

DEPREM RAPORU (2023)

EMSAD DEPREM KOMİSYONU

İÇİNDEKİLER

1. Giriş
2. 06 ŞUBAT 2023 Depremleri Sonrasında Elektrik Şebekelerinde Meydana Gelen Hasarlar
3. Kamu Kurum ve Kuruluşlarında Yapılan Çalışmalar
 - 3.1. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü (TEİAŞ)
 - 3.2. Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş
 - 3.3. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
4. İlgili Standartlara Genel Bakış
 - 4.1. IEC Standartları ile İlgili
 - 4.2. IEEE Standartları ile İlgili
5. Sismik Deney Laboratuvarları
6. Sonuç ve Öneriler.

ELEKTRİK İLETİM VE DAĞITIM TESİSLERİNDE DEPREM GERÇEKLERİ VE ÖNERİLER

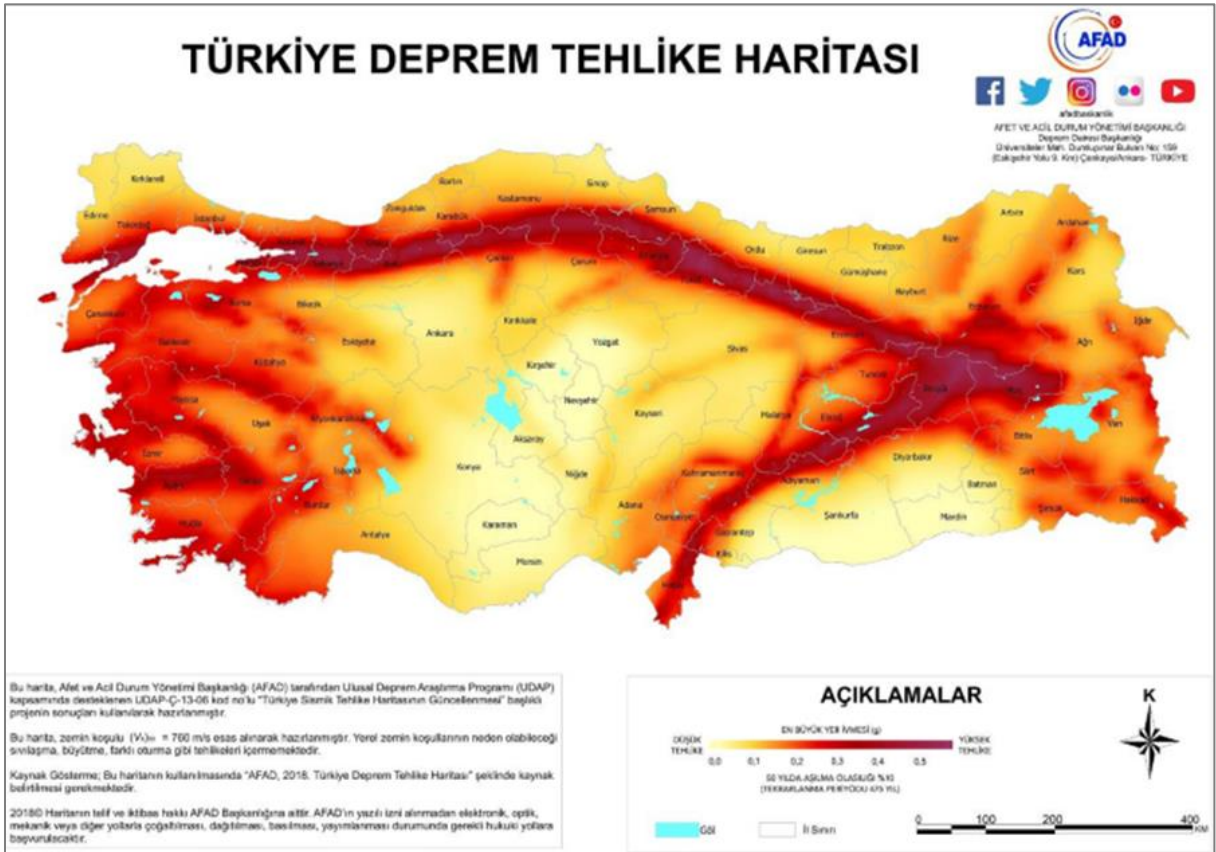
1. GİRİŞ

“06 ŞUBAT 2023 tarihinde gerçekleşen Pazarcık ve Elbistan merkezli depremlerin Türkiye ekonomisi üzerindeki toplam yükünün yaklaşık 2 trilyon TL (103,6 milyar dolar) düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu büyüklüğün 2023 milli gelirinin yaklaşık yüzde 9’una ulaşabileceği öngörülmektedir.” Kaynak: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu.

Deprem felaketi, olasılığı düşük ancak etkisinden dolayı riski yüksek bir olaydır. Bu durumu aşağıdaki formül çok açık ifade etmektedir.

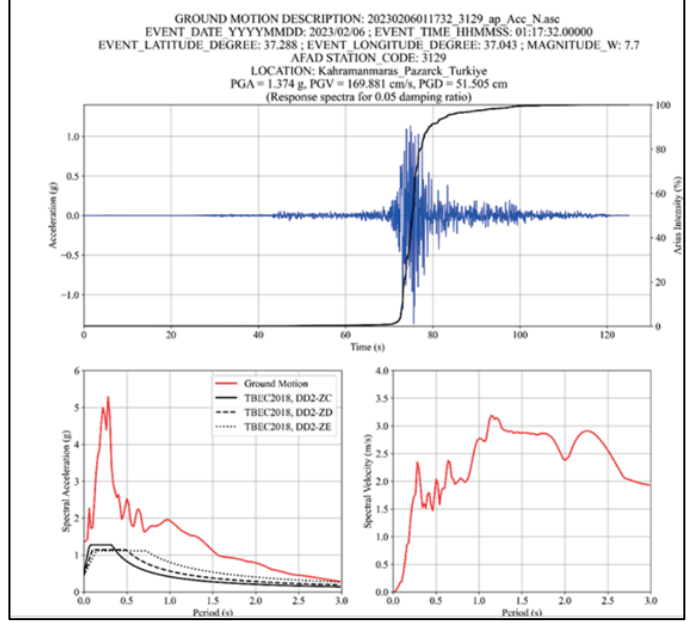
$$\text{Risk} = \text{Olasılık} * \text{Etki}$$

Riskin yüksek olması, önerilen yöntemlerin ve buna bağlı olan uygulamaların ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.



Kaynak: AFAD

AFAD verilerine göre Pazarcık merkezli depremde yatay ivme 1,374 g olarak ölçülmüştür.



T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporunda enerji tesislerinde yaşanan hasarlar ve maddi değerleri, aşağıdaki tablolarda belirtilmektedir.

Tablo: 1 Enerji Sektörü Hasar Tespitinin Kalem Bazında Dağılımı

Nitelik	Varlık Türü	Alt Kalem	Birim	Maliyet* (milyon TL)	Veri Kaynağı
Kamu	Elektrik İletim	Transformatör Merkezi	adet, m ²	674,8	ETKB
Kamu	Elektrik İletim	154 kV Elektrik İletim Hattı Direği	adet	13,5	ETKB
Kamu	Elektrik İletim	400 kV Elektrik İletim Hattı Direği	adet	23,1	ETKB
Kamu	Elektrik İletim	Elektrik İletim Hattı	km	5,5	ETKB
Kamu	Elektrik Üretim	Elektrik Üretim Tesisi	adet	517,5	ETKB
Kamu	Doğal Gaz İletim	Doğal Gaz İletim	km	179	ETKB
Kamu	Doğal Gaz İletim	Liman	m	1,5	ETKB
Kamu	Petrol İletim	Petrol İletim	km	1	ETKB
Kamu	Petrol İletim	Depolama Tankı	m ³	11,2	ETKB
Kamu	Enkaz Kaldırma ve Yedek Parça Giderleri	Akaryakıt Gideri ve Yedek Parçalar	Litre	886,2	DSİ
Kamu	Enkaz Kaldırma ve Yedek Parça Giderleri	Bilgisayar ve Aksesuarları	adet	9	DSİ
Özel	Elektrik Dağıtım	Dağıtım Merkezi	adet, m ² , kva	581,2	ETKB, EPDK
Özel	Elektrik Dağıtım	OG-AG Bağlantı Hatları	adet, kg, km, kva, m	7.286	ETKB, EPDK
Özel	Doğal Gaz Dağıtım	Doğal Gaz Boru Hattı ve Bağlantı Elemanları	km, adet	559,1	ETKB, EPDK
Özel	Doğal Gaz Dağıtım	RMS (basınç düşürme ve ölçüm) İstasyonu	adet	7,5	ETKB, EPDK
Özel	Doğal Gaz Dağıtım	Doğal Gaz Sayacı	adet	79,8	ETKB, EPDK
Özel	Elektrik Üretim	Elektrik Üretim Tesisi	MWe	52,5	ETKB, EPDK
Özel	Akaryakıt Tesisleri	Akaryakıt Tesisleri	m ²	355	ETKB, EPDK
Toplam				11.243,4	

Kaynak: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu

Tablo:2 Enerji Sektörü Hasar Tespitinin İllere Göre Dağılımı (milyon TL)

İl	KAMU						ÖZEL**					GENEL TOPLAM
	Elektrik İletim	Elektrik Üretim	Doğal Gaz İletim	Petrol İletim ve Depolama	Diğer *	Toplam	Elektrik Dağıtım	Doğal Gaz Dağıtım	Elektrik Üretim	Akaryakıt Tesisleri	Toplam	
Kahramanmaraş	407	512	83	-	-	1.002	151,2	37,1	52	88,7	329	1331
Hatay	220,4	-	12,5	0,5	-	233,4	4.342,1	104,4	-	113,3	4.559,9	4.793,3
Gaziantep	48,4	-	-	1	-	49,4	1.965	-	-	24,6	1.989,6	2.039
Şanlıurfa	17,4	0,1	-	-	-	17,5	70,3	4	-	5,7	80,1	97,6
Adıyaman	13,1	-	55	-	-	68,1	59,8	292,1	-	45	396,9	465
Malatya	-	-	30	-	-	30	297	177,5	-	67	541,5	571,5
Osmaniye	6,4	0,25	-	-	-	6,7	505,6	15,8	0,5	8,6	530	536,7
Diyarbakır	-	5,1	-	-	-	5,1	130,8	0,2	-	1	132	137,1
Kilis	-	-	-	-	-	0	159,6	-	-	-	159,6	159,6
Adana	4,3	-	-	10,7	-	15	162,8	10,5	-	1,1	174,5	189,5
Elazığ	-	-	-	-	-	0	23	4,8	-	-	27,9	27,9
Bölge Toplamı	717	517,5	180,5	12,2	895,2	2.322,4	7.867,2	646,4	52,5	355	8.921	11.243,4

Kaynak: T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu

Tablolar incelendiğinde de görüleceği üzere;

- Elektrik **İLETİM+DAĞITIM** şebekelerinde oluşan hasarın toplam değeri yaklaşık $717+7.867= 8.584$ milyon TL olarak hesaplanmıştır.
- Dağıtım şebekelerinde oluşan hasarın 7.876 milyon TL'si OG+AG Dağıtım hatlarında meydana gelmiştir.

AFAD'a göre Kritik Alt Yapı tanımı; *işlevini kısmen veya tamamen yerine getiremediğinde çevrenin, toplumsal düzenin ve kamu hizmetlerinin yürütülmesinin olumsuz etkilenmesi neticesinde, vatandaşların sağlık, güvenlik ve ekonomisi üzerinde ciddi etkiler oluşturacak ağ, varlık, sistem ve yapıların bütünü*, olarak yapılmaktadır. Enerji alt yapı tesisleri, bu kapsamda yer alan **Kritik Alt Yapı Tesisleridir**

Enerji Alt Yapı Tesisleri, başlıca; yapılar, iletim ve dağıtım hatları ve trafo merkezlerinden oluşur. Özellikle 154 kV ve üstü trafo merkezlerinde yer alan lojman ve benzeri yapıların da bu kapsamda dikkate alınması doğru olacaktır.

Depremden kaynaklanacak bir afette risk azaltmanın başlangıcı, yer seçiminden başlar. Ardından bina ve teçhizat gelir. Teçhizat ne kadar depreme dayanıklı olursa olsun içinde bulunduğu bina depreme dayanıklı değilse teçhizat da bina ile birlikte işlevsiz hale gelecektir. Aynı ilişki ZEMİN-BİNA arasında da vardır. Bina ne kadar depreme dayanıklı olursa olsun, zemin uygun değilse bina ve içinde bulunan teçhizatın da işlevselliği ortada kalmayacaktır.

Ülkemizde yaşanan depremlerde aralarında elektrik şebekesinin de bulunduğu birçok alt yapı zarar görmüştür. Yapılan incelemelerde zarar gören elektrik şebekesinin;

- Bir kısmının zeminden,
- Bir kısmının içinde tesis edilen yapının yıkılmasından,

- Bir kısmının da depreme karşı yeterli koruma ve sınırlama önlemi alınmadığı için elektrik teçhizatlarının yer değiştirmesinden ve devrilmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

EK-2’de yer alan fotoğraflarda bu durumlar açık olarak görülmektedir.

2. 06 ŞUBAT 2023 DEPREMLERİ SONRASINDA ELEKTRİK ŞEBEKELERİNDE MEYDANA GELEN HASARLAR:

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu ve TEİAŞ kaynaklı bilgilere göre; deprem sonucunda Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketine (TEİAŞ) ait;

- 1.128 km uzunluğundaki elektrik iletim hattını birbirine bağlayan 11 direğin yıkıldığı, buna bağlı olarak 90 civarında iletim hattının devre dışı kaldığı,
- Toplam 4.088 MVA güce sahip 25 trafo merkezinde (154 kV ve 400 kV) hasar meydana geldiği, hasarlanan ekipmanların ve sayılarının;
 - 14 adet oto transformatör,
 - 4 adet reaktör,
 - 28 adet güç transformatörü,
 - 10 adet kesici,
 - 53 adet ayırıcı,
 - 10 adet akım transformatörü,
 - 16 adet gerilim transformatörü,
 - 7 adet parafudr,
 - 4 adet hat tıkaçı olduğu,

şebekede oluşan hasarların 3-5 gün içerisinde giderilerek, güvenli iletimin tekrar sağlandığı belirtilmiştir.

- Yine aynı raporda, bölgedeki elektrik dağıtım tesislerindeki hasarların çok daha büyük olduğu belirtilmektedir. Nitekim bu durum, Tablo:1 ve Tablo:2 de yer alan rakamlarda da açık olarak görülmektedir.
- TEDAŞ kaynaklı bilgilere göre, depremden 3-4 gün sonra enerjisiz trafo sayısının %2’ler seviyelerine düştüğü belirtilmiştir.

Gerek sahadan gelen bilgiler ve görüntüler gerekse yetkililerden alınan bilgilere göre dağıtım şebekelerinde tespit edilen bazı hasarlar aşağıdadır.

- Üzerlerine bir başka bina yıkılmamış olan Beton Mahfazalı Kompakt Trafo Merkezlerinin büyük ölçüde sağlam kaldığı görülmüştür. Üzerlerine bina yıkılan merkezler ve içindeki teçhizat hasarlanmıştır. Çatı ile gövdenin birbirine bağlanmadığı kompakt merkezlerde özellikle çatı bölümünde hasarlar tespit edilmiştir.

Ayrıca tank bölümü toprağa gömülmemiş yani sahada yapılan bir beton kaide üzerine serbest biçimde konulan (bu montaj şekli talimatlara uygun değildir.) trafo merkezlerinde hasarlar tespit edilmiştir. Yapısal olarak hasar görmemiş olan kompakt merkez içinde yer alan ve doğru şekilde bağlantıları yapılan teçhizatlar (dağıtım trafosu, OG Hücre, AG Pano gibi) herhangi bir hasar oluşmamıştır. Ancak özellikle dağıtım trafolarının doğru biçimde sabitlenmemesinden kaynaklı devrilmeler ve yer değiştirmelere sıkça rastlanmıştır. Dağıtım trafolarının kompakt merkez zeminine konulması halinde riski daha düşük bir bağlantı sağlanabilecektir.

- Hava yalıtımlı hücrelerde devrilmeler ve yer değiştirmelere pek rastlanmamıştır. (Yeni deprem ivmeleri göz önüne alınarak yapılacak ankraj bağlantıları ile riskin en aza inebileceği düşünülmektedir.)
- Direk üstü trafolarında trafo direklerinin genellikle sağlam kaldığı ancak bazı trafoların devrildiği ya da yan yattığı görülmüştür.
- MOD Binası ve DAPT binası olarak yerinde yapılan binalarda ciddi hasarlar görülmüştür. (Bina tasarımlarında yatay ve düşey ivme değerleri düşüktür. Bu binaların olası bir yüksek güçlü depremde ayakta kalması mümkün olmayabilir. Bu şekilde yapılmış binaların ya kuvvetlendirilmesi ya da yıkılıp depreme daha dayanıklı binaların yapılması gündeme gelmelidir.) Özellikle 2000 yılından sonra kullanılmaya başlanan beton mahfazalı trafo merkezleri (ilgili teknik şartname gereği C35 beton kullanılarak betonarme ve monoblok olarak imal edilmektedir.) ve bu merkezlerde metal mahfazalı hücrelerin kullanılması nedeniyle trafo merkezlerinde ve içindeki teçhizatlar (OG hücre, trafo, pano) hasar çok az olmuştur. Sistemde sayıları az da olsa OG/OG Güç Trafoları bulunmaktadır. Bu trafoların zemin bağlantıları mutlaka gözden geçirilmeli, gerekli sismik koruma ve sınırlama önlemleri alınmalıdır.

Ortaya çıkan ekonomik kayıplar dikkate alındığında, bir deprem ülkesi olan ülkemizde enerji alt yapı tesislerinin depreme karşı dirençli hale getirilmesinin ne kadar önemli olduğu bir kez daha gözler önüne serilmiştir. Bunun için;

- Doğru yer ve ekipman seçimlerinin yapılması,
- Yapıların ve tesislerin depreme dayanıklı olarak inşa edilmesi,
- Kullanılacak ekipmanların ve bağlantıların sismik verilere göre sismik performanslarının önceden kontrol edilmesi önemli hale gelmiştir.

Bundan sonraki bölümlerde sismik performansların denetlenmesi konusunda yayınlanmış olan uluslararası standartlar ile kamuda bu konuda alınmış ya da alınacak kararlardan ve önerilerden bahsedilecektir.

3. KAMU KURUM VE KURULUŞLARINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR:

3.1. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü (TEİAŞ): Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü (TEİAŞ), gerek mevcut tesislerinde alınacak önlemler gerekse bundan sonra yapılacak tesislerle ilgili olarak ülkemizde faaliyet gösteren ulusal ve uluslararası firmalarla bir dizi görüşmeler gerçekleştirmiştir. Bu firmalar arasında EMSAD üyesi firmalar da yer almıştır. Yapılan bu görüşmeler sonucunda oluşan kararlar, TEİAŞ Malzeme Yönetimi Dairesi Başkanlığı tarafından “**Sismik Yeterlilik Seviyesinin Değiştirilmesi**” konu başlığı ile bir yazı ile ilgili tüm taraflara duyurulmuştur. Yazıda;

- Ekipmanların sismik performanslarının değerlendirilmesi sırasında *IEEE 693–2018: IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations* adlı standardın esas alındığı,
- 170 kV ve 420 kV gerilim seviyesinde kullanılan transformatörler, reaktörler, buşingler, kesiciler, ayırıcılar, parafudrlar, ölçü transformatörleri vb. primer elektromekanik teçhizatın ilgili teknik şartnamelerinde, **yatay ivme değerinin 1 g ve düşey ivme değerinin ise 0,8 g** olarak belirlendiği,
- 15.04.2024 tarihinden itibaren ilgili teçhizatların sismik yeterliliğinin test veya dinamik analiz ile kanıtlanmasının isteneceği,
- İlgili teknik şartnamelerin buna göre revize edileceği belirtilmiştir.

TEİAŞ tesislerinin sismik hareketlere karşı dayanımını artırmak amacıyla bu kararların ve temel alınan IEEE standardının doğru seçildiği ancak, uygulama ile ilgili olarak aşağıdaki hususların dikkate alınmasının önemli olacağı düşünülmektedir. Bunlar;

- Tüm Türkiye için en yüksek sismik gereksinim olan 1g yatay ve 0.8g düşey ivme değerinin baz alınması, deprem riski bulunmayan bölgelerde de daha yüksek maliyetli ürünlerin kullanılmasını gerektirecektir.
- Sadece yeni alımlarda bu standardın uygulanması yeterli değildir. Sahadaki mevcut teçhizatın da büyük çoğunluğu sistemde uzun yıllar hizmet vermeye devam edecektir. Dolayısıyla, sahadaki mevcut ekipmanların deprem dayanımının artırılması için de çalışmalar yapılmalıdır.
- Alınan bilgilere göre şalt sahalarındaki binaların birçoğunun, 0.5g ivme değeri esas alınarak projelendirildiği ve yapıldığı anlaşılmaktadır. Sadece şalt sahası ekipmanları değil binalar, iletim hatları, vb. dahil tüm altyapı bileşenleri için bütünlük bir yapısal sismik gereksinimleri belirlenmelidir.

- Özellikle fay hatlarının tam üzerinde veya çok yakınında bulunan tesislerde, 1g yatay ve 0.8g düşey ivme değerinin de üzerinde depremler yaşanabileceği düşünülerek, kritik altyapı tesislerinin yer seçiminde fay hatlarından uzak yerlerin seçilmesi önemlidir.
- Ürünlerin tek tek analiz ve testleri kadar, ekipmanların sabitlenmesi ve birbirine bağlanması ile ilgili gereksinimler de sıkı koşullara bağlanmalı ve kontrol edilmelidir. Bu konuda IEC ve IEEE kurumlarına ait birçok standart ve kılavuz doküman mevcuttur.
- 1999 yılında meydana gelen Adapazarı ve Kocaeli depremlerinden sonra Japonlara hazırlatılan deprem raporunda, birçok önerinin yer aldığı görülmektedir. Ancak son yaşanan depremler, raporda yer alan önlemlerin tam olarak uygulanmadığını göstermiştir. (Örnek: Kesicilerde DEAD tanka geçilmesi, güç trafolarının bağlantıları, porselen buşing ve izolatörden vazgeçilmesi gibi.) Bu ve benzer raporların tekrar gözden geçirilerek, gerekli tedbirlerin alınması ve bunların kamuoyu ile paylaşılması önemlidir.

3.2. Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş: Bugüne kadar bu konu ile ilgili olarak ilgili kamuoyu ile paylaşım olmamıştır.

3.3. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı: İlgili Bakanlık, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY) göre, deprem etkisi altında tasarlanan yapılara ait elektrik tesisleri ile zayıf akım tesislerinin (zayıf akım sistemleri, veri iletişim sistemleri vb.) deprem güvenliğini sağlamak amacıyla; donanımın montajı, sismik performansı ile sismik koruma donanımının seçimi, montajı ve yerinde uygulama esaslarını kapsayan bir şartname hazırlamaktadır. Şartnamenin gelecek günlerde yayınlanması beklenmektedir.

4. İLGİLİ STANDARTLARA GENEL BAKIŞ:

IEC ve IEEE’de, şalt sahası ekipmanlarının sismik performanslarının kontrol edilmesini sağlayan standartlar mevcuttur. Konu; IEEE’de “*IEEE 693 IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations*” standardı içerisinde geniş ve toplu bir biçimde ele alınmıştır. Ancak konunun IEC’de; kısıtlı sayıda ürün için, kısıtlı sayıda standarda atıf yapılarak, karşılıklı referanslarla bütünleşik bir bakış açısından uzak, dağınık ve belirsizlikler içeren bir biçimde ele alındığı görülmektedir.

İlgili IEC ve IEEE standartları ve bazı önemli maddeleri aşağıda verilmiştir.

4.1. IEC standartları ile ilgili

- a. “TS EN IEC 60068-3-3 Çevre şartlarına dayanıklılık deneyleri – Bölüm 3-3: Destek dokümantasyonu ve kılavuz – Donanım için sismik deney yöntemleri” standardına ait bazı maddeler:

- “**1.Kapsam**” maddesinde; bu standardın, genel olarak elektro teknik ekipmanların sismik test ekipmanları kullanılarak test edilmesi ile ilgili gerekli bilgileri verdiği belirtilmektedir. Genel olarak test yöntemleri tanımlanmakta, statik/dinamik analiz yöntemleri ile ilgili herhangi özel bilgi, yönlendirme veya tarif içermemektedir.
 - “**6. Conditioning**” maddesinde testlerde kullanılacak titreşimler sınıflandırılmış, ilgili standartlara referans verilmiştir.
 - Kullanılacak test sisteminin tek eksenli ya da çok eksenli olmasına göre kullanılacak titreşim türleri belirtilmiştir
 - “**12.2.5 Yer İvmesi (ag)**” maddesinde sismik aktivite alanına göre hangi ivme değerlerinin kullanılacağı ve eşdeğer Richter ölçeğindeki deprem büyüklükleri verilmiştir.
- b. “TS IEC TR 62271-300: High-voltage switchgear and controlgear – Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breakers” standardına ait bazı maddeler:
- “**1.Kapsam**” maddesinde, bu standardın kesiciler için hazırlanmış olduğu belirtilmektedir.
 - Standart, her ne kadar diğer ekipmanlar ile ilgili bilgi içermese de “**7.3 Analysis**” maddesi altında “dynamic time-history”, “dynamic response spectrum” ve “static coefficient analysis” yöntemleri tanımlanmaktadır. Ancak uygulama aşamaları için ürün bazında birçok bilgi eksiktir.
- c. “TS EN 60068-2-57: Çevre şartlarına dayanıklılık deneyleri - Bölüm 2-57: Deneyler - Deney: Titreşim – Zaman geçmişi ve sinüs vuru yöntemi” standardı; deprem, patlama, nakil ve kullanım yerindeki koşullar nedeniyle oluşan titreşimlerin ‘time-history’ ve ‘sine beat’ yöntemi ile testi için gerekli bilgileri vermektedir. Statik/Dinamik Analiz Yöntemleri veya ekipmanlar ile ilgili herhangi özel bilgi, yönlendirme veya tarif içermemektedir.

4.2. IEEE 693 ile ilgili:

- a. **Annex A (normative) Standard clauses:** Standartta Ek-A içinde kalifikasyon yöntemleri ve bu yöntemlerin nasıl uygulanacağı tanımlanmaktadır.

Test Yöntemleri:

- A.1.2 Time history shake-table test qualification
- A.1.3 Static pull test qualification

Statik Analiz Yöntemleri:

- A.1.4.5 Static analysis
- A.1.4.6 Static coefficient analysis

Dinamik Analiz Yöntemleri:

- A.1.4.7 Dynamic response spectrum analysis
- A.1.4.8 Time history analysis
 - A.1.4.8.2 Linear and singularly non-linear systems
 - A.1.4.8.3 Non-linear systems

- b. “A.6 Seismic analysis-qualification report”** maddesinde, analiz raporunun nasıl hazırlanacağı ile ilgili detaylar verilmektedir.
- c. “A.6.2 Seismic specialist analysis”** maddesinde, dinamik analiz raporlarını onaylayacak uzmanların özellikleri verilmektedir.
- d. “A.6.3 Data analysis”** maddesinde, dinamik analiz raporunun hangi konuları içereceği 18 (onsekiz) alt maddede belirtilmiştir. Bunlar arasında kullanılan Sonlu Eleman Yöntemi Programının adının verilmesi, ağ noktaları, sınır koşulları, kullanılan elemanlar, model ölçüleri gibi standart bir Sonlu Eleman Analizinde olması gereken veriler mevcuttur.
- e. “4.7 Qualifying equipment by group”** maddesinde birbirine benzer ürünlerin her birinin tek tek test edilmesine gerek olmadığı, en zor koşullara sahip versiyonun kalifikasyonu ile benzer olarak gruplanan ürün versiyonlarının kalifikasyonunun nasıl kapsanacağı belirtilmektedir.
- f. Annex C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R (normative):** Bu eklerin her birinde bir şart sahası ekipmanına yönelik olarak uygulanacak yöntemler ayrıntılı olarak verilmektedir.
- Ekipmanların farklı gerilim seviyesine göre hangi yöntemlerin kullanılacağı verilmiştir.
 - Sismik test sonrasında ürünün hangi elektriksel ve mekanik testlerden geçmesi gerektiği ve ürün ile ilgili diğer özel isterler gerektiğinde belirtilmiştir.
 - Dinamik analiz olarak hangi yöntemin kullanılacağı, “A.1.4.7 Dynamic response spectrum analysis” maddesine referans verilerek belirlenmiştir.
 - Statik hesaplamalar için ürüne özel katsayının hangi değerde alınabileceği belirtilmiştir.
- g. Annex Q (informative) Qualification methods:** Bu ek içerisinde kalifikasyon yöntemlerinin uygulanması ile ilgili detaylar açık biçimde bilgi olarak verilmiştir.

- “Q.3.3 Response spectrum dynamic analysis” maddesi altında bu analizin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile nasıl yapılacağı belirtilmiştir.
- “Q.4.2 Time history shake-table test qualification” maddesi altında sismik testlerin nasıl yapılacağı detaylı olarak belirtilmiştir.

IEC ve IEEE standartlarının sismik dayanımı açısından karşılaştırılması Tablo:3’de verilmiştir.

Tablo: 3 IEC ve IEEE standartlarının karşılaştırılması

KONU	IEC	IEEE
Sismik Kalifikasyon Yöntemleri Tanımlanmış mı?	Hayır. Kalifikasyon yöntemleri Kesici ve Buşing’ler için tanımlanmış olsa da genel bir tanım tespit edilmemiştir.	Evet (IEEE Std 693-2018 Annex A) (IEEE Std 693-2018 Annex Q)
Sismik Test Yöntemleri Tanımlanmış mı?	Evet. (TS EN IEC 60068-3-3)	Evet (IEEE Std 693-2018 Annex A) (IEEE Std 693-2018)
Sismik Analiz Yöntemleri Tanımlanmış mı?	Kısmen. Kesiciler için IEC TR 62271-300 standardı ‘7.3 Analysis’ maddesinde tanımlama yapılmıştır.	Evet (IEEE Std 693-2018 A.6.3 Data Analysis)
Ekipmana Özel Sismik Kalifikasyon Yöntemleri Tanımlanmış mı?	Hayır.	Evet Annex: C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R içerisinde birçok ekipman için tanımlar mevcuttur.
Ekipmana Özel Sismik Test Yöntemleri Belirlenmiş ve Detaylandırılmış mı?	Hayır.	Evet Annex C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R içerisinde birçok ekipman için tanımlar mevcuttur. (IEEE Std 693-2018 Q.4.2 Time History Shake-Table Test Qualification)
Ekipmana Özel Sismik Analiz Yöntemleri Belirlenmiş ve Detaylandırılmış mı?	Hayır.	Evet Annex C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R içerisinde birçok ekipman için tanımlar mevcuttur. (IEEE Std 693-2018 A.1.4.7 Dynamic Response Spectrum Analysis) (IEEE Std 693-2018 Q.3.3 Response Spectrum Dynamic Analysis)
Ekipman için Farklı Gerilim Seviyelerine Göre Kalifikasyon Yöntemi Tanımlanmış mı?	Hayır.	Evet Annex C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, R içerisinde birçok ekipman için tanımlar mevcuttur.
Aynı ürünün farklı	Hayır.	Evet

versiyonları için (akım, sınıf, güç, vb.) gruplama yöntemi ile tek bir kalifikasyon yapılması tanımlı mı?		'IEEE Std 693-2018 4.7 Qualifying equipment by group' maddesinde, ürün grupları oluşturma ve tek bir kalifikasyon ile benzer ürünlerin kalifikasyonunun nasıl kapsanacağı tanımlanmıştır.
---	--	---

Yukarıdaki tabloya ilave olarak IEC ve IEEE standartları arasındaki en büyük farklardan bir diğeri de, deney ve analizlerde kullanılacak ivme değerinin, yatay ivme ile düşey ivme arasındaki dönüşüm katsayısıdır. IEC standardında bu oran 0.5 (*Örnek: Yatay ivme 1 g ise Düşey ivmenin 0.5 g olarak alınması*) olarak verilirken, IEEE standardında bu oran 0.8 (*Örnek: Yatay ivme 1 g ise düşey ivmenin 0.8 g olarak alınması*) olarak verilmektedir. Dolayısıyla IEEE değerlerinin daha güvenli tarafta yer aldığı düşünülebilir.

5. SİSMİK DENEY LABORATUVARLARI:

- **Dünyadaki laboratuvarlar, kapasiteleri ve test maliyetleri:** 3 (üç) eksenli sismik deneylerin yapılabildiği test laboratuvarları dünyada çok sayıda değildir. Test masrafları (*nakliye dahil*) oldukça fazladır. (*Örnek: Virtab/İSPANYA da bir testin bedeli 2012 yılında 15.000 AVRO olarak belirtilmiştir. Enflasyon dikkate alındığında günümüzde bu test bedellerinin yükselmiş olma ihtimali oldukça yüksektir. CESİ/İTALYA'da ise bu rakam 27.000 AVRO'ya kadar çıkmaktadır.*)
- **Türkiye'deki laboratuvarlar, kapasiteleri ve test maliyetleri:** Ülkemizde 3 (üç) eksenli sismik test şu anda sadece İstanbul'da kurulu bulunan ALLIANZ TEKNİK laboratuvarında yapılmaktadır. Ancak söz konusu laboratuvarda yer alan sarsma tablasının kapasitesi birçok orta gerilim ürünün sismik deneyi için yeterli değildir. (*Sismik tabla çapı: 2 metre, test edilecek yükün maksimum ağırlığı: 680 kg*)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER:

Bundan böyle gerçekleşecek olası depremlerin enerji alt yapısına ve dolaylı olarak ülke ekonomisine **en az ölçüde zarar** vermesi ve tesislerin depreme karşı daha dirençli hale gelebilmesi için aşağıdaki önlemlerin alınması, önemli görülmektedir

- Ülkemizde enerji alt yapı tesislerinde TİP Proje ve standart malzeme seçimi uygulaması yaygındır. "**Konuma**" ve "**tesise**" özgü tesis yapımı çok azdır. Yeni yapılacak tesislerde proje ve uygulamaların, "konuma" ve "tesise" göre yapılması sağlanmalıdır.
- ETKB tarafından yayınlanmış olan ve 03 Şubat 2024 tarihinde yürürlüğe girecek olan "**Türkiye Elektrik İletim Sistemleri ve İletişim Tesisleri Deprem Yönetmeliği**"nin gözden geçirilerek, güncellenmesi sağlanmalıdır.
- Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğinde ve Elektrik Şebeke Yönetmeliğinde yatay ivme değeri 0.5 g'dir. Oysa son Pazarcık depreminde bu değer AFAD verilerine göre 1,374 g olarak ölçülmüştür.

Başta ilgili Yönetmelikler olmak üzere tüm **tesis** ve **malzeme** teknik şartnamelerindeki (TEİAŞ, TEDAŞ tarafından hazırlanmış olan) **ivme değerlerinin** gözden geçirilmesi ve gerekmesi halinde güncellenmesi sağlanmalıdır.

- Tüm mevzuatın (*Malzeme teknik şartnameleri, tesis teknik şartnameleri, projeler, uygulama talimatları*) gözden geçirilerek; belirlenecek tedbirler ve önlemlerin ilgili mevzuatlara eklenmesi sağlanmalı, farkındalık ve bilinçlendirme için tüm bu hususların yer alacağı ve tüm paydaşların katılımının sağlanacağı toplantılar yapılmalıdır.
- Deprem yaşamış ve alınan tedbirlerden sonra başarılı olmuş ülke örnekleri incelenmelidir. (*Örnek: Şili, Japonya*)
- Kamuda; teçhizatların, deney yöntemi ve hesap yöntemleri (*basit hesap yöntemi, statik hesap yöntemi, statik katsayı yöntemi ve dinamik hesap yöntemi*) sismik performanslarının belirlenebileceği bir **Sismik Test Merkezi** kurulmalıdır.
- Deprem riski yüksek olan bölgelerde tesis edilecek yüksek gerilim transformatör merkezleri ve enerji nakil hatları, zemin etütleri yapılarak uygun zeminlerde yapılmalıdır.
- Deprem riski yüksek olan bölgelerde tesis edilecek elektrik üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde kullanılacak elektrik teçhizatlarının seçiminde ve tercihindeki önceliklerin, ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının öncülüğünde sektör paydaşlarının da katılımıyla birlikte belirlenmesi ve bunları kamuoyu ile paylaşılması, sağlanmalıdır.
- Son yaşanan (06 Şubat 2023 tarihli) depremlerde; bölgedeki endüstriyel tesislerdeki, üretim ve stok alanlarında kullanılan makine ve teçhizatın, gerekli sismik koruma ve sınırlama önlemleri alınmaması nedeniyle önemli ölçüde zarar gördüğü (*yapılar büyük zarar görmemesine rağmen*) tespit edilmiştir. Bu nedenle, deprem riski yüksek olan bölgelerde kurulacak yeni endüstriyel tesisler için verilecek teşvik ve kredi koşullarında **deprem koruması ve sınırlaması önlemlerinin zorunlu tutulması**, mevcut endüstriyel tesislerde, deprem koruma ve sınırlaması önlemlerinin alınabilmesi için teşvikler getirilmesi, önemli görülmektedir.
- **İletim tesislerinin** ayakta kalması birinci öncelik olmalıdır. Bir afet durumunda yangın, hiç istenmeyen bir durumdur. Herhangi bir sismik hareketin algılanması halinde tüm elektrik şebekesinin güvenli bir şekilde devre dışı bırakılması çok önemlidir. Bu hareketin başlangıç noktası iletim tesisleri olmalıdır. Aksi halde yüksek gerilim da dahil olmak üzere tüm elektrik iletim ve dağıtım tesislerinde yangın ihtimali yükselecektir.

- Seçilecek ekipmanlara yönelik olara;
 - Dağıtım şebekesinde SF6 Gazlı Ring Ana Üniteleri (RMU) kullanımında, modüler hücrelerin yerine **kompakt** tiplerin tercih edilmesi önerilir.
 - Beton mahfazalı köşklerin belirlenecek yeni “ivme” değerlerine göre sismik dayanımları kontrol edilmelidir. Bu merkezlerin olabildiğince bina yanlarından uzakta park, bahçe, toplanma alanı gibi yerlerde tesis edilmesi, sahadaki montajları sırasında tank bölümünün toprak içinde olacak biçimde montajının yapılması sağlanmalıdır.
 - Beton mahfazalı kompakt trafo merkezlerinde **çatı ile gövdenin birbirine irtibatı** yapılarak bir sismik hareket sırasında birlikte hareket etmeleri sağlanmalıdır. Kompakt merkez içindeki ekipmanların, **doğru ankraj ile** bağlantıları yapılmalıdır
 - Direk üstüne konulan trafoların balkon tabir edilen çelik konstrüksiyon ve bağlantılar gözden geçirilmeli, gerekmesi halinde yeni tasarımlar (*Trafoların iki direk arasına montaj edilmesi, ya da zeminde kapalı bir beton mahfaza içinde tesisi gibi.*) gündeme getirilmelidir. (*Direk tipi trafoların kapalı bir mahfaza içine alınmasıyla trafodan kaynaklı yangınların önüne geçmek de mümkün olabilecektir.*)
 - Özellikle yüksek gerilim tesislerinde porselen izolatör yerine silikon izolatörlerin tercih edilmesi, önerilir.
- Bir afet durumunda;
 - Elektrik tesislerinde kesintisiz enerjinin sağlanabilmesi için **yedek güç kaynakları** oluşturulmalıdır.
 - Personelin güvenli tahliyesi, iletişimin kopmadan devamı, enerjisiz sistemleri en kısa zamanda tekrar güvenli enerjili hale getirebilmek ve afet bölgesinde çalışmak üzere çevre bölgelerde yedek ekipleri belirlemek için önceden **protokoller** oluşturulması sağlanmalıdır.
- *IEEE Std 693 “4.8 Inherently acceptable equipment”*, maddesinde 36 kV altındaki ekipmanların **doğru ankraj uygulanması kaydıyla** depremlerde çok fazla zarar görmediği belirtilmektedir. 1
- **Sismik Koruma/Sınırlama:** Yapısal olmayan donanımların, deprem sırasında meydana gelecek kuvvetler dikkate alınarak güvenli bir şekilde, doğru bağlantılar ve elemanlar ile sabitlenmesidir.

¹ **4.8 Inherently acceptable equipment**

Post-earthquake observations have demonstrated that equipment with lower voltage ratings (i.e., less than 35 kV) generally perform well during earthquakes. Equipment can only be deemed inherently acceptable if it is within the classification ratings, and similar in operation and construction, of Annex C through Annex P, and Annex V, and fulfils all the requirements of A.1.5.

Bu uygulama ile bir deprem sırasında oluşabilecek hasarların azaltılması amaçlanır. 06 ŞUBAT 2023 tarihinde Pazarcık ve Elbistan merkezli yaşanan depremlerde yapısal donanımın hasar görmediği birçok yapıda elektrik tesisatlarının, yapısal donanıma doğru ve düzgün şekilde sabitlenmediği için devrildiği ve hasar aldığı ortaya çıkmıştır. Yapısal donanıma ait olmayan donanımlarda gerekli **sismik koruma ve sınırlama** önlemlerinin tam ve doğru olarak alınması halinde, bir sismik harekette hasar görmeyen yapılardaki söz konusu donanımların da büyük ölçüde tam ve sağlam kalması sağlanabilecektir. Elektrik teçhizatlarının bağlantıları çok önemlidir. Ankraj hesaplamaları her teçhizat için ayrı ayrı yapılmalı ve hazırlanacak bir uygulama dokümanı **ALICI**'ya yada **KULLANICI**'ya ürün ile birlikte verilmelidir.

- 14. World Conference on Earthquake Engineering'da; 1971 San Fernando (US), 1986 North Palm Springs (US), 1989 Loma Prieta (US), 1990 North of Iran, 1992 Landers (US), 1994 Northridge (US), 1995 Kobe, 1999 Izmit (Turkey), 2001 El Salvador, 2003 Bam (Iran), 2004 Niigata (Japan), 2004 Indian Ocean, 2006 West of Iran and 2006 Java Indonesia) depremleri üzerinde yapılan bir çalışma ile ilgili makalenin sonuç bölümünde, ankraj ve ara bağlantıların doğru yapılması koşuluyla 150 kV altındaki ekipmanlarda çok fazla sorun ile karşılaşılmadığından behsedilmiştir.² *Kaynak: SEISMIC ASSESSMENT OF MEDIUM AND HIGH VOLTAGE POWER SUBSTATION EQUIPMENTS, Morteza Bastami.*

² Equipment operating at low voltages performs well when good seismic installation practices of anchorage and conductor interconnection flexibility are followed (Low-voltage: less than 150 kV)

EK:1 İlgili uluslararası standartlar:

- IEEE 693 IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations
- IEEE Std 1527™, IEEE Recommended Practice for the Design of Buswork Located in Seismically Active Areas.
- IEEE PC37.98 Standard Seismic Testing of Relays
- IEEE C37.81 IEEE Guide for Seismic Qualification of Class 1E Metal-Enclosed Power Switchgear Assemblies
- IEEE C57.114 IEEE Seismic Guide for Power Transformers and Reactors
- ACI 318, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.1
- ASCE 7, Minimum Design Loads for Buildings and other Structures.
- ASCE 113, Substation Structure Design Guide.
- PC37.100.6 Guide for Determination of Test Specimens for Seismic Qualification for Building Code Applications
- AISC Manual of Steel Construction.3
- IEC 22237-30 Information technology — Data centre facilities and infrastructures — Part 30: Earthquake risk and impact analysis
- IEC 60068-3-3:2019 Environmental testing - Part 3-3: Supporting documentation and guidance - Seismic test methods for equipment
- IEC 60255-21-1 Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - Section One: Vibration tests (sinusoidal)
- IEC 60255-21-2 Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - Section Two: Shock and bump tests
- IEC 60255-21-3 Electrical relays - Part 21: Vibration, shock, bump and seismic tests on measuring relays and protection equipment - Section 3: Seismic tests
- IEC 61463 Bushings – Seismic qualification
- IEC 61587-2 Mechanical structures for electronic equipment - Tests for IEC 60917 and 60297 - Part 2: Seismic tests for cabinets and racks
- IEC 62131 Environmental conditions – Vibration and shock of electrotechnical equipment
- IEC 62271-207 High-voltage Switchgear and Control gear: Part 207. Seismic qualification for gas-insulated switchgear assemblies, metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear for rated voltages above 1 kV
- IEC TS 62271-210 High-voltage switchgear and controlgear - Part 210: Seismic qualification for metal enclosed and solid-insulation enclosed switchgear and controlgear assemblies for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV
- IEC 62271-300 High-voltage switchgear and controlgear - Part 300: Seismic qualification of alternating current circuit-breaker

Ek-2 Deprem bölgelerinden çekilmiş bazı fotoğraflar:



