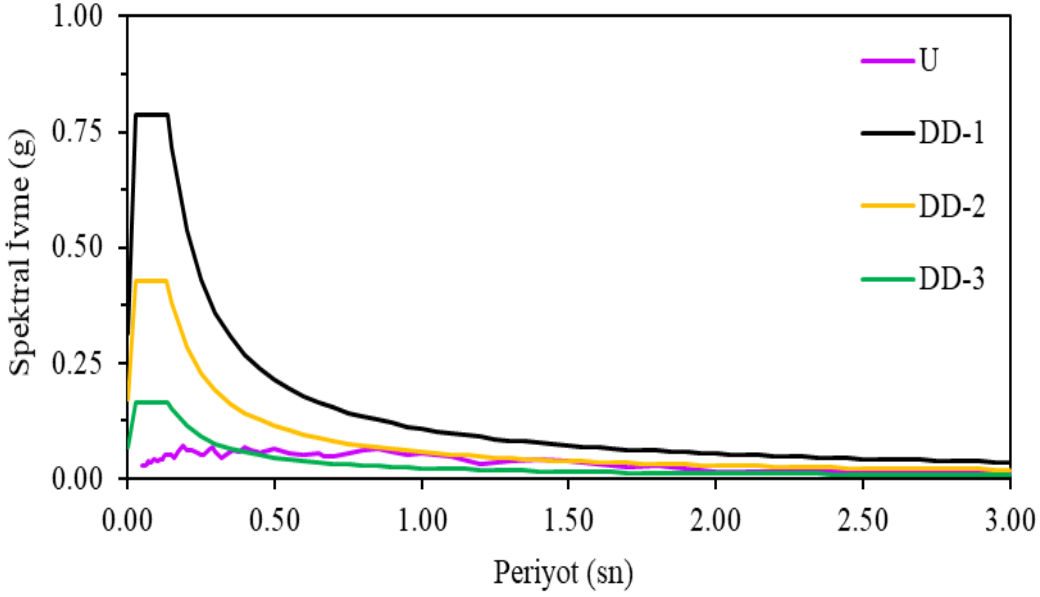


0.06g

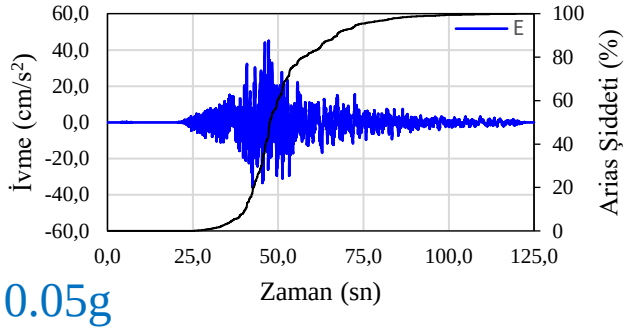


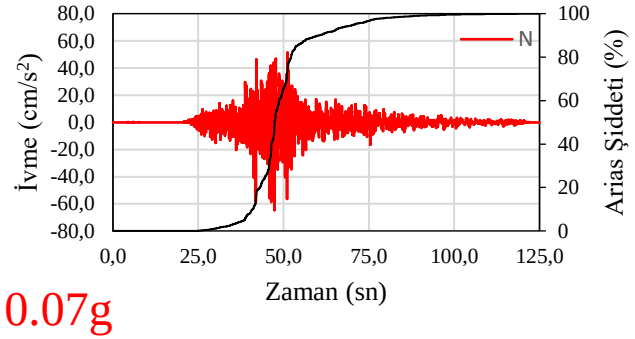
0.03g

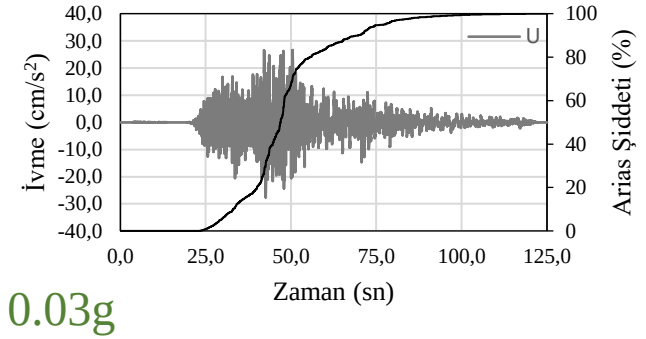


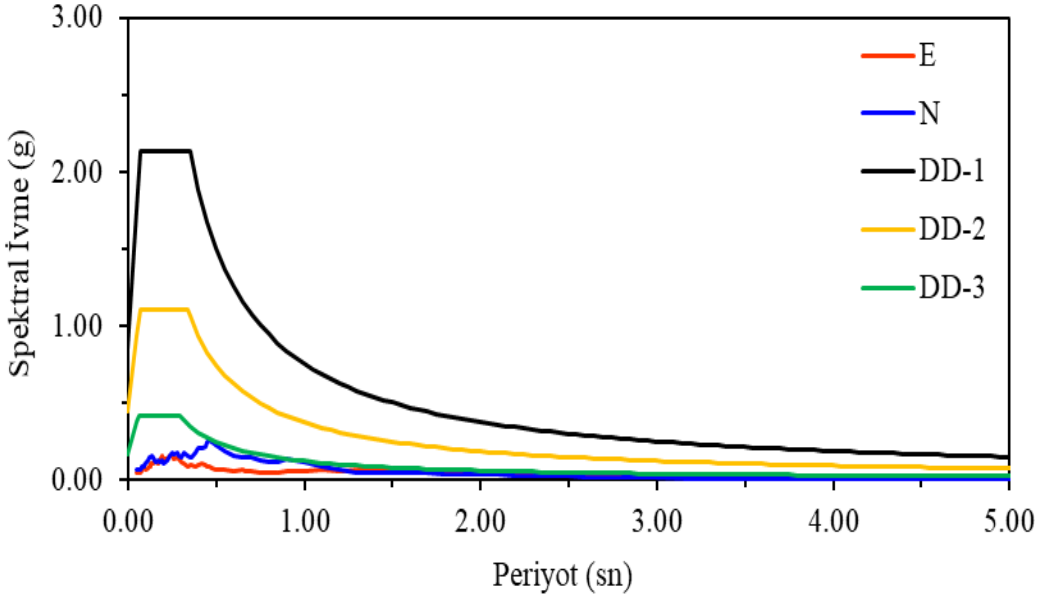


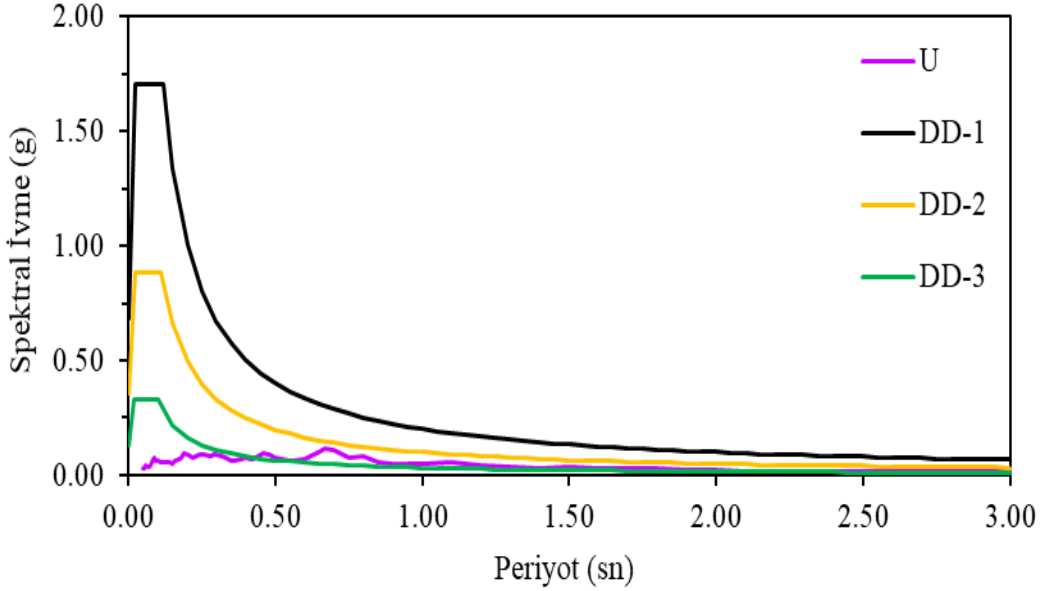
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 8002 (Osmaniye) istasyonu (ξ = %5, ZC)



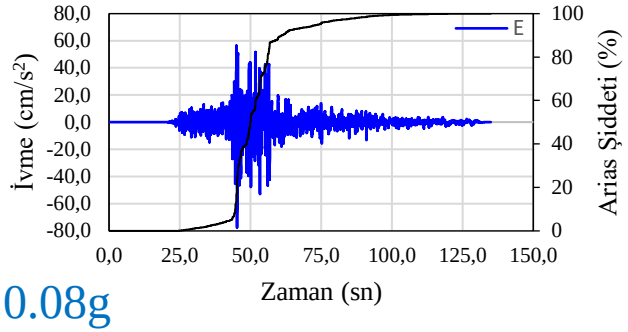


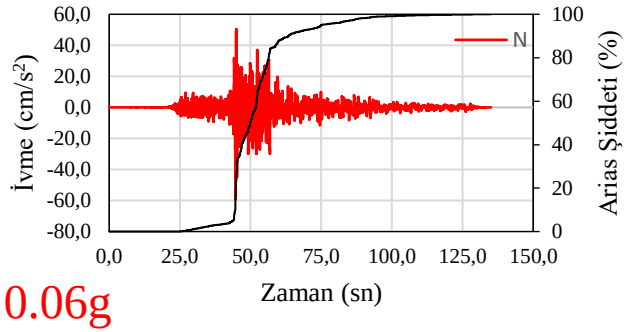


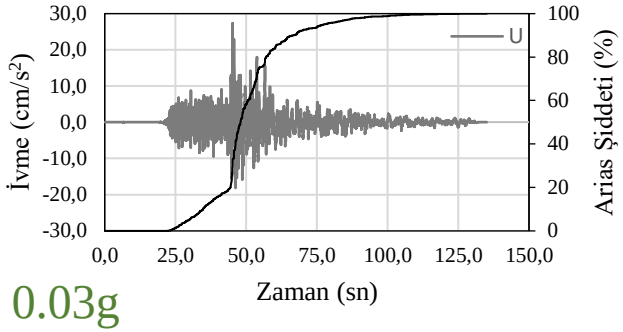


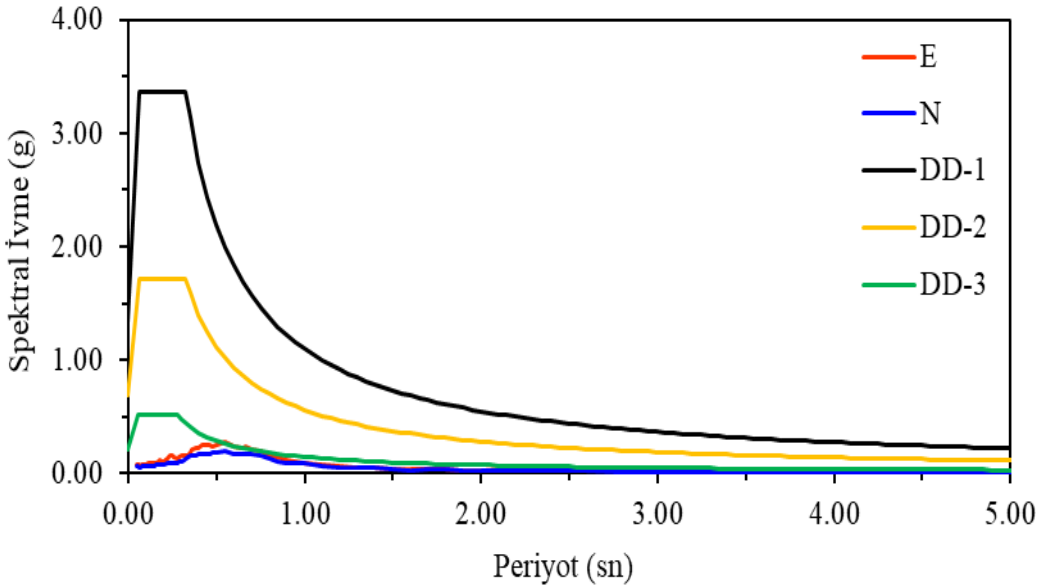


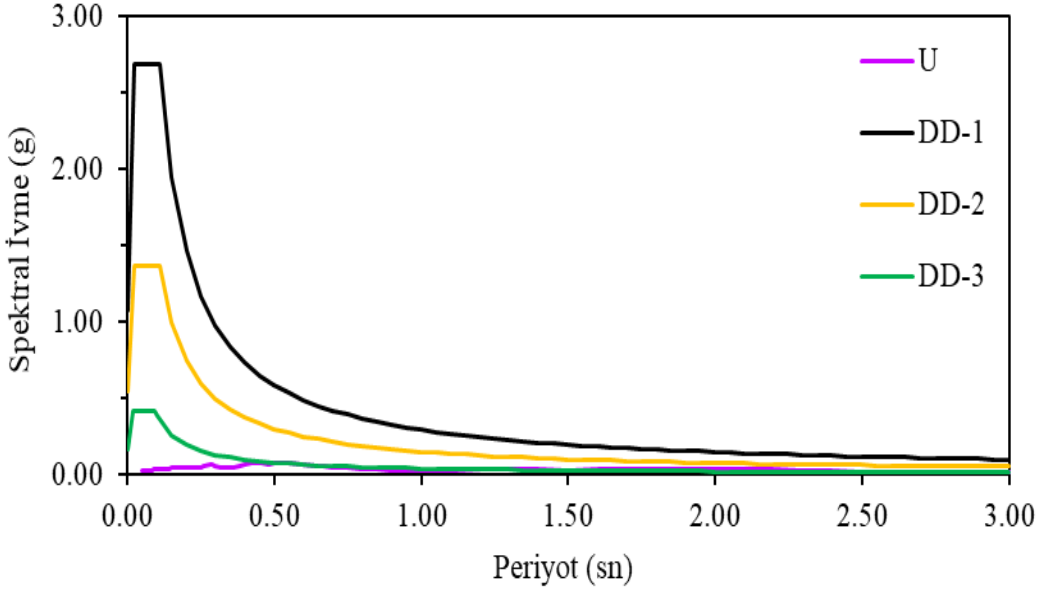
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 3144 (Hatay) istasyonu (ξ = %5, ZC)



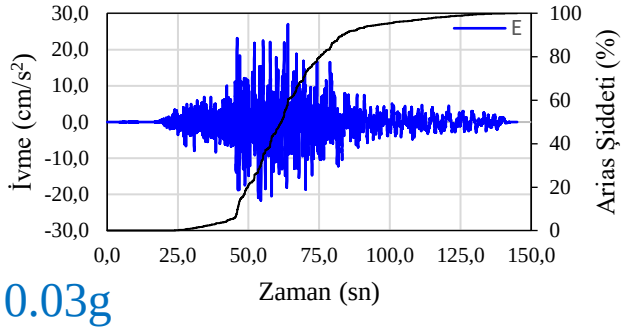


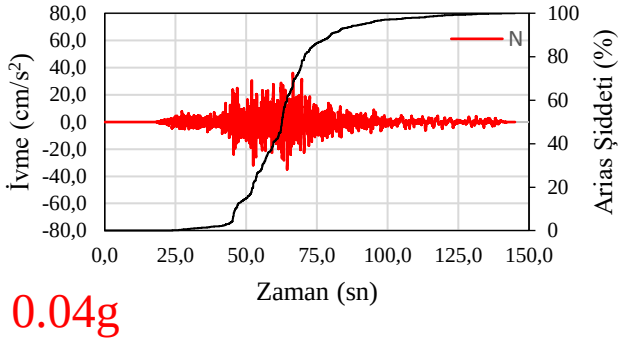


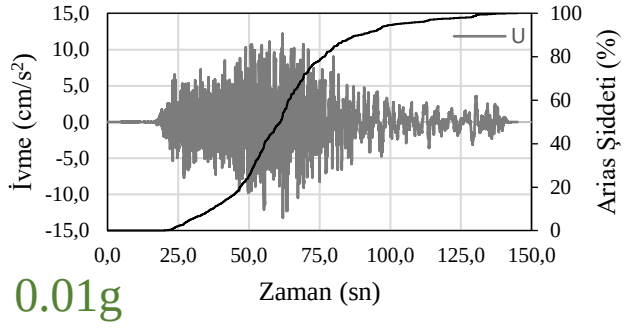


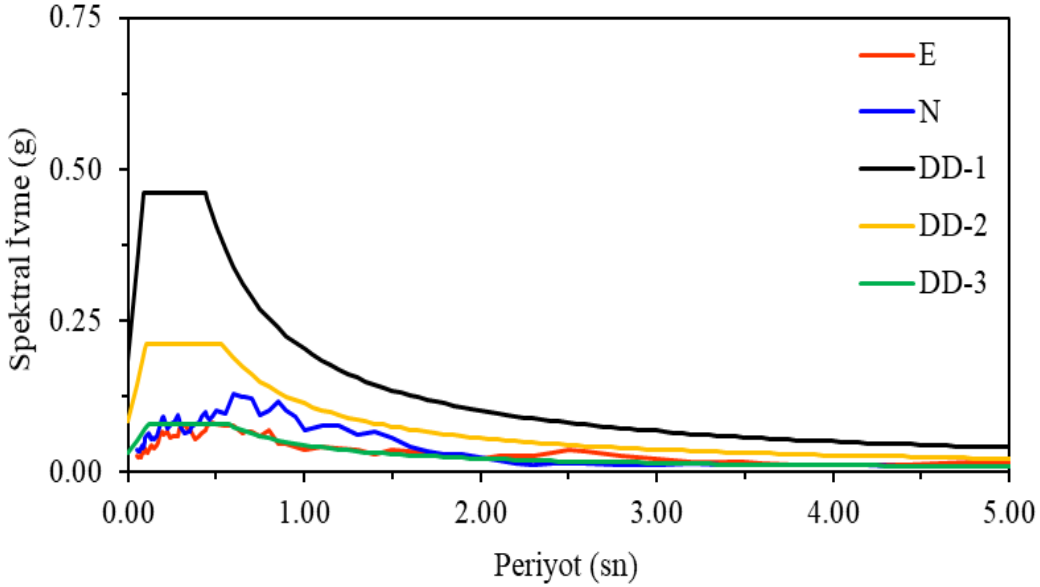


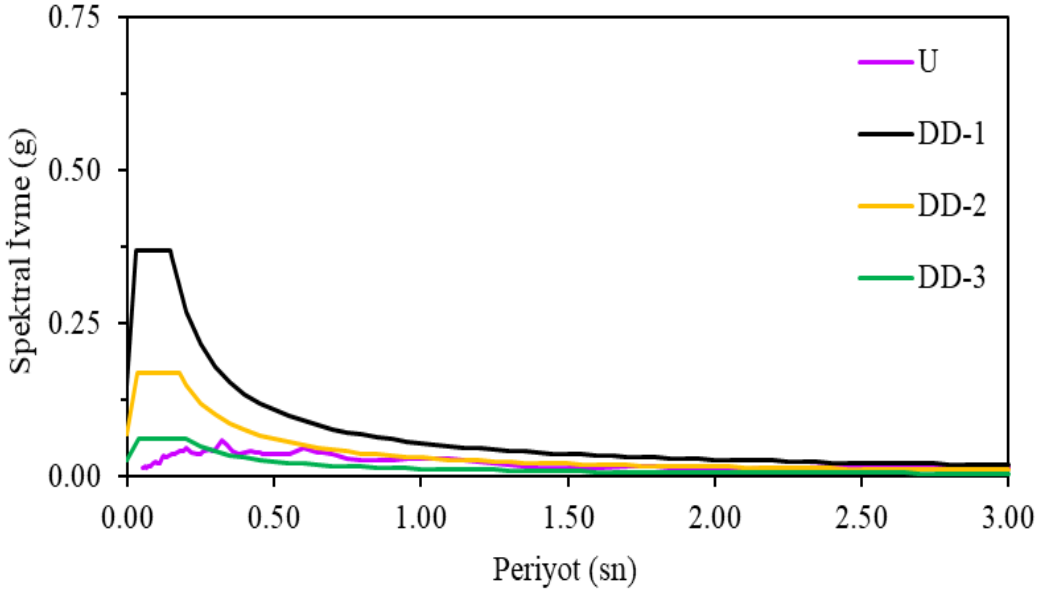
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 6306 (Şanlıurfa) istasyonu (ξ = %5, N/A (ZC kabul edilmiştir))



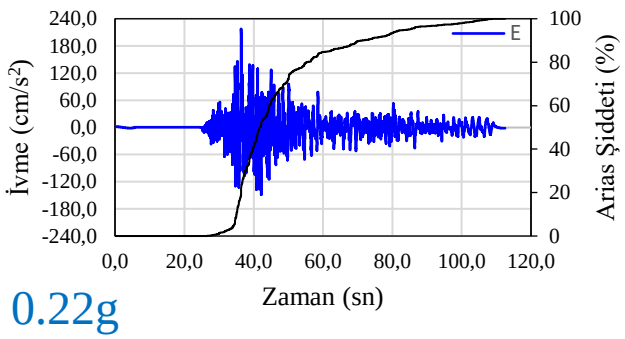


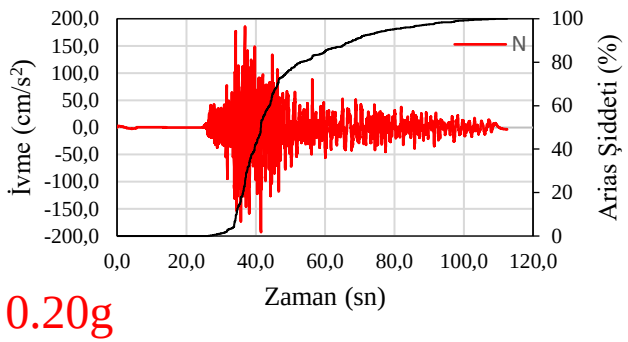


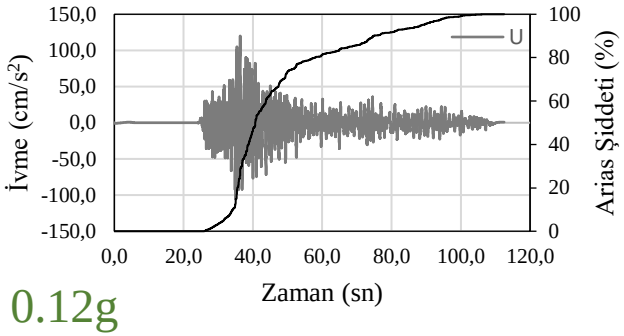


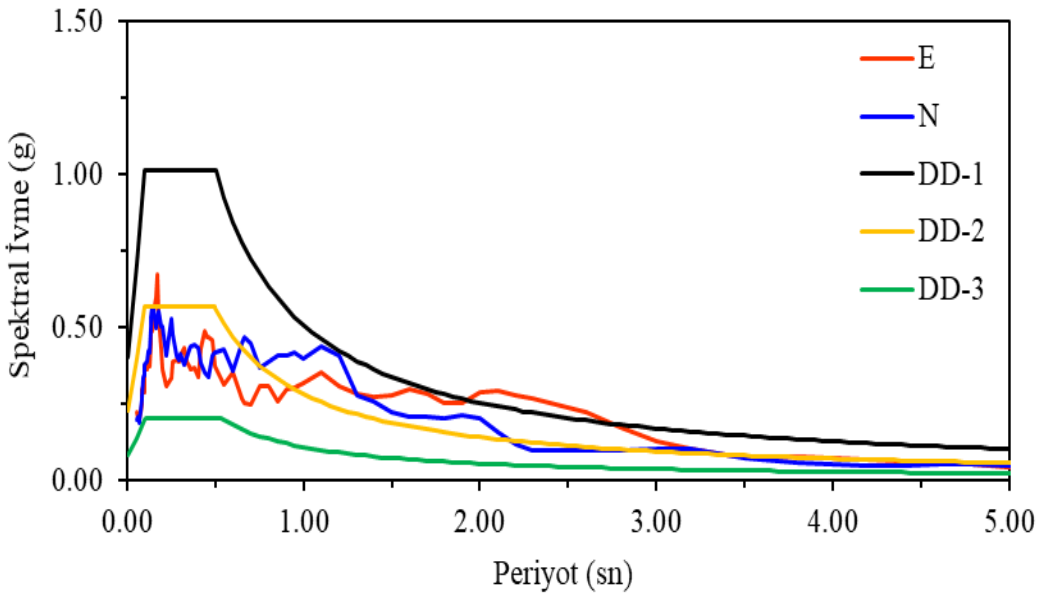


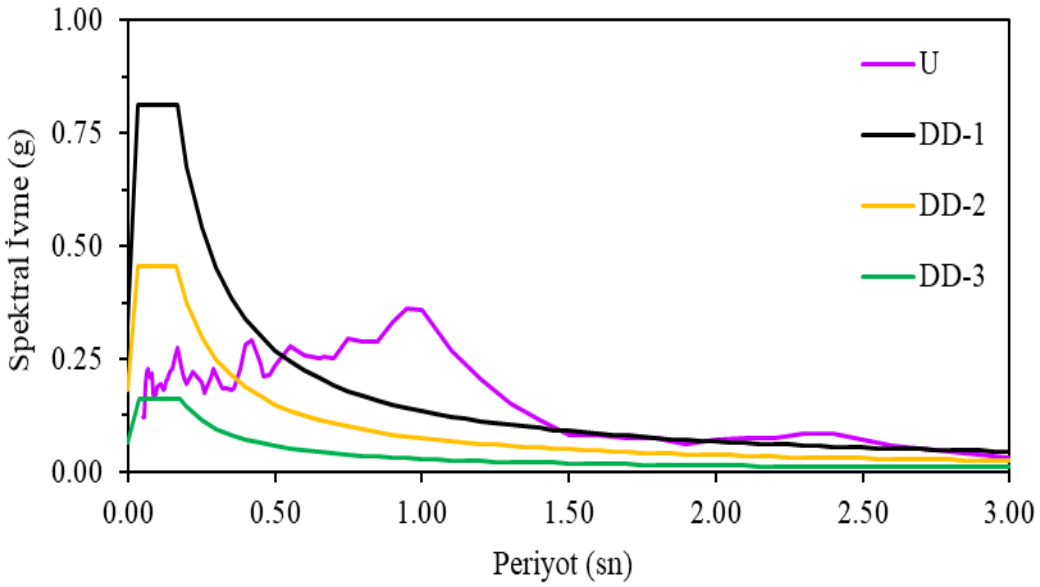
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 3802 (Kayseri) istasyonu (ξ = %5, ZD)



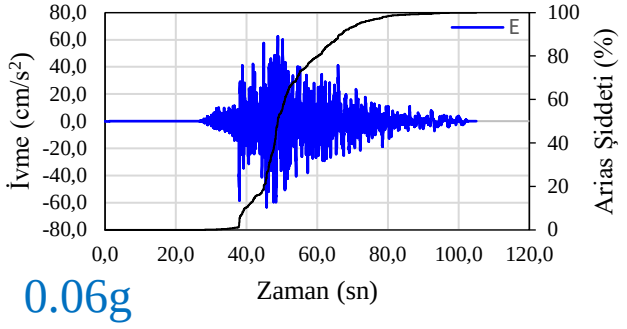


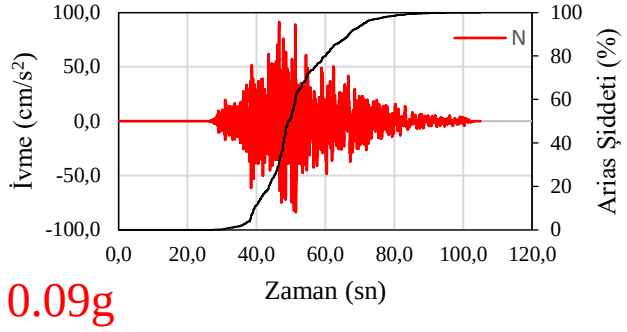


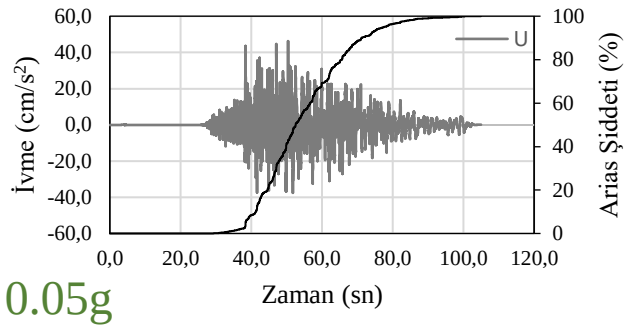


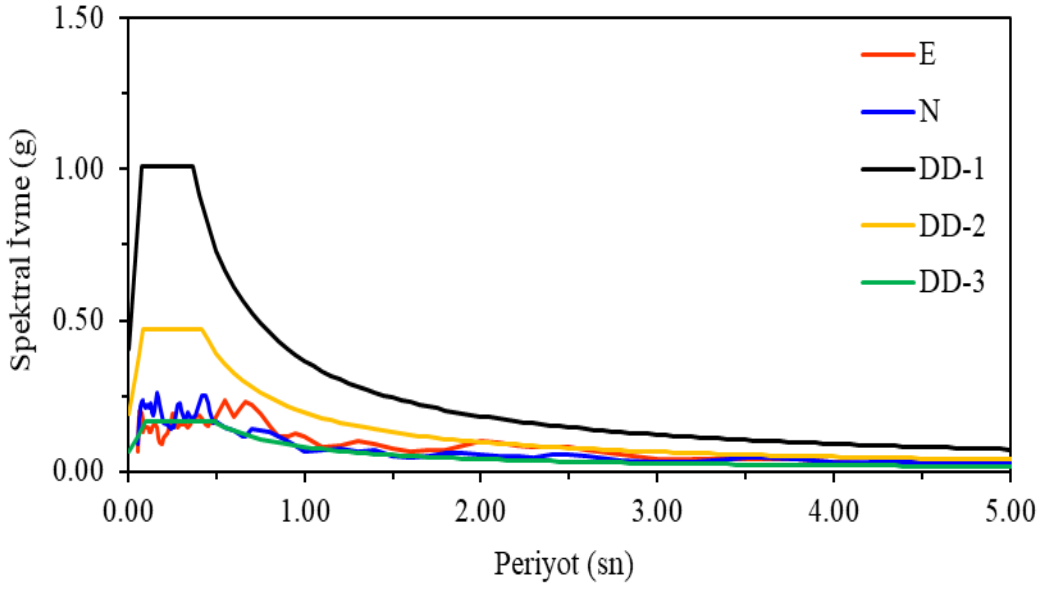


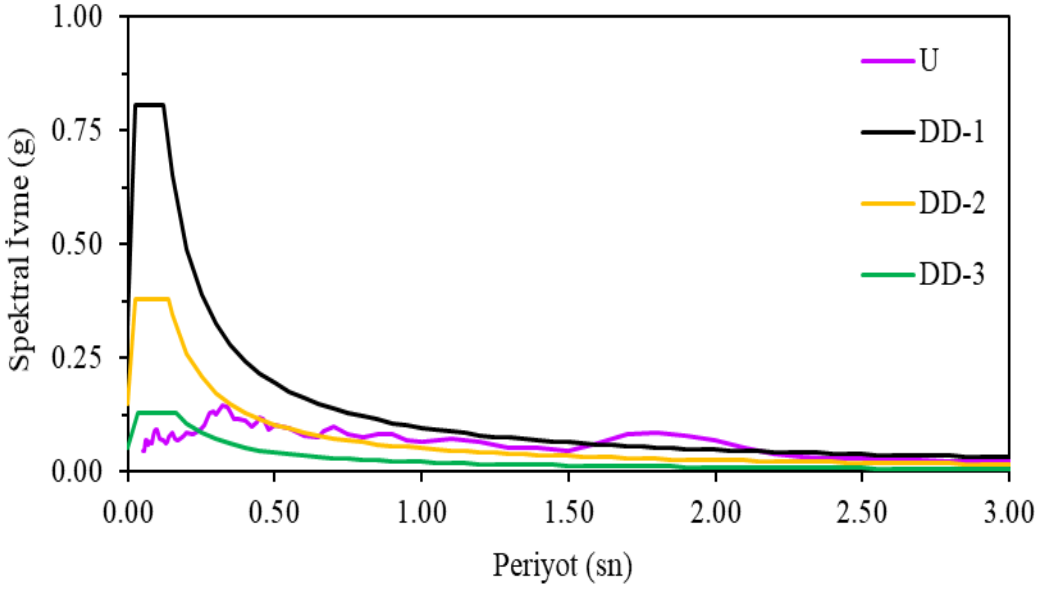
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 5807 (Sivas) istasyonu (ξ = %5, ZC)



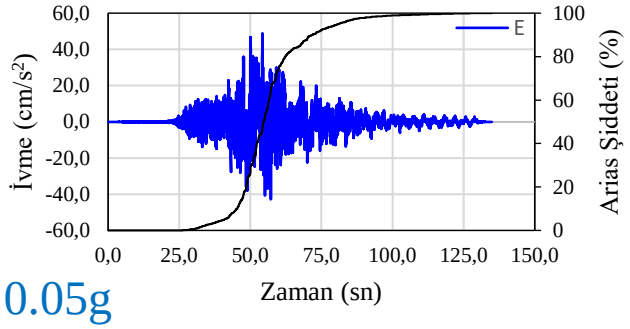


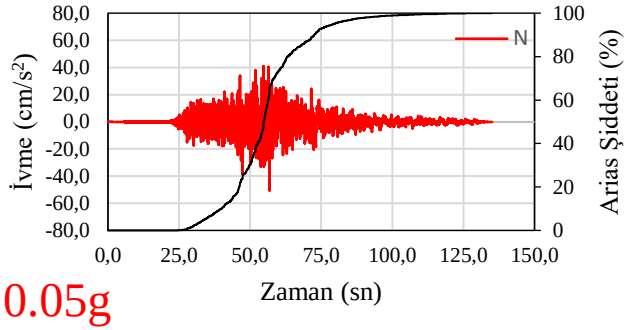


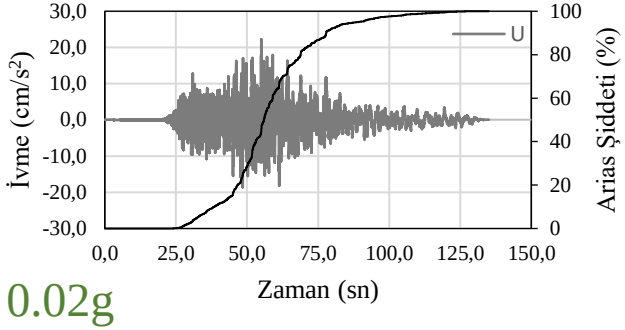


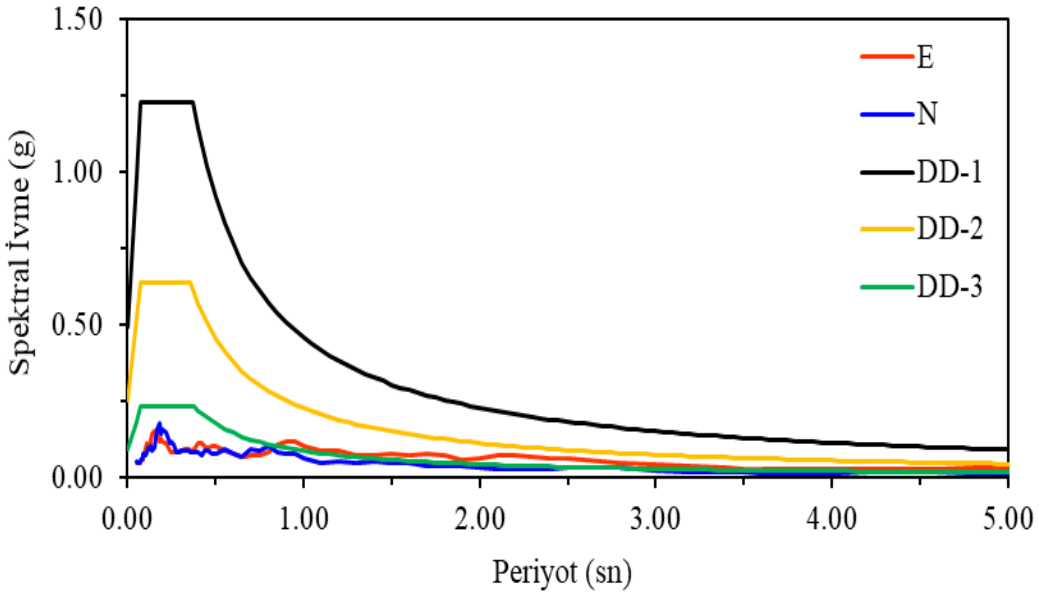


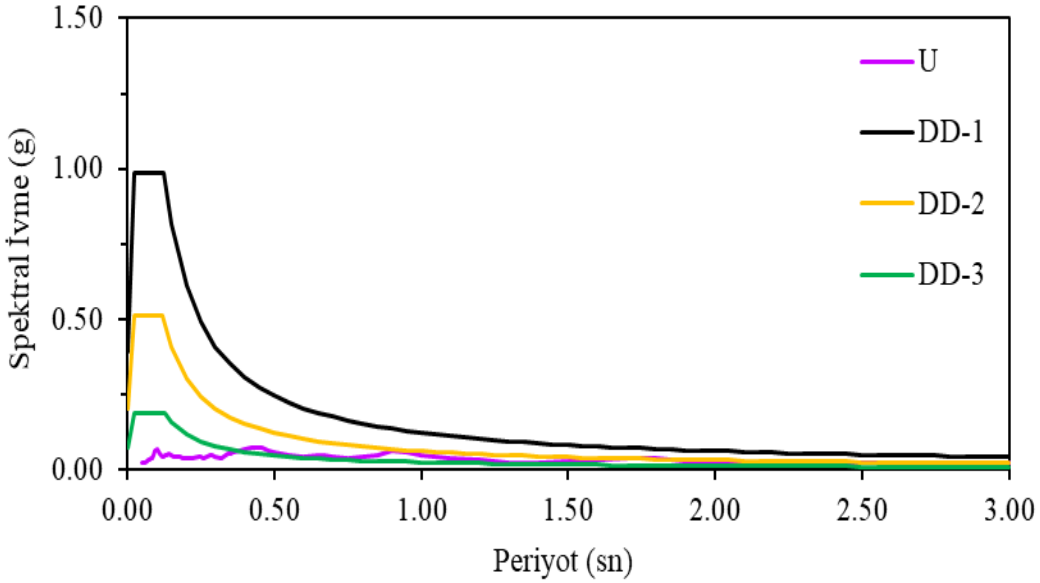
06.02.2023 13:24:47 (TSİ), Elbistan Depremi (Mw = 7.6) 7901 (Kilis) istasyonu (ξ = %5, ZC)





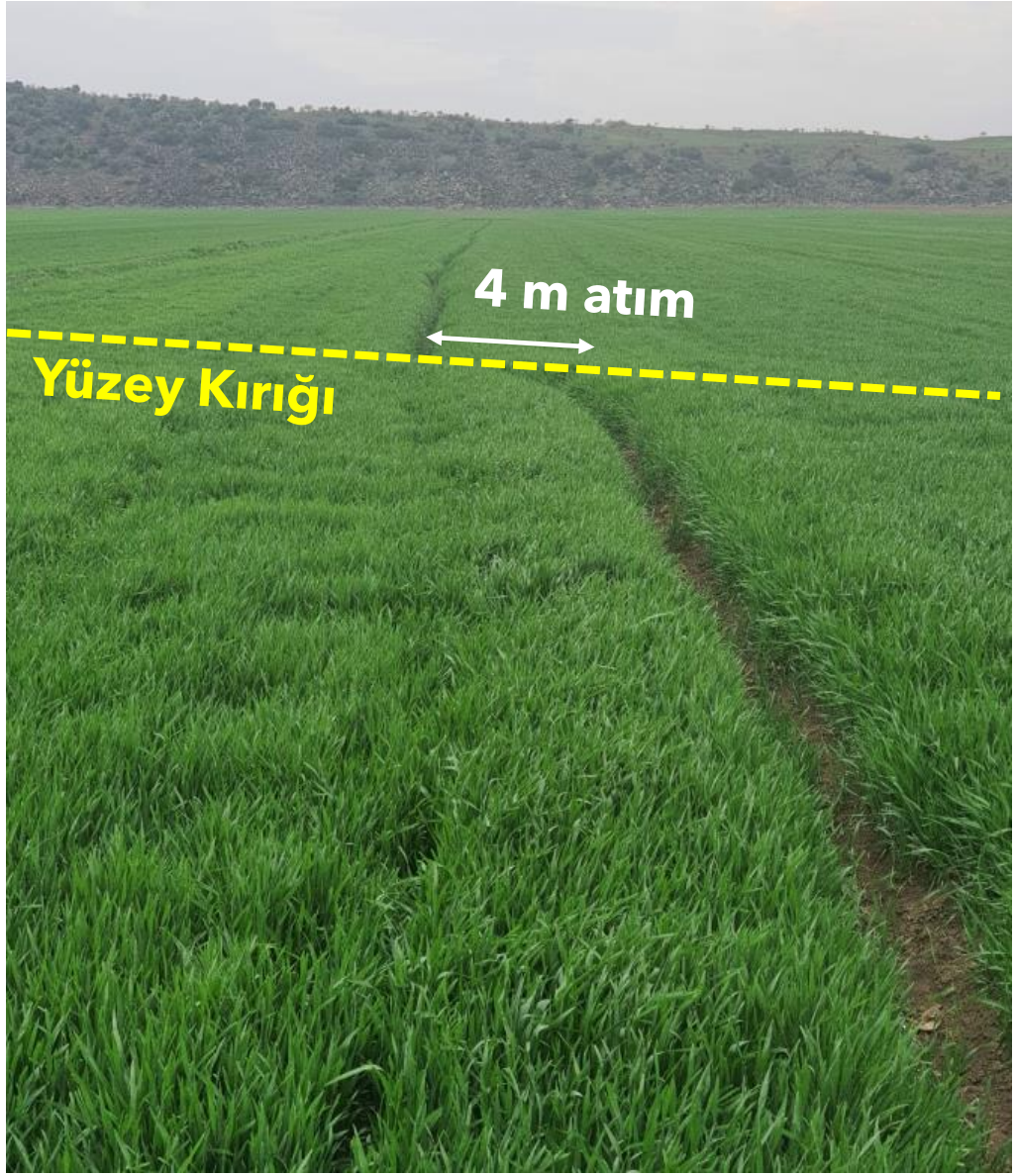




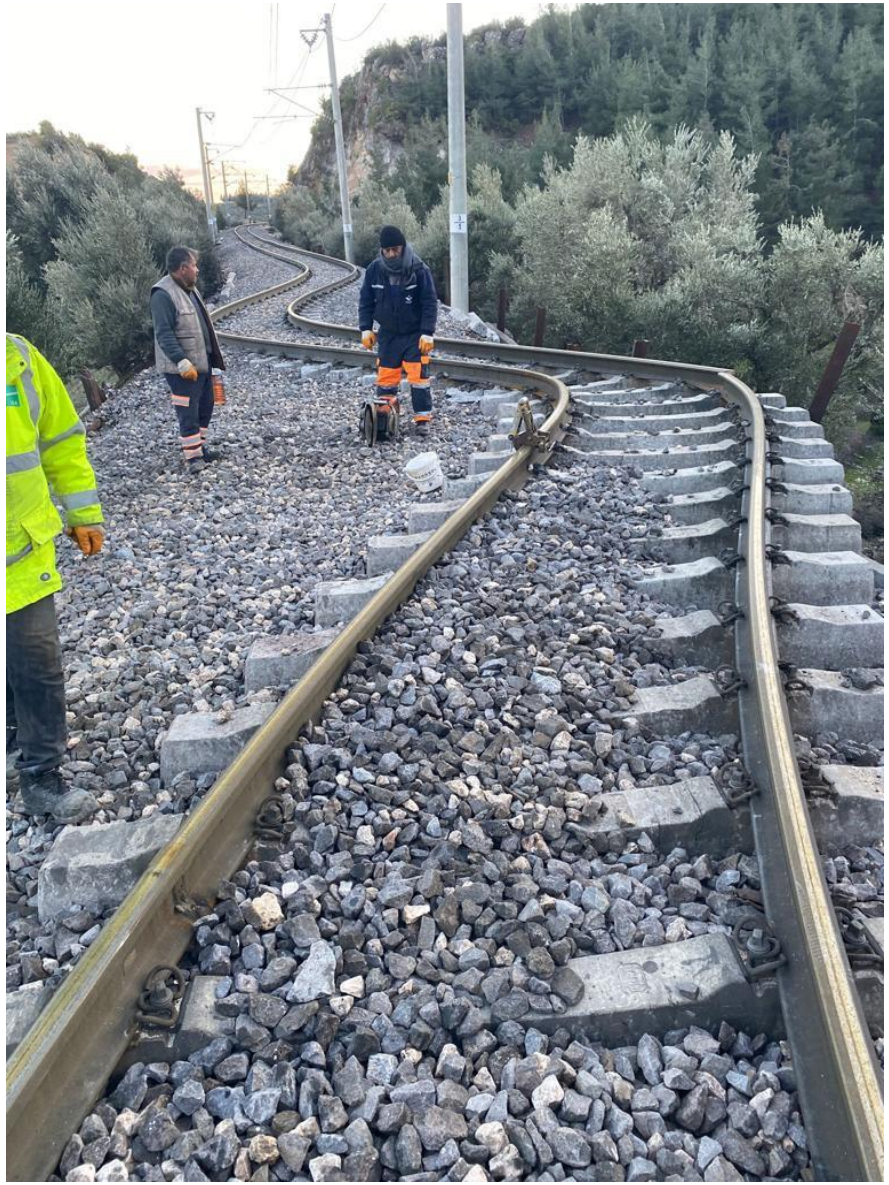


ZEMİNDE GÖZLEMLENEN HASARLAR

6 Şubat Maraş Depremleri



6 Şubat Maraş Depremleri

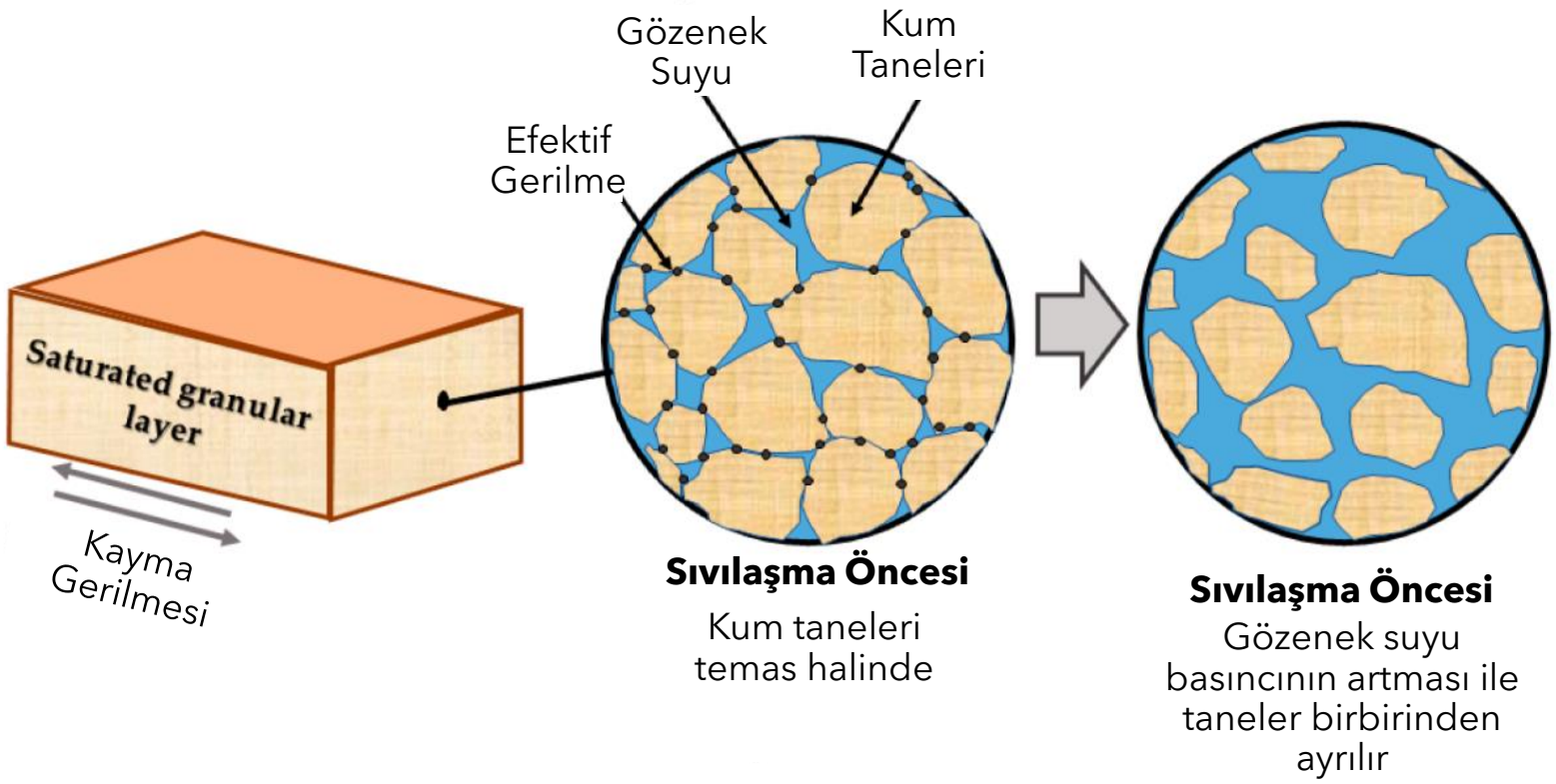


Deprem Tetikli Afetler

Sıvılaşma

Zemin sıvılaşması, yeraltı su seviyesi altındaki tabakaların geçici olarak mukavemetlerini kaybederek, katı yerine viskoz sıvı gibi davranmalarıdır. Özellikle, kil bulunmayan kum ve siltler ve bazen ince çakıllar sıvılaşma potansiyeline sahiptirler.

EFEKTİF GERİLME = TOPLAM GERİLME – GÖZENEK SUYU BASINCI



Deprem, yeraltı suyu, kum-silt

Deprem Tetikli Afetler

Sıvılaşma

Deprem Tetikli Afetler

Sıvılaşma

Kahramanmaraş

Zeminin sıvılaşması sonucu yapı zemine batabilir veya hafif yapılarda yukarı doğru hareket gözlenebilir. Sıvılaşan zeminde, küçük kayma gerilmeleri büyük şekil değiştirmelere sebep olur ve bu durum yapılarda büyük hasarlara neden olur

Deprem Tetikli Afetler

Sıvılaşma

Adıyaman Gölbaşı

Deprem Tetikli Afetler

Sıvılaşma

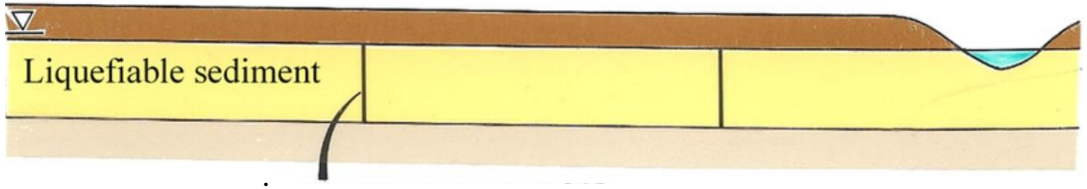
Adıyaman Gölbaşı

Deprem Tetikli Afetler

Yanal Yayılma

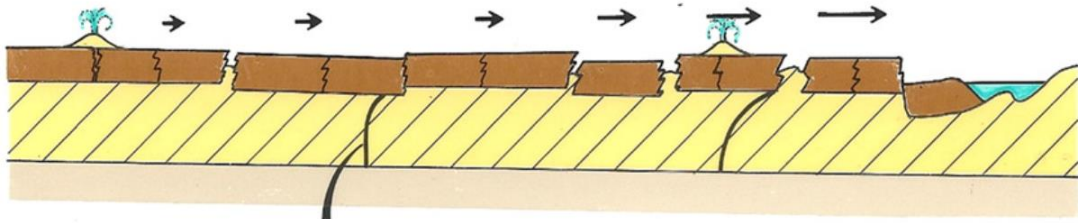
Yanal yayılma genellikle bir su kütlesi yakınında bulunan yaklaşık % 1-3 gibi az eğimli arazilerde, yüzeye yakın bulunan bir zemin tabakasının (örneğin killi bir zeminin) daha altta yer alan ve sıvılaşma riski taşıyan başka bir tabakanın sıvılaşması sonucunda sıvılaşan zemin üzerinde eğimli yüzey boyunca yapacağı hareket olarak tanımlanabilir.

Deprem Öncesi



İLKSEL DURUM

Deprem Sonrası



DEFORMASYON

Yanal yayılma özellikle köprü ayaklarına, yaklaşım dolgularında ve karayollarına büyük hasar verir

Deprem Tetikli Afetler

Yanal Yayılma

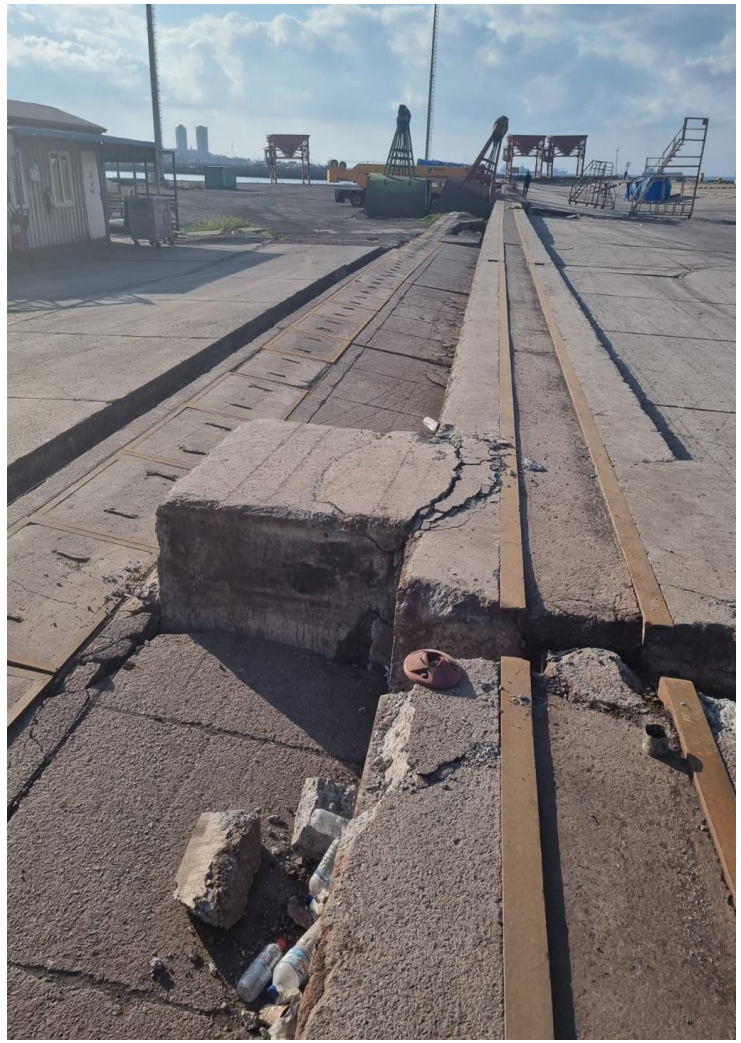
Adıyaman Gölbaşı

Deprem Tetikli Afetler

Yanal Yayılma

Asi Nehri

İskenderun Limanı



Deprem Tetikli Afetler

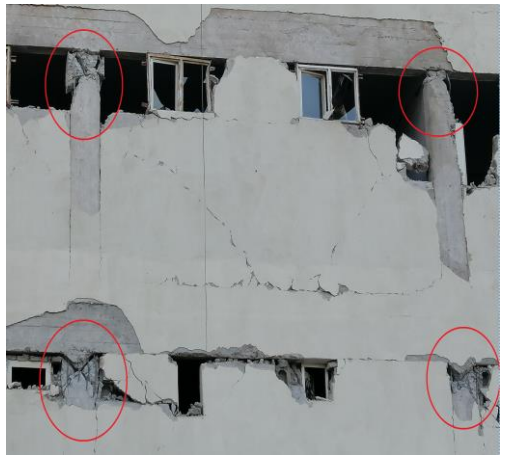
Yanal Yayılma

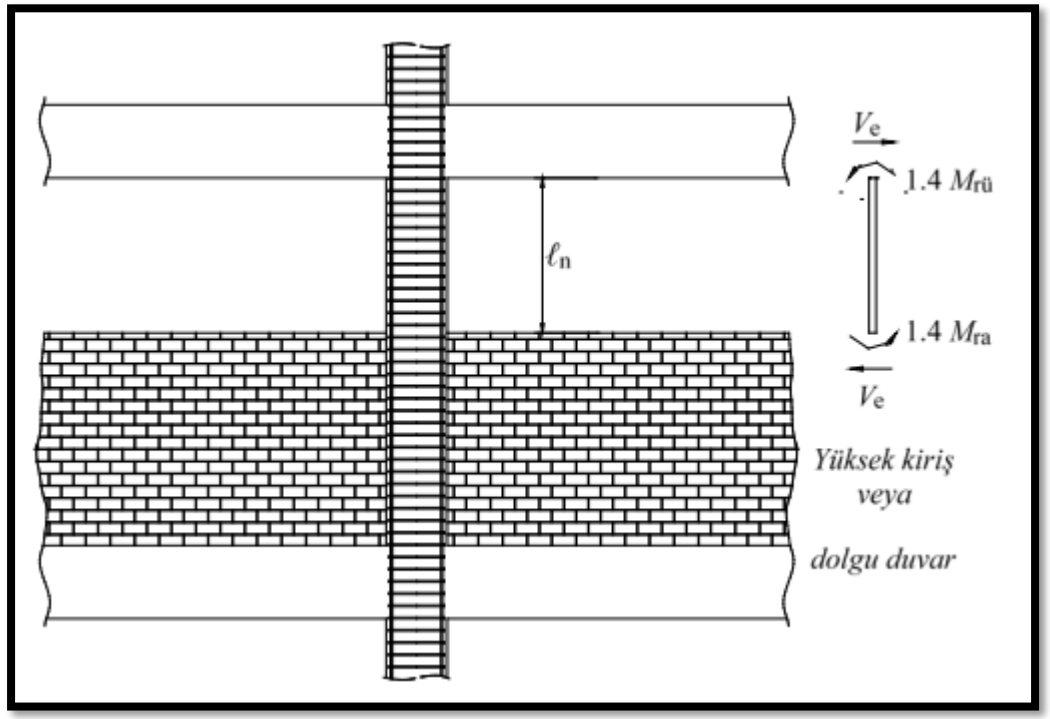
Adıyaman Gölbaşı

BETONARME BİNALARDA GÖZLEMLENEN HASARLAR

- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

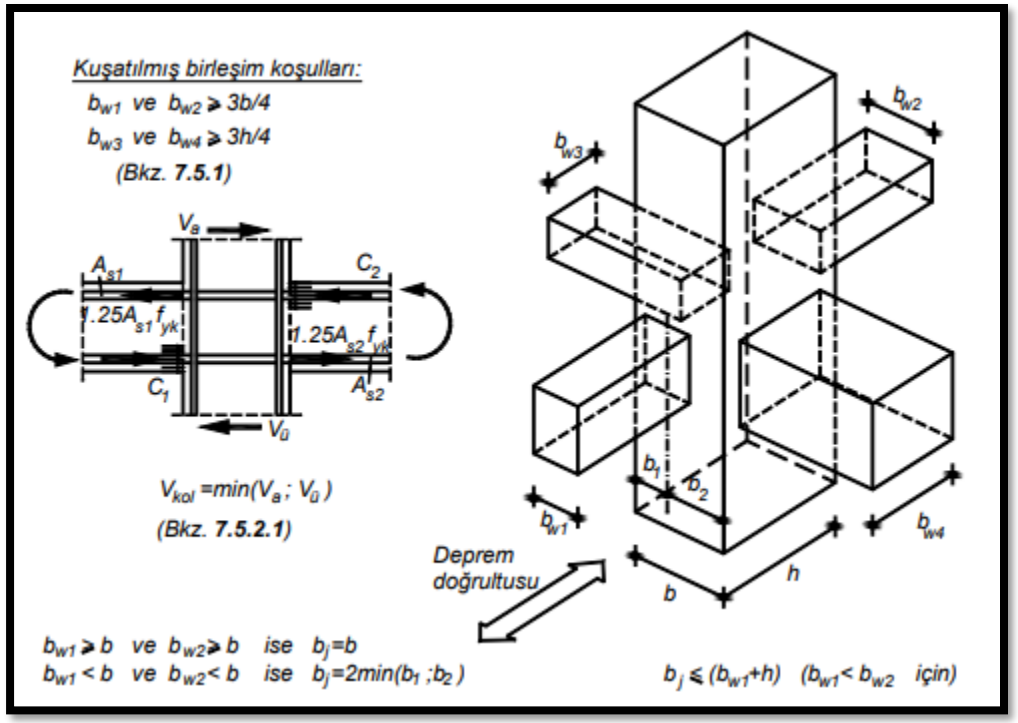
Kısa Kolon





- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Kolon-Kiriş Birleşim



- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Zayıf Dolgu Duvar

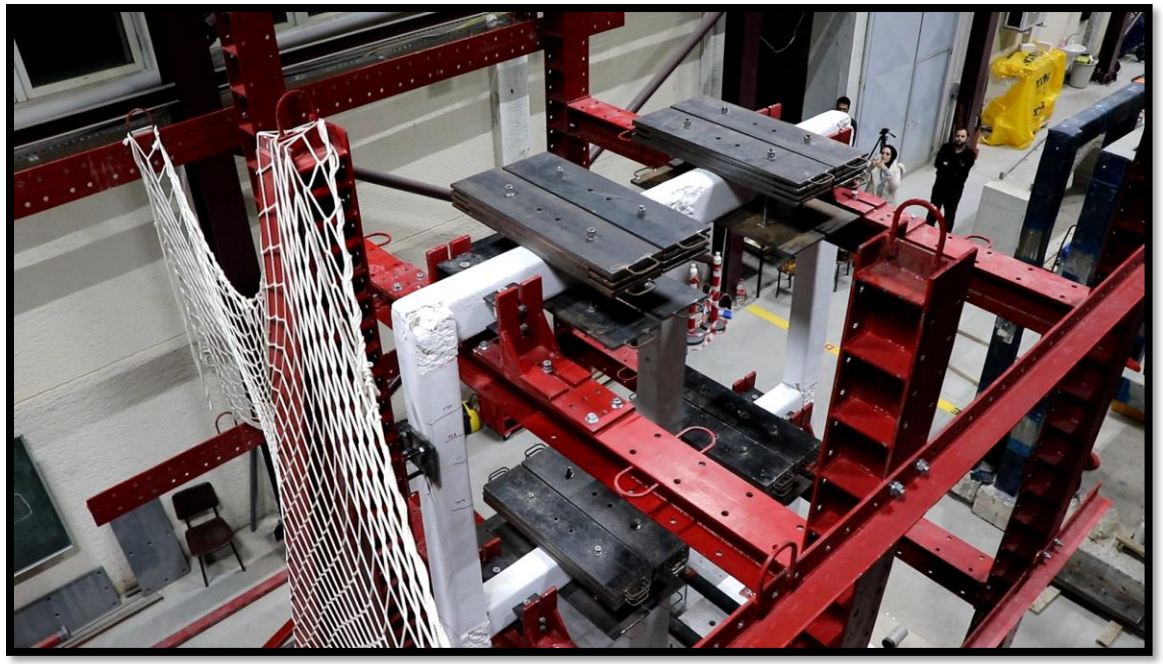
- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Yetersiz Donatı Bindirme ve Kenetlenme Boyu

17.2.18 – Bu bölümde tanımlanan kurallar uyarınca tasarımı yapılacak binalardaki tüm taşıyıcı elemanlarda boyuna donatının kenetlenme boyu ve bindirme boyu, donatı çapının 50 katından daha az, 90 dereceli kancaların kenetlenme boyu ise donatı çapının 25 katından az olamaz.

- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Bitişik Nizam Yapılar

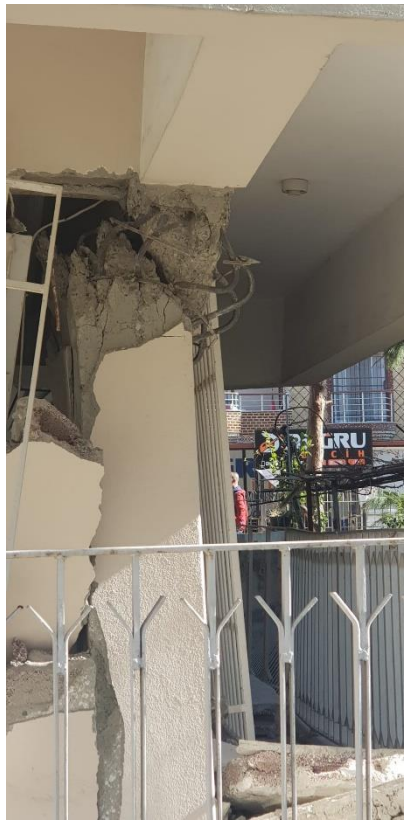


- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Asmolen Döşeme

- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

Yetersiz Enine Donatı Kullanımı



Saplama Kirişi

- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

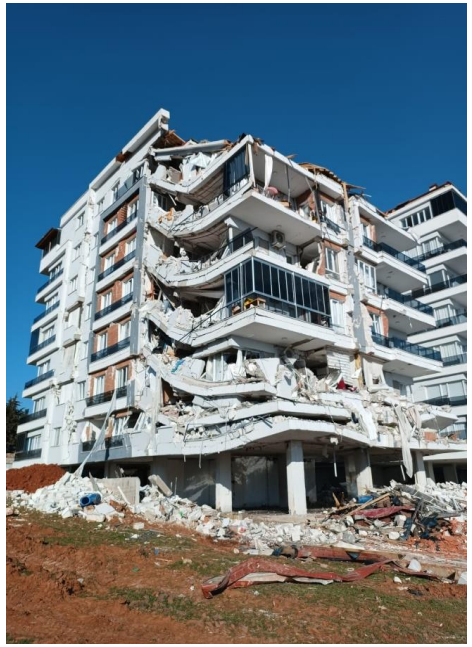
Yumuşak-Zayıf Kat

B – DÜŞEYDE DÜZENSİZLİK DURUMLARI	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *toplam etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *toplam etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*: $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: **4.9.1.3(b)**'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	**3.6.2.3**
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, ± %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak* **4.7***'ye göre yapılacaktır.*	**3.6.2.1**

- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

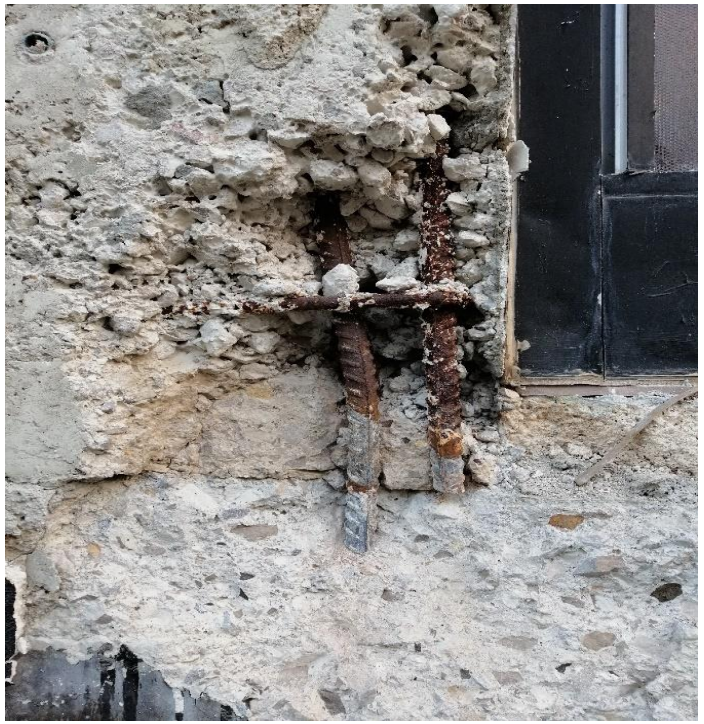
Düşük Beton Kalitesi

İşçilik Hataları



- Betonarme Binalarda Gözlemlenen Hasarlar

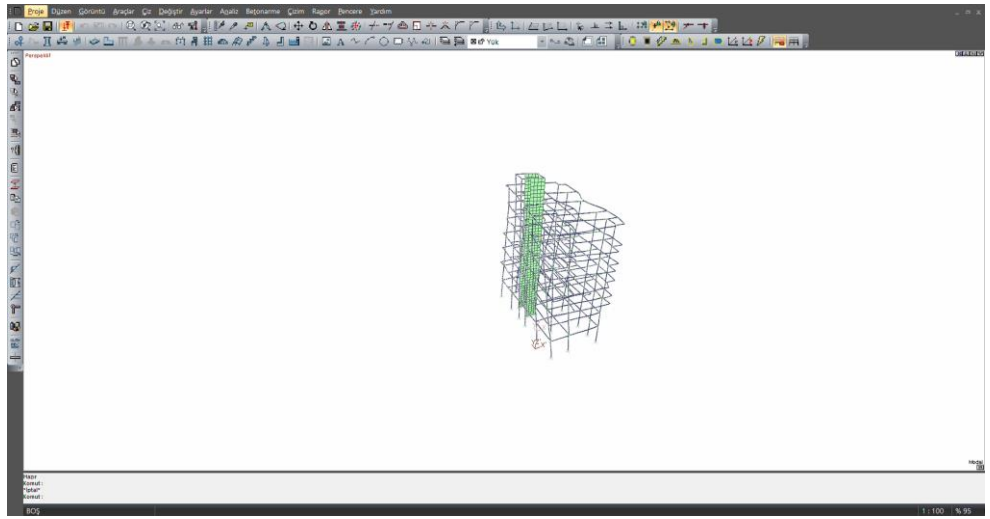
Nervürsüz Donatı Kullanımı ve Donatı Korozyonu

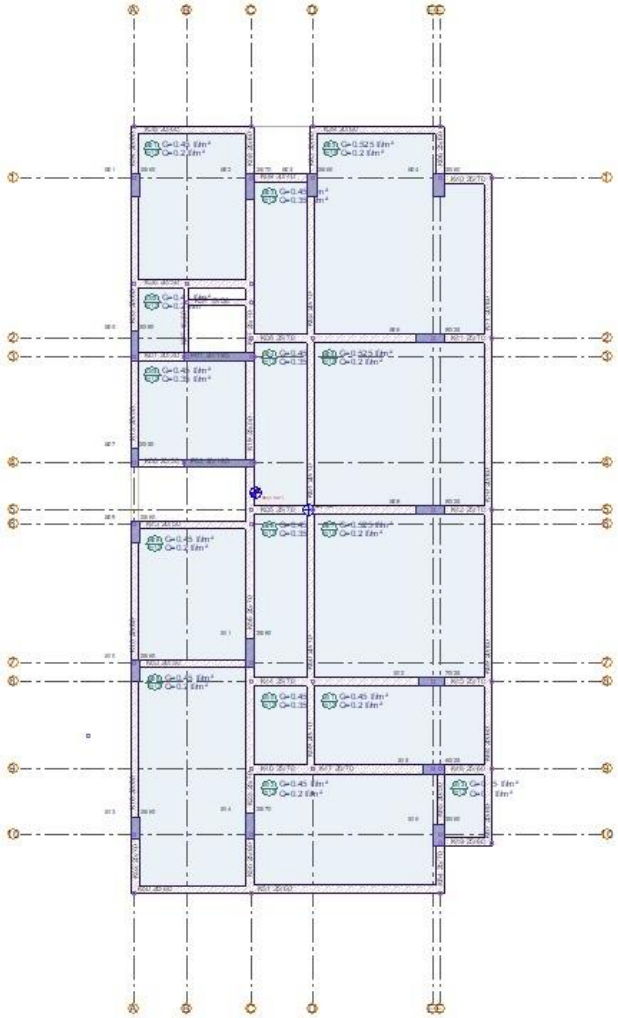


Güvenli Yapılarda Mimari Tasarım

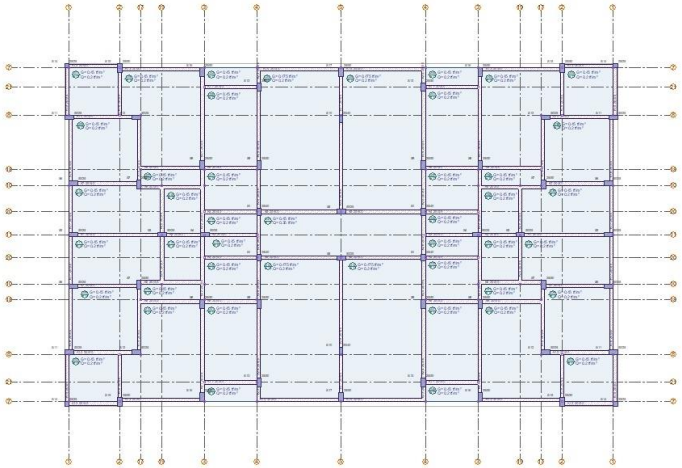
- Mod Şekillerinin Değerlendirilmesi
- Yetersiz Perde Kullanımı
- Zayıf Kat / Yumuşak Kat Oluşumu
- Devam Etmeyen Aks Düzeni
- Aks Süreksizliği
- Asmolen Döşeme Tasarımı
- Analiz Parametrelerinin Seçimi
- Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi
- Kapalı Çıkmalar

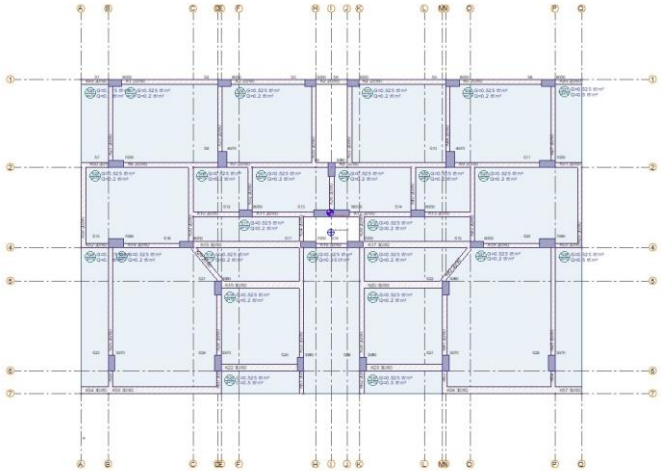
Mod Şekillerinin Değerlendir ilmesi

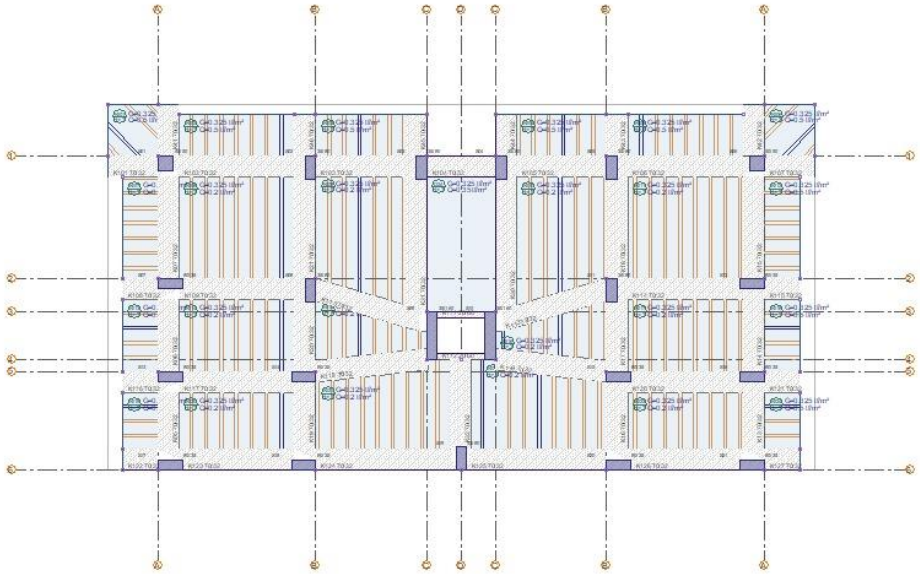




Yetersiz Perde Kullanımı



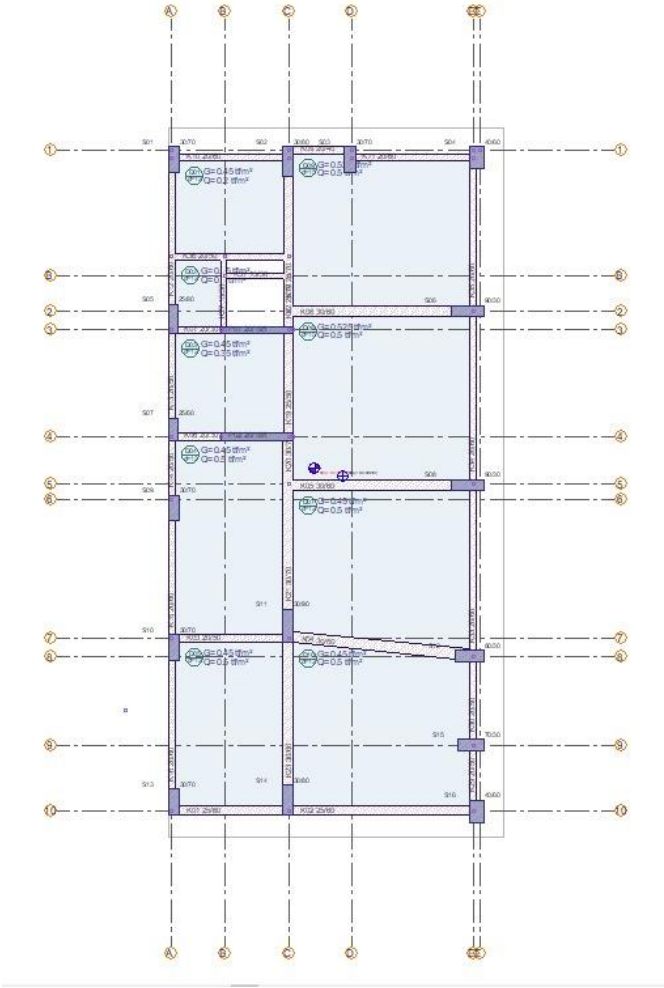


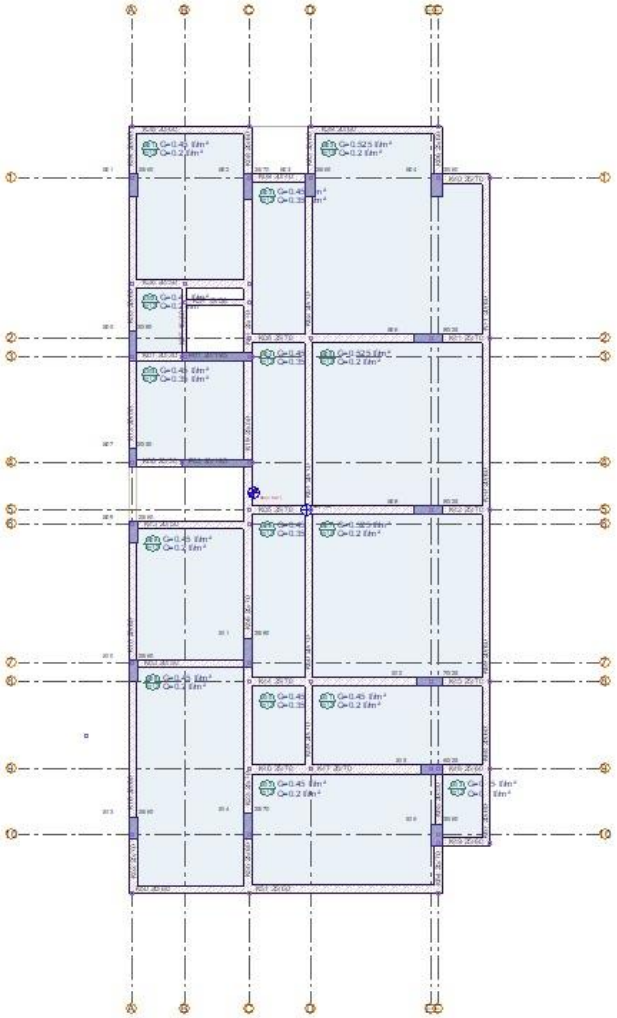


Zayıf Kat / Yumuşak Kat Oluşumu

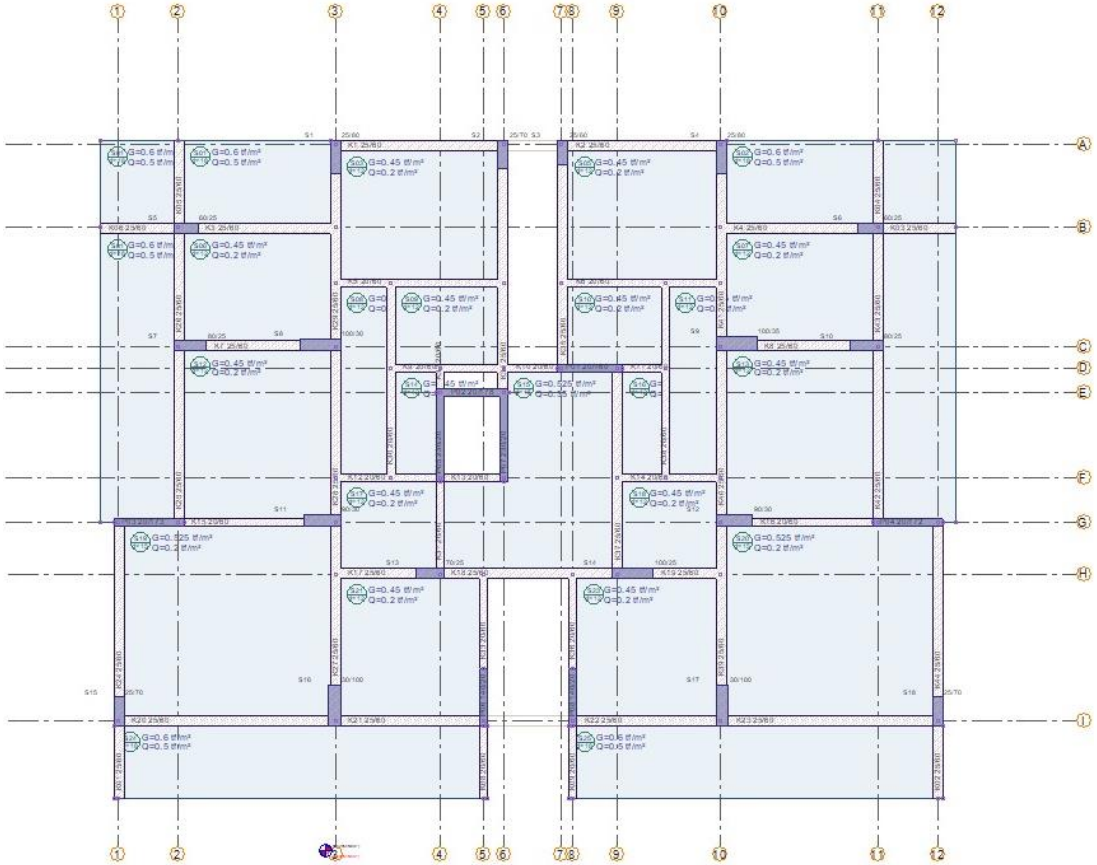
	İlgili Maddeler
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki *toplam etkili kesme alanı*'nın, bir üst kattaki *toplam etkili kesme alanı*'na oranı olarak tanımlanan *Dayanım Düzensizliği Katsayısı* η_{ci} 'nin 0.80'den küçük olması durumu. $[\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80]$ *Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı*: $(\sum A_e)_i = (\sum A_w)_i + (\sum A_g)_i + (0.15 \sum A_k)_i$ Not: **4.9.1.3(b)**'de tanımlanan duvarlar için $A_k = 0$ alınacaktır.	**3.6.2.3**
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'inci kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan *Rijitlik Düzensizliği Katsayısı* η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. $[\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}^{(X)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i^{(X)} / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}^{(X)} / h_{i-1})_{ort} > 2.0]$ *Göreli kat ötelemelerinin hesabı, +%5 ek dışmerkezlik etkileri de*	**3.6.2.1**

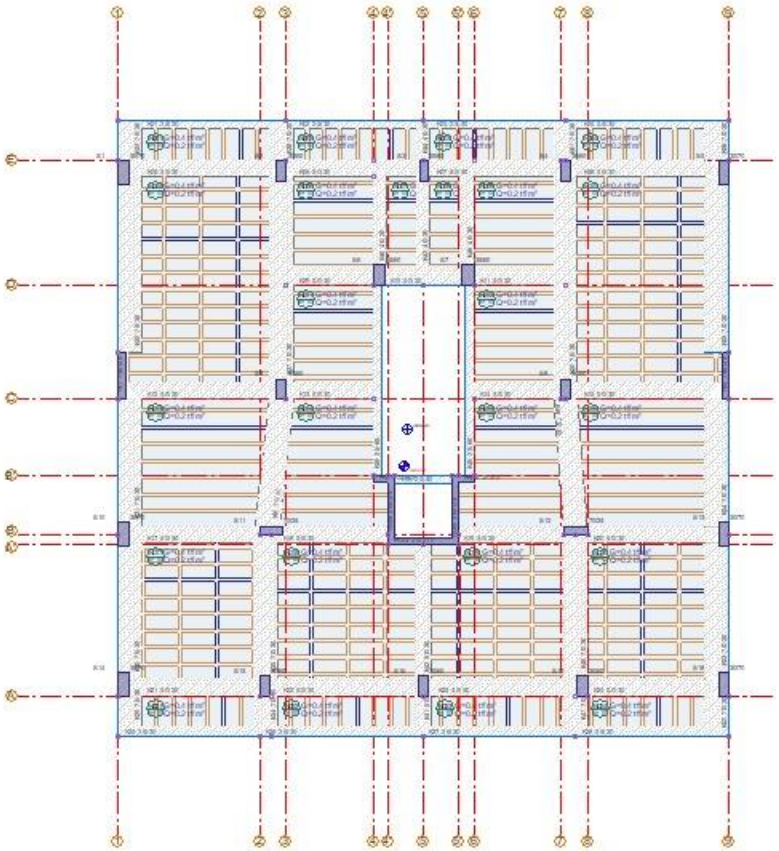
Devam Etmeyen Aks Düzeni

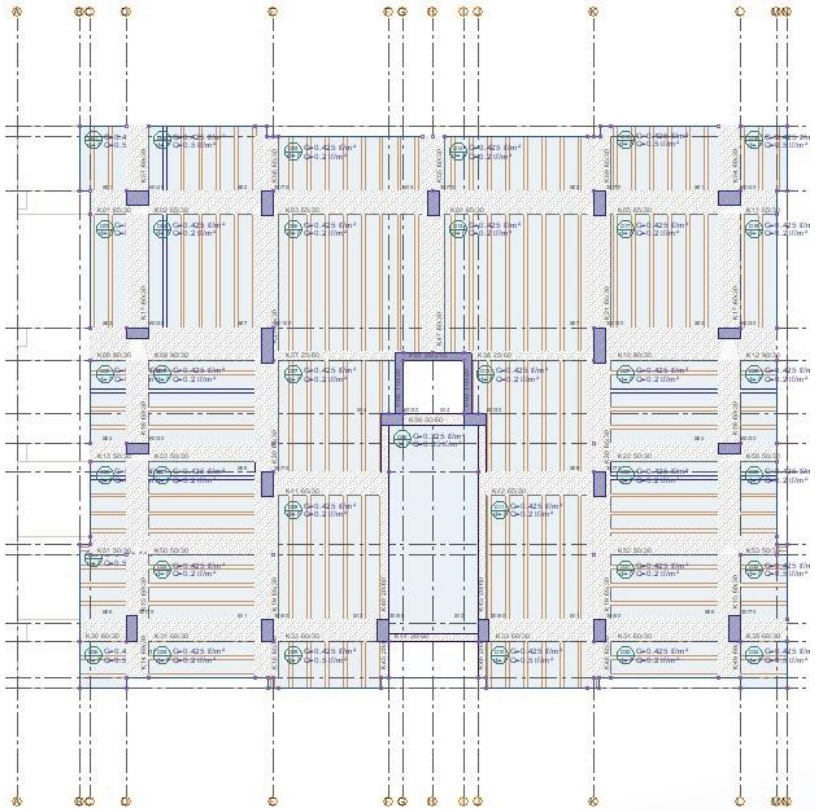


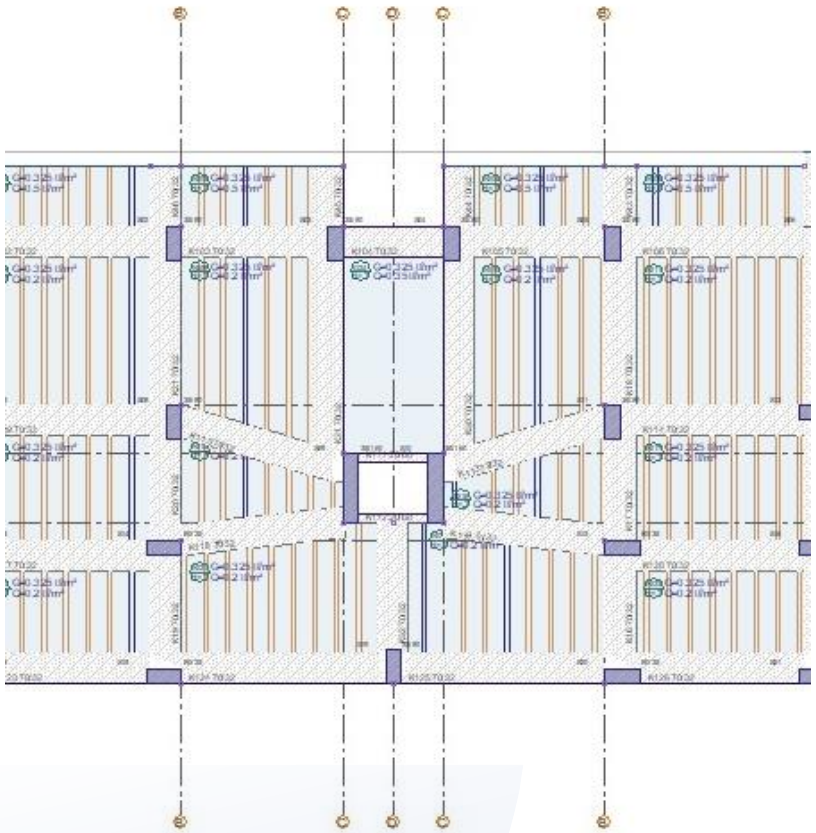


Aks Süreksizliği









Asmolen Döşeme Tasarımı

- **Analiz Parametrelerinin Seçimi**
- **Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi**
- **Kapalı Çıkmalar**

- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Oluşturulan Türkiye Ulusal Risk Kalkanı Modeli / Kahramanmaraş Depremleri Çalışma Kurulları

- Destek Hizmetleri ve Sosyal Politikalar Kurulu
- Deprem ve Yer Bilimleri Kurulu
- Hasar Tespit Kurulu
- Enkaz ve Atık Yönetimi Kurulu
- Şehirleri İnşa ve İhya Kurulu
- Kentsel ve Kırsal Dönüşüm Kurulu
- Mekânsal Planlama Kurulu
- Yeni Yapı Teknolojileri Kurulu
- Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Akıllı Şehirler Kurulu
- İklim Dostu Yeşil Dönüşüm Kurulu
- Kentsel ve Kırsal Altyapı Kurulu
- Tarihi ve Kültürel Miras Kurulu
- Kriz Yönetimi ve İletişim Kurulu

8. Yeni Yapı Teknolojileri Kurulu

- Afet sonrası yapılaşmaya dair temel ilkelerin ve teknolojilerin belirlenmesi,
- Yeniden inşa çalışmalarında akıllı bina ve şehircilik uygulamalarının geliştirilmesi için deprem öncesi hazırlıkların yürütülmesi,
- Bina Kimlik Sistemi (BKS) ile 2021 yılının ikinci yarısından itibaren iskan alan yapılarda deprem sonrası gerçekleştirilecek arama kurtarma çalışmalarının hızlı ve etkin sonuçlanabilmesi için veri bazlı katkı sağlaması,
- Deprem riskli bölgelerde deprem ve yapı arasında ilişkinin yeni şehircilik çalışmalarında uygulanması,
- Çelik, betonarme ve benzeri yapı türleri ile yeni mühendislik ve mimarlık tasarımlarını araştırarak afetlere karşı şehir direncini artıracak şekilde inşa edilmesi sürecine katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Kurul Üyeleri:

- Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK - Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Alper İLKİ - İstanbul Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Mustafa ŞAHMARAN - Hacettepe Üniversitesi
- Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK - İstanbul Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ - AFAD
- Dr. Öğr. Üyesi Fatih SÜTÇÜ - İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü
- Yoshinori MORIWAKI - Yüksek Mimar ve İnşaat Yüksek Mühendisi
- Banu ASLAN - Yapı İşleri Gen. Müd.
- Levent SUNGUR - TOKİ Başkan Yardımcısı

- AFAD Tarafından Gerçekleştirilen ‘Deprem’ Toplantısında 11 çalışma grubu oluşturuldu. 07 NOLU ÜSTYAPI ÇALIŞMA GRUBUNDA ODTU, İTÜ, Boğaziçi ve KTÜ (Prof. Dr. Ahmet Can Altunışık) bilim insanları yer aldı.

YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER KULLANILARAK DEPREM ETKİLERİNİN AZALTILMASI

- YAPI SAĞLIĞI İZLEME

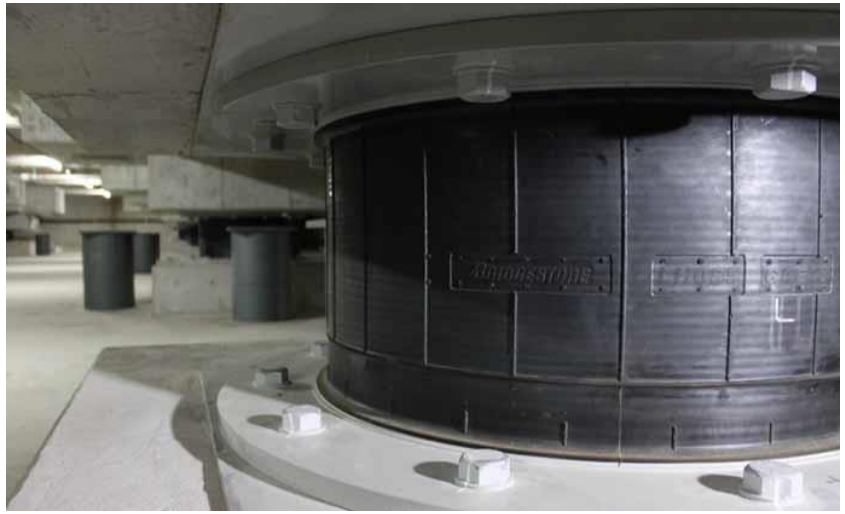
Yapı Sağlığı İzleme Sistemi yapıya yerleştirilen hassas sensörler ile mevcut yapısal durumun 7/24 izlenerek değerlendirilmesi sürecini kapsamaktadır.

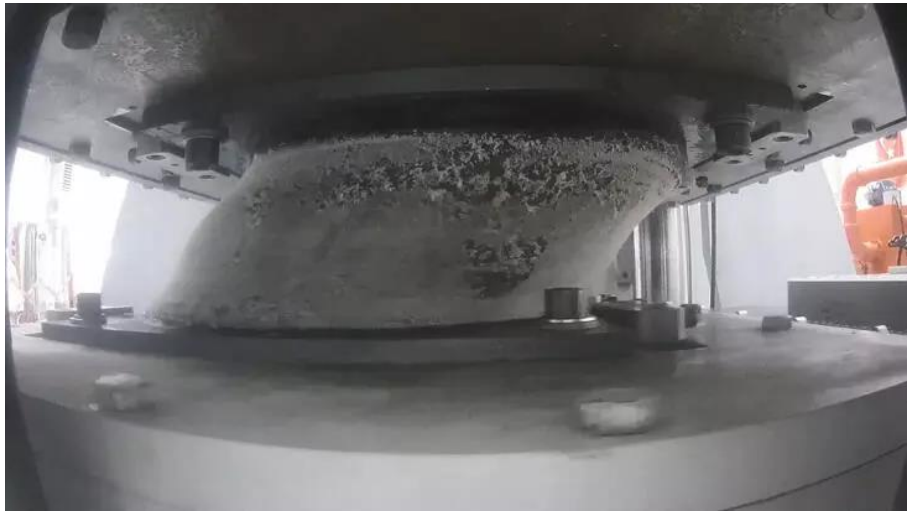
Yapı Sağlığı İzleme Sistemi ile:

- Yapıların mevcut yapısal davranışları sürekli izlenir
- Deprem sonrası yapısal durum tespitine olanak sağlanır
- Yapı için belirlenen eşik değerlerin aşılması durumunda acil uyarı sistemlerinin devreye girmesi ile can güvenliği korunur ve acil müdahaleye olanak sağlanır.
- İzlenen yapıların çevresel faktörlere karşı gösterdiği tepkiler dikkate alınarak yapıların tahmini ömürleri belirlenebilir

YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER KULLANILARAK DEPREM ETKİLERİNİN AZALTILMASI

- SİSMİK İZOLATÖR



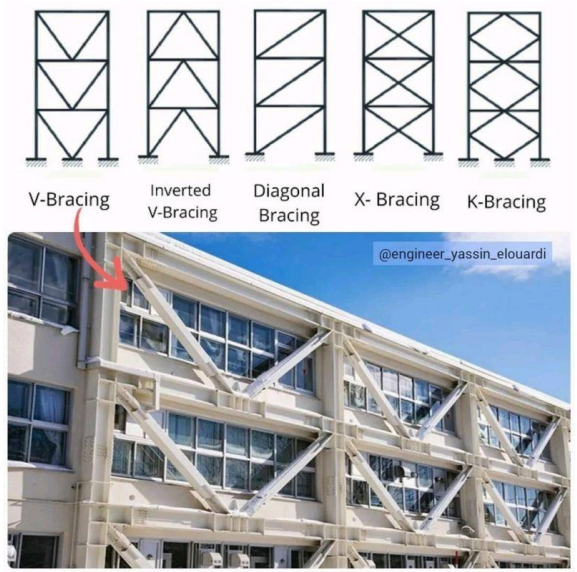


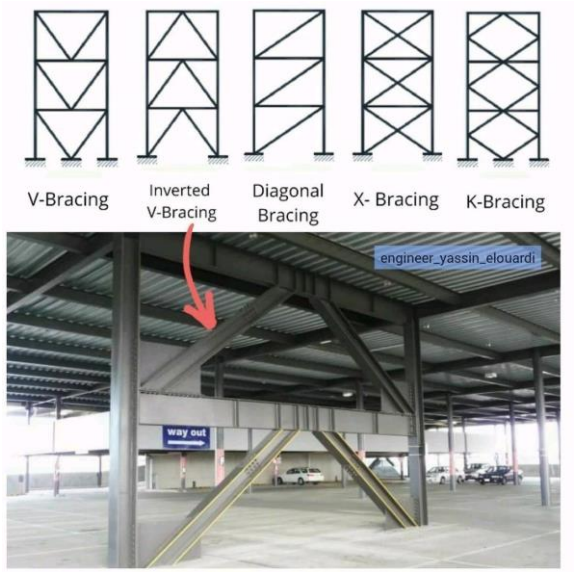
YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER KULLANILARAK DEPREM ETKİLERİNİN AZALTILMASI

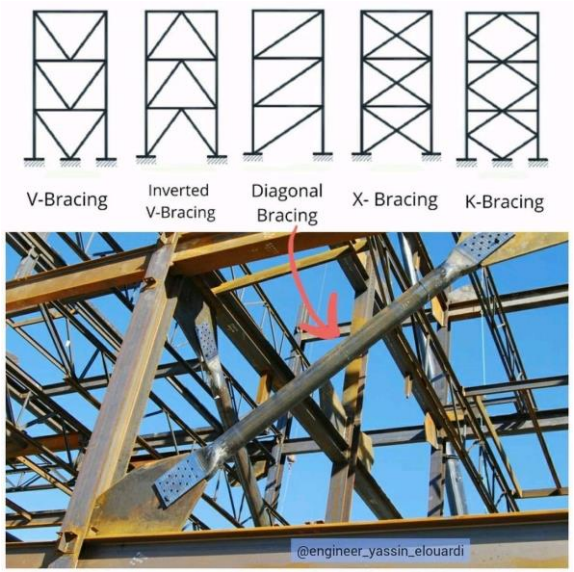
- FRP GÜÇLENDİRME UYGULAMASI

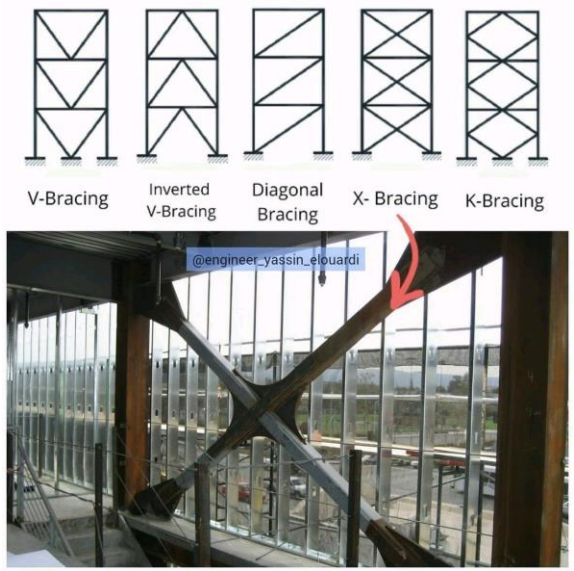
YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER KULLANILARAK DEPREM ETKİLERİNİN AZALTILMASI

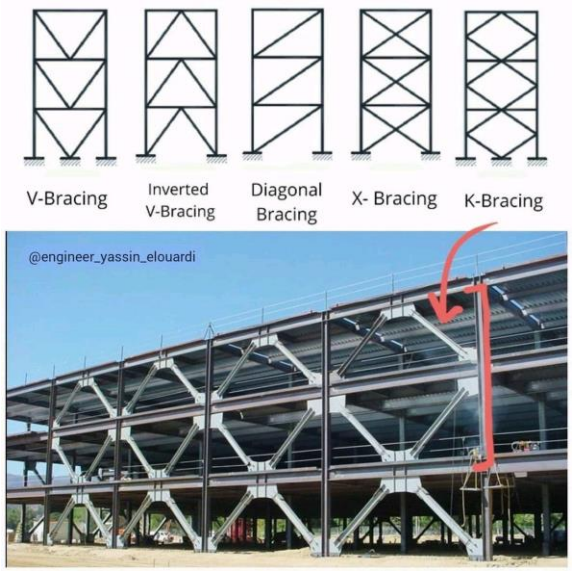
- DIŞ ÇAPRAZ GÜÇLENDİRME







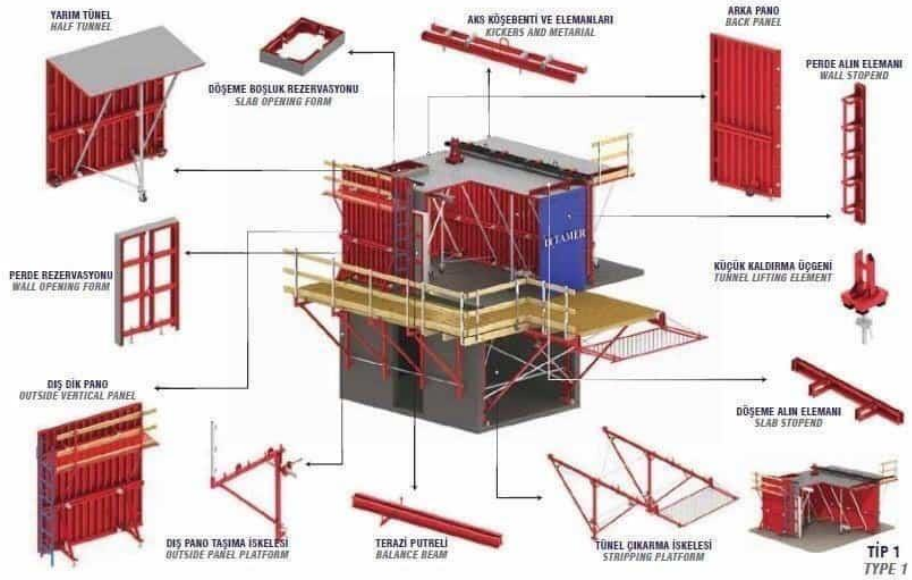




YENİLİKÇİ TEKNOLOJİLER KULLANILARAK DEPREM ETKİLERİNİN AZALTILMASI

- TÜNEL KALIP

- **Hızlı kalıp kurma ve beton dökümü**
  Fast formwork installation and concrete laying
- **Kısa inşaat süreleriyle gelen ekonomi**
  Economic feasibility through short construction periods



DİNLEDİĞİNİZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM…

İletişim Bilgileri
Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
61080, Trabzon
ahmetcan@ktu.edu.tr / ahmetcan8284@hotmail.com
0544-4196043 / 0462-3774020