

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUVVETLİ YER HAREKETLERİNE MARUZ KALAN
TEK KATLI BETONARME BİR YAPININ SİSMİK TEPKİSİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Deniz BİRLİK KAYI

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

OCAK 2018

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUVVETLİ YER HAREKETLERİNE MARUZ KALAN
TEK KATLI BETONARME BİR YAPININ SİSMİK TEPKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Deniz BİRLİK KAYI
(162082904)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Beyhan BAYHAN

OCAK 2018

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162082904 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Deniz BİRLİK KAYI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KUVVETLİ YER HAREKETLERİNE MARUZ KALAN TEK KATLI BETONARME BİR YAPININ SİSMİK TEPKİSİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Beyhan BAYHAN**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İsa YÜKSEL**
Bursa Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Gökhan ÖZDEMİR
Anadolu Üniversitesi

Savunma Tarihi : 03 OCAK 2018

FBE Müdürü : **Doç. Dr. Murat ERTAŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi/...../.....

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Deniz BİRLİK KAYI

İmzası :

X X X X



Sevgili Eşime ve Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgisi ve danışmanlığı ile bana her daim yol gösteren ve beni hep daha iyisi için teşvik eden değerli danışmanın Doç. Dr. Beyhan BAYHAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Doç. Dr. Gökhan ÖZDEMİR' e çalışmam boyunca göstermiş olduğu desteği ve rehberliği için teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

Çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Gökhan Barış Sakcalı ve Arş. Gör. Hilal DOĞANAY KATI'ya bu süreçte bana göstermiş oldukları anlayış ve destek için teşekkür etmek istiyorum.

Son olarak sevgili eşim Hasan KAYI'ya, annem Figen BİRLİK'e, babam Serdar BİRLİK'e ve kardeşim Dilara BİRLİK'e göstermiş oldukları sonsuz sevgi ve destek için teşekkür ediyorum

Ocak 2018

Deniz Birlik Kayı

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ...	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	6
1.2 Çalışmanın İçeriği	7
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	10
2.1 Donatı Sıyırılmasının Modellenmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar	10
2.2 Yer Hareketi Yönünün Yapısal Davranışa Etkilerinin Araştırıldığı Çalışmalar	17
3. TEZ KONUSU YAPININ TANITIMI VE ANALİTİK MODELİ	23
3.1 Yapının Fiziksel Özellikleri	23
3.2 Yapının Analitik Modeli	26
3.2.1 Analitik modelde tanımlanan malzeme modelleri	27
3.2.1.1 Beton malzeme modeli.....	28
3.2.1.2 Çelik malzeme modeli.....	28
3.2.2 Kütle, ilave yükler ve yapı ağırlığı.....	29
3.2.3 Elemanların eğilme kapasiteleri	30
3.2.4 Kiriş elemanların tanımlanması	30
3.2.5 Kolon elemanların tanımlanması	31
3.2.6 Sıyırılma deformasyonunu yansıtan dönel yayların tanımlanması	32
4. İVME KAYITLARININ SEÇİMİ.....	36
4.1 Sentetik İvme Kayıtları	37
4.2 Gerçek İvme Kayıtları	39
4.2.1 İvme kayıtlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken parametreler	39
4.2.2 Seçilen ivme kayıtları.....	40
4.2.3 İvme kayıtları ve ölçeklendirme	42
4.2.4 Seçilen ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi.....	45
4.2.5 İvme kayıtlarının döndürülmesi	50
5. ANALİZ SONUÇLARI	53
5.1 Sentetik İvme Kayıtları Kullanılarak Gerçekleştirilen Dinamik Analizler	53
5.1.1 Depremin büyüklüğünün yapı davranışına etkisi.....	53
5.1.1.1 Görelî kat ötelemesi talepleri	54
5.1.1.2 Taban kesme kuvveti talepleri	57
5.1.2 Faya olan uzaklığın yapı davranışına etkisi	59
5.1.2.1 Görelî kat ötelemesi talepleri	59
5.1.2.2 Taban kesme kuvveti talepleri	61

5.1.3 Döngü sayısının yapı davranışına etkisi.....	62
5.1.3.1 Göreli kat ötelemesi talepleri	62
5.1.3.2 Taban kesme kuvveti talepleri	65
5.2 Döndürülmüş İvme Kayıtları Kullanılarak Gerçekleştirilen Dinamik Analizler	67
5.2.1 Performans seviyesi 1: Elli yılda aşılma olasılığı %50	68
5.2.1.1 Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi	68
5.2.1.2 Donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların sismik taleplere etkisi	73
5.2.2 Performans seviyesi 2: Elli yılda aşılma olasılığı %10	78
5.2.2.1 Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi	78
5.2.2.2 Donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların sismik taleplere etkisi	82
5.2.3 Performans seviyesi 3: Elli yılda aşılma olasılığı %2	88
5.2.3.1 Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi	88
5.2.3.2 Donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların sismik taleplere etkisi	93
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
6.1 Sentetik İvme Kayıtları İle Gerçekleştirilen Analizlere Ait Sonuçlar.....	100
6.2 Yer Hareketi Yönünün Sismik Taleplere Etkisi.....	102
6.3 Sıyrılma Deformasyonlarının Sismik Taleplere Etkisi	102
6.4 Öneriler.....	104
KAYNAKLAR	105
EKLER.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	310

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Deney yapısında tanımlanan A ve B referans noktaları için hesaplanan ve deneylerde ölçülen birbirine dik yöndeki yatay yer değiştirme talepleri arasındaki farkların hata değerleri (Bayhan, 2013'den uyarlanmıştır).	3
Çizelge 1.2 : Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı (DS+) ve ihmal edildiği (DS-) sayısal modellerde referans noktaları için (A ve B) hesaplanan ve sarsma tablası deneylerinde ölçülen yer değiştirme talepleri arasındaki farkların hata değerleri.	4
Çizelge 1.3 : Donatı sıyrılmasının dikkate alındığı (DS+) ve ihmal edildiği (DS-) durumlarda referans noktalar için sayısal analizlerden elde edile görel kat ötelemesi taleplerinin karşılaştırılması.....	4
Çizelge 3.1 : Kolon ve kiriş elemanların geometrik ve malzeme özellikleri.....	26
Çizelge 3.2 : Kolon ve kiriş elemanlarının eğilme kapasitesi oranları (Kiriş (+) Kiriş pozitif eğilme yönü, Kiriş (-) Kiriş negatif eğilme yönü).	30
Çizelge 4.1 : Seçilen ivme kayıtları ve özellikleri (Erşeker, 2016).	41
Çizelge 4.2 : Performans seviyelerine göre ölçeklendirme katsayıları.....	49
Çizelge 5.1 : Depremin değişen büyüklüğüne bağlı olarak görel kat ötelemesi talepleri ve sayısal modeller arasındaki farklar (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).	56
Çizelge 5.2 : Yer hareketi döngü sayısına bağlı olarak değişen görel kat ötelemesi talepleri ve sayısal modeller arasındaki farklar (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).	65
Çizelge 5.3 : Yer hareketi yönü etki oranları (50 yılda aşılma olasılığı %50).	73
Çizelge 5.4 : Yer hareketi yönü etki oranları (50 yılda aşılma olasılığı %10).	83
Çizelge 5.5 : Yer hareketi yönü etki oranları (50 yılda aşılma olasılığı %2).	93

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : (a) Betonarme deney yapısının genel görünümü (b) Sarsma tablası deneyleri sırasında döşeme üzerinde yer alan ilave kütleler	2
Şekil 1.2: (a) Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı (DS+) ve (b) Donatı sıyrılmalarının ihmal edildiği (DS-) sayısal modelde B referans noktasına ait X yönü yer değiştirme taleplerinin sarsma tablası deney sonuçları ile karşılaştırılması	5
Şekil 1.3: (a) Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı (DS+) ve (b) Donatı sıyrılmalarının ihmal edildiği (DS-) sayısal modelde B referans noktasına ait Z yönü yer değiştirme taleplerinin sarsma tablası deney sonuçları ile karşılaştırılması	5
Şekil 2.1 : Lokal bağ gerilmesi-Sıyrıma deformasyonu ilişkisi (Eligehausen ve diğ.,1983)	11
Şekil 2.2 : Bağ gerilmesi-Sıyrıma deformasyonu ilişkisi (a) Eligehausen ve diğ. (1983) (b) Filippou ve diğ. (1983)	12
Şekil 2.3 : (a) Çekme kuvveti etkisinde donatı (b) Gerilme dağılımı (c) Birim şekil değiştirme dağılımı (d) Bağ gerilmesi (Alsiwat ve Saatcioglu, 1983a).....	13
Şekil 2.4 : Bağ gerilmesi-Sıyrıma deformasyonu ilişkisi (Lehman ve Moehle, 2000)	15
Şekil 3.1 : (a) Antimetrik betonarme deney yapısı ve üzerinde yer alan ilave kütleler (Bayhan ve Özdemir, 2013) (b) Tez çalışmasında kullanılan simetrik yapı ve döşeme üzerinde yer alan ilave kütleler	23
Şekil 3.2 : (a) Antimetrik betonarme deney yapısı (Bayhan ve Özdemir, 2013) (b) Tez çalışmasında kullanılan simetrik yapı modeli	24
Şekil 3.3 : Döşeme üzerinde yer alan ilave kütlelerin yerleşim detayları	24
Şekil 3.4 : Elemanlara ait donatı detayları (Tüm boyutlar cm olarak verilmiştir).....	26
Şekil 3.5 : (a) Sıyrıma deformasyonunun dikkate alınmadığı analitik modelde kolon detayı (b) Sıyrıma deformasyonunun dikkate alındığı analitik modelde kolon detayı ve kolon uçlarına tanımlanan doğrusal elastik dönel yaylar	27
Şekil 3.6 : (a) Sargılı betona ait doğrusal olmayan gerilme-birim şekil değiştirme davranışı (b) Sargısız beton doğrusal olmayan gerilme-birim şekil değiştirme davranışı	29
Şekil 3.7 : Çelik malzemesine ait doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme davranışı	29
Şekil 3.8 : Dönel yaylara ait histeretik malzeme modeli	31
Şekil 3.9 : Donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşan deformasyonlar (Elwood ve Eberhard, 2009).....	32
Şekil 3.10 : Donatı sıyrılmasına bağlı olarak meydana gelebilecek deformasyonlar için kolon uçlarında tanımlanmış, doğrusal elastik moment-dönme ilişkisi örneği.	34

Şekil 3.11 : Donatı sıyrılmalarına bağlı olarak oluşacak deformasyonların kolon uçlarına tanımlanan elastik dönел yaylar ile dikkate alındığı analitik modelin 3 boyutlu gösterimi	35
Şekil 4.1 : Sentetik kayıtlara ait zaman-ivme serileri (a) R=3 km, N=2, Mw=6-7.5 (b) Mw=7.5, N=2, R=3-18 km (c) Mw=7.5, R=3 km N=1-4	38
Şekil 4.2 : Seçilen yer hareketlerine ait ivme spektrumları ve ortalamaları.....	46
Şekil 4.3 : DBYBHY'dec (2007) ifade edilen üç farklı performans seviyesine göre, (50 yılda aşılma olasılığı %50,%10 ve %2) elde edilen hedef spektrum eğrileri	47
Şekil 4.4 : 50 yılda aşılma olasılığı (a) %50 (b) %10 ve (c) %2 olan hedef spektrum eğrileri ile ölçeklendirmenin birinci aşamasından elde edilen ortalama ivme spektrumları (SRSS1) arasındaki farklar	48
Şekil 4.5 : 50 yılda aşılma olasılığı (a) %50 (b) %10 ve (c) %2 olan hedef spektrum eğrileri ile ölçeklendirmenin son aşaması ile elde edilen ortalama ivme spektrumları (SRSS2) arasındaki farklar	50
Şekil 4.6 : Yapısal eksenlerden farklı yönlerde etkiyen yer hareketi	51
Şekil 4.7 : Erzincan depremi Erzincan kaydı,aşılma olasılığı %2 olan performans seviyesine göre (DBYBHY, 2007) ölçeklendirilmiş orijinal ve 30°, 60° ve 90° döndürülmüş ivme kayıtların ait spektrum eğrileri (a) X yönü (b) Z yönü.....	52
Şekil 5.1 : Deprem büyüklüğünün görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık, R=3 km ve döngü sayısı, N=2) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).....	54
Şekil 5.2 : Büyüklüğü 6.0 ve 6.3 olan ivme kayıtların a ait spektral ivme grafikleri ve yapının başlangıç ve uzamış (son) periyot değerleri.....	55
Şekil 5.3 : Büyüklüğü 6.3 ve 6.6 olan ivme kayıtlarına ait spektral ivme grafikleri ve yapının başlangıç ve uzamış (son) periyot değerleri.....	55
Şekil 5.4 : Deprem büyüklüğünün taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık R=3km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-)	58
Şekil 5.5 : Deprem büyüklüğünün taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık R=6km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-)	58
Şekil 5.6 : Faya olan uzaklığın görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi (Depremin moment büyüklüğü Mw=7.5) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-)	60
Şekil 5.7 : Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı sayısa modele ait analiz sonuçları (a) X yönü (b) Z yönü	61
Şekil 5.8 : Faya olan uzaklığın taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Depremin moment büyüklüğü Mw=7.5) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-)	62
Şekil 5.9 : Döngü sayısının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık R=3 km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-)	63
Şekil 5.10 : Döngü sayısının maksimum görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi-Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı model analiz sonuçları (a) X yönü (b) Z yönü...	64
Şekil 5.11 : Döngü sayısının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık R=3 km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı sıyrılmaları hariç; DS-)	66
Şekil 5.12 : Döngü sayısının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık R=6 km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı sıyrılmaları hariç; DS-)	67

Şekil 5.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) depremi maksimum görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.....	69
Şekil 5.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) depremi maksimum taban kesme kuvveti talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.....	70
Şekil 5.15 : 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü	71
Şekil 5.16 : Maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin elde edildiği yer hareketi yönleri (a) X yönü (b) Z yönü	72
Şekil 5.17 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	74
Şekil 5.18 : Loma Prieta (Gilroy Array #2) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-)	75
Şekil 5.19 : 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan performans seviyesi; 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	76
Şekil 5.20 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4) depremi görelî kat ötelemesi & Taban kesme kuvveti talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	78
Şekil 5.21 : 1999 Düzce (Bolu) depremi maksimum görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü	79
Şekil 5.22 : 1999 Düzce (Bolu) depremi maksimum taban kesme kuvveti talepleri (a) X yönü (b) Z yönü	80
Şekil 5.23 : 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü	81
Şekil 5.24 : Maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin elde edildiği yer hareketi yönleri (a) X yönü (b) Z yönü	82
Şekil 5.25 : 1999 Düzce (Düzce) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	84
Şekil 5.26 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	85
Şekil 5.27 : 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan performans seviyesi; 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	86
Şekil 5.28 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) depremi görelî kat ötelemesi & Taban kesme kuvveti talepleri (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).....	87
Şekil 5.29 : 1999 Chi-Chi depremi (CHY024) maksimum görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.....	89
Şekil 5.30 : 1999 Chi-Chi depremi (CHY024) maksimum taban kesme kuvveti/yapı ağırlığı oranı (a) X yönü (b) Z yönü	90
Şekil 5.31 : 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü	91

Şekil 5.32 : Maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin elde edildiği yer hareketi yönleri (a) X yönü (b) Z yönü	92
Şekil 5.33 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü(b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+,Donatı Sıyrılması hariç; DS-)	94
Şekil 5.34 : 1999 Chi-Chi (TCU101) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-)	95
Şekil 5.35 : 50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan performans seviyesi; 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-)	96
Şekil 5.36 : 1994 Northridge (Canyon Coun. W Lost Canyon) depremi görelî kat ötelemesi & Taban kesme kuvveti talepleri (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-)	97
Şekil A.1 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=3 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	109
Şekil A.2 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=6 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	109
Şekil A.3 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=9 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	109
Şekil A.4 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=12 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	110
Şekil A.5 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=15 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	110
Şekil A.6 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=18 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	110
Şekil B.1 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=3 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	112
Şekil B.2 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=6 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	112
Şekil B.3 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=9 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	112
Şekil B.4 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=12 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	113
Şekil B.5 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=15 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	113
Şekil B.6 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=18 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	113

Şekil E.5 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=15$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -).....	122
Şekil E.6 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=18$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -).....	122
Şekil F.1 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=3$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	124
Şekil F.2 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=6$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	124
Şekil F.3 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=9$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -)	124
Şekil F.4 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=12$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -).....	125
Şekil F.5 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=15$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -).....	125
Şekil F.6 : Döngü Sayısı-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=18$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS +, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS -).....	125
Şekil G.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü	127
Şekil G.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	128
Şekil G.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	128
Şekil G.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	129
Şekil G.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	130
Şekil G.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	130
Şekil G.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	131
Şekil G.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	132
Şekil G.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	132
Şekil G.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	133
Şekil G.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	134
Şekil G.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü..	134
Şekil G.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	135
Şekil G.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	136
Şekil G.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	136
Şekil G.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	137
Şekil G.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	138
Şekil G.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	138
Şekil G.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	139
Şekil G.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	140
Şekil G.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	140
Şekil G.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	141
Şekil G.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	142

Şekil G.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	142
Şekil G.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	143
Şekil G.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü	144
Şekil G.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	144
Şekil G.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	145
Şekil G.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü	146
Şekil G.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	146
Şekil H.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü	148
Şekil H.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	149
Şekil H.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	149
Şekil H.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	150
Şekil H.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	151
Şekil H.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	151
Şekil H.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	152
Şekil H.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	153
Şekil H.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	153
Şekil H.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	154
Şekil H.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	155
Şekil H.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü..	155
Şekil H.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	156
Şekil H.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	157
Şekil H.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	157
Şekil H.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	158
Şekil H.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	159
Şekil H.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	159
Şekil H.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	160
Şekil H.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	161
Şekil H.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	161
Şekil H.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	162
Şekil H.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	163
Şekil H.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	163
Şekil H.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	164
Şekil H.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü	165
Şekil H.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	165
Şekil H.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	166
Şekil H.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü	167
Şekil H.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	167
Şekil I.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	169
Şekil I.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	169
Şekil I.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	169
Şekil I.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	170
Şekil I.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	170
Şekil I.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	170
Şekil I.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	171
Şekil I.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	171

Şekil I.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	171
Şekil I.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	172
Şekil I.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	172
Şekil I.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü ...	172
Şekil I.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	173
Şekil I.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	173
Şekil I.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	173
Şekil I.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	174
Şekil I.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	174
Şekil I.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	174
Şekil I.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	175
Şekil I.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	175
Şekil I.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	175
Şekil I.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	176
Şekil I.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü .	176
Şekil I.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü .	176
Şekil I.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü	177
Şekil I.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	177
Şekil I.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	177
Şekil I.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü	178
Şekil I.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	178
Şekil I.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü	178
Şekil J.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü	180
Şekil J.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	180
Şekil J.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	180
Şekil J.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	181
Şekil J.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	181
Şekil J.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	181
Şekil J.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	182
Şekil J.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	182
Şekil J.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	182
Şekil J.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	183
Şekil J.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	183
Şekil J.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü...	183
Şekil J.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	184
Şekil J.14 : 1979 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	184
Şekil J.15 : 1979 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	184
Şekil J.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	185
Şekil J.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	185
Şekil J.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	185
Şekil J.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	186
Şekil J.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	186
Şekil J.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	186
Şekil J.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	187
Şekil J.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü .	187
Şekil J.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü .	187

Şekil J.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	188
Şekil J.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü	188
Şekil J.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	188
Şekil J.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	189
Şekil J.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü	189
Şekil J.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	189
Şekil K.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü	191
Şekil K.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	192
Şekil K.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	192
Şekil K.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	193
Şekil K.5 : 1979 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	194
Şekil K.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	194
Şekil K.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	195
Şekil K.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	196
Şekil K.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	196
Şekil K.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	197
Şekil K.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	198
Şekil K.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü..	198
Şekil K.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	199
Şekil K.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	200
Şekil K.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	200
Şekil K.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	201
Şekil K.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	202
Şekil K.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	202
Şekil K.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	203
Şekil K.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	204
Şekil K.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	204
Şekil K.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	205
Şekil K.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	206
Şekil K.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	206
Şekil K.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	207
Şekil K.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü	208
Şekil K.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	208
Şekil K.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	209
Şekil K.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü	210
Şekil K.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	210
Şekil L.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	212
Şekil L.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	213
Şekil L.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	213
Şekil L.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	214
Şekil L.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	215
Şekil L.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	215
Şekil L.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	216
Şekil L.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	217
Şekil L.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	217

Şekil L.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	218
Şekil L.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	219
Şekil L.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü ..	219
Şekil L.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	220
Şekil L.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	221
Şekil L.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	221
Şekil L.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	222
Şekil L.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	223
Şekil L.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	223
Şekil L.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	224
Şekil L.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	225
Şekil L.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	225
Şekil L.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	226
Şekil L.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	227
Şekil L.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	227
Şekil L.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü	228
Şekil L.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	229
Şekil L.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	229
Şekil L.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü	230
Şekil L.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	231
Şekil L.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü	231
Şekil M.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	233
Şekil M.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	233
Şekil M.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	233
Şekil M.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	234
Şekil M.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	234
Şekil M.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	234
Şekil M.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	235
Şekil M.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	235
Şekil M.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	235
Şekil M.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	236
Şekil M.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	236
Şekil M.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü ..	236
Şekil M.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	237
Şekil M.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	237
Şekil M.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	237
Şekil M.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	238
Şekil M.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	238
Şekil M.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	238
Şekil M.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	239
Şekil M.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	239
Şekil M.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	239
Şekil M.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	240
Şekil M.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	240

Şekil M.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	240
Şekil M.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü	241
Şekil M.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü	241
Şekil M.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	241
Şekil M.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü	242
Şekil M.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü	242
Şekil M.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü	242
Şekil N.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü	244
Şekil N.2 : Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	244
Şekil N.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	244
Şekil N.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	245
Şekil N.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	245
Şekil N.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	245
Şekil N.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	246
Şekil N.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	246
Şekil N.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	246
Şekil N.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	247
Şekil N.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	247
Şekil N.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	247
Şekil N.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	248
Şekil N.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	248
Şekil N.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	248
Şekil N.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	249
Şekil N.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	249
Şekil N.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	249
Şekil N.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	250
Şekil N.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	250
Şekil N.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	250
Şekil N.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	251
Şekil N.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	251
Şekil N.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	251
Şekil N.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü	252
Şekil N.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü	252
Şekil N.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	252
Şekil N.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü	253
Şekil N.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü	253
Şekil N.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü	253
Şekil O.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	255
Şekil O.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	256
Şekil O.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	256
Şekil O.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	257
Şekil O.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	258
Şekil O.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	258
Şekil O.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	259
Şekil O.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	260

Şekil O.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	260
Şekil O.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	261
Şekil O.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü..	262
Şekil O.12 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	262
Şekil O.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	263
Şekil O.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	264
Şekil O.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	264
Şekil O.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	265
Şekil O.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	266
Şekil O.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	266
Şekil O.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	267
Şekil O.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	268
Şekil O.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	268
Şekil O.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	269
Şekil O.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	270
Şekil O.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	270
Şekil O.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	271
Şekil P.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	273
Şekil P.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	274
Şekil P.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	274
Şekil P.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	275
Şekil P.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	276
Şekil P.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	276
Şekil P.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	277
Şekil P.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	278
Şekil P.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	278
Şekil P.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	279
Şekil P.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü ..	280
Şekil P.12 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	280
Şekil P.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	281
Şekil P.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	282
Şekil P.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	282
Şekil P.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	283
Şekil P.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	284
Şekil P.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	284
Şekil P.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	285
Şekil P.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	286
Şekil P.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.	286
Şekil P.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.	287
Şekil P.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü	288
Şekil P.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	288
Şekil P.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	289
Şekil R.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	291
Şekil R.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	291
Şekil R.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	291
Şekil R.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	292

Şekil R.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	292
Şekil R.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	292
Şekil R.7 : 1994 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	293
Şekil R.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	293
Şekil R.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	293
Şekil R.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	294
Şekil R.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü..	294
Şekil R.12 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	294
Şekil R.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	295
Şekil R.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	295
Şekil R.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	295
Şekil R.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	296
Şekil R.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	296
Şekil R.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	296
Şekil R.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	297
Şekil R.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	297
Şekil R.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü	297
Şekil R.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü	298
Şekil R.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	298
Şekil R.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü	298
Şekil R.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü	299
Şekil S.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü	301
Şekil S.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	301
Şekil S.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	301
Şekil S.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	302
Şekil S.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	302
Şekil S.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	302
Şekil S.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	303
Şekil S.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	303
Şekil S.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	303
Şekil S.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	304
Şekil S.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü...	304
Şekil S.12 : Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	304
Şekil S.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	305
Şekil S.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	305
Şekil S.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	305
Şekil S.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	306
Şekil S.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	306
Şekil S.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	306
Şekil S.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	307
Şekil S.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü	307
Şekil S.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.	307
Şekil S.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.	308
Şekil S.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.....	308

Şekil S.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü **308**
Şekil S.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü..... **309**



KUVVETLİ YER HAREKETİNE MARUZ KALAN TEK KATLI BETONARME BİR YAPININ SİSMİK TEPKİSİ

ÖZET

Bu çalışmada, kuvvetli yer hareketlerinin farklı parametreleri de göz önünde bulundurularak tek katlı betonarme bir yapının deprem sırasındaki davranışı incelenmiştir. Bu amaçla, 15. Dünya Deprem Kongresi (15WCEE) kapsamında düzenlenen uluslararası kör tahmin yarışmasında, tam ölçekli sarsma tablası deneyleri gerçekleştirilen, tek katlı, tek açıklıklı, üç boyutlu, antimetirk betonarme bir yapının ödül alan sayısal modeli kullanılmıştır. Bu sayısal modelin başarılı adedilmesinin sebebi, sarsma tablası deneyleri gerçekleştirilmeden önce yapılan dinamik analizlerle, yapının tepe yer değiştirmelerinin her iki yatay yönde de gerçeğe oldukça yakın bir şekilde ortaya konmasıdır. Analitik model için yapılan kabullerin ve özellikle de donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların tanımlandığı doğrusal-elastik dönel yayların, hem yapı periyodunun hem de yer değiştirmelerin gerçeğe yakın bir şekilde elde edilmesindeki rolü büyüktür.

Çalışmanın ilk bölümünde, yukarıda bahsedilen doğrusal elastik dönel yayların, yer değiştirme taleplerini ne ölçüde etkilediğini ortaya koymak amacıyla deney yapısına ait iki farklı sayısal model sunulmuştur. Bu sayısal modeller oluşturulurken, dışmerkezliklerden kaynaklanacak belirsizlikleri analiz sonuçlarına dahil etmemek amacıyla, deney yapısı simetrik kabul edilmiştir. Bu sayısal modellerden birincisi, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların göz önüne alındığı ve yer değiştirme değerlerini başarılı bir şekilde yakalayarak bahsedilen yarışmada ödül alan model, ikincisi ise donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların göz ardı edildiği modeldir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, sentetik ivme kayıtları ve oluşturulan sayısal modeller kullanılarak kuvvetli yer hareketi parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Göz önüne alınan kuvvetli yer hareketi parametreleri, depremin moment büyüklüğü, faya olan uzaklık, ve ivme kaydındaki döngü sayısıdır. Bu amaçla, moment büyüklüğü 6.0 ile 7.5 , faya olan uzaklıkları 3 km ile 18 km ve döngü sayısı 1 ile 4 arasında değişen 54 farklı sentetik ivme kaydı kullanılmıştır. Sayısal modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri sentetik ivme kayıtlarının etkisinde, sayısal modellerin yatay yöndeki her bir asal ekseninde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, deprem yer hareketi yönünün, yapısal davranışa etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, yakın saha özelliği taşıyan ve moment büyüklüğü 6.5'den büyük olan 30 çift yer hareketi ivme kaydı seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtlarının birbirine dik yatay bileşenleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' de (2007) tanımlanan üç farklı performans seviyesine göre (50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2) ölçeklendirilmiştir. Daha sonra, yer hareketi yönünün etkisini yansıtılabilmek için, ölçeklendirilmiş ivme bileşenleri 0°'den başlayarak 180°'ye kadar 10° aralıklarla döndürülmüştür. Sayısal modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri ölçeklendirilmiş ve döndürülmüş ivme bileşenlerinin etkisinde, her iki yatay yönde eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda, her iki sayısal modele ait maksimum görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri incelendiğinde; (i) donatı sıyrılmalarından kaynaklanan deformasyonların ihmal edildiği sayısal model ile görelî kat ötelemesi taleplerinin gerçek değerinden düşük hesaplandığı (ii) depremin artan büyüklüğüne bağlı olarak görelî kat ötelemesi taleplerinin arttığı, ancak faya olan uzaklığın ve döngü sayısının artması ile görelî kat ötelemesi taleplerinin azaldığı ve (iii) maksimum sismik taleplerin yer hareketi yönüne göre değiştii sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: donatı sıyrılması, güçlü yer hareketleri, yer hareketi yönü, doğrusal olmayan dinamik analiz, 3 boyutlu analitik model



SEISMIC RESPONSE OF A SINGLE-STORY RC STRUCTURE SUBJECTED TO STRONG GROUND MOTIONS

SUMMARY

In this study, seismic response of a single-story reinforced concrete structure is investigated through different parameters of strong ground motions. Hence, the analytical model of a test structure, awarded the second place in the blind prediction contest that was held in the 15th World Conference on Earthquake Engineering, is used. The structure is a full scale, single-story, single bay, three-dimensional, unsymmetric reinforced concrete structure, tested on the shake table. The roof displacement demands of the test structure were accurately predicted through nonlinear dynamic analyses for both horizontal directions before the shake table tests were performed. The assumptions made for the analytical model and especially the linear elastic springs simulating the deformations due to reinforcement slip played an important role in successfully predicting the natural period of the structure and displacement demands.

In the first part of the study, the test structure is assumed symmetric in order to neglect the indeterminacies that may occur due to eccentricity and then two different analytical models of the structure are established in order to demonstrate how linear elastic springs affect the displacement demands during the nonlinear dynamic analyses. In the first analytical model, the deformations due to reinforcement slip is taken into consideration whereas in the second model, these deformations are neglected.

In the second part of the study, the effect of strong ground motion parameters on seismic demands are investigated through synthetic ground motion records. These parameters are moment magnitude, closest distance to fault and number of cycles. Hence, the magnitude values between 6.0 and 7.5, closest distance to fault between 3 km and 18 km, number of cycles between 1 and 4 are considered. The nonlinear dynamic analyses of the analytical models are performed using synthetic ground motions.

In the third part of the study, the influence of ground motion orientation on seismic behavior of structures is investigated. For this purpose, 30 pairs of near-field records with moment magnitude larger than 6.5 are used. The selected ground motion records are scaled considering the three different performance levels of earthquakes (50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2) defined in the Turkish Earthquake Code. Then, the scaled ground motions are rotated with increments of 10 degrees, starting from 0 degree to 180 degree. The nonlinear dynamic analyses of the analytical models are performed with scaled and rotates ground motions, in both horizontal directions, simultaneously.

The following results are obtained at the end of the nonlinear dynamic analyses: (i) The analytical model in which the deformations due to reinforcement slip is ignored, underestimate the displacement demands; (ii) The relative inter-story drift demands increase with increasing magnitude, but decrease with increasing distance to closest

fault and number of cycles; (iii) the seismic demands vary with the orientation of ground motion.

Keywords: reinforcement slip, strong ground motion, rotated ground motion, nonlinear dynamic analysis, 3D analytical model



1. GİRİŞ

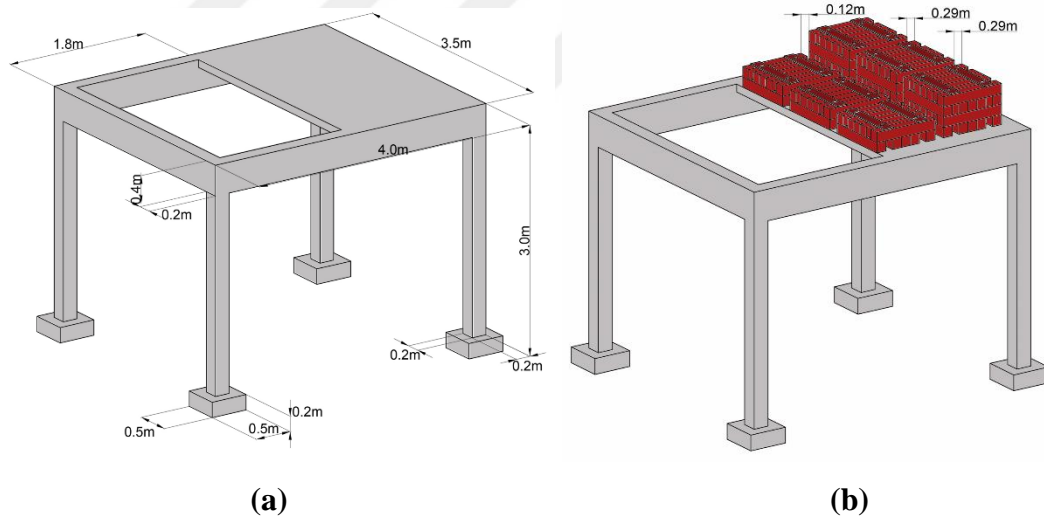
Betonarme yapıların, güçlü yer hareketleri etkisinde göçmeden ayakta durabilmesi için sünek davranış göstermesi beklenir. Bu amaçla, depreme dayanıklı betonarme yapı tasarımında, ekonomi de göz önünde bulundurularak taşıyıcı elemanların kabul edilebilir ölçüde elastik ötesi deformasyon yapmasına izin verilmektedir.

Günümüzde yapıların deprem yer hareketleri etkisi altındaki davranışı, bilgisayar yazılımlarında sayısal modeller tanımlanarak anlaşılmaya çalışılmaktadır. Sayısal modeller, malzemelerin doğrusal olmayan davranışı, kesitlerde oluşan plastik dönmeler, kolon-kiriş birleşim bölgelerinin kesme kapasiteleri gibi parametreler çeşitli idealleştirmeler ve varsayımlar yapılarak oluşturulmaktadır. Sayısal modellerin, bilgisayarda gerçekleştirilen dinamik analizlerini doğrulamanın en gerçekçi yollarından biri ise sarsma tablası deneyleridir.

Sarsma tablası deneylerinde, tabla üzerine mesnetlenen yapılara genellikle daha önce meydana gelen deprem yer hareketleri sırasında kaydedilmiş veya yapay olarak üretilmiş ivme kayıtları etki ettirilir. Bu deneyler, yapısal davranışın eleman ve malzeme etkileşimlerinin dikkate alınarak bir bütün olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle sarsma tablası deneyleri, yapıların eleman ve malzeme davranışlarının dinamik yükler altında anlaşılmasında ve yapıların sayısal modellerinin değerlendirilmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada, sayısal modelinin doğruluğu 15. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı bünyesinde gerçekleştirilen uluslararası kör tahmin yarışmasında alınan sonuç ve ödül ile ispatlanmış, betonarme bir yapıya ait olan sayısal model kullanılmıştır (Bayhan, 2013; Bayhan ve Özdemir, 2013).

Söz konusu yarışma kapsamında Şekil 1.1’de verilen üç boyutlu, tek katlı, tek açıklıklı, antimetrik yapıdan, süneklik seviyeleri birbirinden farklı iki deney çerçevesi inşa edilmiş ve çerçeveler üzerinde önceden belirlenmiş referans noktalarındaki dinamik yer değiştirme taleplerinin yarışmacılar tarafından sarsma tablası deneyleri gerçekleştirilmeden evvel hesap edilmesi istenmiştir. Sarsma tablası üzerine

yerleştirilen yapılara, artan şiddette, ardışık bir şekilde, yapının yataydaki asal eksenleri doğrultusunda eş zamanlı olarak dört ivme kaydı bileşeni etki ettirilmiştir. Bu ivme kayıtlarına ait maksimum yer hareketi ivmeleri artan şiddette, sırasıyla 0.05g, 0.19g, 0.27g ve 0.53g 'dir. Yarışmacılar, yapılara ait sayısal modelleri yalnızca malzeme ve geometrik özellikleri bilgisine sahip olarak oluşturmuş ve verilen ivme kayıtları altında dinamik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Bir sonraki adımda, daha önce ifade edilen referans noktaları için analizlerden elde edilen yer değiştirme değerlerini deneyler gerçekleştirilmeden önce yarışma organizasyonuna teslim etmişlerdir. Yarışma komitesi, katılımcılar tarafından deneyler gerçekleştirilmeden önce zaman -tanım analizleri yapılarak hesaplanan yer değiştirme değerleri ile sarsma tablası deneylerinden elde edilen yer değiştirme değerleri arasındaki hata miktarını karekök ortalama (Root Mean Square, RMS) ifadesi ile aşağıda verilen Denklem 1.1'e göre hesaplamış ve katılımcılar arasında bir sıralama gerçekleştirmiştir. Bu sıralamaya göre bu çalışmada kullanılan sayısal model, 38 katılımcının bulunduğu yarışmada 2.'lik ödülünü almıştır.



Şekil 1.1 : (a) Betonarme deney yapısının genel görünümü (b) Sarsma tablası deneyleri sırasında döşeme üzerinde yer alan ilave kütleler.

$$\begin{aligned}
 Hata_{RMS} = & \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_X^{com_i} - A_X^{mea_i})^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (A_Y^{com_i} - A_Y^{mea_i})^2} + \\
 & \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_X^{com_i} - B_X^{mea_i})^2} + \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (B_Y^{com_i} - B_Y^{mea_i})^2}
 \end{aligned} \tag{1.1}$$

Eşitlikte yer alan com_i ve mea_i kısaltmaları, sırasıyla sayısal analizden ve sarsma tablası deneylerinden elde edilen sonuçları, A_X , A_Y , B_X , B_Y yapının tepesinde yer alan A ve B referans noktalarının X ve Y yönlerindeki yer değiştirmelerini, ve N ise adım sayısını temsil etmektedir. Kör tahmin esasına dayanan bu yarışmada Bayhan ve Özdemir (2013) oluşturmuş oldukları analitik modeller ile yapılara ait yer değiştirme taleplerini oldukça düşük hata değerleri ile tahmin ederek başarılı bir sonuca ulaşmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 : Deney yapısında tanımlanan A ve B referans noktaları için hesaplanan ve deneylerde ölçülen birbirine dik yöndeki yatay yer değiştirme talepleri arasındaki farkların hata değerleri (Bayhan, 2013'den uyarlanmıştır).

Yer Hareketi	Hata _{RMS} (mm)							
	Süneklik Seviyesi <u>Düşük</u> Çerçeve				Süneklik Seviyesi <u>Yüksek</u> Çerçeve			
	A noktası		B noktası		A noktası		B noktası	
	X yönü	Z yönü	X yönü	Z yönü	X yönü	Z yönü	X yönü	Z yönü
1	3.4	2.7	3.5	2.9	3.7	2.7	3.7	3.1
2	14.5	7.2	14.6	8.5	6.4	8.1	6.4	8.7
3	8.4	5.3	8.5	6.7	10.8	9.5	10.6	9.6
4	28.1	18.6	27.7	22.1	13.3	14.2	13.0	14.8

Bayhan ve Özdemir (2013) söz konusu yarışmada süneklik seviyeleri birbirinden farklı iki yapının analitik modelini birbirine benzer yaklaşımlarla oluşturmuştur. Bu modellerde kirişler, doğrusal elastik elemanların her iki ucuna tanımlanan, doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkisini yansıtan dönel yaylar ile tanımlanmıştır. Kolonlar her iki yönde eksenel yük–moment ilişkisini dikkate alan doğrusal olmayan elemanlar ile modellenmiştir. Kolon elemanların her iki ucuna, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonları dikkate alan doğrusal-elastik dönel yaylar tanımlanmıştır. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde oluşabilecek kesme deformasyonları ise basit bir dönel yay ve doğrusal olmayan kuvvet-deformasyon ilişkisi ile tanımlanmıştır.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde, Bayhan ve Özdemir' in (2013) daha önce bahsedilen yarışma için oluşturdukları sayısal modellerde, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonları dikkate almış olmalarının, dinamik yükler altındaki yapının yer değiştirme taleplerini doğru hesaplamalarında ne kadar etkili olduğunu görebilmek için bir ön çalışma yapılmıştır. Bu ön çalışmada, süneklik seviyesi yüksek deney yapısını temsilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve alınmadığı iki farklı analitik model oluşturulmuştur. Geometrik, malzeme ve eleman özellikleri birebir aynı olan bu iki analitik modelin ilkinde donatı sıyrılmasına bağlı oluşması

muhtemel deformasyonlar dikkate alınmazken, ikincisinde sıyrılma deformasyonları kolonların alt ve üst uçlarına tanımlanan elastik dönel yaylar vasıtasıyla dikkate alınmıştır. Elde edilen analitik modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri, uluslararası kör tahmin yarışmasında kullanılan, artan şiddete sahip dört ardışık ivme kaydı ile her iki yönde eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sarsma tablası deneylerinden önce gerçekleştirilen dinamik analizler sonunda, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellerde referans noktaları için elde edilen yer değiştirme talepleri ile deneyler sırasında ölçülen yer değiştirme talepleri arasındaki hata değerleri, karekök ortalama ifadesi kullanılarak hesaplanmıştır (Çizelge 1.2). Birbirine dik iki yatay yön için hesaplanan hata değerleri incelendiğinde, birinci yer hareketi dışındaki diğer tüm yer hareketlerinde hata değerlerinin donatı sıyrılmasının ihmal edildiği sayısal modelde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 1.2 : Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı (DS+) ve ihmal edildiği (DS-) sayısal modellerde referans noktaları için (A ve B) hesaplanan ve sarsma tablası deneylerinde ölçülen yer değiştirme talepleri arasındaki farkların hata değerleri.

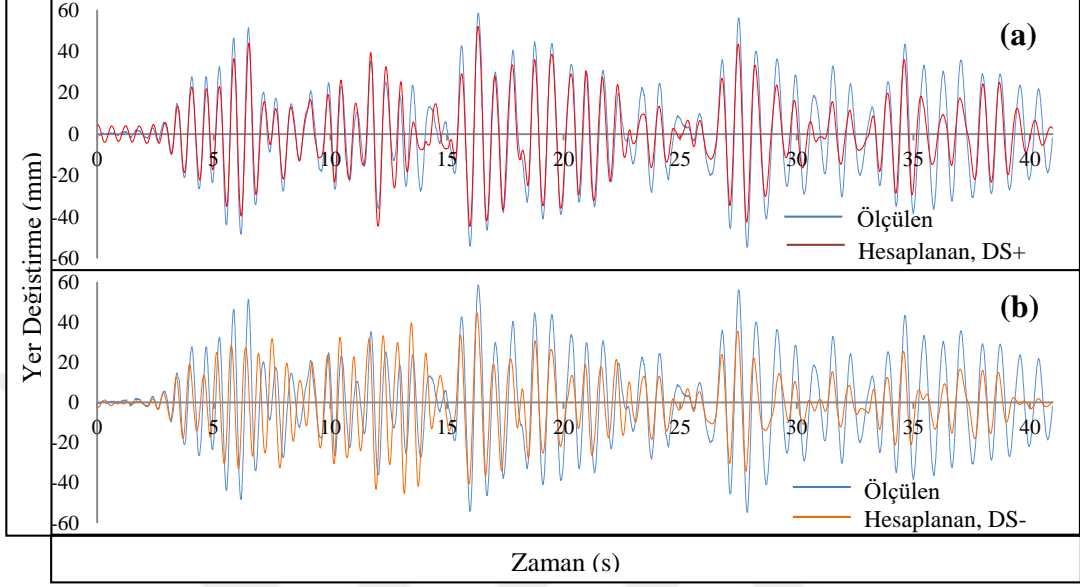
Yer Hareketi	Hata _{RMS} (mm)							
	A noktası				B noktası			
	X yönü		Z yönü		X yönü		Z yönü	
	DS+	DS-	DS+	DS-	DS+	DS-	DS+	DS-
1	3.7	2.6	2.7	1.4	3.7	2.6	3.1	1.3
2	6.4	13.4	8.1	9.6	6.4	13.3	8.7	10.8
3	10.8	15.7	9.5	16.8	10.6	15.5	9.6	16.8
4	13.3	14.1	14.2	15.3	13.0	13.7	14.8	16.3

Donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dahil ve ihmal edildiği sayısal modellerin dinamik analizlerinden elde edilen maksimum görelî kat öteleme talepleri karşılaştırıldığında, donatı sıyrılmasının ihmal edildiği sayısal modele ait yer değiştirmelerin, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı sayısal modele göre %10 ile %28.9 arasında değişen oranlarda daha az olduğu görülmüştür (Çizelge 1.3).

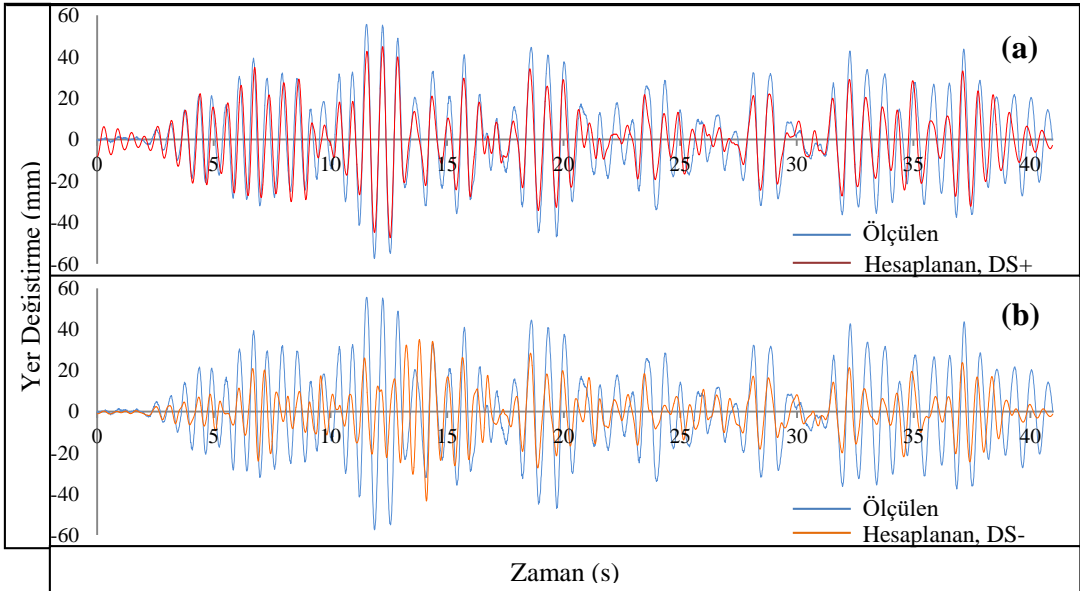
Çizelge 1.3 : Donatı sıyrılmasının dikkate alındığı (DS+) ve ihmal edildiği (DS-) durumlarda referans noktalar için sayısal analizlerden elde edile görelî kat ötelemesi taleplerinin karşılaştırılması.

Referans Noktası	Maksimum Görelî Kat Ötelemesi (%)					
	X Yönü			Z Yönü		
	DS+	DS-	Fark (%)	DS+	DS-	Fark (%)
A	2.5	2.2	10.0	3.0	2.7	10.1
B	3.7	2.8	28.9	3.0	2.7	10.1

Donatı sıyrılmasının dikkate alınması veya ihmal edilmesi durumunda A referans noktasına ait yer değiştirme taleplerinin 3. yer hareketi etkisindeki değişimini gösteren yer değiştirme-zaman grafikleri Şekil 1.2 ve Şekil 1.3’de her iki yatay yn (X ve Z) için ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 1.2: (a) Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı (DS+) ve (b) Donatı sıyrılmalarının ihmal edildiği (DS-) sayısal modelde B referans noktasına ait X yönü yer değiştirme taleplerinin sarsma tablası deney sonuçları ile karşılaştırılması.



Şekil 1.3: (a) Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı (DS+) ve (b) Donatı sıyrılmalarının ihmal edildiği (DS-) sayısal modelde B referans noktasına ait Z yönü yer değiştirme taleplerinin sarsma tablası deney sonuçları ile karşılaştırılması.

Şekil 1.2 ve 1.3’ten de anlaşılacağı gibi, yapılan ön çalışmadan elde edilen sonuçlar, donatı sıyrılmasının ve buna bağlı deformasyonların dikkate alınmadığı sayısal

modelin, yapının dinamik yükler etkisindeki yer değiştirme taleplerini yansıtmada başarısız kaldığını, doğruluğu daha önce kör tahmin yarışmasında ispatlanmış bir sayısal model ile gösterilmiştir. Bu ön çalışmadan sonra, tezin geri kalan kısmında incelenecek olan farklı yer hareketi parametrelerinin yapı davranışına etkisi bu iki farklı sayısal model kullanılarak tetkik edilecektir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, 15. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı bünyesinde gerçekleştirilen uluslararası kör tahmin yarışması kapsamında inşa edilmiş olan tek katlı, tek açıklıklı, üç boyutlu, antimetrik ve süneklik seviyesi yüksek betonarme çerçeve kullanılmıştır. Ancak söz konusu yapıya ait bilgisayar modelinde, antimetrik sistemin ve eş zamanlı gerçekleştirilen iki yönlü dinamik analizin getireceği belirsizlikleri hariç tutmak için yapı simetrik hale getirilmiştir. Bu çalışmada;

1. Kuvvetli yer hareketlerinin farklı parametrelerine (moment büyüklüğü, M_w , faya olan uzaklık, R ve ivme kaydı döngü sayısı, N),
2. Deprem yer hareketi yönüne bağlı olarak, hesaplanan sismik taleplerin ne ölçüde değiştiğinin farklı sayısal modeller kullanılarak tespiti amaçlanmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde, simetrik hale getirilen betonarme çerçevenin daha önce bahsedildiği gibi donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dikkate alındığı ve ihmal edildiği, iki farklı sayısal modeli oluşturulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise, güçlü yer hareketi parametrelerinin yapı davranışına olan etkileri, oluşturulan sayısal modeller üzerinde araştırılmıştır. İncelenen yer hareketi parametreleri, depremin moment büyüklüğü, M_w , faya olan uzaklık, R ve ivme kaydı döngü sayısı, N 'dir. Bu parametrelerin yapısal davranışa olan etkilerini birbirinden bağımsız olarak elde edebilmek için sentetik ivme kayıtları tercih edilmiştir. Çalışmada Özdemir ve Dicleli' ye (2012) ait, moment büyüklükleri 6.0 ile 7.5 , faya olan uzaklıkları 3 ile 18 km ve döngü sayısı 1 ile 4 arasında değişen 54 farklı sentetik ivme kaydı kullanılmıştır. Analitik modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri, seçilen sentetik ivme kayıtları etkisinde, sayısal modellerin her bir asal ekseninde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda sayısal modellere ait görel kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri, değişen yer hareketi parametreleri dikkate alınarak, karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde, yer hareketi yönünün yapı davranışına olan etkileri, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modeller üzerinde araştırılmıştır. Bu amaçla Özşeker' e (2016) ait çalışmada kullanılan, yakın saha özelliği taşıyan ve moment büyüklüğü 6.5'den büyük olan 30 çift kaydedilmiş yer hareketi seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtlarının birbirine dik yatay bileşenleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik' de (DBYBHY 2007) tanımlanan performans seviyelerine göre (50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2) ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirilen yer hareketi bileşenleri, yer hareketi yönünün etkilerini yansıtabilmek amacıyla, 0°'den başlayarak 10° aralıklarla 180°'ye kadar döndürülmüştür. Sayısal modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri, ölçeklendirilen ve döndürülen yakın kaynaklı yer hareketlerine ait ivme bileşenleri etkisinde, her iki yönde eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizler sonunda her iki sayısal modele ait göreceli kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri incelenmiştir.

Az katlı veya kısa periyotlu betonarme yapılarda, kuvvetli yer hareketlerine ait farklı parametrelerin incelendiği bu çalışmada kullanılan sayısal modelin, kör tahmin yarışmasında daha önce gerçekleştirilen tam ölçekli sarsma tablası deneyleri ile doğrulanmış olması, bu çalışmanın en önemli niteliğidir.

1.2 Çalışmanın İçeriği

Bu tez çalışması 6 ana bölümden ve eklerden oluşmaktadır. Bu bölümler özet olarak aşağıdaki gibidir;

Bölüm 1: Giriş ve çalışma konusu hakkında genel bilgiler.

Bölüm 2: Donatı sıyrılması ve yer hareketi yönünün araştırıldığı çalışmalar hakkında literatür araştırması.

Bölüm 3: Çalışmaya konu olan yapının ve donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerinin tanıtımı.

Bölüm 4: İvme kayıtlarının seçimi sırasında dikkat edilecek parametreler, seçilen sentetik ve gerçek ivme kayıtları, gerçek ivme kayıtlarının DBYBHY (2007) Performans seviyelerine göre (50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2) ölçeklendirilmesi ve ölçeklendirilmiş yer hareketi bileşenlerinin döndürülmesi.

Bölüm 5: Sentetik ivme kayıtları ve döndürülmüş ivme kayıtları ile yapılmış dinamik analizlere ait sonuçlar ve bu sonuçların değerlendirilmesi.

Bölüm 6: Sonuçlar ve öneriler.

EK-A: Sentetik ivme kayıtları-Deprem büyüklüğünün yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

EK-B: Sentetik ivme kayıtları- Deprem büyüklüğünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

EK-C: Sentetik ivme kayıtları-Faya olan uzaklığın yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

EK-D: Sentetik ivme kayıtları-Faya olan uzaklığın yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

EK-E: Sentetik ivme kayıtları-Yer Hareketi Döngü sayısının yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

EK-F: Sentetik ivme kayıtları-Yer Hareketi Döngü sayısının yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

EK-G: Döndürülmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 1-Yer hareketi yönünün yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

EK-H: Döndürülmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 1-Yer hareketi yönünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

EK-I: Döndürülmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 1-Sıyrıлма deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği durumlarda görelî kat ötelemesi talepleri

EK-J: Döndürülmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 1-Sıyrıлма deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği durumlarda taban kesme kuvveti talepleri

EK-K: Döndürülmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 2-Yer hareketi yönünün yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

EK-L: Döndürülmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 2-Yer hareketi yönünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

EK-M: Döndürölmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 2-Sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda görelı kat ötelemesi talepleri

EK-N: Döndürölmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 2-Sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda taban kesme kuvveti talepleri

EK-O: Döndürölmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 3-Yer hareketi yönünün yapının görelı kat ötelemesi taleplerine etkisi

EK-P: Döndürölmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 3-Yer hareketi yönünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

EK-R: Döndürölmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 3-Sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda görelı kat ötelemesi talepleri

EK-S: Döndürölmüş ivme kayıtları-Performans seviyesi 3-Sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda taban kesme kuvveti talepleri

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde iki farklı alanda literatür araştırması yapılmıştır. Bu alanlardan ilki donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşan deformasyonların sayısal modellerinin oluşturulması üzerine yapılan çalışmalar, ikincisi ise yer hareketi yönünün yapısal davranışa olan etkilerinin araştırıldığı çalışmalardır.

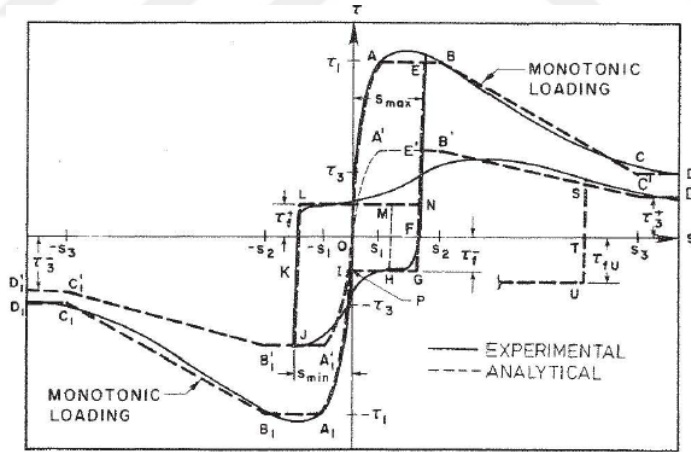
2.1 Donatı Sıyrılmasının Modellenmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Literatürde donatı sıyrılmasının betonarme yapıların davranışına etkisini yansıtılabilmek için pek çok farklı sayısal model önerilmiştir. Bu modelleri birbirinden ayıran temel nokta beton ve donatı arasında oluşan bağ kuvvetleri için yapılan kabullerdir. Bahsedilen sayısal modelleri içeren çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Çok katlı betonarme bir çerçevenin deprem etkileri altındaki davranışının incelendiği deneysel bir çalışmada, Otani ve Sozen (1972), betonarme elemanlarda donatı sıyrılmalarına bağlı olarak meydana gelmesi muhtemel deformasyonları, doğrusal bir yaklaşım ile yapısal çerçevenin sayısal modeline dahil etmişlerdir. Beton ve donatı arasındaki bağ kuvvetinin sabit ancak beton dayanımına bağlı olarak değişen bir değer olduğu varsayılarak, donatılara tesir eden kuvvetlerin dengesinden sıyrılma deformasyonları için basit bir formülasyon geliştirilmiştir. Geliştirilen bu formülasyon dikkate alınarak sıyrılma deformasyonları nedeniyle eleman uçlarında oluşacak dönmeler, yine eleman uçlarındaki eğilme momentlerine bağlı olarak türetilmiştir. Elde edilen moment-dönme eğrisi, akma anında elde edilen moment değeri ve akma anında elde edilen moment değerinin yarısı dikkate alınarak idealize edilmiştir. Donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonlar sayısal modelde, idealize edilen bu moment-dönme ilişkisi ve eleman uçlarına tanımlanan dönel yaylar ile tanımlanmıştır. Doğrusal olmayan dinamik analizlerin sonucunda, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dikkate alınmadığı durumlarda elde edilen davranışın gerçeği yansıtmadığı, deneyleri gerçekleştirilen yapıya göre daha rijit bir model elde edildiği görülmüştür. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, taban kesme kuvveti ve devrilme momenti taleplerinin standart yapıda elde edilen taleplere benzer olduğu ancak

deplasman değerlerinin olması gereken değerlerden %85 daha az olduğu sonucuna değinilmiştir.

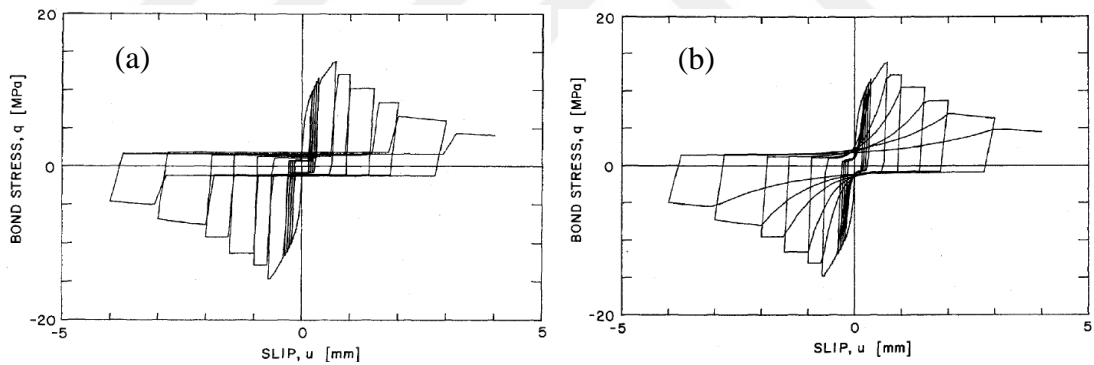
Eligehausen ve diğ. (1983) yer hareketleri etkisinde beton ve donatı arasında oluşan yerel bağ gerilmesi - sıyrılma ilişkisini gösteren, deneysel sonuçlar ile desteklenmiş bir sayısal model önermişlerdir. Deneysel çalışmada kullanılan 125 adet çekme testi numunesi, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde meydana gelen sıyrılma deformasyonlarını temsil edecek şekilde oluşturulmuştur. Numunelerin tek yönlü (monotonic) ve çevrimsel (cyclic) yüklemeler altında incelendiği çalışmada öncelikle farklı yükleme senaryoları ile bağ gerilmesi-sıyrılma ilişkisi elde edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra beton dayanımı, donatı çapı, sargı etkisi, boyuna donatılar arasındaki mesafe ve donatı sıyrılmasındaki artışın bağ gerilmesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak artımsal yükleme ve çevrimsel yükleme durumlarında yerel bağ gerilmesi-sıyrılma ilişkisini veren analitik model geliştirilmiştir (Şekil 2.1). Beton ve donatılar arasında oluşan bağ gerilmeleri bu çalışmada lokal seviyede incelendiği için elde edilen zarf eğrisi daha detaylıdır. Ayrıca çevrimsel yüklemeler altında bağ gerilmesinde oluşacak azalma da dikkate alınmıştır.



Şekil 2.1 : Lokal bağ gerilmesi-Sıyrılma deformasyonu ilişkisi (Eligehausen ve diğ.,1983).

Çevrimsel yüklemeler altında kalan iç kolon-kiriş birleşim bölgeleri ardışık itme ve çekme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu durum beton ve donatılar arasındaki bağ kuvvetlerinin bozulmasına, böylelikle düğüm noktalarının rijitliğinde ve enerji yutma kapasitesinde azalmaya neden olmaktadır. Filippou ve diğ. (1983) bu noktadan yola çıkarak çalışmalarında bağ kuvvetlerinde meydana gelen bozulmaların iç düğüm

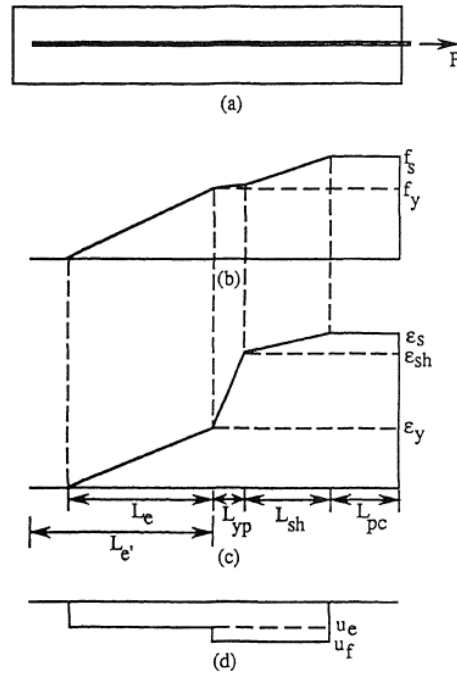
noktalarının tersinir davranışına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada Eligehausen ve diğ. (1983) tarafından önerilen sayısal model esas alınmış ve bu modele ait yeniden yükleme zarf eğrisi üzerinde değişiklik yapılmıştır. Eligehausen ve diğ.'nin (1983) önermiş olduğu sayısal modelde, yeniden yükleme zarf eğrisi önceki döngülerde elde edilen maksimum sıyrılma değerine kadar hiçbir artış göstermezken, bu çalışmada önerilen sayısal modelde bu eğrinin kademeli olarak artış gösterdiği düşünülmüştür. Özelliği değiştirilen yeniden yükleme zarf eğrisi, monotonik yükleme zarf eğrisinde yer alan karakteristik bağ gerilmelerinin, hasar faktörü olarak tanımlanan bir sayı ile azaltılması sonucu elde edilmiştir. Yapılan değişiklikler ile elde edilen yeni modele ve Eligehausen ve diğ.' e (1983) ait bağ gerilmesi-sıyrılma deformasyonu ilişkisi Şekil 2.2'de verilmiştir. Çalışmada iki adet kolon-kiriş birleşim bölgesinin farklı yükleme yöntemleri altında testleri gerçekleştirilmiştir. Testlerden ve önerilen analitik modelden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu belirtilmiştir. Ayrıca donatıların bağ gerilmesi, akma dayanımı, yükleme geçmişi, kullanılan modelin ölçeği gibi değişkenleri kullanılarak iç düğüm noktaları için parametrik bir çalışmada yapılmıştır.



Şekil 2.2 : Bağ gerilmesi-Sıyrılma deformasyonu ilişkisi (a) Eligehausen ve diğ. (1983) (b) Filippou ve diğ. (1983).

Alsawat ve Saatcioglu (1992a) betonarme elemanlar içine mesnetlenmiş olan donatılara ait doğrusal olmayan kuvvet-deformasyon ilişkisini elde etmek amacıyla yeni bir sayısal model önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada donatılarda oluşan deformasyonlar uzama ve sıyrılma durumları için ayrı ayrı elde edilmiştir. Donatıların uzama etkisinde olduğu durumlarda oluşan gerilmeler dört farklı bölgeye ayrılarak, elastik, akma, pekleşme ve sıyrılma konisi bölgesi, kademeli olarak incelenmiştir. Elastik bölge, L_e donatının akma dayanımına ulaşmadan önceki alanı temsil ettiği ve bu bölgede donatı ve beton arasındaki bağ kuvvetlerinin sabit olduğu varsayılmıştır.

Akma bölgesinde, L_{yp} gerilmelerin sabit olduğu ve pekleşme, bölgesinde, L_{sh} pekleşme etkisinde gerilmelerin bir miktar arttığı düşünülmüştür. Her iki bölgede Pochanat ve Hermon (1989) tarafından önerilen sürtünmeli uniform bağ gerilmesi kullanılmıştır. Son olarak sıyrılma konisi bölgesinde, L_{pc} donatı üzerinde oluşan kritik gerilme değeri için Shaikh ve Yi (1985) tarafından önerilen eşitlik dikkate alınmıştır. İncelenen elemanların birleşim bölgelerinde sargı donatısı olması durumunda sıyrılma konisi bölgesinin oluşmayacağı, bu nedenle bu bölgenin hesaplamalarda dikkate alınmaması gerektiği belirtilmiştir. Donatıların uzamasına bağlı olarak elde edilen toplam deformasyon değerleri belirlenen bölgelerde birim şekil değiştirme grafiği altında kalan alan olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.3). Donatıların sıyrılma etkisinde olduğu durumlarda yerel bağ kuvveti - sıyrılma ilişkisi kullanılmıştır. Önerilen sayısal modelin, literatürde yer alan üç farklı model (Otani ve Sozen,1972; Ciampi ve diğ. 1982; Morita ve Kaku 1984) ile karşılaştırılması yine literatürde yer alan iki farklı deney grubu kullanılarak yapılmıştır. Yazarlar önerilen sayısal modelin çok katlı yapılarda donatı sıyrılmalarının modellenmesi için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 2.3 : (a) Çekme kuvveti etkisinde donatı (b) Gerilme dağılımı (c) Birim şekil değiştirme dağılımı (d) Bağ gerilmesi (Alsiwat ve Saatcioglu, 1983a).

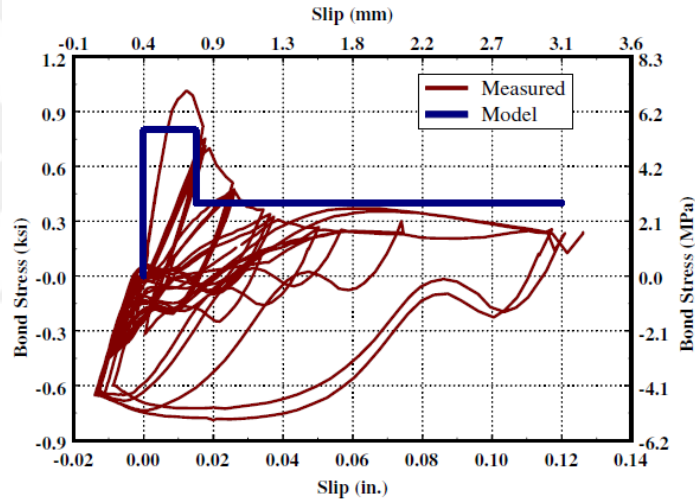
Alsiwat ve Saatcioglu (1992b) diğer bir çalışmada, dinamik analizlerde donatı sıyrılmalarının etkisini yansıtabilmek için bir sayısal model önermişlerdir. Saatcioglu ve diğ.' nin (1992a) çalışması esas alınarak önerilen bu modelde, sıyrılma

deformasyonlarının etkisi eleman kesitlerinde oluşan dönmeler olarak dikkate alınmıştır. Dinamik analizlerde kullanılacak analitik model için histeretik moment-dönme ilişkisi tanımlanmıştır. Donatı sıyrılmalarının yapısal davranışa olan etkisini inceleyebilmek için 10 katlı betonarme bir yapıya ait çerçevenin dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Donatı sıyrılmaları, önerilen sayısal model kullanılarak eleman uçlarına tanımlanan yaylar ile modellenmiştir. Dinamik analizler sonunda donatı sıyrılmalarının, elemanlara ait doğrusal olmayan deformasyonları önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Ayrıca donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı durumlarda, sıyrıma deformasyonları nedeniyle tüketilen enerjinin elemanların eğilme sünekliği talebini düşüreceği belirtilmiştir.

Lehman ve Moehle (2000) betonarme köprü ayaklarının sismik performansını belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, farklı donatı ve en-boy oranlarına sahip beş adet dairesel kolonu tekrarlı yükler altında test etmişlerdir. Çalışmada deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar, elemanlara ait dayanım, kuvvet-deformasyon ilişkisi ve hasar gelişimini belirlemek için kullanılan mevcut sayısal modellerden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmış ve yeni sayısal model önerileri yapılmıştır. Lehman ve Moehle (2000) kolonlara ait kuvvet-deplasman ilişkisini elde edebilmek için iki farklı model kullanmışlardır. Bunlardan ilki kolonlara ait deplasmanların, eğilme, donatı sıyrılmaları ve kesme deformasyonlarına bağlı olarak elde edildiği ayrık (discrete) olarak tanımlanmış modeldir. Donatı sıyrılmalarına bağlı olarak oluşacak deformasyonlar için sayısal model önerisinde bulunurken, öncelikle kolonlara ait deneylerden elde edilen sonuçlar kullanılarak, beton ve donatı arasında oluşan bağ gerilmesi-sıyrıma deformasyonu eğrileri elde edilmiştir ve bu eğrileri temsil edecek bir zarf eğrisi çizdirilmiştir. Zarf eğrisi Eligehausen ve diğ.' e (1983) ait dört geçişli analitik modelden adapte edilmiştir. Bu zarf eğrisi, kolonların davranışını tutarlı bir şekilde sağlıyor olsada işlem yükünü azaltmak adına daha basit bir model önerisi yapılmıştır. Önerilen yeni modelde bağ gerilmeleri için iki geçişli bir yaklaşım izlenmiştir. Elde edilen deney sonuçları kullanılarak akma sınırından öncesi ve sonrası için iki farklı bağ gerilmesi değeri belirlenmiştir (Şekil 2.4). Bu değerler dikkate alınarak sıyrıma deformasyonlarının hesaplanmasında kullanılacak formüller elde edilmiştir.

Donatı sıyrılmalarının betonarme elemanların davranışına olan etkisini göstermek amacıyla yapılan çalışmada Spacone ve Limkatanyu (2000), donatı sıyrılmalarına bağlı

deformasyonların modellenmesinde kullanılacak yeni bir sayısal model önerisinde bulunmuşlardır. Genelde lif (fiber) elemanlar kullanılarak yapılan eleman modellemelerinde, sıyırılma deformasyonlarının doğrusal olmayan yaylar ile modellendiğini ancak bu yaklaşımda elemanlar arasında süreksizlikler oluştuğunu öne süren yazarlar, önerdikleri kuvvet bazlı yeni lif (fiber) eleman modelinde donatılarda oluşan çekme gerilmelerine ilave olarak sıyrılmadan kaynaklı etkileri de dikkate almışlardır. Önerilen yeni eleman formülasyonunun doğrulaması için Low ve Moehle'ye (1987) ait bir çalışmada çevrimsel yüklemeler altında test edilen ankastre mesnetli kolonlar kullanılmıştır. Ayrıca donatı sıyrılmalarının ihmal edildiği durumda elde edilen sonuçlar, deneye ve yeni modele ait sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Donatılarda oluşan sıyrılmaların kolonun dayanımını etkilemediği ancak başlangıç rijitliğinde ve enerji yutma kapasitesinde azalmaya neden olduğu görülmüştür.



Şekil 2.4 : Bağ gerilmesi-Sıyırılma deformasyonu ilişkisi (Lehman ve Moehle, 2000).

Sezen ve Setzler (2008) donatı sıyrılmalarına bağlı olarak kolonlarda oluşacak yanıl deformasyonları tahmin etmede kullanılacak yeni bir model önerisinde bulunmuşlardır. Önerilen bu modelde kolon ve donatılar arasında oluşan bağ gerilmeleri, akma öncesi ve sonrası olarak iki kademeli bir yaklaşımla elde edilmiştir. Bağ gerilmelerinin değerleri Lehman ve Moehle'ye (2000) ait çalışmada belirlenen deneysel sonuçlara benzer alınmıştır. Sıyırılma deformasyonlarını veren eşitlik, birim şekil değiştirme diyagramının altında kalan alan hesaplanarak elde edilmiştir. Kolon kesitlerinde oluşan dönmeler elde edilirken Lehman ve Moehle'nin (2000) yaklaşımından farklı olarak, yalnızca uzamanın oluştuğu donatının deformasyonu dikkate alınmıştır. Kolon kenetlenme boyunun etkisi model üzerinde araştırılmış ve

kenetlenme boyunun belirlenen sınır değerlerin üstünde olması durumunda bu modelin kullanılabilmesi belirtilmiştir. Önerilen modelin, literatürde yer alan beş farklı model (Otani ve Sozen,1972; Hawkinsve diğ., 1982; Eligehausen ve diğ.,1983; Alsiwat ve Saatcioglu,1992; Lehman ve Moehle, 2000) ile karşılaştırılması yine literatürde yer alan üç farklı deney grubu kullanılarak yapılmıştır. Yapılan incelemelerde Otani ve Sozen'e (1972) ait modelden elde edilen sonuçların deney sonuçları ile uyuşmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun nedeninin Otani ve Sozen'in (1972) önerdikleri modelin doğrusal olmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Kalan dört model ve bu çalışmada Sezen ve Setzler (2008) tarafından önerilen modele ait sonuçların birbirine yakın olduğu görülmüştür. Sıyırılma deformasyonlarının yapı davranışına olan etkilerinin lokal düzeyde incelendiği Hawkins ve diğ.'e (1982) ve Eligehausen ve diğ.'e (1983) ait çalışmalardan elde edilen sonuçların deney sonuçları ile daha tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın sonunda, donatı sıyırılmalarının eleman deformasyonlarına olan katkısının oldukça önemli olabildiği, bu nedenle betonarme kolonların analizlerinde mutlaka dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Elwood ve Eberhard (2009) kolonların etkin rijitliklerinin hesaplanmasında kullanılan modellerin genellikle ölçülen etkin rijitlikleri tahmin etmede başarısız olduğunu ve bunun nedeninin modeller genelinde donatı sıyırılmalarının dikkate alınmıyor olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bu noktadan yola çıkarak gerçekleştirdikleri çalışmada, kolonların etkin rijitliklerinin hesaplanmasında, eğilme ve kesme deformasyonları ile birlikte donatı sıyırılmalarına bağlı olarak oluşacak deformasyonların dikkate alındığı yeni bir sayısal model önerisinde bulunmuşlardır. Kolonların akma anındaki etkin rijitliğinin elde edilmesi için akmanın gerçekleştiği ana kadar oluşacak yanal deformasyonların elde edildiği çalışmada, donatı sıyırılması nedeniyle kolonlarda oluşacak yanal deformasyonlar için beton ve donatı arasındaki bağ gerilmelerinin doğrusal ve sabit olduğu düşünülerek basit bir ifade elde etmişlerdir. Elwood ve Eberhard (2009), donatı sıyırılmalarının eleman davranışına olan etkilerinin doğrudan kolon uçlarına tanımlanan dönel yaylar kullanılarak da modellenebileceğini belirtmiş ve doğrudan modellemelerde kullanılmak üzere dönel yaylara ait rijitlik tanımı yapmışlardır. Eğilme, kesme ve sıyırılma deformasyonlarını dikkate alarak elde edilen etkin rijitlik modelleri literatürde yer alan 329 adet kolona ait sonuçlar kullanılarak oldukça küçük farklar ile doğrulanmıştır. Yazarlar elde etmiş

oldukları sonuçlar ile kolonların etkin rijitliklerini belirlerken kesme ve sıyrıлма deformasyonlarının dikkate alınması gerektiğini göstermişlerdir.

Görüldüğü gibi betonarme yapıların kuvvetli yer hareketleri etkisi altında taşıyıcı elemanlarında meydana gelen sıyrıлма deformasyonlarının modellenmesi üzerine yapılan pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda araştırmacılar beton ve donatılar arasında oluşan bağ kuvvetleri için farklı önerilerde bulunmuşlardır. Bazıları donatı üzerinde yayılan bu kuvvetlerin donatı boyunca sabit olduğunu savunurken, bazıları akma öncesi ve sonrası durumlarda farklılık göstereceğini ileri sürmüştür. Lokal olarak yapılan çalışmalarda ise bağ gerilmesi-sıyrıлма deformasyonu ilişkisini gösteren daha hassas zarf eğrileri önerilmiştir. Bu çalışmalarda araştırmacıların ortak olarak ulaştığı sonuç ise donatı sıyrılmasına bağlı olarak taşıyıcı elemanlarda oluşan deformasyonların yapısal davranışı önemli ölçüde etkilediği olmuştur.

Yürütülen bu tez çalışmasında, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların modellenmesi için Elwood ve Eberhard (2009) tarafından önerilen analitik model kullanılmıştır. Bu modelin tercih edilmesinin en önemli nedeni doğrusal bir model olması nedeniyle yer hareketleri etkisi altında kolonların eğilme kapasitelerini ve davranışını değiştirmeyecek olmasıdır. Ayrıca, Bayhan ve Özdemir (2013) uluslararası kör tahmin yarışması için oluşturmuş olduğu sayısal modellerinde, donatı sıyrılmalarına bağlı deformasyonların modellenmesi için Elwood ve Eberhard'a ait (2009) analitik modeli kullanmış ve yapıların doğal periyotlarını ve dinamik etkiler altındaki davranışını oldukça başarılı bir şekilde elde etmişlerdir.

2.2 Yer Hareketi Yönünün Yapısal Davranışa Etkilerinin Araştırıldığı Çalışmalar

Yapılara tesir eden yer hareketi yönünün önceden tahmin edilememesi nedeniyle, değişen yer hareketi yönlerinin yapısal davranışlara olan etkisi sıklıkla araştırılan bir konu olmuştur. Bu çalışmalarda, temelde yapıların asal eksenleri doğrultusunda gerçekleştirilen analizlerin maksimum talepleri elde etmede yeterli olup olmadığı konusu incelenmiştir. Bununla birlikte maksimum sismik taleplerin yer hareketinin hangi yönünde elde edileceği de araştırmalara konu olmuştur. Bu bölümde, yer hareketi yönünün yapısal davranışlara olan etkilerinin incelendiği, önemli sonuçlara sahip olduğu düşünülen çalışmalara ait bilgiler verilmiştir.

Lopez ve Torres (1997), kritik yer hareketi yönü ve buna bağlı olarak oluşacak maksimum yapısal tepkiyi belirlemek için basit bir yöntem önermişlerdir. Önerilen bu yöntem, yer hareketinin iki yatay ve bir düşey bileşenine ait tepki spektrumları ile yapısal eksenler üzerinde ayrı ayrı gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçların çeşitli yöntemlerle birleştirilmesi esasına dayanmaktadır. Çalışmada ayrıca dokuz katlı asimetric betonarme bir yapı için kritik yer hareketi yönü ve maksimum taban kesme kuvveti ve taban burulma momenti tepkileri, önerilen yöntem kullanılarak elde edilmiştir. Lopez ve Torres (1997) çalışmanın sonucunda; kritik yer hareketi yönünün yer hareketi yatay bileşenlerine ve araştırılan yapısal talebe bağlı olarak değişebileceği ancak bu taleplerin yer hareketinin düşey bileşeninden etkilenmediği sonucuna varmışlardır. Ayrıca yapıya etkileyen yatay yer hareketleri bileşenlerine ait spektrumların aynı olması durumunda kritik yer hareketi yönü açısından bahsedilemeyeceğini belirtmişlerdir.

Fernandez-Davila ve diğ. (2000) yapıların tasarımında iki yönlü yer hareketlerinin etkisini dikkate almak amacıyla daha önce önerilen farklı yöntemleri incelemişlerdir. Bu yöntemler; (1) yer hareketlerine ait yatay bileşenlerin her iki yönde eş zamanlı olarak belirli aralıklarla döndürülerek uygulanması, (2) yer hareketlerine ait güçlü bileşenin yapısal eksenlere ayrı ayrı uygulanması, (3) yapısal eksenler doğrultusunda uygulanan tek eksenli yer hareketlerinden elde edilen sismik tepkilerin %30 artırılması, (4) yer hareketlerinin tek bir yönü için yapısal eksenler doğrultusunda ayrı zamanlarda gerçekleştirilen analizlerden elde edilen tepkilerin karelerinin toplamının karekökünün alınması, (5) tek ekseninde gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen maksimum talebin %20 artırılması ile sismik taleplerin elde edilmesidir. Çalışma kapsamında beş katlı, üç boyutlu basit bir betonarme yapının farklı ötelenme ve burulma rijitliklerine sahip altı analitik modeli oluşturulmuştur. Analitik modellerin dinamik analizleri belirlenen ivme kaydı altında iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yer hareketleri 15° aralıklarla döndürülerek her iki yönde eş zamanlı olarak uygulanmıştır. İkinci olarak yer hareketinin güçlü bileşeni yapısal eksenler doğrultusunda ayrı ayrı etki ettirilmiştir. Çalışmanın sonunda her iki yönde eş zamanlı olarak farklı yönlerde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen maksimum taleplerin, yapının asal eksenlerinden farklı doğrultularda gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca yapısal tasarımda iki yönlü yer hareketlerinin etkisini dikkate almak için önerilen yöntemler karşılaştırılarak, tek ekseninde gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde

edilen maksimum tepkinin %20 artırılması ile iki yönlü yer hareketlerinin etkisinde kalan yapının sismik taleplerinin yaklaşık olarak elde edilebileceği önerisinde bulunmuşlardır.

Yer hareketi yönünün yapısal davranışa olan etkilerinin incelendiği önemli çalışmalardan biri Athanatopoulou'nun çalışmasıdır. Athanatopoulou (2005), çalışmasında, kritik yer hareketi etkime açısının ve ilgili maksimum-minimum taleplerin tespiti için yer hareketlerine ait yatay ve düşey bileşenlerin dikkate alındığı sayısal formülasyonlar geliştirmiştir. Çalışmada yer hareketi bileşenlerinin birbiri ile ilişkili olduğu düşünülerek spektral analiz yerine zaman tanım alanında analiz gerçekleştirilmiştir. Önerilen formülasyonların doğruluğu, asimetrik plan özelliklerine sahip beş katlı bir yapının üç farklı yer hareketi ile gerçekleştirilen dinamik analizlerinden elde edilen sonuçları ile kontrol edilmiştir. Ayrıca kritik yer hareketi yönünde elde edilen sismik taleplerin, yapısal eksenler doğrultusunda gerçekleştirilen analizlerden elde edilen taleplere oranla %80'e varan değişimler elde edildiğine değinilmiştir. Ayrıca maksimum taleplerin elde edildiği kritik yer hareketi yönünün, incelenen yer hareketine ve sismik taleplere göre farklılık gösterebileceği belirtilmiştir.

Rigato ve Medina (2007) yer hareketi yönü etkime açısının çeşitli mühendislik parametreleri üzerindeki etkisini iki yönlü yer hareketine maruz kalan tek katlı üç boyutlu betonarme yapı üzerinde incelemişlerdir. Çalışmada kullanılan tek katlı bu yapı farklı yapı hakim periyotları ve farklı rijitlik değerleri dikkate alınarak simetrik ve simetrik olmayacak şekilde modellenmiştir. Oluşturulan 60 adet yapı modeli, seçilen 39 adet ivme kaydına ait bileşenlerin 5° aralıklarla döndürülmesi ile elde edilen yer hareketi bileşenlerine eş zamanlı olarak maruz bırakılmıştır. Dinamik analizler sonucunda değişen yer hareketi yönüne bağlı olarak kolonların yerdeğiştirme süneklikleri ve görelî kat ötelemesi talepleri ile döşemelere ait dönme değerleri incelenmiştir. Araştırmacılar çalışmanın sonunda burulma düzensizliği olsun ya da olmasın yapısal eksenler doğrultusunda yapılan dinamik analizlerden elde edilen sonuçların maksimum taleplerin altında kalacağını belirtmişlerdir. Ayrıca mühendislik parametrelerinden herhangi biri için kritik yer hareketi etkime açısının yapı hakim periyodu ve yapıların süneklik seviyesine bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle elastik olmayan deformasyonlara maruz kalacak şekilde tasarlanan

yapıların performans değerlendirmelerinin ve tasarım doğrulamalarının, farklı yer hareketi etkime açıları dikkate alınarak yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Yer hareketi yönünün sismik taleplere olan etkisini inceleyen bir diğer araştırmacıda Cantagallo ve diğ.'dir (2012). Bu çalışmada yazarlar yer hareketi yönünün betonarme yapıların sismik taleplerine olan etkilerini dört adet üç boyutlu betonarme yapı üzerinde incelemiştir. Çalışmada kullanılan betonarme yapılar farklı plan özelliklerine ve kat sayılarına sahip olacak şekilde seçilmiştir. Ölçeklendirilmiş ve ölçeklendirilmemiş ivme kayıtlarının kullanıldığı çalışmada doğrusal olmayan dinamik analizler 0° ile 180° arasında 22.5° arayla dokuz farklı etkime açısı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi talepleri incelenmiştir. Cantagallo ve diğ. gerçekleştirmiş oldukları çalışmanın sonunda şu sonuçlara ulaşmışlardır; (i) plan düzensizlikleri olan yapıların, görelî kat ötelemesi talepleri değişen yer hareketi yönlerinden daha fazla etkilenmektedir, (ii) ölçeklendirilen yer hareketleri ile yapılan dinamik analizlerden elde edilen yer hareketi yönü etki oranlarının, ölçeklendirilmeyen yer hareketleri ile yapılan dinamik analizlerden elde edilen oranlardan daha az olduğu görülmüştür, (iii) maksimum taleplerin elde edileceği yer hareketi yönlerinin önceden tahmin edilmesi imkansız olduğundan, kritik yapısal tepkilerin elde edilebilmesi için doğrusal olmayan dinamik analizlerin farklı etkime açıları ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Reyes ve Kalkan (2015) simetrik ve asimetric özelliklerdeki tek katlı yapı modelleri üzerinde gerçekleştirdikleri analitik çalışmada, yer hareketi etkime açısının elastik ve elastik ötesi yapısal davranışa olan etkilerini incelemiştir. Çalışmada maksimum yönde ve faya paralel ve dik olarak döndürülen yer hareketleri etkisinde gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen sismik taleplerin, söz konusu yapılar için maksimum değerlerin elde edildiği kritik açılar olup olmadığı araştırılmıştır. Dinamik analizlerde 30 adet yakın saha özelliği taşıyan yer hareketlerinin 5° aralıklarla 360° döndürülmesi ile elde edilen ivme bileşenleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda tüm mühendislik parametrelerine ait taleplerin eş zamanlı olarak maksimum elde edildiği herhangi bir yer hareketi yönü olmadığı ve maksimum tepkilerin elde edildiği kritik yer hareketi etkime açısının seçilen yer hareketi özelliklerine ve incelenen mühendislik parametresine bağlı olarak değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Yer hareketlerinin faya paralel ve dik olduğu açılarda elde edilen taleplerin her zaman maksimum talepleri vermeyebileceğine değinilmiştir.

Kalkan ve Reyes (2015) tek katlı simetrik ve asimetrik yapı modelleri ile gerçekleştirdikleri çalışmanın tamamlayıcısı nitelikte olan bu çalışmada, dokuz katlı simetrik ve asimetrik özelliklerdeki iki çelik yapı modelinin kritik yer hareketi yönü ve ilgili maksimum tepkileri üzerinde çalışmışlardır. Doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizlerde bir önceki çalışmada seçilmiş olan yer hareketleri kullanılmıştır. Ancak bu çalışmada yer hareketlerinin döndürme açısı 10° olarak belirlenmiştir. Kalkan ve Reyes çalışmanın sonunda bir önceki çalışmalarında olduğu gibi tüm mühendislik parametrelerine ait taleplerin eş zamanlı olarak maksimum elde edildiği herhangi bir yer hareketi yönü olmadığını vurgulamışlardır. Ayrıca maksimum yönde ve faya paralel ve dik yönde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçların, maksimum taleplerden yaklaşık olarak %20 daha az olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Yer hareketi yönlerinin yapısal davranışa etkilerinin tespiti hakkında yapılan, bilgimiz dahilinde ki son çalışma Kostinakis ve diğ.'e (2017) aittir. Yazarlar gerçekleştirmiş oldukları çalışmada yer hareketi etkime açısının, yer hareketinin bileşenlerine eş zamanlı olarak maruz kalan simetrik planlı yapıların sismik taleplerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında öncelikle Athanatopoulou (2005) tarafından maksimum sismik talebi ve ilgili yer hareketi yönünü elde etmek için önerilen analitik formüller simetrik yapılar için uygun hale getirilmiştir. Daha sonra her iki yönde rijitlikleri aynı ve farklı olan iki simetrik özellikteki yapının doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizlerde elamanlara ait deplasman ve moment talepleri incelenmiş ve lokal ve genel hasar indeksleri elde edilmiştir. Kostinakis ve diğ.'nin (2017) bu çalışmadan elde etmiş olduğu sonuçlar şu şekildedir: (i) Yer hareketi yönü, simetrik yapıların dahi sismik taleplerini etkilemektedir. Ancak her iki yatay doğrultuda rijitlikleri benzer olan yapılarda yer hareketi etkisinin etkisi ya yoktur ya da oldukça küçüktür, (ii) Kritik yer hareketi yönü açısı kesin olarak belirlenememekle birlikte genellikle 0° - 180° ile 90° - 270° değerlerinde veya çok yakındır. Bu noktadan yola çıkarak mühendislik uygulamalarında kabul görmüş olan yapısal eksenlerde analizin, simetrik yapılar için uygun olduğu belirtilmiştir.

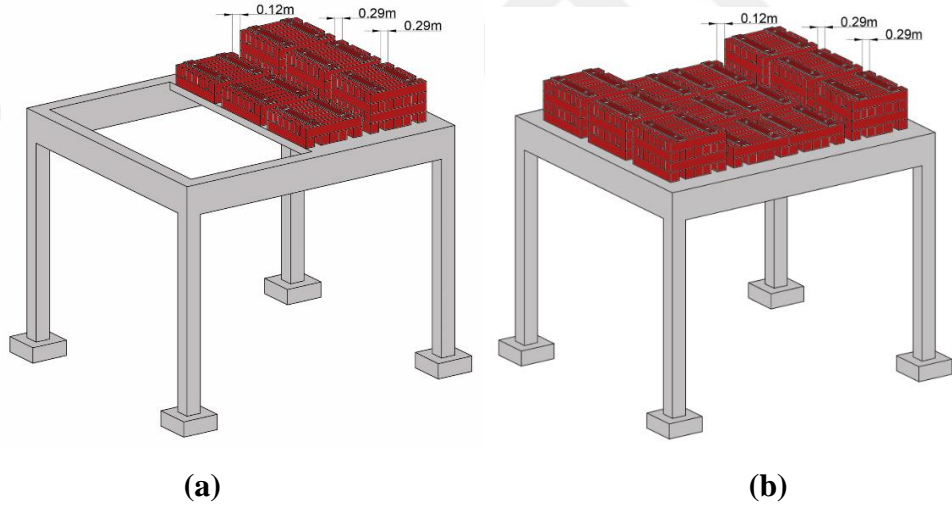
Bugüne kadar gerçekleştirilmiş çalışmalarda, kritik yer hareketi uygulama açısı ve bu açılarda elde edilen maksimum sismik taleplerin tespiti pek çok farklı parametre altında (simetrik ve simetrik olmayan yapılar, tek katlı ve çok katlı yapılar, elastik ve elastik ötesi durumlar gibi) incelenmiştir. Bu çalışmayı literatürde yer alan diğer

Çalışmalardan ayıran özellik; çalışmada kullanılan sayısal modelin doğruluğunun 3 boyutlu, tam ölçekli sarsma tablası deneylerinde, her iki yönde eş zamanlı olarak gerçekleştirilen dinamik analizler ile ortaya konmuş olmasındır. Kullanılan sayısal modelin gerçek yapı davranışını yansıttığı düşünülerek, çalışmadan elde edilecek sonuçların literatürde önemli bir yere sahip olacağına inanılmaktadır.



3. TEZ KONUSU YAPININ TANITIMI VE ANALİTİK MODELİ

Bu çalışmada, 15. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı bünyesinde düzenlenen kör tahmin yarışması kapsamında, sarsma tablası üzerinde dinamik deneyleri gerçekleştirilen, yüksek süneklik seviyesine sahip, 3 boyutlu, tek katlı ve tek açıklıklı betonarme yapı ele alınmıştır. Söz konusu deney yapısı Şekil 3.1a'da görüldüğü gibi döşeme ve yükleme özellikleri açısından simetrik özelliklere sahip değildir. Ancak antimetrik sistemin ve eş zamanlı gerçekleştirilen iki yönlü dinamik analizin getireceği belirsizlikleri hariç tutmak amacıyla bu yapı, eleman ve malzeme özellikleri değiştirilmeden simetrik olarak modellenmiştir. Bunun için yapıya ait döşeme Şekil 3.1b'de görüldüğü gibi her iki yönde de sürekli hale getirilmiş ve döşeme üzerinde yer alan ilave kütlelerin toplam miktarı değiştirilmeden simetrik olarak çoğaltılmıştır.

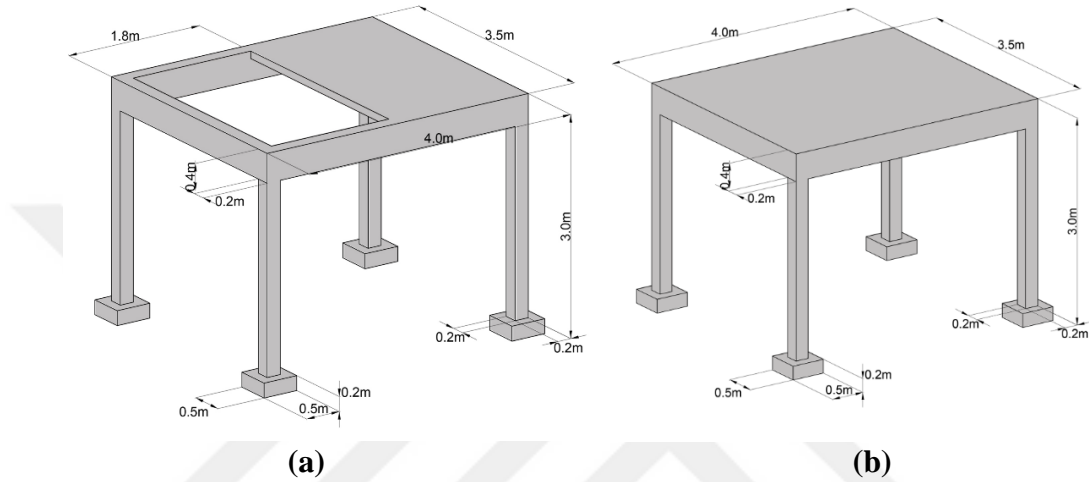


Şekil 3.1 : (a) Antimetrik betonarme deney yapısı ve üzerinde yer alan ilave kütleler (Bayhan ve Özdemir, 2013) (b) Tez çalışmasında kullanılan simetrik yapı ve döşeme üzerinde yer alan ilave kütleler.

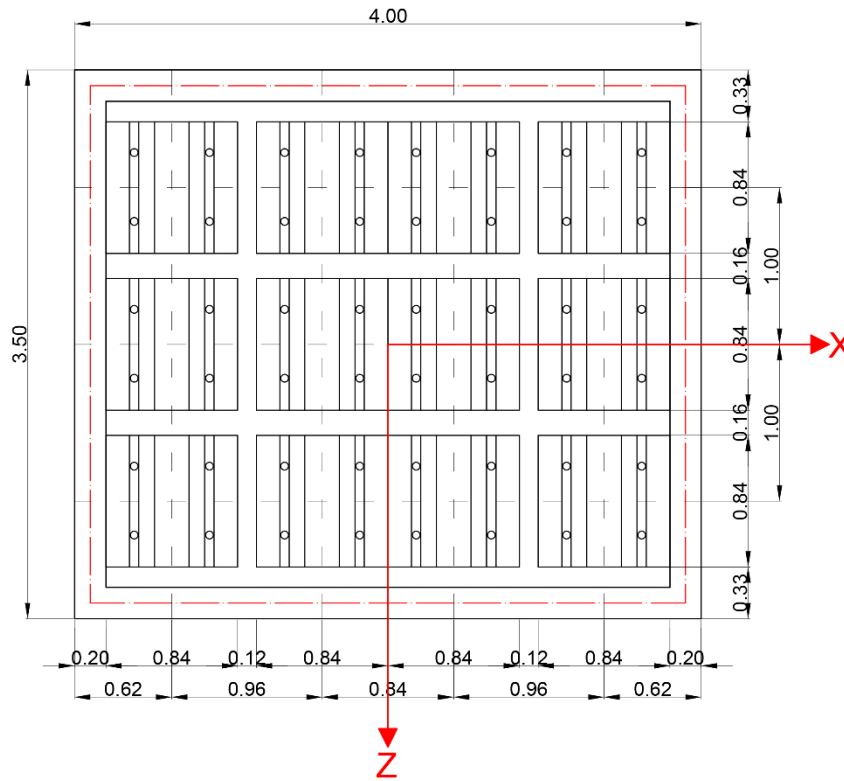
3.1 Yapının Fiziksel Özellikleri

Genel görünümü Şekil 3.2a' da verilen 3 boyutlu betonarme deney yapısı, dört kolon, dört kiriş ve yarı döşemeden oluşmaktadır. Plan genişlikleri 3.5 m ve 4 m olan yapının temel dahil yüksekliği 3.2 m' dir. Kalınlığı 10 cm olan döşemenin üzerinde her biri 12 kN olan 9 adet ilave kütle bulunmaktadır (Şekil 3.1a). Daha önce belirtildiği gibi deney

yapısı, döşeme ve yükleme özellikleri açısından simetrik değildir ve bu çalışmada antimetrik sistemin getireceği belirsizlikler hariç tutulmak istenmektedir. Bu amaçla söz konusu yapı kolon ve kiriş boyutları, plan genişlikleri, yapı yüksekliği ve kütlelerin toplam miktarı değiştirilmeden, Şekil 3.2’deki gibi simetrik hale getirilerek yeniden modellenmiştir. Oluşturulan yeni modelde, döşeme her iki yönde sürekli ve döşeme üzerinde her biri 6 kN olan 18 adet ilave kütle yer almaktadır. Kütlelerin plan üzerindeki yerleşimi ile ilgili detaylar Şekil 3.3’de görülmektedir.



Şekil 3.2 : (a) Antimetrik betonarme deney yapısı (Bayhan ve Özdemir, 2013) (b) Tez çalışmasında kullanılan simetrik yapı modeli.



Şekil 3.3 : Döşeme üzerinde yer alan ilave kütlelerin yerleşim detayları.

Eurocode 8 (2004)'e göre süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanan deney yapısına ait elemanların donatı detayları Şekil 3.4'de verilmiştir. Yapı elemanlarında tespit edilen ortak özellikler; donatıların nervürlü olması, sargı donatılarının her iki ucunda 135° kıvrımlı kancaların bulunması ve yapının tüm kesitlerinde 20 mm paspayı bırakılmasıdır.

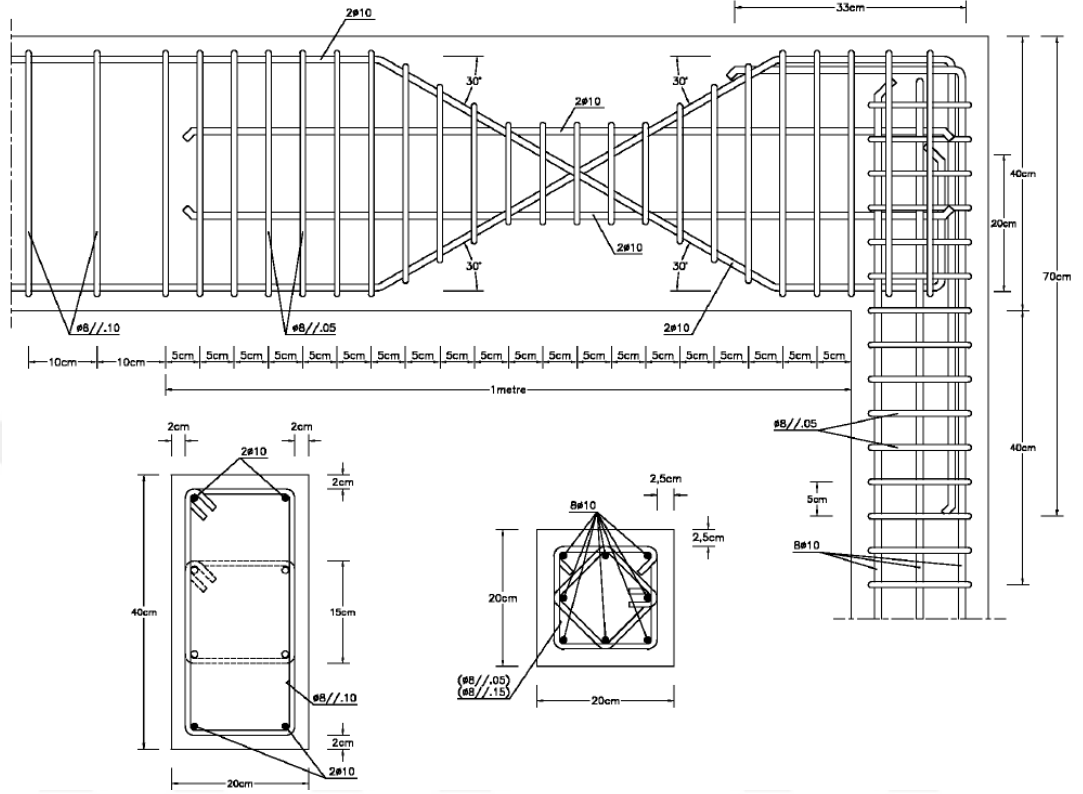
Birbiriyle özdeş olan kolon elemanların genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Kare kesite sahip kolonların kenar uzunlukları 20cm'dir.
- Yarışma komitesinin gerçekleştirdiği malzeme dayanım testleri sonucunda kolonlarda kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı 35.6 MPa, ortalama çelik akma dayanımı 559 MPa olarak belirlenmiştir.
- Temel seviyesinde ankastre olarak mesnetlenen kolonların boyuna donatı oranı 0.016'dır ve boyuna donatılar eleman boyunca kesintisiz devam etmektedir.
- Kolon orta bölgesinde sargı donatısı oranı 0.0057 ve sargı donatısı aralığı 15cm'dir. Kolon sıklaştırma bölgesinde ise sargı donatısı oranı 0.0172 ve sargı donatısı aralığı 5cm'dir.
- Sargı donatıları kolon-kiriş birleşim bölgesi boyunca devam etmektedir (Şekil 3.4).

Uzunlukları dışında birbiri ile özdeş olan kiriş elemanlarının genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Kirişler 20cm genişliğinde ve 40cm yüksekliğindedir.
- Yarışma komitesinin gerçekleştirdiği malzeme dayanım testleri sonucunda kirişlerde kullanılan betonun ortalama basınç dayanımı 30 MPa, ortalama çelik akma dayanımı 559 MPa olarak belirlenmiştir.
- Kiriş çekme bölgesinde yer alan boyuna donatılar birleşim bölgesi yüksekliğinin orta bölgesine kadar (20cm) uzatılmış ve kirişin basınç bölgesinde yer alan boyuna donatılar kolonun 30cm kadar içine mesnetlenmiştir.
- Kirişlerin orta bölgesinde 0.004 olan boyuna donatı oranı, sıklaştırma bölgesinde (kolon yüzünden itibaren 100cm) ilave edilen 4 adet 10 mm çapında donatı ile 0.008'e yükselmiştir.

- Kiriş orta bölgesinde sargı donatısı oranı 0.005 ve sargı donatısı aralığı 10cm'dir. Kiriş sıkılaştırma bölgesinde ise sargı donatısı oranı 0.02 ve sargı donatısı aralığı 5cm'dir.



Şekil 3.4 : Elemanlara ait donatı detayları (Bayhan ve Özdemir, 2013).

Kolon ve kirişlere ait genel özellikler Çizelge 3.1' de özetlenmiştir.

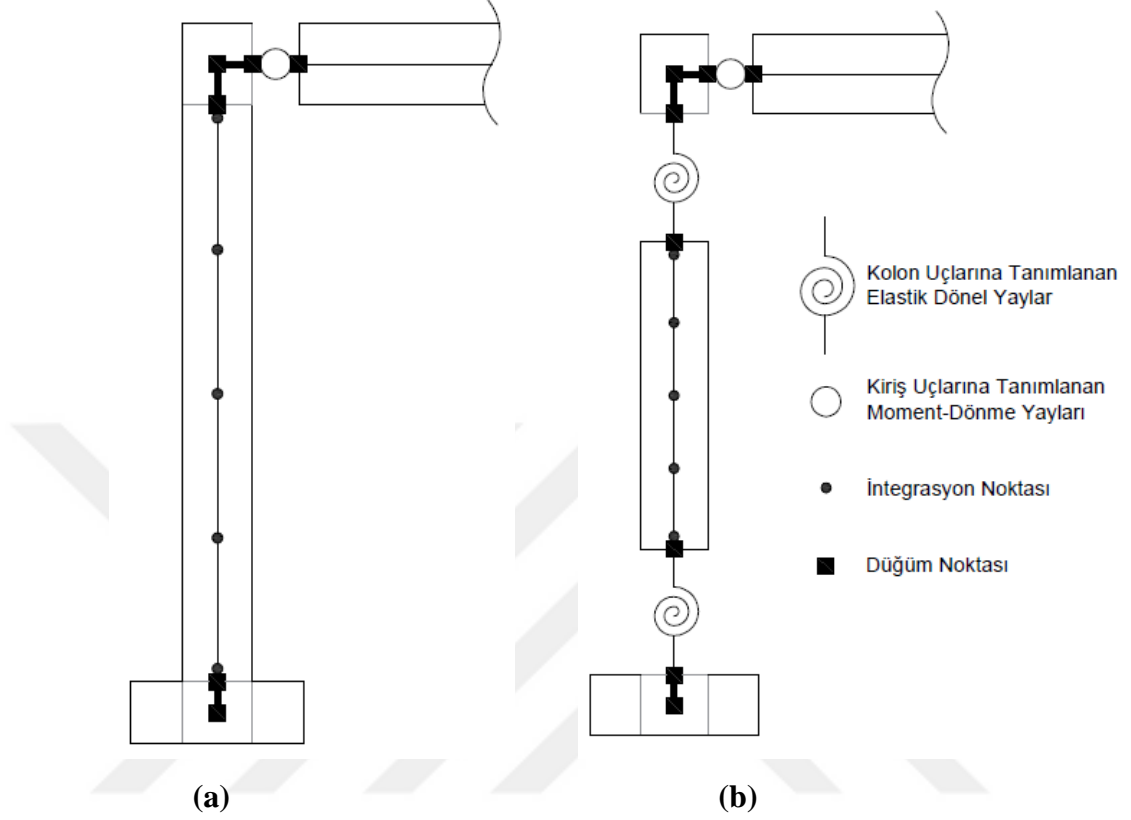
Çizelge 3.1 : Kolon ve kiriş elemanların geometrik ve malzeme özellikleri.

	Kolonlar	Kirişler
Kesit Özellikleri (cm x cm)	20 x 20	20 x 40
Beton Basınç Dayanımı (MPa)	35.6	30
Çelik Akma Dayanımı (MPa)	559	559
Boyuna Donatı Oranı	0.016	0.004
Sargı Donatısı Oranı	Orta Bölge Sarıma Bölgesi	0.006 0.02

3.2 Yapının Analitik Modeli

Bu çalışmada, bir önceki bölümde fiziksel özellikleri verilen yapı için iki farklı analitik model oluşturulmuştur. Birinci analitik modelde, donatı sıyrılmasına bağlı olarak

oluşması muhtemel deformasyonlar dikkate alınmazken, ikinci analitik modelde, kolonların alt ve üst uçlarına tanımlanan doğrusal elastik dönel yaylar vasıtasıyla donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonlar dikkate alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : (a) Sıyrılma deformasyonunun dikkate alınmadığı analitik modelde kolon detayı (b) Sıyrılma deformasyonunun dikkate alındığı analitik modelde kolon detayı ve kolon uçlarına tanımlanan doğrusal elastik dönel yaylar.

Yapıya ait analitik modeller Opensees (The Open System for Earthquake Engineering Simulation, 2017) programında oluşturulmuştur. Opensees (2017), yapısal ve geoteknik sistemlerin sismik tepkilerini elde etmek için kullanılan açık kaynaklı bir yazılımdır. Pasifik Deprem Araştırma Merkezinde, (Pacific Earthquake Engineering Research Center) performansa dayalı deprem mühendisliği araştırmaları için geliştirmiştir. Opensees (2017), kütüphanesinde yer alan çok çeşitli malzeme modelleri, eleman formülasyonları ve analiz metodları ile kullanıcı tabanlı bir yazılım olma özelliği göstermektedir.

3.2.1 Analitik modelde tanımlanan malzeme modelleri

Bu bölümde, yapının analitik modelinde kullanılan beton ve çelik malzeme modelleri hakkında bilgi verilmiştir.

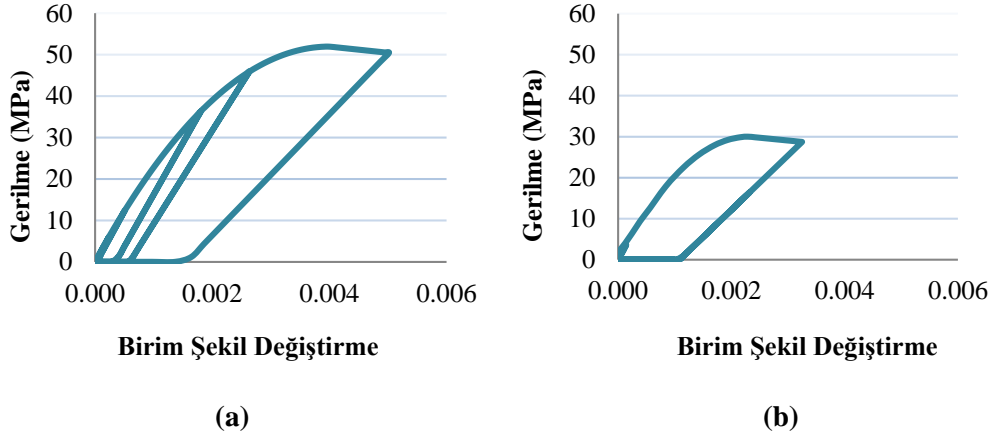
3.2.1.1 Beton malzeme modeli

Betona ait doğrusal olmayan gerilme-birim şekil değiştirme davranışı halihazırda Opensees (2017) programında tanımlı olan çekme gerilmelerinin dikkate alınmadığı Concrete01 malzeme modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Malzeme modeli tanımlanırken (i) beton basınç dayanımı, (ii) beton basınç dayanımına ulaştığı anda betondaki birim şekil değiştirme değeri, (iii) beton ezilme dayanımı ve (iv) beton ezilme dayanımına ulaştığı anda betondaki birim şekil değiştirme değeri sargılı ve sargısız beton malzemesi için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

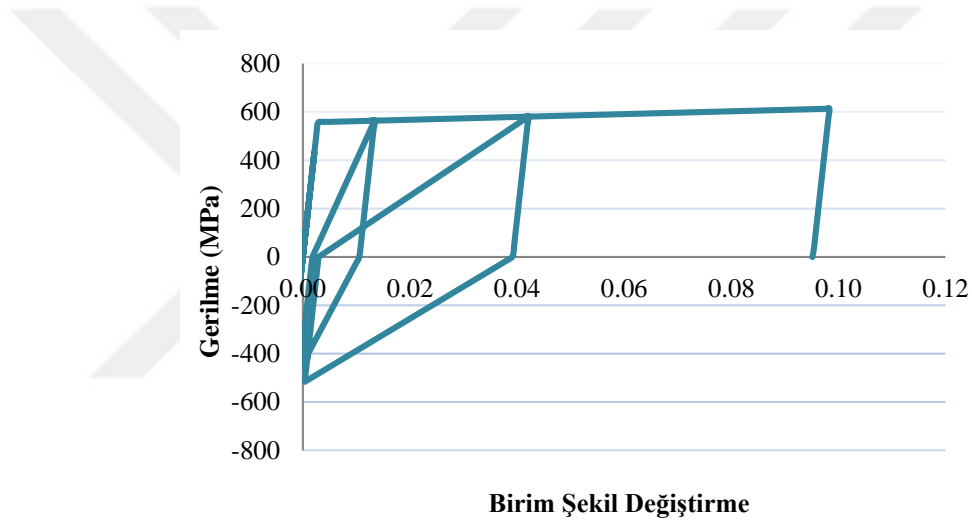
Sargılı ve sargısız betona ait doğrusal olmayan gerilme – şekil değiştirme ilişkisi elde edilirken, Mander ve diğ. (1988) tarafından önerilen gerilme ve birim şekil değiştirme değerleri kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda kolonların çekirdek betonunu oluşturan sargılı betona ait basınç dayanımı 51.9 MPa, ezilme dayanımı ise 43 MPa olarak elde edilmiştir. Betonun basınç dayanımına ulaştığı anda birim şekil değiştirme değeri ACI 318'e göre belirlenen elastisite modülü de dikkate alınarak 0.004 olarak hesaplanmıştır. Betonun ezildiği anda birim şekil değiştirme değerinin 0.01 olduğu kabul edilmiştir (Şekil 3.6a). Kolonların kabuk betonunu oluşturan sargısız betona ait basınç dayanımı, Kör Tahmin Yarışması organizasyon ekibinin yapmış olduğu malzeme deneylerinde elde edildiği gibi 30 MPa olarak alınmıştır. Ezilme anındaki basınç dayanımı, normal basınç dayanımının %80'i olarak 25 MPa hesaplanmıştır. Beton basınç dayanımına ve ezilme dayanımına ulaştığı anda birim şekil değiştirme değerleri sırasıyla 0.002 ve 0.006 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.6b). Kuvvet esaslı modellenen kolon elemanların eğrilik lokalizasyonlarını önlemek için kabuk betonda oluşması muhtemel dökülmeler ihmal edilmiştir (Coleman ve Spacone 2001).

3.2.1.2 Çelik malzeme modeli

Çelik donatılara ait doğrusal olmayan gerilme – şekil değiştirme davranışı için Opensees (2017) programında tanımlı olan tek eksenli histeretik malzeme modeli kullanılmıştır. Çelik malzemesine ait akma ve kopma dayanımları, Kör Tahmin Yarışması organizasyon ekibinin (LNEC - Laboratorio Nacional de Engenharia Civil) yapmış olduğu malzeme deneylerinde elde ettiği şekilde, sırasıyla 559 MPa ve 632 MPa olarak kabul edilmiştir. (Şekil 3.7).



Şekil 3.6 : (a) Sargılı betona ait doğrusal olmayan gerilme-birim şekil değiştirme davranışı (b) Sargısız betona ait doğrusal olmayan gerilme-birim şekil değiştirme davranışı.



Şekil 3.7 : Çelik malzemesine ait doğrusal olmayan gerilme-şekil değiştirme davranışı.

3.2.2 Kütle, ilave yükler ve yapı ağırlığı

Dinamik analizlerde göz önüne alınan yapı kütlesi ve kütle atalet momentleri, elemanların (kolonlar, kirişler ve döşeme) beton öz ağırlığı ve geometrik özellikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Sayısal modelde kolonlara ait kütleler kolonların üst noktasına, kirişlere ait kütleler ise kirişlerin orta noktasına tanımlanmıştır. Döşemeye ait kütle ve kütle atalet momenti, rijit diyafram olarak tanımlanan döşemenin orta noktasına ve ilave yüklemelere ait kütleler ve kütle atalet momentleri rijit diyaframın üzerinde ilave yüklerin geometrik merkezlerine atanmıştır.

Yapının toplam ağırlığı, döşeme üzerinde yer alan ilave yükler ile birlikte 160 kN olarak hesaplanmıştır. Sayısal modelde döşeme ve ilave yüklemelerden elde edilen

yükler kiriş elemanlar üzerine düzgün yayılı olarak aktarılmıştır. Kolon elemanların her birine ait eksenel yük seviyesi $0.034 f_c' A_g$ olarak hesaplanmıştır.

3.2.3 Elemanların eğilme kapasiteleri

Sayısal model oluşturulmadan önce kiriş elemanların ve mevcut eksenel yükler altındaki kolon elemanların eğilme kapasiteleri hesaplanmıştır. Bunun neticesinde yapıda zayıf kolon/güçlü kiriş durumu tespit edilmiştir. Bu tespitin yapılmasının temel amacı, sayısal modellemede uygun basitleştirmeler (Ör: kirişlerin kolonlardan güçlü olması durumunda kiriş elemanları etkin rijitlikleri ile tanımlanabilir; kolonların kirişlerden önce akacağı göz önünde bulundurularak sıyrıлма deformasyonlarını temsilen tanımlanacak dönel yaylar kolon uçlarına yerleştirilebilir vb.) yapabilmektir (Bayhan, 2013).

Kirişlerin eğilme rijitlikleri eleman kesitlerinin moment – eğrilik analizlerinden elde edilmiştir. Kirişler döşeme ile bir döküm olarak imal edildikleri için kiriş kesitleri oluşturulurken etkili tabla genişliği dikkate alınmıştır. Etkili tabla genişliği ACI 352 (2012) ve Eurocode-8 (2004) esas alınarak 400 mm olarak hesaplanmıştır. Kirişlerin eğilme kapasiteleri negatif ve pozitif momentler için ayrı ayrı elde edilmiştir. Çekmede betonun katkısı dikkate alınmamıştır.

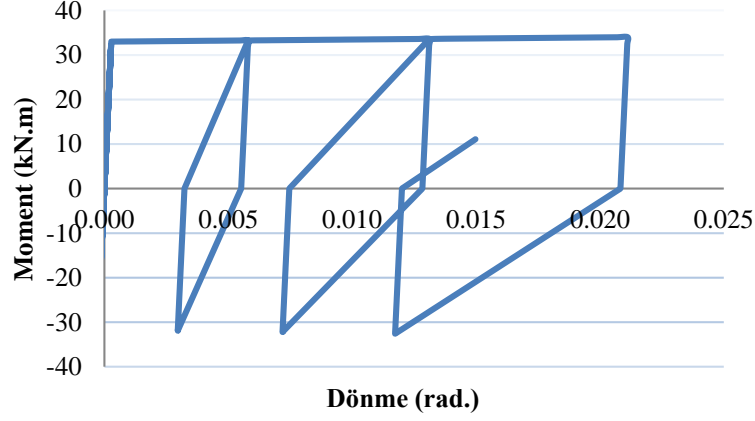
Moment - eğrilik analiz sonuçlarına göre hesaplanan kolon eğilme kapasitesinin kiriş eğilme kapasitesine oranları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar kirişlerin kolonlardan daha güçlü olduğunu göstermiştir.

Çizelge 3.2 : Kolon ve kiriş elemanlarının eğilme kapasitesi oranları (Kiriş (+) Kiriş pozitif eğilme yönü, Kiriş (-) Kiriş negatif eğilme yönü).

	Kiriş (+)	Kiriş (-)
$M_{kolon}/M_{kiriş}$	0.61	0.31

3.2.4 Kiriş elemanların tanımlanması

Yapıda güçlü kiriş/zayıf kolon tespitinin yapılması ile birlikte kirişler doğrusal elastik elemanlar ve bu elemanların her iki ucuna tanımlanan, doğrusal olmayan moment-eğrilik ilişkisini yansıtan dönel yaylar ile tanımlanmıştır. Bu dönel yaylara ait elastoplastik malzeme modeli Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : Dönel yaylara ait histeretik malzeme modeli.

3.2.5 Kolon elemanların tanımlanması

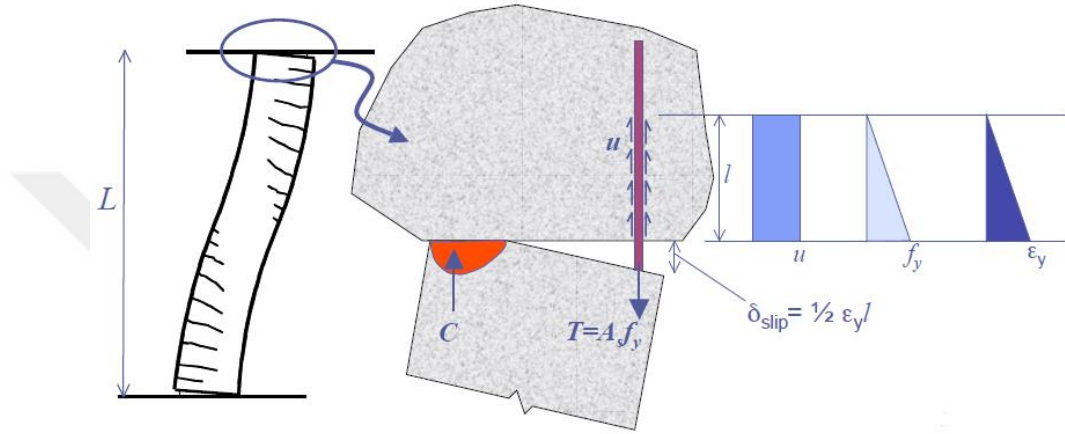
Kolon elemanları sayısal modelde, her iki yönde aksel yük – moment ilişkisini dikkate alan doğrusal olmayan elemanlar (nonlinear beam-column element + fiber sections) ile tanımlanmıştır. Kullanılan bu modelde, elemanın tamamında doğrusal moment dağılımının olduğu varsayılmaktadır. Deformasyonlar ise eleman üzerinde birden fazla noktada tanımlanan eğrilikler aracılığı ile dikkate alınmaktadır (Paspuleti, 2002).

Modelde Gauss-Loabatto integrasyonu kullanılarak eleman uçlarında oluşacak maksimum momentlerin hesaplara dahil edilmesi hedeflenmiştir. Elemanlar 5 integrasyon noktası ile tanımlanmıştır.

Doğrusal olmayan kolon elemanlara ait moment-eğrilik ilişkileri lif (fiber) kesitler ile tanımlanmıştır. Lif kesitlere sahip elemanların formülasyonu doğrusal geometri varsayımına (eğilmeden önce düzlem olan kesitler, eğilmeden sonrada düzlem kalırlar) dayanmaktadır. Bu varsayım, homojen malzemelerden oluşan elemanların küçük yer değiştirmeleri için kabul edilebilir olsa da donatı takviyeli betonlarda çatlama ve donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşacak daha büyük yer değiştirmeleri yansıtmada yeterli olmayabilmektedir. Betonda oluşacak çatlaklar akma öncesi davranış için önemli olsa da, büyük inelastik deformasyonların gerçekleştiği tekrarlı yükler altında ihmal edilebilmektedir. Bununla birlikte donatı sıyrılmasının deformasyona olan katkısı, tekrarlı yükler altında artmaktadır (Spacone ve diğ, 1996). Bu nedenle, sayısal modelde donatı sıyrılmasına bağlı oluşan deformasyonlar, kolon elemanlarının uçlarına tanımlanan basit elastik dönel yaylar ile dikkate alınmıştır. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin rijit olduğu varsayımı yapılmıştır.

3.2.6 Sıyırılma deformasyonunu yansıtan dönele yayların tanımlanması

Betonarme kolonun içinde yer alan boyuna donatılar kolon uçlarında oluşan eğilme momentlerinin etkisi ile Şekil 3.9’ da gösterildiği gibi çekme gerilmelerine maruz kalırlar. Çekme gerilmeleri etkisinde boyuna donatılar uzar veya betondan sıyırılır. Bu durum kolon uçlarında ilave dönmelere neden olur. Artan dönme değerlerine bağlı olarak kolon elemanlarının göreceli kat ötelemeleri de artış gösterir (Sezen ve Setzler, 2008).



Şekil 3.9 : Donatı sıyırılmasına bağlı olarak oluşan deformasyonlar (Elwood ve Eberhard, 2009).

Çelik donatılar, etkisi altında kaldıkları çekme gerilmesine (T_s) beton ile donatı arasında oluşan bağ gerilmesi (u) ile karşı koyarlar. Oluşan kuvvetlerin dengesinden Denklem 3.1 elde edilir.

$$T_s = A_s f_s = u (\pi d_b) \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de yer alan; A_s , çekme gerilmesine maruz kalan donatının alanı; f_s , donatı oluşan çekme kuvveti; d_b boyuna donatıların nominal çapı; l ise donatının çekme gerilmelerine karşı koyabilmesi için gerekli kenetlenme boyudur. Bağ gerilmesinin sabit olduğu varsayılırsa, çekme gerilmelerine maruz kalan donatı için gerekli kenetlenme boyu Denklem 3.2 ile elde edilir.

$$l = \frac{d_b f_s}{4u} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2 ve Şekil 3.9’da verilen üçgen birim şekil değiştirme diyagramının integrasyonundan boyuna donatıların sıyrılma deformasyonu, δ_{slip} aşağıdaki gibi elde edilir (Denklem 3.3). Bu denklemde yer alan ε_s , çekme gerilmelerine maruz kalan boyuna donatının birim şekil değiştirme değerini ifade etmektedir.

$$\delta_{slip} = \frac{\varepsilon_s d_b f_s}{8u} \quad (3.3)$$

Donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşabilecek ilave dönmelerin doğrusal elastik bölgede kalan etkisi, kolonların her iki ucuna tanımlanan dönel yaylar ile tanımlanabilir. Dönel yayların rijitliği, k_{slip} Denklem 3.4, 3.5 ve 3.6 kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\theta_{slip} = \frac{\delta_{slip}}{c} \quad (3.4)$$

$$k_{slip} = \frac{M}{\theta_{slip}} \quad (3.5)$$

$$k_{slip} = \frac{M_{0.004} c 8u}{\varepsilon_s d_b f_s} \quad (3.6)$$

Denklem 3.6’ da yer alan; c, çekme kuvvetlerine maruz kalan boyuna donatı ile kesitin tarafsız eksenini arasında kalan mesafe ve $M_{0.004}$, betondaki birim şekil değiştirme değeri 0.004 olduğu anda kesitteki eğilme moment değeridir.

Düşük aksenal yük seviyesine sahip kolonlarda çekme etkisinde kalan boyuna donatılarda akma gözlenir. Dolayısıyla çekme gerilmeleri nedeniyle boyuna donatıda oluşan kuvvetler (f_s), akma dayanımına (f_y) eşit alınabilir. Boyuna donatılarda oluşan çekme gerilmeleri kolon aksenal yük seviyesi arttıkça düşmekte ve tüm kolon kesitine basınç gerilmeleri hakim olduğunda sıyrılmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşan deplasmanların aksenal yük seviyesi düştükçe artması beklenmektedir.

Donatı sıyrılmasının doğrusal (linear) bölgede kalan etkisini analitik modele yansıtma için kolon elemanların temel ve kiriş elemanı ile birleştiği noktalara elastik

dönel yaylar modellenmiştir. Dönel yayların rijitliği Elwood ve Eberhard (2009) tarafından elde edilen Denklem 3.7 ile hesaplanmıştır.

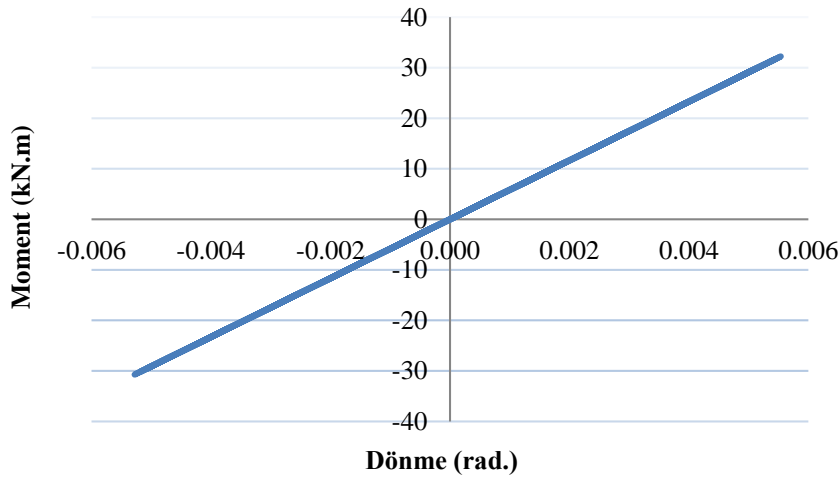
$$k_{slip} = \frac{8u}{d_b f_y} \frac{M_{0.004}}{\phi_y} = \frac{8u}{d_b f_y} EI_{flex} \quad (3.7)$$

Bu denklemde u , kolon boyuna donatıları üzerinde oluşan ortalama bağ gerilmesi; d_b , boyuna donatıların nominal çapı; f_y , boyuna donatıların akma dayanımı; EI_{flex} kolonların moment-eğrilik analizlerinden elde edilen etkin eğilme rijitliği olarak açıklanabilir.

Ortalama bağ gerilmesi, u , Sozen ve Moehle (1990) tarafından önerilen Denklem 3.8 ile hesaplanmıştır. Bu denklemde yer alan f_c' , betonun basınç dayanımıdır.

$$u = 0.83\sqrt{f_c'} \quad (3.8)$$

Şekil 3.10'da donatı sıyrılmasından dolayı meydana gelebilecek deformasyonlar için kolon uçlarında tanımlanmış, doğrusal elastik moment-dönme ilişkisi örneği verilmiştir.



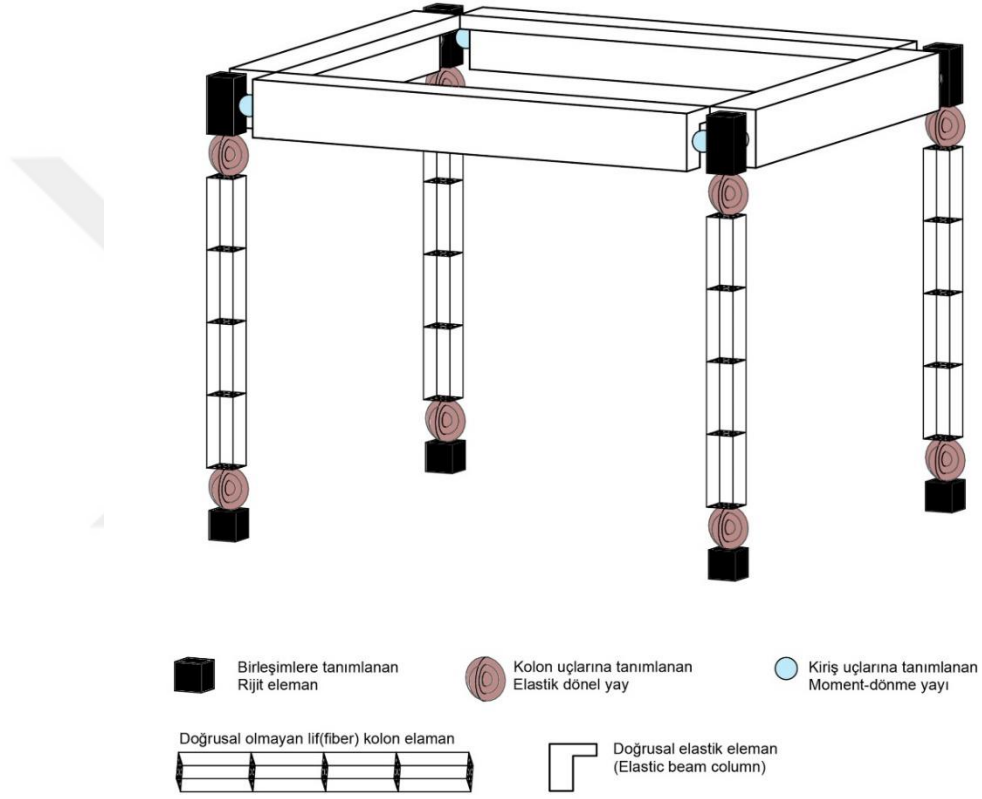
Şekil 3.10 : Donatı sıyrılmasına bağlı olarak meydana gelebilecek deformasyonlar için kolon uçlarında tanımlanmış, doğrusal elastik moment-dönme ilişkisi örneği.

Donatı sıyrılmasının modellendiği elastik dönel yayların rijitlikleri hesaplanırken aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır;

- Kolon boyuna donatıları üzerinde oluşan ortalama bağ gerilmesi, u , donatı üzerindeki çekme gerilmeleri sıfırlanıncaya kadar sabittir.

- Donatı sıyrılması miktarı, boyuna donatıların ankraj uzunluğu boyunca oluşan toplam uzamaya eşittir.
- Kesit dönmeleri çatlamış kesitin tarafsız ekseninde gerçekleşir.

Donatı sıyrılmalarına bağlı olarak oluşacak deformasyonların kolon uçlarına tanımlanan elastik dönel yaylar ile dikkate alındığı analitik modelin 3 boyutlu görünüşü Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11 : Donatı sıyrılmalarına bağlı olarak oluşacak deformasyonların kolon uçlarına tanımlanan elastik dönel yaylar ile dikkate alındığı analitik modelin 3 boyutlu gösterimi.

4. İVME KAYITLARININ SEÇİMİ

Yapıların bilgisayar modellerinin dinamik analizlerinde kullanılan ivme kayıtlarının özellikleri, elde edilecek sismik talepleri doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, bu çalışmada gerçekleştirilecek olan zaman-tanım alanındaki analizler için uygun ivme kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirilmesi önemli bir yer teşkil etmektedir.

Zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizler farklı ivme kayıtları ile gerçekleştirilebilir. Bunlardan biri yapay yer hareketlerine ait kayıtlardır. Yapay yer hareketlerine ait ivme kayıtları elde edilirken güç spektrumu yoğunluk fonksiyonu ve çeşitli genliklerde sinüzoidal sinyaller türetilir ve bu sinyaller istenilen tepki spektrumunu elde edecek şekilde toplanır (Özdemir, 2010). Bu yer hareketlerinde karşılaşılabilecek olumsuzluklardan biri, döngü sayısının çok fazla olması ve buna bağlı olarak açığa çıkacak enerjinin gerçeğin aksine çok yüksek olmasıdır. Ayrıca Özdemir ve Fahjan (2007) birden fazla kaydedilmiş yer hareketinin ortalamasını simgeleyen tasarım spektrumunun tek bir yapay yer hareketi ile ifade edilmesinin gerçekçi olmayacağı görüşündedirler.

Zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde kullanılacak bir diğer seçenek sentetik ivme kayıtlarıdır. Sentetik ivme kayıtları, yayılım ortamı ve zemin özelliklerini dikkate alan sismolojik kaynak modelleri kullanılarak elde edilir (Malcıoğlu, 2011). Bu yer hareketlerinin en büyük avantajı, büyüklük ve faya olan uzaklık gibi yer hareketi parametrelerinin birbirinden bağımsız olarak incelenmesine fırsatı sunmasıdır (Özdemir ve Dicleli, 2012).

Zaman-tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde genel olarak kullanılan ise daha önce meydana gelmiş depremler sırasında elde edilen ivme kayıtlarıdır. Deprem ivme kaydı, yer hareketinin genliği, süresi, faz özellikleri ve frekansları hakkında güvenilir bilgiler içermektedir. Ayrıca kayıtları etkileyen kaynak, yayılım ortamı ve zemin gibi faktörlerin etkisini de yansıtmaktadır. Bu nedenle deprem ivme kayıtlarının sismolojik parametreler dikkate alınarak kullanımı diğer yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır (Özdemir ve Fahjan, 2007).

Bu çalışmada, zaman-tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizlerde (i) sentetik ivme kayıtları ve (ii) gerçek ivme kayıtları kullanılmıştır.

4.1 Sentetik İvme Kayıtları

Yürütülen bu tez çalışmasının amaçlarından biri; tek katlı, tek açıklı, üç boyutlu, simetrik betonarme bir yapının, kuvvetli yer hareketlerinin farklı parametrelerine bağlı olarak ortaya çıkan sismik taleplerinin elde edilmesidir. İncelenen yer hareketi parametreleri;

- i. Depremin moment büyüklüğü, M_w
- ii. Faya olan uzaklık, R
- iii. İvme kaydı döngü sayısı, N dir.

Çalışmada bu parametrelerin etkisini birbirinden bağımsız olarak elde edebilmek için sentetik ivme kayıtları tercih edilmiştir. Moment büyüklükleri 6.0 ile 7.5 , faya olan uzaklıkları 3 km ile 18 km ve döngü sayısı 1 ile 4 arasında değişen 54 farklı sentetik ivme kaydı kullanılmıştır (Özdemir ve Dicleli, 2012). Özdemir ve Dicleli (2012), ivme kayıtlarını elde ederken azalım etkisini de dikkate alan bir yaklaşıma sahip olması nedeniyle Agraal ve He (2002) tarafından önerilen sinüzoidal analitik modeli tercih etmişlerdir. Bu analitik modelde ivme kayıtlarına ait hız ve ivme değerleri sırasıyla Denklem 4.1 ve Denklem 4.2 ile ifade edilmiştir.

$$\dot{u}_g = s.e^{-\xi_p \cdot \omega_p \cdot t} \sin \omega_p \sqrt{1 - \xi_p^2} t \quad (4.1)$$

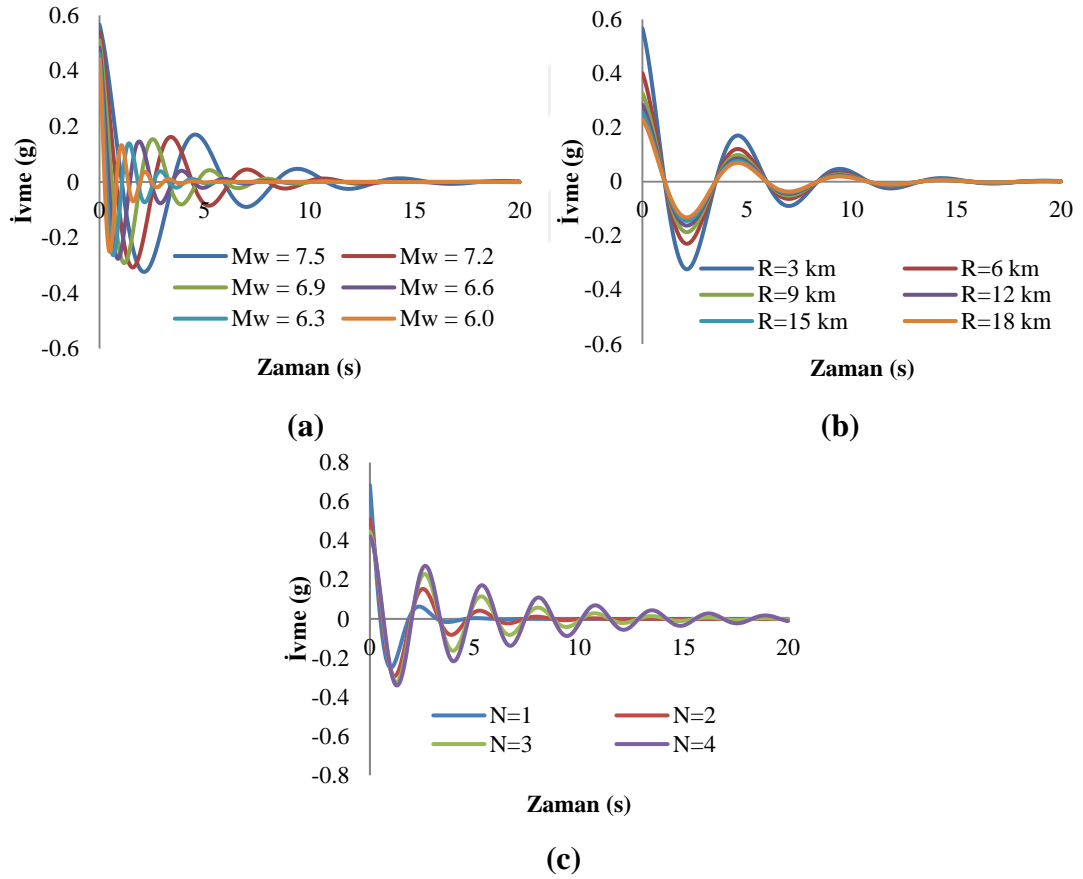
$$\ddot{u}_g = s.e^{-\xi_p \cdot \omega_p \cdot t} \left(-\xi_p \cdot \omega_p \cdot \sin \omega_p \sqrt{1 - \xi_p^2} t + \omega_p \sqrt{1 - \xi_p^2} \cdot \cos \omega_p \sqrt{1 - \xi_p^2} t \right) \quad (4.2)$$

Eşitlikte yer alan parametreler; ξ_p , sinüs eğrisine ait azalım faktörü; ω_p , sinüs eğrisinin frekansı; s , sinüs eğrisinin ilk genliği ve t , saniye cinsinden zaman aralığı olarak açıklanabilir.

Rodriguez-Merek (2000) yapmış olduğu çalışmada gerçek ivme kayıtlarının %50'sinin iki hız döngüsüne sahip olduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle Özdemir ve Dicleli (2012) moment büyüklüğünün ve faya olan uzaklığın değişken olduğu sentetik ivme kayıtlarında hız döngü sayısını iki olarak kabul etmişlerdir. Farklı hız döngü

sayısına sahip olan sentetik ivme kayıtlarının elde edilmesi için Denklem 4.1 ve 4.2'de yer alan azalım faktörü değiştirilmektedir. Özdemir ve Dicleli (2012) 1, 2, 3 ve 4 adet hız döngüsüne sahip kayıtların elde edilmesinde, azalım faktörünü sırasıyla 40, 20, 10.9, ve 7.2% olarak almışlardır. Özdemir ve Dicleli (2012) tarafından elde edilen ve bu çalışmada gerçekleştirilen dinamik analizlerde kullanılan sentetik ivme kayıtlarına ait örnek ivme-zaman serileri Şekil 4.1'de verilmiştir.

Şekil 4.1a' da faya olan mesafe 3 km ve ivme döngü sayısı 2 iken büyüklüğü 6 ile 7.5 arasında değişen 6 ivme kaydına ait ivme zaman serileri, Şekil 4.1b'de depremin moment büyüklüğü 7.5 ve döngü sayısı 2 iken faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen 6 sentetik ivme kaydına ait ivme-zaman serileri ve 4.1c'de depremin büyüklüğü 6.9 ve faya olan uzaklığı 3 km iken 1 ile 4 arasında değişen döngü sayılarına sahip 6 sentetik ivme kaydına ait ivme-zaman serileri verilmiştir.



Şekil 4.1 : Sentetik kayıtlara ait zaman-ivme serileri (a) R=3 km, N=2, Mw=6-7.5 (b) Mw=7.5, N=2, R=3-18 km (c) Mw=7.5, R=3 km N=1-4.

4.2 Gerçek İvme Kayıtları

Bu çalışmanın bir diğer amacı, deprem yer hareketlerine maruz kalan tek katlı veya başka bir ifadeyle kısa periyotlu betonarme yapılarda, yer hareketi yönünün sismik talepleri ne seviyede değiştirdiğini ortaya koymaktır. Bu hedef doğrultusunda, mevzu bahis betonarme yapıya ait sayısal modeller, birbirine dik yatay yönlerde eş zamanlı deprem yer hareketlerine maruz bırakılacaktır. Bu kapsamda daha önce meydana gelen depremler sırasında kaydedilmiş 30 çift yer hareketi ivme kaydı kullanılmıştır (Erşeker, 2016). Yer hareketi ivme kayıtlarının seçimi, ölçeklendirilmesi ve döndürülmesi ile açıklamalar bu bölümün alt başlıklarında verilmiştir.

4.2.1 İvme kayıtlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken parametreler

İvme kayıtlarının seçiminde dikkat edilecek üç önemli jeofiziksel parametre söz konusudur (Bommer ve Acevedo, 2004; Özdemir, 2010). Bunlar (i) depremin büyüklüğü, (ii) kırılmanın gerçekleştiği faya olan uzaklık ve (iii) zemin koşullarıdır.

Literatürdeki çalışmalarda, depremin büyüklüğünün yer hareketi seçimlerinde dikkate alınması gereken bir parametre olup olmadığı hakkında farklı fikirler mevcuttur. Shome ve diğ. (1998) ivme kayıtlarının, yapının hakim periyoduna denk gelen elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirilmesi durumunda, depremin büyüklüğünün ivme kayıtlarının seçiminde önemli bir parametre olmayacağını belirtmişlerdir. Bununla birlikte Shome ve diğ. (1998) çalışmanın sonunda seçilen ivme kayıtlarının kabaca benzer büyüklüklerde olmasını önermişlerdir. Stewart ve diğ. (2001) ise yaptıkları çalışmada deprem büyüklüğünün ivme kayıtlarının seçiminde önemli bir parametre olduğunu ve bu parametrenin depremin frekans içeriğini ve depremin süresini etkilediğini vurgulamışlardır. (Bommer ve Acevedo'nun, 2004'de atıfta bulunduğu gibi).

Bommer ve Acevedo (2004) çalışmalarında Stewart (2001) ile benzer bir sonuca vararak deprem büyüklüğünün ivme kayıtlarının önemli bir parametre olduğunu vurgulamışlardır ve ivme kayıtlarına ait büyüklüklerin birbirine mümkün olduğunca yakın seçilmesi önerisinde bulunmuşlardır.

İvme kayıtlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer parametre, kaydın alındığı istasyonun kırılmanın gerçekleştiği faya olan uzaklığıdır. Yapılan çalışmalarda varılan ortak kanı, faya olan uzaklığın ivme kayıtlarının seçiminde dikkat

edilmesi gereken bir parametre olduğudur. Bununla birlikte elde edilen bir diğer sonuç da faya olan uzaklığın yapıların doğrusal olmayan taleplerini, depremin büyüklüğü kadar etkilemediğidir (Özdemir, 2010).

İvme kayıtlarının seçiminde dikkate alınması gereken diğer parametre kaydın alındığı bölgeye ait zemin koşullarıdır. Zemin koşulları yer hareketlerine ait tepki spektrumlarının genliğini ve şeklini etkileyen, yer hareketinin yapısını değiştiren önemli bir parametredir. Bununla birlikte, geoteknik profilin çoğunlukla az sayıda güçlü yer hareketi kaydı kullanılarak oluşturulduğu düşünülürse, bu parametre için hedefe yakın bir eşleşme sağlanamayabileceği unutulmamalıdır (Bommer ve Acevedo, 2004). Ayrıca Boore (2004), belirlenen zemin profillerinin genellikle yeryüzünün en üstünde yer alan ilk 30 metrelik alanın doğasına dayanılarak elde edildiğini ancak daha derinde yer alan zeminlerin özelliklerinde yer hareketi üzerinde önemli etki gösterebileceğini belirtmiştir (Özdemir, 2010' da atıfta bulunduğu gibi).

4.2.2 Seçilen ivme kayıtları

Çalışmada kullanılacak gerçek ivme kayıtları seçilirken, kaydın büyüklüğünün 6.5'den fazla olmasına dikkat edilmiştir. Bunun nedeni depremin büyüklüğüne bağlı olarak artması öngörülen kritik sismik talepleri incelemek ve analitik modeller için en kritik koşulları elde edebilmektir.

Yaşanılan yıkıcı depremlerde ağır hasara uğrayan yapıların büyük bir çoğunluğunun depremin merkez üssüne yakın bölgelerde olduğu düşünülerek, çalışmada Somerville vd.' e (1997) göre yakın saha özelliği taşıyan, faya olan uzaklığı 20 km'den az olan kayıtlardan seçilmesine karar verilmiştir.

Zemin koşulları yer hareketlerine ait tepki spektrumlarının genliğini ve şeklini etkileyen, yer hareketinin yapısını değiştiren önemli bir parametredir (Özdemir, 2010). Bu nedenle, çalışmada kullanılacak kayıtların benzer zemin koşullarına sahip olmasına dikkat edilmiştir.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilecek doğrusal olmayan dinamik analizlerde, büyüklüğü 6.5'den fazla olan ve yakın saha özelliği taşıyan 30 çift yer hareketi ivme kaydı (Erşeker, 2016) kullanılmasına karar verilmiştir. Erşeker (2016), çalışmasında kullanmış olduğu ve bu çalışmada kullanılmak üzere seçilen ivme kayıtlarını maksimum yer hızı değerlerine göre üç gruba ayırmıştır. Bunun nedeni; Erşeker'in (2016) yapmış olduğu çalışmada, sismik izolasyonlu bir yapının kullanılması ve bu

tip yapıların yüksek periyotlarından dolayı yer hareketi hızından önemli ölçüde etkileniyor olmasıdır. Bu çalışmada kullanılan yapının periyodu sismik izolasyonlu yapılara oranla oldukça küçük olduğundan, seçilen ivme kayıtlarında Erşeker'in (2016) yapmış olduğu gruplama dikkate alınmamıştır. Seçilen ivme kayıtlarına ait özellikler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Seçilen ivme kayıtları ve özellikleri (Erşeker, 2016).

No	Deprem İsmi	Kayıt İstasyonu	M _w	R (km)	Bileşen	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
1	Imperial Valley	Brawley Airport	6.5	10.4	315	0.22	38.9	13.6
					225	0.16	35.8	22.3
2	Imperial Valley	Bond Corner	6.5	8.4	230	0.77	45.9	15.0
					140	0.59	45.2	16.7
3	Imperial	El Centro Array #10	6.5	6.2	050	0.17	47.5	31.1
					320	0.22	41.2	18.0
4	Loma	Gilroy Array #2	6.9	11.1	090	0.32	39.1	12.2
					000	0.37	32.9	7.0
5	Loma	Gilroy Array #3	6.9	12.8	090	0.37	44.7	19.4
					000	0.56	35.7	8.4
6	Northridge	Canyon Country W Lost Canyon	6.7	12.4	270	0.48	44.9	12.6
					000	0.41	43.0	11.8
7	Superstition Hills	El Centro Imp Co Center	6.5	18.2	000	0.36	46.4	17.4
					090	0.26	40.9	20.0
8	Chi-Chi	TCU138	7.6	9.8	E	0.19	41.0	36.4
					N	0.22	40.9	26.1
9	Chi-Chi	CHY035	7.6	12.7	W	0.25	45.6	12.0
					N	0.25	37.7	16.9
10	Chi-Chi	TCU050	7.6	9.5	N	0.13	42.4	52.0
					W	0.15	36.9	54.7
11	Duzce	Bolu	7.1	12.0	090	0.82	62.1	13.6
					000	0.73	56.4	23.1
12	Imperial Valley	EC Co Center FF	6.5	7.2	092	0.23	68.8	39.6
					002	0.21	37.5	15.9
13	Imperial Valley	El Centro Array #8	6.5	3.9	140	0.60	54.2	32.2
					230	0.45	49.2	35.3
14	Kocaeli	Duzce	7.5	15.4	180	0.31	58.9	44.2
					270	0.36	46.4	17.6
15	Kocaeli	Yarimca	7.5	4.8	060	0.27	65.7	57.2
					330	0.35	62.2	51.1
16	Northridge	Canoga Park Topanga Canyon	6.7	14.7	196	0.42	60.7	20.2
					106	0.36	32.1	9.1
17	Northridge	Saticoy	6.7	12.1	180	0.48	61.5	22.1
					090	0.37	28.9	8.4
18	Chi-Chi	CHY024	7.6	9.6	W	0.28	52.9	43.6
					N	0.18	49.0	31.1

Çizelge 4.1 (devam) : Seçilen ivme kayıtları ve özellikleri (Erşeker, 2016).

No	Deprem İsmi	Kayıt İstasyonu	M _w	R (km)	Bileşen	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
19	Chi-Chi	TCU101	7.6	2.1	W	0.20	67.9	75.5
					N	0.25	49.4	35.1
20	Chi-Chi	TCU109	7.6	13.1	N	0.16	53.1	34.8
					W	0.16	50.8	46.5
21	Duzce	Duzce	7.1	6.6	270	0.54	83.5	51.8
					180	0.35	60.0	41.8
					NS	0.52	84.0	27.7
22	Erzincan	Erzincan	6.7	4.4	EW	0.50	64.3	21.9
23	Imperial Valley	El Centro Array #4	6.5	7.1	230	0.36	76.5	58.9
					140	0.49	37.4	19.7
24	Imperial Valley	El Centro Array #5	6.5	4.0	230	0.38	90.5	63.0
					140	0.52	46.9	35.3
25	Northridge	Newhall	6.7	9.4	360	0.59	96.9	38.4
					090	0.58	74.9	18.0
26	Kobe	KJM	6.9	1.0	000	0.82	81.3	17.7
					090	0.60	74.4	20.0
27	Northridge	Sylmar Hospital	6.7	5.3	360	0.84	129.6	32.7
					090	0.60	78.2	16.0
28	Chi-Chi	CHY028	7.6	3.1	W	0.65	72.8	14.7
					N	0.82	67.0	23.3
29	Chi-Chi	TCU102	7.6	1.5	W	0.30	112.5	89.2
					N	0.17	77.2	44.9
30	Kobe	Takatori	6.9	1.5	000	0.61	127.2	35.8
					090	0.62	120.7	32.7

4.2.3 İvme kayıtları ve ölçeklendirme

Yönetmeliklerde doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizlerde kullanılacak ivme kayıtlarının belirlenen tasarım spektrumlarına uyumlu olması istenmektedir (Özdemir ve Fahjan, 2007). Bu nedenle seçilen ivme kayıtlarının, tasarım spektrumlarına göre ölçeklendirilmesi gerekmektedir.

Yapıların doğrusal olmayan dinamik analizlerinden elde edilen sismik talepleri, analizlerde kullanılan ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesine oldukça duyarlıdır. Çünkü; ölçekleme yöntemine bağlı olarak, elde edilen talepler, olması gereken değerlerin altında veya üstünde sonuçlar verebilmektedir (Özdemir, 2010). Bu nedenle, uygun ölçeklendirme yönteminin seçimi önemlidir.

İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesinde iki temel yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki frekans tanım alanında gerçekleştirilen ölçeklendirme metodudur. İlk defa Huang (2008) tarafından bir nükleer santral yapısının analizlerinde kullanılmak için

geliştirilmiş olan bu yöntemde, ivme kayıtlarının tek bir bileşeni için genlik veya frekans ölçeklendirilmesi yapılmıştır. İkinci yöntem ise zaman tanım alanında gerçekleştirilen ölçeklendirme yöntemidir. İlk defa sismik izolasyonlu bir yapının doğrusal olmayan analizleri için geliştirilen bu yöntemde ivme kayıtlarının her iki bileşeni dikkate alınmaktadır ve ivme kayıtlarına ait genlikler üzerinden ölçeklendirme yapılmaktadır (Özdemir, 2010).

Huang ve diğ. (2006) yukarıda bahsedilmiş olan iki ölçeklendirme metodunun karşılaştırılmasını yaptıkları çalışmalarında, frekans tanım alanında ölçeklendirme metodunun doğrusal olmayan yapıların analizinde daha küçük talepler elde edilmesine neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca ivme ve yerdeğiştirme taleplerinin önemli olduğu analizlerde frekans tanım alanında ölçeklendirme metodunun kullanılmamasını önermişlerdir (Özdemir, 2010' de atıfta bulunduğu gibi).

Zaman tanım alanında ölçeklendirme metodunun iki farklı yaygın kullanımı vardır. Bunlardan ilki yapıya ait doğal hakim periyoduna göre yapılan zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemidir. Bu yöntemde seçilen ivme kayıtlarının spektral ivme değerleri, yapıya ait doğal hakim periyoduna denk gelen tasarım spektrum değerine göre ölçeklendirilmektedir (Shome ve diğ., 1998). Bu yöntemin en önemli sakıncası yapıların doğal hakim periyotlarının her zaman tam olarak belirlenememesidir. Ayrıca gerçekleştirilen dinamik analizler süresince yapıda meydana gelen hasarlar nedeniyle yapı hakim periyotlarının uzaması söz konusudur. Bununla birlikte yüksek modların etkisinin de önemli olduğunun düşünüldüğü durumlarda, ki bu modlara ait periyotlar yapı hakim periyodundan düşük olmaktadır, bu yöntemden elde edilen sonuçlar yetersiz kalacaktır (Özdemir, 2010).

Bu metoda ait ikinci yöntem ise belirli bir periyot aralığında gerçekleştirilen zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemidir. Bu yöntemde ölçeklendirme iki periyot değeri arasında gerçekleştirildiği için yapının analizler sırasında uzayan periyodu ve yüksek modların etkisi dikkate alınabilmektedir. İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesi hedef spektrum eğrisi ile ivme kayıtları arasında ki farkların en küçük kareler yöntemi (SRSS) ile küçültülmesi esasına dayanmaktadır. İvme kayıtlarına ait bileşenlerin her iki bileşeni için ölçeklendirmenin gerektiği durumlarda, aynı yöntem iki bileşene ait geometrik ortalama üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem geometrik ortalama ölçeklendirmesi (Geo-mean scaling) olarak tanımlanmaktadır.

İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesi üzerine yapılan çalışmalarda, elde edilen ölçek katsayılarının belirli sınır değerlerin altında kalması görüşü sıkça vurgulanmıştır. Krinitzky ve Chang (1977) ölçek katsayısı dörtten büyük olan ivme kayıtlarının kullanılmaması gerektiği görüşünü öne sürmüşlerdir. Vanmarcke (1979) ise sivilaşma analizlerinde ölçek katsayısı için üst sınırı iki olarak belirlemiştir. Hancock ve diğ. (2008) ölçek katsayısı 10' a kadar olan analizlerden elde edilen sonuçlarda yapısal taleplerde düzenli bir artma ve azalma görülmediğini tespit etmişlerdir. Ayrıca yazarlar elde edilen büyük ölçeklendirme katsayılarının nedeninin kayıtların seçiminde büyüklük ve spektral şekil açısından birbirine uyumsuz kayıtların seçiminden kaynaklanabileceği vurgusunu yapmışlardır (Özdemir, 2010' de atıfta bulunduğu gibi).

İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesi sırasında dikkat edilecek bir diğer husus, kullanılacak ivme kayıtlarının sayısıdır. Yönetmelikler bu konuda iki farklı seçenek sunmaktadır. Birincisi en az üç ivme kaydının seçilmesi ve bu ivme kayıtları ile yapılan analizlerden elde edilen maksimum sonuçların dikkate alınmasıdır. İkinci seçenek ise en az yedi ivme kaydı kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen taleplerin ortalamasının alınmasıdır. Bununla birlikte araştırmacılar (Shome ve diğ. 1998, Hancockve diğ. 2008, Bommer ve Acevedo 2004) yapılacak uygun ölçeklendirme ile dinamik analizlerde kullanılması gereken yer hareketi sayısının azaltacağı görüşündedirler (Özdemir, 2010' de atıfta bulunduğu gibi).

Özdemir (2010) geçmişte yapılan çalışmalardan elde ettiği sonuçları derleyerek, uygun ölçeklendirme metodunun seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli noktaları aşağıdaki gibi açıklamıştır;

- Ölçeklendirme metodu yapı hakim periyodundan bağımsız olmalı ve tek bir periyot değerinden ziyade bir periyot aralığını kapsamalıdır,
- Yapıların sismik taleplerini elde etmek için kullanılacak yer hareketlerinin sayısı mümkün olduğunca az olmalıdır.
- Uygulanabilirliği yalnızca uzak saha ivme kayıtları ile sınırlı olmamalıdır, yakın saha ivme kayıtları için de kullanılabilirdir,
- Seçilen ivme kayıtlarının dağılımı belirlenen tasarım spektrumu özelliklerini sağlamalıdır.

- İvme kayıtlarının her iki yatay bileşeni de ölçeklendirme yapılabilmelidir,
- Ölçeklendirme katsayısı çok büyük olmamalıdır. Dörtten daha az olmalıdır.

4.2.4 Seçilen ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi

Bu çalışmada kullanılan 30 çift gerçek ivme kaydının ölçeklendirilmesi, Özdemir'in (2010) kullanmış olduğu yöntemle benzer şekilde, iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, geometrik ortalama ölçeklendirmesi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, çeşitli periyot değerlerinde, yer hareketi bileşenlerine ait ivme spektrumlarının geometrik ortalaması ile belirlenen hedef spektrum değerleri arasındaki farkların, başka bir ifadeyle hataların (ε), en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Bu hatalar Denklem 4.5 ile hesaplanmaktadır;

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n b_i (a_1 \cdot y_i - y_{Ti})^2 \quad (4.5)$$

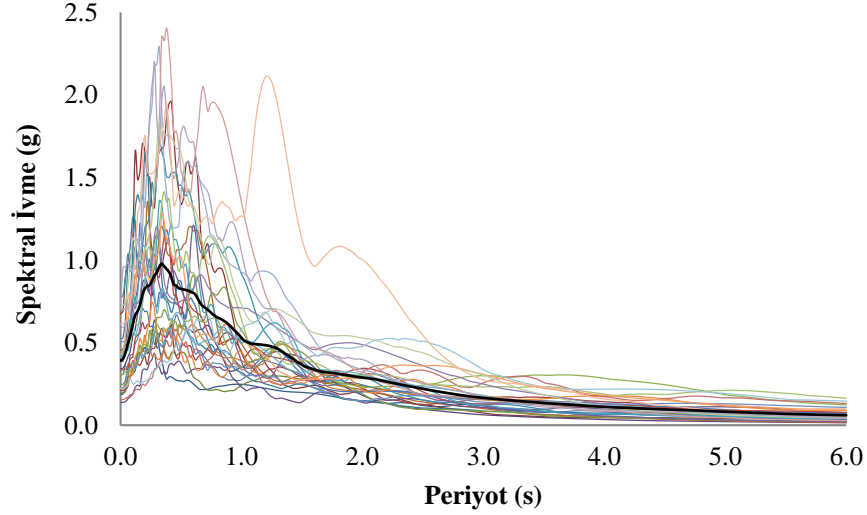
Bu denklemde yer alan b_i , belirlenen T_i periyot değerine ait ağırlık faktörü; a_1 her bir yer hareketi çiftine ait ölçeklendirme faktörü; y_i yer hareketi bileşenlerine ait ivme spektrumlarının T_i periyodundaki geometrik ortalaması; y_{Ti} hedeflenen spektrum eğrisinin T_i periyodundaki değeri; n hedef spektrum değerlerinin sayısıdır.

Minimum hata için ölçeklendirme faktörü a_1 , Denklem 4.5'in türevinin sıfıra eşitlenmesi ile elde edilmektedir (Denklem 4.6 ve Denklem 4.7).

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial a_1} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^n 2b_i y_i (a_1 \cdot y_i - y_{Ti}) = 0 \quad (4.6)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n b_i y_i y_{Ti}}{\sum_{i=1}^n b_i y_i} \quad (4.7)$$

Seçilen yer hareketlerine ait ivme spektrumları yukarıda da belirtildiği gibi, ivme bileşenlerinin birbirine dik iki yatay bileşenine ait ivme spektrumlarının geometrik ortalaması alınarak elde edilmiştir. Şekil 4.2' de yer hareketlerinin geometrik ortalama yöntemi ile elde edilen ivme spektrumları ve bu spektrumların ortalamaları verilmiştir.



Şekil 4.2 : Seçilen yer hareketlerine ait ivme spektrumları ve ortalamaları.

İvme kayıtları ölçeklendirilirken tek bir periyot değerinden ziyade bir periyot aralığının dikkate alınmasının daha doğru sonuçlar vereceği düşünüldüğü için bu çalışmada yapı hakim periyodu, T_1 esas alınarak ölçeklendirme aralığı $0.5T_1$ ve $2T_1$ olarak belirlenmiştir. Bu periyot aralığı beş parçaya bölünerek, beş farklı periyot değeri için ölçeklendirme yapılmıştır. Bu periyot değerlerine ait ağırlık faktörleri, b_i birbirine eşit ve 0.2 olarak seçilmiştir.

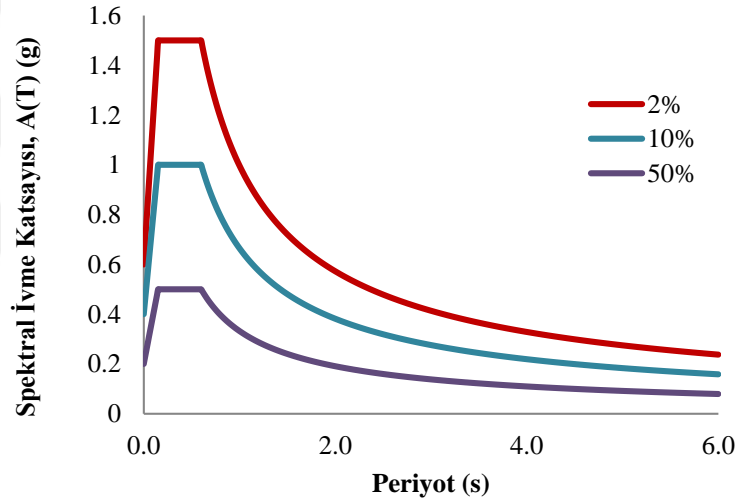
Ölçeklendirmenin yapılacağı hedef spektrum eğrileri, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’de (DBYBHY 2007) tanımlanan üç farklı performans seviyesi, 50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2, olarak belirlenmiştir. İlk olarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremlere ait hedef spektrum eğrisi elde edilmiştir. Spektrum karakteristik periyotları Z3 zemin sınıfı için $T_A=0.15$ ve $T_B=0.60$ olarak alınmıştır. Spektral ivme değeri Denklem 4.8 ile hesaplanmıştır.

$$A(T) = A_o I S(T) \quad (4.8)$$

Eşitlikte yer alan parametreler, $A(T)$ spektral ivme katsayısı, A_o etkin yer ivme katsayısı, I bina önem katsayısı ve $S(T)$ spektrum katsayısıdır. Etkin yer ivme katsayısı A_o , yapının 1. Deprem bölgesinde olduğu düşünülerek 0.40 olarak alınmıştır. Bina önem katsayısı, I , 1 olarak seçilmiştir. Spektrum katsayısı, $S(T)$ 0 ile 6 saniye aralığındaki tüm periyot değerleri için 0.01 saniye arayla Denklem 4.9’a göre hesaplanmıştır.

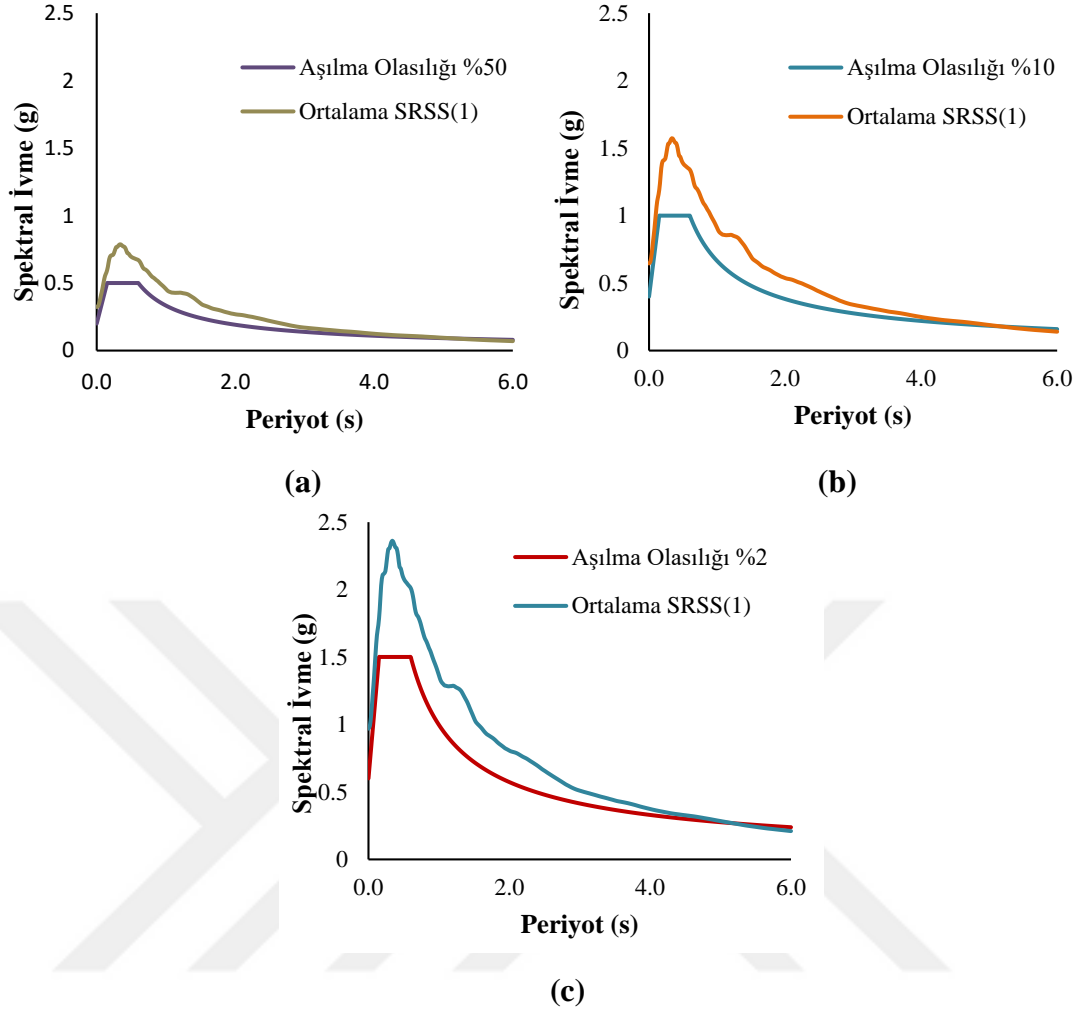
$$\begin{aligned}
S(T) &= 1 + 1.5 \left(\frac{T}{T_A} \right) & (0 \leq T \leq T_A) \\
S(T) &= 2.5 & (T_A < T \leq T_B) \\
S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T)
\end{aligned} \tag{4.9}$$

Diğer performans seviyelerine ait spektrum eğrileri DBYBHY'e (2007) göre elde edilmiştir. 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremlere ait spektral ivme katsayıları, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için elde edilen ivme katsayılarının 1.5 katı olarak alınmıştır. Aynı şekilde 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremlere ait spektrum eğrisi, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için elde edilen ivme katsayılarının yarısı alınarak elde edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : DBYBHY'de (2007) ifade edilen üç farklı performans seviyesine göre, (50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2) elde edilen hedef spektrum eğrileri.

Ölçeklendirmenin ilk aşamasında, yukarıda verilen hedef spektrum, ağırlık faktörü, periyot bilgileri ve Denklem 4.7 kullanılarak her bir yer hareketi için ölçeklendirme faktörü, a_j elde edilmiştir. Daha sonra yer hareketlerinin birbirine dik yatay bileşenlerine ait ivme spektrumları, elde edilen ölçeklendirme faktörü ile çarpılarak kareleri toplamının karekökü yöntemi ile ortalamaları (SRSS1) hesaplanmıştır. Ölçeklendirmenin birinci aşamasında, 30 çift yer hareketi bileşeninden elde edilen ivme spektrumlarının ortalaması (Ortalama SRSS1) ile hedef spektrum eğrilerinin, 50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2, karşılaştırması Şekil 4.4'de verilmiştir.



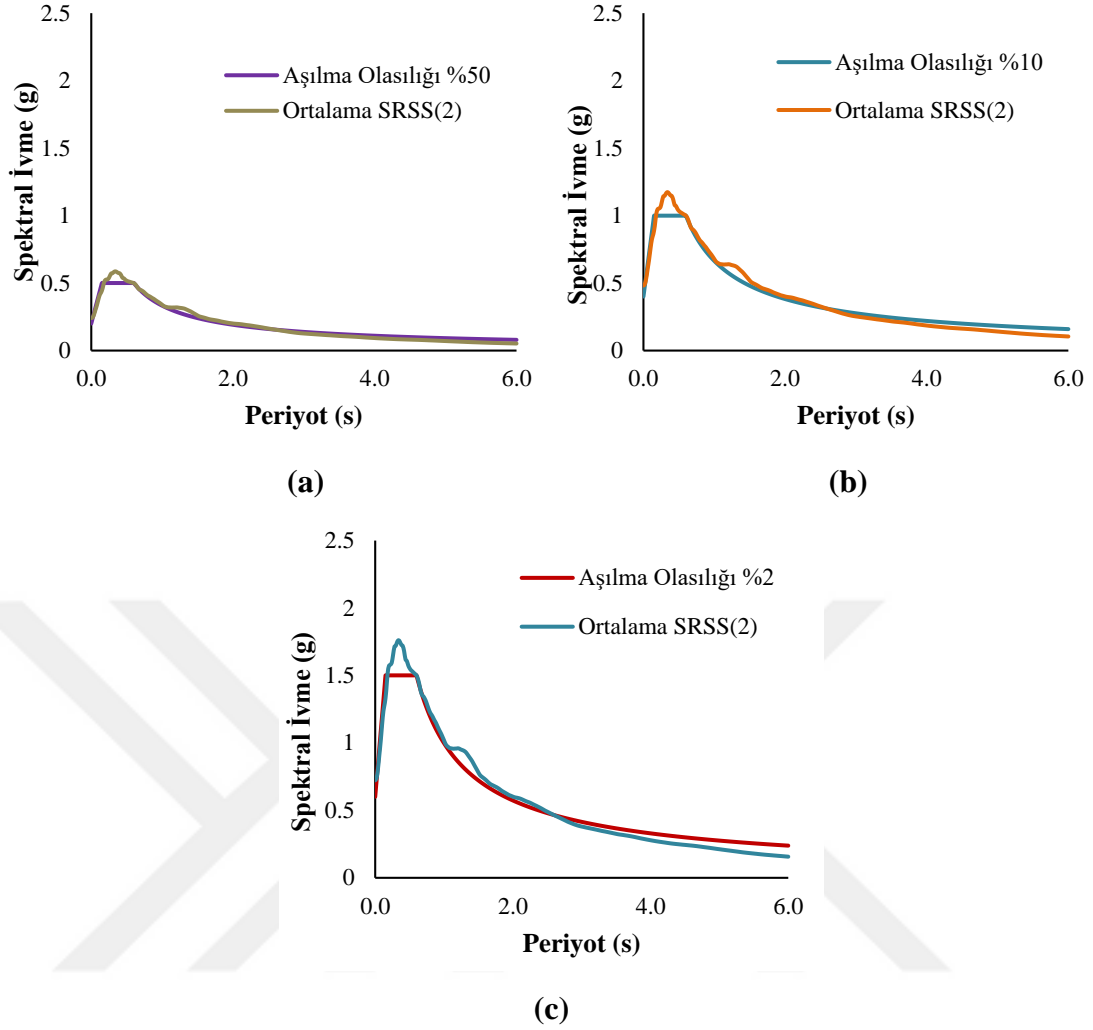
Şekil 4.4 : 50 yılda aşılma olasılığı (a) %50 (b) %10 ve (c) %2 olan hedef spektrum eğrileri ile ölçeklendirmenin birinci aşamasından elde edilen ortalama ivme spektrumları (SRSS1) arasındaki farklar.

Şekil 4.4’ de verilen grafikler incelendiğinde, ölçeklendirmenin birinci aşamasında elde edilen ortalama spektrum eğrilerinin (ortalama SRSS1), 50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2 olan hedef spektrum değerlerinin üzerinde kaldığı görülmektedir. Ölçeklendirmenin ikinci aşaması, birinci aşamada elde edilen ve Şekil 4.4’de verilen ortalama spektrum eğrilerinin, hedef spektrum değerlerine uygun hale getirmek için yapılmaktadır. Bu amaçla, belirlenen bir periyot değeri için birinci aşamada elde edilen ortalama spektrum değeri (SRSS1), hedef spektrum değeri ile oranlanarak ikinci bir ölçeklendirme katsayısı, a_2 elde edilmiştir. Ölçeklendirmenin birinci ve ikinci aşamasında hesaplanan a_1 ve a_2 katsayıları çarpılarak tek bir, sonuç ölçeklendirme katsayısı, a , elde edilmiştir. Her bir deprem için sonuç ölçeklendirme katsayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Performans seviyelerine göre ölçeklendirme katsayıları.

Yer Hareketi	Ölçeklendirme Katsayısı,a			Yer Hareketi	Ölçeklendirme Katsayısı,a		
	%50	%10	%2		%50	%10	%2
Imperial Valley (Brawley Airport)	0.88	1.76	2.64	Northridge (Canoga Park Topanga Canyon)	0.45	0.91	1.36
Imperial Valley (Bond Corner)	0.27	0.54	0.82	Northridge (Saticoy) Chi-Chi (CHY024)	0.38	0.75	1.13
Imperial Valley (El Centro Array #10)	0.85	1.69	2.54	Chi-Chi (CHY024)	0.75	1.50	2.26
Loma Prieta (Gilroy Array #2)	0.49	0.98	1.47	Chi-Chi (TCU101)	0.74	1.49	2.23
Loma Prieta (Gilroy Array #3)	0.37	0.74	1.10	Chi-Chi (TCU109)	0.82	1.64	2.45
Northridge (Canyon Country W Lost Canyon)	0.39	0.79	1.18	Düzce (Düzce)	0.35	0.69	1.04
Superstition Hills (El Centro Imp Co Center)	0.73	1.47	2.20	Erzincan (Erzincan)	0.38	0.75	1.13
Chi-Chi (TCU138)	0.71	1.42	2.13	Imperial Valley (El Centro Array #4)	0.52	1.05	1.57
Chi-Chi (CHY035)	0.51	1.02	1.53	Imperial Valley (El Centro Array #5)	0.39	0.78	1.17
Chi-Chi (TCU050)	1.03	2.05	3.08	Northridge (Newhall)	0.22	0.45	0.67
Düzce (Bolu)	0.26	0.53	0.79	Kobe (KJM)	0.21	0.42	0.63
Imperial Valley (EC Co Center FF)	0.70	1.40	2.10	Northridge (Sylmar Hospital)	0.24	0.48	0.73
Imperial Valley (El Centro Array #8)	0.38	0.77	1.15	Chi-Chi (CHY028)	0.23	0.45	0.68
Kocaeli (Düzce)	0.50	1.01	1.51	Chi-Chi (TCU102)	0.67	1.34	2.02
Kocaeli (Yarımca)	0.61	1.22	1.83	Kobe (Takatori)	0.24	0.49	0.73

Elde edilen sonuç ölçeklendirme faktörü ile yer hareketlerinin birbirine dik yatay bileşenlerine ait ivme spektrumları çarpılarak kareleri toplamının karekökü yöntemi ile ortalamaları (SRSS2) hesaplanmıştır. Ölçeklendirmenin birinci aşamasında, 30 çift yer hareketi bileşeninden elde edilen ivme spektrumlarının ortalaması (Ortalama SRSS2) ile hedef spektrumların, 50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2, karşılaştırması Şekil 4.5’de verilmiştir.



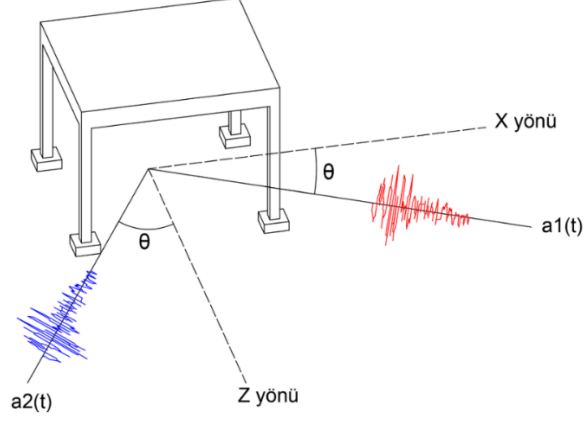
Şekil 4.5 : 50 yılda aşılma olasılığı (a) %50 (b) %10 ve (c) %2 olan hedef spektrum eğrileri ile ölçeklendirmenin son aşaması ile elde edilen ortalama ivme spektrumları (SRSS2) arasındaki farklar.

4.2.5 İvme kayıtlarının döndürülmesi

Yapıların sayısal modellerinin doğrusal olmayan dinamik analizlerinde, yer hareketi ivme kayıtları genellikle yapıların birbirine dik yatay asal eksenleri doğrultusunda etki ettirilmektedir. Halbuki, deprem yer hareketinin iki yatay asal eksen doğrultusunda yapıya etkimesi yalnızca basitleştirilmiş bir kabulden ibarettir. Bu nedenle dinamik analizlerde yer hareketinin farklı yönlerde etkimesi konusu dikkate alınarak en kritik koşulun elde edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, yer hareketi yönünün yapı davranışına etkisini dikkate alabilmek amacıyla, seçilen ve ölçeklendirilen ivme bileşenlerinin yapıya, yapısal eksenler ile herhangi bir θ açısı yapacak şekilde etki ettiği varsayılmıştır (Şekil 4.6). Yer hareketi ivme bileşenleri Denklem 4.10' da verilen doğrusal dönüşüm eşitliği kullanılarak

yapısal eksenler doğrultusunda bileşenlerine ayrılmıştır. Elde edilen yeni ivme bileşenleri, dinamik analizlerde yapısal eksenler doğrultusunda her iki yönde eş zamanlı olarak uygulanmıştır.

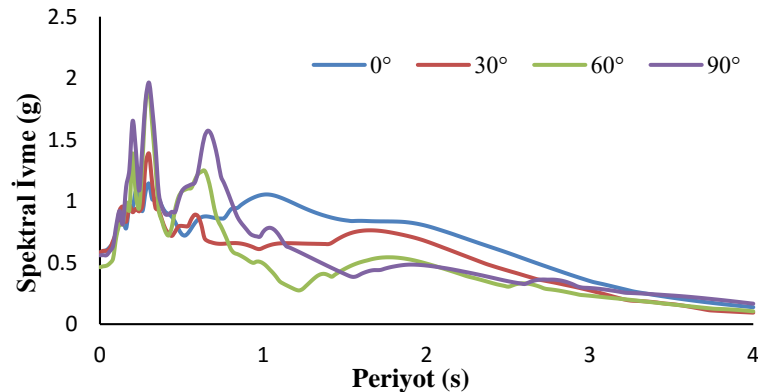


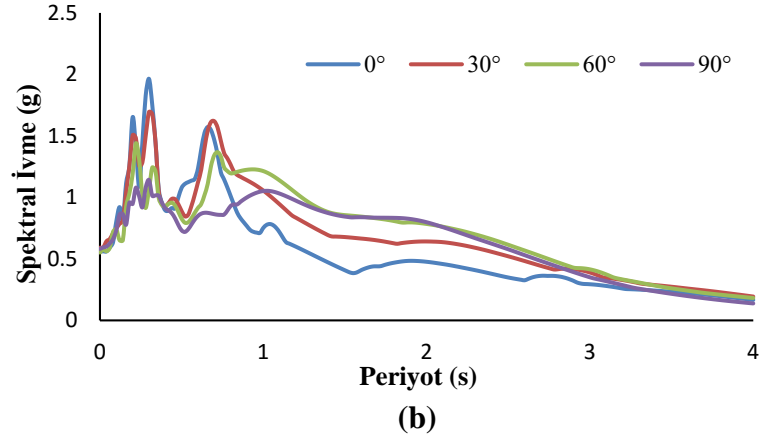
Şekil 4.6 : Yapısal eksenlerden farklı yönlerde etkiyen yer hareketi.

Çalışmada kullanılmak üzere seçilen ve ölçeklendirilen ivme kayıtları, başlangıç ya da başka bir ifadeyle orijinal değerleri 0° kabul edilerek 10° aralıklarla 180° 'ye kadar Denklem 4.10 kullanılarak döndürülmüştür. Dönme açısı için üst sınır değerinin 180° olarak seçilmesinin nedeni, analizleri gerçekleştirilecek yapı modelinin simetrik olmasıdır.

$$\begin{pmatrix} a_x t \\ a_z t \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_1 t \\ a_2 t \end{pmatrix} \quad (4.10)$$

Erzincan (Erzincan) Depremine ait ivme bileşenlerinin orijinal (0° , döndürülmemiş değerler) ve 30° , 60° ve 90° döndürülmüş ivme değerleri kullanılarak elde edilmiş spektrum eğrileri Şekil 4.7' da örnek olarak gösterilmiştir.





Şekil 4.7 : Erzincan depremi Erzincan kaydı, aşılma olasılığı %2 olan performans seviyesine göre (DBYBHY, 2007) ölçeklendirilmiş orijinal ve 30°, 60° ve 90° döndürülmüş ivme kayıtların ait spektrum eğrileri (a) X yönü (b) Z yönü.

5. ANALİZ SONUÇLARI

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında yürütülen dinamik analizlere ait sonuçlar verilmiştir.

İlk aşamada, sentetik ivme kayıtları ile yapılan dinamik analizlerin sonuçlarına değinilmiştir. Sonuçlar, kuvvetli yer hareketi parametrelerinin (depremin moment büyüklüğü, M_w ; faya olan uzaklığı, R ve döngü sayısı, N) her biri için ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

İkinci aşamada, seçilen deprem yer hareketlerine ait ivme kayıtları DBYBHY'de (2007) belirtilen farklı yapı performans seviyelerine göre ölçeklendirilmiş ve daha sonra 0° 'den 180° 'ye kadar 10° aralıklarla döndürülmüş 30 çift ivme kaydı ile gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerin sonuçları incelenmiştir.

Her iki aşamada da tüm sonuçlar donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dikkate alındığı ve alınmadığı iki model için karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İncelenen sismik talep parametreleri, görelî kat ötelemeleri ve taban kesme kuvvetleridir.

5.1 Sentetik İvme Kayıtları Kullanılarak Gerçekleştirilen Dinamik Analizler

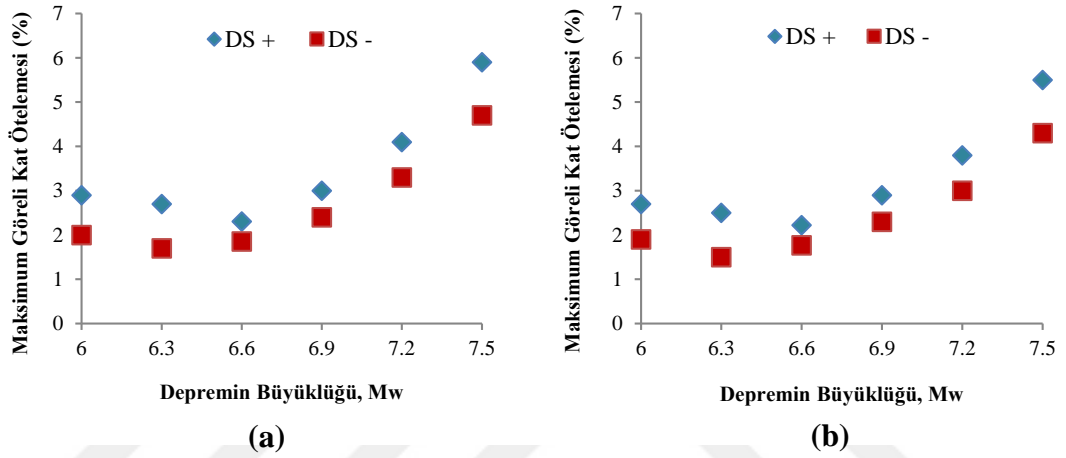
Bu bölümde, sayısal modellerin dinamik analizleri yakın saha özelliği taşıyan toplam 54 sentetik ivme kaydı kullanılarak, modellerin her bir asal ekseninde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, yakın saha özelliği taşıyan sentetik ivme kayıtlarına ait güçlü yer hareketi parametreleri göz önünde bulundurularak ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

5.1.1 Depremin büyüklüğünün yapı davranışına etkisi

Deprem büyüklüğünün görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvvetleri taleplerine olan etkisini incelemek için moment büyüklüğü 6.0 ile 7.5 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve yer hareketi döngü sayısı 2 olan sentetik ivme kayıtları kullanılmıştır.

5.1.1.1 Görelî kat ötelemesi talepleri

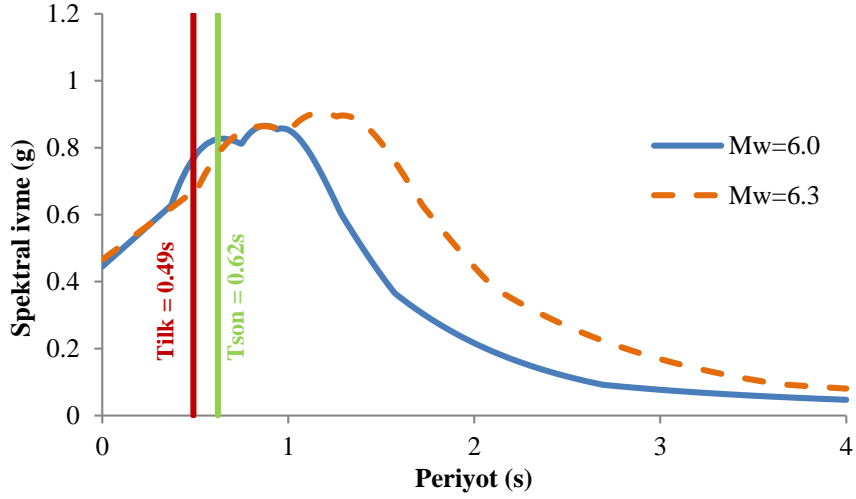
Faya olan uzaklık 3 km ve yer hareketi döngü sayısı 2 değerleri sabit kabul edilirken moment büyüklüğü değerlerinin ($M_w = 6, 6.3, 6.6, 6.9, 7.2, 7.5$) değişken olarak alındığı dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dahil edildiği ve dahil edilmediği her iki sayısal model için Şekil 5.1’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre görelî kat ötelemesi değerleri, deprem büyüklüğü 6.9, 7.2 ve 7.5 için artış göstermektedir. Ancak deprem büyüklüğü 6.0, 6.3 ve 6.6 için, artan deprem büyüklüğü ile birlikte sismik taleplerde azalma tespit edilmiştir.



Şekil 5.1 : Deprem büyüklüğünün görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık, $R=3$ km ve döngü sayısı, $N=2$) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

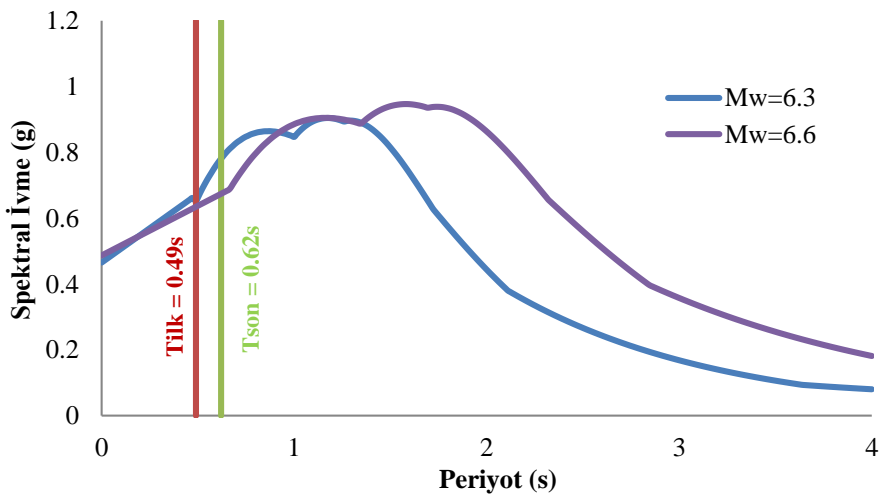
Deprem büyüklüğü artış gösterirken görelî kat ötelemelerindeki azalmanın nedeni burada incelenecektir. Bu amaçla, büyüklüğü 6.0, 6.3 ve 6.6 olan sentetik ivme kayıtlarının ivme tepki spektrumları sırasıyla Şekil 5.2’de gösterildiği gibi elde edilmiştir. İvme tepki spektrumları kullanılarak sayısal modellerin doğal hakim periyoduna denk gelen spektral ivme değerleri her iki yön için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Aşağıdaki sonuçlar tespit edilmiştir;

- Büyüklüğü 6.3 ve 6.0 olan depremlere ait ivme spektrumları incelendiğinde, büyüklüğü 6.0 olan deprem yer hareketi etkisinde yapının daha büyük spektral ivme değerlerine maruz kaldığı görülmüştür (Şekil 5.2). Dolayısıyla yapıya etkiyen deprem kuvvetleri de daha fazla olacaktır. Bu sonuç, büyüklüğü 6.0 olan depremde görelî kat ötelemesi taleplerinin daha fazla olmasının nedenini açıklamaktadır.



Şekil 5.2 : Büyüklüğü 6.0 ve 6.3 olan ivme kayıtların a ait spektral ivme grafikleri ve yapının başlangıç ve uzamış (son) periyot değerleri.

- Büyüklüğü 6.3 ve 6.6 olan depremlere ait ivme spektrumları incelendiğinde, büyüklüğü 6.6 olan depreme ait ivme spektrumunun, büyüklüğü 6.0 olan ivme spektrumuna göre yapının başlangıç hakim periyot değeri ile uzamış periyot değerleri arasında daha küçük değerler sahip olduğu görülmektedir. Bu sebeple, yapıyı 6.6 büyüklüğündeki deprem ivme kaydına maruz kaldığında etki eden deprem kuvvetlerinin daha az olduğu öngörülmektedir (Şekil 5.3). Dolayısıyla da yapı daha az deplasman yapmaktadır. Bu durum, faya olan uzaklık parametresinden bağımsız olarak, büyüklüğü 6.6 olan deprem kayıtlarına ait analizlerin tümünde geçerlidir.



Şekil 5.3 : Büyüklüğü 6.3 ve 6.6 olan ivme kayıtlarına ait spektral ivme grafikleri ve yapının başlangıç ve uzamış (son) periyot değerleri.

Bu kısım için gerçekleştirilmiş tüm analiz sonuçları (Büyüküğü 6.0 ile 7.5 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve döngü sayısı 2 olan sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler) grafiklerle Ek-A'da verilmiştir. Ayrıca, depremin değişen büyüklüğüne bağlı olarak görelı kat ötelemesi talepleri ile donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve alınmadığı modeller arasındaki farklar Çizelge 5.1' de özetlenmiştir.

Çizelge 5.1 : Depremin değişen büyüklüğüne bağlı olarak görelı kat ötelemesi talepleri ve sayısal modeller arasındaki farklar (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

		X Yönü			Z Yönü		
		DS+	DS-	Fark	DS+	DS-	Fark
R = 3km	6	2.9	2.0	43.1	2.7	1.9	45.8
	6.3	2.7	1.7	58.6	2.5	1.5	61.3
	6.6	2.3	1.9	24.3	2.2	1.8	25.8
	6.9	3.0	2.4	24.3	2.9	2.3	26.0
	7.2	4.1	3.3	24.1	3.8	3.0	25.9
	7.5	5.9	4.7	24.0	5.5	4.3	25.7
R = 6km	6	1.7	1.2	42.7	1.7	1.1	45.6
	6.3	1.7	1.1	55.0	1.6	1.0	57.6
	6.6	1.5	1.1	28.8	1.4	1.1	30.1
	6.9	1.8	1.4	29.4	1.7	1.3	31.0
	7.2	2.1	1.6	29.7	2.0	1.5	31.3
	7.5	2.4	1.8	29.9	2.3	1.7	31.6
R = 9km	6	1.4	0.9	44.3	1.3	0.9	47.5
	6.3	1.3	0.8	55.9	1.2	0.8	59.8
	6.6	1.2	0.9	30.3	1.1	0.9	31.6
	6.9	1.4	1.0	31.4	1.3	1.0	32.8
	7.2	1.6	1.2	31.9	1.5	1.1	33.3
	7.5	1.8	1.3	32.0	1.7	1.3	33.6
R = 12km	6	1.1	0.8	46.2	1.1	0.7	49.8
	6.3	1.1	0.7	58.2	1.0	0.6	62.4
	6.6	1.0	0.8	31.0	1.0	0.7	32.3
	6.9	1.2	0.9	32.4	1.1	0.8	33.8
	7.2	1.3	1.0	33.2	1.3	1.0	34.6
	7.5	1.5	1.1	33.4	1.4	1.1	34.9
R = 15km	6	1.0	0.7	47.8	0.9	0.6	51.7
	6.3	0.9	0.6	59.5	0.9	0.5	63.9
	6.6	0.9	0.7	31.7	0.9	0.6	33.0
	6.9	1.0	0.8	33.1	1.0	0.7	34.4
	7.2	1.2	0.9	34.0	1.1	0.8	35.2
	7.5	1.3	1.0	34.4	1.3	0.9	35.6
R = 18km	6	0.9	0.6	48.5	0.9	0.6	53.0
	6.3	0.8	0.5	60.9	0.8	0.5	65.7
	6.6	0.8	0.6	32.2	0.8	0.6	33.7
	6.9	0.9	0.7	33.7	0.9	0.7	34.9
	7.2	1.0	0.8	34.5	1.0	0.7	35.8
	7.5	1.2	0.9	35.0	1.1	0.8	36.4

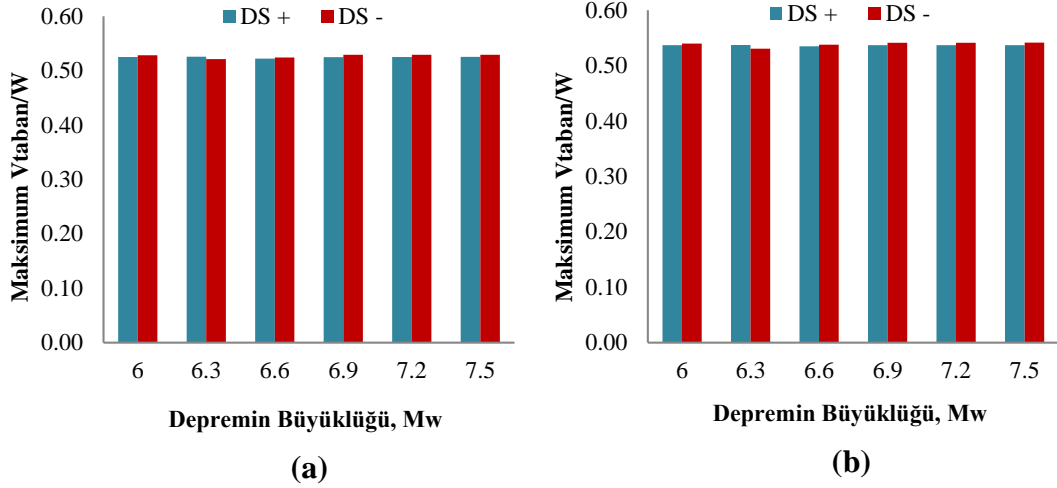
Çizelge 5.1’de verilen analiz sonuçları incelendiğinde, faya olan uzaklık 3 km iken, donatı sıyrılmasının dahil edildiği sayısal modelden elde edilen görelî kat ötelemesi taleplerinin, depremin büyüklüğüne bağılı olarak, 2 kat artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu artış faya olan uzaklık değeri 6 ile 18 km arasında değışirken, %30-%40 aralığında değışiklik göstermektedir. Donatı sıyrılmasının dahil edildiği ve hariç tutulduğu sayısal modellerin görelî kat ötelemesi talepleri karşılaştırıldığında ise, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı sayısal modelde ortalama %39 oranında daha fazla yer değıştirme talebi gerçekteleşmiştir. Ayrıca gerçekteleştirilen analizlerin tümünde, donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı sayısal modele ait görelî kat ötelemesi taleplerinin, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği modelin sonuçlarından daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

5.1.1.2 Taban kesme kuvveti talepleri

Bu çalışma için oluşturulan, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellerin taban kesme kuvveti kapasiteleri, her iki yönde ayrı ayrı gerçekteleştirilen statik itme analizleri ile elde edilmiştir. Statik itme analizlerinden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri yapı toplam ağırlığının oranı olarak ifade edilmiştir. Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellerin X ve Z yönlerine (Şekil 3.3) ait taban kesme kapasiteleri sırasıyla 0.52-0.54 ve 0.53-0.54 olarak elde edilmiştir.

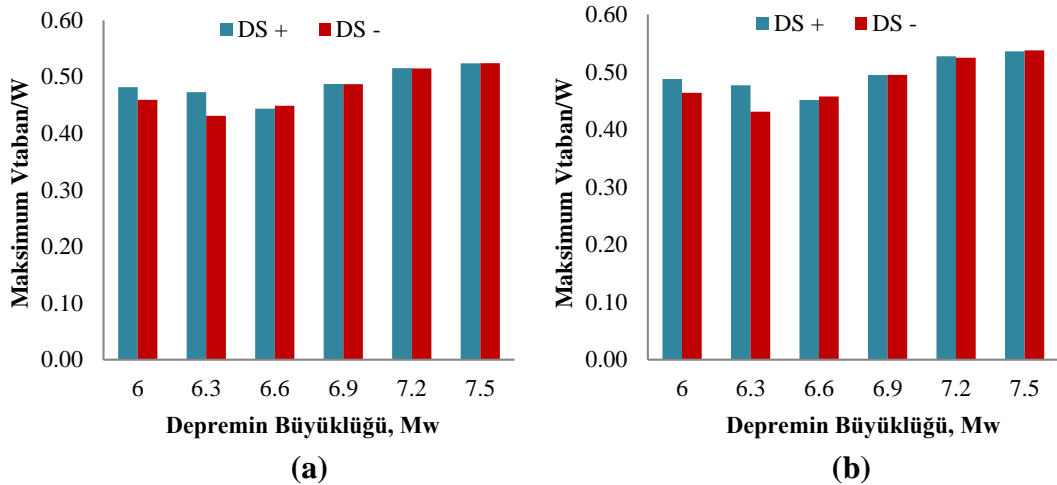
Faya olan uzaklık 3 km ve döngü sayısı 2 değeri sabit kabul edilirken moment büyüklüğü değeri (M_w =6, 6.3, 6.6, 6.9, 7.2, 7.5) değışken olarak alındığı dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar Şekil 5.4’de verilmiştir. Grafiklerde, taban kesme kuvvetleri, yapı toplam ağırlığının oranı olarak ifade edilmiştir. Analiz sonuçlarını incelendiğinde, her iki sayısal modelin de taban kesme kuvveti kapasitelerine ulaştıkları görülmüştür. Bu nedenle, söz konusu analizlerde, artan moment büyüklüğüne bağılı olarak, modellere ait taban kesme kuvveti taleplerinin ne ölçüde değıştiği hakkında yorum yapılamamıştır.

Deprem moment büyüklüğünün, taban kesme kuvveti talepleri üzerindeki etkisini tespit edebilmek için sayısal modellerin taban kesme kuvveti kapasitelerine ulaşmadıkları ancak doğrusal olmayan davranışın gözleendiği dinamik analiz sonuçları incelenmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5.4 : Deprem büyüklüğünün taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık $R=3\text{km}$) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sınırlaması dahil; DS+, Donatı Sınırlaması hariç; DS-).

Faya olan uzaklığın 6 km, yer hareketi döngü sayısının 2 olduğu ve depremin moment büyüklüğünün 6 ile 7.5 arasında değiştiği dinamik analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri Şekil 5.5’ de verilmiştir. Donatı sınırlamasına bağlı deformasyonların dahil edildiği ve dahil edilmediği her iki sayısal model için elde edilen sonuçların, maksimum görece kat ötelemesi talepleri ile benzer bir dağılıma sahip olduğu tespit edilmiştir. Deprem büyüklüğü 6.9, 7.2 ve 7.5 için elde edilen sismik taleplerin artış gösterirken, deprem büyüklüğü 6.0, 6.3 ve 6.6 iken, artan deprem büyüklüğü ile birlikte taban kesme kuvveti değerleri azalmıştır.



Şekil 5.5 : Deprem büyüklüğünün taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık $R=6\text{km}$) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sınırlaması dahil; DS+, Donatı Sınırlaması hariç; DS-).

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’ de verilen dinamik analizlerin sonuçları incelendiğinde, sıyrıлма deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellerin taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farkların oldukça küçük olduğu görülmektedir. Faya olan uzaklığın 3 km ile sınırlandırıldığı analizlerde, sayısal modellerin taban kesme kuvveti talepleri arasındaki fark ortalama %1 mertebelerinde iken, faya olan uzaklığın 6 km ile sınırlandırıldığı analizlerde bu fark %3 mertebelerindedir. Bu kısımda gerçekleştirilen diğer tüm analizlerden elde edilen sonuçların ortalaması alındığında ise sayısal modeller arasında ki taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farkların yaklaşık %4 olduğu belirlenmiştir.

Bu kısım için gerçekleştirilmiş tüm analizlere (Büyüküğü 6.0 ile 7.5 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve döngü sayısı 2 olan sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler) ait taban kesme kuvveti taleplerinin incelendiği grafikler Ek-B’de verilmiştir.

5.1.2 Faya olan uzaklığın yapı davranışına etkisi

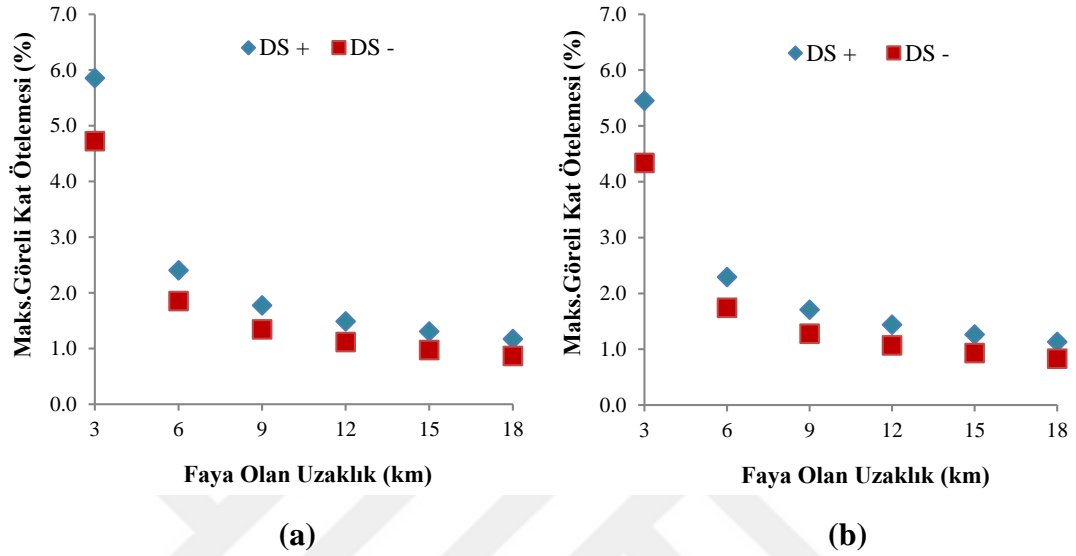
Faya olan uzaklığın görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti değerleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, faya olan uzaklığı 3-18 km arasında ve büyüküğü 6.0-7.5 arasında değişen ve döngü sayısı 2 olan 36 adet sentetik ivme kaydı kullanılmıştır.

5.1.2.1 Görelî kat ötelemesi talepleri

Moment büyüküğü 7.5 ve döngü sayısı 2 değerleri sabit kabul edilirken faya olan uzaklıkların ($R=3, 6, 9, 12, 15, 18$) değişken olarak alındığı dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dahil edildiği ve edilmediği her iki sayısal model için Şekil 5.6’da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre faya olan uzaklık, R azalırken, sayısal modellere ait görelî kat ötelemesi taleplerinin arttığı görülmüştür. Faya en yakın olan uzaklık değeri ($R=3$ km) için elde edilen görelî kat ötelemesi değeri, $R=6$ km için elde edilen değerin yaklaşık 3 katı olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, Alawi ve Krawinkler’in (2004) fay yırtığına yakın bölgelerde yer alan yapıların yüksek başlangıç enerjisine maruz kaldığı; ve ayrıca kaynağa yakınlık arttıkça yer hareketinin zemin etkisiyle zayıflamaya da fırsat bulamadığı savına paraleldir.

Şekil 5.6’ da verilen analiz sonuçlarına göre, donatı sıyrılmasının dahil edildiği ve hariç tutulduğu sayısal modellerin görelî kat ötelemesi talepleri karşılaştırıldığında;

sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelde ortalama %32 oranında daha fazla yer değiştirme talebi gerçekleştiği tespit edilmiştir. Sayısal modeller arasındaki fark, depremin moment büyüklüğünün 6.0 olduğu analiz sonuçlarında ortalama %47'e, depremin moment büyüklüğünün 6.3 olduğu analizlerde ise ortalama %60' a kadar yükselmiştir.

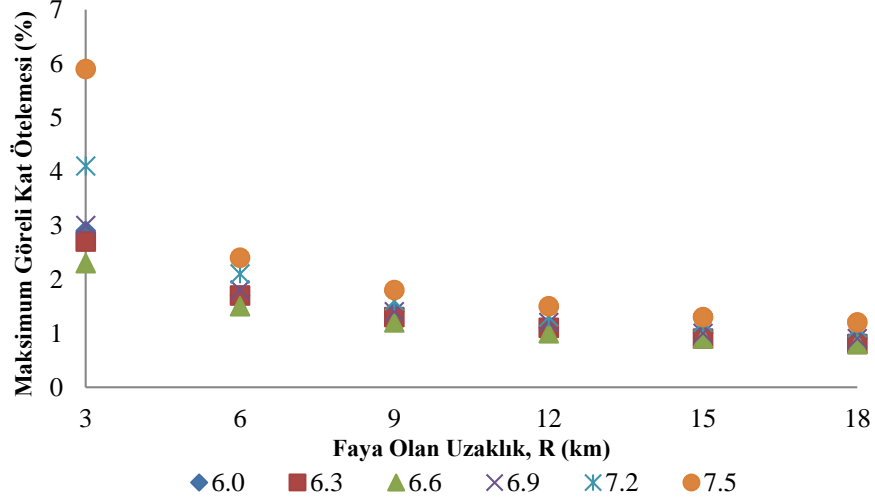


şekil 5.6 : Faya olan uzaklığın göreli kat ötelemesi taleplerine etkisi (Depremin moment büyüklüğü $M_w=7.5$) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

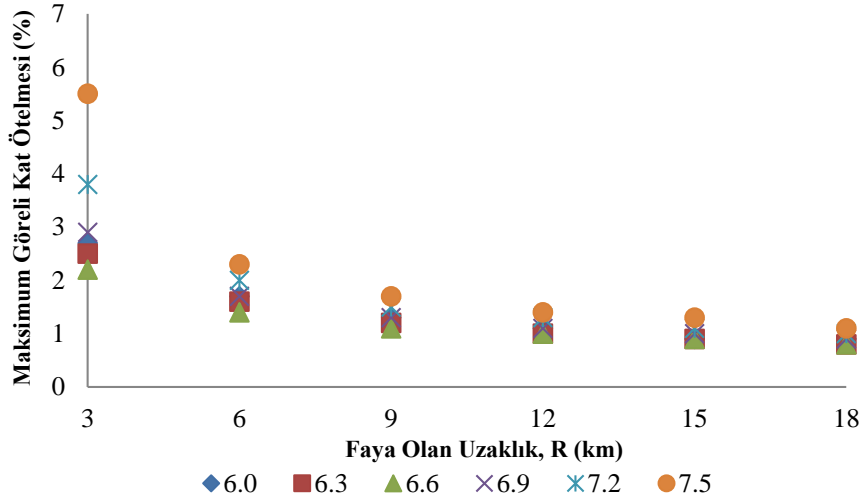
Faya olan uzaklığın göreli kat ötelemesi taleplerine olan etkisinin incelendiği analizlere (Büyüklüğü 6.0 ile 7.5 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve döngü sayısı 2 olan sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler) ait grafikler Ek-C'de verilmiştir.

Depremin moment büyüklüğü ve faya olan uzaklık parametreleri ile ilgili olarak yapılan dinamik analiz sonuçları, daha gerçekçi olduğu kabul edilen donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı sayısal model için şekil 5.7' de verilmiş ve aşağıda özetlenmiştir. Bu sonuçlar;

- Depremin büyüklüğü, M_w , arttıa yapıdaki deplasman talepleri artış göstermektedir. İstisna durumlar için yapı periyodu ile ivme kaydı spektral ivmesi arasındaki ilişki incelenmelidir.
- Depremin merkez üssüne veya kırılan faya olan mesafe azaldıkça, yapıda görülen göreli kat ötelemesi değerleri artış göstermektedir. Bu artış doğrusal değildir.



(a)

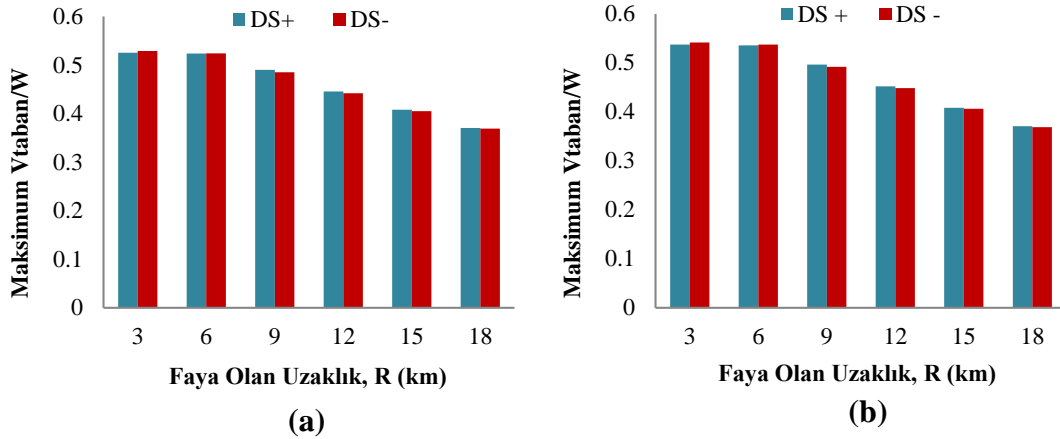


(b)

Şekil 5.7 : Donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı sayısa modele ait analiz sonuçları (a) X yönü (b) Z yönü.

5.1.2.2 Taban kesme kuvveti talepleri

Moment büyüklüğü 7.5 ve döngü sayısı 2 değerleri sabit kabul edilirken faya olan uzaklıkların ($R=3, 6, 9, 12, 15, 18$) değişken olarak alındığı dinamik analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dahil edildiği ve dahil edilmediği her iki sayısal model için Şekil 5.8’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre faya olan uzaklık, R azalırken, sayısal modellere ait taban kesme kuvveti taleplerinin arttığı görülmüştür. Bu artış, faya olan uzaklığın $R=3$ km ve $R=6$ km olduğu dinamik analizlerde, sayısal modeller taban kesme kuvveti kapasitelerine ulaştıkları için çok belirgin değildir.



Şekil 5.8 : Faya olan uzaklığın taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Depremin moment büyüklüğü $M_w=7.5$) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

Şekil 5.8’ de verilen analiz sonuçları incelendiğinde donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellere ait taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farkların ortalama %1 mertebesinde kaldığı görülmüştür. Bu fark, depremin moment büyüklüğünün 6.3 olduğu analiz sonuçlarında, ortalama %12’e kadar yükselmiştir.

Faya olan uzaklığın taban kesme kuvvetine olan etkisinin incelendiği analizlere (Büyüklüğü 6.0 ile 7.5 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve döngü sayısı 2 olan sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler) ait grafikler Ek-D’de verilmiştir.

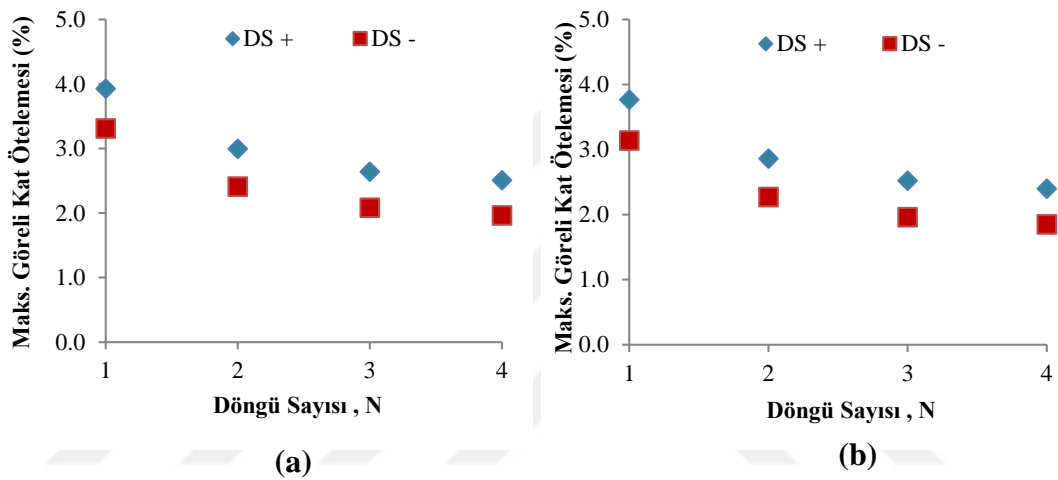
5.1.3 Döngü sayısının yapı davranışına etkisi

Bu kısımda, yakın kaynaklı yer hareketlerine ait ivme kayıtlarındaki döngü sayısının görelî kat ötelemesi taleplerine olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla döngü sayısı 1 ile 4, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve moment büyüklüğü 6.9 olan 24 adet sentetik ivme kaydı kullanılmıştır.

5.1.3.1 Görelî kat ötelemesi talepleri

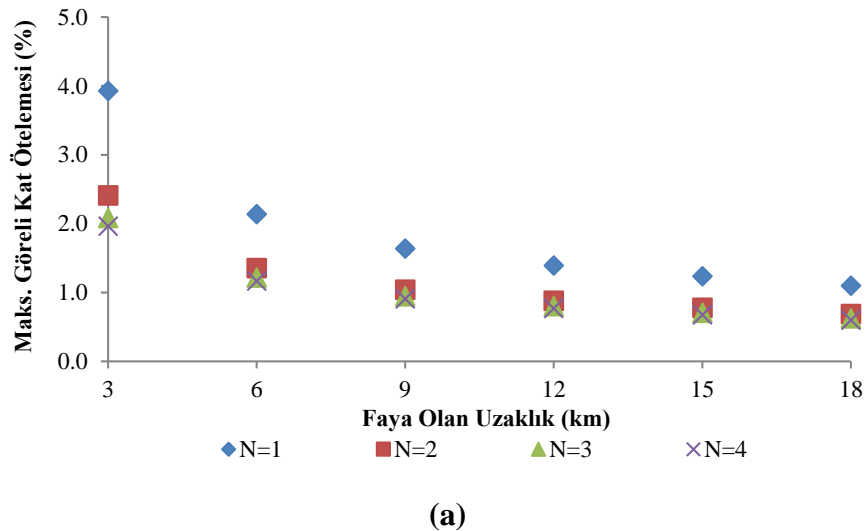
Faya olan uzaklık, R değerinin 3 km için sabit olduğu kabul edilirken yer hareketi döngü sayısının ($N = 1, 2, 3, 4$) değişken olarak alındığı dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dahil edildiği ve hariç tutulduğu her iki sayısal model için Şekil 5.9’da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, yer hareketindeki döngü sayısı artarken, sayısal modellerin görelî kat ötelemesi talepleri azalmıştır. Yer hareketi döngü sayısı 1 iken donatı sıyrılmasının dikkate

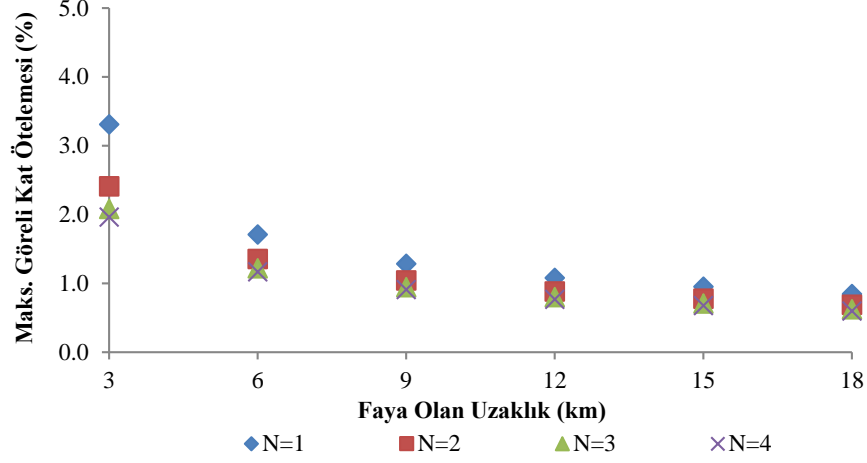
alındığı ve alınmadığı iki sayısal modelde de görelî kat ötelemesi talepleri en büyük değerlerini almıştır. Bu durumun, yapı hakim periyodu ve döngü sayısı (Döngü sayısına göre döngü periyodu ve döngü genliği değişmektedir) arasındaki ilişkiye bağılı olarak yapıya etki eden maksimum ivme değeri ile doğrudan ilgili olduğu tespit edilmiştir. Döngü sayısı arttığında, döngünün genliği azalmakta, buna bağılı olarak sayısal modele etki eden maksimum ivme değerleri de azalmaktadır. Örneğin Şekil 5.9’da sonuçları verilen analizlerde, döngü sayısı 1 olan ivme kaydında yapıya tesir eden maksimum ivme değeri 1.01g iken, döngü sayısı 2 olan ivme kaydında bu değer 0.84g’ dir ve döngü sayısı arttıkça tesir eden ivme değeri giderek azalmaktadır.



Şekil 5.9 : Döngü sayısının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık R=3 km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

Döngü sayısı, N ve faya olan uzaklık, R parametreleri ile ilgili olarak yapılan dinamik analiz sonuçları, daha gerçekçi olduğu kabul edilen donatı sıyrılmalarının dikkate alındığı sayısal model için Şekil 5.10’ da verilmiştir.





(b)

Şekil 5.10 : Döngü sayısının maksimum görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi-Donatı sıyrılmasının dikkate alındığı model analiz sonuçları (a) X yönü (b) Z yönü.

Şekil 5.10' da verilen analiz sonuçları incelendiğinde, faya olan uzaklık artarken, döngü sayıları farklı olan analizlerde elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki farkların önemli derecede azaldığı görülmüştür. Örneğin faya olan uzaklığın 3 km ve yer hareketi döngü sayısının 1 ve 2 olduğu dinamik analizlerden elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki fark %31'dir. Bu fark, faya olan uzaklık 18 km iken %20'e düşmüştür. Ayrıca yer hareketi döngü sayısı N=2, 3 ve 4 için görelî kat ötelemesi talepleri neredeyse eşittir.

Bu kısım için gerçekleştirilmiş tüm analizlerin sonuçları (Yer hareketi döngü sayısı 1 ile 4 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve moment büyüklüğü 6.9 olan sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler) grafiklerle Ek-E'de verilmiştir. Ayrıca, değişen yer hareketi döngü sayısına bağlı olarak görelî kat ötelemesi talepleri ile donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve alınmadığı modeller arasındaki farklar Çizelge 5.2' de özetlenmiştir.

Çizelge 5.2' de verilen sonuçlar incelendiğinde, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelin, gerçekleştirilen tüm analizlerde, daha büyük yer değiştirme taleplerine maruz kaldığı görülmüştür. Sayısal modellerin görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki farklar, faya olan uzaklığın 3 km ile sınırlandırıldığı analizlerde ortalama %24, faya olan uzaklığın 18 km ile sınırlandırıldığı analizlerde ortalama %34' tür. Tüm analizler genelinde, sayısal modellerin görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki fark ortalama %31'dir.

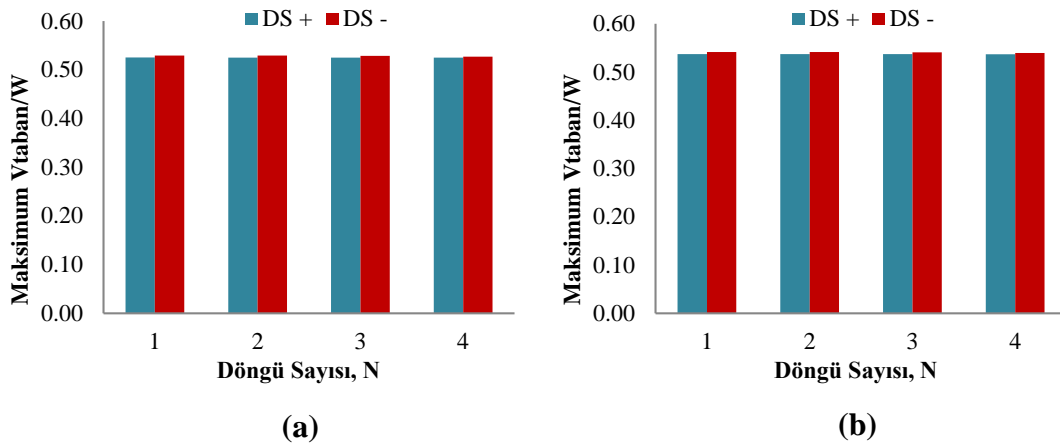
Çizelge 5.2 : Yer hareketi döngü sayısına bağlı olarak değişen görelî kat ötelemesi talepleri ve sayısal modeller arasındaki farklar (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

		X Yönü			Z Yönü		
		DS+	DS-	Fark	DS+	DS-	Fark
R = 3 km	1	3.9	3.3	18.7	3.8	3.1	20.0
	2	3.0	2.4	24.3	2.9	2.3	26.0
	3	2.6	2.1	26.8	2.5	2.0	28.6
	4	2.5	2.0	27.8	2.4	1.9	29.5
R = 6 km	1	2.1	1.7	25.1	2.1	1.6	26.5
	2	1.8	1.4	29.4	1.7	1.3	31.0
	3	1.6	1.2	31.3	1.5	1.2	32.8
	4	1.5	1.2	32.1	1.5	1.1	33.5
R = 9 km	1	1.6	1.3	27.7	1.6	1.2	29.2
	2	1.4	1.0	31.4	1.3	1.0	32.8
	3	1.3	0.9	33.2	1.2	0.9	34.3
	4	1.2	0.9	33.7	1.2	0.9	35.0
R = 12 km	1	1.4	1.1	29.1	1.4	1.0	30.4
	2	1.2	0.9	32.4	1.1	0.8	33.8
	3	1.1	0.8	33.9	1.0	0.8	35.2
	4	1.0	0.8	34.6	1.0	0.7	35.8
R = 15 km	1	1.2	1.0	29.9	1.2	0.9	31.1
	2	1.0	0.8	33.1	1.0	0.7	34.4
	3	0.9	0.7	34.4	0.9	0.7	36.1
	4	0.9	0.7	35.1	0.9	0.6	36.7
R = 18 km	1	1.1	0.8	30.5	1.1	0.8	31.7
	2	0.9	0.7	33.7	0.9	0.7	34.9
	3	0.8	0.6	35.1	0.8	0.6	36.7
	4	0.8	0.6	35.7	0.8	0.6	37.5

5.1.3.2 Taban kesme kuvveti talepleri

Faya olan uzaklığın 3 km ve depremin moment büyüklüğünün 6.9 olduğu ve yer hareketi döngü sayısının 1 ile 4 arasında değiştiği dinamik analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri Şekil 5.11’de verilmiştir. Grafiklerde, taban kesme kuvvetleri, yapı toplam ağırlığının oranı olarak ifade edilmiştir. Analiz sonuçlarını incelendiğinde, her iki sayısal modelin de taban kesme kuvveti kapasitelerine ulaştığı görülmüştür. Artan yer hareketi döngü sayısına bağlı olarak taban kesme kuvveti taleplerinin ne ölçüde değiştiği söz konusu analizlerden elde edilen sonuçlar ile belirlenememiştir. Bu nedenle, yer hareketi döngü sayısının taban kesme kuvveti

taleplerine olan etkisi, faya olan uzaklığın 6 km ile sınırlandırıldığı analiz sonuçları üzerinde incelenmiştir (Şekil 5.12).

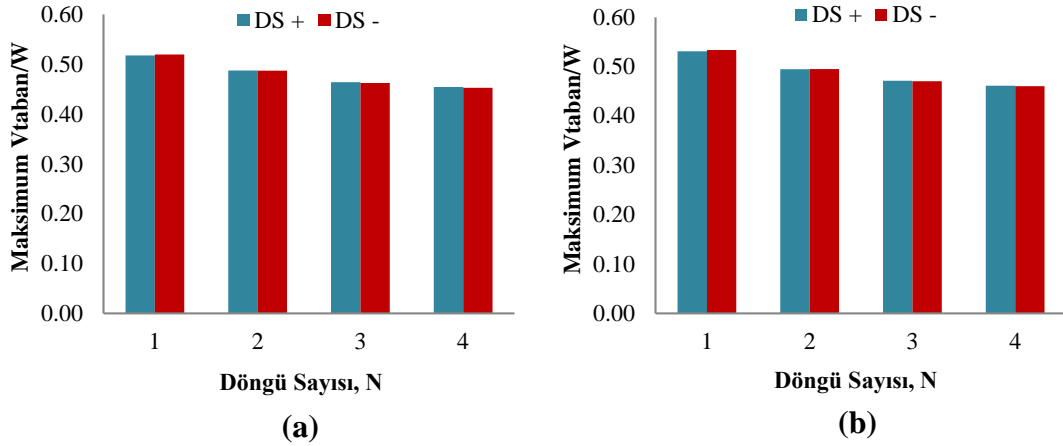


Şekil 5.11 : Döngü sayısının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık $R=3$ km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı sıyrılması hariç; DS-).

Faya olan uzaklığın 6 km ve depremin moment büyüklüğünün 6.9 olduğu ve döngü sayısının 1 ile 4 arasında değiştiği sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri Şekil 5.12’de verilmiştir. Grafıklere göre, yer hareketi döngü sayısı artarken, sayısal modellere ait taban kesme kuvveti değerleri azalmıştır. Yer hareketi döngü sayısının 1 olduğu dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve alınmadığı iki sayısal modelde de taban kesme kuvveti talepleri en büyük değerlerini almıştır. Bu sonuç, döngü sayısının görelî kat ötelemesi taleplerine olan etkisinin incelendiği bölümde elde edilen sonuç ile benzerdir. Ancak döngü sayısına bağılı olarak taban kesme kuvveti taleplerinde meydana gelen değişim, döngü sayısının görelî kat ötelemesi talepleri üzerindeki etkisi kadar etkili değildir.

Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’ de verilen analiz sonuçlarına göre, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellere ait taban kesme kuvveti taleplerinin neredeyse aynı olduğu görülmektedir. Bu kısımda gerçekleştirilen analizlerin tümü incelendiğinde, sayısal modellerin taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farkların en fazla %3 mertebesinde kaldığı görülmüştür.

Deprem döngü sayısının taban kesme kuvvetlerine olan etkisinin incelendiği analizlere (Döngü sayısı 1 ile 4 arasında, faya olan uzaklığı 3 ile 18 km arasında değişen ve büyüklüğü 6.9 olan sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler) ait grafikler Ek-F’de verilmiştir.



Şekil 5.12 : Döngü sayısının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi (Faya olan uzaklık $R=6$ km) (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı sıyrılması hariç; DS-)

Bu bölümde gerçekleştirilen analizlerin tümünden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşan deformasyonların, yapılara ait görece kat öteleme taleplerini önemli ölçülerde artırırken, taban kesme kuvveti taleplerinde etkili bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Bu sonuç, Otani ve Sozen'in (1972) çalışmalarından elde ettikleri, sıyrılma deformasyonlarının yapının yer değiştirme taleplerini artırırken, taban kesme kuvveti taleplerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı sonucu ile paraleldir.

5.2 Döndürülmüş İvme Kayıtları Kullanılarak Gerçekleştirilen Dinamik

Analizler

Bu kısımda gerçekleştirilen dinamik analizlerde, yakın saha özelliği taşıyan ve moment büyüklüğü minimum 6.5 olan, daha önce meydana gelen depremler sırasında kaydedilmiş 30 çift yer hareketi ivme kaydı kullanılmıştır. İvme kayıtları DBYBHY'de (2007) belirtilmiş olan 3 farklı performans seviyesine göre, 50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2, ölçeklendirilmiştir. Daha sonra sayısal modellere etki ettirilen, yer hareketi ivme kayıtlarının yönünün sismik taleplere olan etkisini incelemek amacıyla ölçeklendirilmiş ivme kaydı bileşenleri 0° 'den başlayarak 10° 'lik aralıklarla 180° 'ye kadar döndürülmüştür. Sayısal modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri bu ölçeklendirilmiş ve döndürülmüş ivme bileşenlerinin etkisinde her iki yönde eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Dinamik analizler sonunda donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellere ait görece kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri incelenmiştir.

5.2.1 Performans seviyesi 1: Elli yılda aşılma olasılığı %50

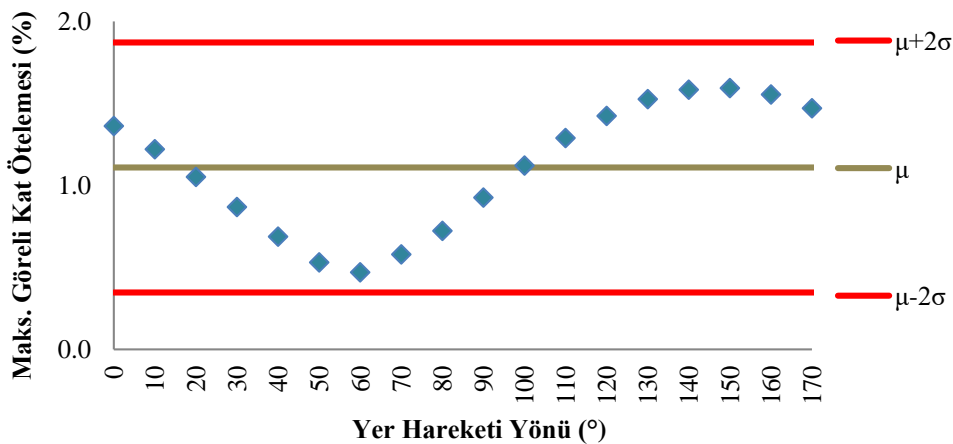
Bu kısımda, DBYBHY' de (2007) tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan spektrum eğrisine göre ölçeklendirilmiş ivme kayıtları kullanılarak zaman tanıma alanında analizler gerçekleştirilmiştir. 0°'den başlayarak 10° aralıklarla 180° döndürülerek elde edilen 1080 ivme kaydı bileşeni ile her bir sayısal model için 540 adet analiz yapılmıştır.

5.2.1.1 Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi

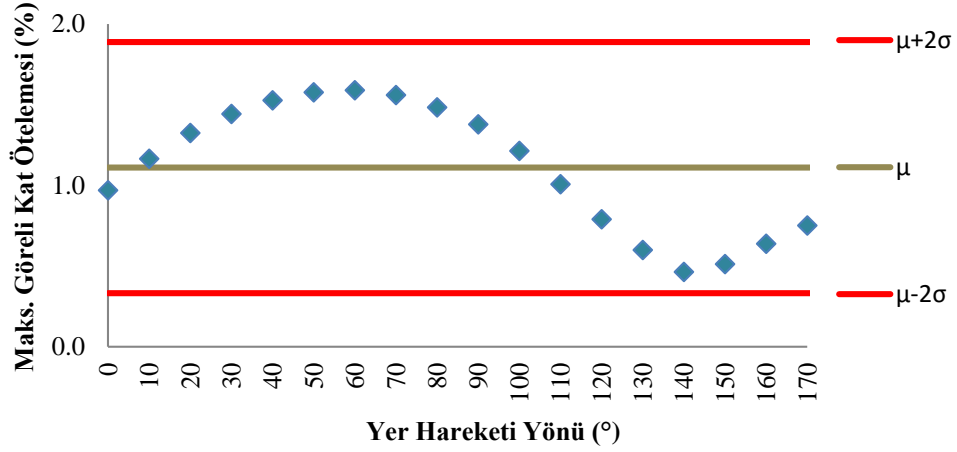
Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alındığı sayısal model üzerinde incelenmiştir.

Şekil 5.13' de 1999 Kocaeli depremi Düzce kaydının 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen 18 çift yer hareketi bileşeni ile gerçekleştirilen dinamik analizler sonrasında, her iki yatay doğrultu için ayrı ayrı elde edilen maksimum görece kat ötelemesi talepleri verilmiştir. Analizlerden elde edilen görece kat ötelemesi değerleri minimum %0.5, maksimum %1.6 aralığında değişiklik göstermektedir. Dağılımın ortalaması, $\mu=1.1$, standart sapması, $\sigma=0.4$ olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçların tümü " $\mu+2\sigma$ " ve " $\mu-2\sigma$ " değerleri arasında kalmıştır. Yani elde edilen maksimum görece kat ötelemesi talepleri normal dağılımlıdır ve seriyi bozan, serinin dışında tutulması gerekli herhangi bir sonuç bulunmamaktadır. Tüm sonuçlar %95 güven aralığını sağlamaktadır.



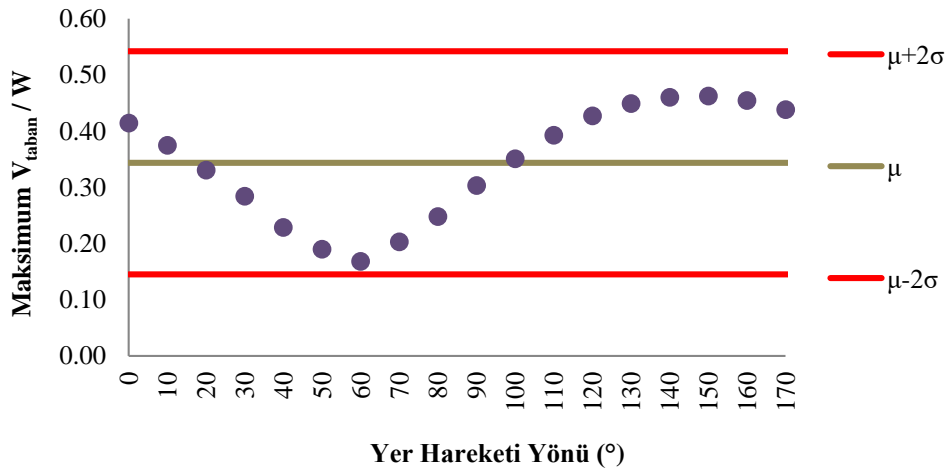
(a)



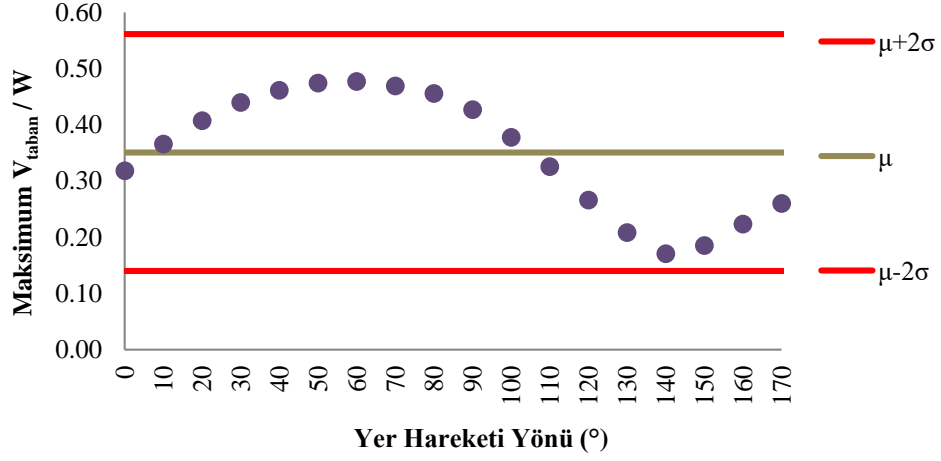
(b)

Şekil 5.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) depremi maksimum göreli kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.

1999 Kocaeli depremi Düzce kaydının farklı yer hareketi yönleri için gerçekleştirilen dinamik analizlerinden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti taleplerine ait grafikler Şekil 5.14’de verilmiştir. Analizlerden elde edilen taban kesme kuvvetleri grafiklerde yapı toplam ağırlığının oranı olarak ifade edilmiştir. Elde edilen maksimum taban kesme kuvveti taleplerinin, maksimum göreli kat ötelemesi talepleri ile benzer bir dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelin, 1999 Kocaeli depremi Düzce kaydına ait dinamik analizlerinden, elde edilen maksimum ve minimum taban kesme kuvveti talepleri yapı modelinin X ve Z asal yönü için yapı ağırlığı, W cinsinden sırasıyla $0.17W-0.46W$ ve $0.17W-0.48W$ olarak elde edilmiştir.



(a)

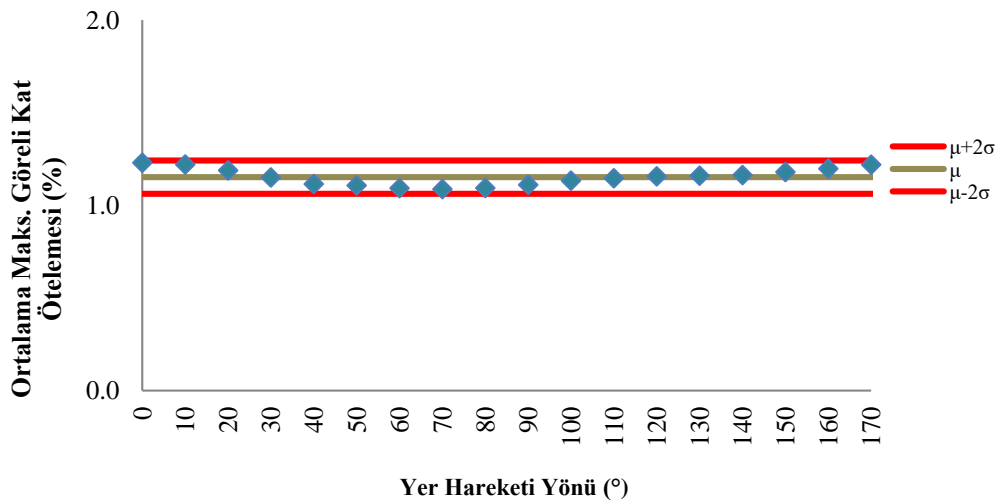


(b)

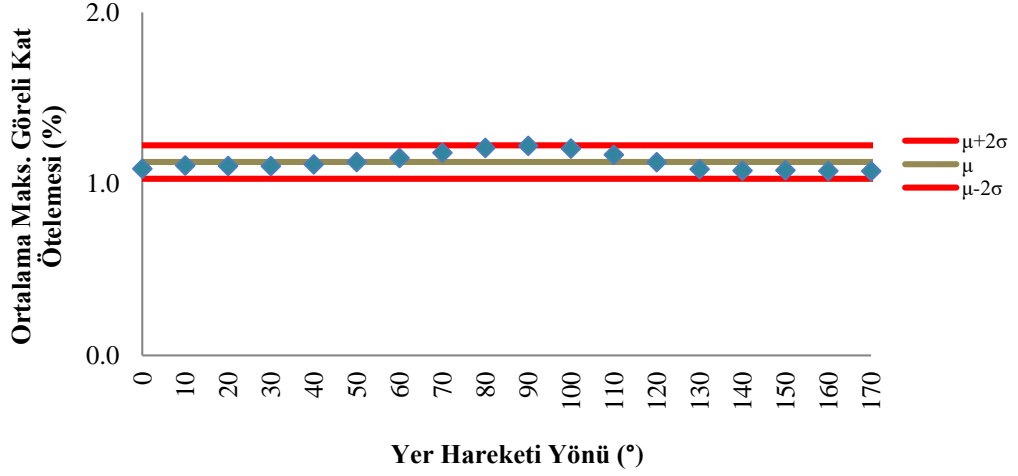
Şekil 5.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) depremi maksimum taban kesme kuvveti talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.

Dağılımın ortalama değeri, $\mu=0.35$, standart sapma değeri, $\sigma=0.11$ olarak hesaplanmıştır. Tüm sonuçlar, görelî kat ötelemesi taleplerinde olduğu gibi %95 güven aralığını sağlamaktadır.

Analizlerden genel bir sonuç çıkarabilmek adına her bir deprem ivme kaydının aynı hareket yönü için ortalama görelî kat ötelemesi değerleri bulunmuştur (Ör: 30 çift deprem ivme kaydının ölçeklendirilmiş ve 10 derece döndürülmüş verileri ile gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sismik taleplerin ortalaması). Elde edilen sonuçlar yer hareketi yönüne bağılı olarak Şekil 5.15’de verilmiştir. Hesaplanan ortalama maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin değışen yer hareketi yönlerine bağılı olarak %1.2 ve %1.1 arasında değışiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 5.15).



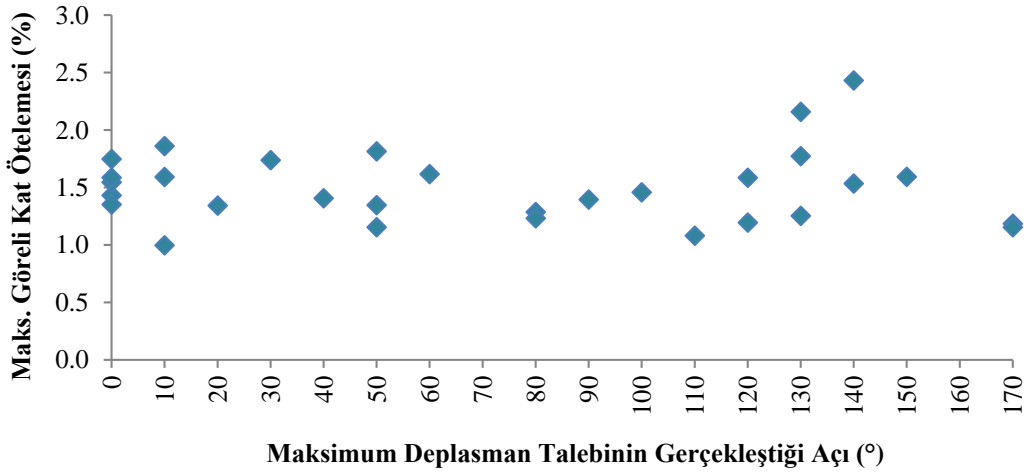
(a)



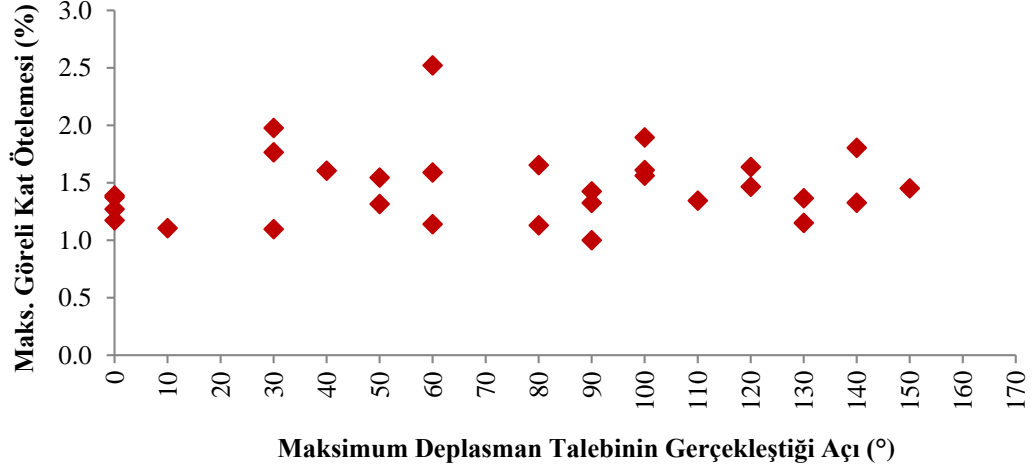
(b)

Şekil 5.15 : 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü.

30 çift yer hareketi bileşeninin 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizlerin sonuçları incelendiğinde maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi uygulama yönlerine bağlı olarak düzenli bir eğilim göstermediği görülmüştür. Bu durum, maksimum sismik taleplerin elde edildiği yer hareketi yönünün sayısal modelden bağımsız olduğunu ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Bu nedenle yapılara ait sismik taleplerin elde edilmesi sırasında gerçekleştirilecek dinamik analizlerde, yer hareketlerinin farklı yönlerde uygulanarak kritik taleplerin elde edilmesi önemlidir. Analizlerden elde edilen maksimum göreli kat ötelemesi talepleri ve ilgili taleplerin gerçekleştiği yer hareketi yönleri, sayısal modele ait her iki asal yön için ayrı ayrı Şekil 5.16'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.16 : Maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin elde edildiği yer hareketi yönleri (a) X yönü (b) Z yönü.

Doğrusal olmayan dinamik analizler çoğunlukla yapısal eksenler doğrultusunda yapılmaktadır. Ancak yukarıda verilen analiz sonuçlarında da görüldüğü gibi maksimum tepkilerin elde edildiği yer hareketi yönleri her zaman yapısal eksenler ile aynı yönde olmadığı gibi depremlere göre de farklılık gösterebilmektedir. Oluşan bu farkları daha iyi yorumlayabilmek adına, analizlerden elde edilen maksimum göreli kat ötelemesi talepleri normalize edilmiştir. Normalize işlemi yapılırken Athanatopoulou (2005) tarafından önerilen Yer Hareketi Yönü Etki Oranı kullanılmıştır (Denklem 5.1).

$$r_{\theta_i} = \frac{\text{maksimum } |R_p(\theta_i, t)|}{\text{maksimum } |R_x(t)|} \quad (5.1)$$

Eşitlikte yer alan parametreler;

- θ_i , yer hareketinin yapısal eksenlere göre döndürüldüğü açı değeri (Yer hareketi yönü),
- $\text{maksimum } |R_p(\theta_i, t)|$, herhangi bir yön için yapılan analizlerden elde edilen mutlak maksimum tepki değeri,
- $\text{maksimum } |R_x(t)|$, yapısal eksenler doğrultusunda gerçekleştirilen analizlerden elde edilen mutlak maksimum tepki değeridir ($\theta_i = 0$).

Analizler sonucunda elde edilen mutlak maksimum görelî kat ötelemesi talepleri, yapısal eksenler doğrultusunda yapılan analizlerden elde edilen mutlak maksimum görelî kat ötelemesi taleplerine göre normalize edildiğinde elde edilen yer hareketi yönü etki oranları Çizelge 5.3’de verilmiştir. 1994 Northridge (Canoga Park Topanga Can.) ve 1999 Chi-Chi (CHY024) depremlerinde, yapının Z asal yönü için elde edilen etki oranları, maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne bağılı olarak iki kat artabileceğini göstermiştir.

Çizelge 5.3 : Yer hareketi yönü etki oranları (50 yılda aşılma olasılığı %50).

Yer Hareketi Adı	Yer Hareketi Yönü Etki Oranı		Yer Hareketi Adı	Yer Hareketi Yönü Etki Oranı	
	X-Yönü	Z-Yönü		X-Yönü	Z-Yönü
Imperial Valley (Brawley Airport)	1.00	4.50	Northridge (Canoga Park Topanga Can.)	1.09	2.27
Imperial Valley (Bond Corner)	1.01	1.15	Northridge (Saticoy)	1.00	1.68
Imperial Valley (El Centro Array #10)	1.17	1.50	Chi-Chi (CHY024)	1.00	2.16
Loma Prieta (Gilroy Array #2)	1.46	1.19	Chi-Chi (TCU101)	1.64	1.31
Loma Prieta (Gilroy Array #3)	1.31	1.01	Chi-Chi (TCU109)	1.20	1.00
Northridge (Canyon Country W Lost Canyon)	1.13	1.13	Düzce (Düzce)	1.03	1.11
Superstition Hills (El Centro Imp Co Cen.)	1.02	1.94	Erzincan (Erzincan)	1.86	1.01
Chi-Chi (TCU138)	1.05	1.18	Imperial Valley (El Centro Array #4)	1.72	1.30
Chi-Chi (CHY035)	1.79	1.28	Imperial Valley (El Centro Array #5)	1.01	1.14
Chi-Chi (TCU050)	1.56	1.01	Northridge (Newhall)	1.31	1.43
Düzce (Bolu)	1.46	1.20	Kobe (KJM)	1.03	1.40
Imperial Valley (EC Co Center FF)	1.57	1.05	Northridge (Sylmar Hospital)	1.17	1.28
Imperial Valley (El Centro Array #8)	1.33	1.54	Chi-Chi (CHY028)	1.35	1.00
Kocaeli (Düzce)	1.17	1.64	Chi-Chi (TCU102)	1.33	1.20
Kocaeli (Yarımca)	1.03	1.47	Kobe (Takatori)	1.00	1.66

5.2.1.2 Donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların sismik taleplere etkisi

Bu kısımda donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellere ait doğrusal olmayan dinamik analizlerin sonuçları

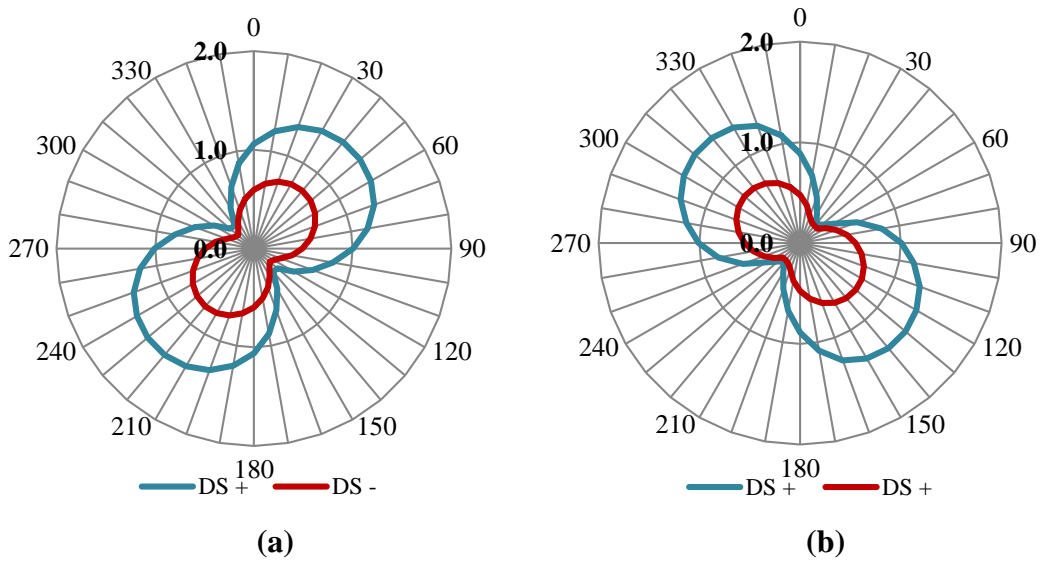
karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve iki farklı sayısal modelden elde edilen görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur.

Görelî kat ötelemesi talepleri

Görelî kat ötelemesi taleplerinin incelendiği bu bölümde, 18 farklı hareket yönünde, 180°'lik alanda gerçekleştirilen analizler çalışmada kullanılan yapı modelinin simetrik olması nedeniyle, 36 farklı hareket yönünü temsil edecek şekilde 360° olarak çoğaltılmıştır.

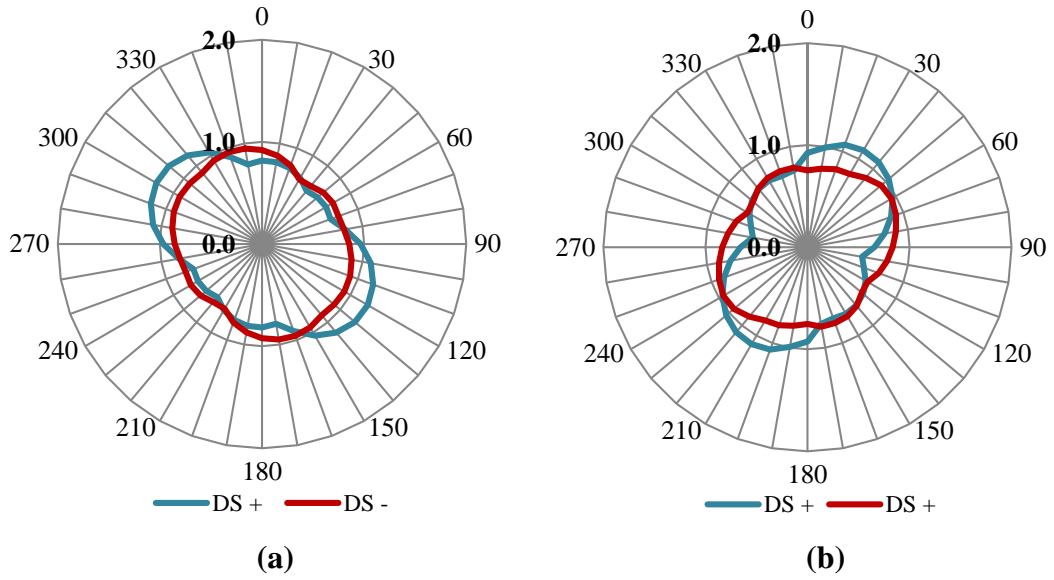
Bu bölümde gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen sonuçların genelini yansıtması açısından modellere ait maksimum görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki farkların fazla olduğu 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) ve az olduğu 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) yer hareketlerine ait analizlerin sonuçları verilmiştir.

1979 Imperial Valley depremi El Centro Array #8 kaydı kullanılarak yapılan dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı analitik modele ait görelî kat ötelemesi talebi modelin her iki yönü için maksimum %1.4, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği sayısal modelin X asal yönü için %0.8, Z asal yönü için ise %0.7 olarak elde edilmiştir (Şekil 5.17). Bu deprem kaydı için yapılmış olan analizlerde donatı sıyrılmasının dikkate alınmaması durumunda görelî kat ötelemesi taleplerinin olması gerekenden ortalama %80 daha az bulunacağı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.17: 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

1989 Loma Prieta depremi Gilroy Array #2 kaydının farklı yer hareketleri yönleri için gerçekleştirilen dinamik analizleri sonucunda elde edilen, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellere ait maksimum görelî kat ötelemesi talepleri Şekil 5.18’de verilmiştir. Yer hareketinin yönüne bağımlı olarak değişen görelî kat ötelemesi talepleri sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelin X yönünde %1.2, Z yönünde %1.1, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği modelin her iki yönünde ise %1 olarak elde edilmiştir. Bu deprem kaydı özelinde, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edilmesi durumunda elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi talepleri, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı modelden elde edilen taleplerden ortalama %3.5 daha az olacaktır.



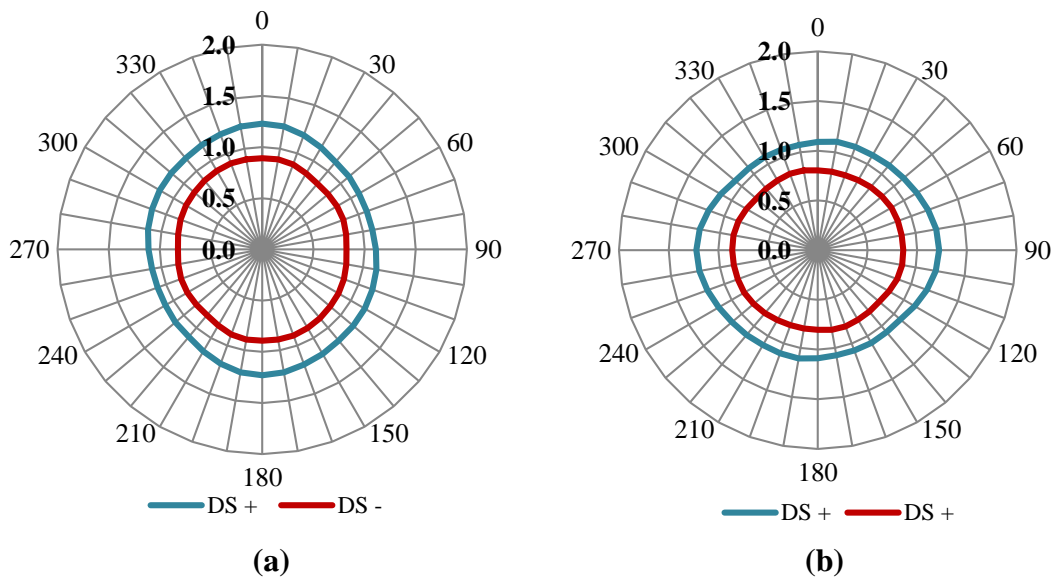
Şekil 5.18 : Loma Prieta (Gilroy Array #2) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

1989 Loma Prieta depremi Gilroy Array #2 kaydı ile gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarında bazı yer hareketi yönleri için, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği sayısal modele ait maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelden elde edilen taleplere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak, analizlerin geneli incelendiğinde, maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelde gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 5.18).

Yer hareketinden bağımsız olarak donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların yapı davranışını ne ölçüde değiştirdiğini belirlemek amacıyla, dinamik analizlerden elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin her bir

hareket yönü için ortalamaları hesaplanmıştır. Şekil 5.19’da verilen grafiklerde görüldüğü gibi donatı sıyrılmasının dahil edildiği sayısal model tüm yer hareketi yönleri için daha büyük görelî kat ötelemesi taleplerine maruz kalmıştır.

Yer hareketinin yönüne bağılı olarak değişen görelî kat ötelemesi talepleri, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelde her iki yönde maksimum %1.2, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği modelde ise her iki yönde maksimum %0.9 olarak elde edilmiştir. Ortalama sonuçlar göz önüne alındığında, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alınmaması durumunda elde edilen görelî kat ötelemesi talepleri %34 oranında güvensiz tarafta kalacaktır.



Şekil 5.19 : 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan performans seviyesi; 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

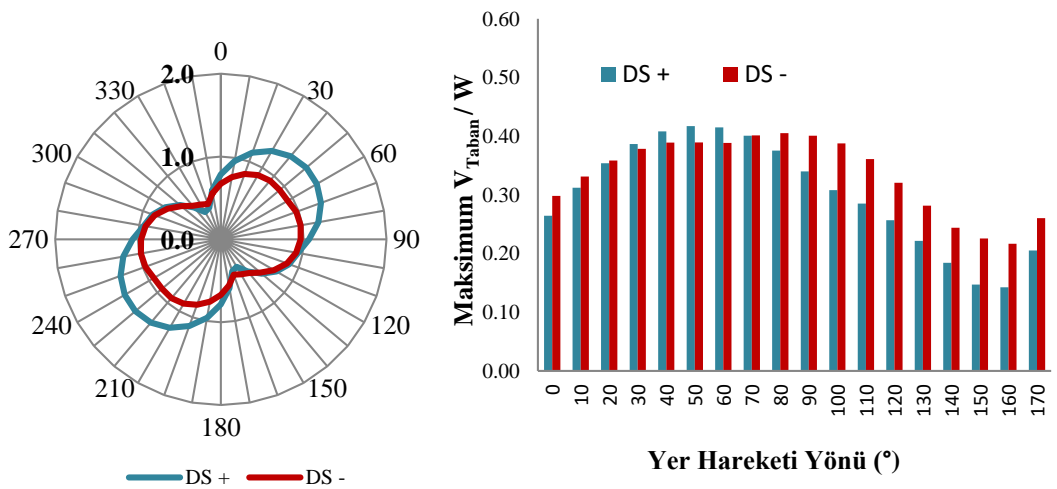
Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği modellere ait maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler Ek-I’ de verilmiştir.

Taban kesme kuvveti talepleri

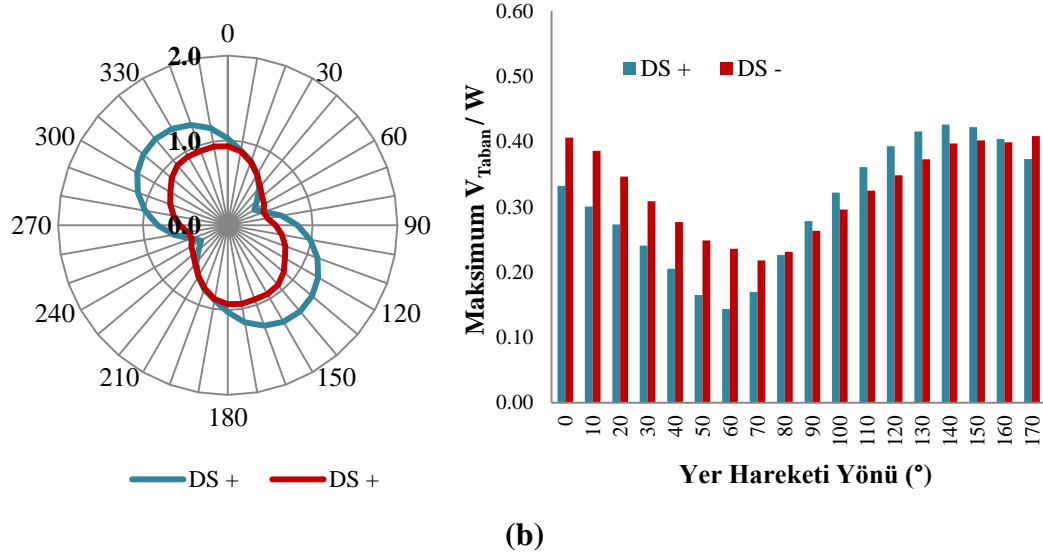
Sentetik ivme kayıtlarına ait dinamik analizlerin sonuçlarının verildiği bölümde bahsedildiği gibi donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin taban kesme kapasiteleri birbirine oldukça yakındır. Bu nedenle, elastik ötesi davranışın gözlemlendiği analizlerde, sayısal modellerin taban kesme kuvveti

talepleri arasında çok büyük farklar oluşmayacaktır. Aşılma olasılığının en yüksek olduğu bu analiz grubunda, her iki sayısal modelden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farkların en fazla %35 mertebesinde olduğu görülmüştür.

1979 Imperial Valley depremi El Centro Array #4 kaydı ile gerçekleştirilen dinamik analizlerden her iki model için elde edilen görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri değişen yer hareketi yönüne bağılı olarak Şekil 5.20’de verilmiştir. Grafiklerde modellerden elde edilen taban kesme kuvvetlerinin görelî kat ötelemesi değerlerine benzer bir eğilimle artış ve azalış gösterdiği görülmektedir. Bununla birlikte modellere ait görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri karşılaştırıldığında, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı modelin sıyrılmanın ihmal edildiği modele göre daha fazla görelî kat ötelemesi ve daha az taban kesme kuvveti talebine maruz kaldığı tespit edilmiştir. Örneğin yer hareketi yönünün yapısal eksenlere göre 10° olduğu dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin Z yönü görelî kat ötelemesi talepleri birbirine eşit ve %0.9 olarak elde edilmiştir. Aynı analizin sonucunda taban kesme kuvveti taleplerinin yapı ağırlığına oranı sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı model için 0.30, ihmal edildiği model için 0.39 olarak tespit edilmiştir. Bu noktadan yola çıkarak, donatı sıyrılmasının ihmal edildiği analitik modelin daha küçük deplasman talepleri için daha büyük taban kesme kuvvetlerine maruz kaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5.20).



(a)



Şekil 5.20 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4) depremi görel kat ötelemesi & Taban kesme kuvveti talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

Bu bölümde gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği modellere ait maksimum görel kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler Ek-J' da verilmiştir.

5.2.2 Performans seviyesi 2: Elli yılda aşılma olasılığı %10

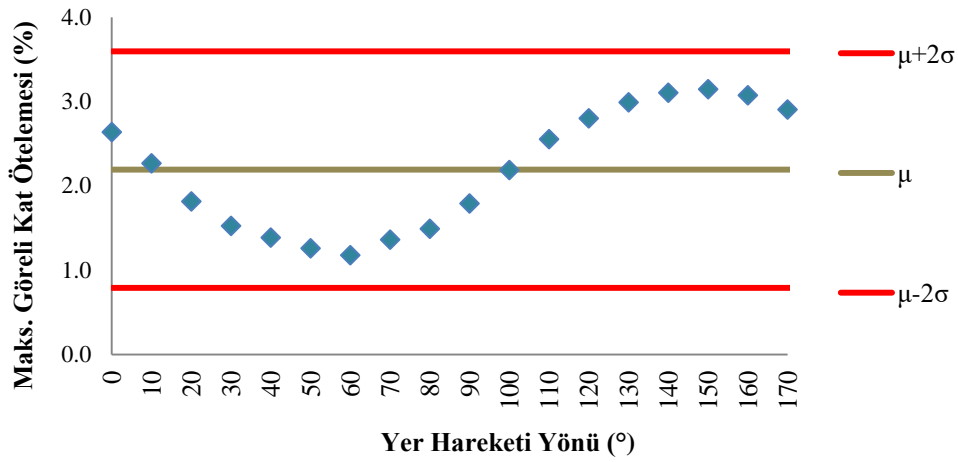
Bu bölümde DBYBHY' de (2007) tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan spektrum eğrisine göre ölçeklendirilmiş ve 0°'den başlayarak 10° aralıklarla 180° döndürülerek elde edilen 1080 ivme kaydı bileşeni ile gerçekleştirilen dinamik analizlere ait sonuçlar verilmiştir.

5.2.2.1 Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi

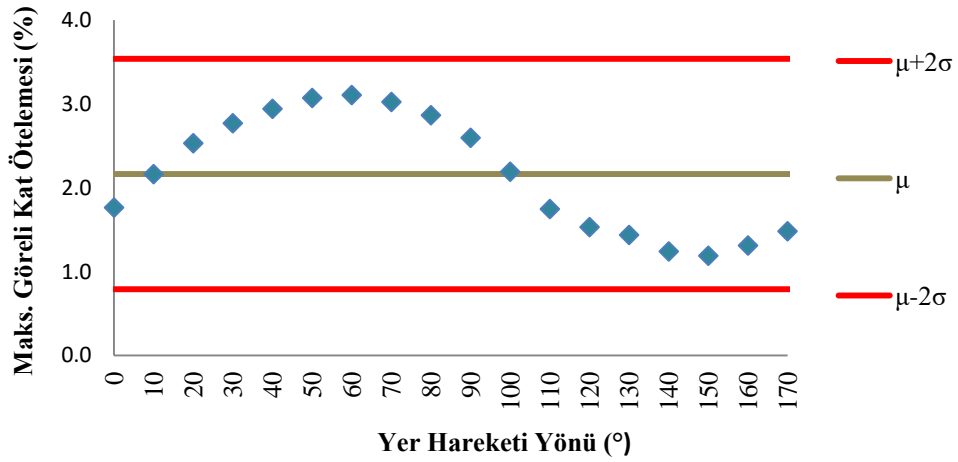
Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alındığı sayısal model üzerinde incelenmiştir.

1999 Düzce depremi Bolu kaydının 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen 18 çift yer hareketi bileşeni ile gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda elde edilen maksimum görel kat ötelemesi talepleri Şekil 5.21' de verilmiştir. Analizlerden elde edilen maksimum görel kat ötelemesi değerleri %1.2 ile %3.1 aralığında değişiklik göstermektedir. Dağılımın ortalama değeri, $\mu=2.2$, standart sapma değeri, $\sigma=0.7$ olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen sonuçların tümü “ $\mu+2\sigma$ ” ve “ $\mu-2\sigma$ ” değerleri arasında kalmıştır. Tüm sonuçlar %95 güven aralığını sağlamaktadır.



(a)

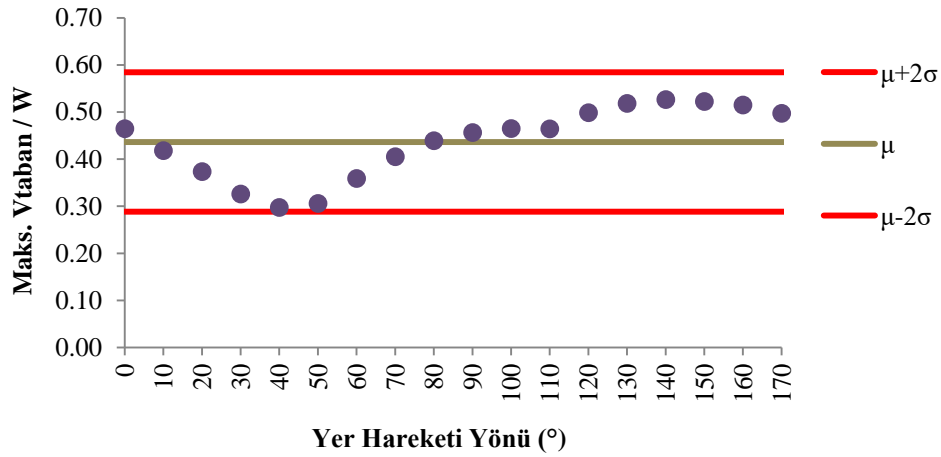


(b)

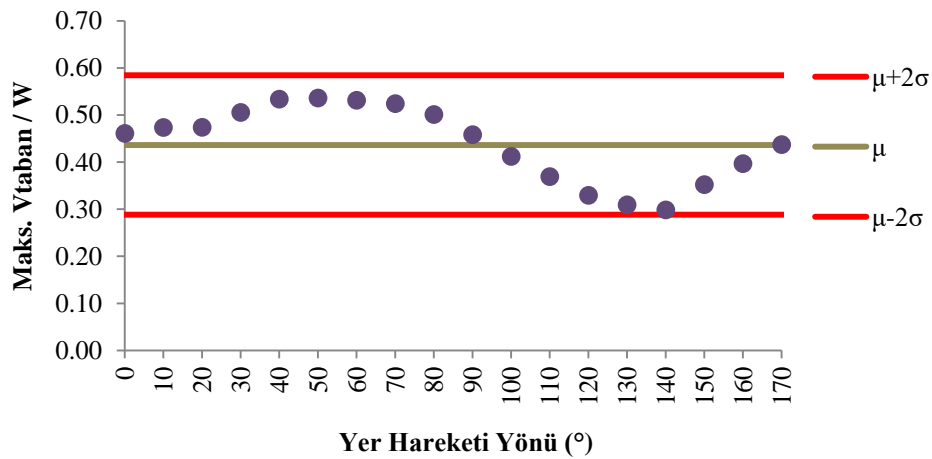
Şekil 5.21 : 1999 Düzce (Bolu) depremi maksimum göreli kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.

1999 Düzce depremi Bolu kaydı kullanılarak farklı yer hareketi yönleri için gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti talepleri Şekil 5.22’ de verilmiştir. Grafiklerde taban kesme kuvvetleri yapı toplam ağırlığının oranı olarak ifade edilmiştir. Elde edilen maksimum taban kesme kuvveti taleplerinin, maksimum göreli kat ötelemesi talepleri ile benzer bir dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Maksimum ve minimum taban kesme kuvveti talepleri modelin X ve Z yönü için yapı ağırlığı, W cinsinden sırasıyla $0.30W - 0.53W$ ve $0.30W - 0.54W$ olarak elde edilmiştir (Şekil 5.22). Dağılımın ortalaması, $\mu=0.4$, standart sapması, $\sigma=0.1$

olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçların tümü, görel kat ötelemesi taleplerinde olduğu gibi, %95 güven aralığında kalmaktadır.



(a)



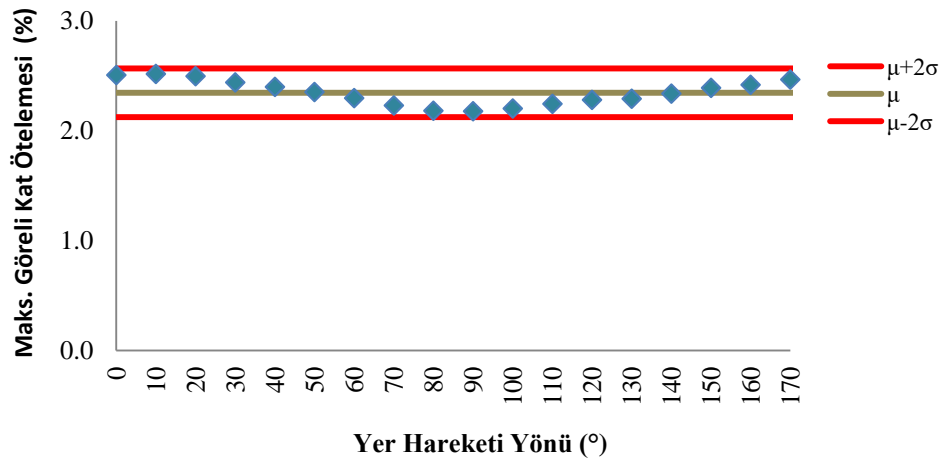
(b)

Şekil 5.22 : 1999 Düzce (Bolu) depremi maksimum taban kesme kuvveti talepleri (a) X yönü (b) Z yönü.

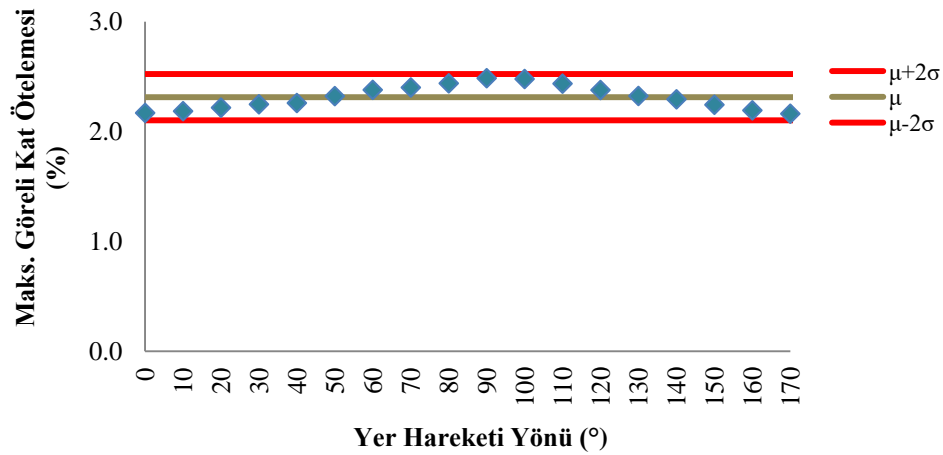
Gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlere ait maksimum görel kat ötelemesi taleplerinin, her bir yer hareketi yönü için ortalaması alınarak deprem özelliklerinden bağımsız, ortalama görel kat ötelemesi talepleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar yer hareketi yönüne bağlı olarak Şekil 5.23’de verilmiştir. Yapılan hesaplamalardan elde edilen görel kat ötelemesi değeri minimum %2.2, maksimum %2.5 aralığında değişiklik göstermektedir. Dağılımın ortalama değeri $\mu=2.3$, standart sapma değeri $\sigma=0.1$ olarak hesaplanmıştır.

Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen maksimum görel kat ötelemesinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren

grafikler Ek-K' da ve taban kesme kuvveti taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler ise Ek-L' de verilmiştir



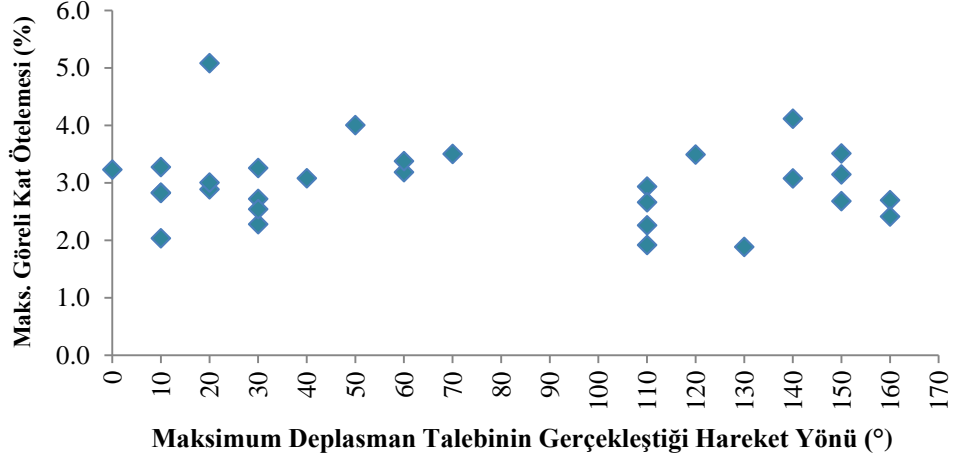
(a)



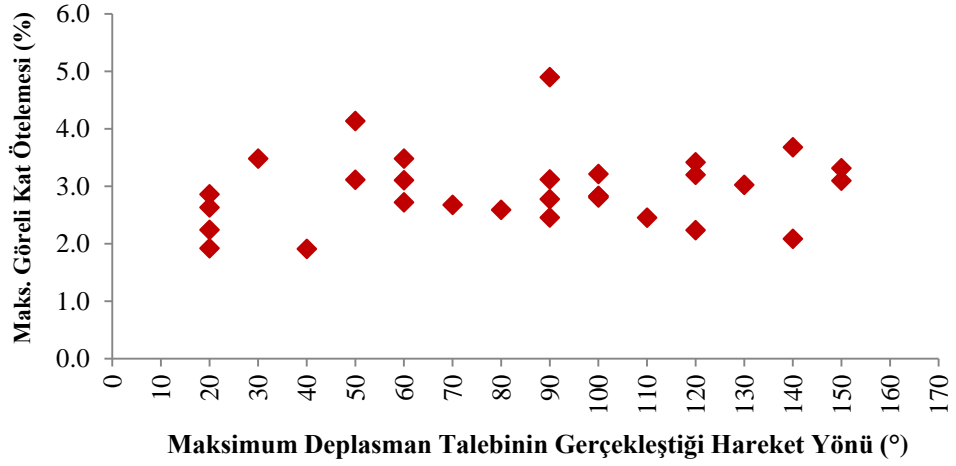
(b)

Şekil 5.23 : 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü.

30 çift kaydedilmiş deprem ivme kaydının farklı yer hareketi yönlerinde uygulanması ile gerçekleştirilen 540 dinamik analizden elde edilen sonuçlarda, maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin, yer hareketi uygulama yönüne bağlı olarak düzenli bir eğilim göstermediği tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, aşılma olasılığı %50 olan ivme kayıtları ile yapılan analiz sonuçlarına benzerdir. Bu durumda bir önceki bölümde öne sürülmüş olan maksimum sismik taleplerin elde edildiği yer hareketi yönünün modelden bağımsız ve yer hareketi özelliklerine bağlı olduğu hipotezi elde edilen sonuçlarla bir kez daha desteklenmiştir. Analizlerden elde edilen maksimum göreli kat ötelemesi talepleri ve ilgili taleplerin gerçekleştiği yer hareketi yönleri modelin her iki doğrultusu için ayrı ayrı Şekil 5.24'de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.24 : Maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin elde edildiği yer hareketi yönleri (a) X yönü (b) Z yönü.

Analizler sonucunda elde edilen mutlak maksimum göreli kat ötelemesi talepleri, yapısal eksenler doğrultusunda yapılan analizlerden elde edilen mutlak maksimum göreli kat ötelemesi taleplerine göre normalize edildiğinde, elde edilen yer hareketi yönü etki oranları Çizelge 5.4’de verilmiştir. 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4) depremi X yönü için elde edilen oran, maksimum göreli kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne bağlı olarak, iki kat artış sergileyebileceğini göstermiştir.

5.2.2.2 Donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların sismik taleplere etkisi

Bu kısımda donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin sismik talepleri arasındaki farkları belirleyebilmek amacıyla, doğrusal olmayan

dinamik analizlerden elde edilen görel kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri her iki model için karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çizelge 5.4 : Yer hareketi yönü etki oranları (50 yılda aşılma olasılığı %10).

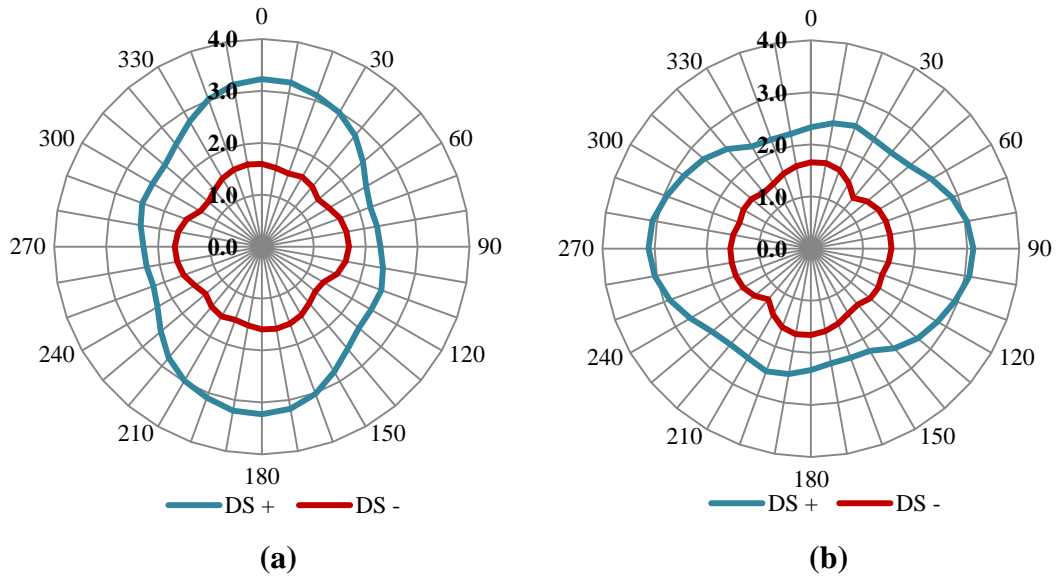
Yer Hareketi Adı	Yer Hareketi Yönü Etki Oranı		Yer Hareketi Adı	Yer Hareketi Yönü Etki Oranı	
	X-Yönü	Z-Yönü		X-Yönü	Z-Yönü
Imperial Valley (Brawley Airport)	1.06	3.94	Northridge (Canoga Park TopangaCanyon)	1.20	1.87
Imperial Valley (Bond Corner)	1.11	1.47	Northridge (Saticoy)	1.01	1.76
Imperial Valley (El Centro Array #10)	1.30	1.16	Chi-Chi (CHY024)	1.14	1.53
Loma Prieta (Gilroy Array #2)	1.41	1.05	Chi-Chi (TCU101)	1.29	1.35
Loma Prieta (Gilroy Array #3)	1.38	1.08	Chi-Chi (TCU109)	1.20	1.05
Northridge (Canyon Country W Lost)	1.00	1.37	Düzce (Düzce)	1.00	1.34
Superstition Hills (El Centro Imp Co)	1.04	1.64	Erzincan (Erzincan)	1.75	1.08
Chi-Chi (TCU138)	1.47	1.06	Imperial Valley (El Centro Array #4)	2.30	1.21
Chi-Chi (CHY035)	1.51	1.11	Imperial Valley (El Centro Array #5)	1.03	1.83
Chi-Chi (TCU050)	1.16	1.28	Northridge (Newhall)	1.17	1.74
Düzce (Bolu)	1.19	1.76	Kobe (KJM)	1.63	1.38
Imperial Valley (EC Co Center FF)	1.11	1.22	Northridge (Sylmar Hospital)	1.12	1.37
Imperial Valley (El Centro Array #8)	1.17	1.38	Chi-Chi (CHY028)	1.20	1.11
Kocaeli (Düzce)	1.08	1.46	Chi-Chi (TCU102)	1.04	1.40
Chi-Chi (TCU050)	1.16	1.28	Northridge (Newhall)	1.17	1.74

Görel kat ötelemesi talepleri

Görel kat ötelmesi taleplerinin incelendiği bu bölümde bir önceki bölümde de olduğu gibi, 18 farklı hareket yönünde, 180°'lik alanda gerçekleştirilen analizler çalışmada kullanılan yapı modelinin simetrik olması nedeniyle, 36 farklı hareket yönünü temsil edecek şekilde 360° olarak çoğaltılmıştır.

Bu bölümde gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen sonuçların genelini yansıtması açısından modellere ait maksimum görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki farkların en çok olduğu 1999 Düzce (Düzce) ve en az olduğu 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5) yer hareketlerine ait analizlerin sonuçları verilmiştir.

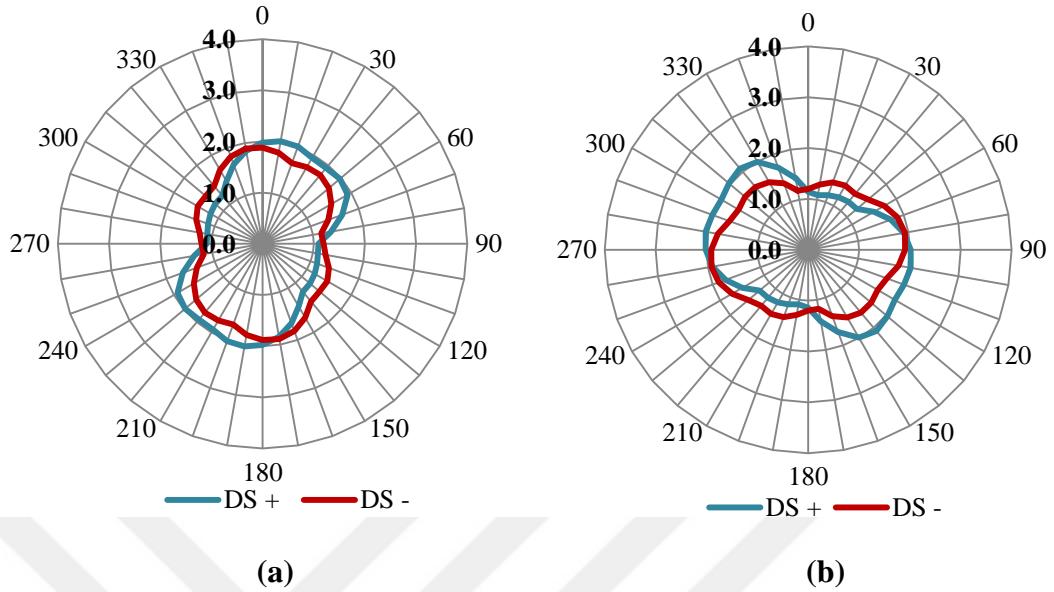
1999 Düzce depremi Düzce kaydının 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen 18 çift yer hareketi bileşeni ile gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellere ait görelî kat ötelemesi talepleri Şekil 5.25’de verilmiştir. Yer hareketinin yönüne bağılı olarak değişen görelî kat ötelemesi talepleri sıyrılma deformasyonların dikkate alındığı sayısal modelin her iki yönünde maksimum %3.1, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği modelin her iki yönünde ise maksimum %1.7 olarak elde edilmiştir. Bu deprem kaydı için yapılmış olan analizlerde donatı sıyrılmasının dikkate alınmaması durumunda görelî kat ötelemesi taleplerinin olması gerekenden %74 daha az bulunacağı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.25 : 1999 Düzce (Düzce) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

1979 Imperial Valley depremi El Centro Array #5 kaydı kullanılarak yapılan dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı analitik modele ait maksimum görelî kat ötelemesi talebi X ve Z yönleri için sırasıyla %2 ve %2.1, donatı sıyrılmasının ihmal edildiği modelde ise her iki yön için %1.9 olarak elde edilmiştir (Şekil 5.26). Bu deprem kaydı özelinde, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edilmesi durumunda elde

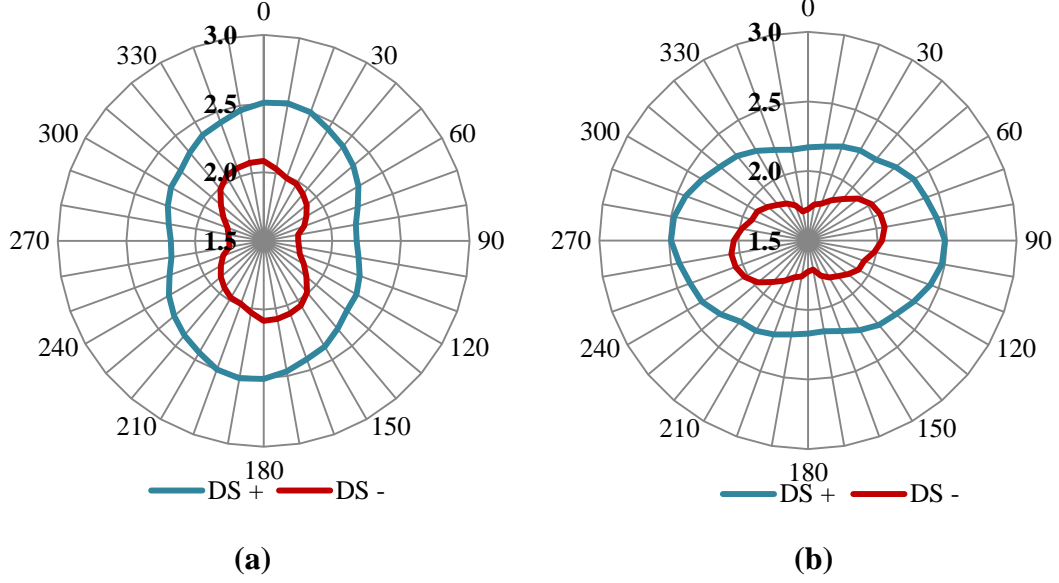
edilen maksimum görelî kat ötelemesi talepleri, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı modelden elde edilen taleplerden %2 daha az olacaktır.



Şekil 5.26 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-)

Son olarak, dinamik analizlerde her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalamaları alınmış ve donatı sıyrılmasının yapısal davranışa etkisi depremin özelliklerinden bağımsız olarak elde edilmeye çalışılmıştır. Hesaplanan ortalama değerlere göre oluşturulan grafiklerde, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modele ait görelî kat ötelemesi taleplerinin, tüm yer hareketi yönleri için, donatı sıyrılmasının ihmal edildiği sayısal modelin taleplerinden fazla olduğu görülmektedir (Şekil 5.27). Yer hareketinin yönüne bağılı olarak değişen görelî kat ötelemesi talepleri, sıyrılma deformasyonların dikkate alındığı sayısal modelde her iki yönde maksimum %2.5, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği modelde ise her iki yönde maksimum %2.1 olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 5.27'da verilen görelî kat ötelemesi değerlerinin ortalaması alınarak, donatı sıyrılmasına bağılı olarak oluşacak deformasyonların yapı davranışını ne ölçüde değiştirdiği, yer hareketi yönünden bağımsız olarak elde edilmeye çalışılmıştır. Hesaplanan ortalama görelî kat ötelemesi değerleri (DS+ için %2.3, DS- için %1.9), sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği durumlarda yapısal analizlerden elde edilecek görelî kat ötelemesi taleplerinin olması gereken değerlerden %22 oranında daha az olacağı sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.27 : 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan performans seviyesi; 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görel kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-)

Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği modellere ait maksimum görel kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler Ek-M’ de verilmiştir.

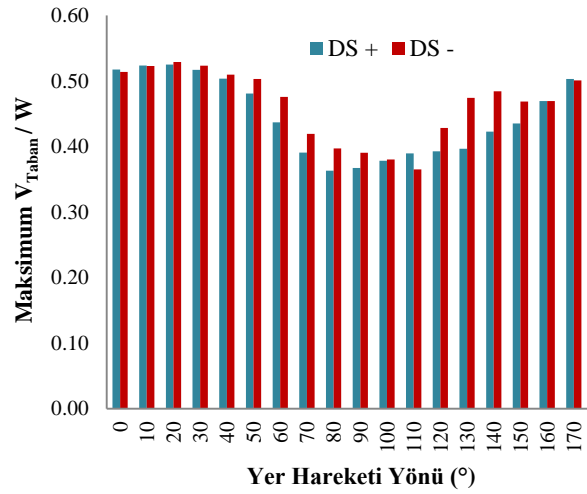
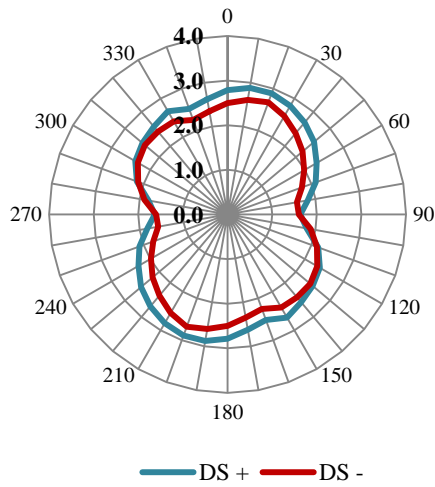
Taban kesme kuvveti talepleri

Aşılma olasılığı %50 olan ivme spektrumuna göre ölçeklendirilmiş ivme kayıtları ile yapılan dinamik analizlerin sonuçlarının verildiği bölümde bahsedildiği gibi donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin taban kesme kapasiteleri birbirine oldukça yakındır. Bu bölümde her iki modelin dinamik analizlerinden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farklar en fazla %6 mertebesinde kalmıştır.

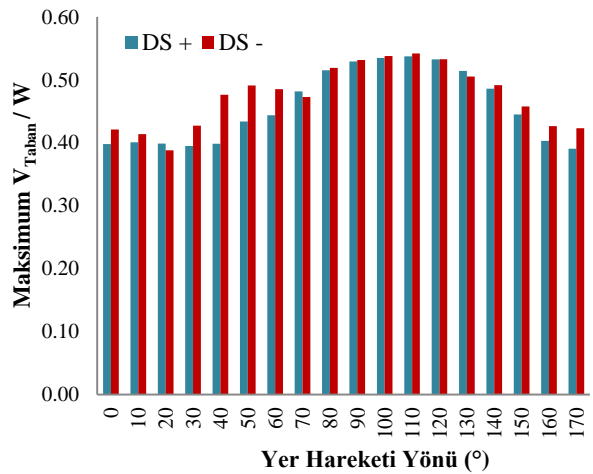
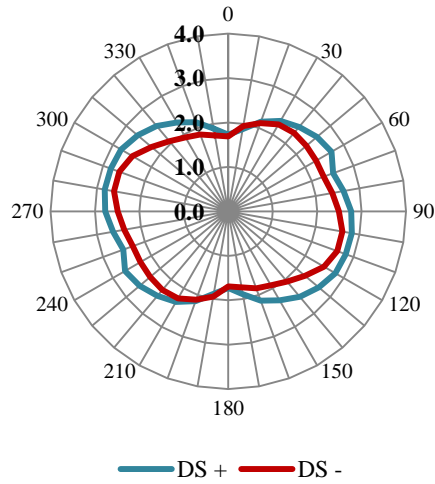
1987 Superstition Hills depremi El Centro Imp Co Center kaydı ile gerçekleştirilen dinamik analizlerden her iki sayısal model için elde edilen görel kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri değişen yer hareketi yönüne bağlı olarak Şekil 5.28’de verilmiştir. Yer hareketi yönünün yapısal eksenlere göre 140° olduğu dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin X yönü görel kat ötelemesi talepleri birbirine eşit ve %2.4 olarak elde edilmiştir. Aynı analizin sonucunda taban kesme kuvveti taleplerinin yapı ağırlığına oranı sıyrılma

deformasyonlarının dikkate alındığı model için 0.40, ihmal edildiği model için 0.47 olarak tespit edilmiştir. Bu noktadan yola çıkarak, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alınmadığı modelin daha küçük deplasman taleplerinde daha büyük taban kesme taleplerine maruz kaldığını söyleyebiliriz.

Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği modellere ait maksimum görece kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler Ek-N' de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.28 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) depremi görece kat ötelemesi & Taban kesme kuvveti talepleri (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

5.2.3 Performans seviyesi 3: Elli yılda aşılma olasılığı %2

Bu kısımda, DBYBHY' de (2007) tanımlanan 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan spektrum eğrisine göre ölçeklendirilmiş ivme kayıtları kullanılarak zaman tanıma alanında analizler gerçekleştirilmiştir. 0°'den başlayarak 10° aralıklarla 180° döndürülerek elde edilen 1080 ivme kaydı bileşeni ile her bir sayısal model için 540 adet analiz yapılmıştır.

5.2.3.1 Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi

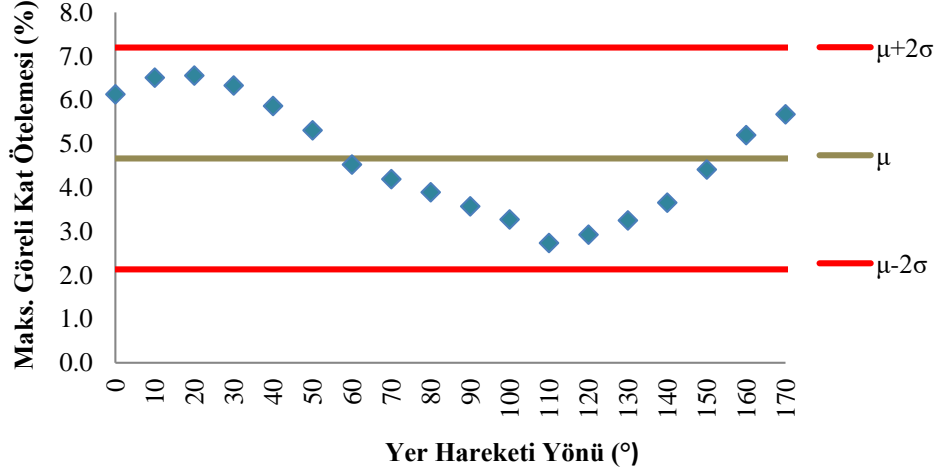
Yer hareketi yönünün sismik taleplere etkisi, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alındığı sayısal model üzerinde incelenmiştir.

1999 Chi-Chi depremi CHY024 kaydının 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen 18 çift yer hareketi ivme kaydı ile gerçekleştirilen dinamik analizler sonrasında, her iki yatay doğrultu için ayrı ayrı elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi talepleri Şekil 5.29' da gösterilmiştir. Analizlerden elde edilen görelî kat ötelemesi değerleri minimum %2.7, maksimum %6.6 aralığında değişiklik göstermektedir. Dağılımın ortalama değeri, $\mu=4.7$, standart sapma değeri, $\sigma=1.3$ olarak hesaplanmıştır.

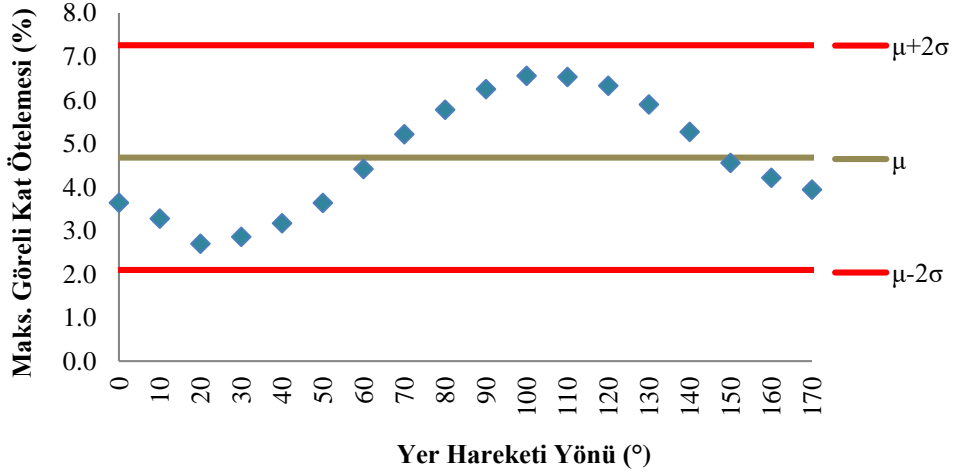
Elde edilen sonuçların tümü " $\mu+2\sigma$ " ve " $\mu-2\sigma$ " değerleri arasında kalmıştır. Yani elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi talepleri normal dağılımlıdır ve seriyi bozan, serinin dışında tutulması gerekli herhangi bir sonuç bulunmamaktadır. Tüm sonuçlar %95 güven aralığını sağlamaktadır.

1999 Chi-Chi depremi CHY024 kaydına ait farklı yer hareketi yönleri için gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti talepleri Şekil 5.30'da verilmiştir. Grafiklerde taban kesme kuvvetleri, yapı toplam ağırlığının oranı olarak ifade edilmiştir. Elde edilen maksimum taban kesme kuvveti taleplerinin, maksimum görelî kat ötelemesi talepleri ile benzer bir dağılıma sahip olduğu görülmüştür. Yapı modelinin X asal yönü için en küçük ve en büyük taban kesme kuvveti talepleri yapı ağırlığı, W cinsinden sırasıyla 0.34W ve 0.52W, Z yönü için ise sırasıyla 0.33W ve 0.54W olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.30).

Taban kesme kuvveti dağılımının ortalaması, $\mu=0.5$, standart sapması, $\sigma=0.1$ olarak hesaplanmıştır. X yönünde 110° ve Z yönünde 20° döndürülmüş ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler dışında diğer tüm analizlerden elde edilen sonuçlar, görelî kat ötelemesi taleplerinde olduğu gibi, " $\mu+2\sigma$ " ve " $\mu-2\sigma$ " değerleri arasında kalmıştır.



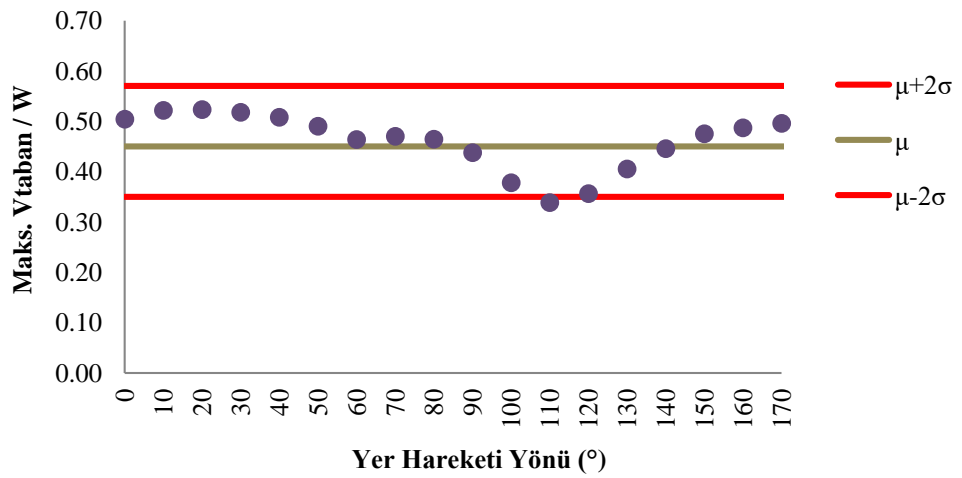
(a)



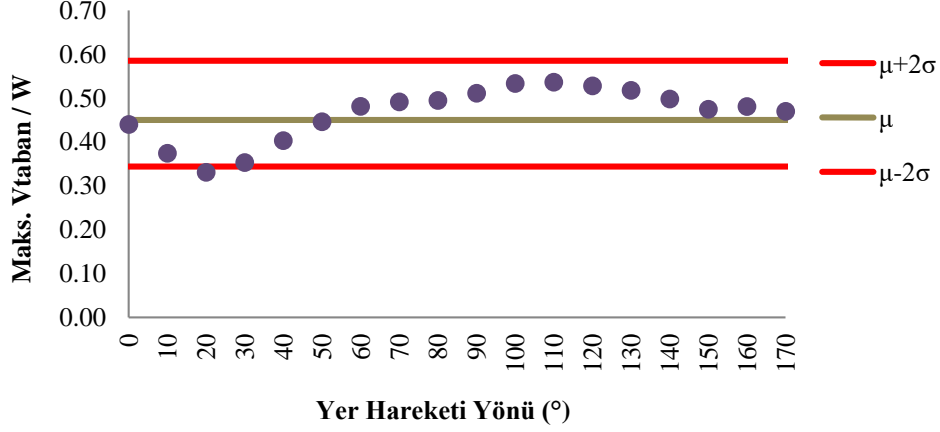
(b)

Şekil 5.29 : 1999 Chi-Chi depremi (CHY024) maksimum göreli kat ötelemesi talepleri

(a) X yönü (b) Z yönü.



(a)

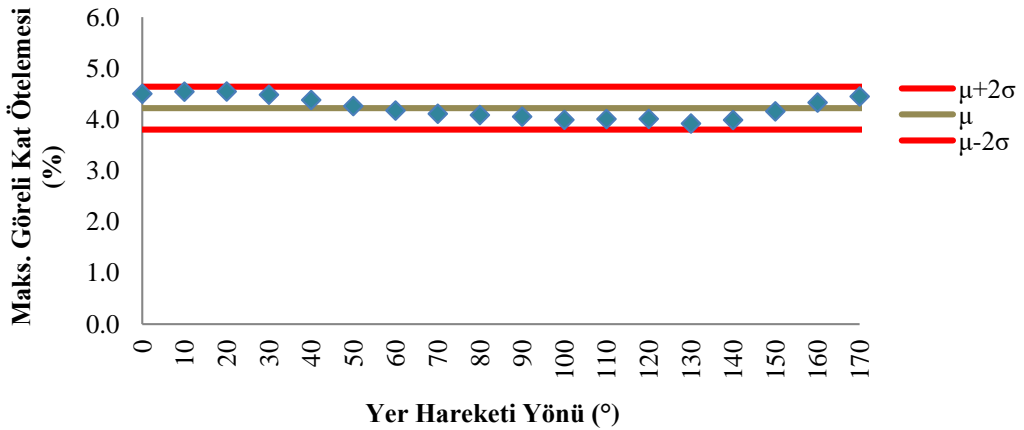


(b)

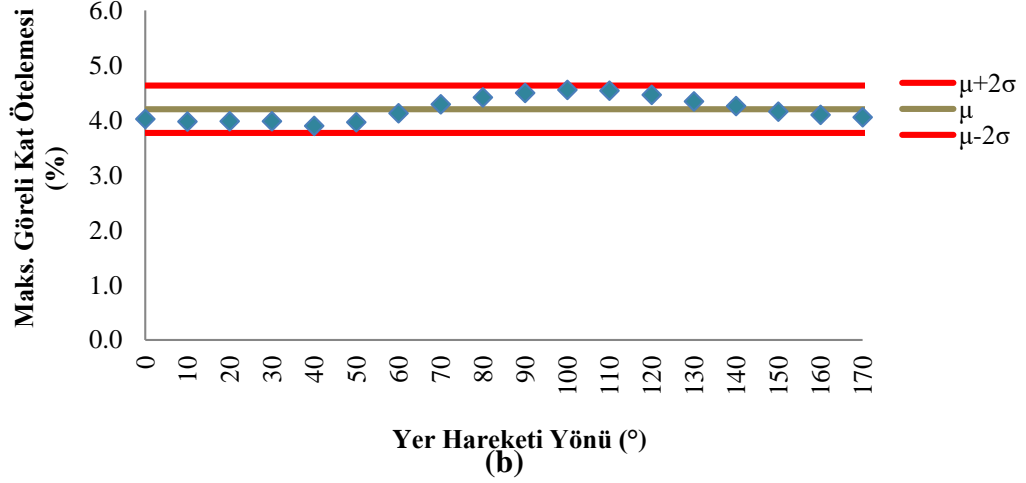
Şekil 5.30 : 1999 Chi-Chi depremi (CHY024) maksimum taban kesme kuvveti/yapı ağırlığı oranı (a) X yönü (b) Z yönü.

Analizlerden genel bir sonuç çıkarabilmek adına her bir deprem ivme kaydının aynı hareket yönü için ortalama görelî kat ötelemesi değerleri bulunmuştur (Ör: 30 çift deprem ivme kaydının ölçeklendirilmiş ve 10 derece döndürülmüş verileri ile gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sismik taleplerin ortalaması). Elde edilen sonuçlar yer hareketi yönüne bağılı olarak Şekil 5.31’de verilmiştir. Yapılan hesaplamalardan elde edilen görelî kat ötelemesi değeri minimum %3.9, X yönünde maksimum %4.5, Z yönünde ise maksimum %4.6 aralığında değışiklik göstermektedir. Dağılımın ortalaması, $\mu=4.1$, standart sapması, $\sigma=0.3$ olarak hesaplanmıştır.

Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen maksimum görelî kat ötelemesinin yer hareketi yönüne göre değışimini gösteren grafikler Ek-O’ de ve taban kesme kuvveti taleplerinin yer hareketi yönüne göre değışimini gösteren grafikler ise Ek-P’ de verilmiştir.



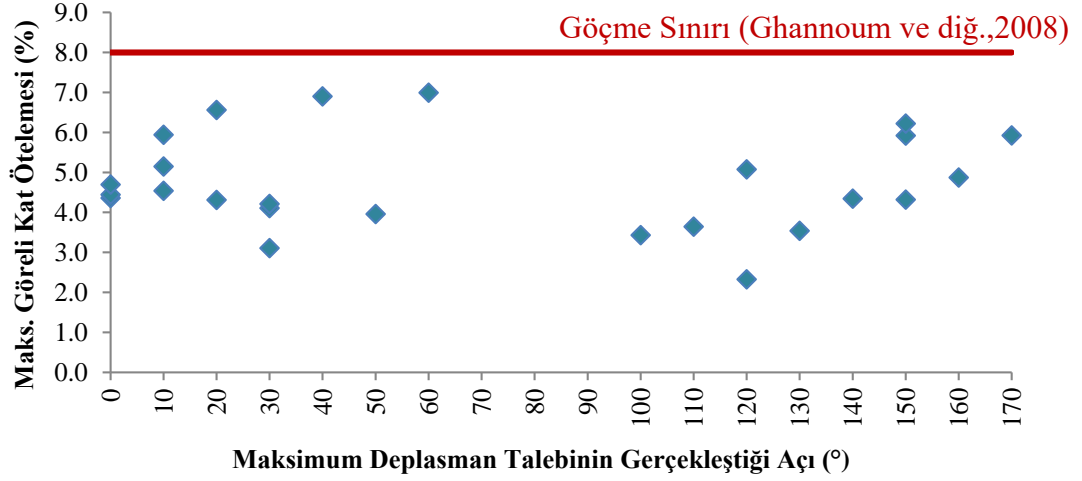
(a)



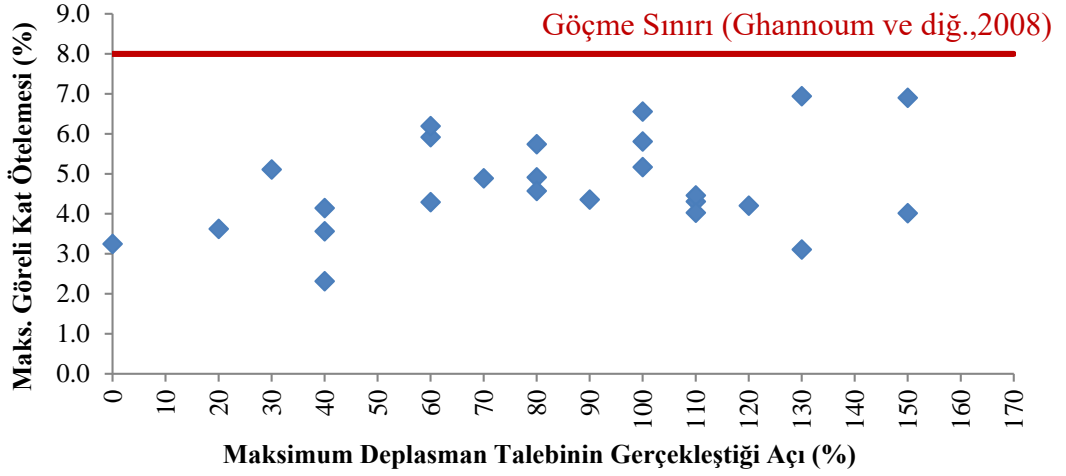
Şekil 5.31 : 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) Z yönü.

30 çift yer hareketi bileşeninin 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizlerin sonuçları incelendiğinde maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi uygulama yönlerine bağlı olarak düzenli bir eğilim göstermediği görülmüştür. Bu durum, maksimum sismik taleplerin elde edildiği yer hareketi yönünün modelden bağımsız olduğunu ve yer hareketi özelliklerine bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar 50 yılda aşılma olasılığı %50 ve %10 olan spektrum eğrisine göre ölçeklendirilmiş ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analiz sonuçları ile benzerdir. Analizlerden elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi talepleri ve ilgili taleplerin gerçekleştiği yer hareketi yönleri modele ait her iki yön için ayrı ayrı Şekil 5.32’de verilmiştir.

Ghannoum ve diğ. (2008) yapmış oldukları çalışmada 3 katlı, 3 açıklıklı ve 1960-1970 yıllarında inşa edilmiş olan yapıların genel özelliklerini yansıtan betonarme bir çerçevenin, kesme ve eksenel yük deformasyonlarını dikkate alan doğrusal olmayan analitik modelini oluşturmuşlardır. Çerçevenin, göçme anına kadar geçen zaman zarfında oluşan yapısal hasarları ve bu hasarların oluştuğu görelî kat ötelmesi taleplerini statik itme analizi ile belirlemişlerdir. Yapısal davranışın incelendiği bu çalışmada, çerçevenin birinci katına ait görelî kat ötelemesi talepleri %8’e ulaştığı anda sünek olmayan kolonların hasara uğradığı görülmüştür. Bu nedenle, birinci kata ait %8 görelî kat ötelemesi değerinin göçme sınırı olduğu kabul edilmiştir. Bu noktadan yola çıkarak, bu çalışmada da %8 görelî kat ötelemesi değeri göçme sınırı olarak kabul edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.32 : Maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin elde edildiği yer hareketi yönleri (a) X yönü (b) Z yönü

Çalışmanın bu bölümünde 1999 Chi-Chi depremi TCU102, TCU 109 ve 138 kayıtları ve 1995 Kobe depremi Takatori ve KJM kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerde, modellerin göçme sınırında ve göçme sınırının üzerinde görelî kat ötelemesi taleplerine maruz kaldığı görülmüştür. Bu nedenle bu yer hareketlerinden elde edilen sonuçlar dikkate alınmamıştır.

Analizler sonucunda elde edilen mutlak maksimum görelî kat ötelemesi talepleri, yapısal eksenler doğrultusunda yapılan analizlerden elde edilen mutlak maksimum görelî kat ötelemesi taleplerine göre normalize edildiğinde elde edilen yer hareketi yönü etki oranları Çizelge 5.5’de verilmiştir. 1979 Imperial Valley (Brawley Airport) ve 1994 Northridge (Newhall) depremleri için elde edilen oranlar, yer hareketi yönüne

bağlı olarak, maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin iki katından daha fazla farkedebileceğini göstermiştir.

Çizelge 5.5 : Yer hareketi yönü etki oranları (50 yılda aşılma olasılığı %2).

Yer Hareketi Adı	Yer Hareketi Yönü Etki Oranı		Yer Hareketi Adı	Yer Hareketi Yönü Etki Oranı	
	X-Yönü	Z-Yönü		X-Yönü	Z-Yönü
Imperial Valley (Brawley Airport)	1.05	2.68	Kocaeli (Yarımca)	1.21	1.16
Imperial Valley (Bond Corner)	1.28	1.04	Northridge (Canoga Park Topanga Canyon)	1.11	1.50
Imperial Valley (El Centro Array #10)	1.82	1.00	Northridge (Saticoy)	1.00	1.89
Loma Prieta (Gilroy Array #2)	1.71	1.12	Chi-Chi (CHY024)	1.07	1.80
Loma Prieta (Gilroy Array #3)	1.37	1.10	Chi-Chi (TCU101)	1.41	1.66
Northridge (Canyon Coun.W Lost Canyon)	1.00	1.54	Düzce (Düzce)	1.03	1.54
Superstition Hills (El Centro Imp Co Center)	1.01	1.68	Erzincan (Erzincan)	1.42	1.18
Chi-Chi (CHY035)	1.03	1.66	Imperial Valley (El Centro Array #4)	1.95	1.24
Chi-Chi (TCU050)	1.03	1.11	Imperial Valley (El Centro Array #5)	1.20	1.75
Düzce (Bolu)	1.06	1.72	Northridge (Newhall)	1.17	2.27
Imperial Valley (EC Co Center FF)	1.02	1.12	Northridge (Sylmar Hospital)	1.10	1.07
Imperial Valley (El Centro Array #8)	1.19	1.57	Chi-Chi (CHY028)	1.44	1.16
Kocaeli (Düzce)	1.10	1.11			

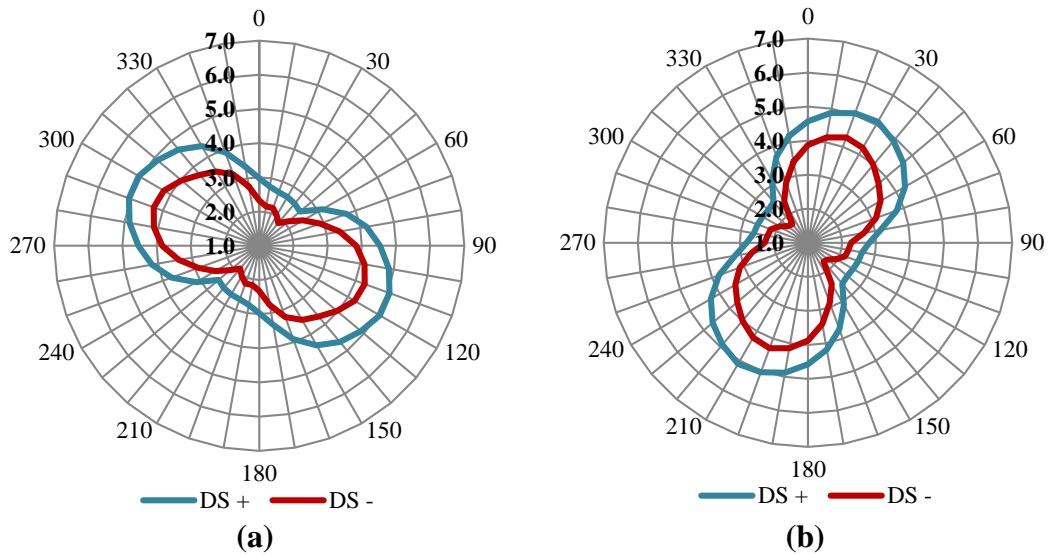
5.2.3.2 Donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların sismik taleplere etkisi

Bu kısımda donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellere ait doğrusal olmayan dinamik analizlerin sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve iki farklı sayısal modelden elde edilen görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farklar ortaya konulmuştur.

Görelî kat ötelemesi talepleri

Görelî kat ötelemesi taleplerinin incelendiği bu bölümde, 18 farklı hareket yönünde, 180°'lik alanda gerçekleştirilen analizler çalışmada kullanılan yapı modelinin simetrik olması nedeniyle, 36 farklı hareket yönünü temsil edecek şekilde 360° olarak çoğaltılmıştır.

1989 Loma Prieta depremi Gilroy Array #2 kaydının 10° aralıklarla 180° döndürülmesi ile elde edilen 18 çift yer hareketi bileşeni ile gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda donatı sıyrılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellere ait görelî kat ötelemesi talepleri Şekil 5.33’de verilmiştir. Yer hareketinin yönüne bağılı olarak değışen görelî kat ötelemesi talepleri sıyrılma deformasyonların dikkate alındığı analitik modelin her iki yönünde maksimum %5.1, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiğı modelin her iki yönünde ise maksimum %4.3 olarak elde edilmiştir. Bu deprem kaydı için yapılmış olan analizlerde donatı sıyrılmasının dikkate alınmaması durumunda görelî kat ötelemesi taleplerinin olması gerekenden %24 daha az bulunacağı sonucuna ulaşılmıştır.

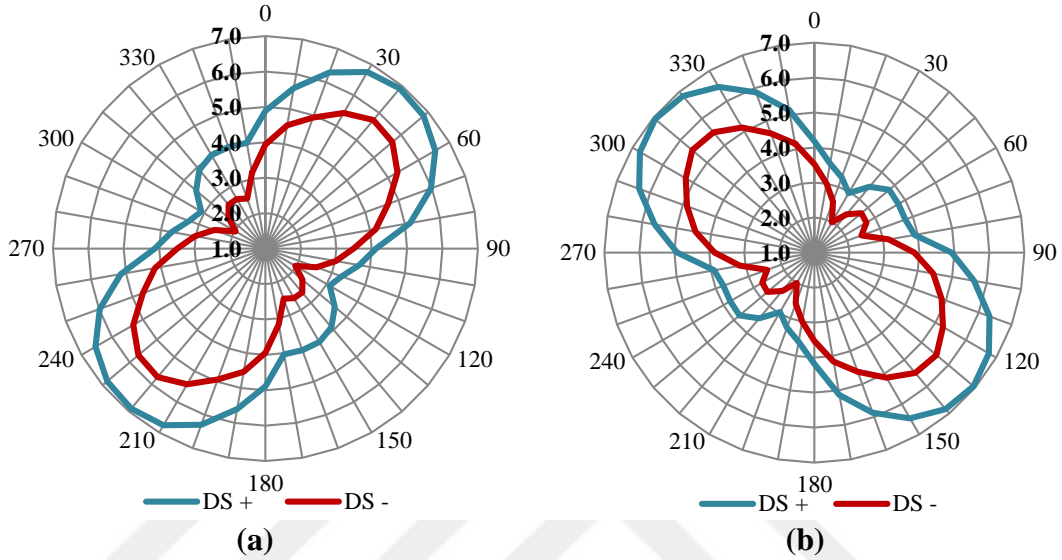


Şekil 5.33 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) depremi görelî kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

1999 Chi-Chi depremi TCU101 kaydı kullanılarak yapılan dinamik analizlerde donatı sıyrılmasının dikkate alındığı analitik modelde her iki yön için maksimum görelî kat ötelemesi talebi %6.9, donatı sıyrılmasının ihmal edildiğı modelde ise X ve Z yönleri için sırasıyla %5.7 ve %5.6 olarak elde edilmiştir. Bu yer hareketi ile yapılan analizlerin sonuçlarına göre, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiğı analitik modelden elde edilen görelî kat ötelemesi taleplerinin %29 daha az olduğı sonucuna varılmıştır (Şekil 5.34).

30 farklı yer hareketinin 180 döndürülmesi ile elde edilen ivme kayıtları ile yapılan analizlerin %92’inde donatı sıyrılmasının dikkate alındığı analitik modele ait görelî kat ötelemesi taleplerinin, donatı sıyrılmasının ihmal edildiğı analitik modele ait görelî

kat ötelemesi taleplerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Ancak analizi gerçekleştirilen 3 yer hareketinde, 1979 Imperial Valley (Brawley Airport), Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) ve 1999 Düzce (Düzce), genel kanının dışında kalan sonuçlar elde edilmiştir. Bu depremlerde sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği analitik modele ait maksimum görece kat ötelemesi taleplerinin sırasıyla %11, %13 ve %3 oranlarında daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

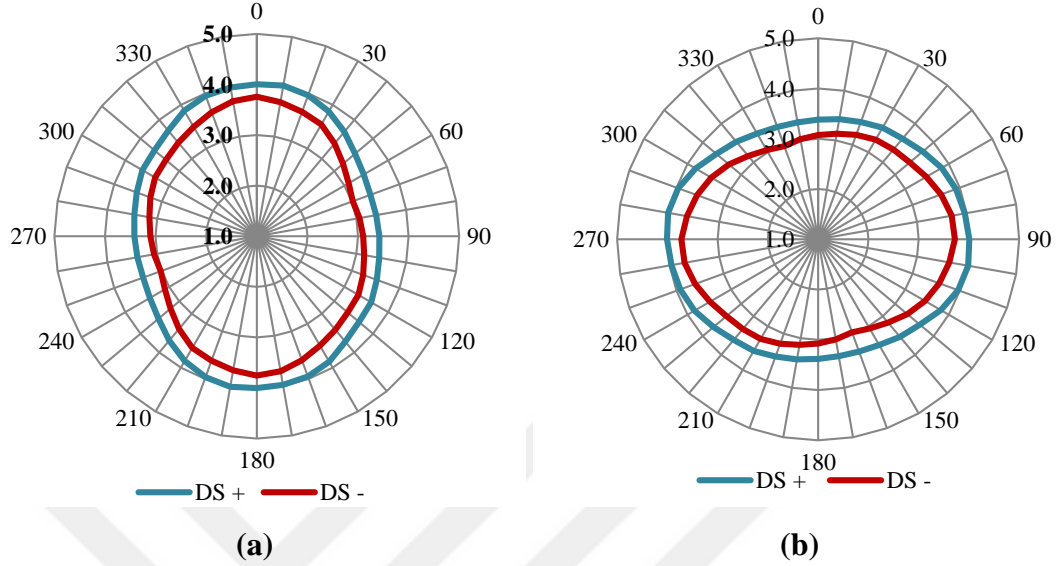


Şekil 5.34 : 1999 Chi-Chi (TCU101) depremi görece kat ötelemesi talepleri (a) X yönü (b) Z yönü (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

Yer hareketinden bağımsız olarak donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların yapı davranışını ne ölçüde değiştirdiğini belirlemek amacıyla, dinamik analizlerden elde edilen maksimum görece kat ötelemesi taleplerinin her bir hareket yönü için ortalamaları hesaplanmıştır. Şekil 5.35’de verilen grafiklerde görüldüğü gibi donatı sıyrılmasının dahil edildiği sayısal model tüm yer hareketi yönleri için daha büyük görece kat ötelemesi taleplerine maruz kalmıştır. Yer hareketinin yönüne bağlı olarak değişen görece kat ötelemesi talepleri, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modellerde X ve Z yönleri için sırasıyla, maksimum %4.0-%3.8 ve minimum %3.4-%3.0 olarak elde edilmiştir.

30 çift yer hareketinin farklı yönlerde uygulanması ile gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen ortalama sonuç grafiğinde (Şekil 5.35) verilen görece kat ötelemesi değerlerinin ortalaması alınarak, donatı sıyrılmasına bağlı olarak oluşacak deformasyonların yapı davranışını ne ölçüde değiştirdiği, yer hareketi yönünden bağımsız olarak elde edilmeye çalışılmıştır. Hesaplanan ortalama görece kat ötelemesi

değerleri (DS+ için %3.7, DS- için X yönü %3.4, Z yönü %3.3), sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği durumlarda yapısal analizlerden elde edilecek görelî kat ötelemesi talepleri ortalama %10 oranında güvensiz tarafta kalacaktır.



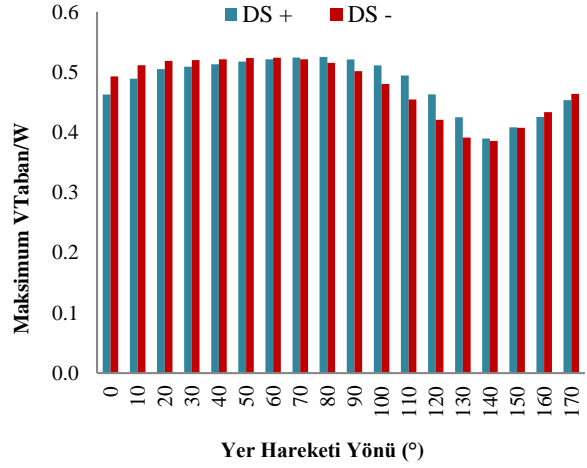
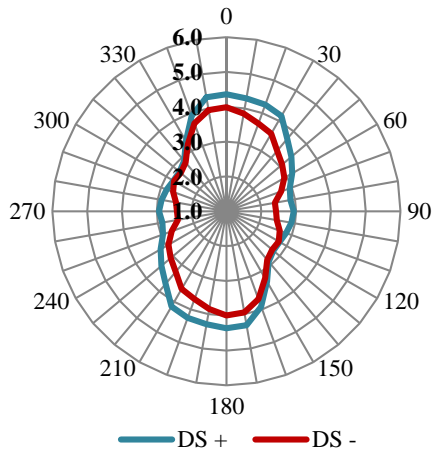
Şekil 5.35 : 50 yılda aşılma olasılığı % 2 olan performans seviyesi; 30 çift deprem yer hareketi ile gerçekleştirilen analizlerden her bir yer hareketi yönü için elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalaması (a) X yönü (b) (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği modellere ait maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler Ek-R' de verilmiştir.

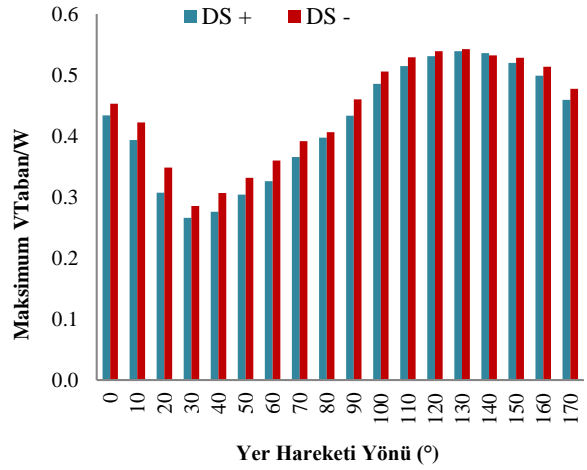
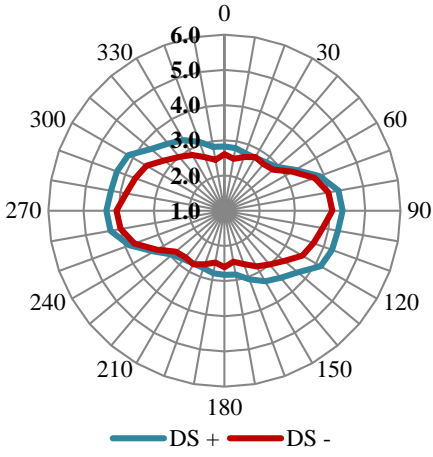
Taban kesme kuvveti talepleri

Bu çalışmada kullanılan iki sayısal modele ait taban kesme kapasitelerinin, birbirine oldukça yakın olduğuna daha önceki bölümlerde değinilmişti. Bu nedenle, elastik ötesi davranışın gözleendiği analizlerde, sayısal modellerin taban kesme kuvveti talepleri arasında çok büyük farklar oluşmasının beklenmediği dile getirilmişti. Bu kısımda gerçekleştirilen dinamik analizler sonucunda, her iki modelden elde edilen maksimum taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farklar en fazla %3 mertebesinde kalmıştır.

1994 Northridge depremi Canyon Coun. W Lost Canyon istasyonu ivme kaydı ile gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri Şekil 5.36 'da verilmiştir. Taban kesme kuvvetlerinin yer hareketi yönüne bağılı olarak gösterdiği değişimi yorumlayabilmek için ilgili kayıtlarda elde edilen görelî kat ötelemesi taleplerine de grafiklerde yer verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.36 : 1994 Northridge (Canyon Coun. W Lost Canyon) depremi görel kat ötelemesi & Taban kesme kuvveti talepleri (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).

Şekil 5.36 verilen grafiklerde modellerden elde edilen taban kesme kuvvetlerinin görel kat ötelemesi değerlerine benzer bir eğilimle artış ve azalış gösterdiği görülmektedir. Sayısal modellere ait taban kesme kapasiteleri birbirine oldukça yakın olduğundan, doğrusal olmayan davranışın gözlemlendiği bu analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvvetleri arasındaki farklar oldukça küçüktür. Bununla birlikte donatı sıyrılmasının ihmal edildiği sayısal modelin, sıyrılmaların dikkate alındığı modele göre daha az görel kat ötelemesi yapmasına rağmen daha büyük taban kesme kuvvetin taleplerine maruz kaldığı görülmektedir.

Bu bölümde gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği modellere ait

maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne göre değişimini gösteren grafikler Ek-S' de verilmiştir.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yürütülen bu çalışma dahilinde, tek katlı, tek açıklıklı, üç boyutlu, simetrik betonarme bir yapının, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonlarının dikkate alındığı ve alınmadığı iki farklı sayısal modeli üzerinde, (i) kuvvetli yer hareketlerinin farklı parametreleri (Moment büyüklüğü, M_w , faya olan uzaklık, R ve ivme kaydı döngü sayısı, N) ve (ii) deprem yer hareketlerinin farklı yönleri için sismik taleplerdeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada, sayısal modelinin geçerliliği, 15. Dünya Deprem Konferansı (15WCEE) himayesinde düzenlenen uluslararası kör tahmin yarışmasında, tam ölçekli sarsma tablası deneyleri ile doğrulanan ve ödül alan, Bayhan ve Özdemir (2013) tarafından daha önce önerilen sayısal model kullanılmıştır. Ayrıca, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların yapı davranışını ne ölçüde değiştirdiğini tespit edebilmek amacıyla, yarışma modeline ek olarak, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği ikinci bir sayısal model oluşturulmuştur.

Çalışmanın ilk bölümünde güçlü yer hareketlerine ait farklı parametrelerin (Moment büyüklüğü, M_w , faya olan uzaklık, R ve ivme kaydı döngü sayısı, N) yapı davranışına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı özelliklerde 54 adet sentetik ivme kaydı kullanılmıştır. Sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizler sayısal modellerin yataydaki her bir asal ekseninde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise deprem yer hareketi yönünün yapı davranışına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla Özşeker' e (2016) ait çalışmada kullanılan, yakın saha özelliği taşıyan ve moment büyüklüğü 6.5'den büyük olan 30 adet yer hareketi seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtlarının birbirine dik yatay bileşenleri DBYBHY' de (2007) tanımlanan performans seviyelerine göre (50 yılda aşılma olasılığı %50, %10 ve %2) ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirilen yer hareketi bileşenleri 0° 'den başlayarak 10° aralıklarla 180° 'ye kadar döndürülmüştür. Analitik modellerin doğrusal olmayan dinamik analizleri her iki yönde eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Dinamik analizler sonunda her iki modele ait görel kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri incelenmiştir.

Gerçekleştirilen doğrusal olmayan dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar sentetik ivme kayıtları ve döndürülmüş ivme kayıtları için ayrı başlıklar altında özetlenmiştir.

6.1 Sentetik İvme Kayıtları İle Gerçekleştirilen Analizlere Ait Sonuçlar

Sentetik ivme kayıtları kullanılarak gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- Deprem moment büyüklüğü, M_w parametresinin sayısal modellerin sismik tepkilerine etkisinin araştırıldığı dinamik analizlerde, depremin büyüklüğü 6.9, 7.2 ve 7.5 değerleri için artarken, görel kat ötelemesi taleplerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak moment büyüklüğü 6.0, 6.3 ve 6.6 olan dinamik analizlerde artan deprem büyüklüğü ile birlikte görel kat ötelemesi taleplerinde azalma olduğu görülmüştür. Bu durum incelendiğinde, yapının hakim periyodu ile sentetik ivme kayıtları spektral ivme değerleri arasındaki ilişkinin, sismik talepleri belirlemede önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Deprem moment büyüklüğünün, M_w , görel kat ötelemesi taleplerine olan etkisinin incelendiği dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasına bağlı deformasyonların dikkate alınmaması durumunda görel kat ötelemesi taleplerinin ortalama %39 oranında güvensiz tarafta kalacağı belirlenmiştir.
- Faya olan uzaklığın, R sismik talepler üzerindeki etkisinin araştırıldığı dinamik analizlerde, faya olan mesafe azaldıkça sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin her ikisi için de görel kat ötelemesi talepleri artış göstermiştir. Bu artışın en yüksek olduğu uzaklık değerinin, faya en yakın olan mesafede ($R=3$ km) gerçekleştiği tespit edilmiştir.
- Faya olan uzaklık artarken, depremin moment büyüklüğünün görel kat ötelemesi taleplerine olan etkisi azalmaktadır. Faya olan uzaklık 3 km iken, depremin moment büyüklüğüne bağlı olarak görel kat ötelemesi taleplerindeki artış iki katı bulurken, faya olan uzaklık 18 km olduğunda bu artış %34 mertebelerinde kalmaktadır.
- Faya olan uzaklığın, R , sismik taleplere etkisinin araştırıldığı dinamik analizlerde, sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelin,

sıyırılma deformasyonlarının ihmal edildiği modele göre ortalama %32 daha büyük görelî kat ötelemesi taleplerine maruz kaldığı tespit edilmiştir.

- Deprem yer ivme kaydına ait döngü sayısının (N) sismik taleplere olan etkisinin araştırıldığı dinamik analizlerde, döngü sayısı artarken, donatı sıyırılmasının dikkate alındığı ve ihmal edildiği analitik modellerin her ikisinde de maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Maksimum görelî kat ötelemesi taleplerine döngü sayısı $N=1$ iken ulaşılmıştır. Bu durumun nedeni göz önüne alınan ivme kayıtlarında döngü sayısı artarken genliklerin azalıyor olmasıdır.
- Faya olan uzaklık artarken, sentetik ivme kaydına ait döngü sayısının sismik talepler üzerindeki etkisi azalmaktadır. Faya olan uzaklık 18 km iken döngü sayısının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi ihmal edilecek kadar azdır.
- Sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerin tümünde, donatı sıyırılmasına bağılı deformasyonların dikkate alındığı sayısal model için, sıyırılma deformasyonlarının ihmal edildiği modele göre daha büyük görelî kat ötelemesi talepleri elde edilmiştir. Bu sonuç, donatı sıyırılmasından kaynaklanan deformasyonlarının dikkate alınmadığı durumlarda elde edilen sonuçların, yapıların sismik taleplerini tahmin etmede yetersiz kalacağını göstermektedir.
- Sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizlerden elde edilen taban kesme kuvveti talepleri, sıyırılma deformasyonlarının dahil edildiği ve hariç tutulduğu sayısal modellerin her ikisi için incelendiğinde, taban kesme kuvveti taleplerinin, depremin moment büyüklüğü, M_w artarken arttığı, döngü sayısı, N ve faya olan uzaklık, R artarken azaldığı görülmüştür. Ancak taban kesme kuvveti taleplerinde gözlenen bu değişimler, görelî kat ötelemesi taleplerinde olduğu gibi belirgin değildir.
- Sentetik ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerinin genelinde, sıyırılma deformasyonlarının dahil edildiği ve hariç tutulduğu sayısal modellere ait taban kesme kuvveti talepleri arasındaki farkların genelde %1 ile %4 mertebelerinde kaldığı görülmüştür.

6.2 Yer Hareketi Yönünün Sismik Taleplere Etkisi

Deprem yer hareketlerinin farklı yönleri için elde edilen ivme kayıtlarının yapı davranışına etkisinin incelendiği dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Maksimum tepkilerin elde edildiği yer hareketi yönleri her zaman yapısal eksenler ile aynı doğrultuda değildir. Bu nedenle yapılara ait sismik taleplerin elde edilmesi sırasında gerçekleştirilecek dinamik analizlerde, yer hareketlerinin farklı yönlerde uygulanarak kritik taleplerin elde edilmesi önemlidir.
- En büyük sismik tepkilerin elde edildiği yer hareketi yönü, depremin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu sonuç, maksimum sismik talebin tespiti için önceden belirli bir hareket yönü tayin edilemeyeceğini; maksimum sismik talebin olduğu yer hareketi yönünün belirsiz olduğunu ve her bir deprem yer hareketi için değiştiğini göstermektedir.
- Analizler sonucunda elde edilen mutlak maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yapısal eksenler doğrultusunda yapılan analizlerden elde edilen maksimum görelî kat ötelemesi taleplerine göre normalize edilerek elde edilen yer hareketi yönü etki oranları, maksimum görelî kat ötelemesi taleplerinin yer hareketi yönüne bağlı olarak iki kat artabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, yapılara ait sismik taleplerin hesabı sırasında, deprem yer hareketi yönüne bağlı olarak değişen ivme kayıtları da göz önünde bulundurularak en kritik durum elde edilmeye çalışılmalıdır.

6.3 Sıyırılma Deformasyonlarının Sismik Taleplere Etkisi

Donatı sıyırılmasına bağlı deformasyonların dikkate alındığı ve ihmal edildiği sayısal modeller ile gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan ivme spektrum eğrisine göre ölçeklendirilen ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerin sonucunda, donatı sıyırılmasına bağlı deformasyonların dikkate alınmaması durumunda görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalama %34 oranında güvensiz tarafta kalacağı belirlenmiştir. İki farklı sayısal model için elde edilen maksimum görelî kat

ötelemeleri arasındaki bu fark bazı ivme kayıtları için iki kata kadar çıkabilmektedir.

- 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan ivme spektrum eğrisine göre ölçeklendirilen ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların ihmal edildiği durumlarda, maksimum görelî kat ötelemesi talepleri ortalama %22 oranında daha az elde edilmiştir. İki farklı sayısal model için elde edilen maksimum görelî kat ötelemeleri arasındaki bu fark bazı ivme kayıtları için %74'e kadar çıkabilmektedir.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan ivme spektrum eğrisine göre ölçeklendirilen ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerde, donatı sıyrılmasından kaynaklanan deformasyonların dikkate alınmaması durumunda, görelî kat ötelemesi taleplerinin ortalama %10 oranında güvensiz tarafta kalacağı tespit edilmiştir. Bu oran, bazı ivme kayıtları için %29'a kadar çıkabilmektedir.
- İlgili performans seviyesi gruplarında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen ortalama görelî kat ötelemesi talepleri, sıyrılma deformasyonlarının dahil edildiği sayısal modelin, tüm yer hareketi yönleri için daha büyük görelî kat ötelemesi taleplerine maruz kaldığını göstermiştir.
- Sayısal modellerin görelî kat ötelemesi talepleri arasındaki farklar, 50 yılda gerçekleşme olasılığı %50 olan performans seviyesi analizlerinde en büyük seviyeye ulaşmıştır.
- Gerçekleştirilen analizlerin %92'sinde, sıyrılma defromasyonlarının dikkate alındığı modele ait görelî kat ötelemesi taleplerinin, sıyrılma deformasyonlarının ihmal edildiği analitik modelden elde edilen sonuçlara göre daha büyük olduğu görülmüştür.
- Donatı sıyrılması dikkate alınarak ve ihmal edilerek oluşturulan analitik modellerin taban kesme kuvveti kapasiteleri birbirine oldukça yakındır. 50 yılda aşılma olasılığı %2 ve %10 olan ivme spektrumuna göre ölçeklendirilmiş ivme kayıtları ile gerçekleştirilen dinamik analizlerin sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti talepleri arasındaki maksimum farklar sırasıyla %3 ve %6 mertebesindedir. Aşılma olasılığı %50 olan ivme spektrumuna göre ölçeklendirilmiş ivme kayıtları ile gerçekleştirilen analizlerin sonucunda ise bu fark % 35 civarındadır.

- Sayısal modellere ait görelî kat ötelemesi ve taban kesme kuvveti talepleri karşılaştırıldığında, sıyrıma deformasyonlarının dikkate alındığı sayısal modelin, daha büyük görelî kat ötelemesi değerleri için daha küçük taban kesme kuvveti taleplerine maruz kaldığı görülmüştür.

6.4 Öneriler

Bu çalışmada, tek katlı, tek açıklıklı, 3 boyutlu, simetrik, betonarme bir yapı modeli kullanılmıştır. Bu yapı modelinin tercih edilmesinin en önemli nedeni, sayısal modelinin, 15. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı (15WCEE) bünyesinde gerçekleştirilen kör tahmin yarışması kapsamında doğrulanmış olmasıdır. Bu sebeple çalışmadan elde edilen sonuçların gerçekçi olduğu kabul edilse de, bu sonuçlar betonarme kolon-kiriş sisteminden oluşan, güçlü kiriş - zayıf kolon mekanizmasına sahip, simetrik, kısa periyotlu, başka bir deyişle az katlı bir yapıya aittir. Bu nedenle, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, farklı yüksekliklerde veya periyotlardaki, farklı göçme mekanizmalarına sahip, simetrik olmayan yapılar için farklı ivme kayıtları kullanılarak geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

ACI 352 (2012), *Guide for Design of Slab-Column Connections in Monolithic Concrete Structures*, ACI Committee 352, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

Alsiwat J.M. & Saatcioglu M. (1992a). Reinforcement Anchorage Slip Under Monotonic Loading, *Journal of Structural Engineering*, 118, 2421-2438.

Alsiwat J.M. & Saatcioglu M. (1992b). Modelling Anchorage Slip for Dynamic Analysis, *Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, (ss.2627-2632). İspanya: Madrid, Temmuz 19-24.

Athanatopoulou A.M. (2005). Critical Orientation of Three Correlated Seismic Components, *Engineering Structures*, 27-2, 301-312.

Bayhan, B. (2013). Numerical Simulation of Shaking Table Tests on 3d Reinforced Concrete Structures, *Structural Engineering and Mechanics*, 48-2, 151-171.

Bayhan, B., Moehle, J.P., Yavari, S., Elwood, K.J., Lin, S.H., Wu, C.L. ve Hwang, S.J. (2015) Seismic Response of a Concrete Frame with Weak Beam-Column Joints, *Earthquake Spectra*, 31(1), 293.

Bommer J.J & Acevedo A.B. (2004). The Use of Real Earthquake Accelerograms As Input to Dyanamic Analysis, *Journal of Earthquake Engineering*, 8, 43-91.

Cantagallo C., Camata G., Spacone E. (2012). The Effect of Earthquake Incidence Angle on Seismic Demand of Reinforced Concrete Structures, *15th World Conference on Earthquake Engineering*. Lizbon, Portekiz, Eylül 24-28.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. (2007). Türkiye

Elwood K. J., ve Eberhard M. O. (2009), Effective Stiffness of Reinforced Concrete Columns, *ACI Struct Journal*, 106(4), 476-484.

Elgehausen R., Popov E.P., ve Bertero V.V., (1983). Local Bond Stress-Slip Relationships of Deformed Bars Under Generalized Excitations (Rapor No. UCB/EERC-83/23). Berkeley, California : University of California.

Erşeker B. (2016). *Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlerde Deprem Etkime Açısının Maksimum İzolatör Deplasmanlarına Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Eurocode 8 (2004). Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, *European Standard EN 1998-1*, Comité Européen de Normalisation, Bruxelles.

Fernandez-Davila I., Cominetti S., Cru E.F. (2000). Considering The Bi-directional Effects and The Seismic Angle Variations in Building Design, *12th World Conference on Earthquake Engineering*. Auckland: Yeni Zelanda, Ocak 30 - Şubat 4.

Filippou F.C., Popov E.P. ve Bertero V.V. (1983). Effects of Bond Deterioration on Hysteretic Behavior of Reinforced Concrete Joints (Rapor No. UCB/EERC-83/19). Berkeley, California : University of California.

Ghannoum W.M., Moehle J. P., Bozorgnia Y. (2008). Analytical Collapse Study of Lightly Confined Reinforced Concrete Frames Subjected to Northridge Earthquake Ground Motions, *Journal of Earthquake Engineering*, 12,1105-1119.

Kalkan E., & Reyes, J.C., (2015). Significance of Rotating Ground Motions on Behavior of Symmetric- and Asymmetric- Plan Structures: Part II Multi-Story Structures, *Earthquake Spectra*, 31(3), 1613-1628.

Kostinakis K.G., Manoukas G.E., Athanatopoulou A.M. (2017). Influence of Seismic Incident Angle on Response of Symmetric in Plan Buildings, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 1-11.

Lehman D.E. & Moehle J.P. (2000). Seismic Performance of Well-Confined Concrete Bridge Columns (Rapor No. 1998/01). Berkeley, California : Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.

Lopez O.A. & Torres R. (1997). The Critical Angle of Seismic Incidence and The Maximum Structural Response, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 26, 881-894.

Malcioğlu F.S. (2011). *Deprem İvme Kayıtlarındaki Gürültünün Yapısal Davranışa Etkisinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Mander J. B., Priestley M. J. N., Park R., (1988), Theoretical stress–strain model for confined concrete, *J Struct Eng-ASCE*, 114(8), 1804–1826.

OpenSees (2017). Open system for earthquake engineering simulation, *Pacific Earthquake Engineering Research Center*, UC Berkeley, Erişim adresi: <http://www.opensees.berkeley.edu.tr>

Otani S. & Sozen M.A. (1972). Behavior of Multistory Reinforced Concrete Frames During Earthquakes (Rapor No.392). Illinois : University of Illinois.

Özdemir Z. & Fahjan Y.M. (2007). Gerçek Deprem Kayıtlarının Tasarım Spektrumlarına Uygun Olarak Zaman ve Frekans Tanım Alanlarında Ölçekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, (ss.435-446). İstanbul, Ekim 16-20.

Özdemir G., (2010). *Response of Isolated Structures Under Bi-Directional Excitations of Near-Field Ground Motions* (Doktora Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Özdemir G. & Dicleli M., (2012). Effect of Lead Core Heating on the Seismic Performance of Bridges Isolated with LRB in Near-Fault Zones, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41, 1989-2007.

Paspuleti C. (2002). *Seismic Analysis of An Older Reinforced Concrete Frame Structure* (Yüksek Lisans Tezi). University of Washington, Washington.

Reyes, J.C., & Kalkan E., (2015). Significance of Rotating Ground Motions on Behavior of Symmetric- and Asymmetric- Plan Structures: Part I Single-Story Structures, *Earthquake Spectra*, 31(3), 1591-1612.

Rigato A.B. & Medina R.A. (2007). Influence of Angle of Incidence on Seismic Demands for Inelastic Single-Storey Structures Subjected to Bi-directional Ground Motions, *Engineering Structures*, 29, 2593-2601.

Sezen H. & Setzler E.J. (2008). Reinforcement Slip in Reinforced Concrete Columns, *ACI Structural Journal*, 105(3), 281-289.

Somerville P.G., Smith N.F., Graves R.W., Abrahamson N.A. (1997). Modification of Empirical Strong Ground Motion Attenuation Relations to Include the Amplitude and Duration Effects of Rupture Directivity, *Seismological Research Letters*, 68-1, 199-222.

Sozen M. A. & Moehle J. P. (1990). Development and Lap-Splice Lengths for Deformed Reinforcing Bars in Concrete, A Report to the Portland Cement Association, Skokie, IL, and the Concrete Reinforcing Steel Institute, Schaumburg, IL.

Spacone E., Filippou F.C., Taucer F.F. (1996) Fibre Beam-Column Model for Non-Linear Analysis of R/C Frames: Part I. Formulation, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 25, 711-725.

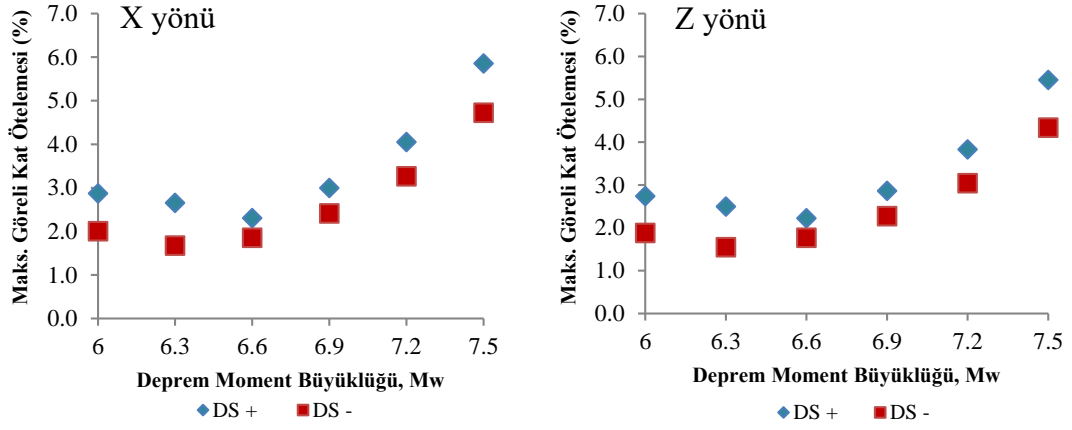
Spacone E. & Limkatanyu S. (2000). Responses of Reinforced Concrete Members Including Bond-Slip Effects, *ACI Structural Journal*, 97-6, 831-839.

EKLER

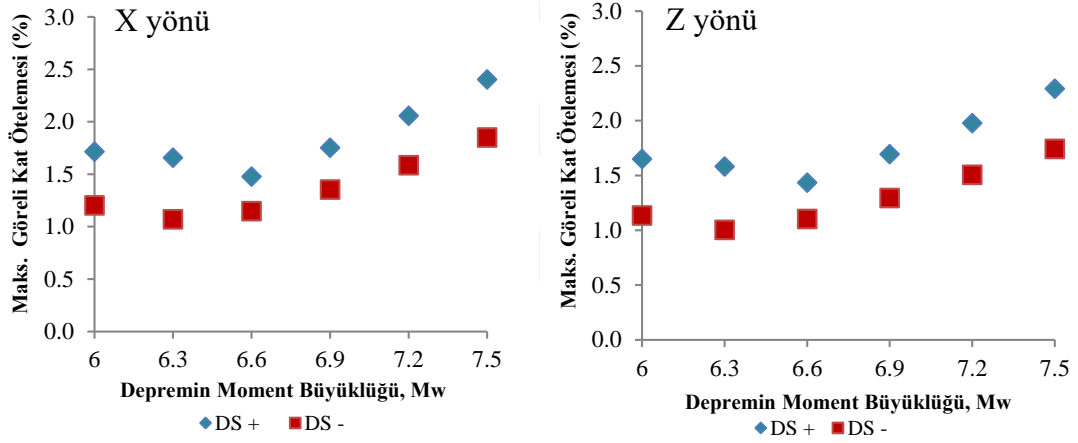
EK A : Sentetik İvme Kayıtları – Deprem moment büyüklüğünün yapının görece kat öteleme taleplerine etkisi



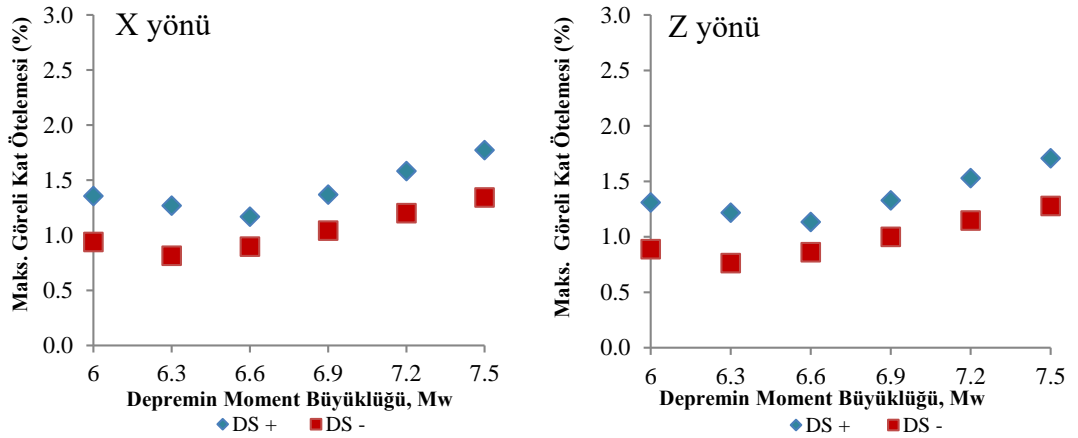
EK A



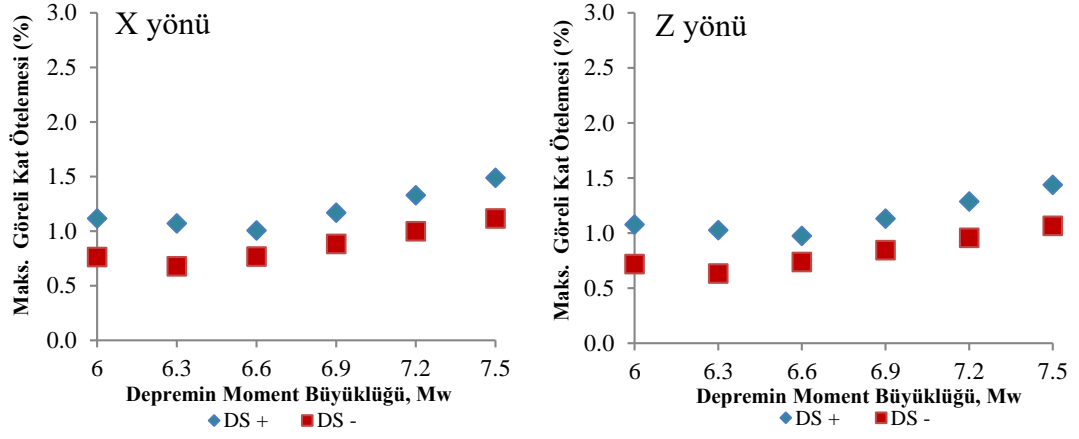
Şekil A.1 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=3 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).



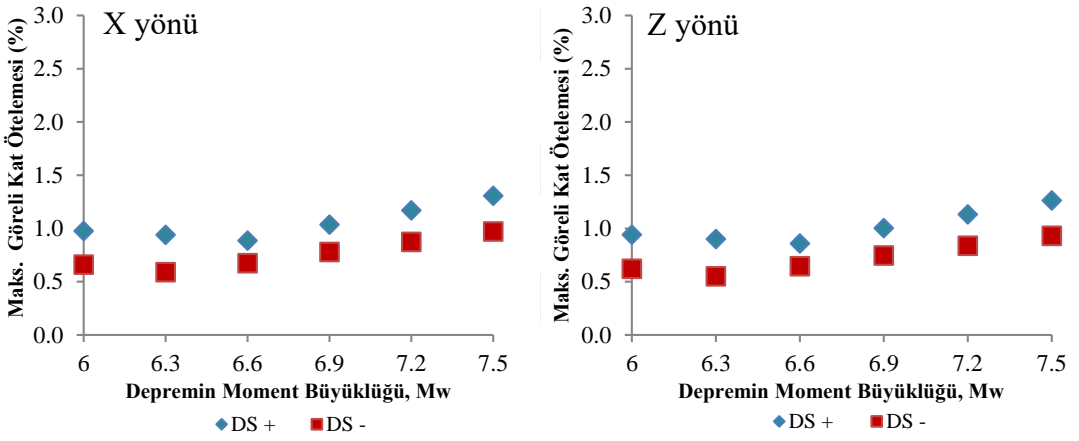
Şekil A.2 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=6 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).



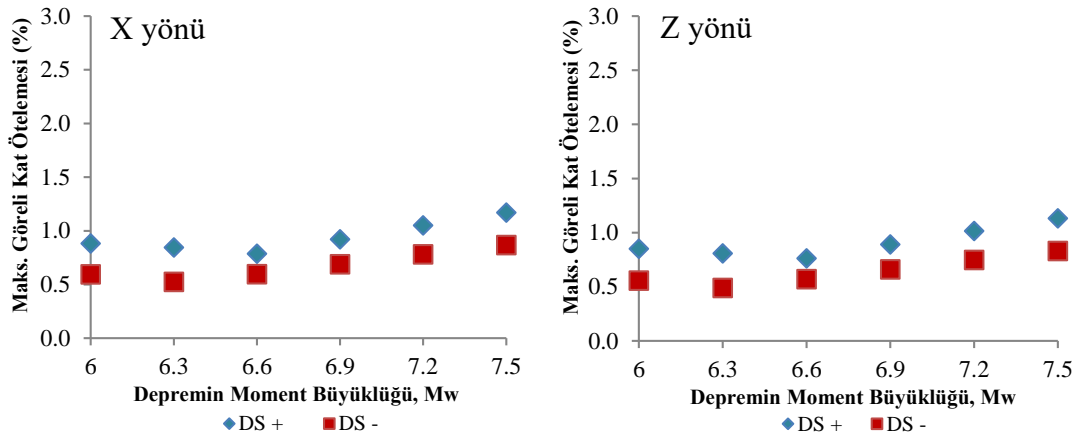
Şekil A.3 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=9 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).



Şekil A.4 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=12 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılması dahil; DS+, Donatı Sıyrılması hariç; DS-).



Şekil A.5 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=15 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

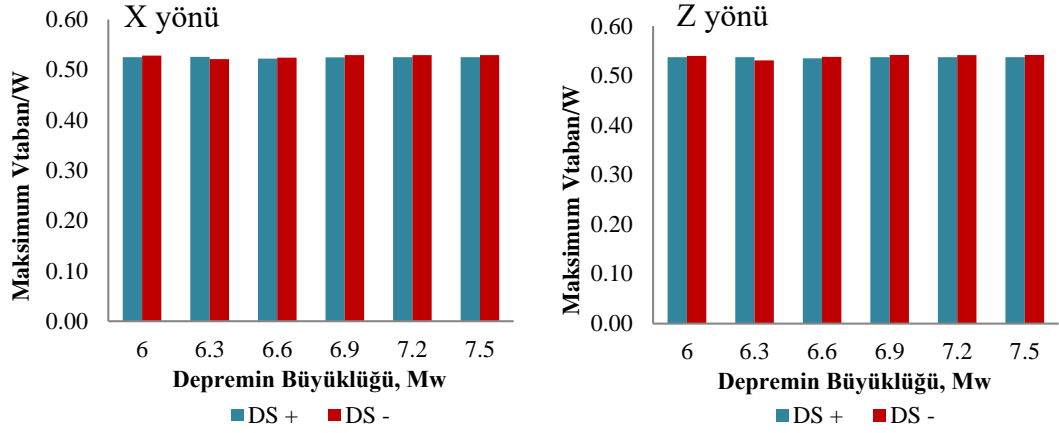


Şekil A.6 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Faya olan uzaklık, R=18 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

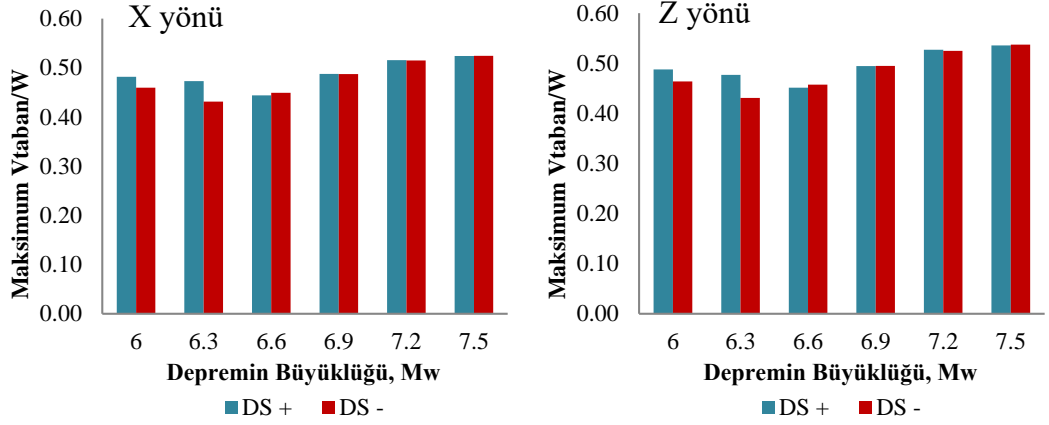
EK B : Sentetik İvme Kayıtları – Deprem moment büyüklüğünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi



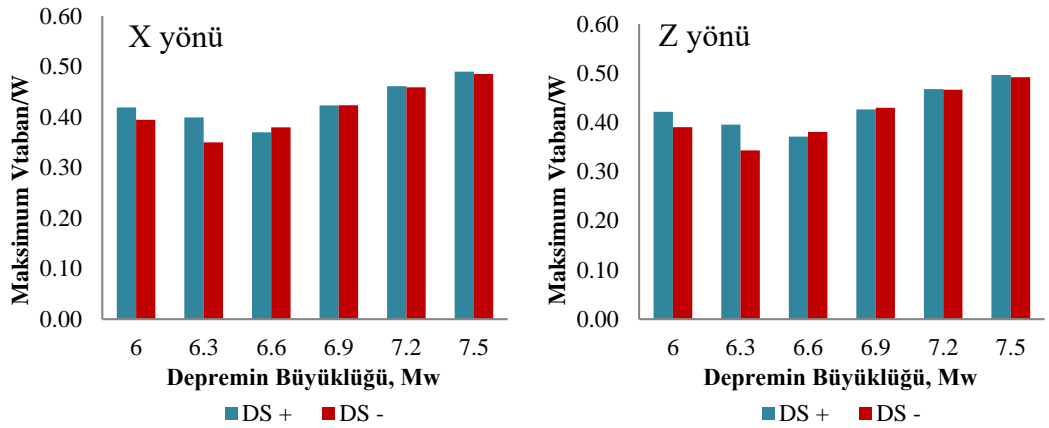
EK B



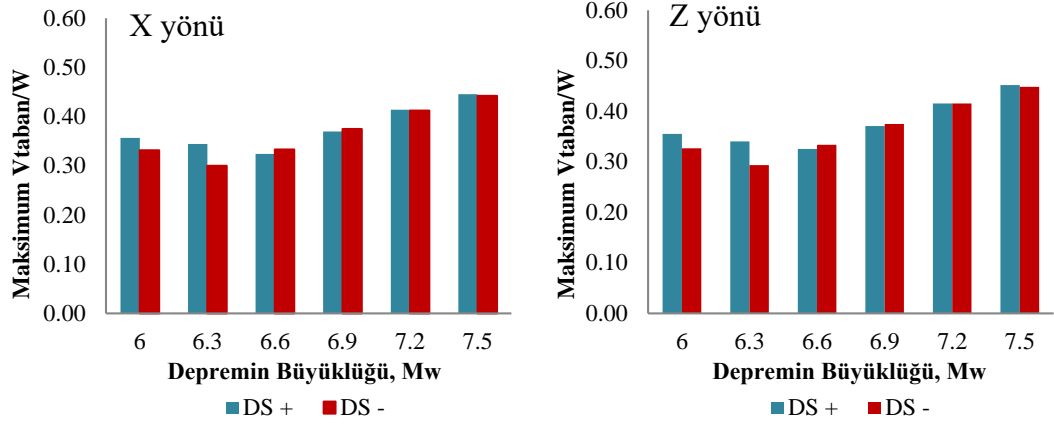
Şekil B.1 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Faya olan uzaklık, R=3 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



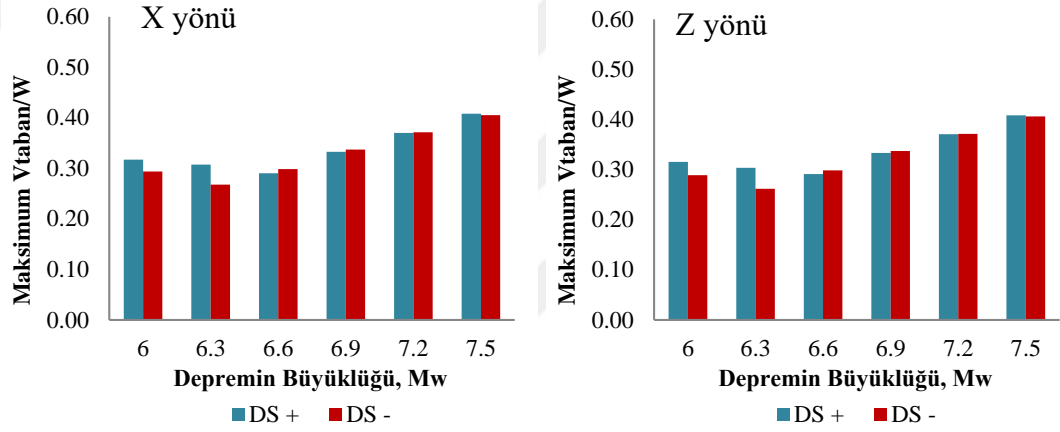
Şekil B.2 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Faya olan uzaklık, R=6 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



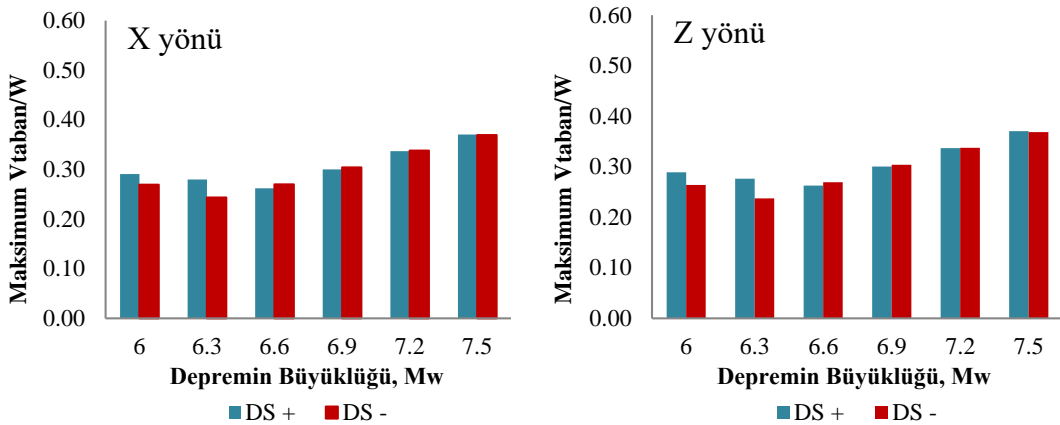
Şekil B.3 : Depremin moment büyüklüğü-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Faya olan uzaklık, R=9 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil B.4 : Depremin moment büyüklüğü- Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Faya olan uzaklık, R=12 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil B.5 : Depremin moment büyüklüğü- Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Faya olan uzaklık, R=15 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

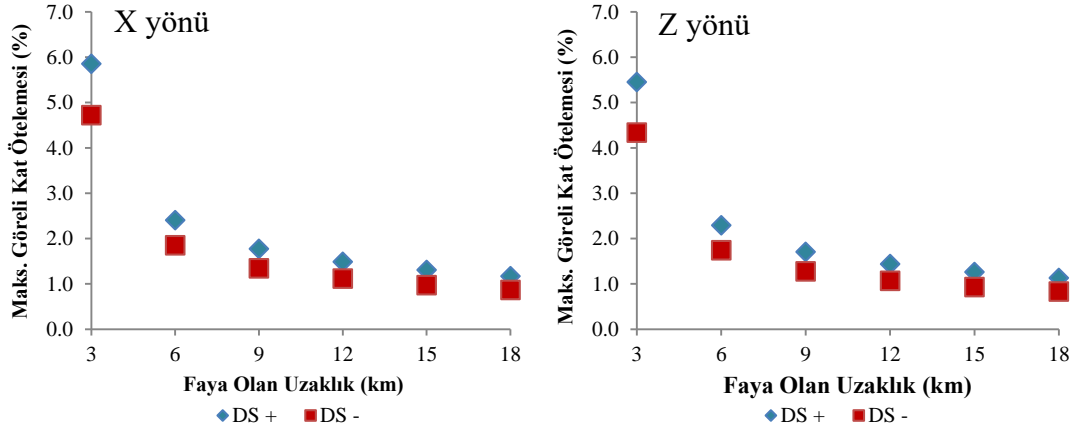


Şekil B.6 : Depremin moment büyüklüğü- Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Faya olan uzaklık, R=18 km, Döngü Sayısı, N=2 (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

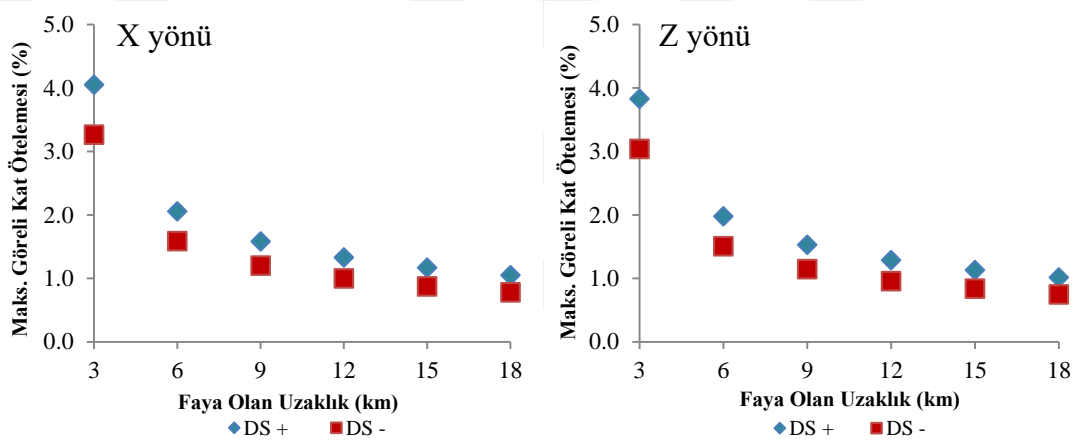
EK C: Sentetik ivme kayıtları – Faya olan uzaklığın yapının görelî kat ötelemesine taleplerine etkisi



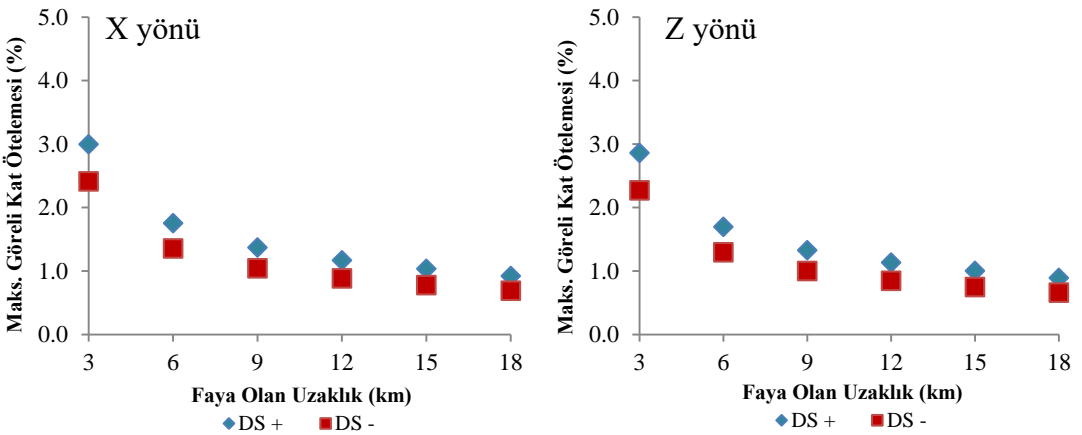
EK-C



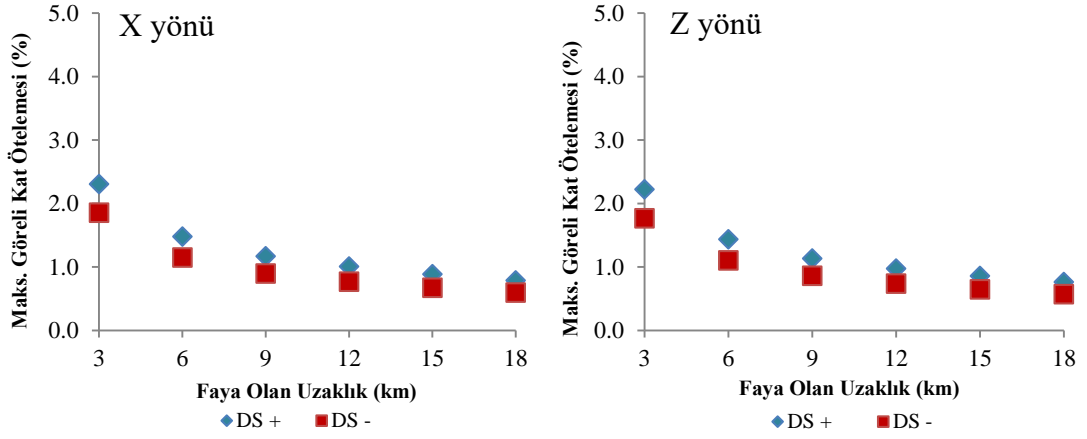
Şekil C.1 : Faya olan uzaklık-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=7.5$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



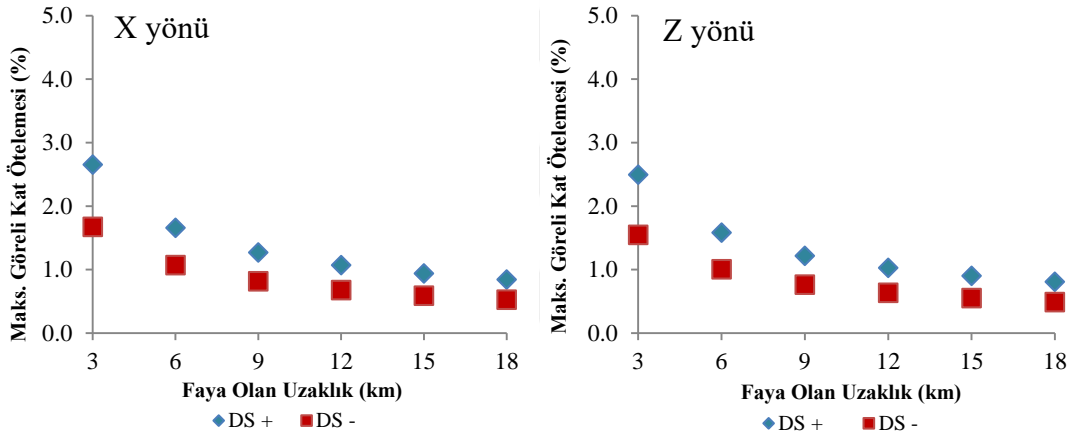
Şekil C.2 : Faya olan uzaklık-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=7.2$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



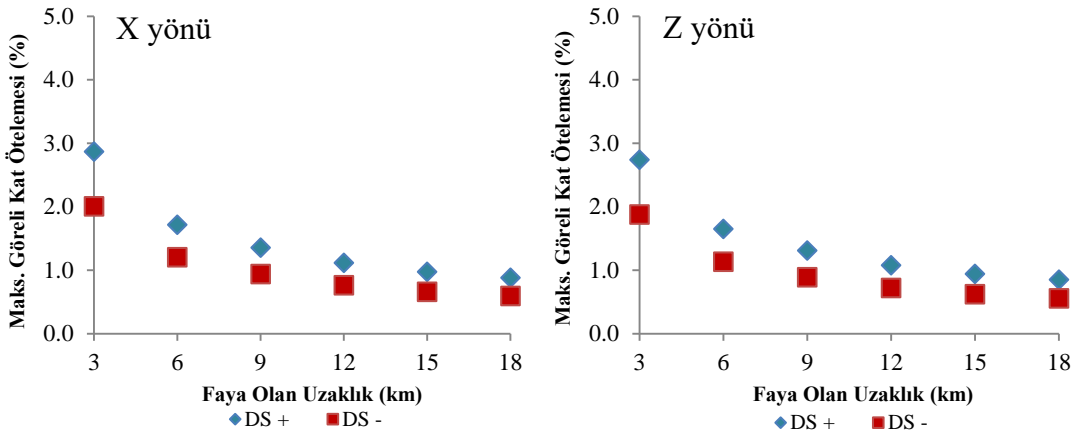
Şekil C.3 : Faya olan uzaklık-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil C.4 : Faya olan uzaklık-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.6$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil C.5 : Faya olan uzaklık-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.3$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

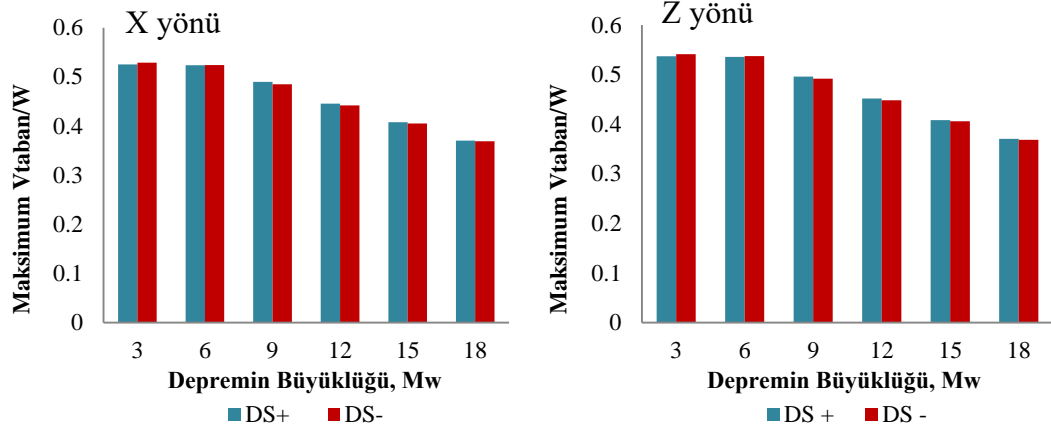


Şekil C.6 : Faya olan uzaklık-Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.0$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

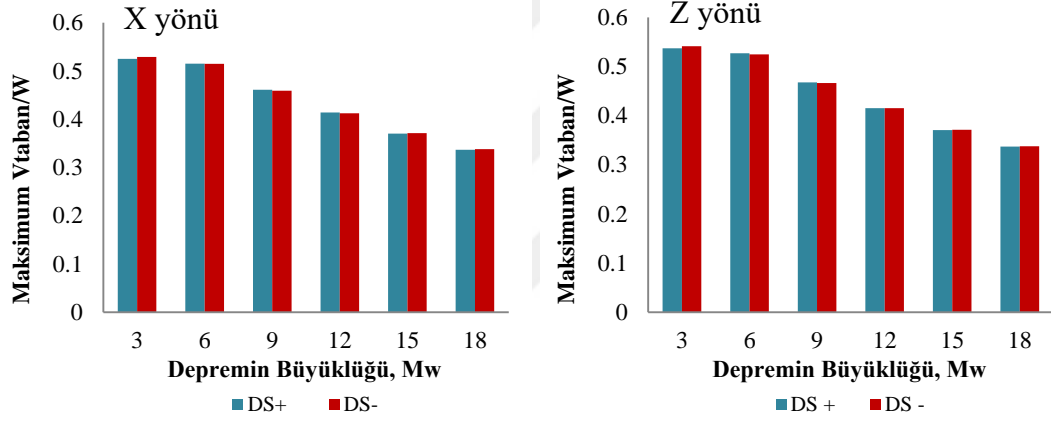
EK D: Sentetik ivme kayıtları – Faya olan uzaklığın yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi



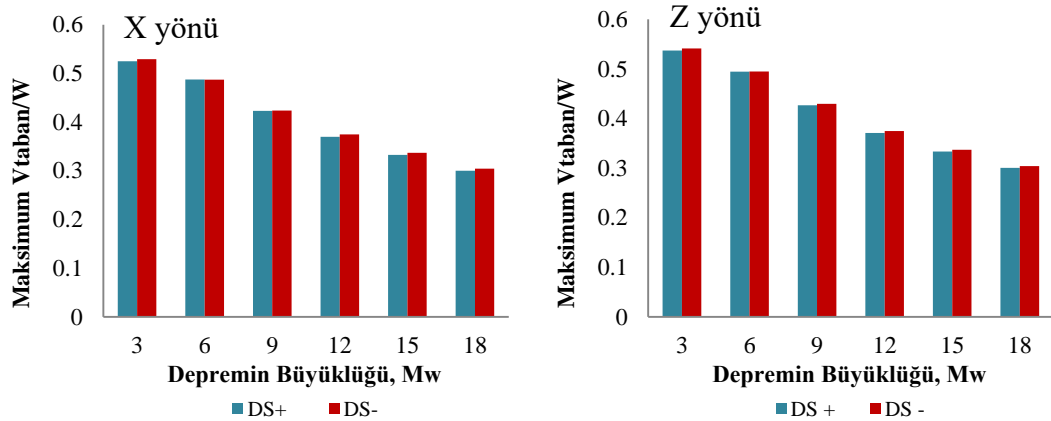
EK-D



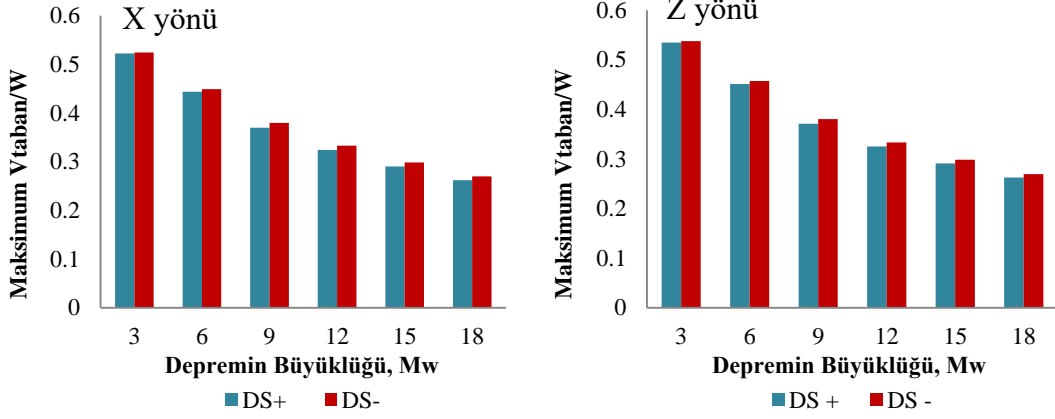
Şekil D.1 : Faya olan uzaklık-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=7.5$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



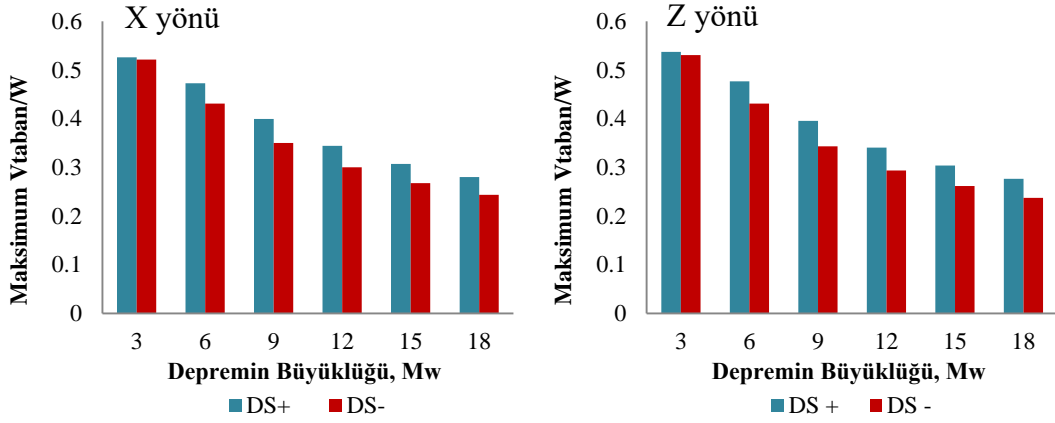
Şekil D.2 : Faya olan uzaklık-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=7.2$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



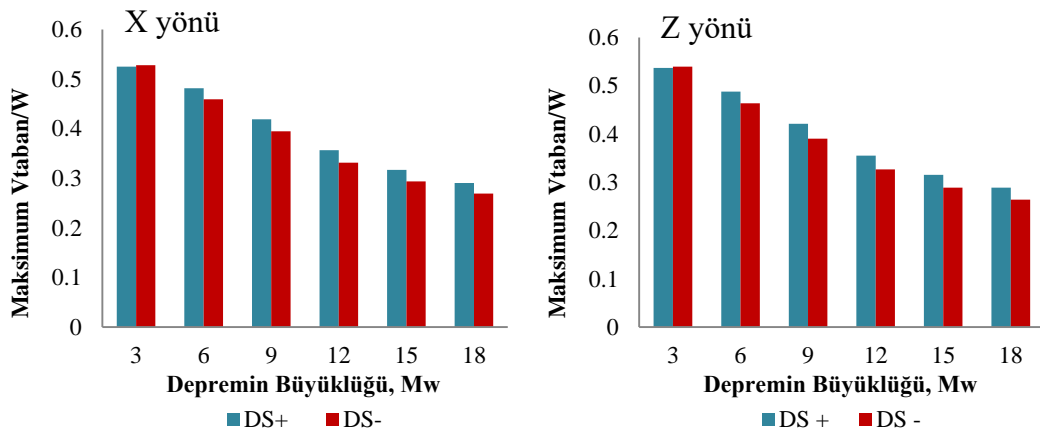
Şekil D.3 : Faya olan uzaklık-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil D.4 : Faya olan uzaklık-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.6$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil D.5 : Faya olan uzaklık-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.3$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

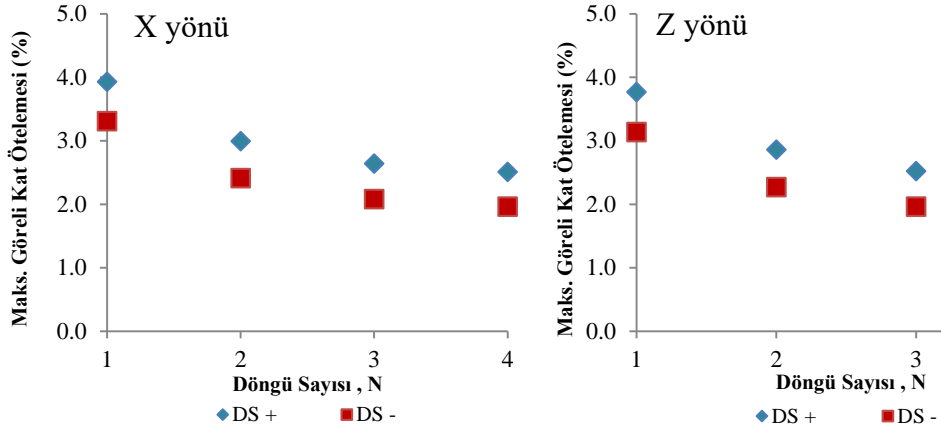


Şekil D.6 : Faya olan uzaklık-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.0$, Döngü Sayısı, $N=2$ (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

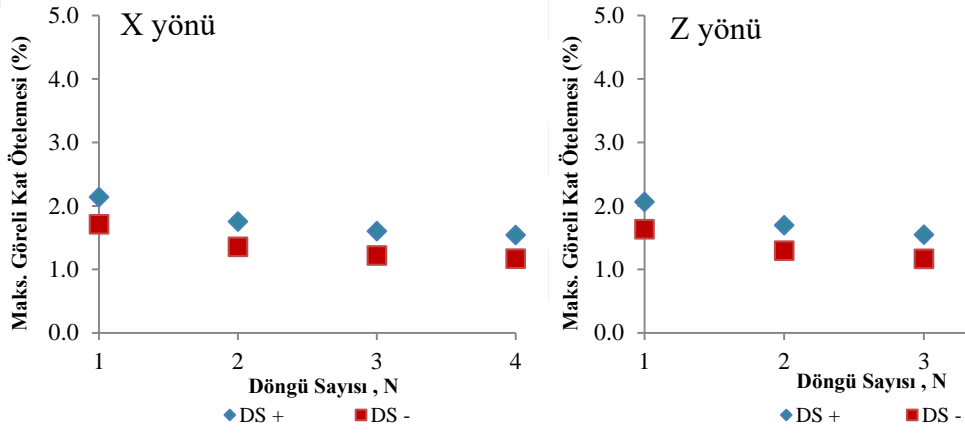
EK E: Sentetik ivme kayıtları – Döngü sayısının yapının görelî kat ötelemesine etkisi



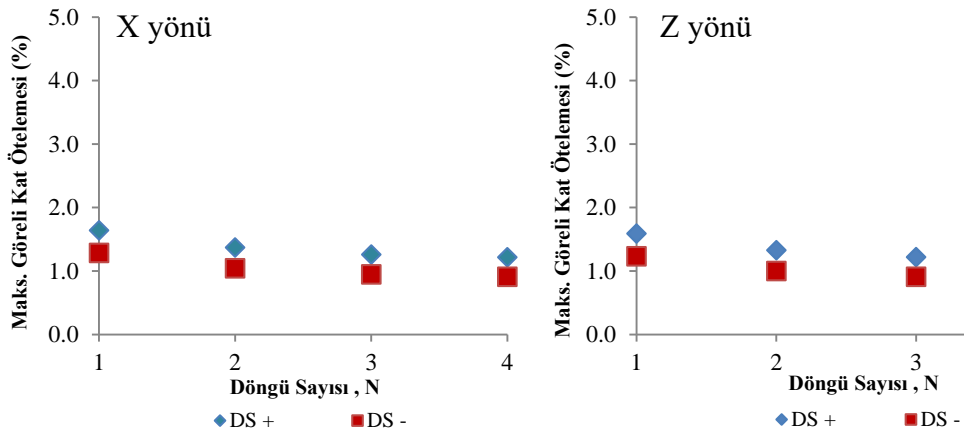
EK-E



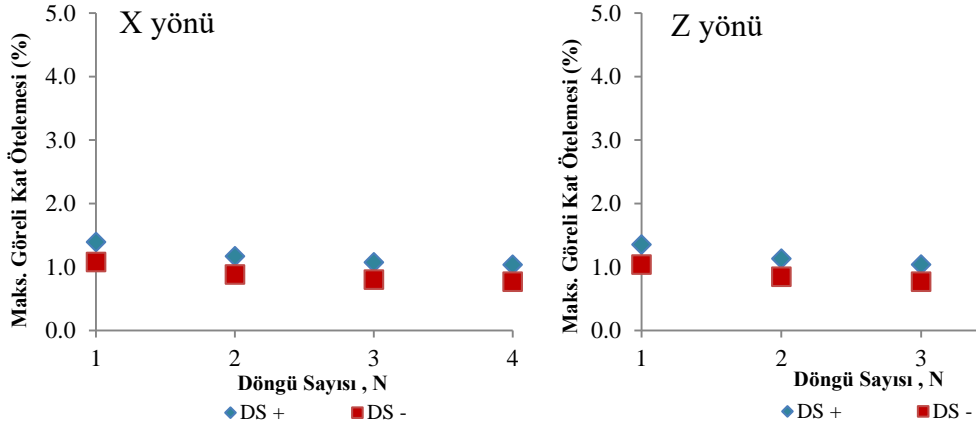
Şekil E.1 : Döngü Sayısı-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=3$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



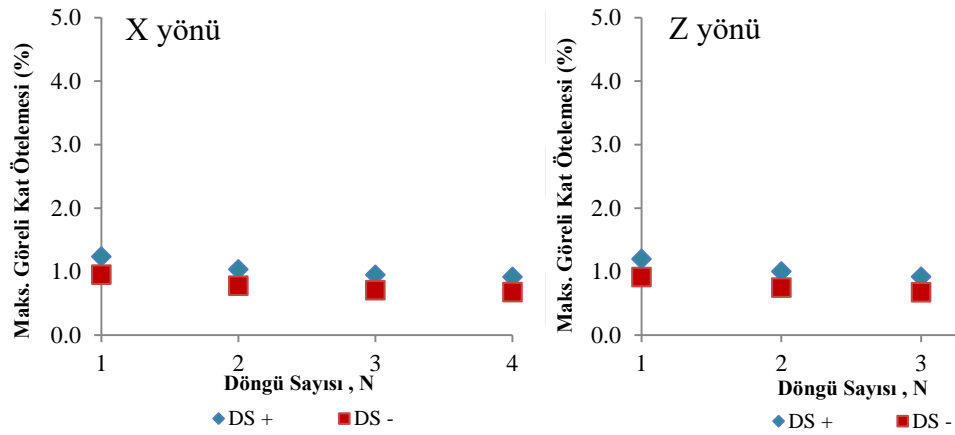
Şekil E.2 : Döngü Sayısı-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=6$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



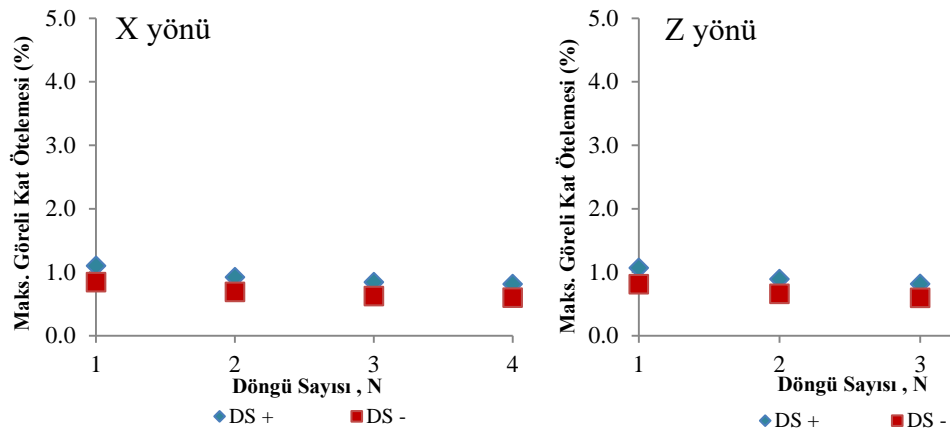
Şekil E.3 : Döngü Sayısı-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=9$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil E.4 : Döngü Sayısı-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremi Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=12$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil E.5 : Döngü Sayısı-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremi Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=15$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

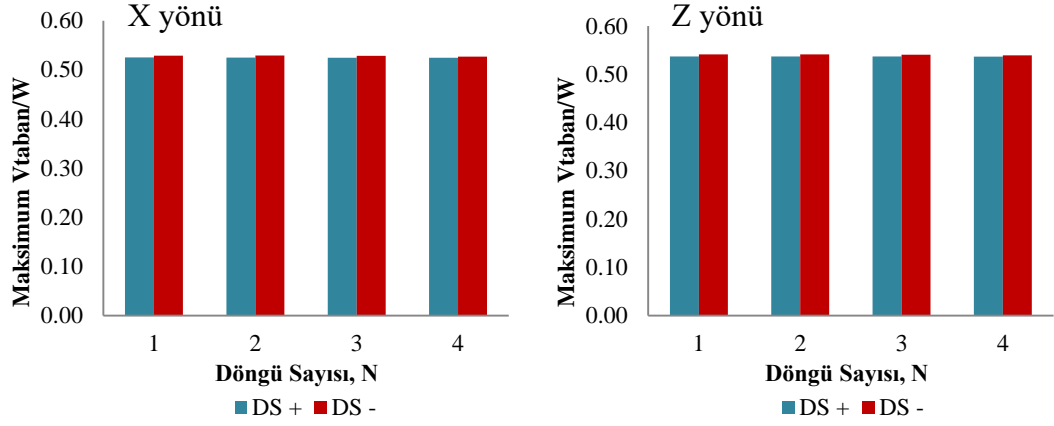


Şekil E.6 : Döngü Sayısı-Maksimum Göreli Kat Ötelemesi Talebi Depremi Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=18$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

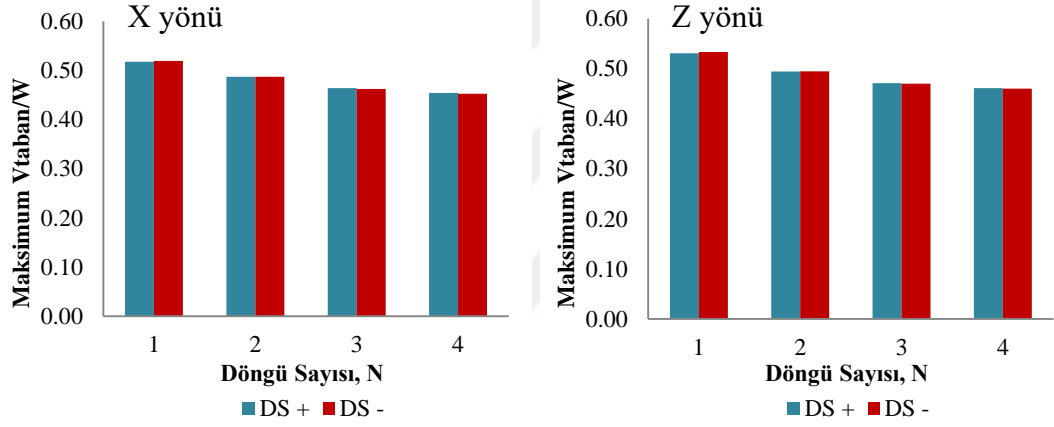
EK F: Sentetik ivme kayıtları – Döngü sayısının yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi



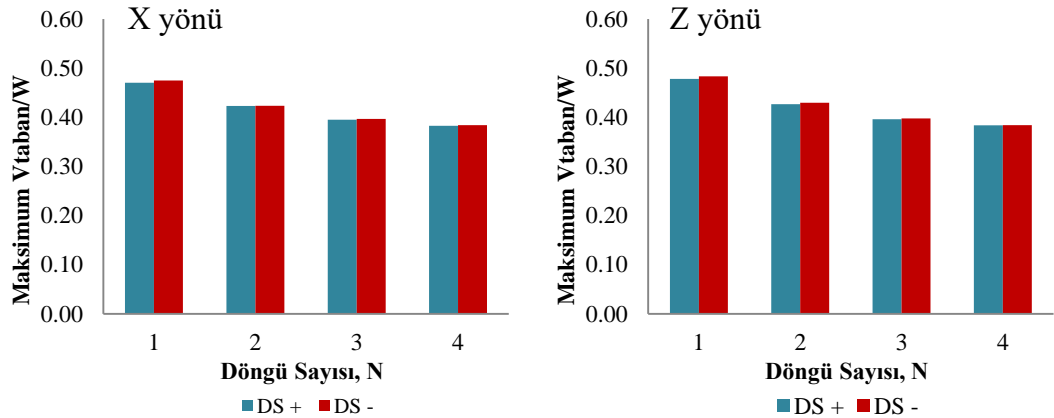
EK-F



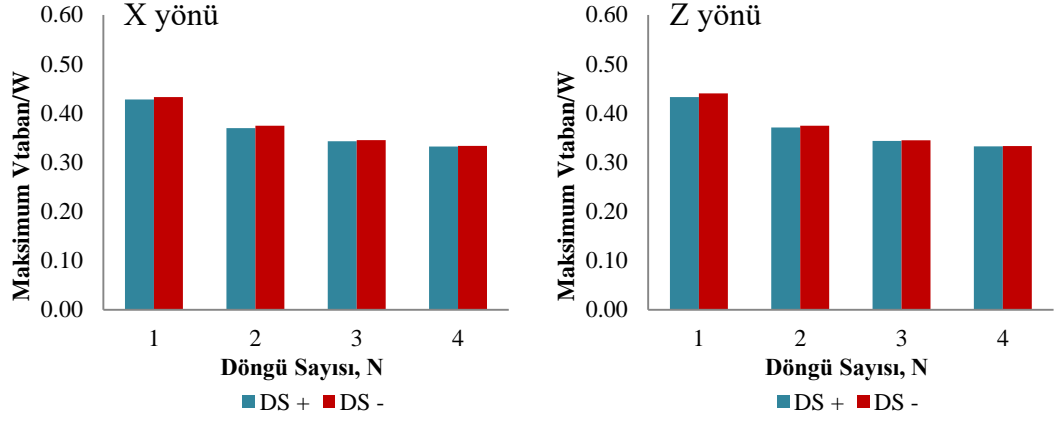
Şekil F.1 : Döngü Sayısı-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=3$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



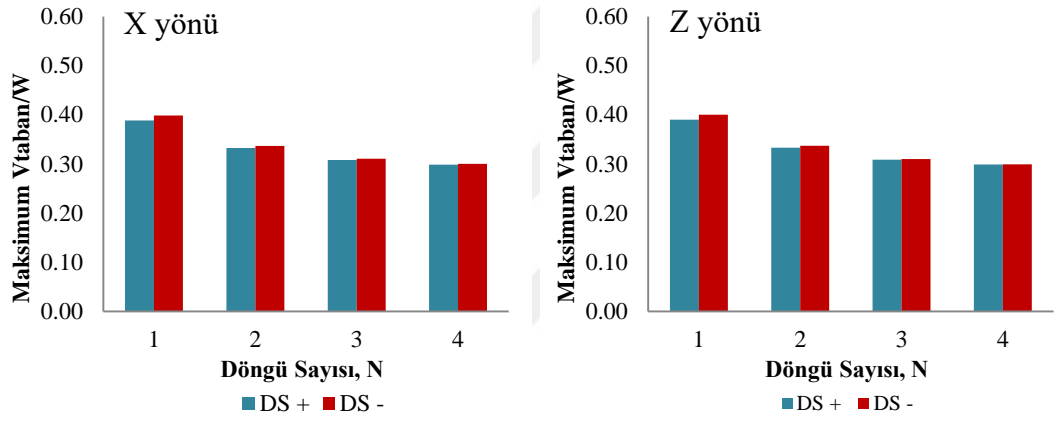
Şekil F.2 : Döngü Sayısı-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=6$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



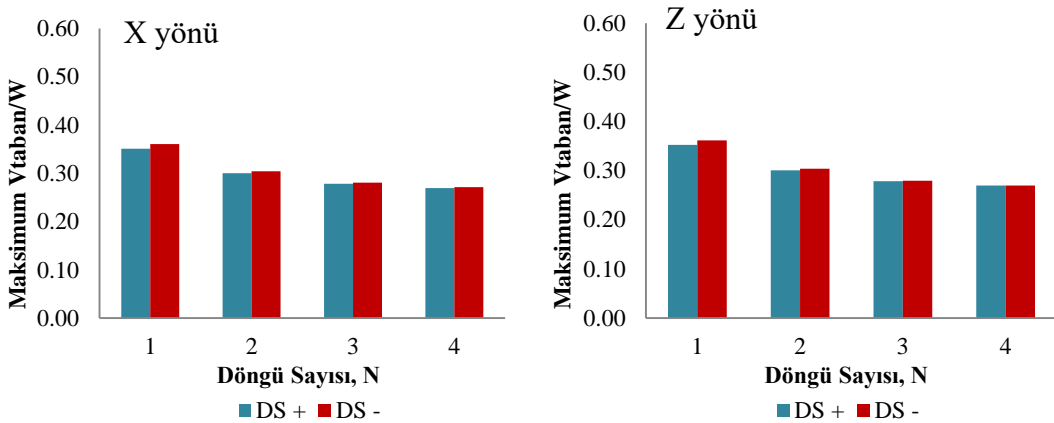
Şekil F.3 : Döngü Sayısı-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=9$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil F.4 : Döngü Sayısı-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=12$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).



Şekil F.5 : Döngü Sayısı-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=15$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

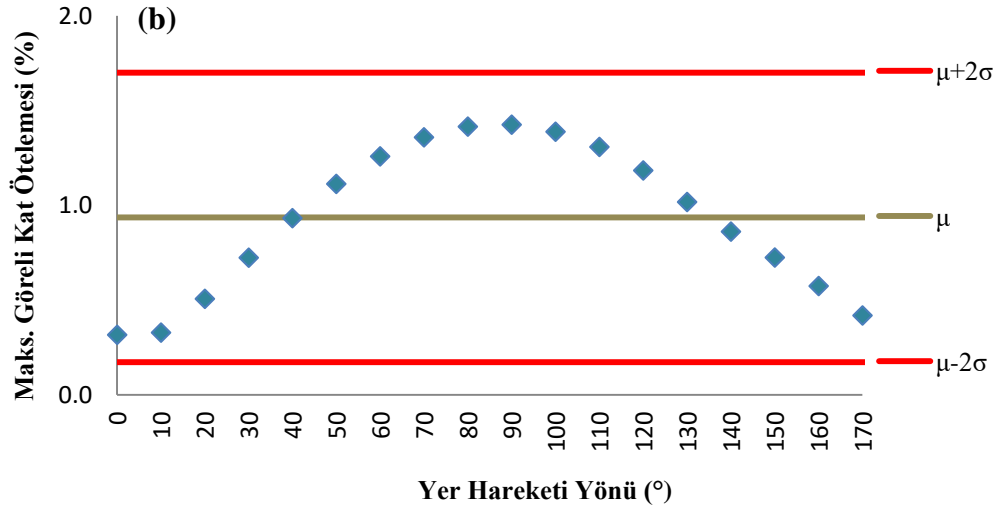
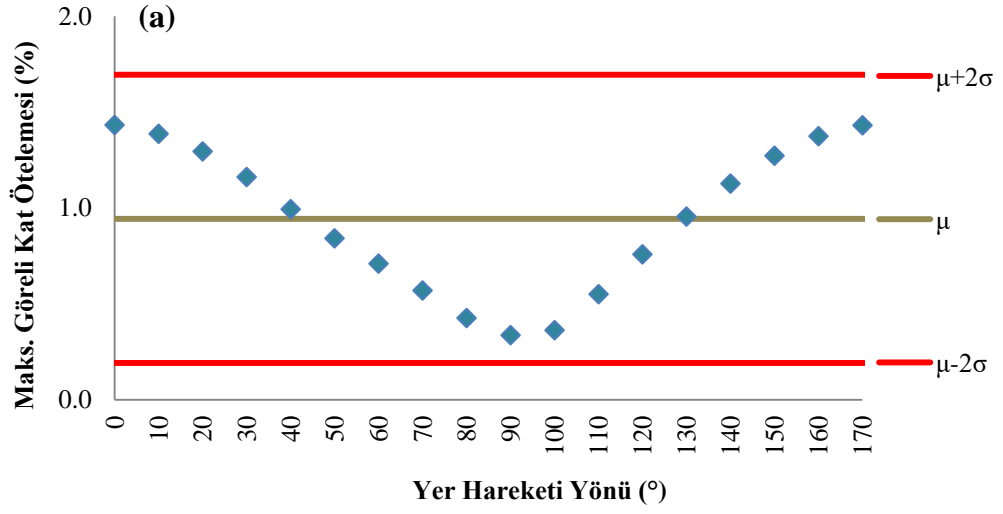


Şekil F.6 : Döngü Sayısı-Maksimum Taban Kesme Kuvveti Talebi Depremin Moment Büyüklüğü, $M_w=6.9$, Faya Olan Uzaklık, $R=18$ km (Donatı sıyrılmaları dahil; DS+, Donatı Sıyrılmaları hariç; DS-).

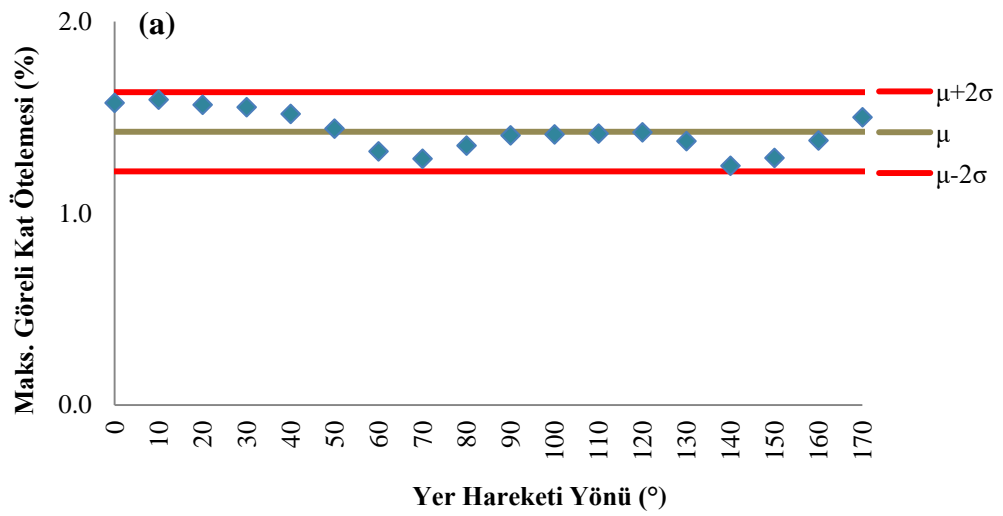
EK G: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 1: 50 yılda aşılma olasılığı %50 – Yer hareketi yönünün yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

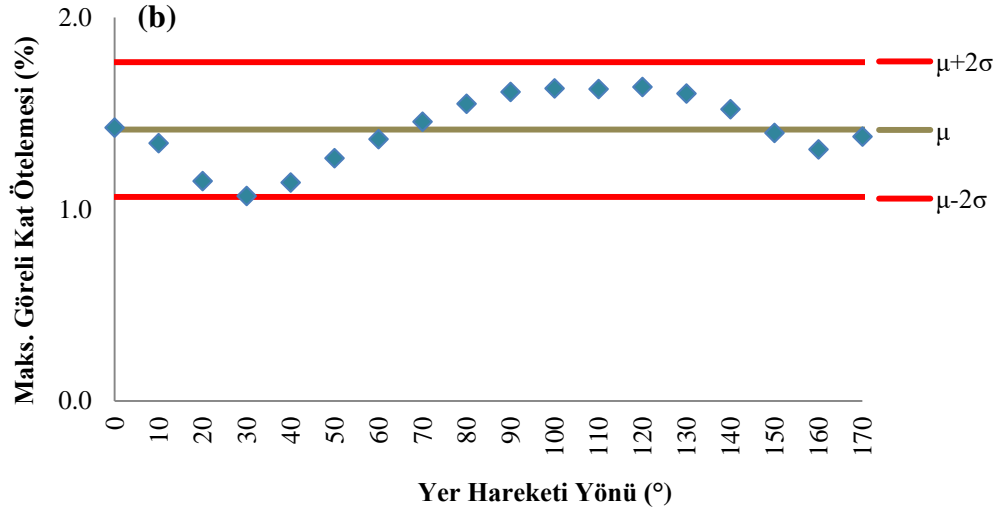


EK-G

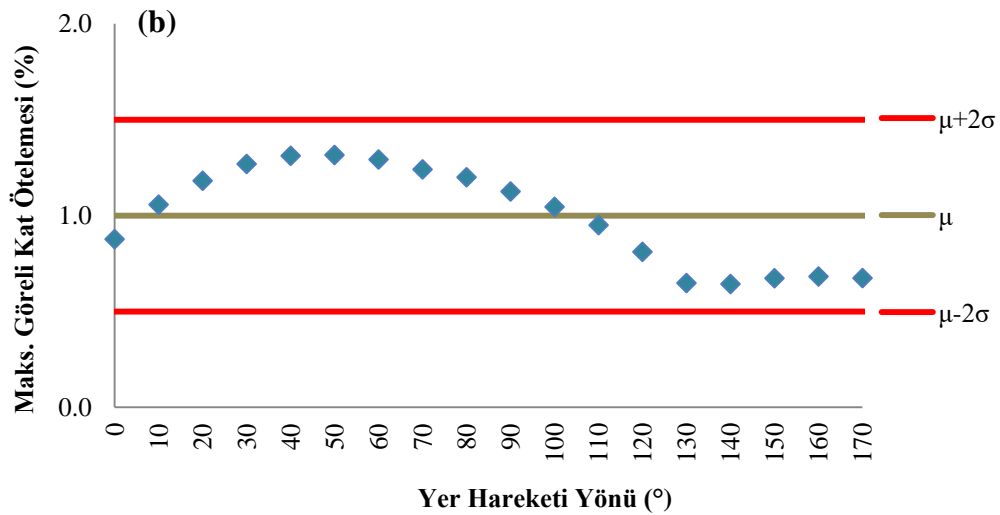
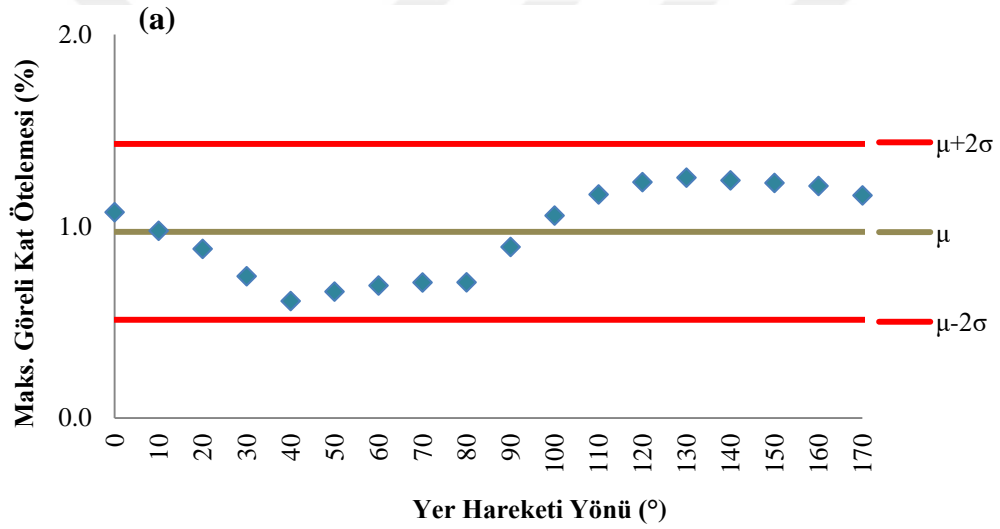


Şekil G.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

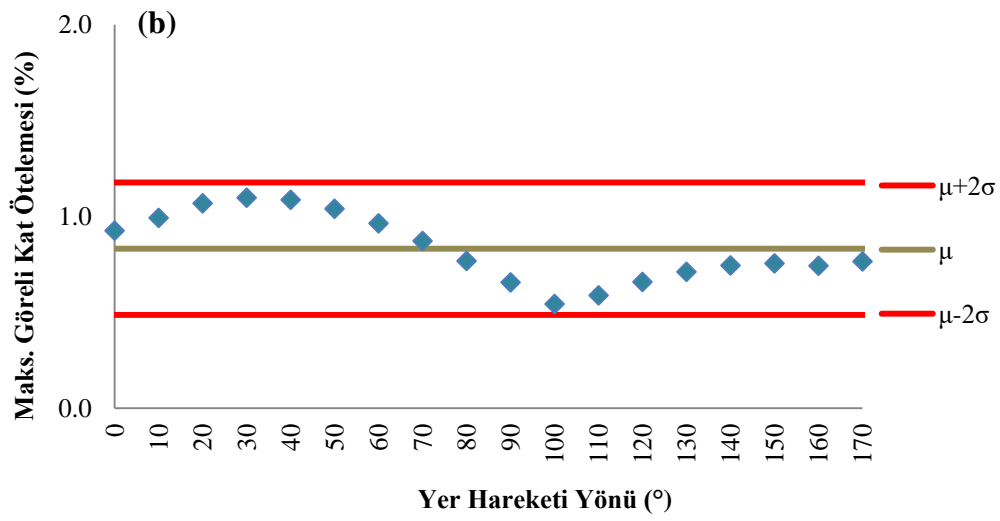
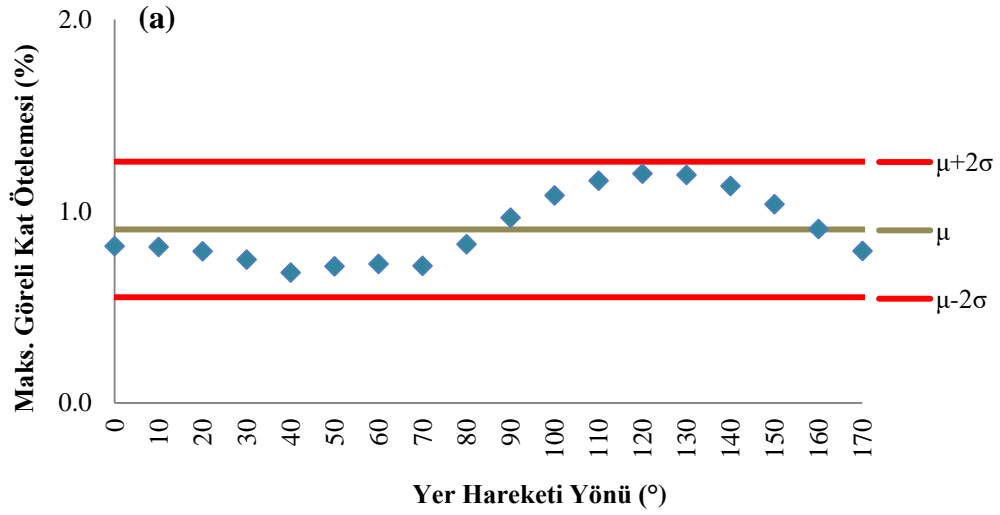




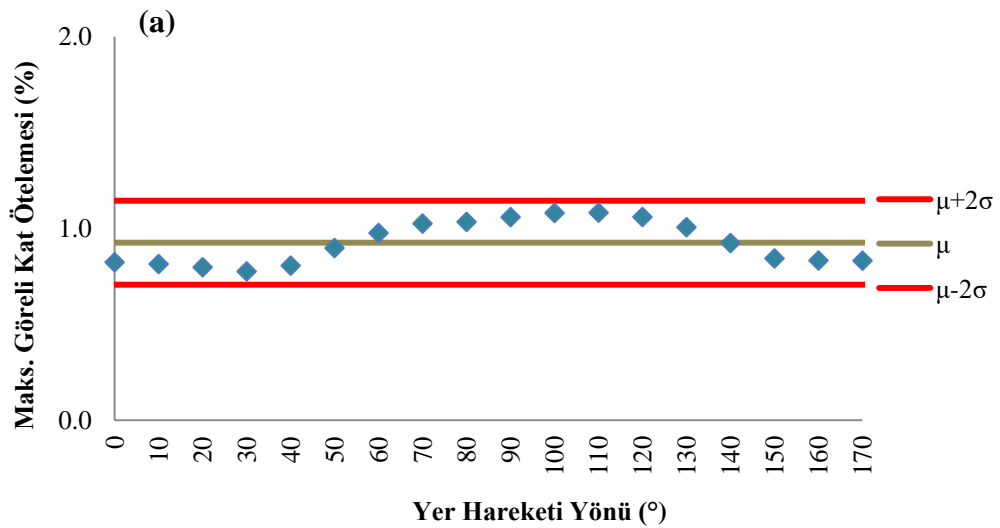
Şekil G.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

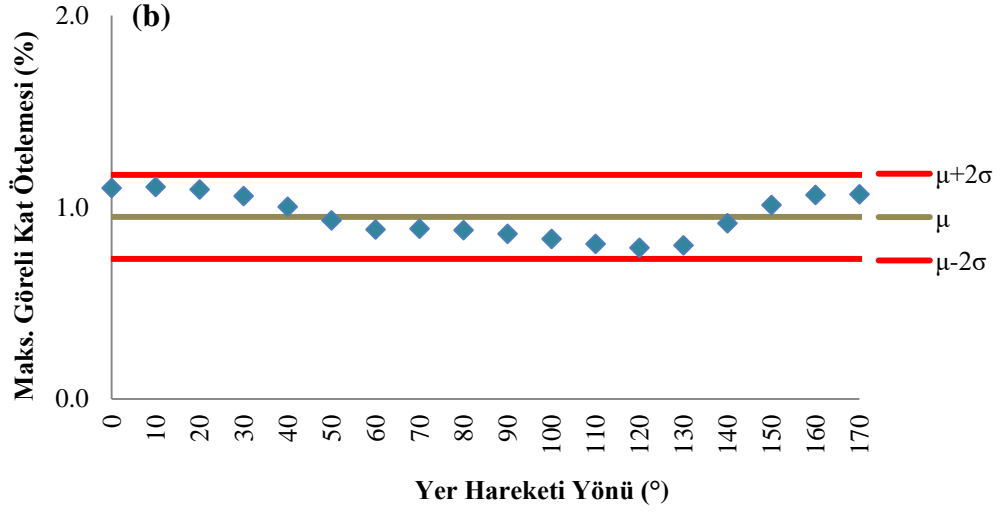


Şekil G.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

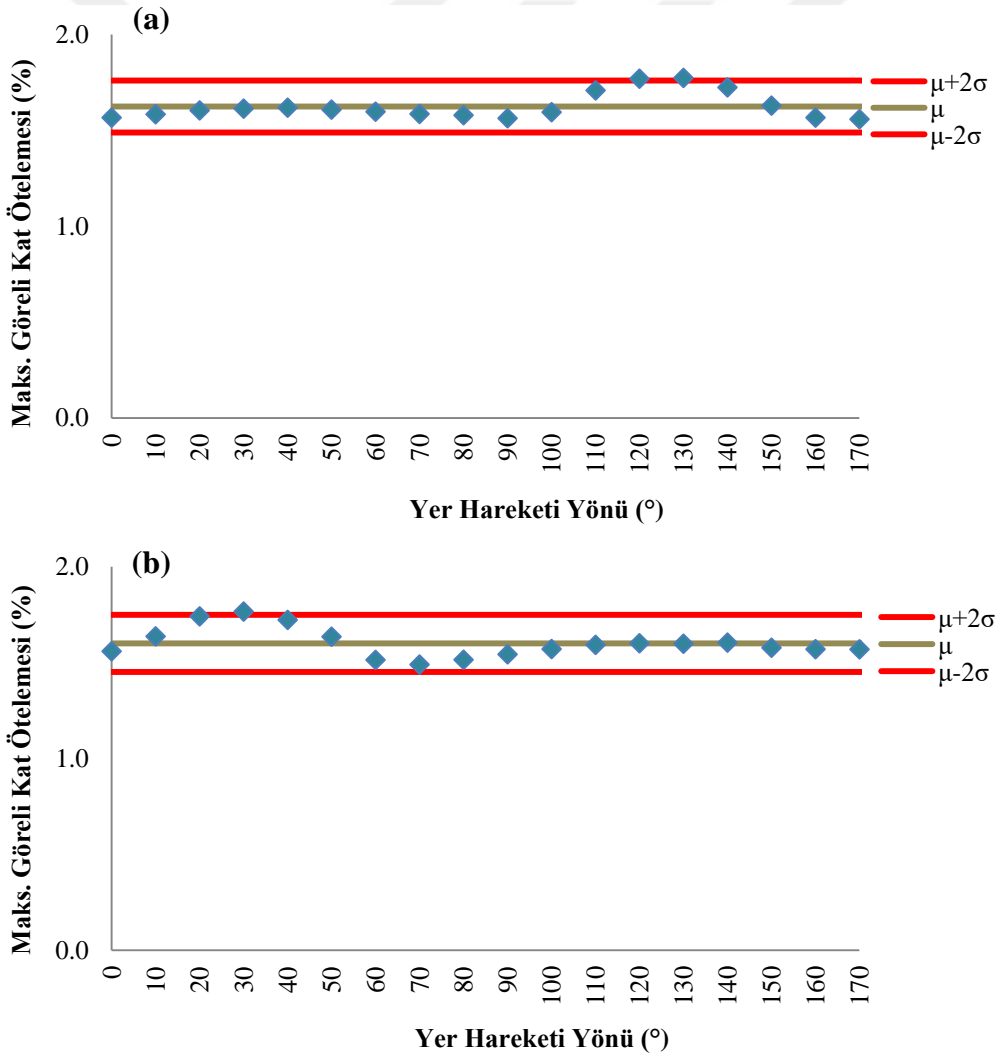


Şekil G.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

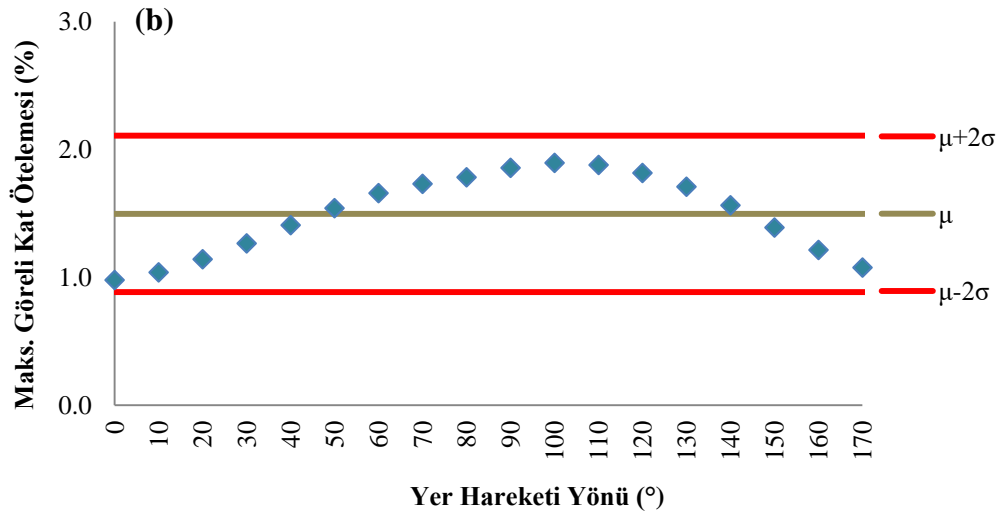
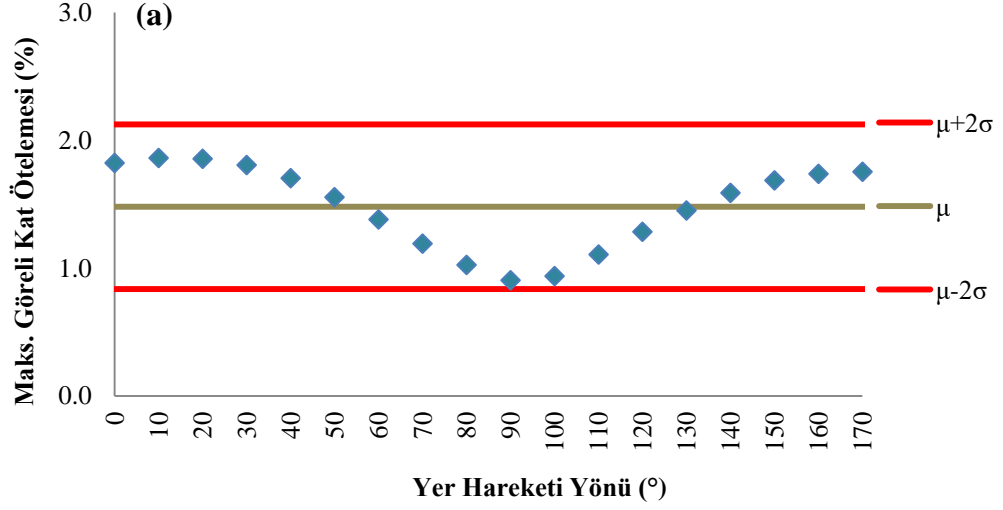




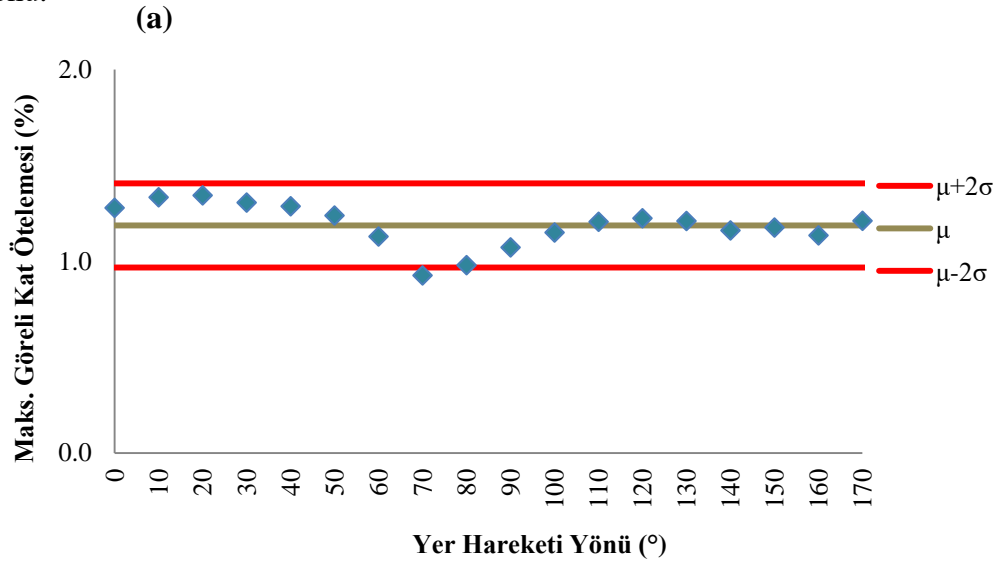
Şekil G.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

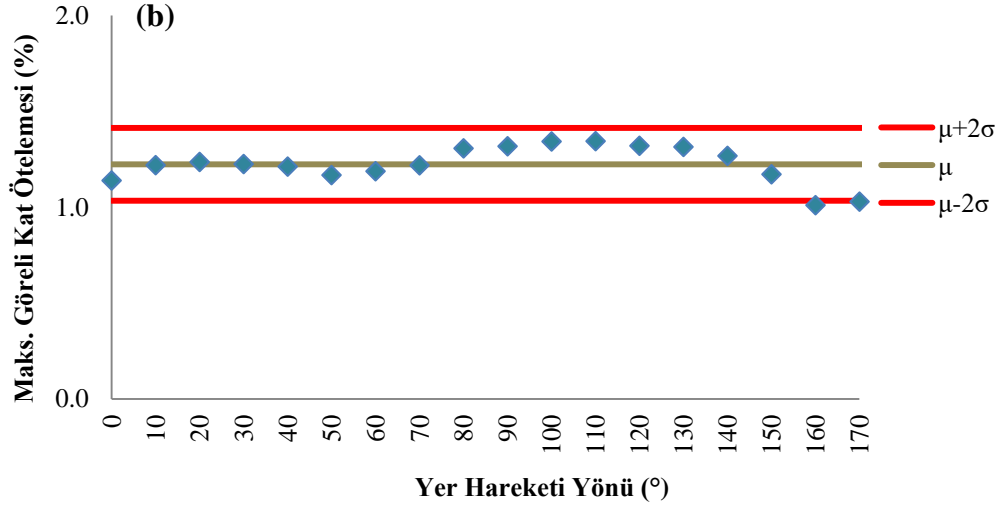


Şekil G.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

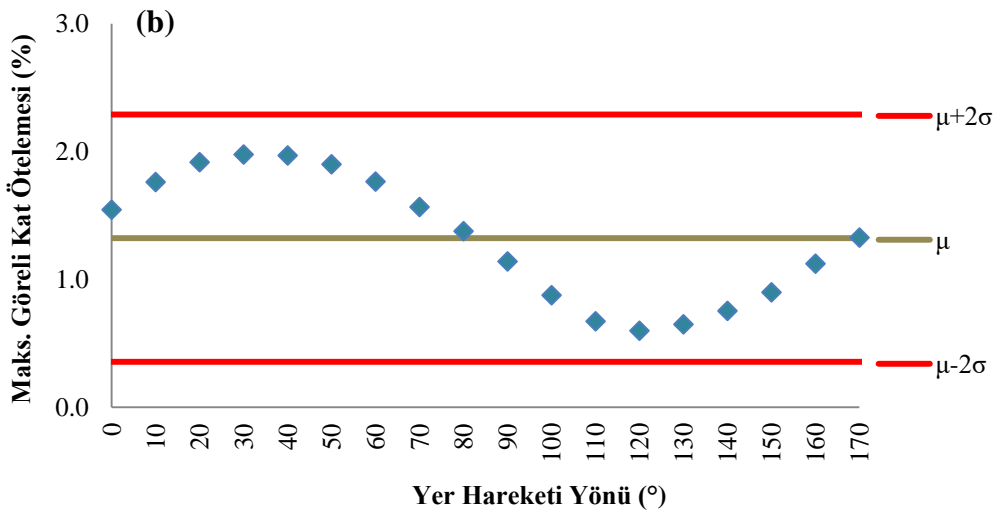
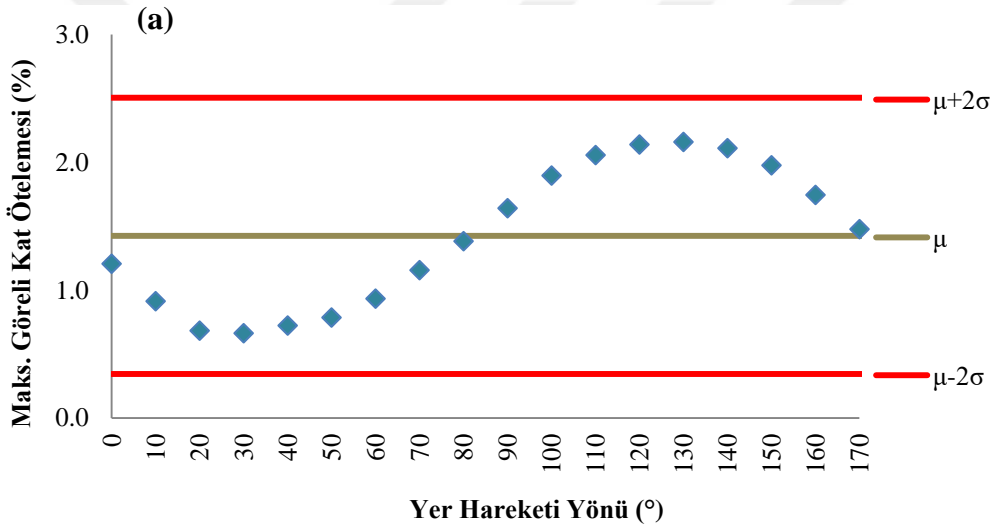


Şekil G.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

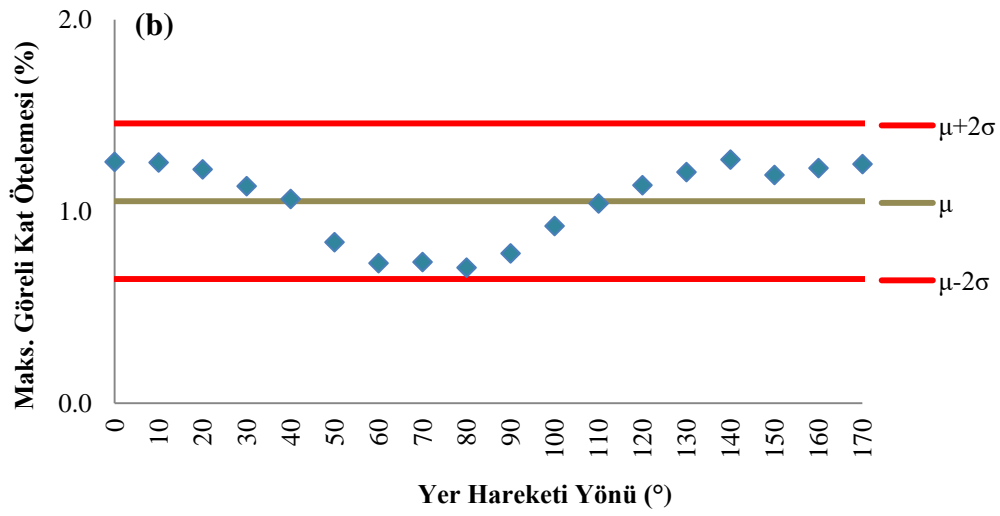
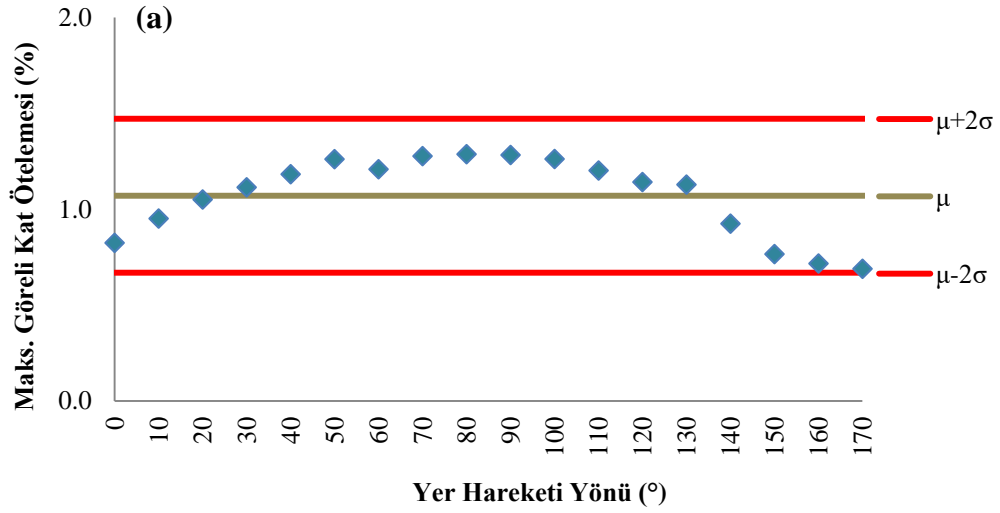




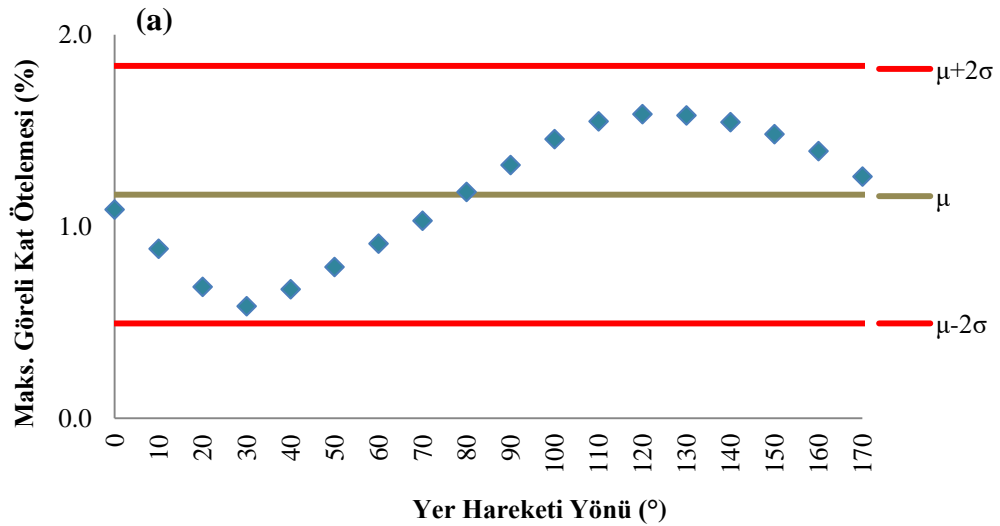
Şekil G.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

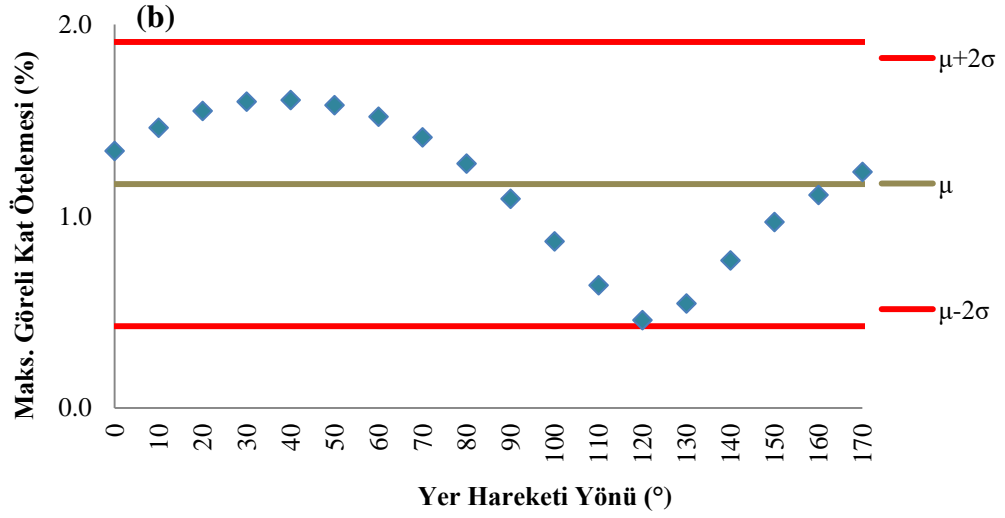


Şekil G.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

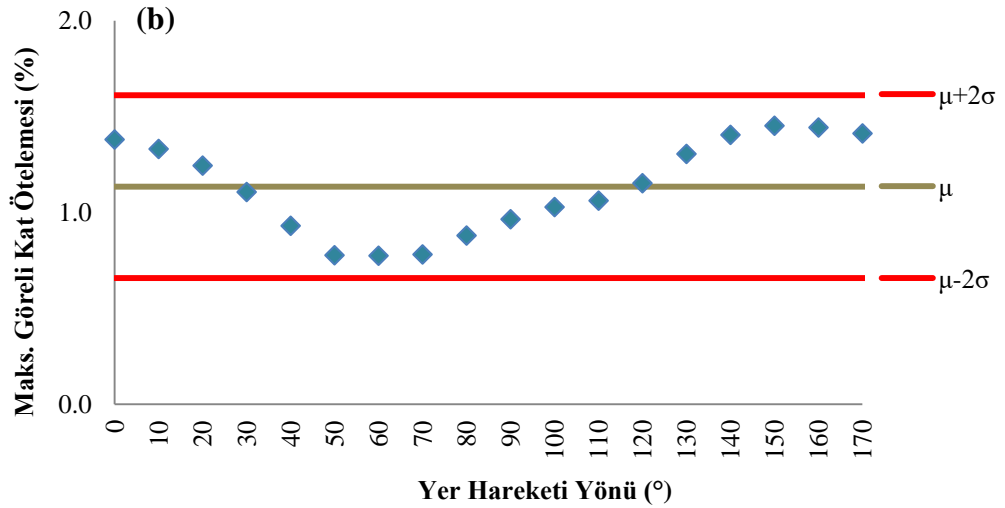
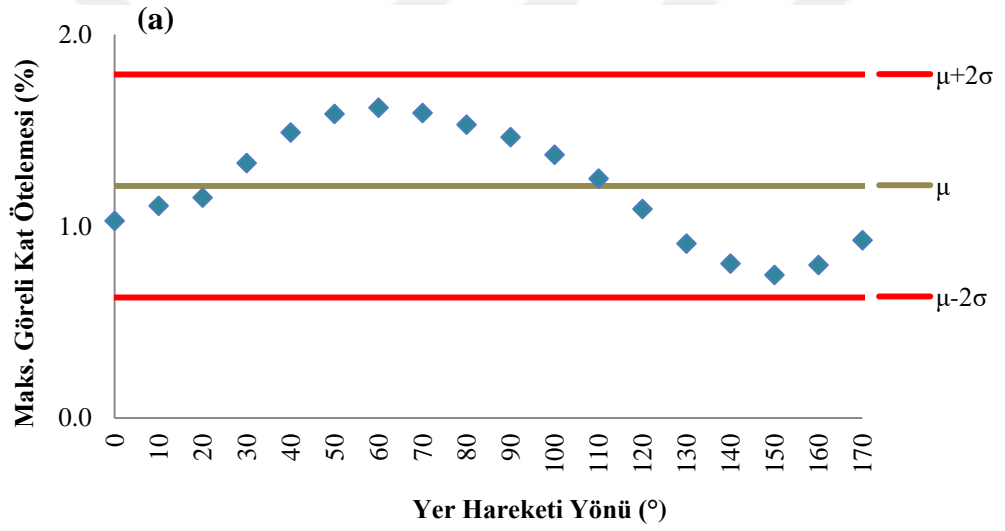


Şekil G.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

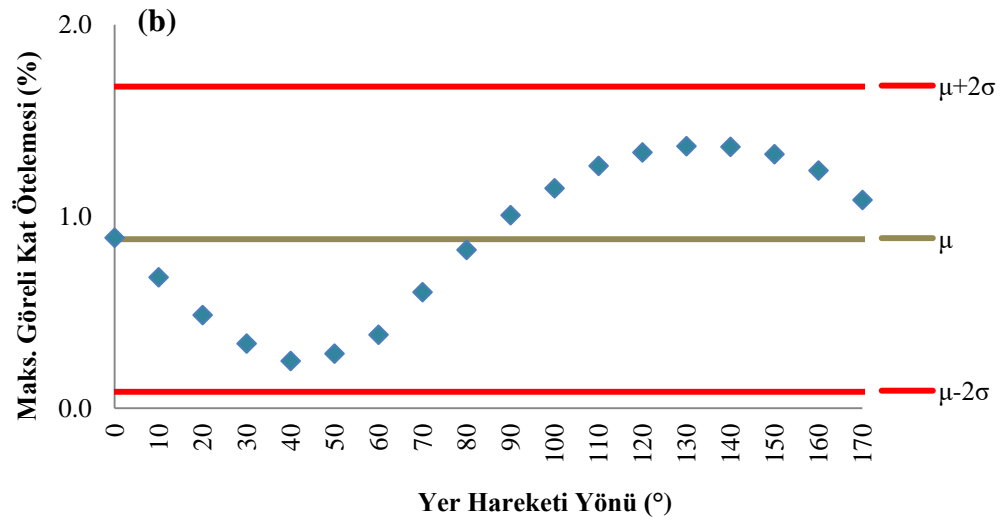
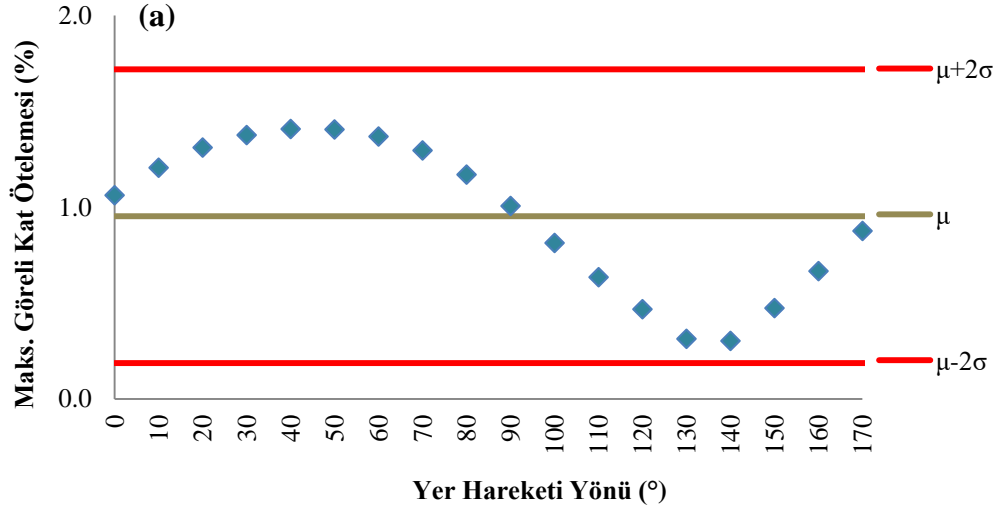




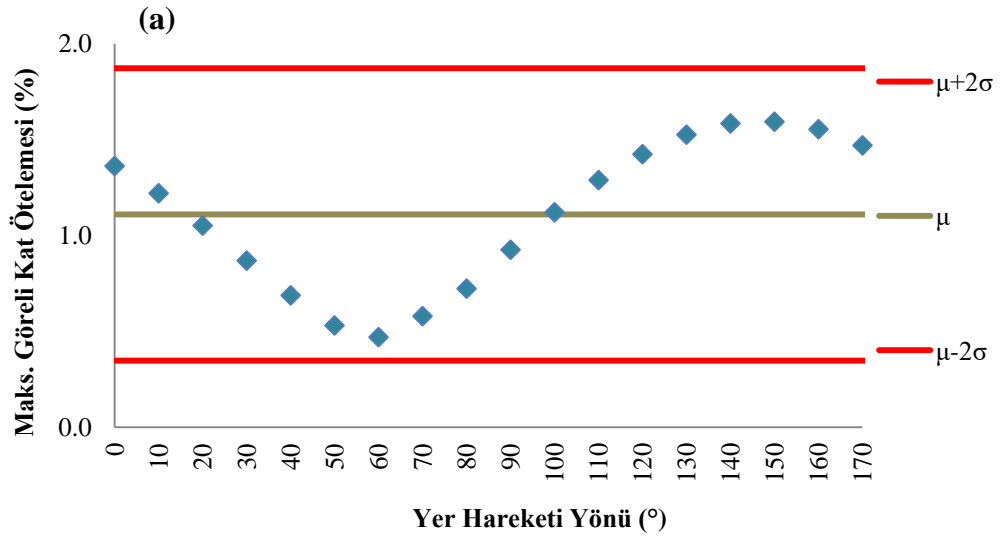
Şekil G.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

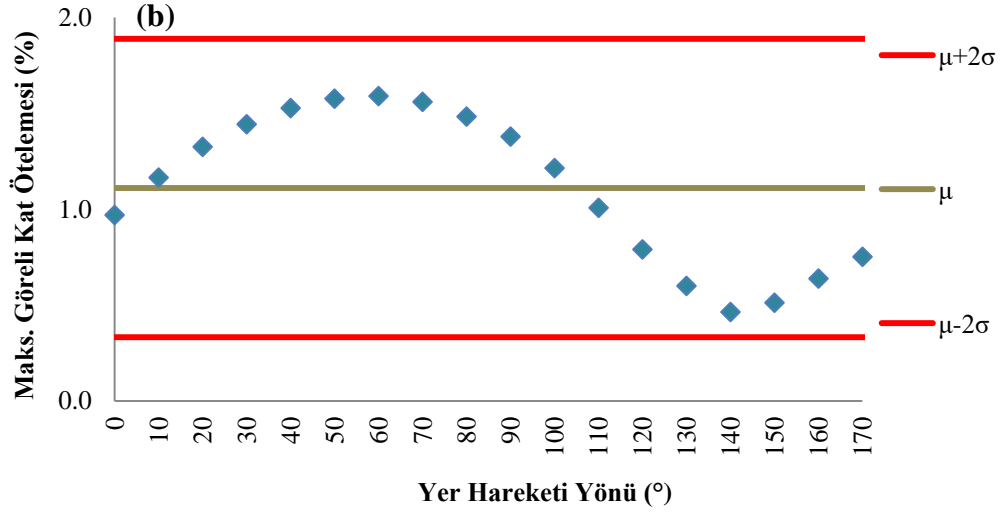


Şekil G.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

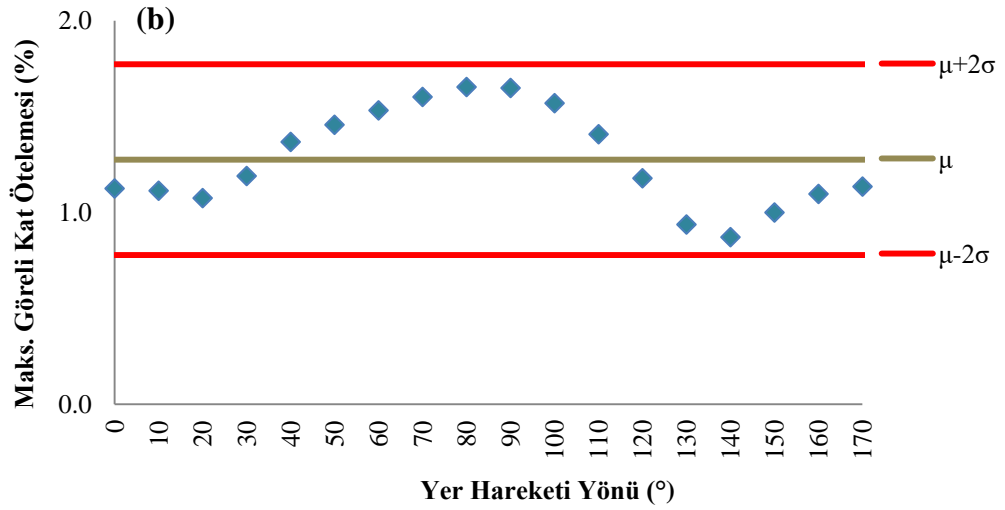
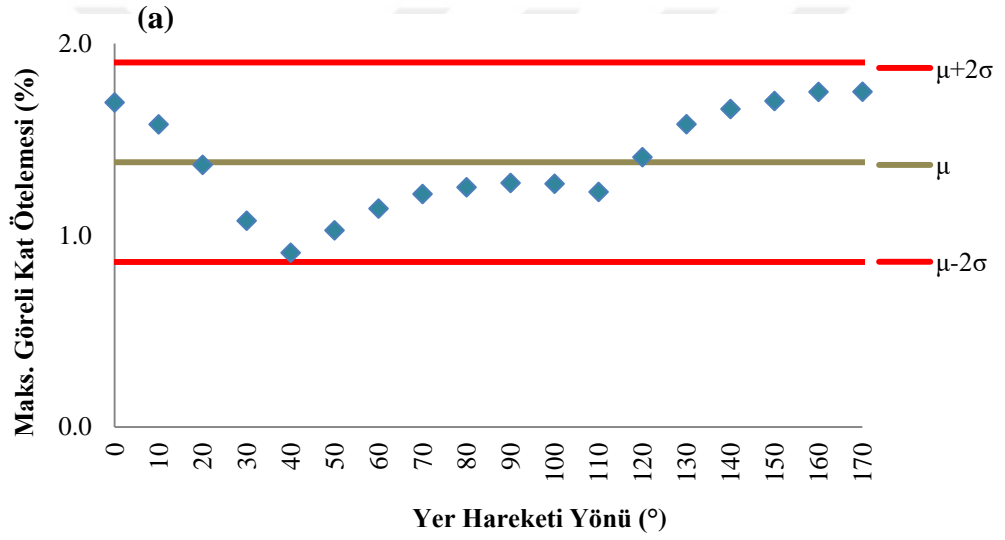


Şekil G.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

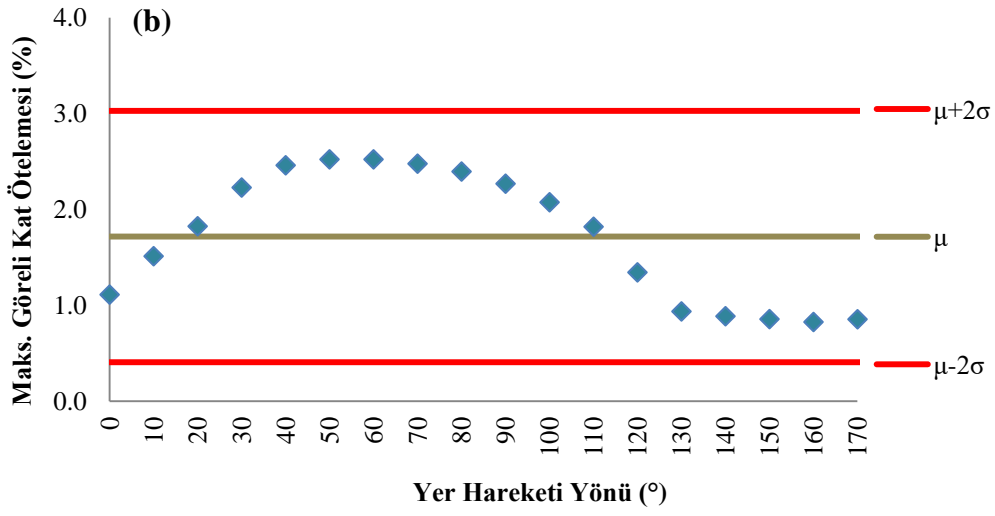
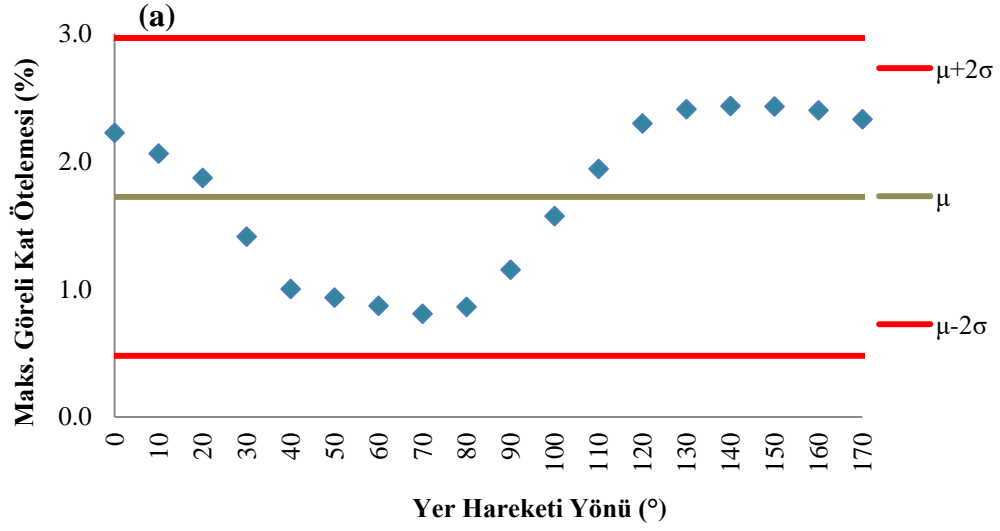




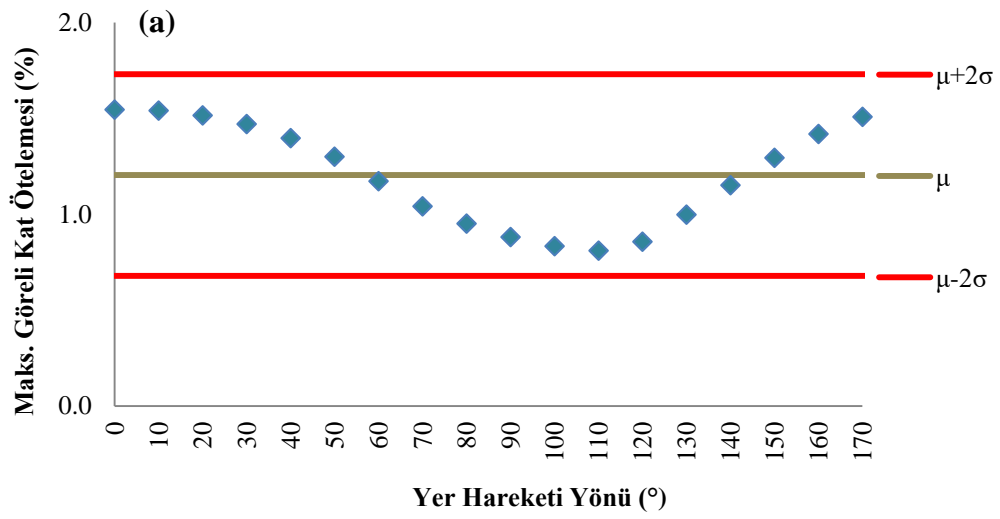
Şekil G.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

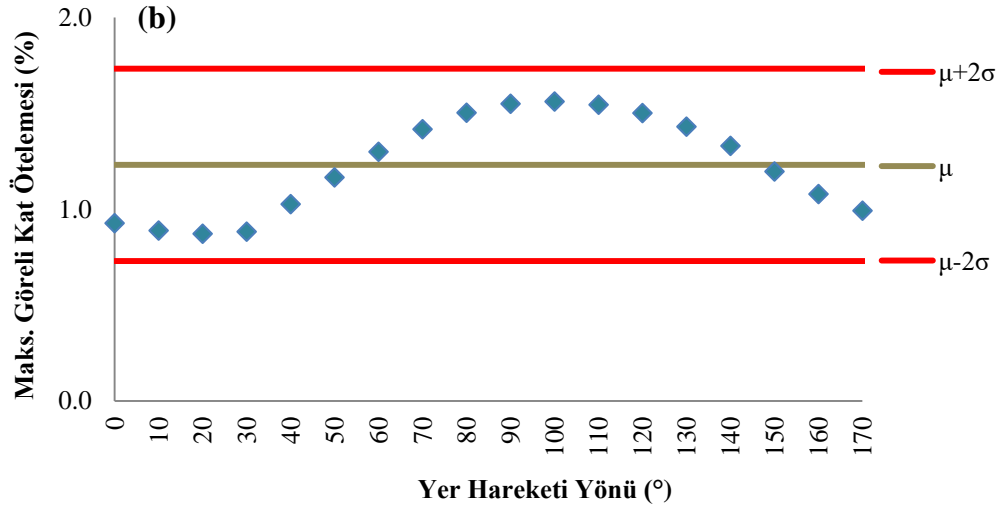


Şekil G.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

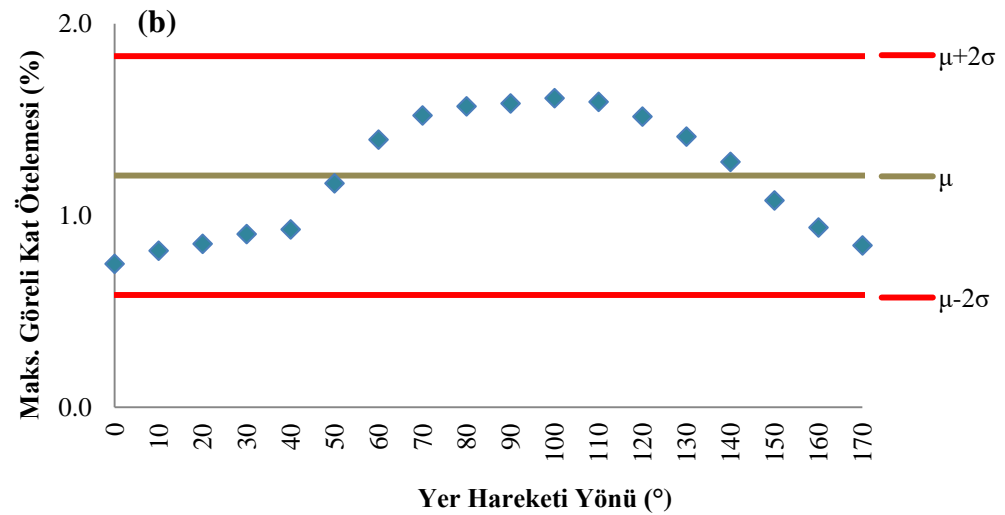
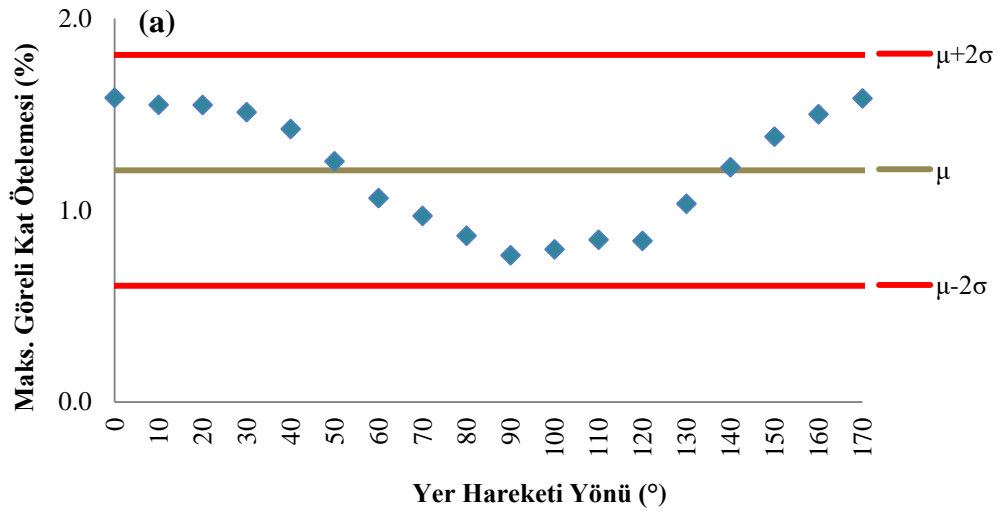


Şekil G.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

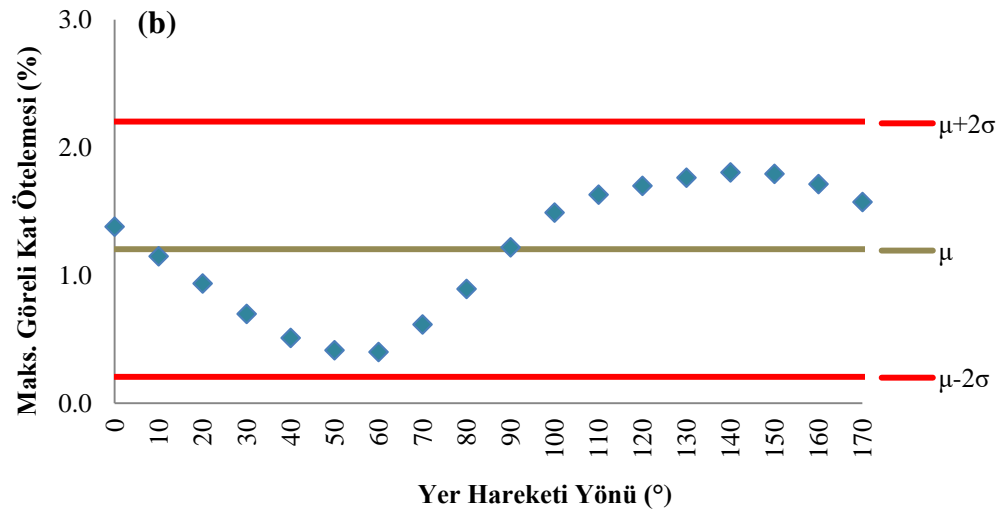
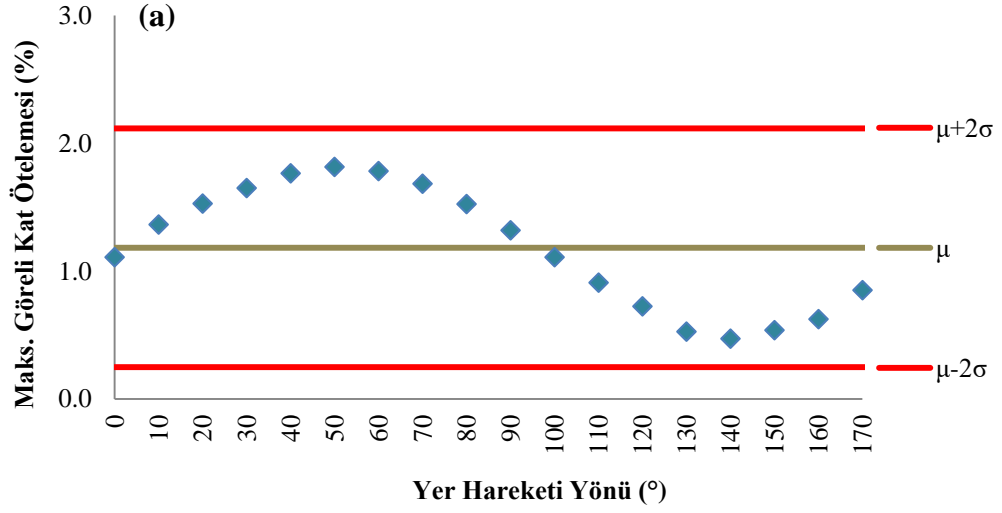




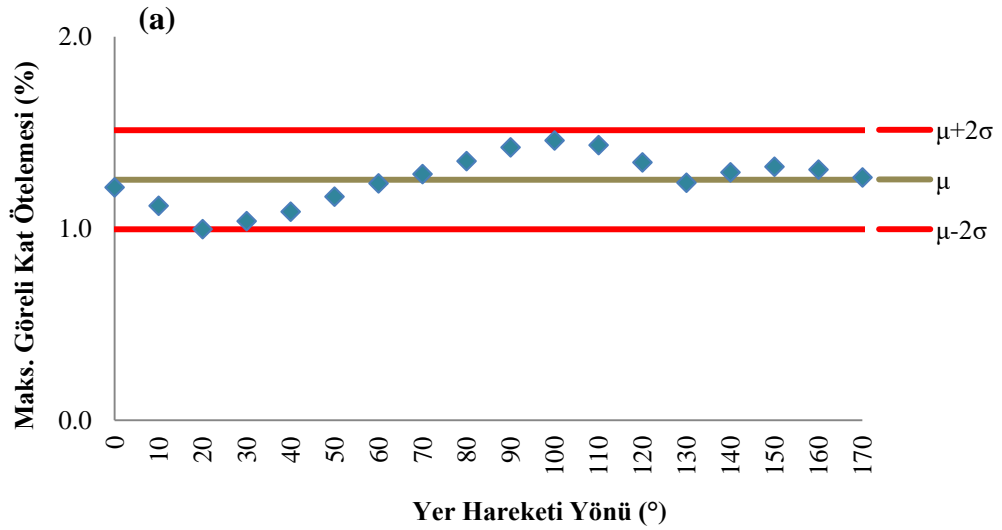
Şekil G.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

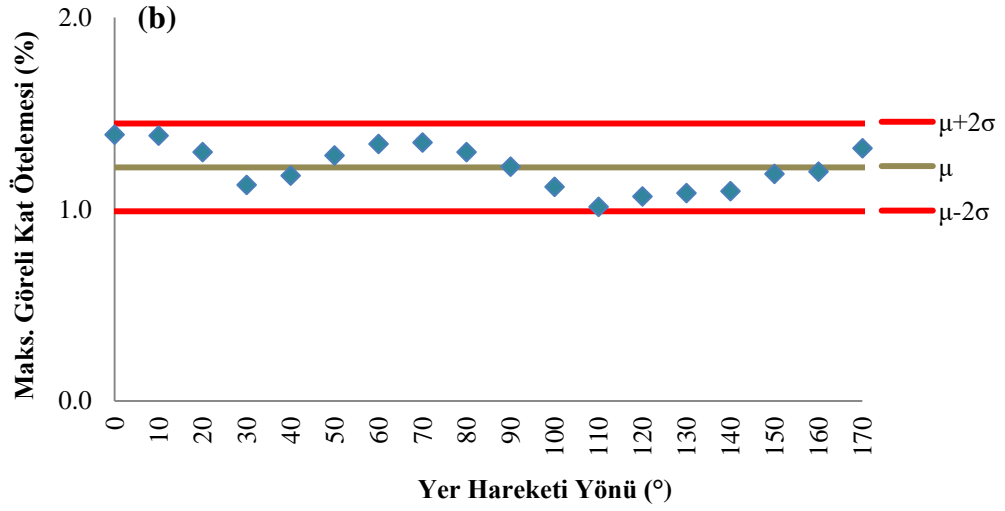


Şekil G.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

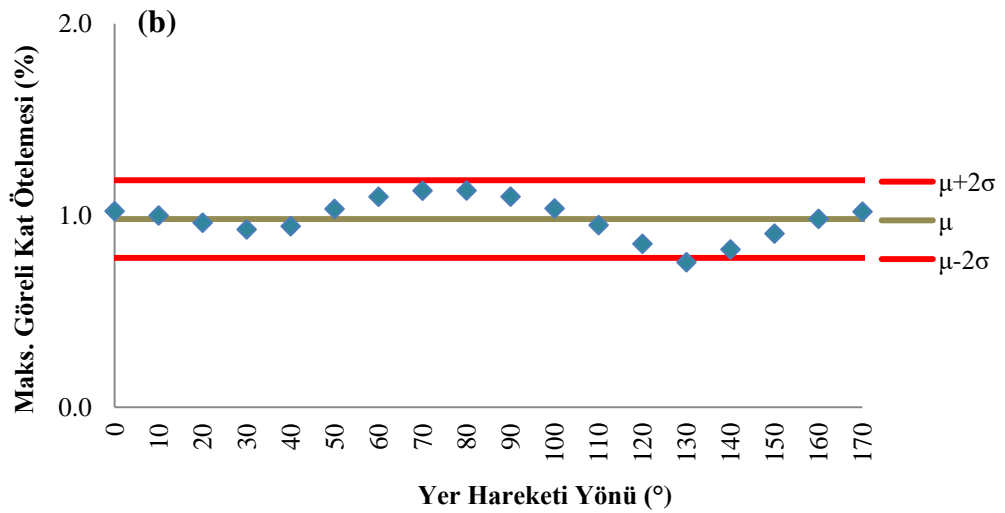
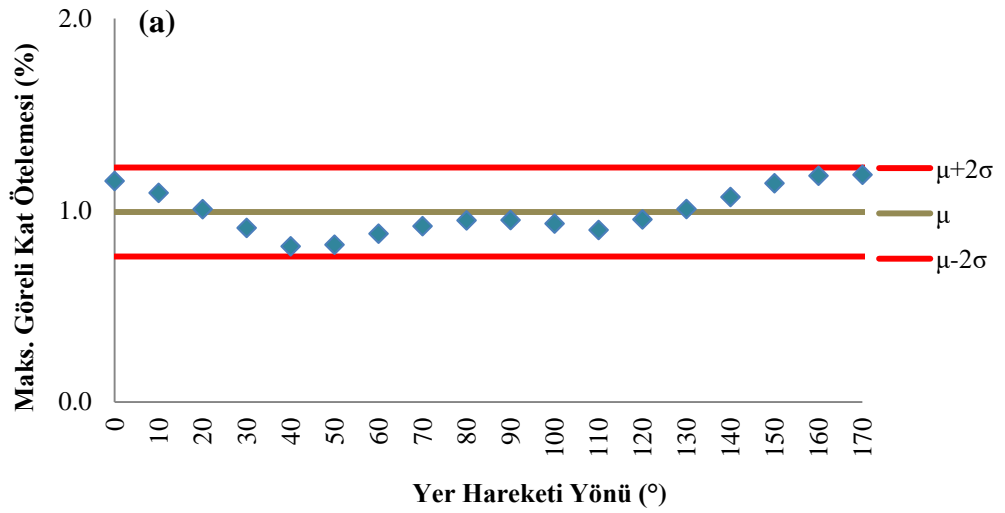


Şekil G.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

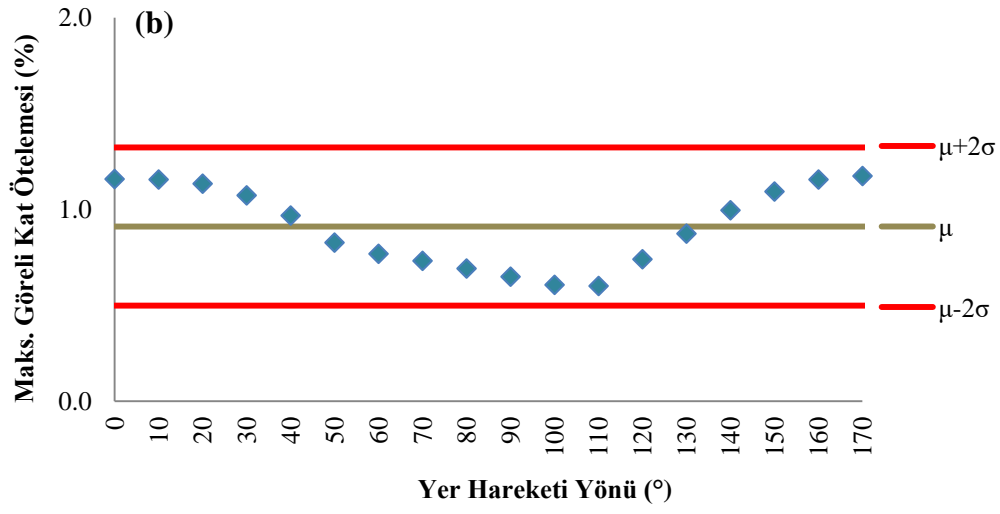
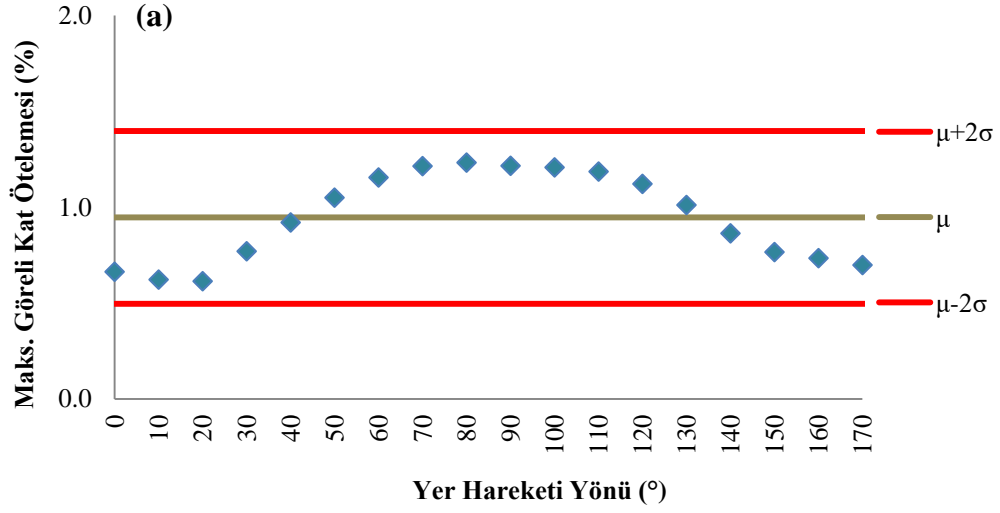




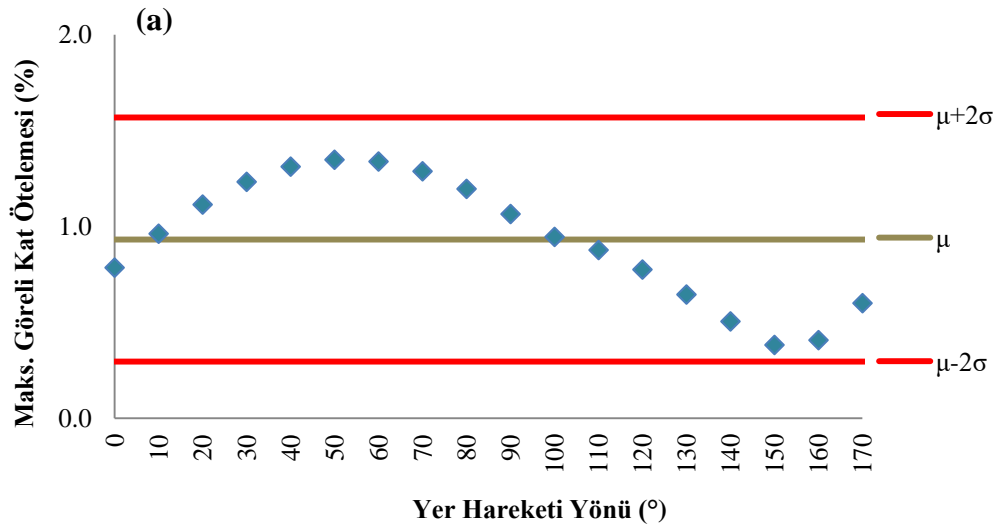
Şekil G.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

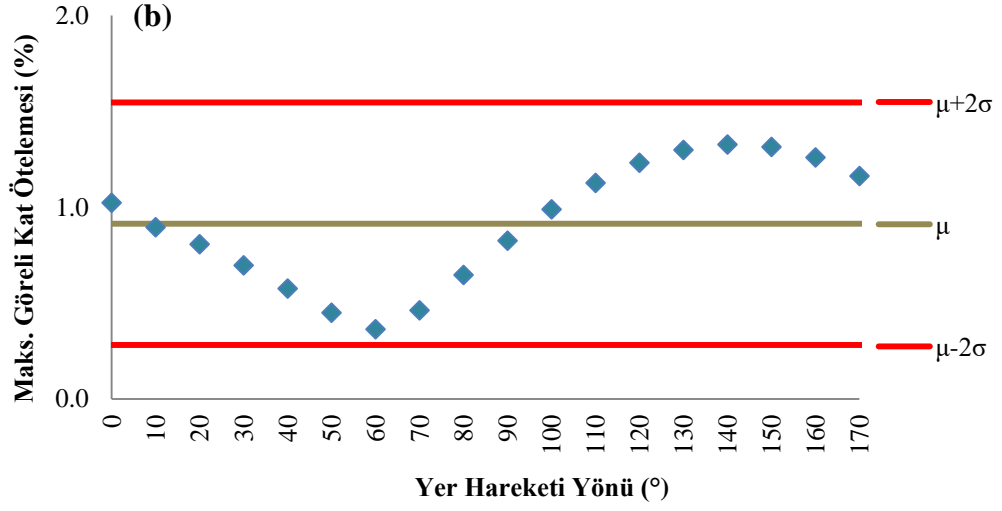


Şekil G.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

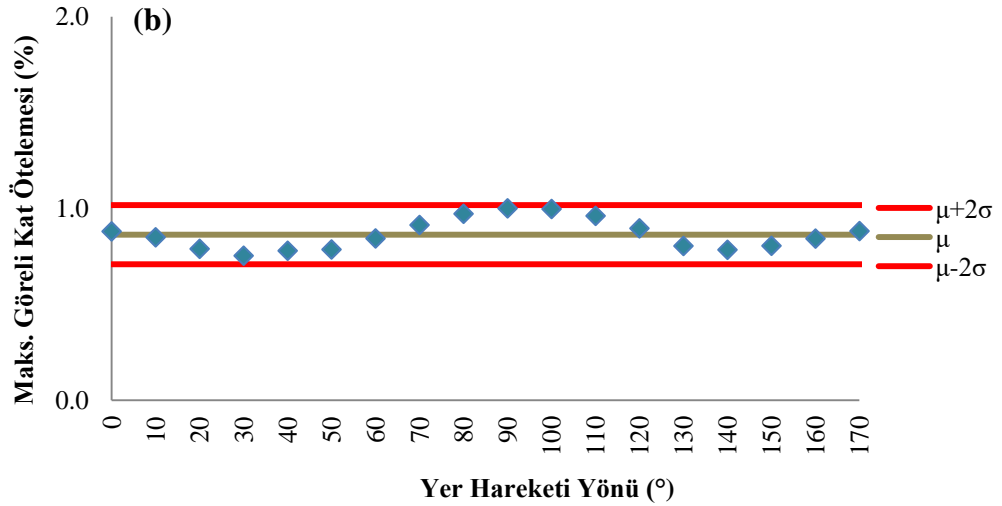
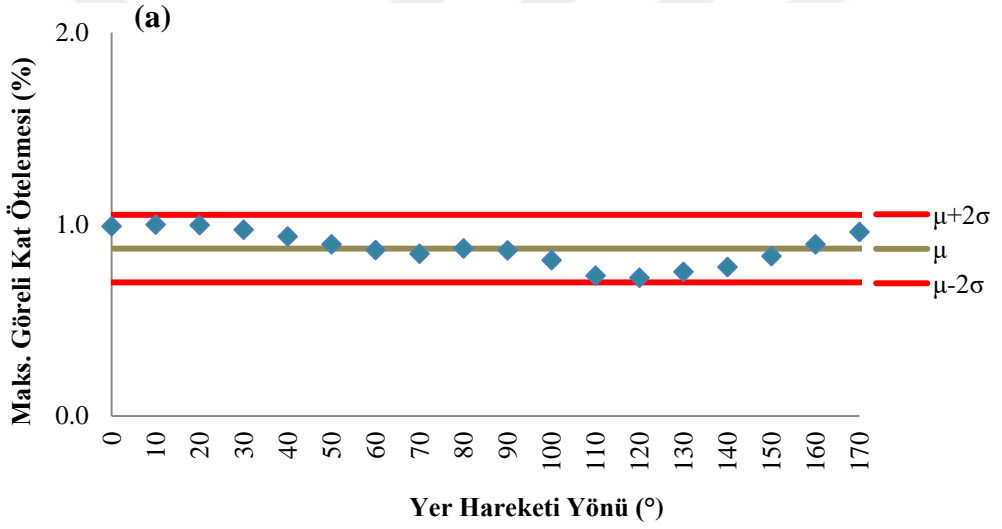


Şekil G.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

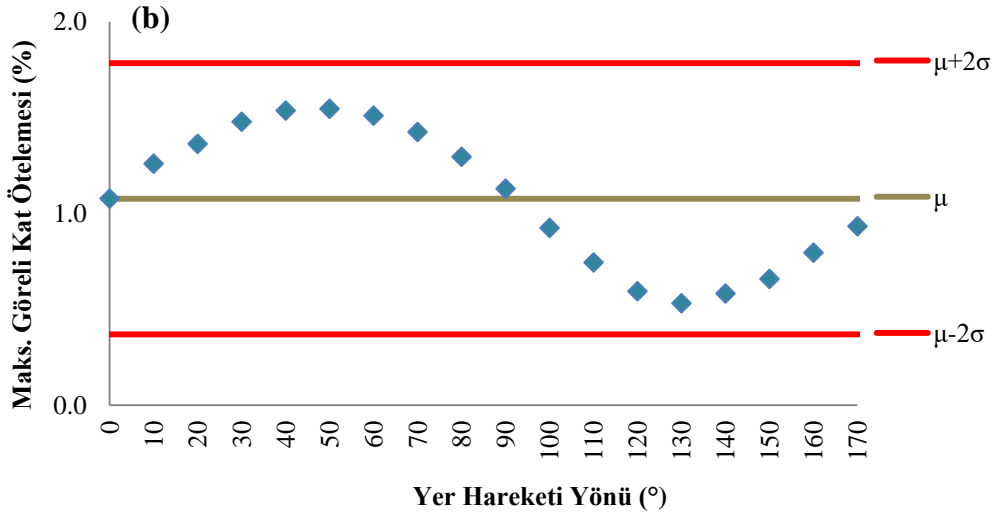
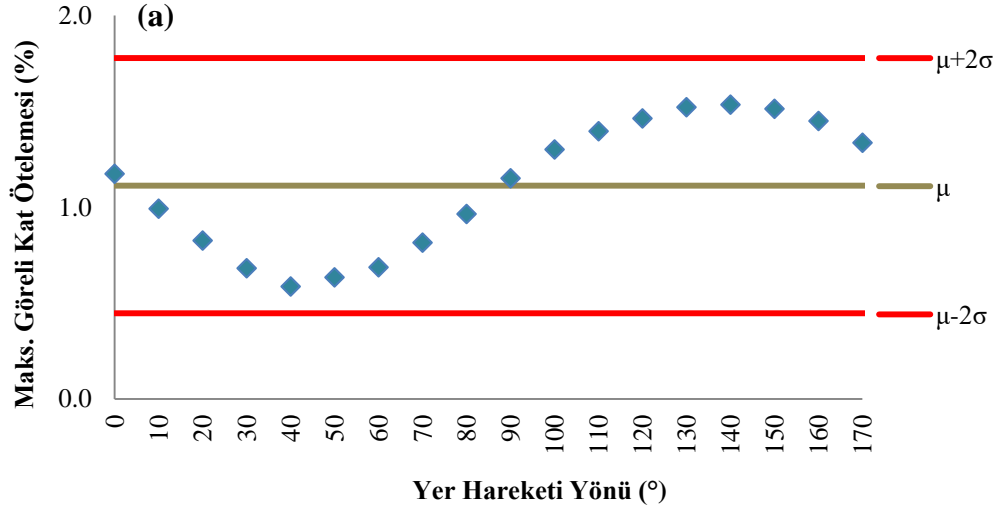




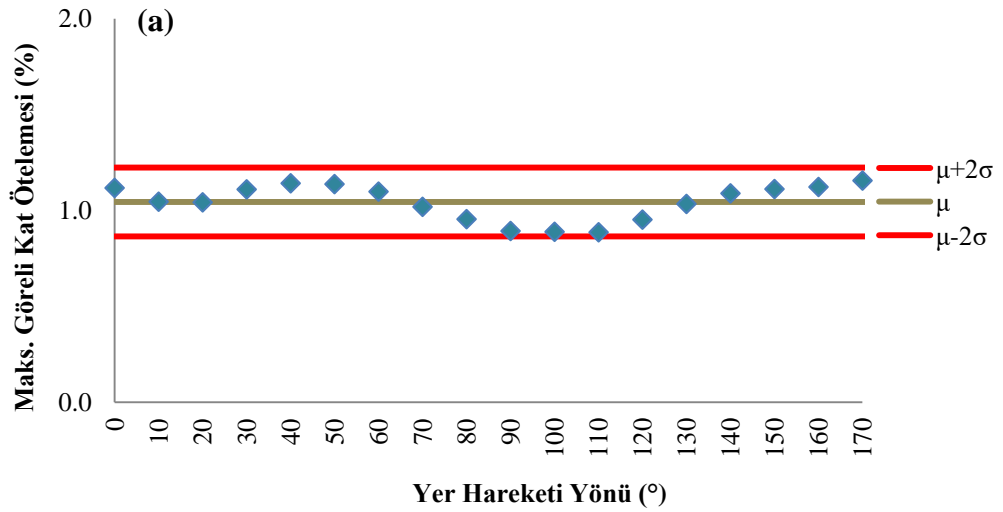
Şekil G.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

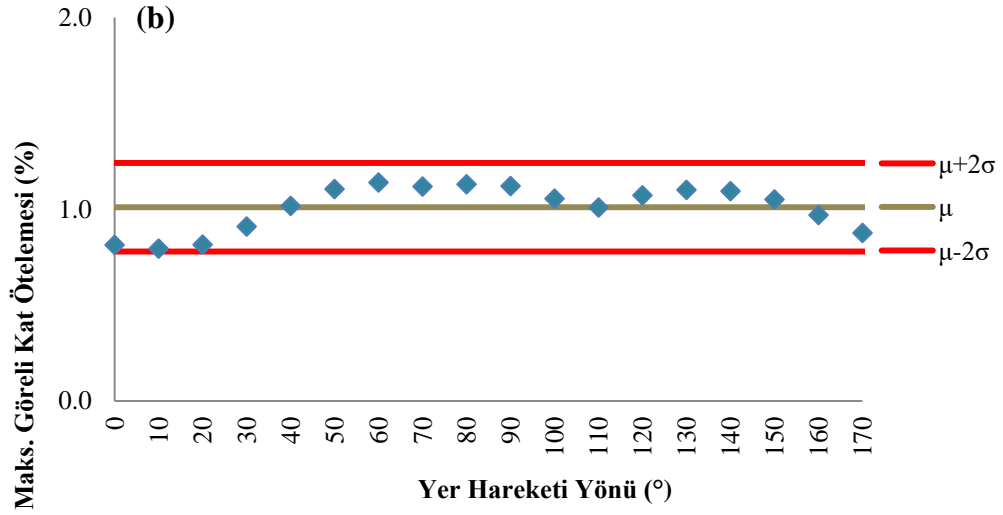


Şekil G.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

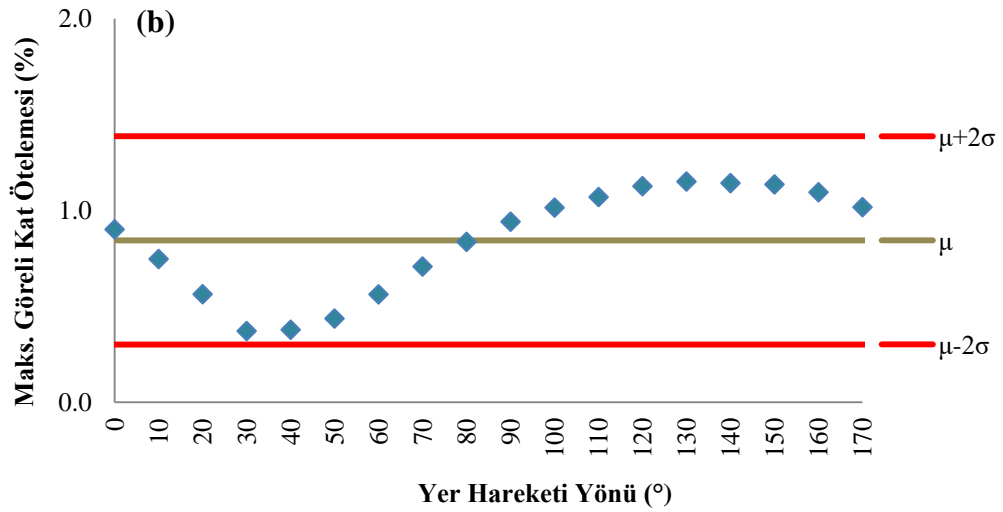
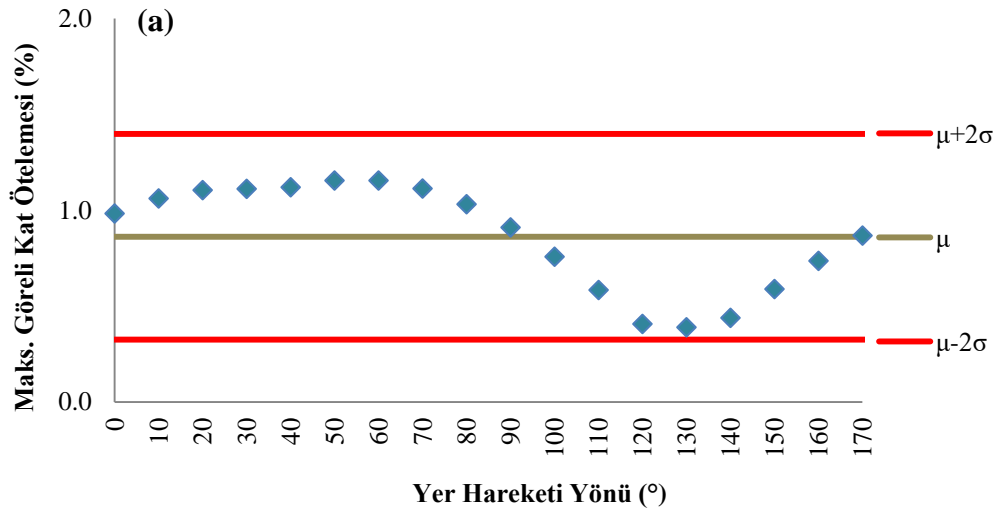


Şekil G.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

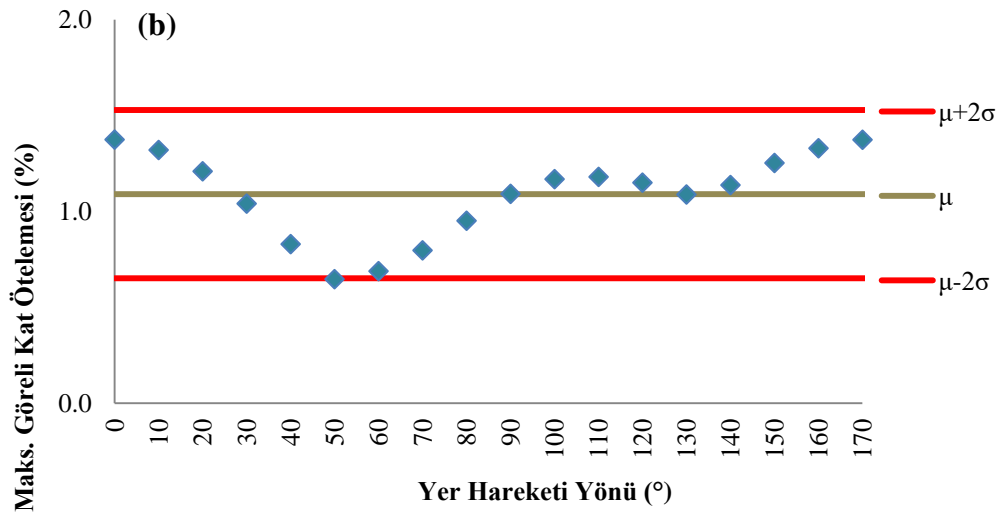
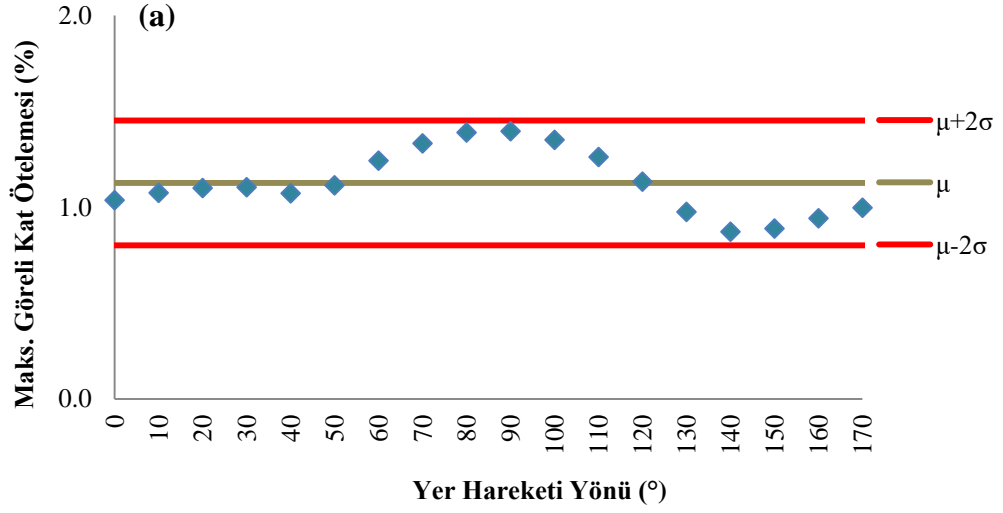




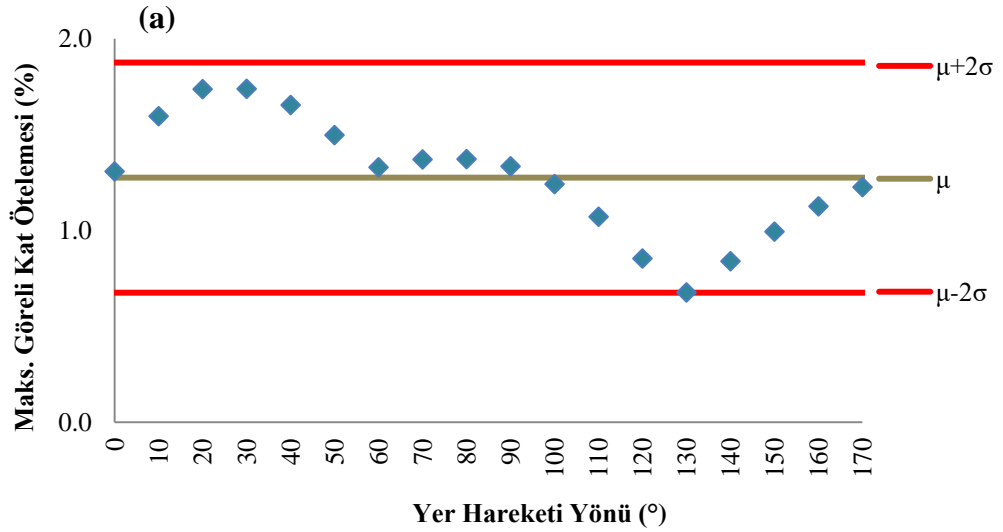
Şekil G.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

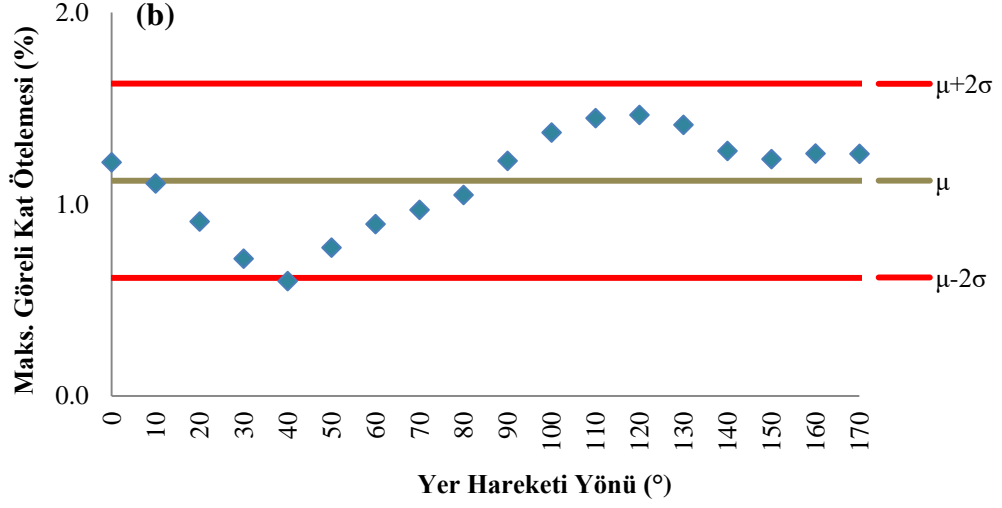


Şekil G.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

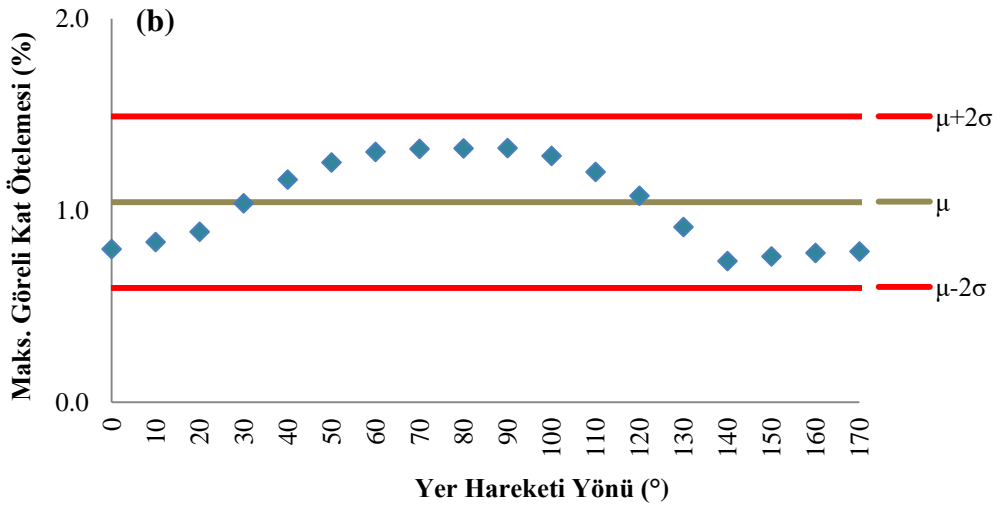
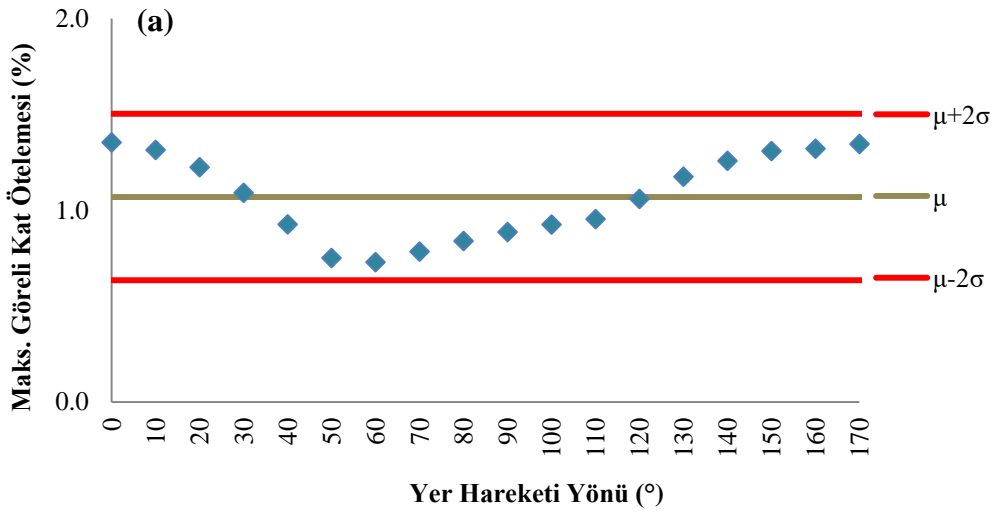


Şekil G.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.





Şekil G.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

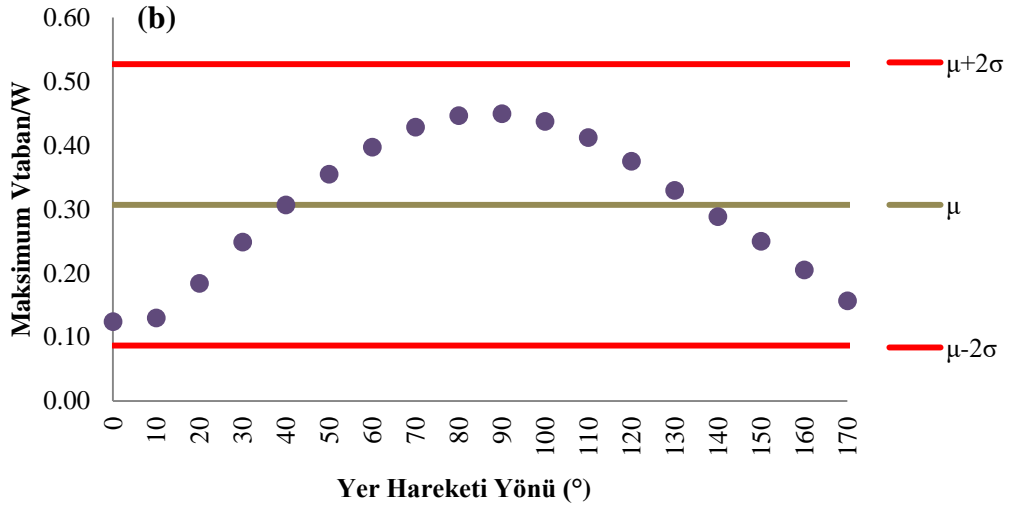
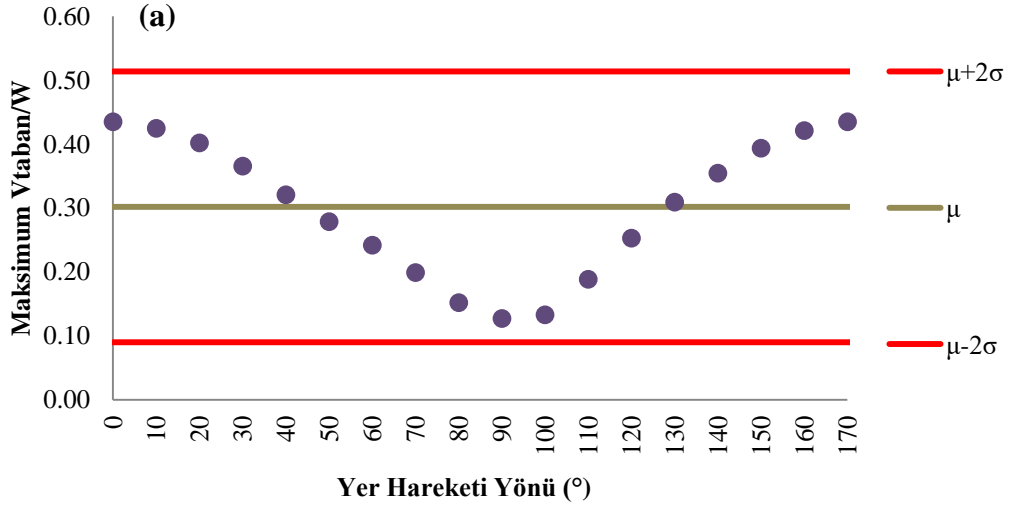


Şekil G.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

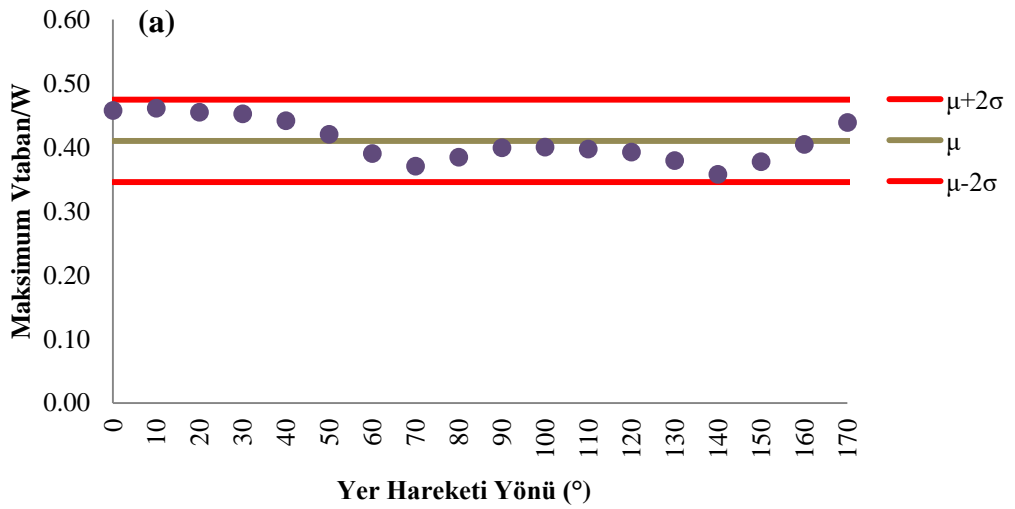
EK H: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 1: 50 yılda aşılma olasılığı
%50– Yer hareketi yönünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi

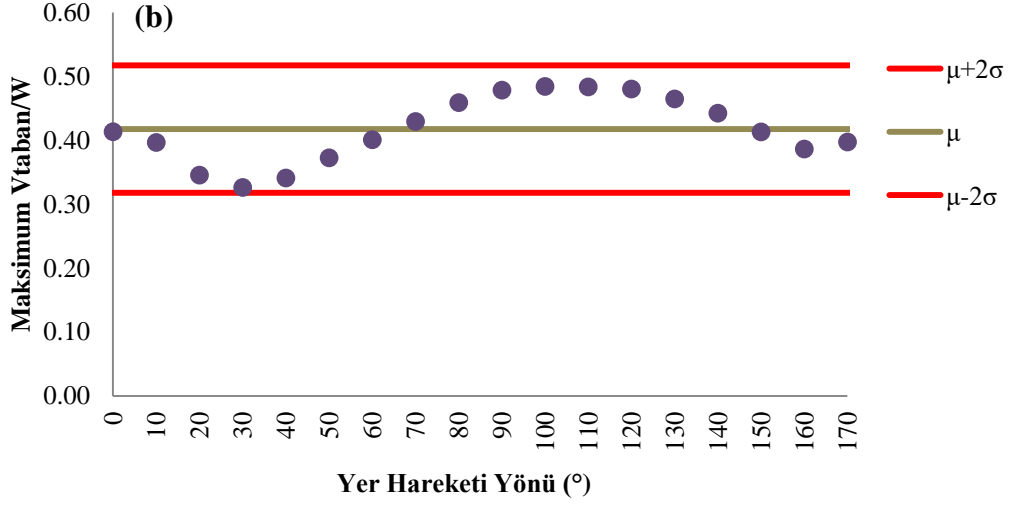


EK-H

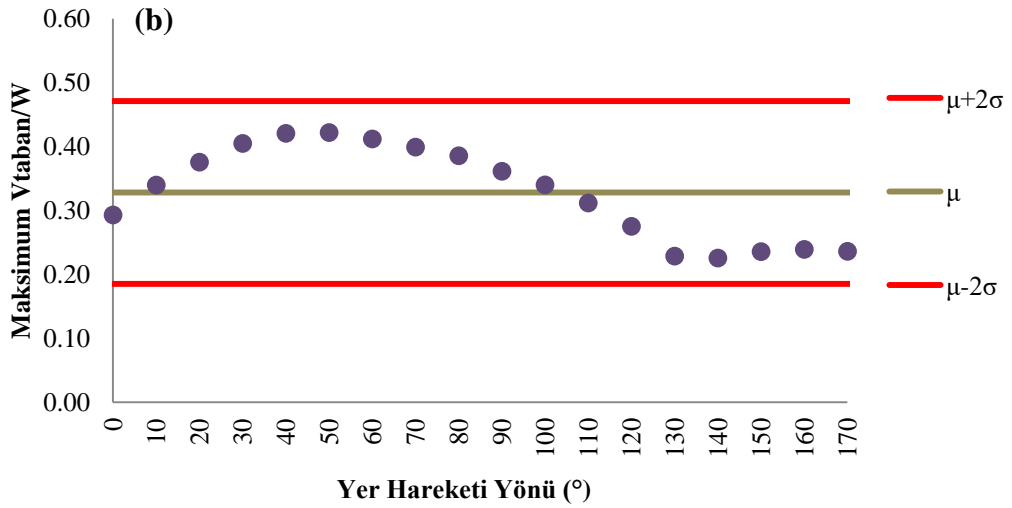
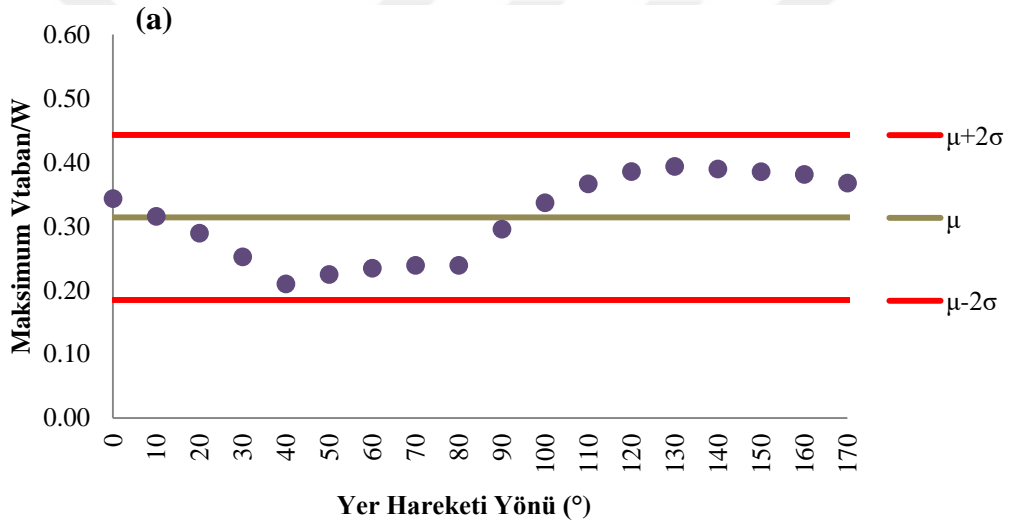


Şekil H.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

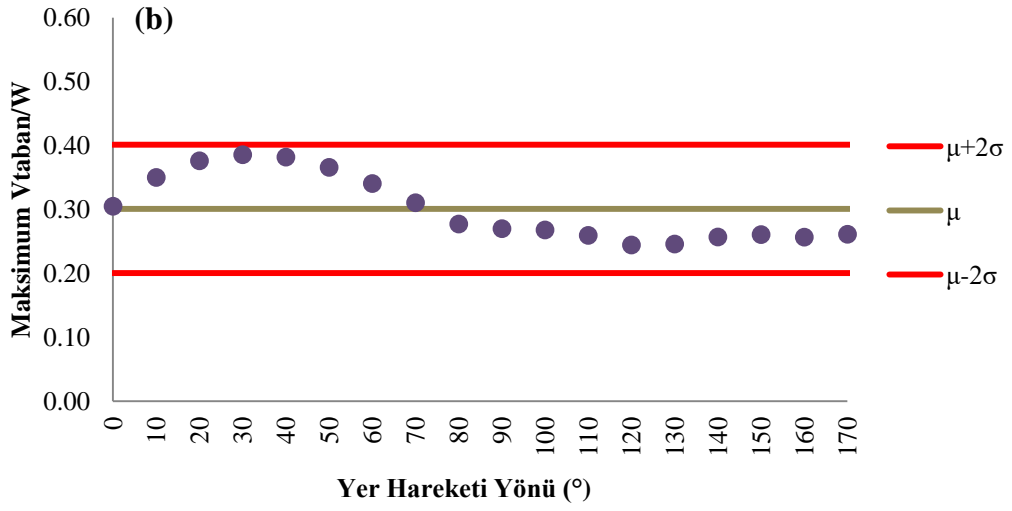
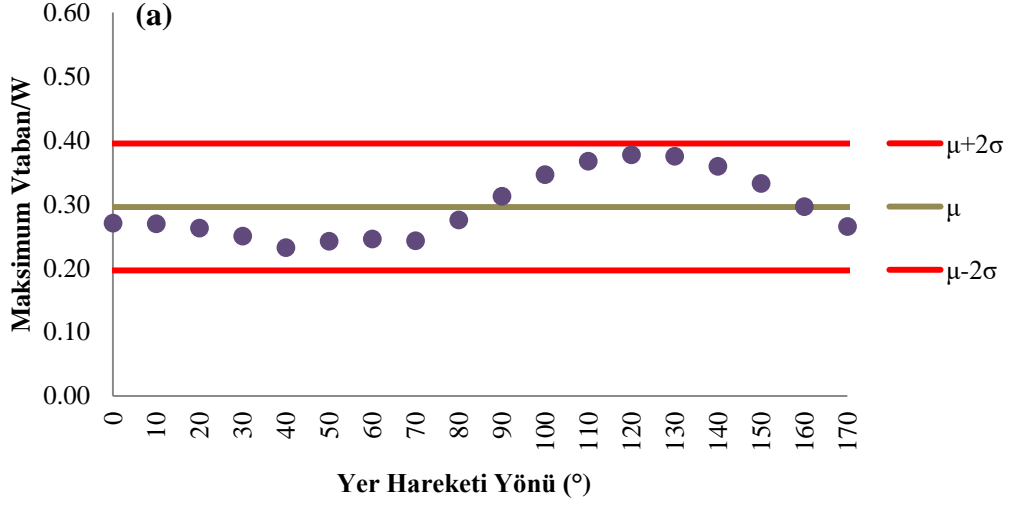




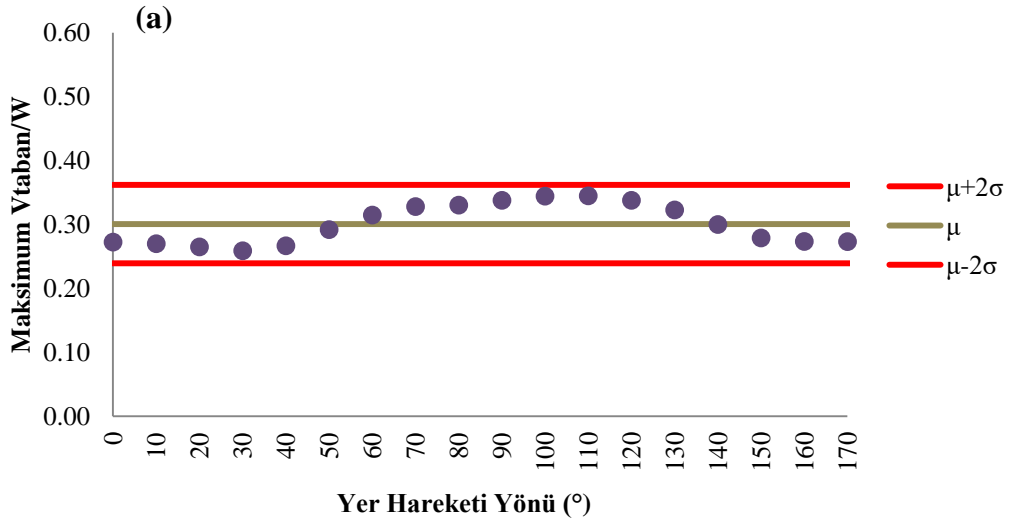
Şekil H.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

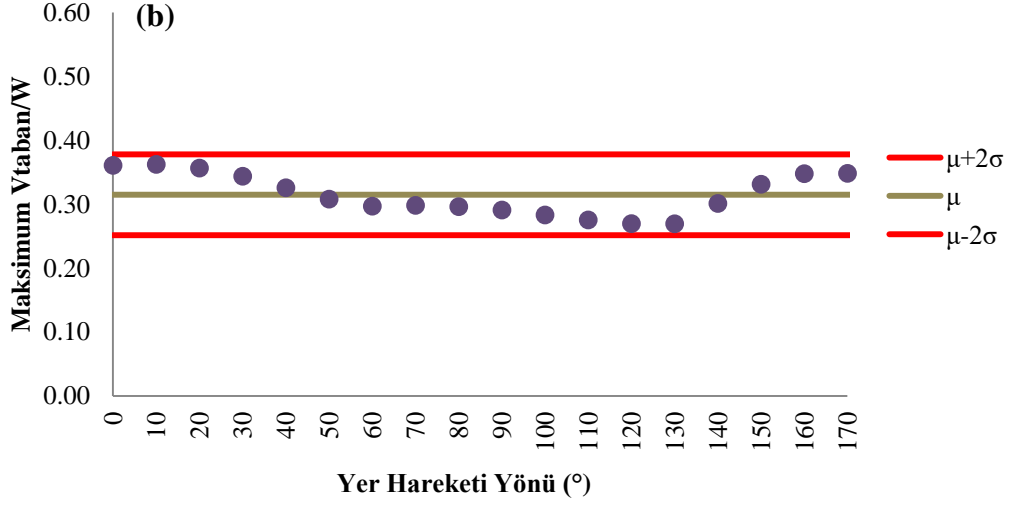


Şekil H.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

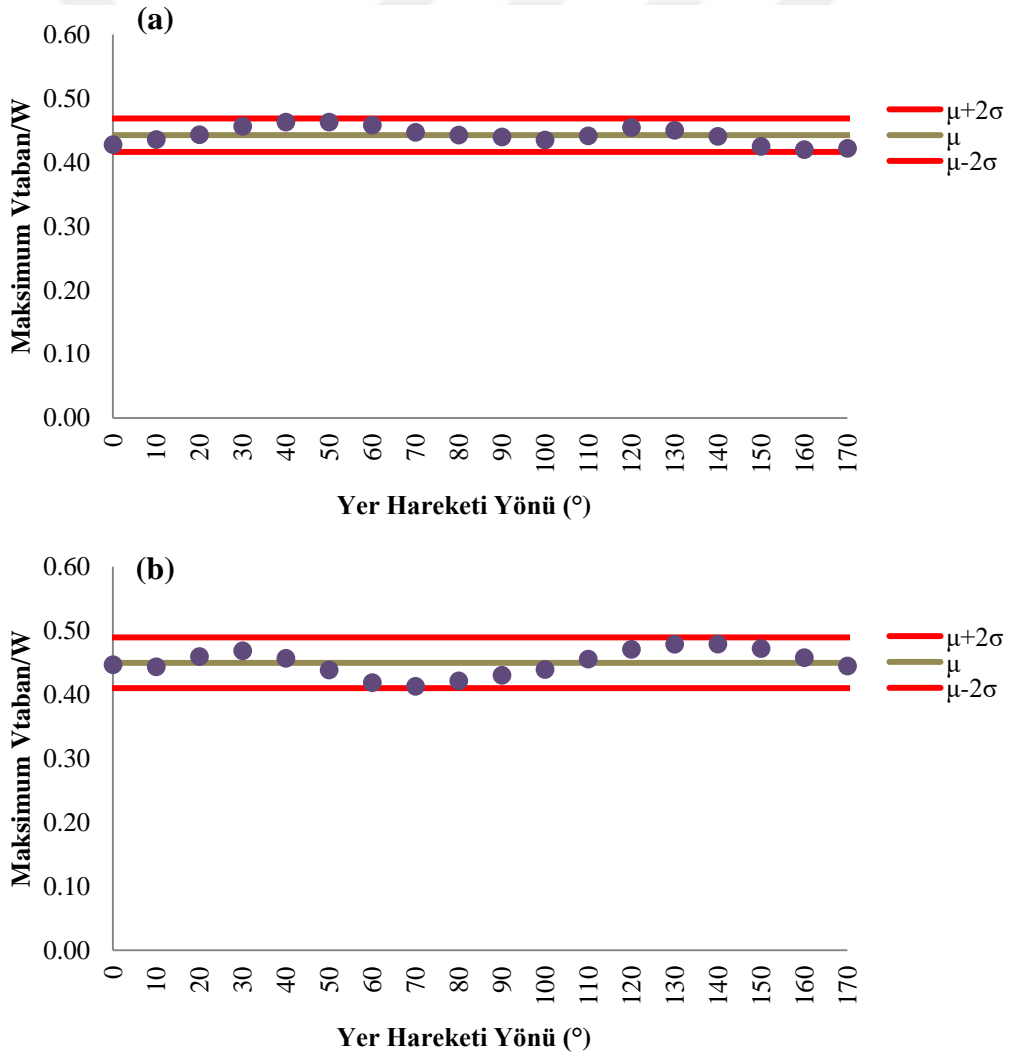


Şekil H.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

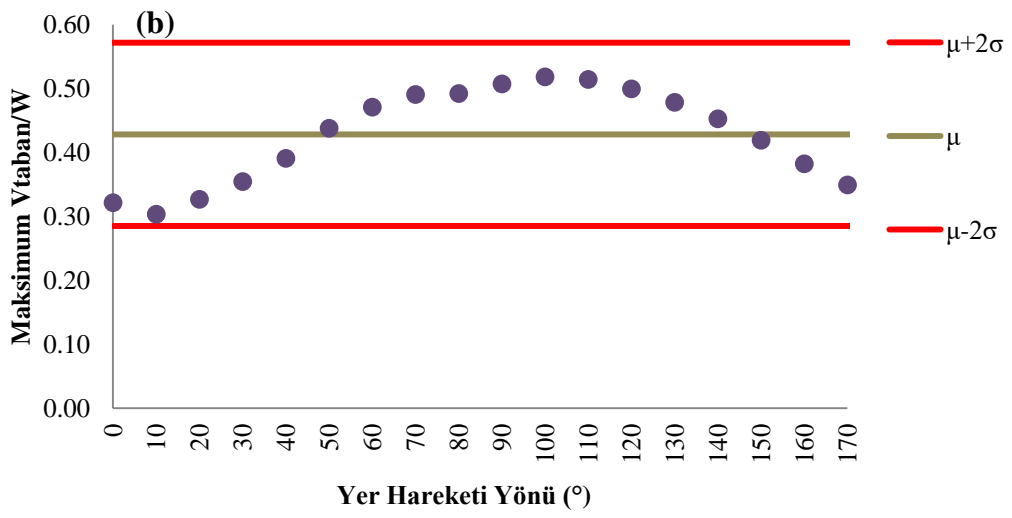
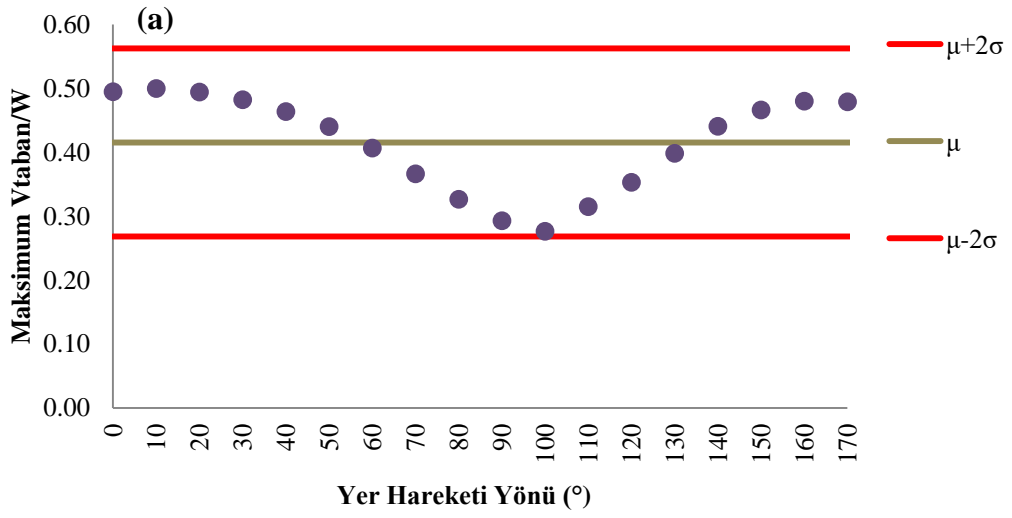




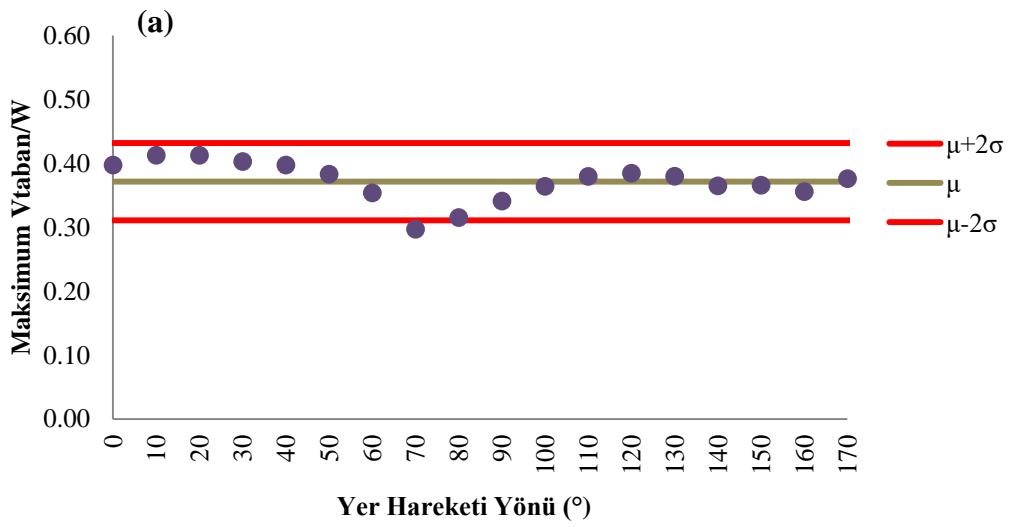
Şekil H.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

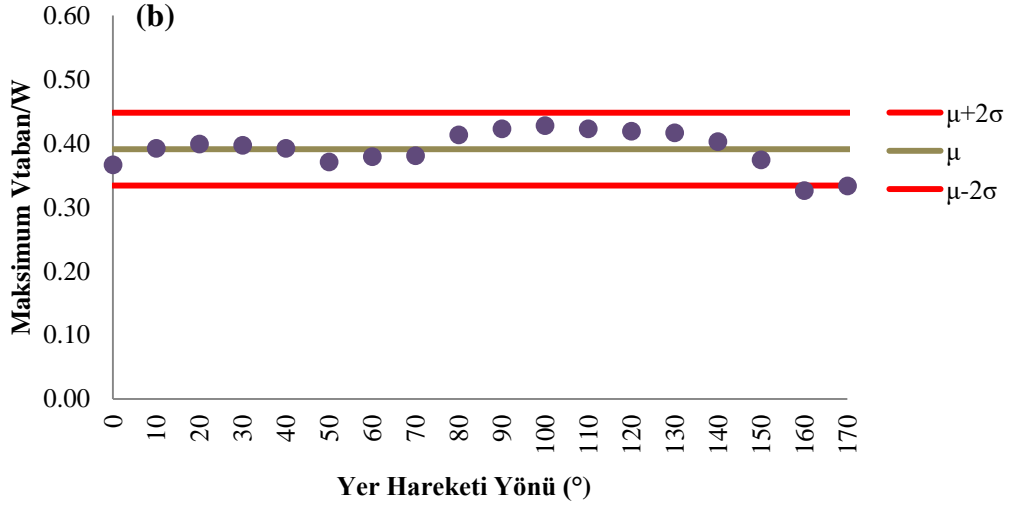


Şekil H.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

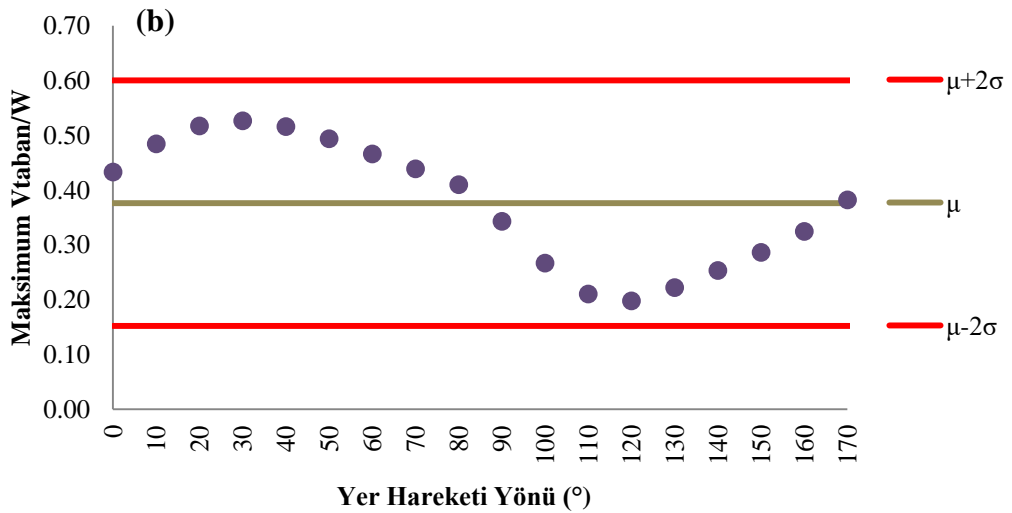
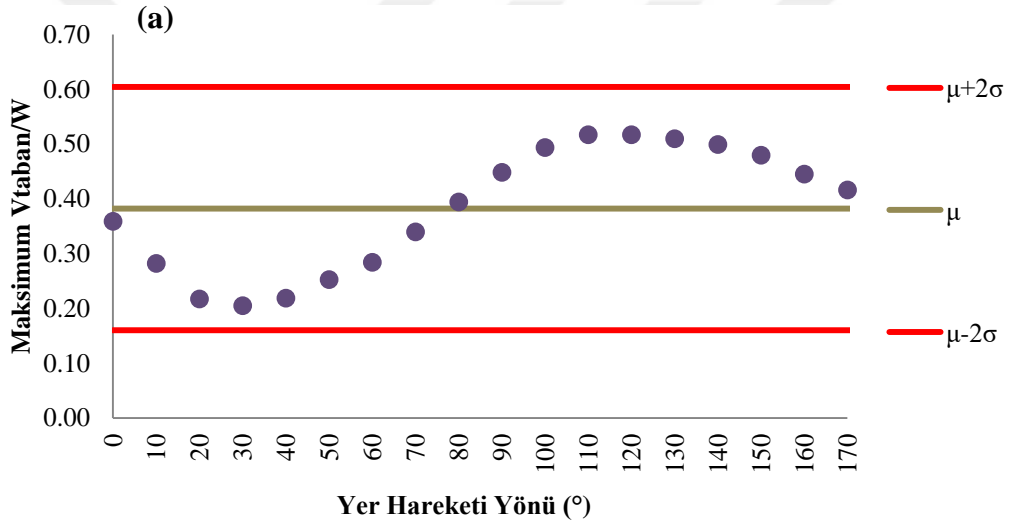


Şekil H.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

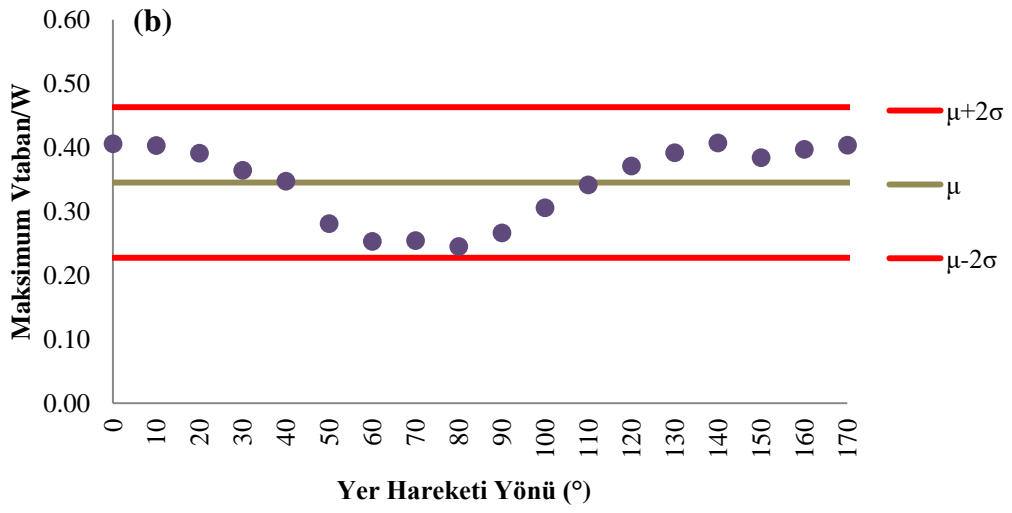
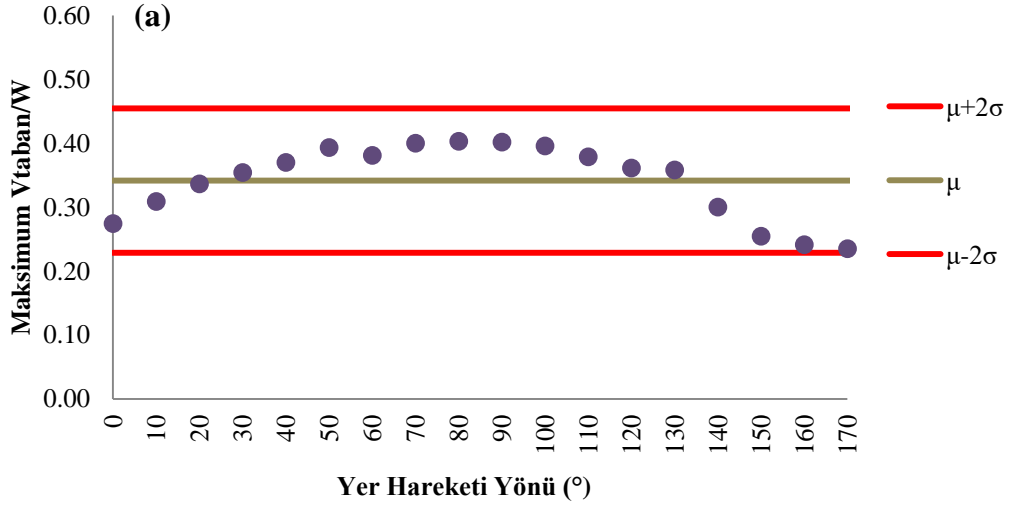




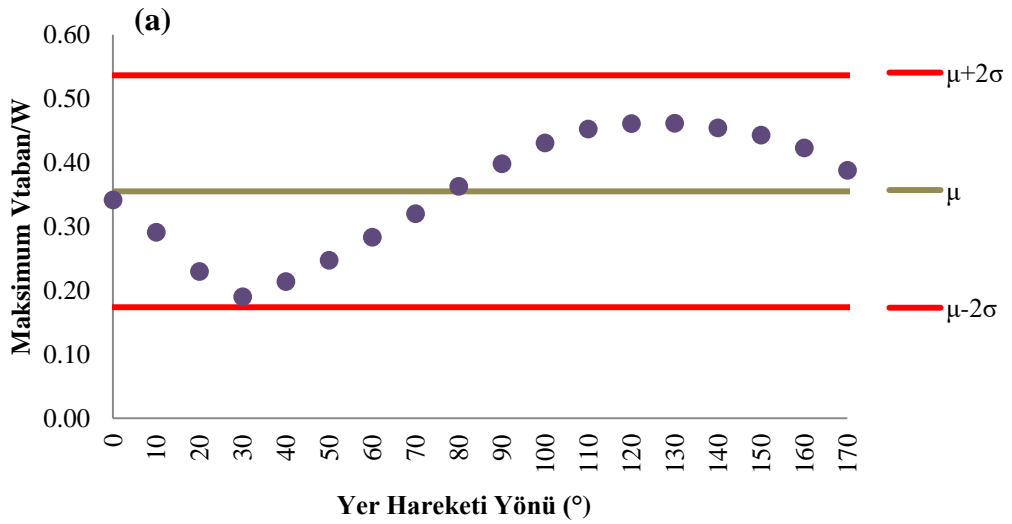
Şekil H.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

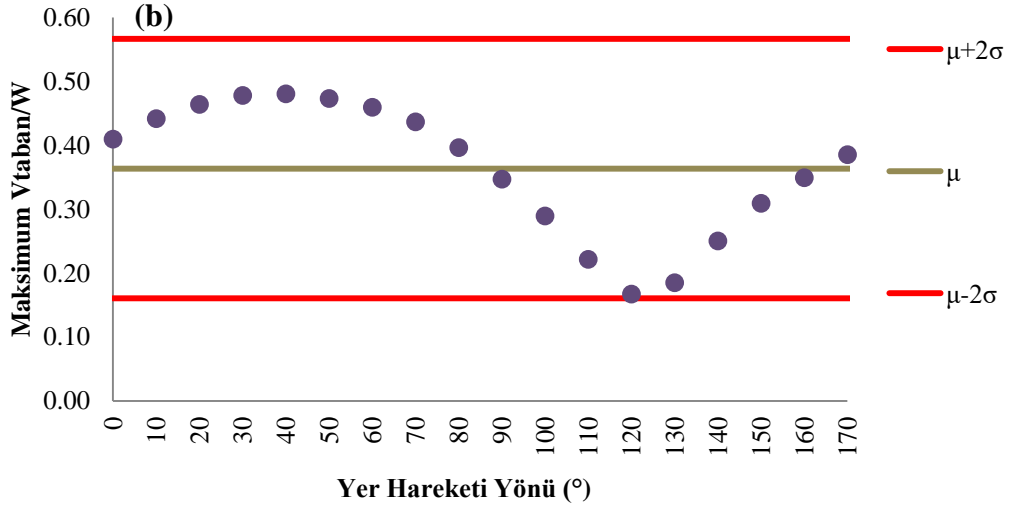


Şekil H.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

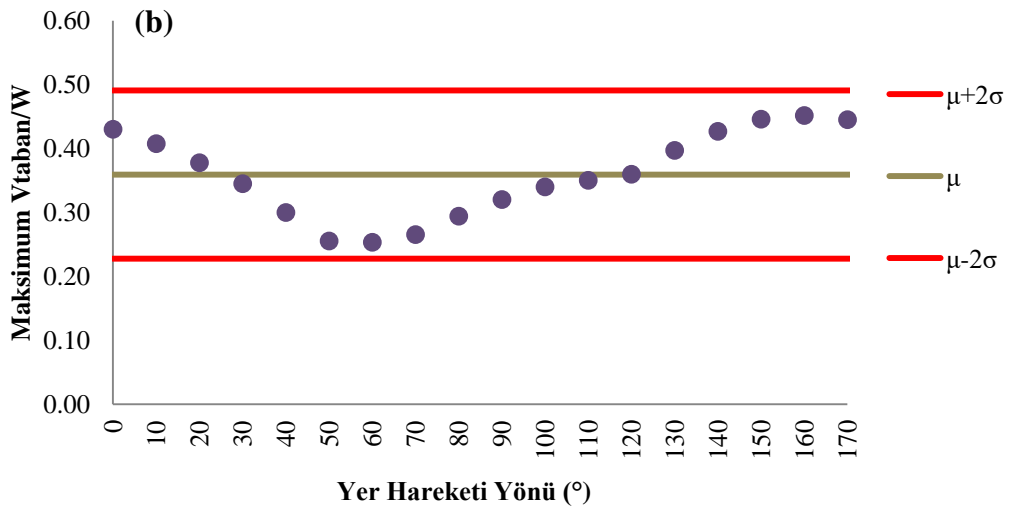
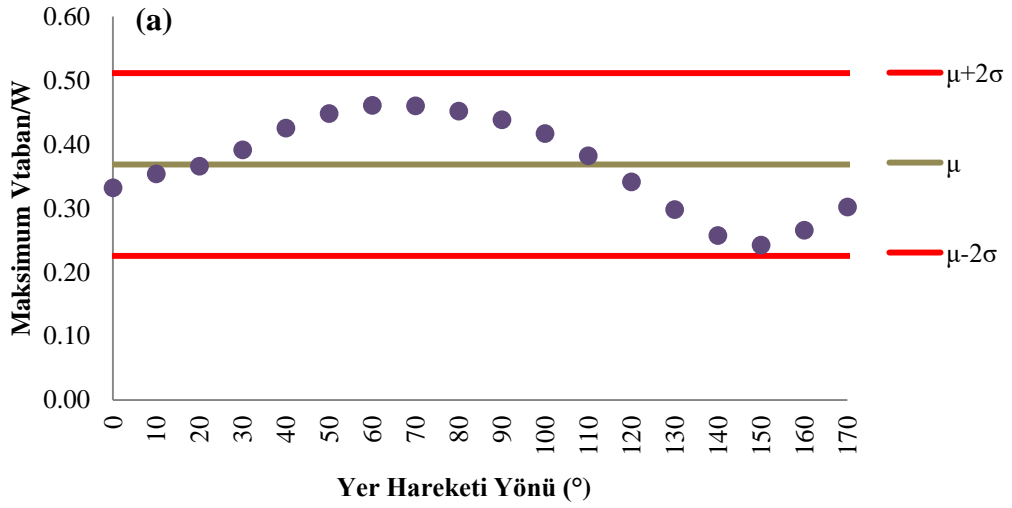


Şekil H.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

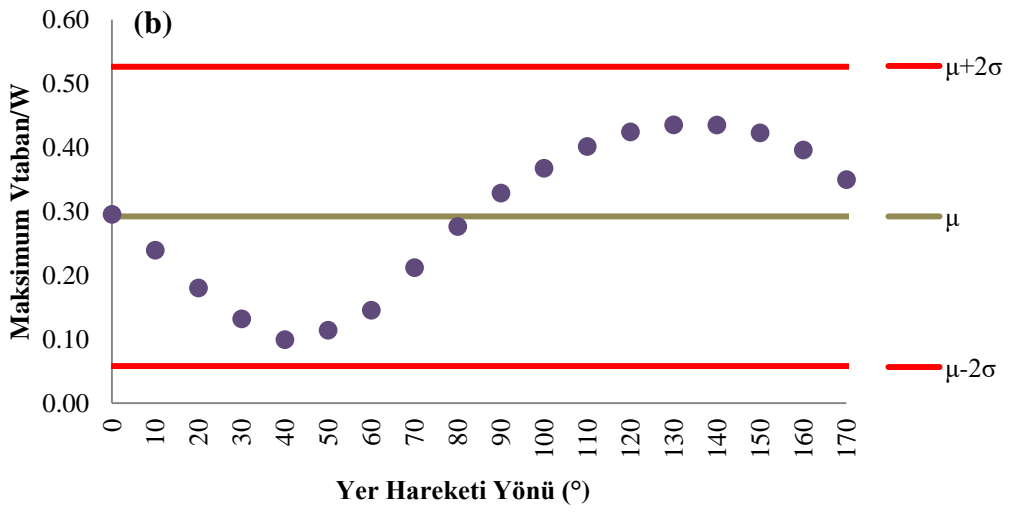
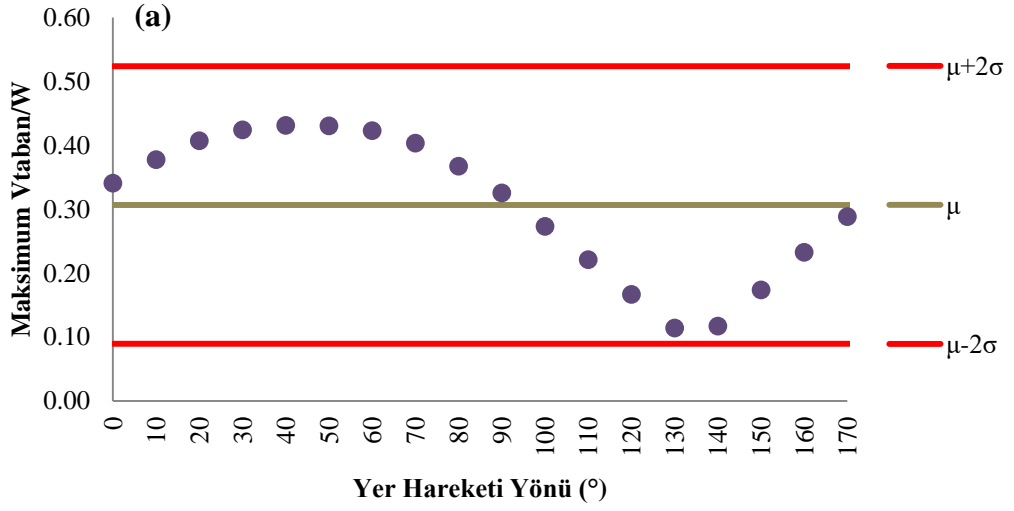




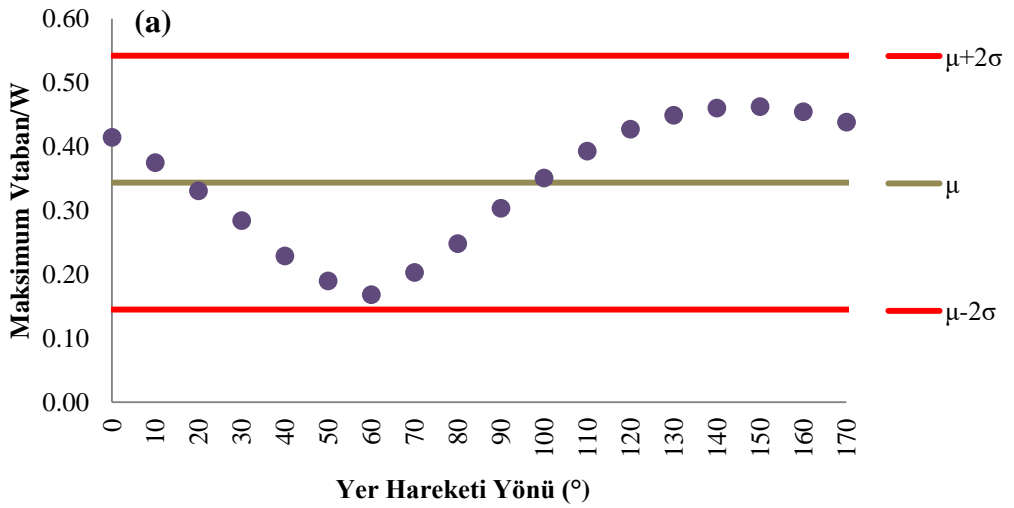
Şekil H.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

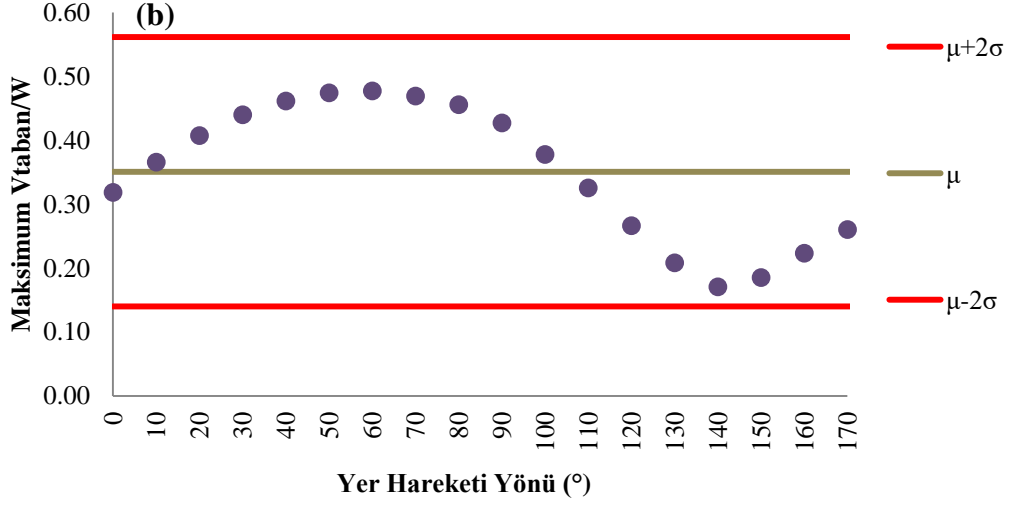


Şekil H.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

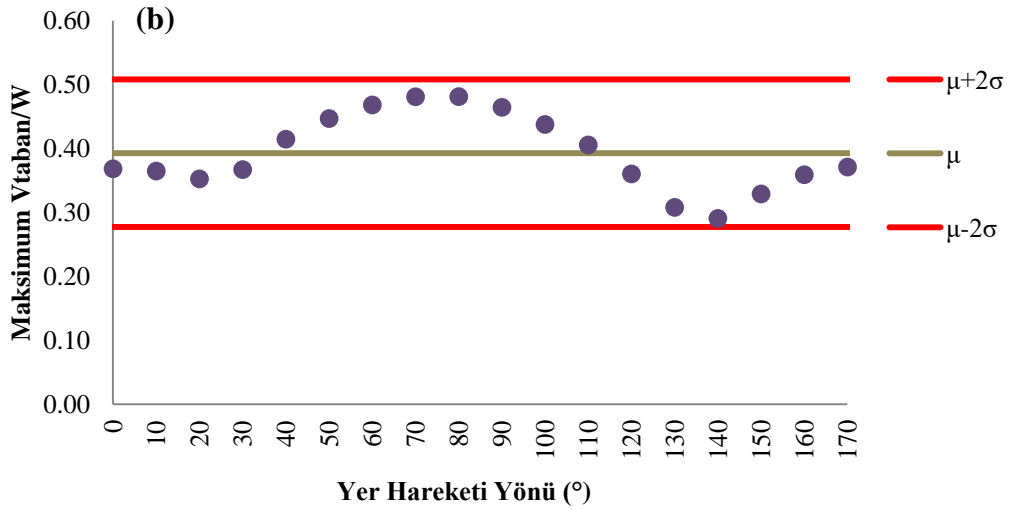
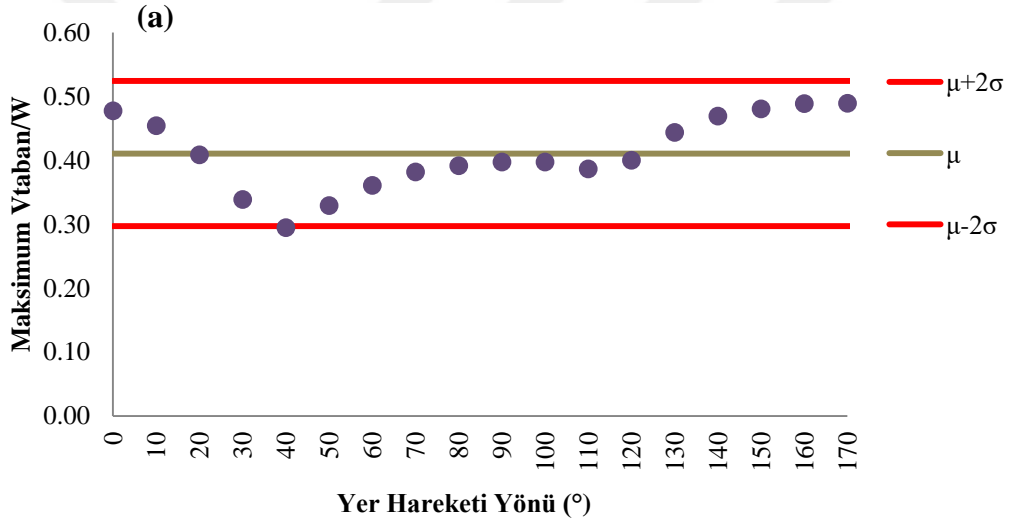


Şekil H.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

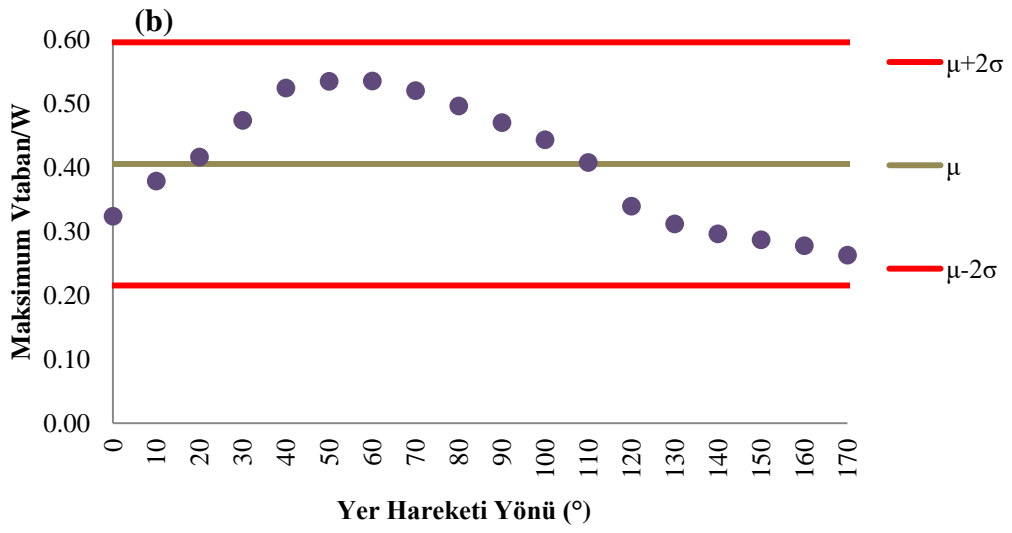
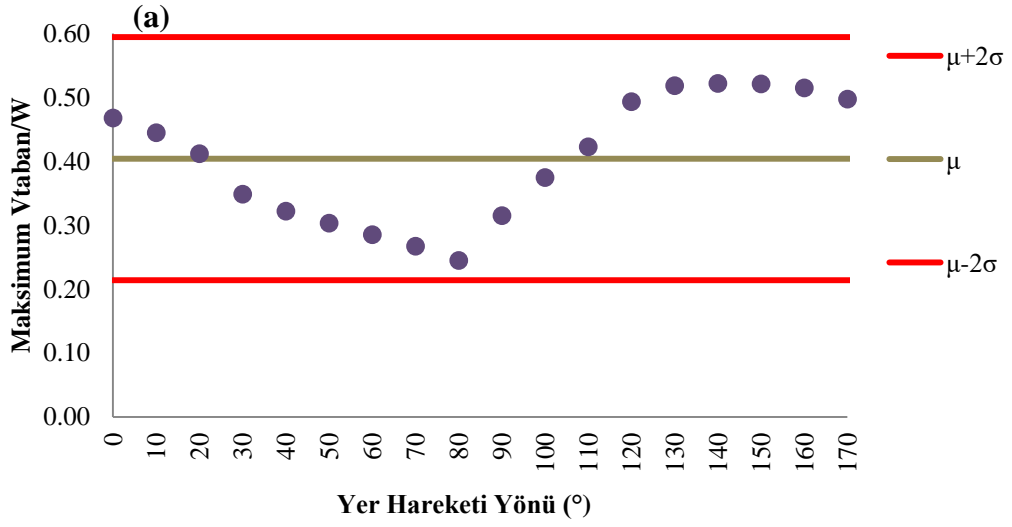




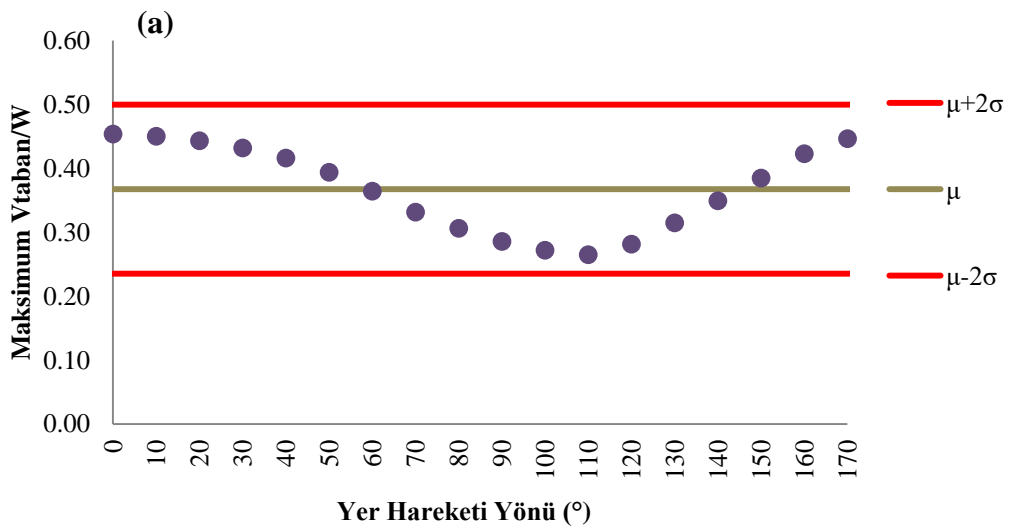
Şekil H.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

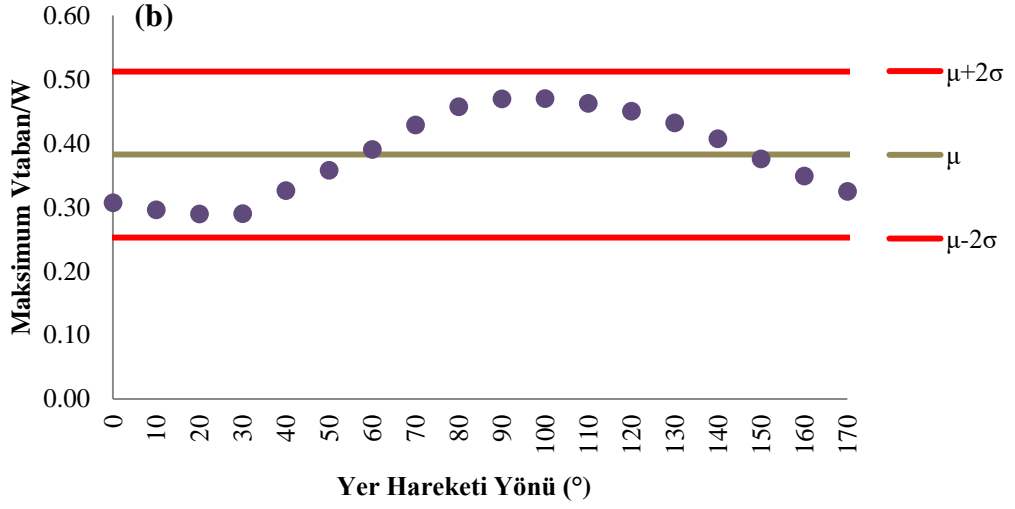


Şekil H.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

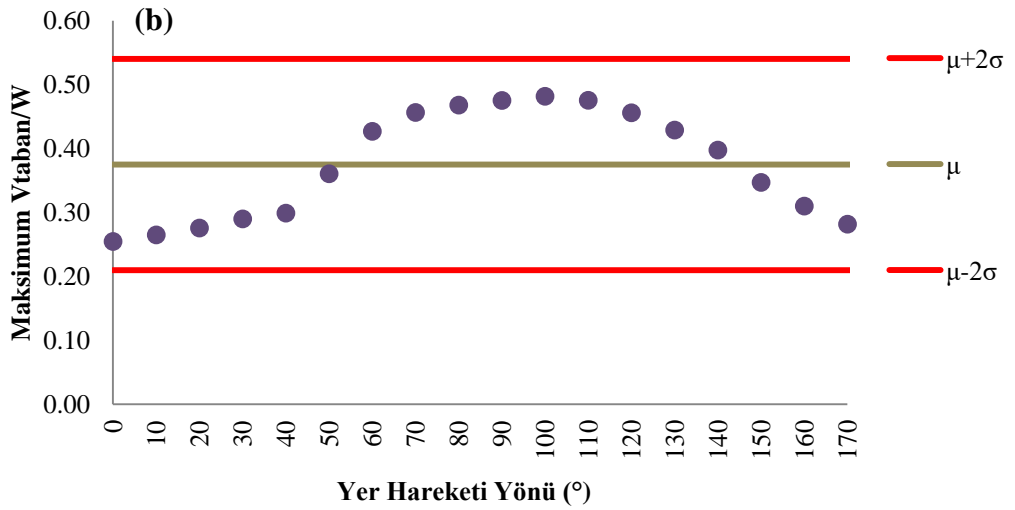
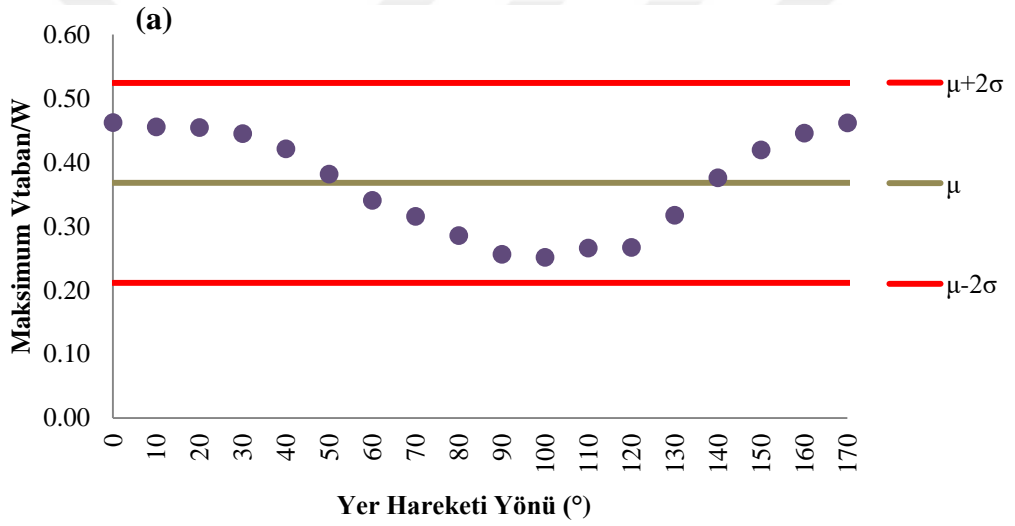


Şekil H.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

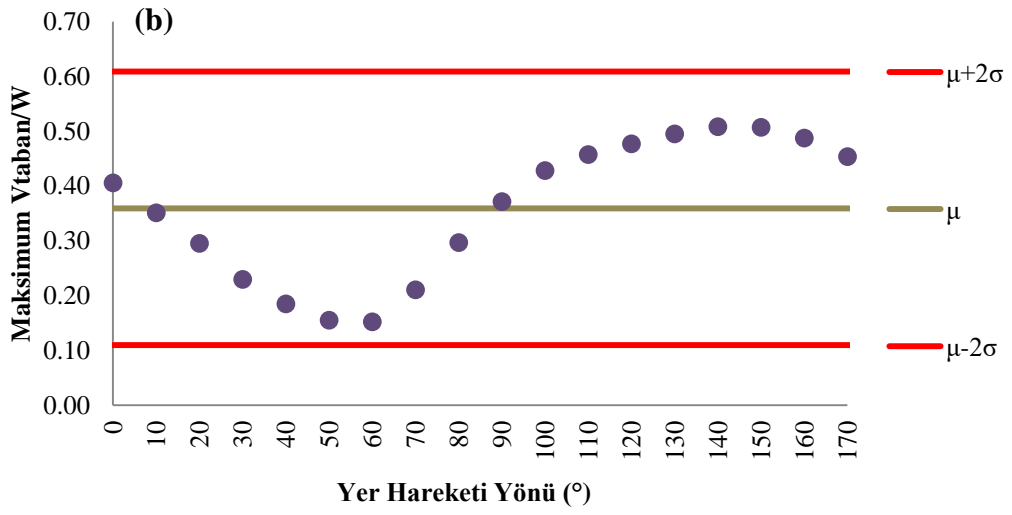
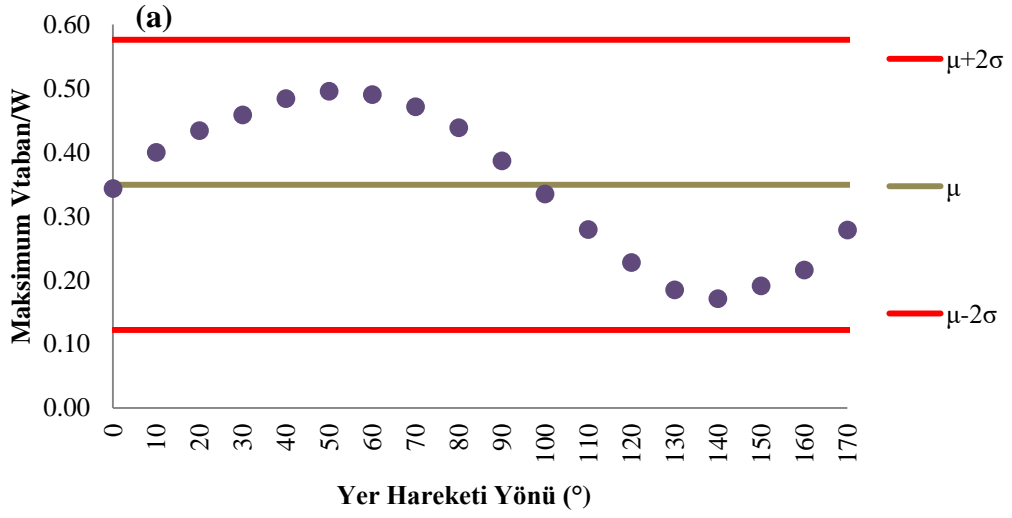




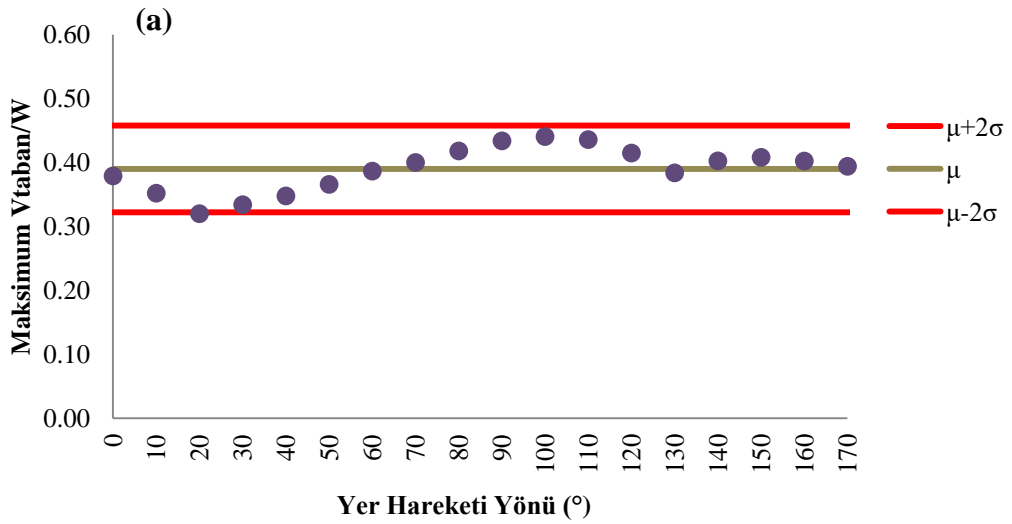
Şekil H.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

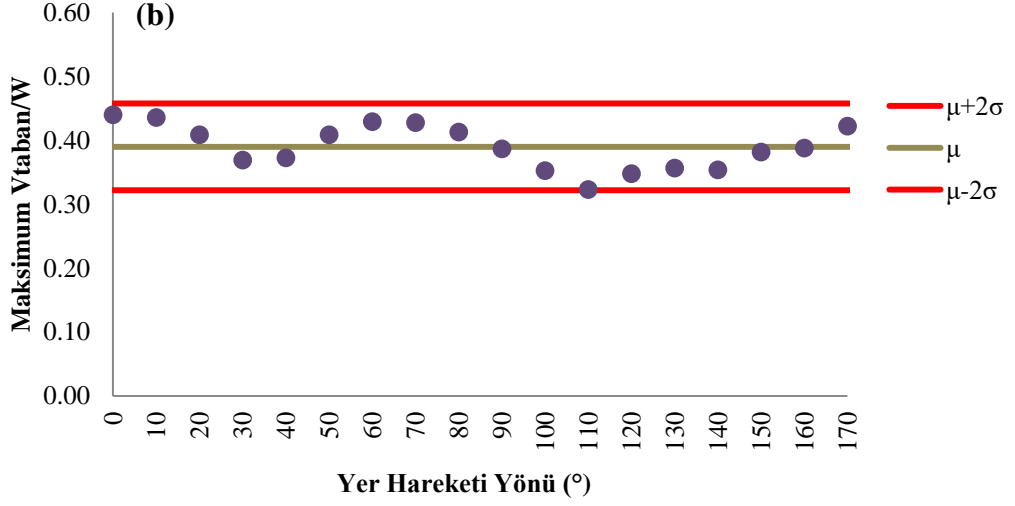


Şekil H.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

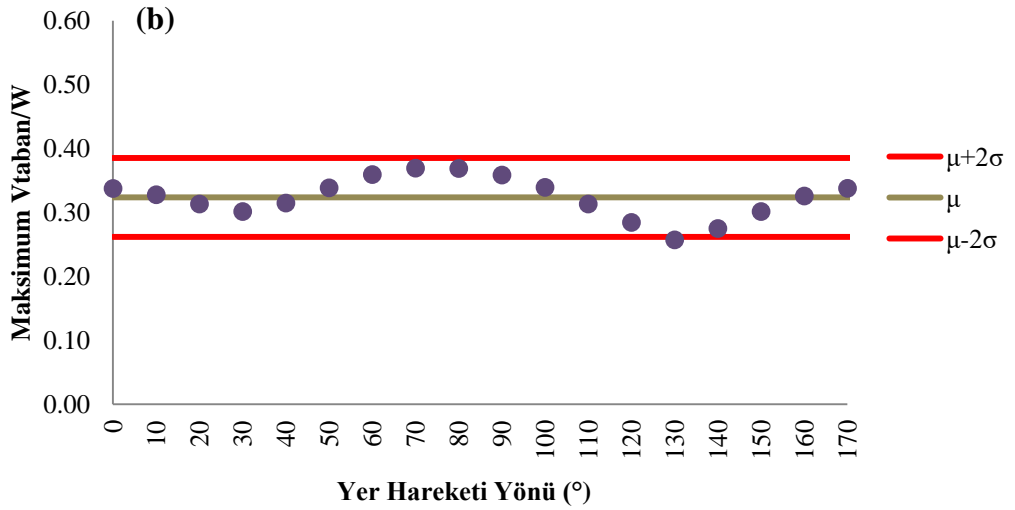
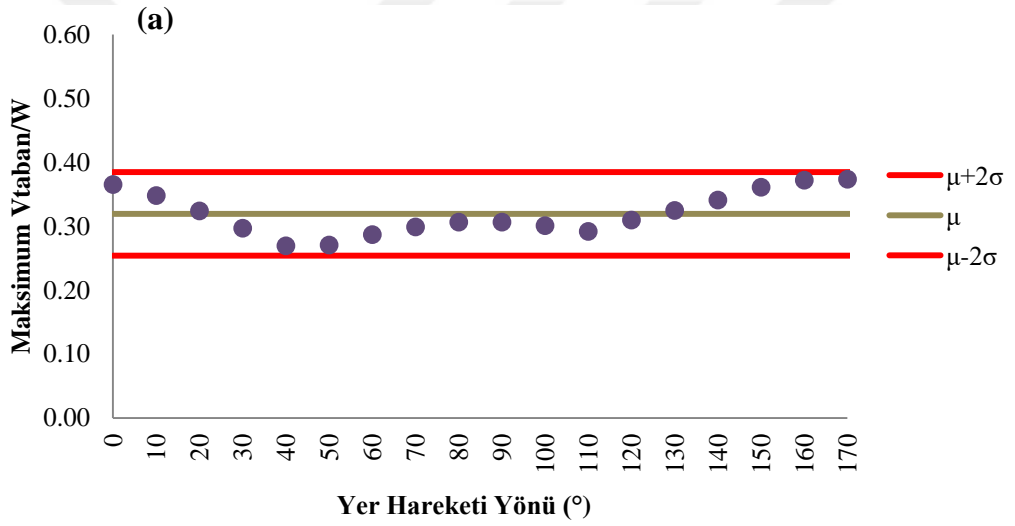


Şekil H.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

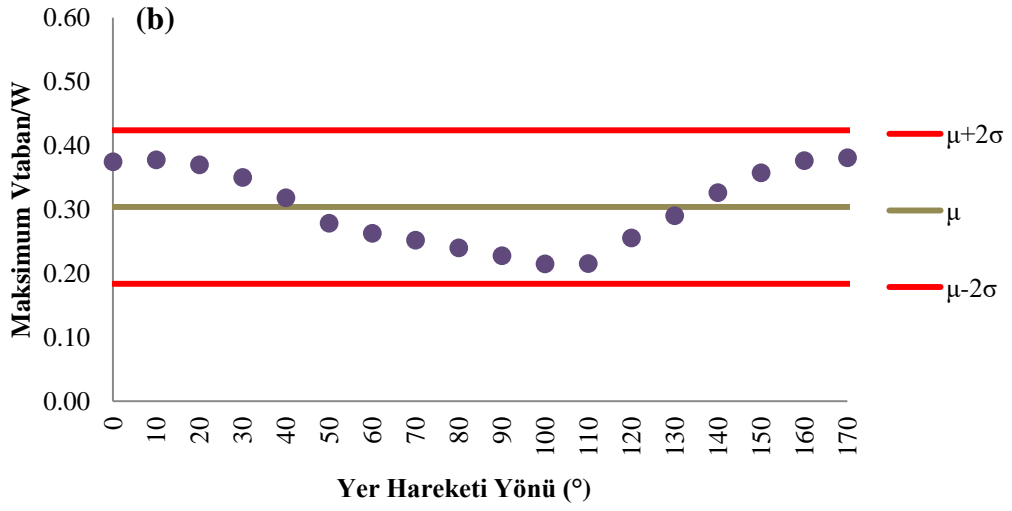
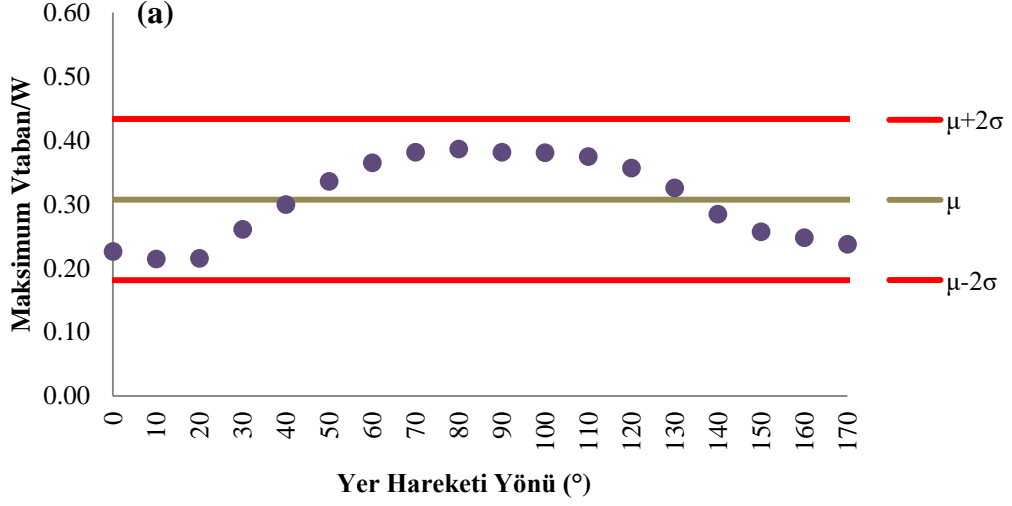




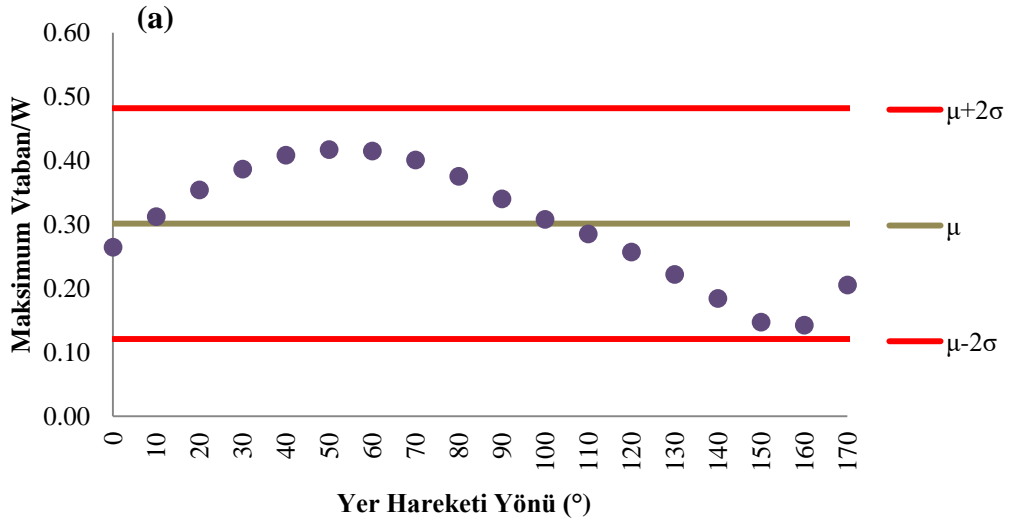
Şekil H.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

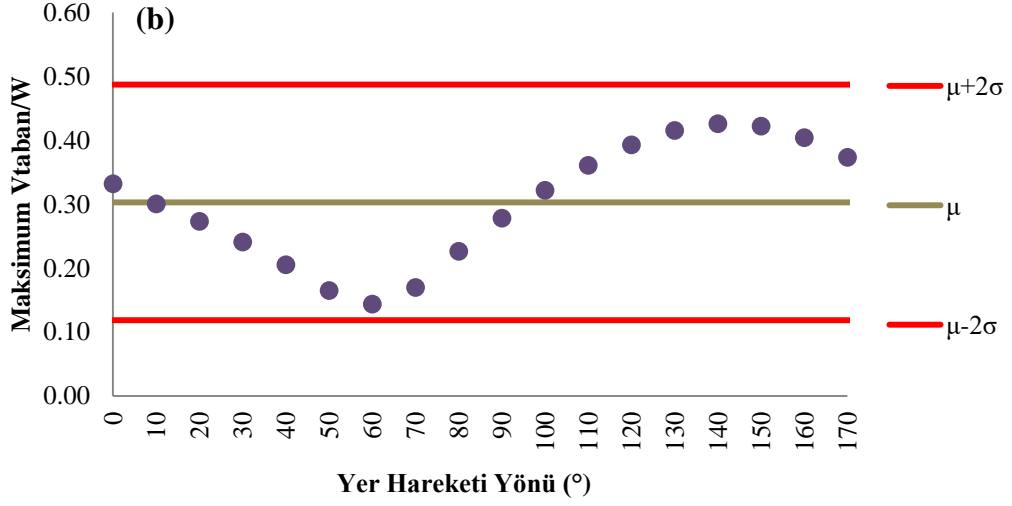


Şekil H.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

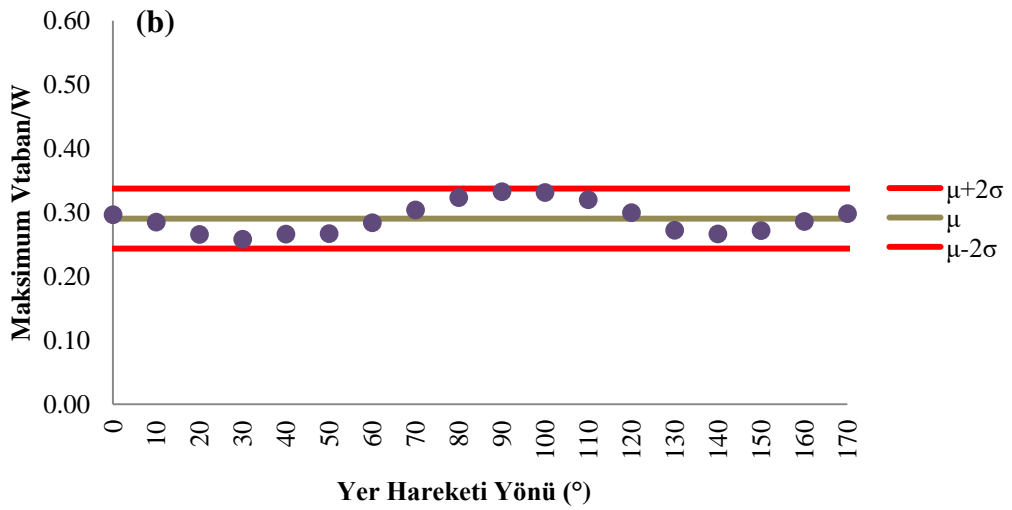
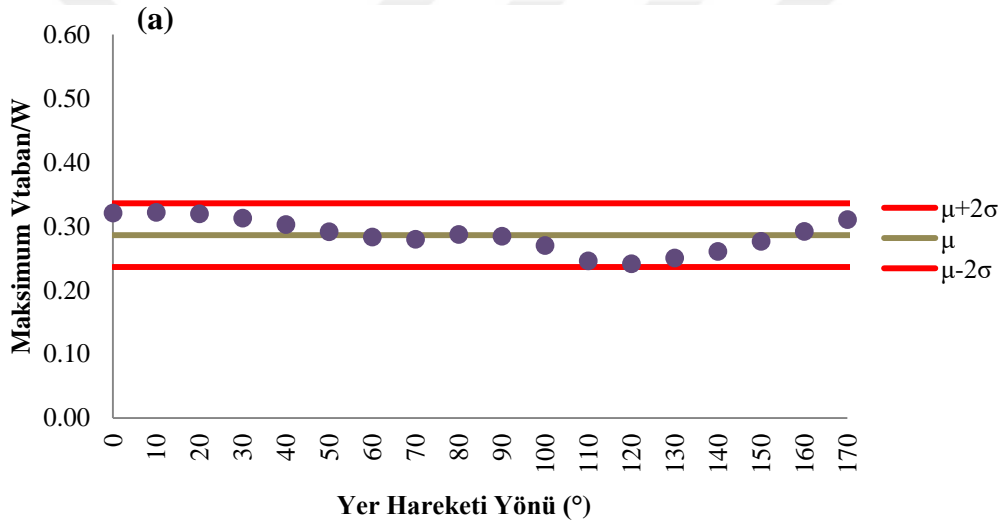


Şekil H.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

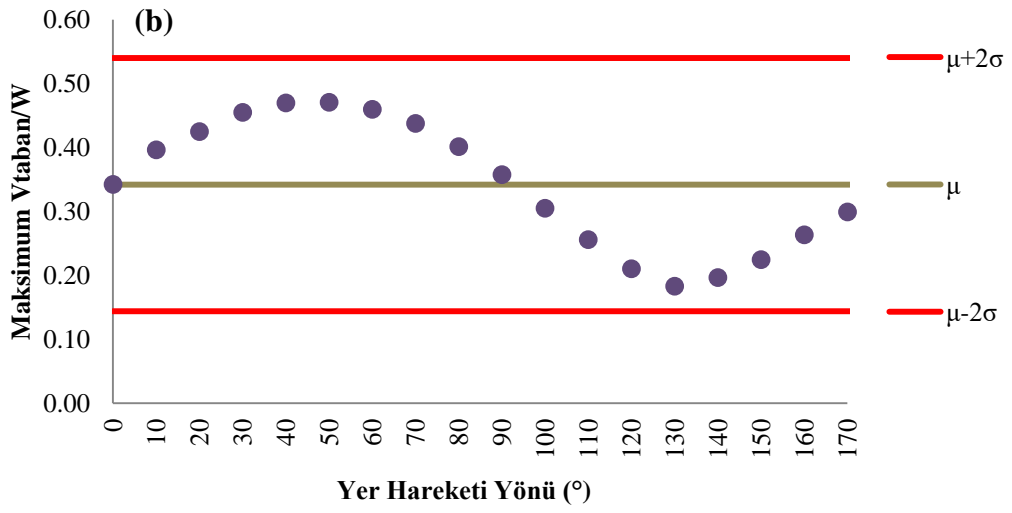
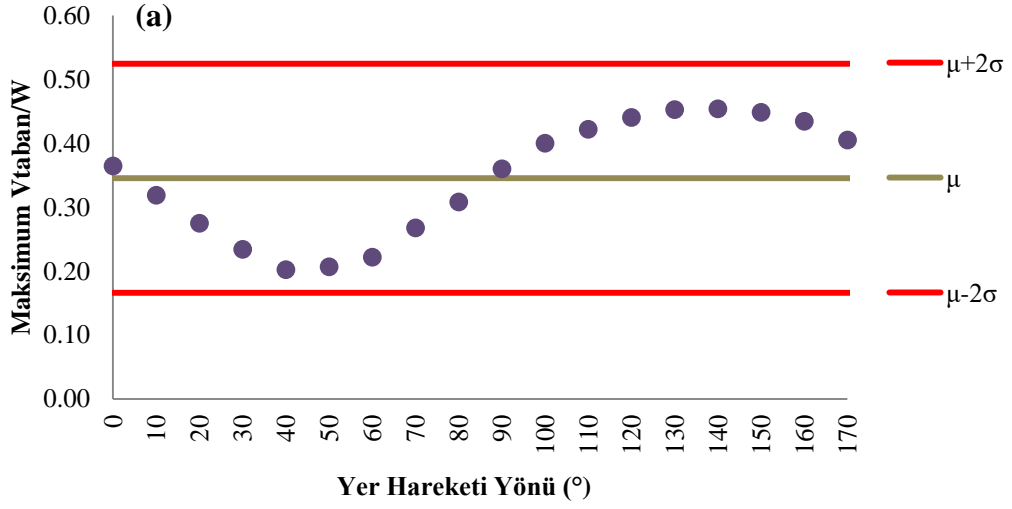




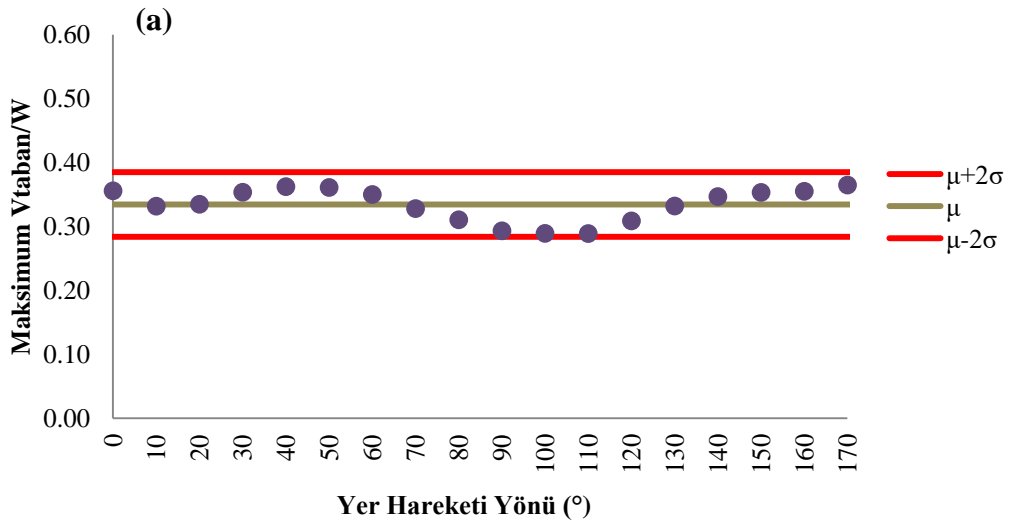
Şekil H.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

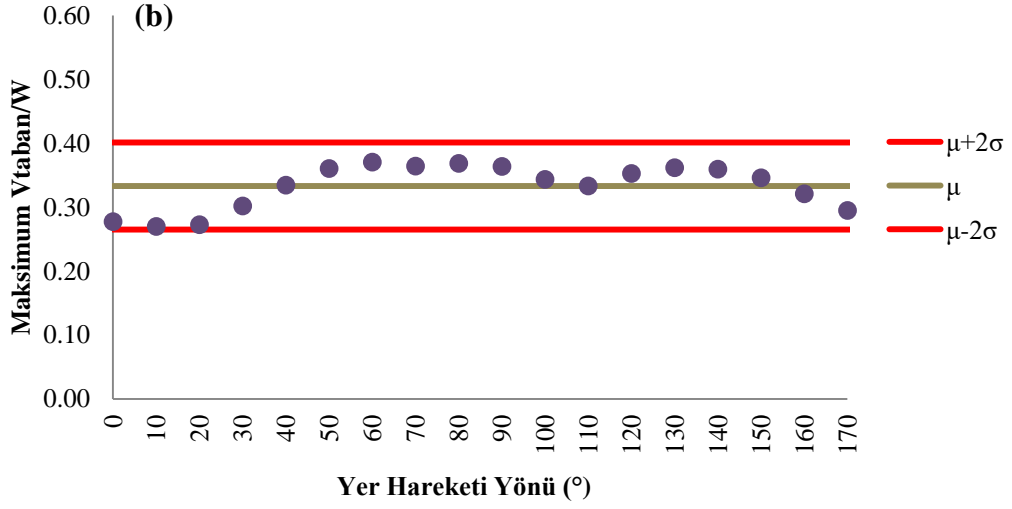


Şekil H.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

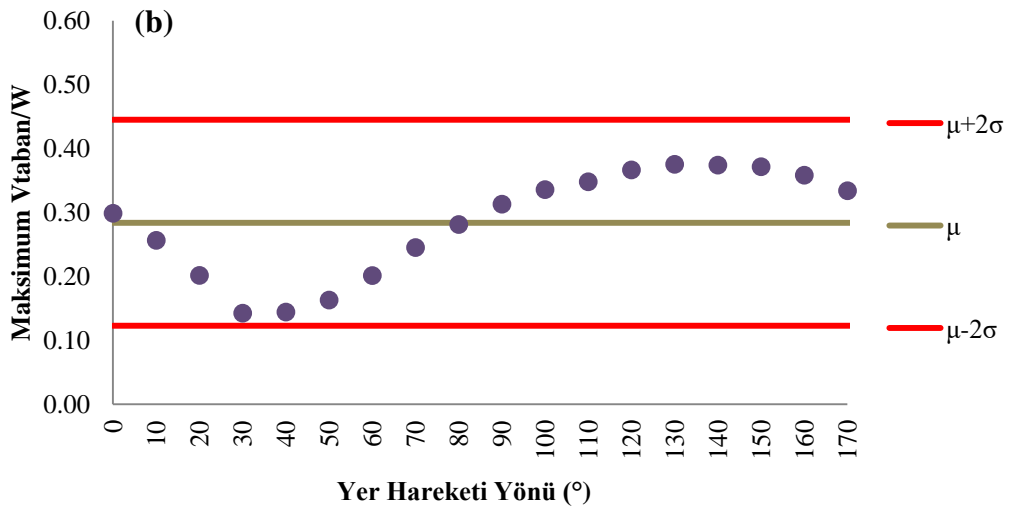
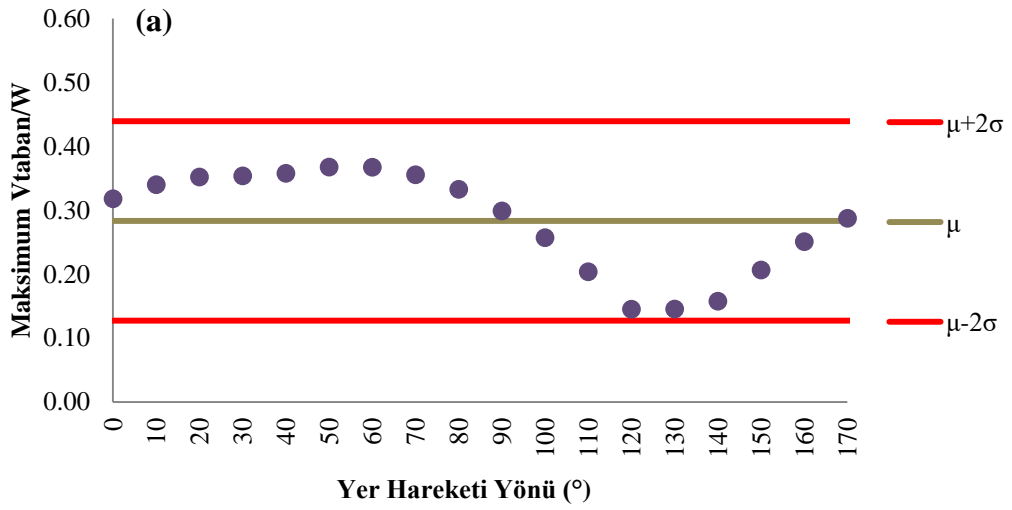


Şekil H.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

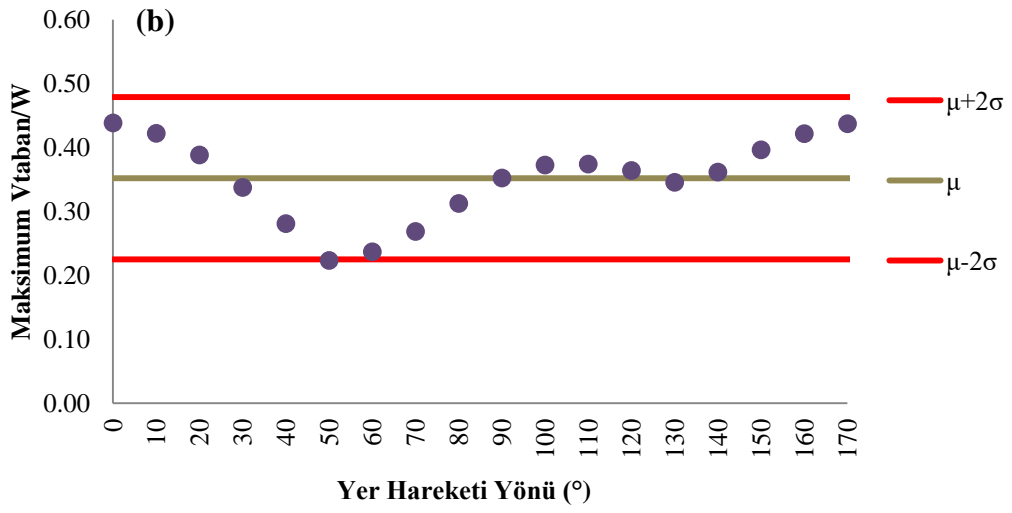
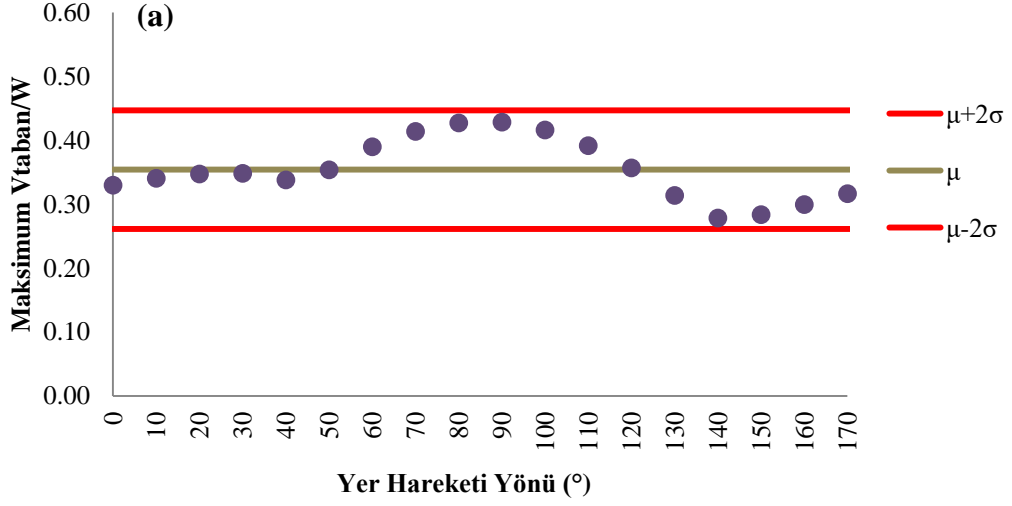




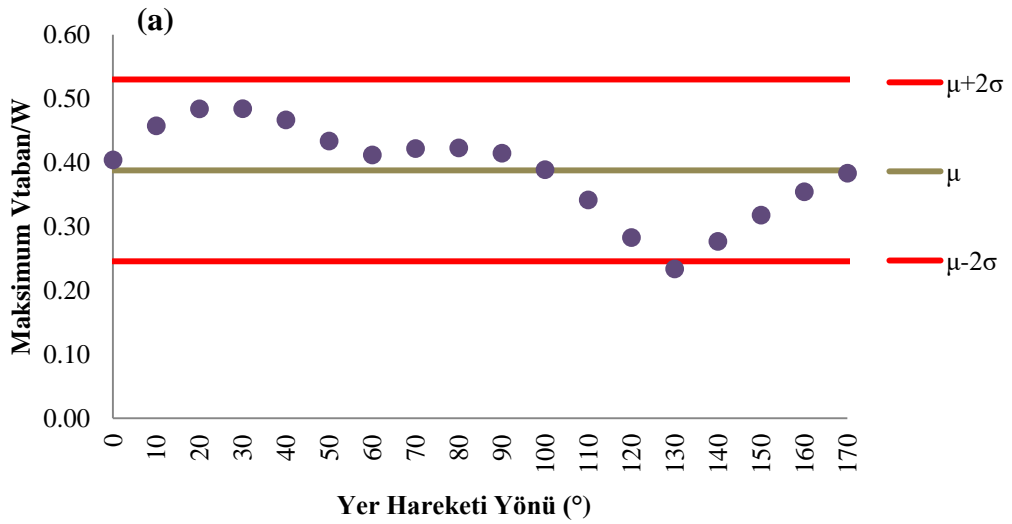
Şekil H.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

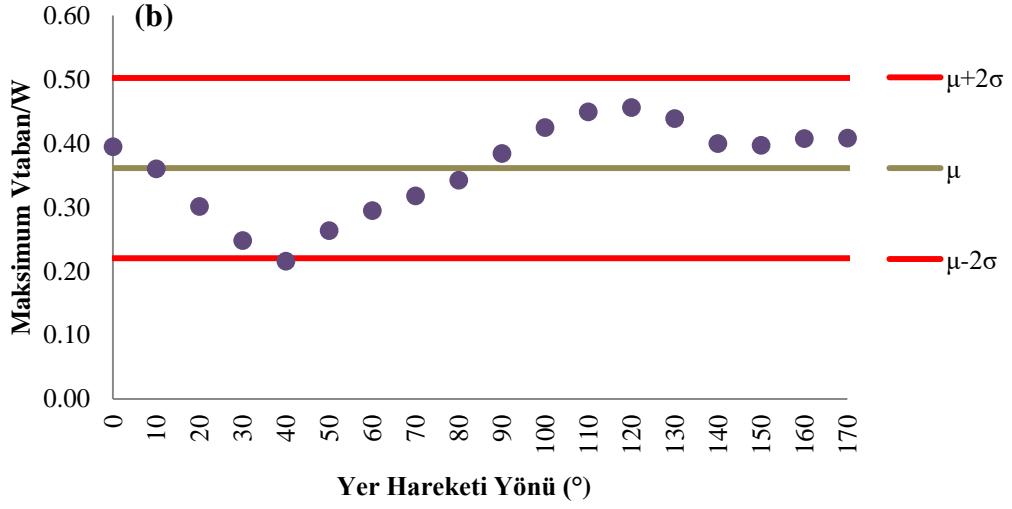


Şekil H.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

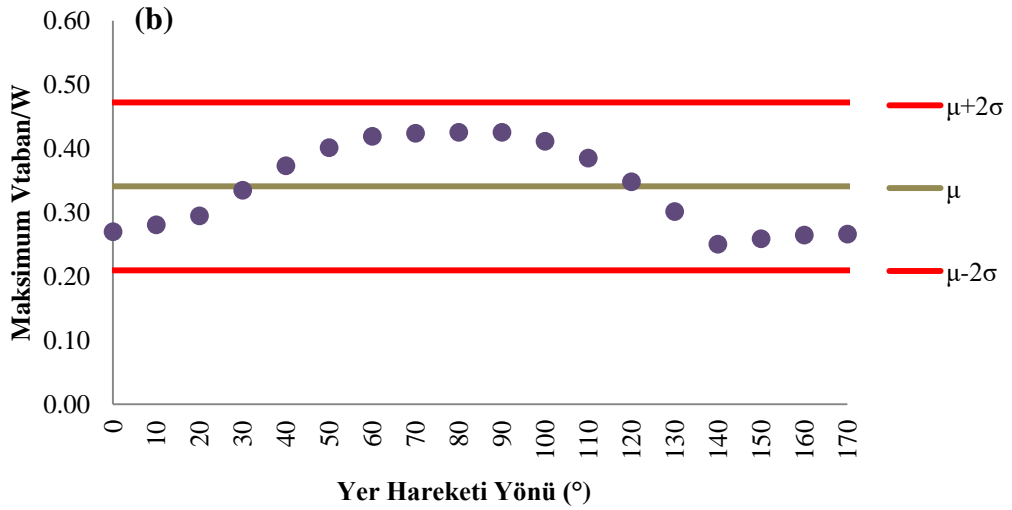
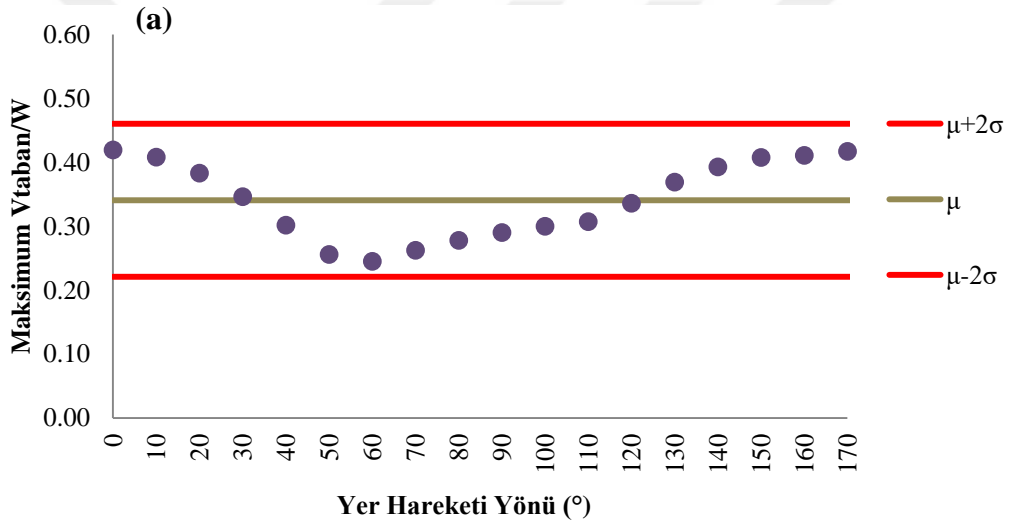


Şekil H.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.





Şekil H.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

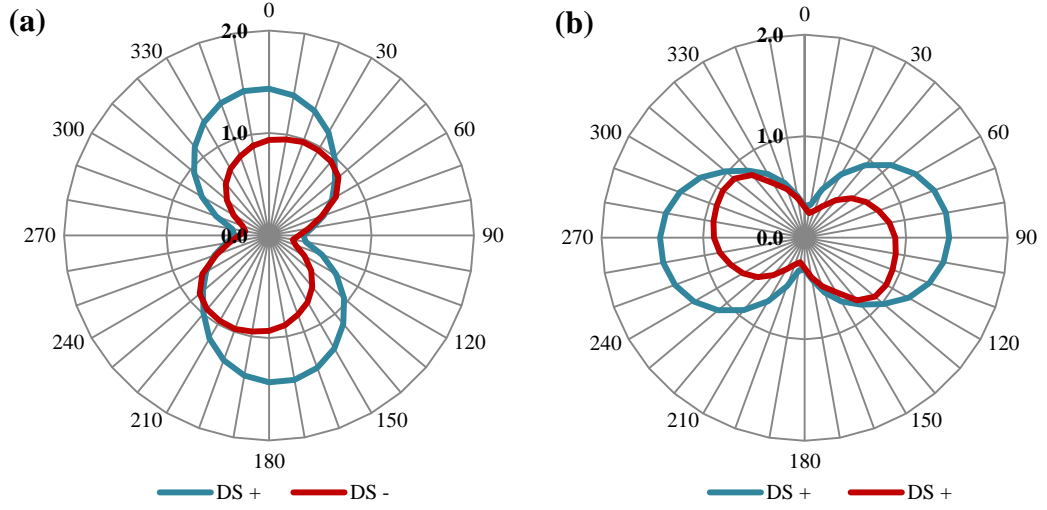


Şekil H.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

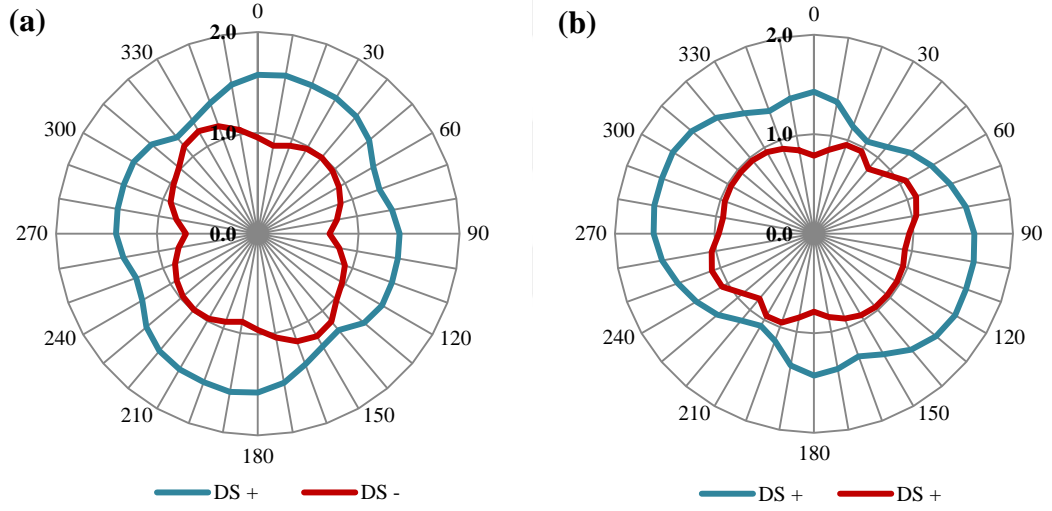
EK I: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 1: 50 yılda aşılma olasılığı %50 – Sıyrılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda görel kat ötelemesi talepleri.



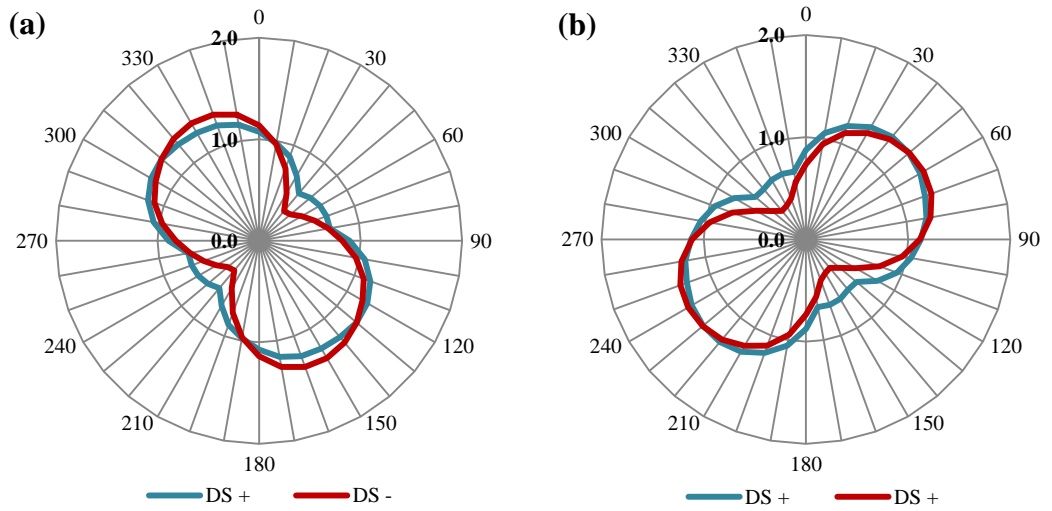
EK-I



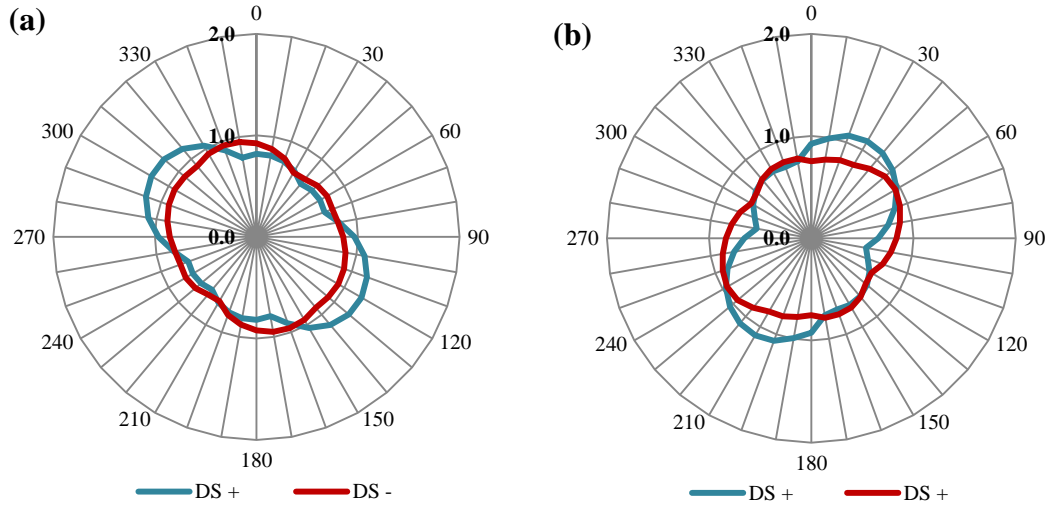
Şekil I.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



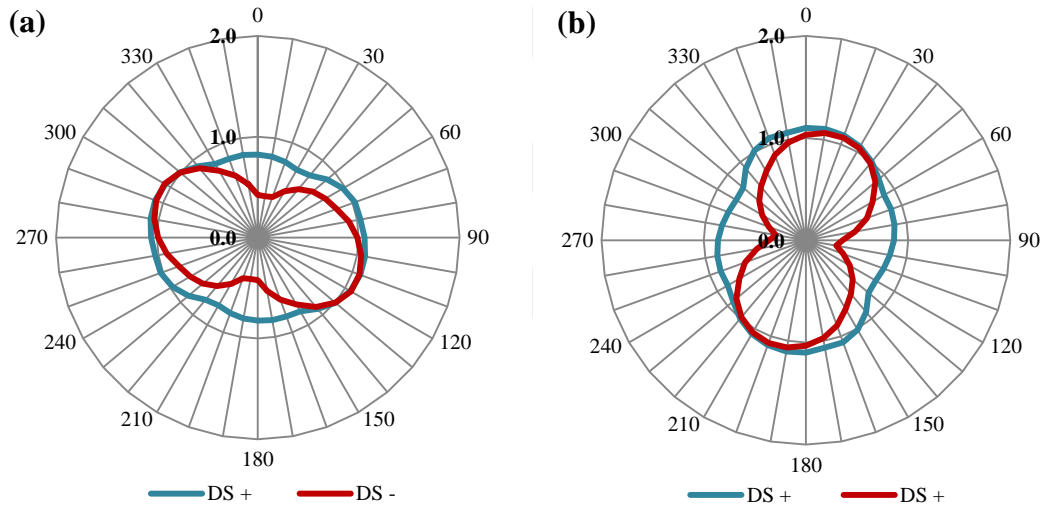
Şekil I.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



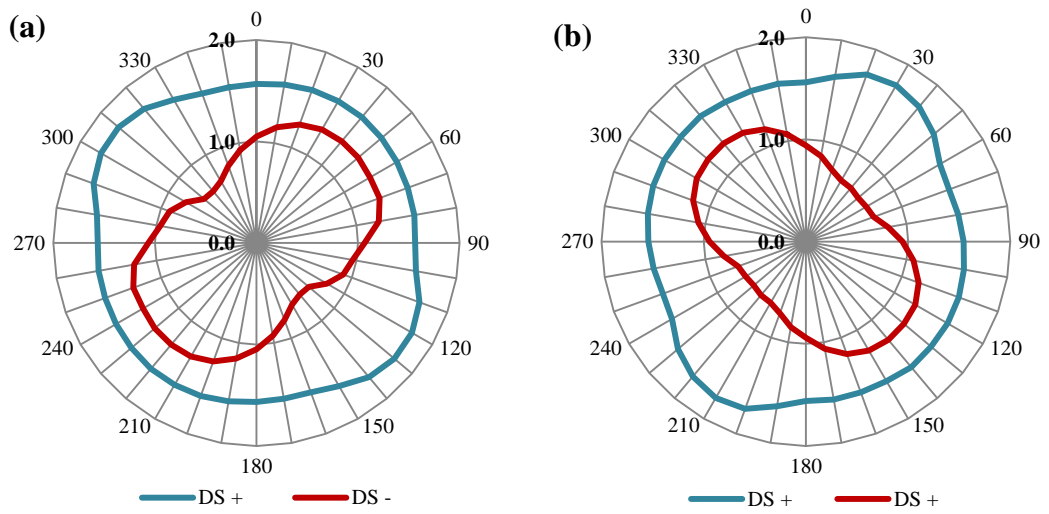
Şekil I.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



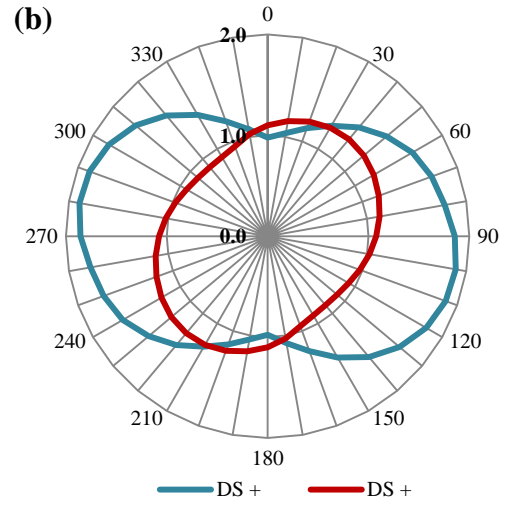
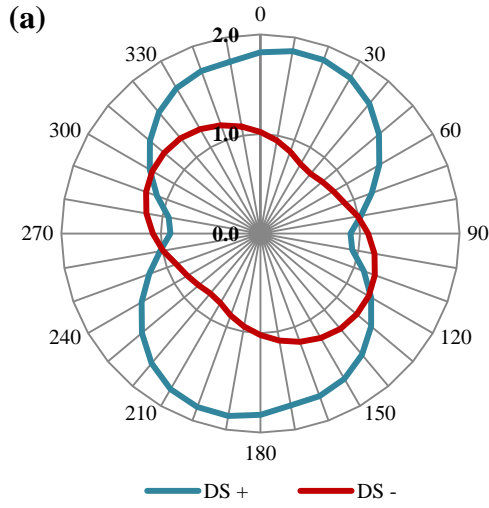
Şekil I.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



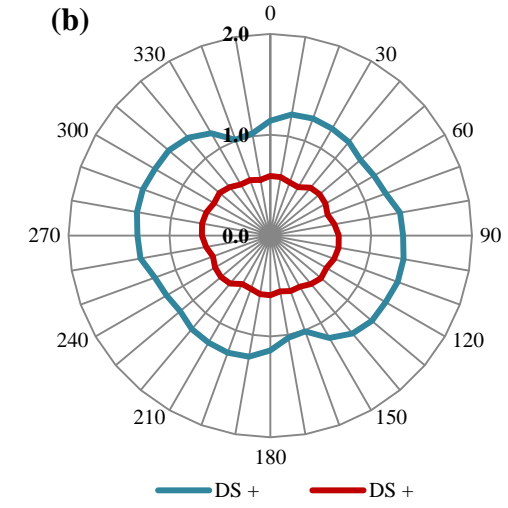
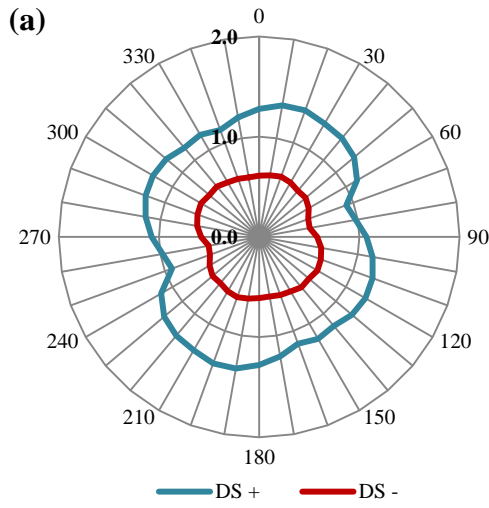
Şekil I.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



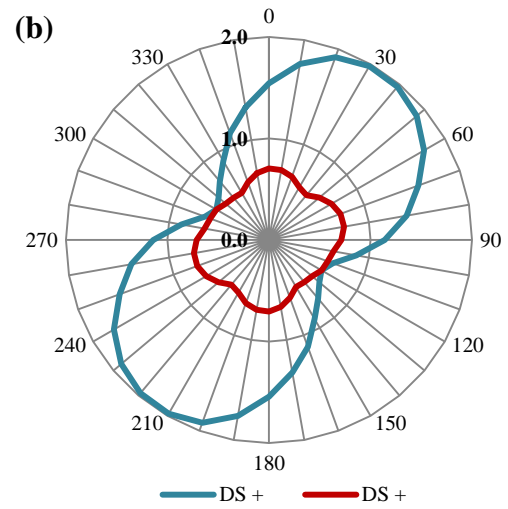
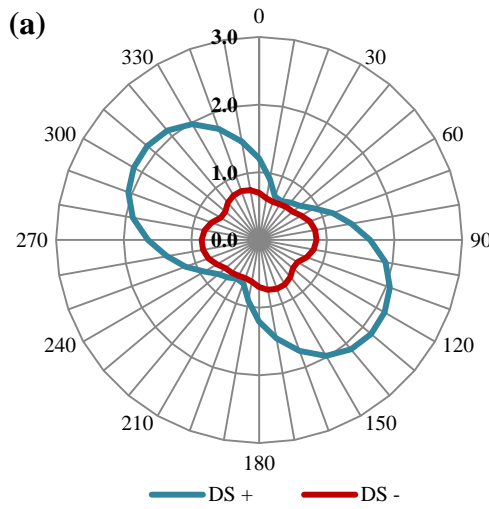
Şekil I.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



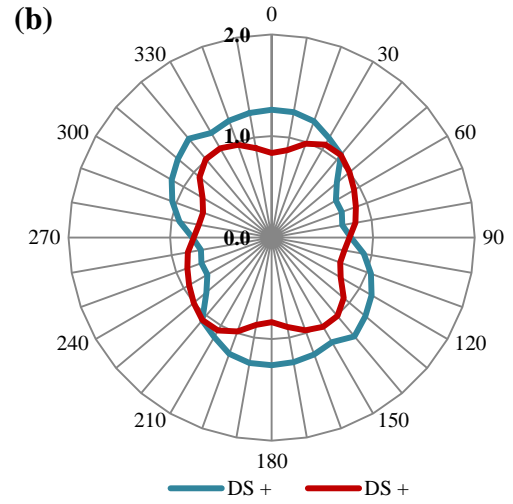
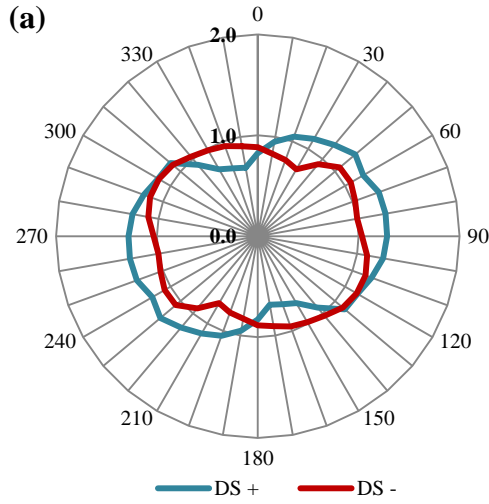
Şekil I.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



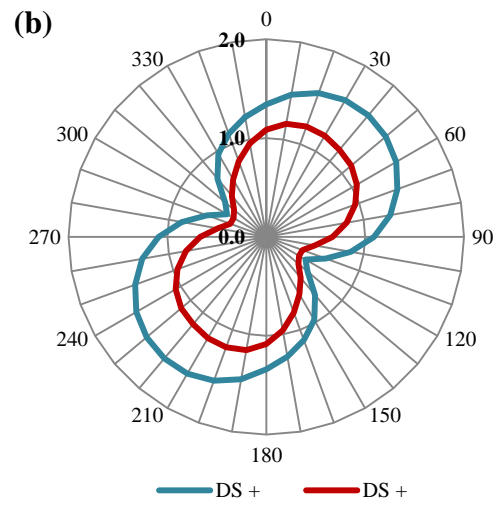
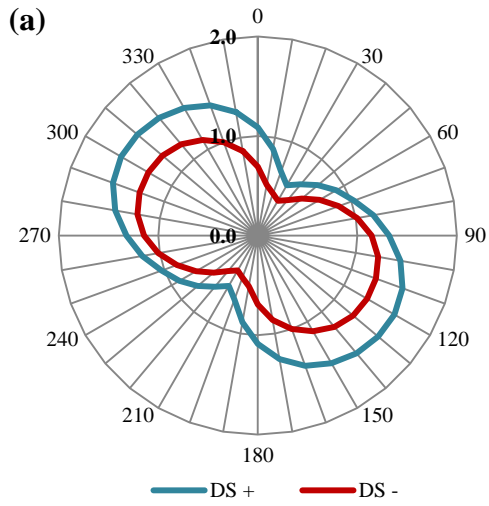
Şekil I.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



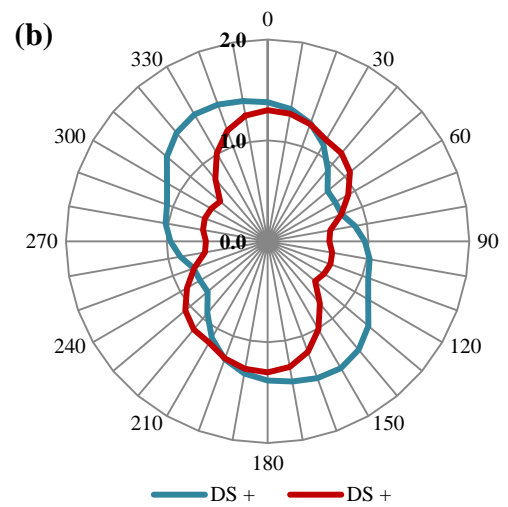
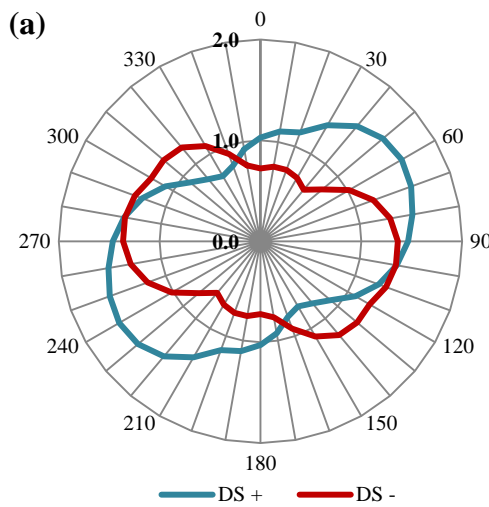
Şekil I.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



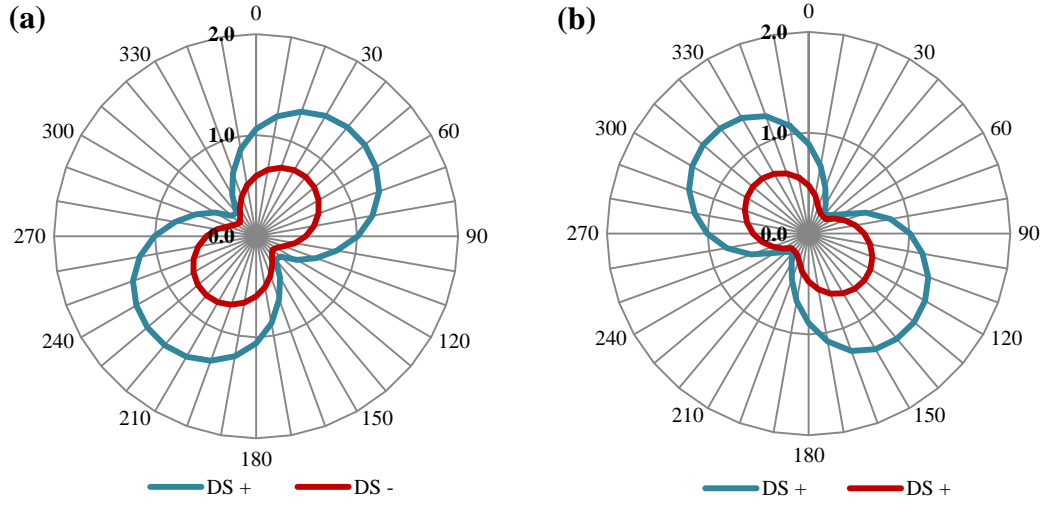
Şekil I.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



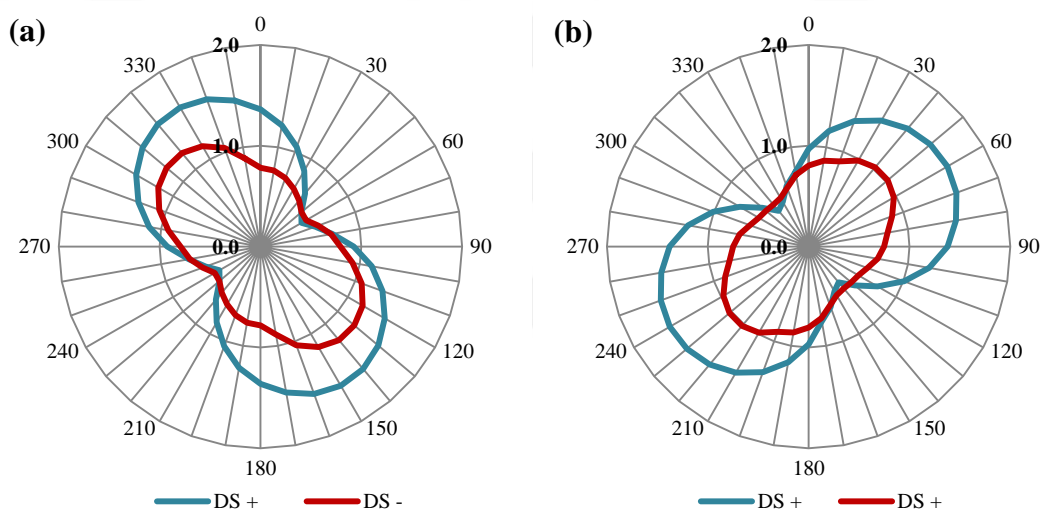
Şekil I.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



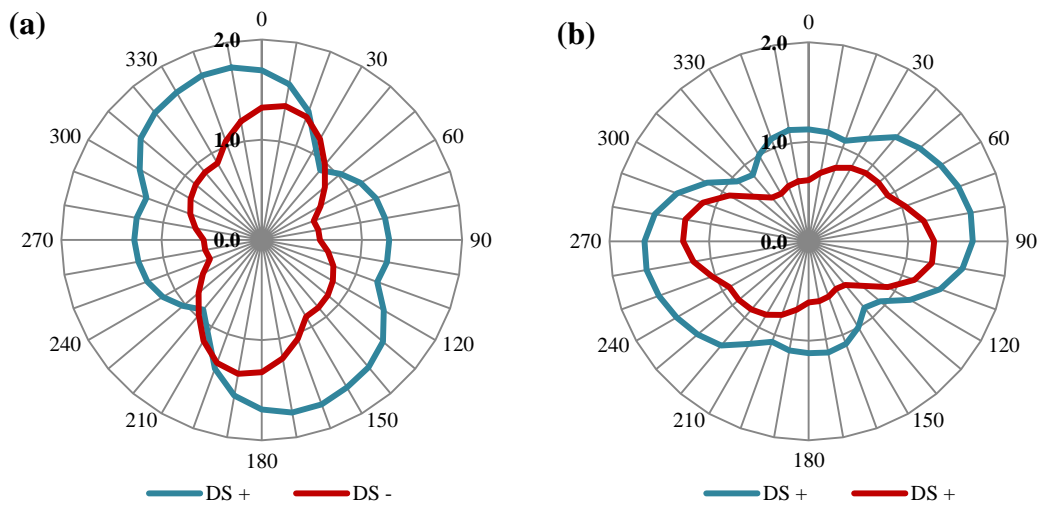
Şekil I.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



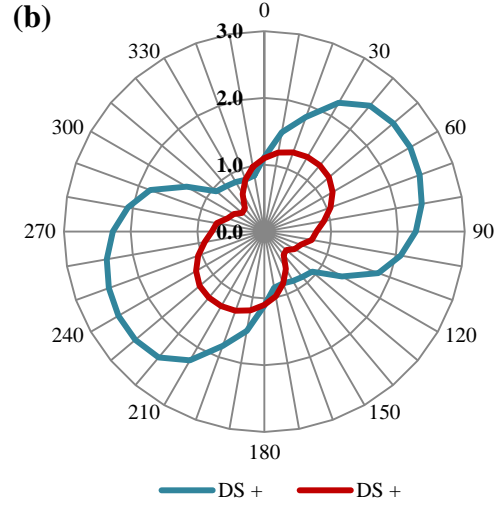
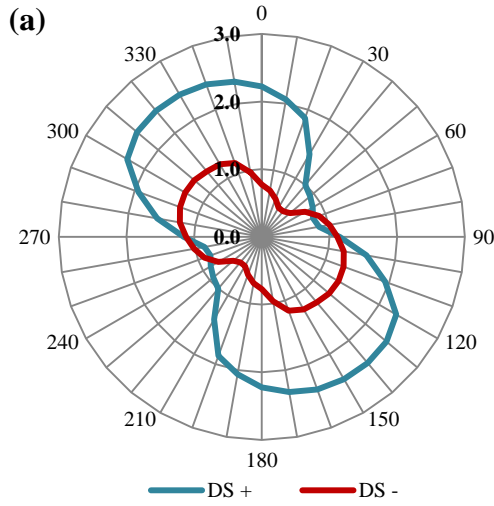
Şekil I.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



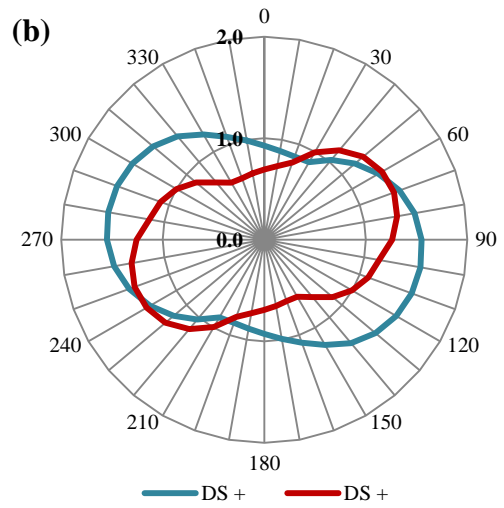
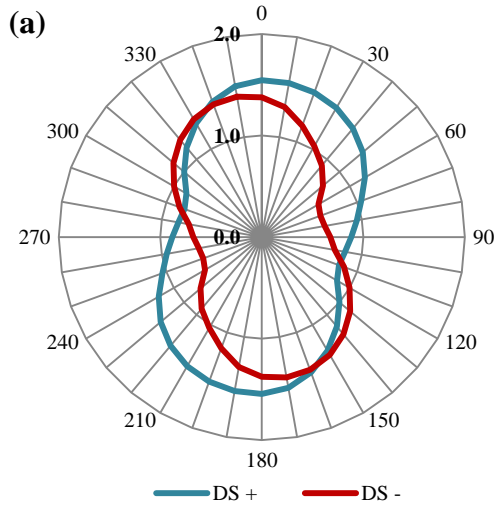
Şekil I.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



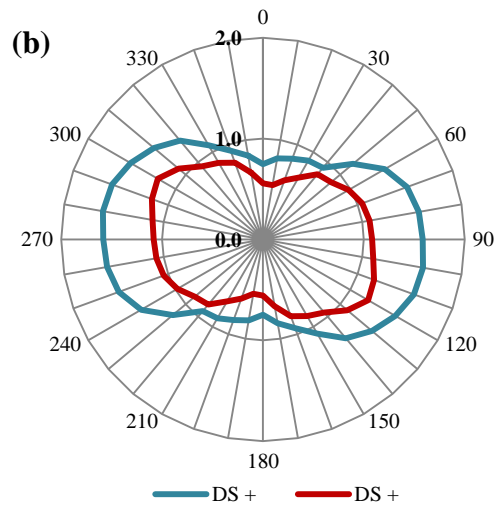
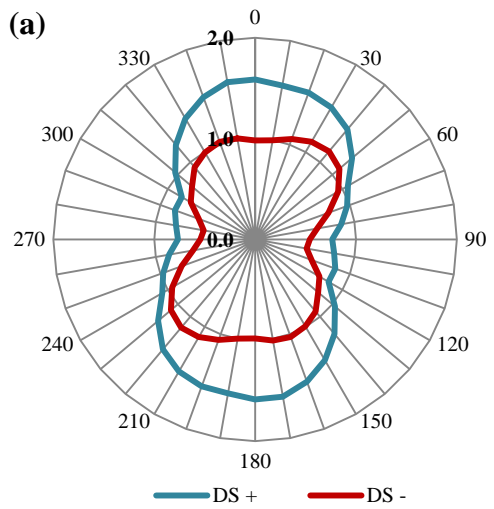
Şekil I.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



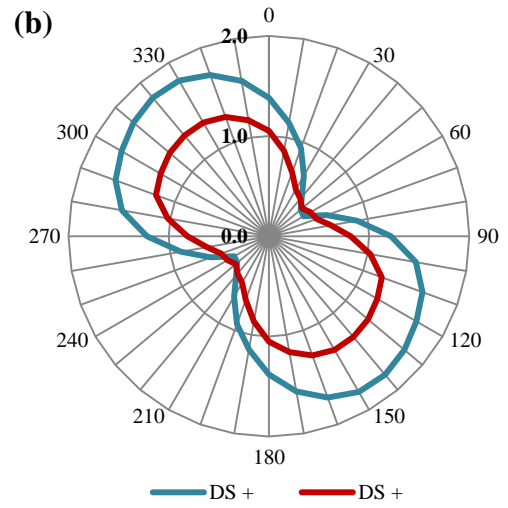
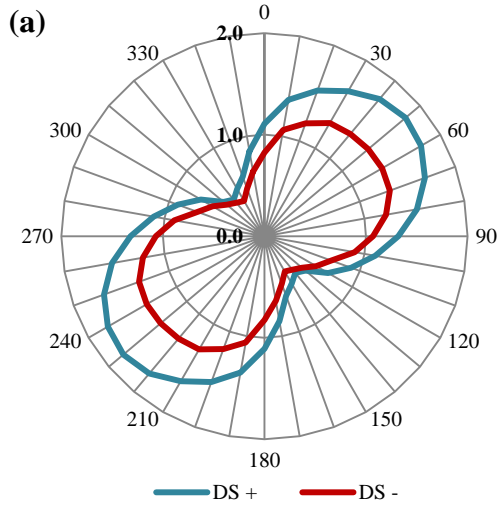
Şekil I.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



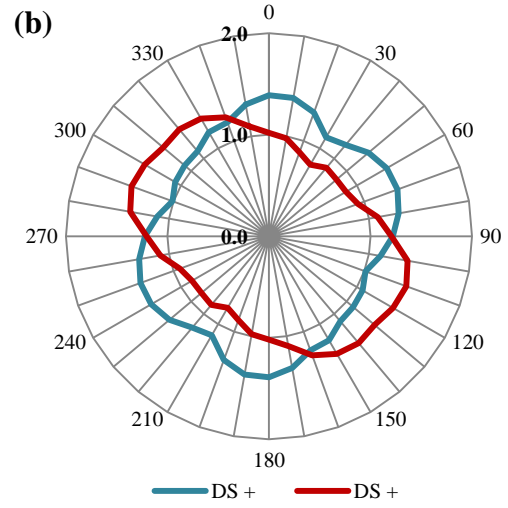
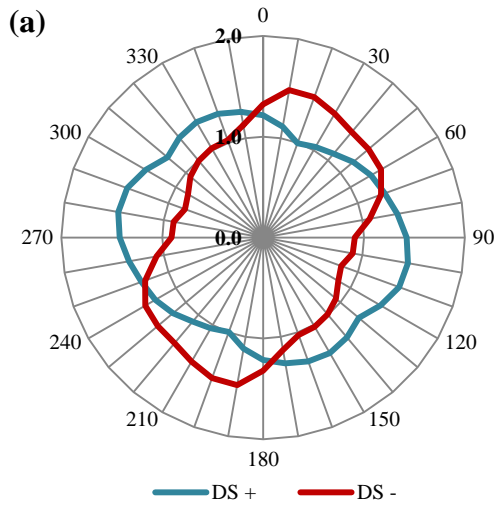
Şekil I.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



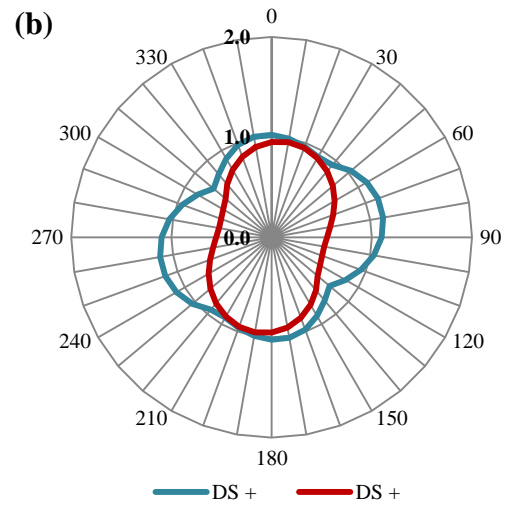
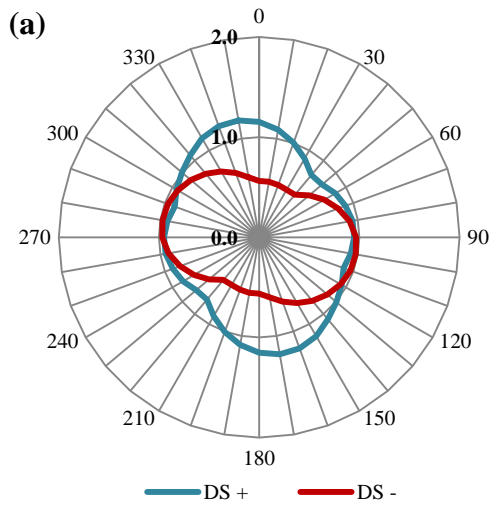
Şekil I.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



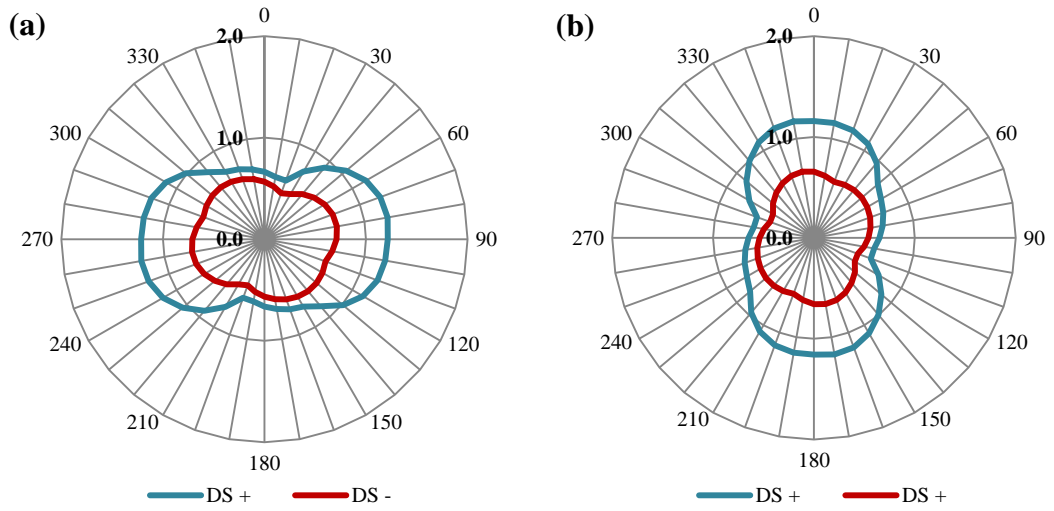
Şekil I.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



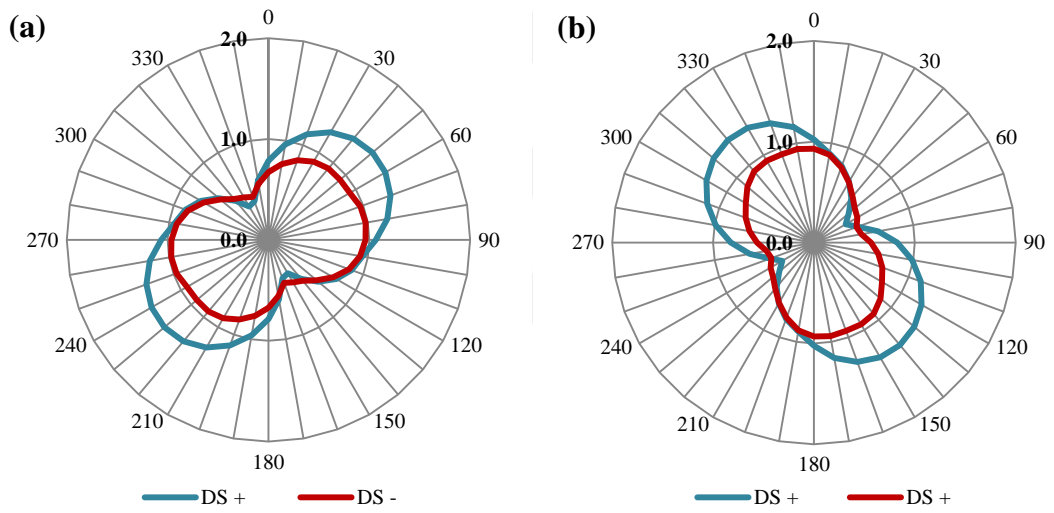
Şekil I.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



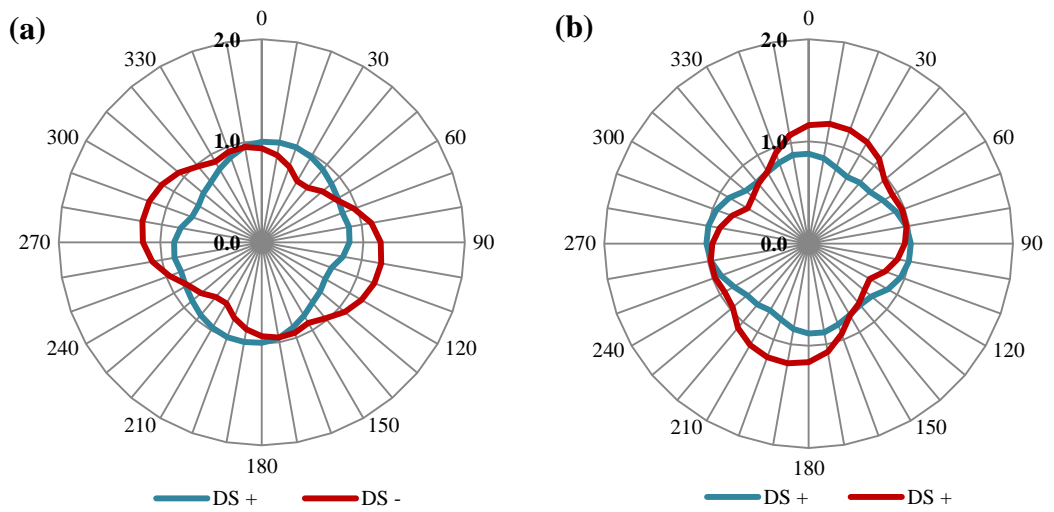
Şekil I.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



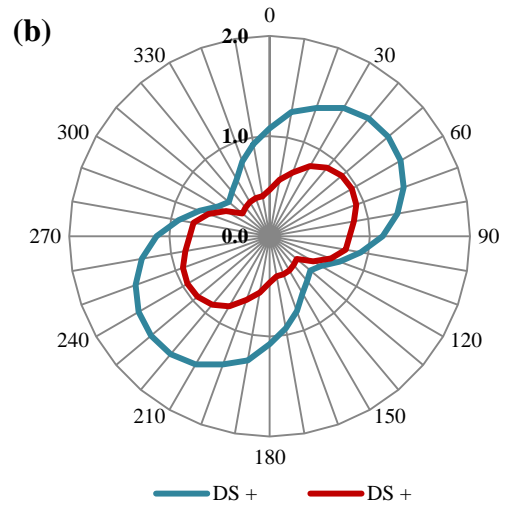
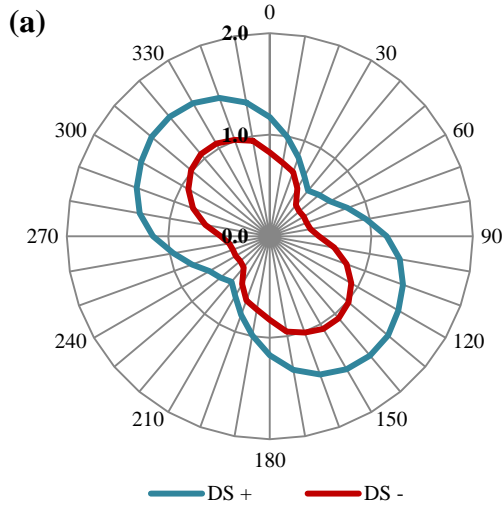
Şekil I.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



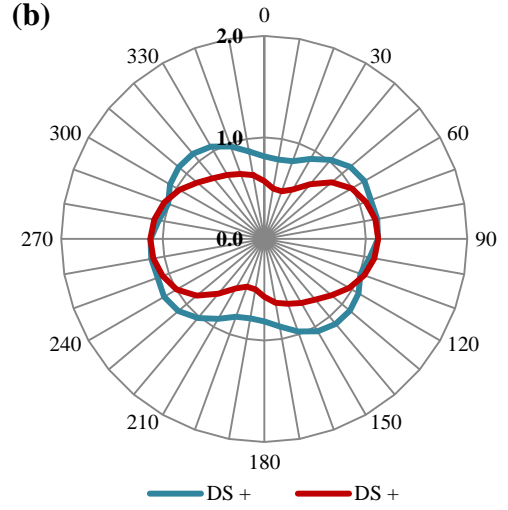
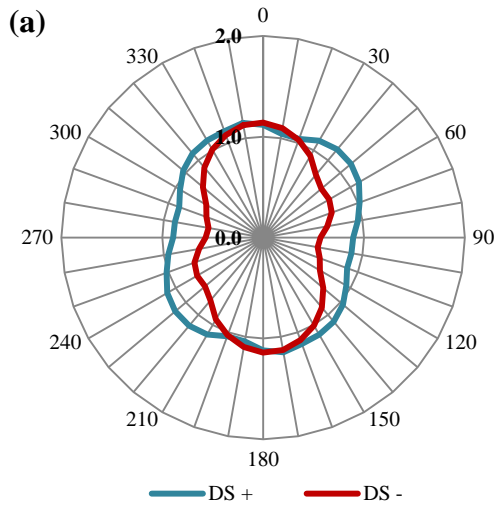
Şekil I.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



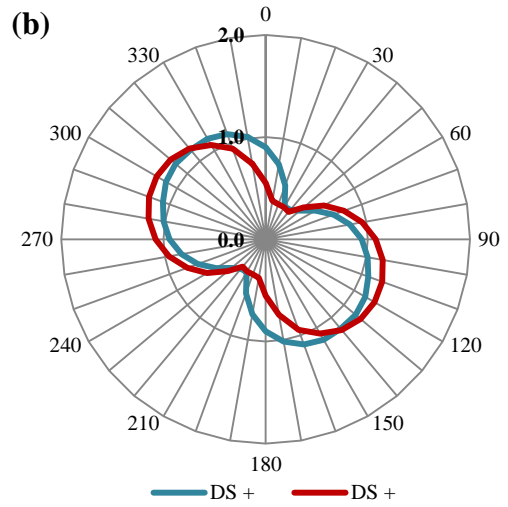
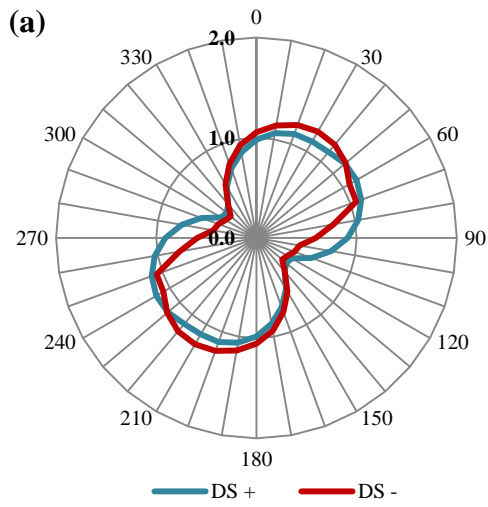
Şekil I.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



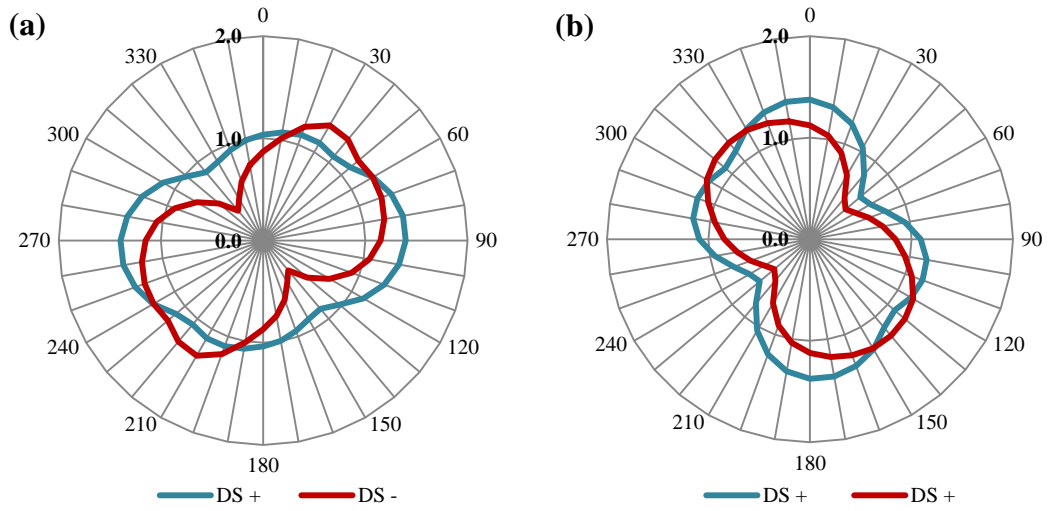
Şekil I.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



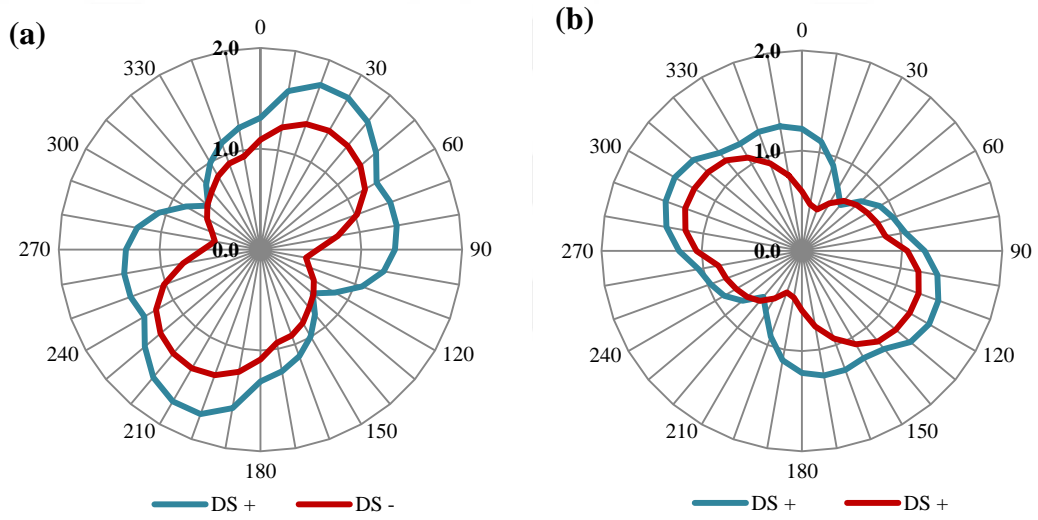
Şekil I.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



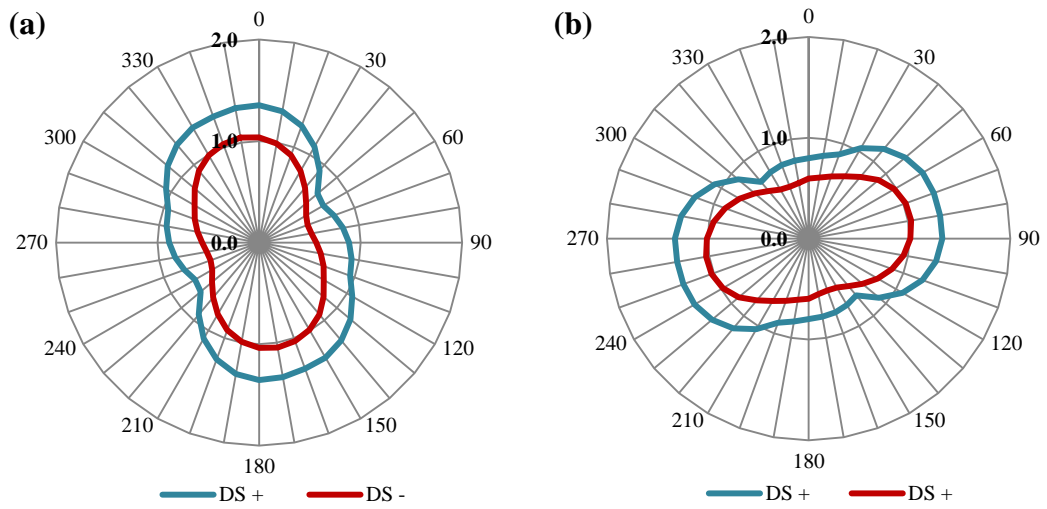
Şekil I.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil I.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



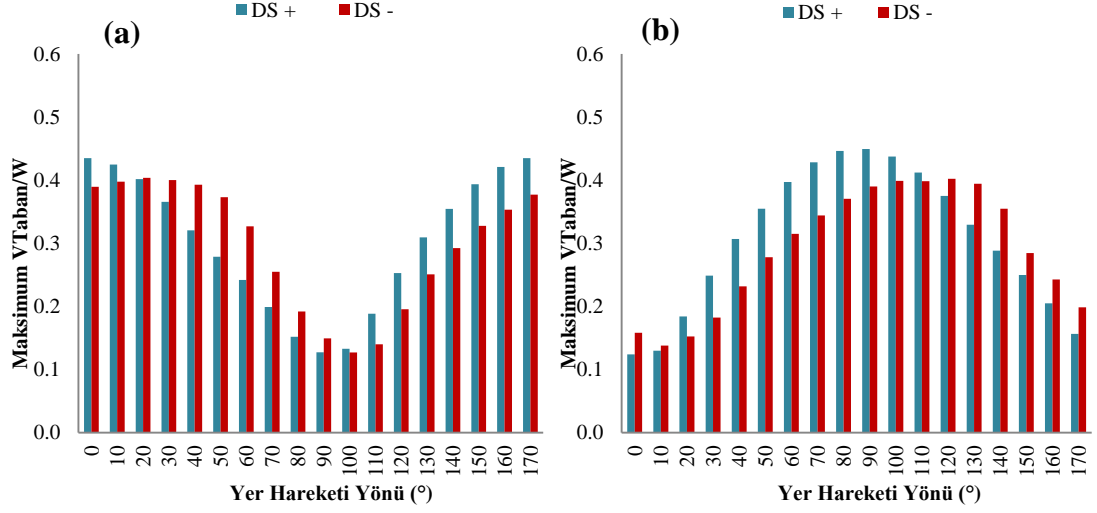
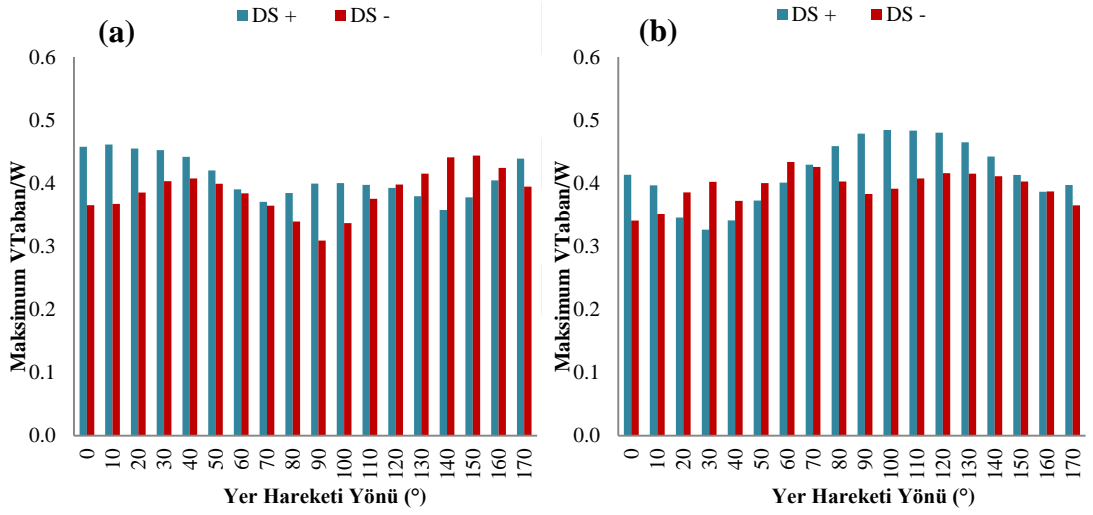
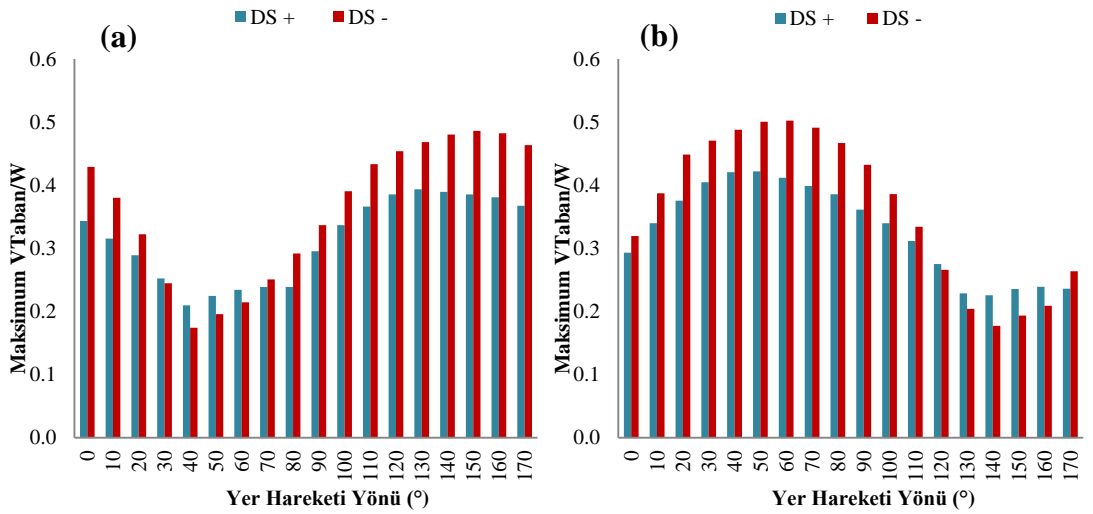
Şekil I.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

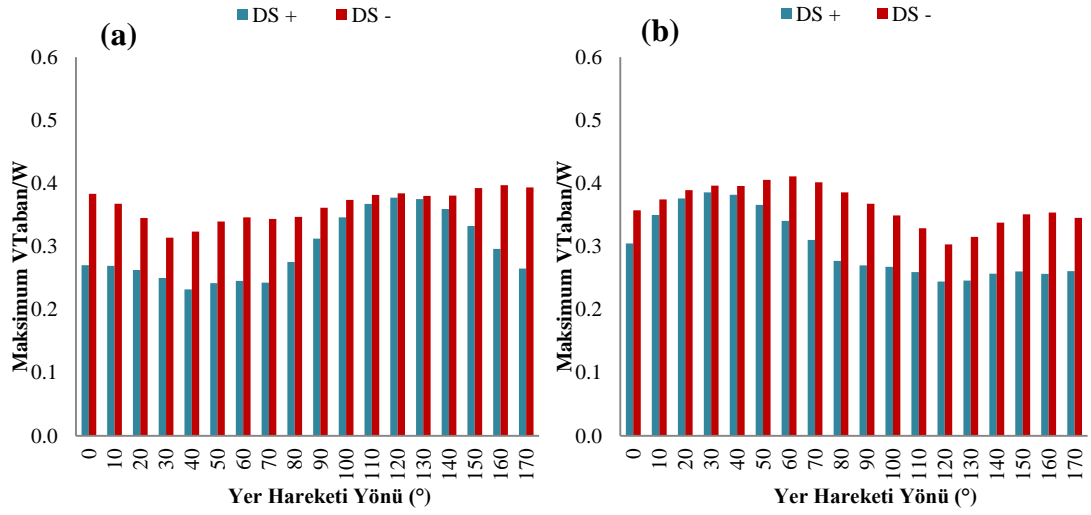


Şekil I.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

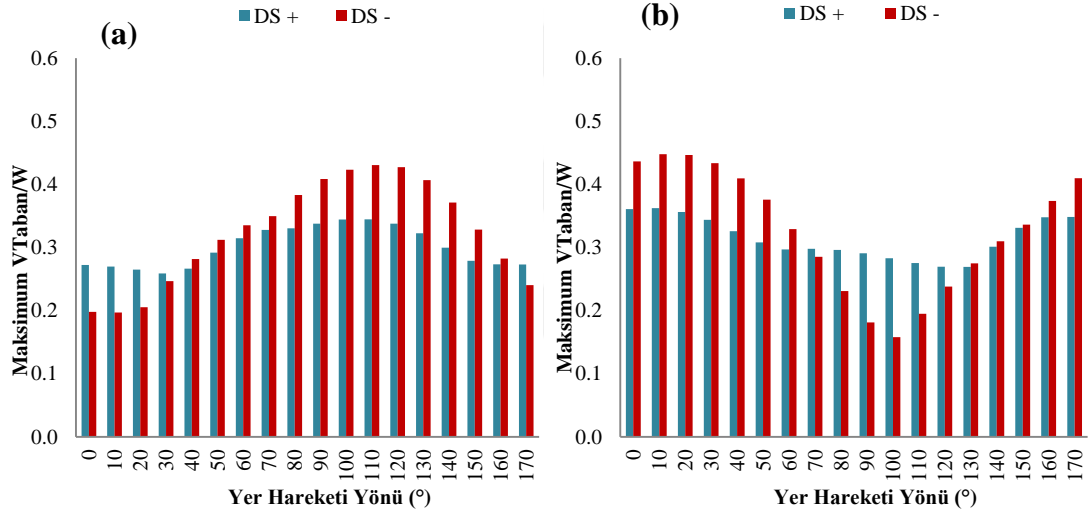
EK J: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 1: 50 yılda aşılma olasılığı %50 –Sıyırılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda taban kesme kuvveti talepleri.



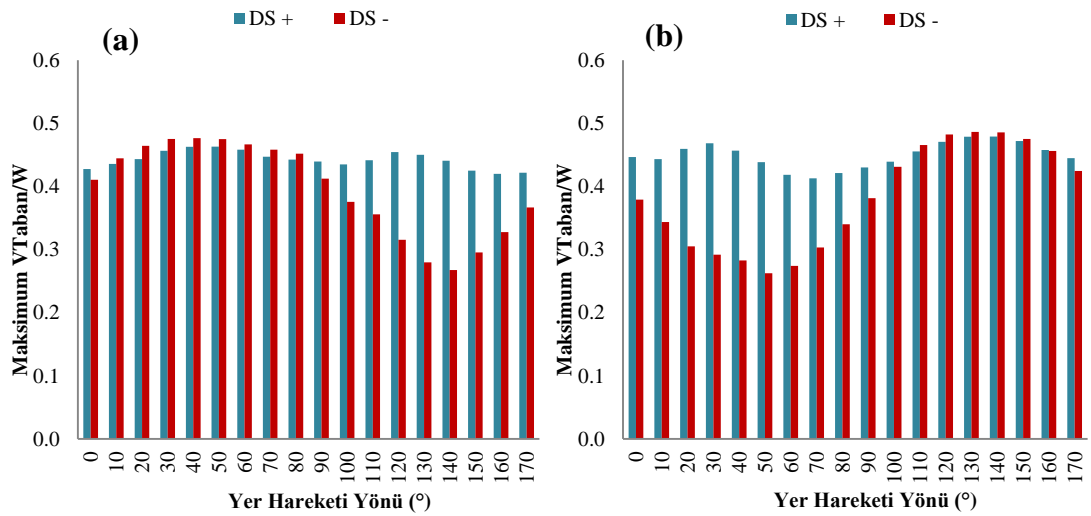
EK-J**Şekil J.1 :** 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.**Şekil J.2 :** 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.**Şekil J.3 :** 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



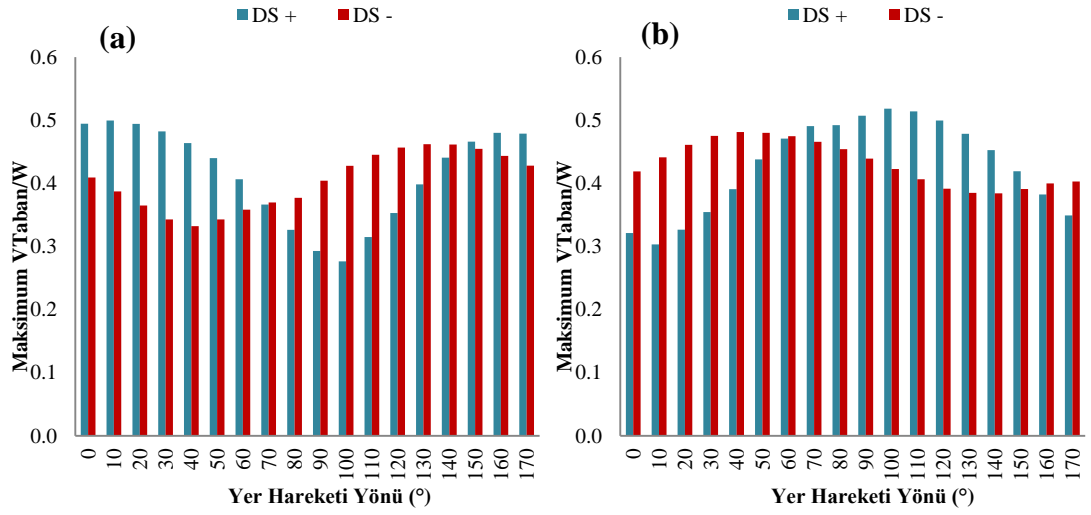
Şekil J.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



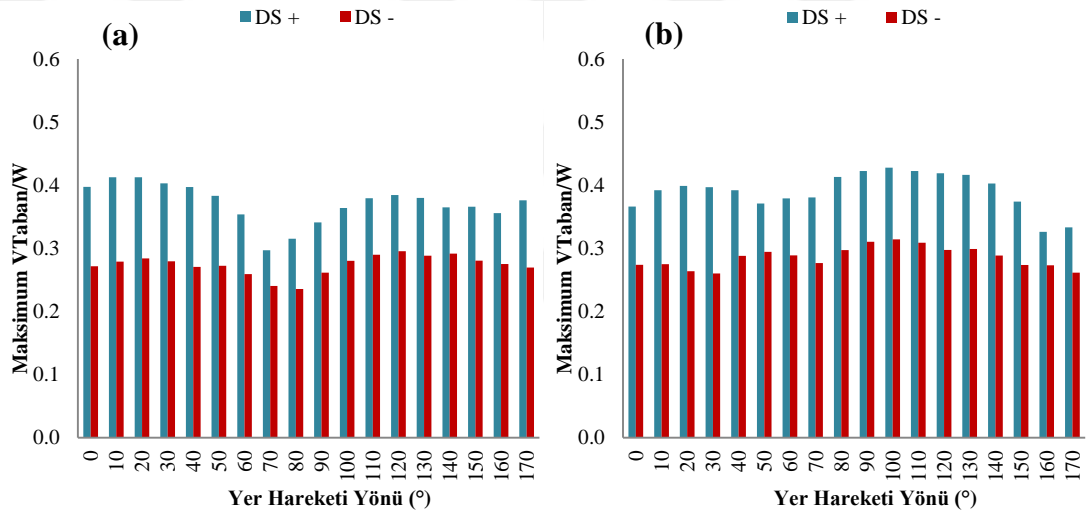
Şekil J.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



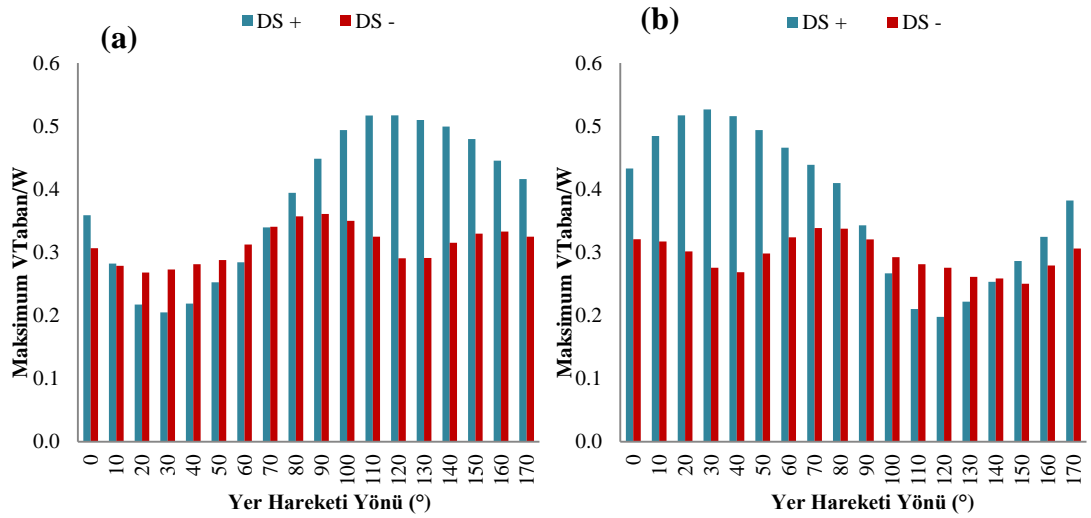
Şekil J.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



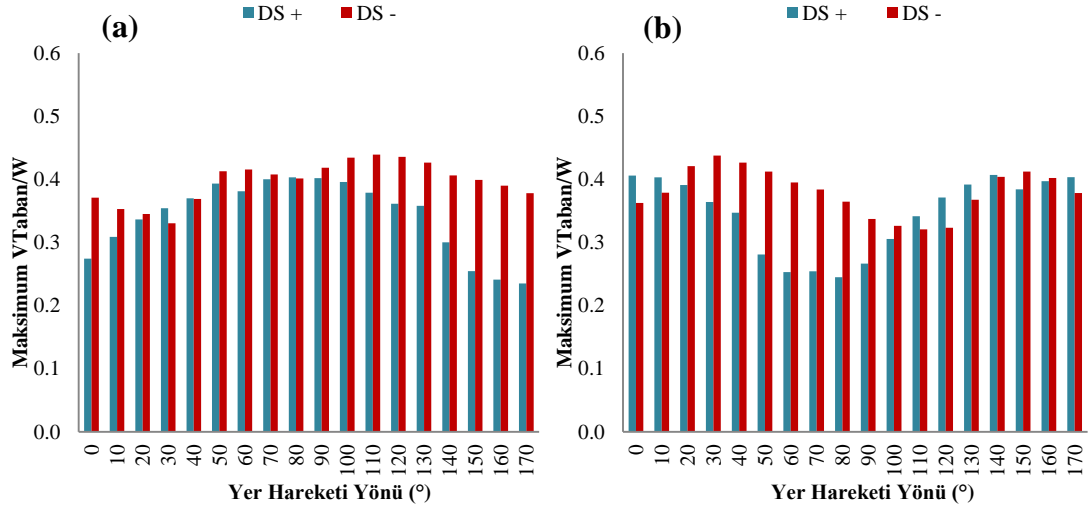
Şekil J.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



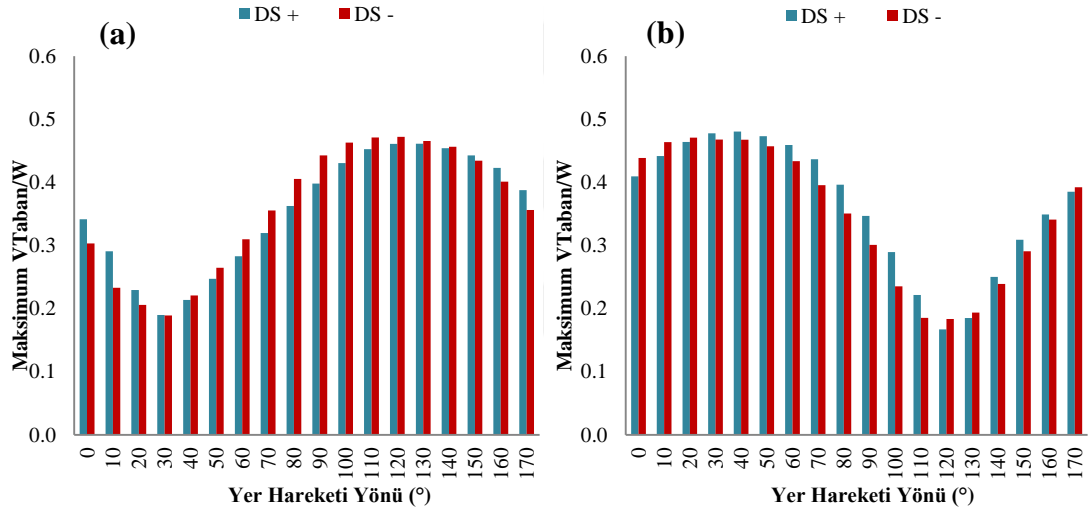
Şekil J.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



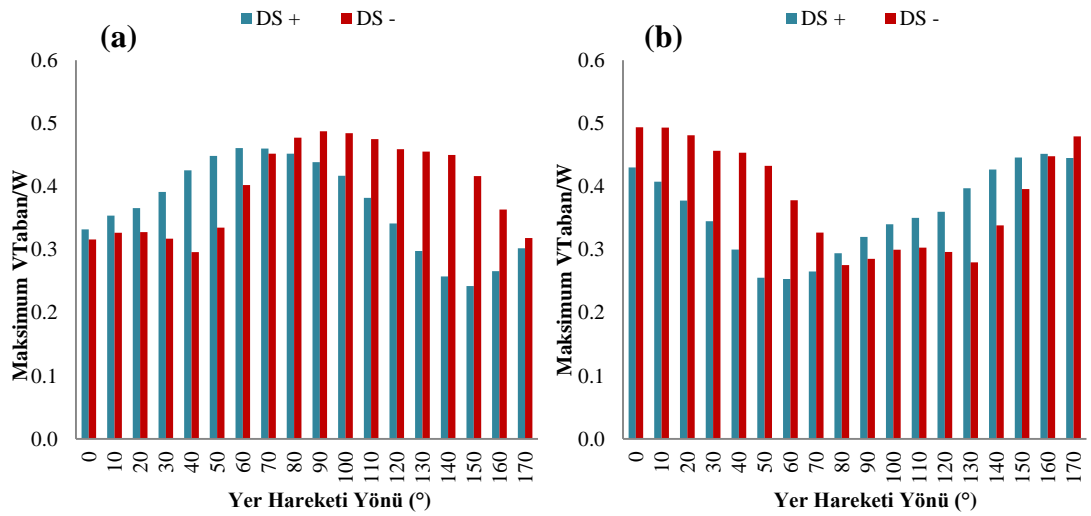
Şekil J.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



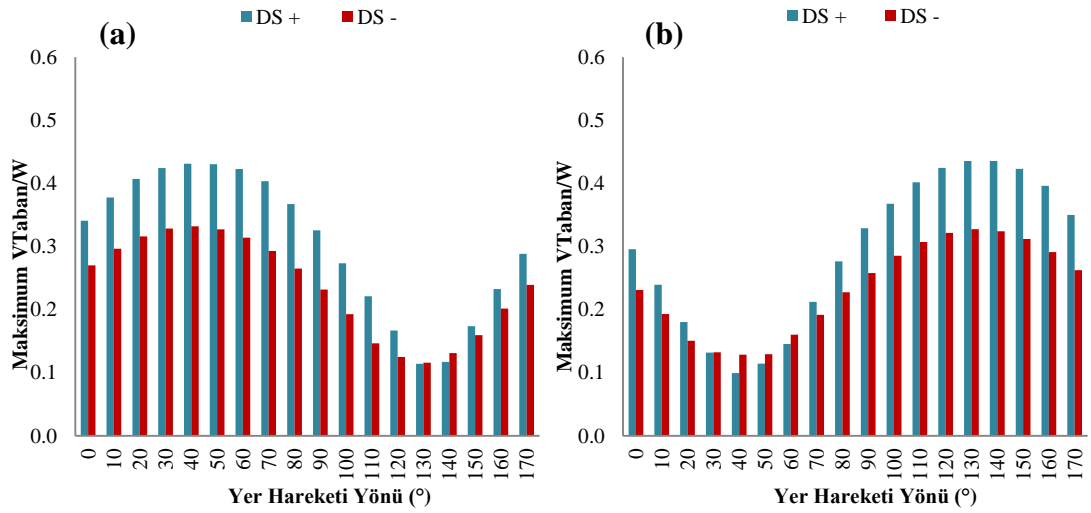
Şekil J.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



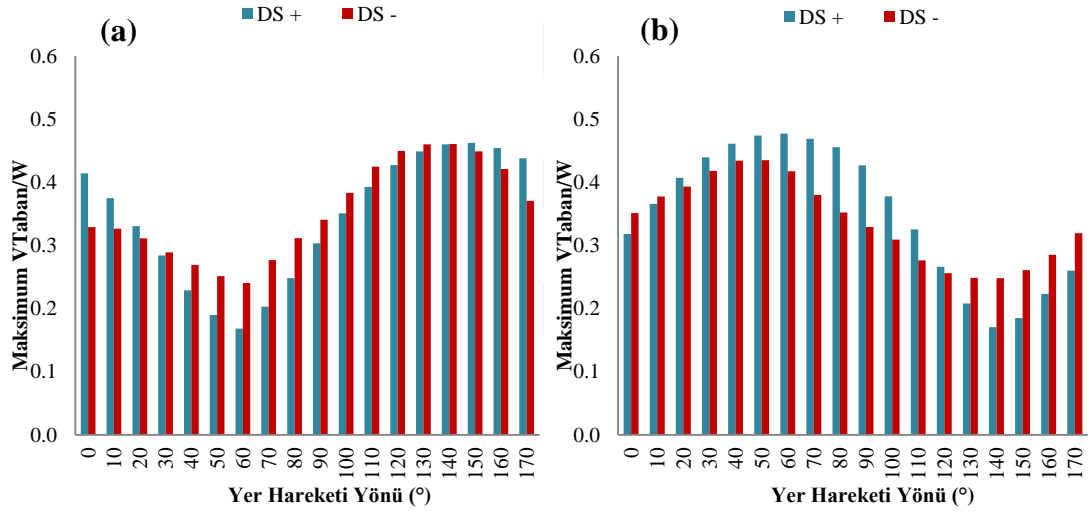
Şekil J.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



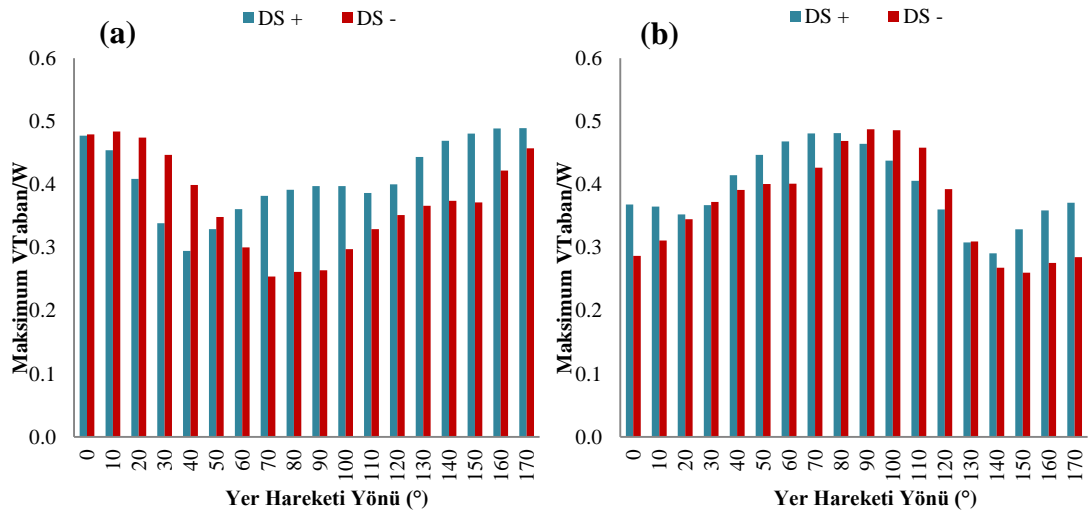
Şekil J.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



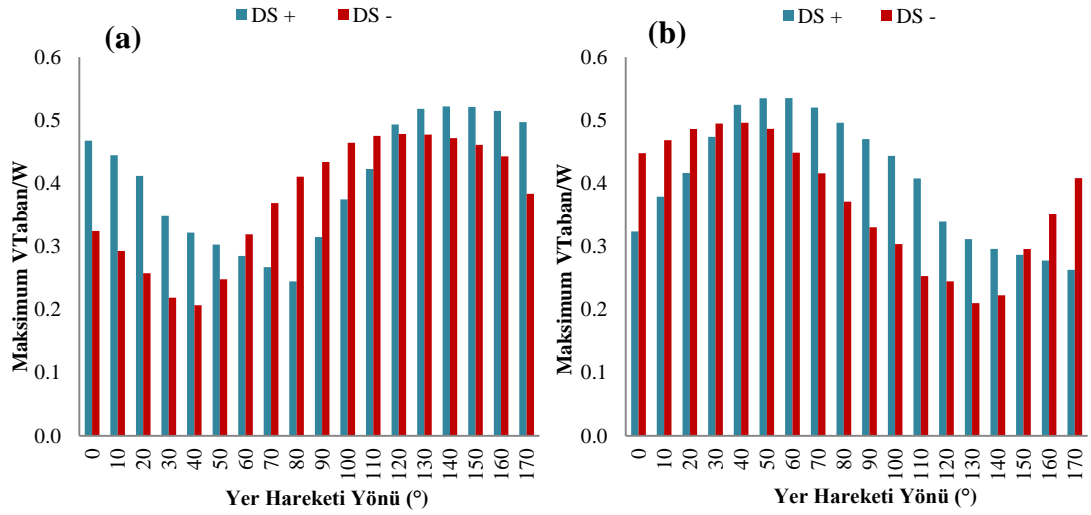
Şekil J.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



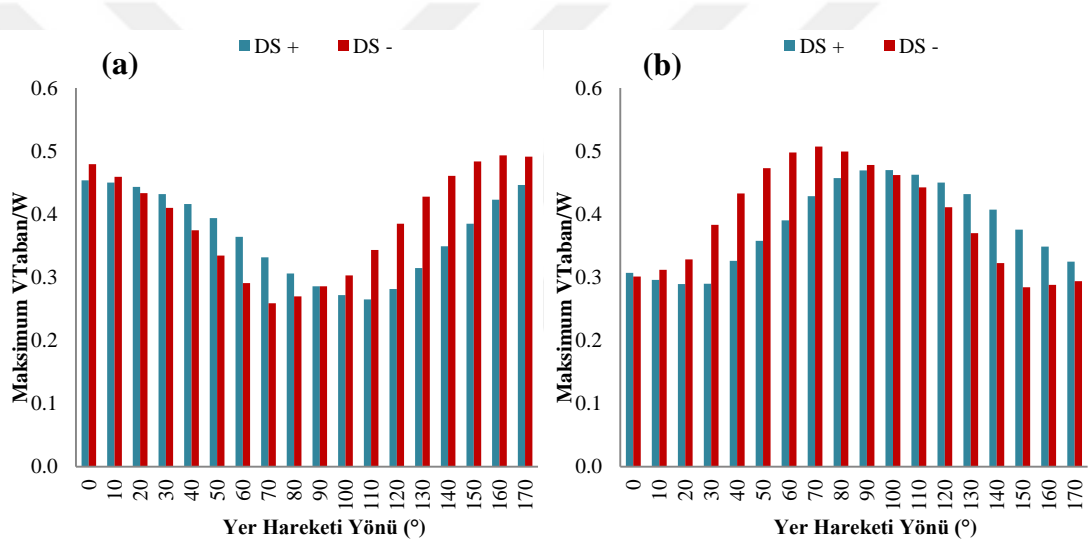
Şekil J.14 : 1979 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



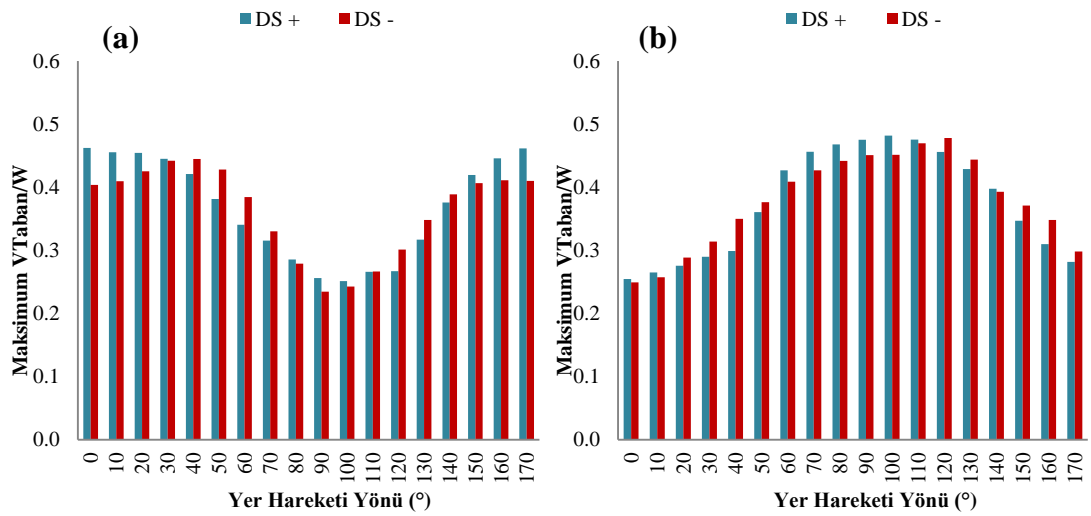
Şekil J.15 : 1979 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



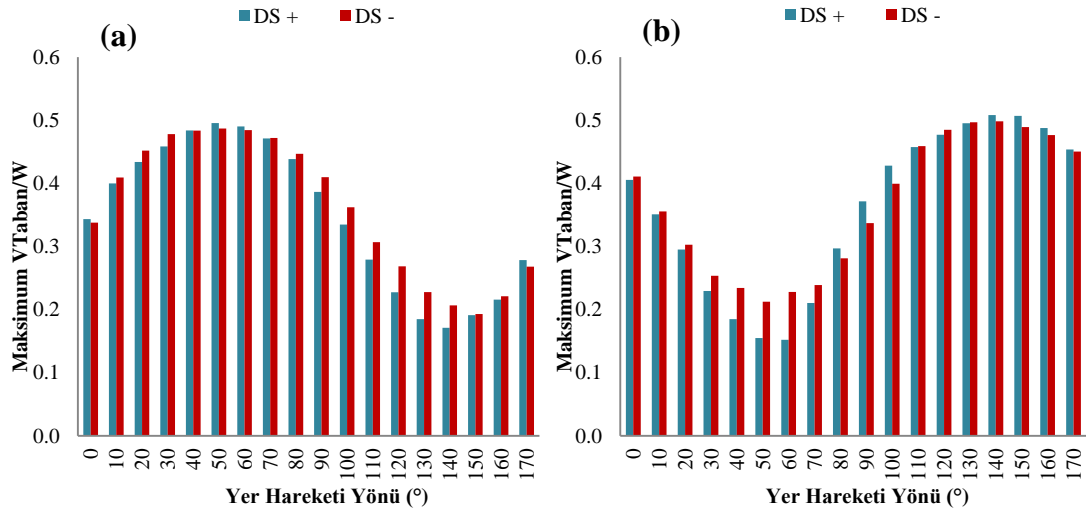
Şekil J.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



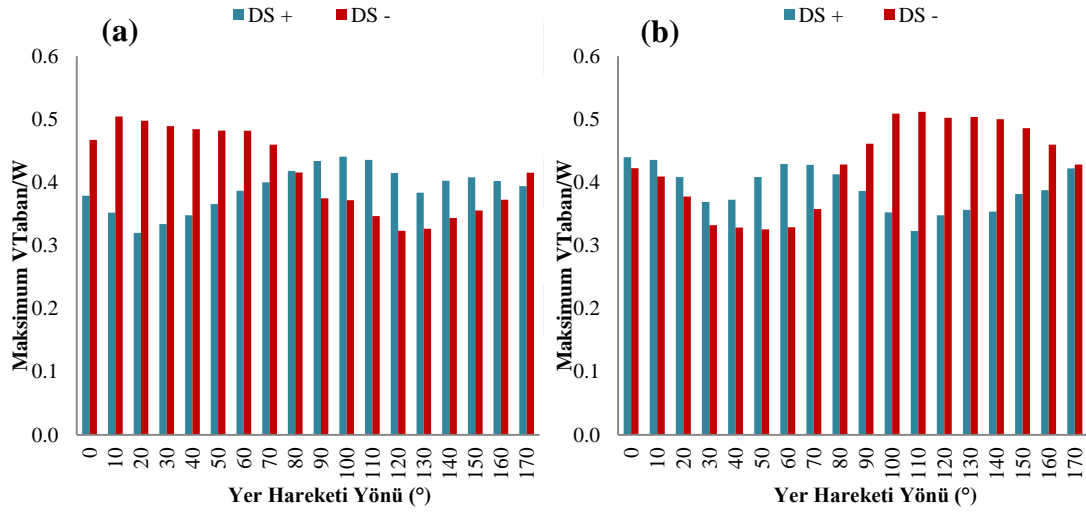
Şekil J.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



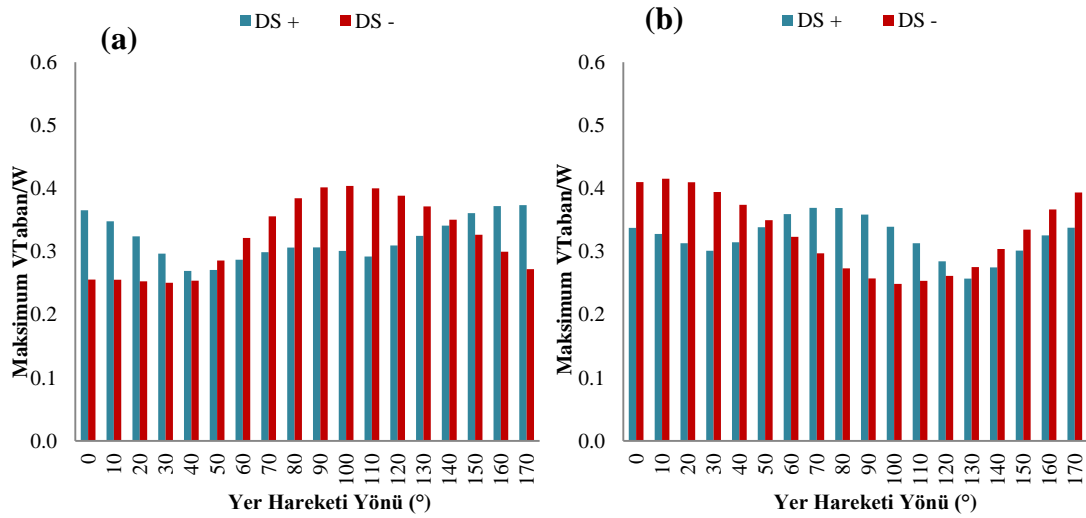
Şekil J.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



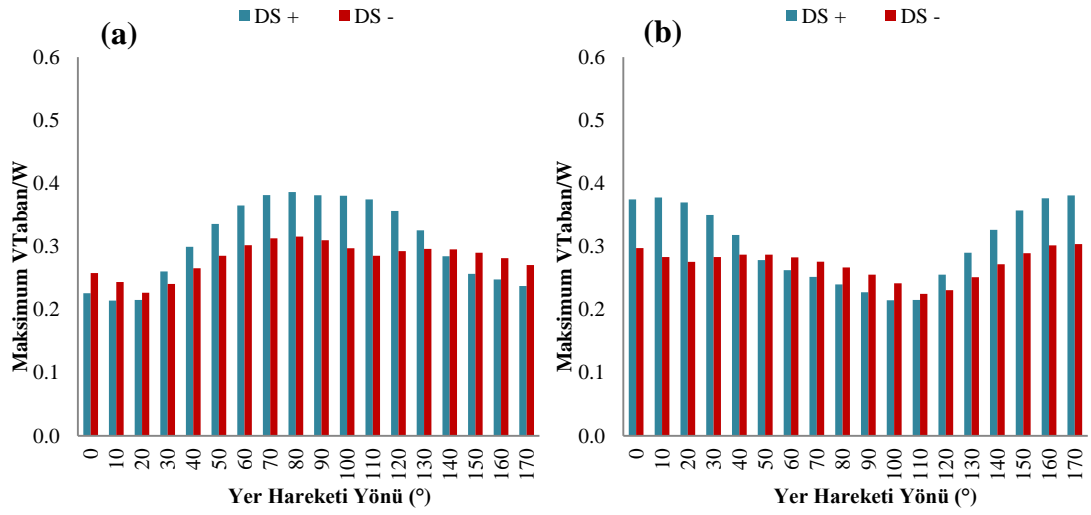
Şekil J.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



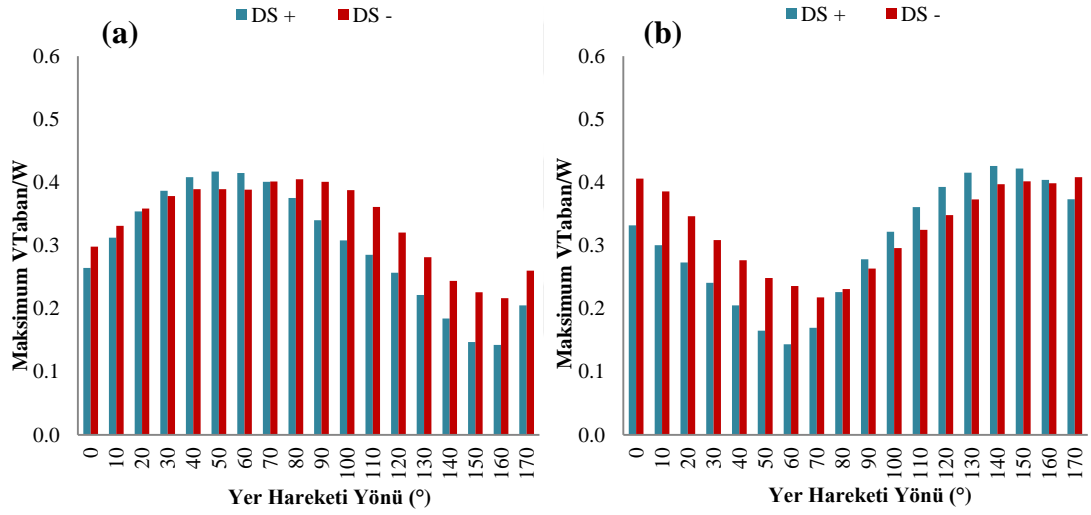
Şekil J.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



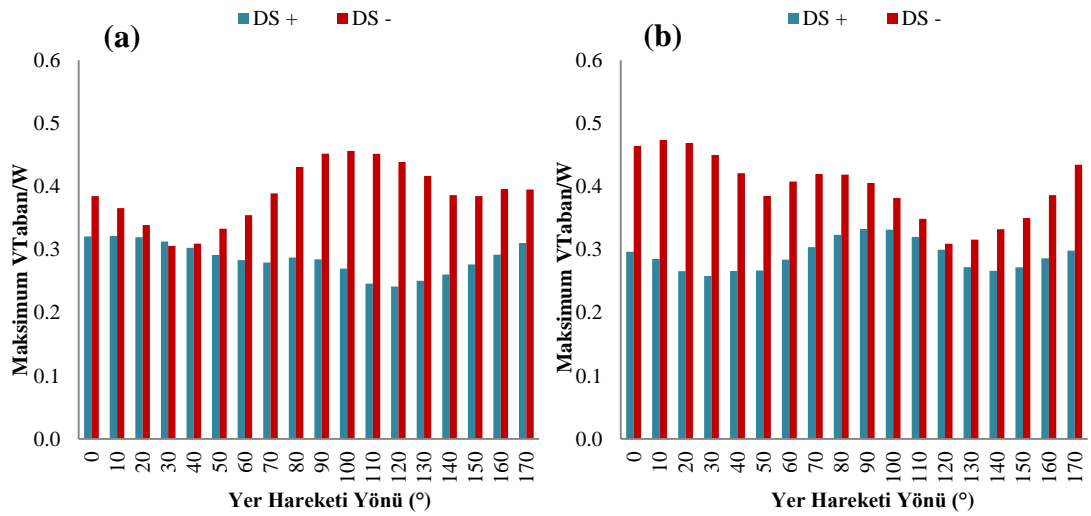
Şekil J.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



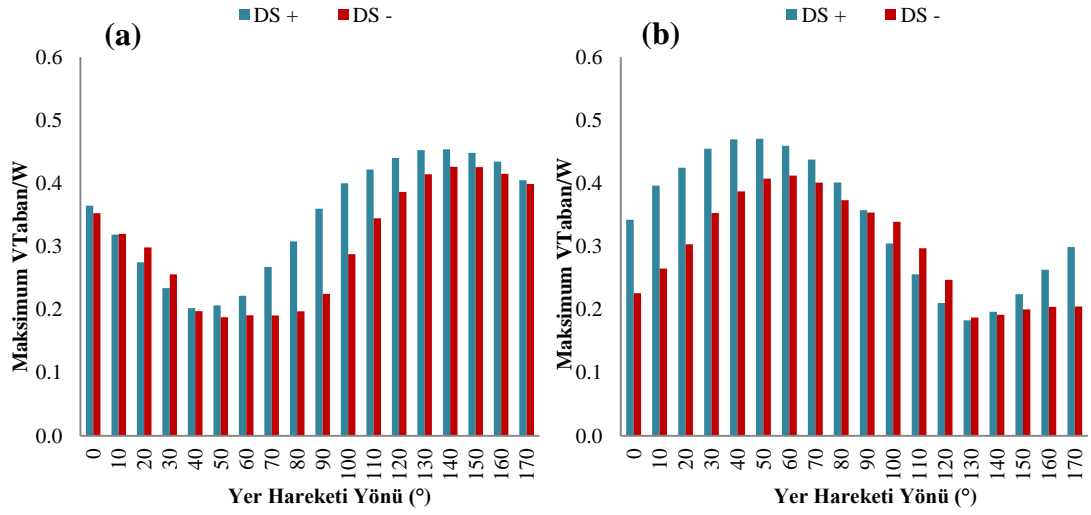
Şekil J.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



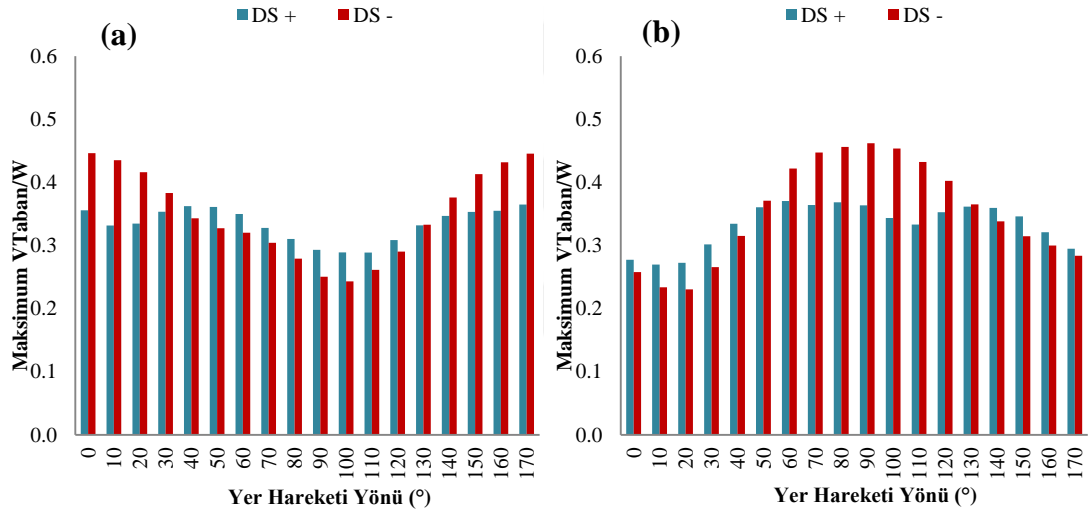
Şekil J.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



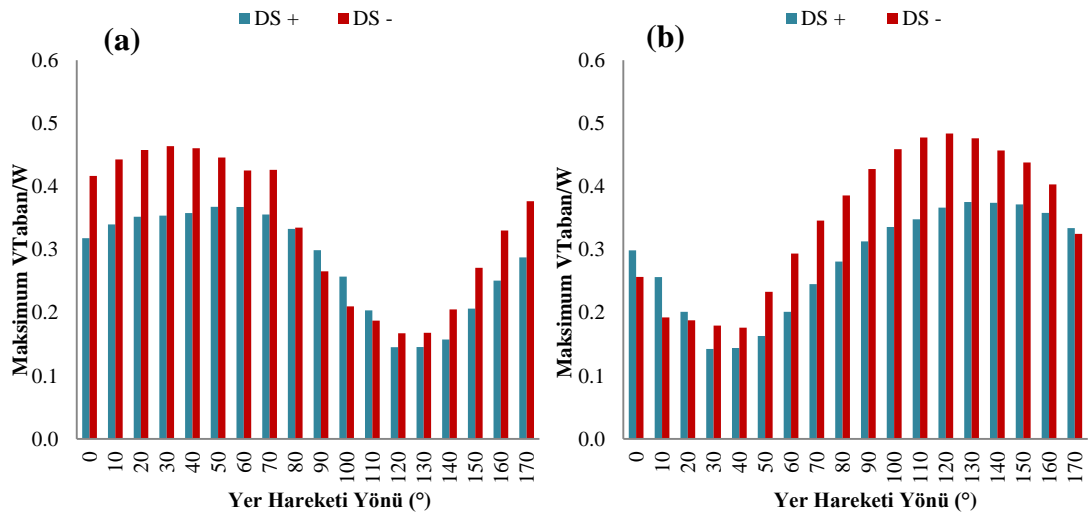
Şekil J.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



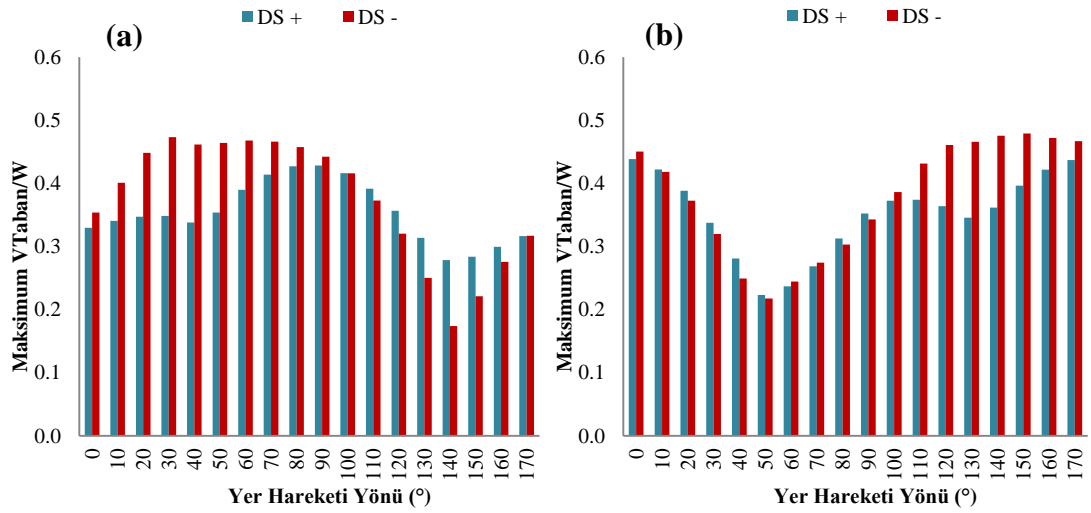
Şekil J.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



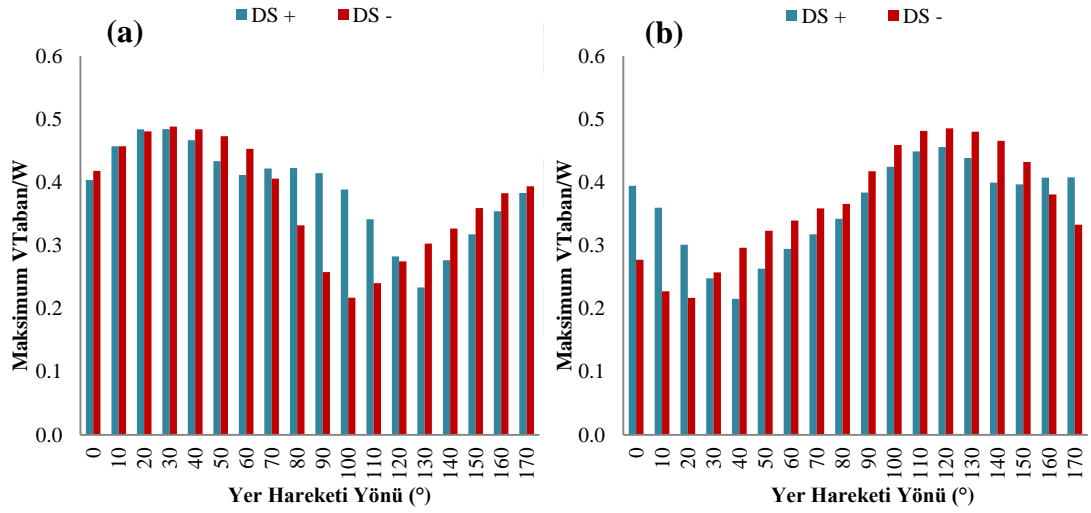
Şekil J.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



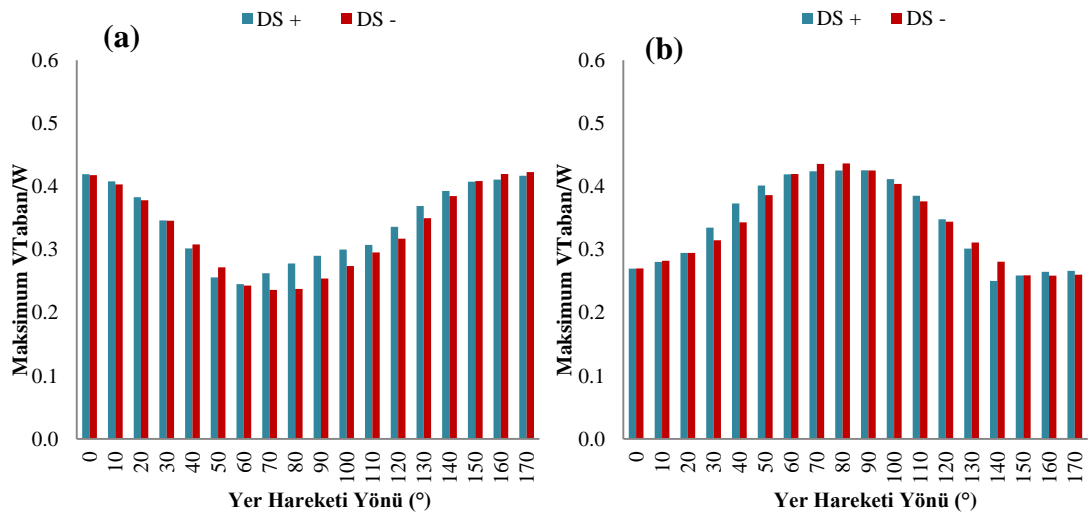
Şekil J.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



Şekil J.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil J.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

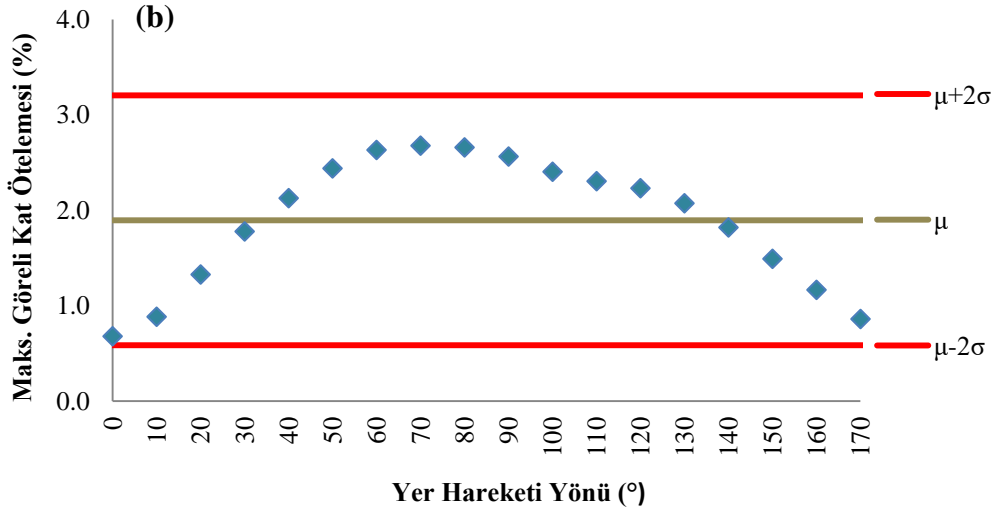
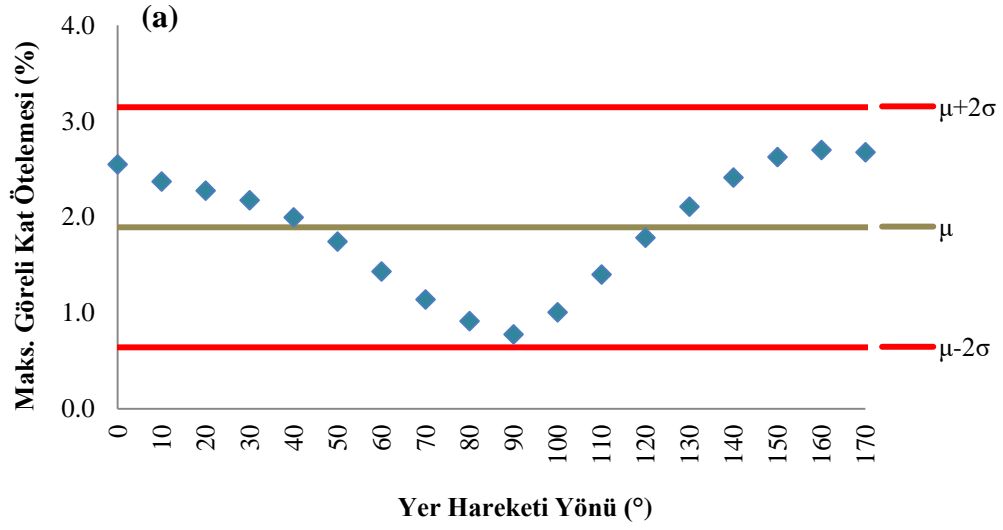


Şekil J.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

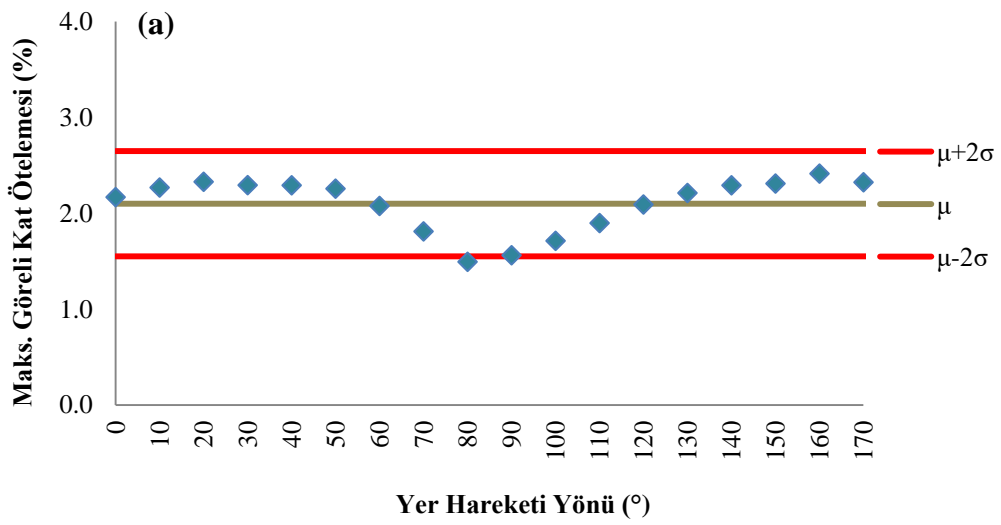
EK K: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 2: 50 yılda aşılma olasılığı %10 – Yer hareketi yönünün yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

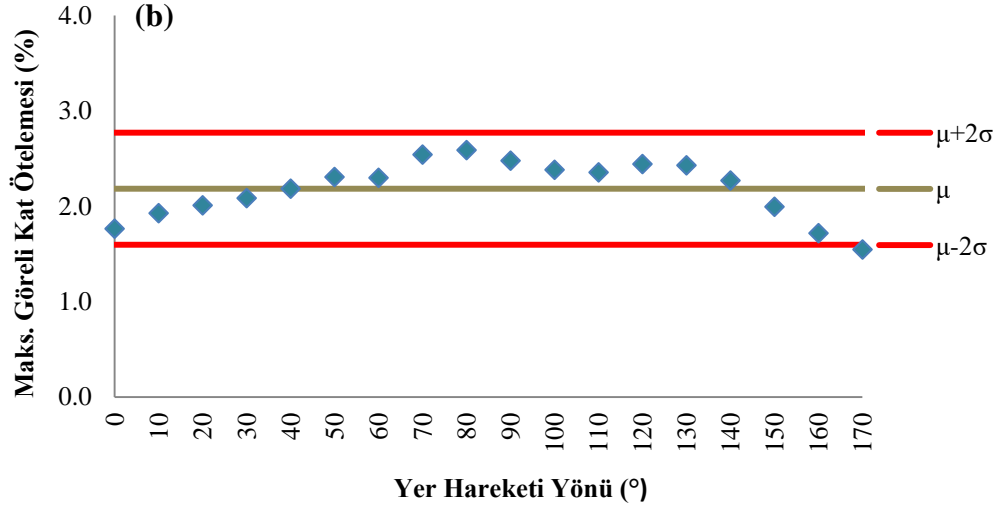


EK-K

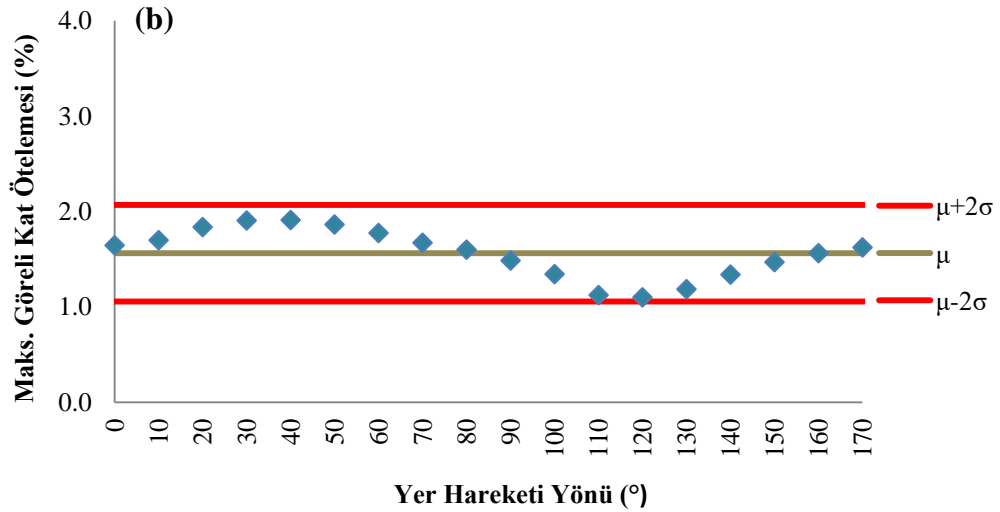
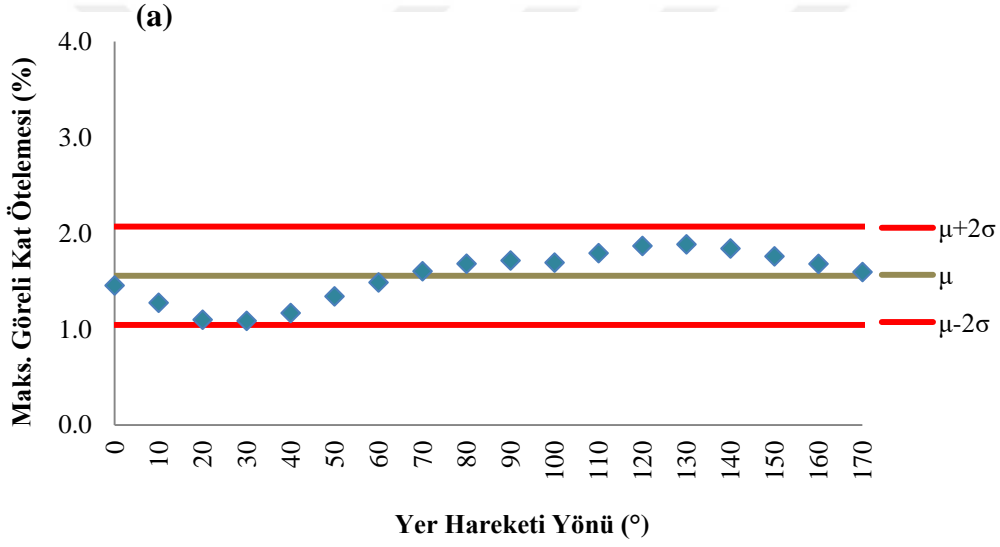


Şekil K.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

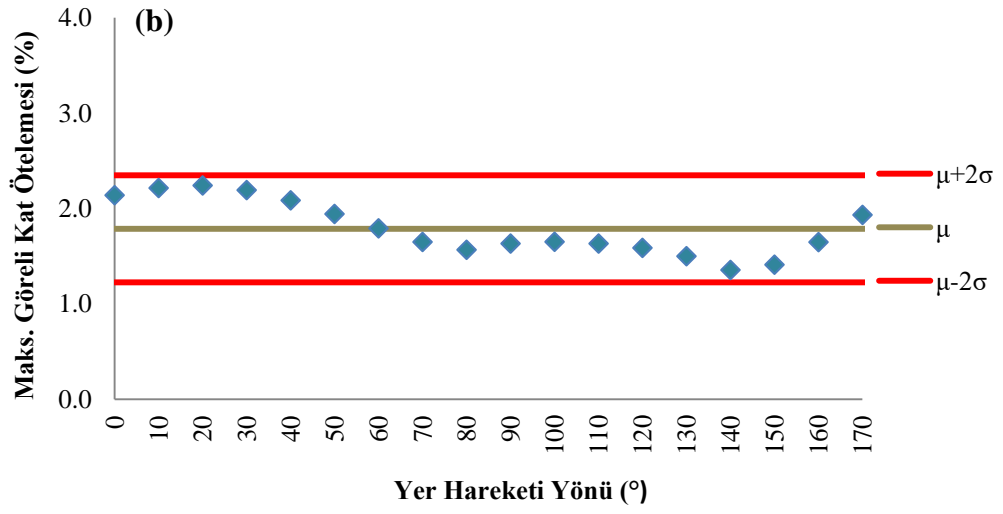
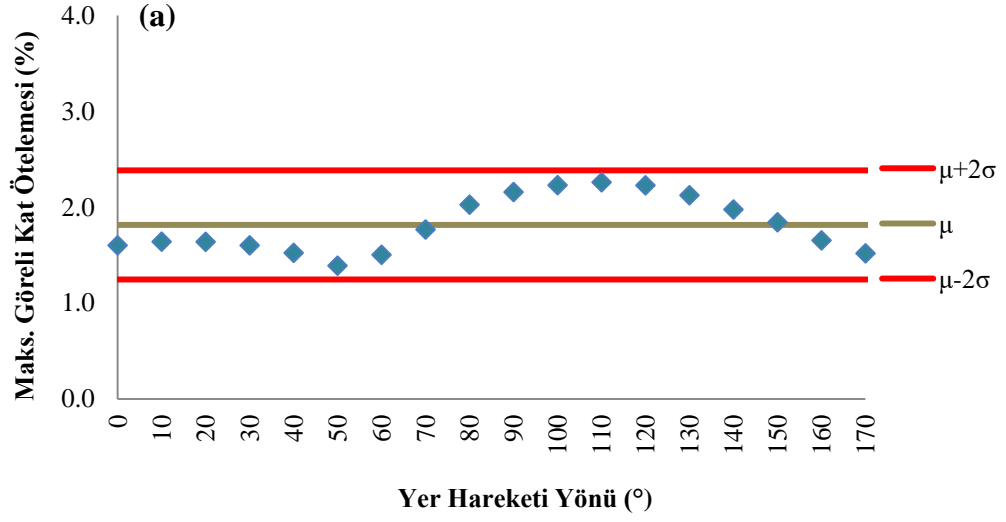




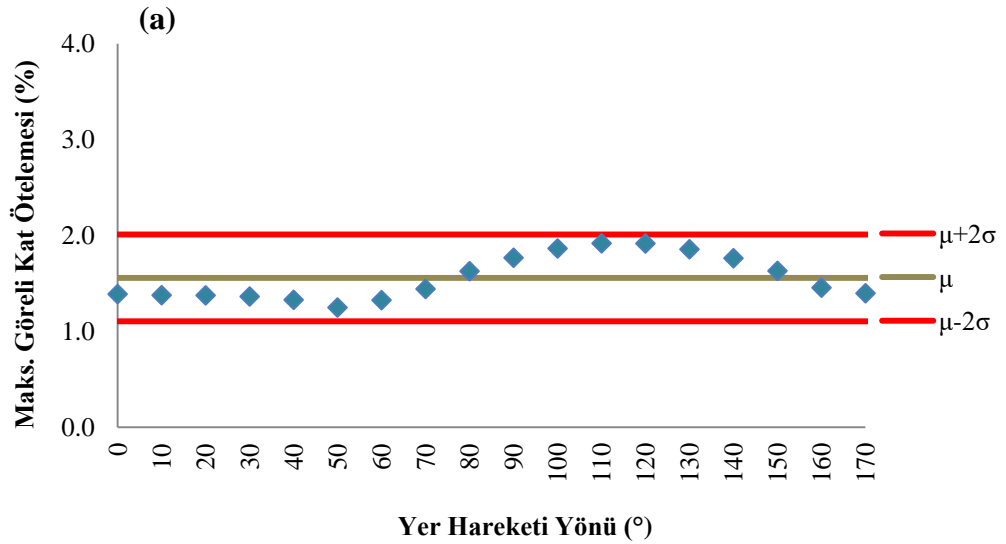
Şekil K.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

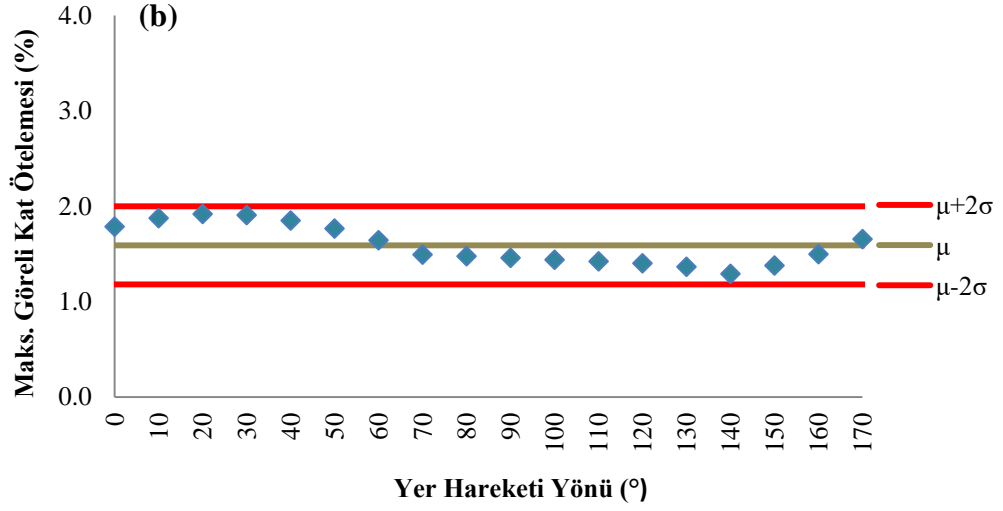


Şekil K.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

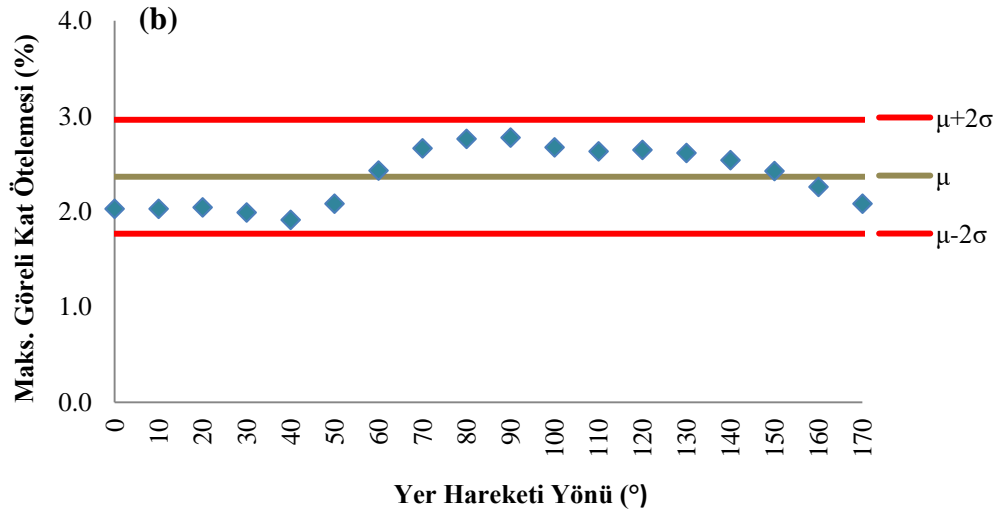
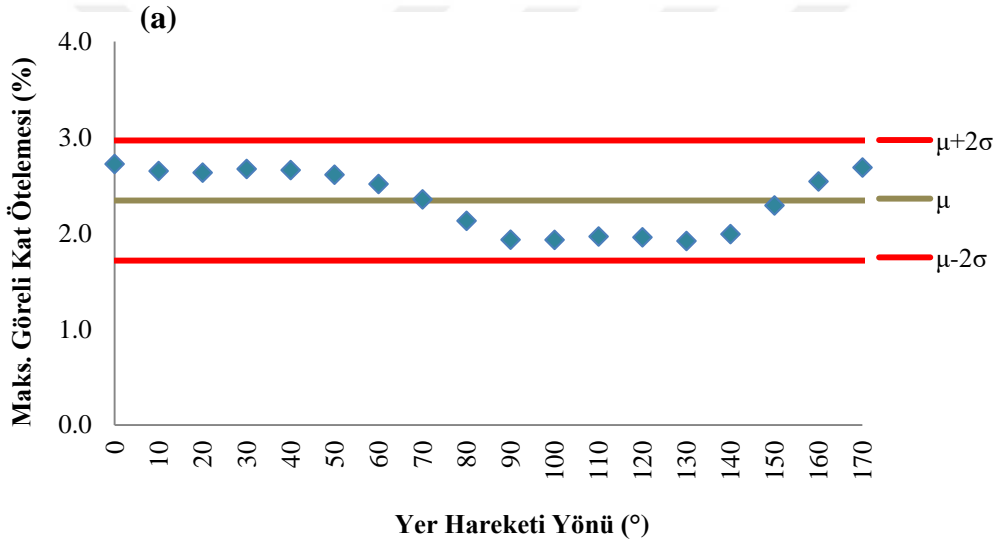


Şekil K.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

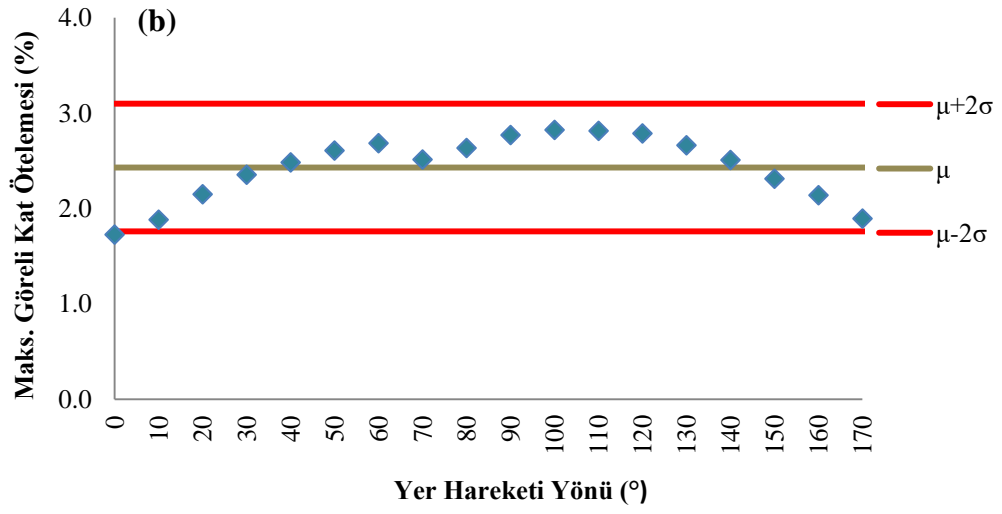
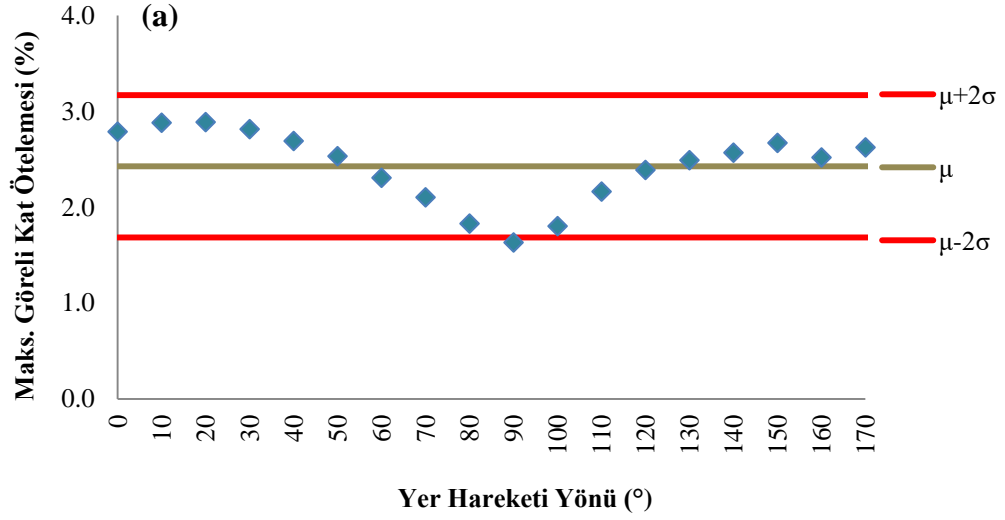




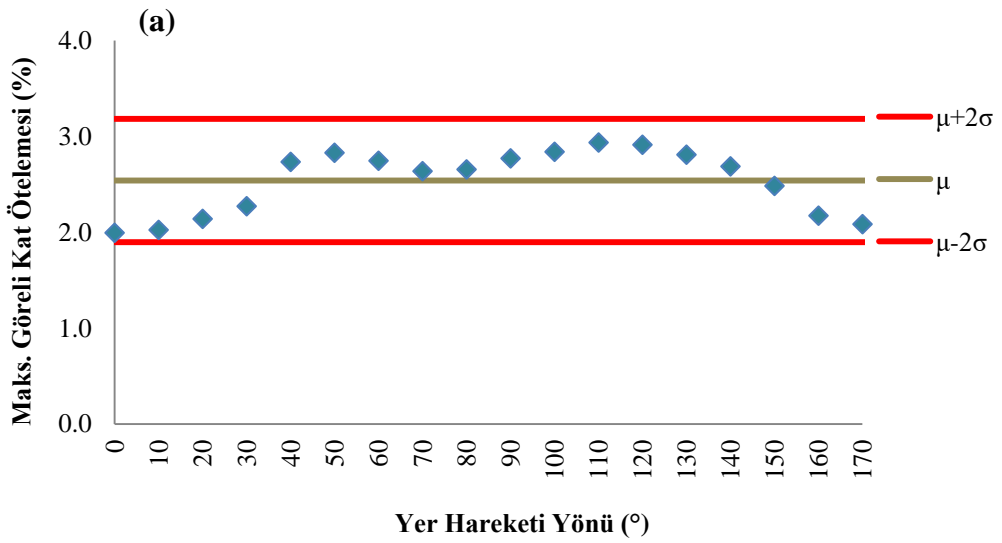
Şekil K.5 : 1979 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

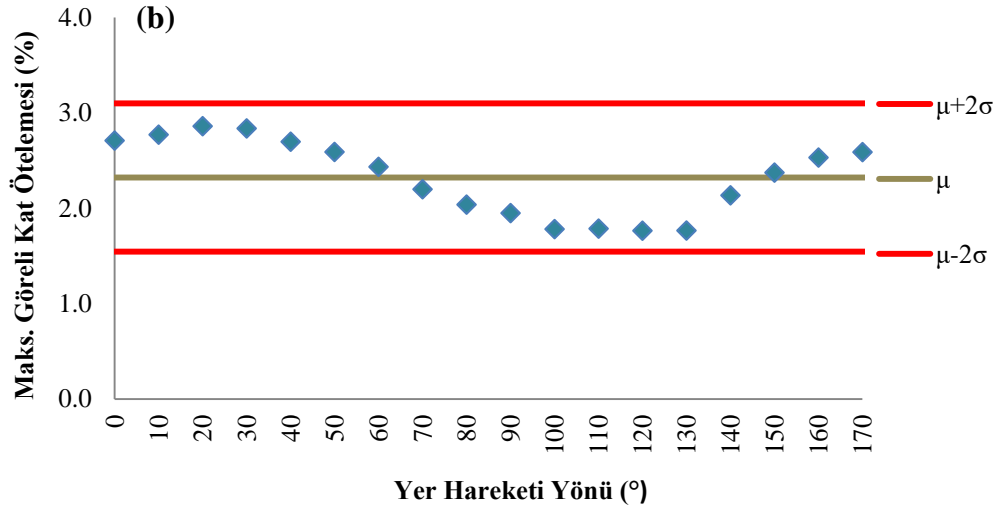


Şekil K.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

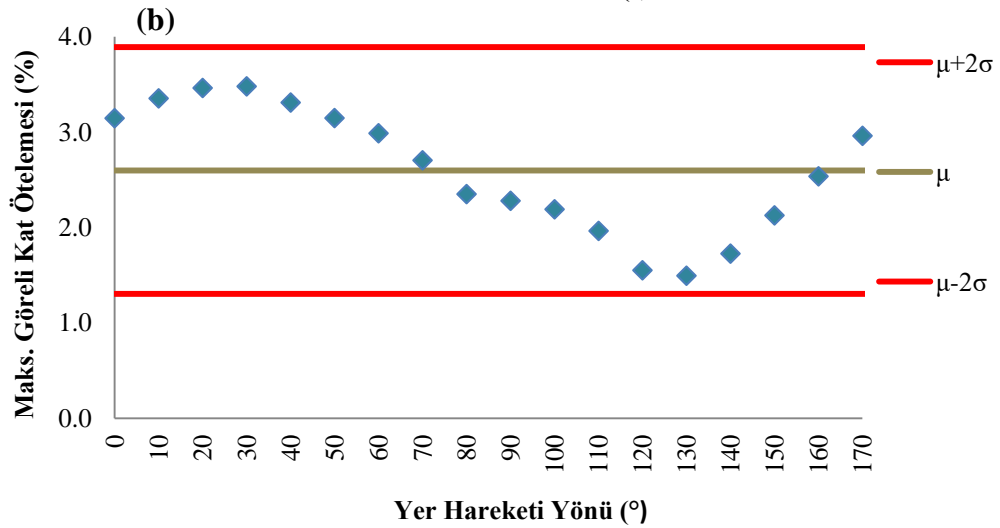
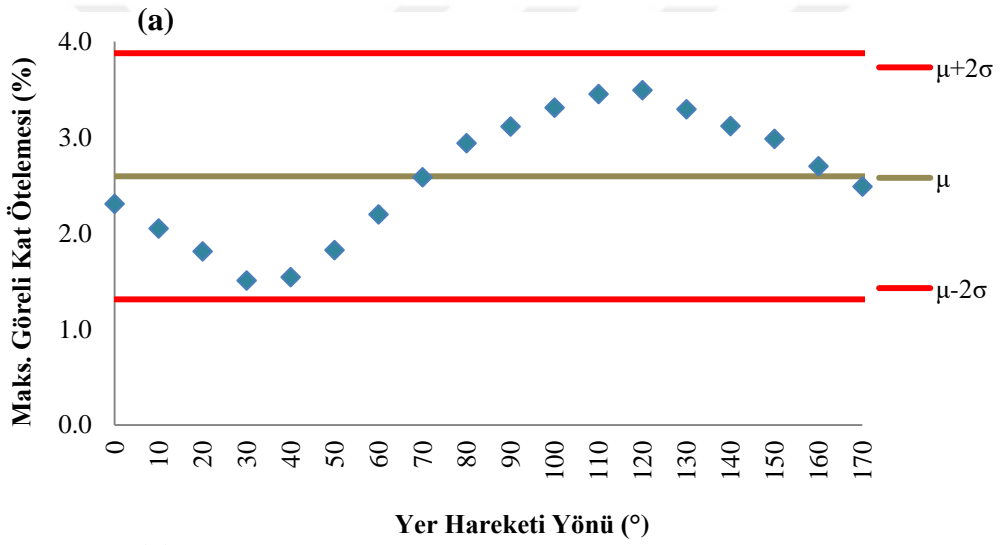


Şekil K.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

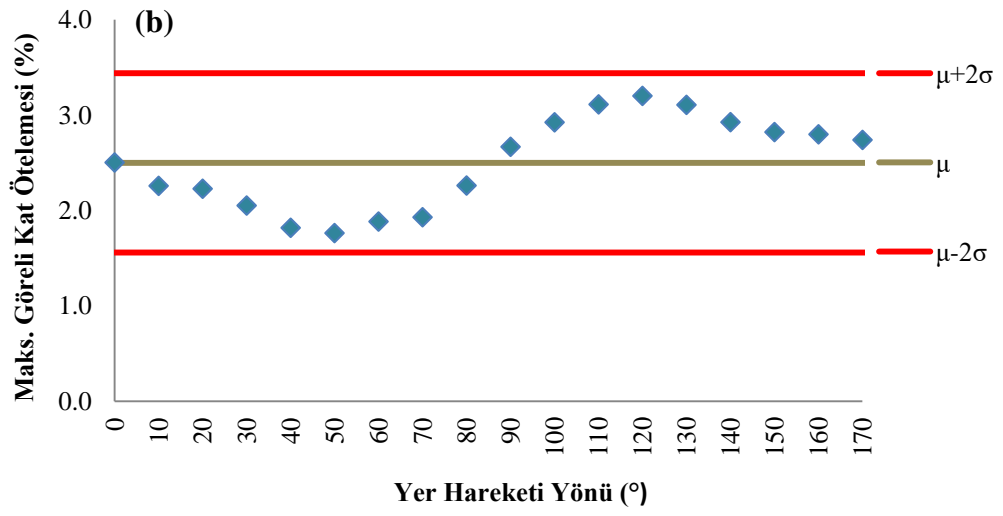
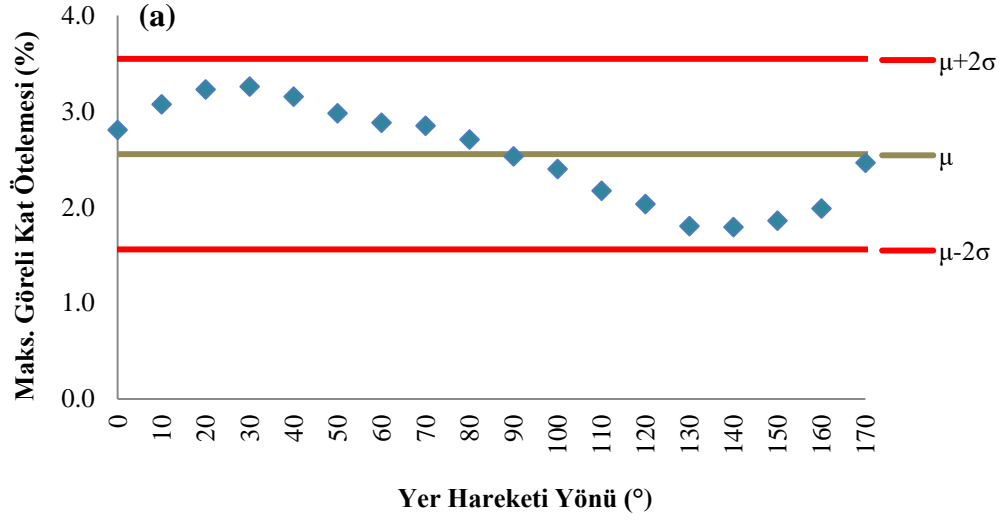




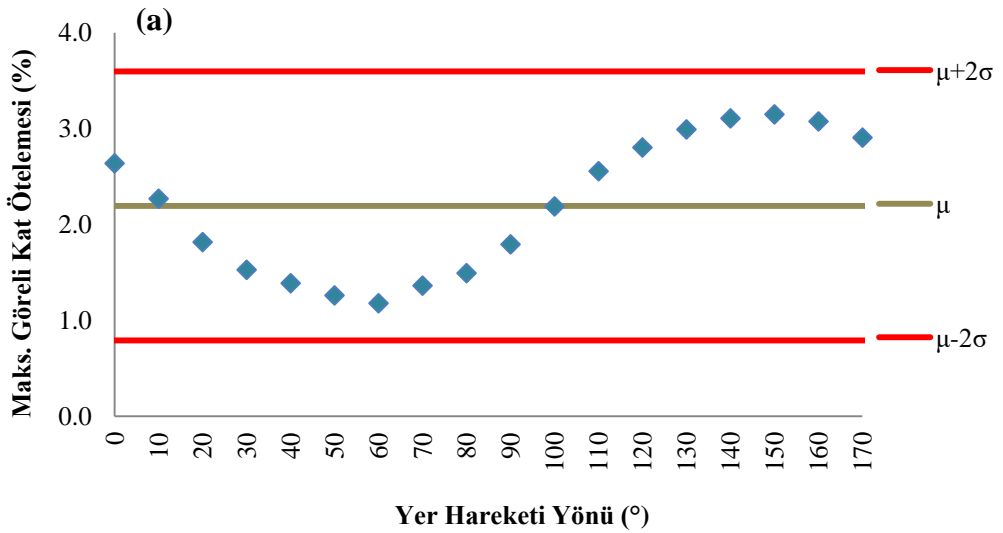
Şekil K.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

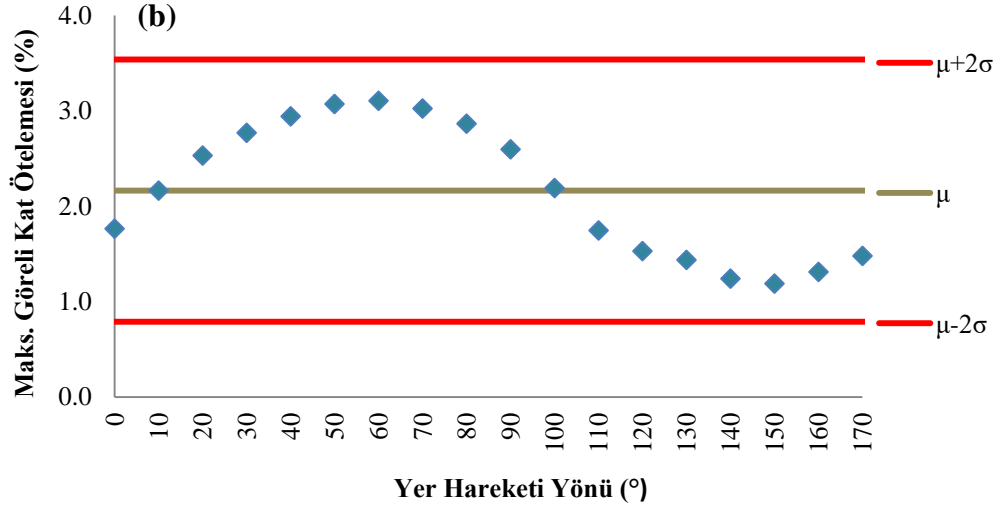


Şekil K.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

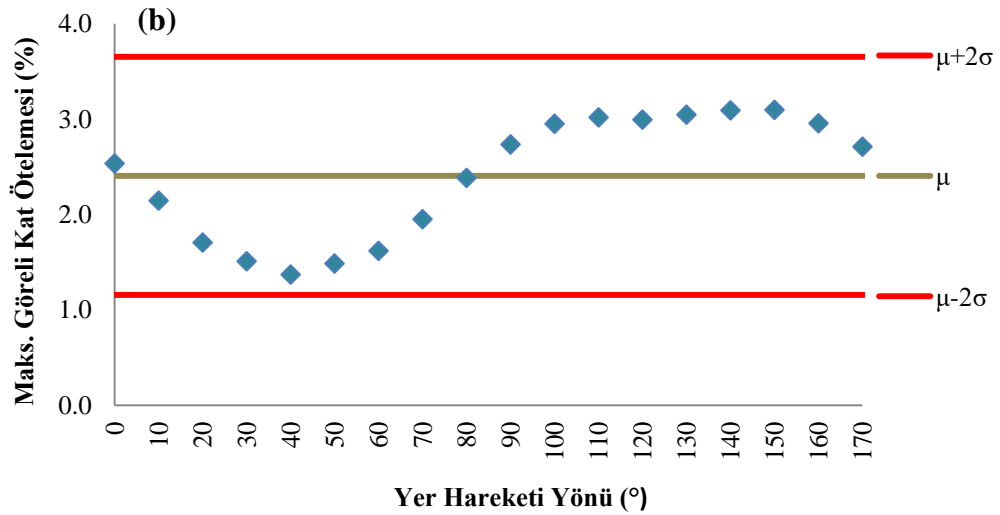
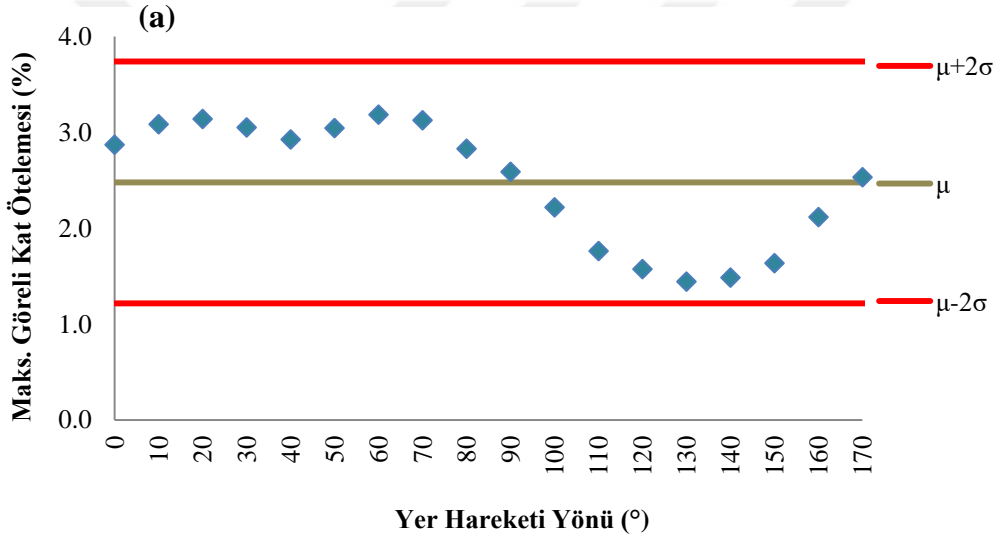


Şekil K.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

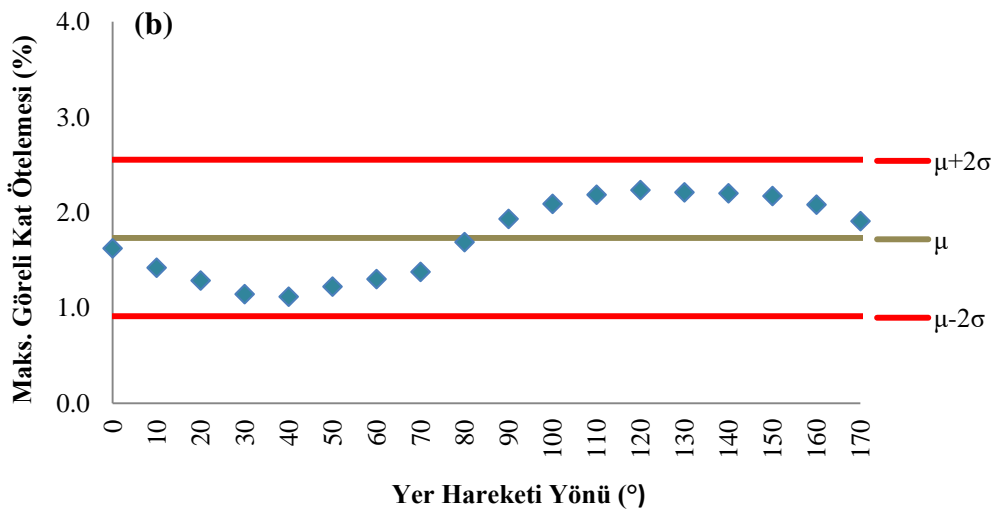
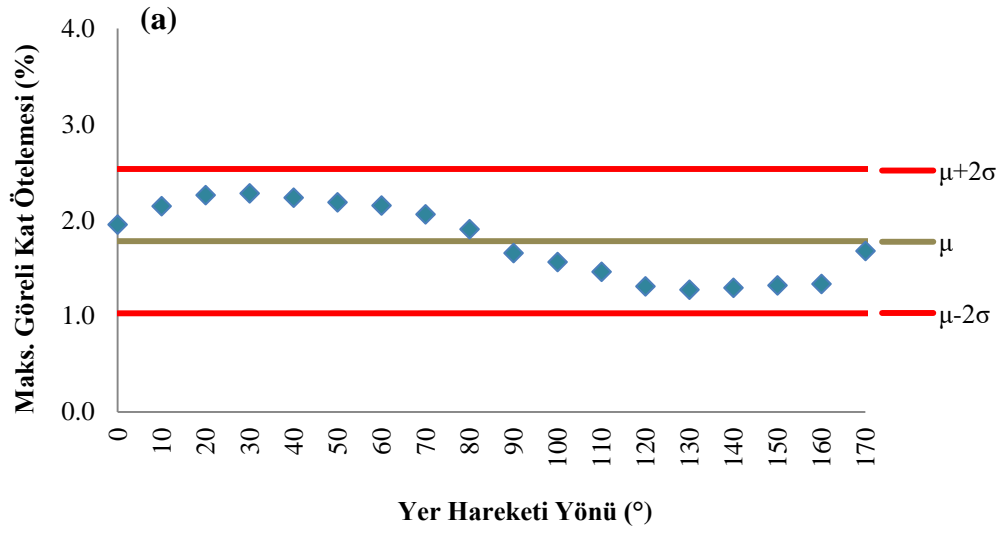




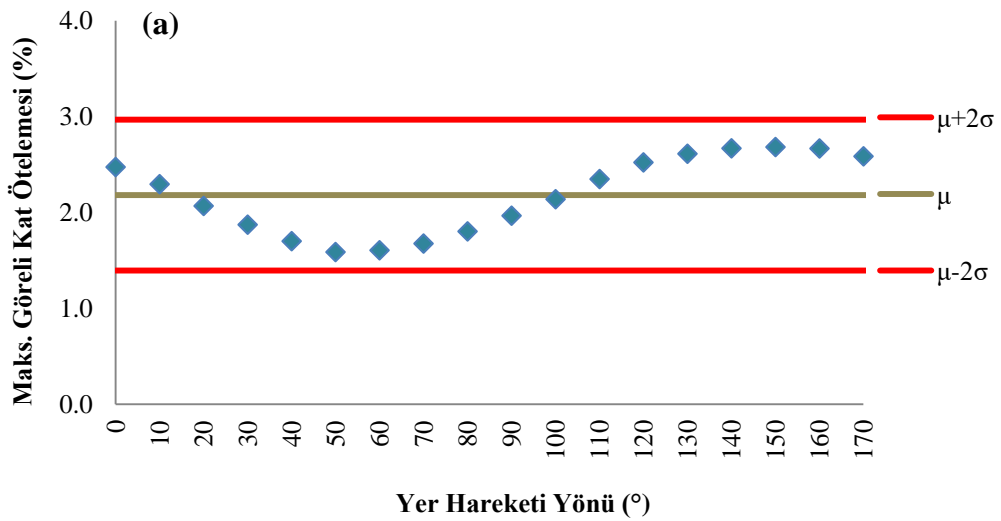
Şekil K.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

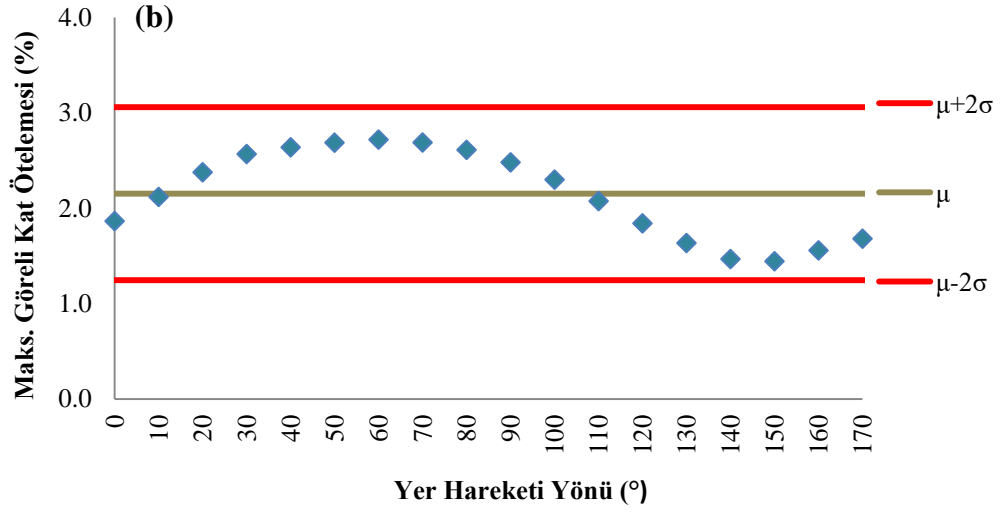


Şekil K.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

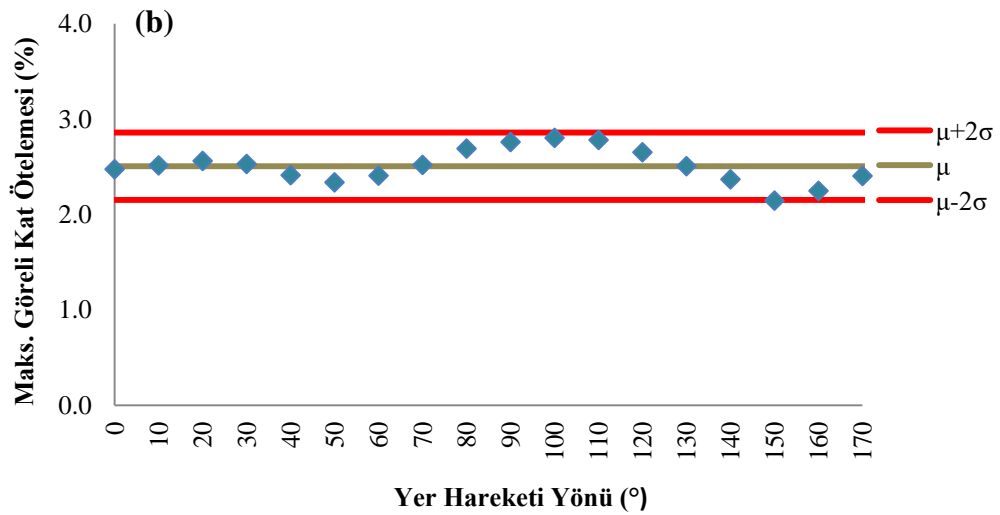
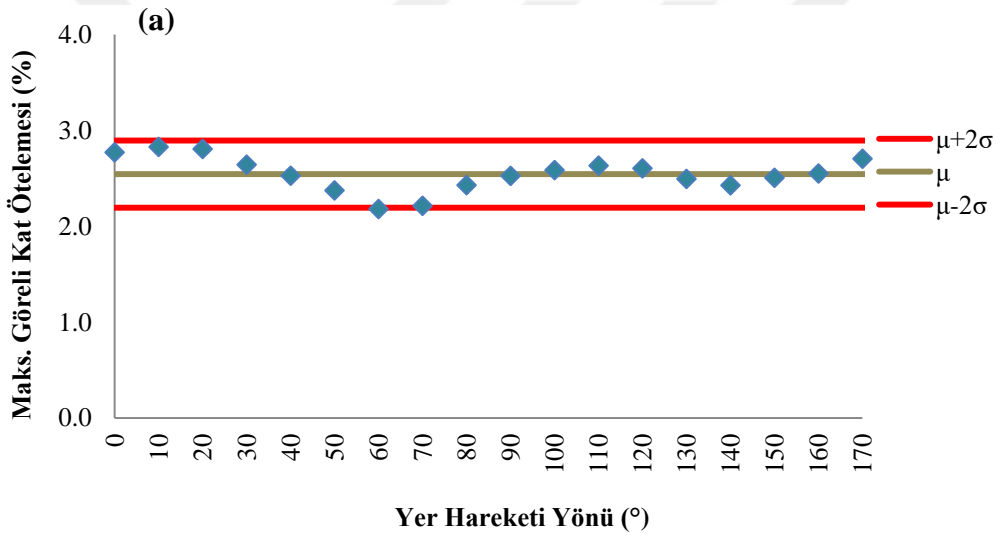


Şekil K.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

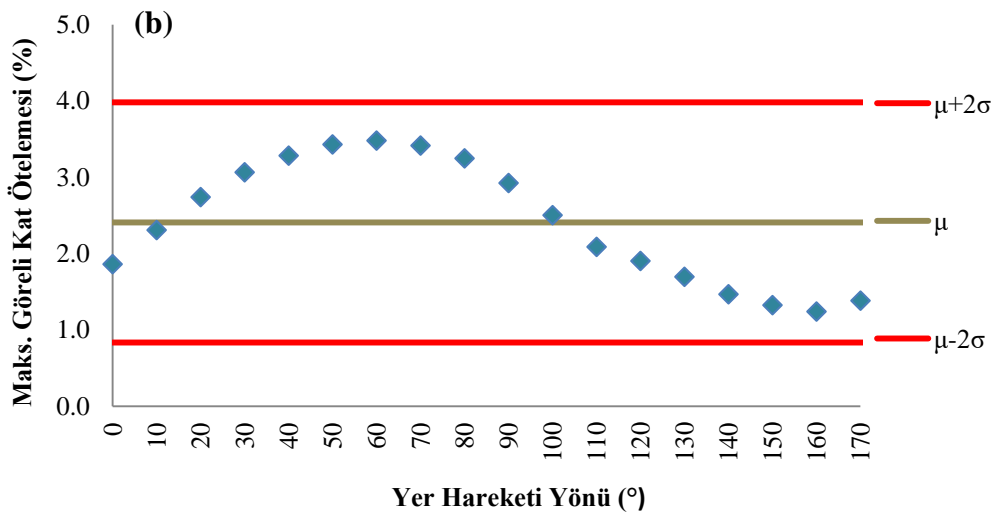
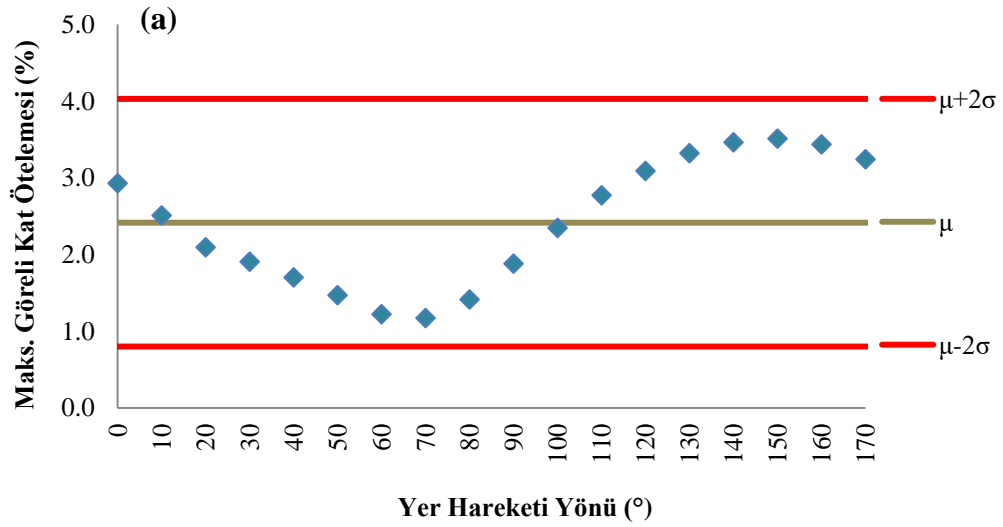




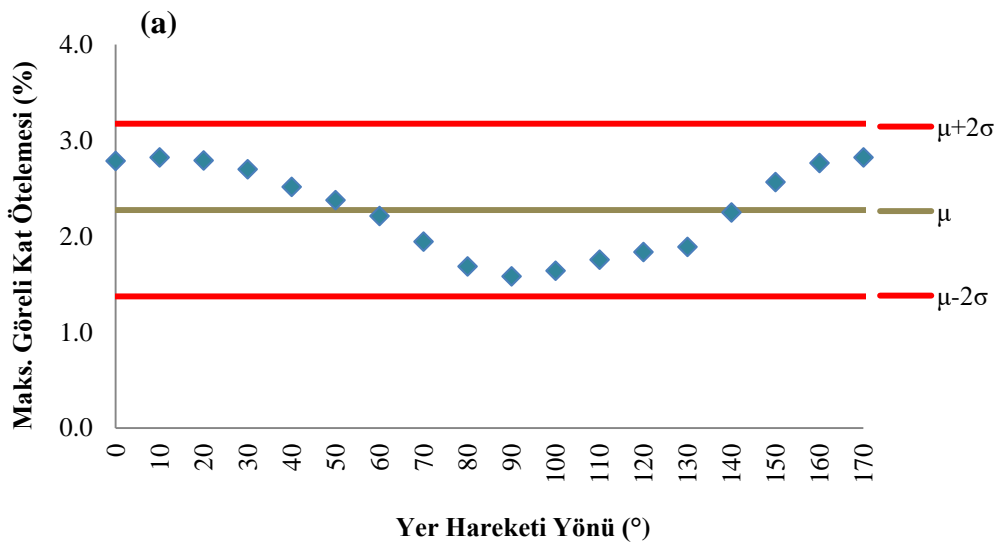
Şekil K.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

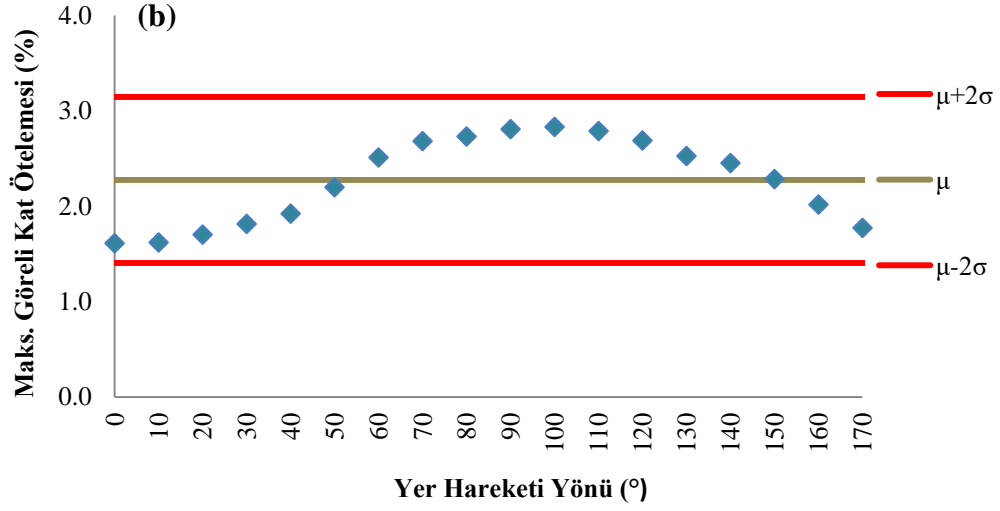


Şekil K.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

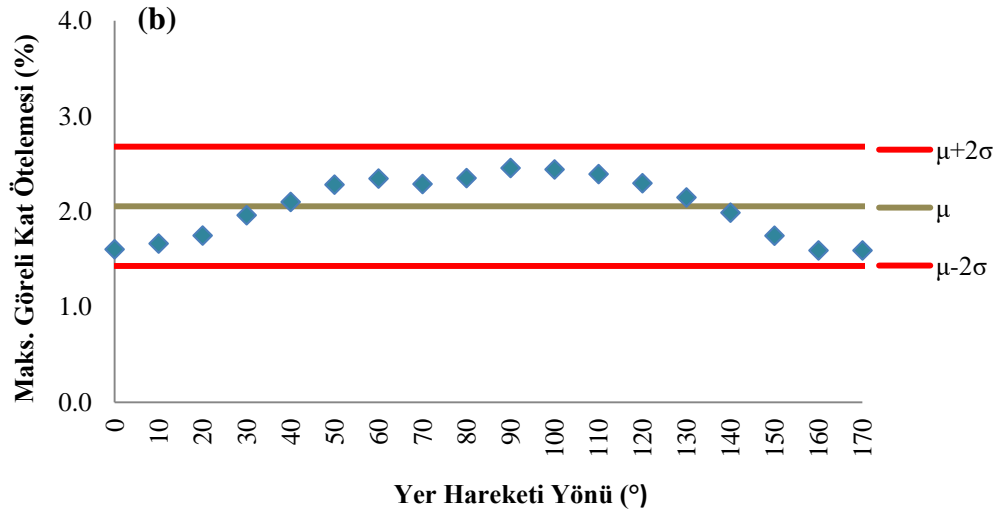
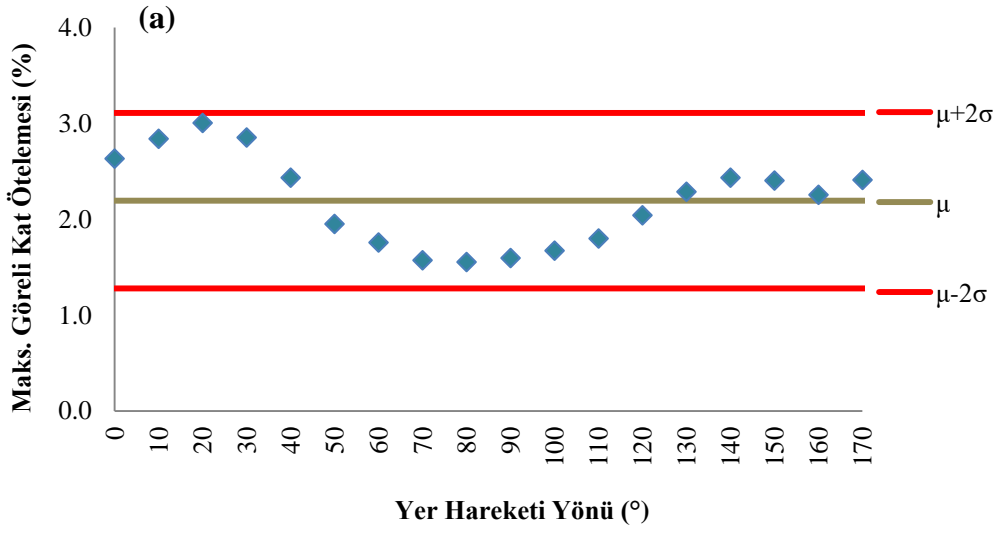


Şekil K.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

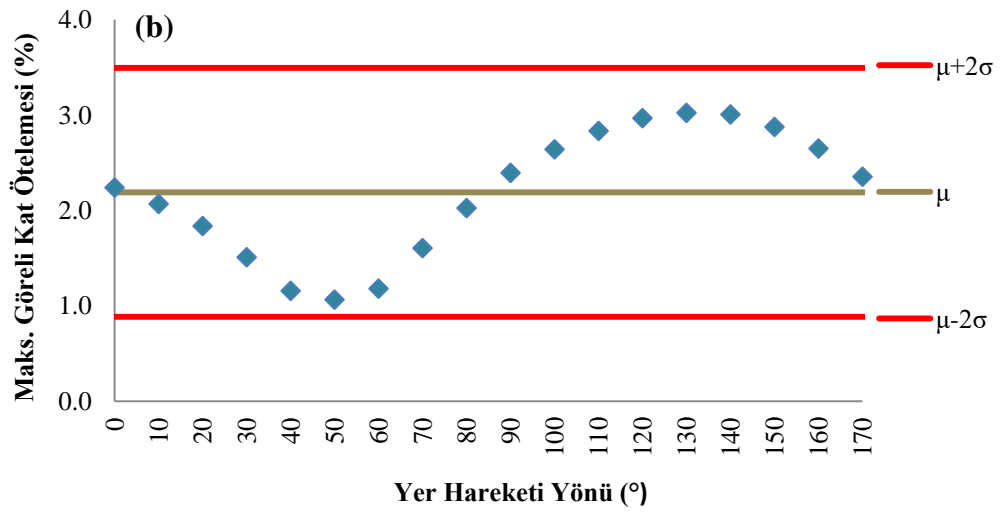
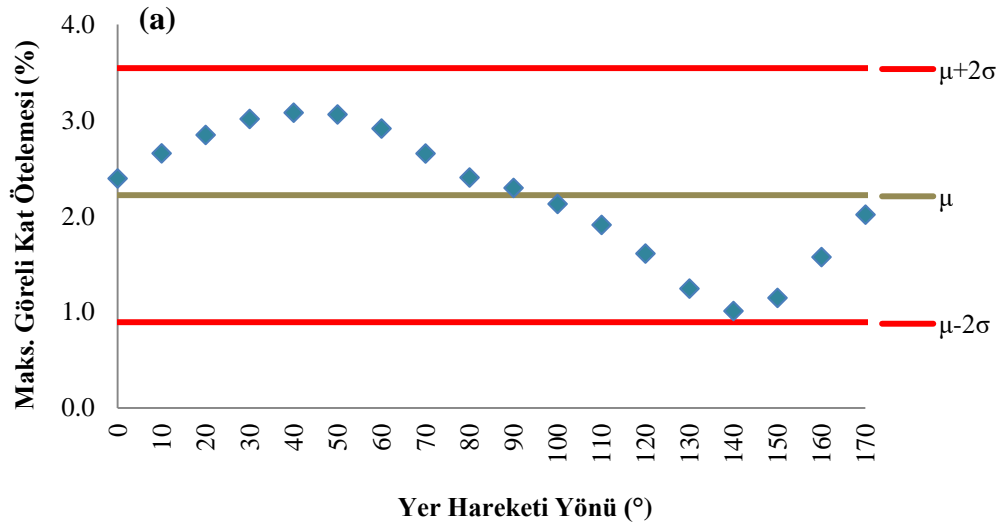




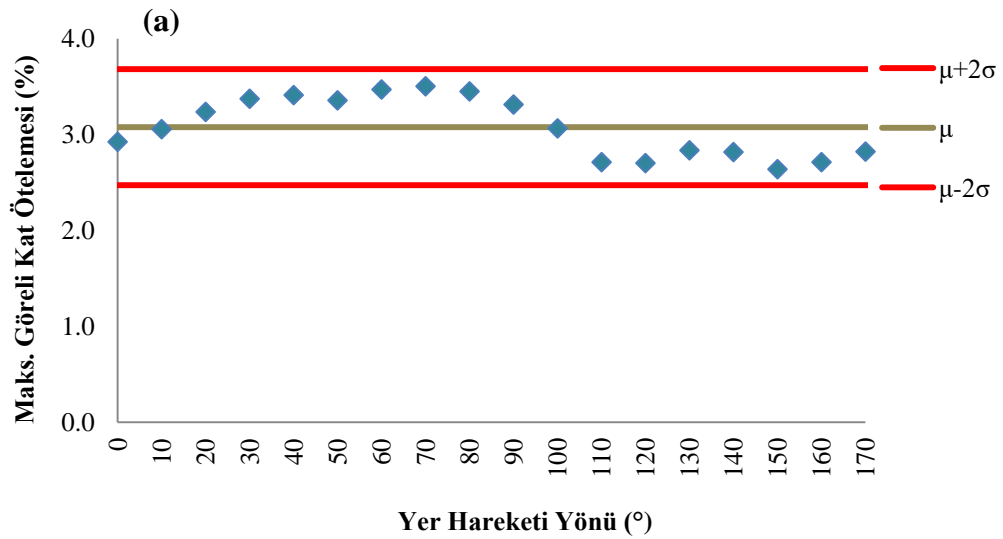
Şekil K.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

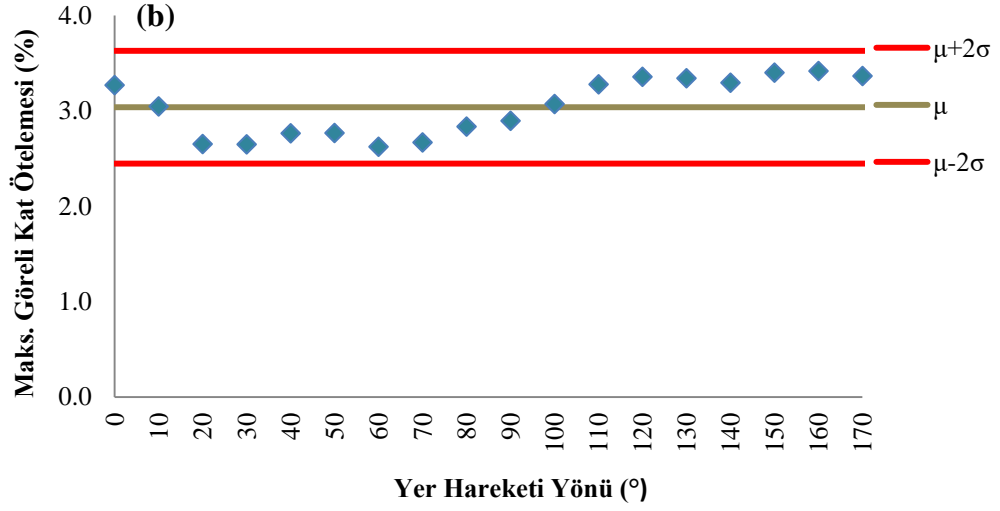


Şekil K.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

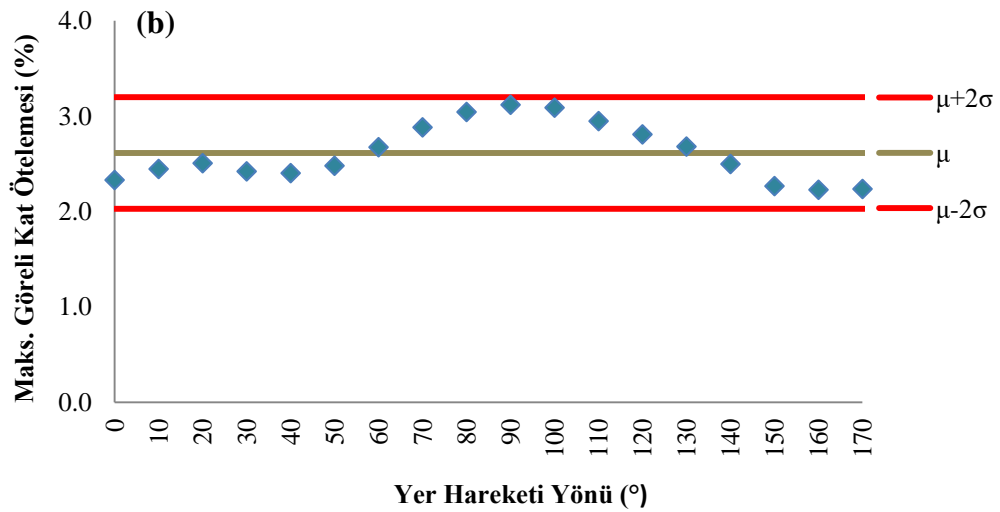
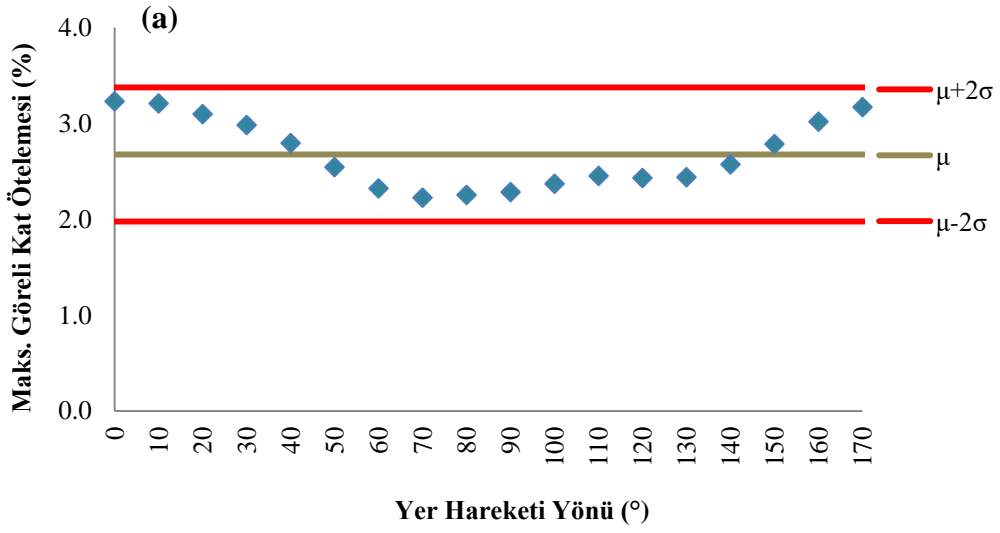


Şekil K.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

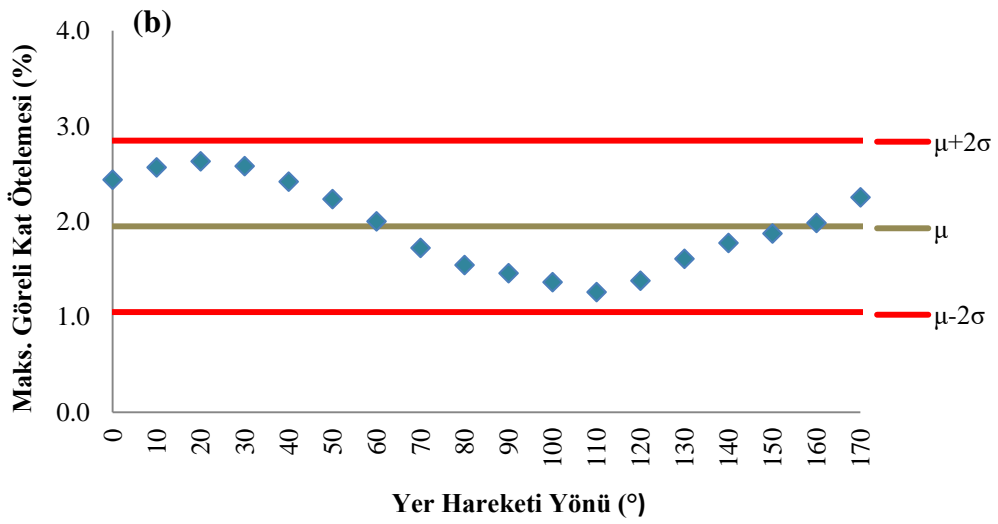
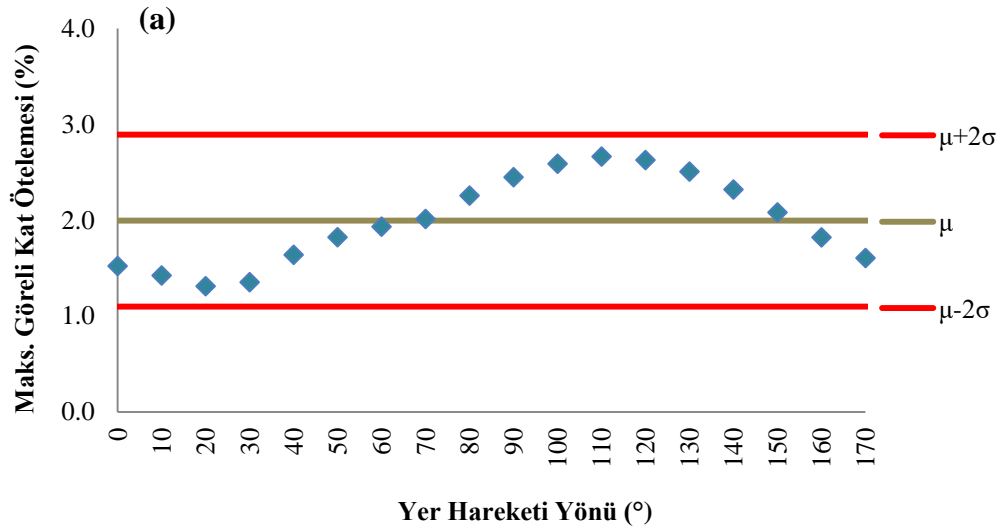




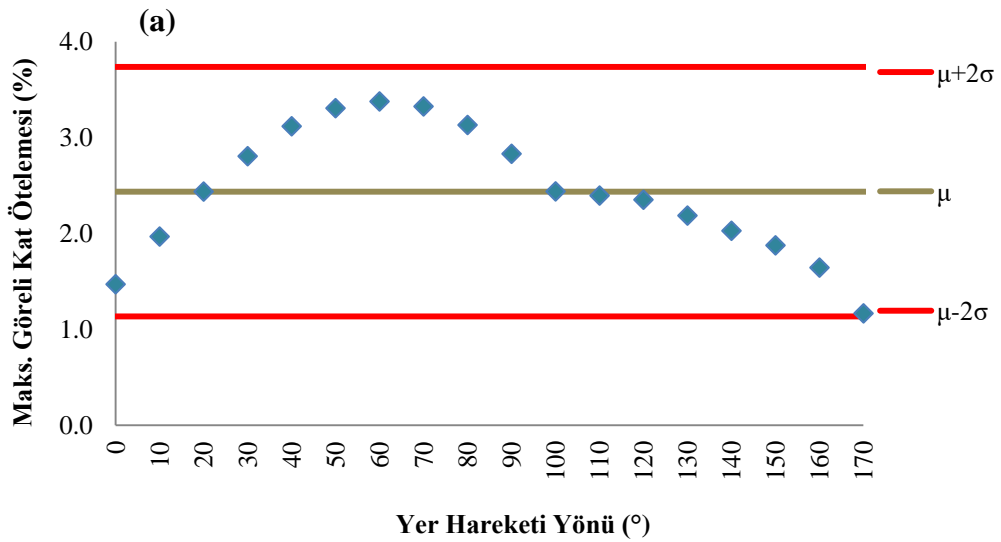
Şekil K.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

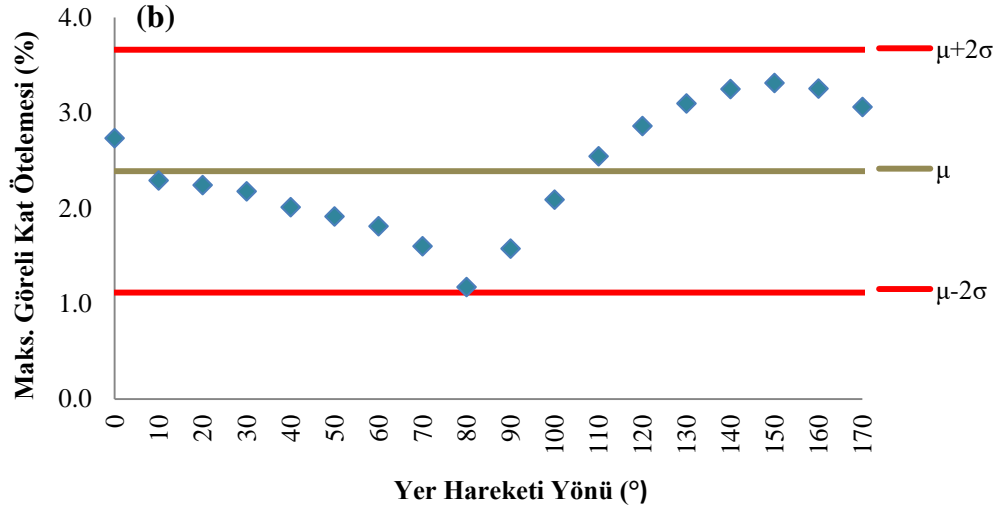


Şekil K.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

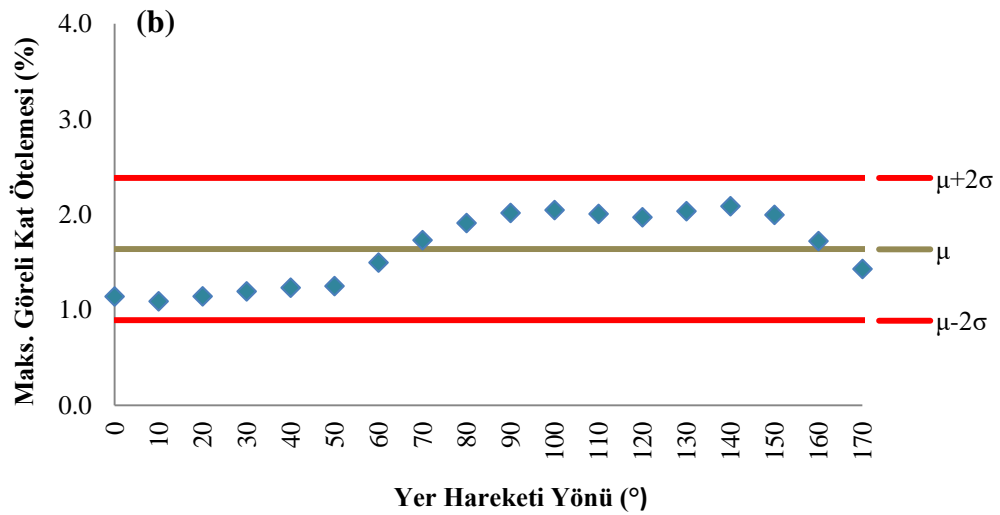
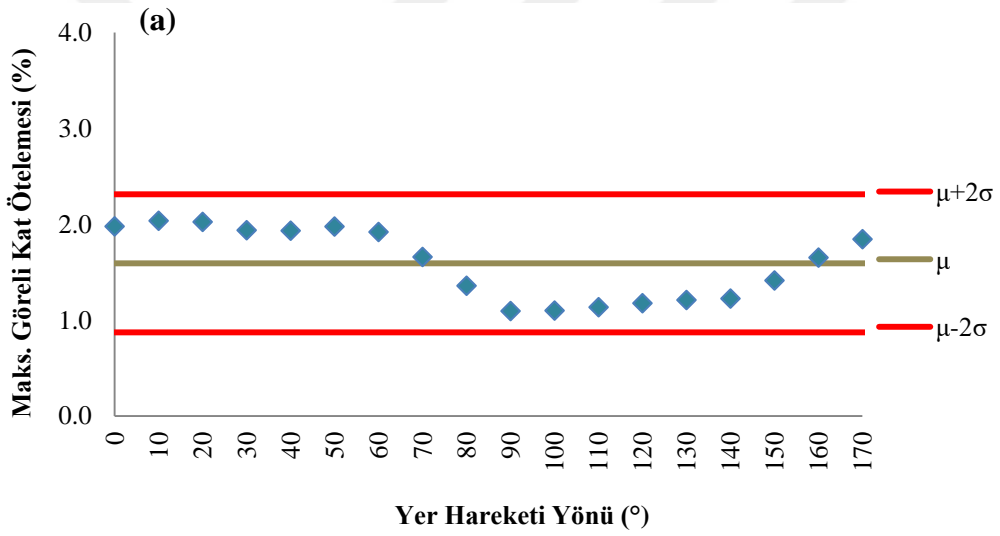


Şekil K.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

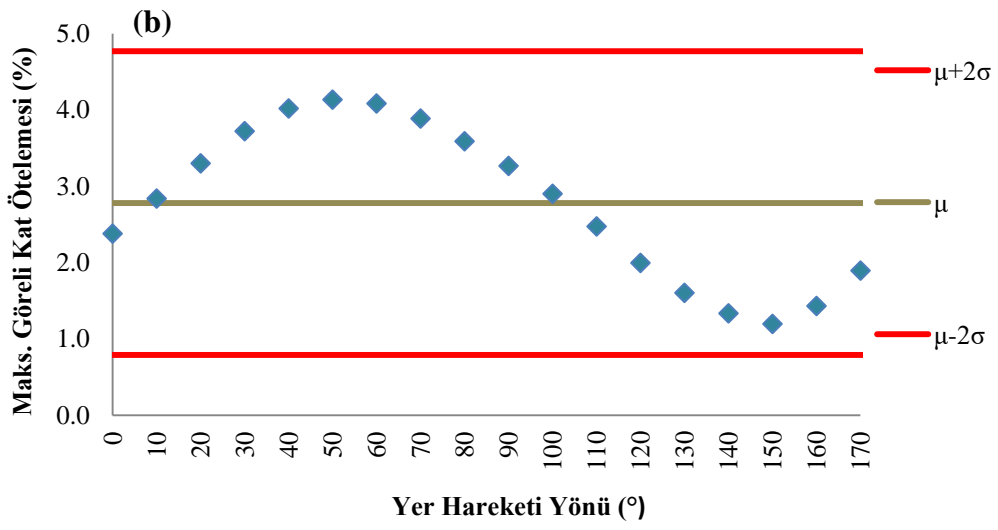
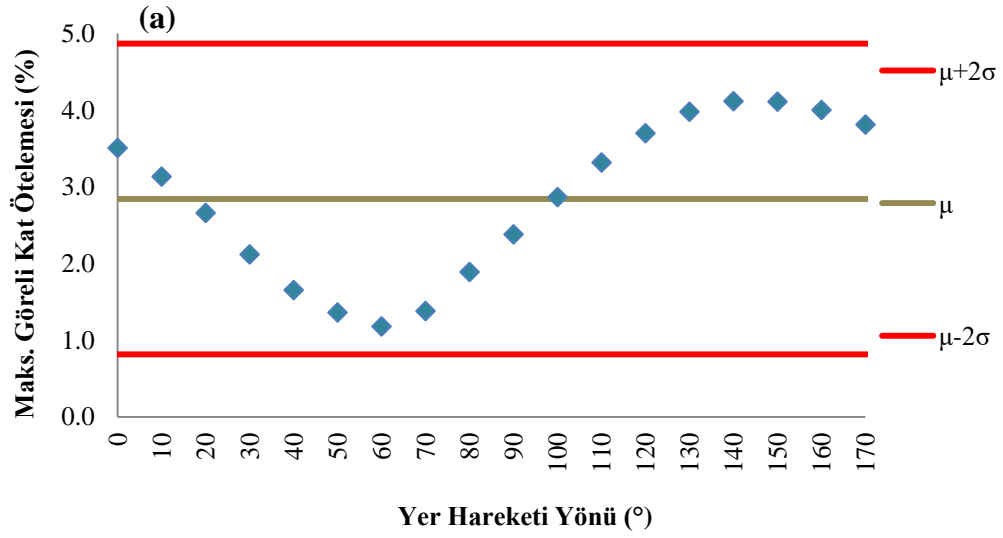




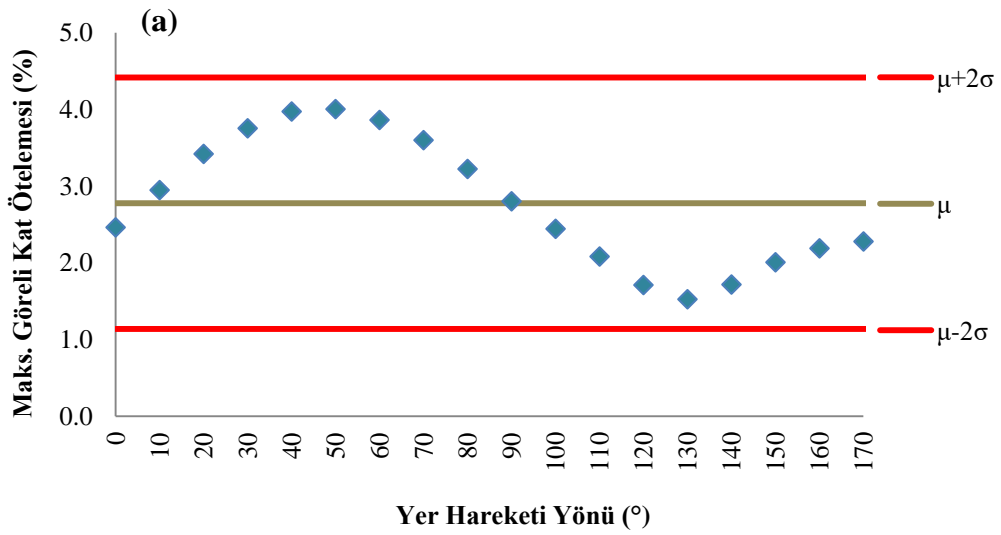
Şekil K.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

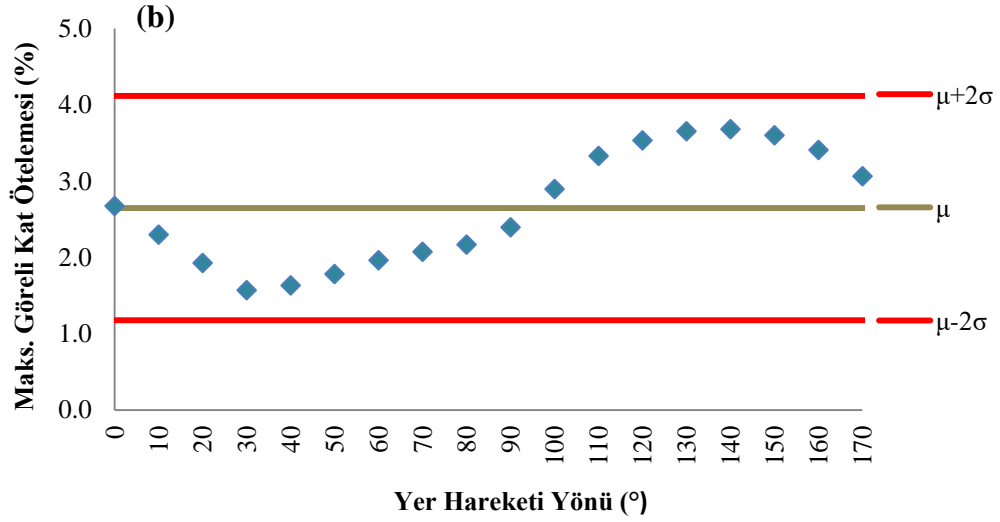


Şekil K.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

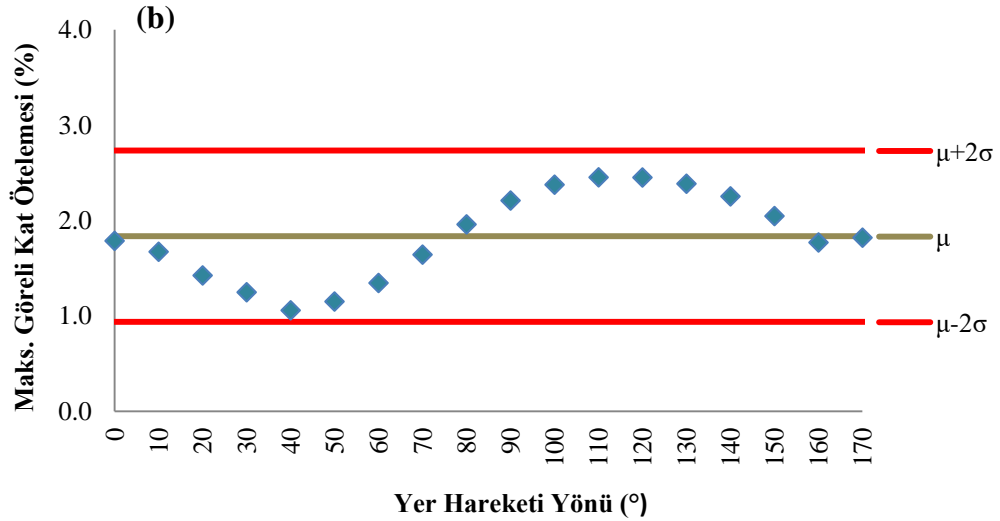
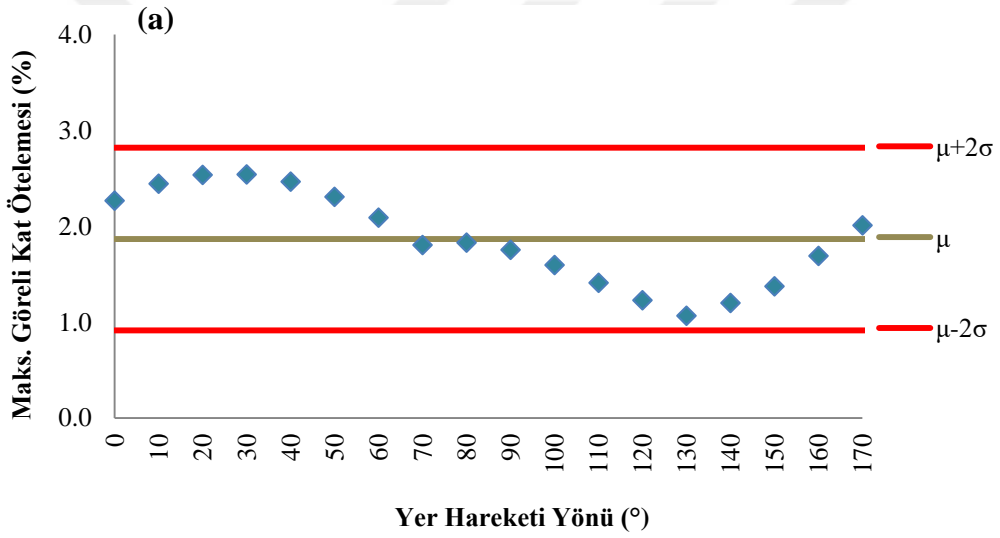


Şekil K.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

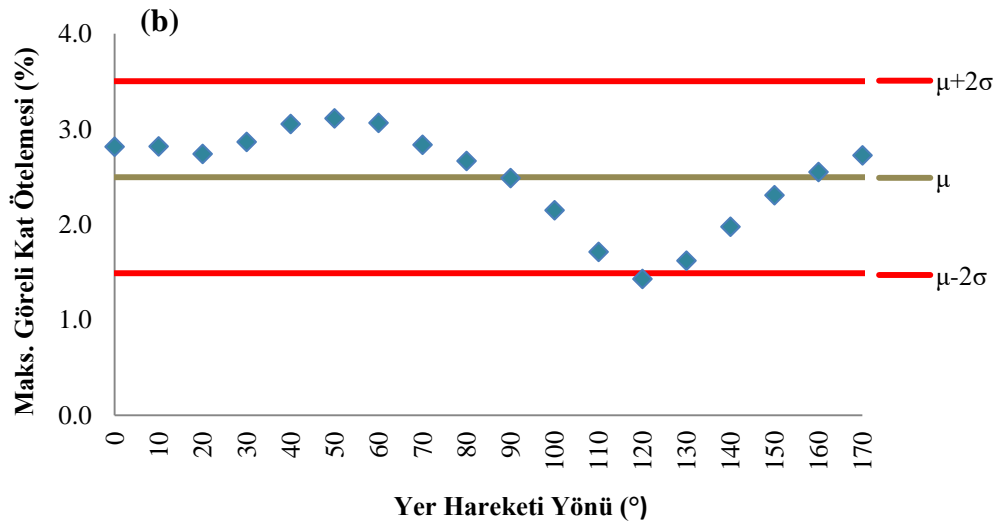
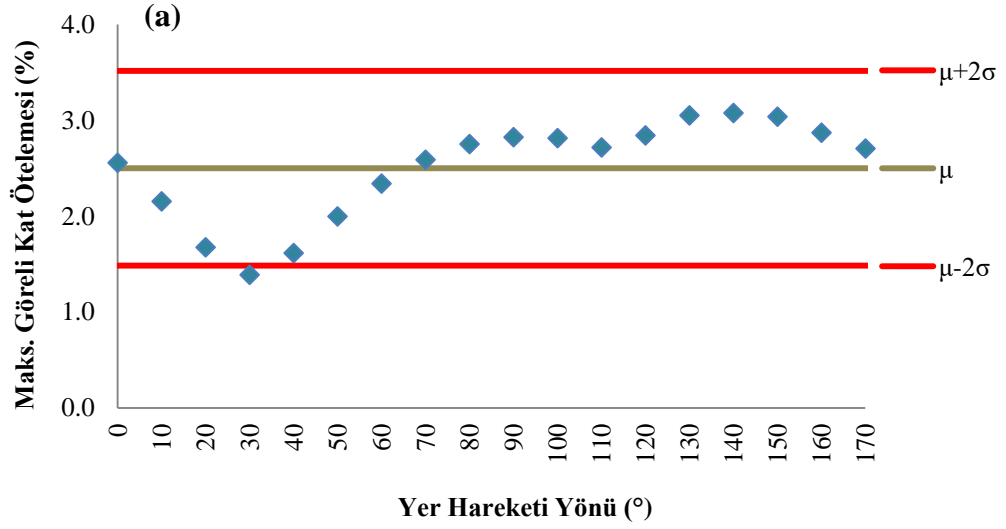




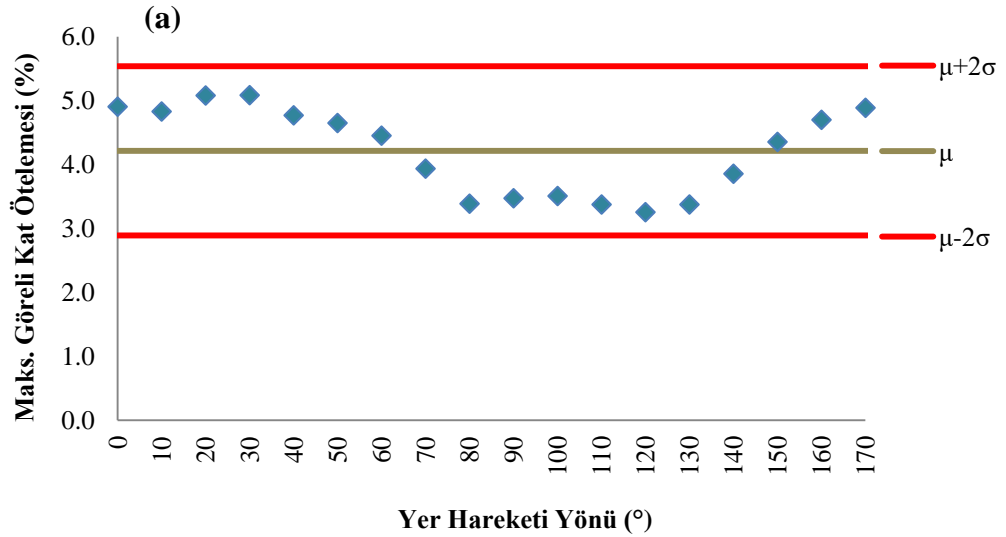
Şekil K.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

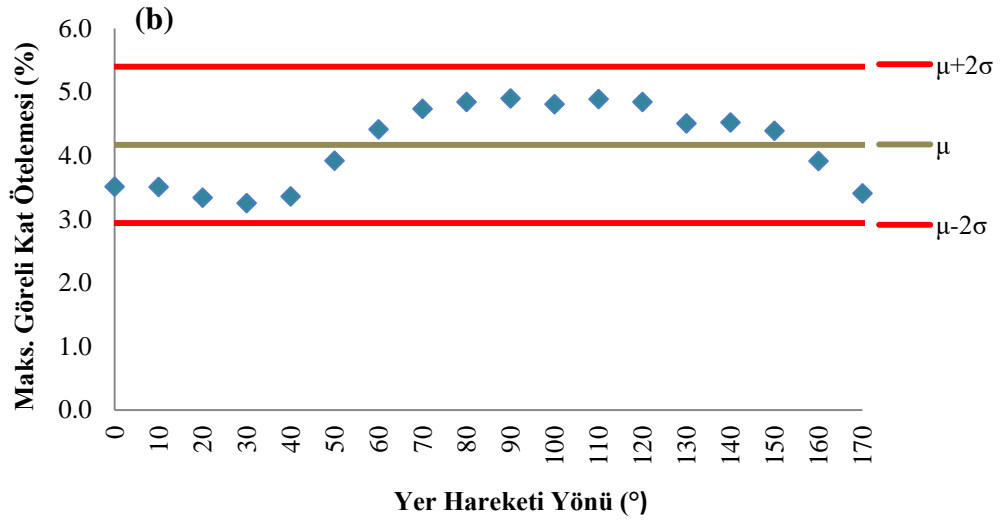


Şekil K.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

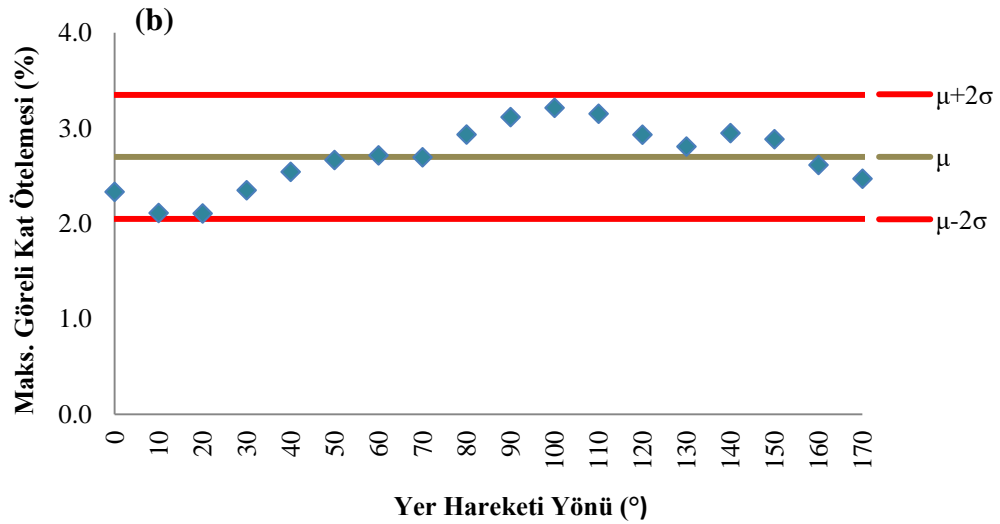
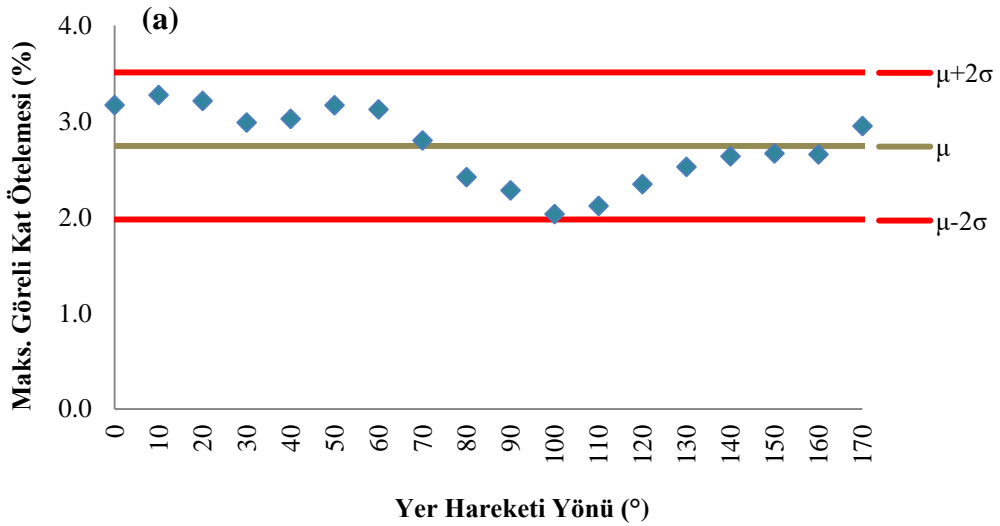


Şekil K.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.





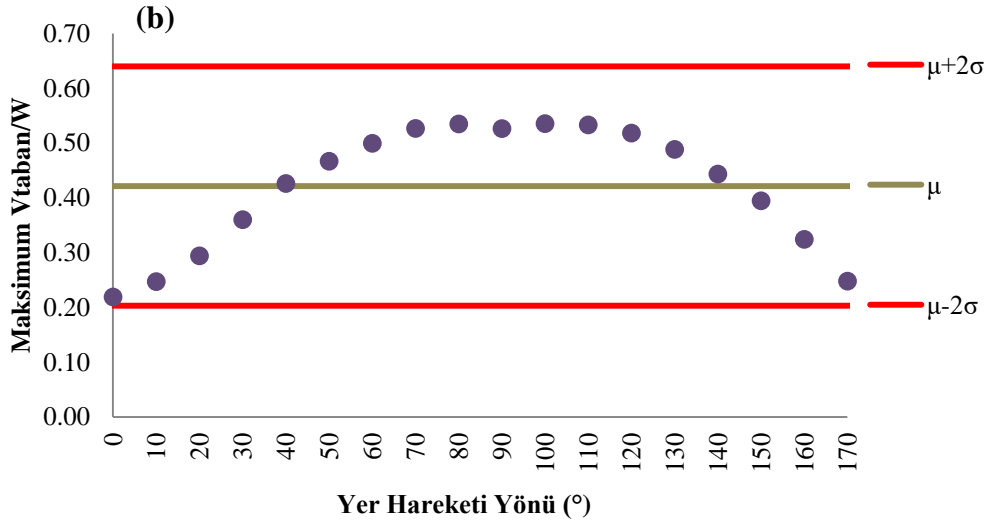
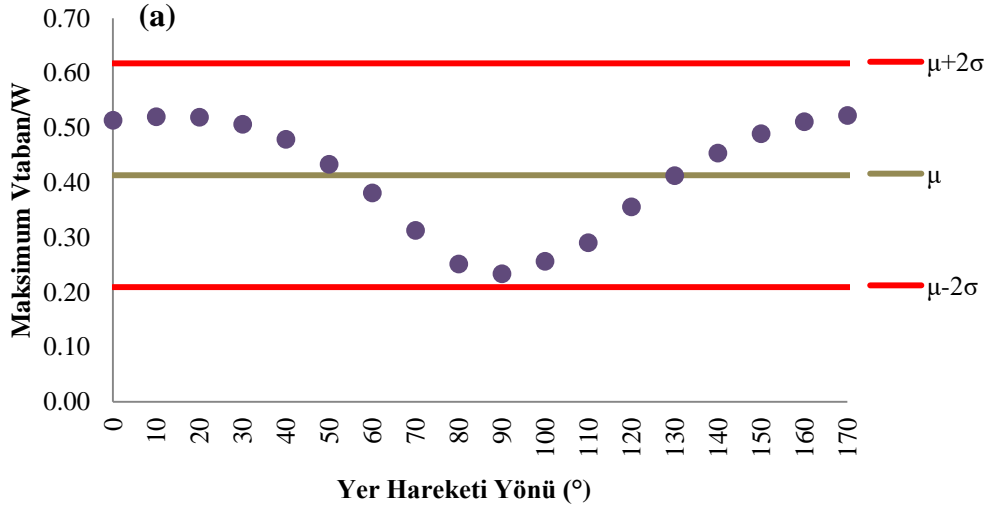
Şekil K.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



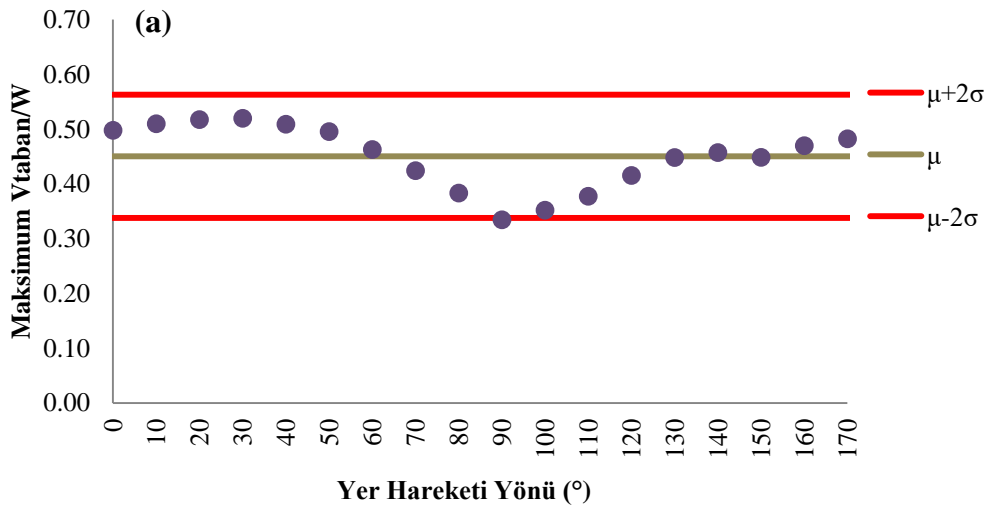
Şekil K.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

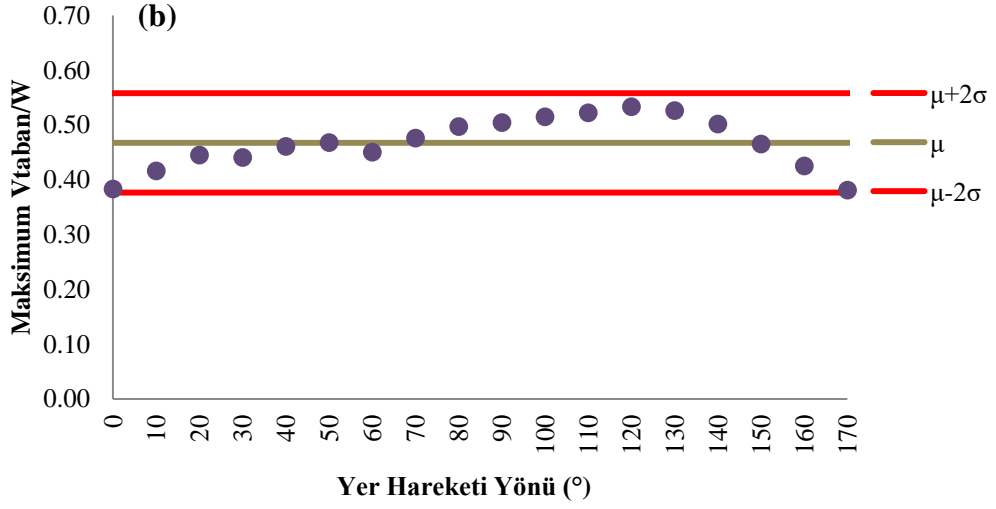
EK L: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 2: 50 yılda aşılma olasılığı %10 – Yer hareketi yönünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi.



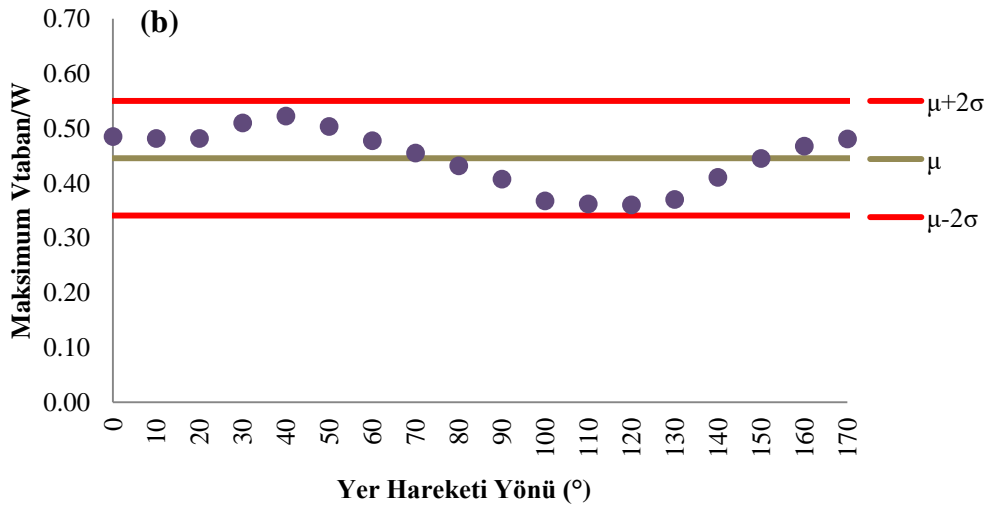
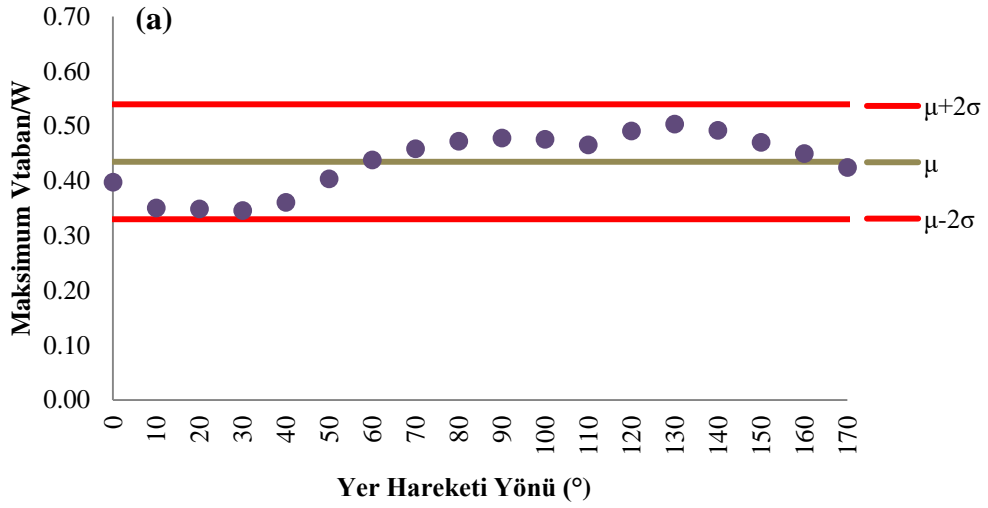
EK-L

Şekil L.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

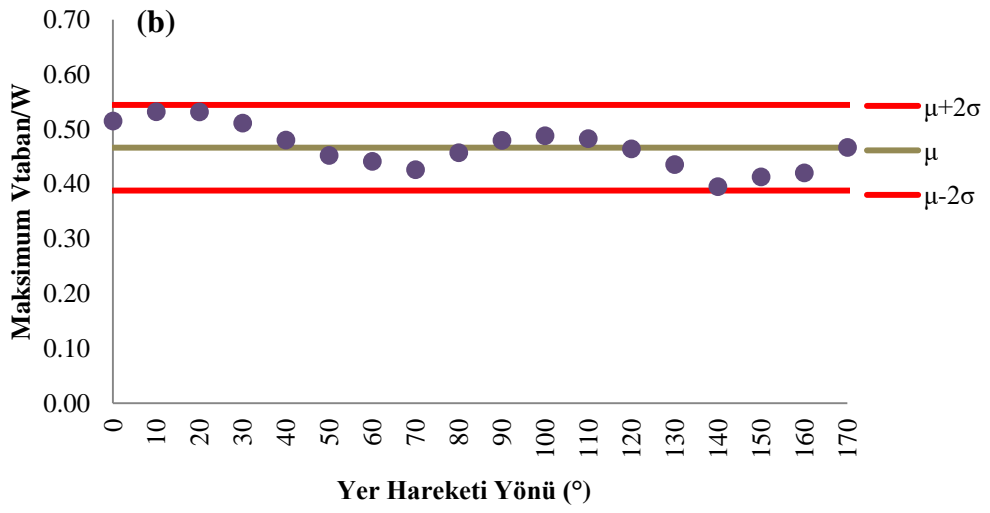
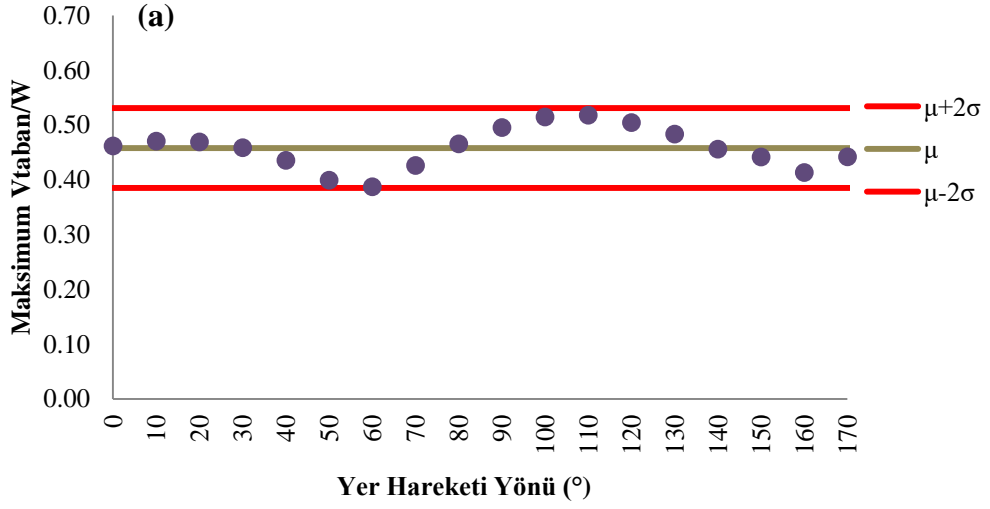




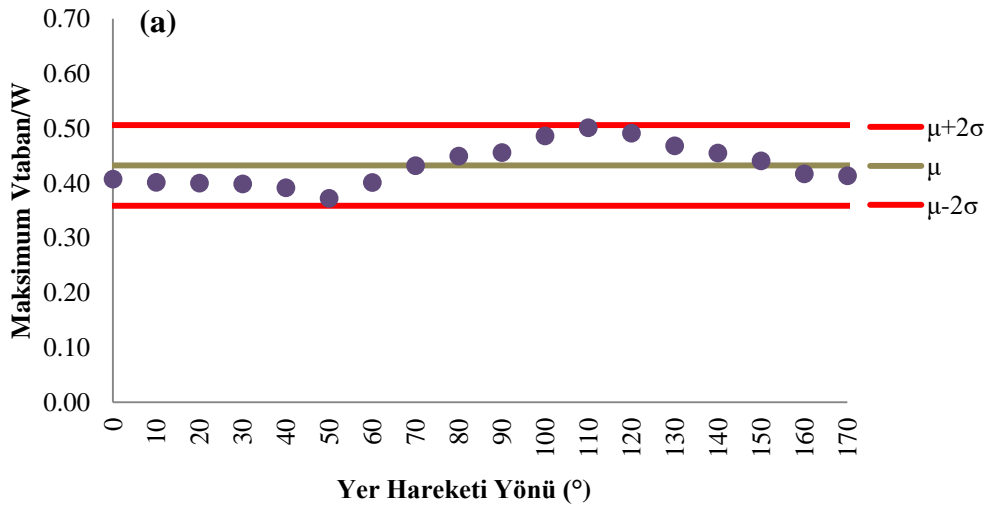
Şekil L.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

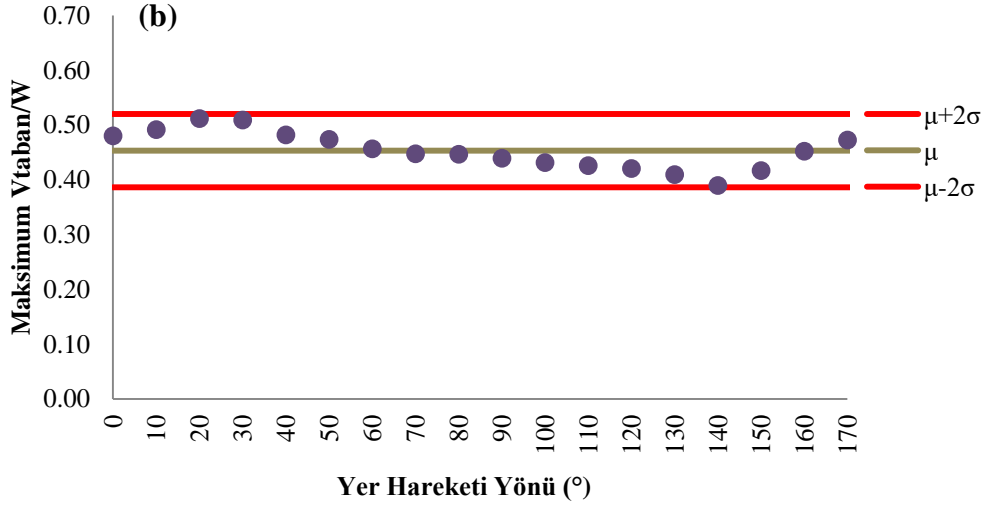


Şekil L.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

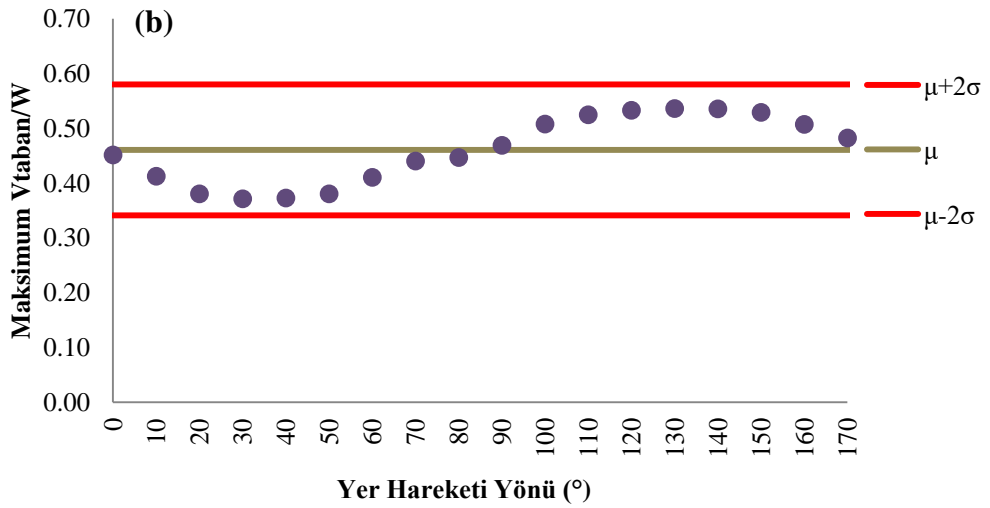
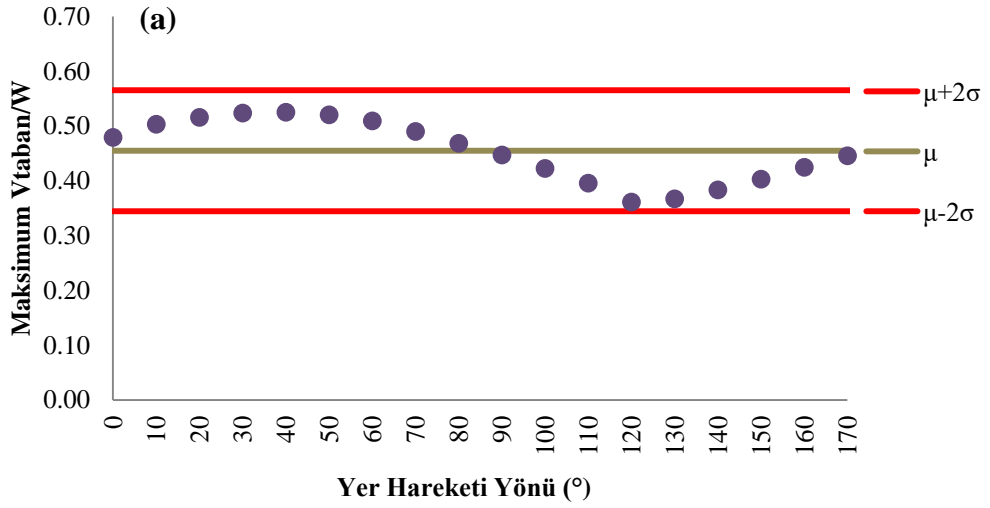


Şekil L.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

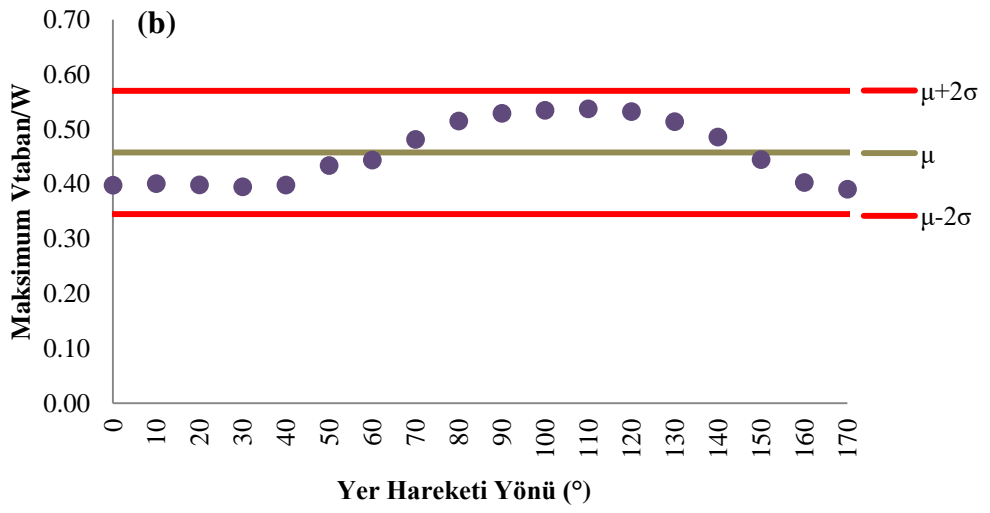
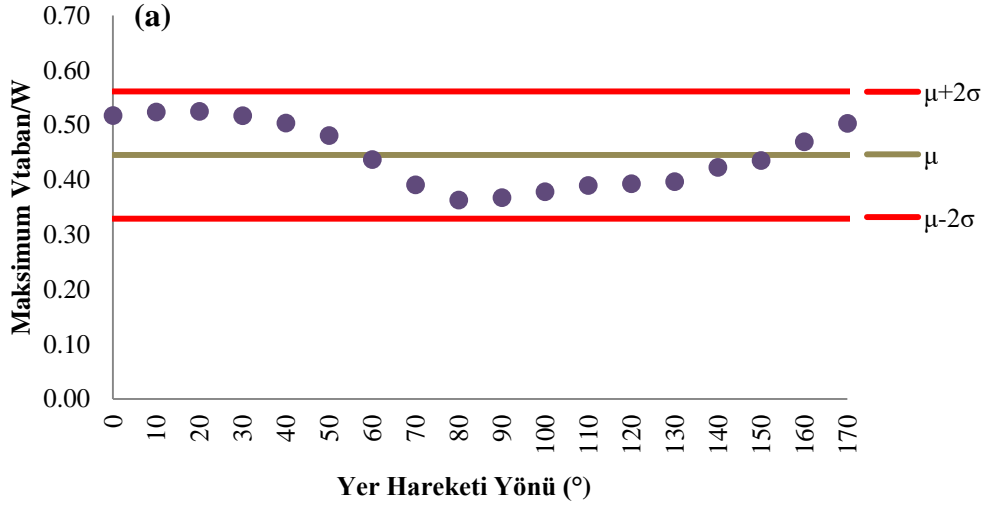




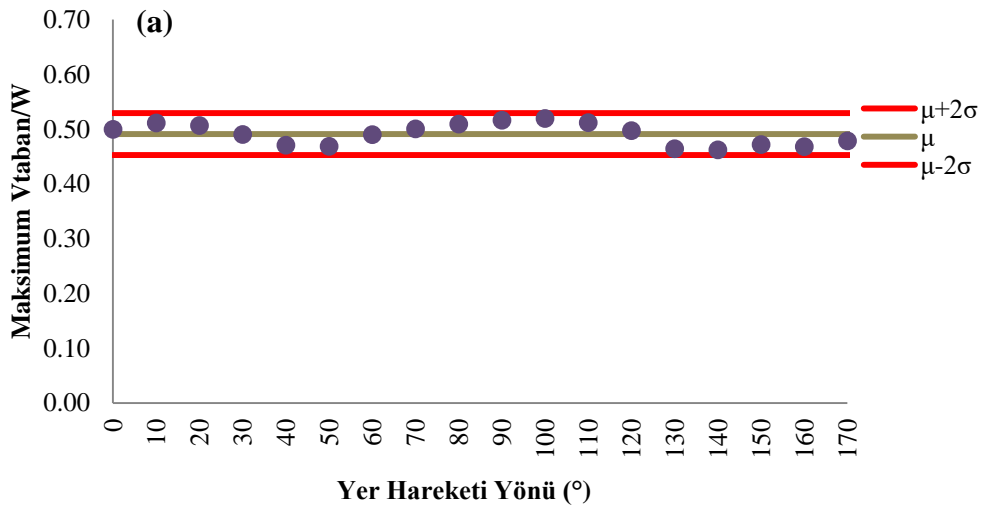
Şekil L.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

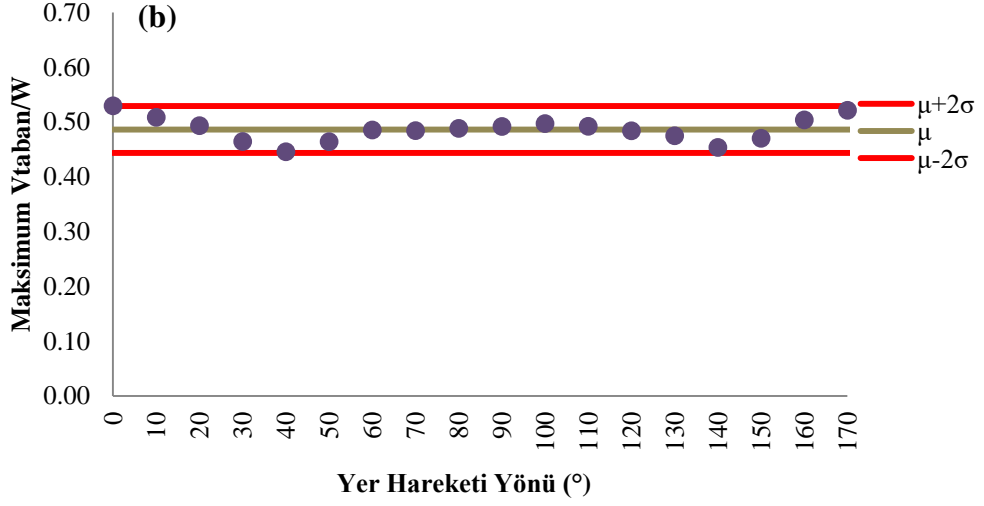


Şekil L.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

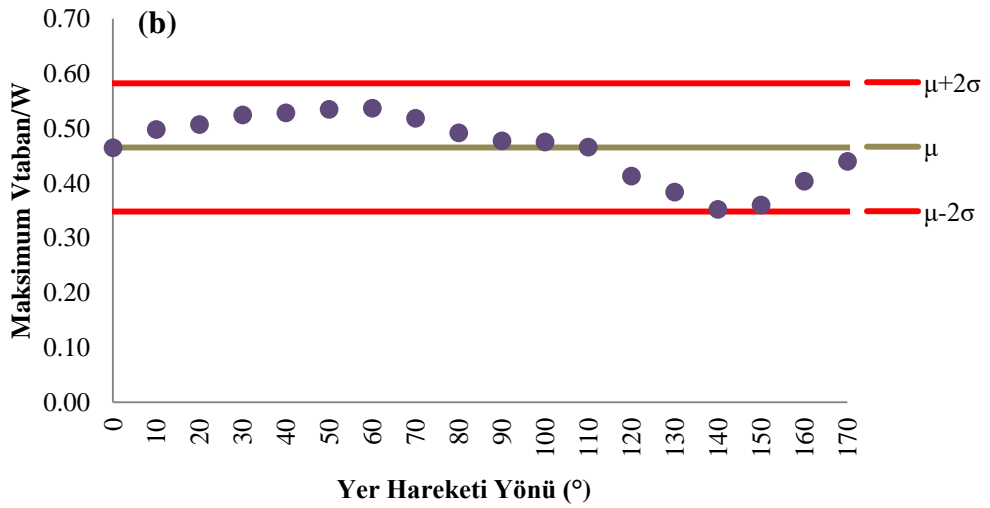
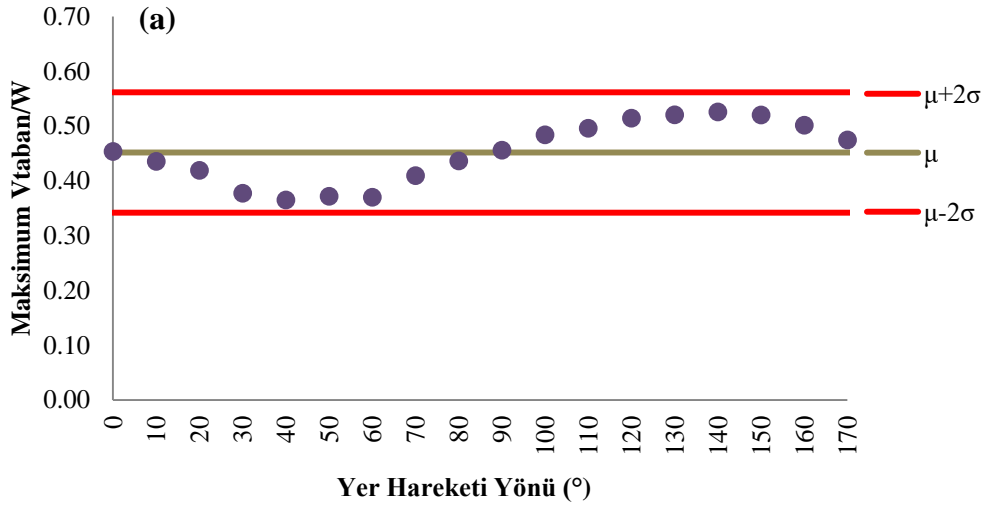


Şekil L.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

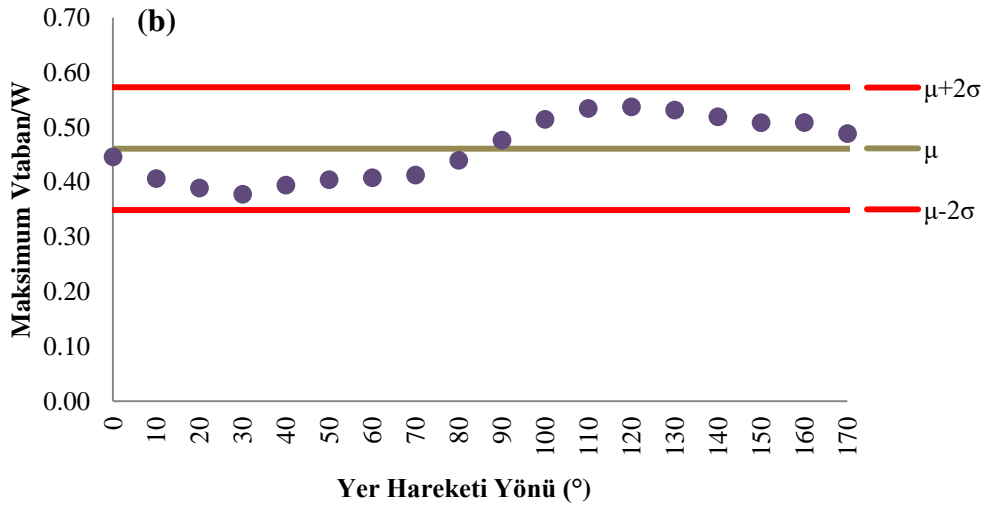
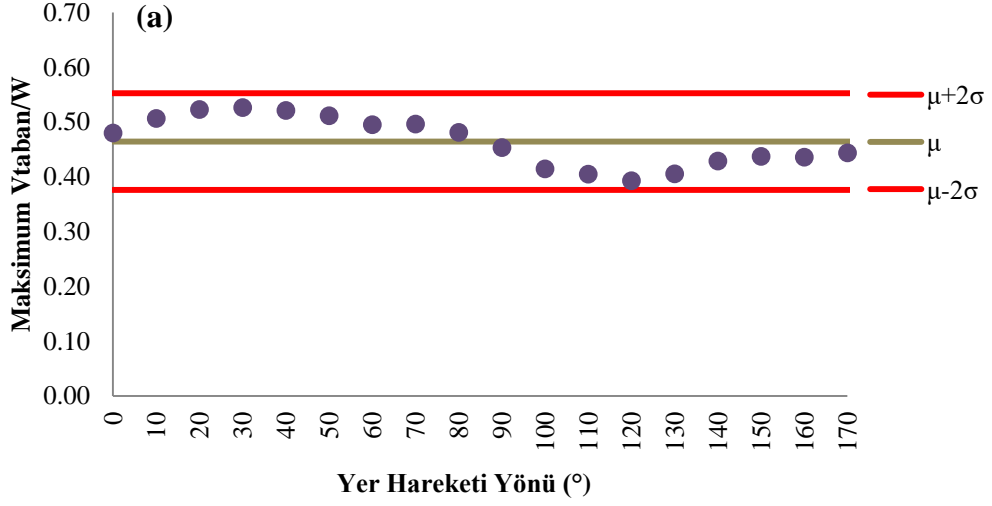




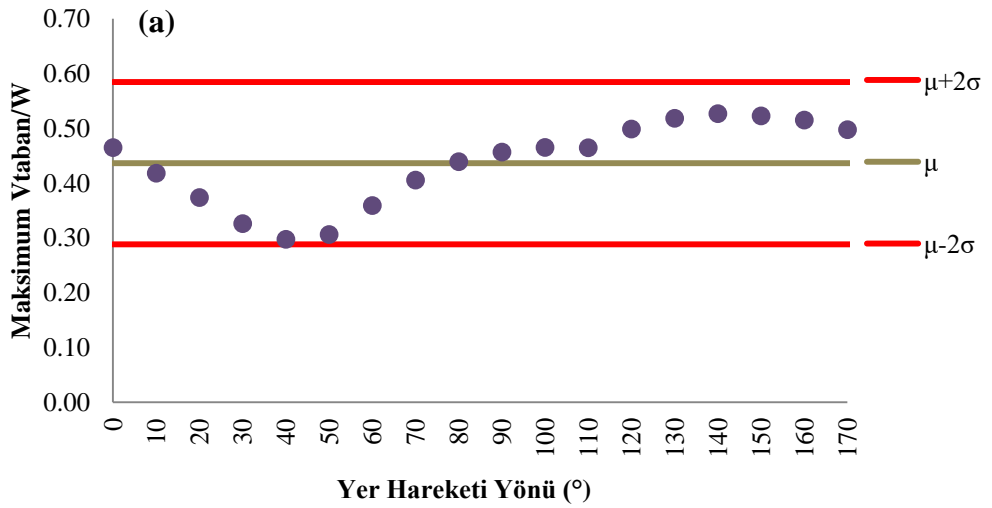
Şekil L.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

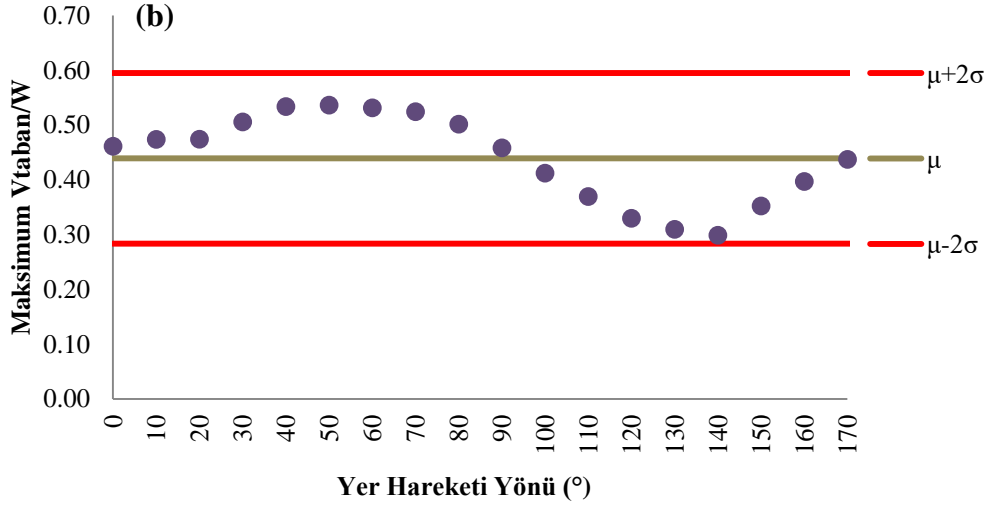


Şekil L.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

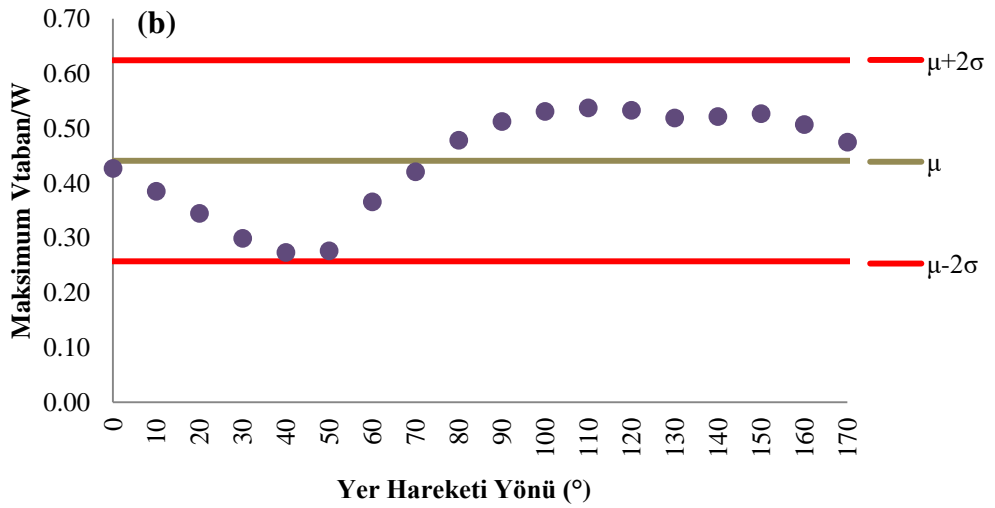
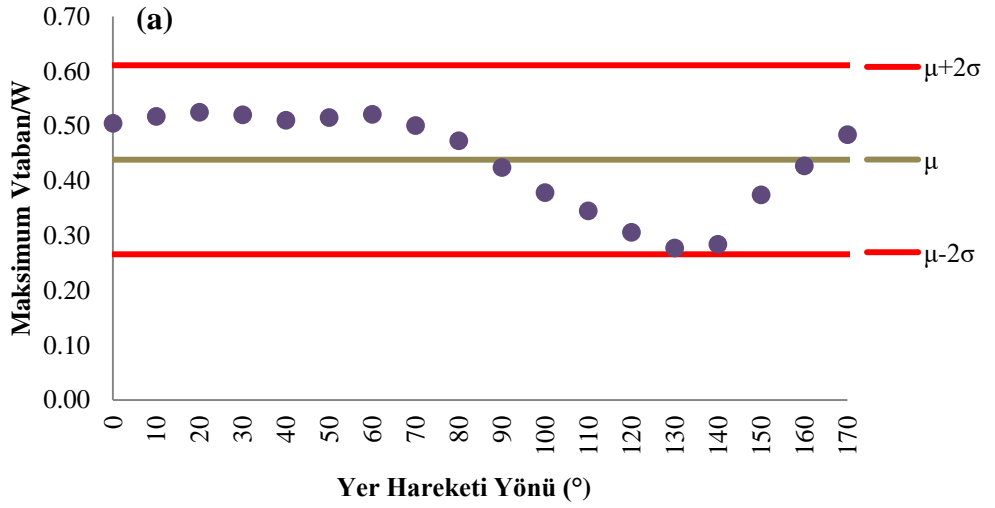


Şekil L.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

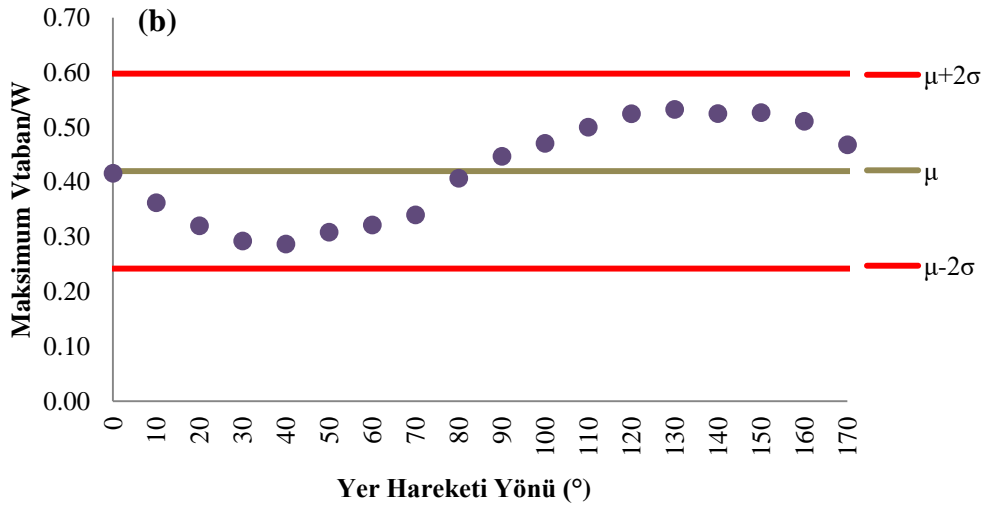
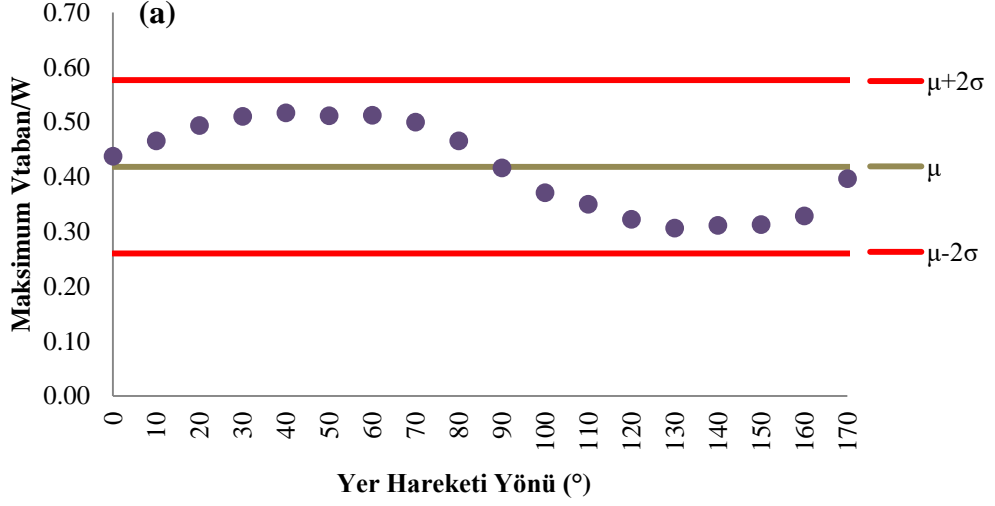




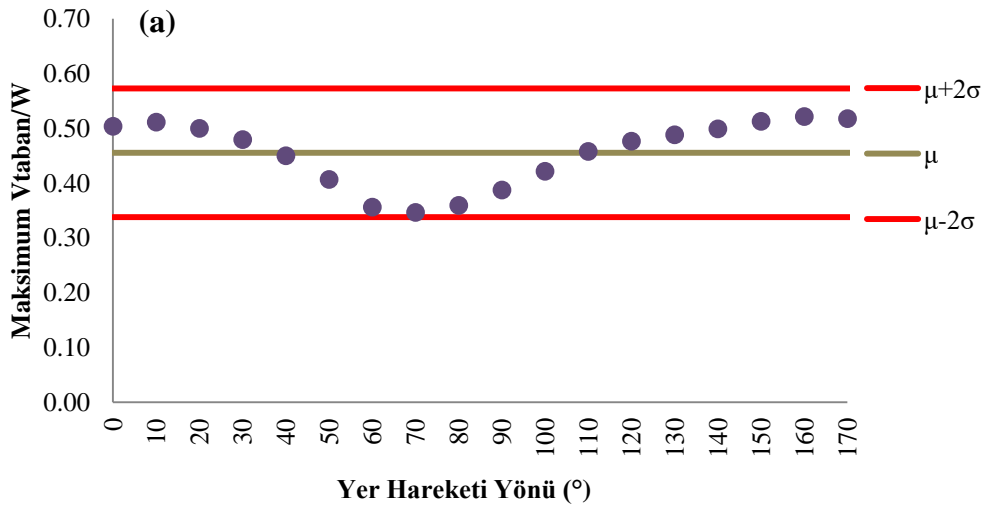
Şekil L.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

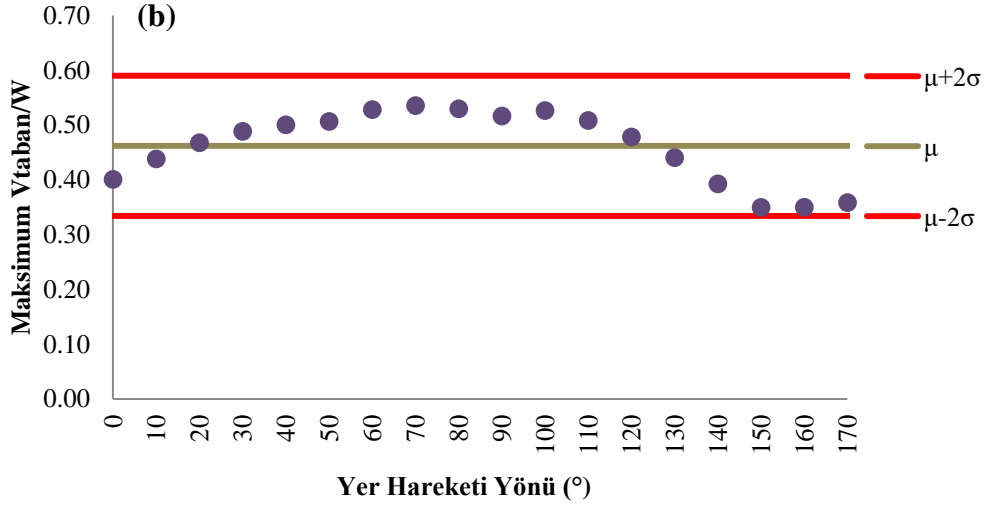


Şekil L.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

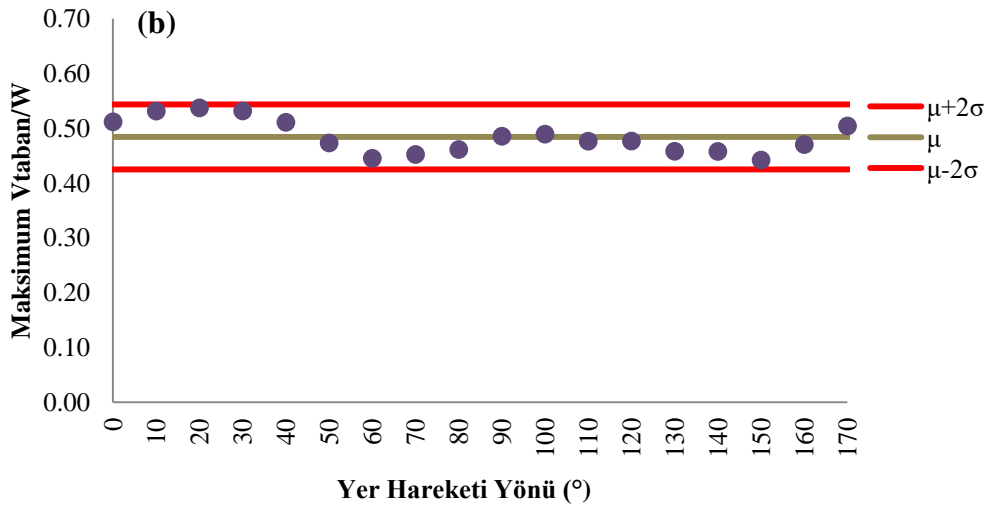
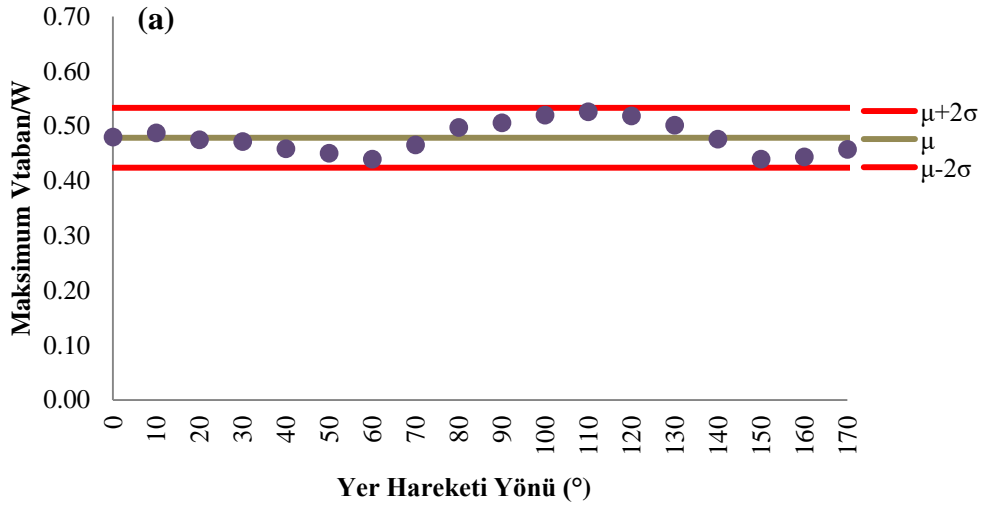


Şekil L.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

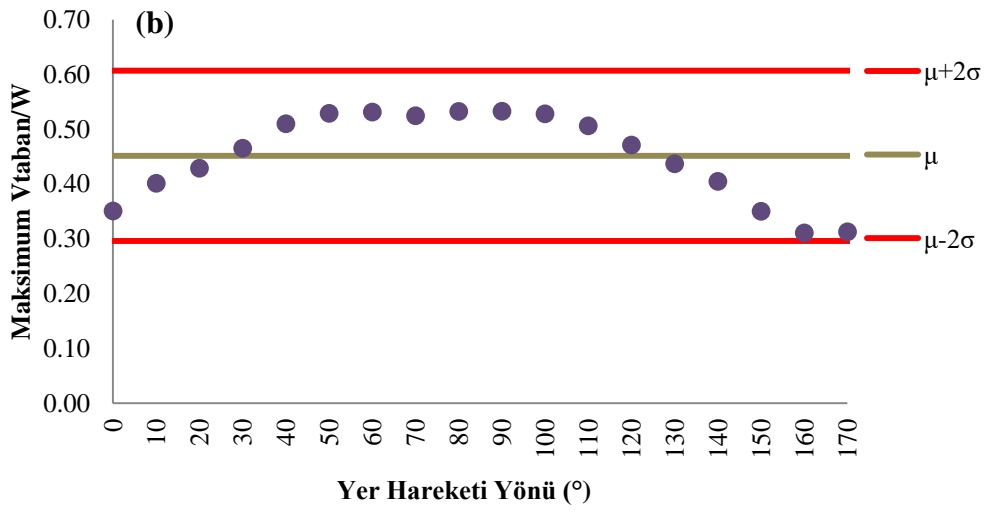
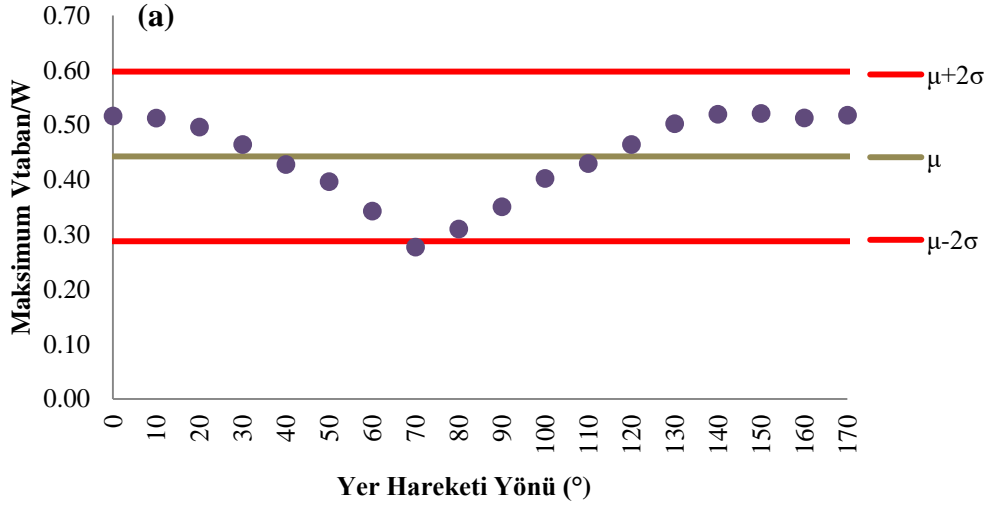




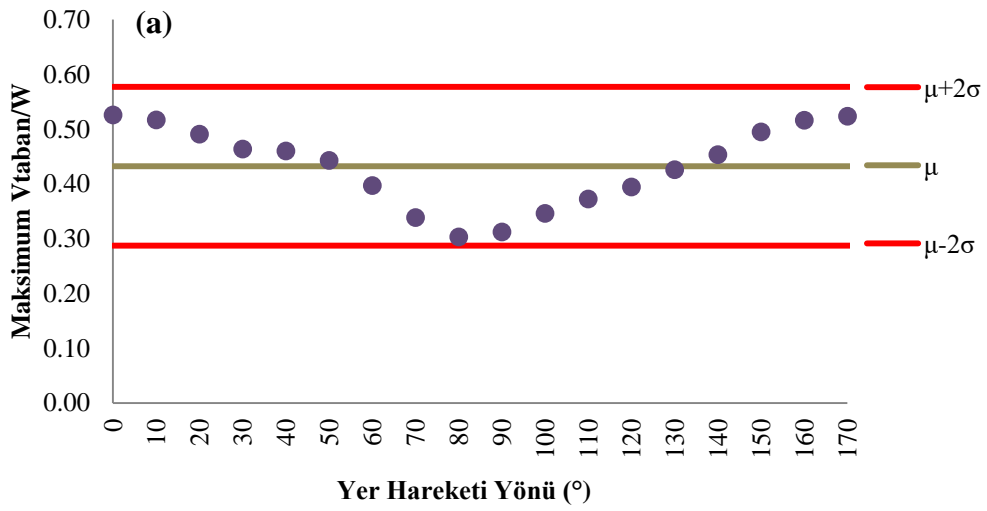
Şekil L.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

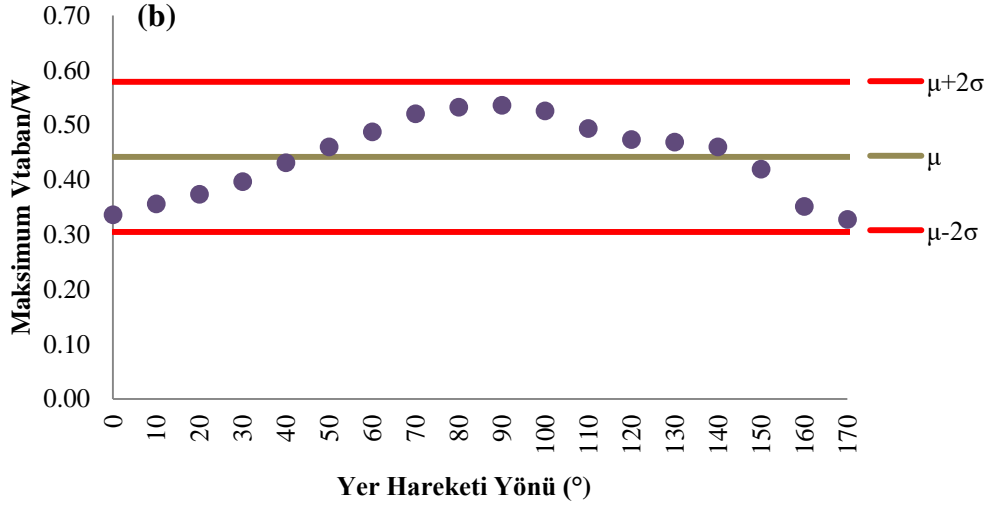


Şekil L.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

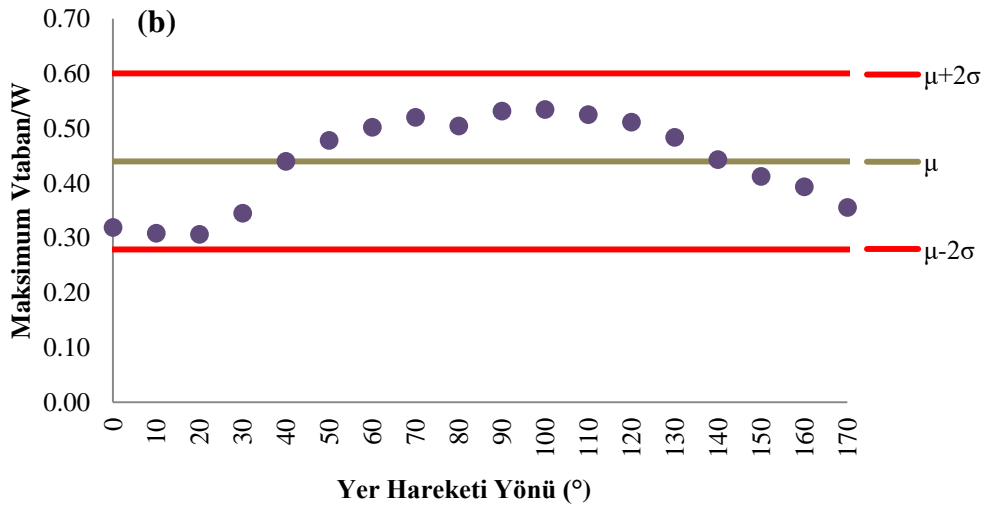
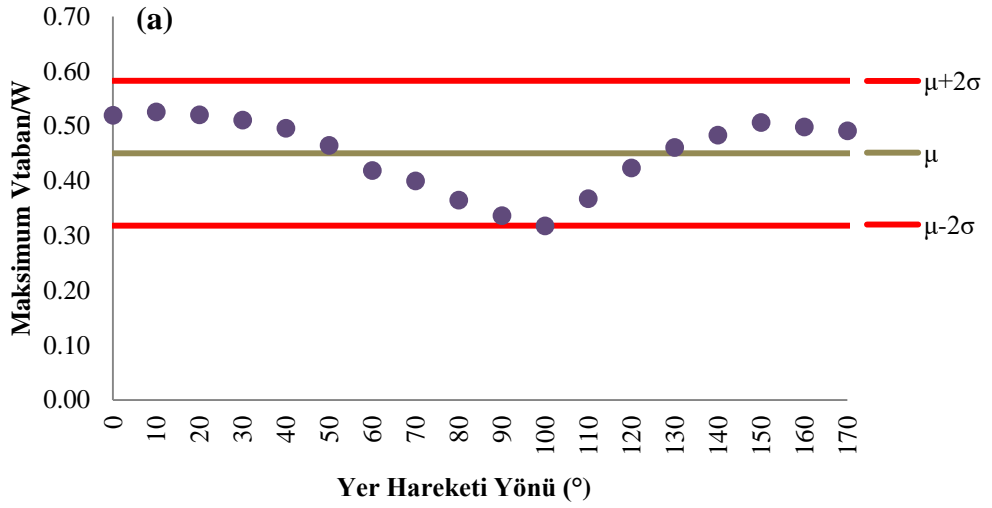


Şekil L.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

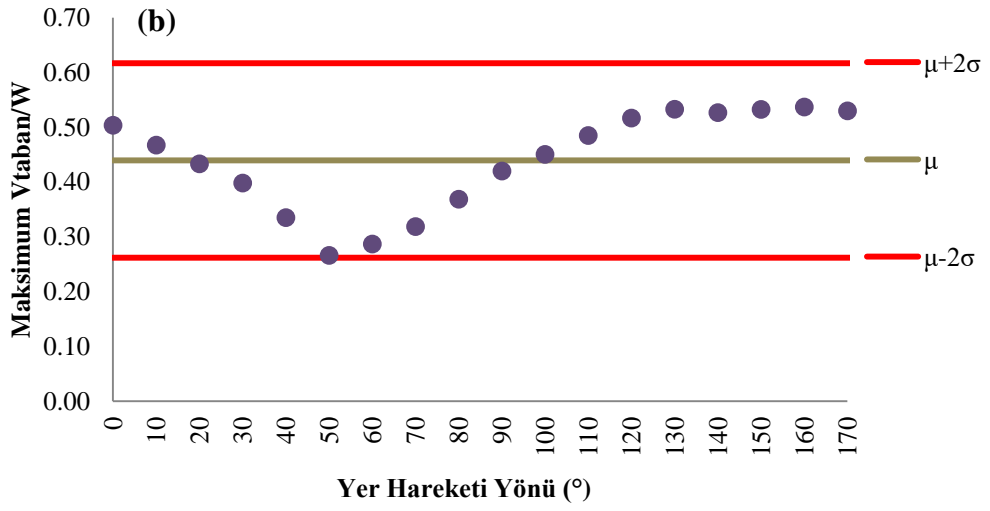
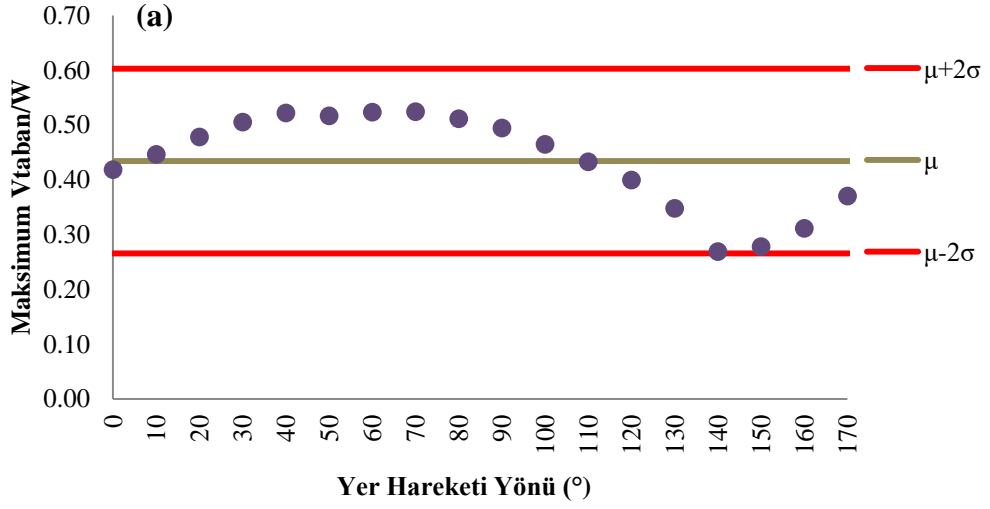




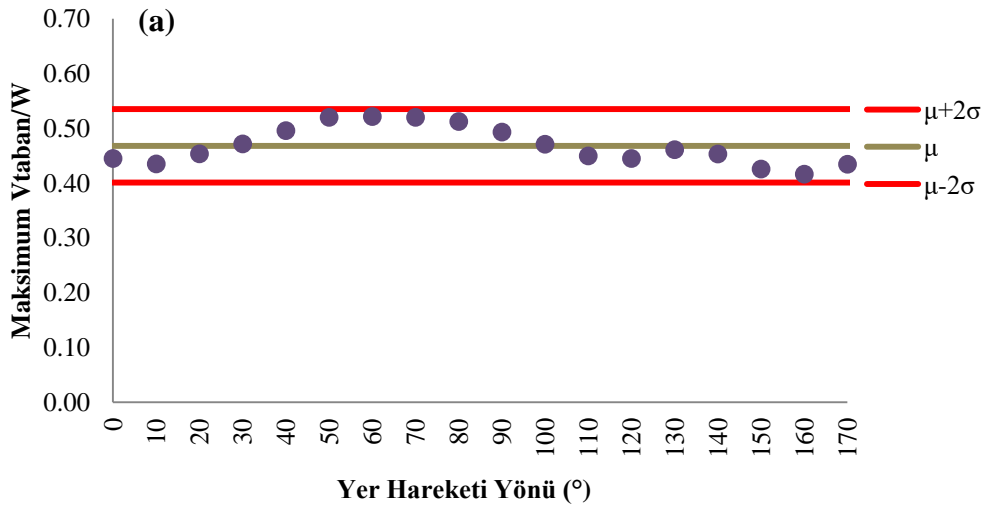
Şekil L.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

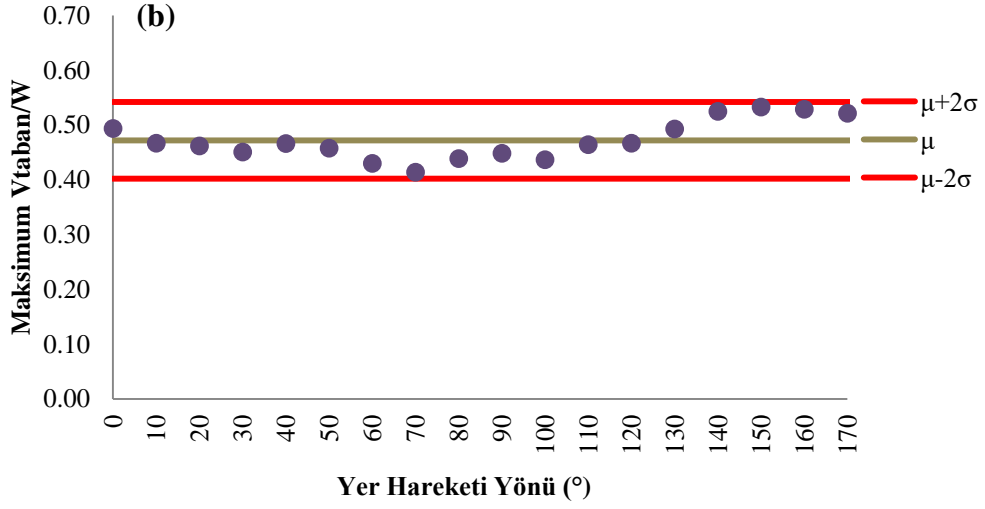


Şekil L.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

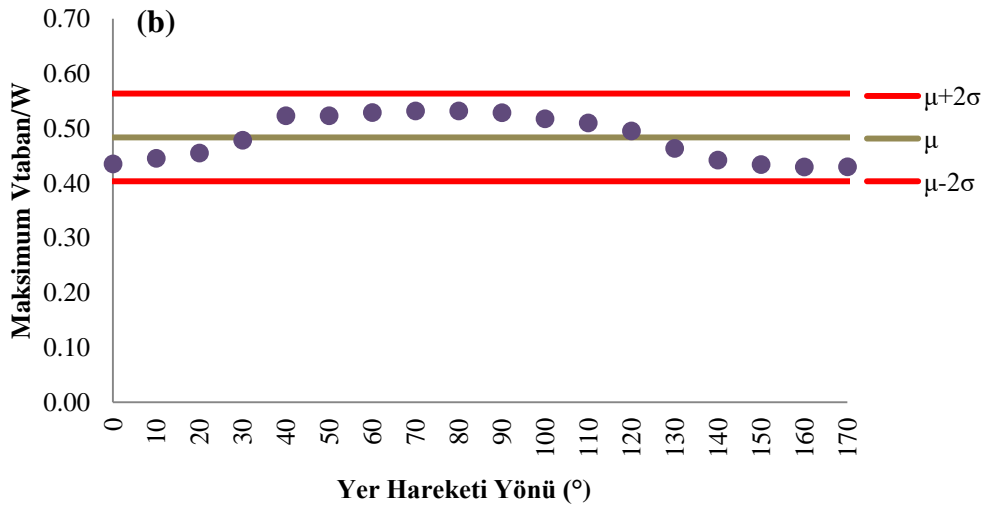
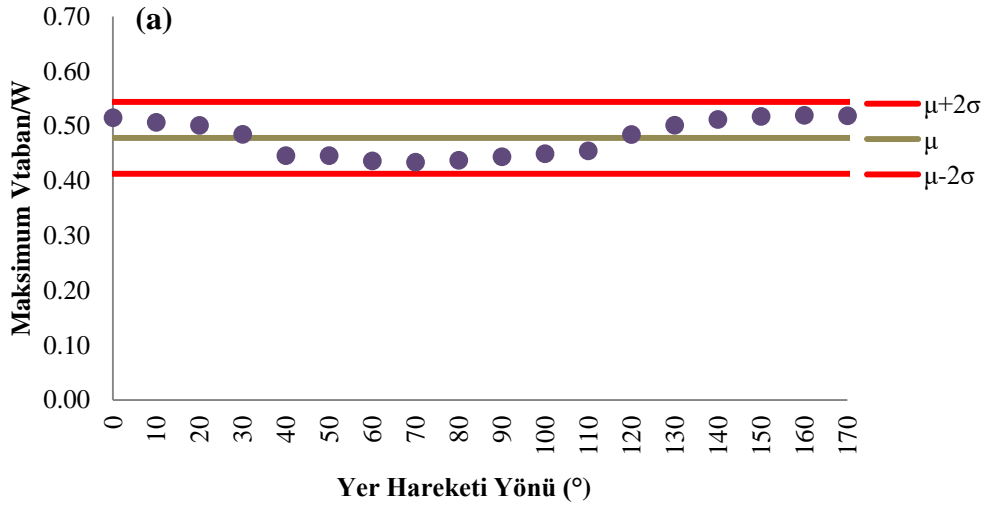


Şekil L.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

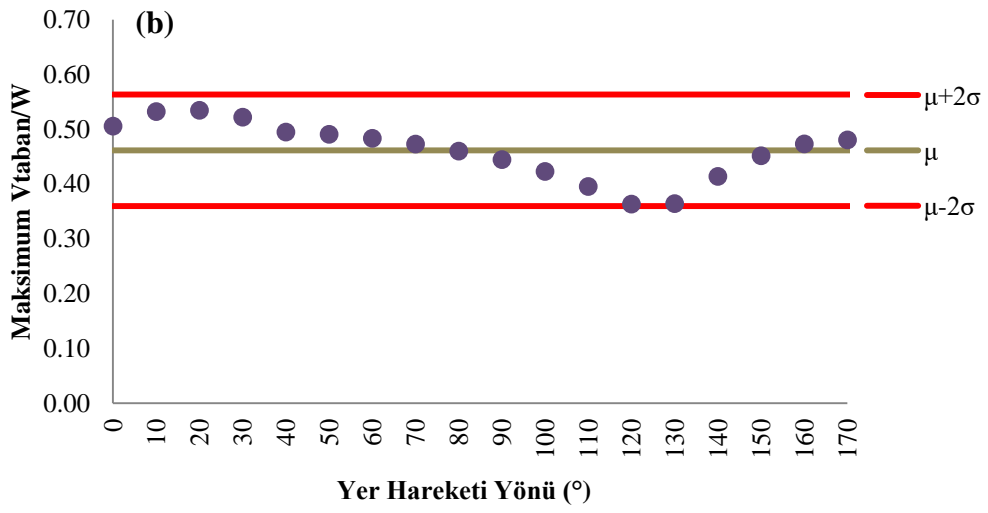
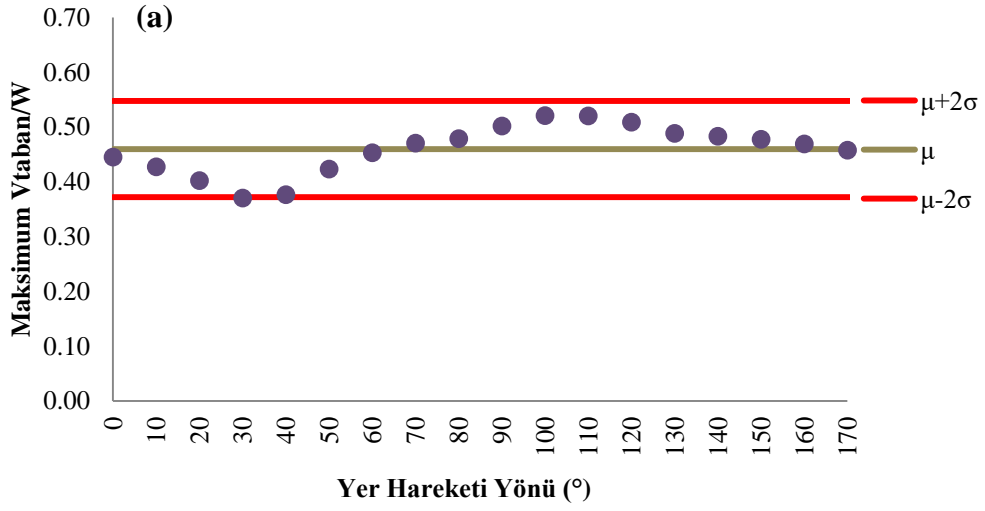




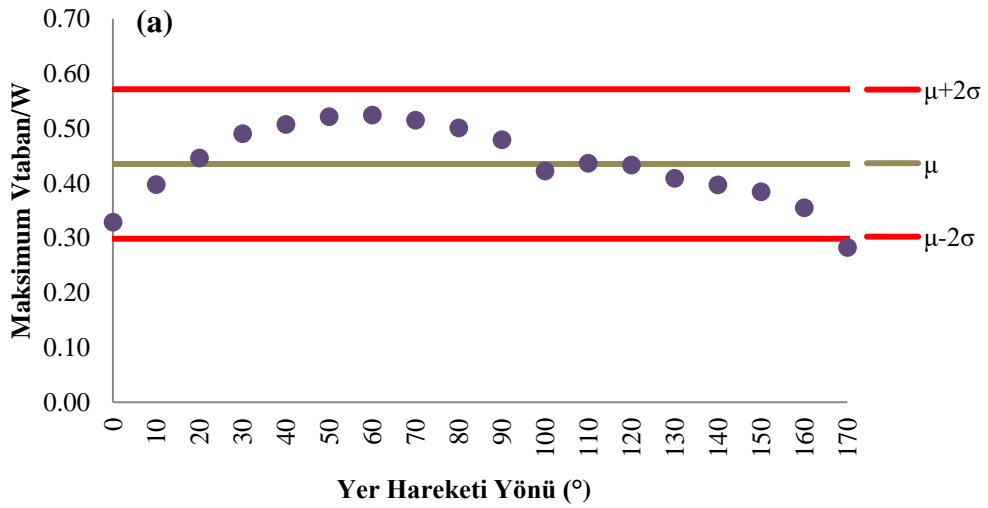
Şekil L.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

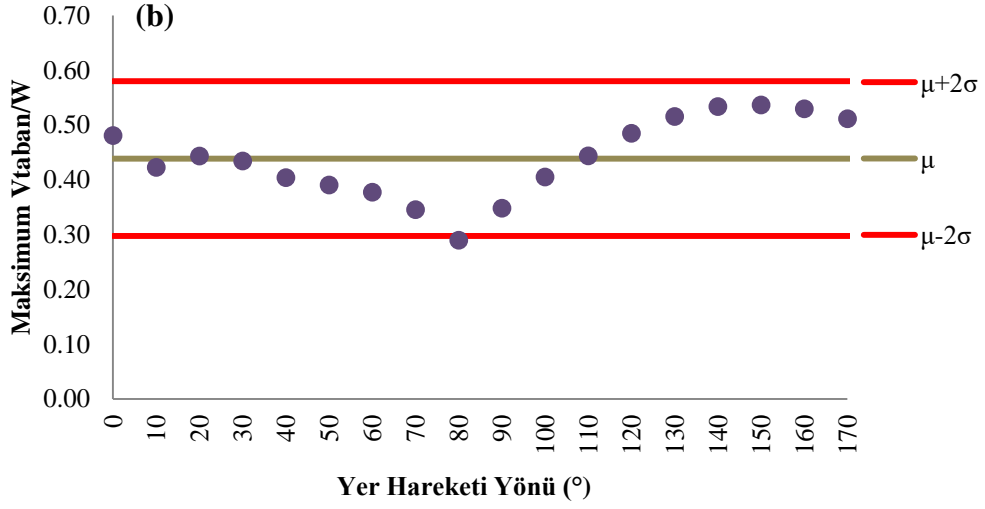


Şekil L.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

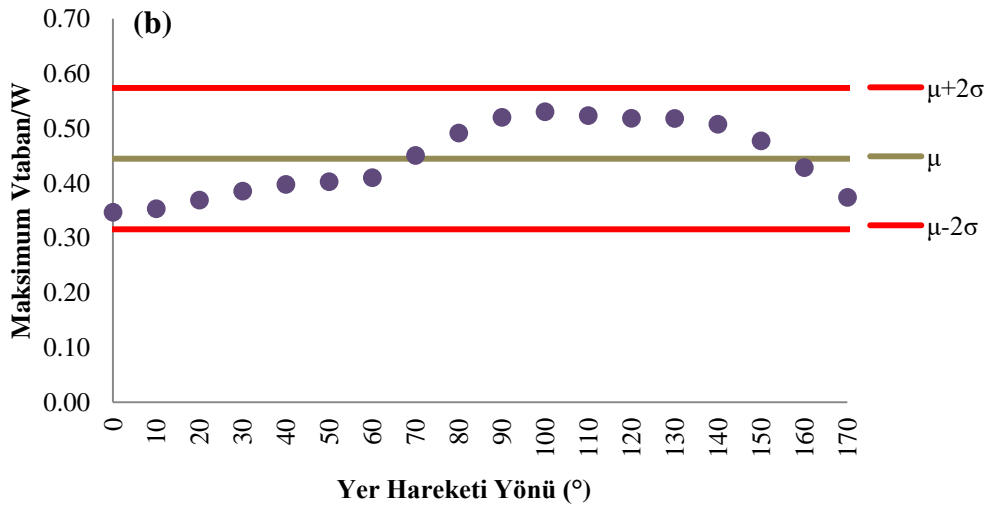
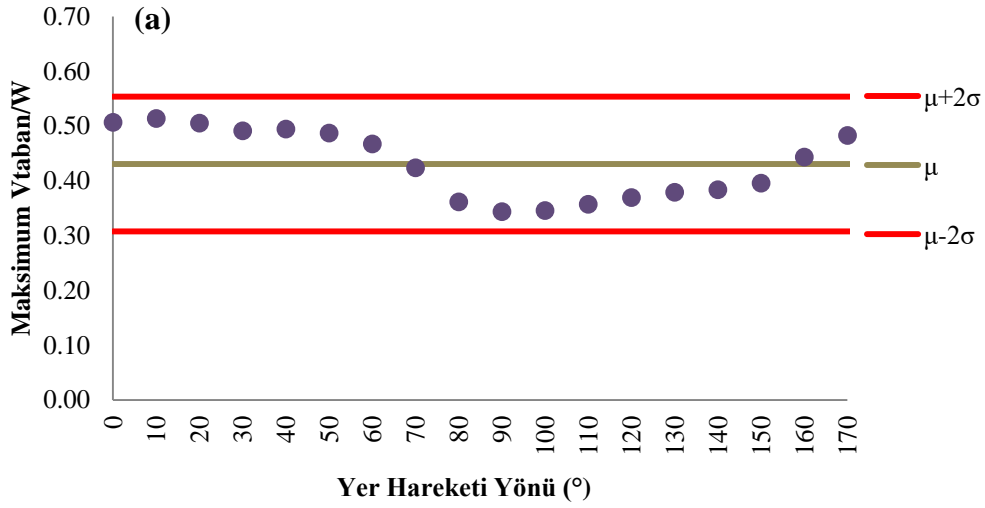


Şekil L.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

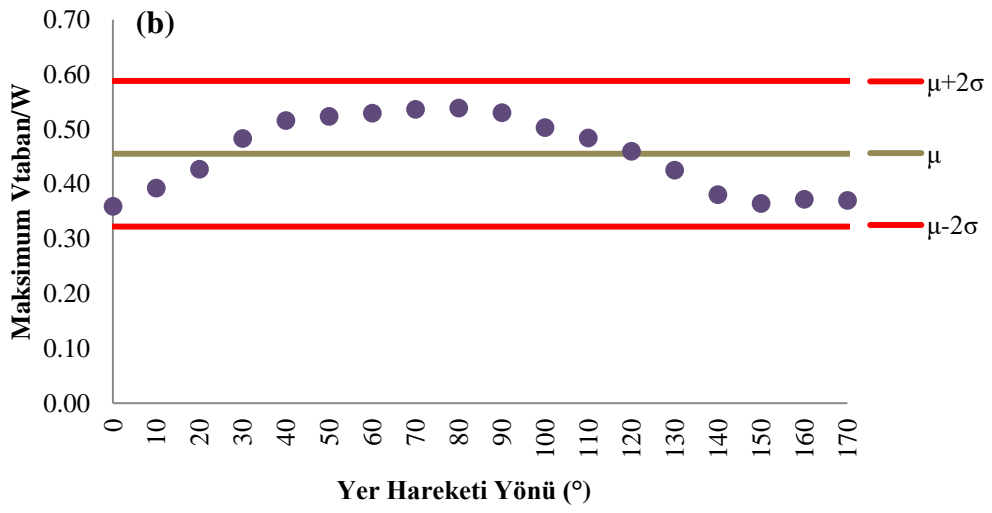
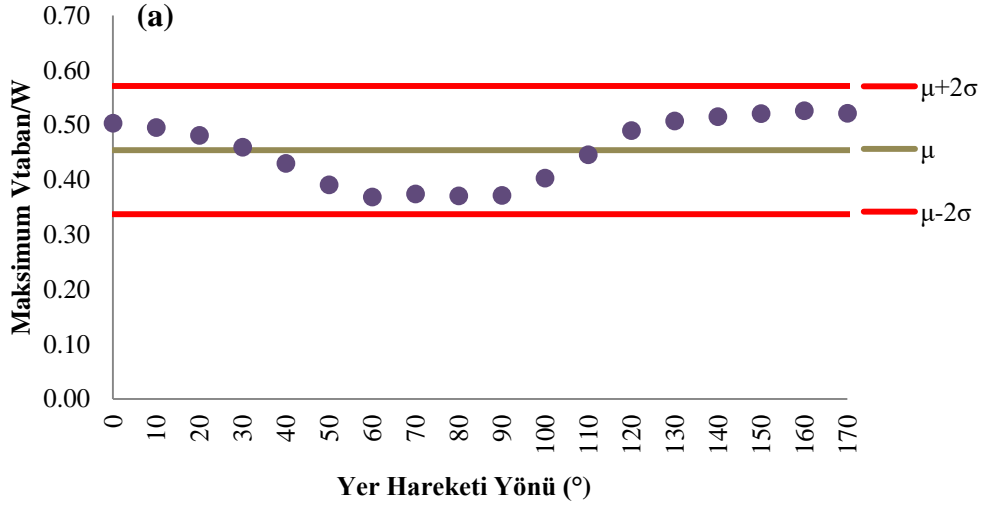




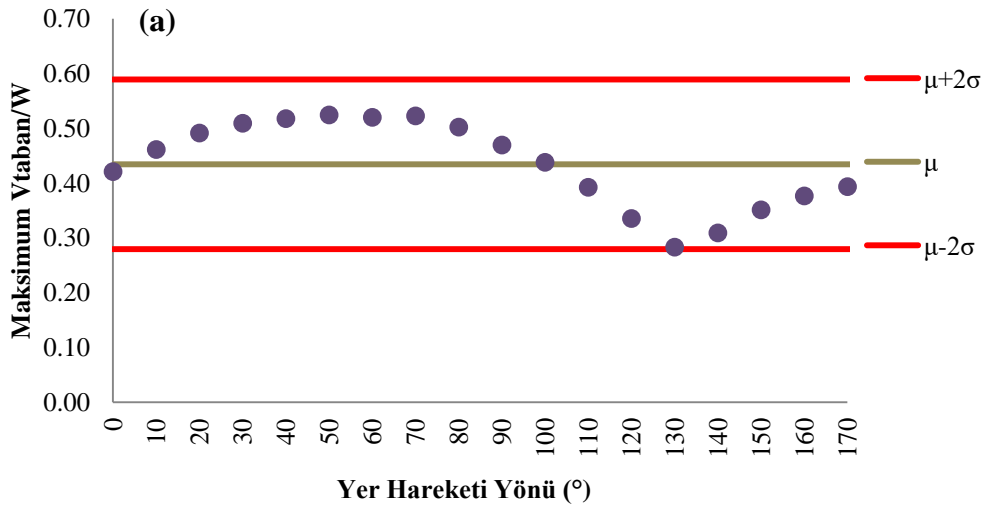
Şekil L.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

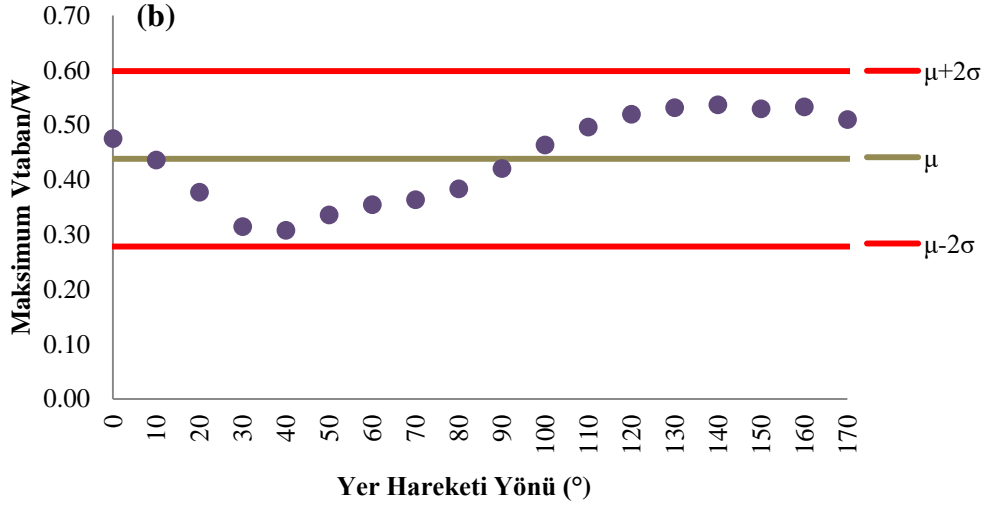


Şekil L.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

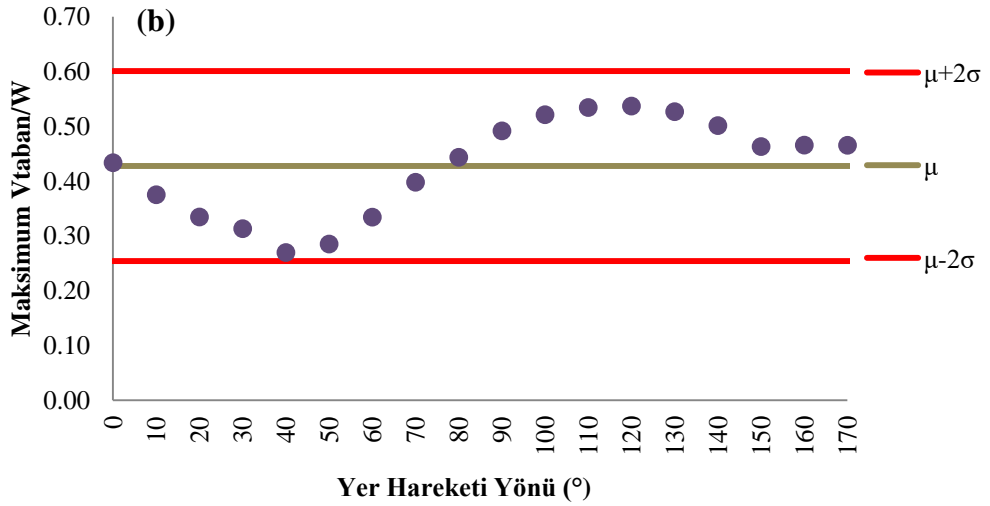
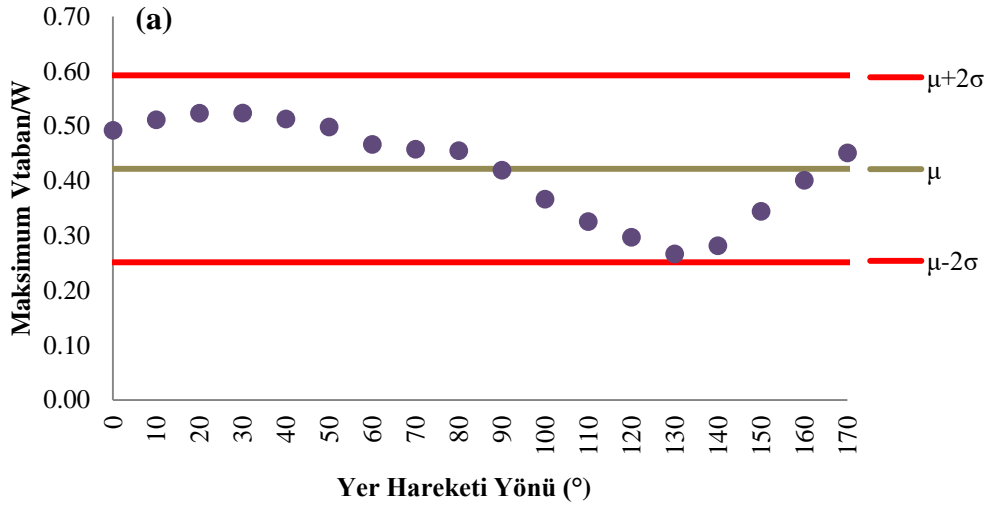


Şekil L.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

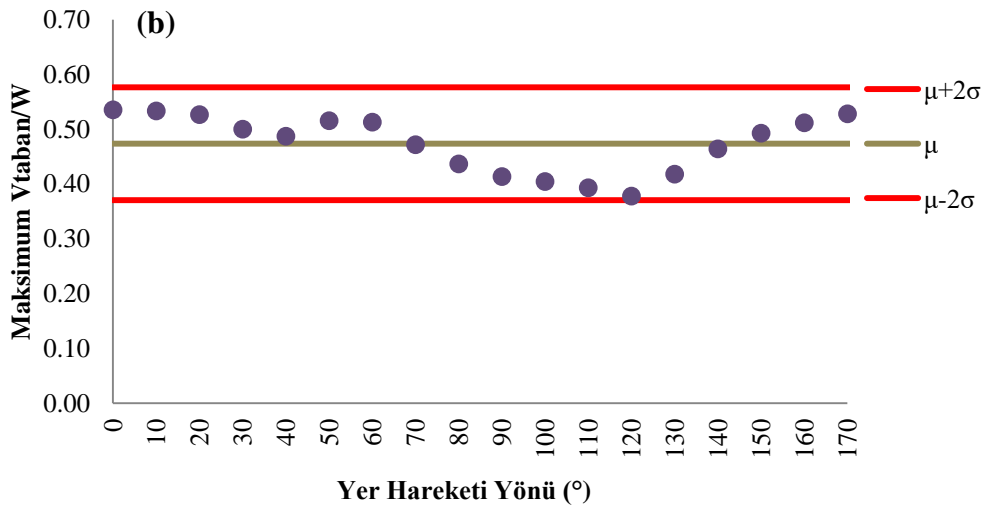
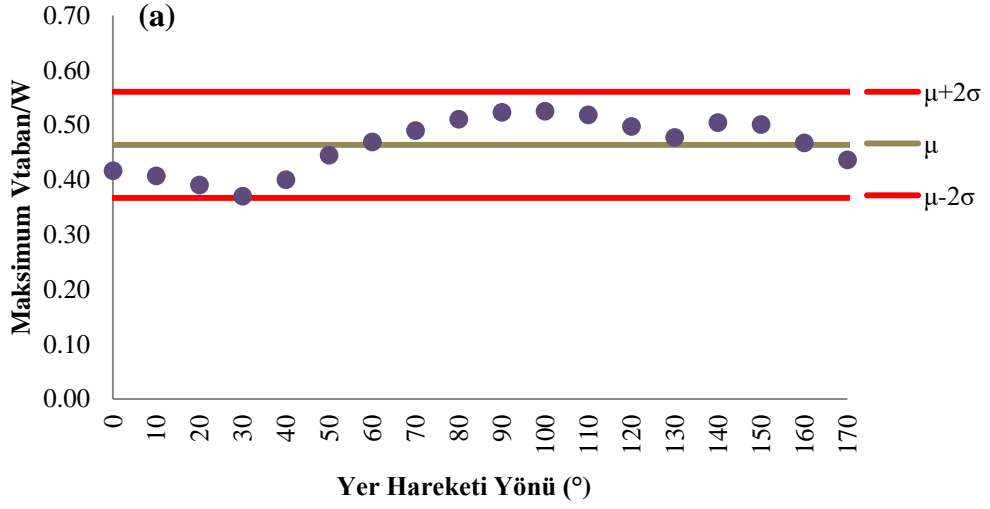




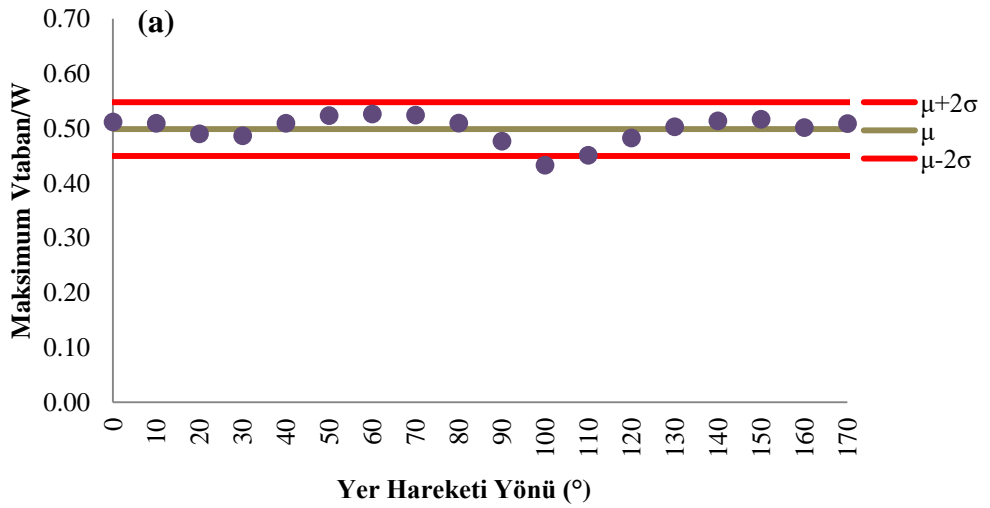
Şekil L.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

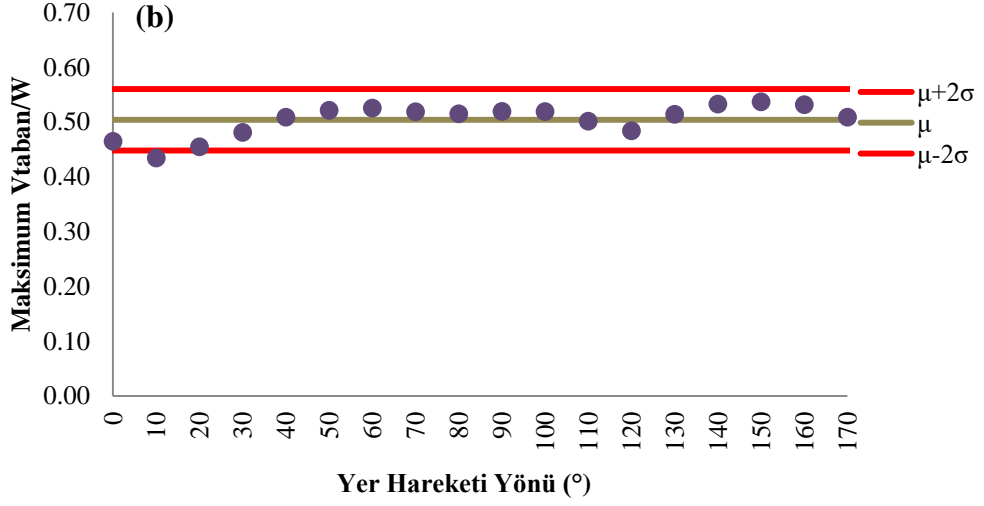


Şekil L.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

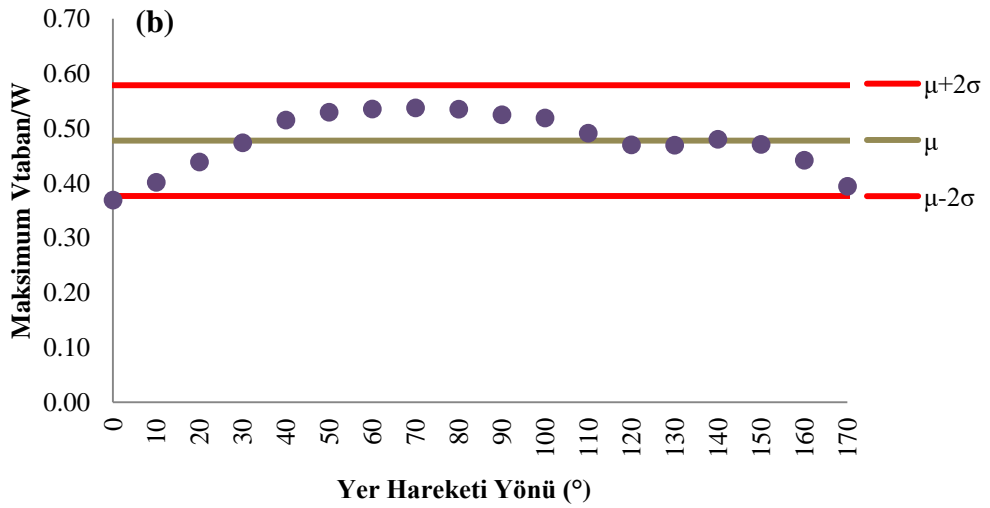
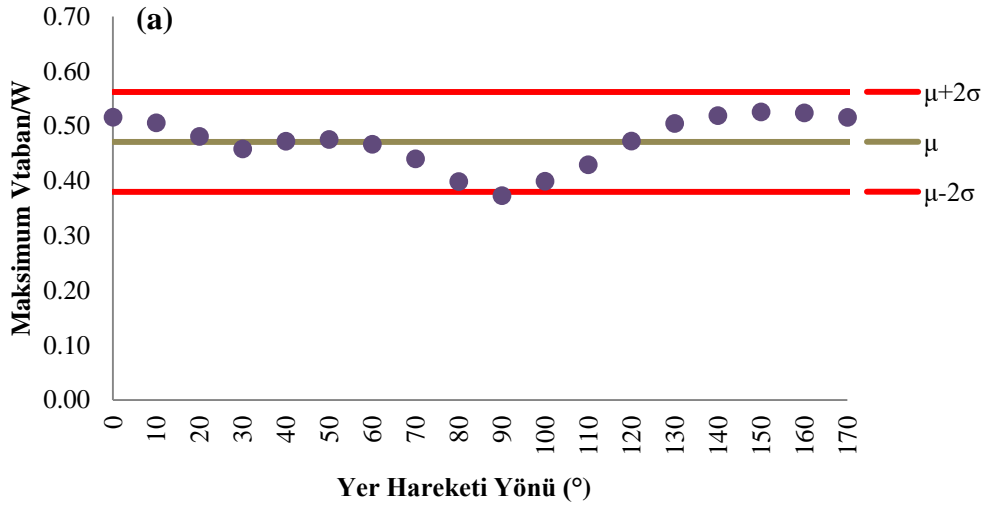


Şekil L.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.





Şekil L.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

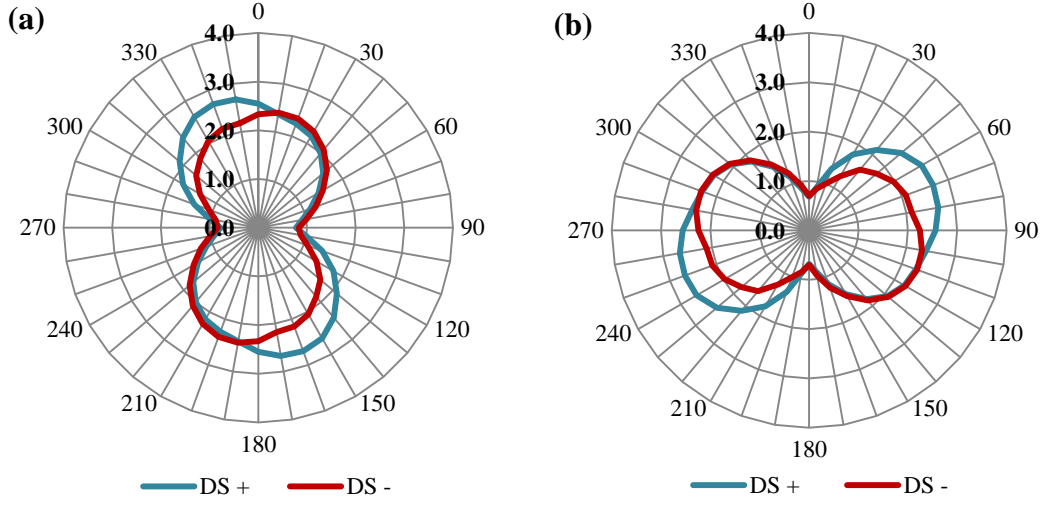


Şekil L.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

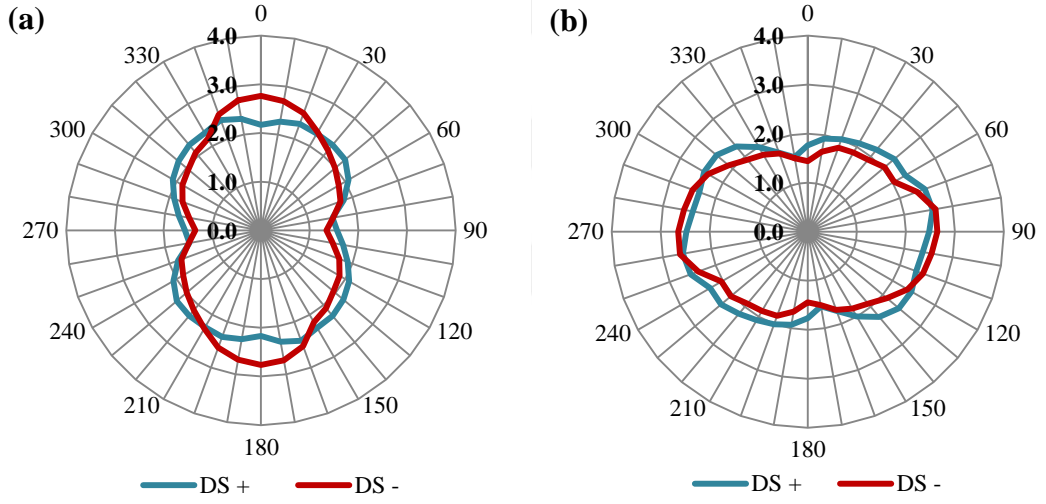
EKM: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 2: 50 yılda aşılma olasılığı %10 – Sıyrıılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda görel kat ötelemesi talepleri.



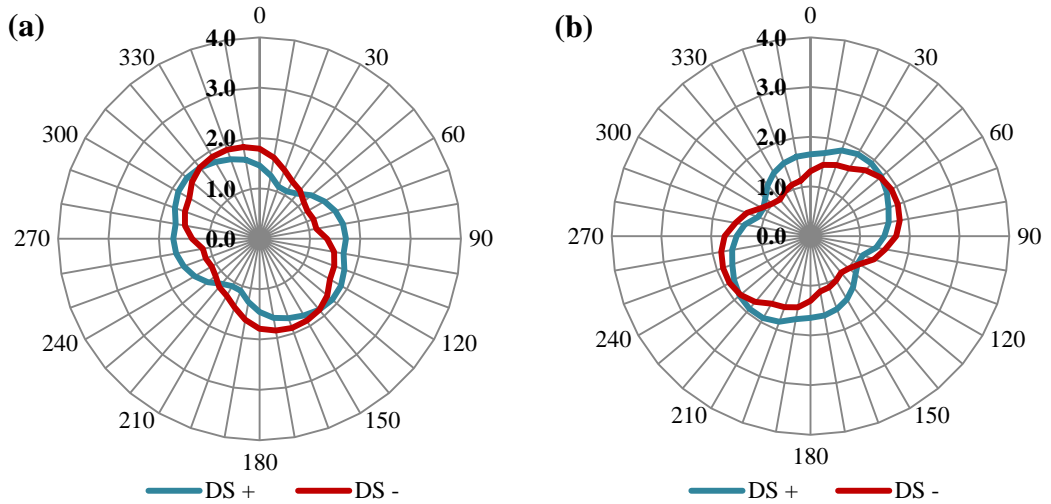
EK-M



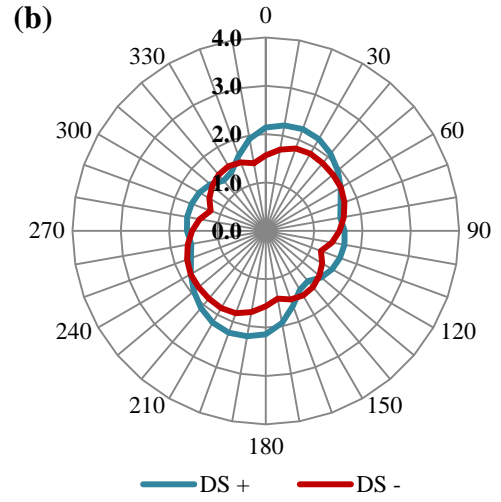
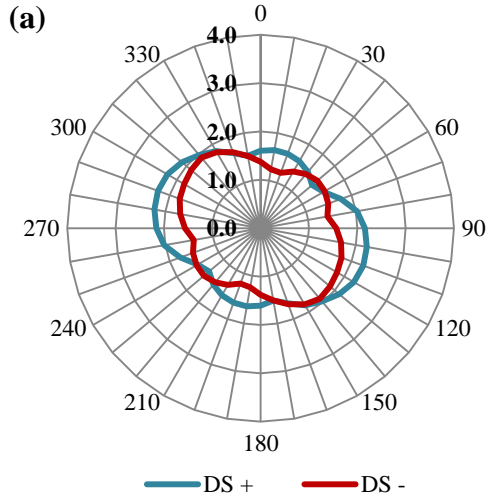
Şekil M.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



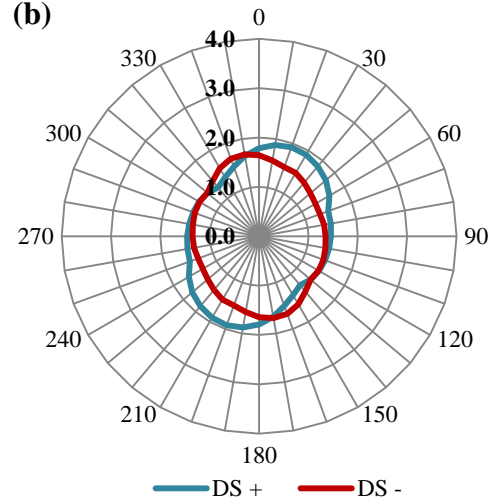
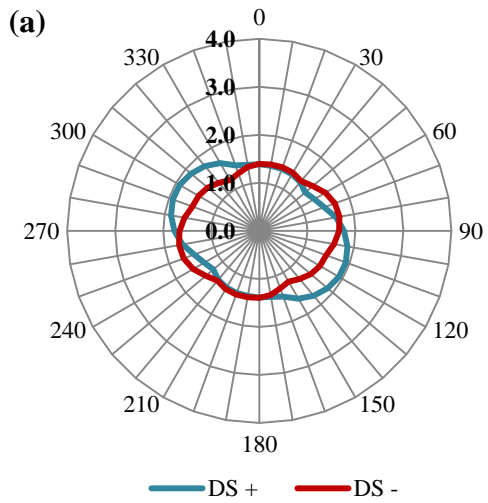
Şekil M.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



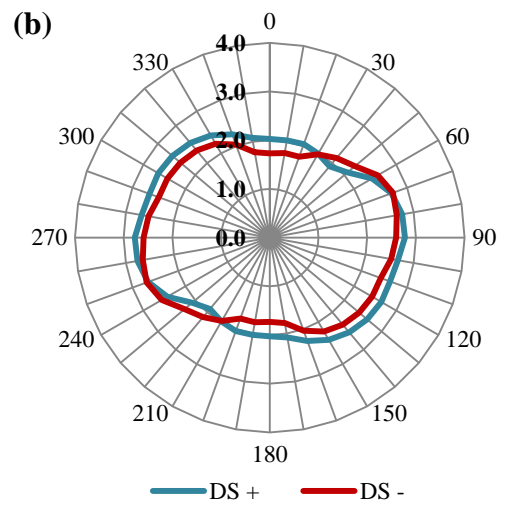
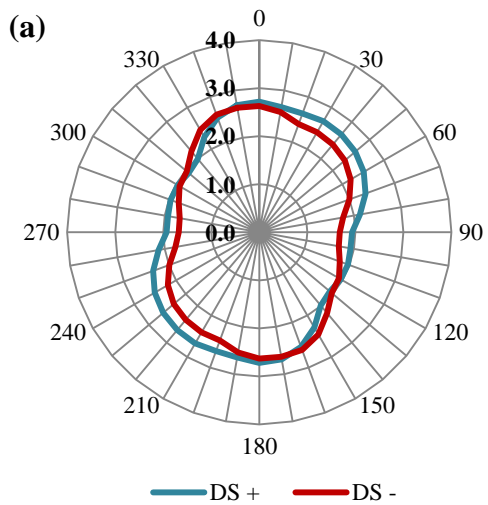
Şekil M.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



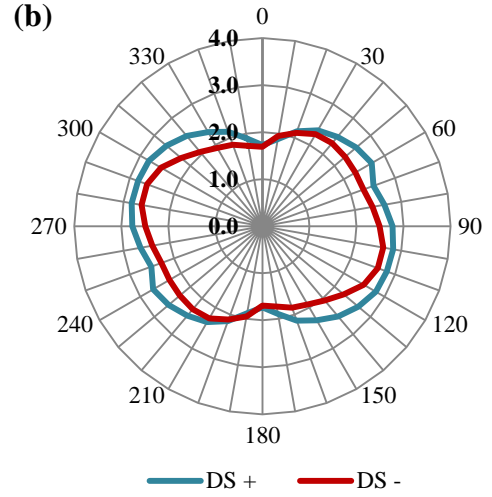
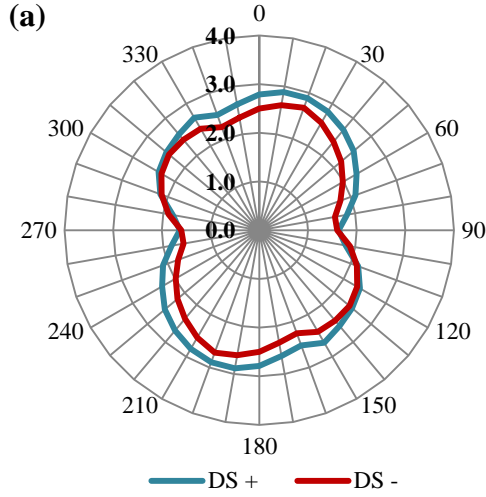
Şekil M.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



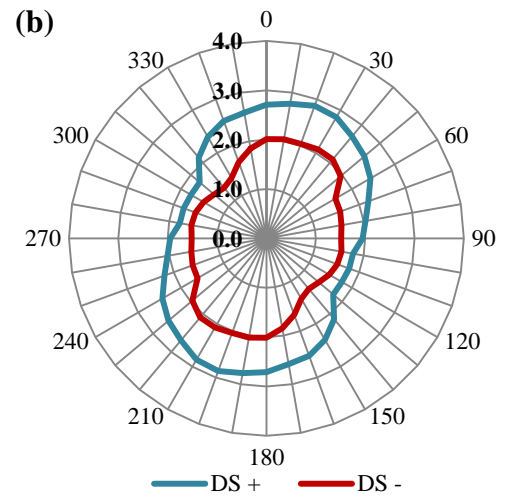
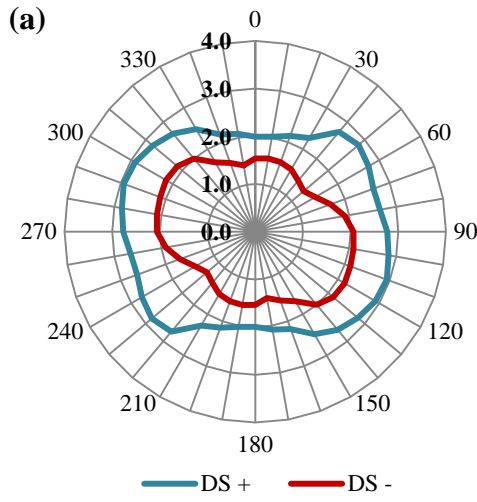
Şekil M.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



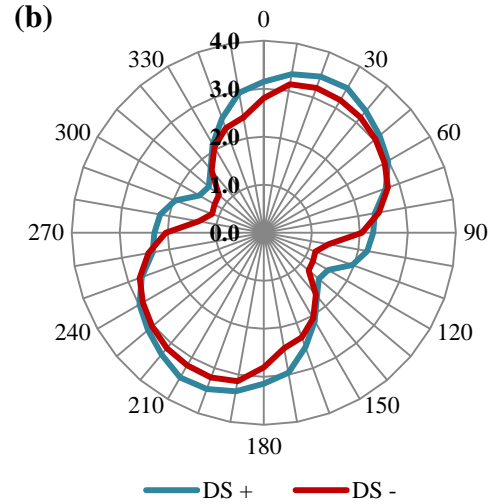
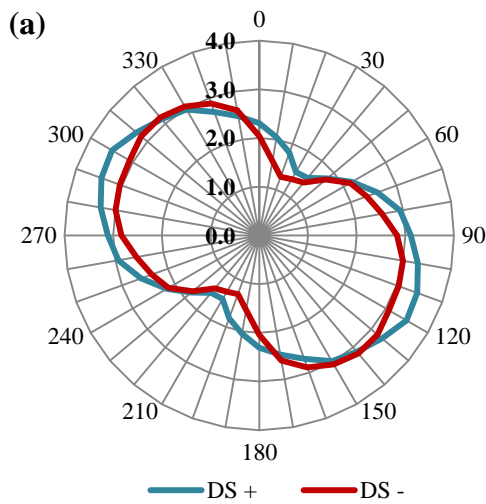
Şekil M.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



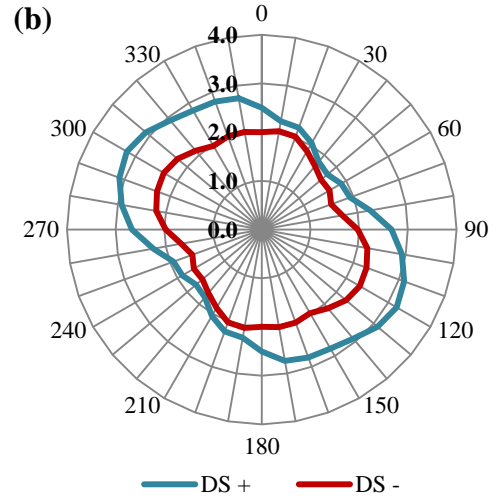
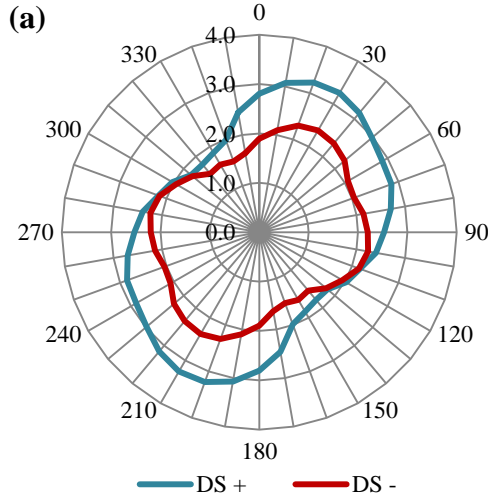
Şekil M.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



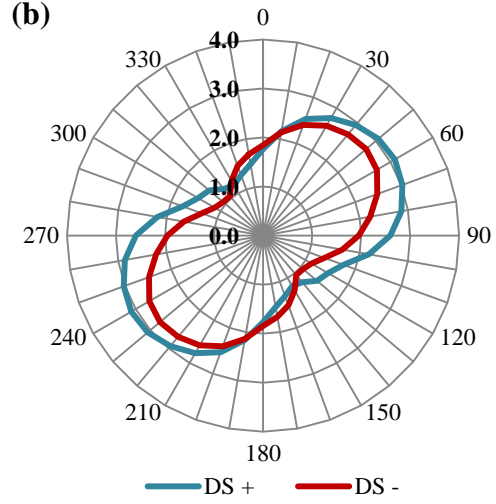
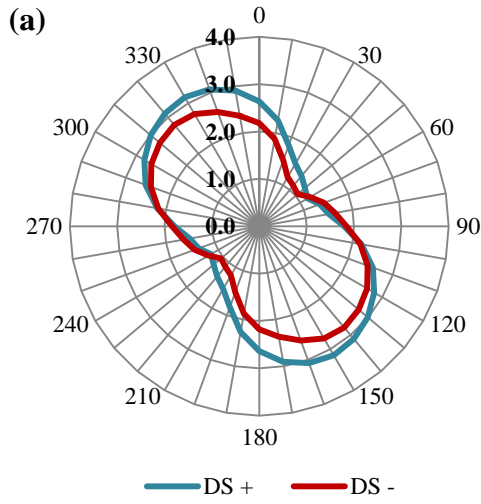
Şekil M.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



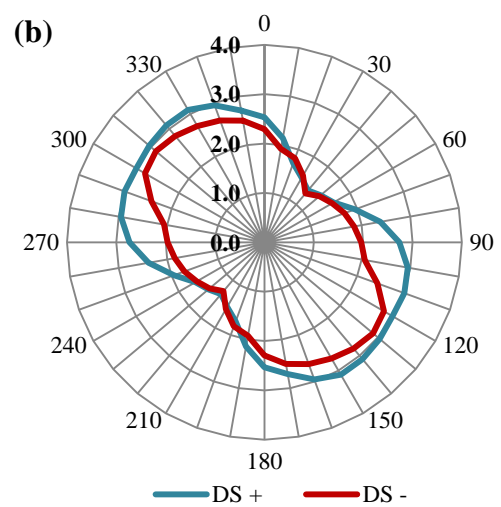
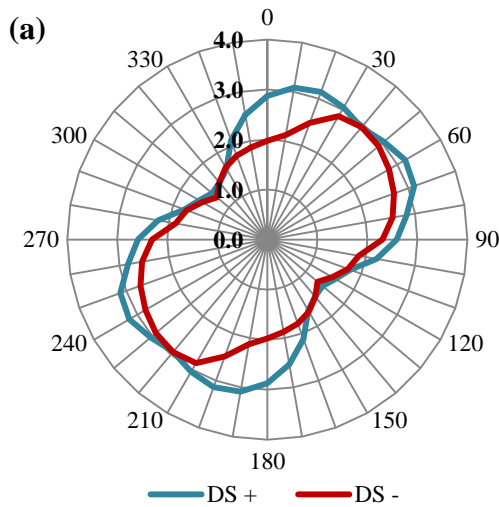
Şekil M.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



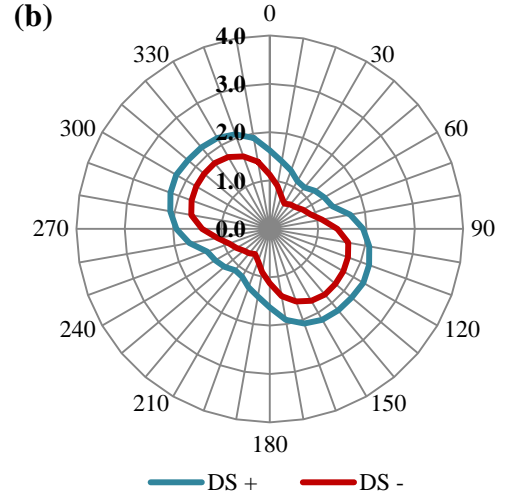
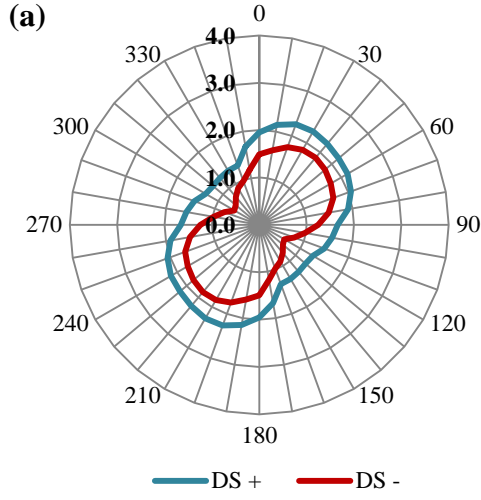
Şekil M.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



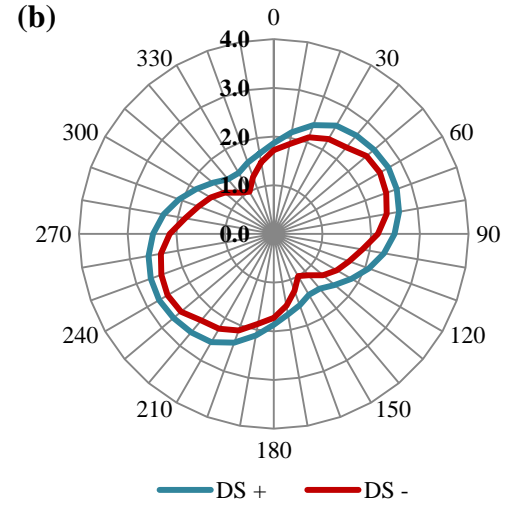
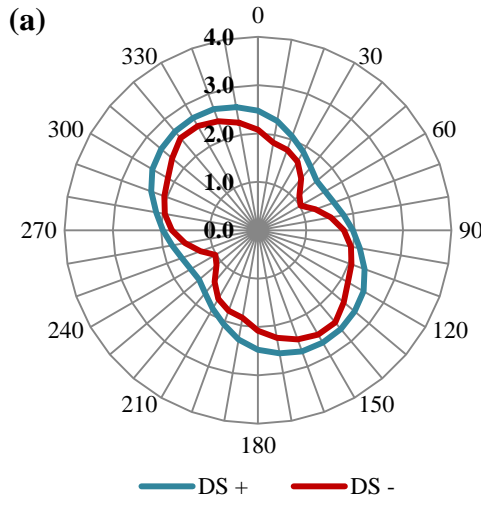
Şekil M.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



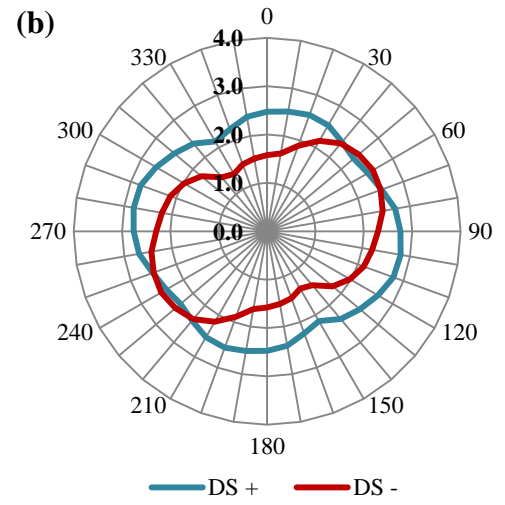
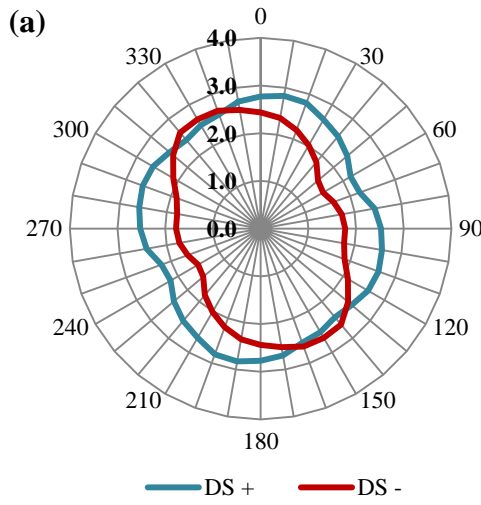
Şekil M.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



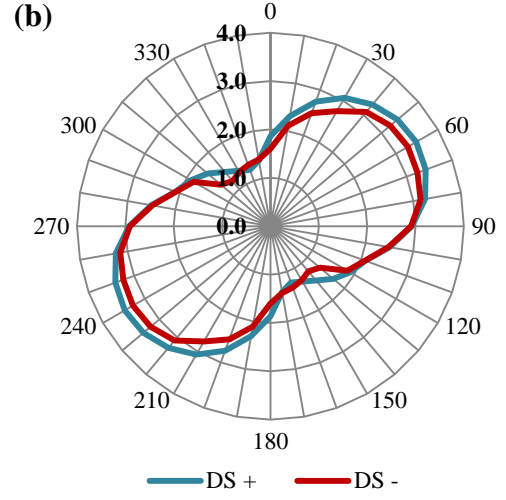
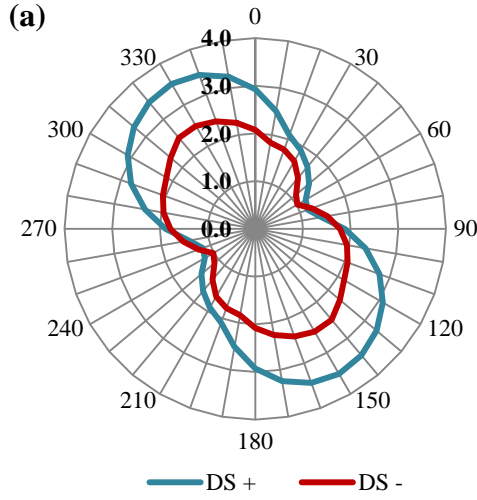
Şekil M.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



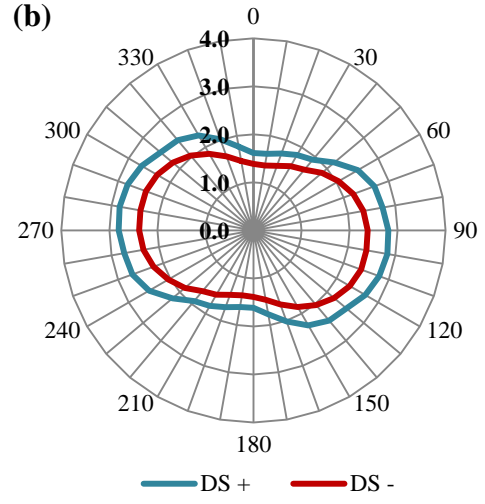
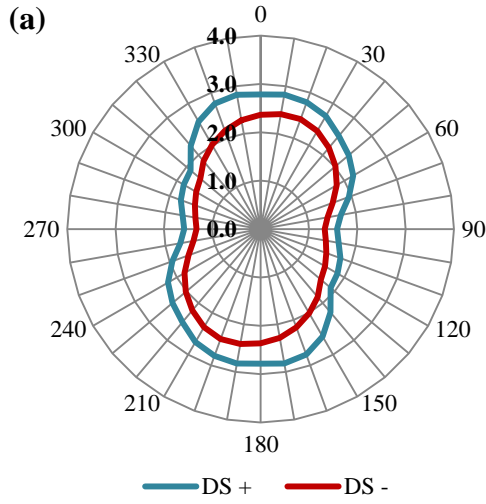
Şekil M.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



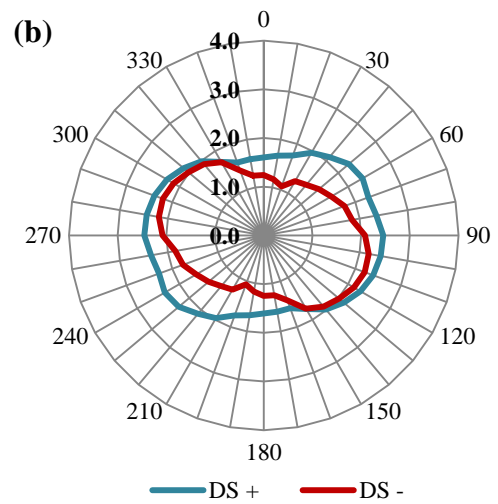
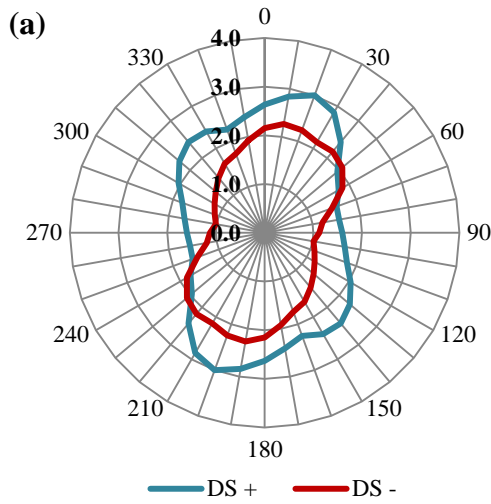
Şekil M.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



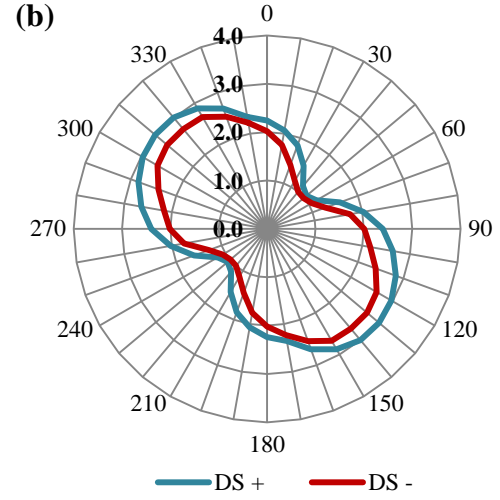
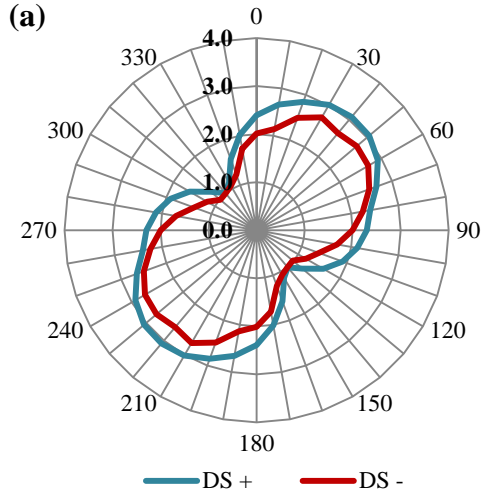
Şekil M.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü



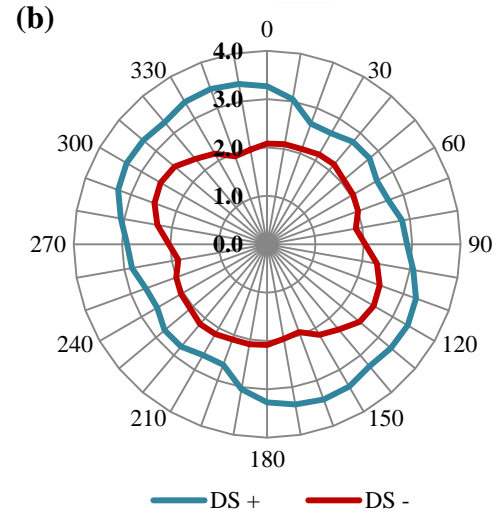
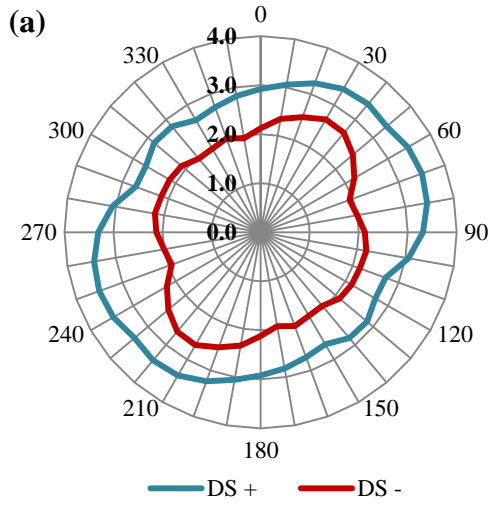
Şekil M.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



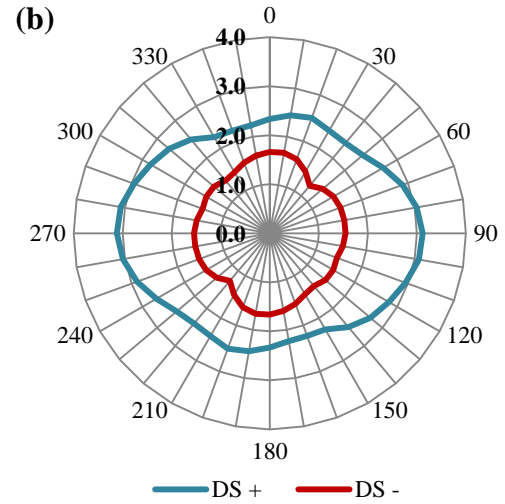
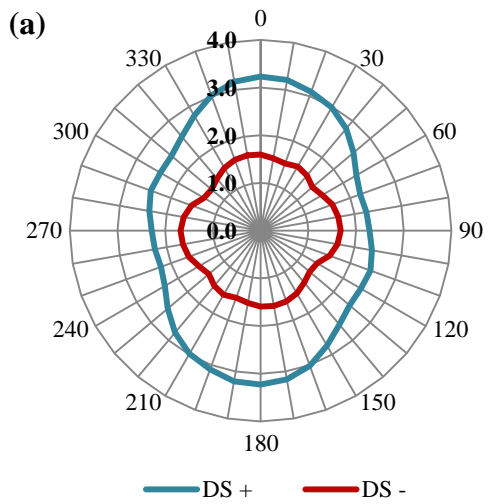
Şekil M.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



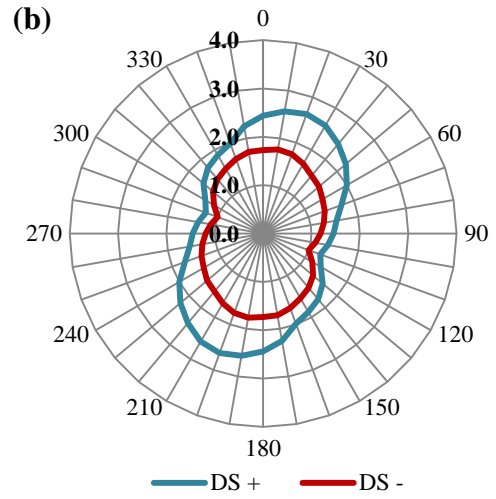
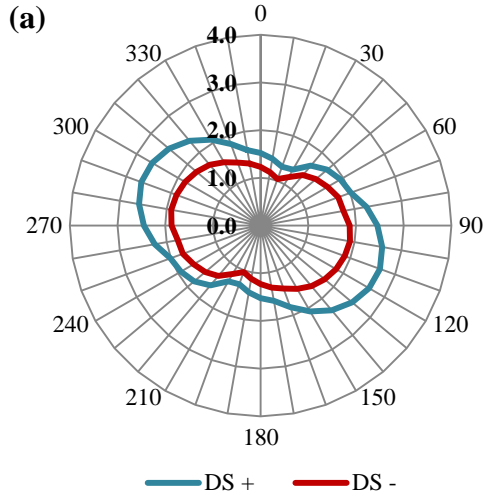
Şekil M.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



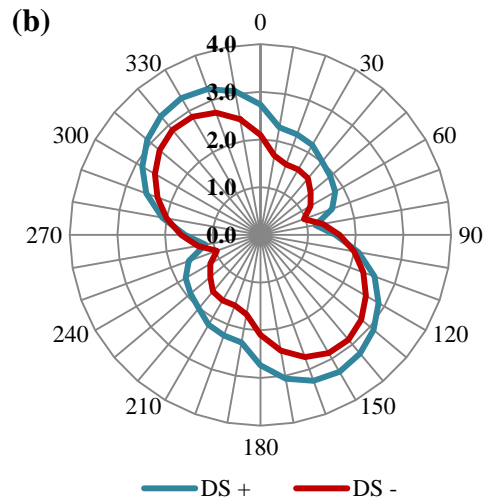
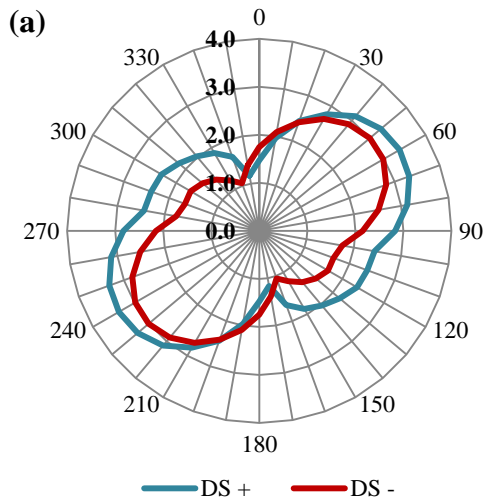
Şekil M.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



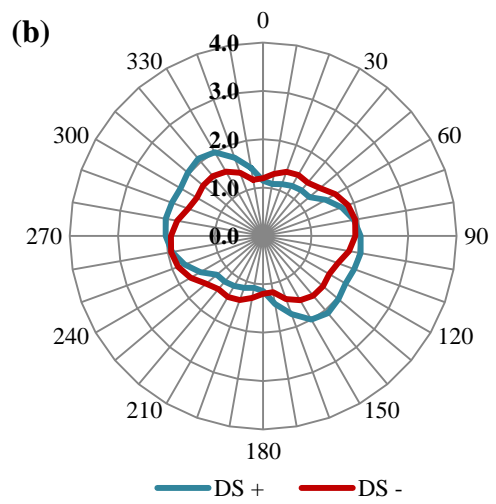
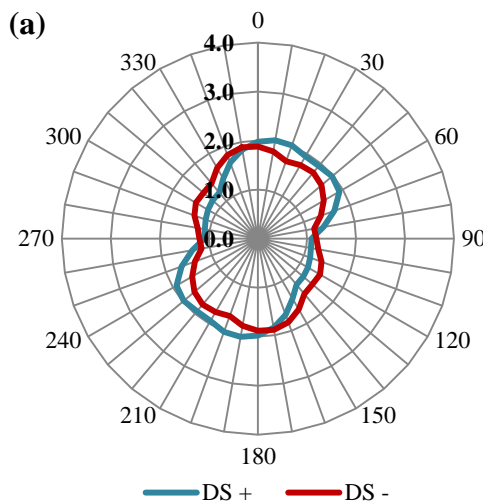
Şekil M.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



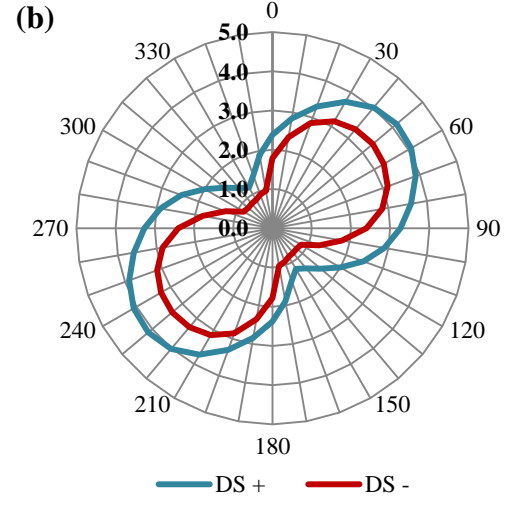
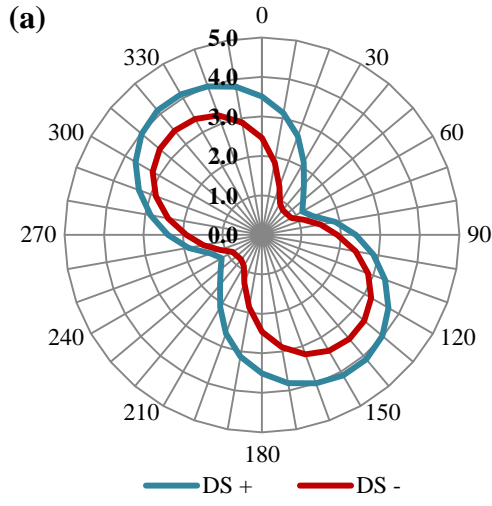
Şekil M.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



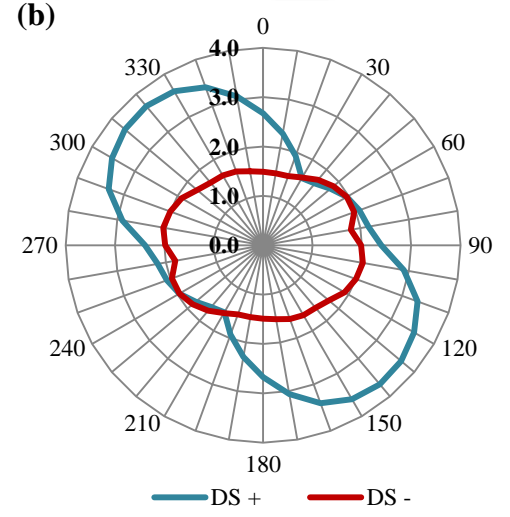
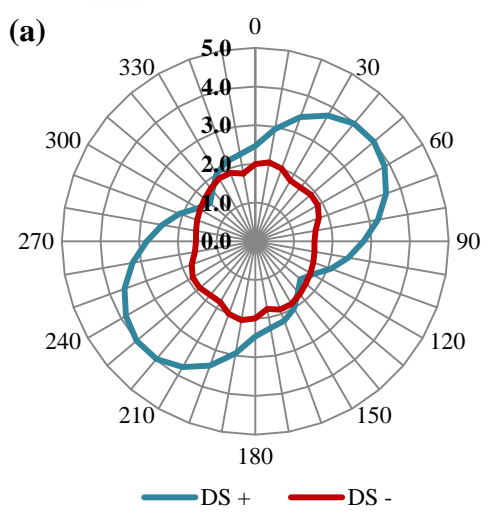
Şekil M.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



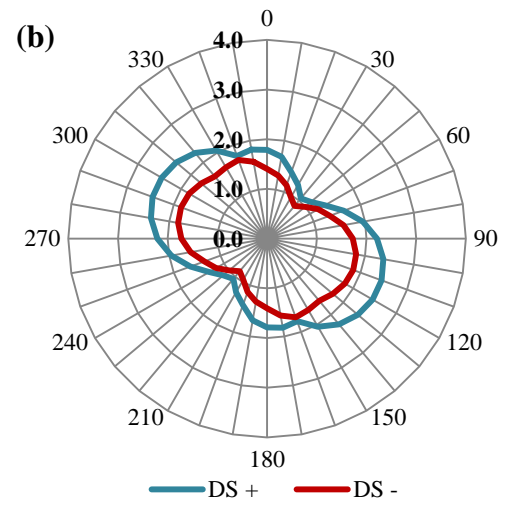
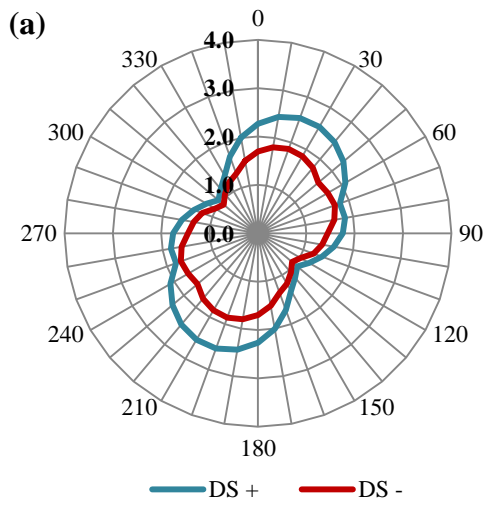
Şekil M.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



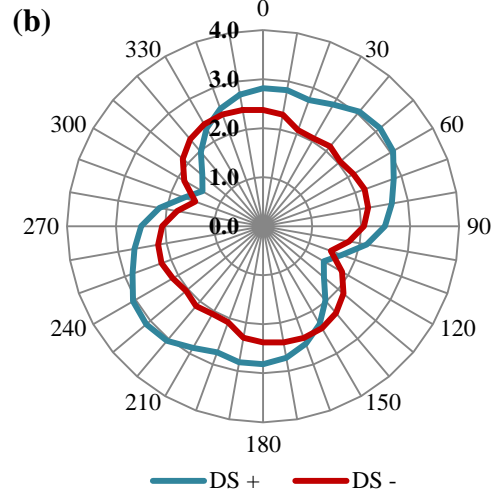
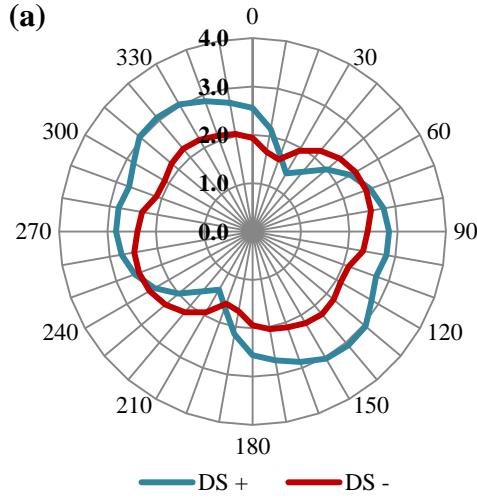
Şekil M.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



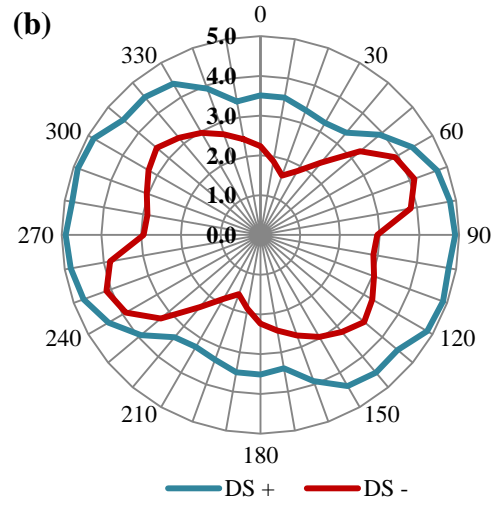
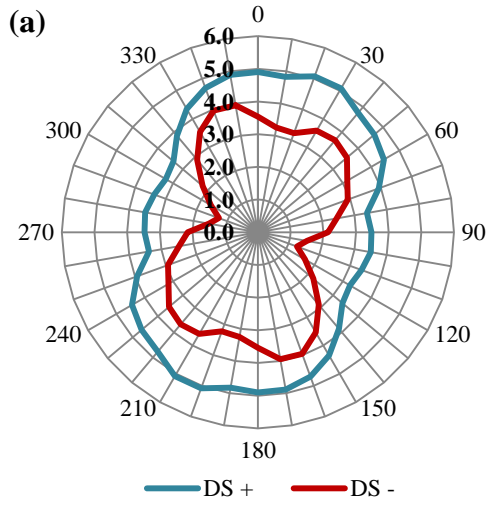
Şekil M.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



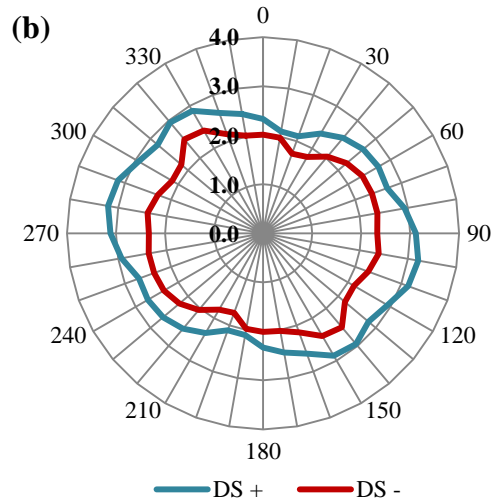
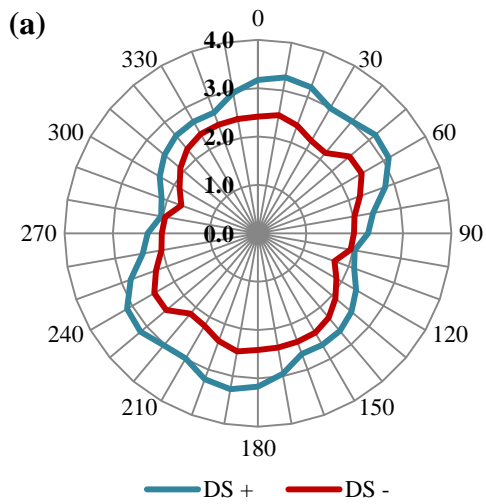
Şekil M.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil M.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil M.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

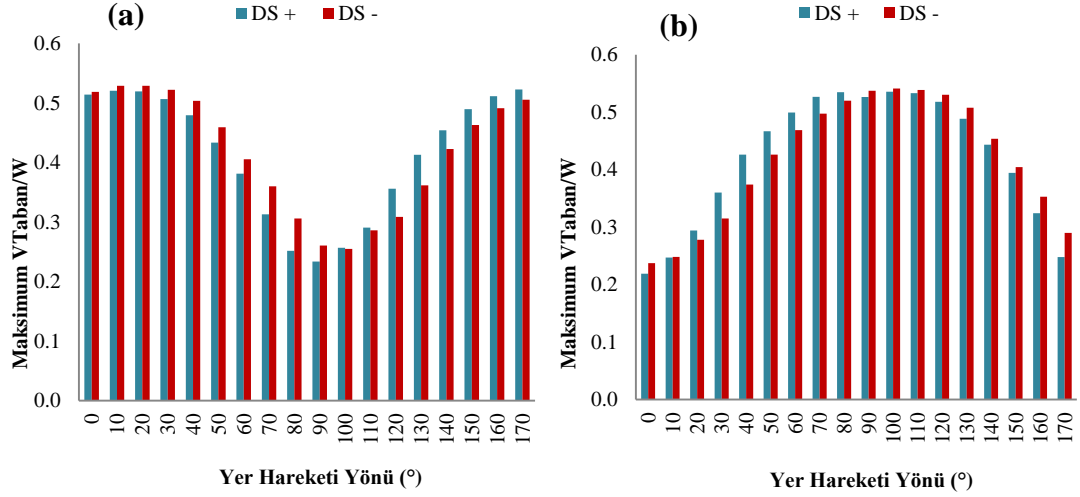


Şekil M.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

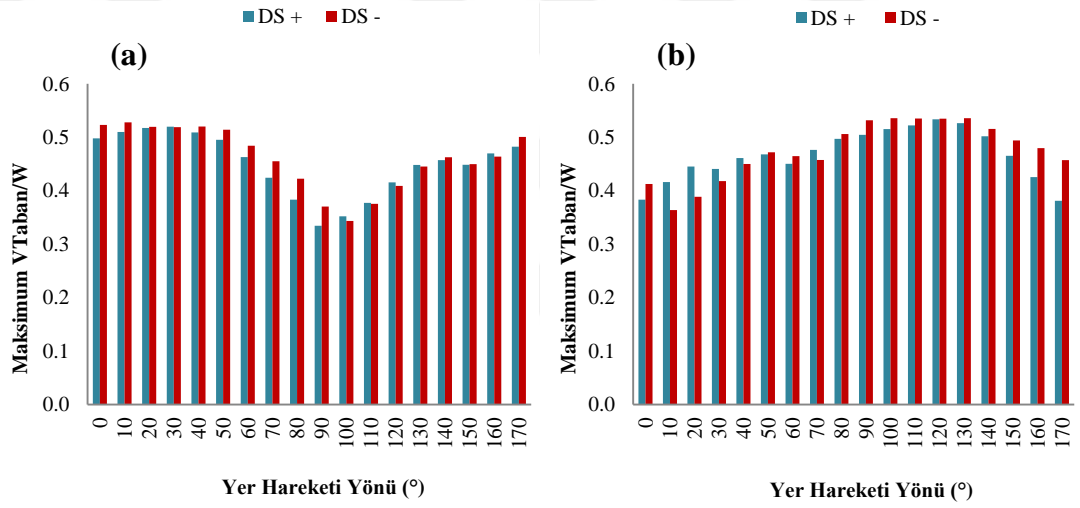
EK N: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 2: 50 yılda aşılma olasılığı %10 – Sıyırılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda taban kesme kuvveti talepleri.



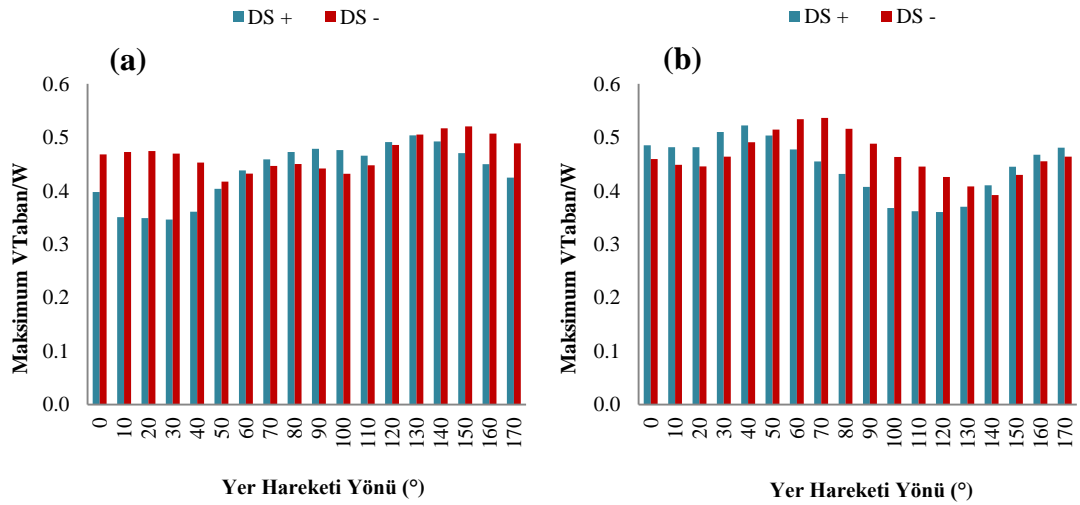
EK-N



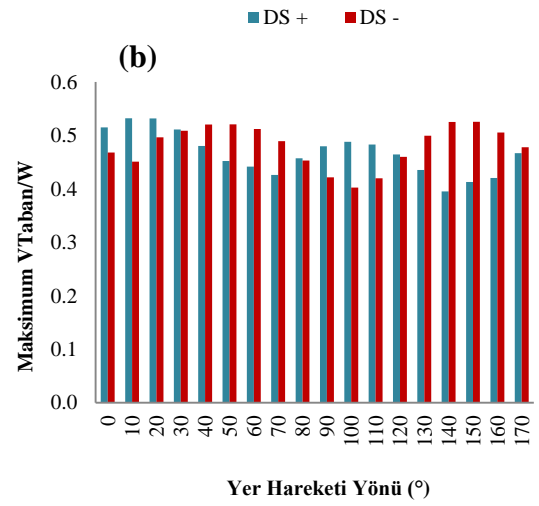
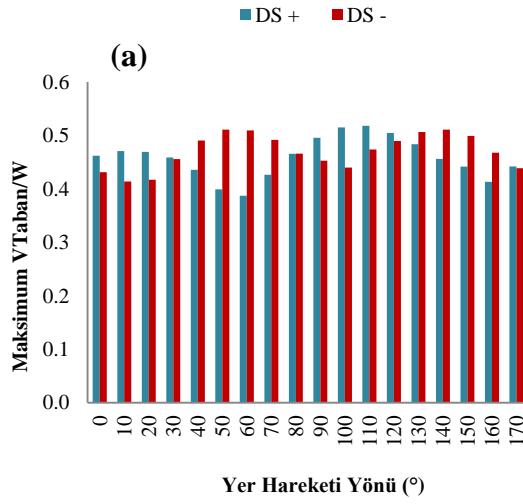
Şekil N.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



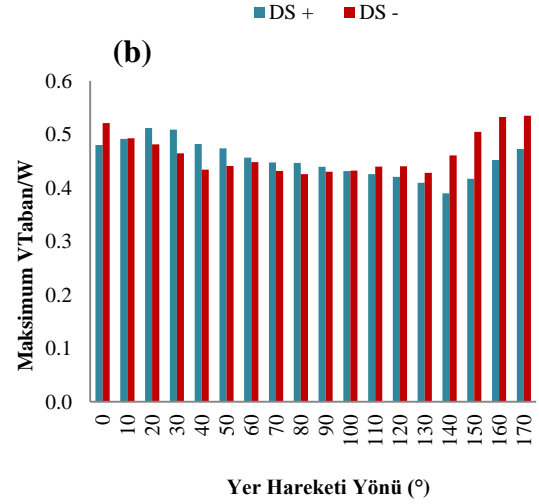
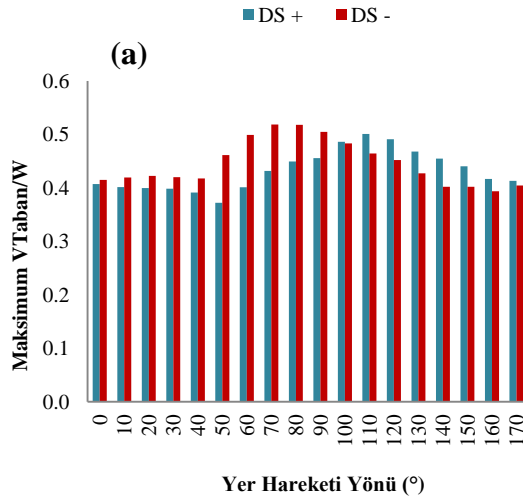
Şekil N.2 : Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



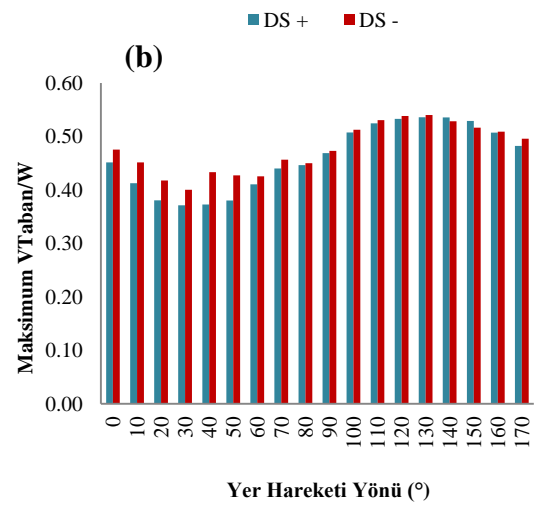
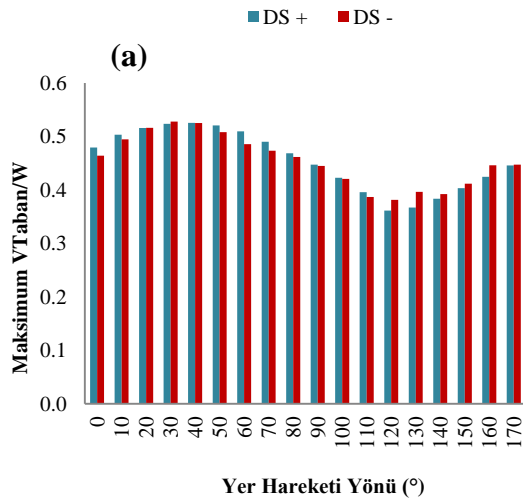
Şekil N.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



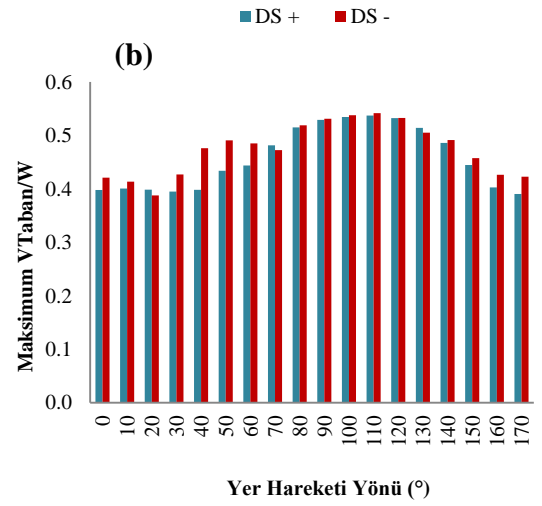
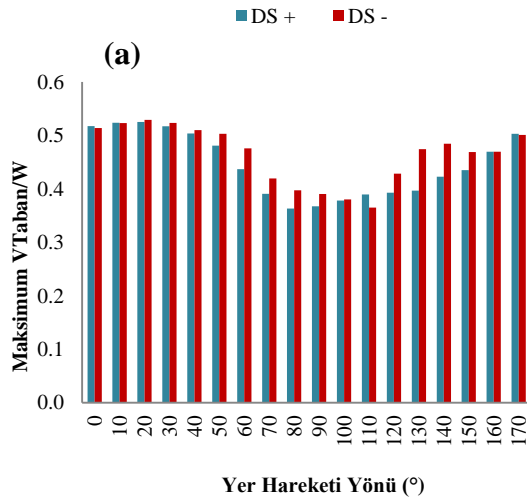
Şekil N.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



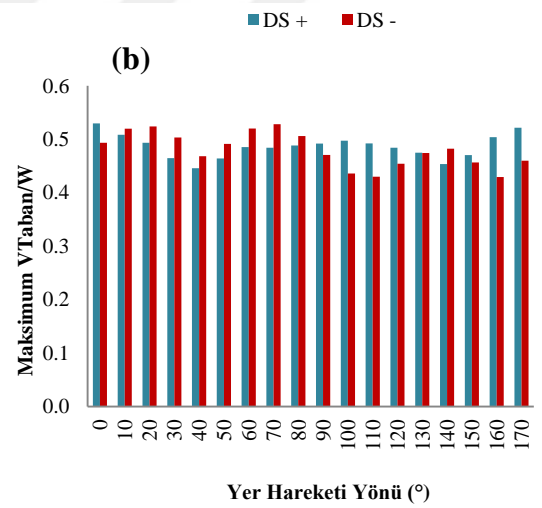
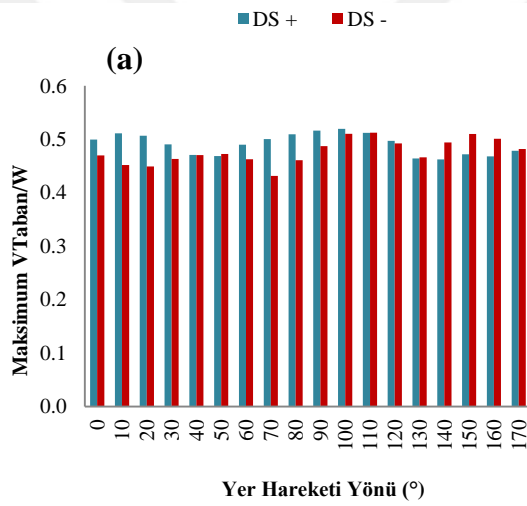
Şekil N.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



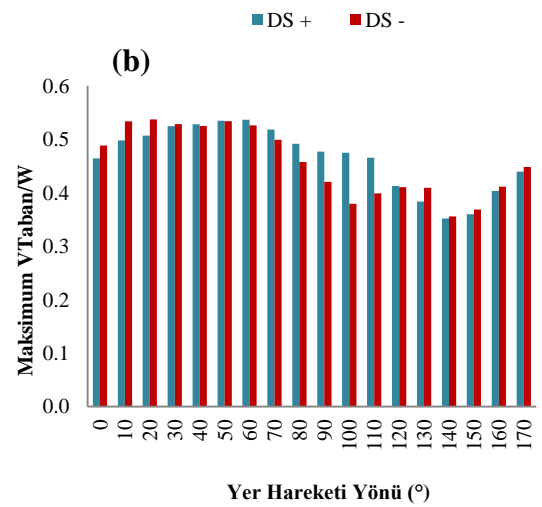
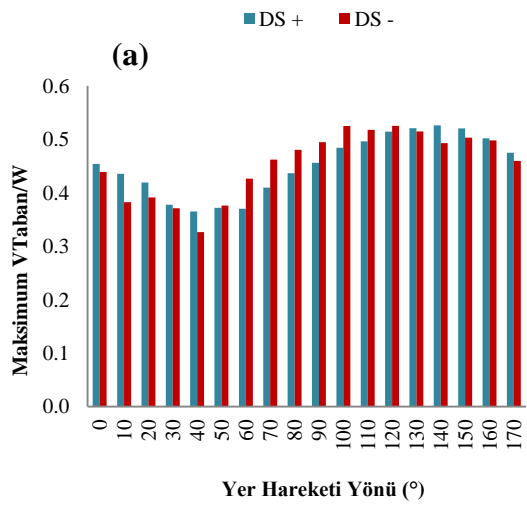
Şekil N.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



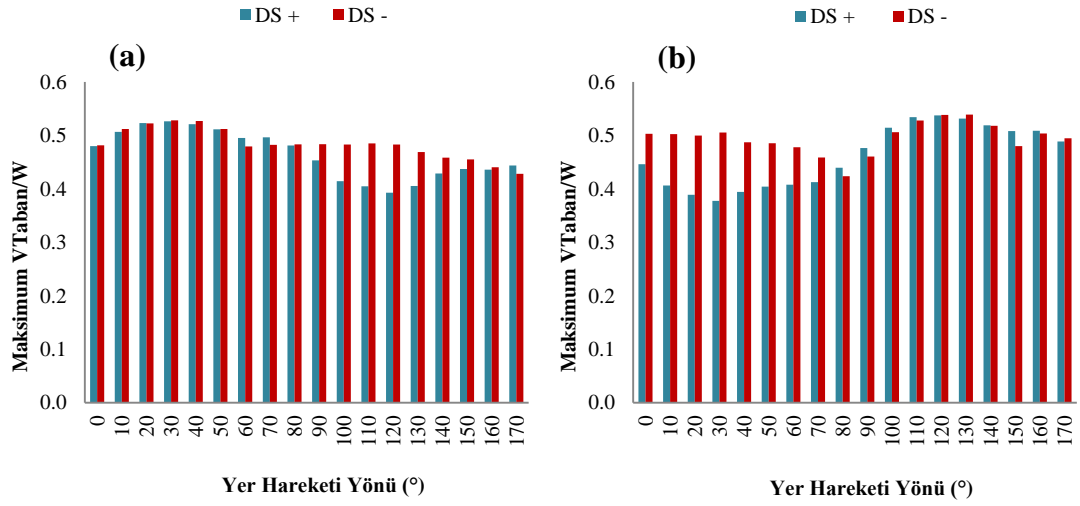
Şekil N.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



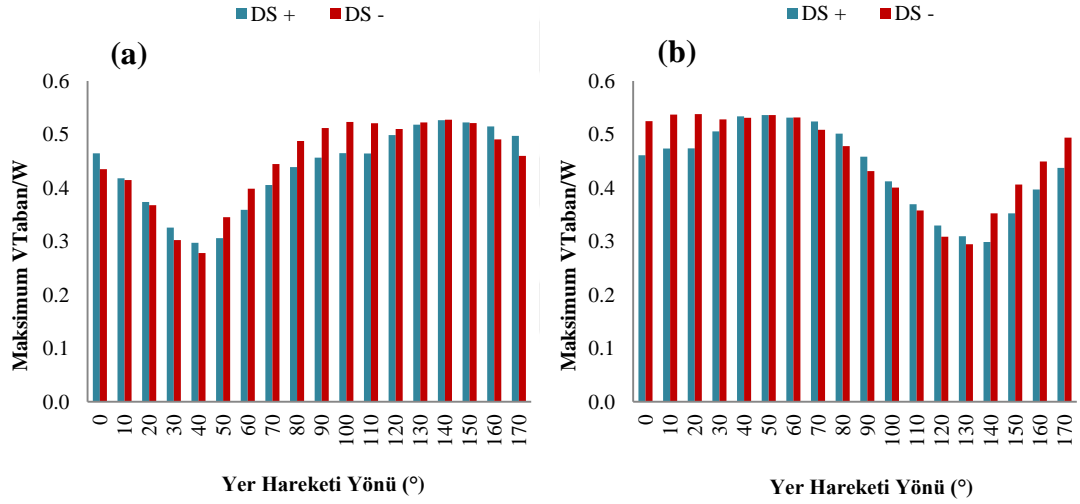
Şekil N.8 : 1999 Chi Chi (TCU 138) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



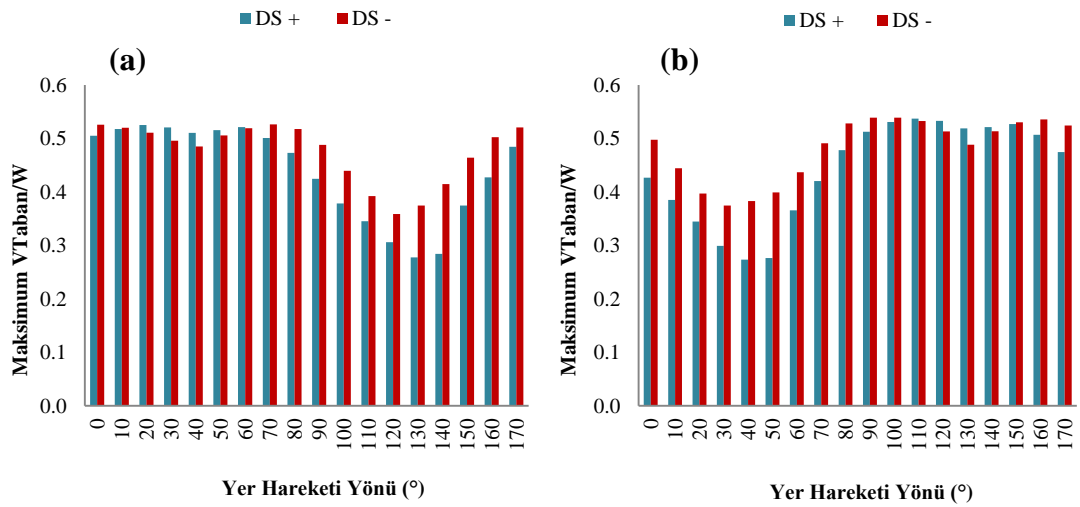
Şekil N.9 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



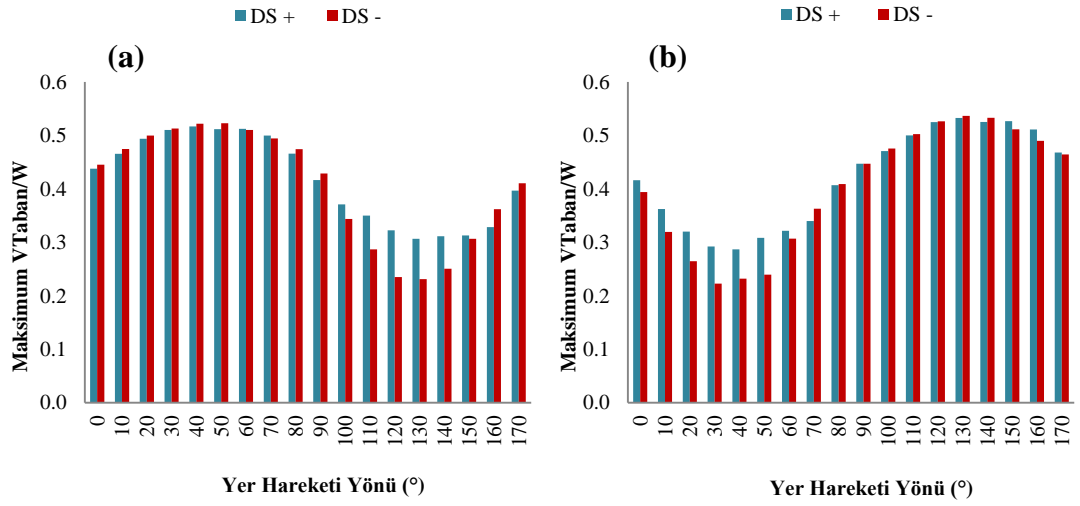
Şekil N.10 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



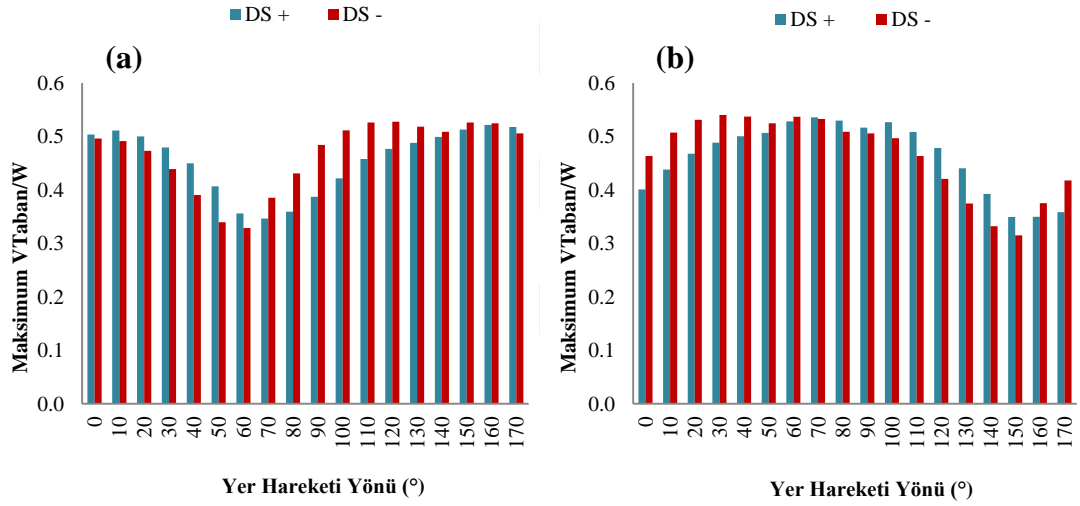
Şekil N.11 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



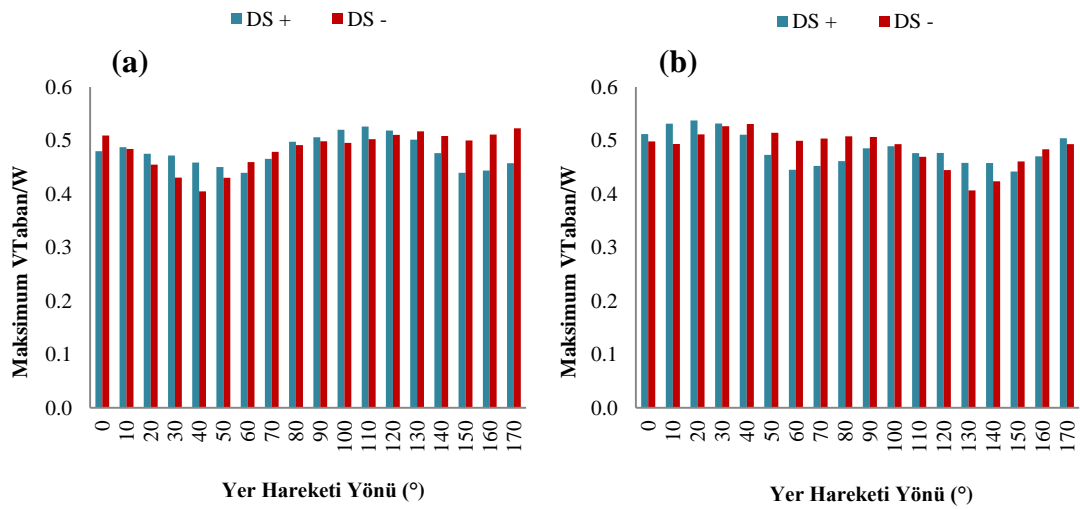
Şekil N.12 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



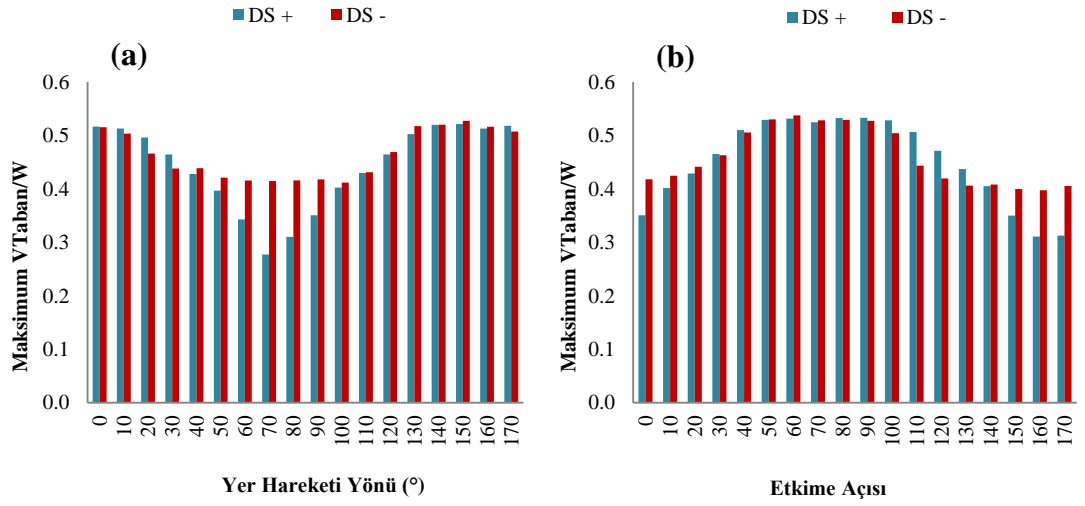
Şekil N.13 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



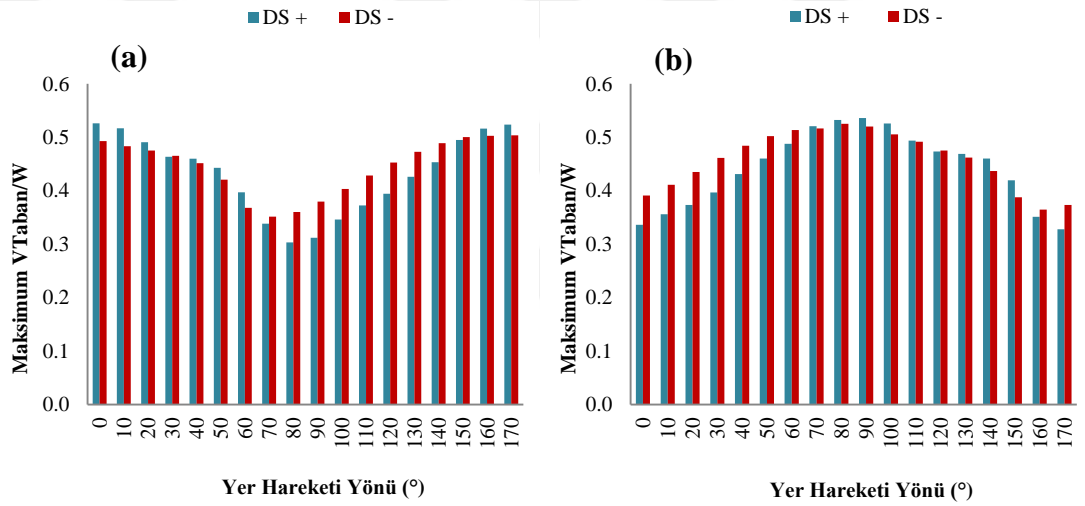
Şekil N.14 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



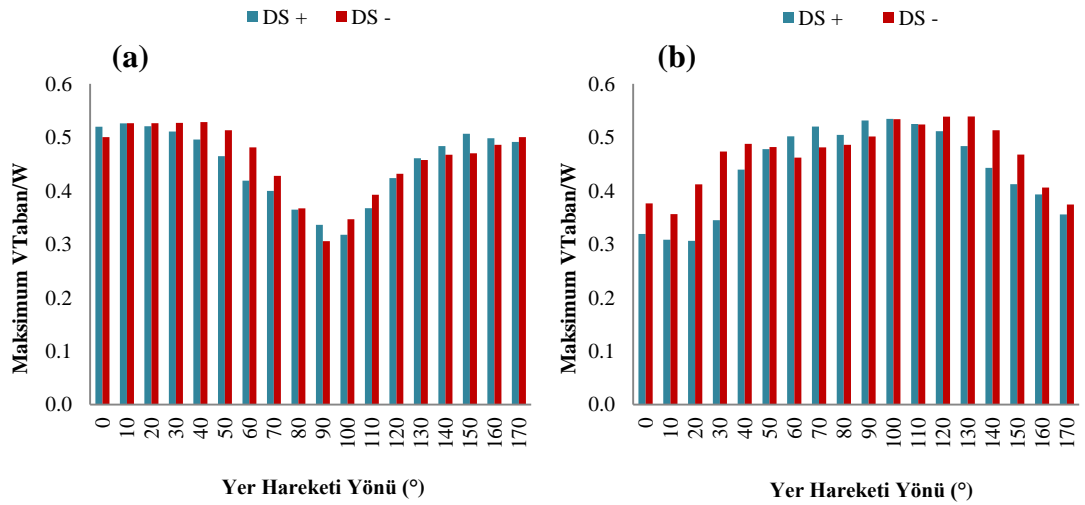
Şekil N.15 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



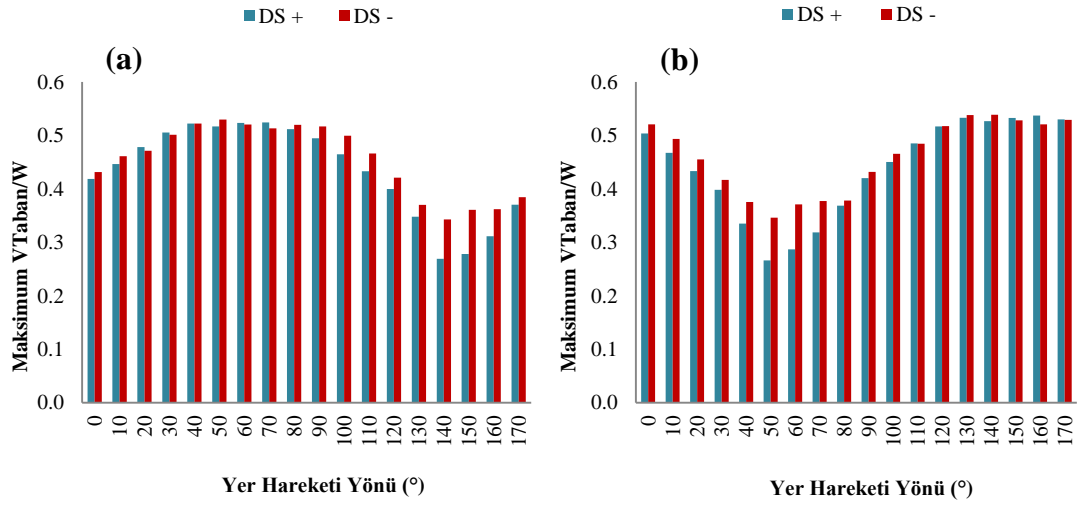
Şekil N.16 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



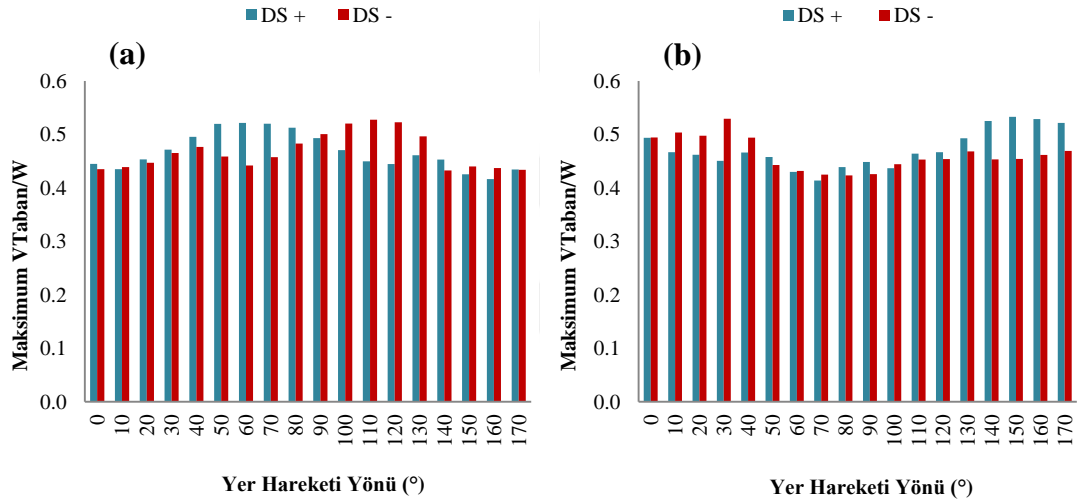
Şekil N.17 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



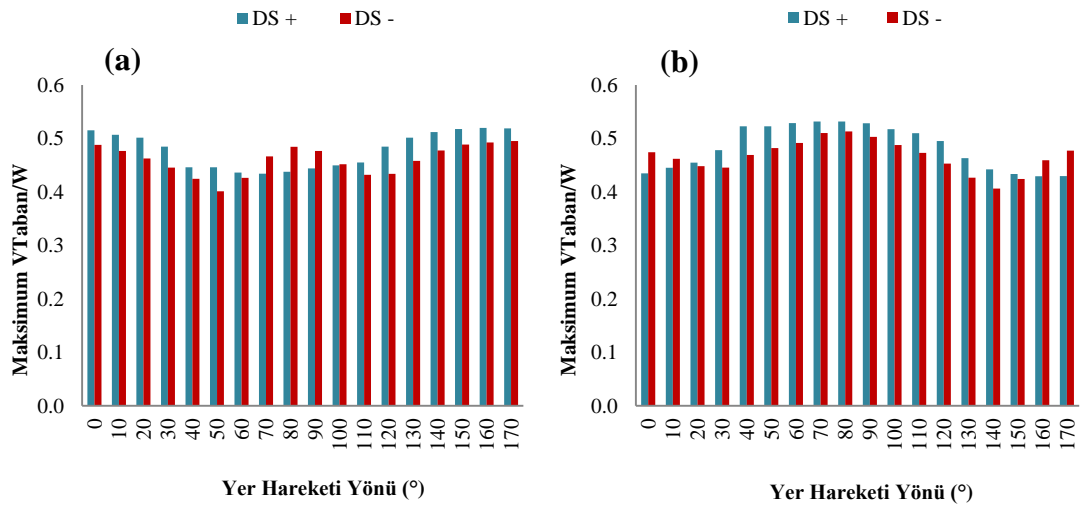
Şekil N.18 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



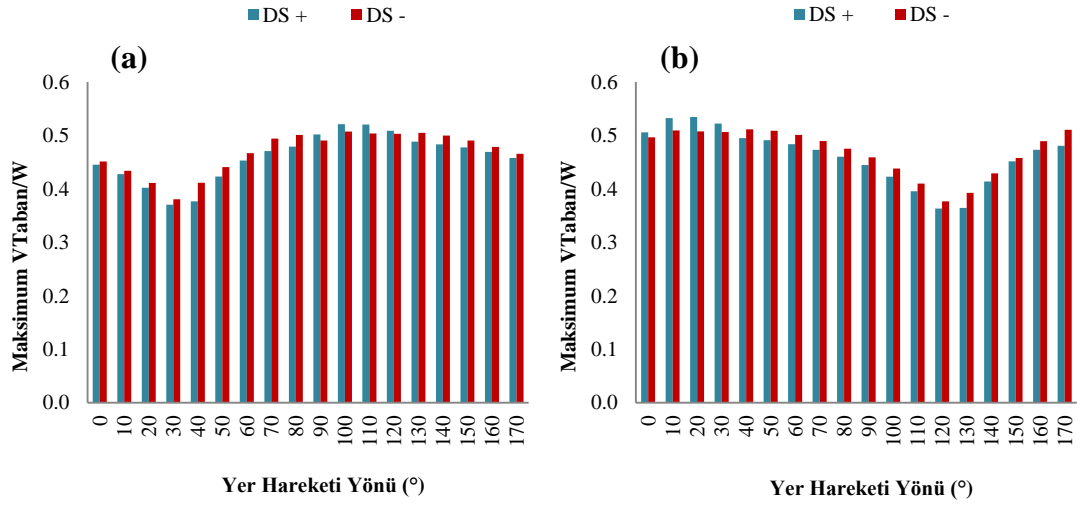
Şekil N.19 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



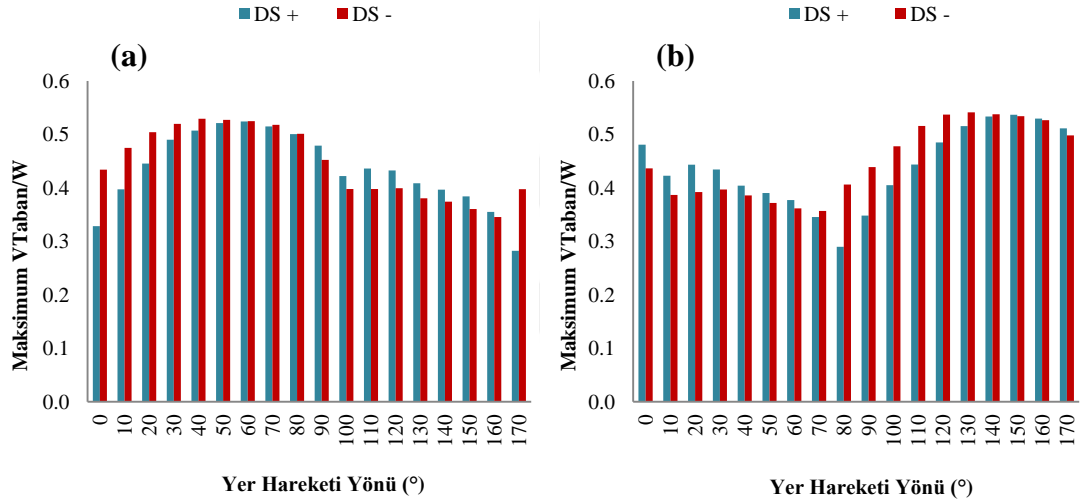
Şekil N.20 : 1999 Chi Chi (TCU 109) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



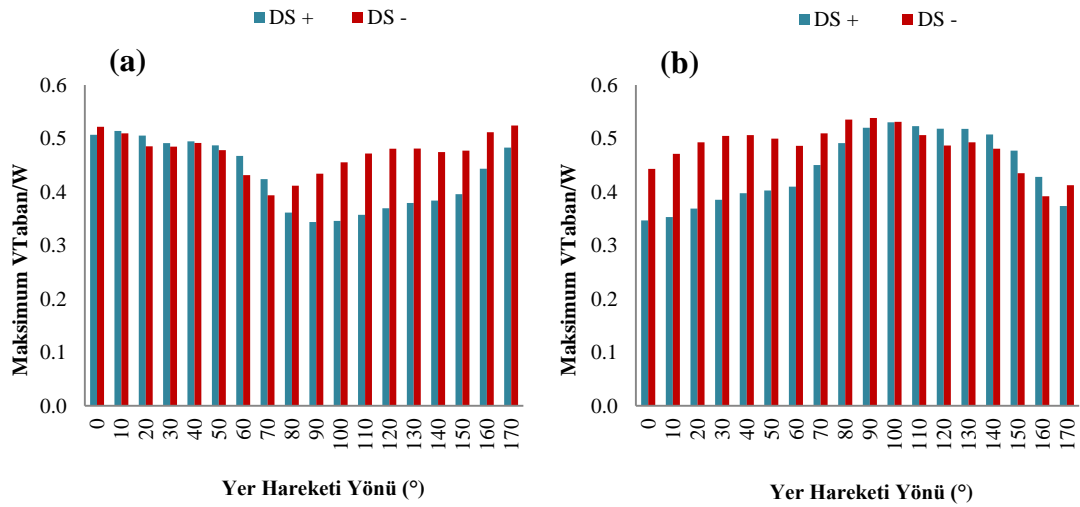
Şekil N.21 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



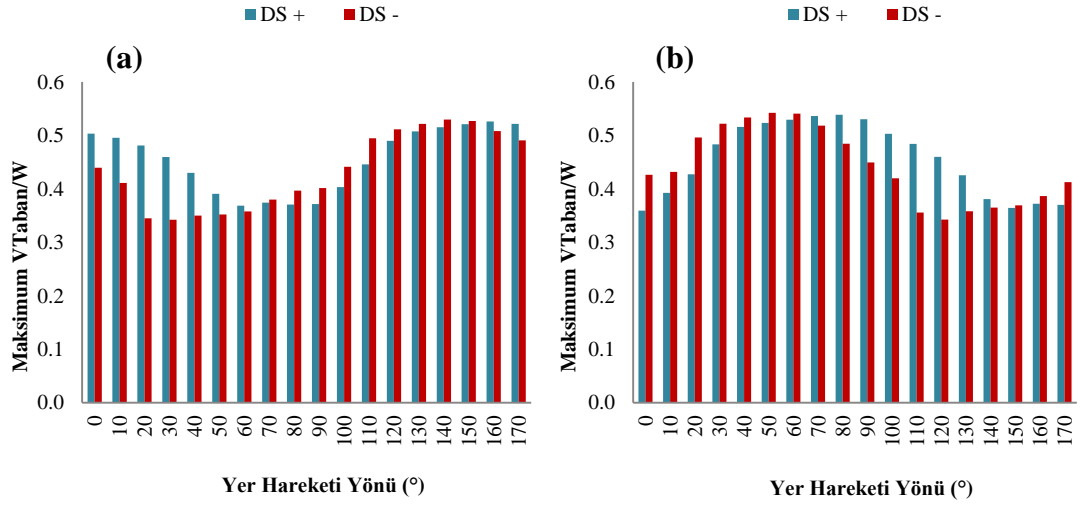
Şekil N.22 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



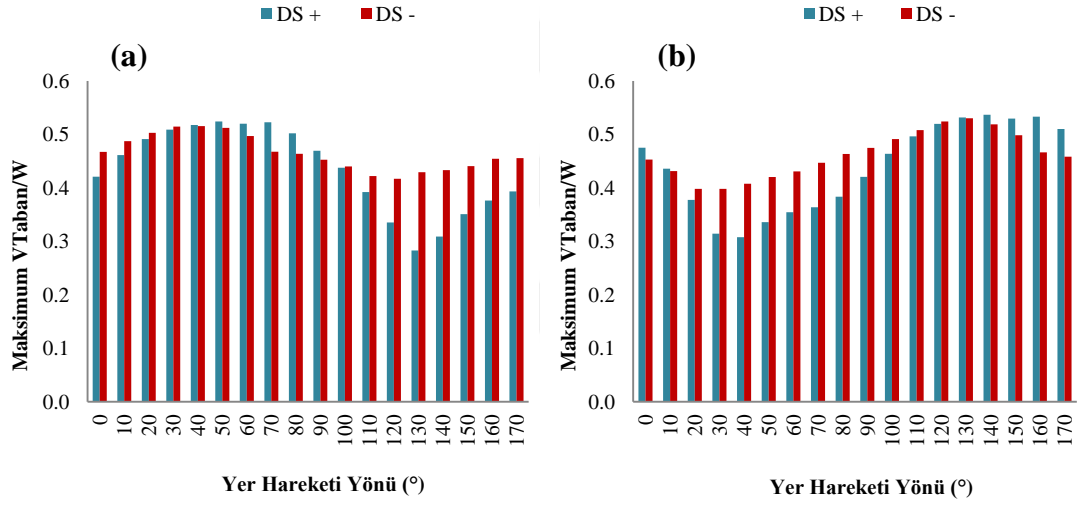
Şekil N.23 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



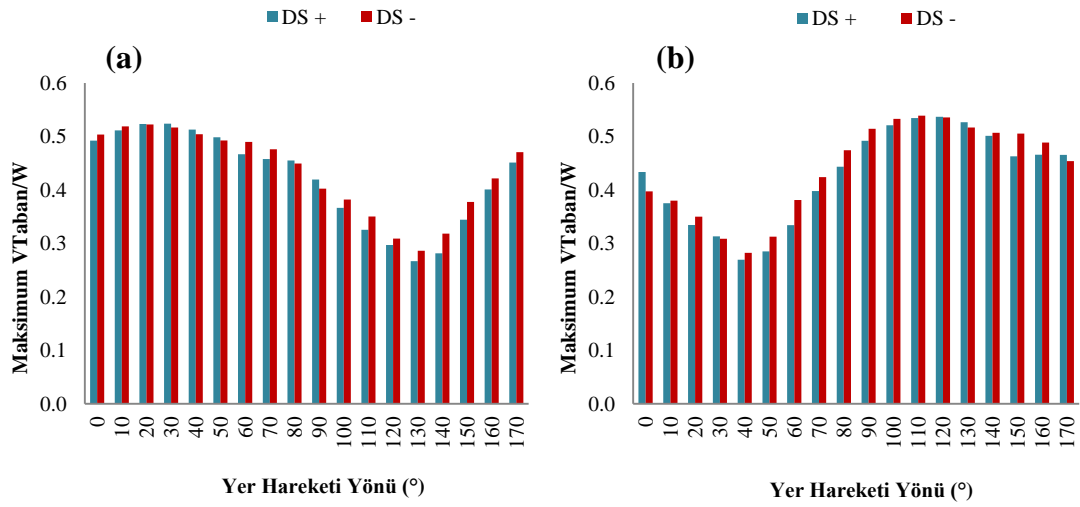
Şekil N.24 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



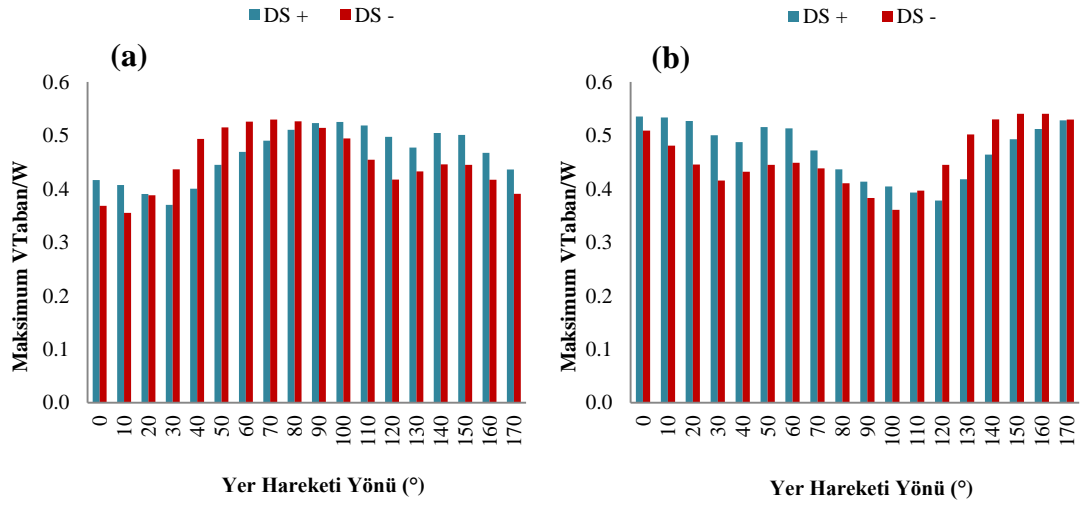
Şekil N.25 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



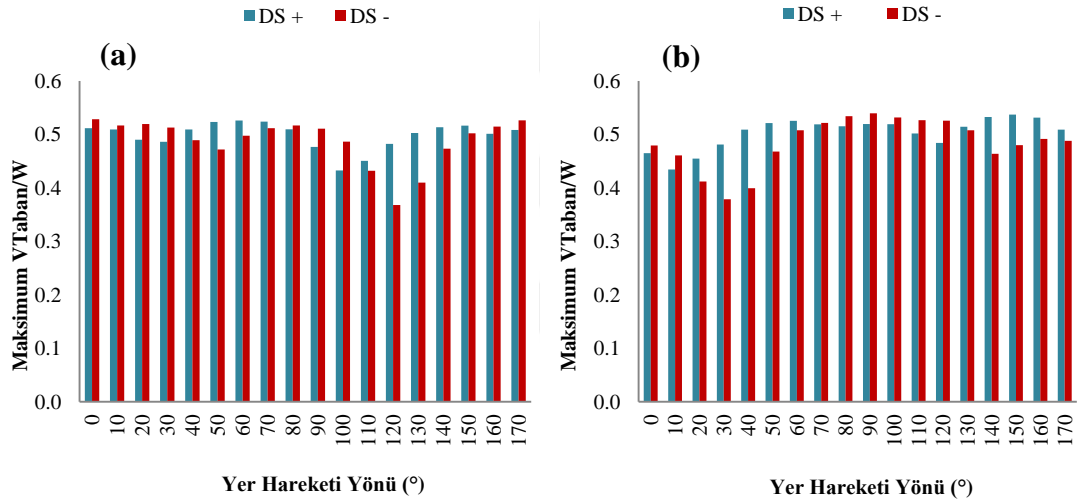
Şekil N.26 : 1995 Kobe (KJM): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



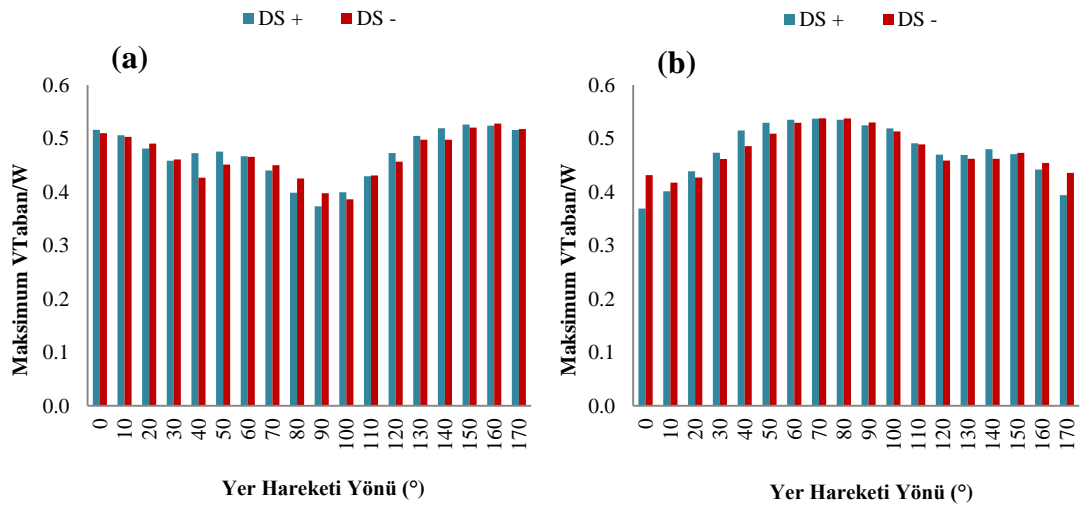
Şekil N.27 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



Şekil N.28 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönu (b) Z Yönu.



Şekil N.29 : 1999 Chi Chi (TCU 102): (a) X Yönu (b) Z Yönu.

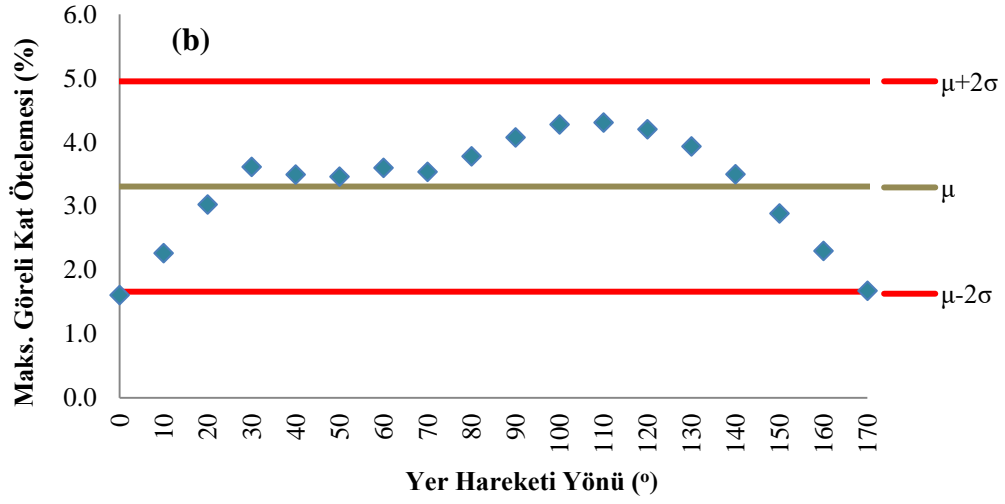
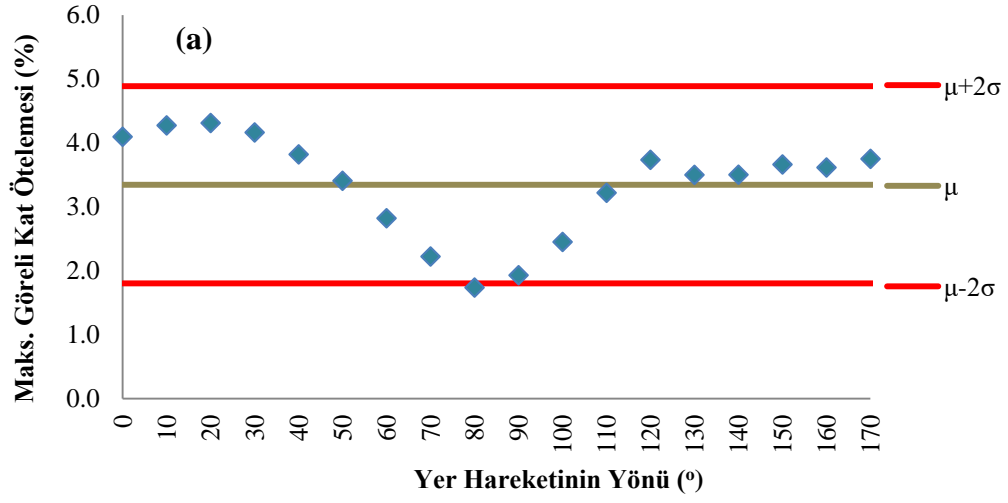


Şekil N.30 : 1995 Kobe (Takatori): (a) X Yönu (b) Z Yönu.

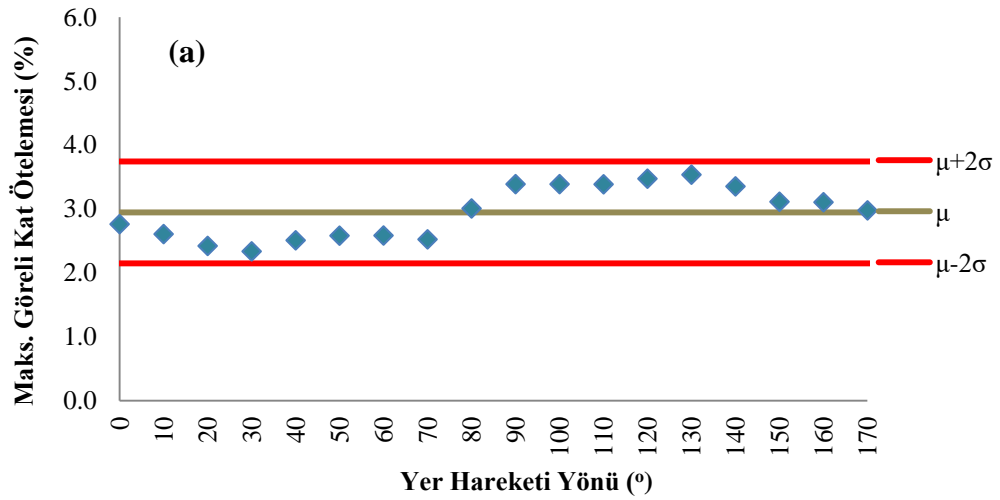
EK O: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 3: 50 yılda aşılma olasılığı
%2 – Yer hareketi yönünün yapının görelî kat ötelemesi taleplerine etkisi

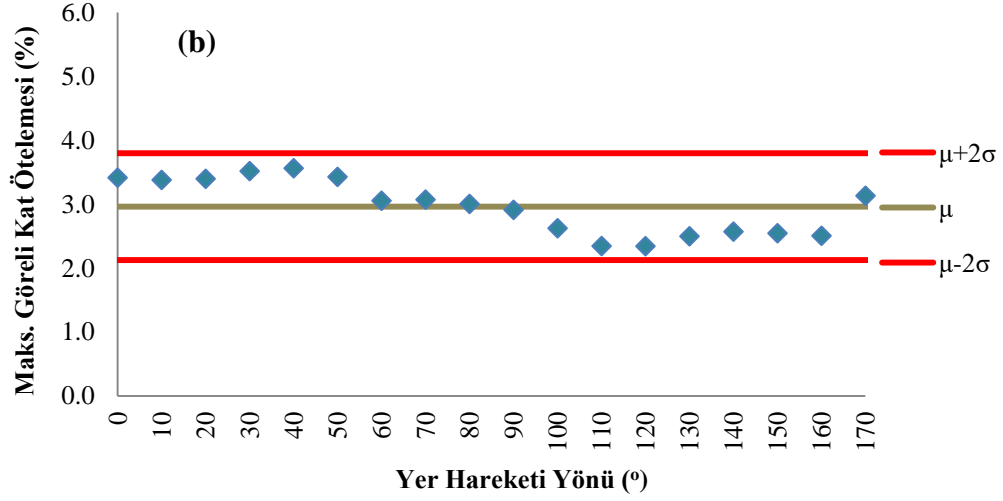


EK O

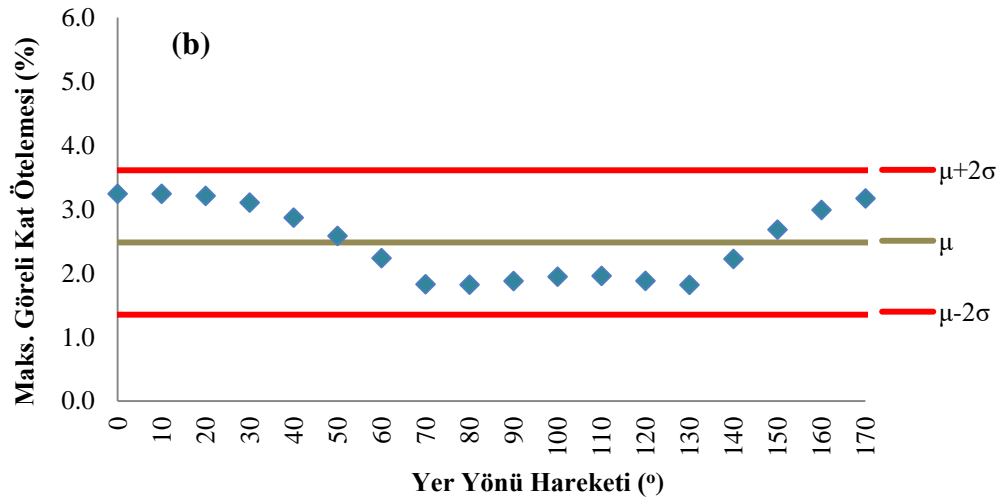
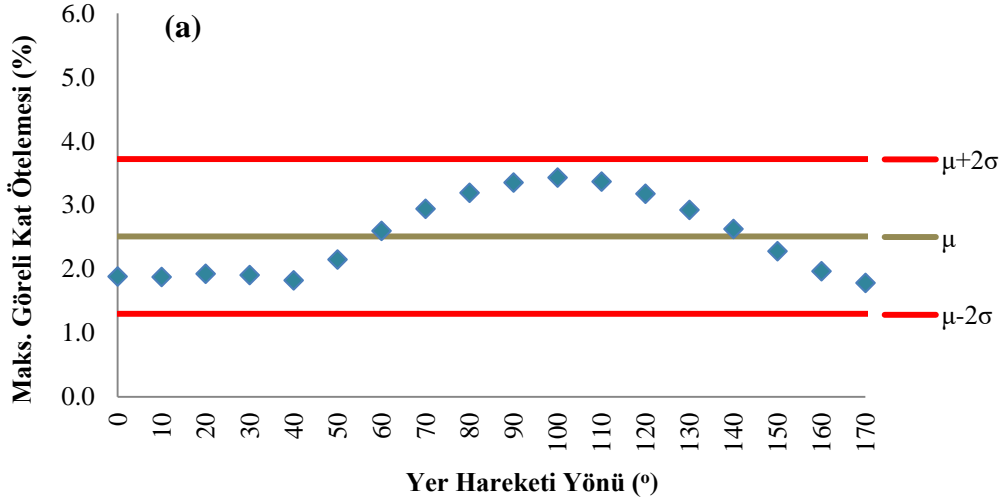


Şekil O. 1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

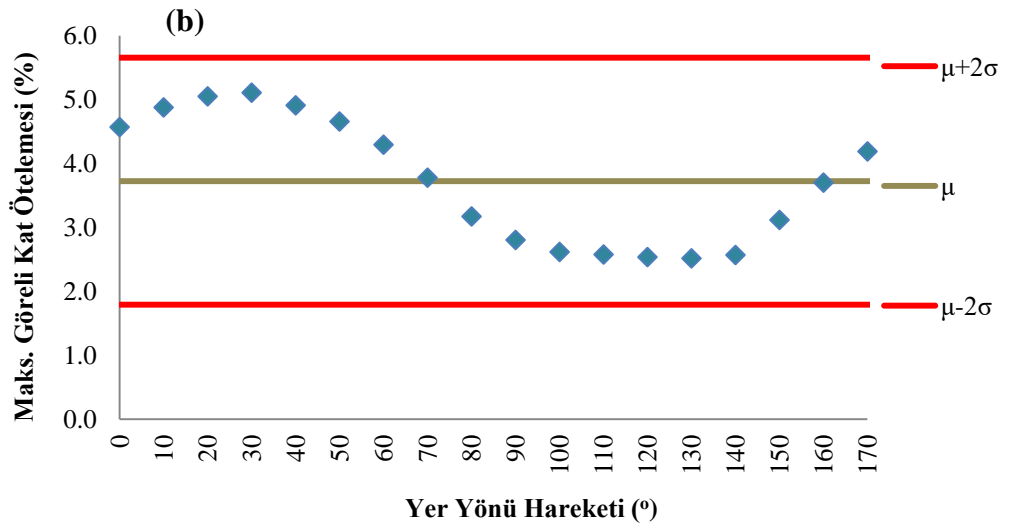
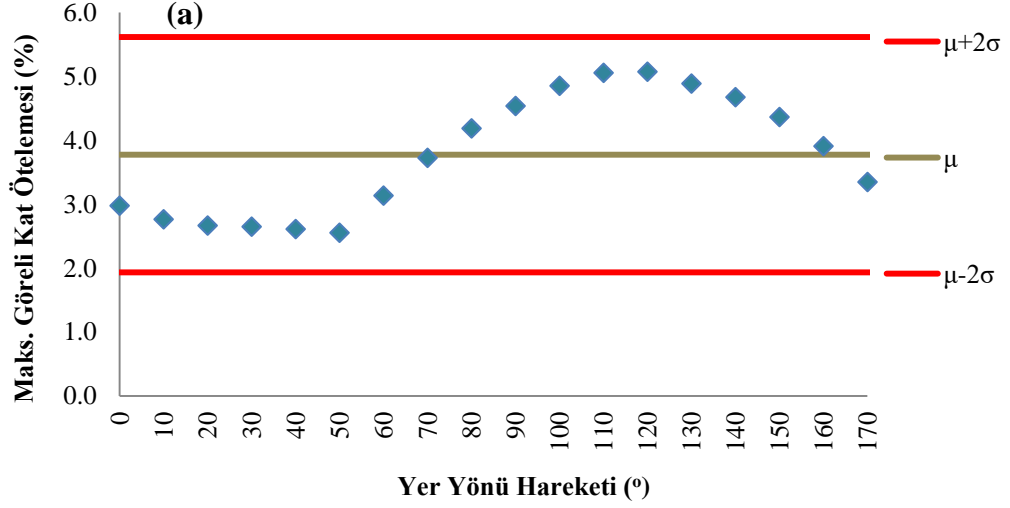




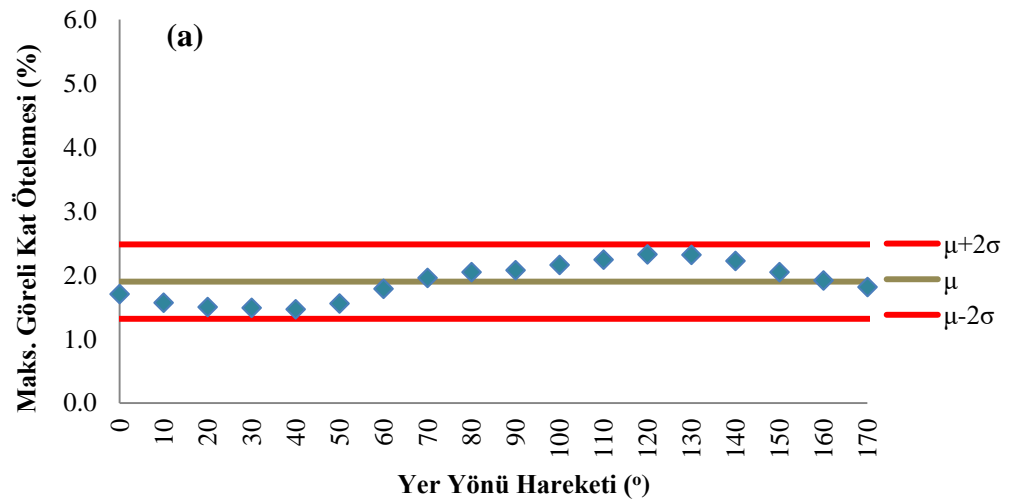
Şekil O.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

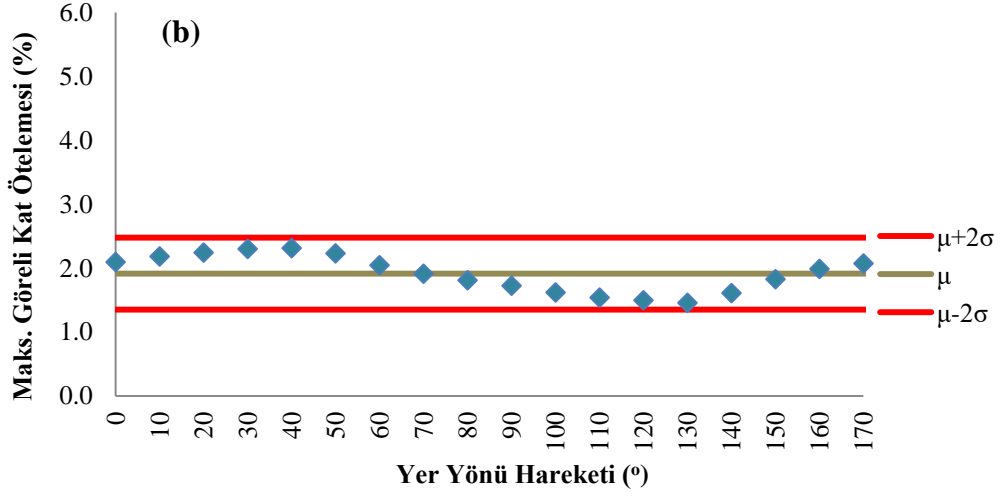


Şekil O.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

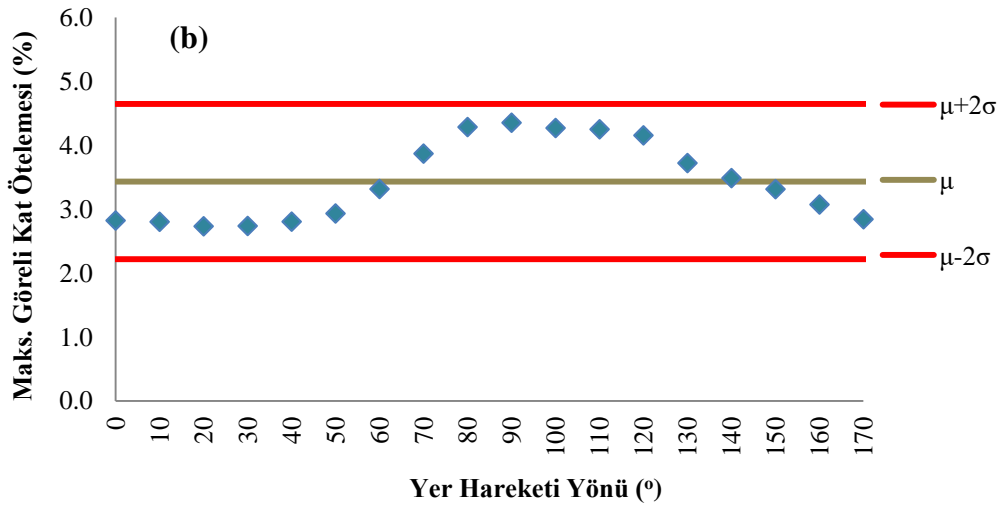
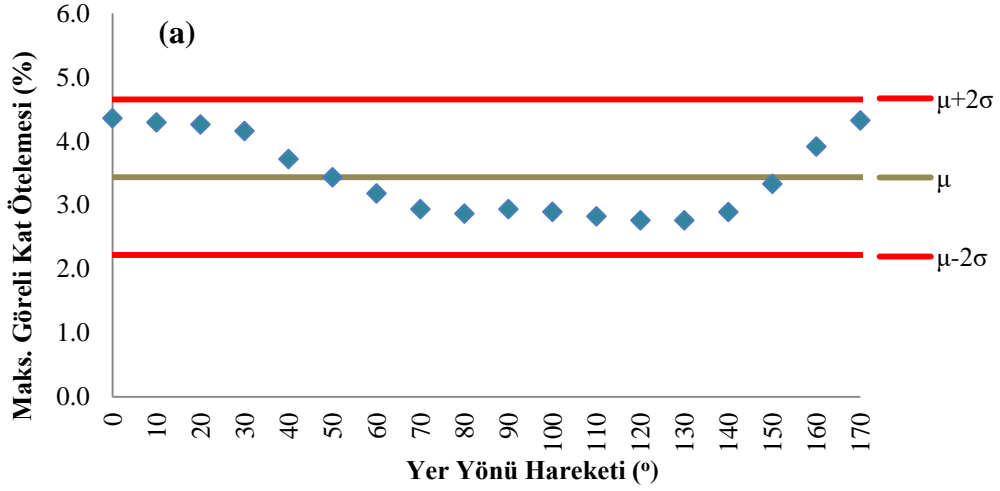


Şekil O.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

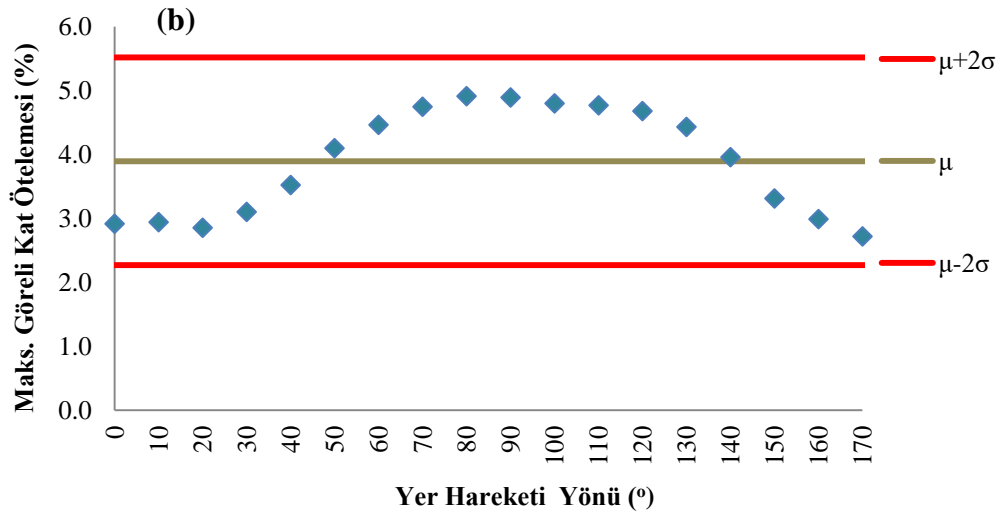
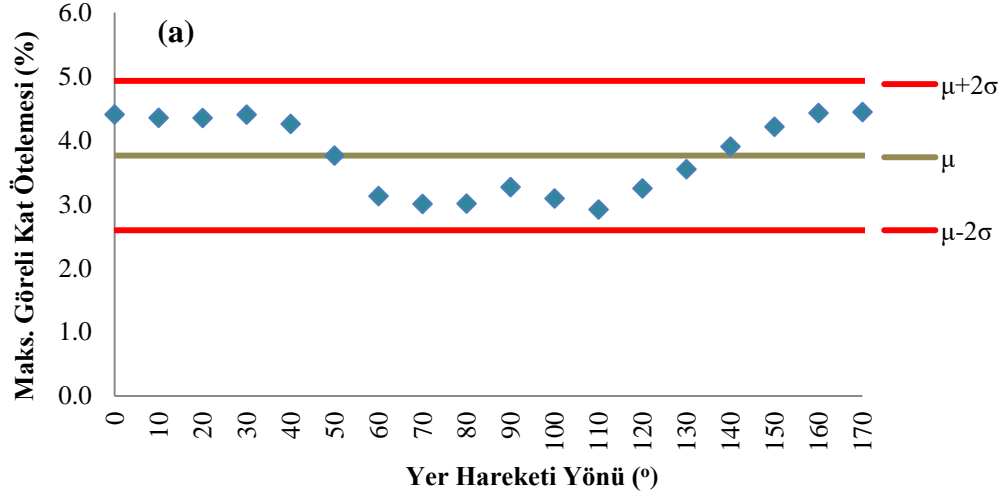




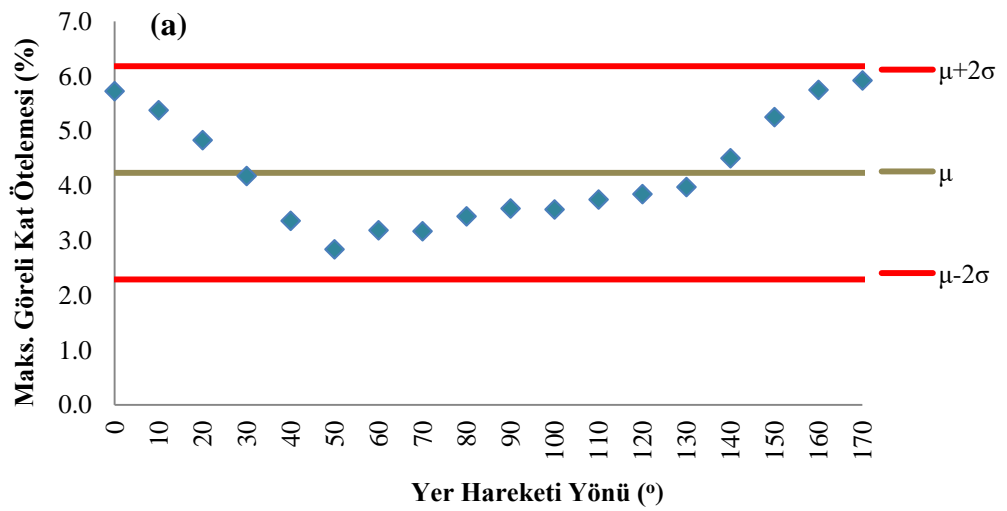
Şekil O.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

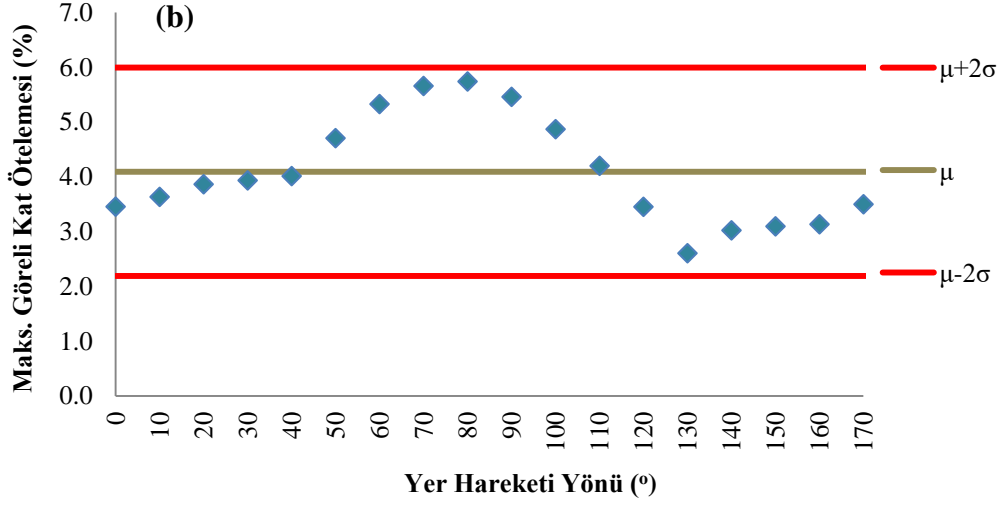


Şekil O.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

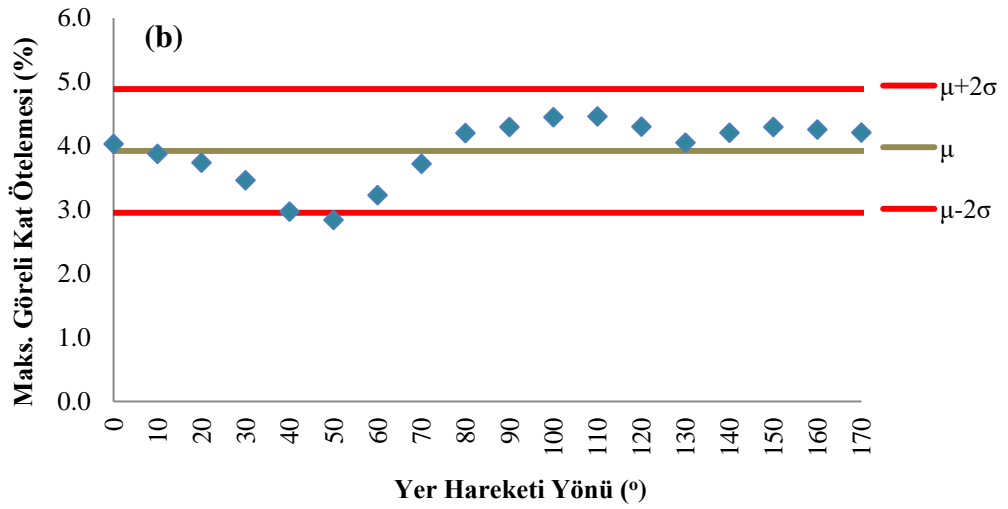
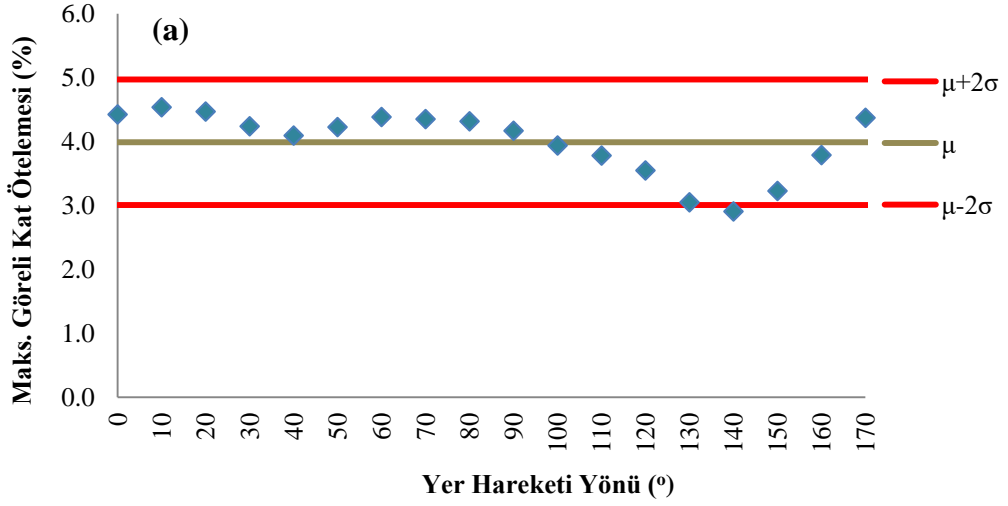


Şekil O.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

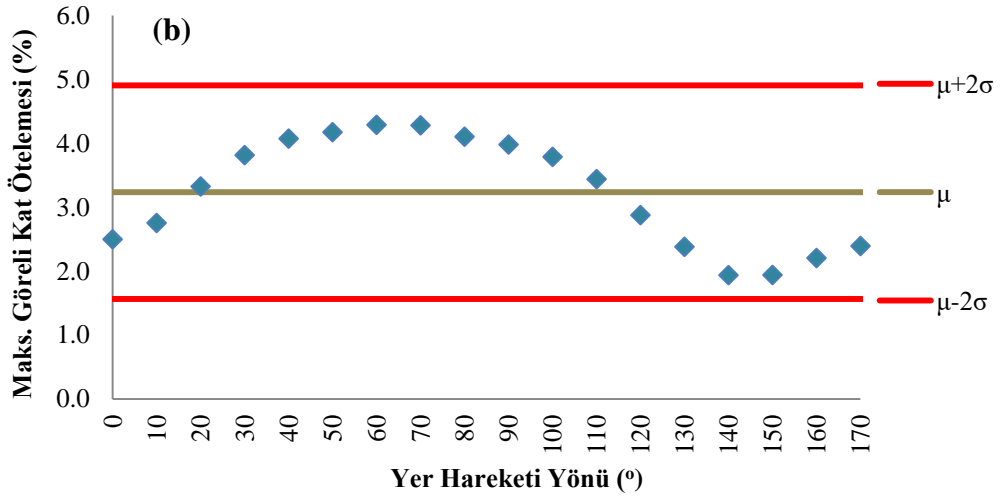
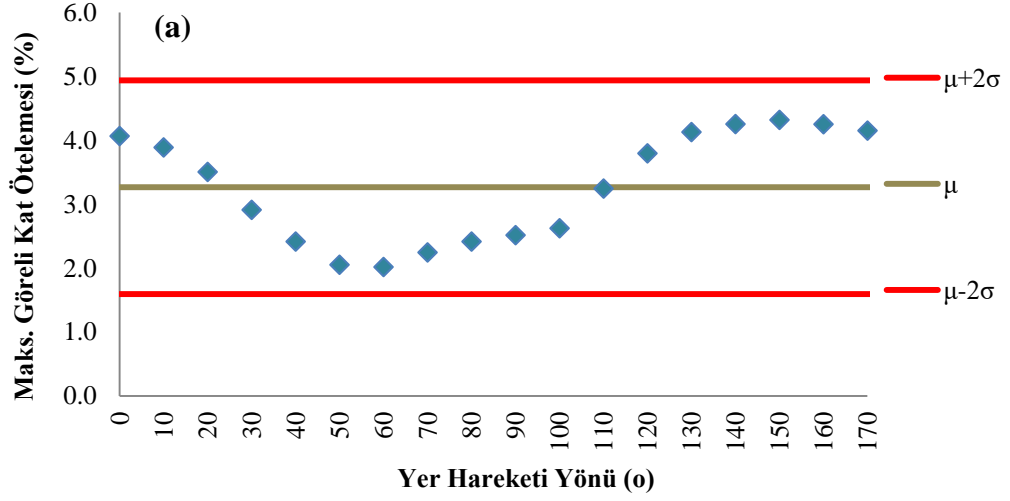




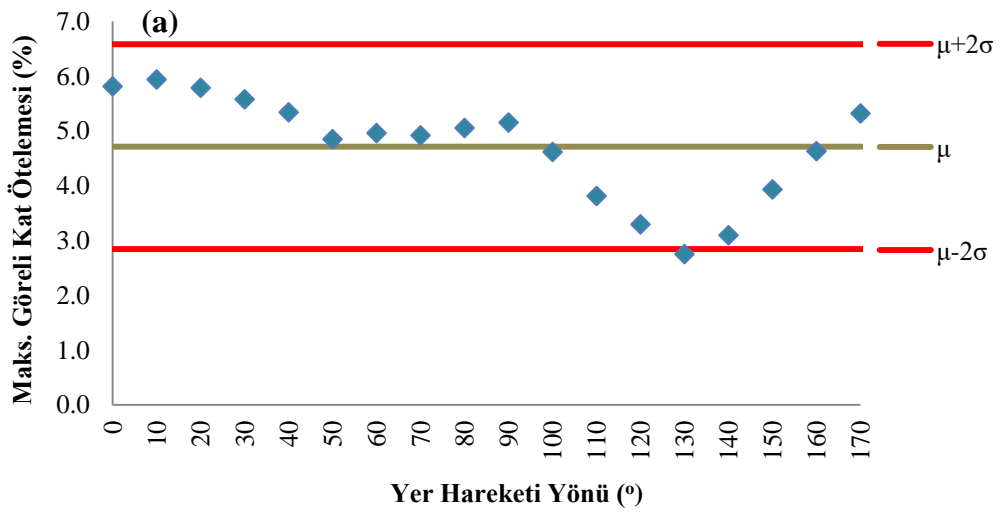
Şekil O.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

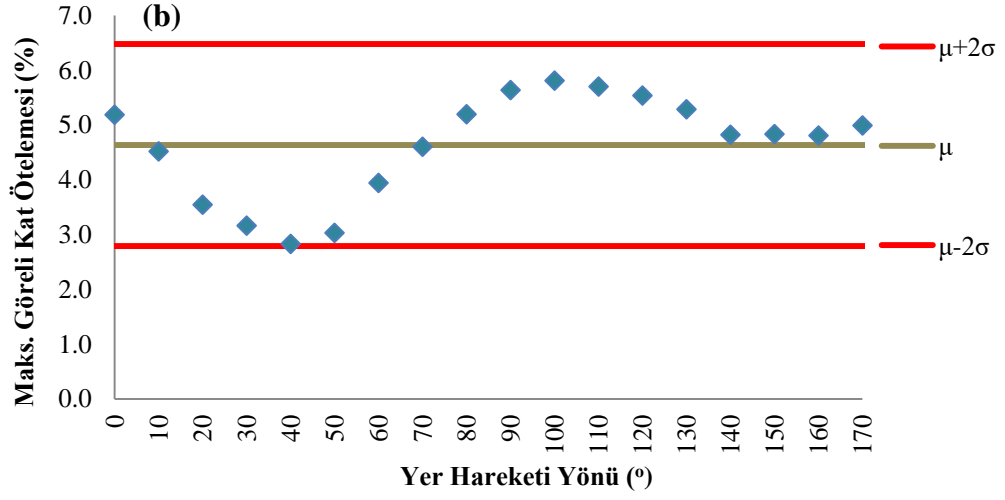


Şekil O.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

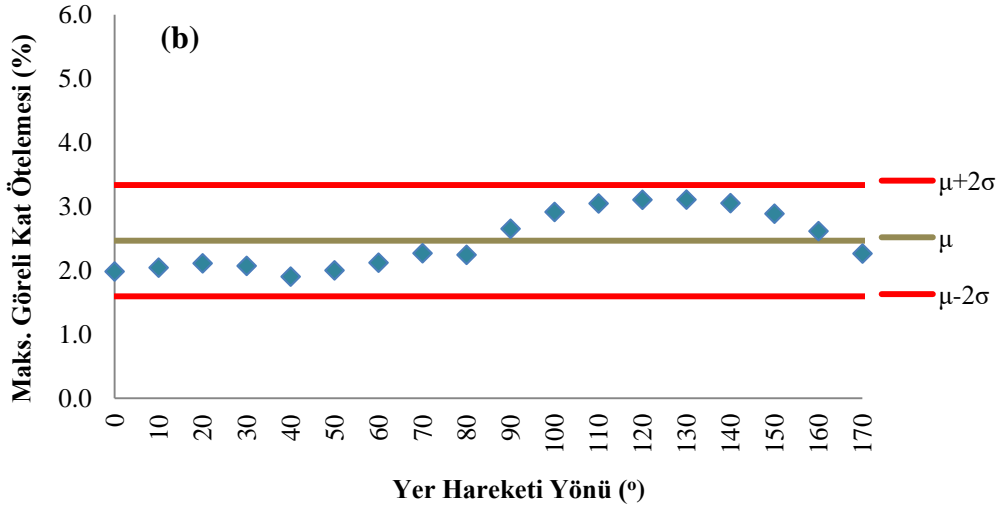
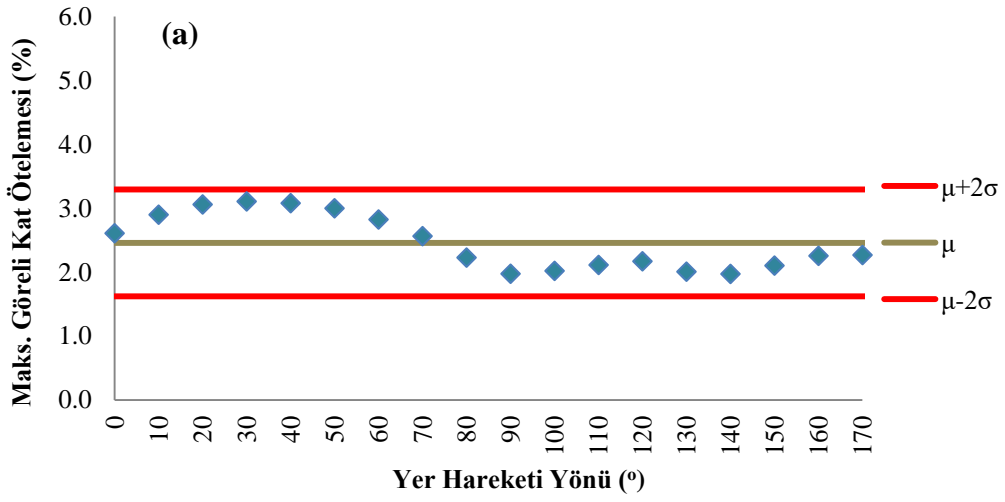


Şekil O.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

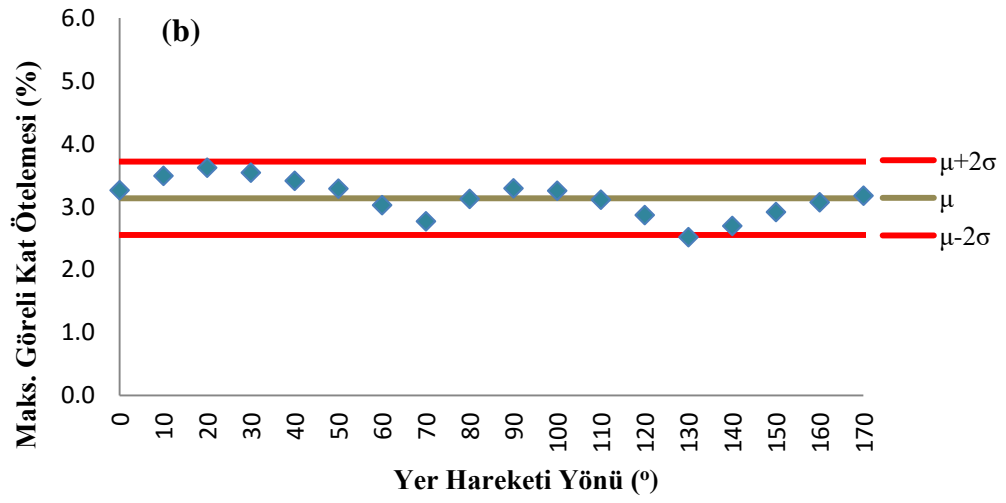
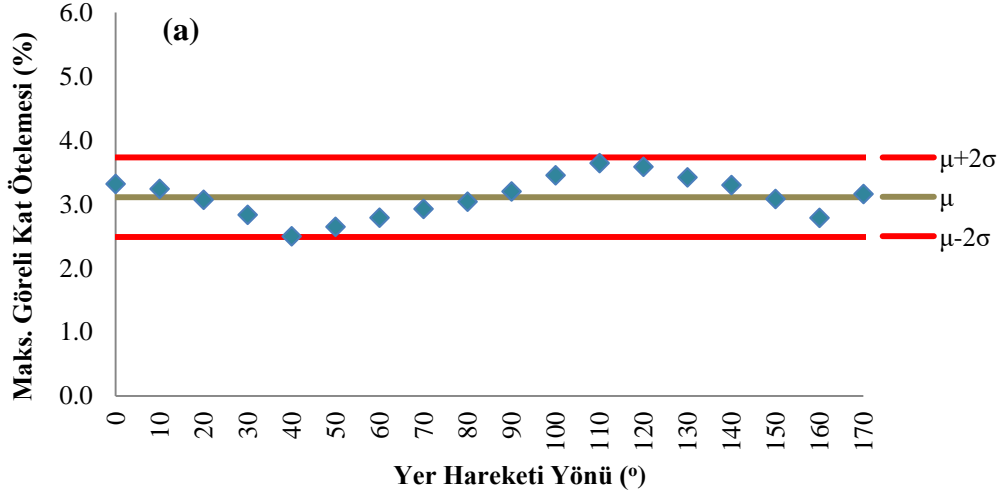




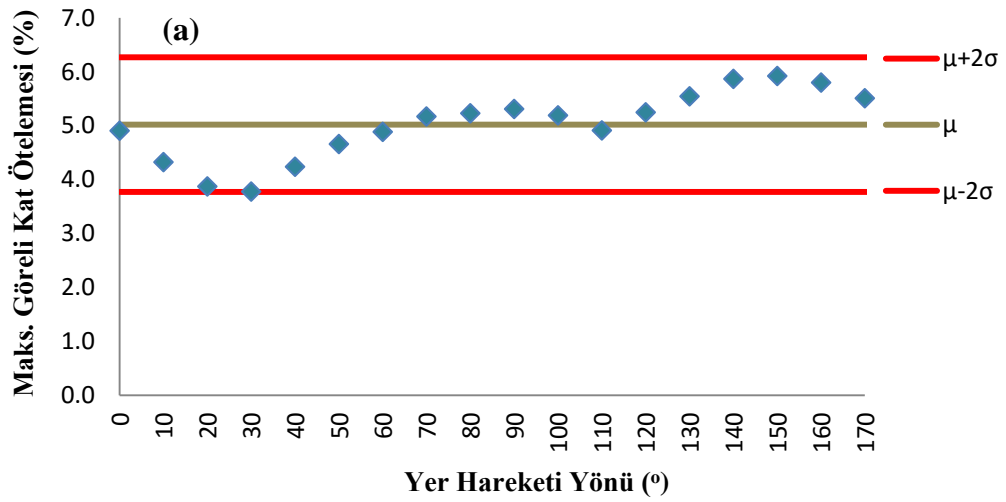
Şekil O.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

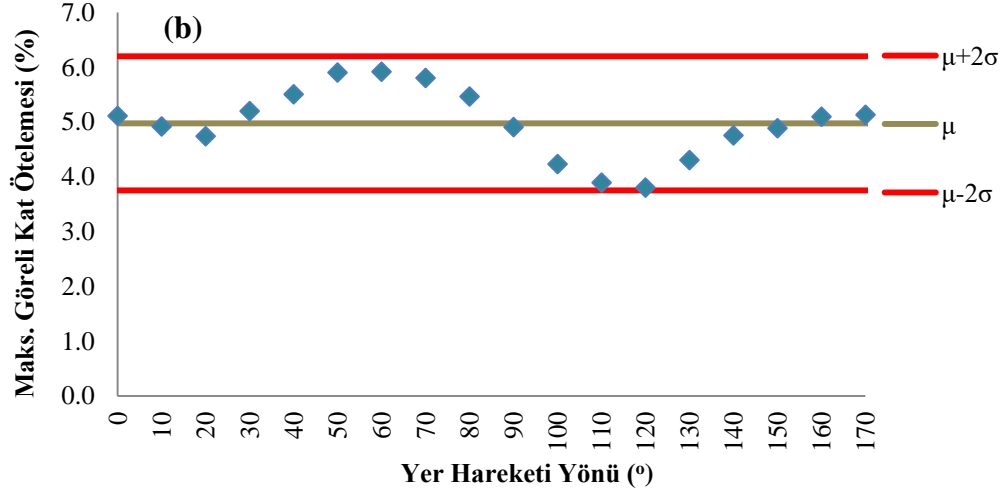


Şekil O.12 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

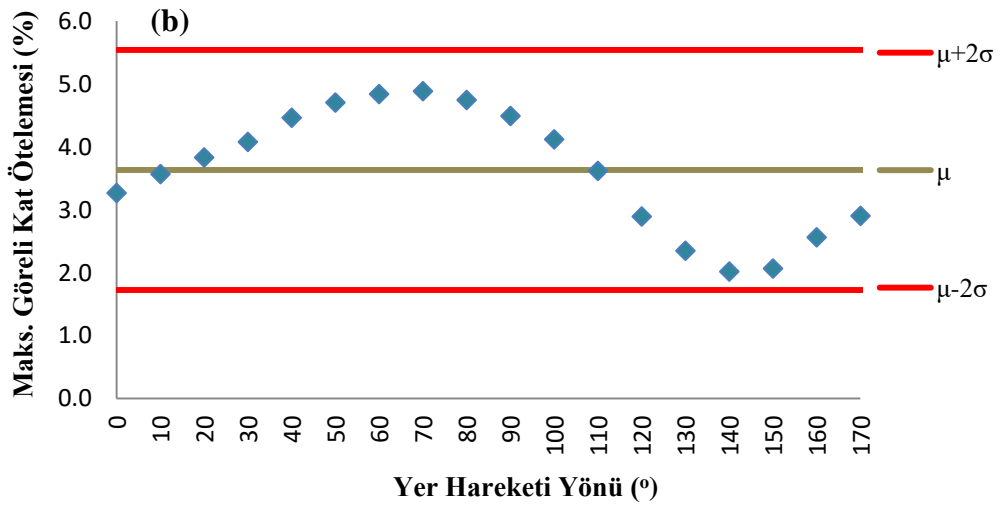
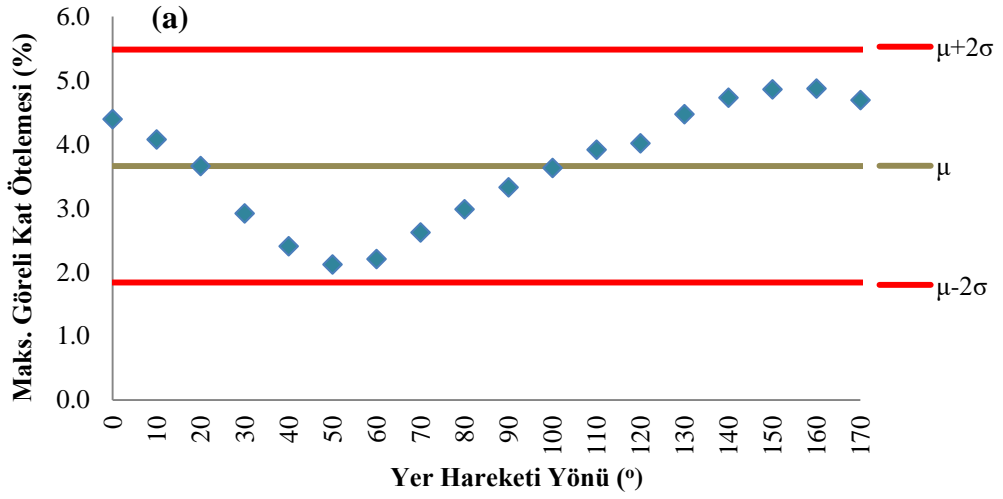


Şekil O.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.

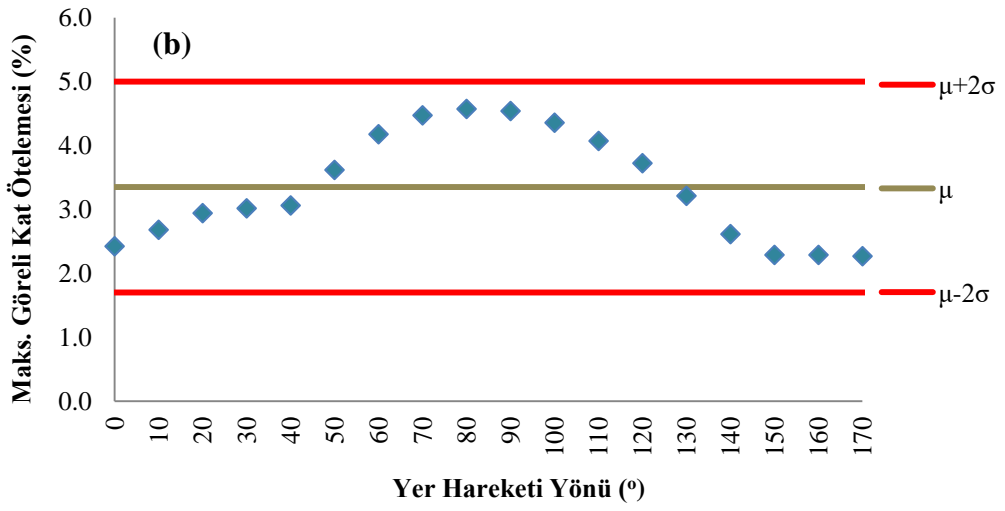
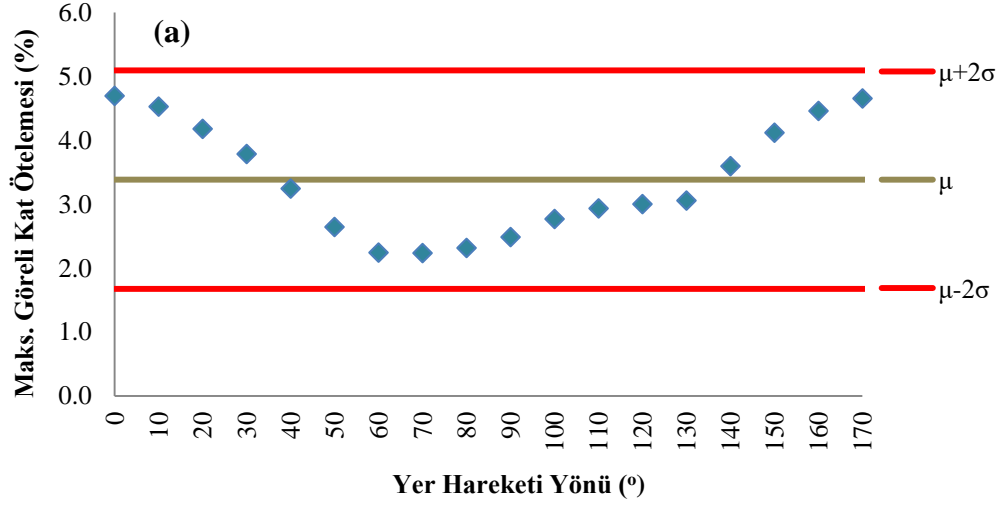




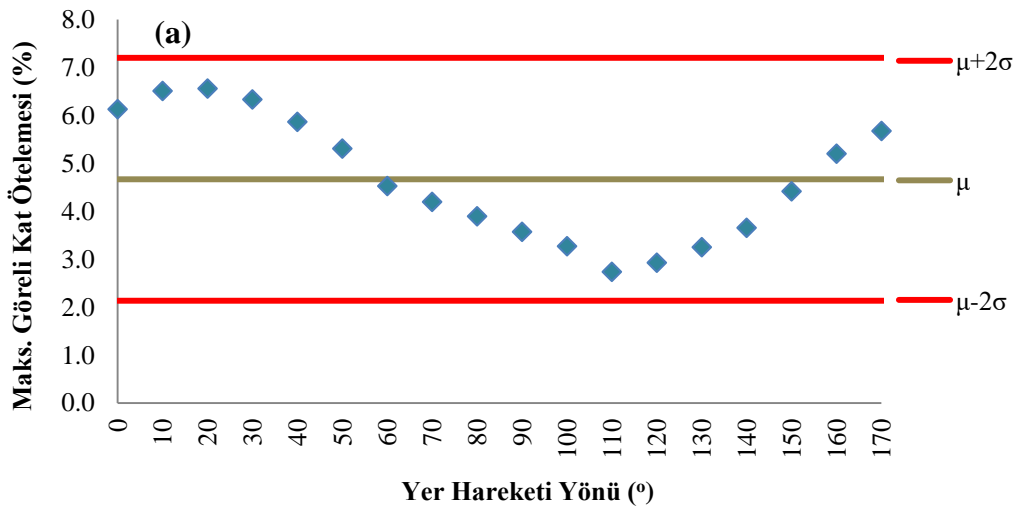
Şekil O.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

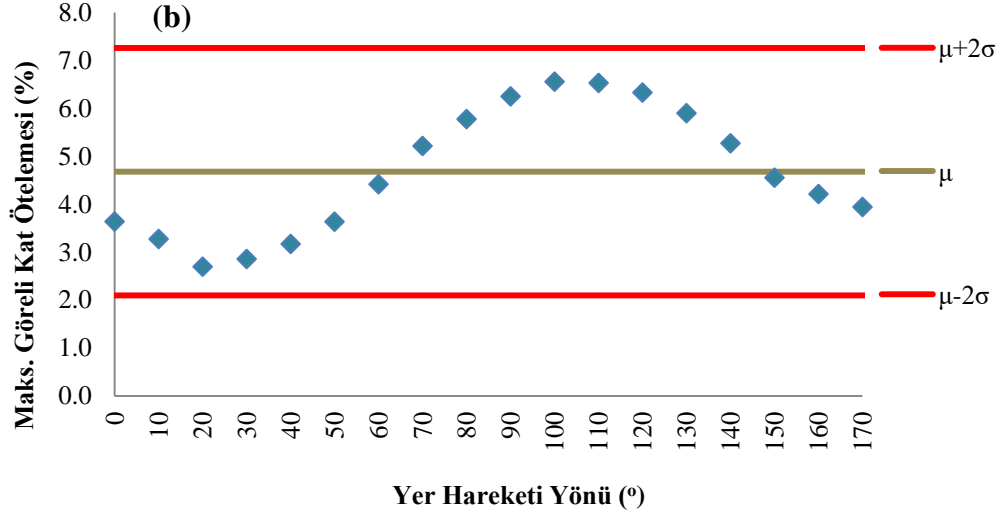


Şekil O.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

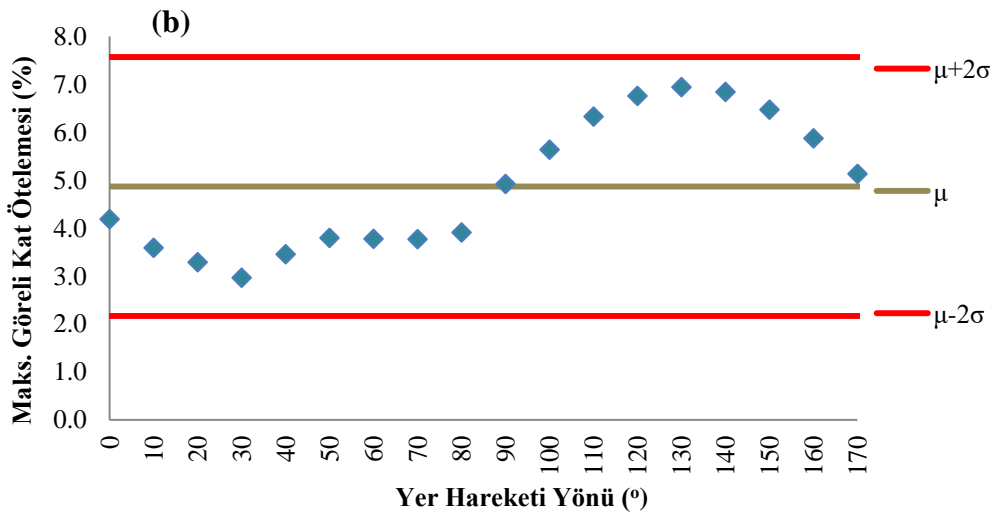
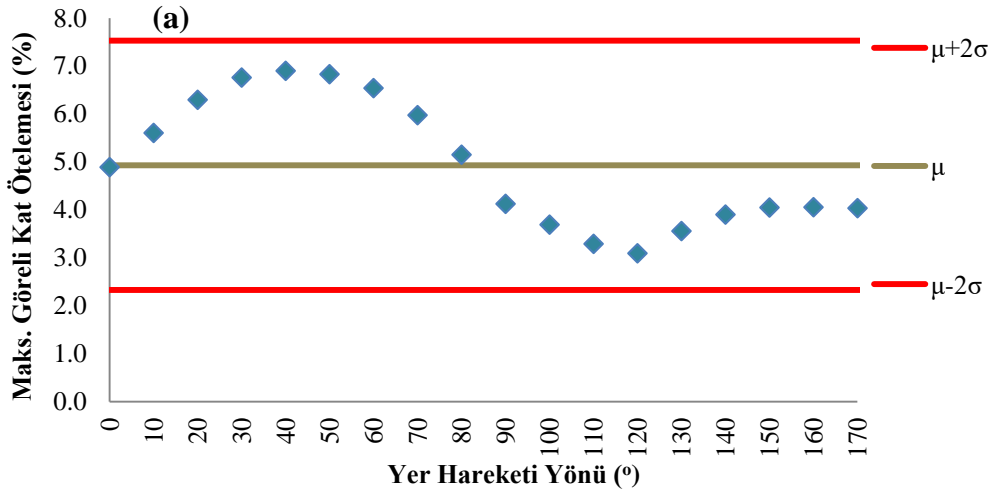


Şekil O.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

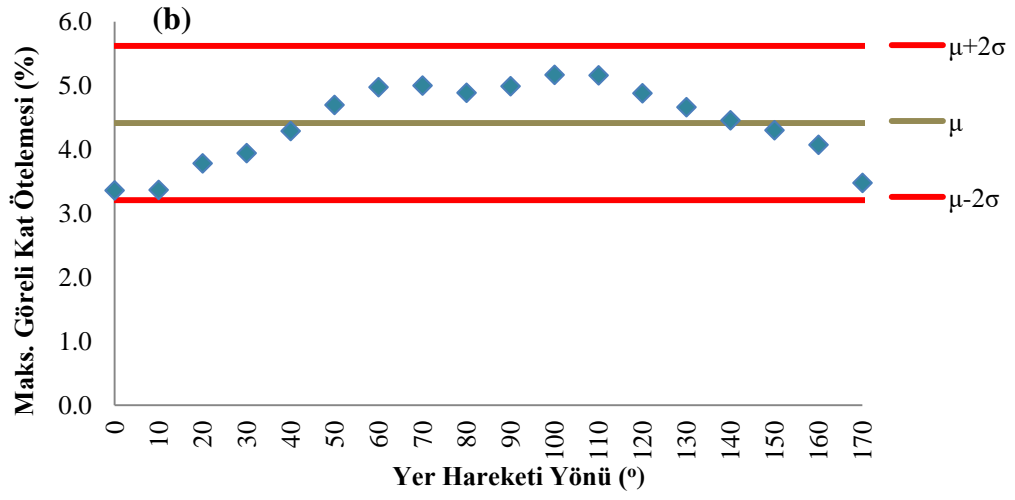
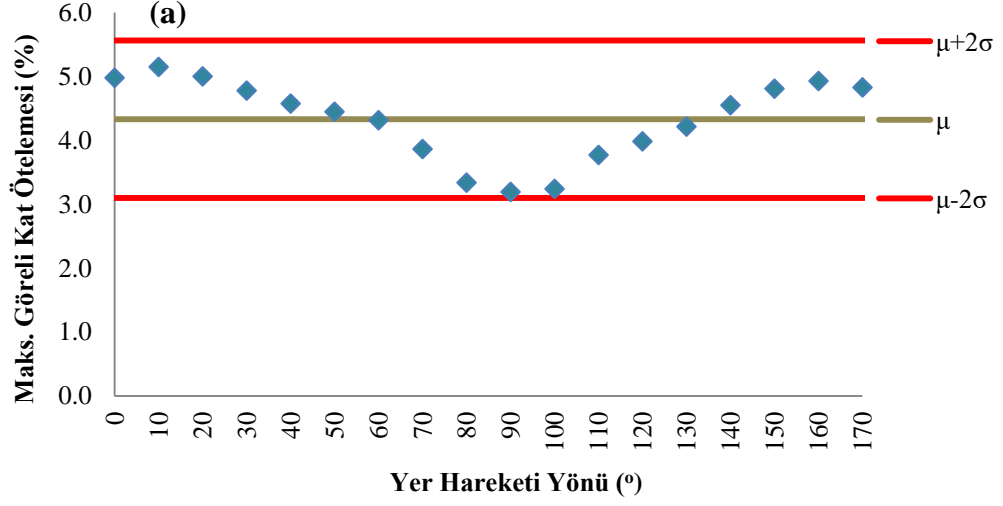




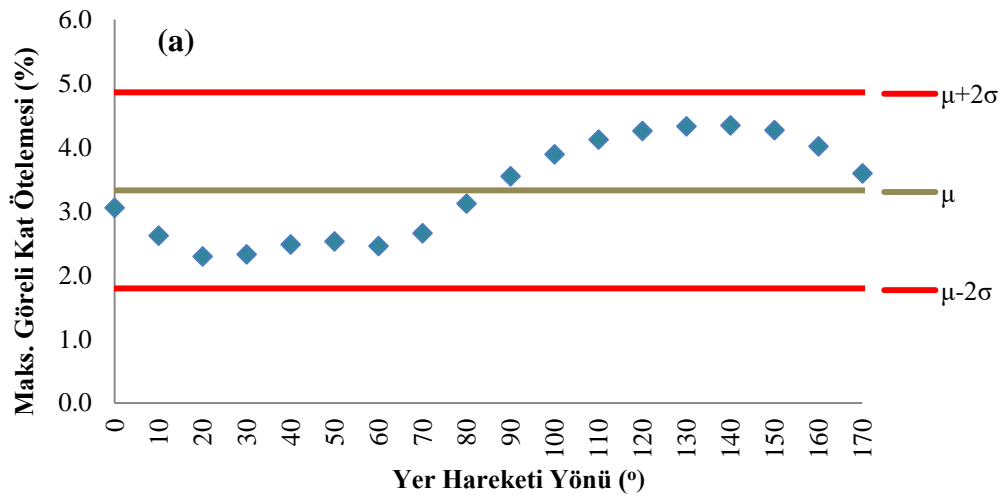
Şekil O.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

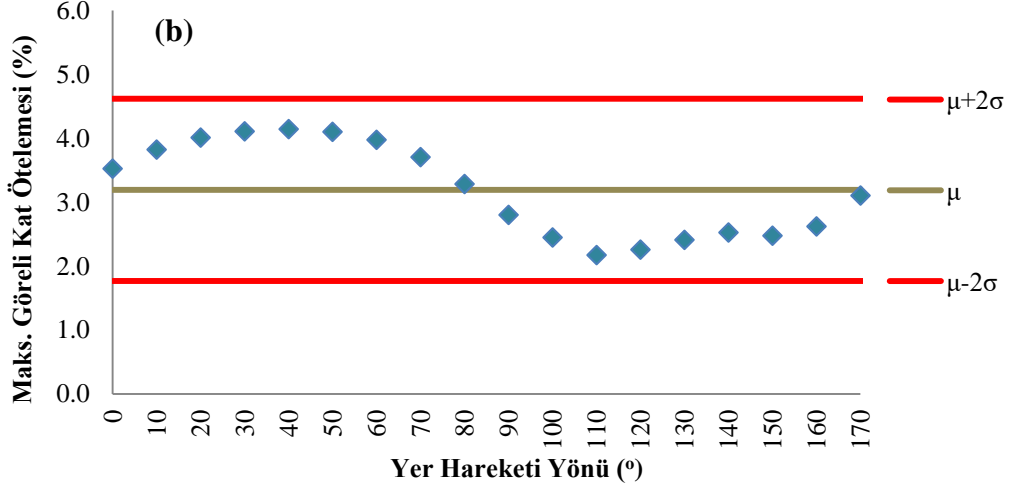


Şekil O.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

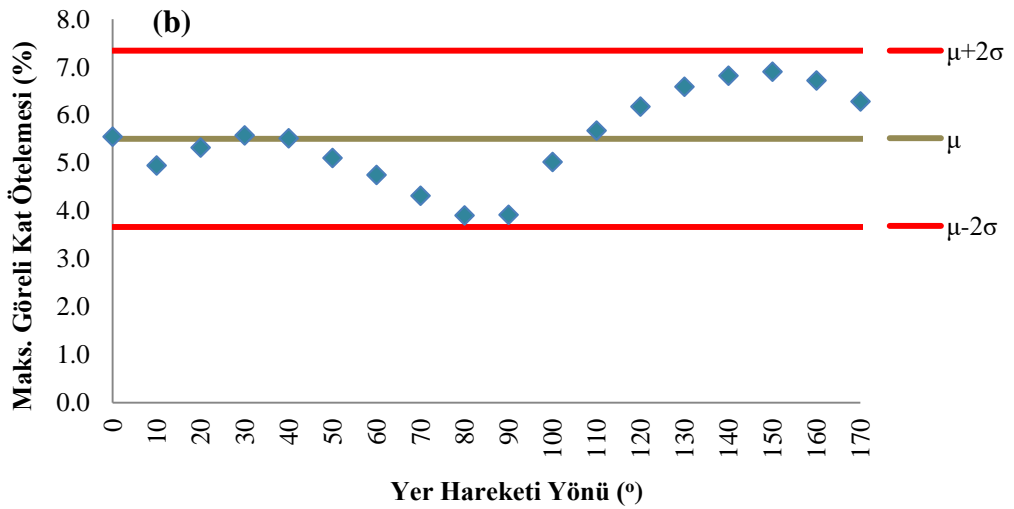
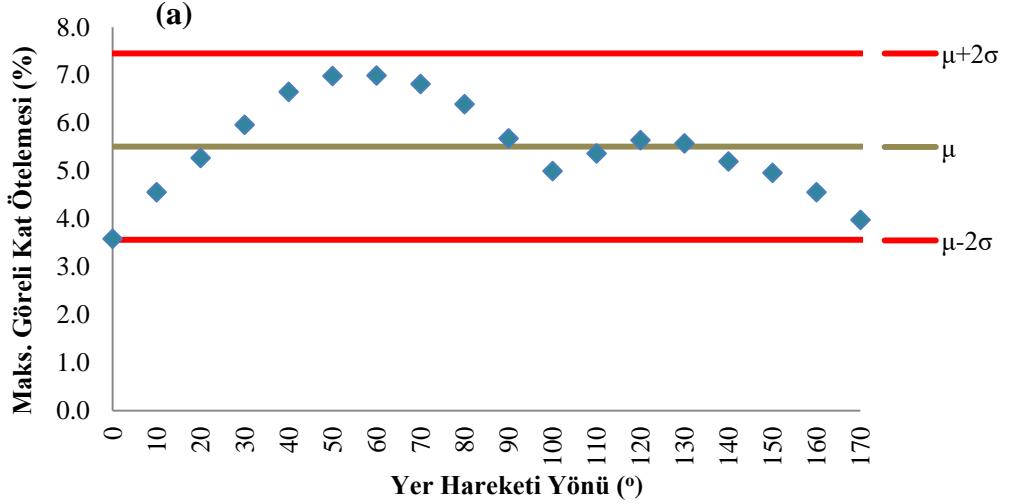


Şekil O.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

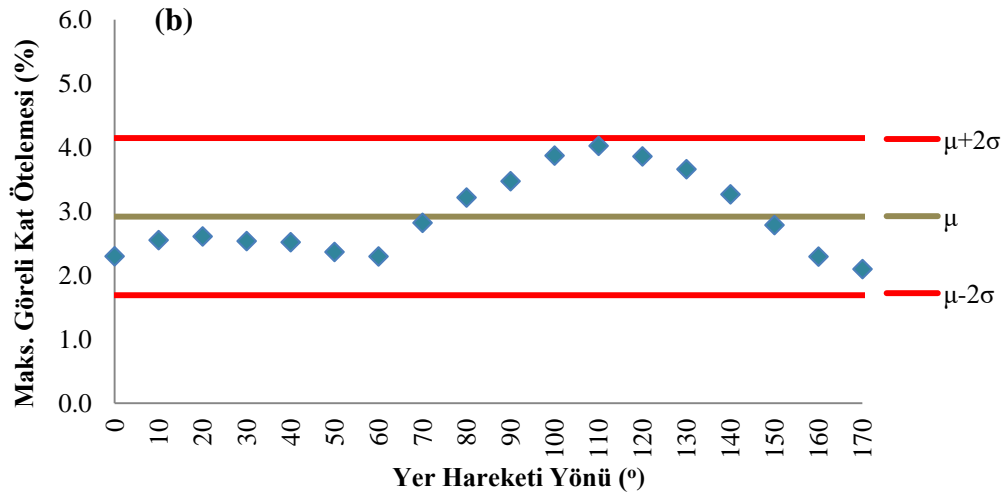
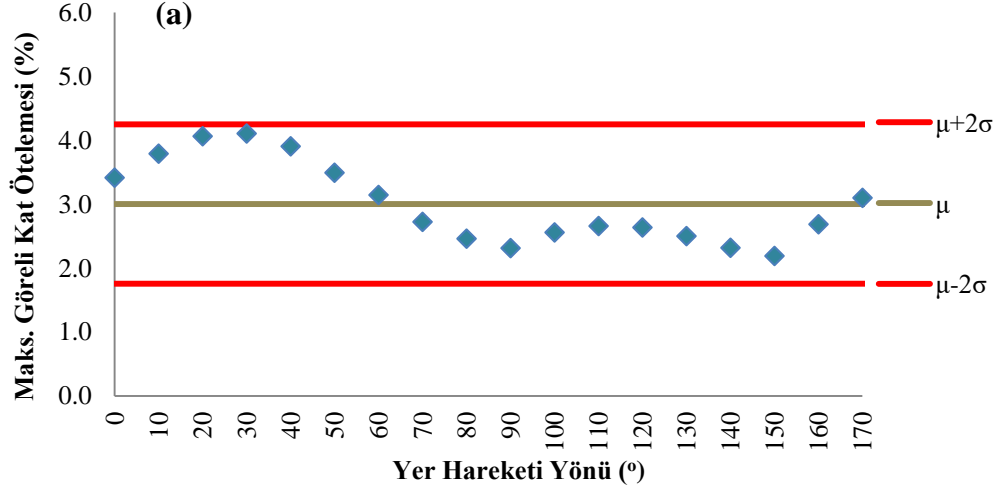




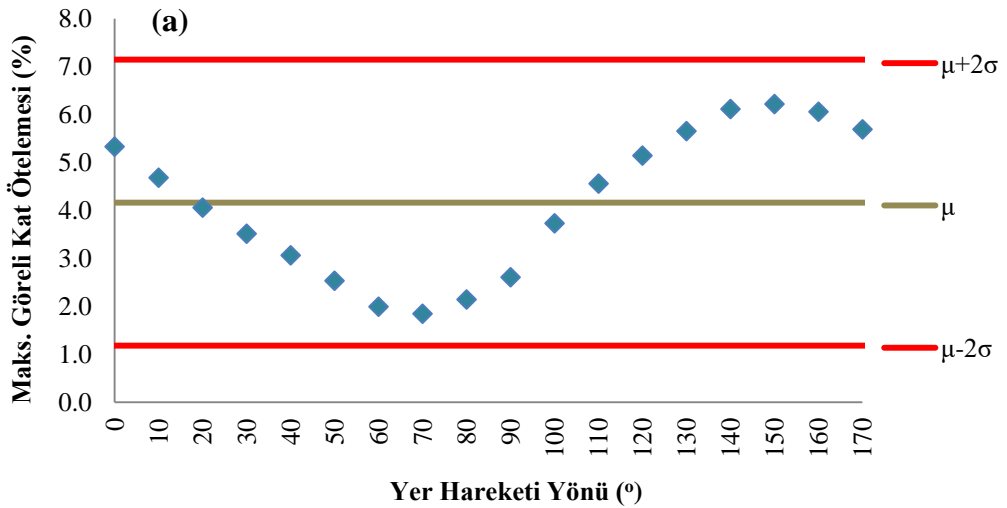
Şekil O.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

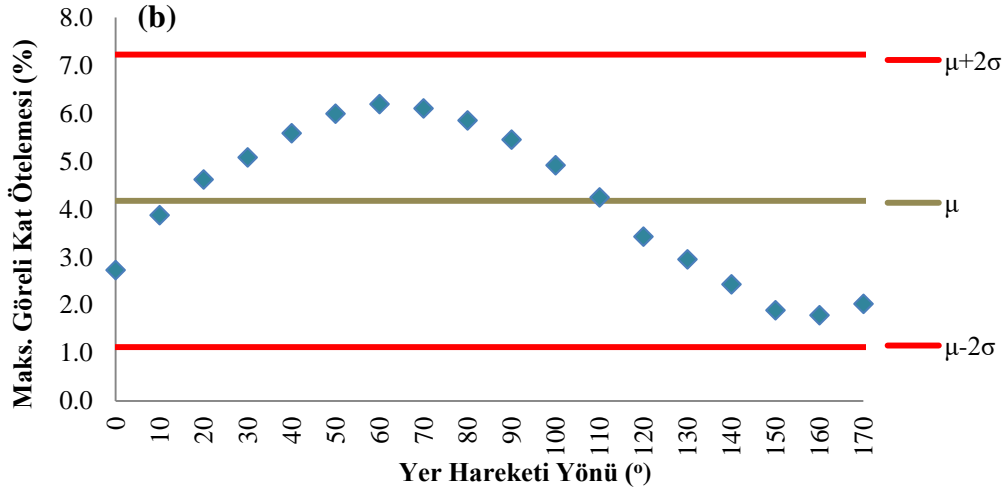


Şekil O.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

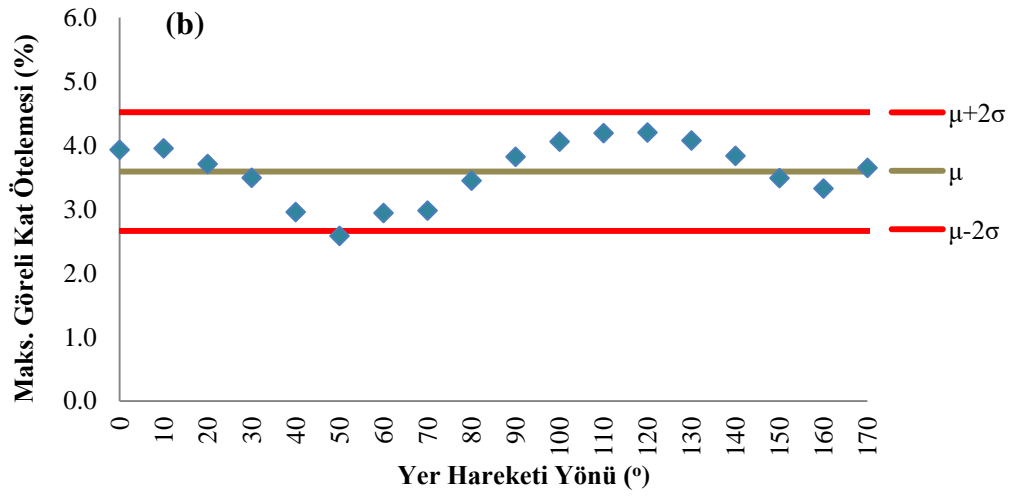
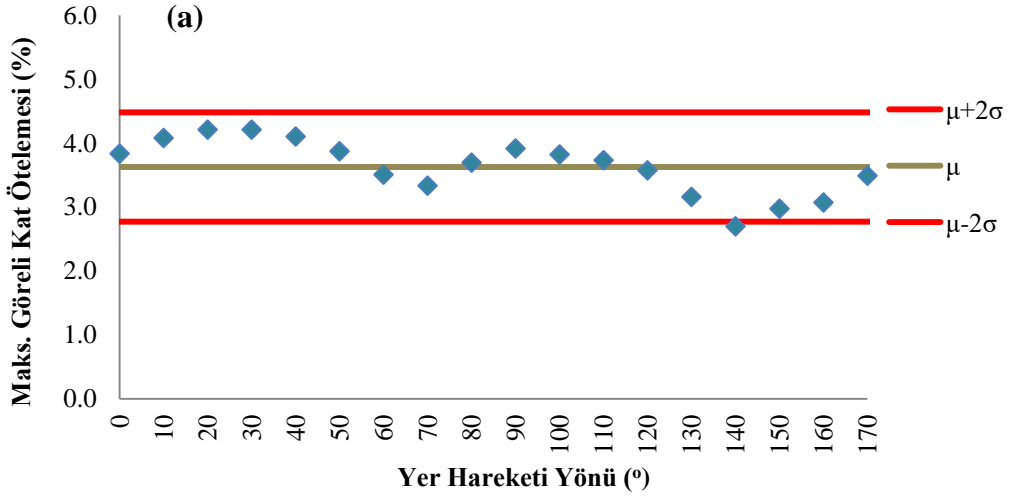


Şekil O.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

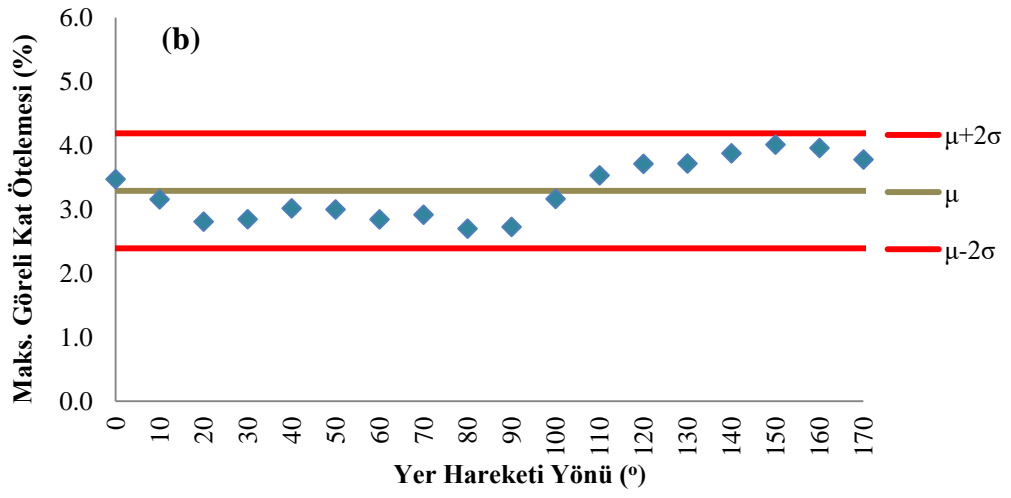
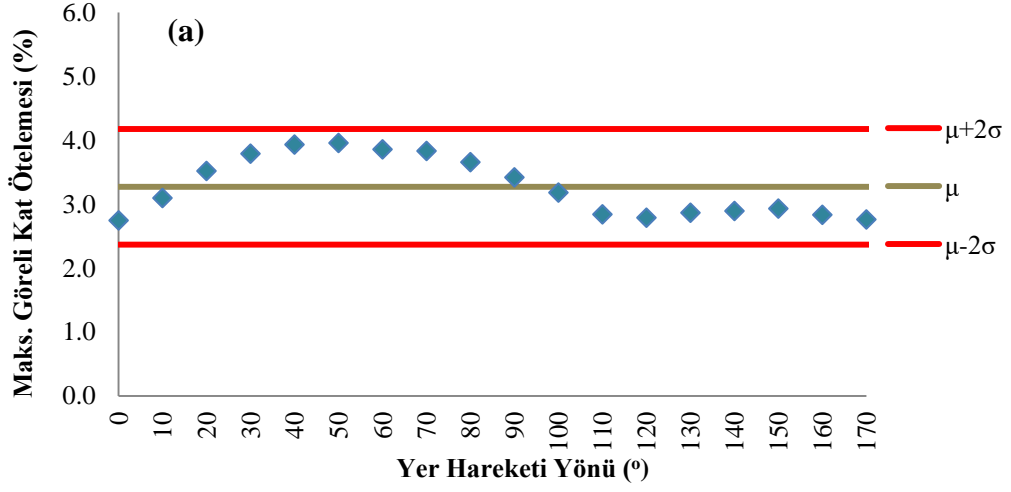




Şekil O.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



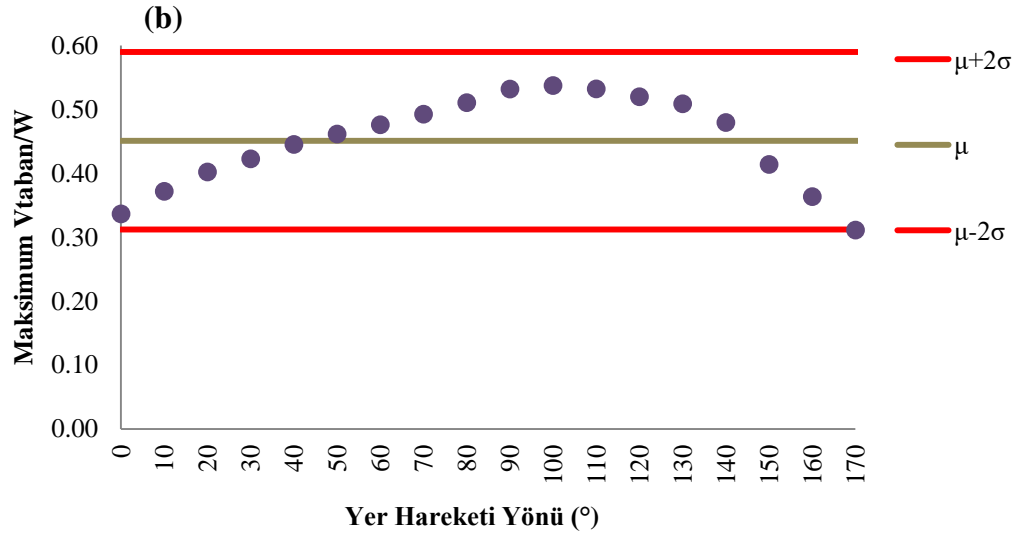
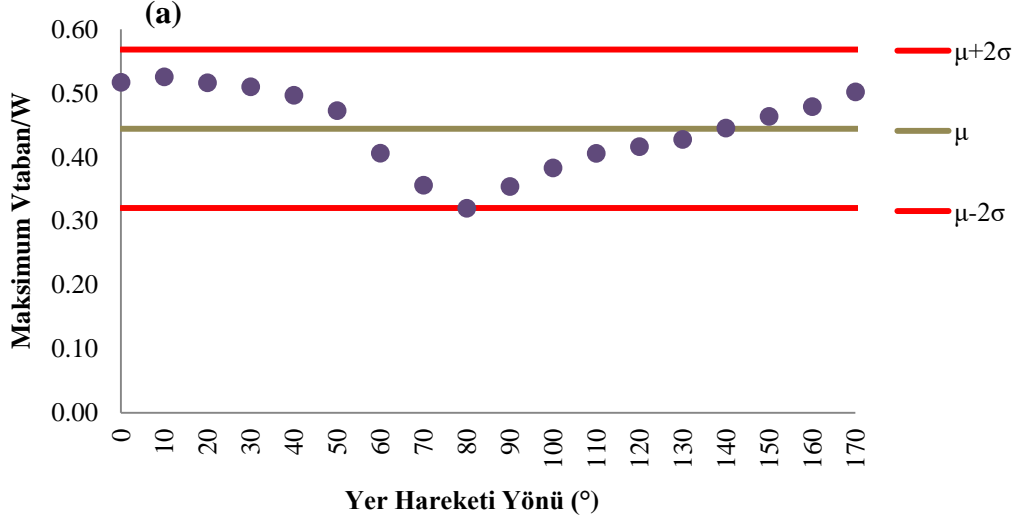
Şekil O.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



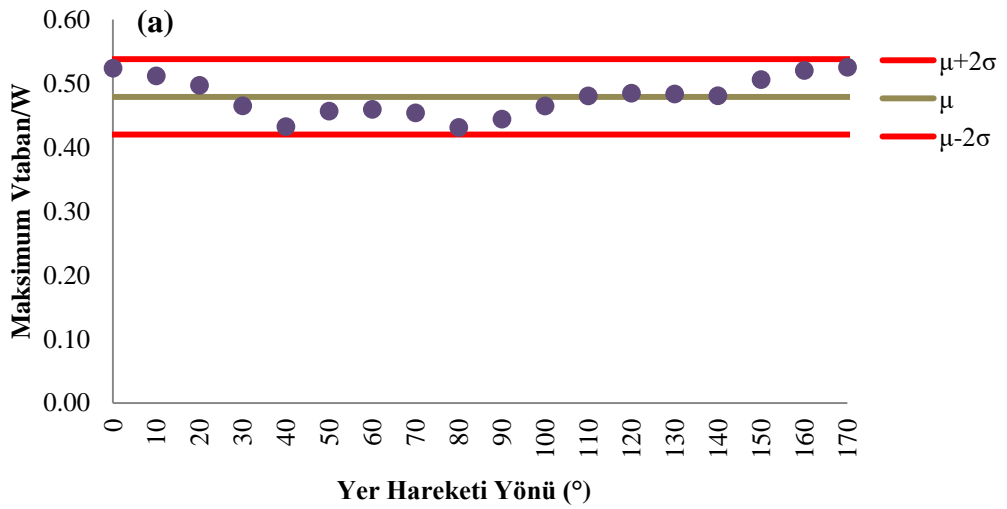
Şekil O.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

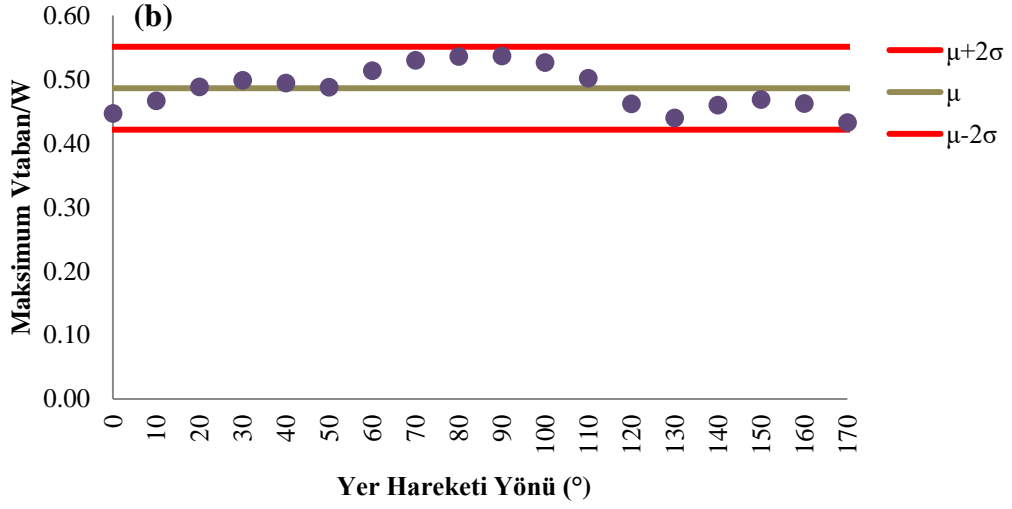
EK P: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 3: 50 yılda aşılma olasılığı
%2 – Yer hareketi yönünün yapının taban kesme kuvveti taleplerine etkisi



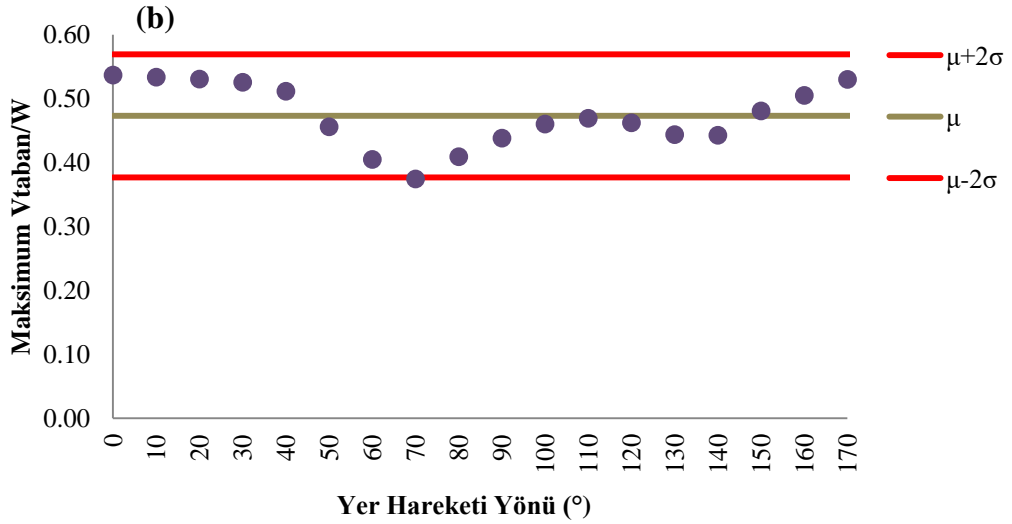
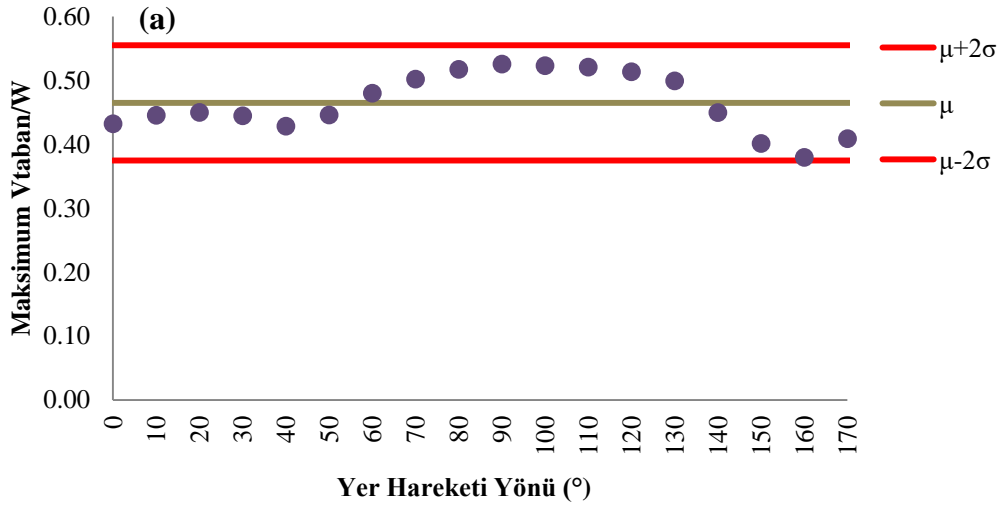
EK-P

Şekil P. 1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

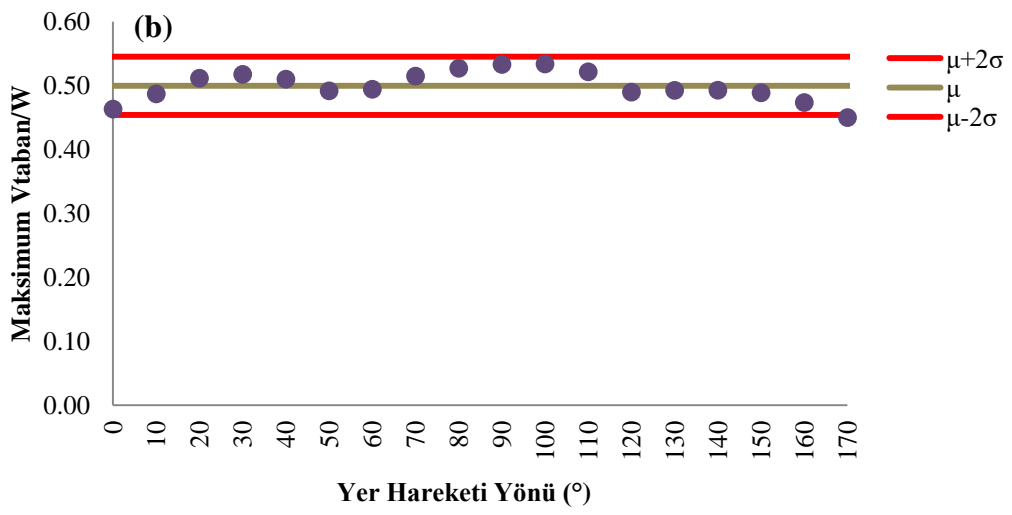
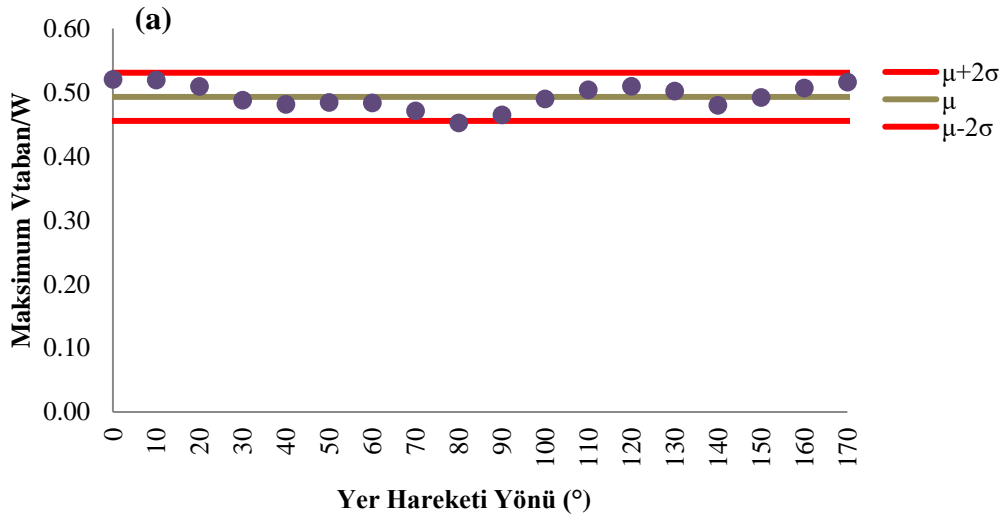




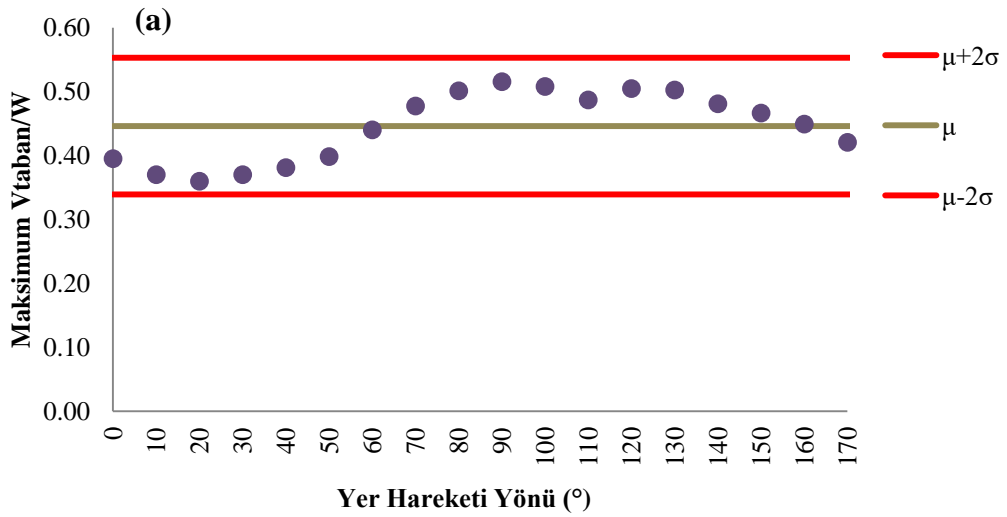
Şekil P.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

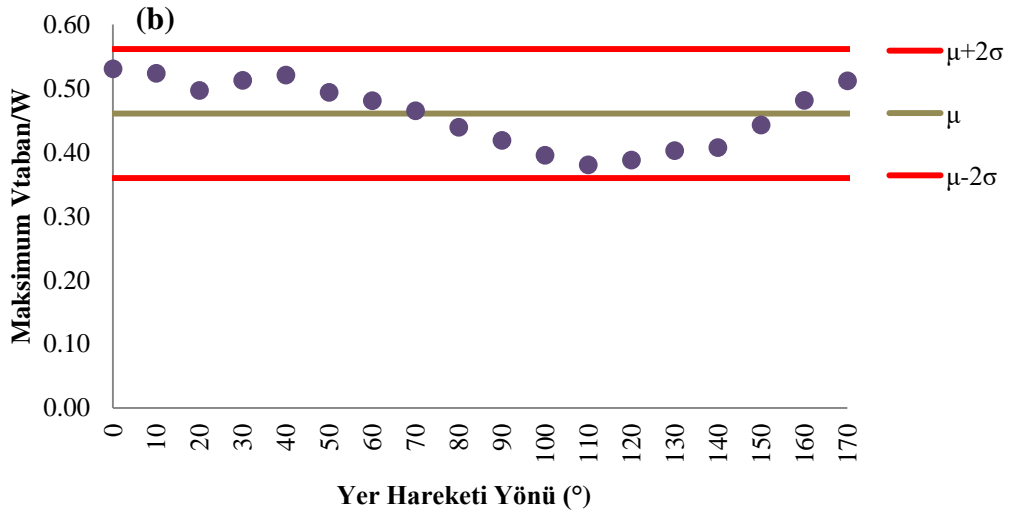


Şekil P.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

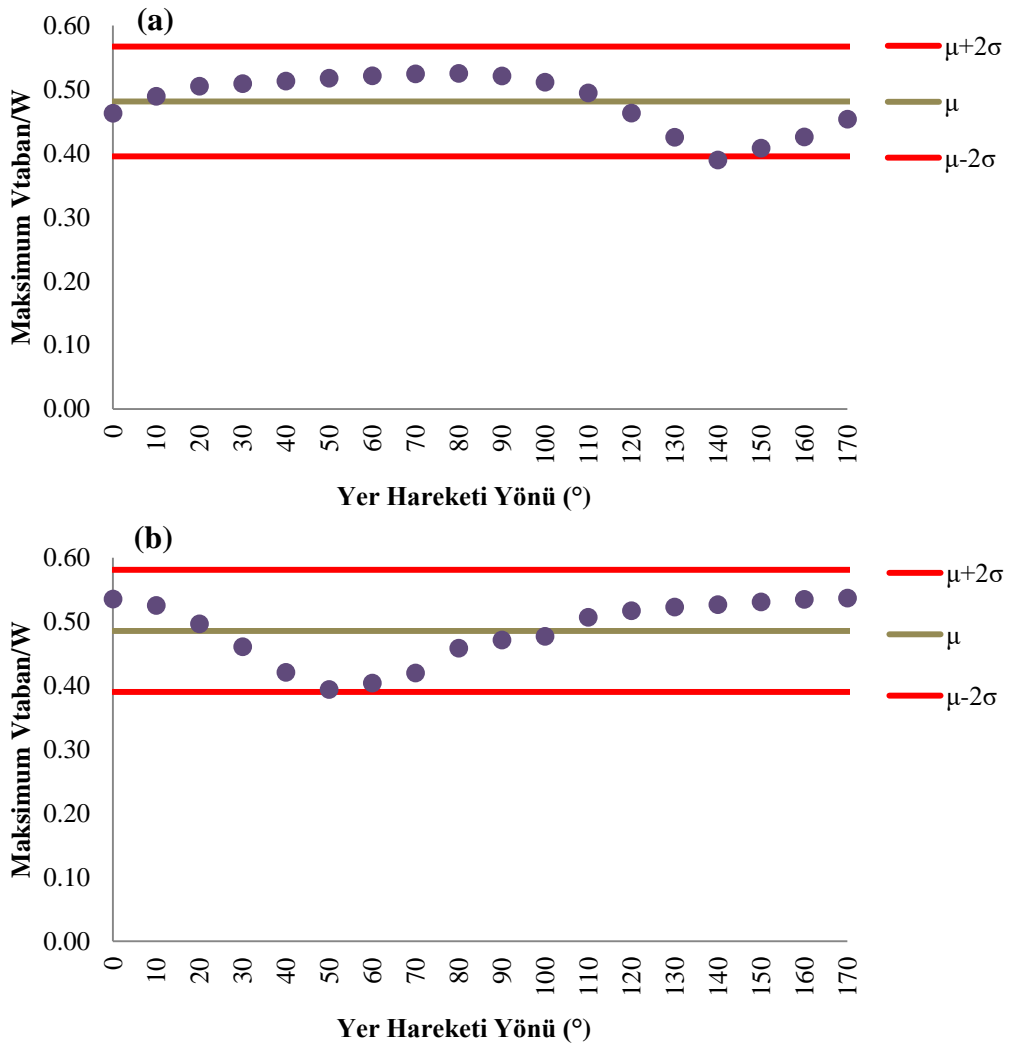


Şekil P.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

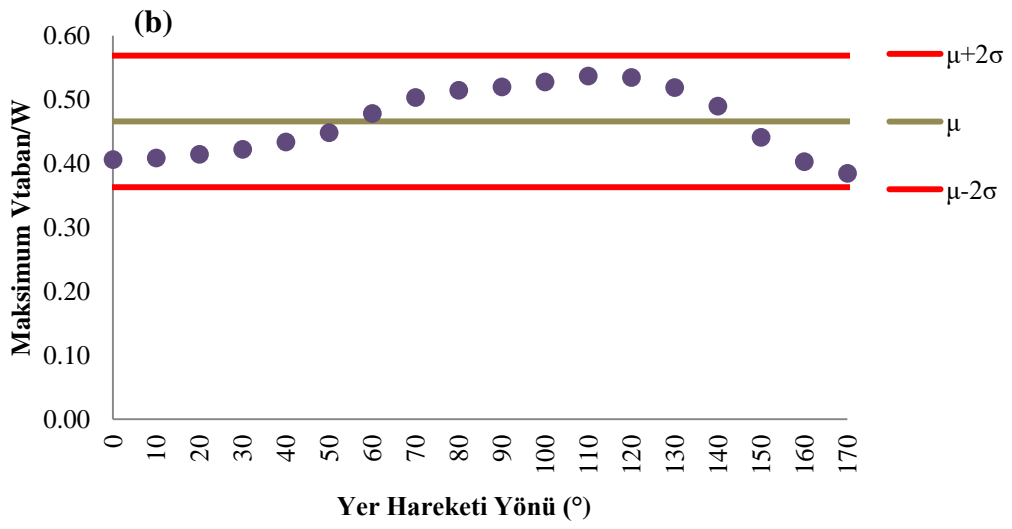
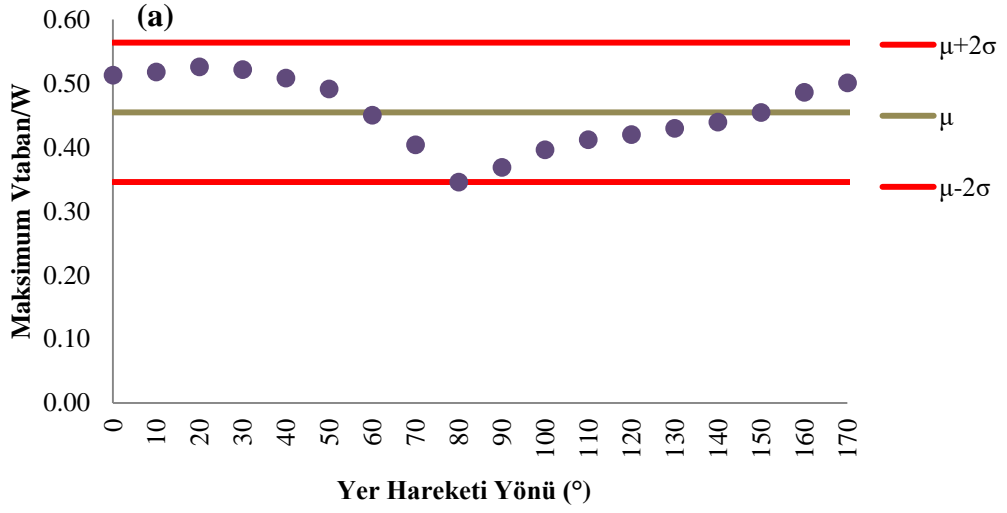




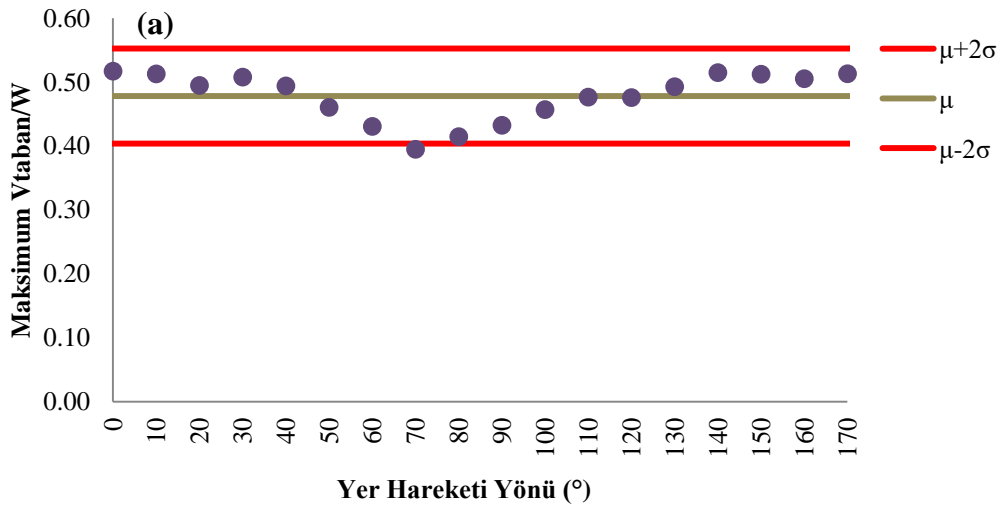
Şekil P.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

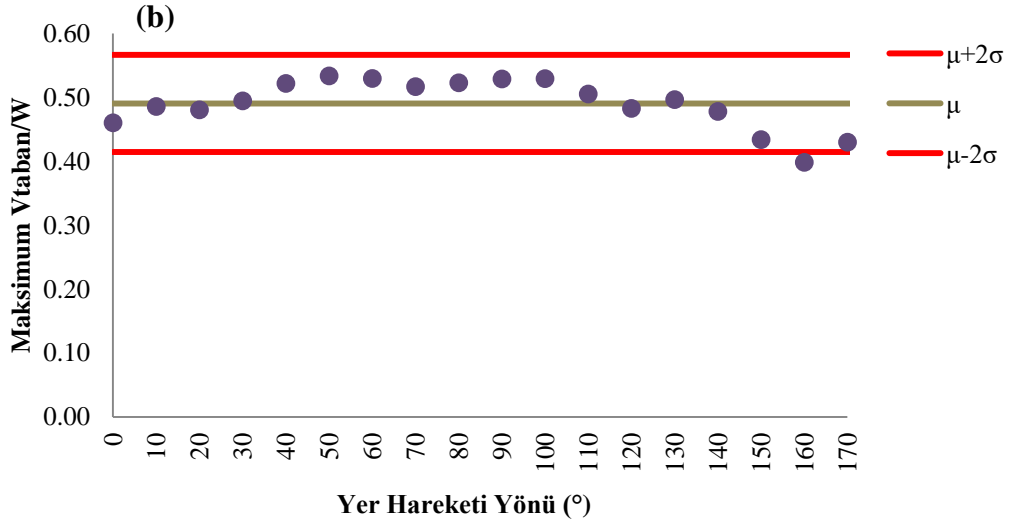


Şekil P.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

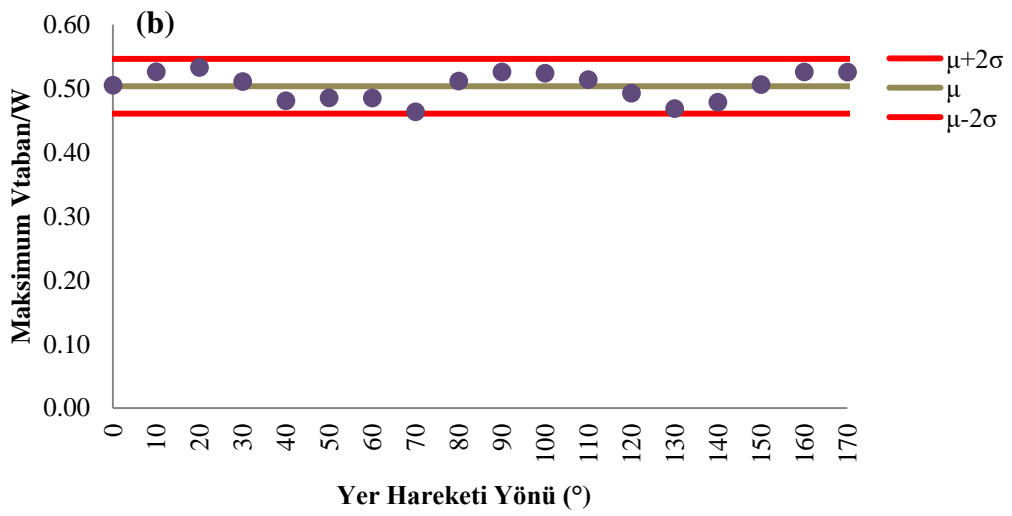
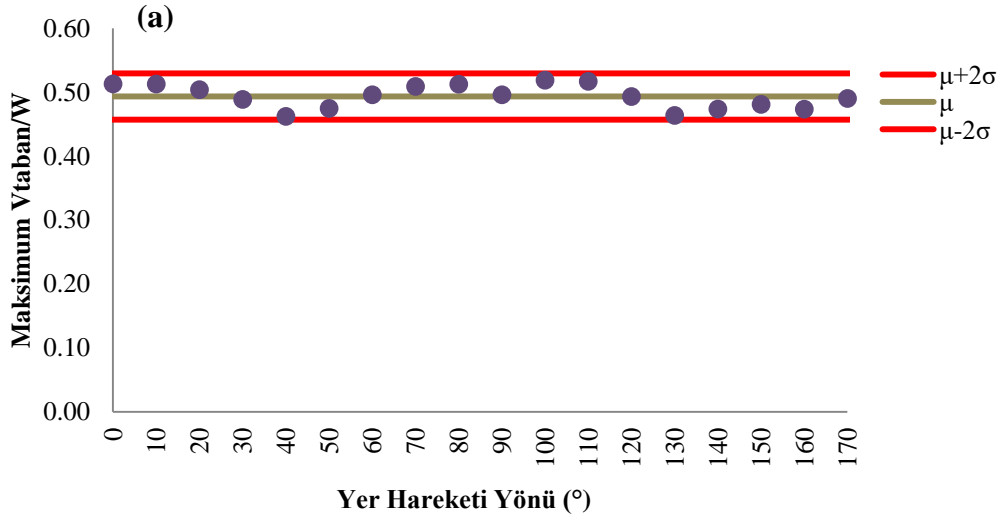


Şekil P.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

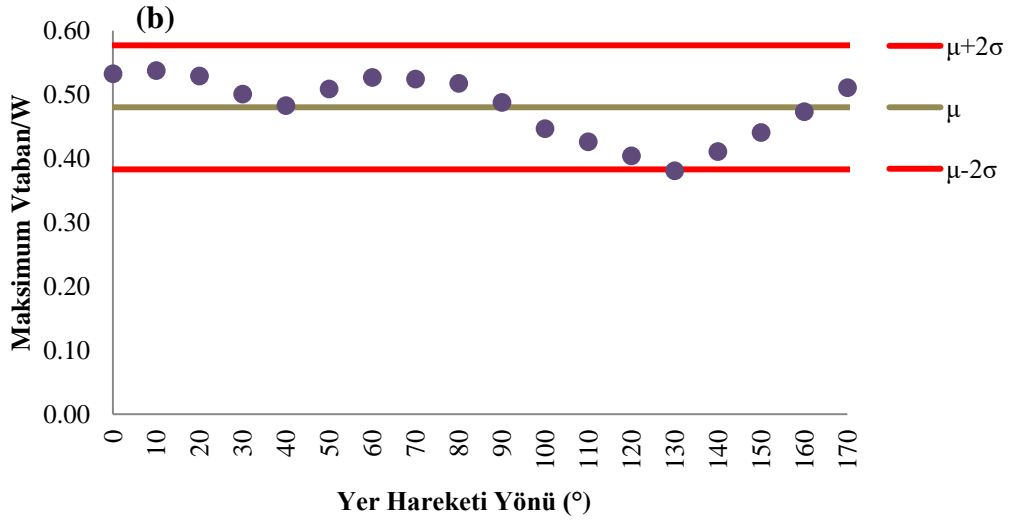
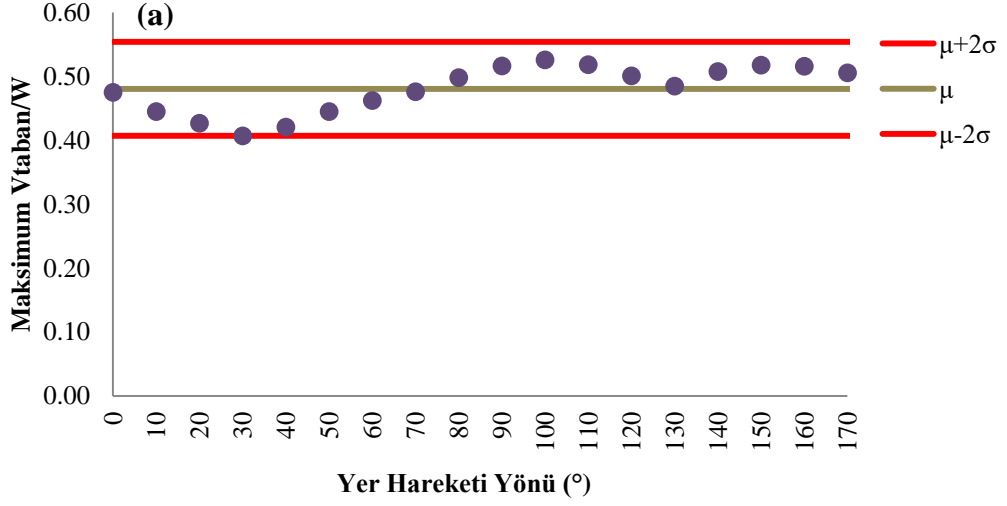




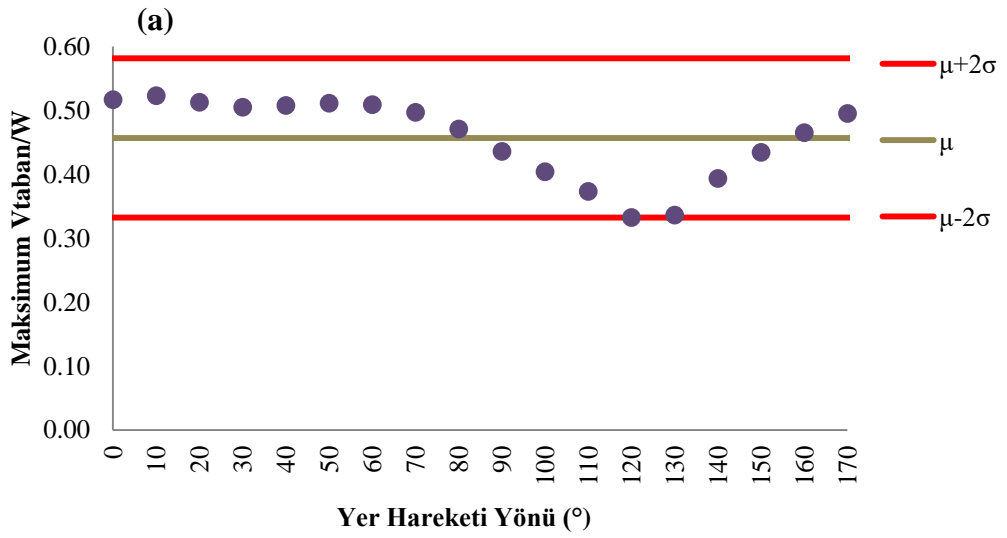
Şekil P.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

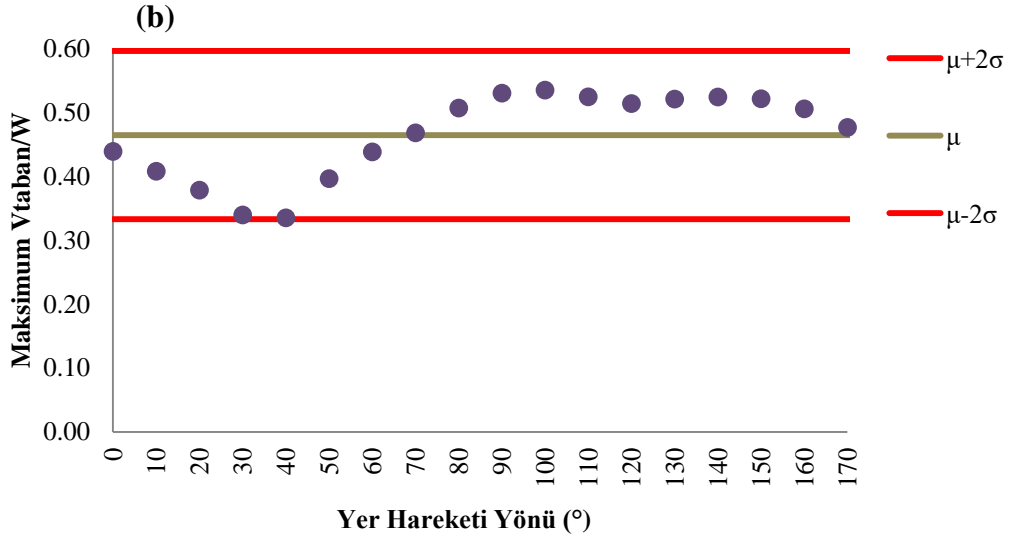


Şekil P.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

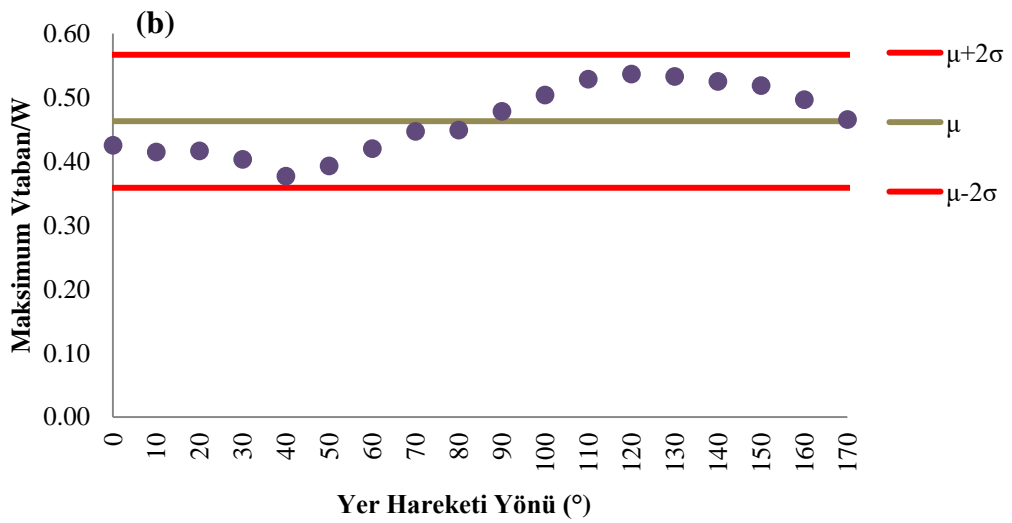
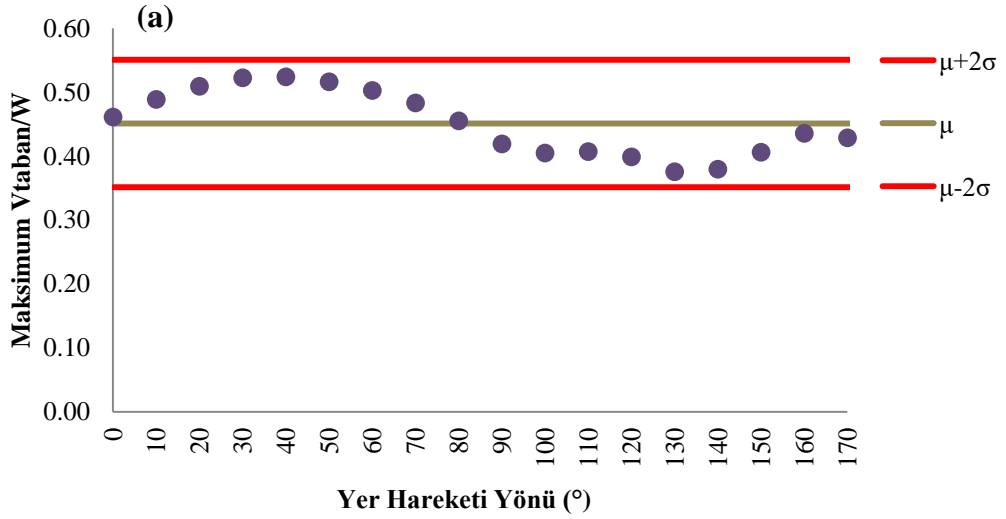


Şekil P.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

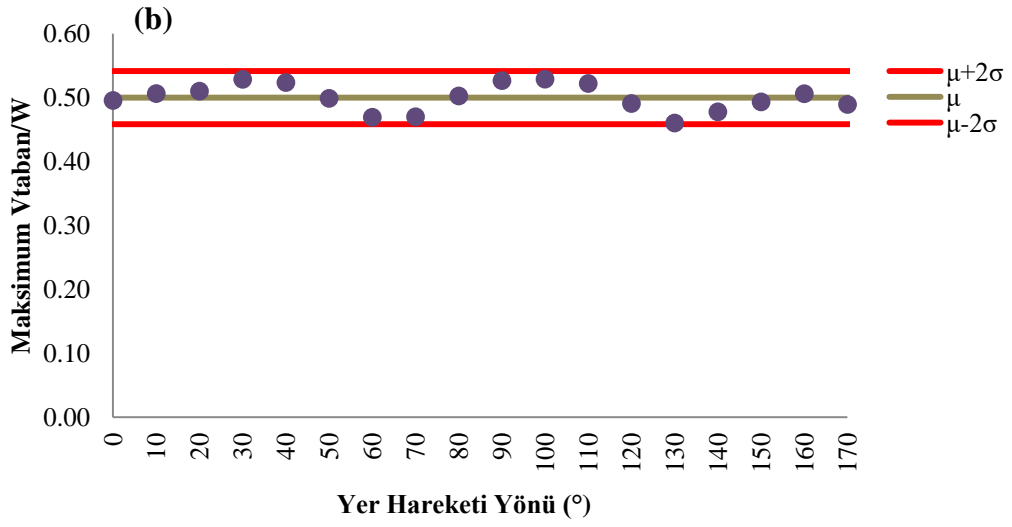
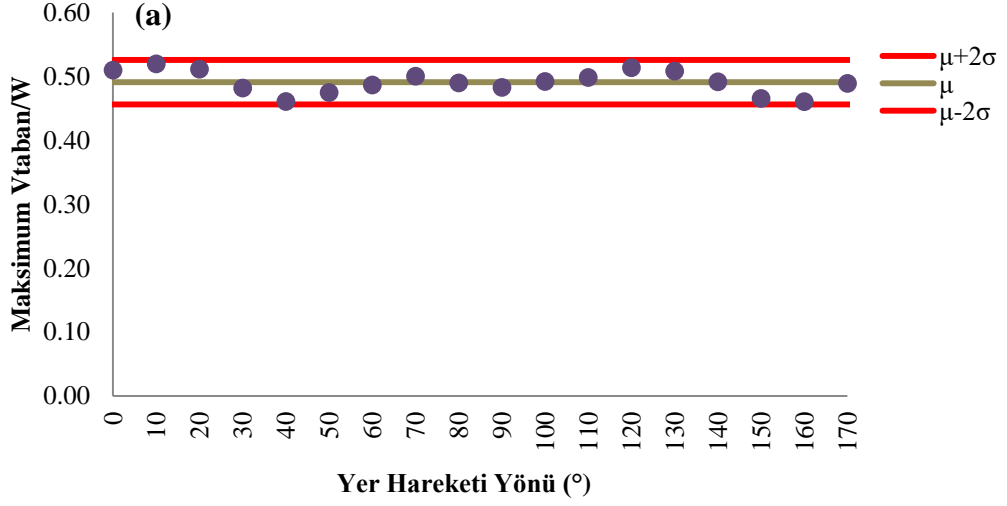




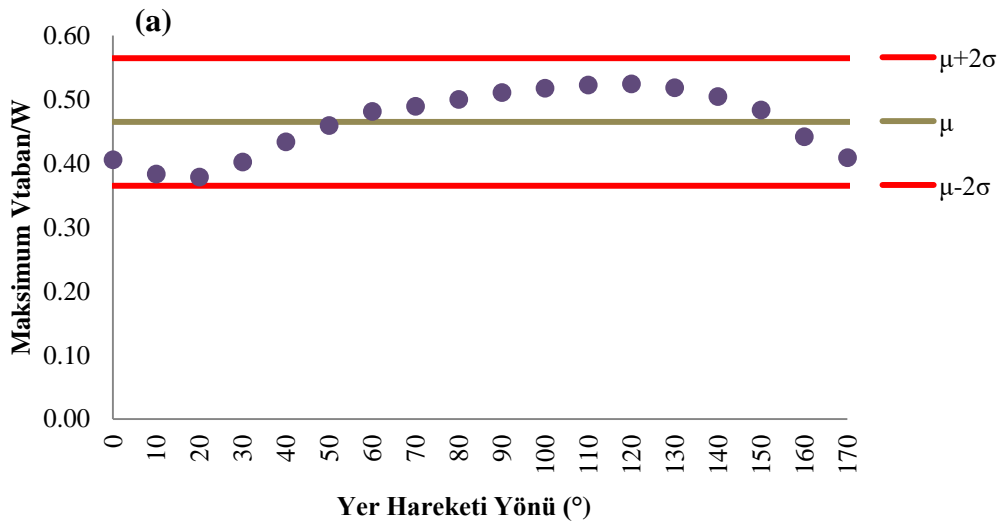
Şekil P.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

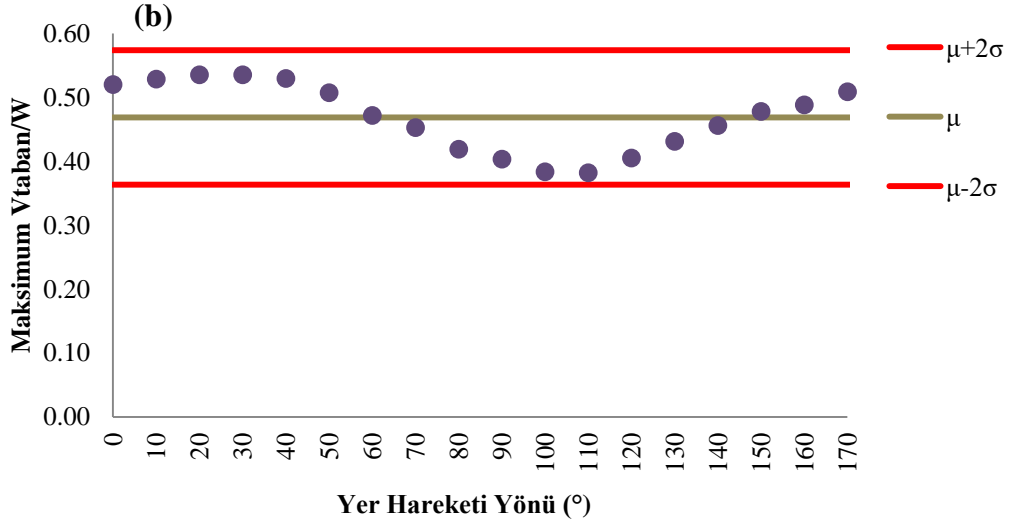


Şekil P.12 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

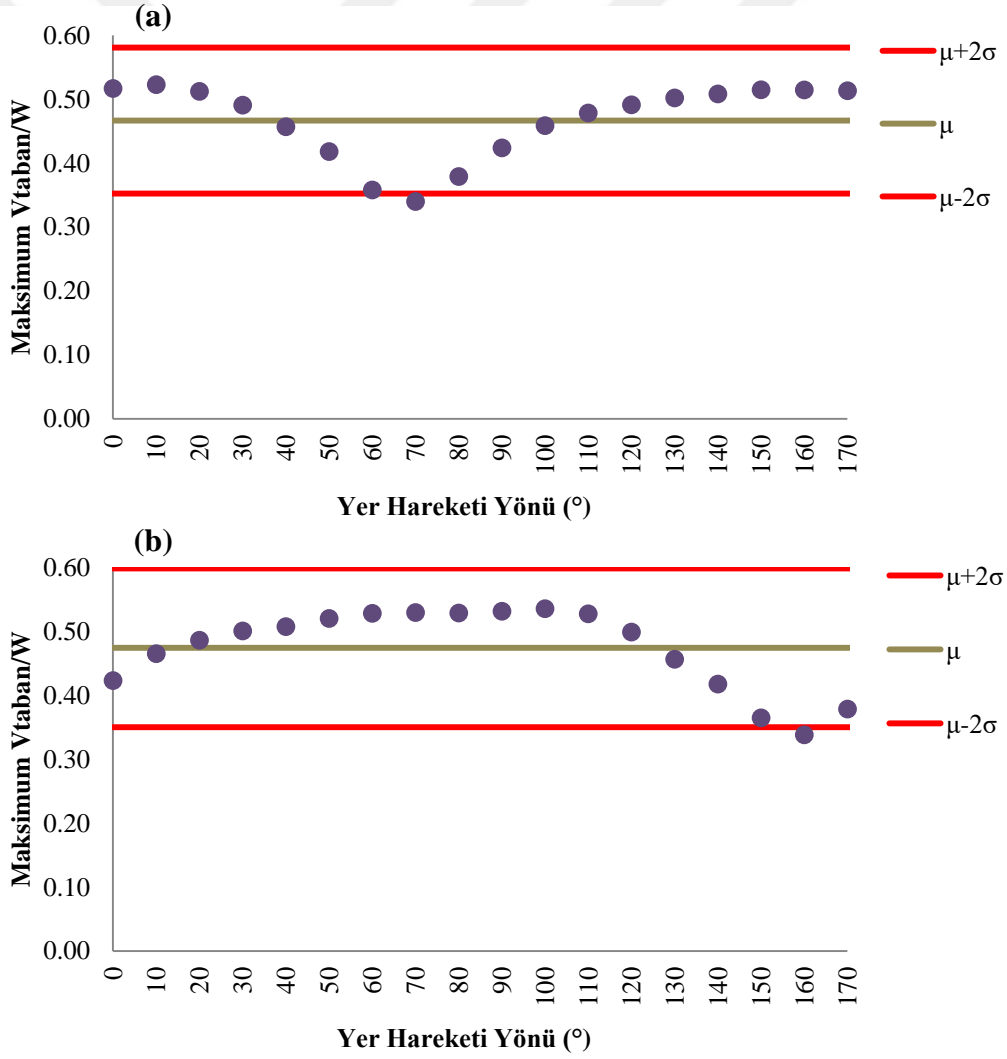


Şekil P.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

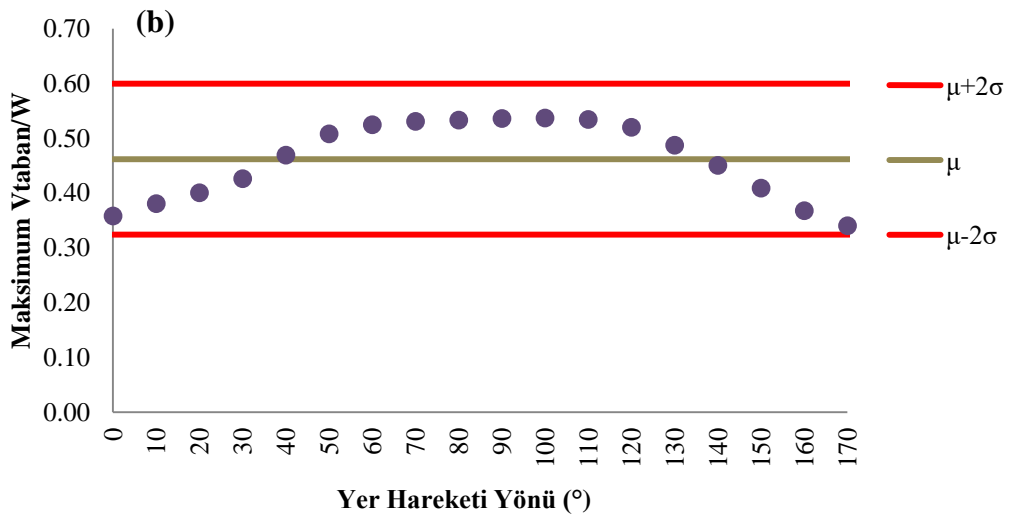
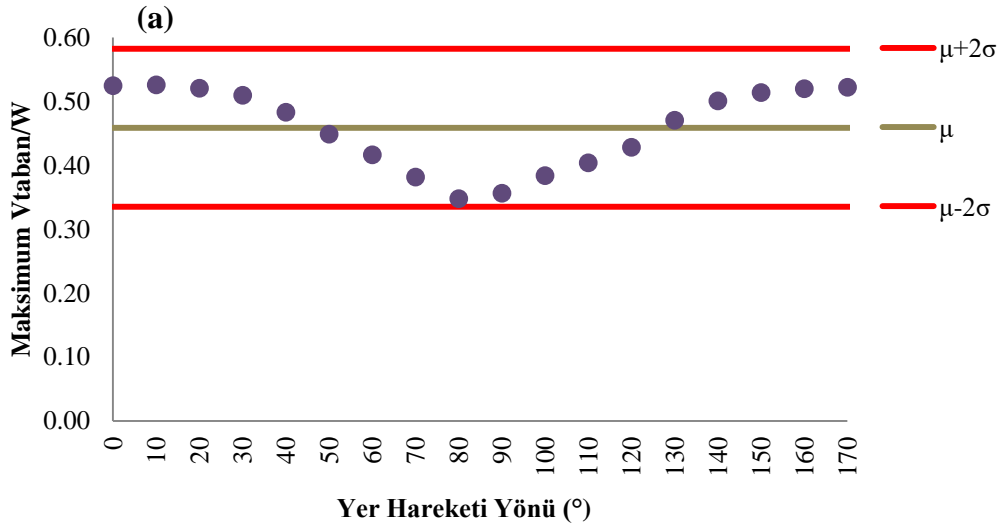




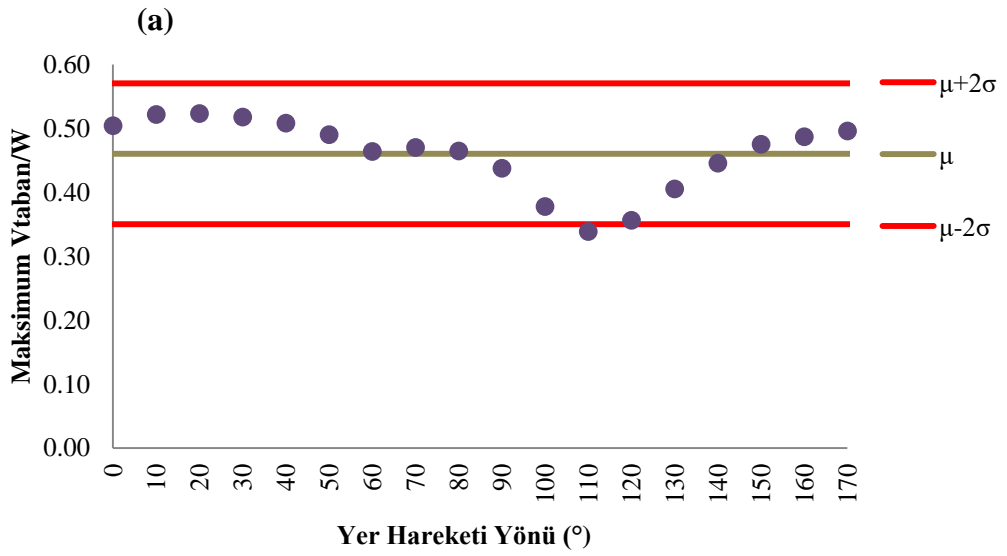
Şekil P.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

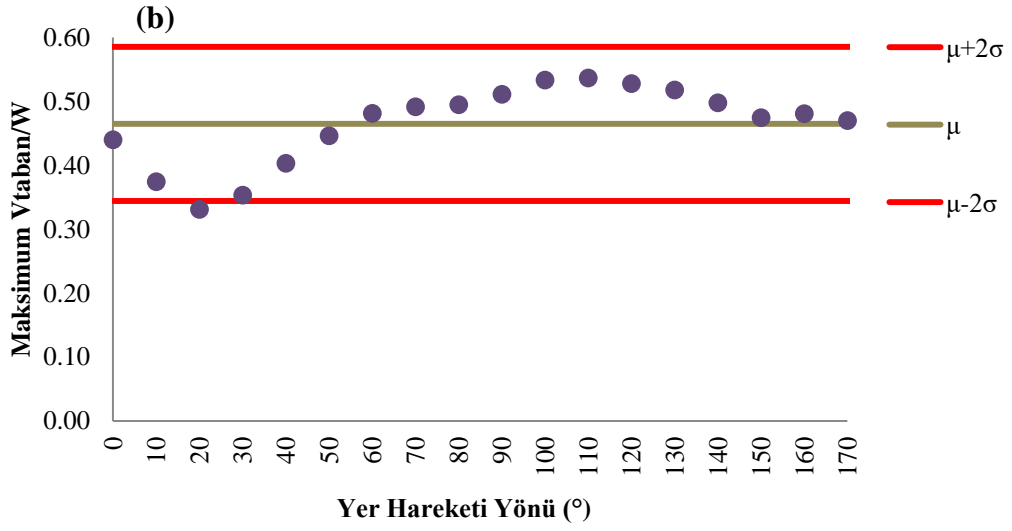


Şekil P.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

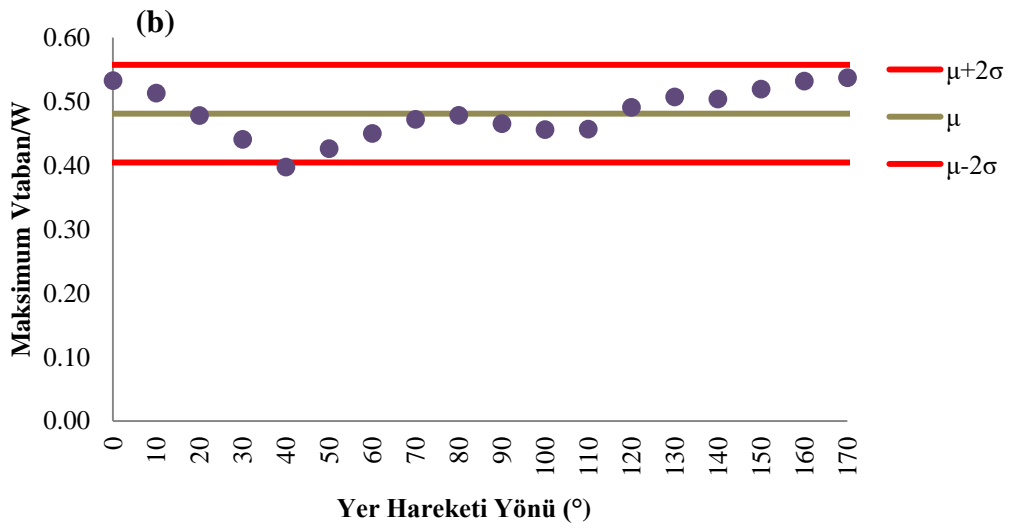
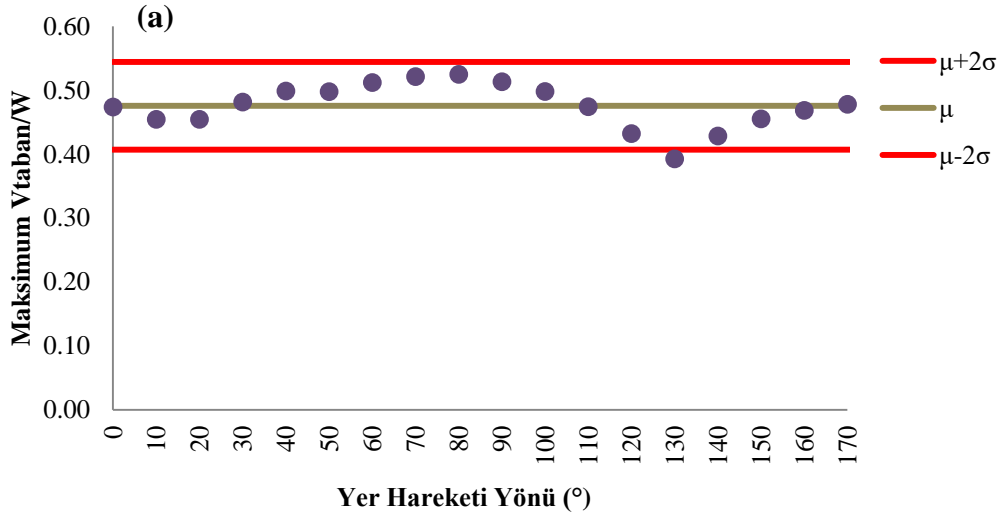


Şekil P.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

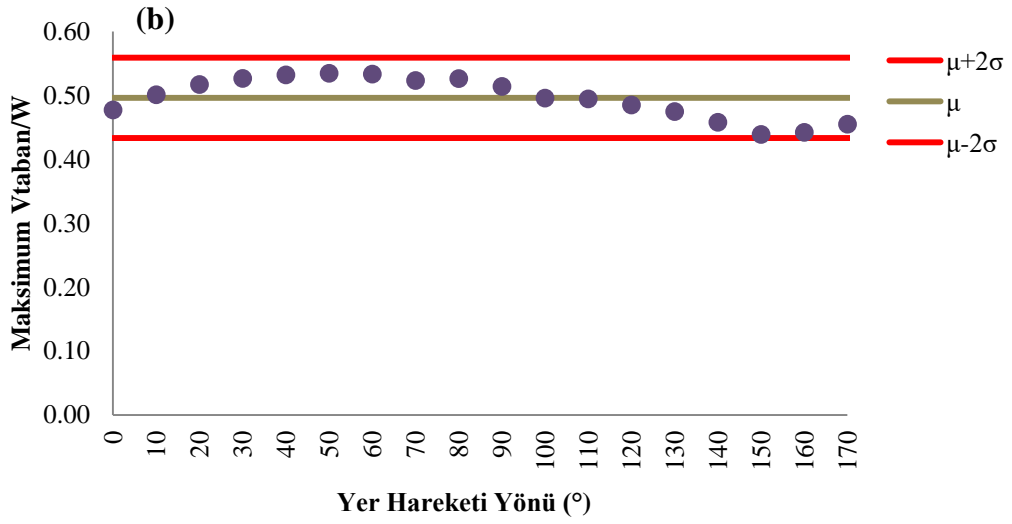
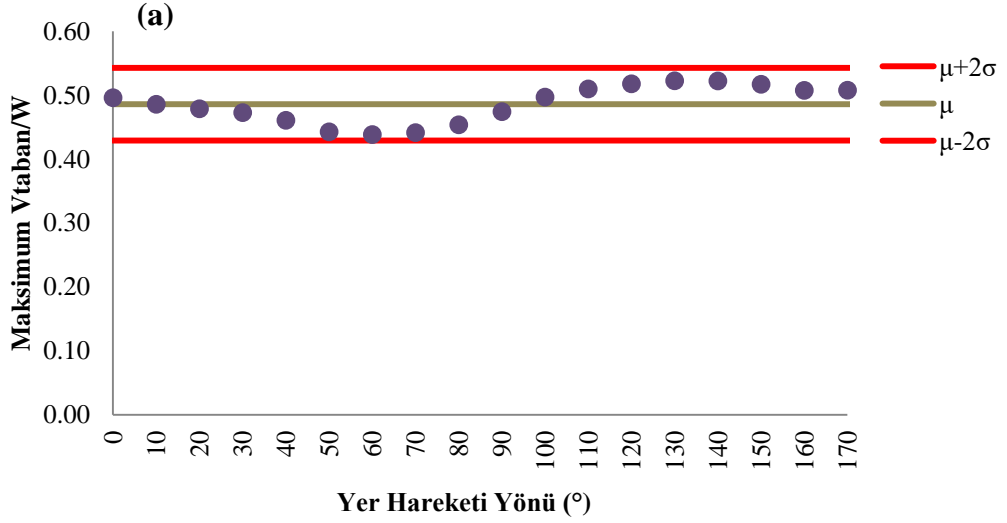




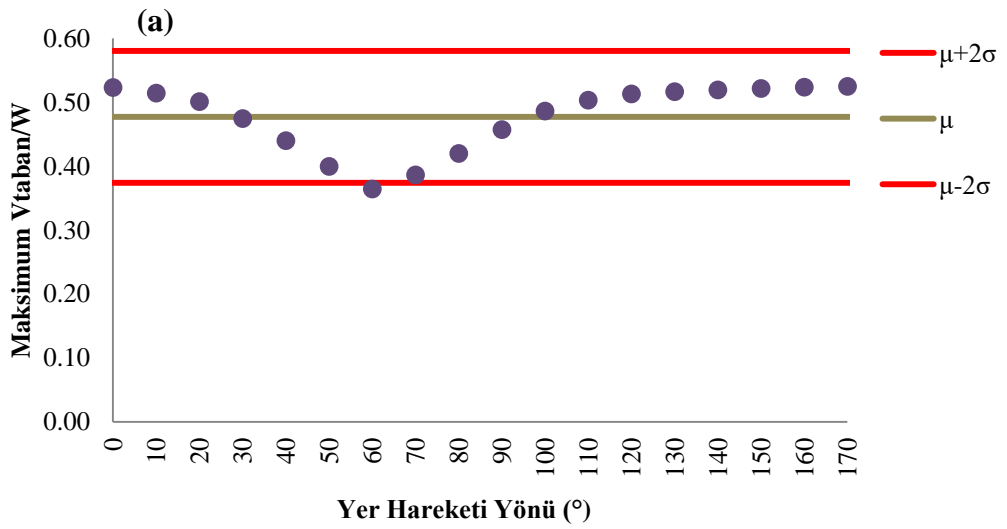
Şekil P.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

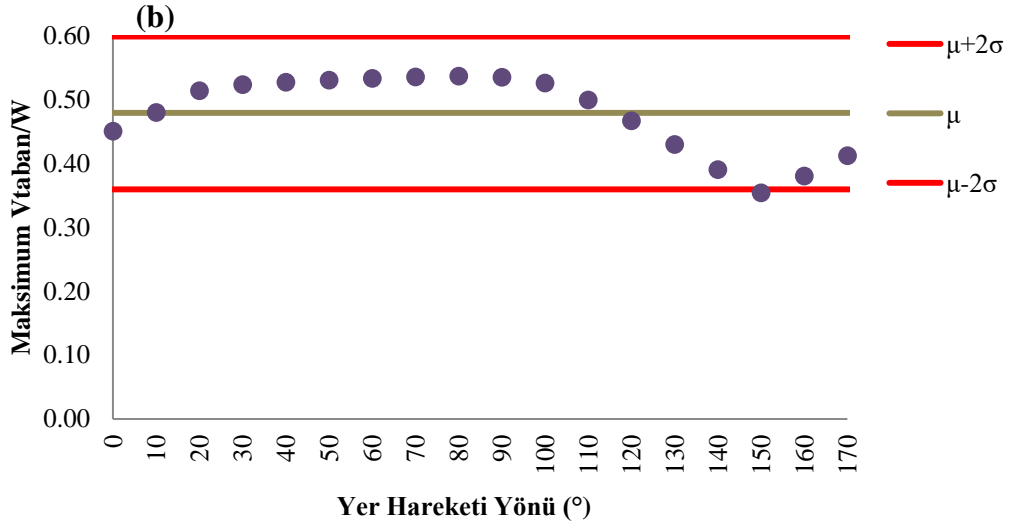


Şekil P.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

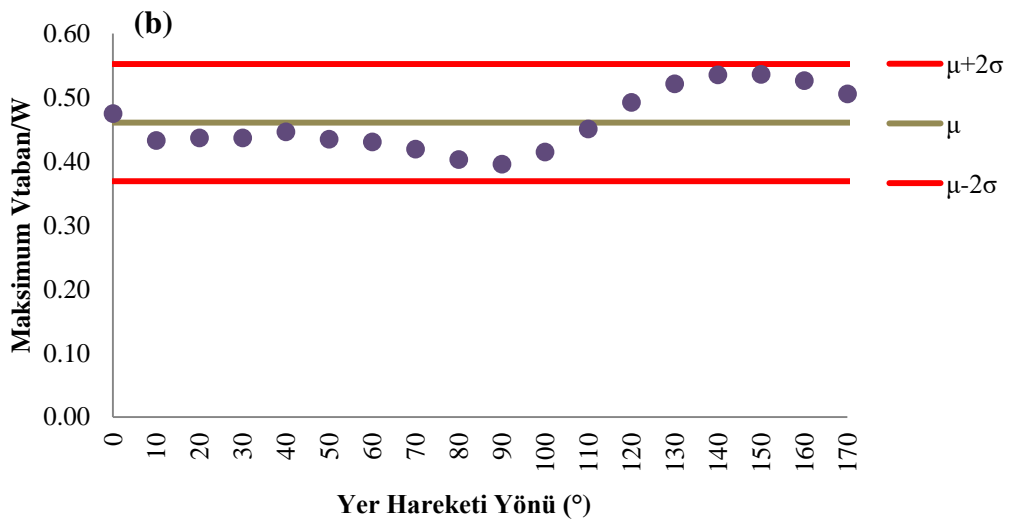
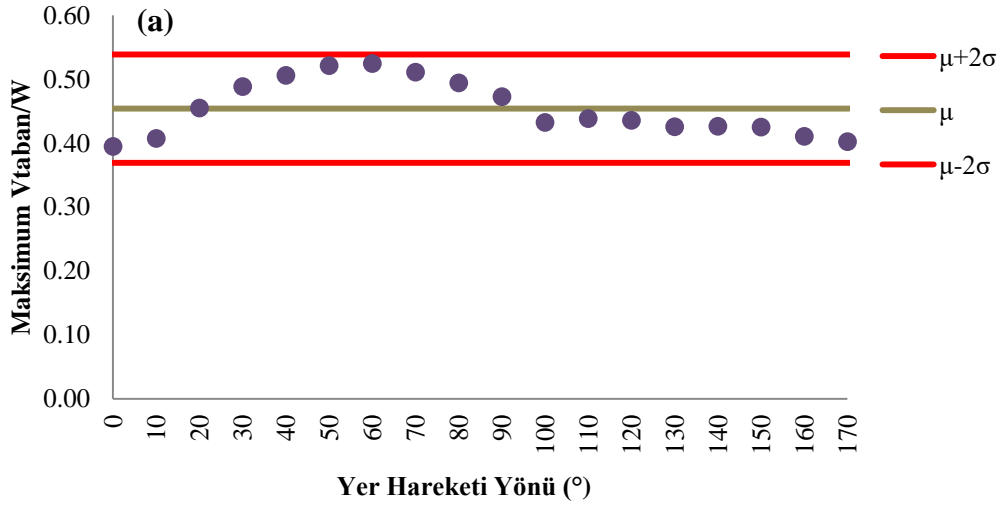


Şekil P.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

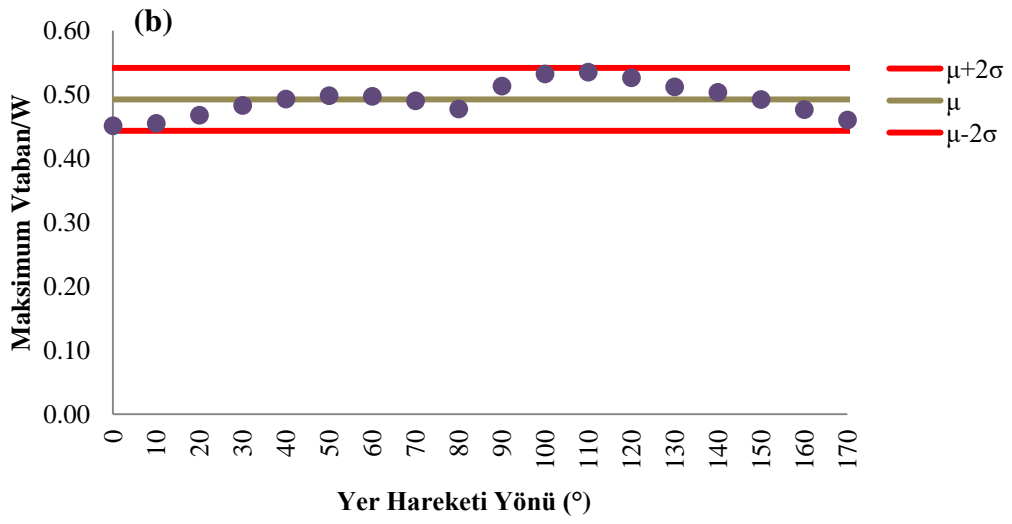
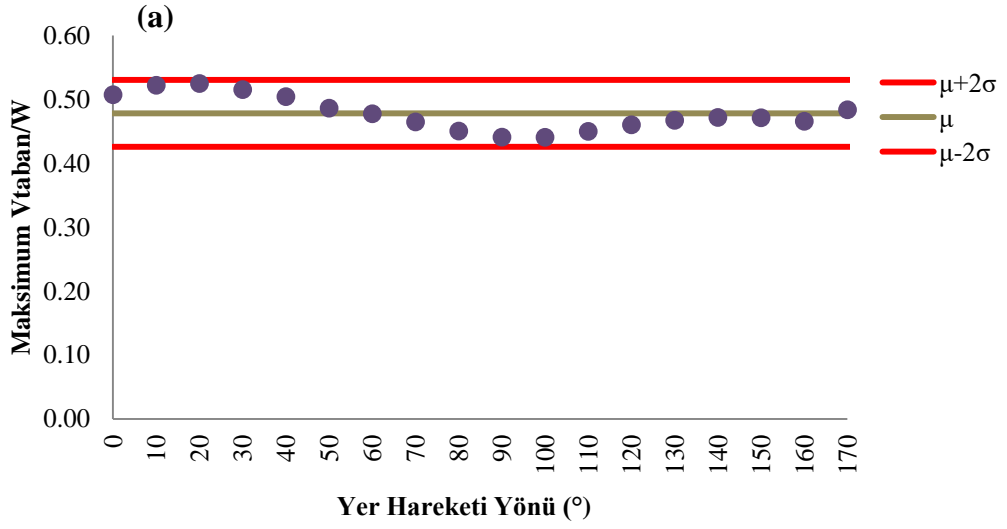




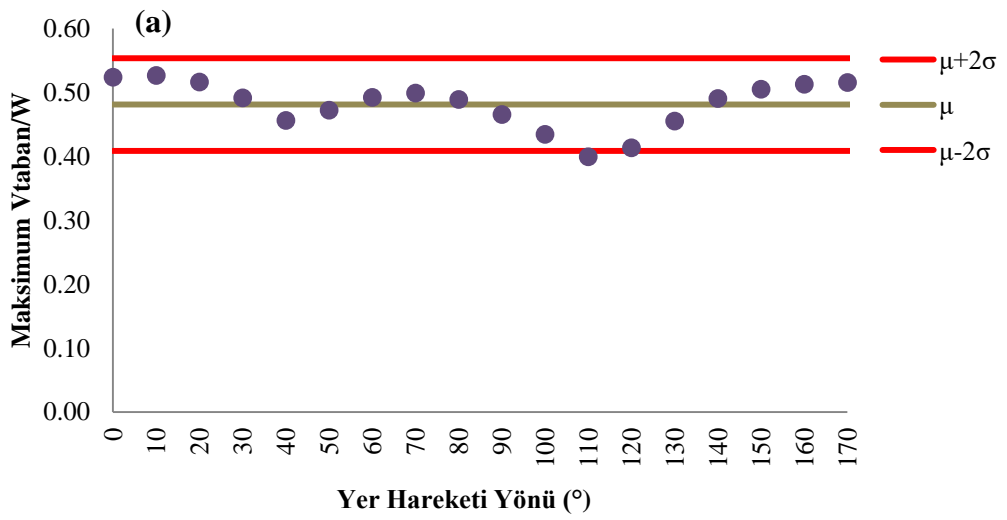
Şekil P.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

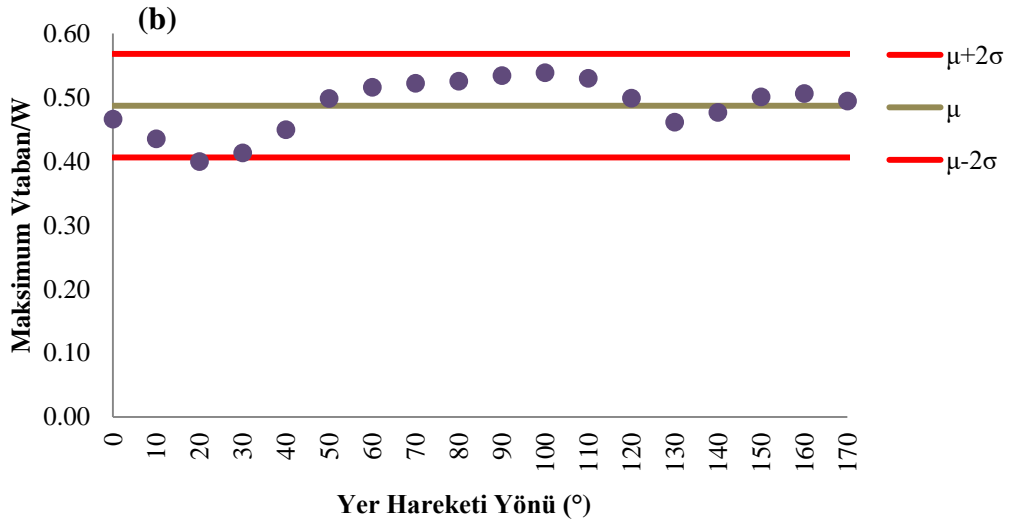


Şekil P.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

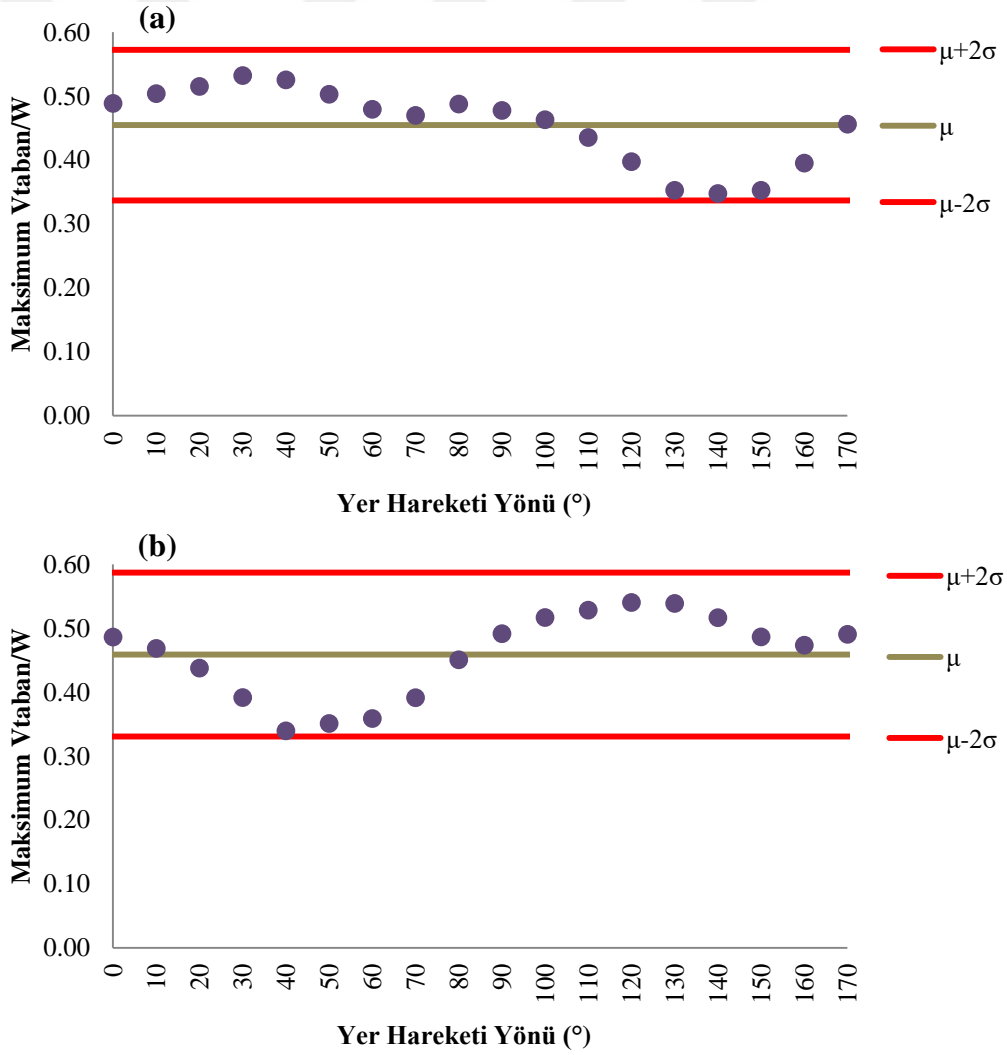


Şekil P.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

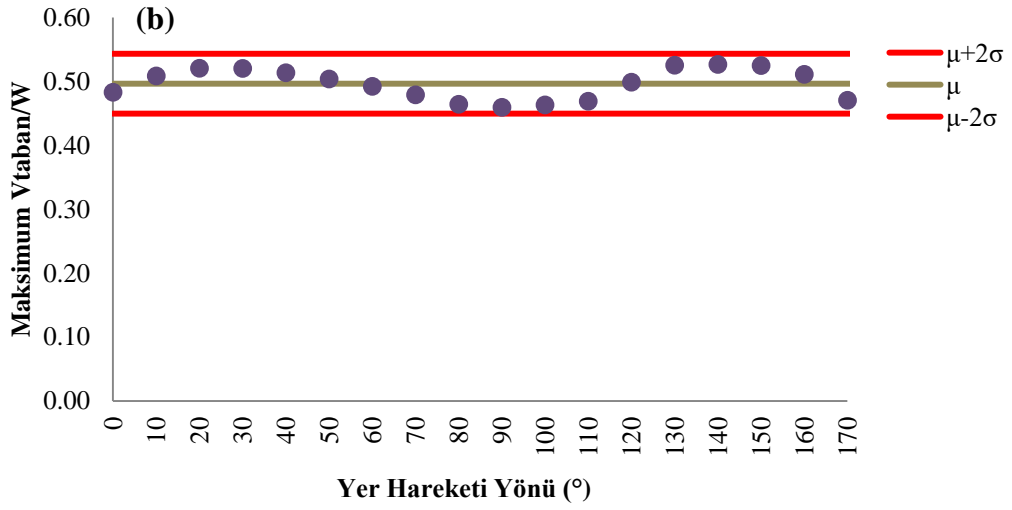
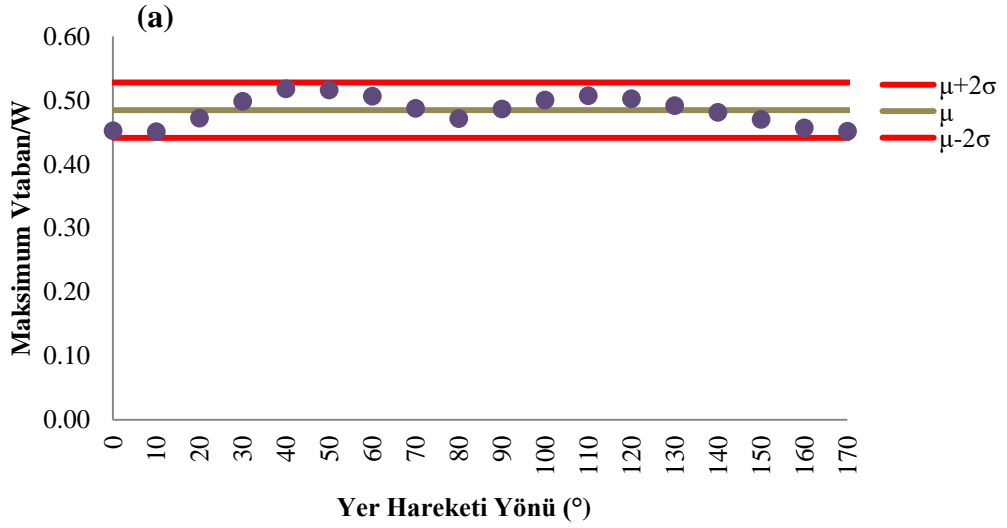




Şekil P.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil P.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

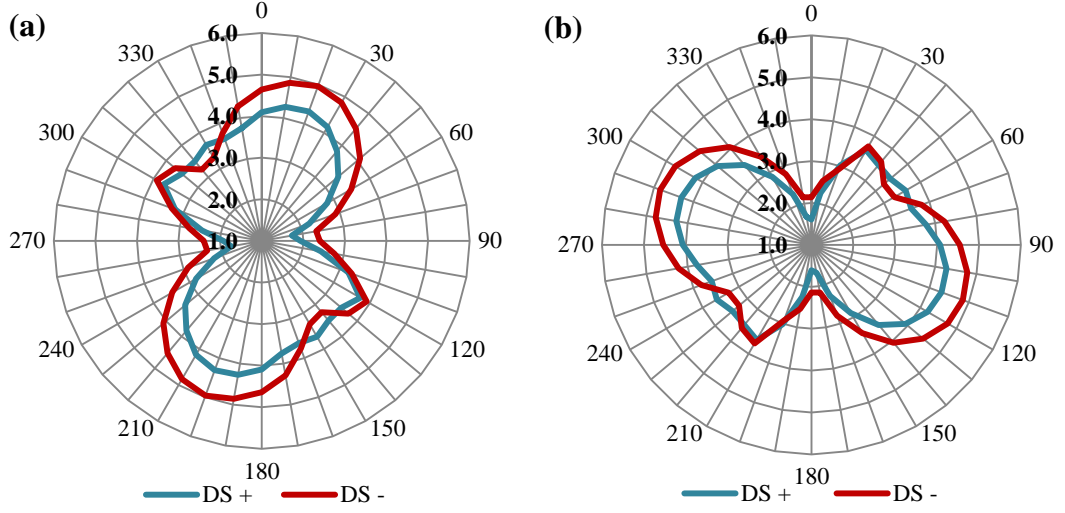


Şekil P.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

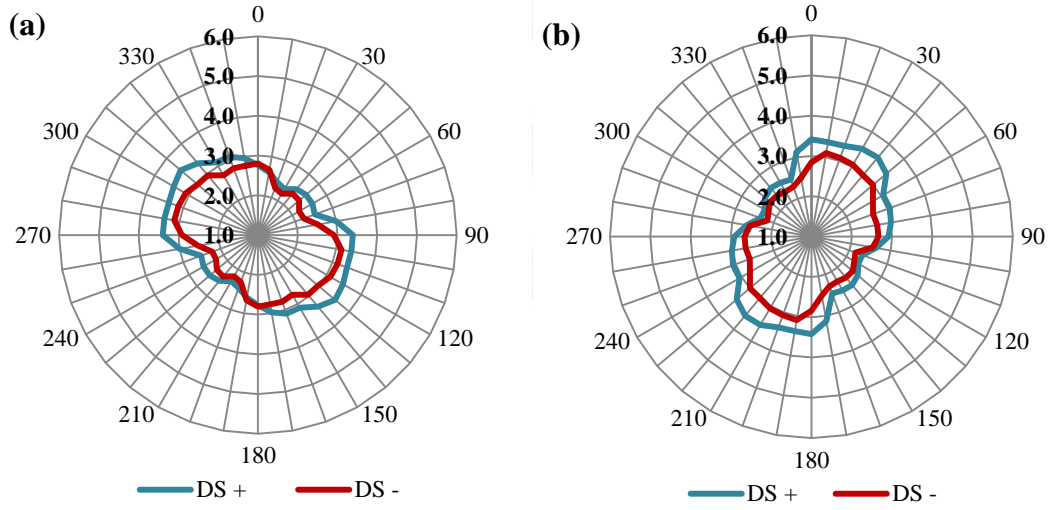
EK R: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 3: 50 yılda aşılma olasılığı %2 – Sıyrıılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmal edildiğı durumlarda göreli kat ötelemesi talepleri



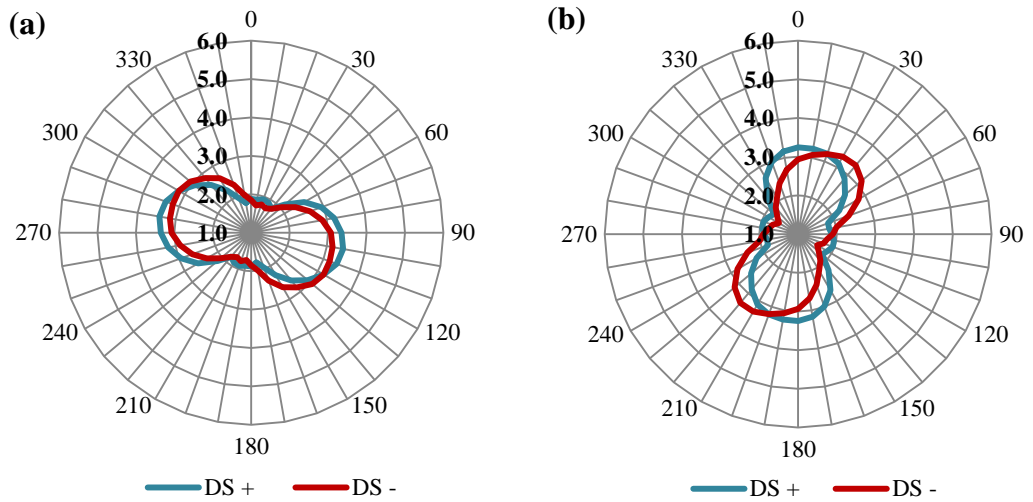
EK-R



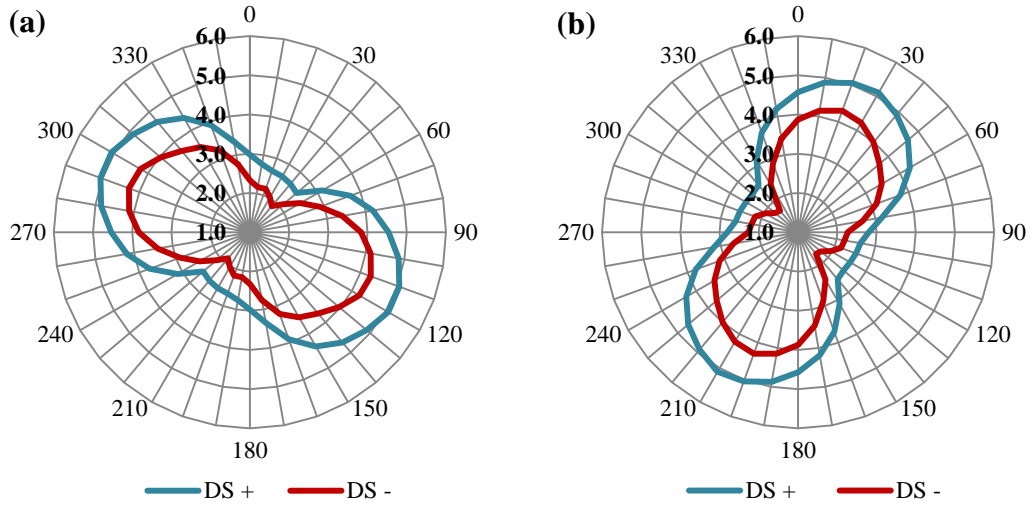
Şekil R. 1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



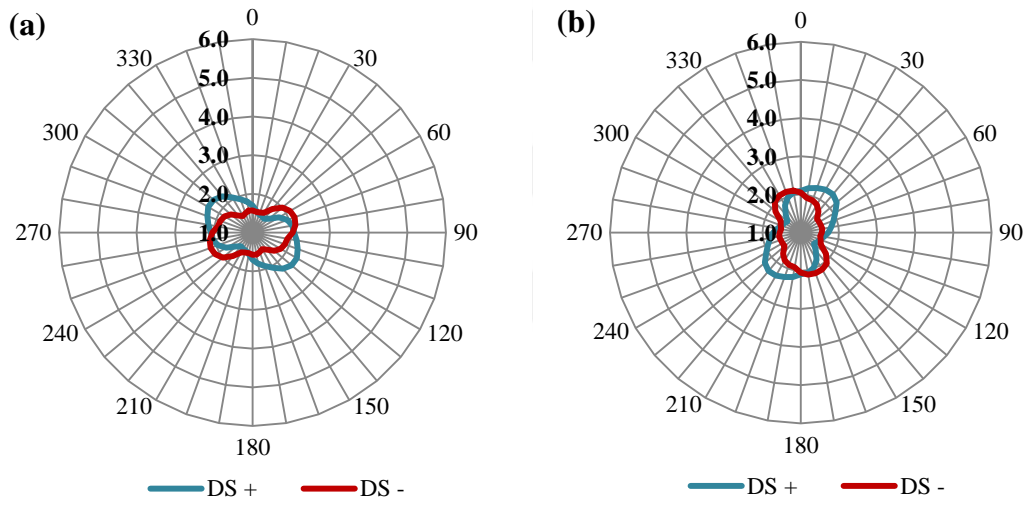
Şekil R.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



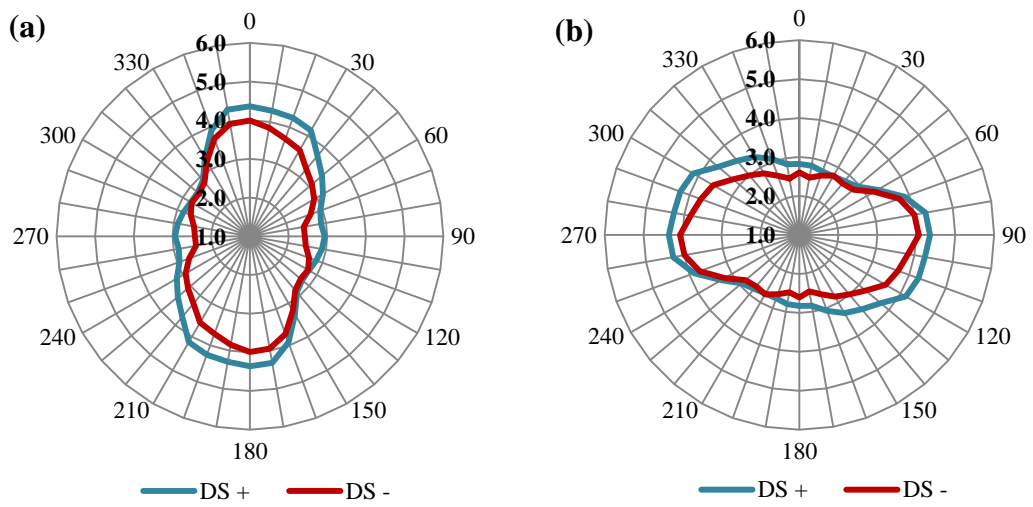
Şekil R.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



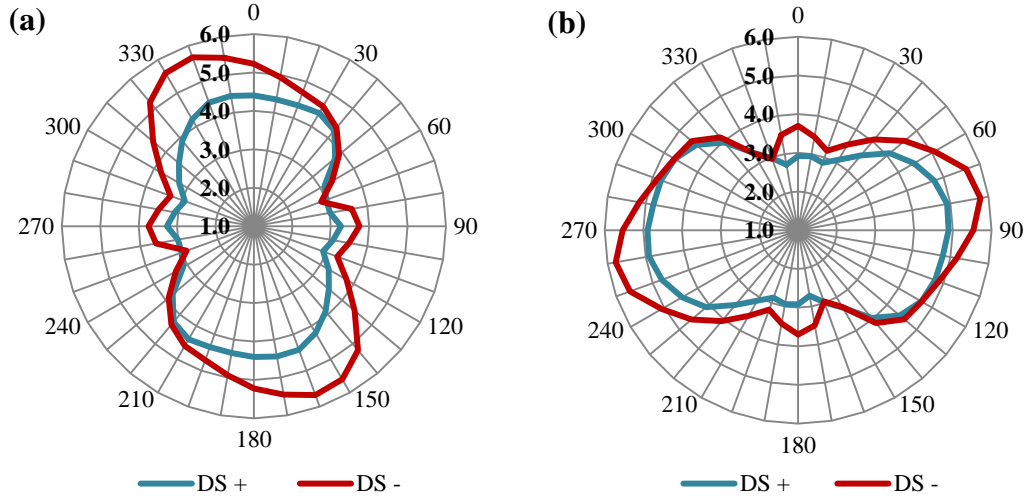
Şekil R.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



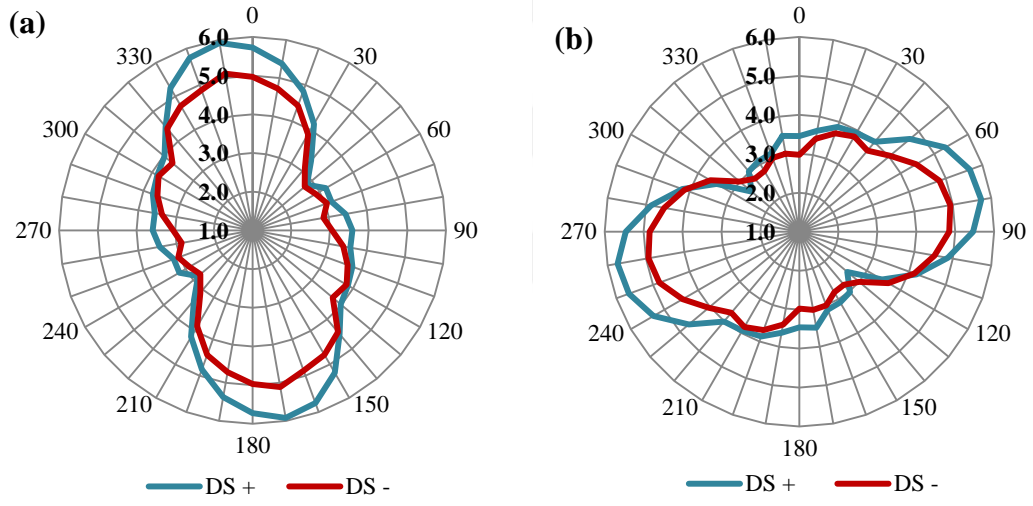
Şekil R.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



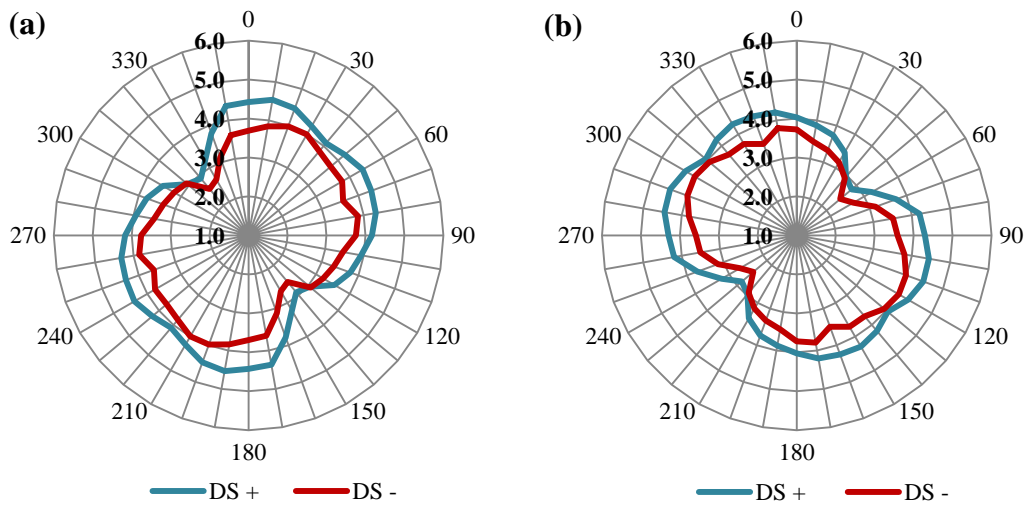
Şekil R.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



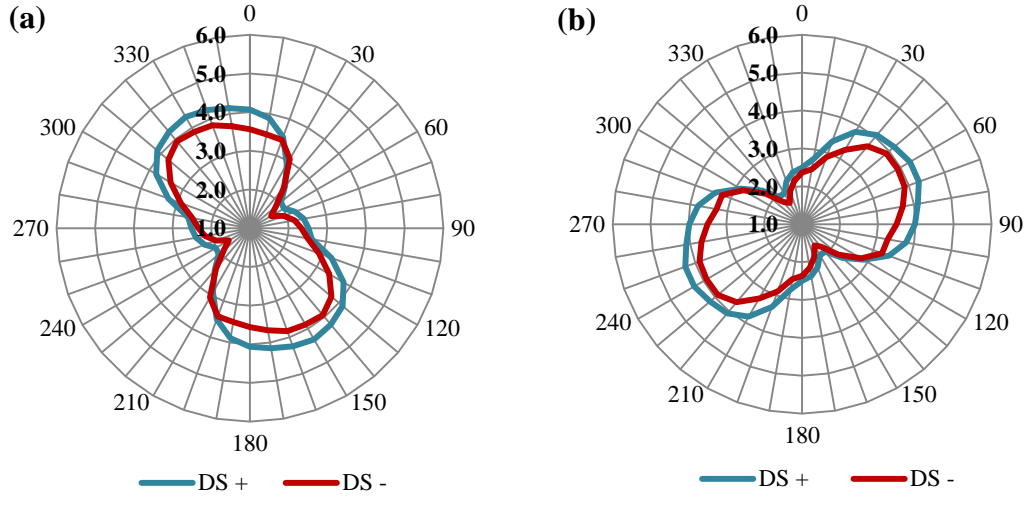
Şekil R.7 : 1994 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



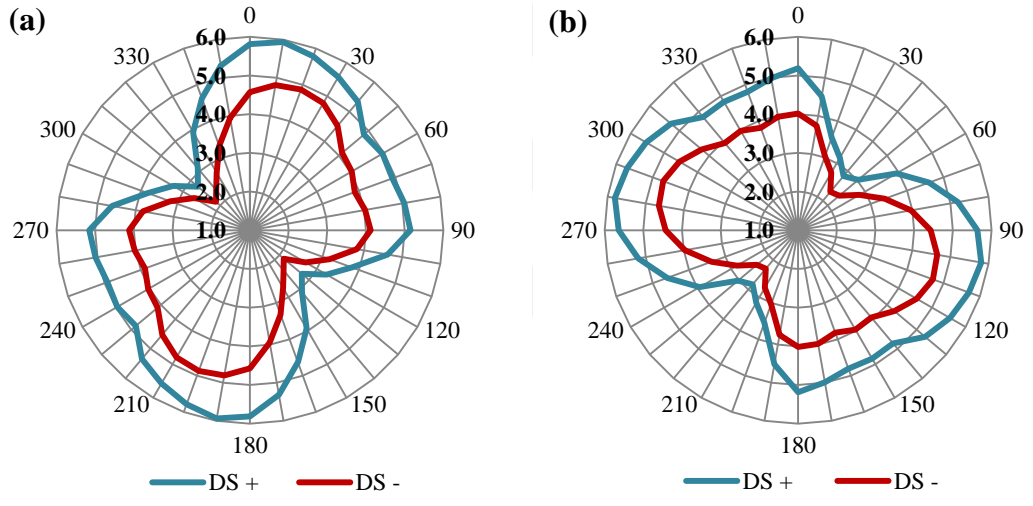
Şekil R.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



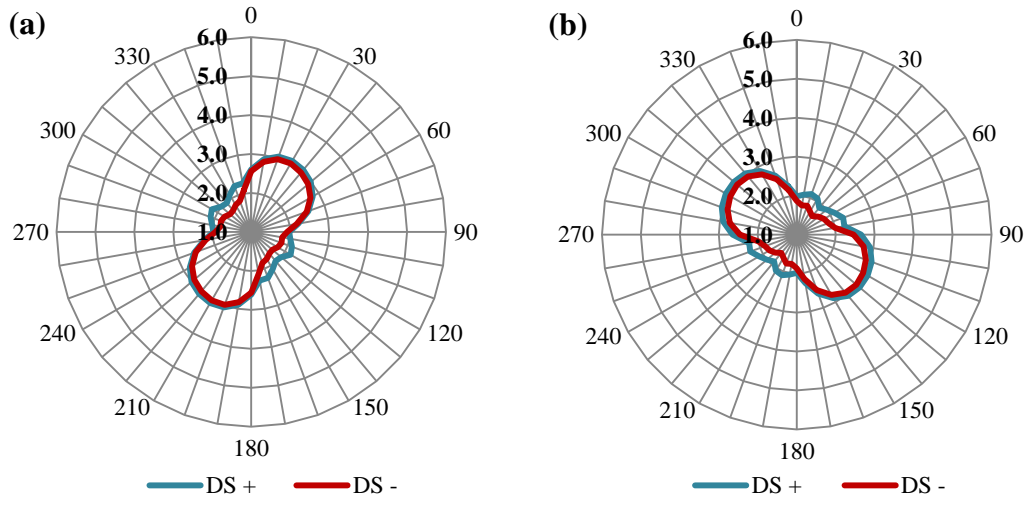
Şekil R.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil R.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

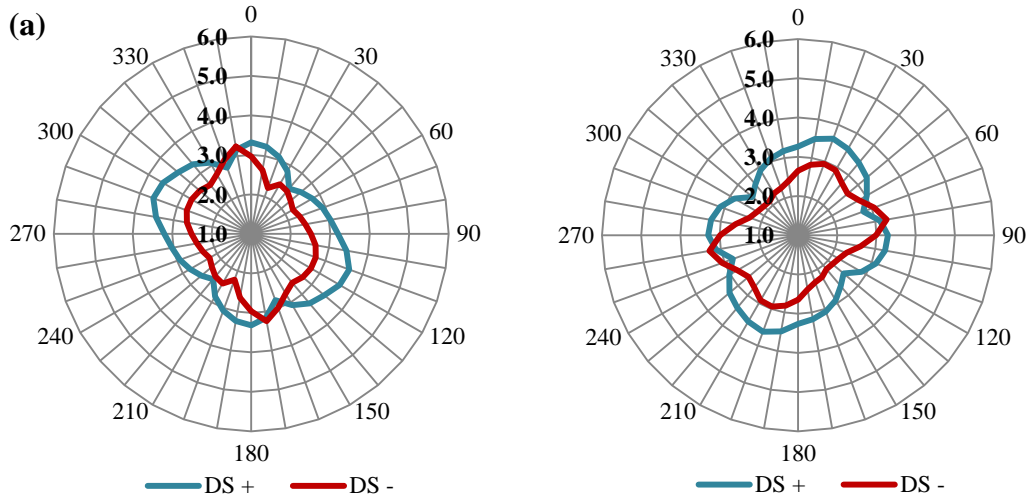


Şekil R.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

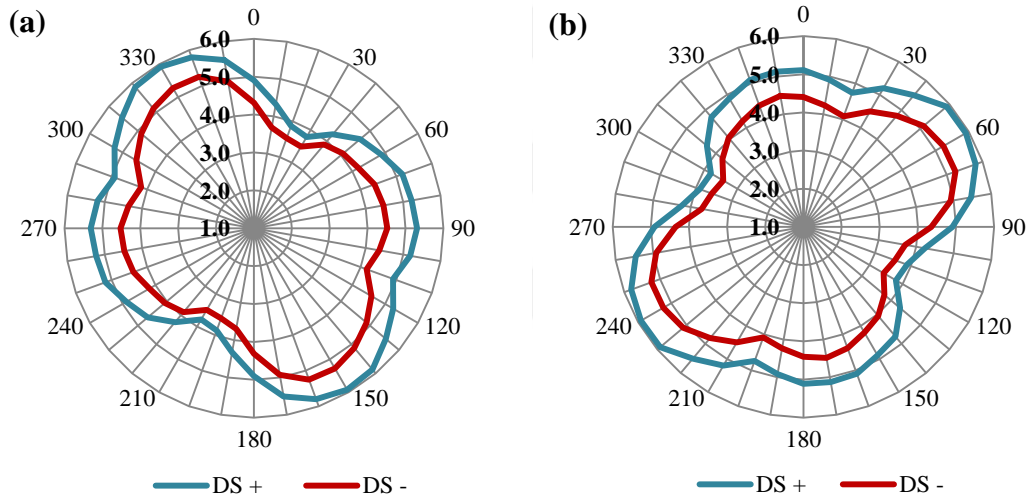


Şekil R.12 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.

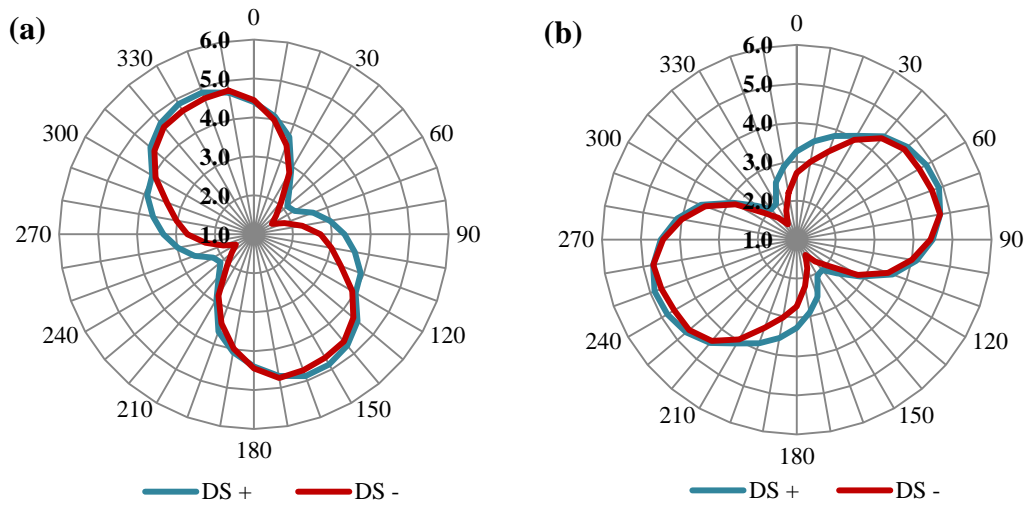
(b)



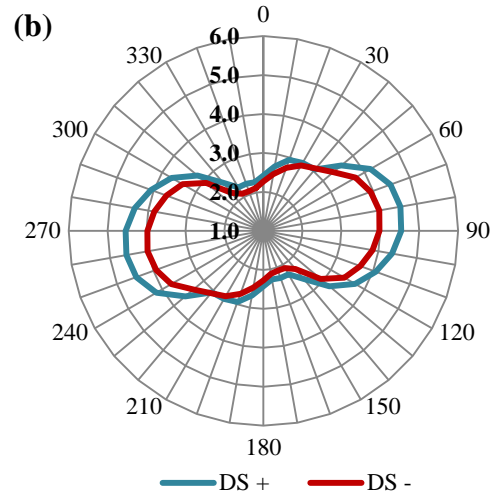
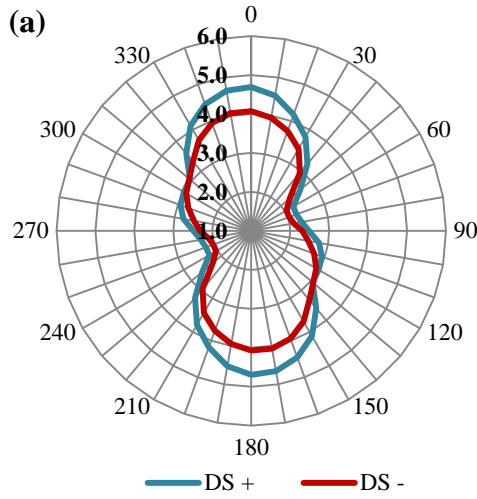
Şekil R.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



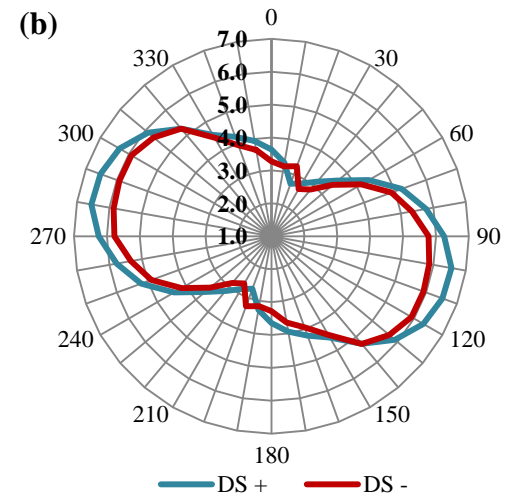
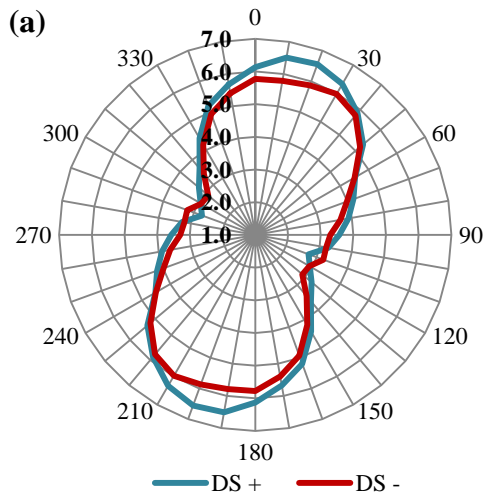
Şekil R.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



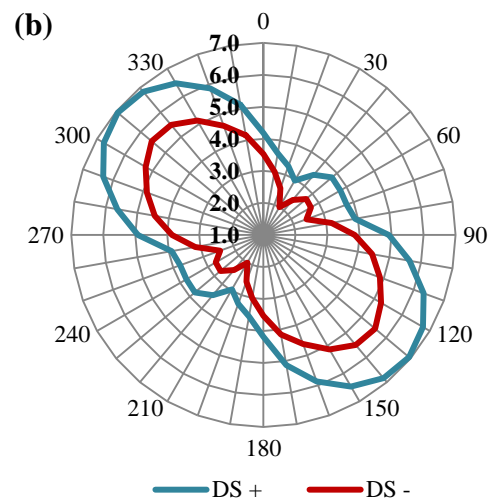
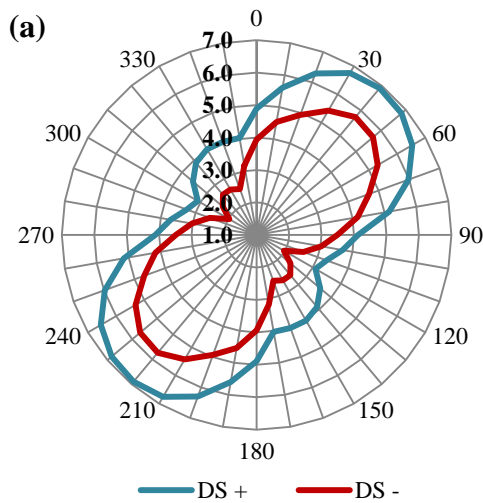
Şekil R.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



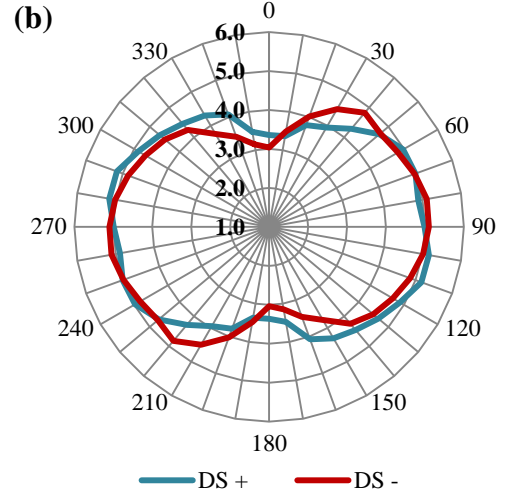
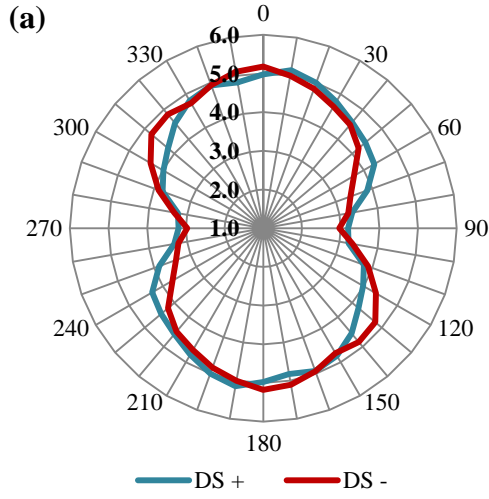
Şekil R.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



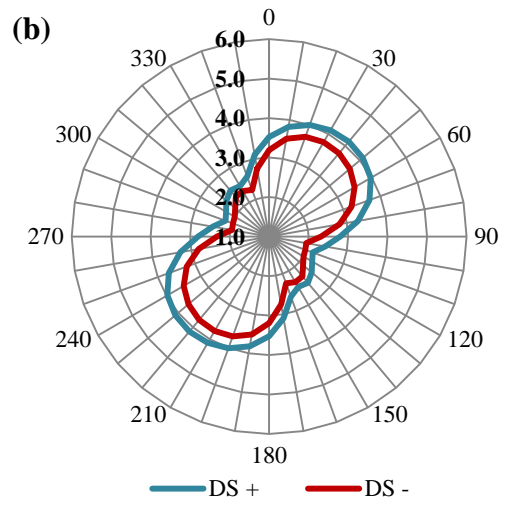
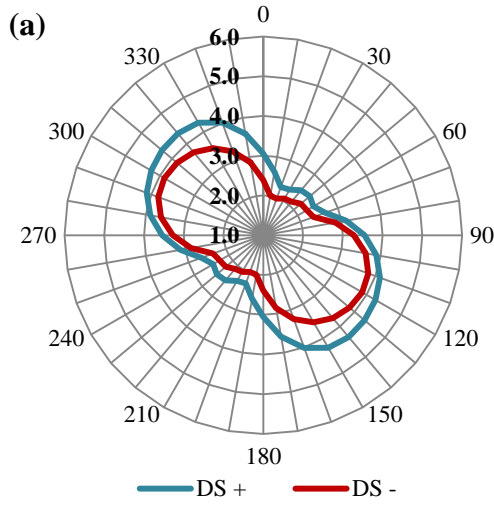
Şekil R.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



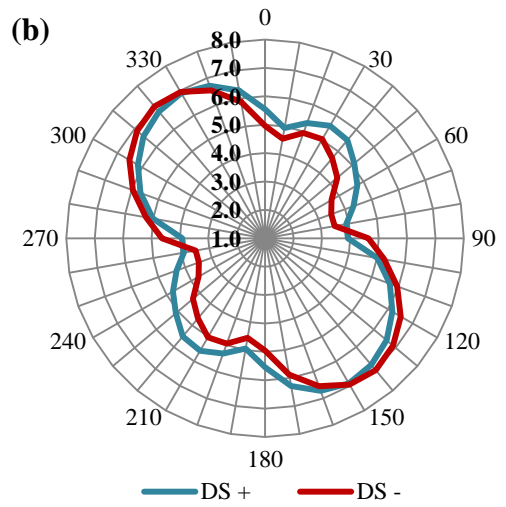
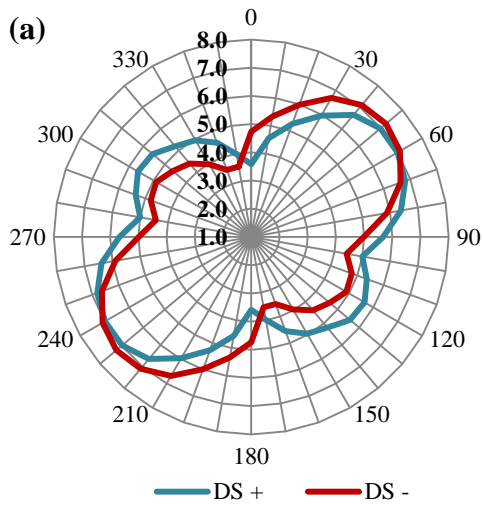
Şekil R.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



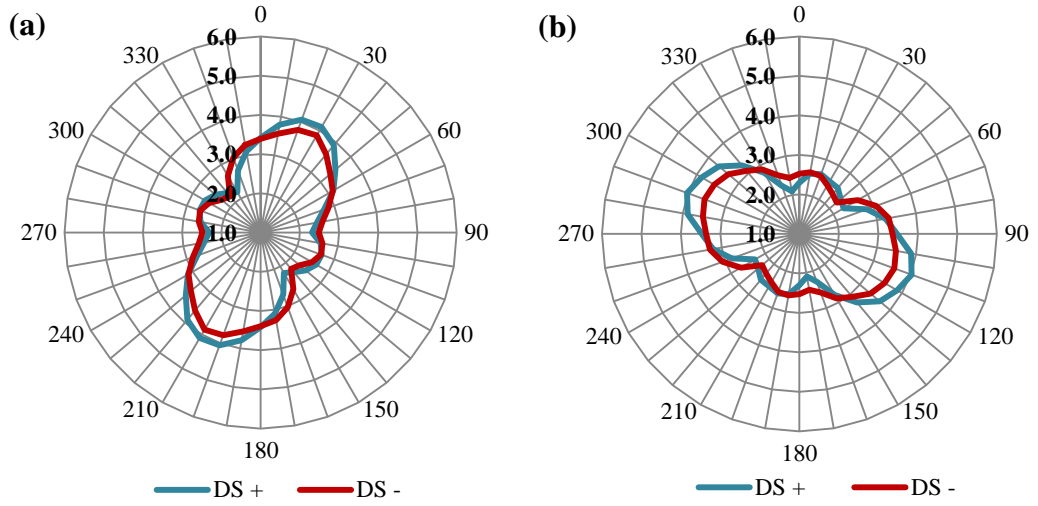
Şekil R.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



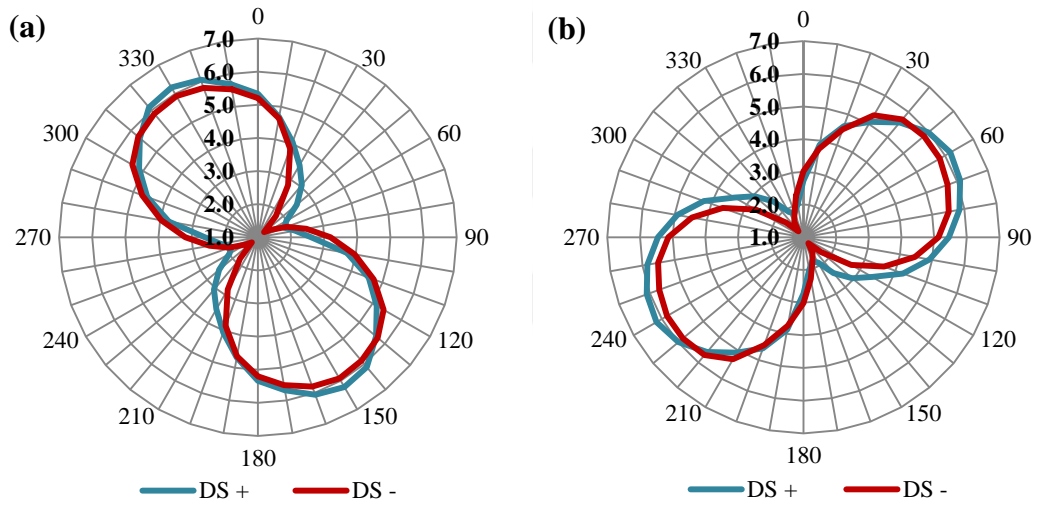
Şekil R.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



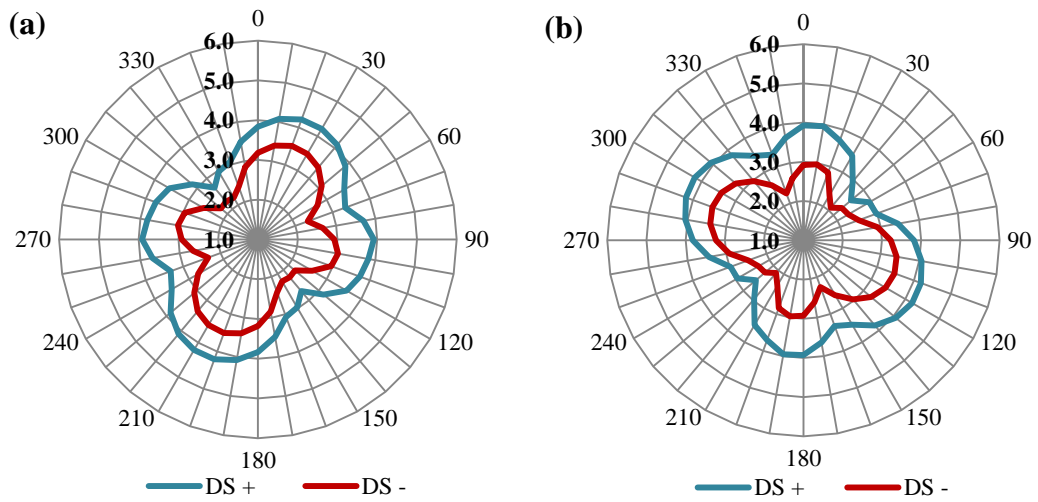
Şekil R.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



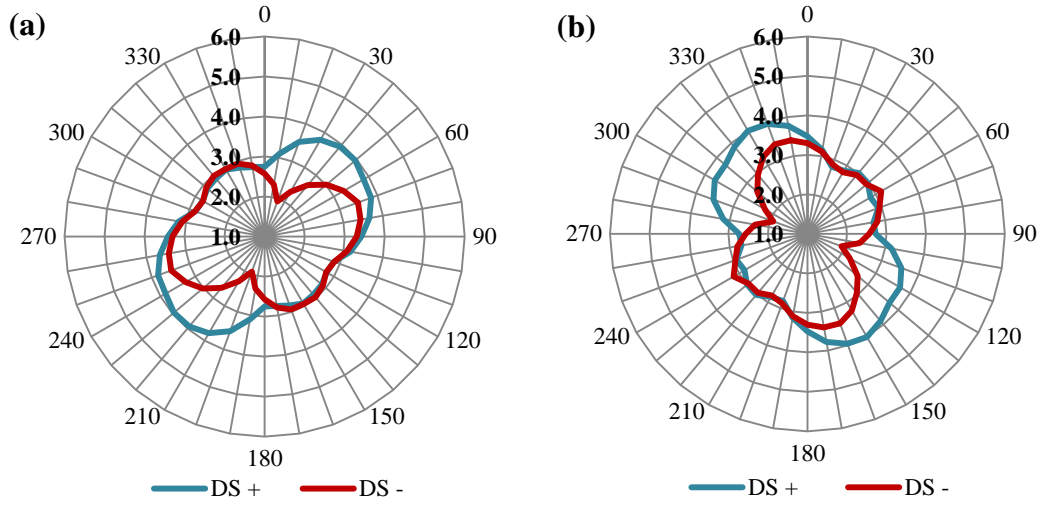
Şekil R.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil R.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil R.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

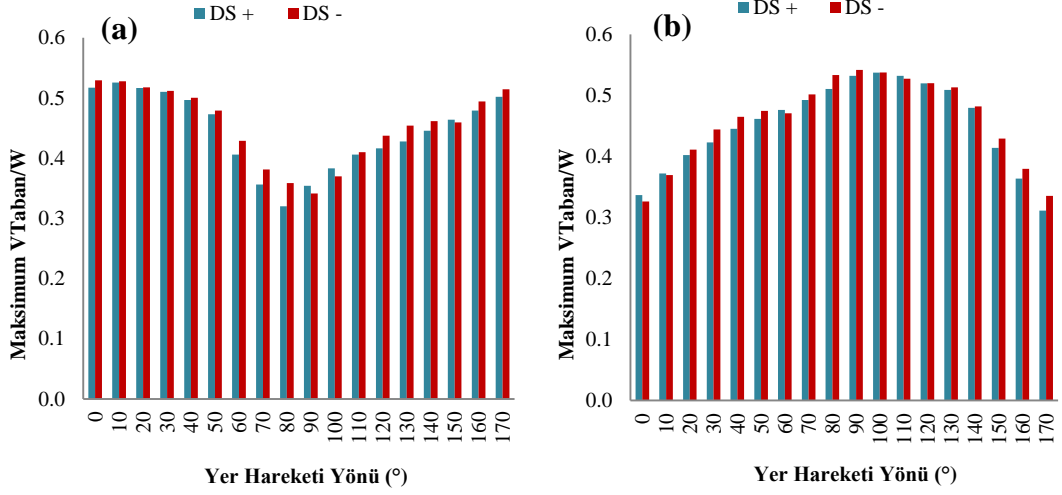


Şekil R.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.

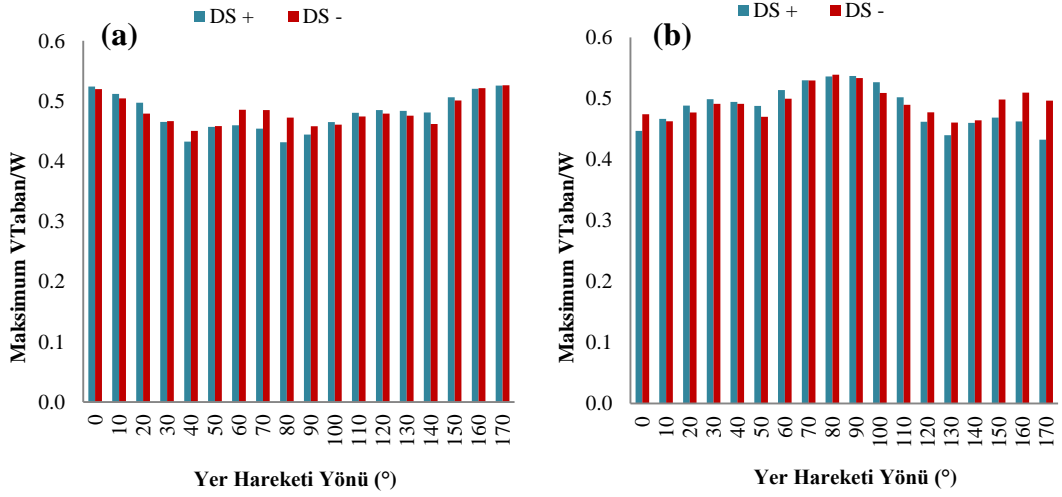
EK S: Döndürölmüş ivme kayıtları – Performans seviyesi 3: 50 yılda aşılma olasılığı %2 – Sıyırılma deformasyonlarının dikkate alındığı ve ihmâl edildiğı durumlarda taban kesme kuvveti talepleri



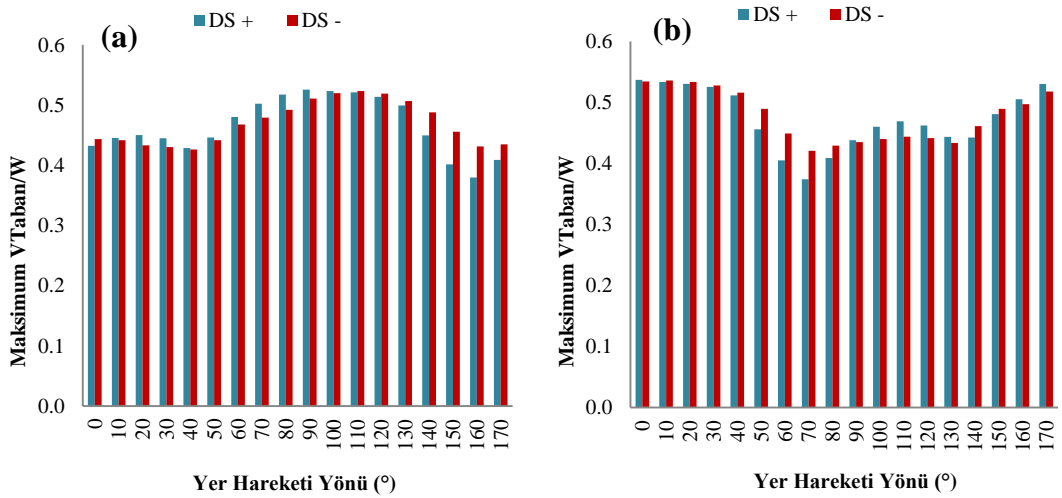
EK-S



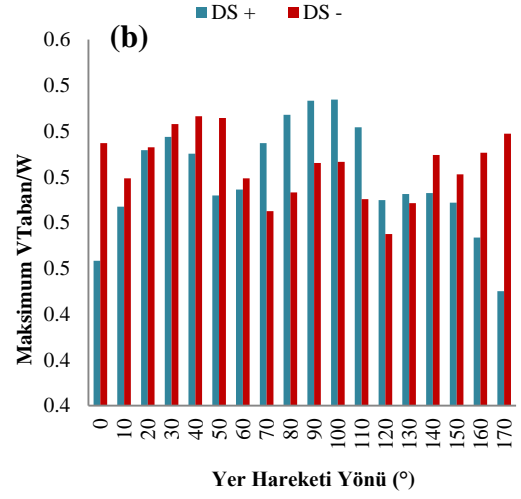
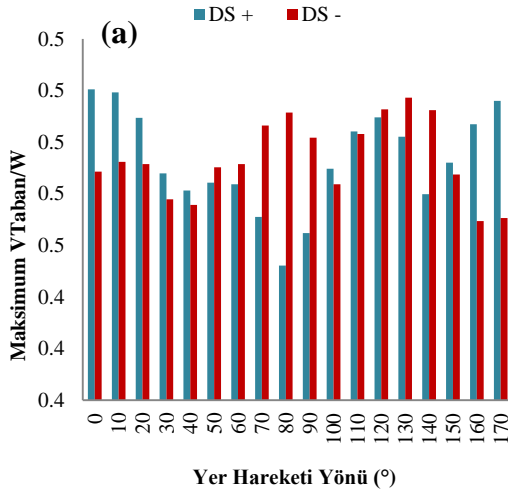
Şekil S.1 : 1979 Imperial Valley (Brawley Airport): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



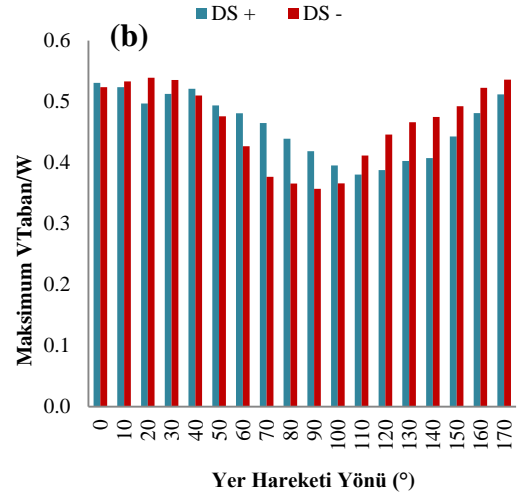
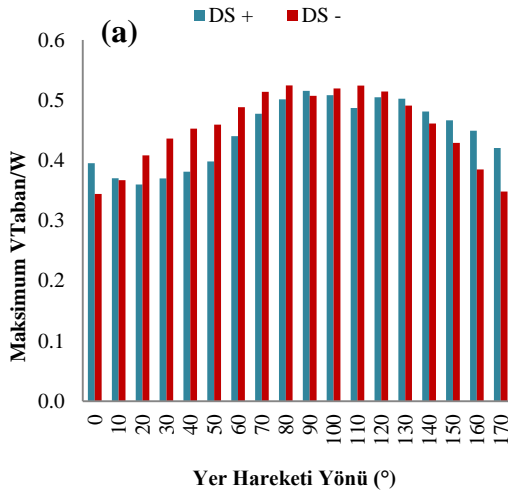
Şekil S.2 : 1979 Imperial Valley (Bond Corner) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



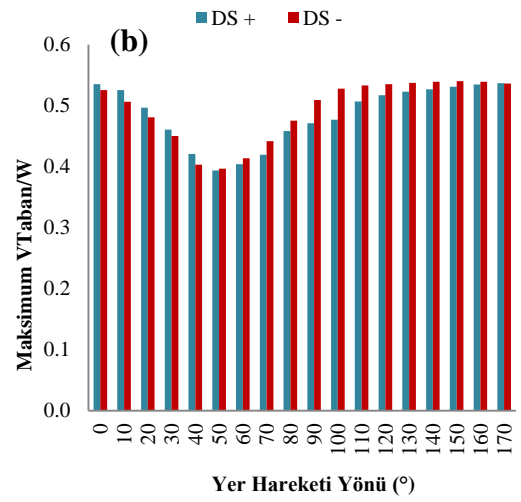
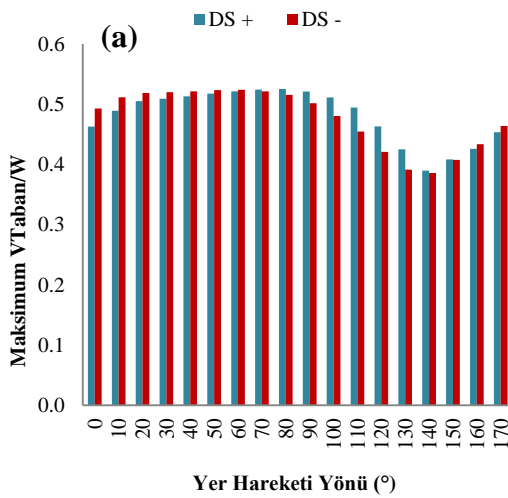
Şekil S.3 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #10) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



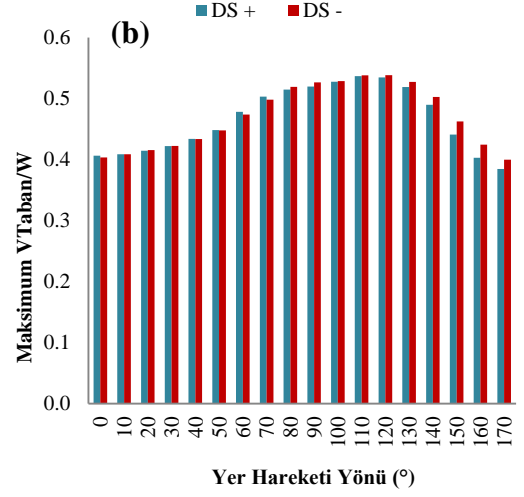
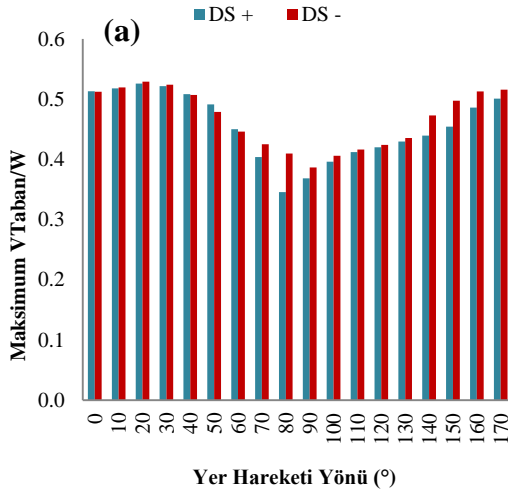
Şekil S.4 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #2) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



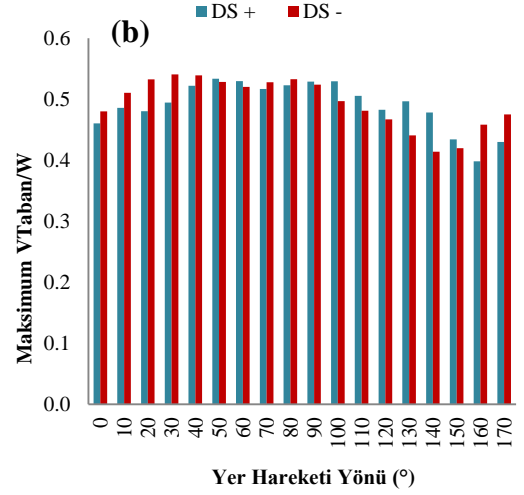
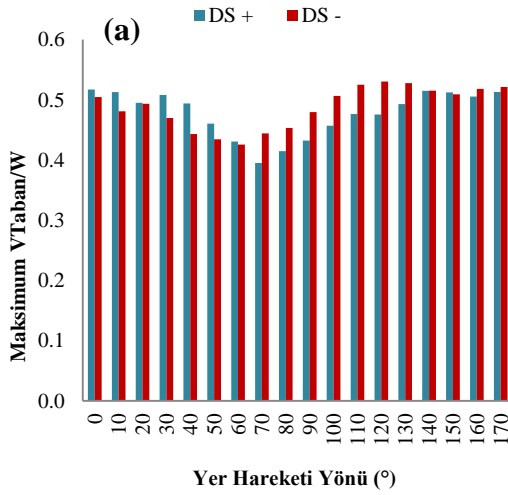
Şekil S.5 : 1989 Loma Prieta (Gilroy Array #3) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



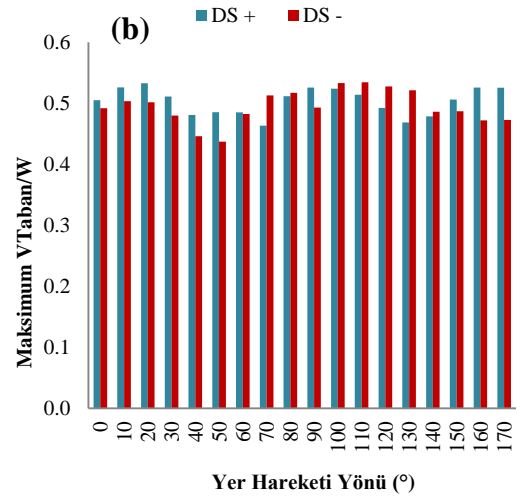
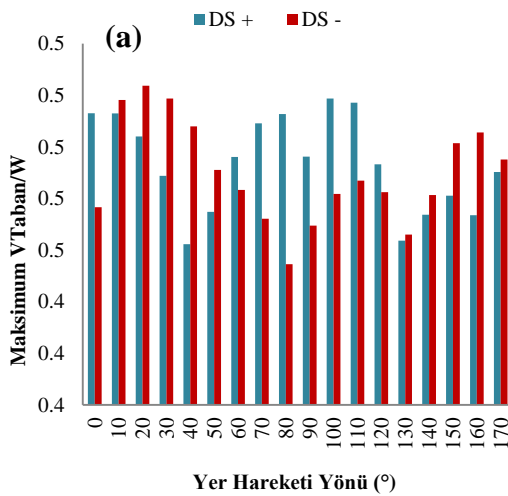
Şekil S.6 : 1994 Northridge (Canyon Country W Lost Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



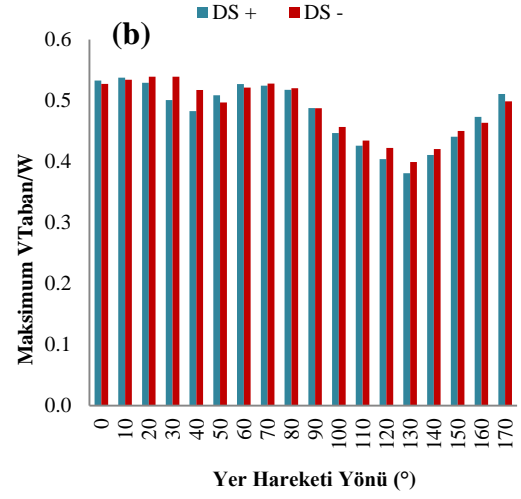
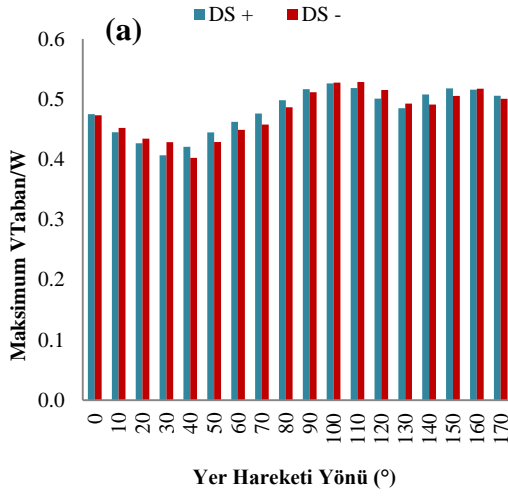
Şekil S.7 : 1987 Superstition Hills (El Centro Imp Co Center) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



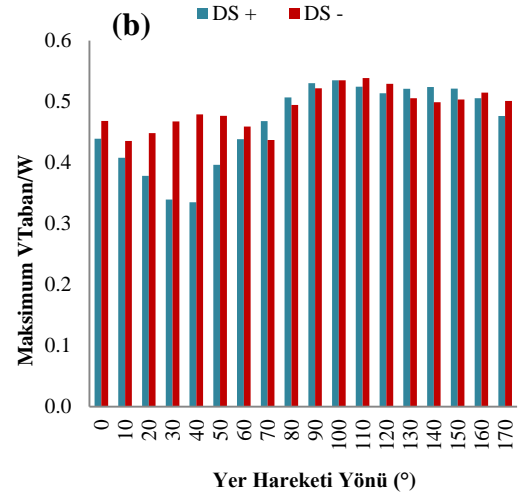
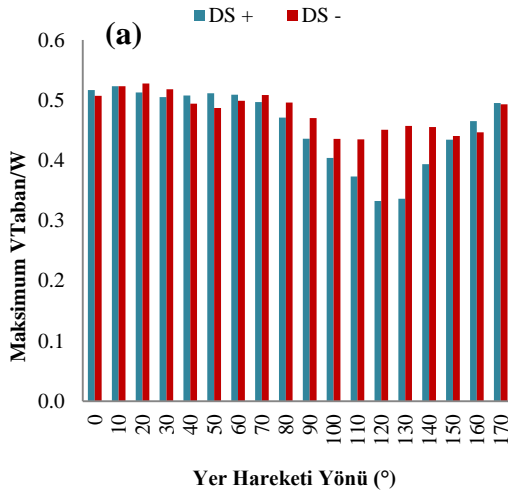
Şekil S.8 : 1999 Chi Chi (CHY 035) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



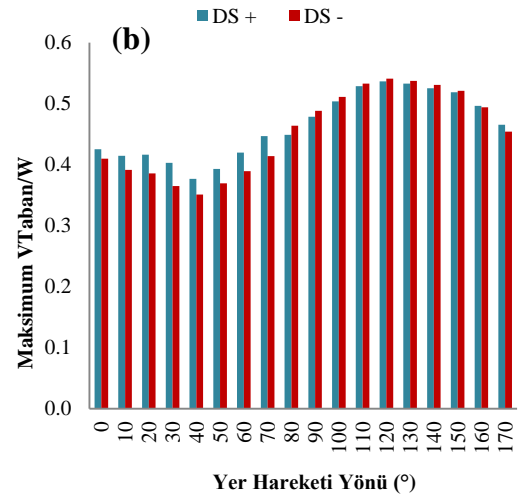
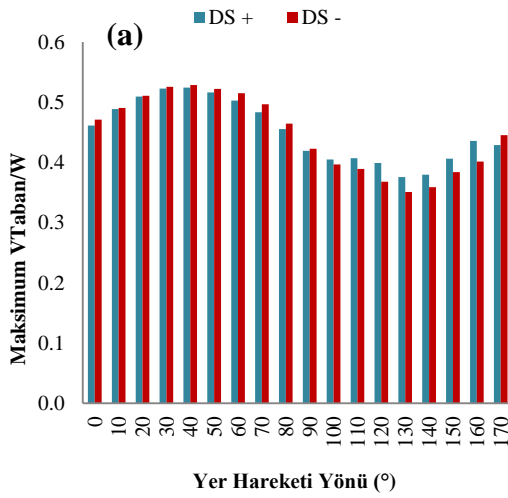
Şekil S.9 : 1999 Chi Chi (TCU 050) : (a) X Yönu (b) Z Yönu.



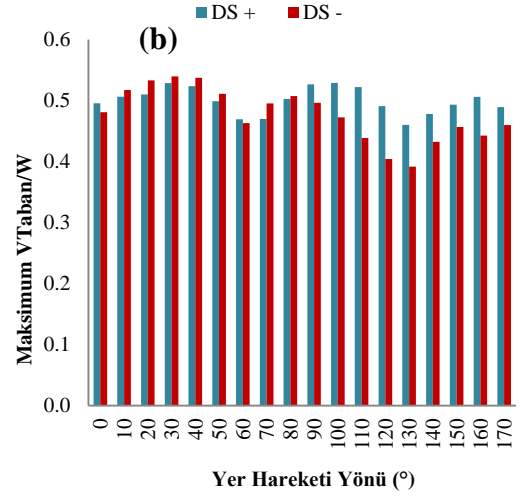
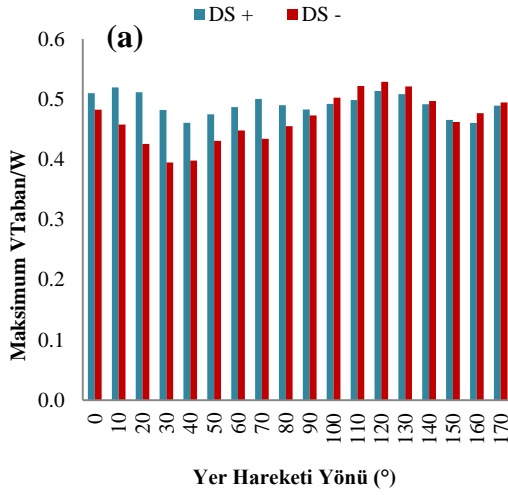
Şekil S.10 : 1999 Düzce (Bolu) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



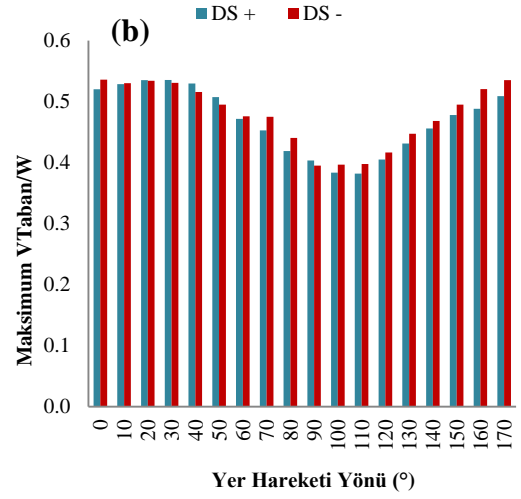
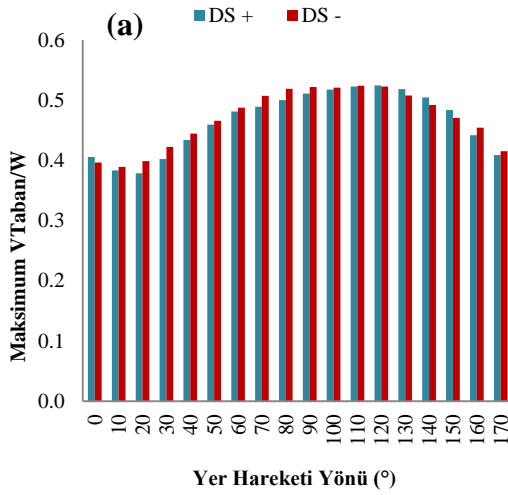
Şekil S.11 : 1979 Imperial Valley (EC Co Center FF) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



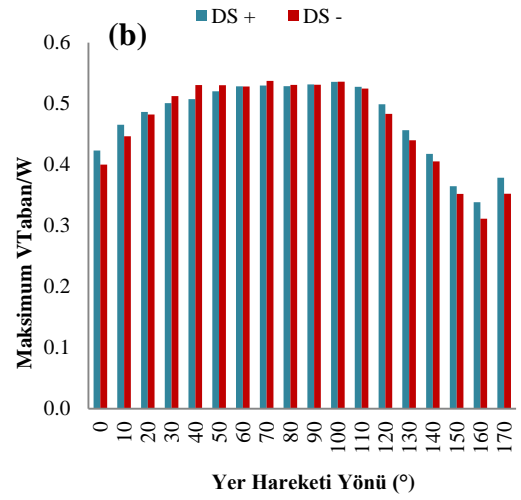
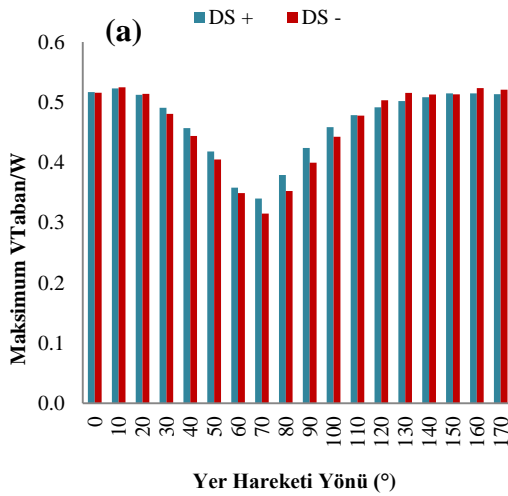
Şekil S.12 : Imperial Valley (El Centro Array #8) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



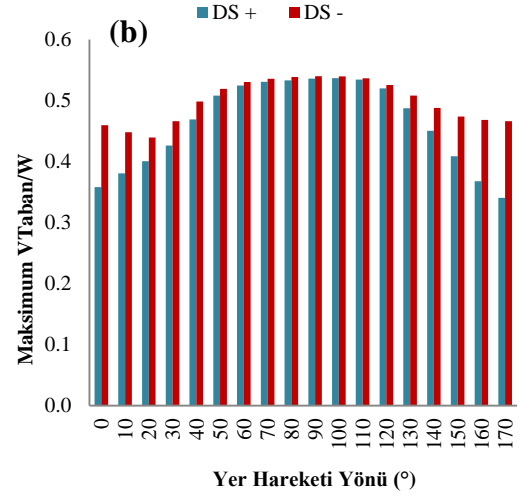
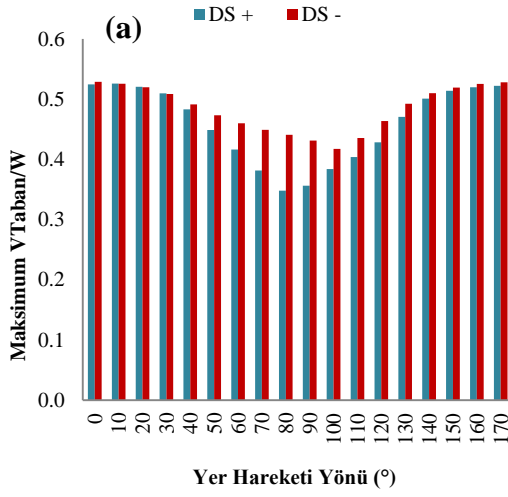
Şekil S.13 : 1999 Kocaeli (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



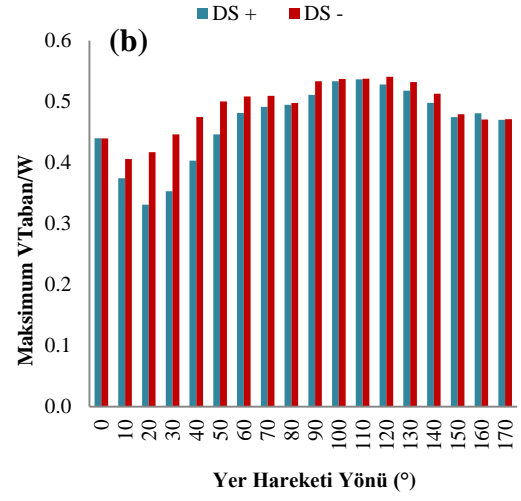
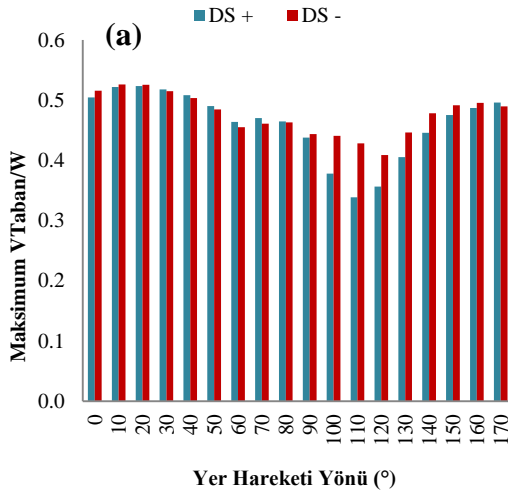
Şekil S.14 : 1999 Kocaeli (Yarımca) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



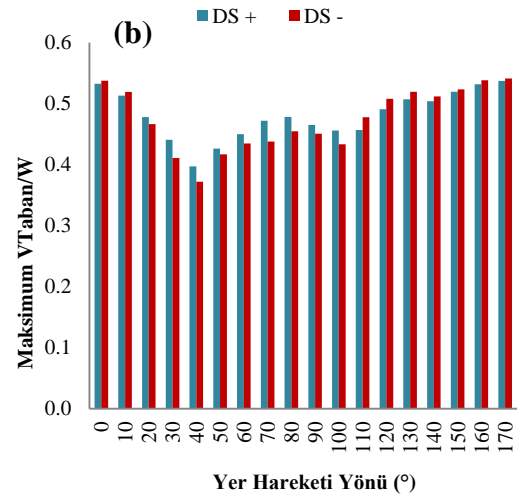
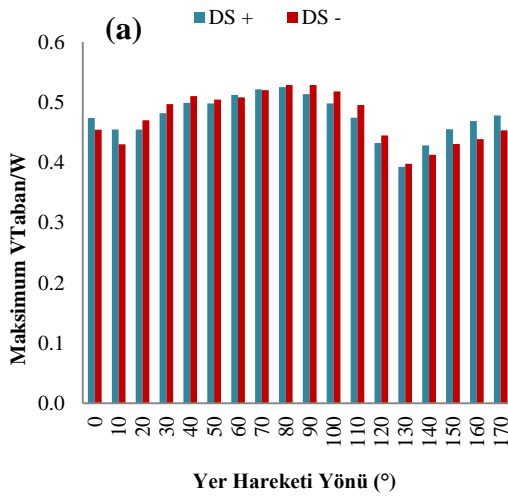
Şekil S.15 : 1994 Northridge (Canago Park Topanga Canyon) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



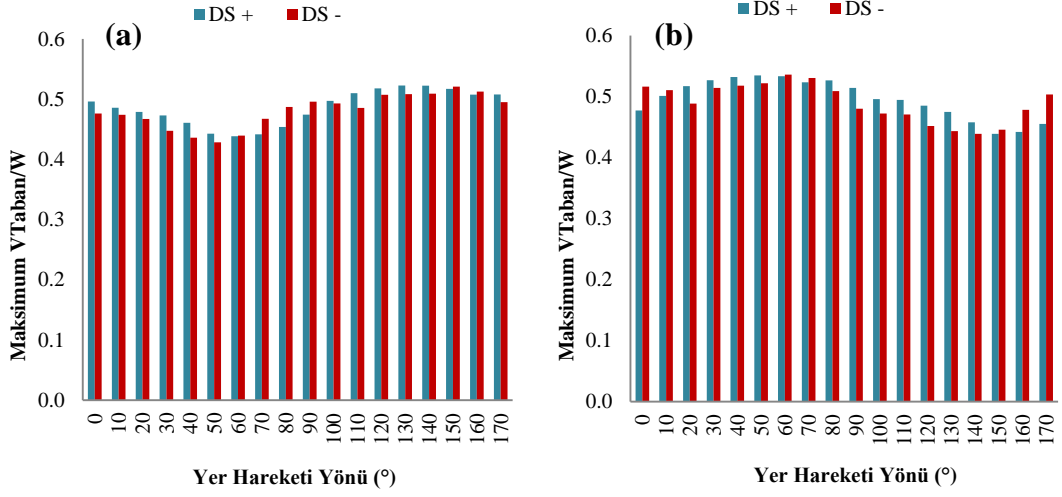
Şekil S.16 : 1994 Northridge (Saticoy) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



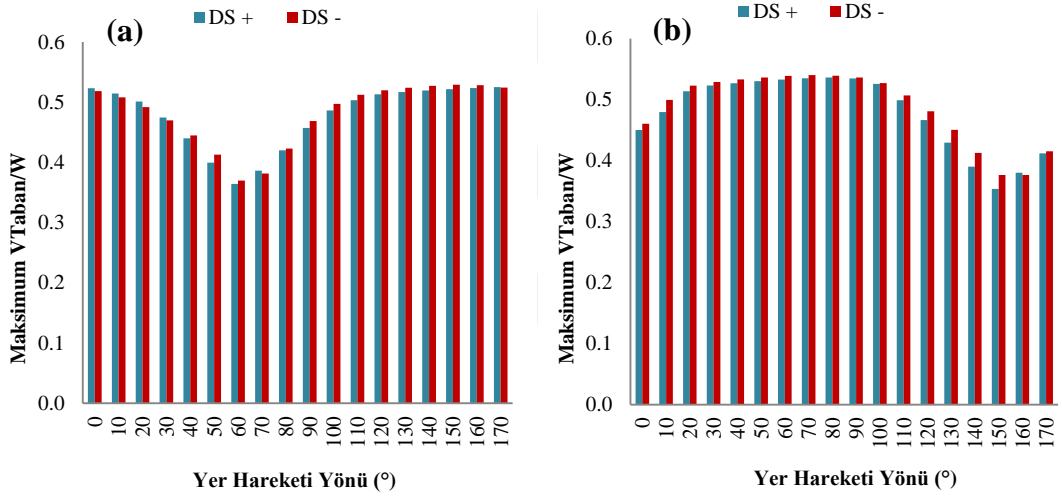
Şekil S.17 : 1999 Chi Chi (CHY 024) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



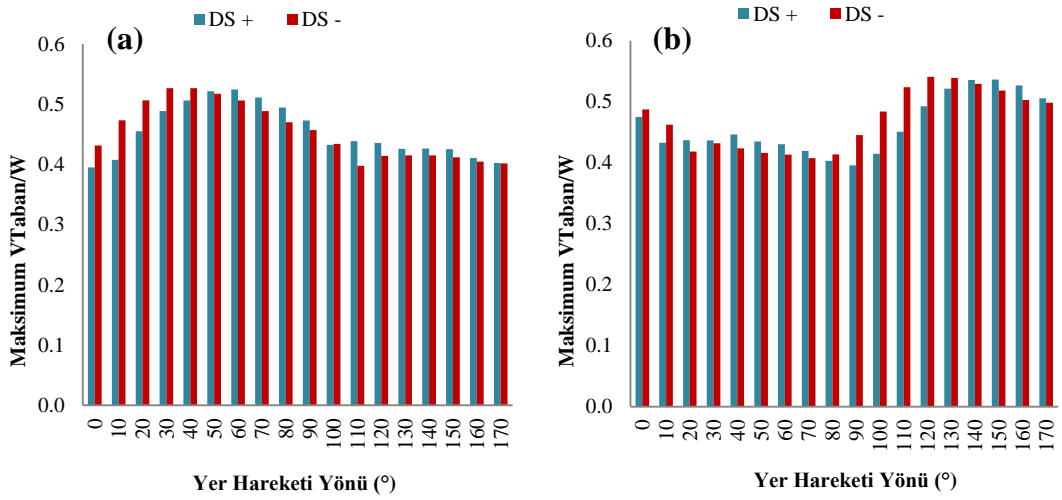
Şekil S.18 : 1999 Chi Chi (TCU 101) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



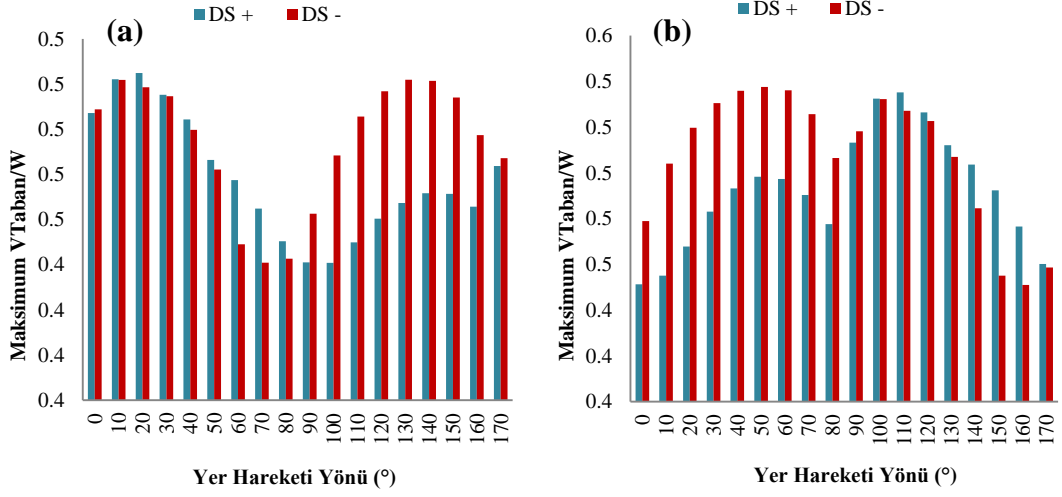
Şekil S.19 : 1999 Düzce (Düzce) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



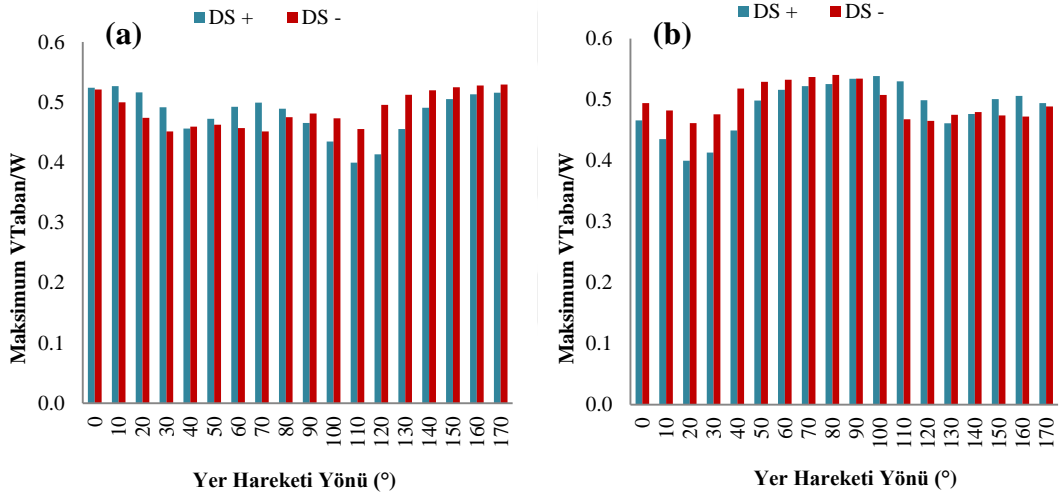
Şekil S.20 : 1992 Erzincan (Erzincan) : (a) X Yönü (b) Z Yönü.



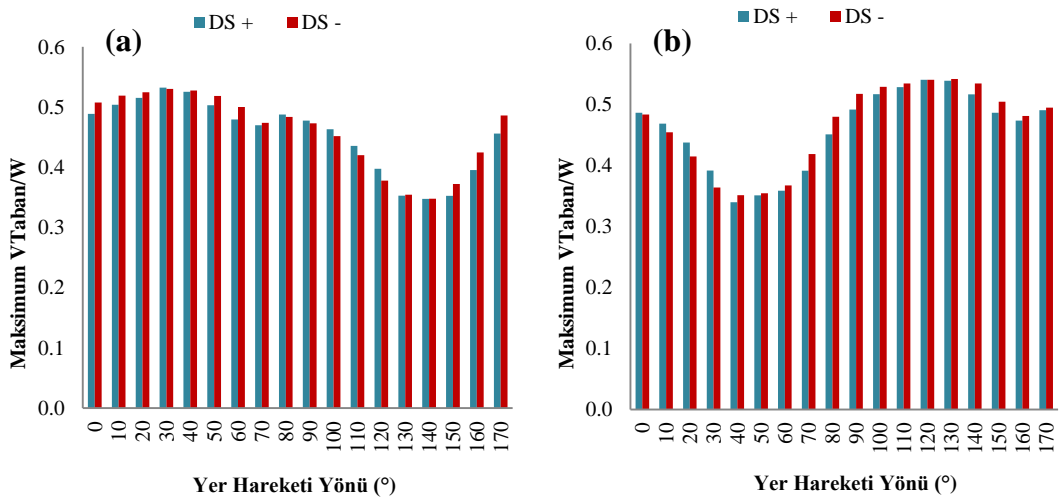
Şekil S.21 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #4): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



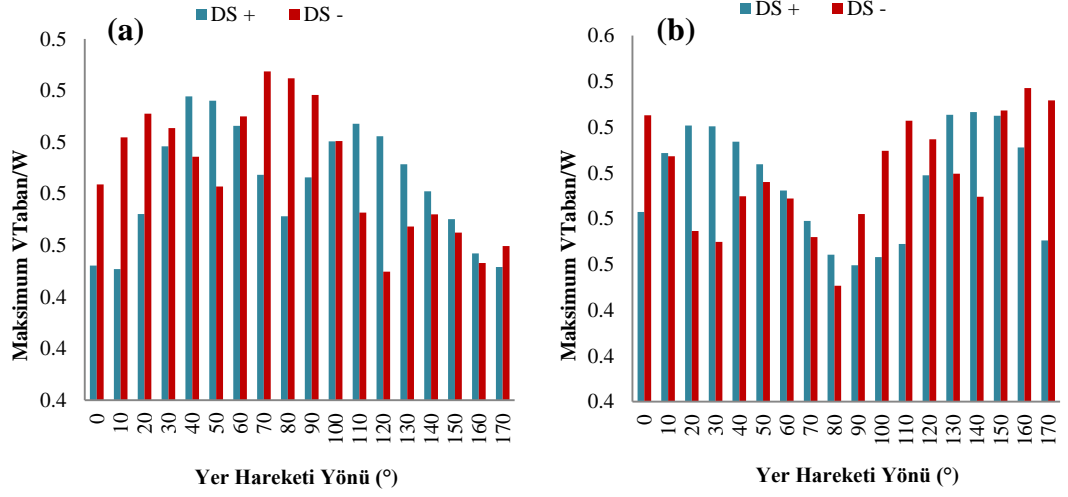
Şekil S.22 : 1979 Imperial Valley (El Centro Array #5): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil S.23 : 1994 Northridge (Newhall): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil S.24 : 1994 Northridge (Sylmar Hospital): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



Şekil S.25 : 1999 Chi Chi (CHY 028): (a) X Yönü (b) Z Yönü.



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Deniz BİRLİK KAYI
Doğum Tarihi ve Yeri : 12.08.1989 Bursa
E-posta : deniz.birlik@btu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü (İngilizce)
- **Yüksek Lisans** : Devam ediyor, Bursa Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Bursa Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- “Eski Tip Betonarme Binalarda Rijit ve Rijit Olmayan Düğüm Noktası Varsayımlarının Üç Boyutlu Analitik Modellerle İncelenmesi” 4.Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11 Ekim 2017, Sözlü Sunum