

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL YAĞIŞLARININ KURAK DÖNEM ANALİZİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet DİKİCİ**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Hidrolik ve Su Kaynakları

HAZİRAN 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL YAĞIŞLARININ KURAK DÖNEM ANALİZİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet DİKİCİ
(501061506)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Haziran 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 05 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ş.Sibel MENTEŞ (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr.Necati Erdem ÜNAL (İTÜ)**

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, bana yardımcı olan, sürekli desteğini gördüğüm danışman hocam Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ' e ve mesai arkadaşım Cemile ÖZTÜRK' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2009

Mehmet DİKİCİ
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı.....	1
1.2 İstanbul ve İstanbul'da Suyun Tarihçesi.....	3
1.2.1 Şehre Su Temini ve İsale Hatları	3
1.2.2 Fetih Öncesi İstanbul'da yapılan Su Tesisleri	3
1.2.3 Müteferrik Sular (Vakıf Sular).....	5
1.2.4 Su Şirketleri	6
1.2.5 İstanbul Sular İdaresi Dönemi	6
2. KURAK DEVRELERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ.....	9
2.1 Giriş	9
2.2 Gidişler Analizi	9
2.3 Kuraklığın Tanımı	11
2.4 Tek Değişkenli Süreçler İçin Gidiş Uzunluklarının Dağılımı	13
2.5 Tek Noktadaki Kurak Devrelerin Dönüş Periyodu	17
2.6 Uygulamalar	17
2.7 Sonuçlar	39
3. İKİ DEĞİŞKENLİ SÜREÇLER İÇİN ORTAK GİDİŞ UZUNLUKLARININ DAĞILIMI	41
3.1 Giriş	41
3.2 Ortak Gidiş Uzunluğunun Dağılımı	42
3.3 İki Yerde Görülen Kurak Devrelerin Dönüş Periyodu	44
3.4 Uygulamalar	44
3.5 Sonuçlar	58
4. ÇOK DEĞİŞKENLİ SÜREÇLER İÇİN ORTAK GİDİŞ UZUNLUKLARININ DAĞILIMI	61
4.1 Giriş	61
4.2 Çok Değişkenli Yağışların Ortak Gidiş Uzunlukları Dağılımı	62
4.3 Çok Yerde Görülen Kurak Devrelerin Dönüş Periyodu.....	64
4.4 θ Parmetresinin Hesaplanması	65
4.5 Uygulamalar	66
4.5.1 Üç İstasyonun Ortak Kurak Dönem Analizi	66
4.5.2 Dört İstasyonun Ortak Kurak Dönem Analizi	81
4.5.3 Beş İstasyonun Ortak Kurak Dönem Analizi	93

4.6 Sonuçlar	93
5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	95
KAYNAKLAR.....	101
EKLER.....	103

SEMBOL LİSTESİ

C	: Ortak gidiş uzunluğunun beklenen toplam sayısı
C_s	: Çarpıklık katsayısı
C_v	: Değişim katsayısı
D	: Negatif gidiş toplamı
d	: Negatif gidiş şiddeti
E (N⁺)	: Pozitif gidiş uzunluğu ortalaması
E (N⁻)	: Negatif gidiş uzunluğu ortalaması
E (N_T)	: Toplam negatif gidiş uzunluğu ortalaması
K⁻	: Gidiş uzunluğunun tekrerrür sayısı
M	: Medyan
N	: Toplam gidiş uzunluğu (N ⁺ + N ⁻)
N⁺	: Pozitif gidiş uzunluğu
N⁻	: Negatife gidiş uzunluğu
n	: Örnek uzunluğu
p	: Aşılma olasılığı
P (N⁻)	: Gidiş uzunluğunun olasılık kütle fonksiyonu
P (X_{1j}X_{2j})	: Kesim seviyesi altında kalma olasılığı
q	: Aşılmama olasılığı
S	: Pozitif gidiş toplamı
s	: Koşullu olasılık
T	: Dönüş periyodu
t	: Pozitif gidiş şiddeti
V (N⁺)	: Pozitif gidiş uzunluğunun varyansı
V(N⁻)	: Negatif gidiş uzunluğunun varyansı
Y	: Toplam gidiş uzunluğu
Z	: Normal dağılım standart değişkeni
α	: Anlamlılık seviyesi
ρ	: Korelasyon katsayısı
ρ[*]	: Olasılık çizgisi korelasyon katsayısı
μ	: Örneğin ortalaması
σ	: Standart sapma
Θ	: Geometrik dağılım parametresi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Koşullu olasılık s değerleri.....	16
Çizelge 2.2 : Yağış gözlem istasyonlarının isimleri ve gözlem periyotları.....	18
Çizelge 2.3.1 : İski istasyonları yıllık yağışların istatistiksel özellikleri.....	18
Çizelge 2.3.2 : Meteoroloji istasyonları yıllık yağışların istatistiksel özellikleri.....	19
Çizelge 2.4.1 : İski yıllık yağışların logaritmalarının istatistiksel özellikleri.....	19
Çizelge 2.4.2 : Yıllık yağışların logaritmalarının istatistiksel özellikleri.....	20
Çizelge 2.5 : Olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi sonuçları.....	20
Çizelge 2.6 : Kesim seviyesi değerleri (m^3/s).....	21
Çizelge 2.7 : Ömerli yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	22
Çizelge 2.8 : Büyükçekmece yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl)....	23
Çizelge 2.9 : Elmalı yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	23
Çizelge 2.10 : Terkos yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	24
Çizelge 2.11 : Alibey yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	25
Çizelge 2.12 : Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl)	25
Çizelge 2.13 : Sarıyer yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	26
Çizelge 2.14 : Florya yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	27
Çizelge 2.15 : Kumköy yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	28
Çizelge 2.16 : Şile yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).....	29
Çizelge 2.17 : Ömerli yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	30
Çizelge 2.18 : Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	30
Çizelge 2.19 : Elmalı yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	30
Çizelge 2.20 : Terkos yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	31
Çizelge 2.21 : Alibey yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	31
Çizelge 2.22 : Darlıkyağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	31
Çizelge 2.23 : Göztepe(Kartal) yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değeleri.....	32
Çizelge 2.24 : Sarıyer yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyas değeleri.....	32
Çizelge 2.25 : Florya yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değeleri.....	32
Çizelge 2.26 : Kumköy yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	33
Çizelge 2.27 : Şile yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.....	33
Çizelge 2.28 : İski yağış gözlem istasyonlarında tek noktada görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.....	34
Çizelge 2.29 : Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarında tek noktada görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.....	34
Çizelge 3.1 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	45
Çizelge 3.2 : Korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.....	45

Çizelge 3.3 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri. ..	46
Çizelge 3.4 : İki yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları	47
Çizelge 3.5 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	47
Çizelge 3.6 : Korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.	48
Çizelge 3.7 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri. ..	48
Çizelge 3.8 : İki yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.	49
Çizelge 4.1 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	66
Çizelge 4.2 : $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.....	67
Çizelge 4.3 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri ...	68
Çizelge 4.4 : Üç yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.	69
Çizelge 4.5 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	69
Çizelge 4.6 : $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.....	70
Çizelge 4.7 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri. ..	70
Çizelge 4.8 : Üç yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.	71
Çizelge 4.9 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	81
Çizelge 4.10 : $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.....	82
Çizelge 4.11 : $q=0.5$ için karşılıklı korelasyon katsayıları.	82
Çizelge 4.12 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.	83
Çizelge 4.13 : Dört yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.	83
Çizelge 4.14 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	84
Çizelge 4.15 : $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.....	84
Çizelge 4.16 : $q=0.5$ için karşılıklı korelasyon katsayıları.	84
Çizelge 4.17 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.	85
Çizelge 4.18 : Dört yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.	85
Çizelge 4.19 : $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.....	93
Çizelge 4.20 : Avrupa ve Asya yakasındaki İSKİ yağış gözlem istasyonlarının 3 yıllık ortak kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslaması	97
Çizelge 4.21 : Avrupa ve Asya yakasındaki İSKİ yağış gözlem istasyonlarının 2 yıllık ortak kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslaması	97
Çizelge 4.22 : Avrupa ve Asya yakasındaki Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının 3 yıllık ortak kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslaması	98
Çizelge 4.23 : Kuzey, Güney, Orta Boğaz bölgelerinde yağış gözlem istasyonlarının ortak kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslaması	98

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Gidiş karakteristiklerinin tanımı.	10
Şekil 2.2 : Ömerli yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.....	22
Şekil 2.3 : Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	22
Şekil 2.4 : Elmalı yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	23
Şekil 2.5 : Terkos yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	24
Şekil 2.6 : Alibey yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	24
Şekil 2.7 : Göztepe(Kartal) yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	25
Şekil 2.8 : Sarıyer yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	26
Şekil 2.9 : Florya yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.	27
Şekil 2.10 : Kumköy yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.....	28
Şekil 2.11 : Şile yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.....	29
Şekil 2.12 : Ömerli yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyerleri.	35
Şekil 2.13 : Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	35
Şekil 2.14 : Elmalı yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	36
Şekil 2.15 : Terkos yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	36
Şekil 2.16 : Alibey yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	36
Şekil 2.17 : Darlık yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	37
Şekil 2.18 : Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	37
Şekil 2.19 : Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	37
Şekil 2.20 : Florya yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	38
Şekil 2.21 : Kumköy yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	38
Şekil 2.22 : Şile yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu belirlenen kesim seviyeleri.	38
Şekil 3.1 : Alibey-Büyükçekmece yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	50
Şekil 3.2 : Alibey-Darlık yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	50

Şekil 3.3 : Alibey-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	50
Şekil 3.4 : Alibey- Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	51
Şekil 3.5 : Alibey-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	51
Şekil 3.6 : Büyükçekmece-Darlık yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	51
Şekil 3.7 : Büyükçekmece-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	52
Şekil 3.8 : Büyükçekmece-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	52
Şekil 3.9 : Büyükçekmece-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	52
Şekil 3.10 : Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	53
Şekil 3.11 : Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	53
Şekil 3.12 : Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	53
Şekil 3.13 : Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	54
Şekil 3.14 : Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	54
Şekil 3.15 : Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	54
Şekil 3.16 : Göztepe-Sarıyer yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	55
Şekil 3.17 : Göztepe-Florya yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	55
Şekil 3.18 : Göztepe-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	56
Şekil 3.19 : Göztepe-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	56
Şekil 3.20 : Sarıyer-Florya yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	56
Şekil 3.21 : Sarıyer-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	57
Şekil 3.22 : Sarıyer-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	57
Şekil 3.23 : Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	57
Şekil 3.24 : Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	58
Şekil 3.25 : Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	58
Şekil 4.1 : Alibey-Büyükçekmece-Darlık yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	72
Şekil 4.2 : Alibey-Büyükçekmece-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	72

Şekil 4.3 : Alibey-Büyükçekmece-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	72
Şekil 4.4 : Alibey-Büyükçekmece-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	73
Şekil 4.5 : Alibey-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	73
Şekil 4.6 : Alibey-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	73
Şekil 4.7 : Alibey-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	74
Şekil 4.8 : Alibey-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	74
Şekil 4.9 : Alibey-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.....	74
Şekil 4.10 : Alibey-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	75
Şekil 4.11 : Büyükçekmece-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	75
Şekil 4.12 : Büyükçekmece-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	75
Şekil 4.13 : Büyükçekmece-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	76
Şekil 4.14 : Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	76
Şekil 4.15 : Büyükçekmece-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	76
Şekil 4.16 : Büyükçekmece-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	77
Şekil 4.17 : Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	77
Şekil 4.18 : Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	77
Şekil 4.19 : Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	78
Şekil 4.20 : Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	78
Şekil 4.21 : Göztepe-Sarıyer-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	78
Şekil 4.22 : Göztepe-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	79
Şekil 4.23 : Göztepe-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	79
Şekil 4.24 : Göztepe-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	79
Şekil 4.25 : Sarıyer-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	80
Şekil 4.26 : Sarıyer-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	80
Şekil 4.27 : Sarıyer-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	80

Şekil 4.28 : Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	81
Şekil 4.29 : Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	86
Şekil 4.30 : Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	86
Şekil 4.31 : Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	86
Şekil 4.32 : Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	87
Şekil 4.33 : Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	87
Şekil 4.34 : Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	87
Şekil 4.35 : Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	88
Şekil 4.36 : Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	88
Şekil 4.37 : Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	88
Şekil 4.38 : Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	89
Şekil 4.39 : Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	89
Şekil 4.40 : Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	89
Şekil 4.41 : Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	90
Şekil 4.42 : Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	90
Şekil 4.43 : Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	90
Şekil 4.44 : Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	91
Şekil 4.45 : Göztepe-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	91
Şekil 4.46 : Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	92
Şekil 4.47 : Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	92
Şekil 4.48 : Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.	92

İSTANBUL YAĞIŞLARININ KURAK DÖNEM ANALİZİ

ÖZET

Kuraklığın ekonomik ve toplumsal boyutlar üzerine önemli etkileri mevcuttur. Kuraklık ülke ekonomisi, toplumun sağlığı, psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir. Bu amaçla bir bölgede kurak devrelerin uzunluğunu ve dönüş aralığını belirlemek son derece önemlidir.

Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan 5 adet Meteoroloji ve 6 adet İSKİ yağış gözlem istasyonunda ölçülen yıllık yağış verileri kullanılarak, Gidişler Analizi ile, yağışların negatif gidiş uzunlukları ve olasılık kütle fonksiyonları belirlenmiştir. En uzun kurak dönemlerin dönüş periyotları tahmin edilmiştir. Negatif gidiş uzunlukları ve kurak dönemlerin dönüş periyotları 3 farklı durum için hesaplanmıştır.

İlk olarak, istasyonların tek tek bağımsız ve serisel bağımlı olmaları hali incelenmiştir. Negatif gidiş uzunlukları $q=0,5$, $0,4$ ve $0,3$ kesim seviyeleri için belirlenmiştir. Kesim seviyeleri, normal, lognormal dağılım kabulleri yapılarak ve ampirik olarak hesaplanmıştır. Yağışların bağımsız oldukları durumda, gözlemlerin negatif gidiş uzunlukları ortalama ve varyans değerleri teorik değerlere yakın çıkmıştır. Sadece, Ömerli ve Şile yağış gözlem istasyonlarında değişiklikler göstermiştir. Yağışların serisel bağımlı oldukları durumda gözlemlerin negatif gidiş uzunlukları ortalama ve varyans değerleri teorik değerlere yakın çıkmıştır. Bununla birlikte gözlem değerleri, logaritmik teorik değerlere daha yakın çıkmıştır. Teorik ve gözlemlerin negatif gidiş uzunlukları dağılımı $q = 0,4$ ve $0,3$ için birbirine yakın çıkmıştır. $q = 0,5$ için ise değişiklikler göstermiştir. En uzun kurak dönem süresi, Sarıyer ve Kumköy yağış gözlem istasyonlarında 6 yıl olarak bulunmuştur. Dönüş periyodu yağışların bağımsız oldukları durumda en uzun Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0,3$ için 1960 yıl, yağışların serisel bağımlı oldukları durumda ise yine en uzun Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0,3$ için 861 yıl olarak hesaplanmıştır.

İkinci olarak, 2 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumu incelenmiştir. Kesim seviyesi sadece ampirik olarak belirlenmiştir. Ortak negatif gidiş uzunlukları $q = 0,5$ için bulunmuştur. Gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları ortalama ve varyans değerleri, Alibey-Elmalı, Alibey-Ömerli, Elmalı-Ömerli, Elmalı-Terkos, Göztepe-Florya, Göztepe-Sarıyer, Sarıyer-Florya, Sarıyer-Şile, Florya-Kumköy, Florya-Şile, Kumköy-Şile durumlarında teorik değerlere yakın çıkmıştır. Diğer durumlarda ise değişiklikler göstermiştir. Aynı yıllarda görülen en uzun kurak dönem süresi, Alibey-Elmalı, Alibey-Terkos, Büyükçekmece-Darlık, Büyükçekmece-Ömerli, Darlık-Ömerli, Elmalı-Terkos, Göztepe-Florya, Sarıyer-Florya, Sarıyer-Kumköy, Sarıyer-Şile, Florya-Şile, Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarında 3 yıl, Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarında ise 4 yıl dönüş periyodu 62 yıl olarak hesaplanmıştır.

Son olarak 3, 4 ve 5 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumu incelenmiştir. Kesim seviyesi sadece ampirik olarak bulunmuştur. Ortak negatif gidiş uzunlukları $q = 0,5$ için belirlenmiştir. 3 istasyon için, gözlemlerin ortak negatif gidiş

uzunlukları ortalama ve varyans değerleri Alibey-Büyükçekmece-Darlık, Alibey-Darlık-Ömerli, Alibey-Elmalı-Ömerli, Alibey-Elmalı-Terkos, Alibey-Ömerli-Terkos, Darlık-Elmalı-Ömerli, Elmalı-Ömerli-Terkos, Göztepe-Sarıyer-Şile, Göztepe-Florya-Kumköy, Göztepe-Kumköy-Şile, Sarıyer-Florya-Kumköy, Sarıyer-Florya-Şile, Sarıyer-Kumköy-Şile, Florya-Kumköy-Şile durumlarında teorik değerlere yakın çıkmıştır. Diğer durumlarda ise değişiklikler göstermiştir. Aynı yıllarda görülen en uzun kurak dönem süresi, Alibey-Elmalı-Terkos- Büyükçekmece-Darlık-Ömerli, Sarıyer-Florya-Kumköy, Sarıyer-Florya-Şile, Sarıyer-Kumköy-Şile, Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarında 3 yıl, dönüş periyotları 23-64 yıl olarak hesaplanmıştır. 4 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda ise gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları ortalama ve varyans değerleri teorik değerler ile değişiklik göstermiştir. Gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları dağılımı teorik dağılıma yakın çıkmıştır, sadece Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Elmalı, Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos, Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos, Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos, Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos, Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos durumlarında değişiklik göstermiştir. Aynı yıllarda görülen en uzun kurak dönem süresi Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarında 3 yıl, dönüş periyodu 90 yıl olarak hesaplanmıştır. 5 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda, teorik değerler $P(x_{1j}x_{2j}...x_{5j})$ olasılığı tanımlı olmadığı için hesaplanamamıştır. Bu yüzden sadece gözlemlerin ortalama ve varyans değerleri hesaplanmıştır.

DRY TERM ANALYSIS OF ISTANBUL'S RAINFALL

SUMMARY

Drought has important effect on economic and social dimensions. It is also so closely related with the economy of a country, health and psychology of community and trade. For this reason, it is important to investigate dry term lengths of rainfall time series and return periods.

In this study, using the annual rainfall data observed at 5 rainfall observation station of Meteorology and at 6 rainfall observation station of ISKI, negative run lengths and probability mass functions of annual rainfall are found out by the theory of Run Analysis. Return periods of the longest dry terms are estimated.

Firstly, stations independence and serial dependence situations were examined individually. Negative run lengths and return periods of dry term are found out for the threshold levels, $q=0.5$, 0.4 , and 0.3 . The threshold levels are obtained by the adoption of normal and lognormal distribution of annual rainfall empirically. In the case of independent annual rainfall, mean and variance of observed negative run lengths are reasonably close to the theoretical values expect for Ömerli and Şile rainfall observation stations. In the case of serially dependent annual rainfall, mean and variance of observed negative run lengths are reasonably close to the theoretical values, also much closer to the logarithmic theoretical values. Theoretical and observed distribution of negative run lengths for the threshold levels $q=0.4$ and 0.3 are in agreement except for the threshold level $q=0.5$. The longest period of dry term is found as 6 years at the locations named Sarıyer and Kumköy rainfall observation stations. Sarıyer rainfall observation stations return periods is calculated as 1960 and 861 years respectively in the case of independent and serially dependent annual rainfall for threshold level $q=0.5$.

Secondly, the case of serially and mutually dependent two locations is investigated. Threshold level is only determined empirically. Joint negative run lengths are found for the threshold level $q=0.5$. Mean and variance of observed negative run lengths are reasonably close to the theoretical values at locations named Alibey-Elmalı, Alibey-Ömerli, Elmalı-Ömerli, Elmalı-Terkos, Göztepe-Florya, Göztepe-Sarıyer, Sarıyer-Florya, Sarıyer-Şile, Florya-Kumköy, Florya-Şile, Kumköy-Şile rainfall observation stations, at the other situations they make variations. The longest period of dry term occurring during the same years, is found 3 years at the locations named Alibey-Elmalı, Alibey-Terkos, Büyükçekmece-Darlık, Büyükçekmece-Ömerli, Darlık-Ömerli, Elmalı-Terkos, Göztepe-Florya, Sarıyer-Florya, Sarıyer-Kumköy, Sarıyer-Şile, Florya-Şile, Kumköy-Şile rainfall observation stations, is found 4 years at the locations named Florya-Kumköy rainfall observation station which return period is calculated as 62 years.

Lastly, the case of serially and mutually dependent three, four and five stations situation is investigated. Threshold level is only found empirically. Joint negative run lengths are found for the threshold level $q=0.5$. For three stations, mean and variance of observed negative run lengths are reasonably close to the theoretical values at

locations named Alibey-Büyükçekmece-Darlık, Alibey-Darlık-Ömerli, Alibey-Elmalı-Ömerli, Alibey-Elmalı-Terkos, Alibey-Ömerli-Terkos, Darlık-Elmalı-Ömerli, Elmalı-Ömerli-Terkos, Göztepe-Sarıyer-Şile, Göztepe-Florya-Kumköy, Göztepe-Kumköy-Şile, Sarıyer-Florya-Kumköy, Sarıyer-Florya-Şile, Sarıyer-Kumköy-Şile, Florya-Kumköy-Şile rainfall observation stations, for other situations they make variations. The longest period of dry term occurring during the same years, is found 3 years at location named Alibey-Elmalı-Terkos, Büyükçekmece-Darlık-Ömerli, Sarıyer-Florya-Kumköy, Sarıyer-Florya-Şile, Sarıyer-Kumköy-Şile, Florya-Kumköy-Şile rainfall observation stations. Their return periods are calculated between 23-64 years. For four stations, mean and variance of observed negative run lengths are not reasonably close to the theoretical values. Theoretical and observed distribution of joint negative run lengths are in agreement expect for the locations named Alibey – Büyükçekmece – Darlık - Elmalı, Alibey – Büyükçekmece – Darlık - Terkos, Alibey - Büyükçekmece – Elmalı - Terkos, Alibey – Darlık – Ömerli - Terkos, Büyükçekmece- Darlık – Elmalı - Terkos, Büyükçekmece – Darlık – Ömerli - Terkos rainfall observation stations. The longest period of dry term occurring during same years, is found 3 years at the locations named Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile rainfall observation stations. Its return period is calculated as 90 years. For five stations, theoretical values cannot be calculated since probability $P(X_{1j}X_{2j}...X_{5j})$ is unknown. For this reason only, mean and variance of observed are calculated.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Belirli bir yere herhangi bir anda düşen yağış miktarı önceden deterministik olarak belirlenemeyeceği için, bir rastgele değişkendir. Gün, hafta, ay, yıl gibi belli bir zaman aralığında düşen yağış miktarı da bir rastgele değişkenin fonksiyonu olduğuna göre yine bir rastgele değişken olur. Bir rastgele değişkenin zaman içinde ard arda aldığı değerlerden oluşan zaman serisine bir stokastik süreç denir (Bayazıt ve Şen, 1976). Bunun içindir ki yağış miktarı serilerini incelenen stokastik süreç olarak değerlendirmek gerekir. Serinin ardışık değerleri arasında da stokastik bağımlılığın ne olduğunu da bilmek gerekir.

Bilindiği gibi bir yerdeki belli bir zaman aralığındaki yağış miktarı ondan önceki zaman aralıklarındaki yağış miktarı değerlerine stokastik anlamda bağımlıdır (Yevjevich, 1963). Bu bağımlılık özellikle yağış havzasının iklim özellikleriyle ilişkilidir (Firing, 1967). Bir stokastik süreci daha iyi ifade edebilmek için mutlaka matematik modelinin kurulması gerekir. Bunun için parametre sayısı az olan basit modelleri seçmek daha uygun olur. Zira modelde parametre sayısı arttıkça olayı daha iyi belirlenme imkânına rağmen güven azalır.

Hidrolojik büyüklüklerin başlıca özelliklerinden biri zaman içinde çeşitli anlarda alacakları değerlerin rastgele karakterde oluşudur. Örneğin bir yerdeki yağış miktarı bir ortalama değer etrafında, bazen ortalamadan büyük, bazen de küçük olmak üzere, çeşitli değerler alabilir. Hidrolojik değişkenlerdeki rastgele karakter mühendislik çalışmaları açısından büyük önem taşır. Yağış miktarının ortalamaya göre çok büyük değerler alması taşkın hidrolojisini, uzun bir ortalamadan küçük değerlerde kalması da kurak devre hidrolojisini ilgilendirir. Bu çalışmanın konusunu İstanbul yağışlarının kurak dönem özelliklerini oluşturmaktadır. İstanbul'daki 5 ayrı meteoroloji istasyonunun ve 6 ayrı İSKİ yağış gözlem istasyonunun tek tek bağımsız ve ardışık olarak bir önceki yıl ile bağımlı olması durumlarında, 2, 3 ve 4 istasyonun birbiri ile bağımlı olmaları durumlarında kurak dönem özellikleri incelenmiştir. Rastgele karakterdeki bir değişkenin zaman içinde ardışık anlarda birbirleriyle

stokastik bağımlılık gösteren değerler almasıyla oluşan bir stokastik sürecin özellikleri ancak stokastik yöntemlerle incelenebilir. Yukarıda sözü edilen yağış miktarları da bir stokastik süreç oluşturdıklarına göre yağış miktarlarının kurak devrelerinin özellikleri de istatistiksel yöntemlerle araştırılmalıdır. Bu gibi araştırmalarda karşılaşılan bir güçlük yağış miktarlarına ait bilgilerin istatistik açıdan yeterli olmayışıdır. Eldeki gözlemler hemen daima kısa süreli olduğundan böyle bir zaman serisinden ekstrem olayların istatistik özelliklerini güvenilir bir şekilde belirlemek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle gözlenmiş yağış miktarlarının gözlenmiş analizi ile belirlenecek kurak devre özellikleri bize ancak gözlediğimiz örnek hakkında bilgi verir (Bayazit ve Şen, 1976).

Kurak devrelerin istatistiksel özelliklerinin güvenilir bir şekilde belirlenebilmesi su kaynaklarını geliştirme çalışmalarında büyük önem taşımaktadır. Her geçen gün dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişimi, orman tahribatları, çölleşme sonucunda kuraklık toplum, çevre ve ülkeleri tehdit eder boyutlara ulaşmaktadır. Kuraklıkların ekonomik ve toplumsal boyutlar üzerinde önemli etkileri mevcuttur. Ülke ekonomisi, toplumun sağlığı, psikolojisi ve ticareti ile yakından ilgilidir. Kurak devreler boyunca su ihtiyacını karşılayabilecek rezervuarların projelendirilmesi, başka su kaynaklarından getirilmesi gereken su miktarının belirlenmesi ve gelecekte görülmesi beklenen kuraklıkların ekonomi ve toplum üzerindeki etkilerinin önceden kestirilmesi ülkemizin çeşitli bölgelerindeki kurak devrelerin istatistiksel özelliklerinin ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bir yağış serisindeki kurak devreleri objektif bir şekilde belirleyebilmek için run analizi yöntemi kullanılabilir. Bu analiz yardımıyla çeşitli şiddetteki kurak devrelerin uzunlukları, dönüş periyotlarını ve bu devrelerdeki su noksanlığını karşılamak için gerekli hazne hacmi gibi büyüklükler hesaplanabilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar İstanbul'da, su kaynaklarını geliştirme çalışmalarında kurak devrelerle ilgili hidrolojik bilgilerin değerlendirilmesinde ve gelecekte görülmesi beklenen kuraklıkların önceden tahmini ile toplum ekonomisi, sağlığı ve psikolojisi üzerindeki etkilerin en aza indirgenmesi için yapılacak çalışmalar sırasında yardımcı olacaktır.

1.2 İstanbul ve İstanbul'da Suyun Tarihçesi

1.2.1 Şehre su temini ve isale hatları

M.Ö. 658 yılında Sarayburnu ve çevresinde kurulan ve Dünyanın en eski şehirlerinden biri olan İstanbul, jeopolitik bakımdan da çok önemli yerleşim merkezlerindendir. Asya ile Avrupa'yı birleştiren tabiat harikası Boğazı, Altınboynuz ünvanıyla meşhur Haliç'i, şehri her taraftan çevreleyen denizleri, burada yaşanan kültür ve medeniyetleri ile İstanbul asırlar boyu siyasi, askeri ve ticari bir cazibe merkezi haline gelmiştir.

Romalılar şehre hakim olduktan sonra M.S. 330 yılında İmparator Konstantin şehri Roma İmparatorluğu'nun merkezi yapmış, imar ederek gelişmesini sağlamıştır. 395 yılında İmparatorluk "Doğu" ve "Batı" olarak ikiye bölününce, şehir Doğu Roma İmparatorluğu'nun merkezi olmuştur. 7. asırdan itibaren tarih sahnesinde yer alan İslam Medeniyeti'nin beşeri kaynağı Hz. Muhammed'in daha o zamandan bu şehrin önemini ve dünya hakimiyetinde oynayacağı rolü sezerek, onu fethedecek kumandan ile askerlerini öven ifadelerinden sonra fetih rüyalarıyla yaşayan birçok kumandan yıllarca bu müjdeye mazhar olmak için gayret göstermişlerse de bu şerefe nail olmak 1453 senesinde Osmanlı Padişahı Sultan II. Mehmet Han'a nasip olmuş ve böylece "Fatih" ünvanına kavuşmuştur. Çağ kapatıp, çağ açan bu hadiseden sonra şehir "İstanbul" adıyla günümüze kadar Türklerin hâkimiyetinde kalmış ve tarih boyunca en yüksek medeniyet seviyesine bu dönem içinde erişmiştir.

1.2.2 Fetih Öncesi İstanbul'da Yapılan Su Tesisleri

Kuruluş döneminde şehrin su ihtiyacı, yeraltı kaynaklarından sağlanıyordu. İlk önemli su tesisleri Roma İmparatorları zamanında yapılmıştır. İmparator Hadriyen (117 – 138) tarafından sur dışındaki bir kaynaktan Haliç'in kenar mahallelerine kadar su yolu yaptırıldığı, Valens'in (364 - 378) de Halkalı civarından Beyazıt'a kadar su getirttiği ve bu Su Yolu için Mazul Kemer ile bugün Bozdoğan diye bildiğimiz Valens Kemerini inşa ettirdiği kayıtlarda mevcuttur.

Yine Valens zamanında Belgrad Ormanları'nda bir Bent yaptırılmış, Kağıthane Deresi' nin suları ızgara ve havuzlarda toplanarak bu sular şehre getirilmiştir.

I. Teodosyus (378 - 395) Mazul ve Valens Kemerleri'ni kullanarak 3. Su Yolu ile şehre su getirmiş; ayrıca Belgrad Ormanları'ndan Sultanahmet'e kadar 4. Su Yolu'nu

inşa ettirmiştir. Roma ve Doğu Roma İmparatorları, kuraklık ve harp ihtimallerini düşünerek, şehir içinde üstü açık (Çukurbostan) ve kapalı sarnıçlar da yaptırmışlardır. Üstü açık su depolarının (Hazneler) en önemlileri Aetiyus (bugünkü Vefa Stadı), Aspar (Yavuz Selim'deki Çukurbostan) ve Hegius Mokius (Altınmermer semtinde) su depolarıdır. Üstü kapalı haznelerinin en meşhurları da; 336 sütunlu Basilika Sarnıcı (Yerebatan Sarayı), 224 sütunlu Pileksenus Sarnıcı (Binbirdirek) ve Acımusluk Sarnıcı'dır.

Roma İmparatorları zamanında yaptırılan su tesisleri Bizans İmparatorları tarafından bir dereceye kadar tamir ve tevsi edilmiş ise de Bizans'ın son devirlerinde kullanılmaz bir şekilde, tamamıyla yok olmak durumuna gelmiştir.

Bu tesislerden halen ayakta olan Mazul ve Valens (Bozdoğan) Kemerleri Osmanlılar tarafından çok iyi bir şekilde tamir edilerek, yıkılmaktan kurtarılmıştır.

İstanbul'un fethedilmesiyle yeni bir çağ açan Türkler, o günün şartlarına göre, şaheser bir su medeniyeti vücuda getirmişlerdir. Fetih' ten sonra şehir nüfusu daha da artmış, mevcut su tesisleri yetersiz hale gelmiştir. Fatih Sultan Mehmet Han evvelce Valens tarafından yaptırılan Marmara Bölgesi' ndeki su tesislerini ıslah ettirmiş, Fatih ve Turunçlu Su Yolları bu suretle meydana gelmiştir.

Daha sonra birçok Padişah ve Devlet Ricali, Halkalı Suları adını alan ve Halkalı Köyü civarındaki muhtelif pınarlardan beslenen Marmara Bölgesi Su Tesisleri Manzumesine yeni kollar ilave etmişlerdir. Bu Su Yolları şunlardır; Fatih, Turunçlu, Mahmut Paşa, 3.Mustafa, Bayezid, Süleymaniye, Mihrimah, Ebussuud, Köprülü, Cerrahpaşa, Sultanahmet, 4.Murat,1.Mahmut, Hekimoğlu Ali Paşa, Kasım Ağa, Nuruosmaniye. Bu tesislerin günlük verimleri 4335 m³ olup, beslediği bölgelerin ihtiyacını karşılayacak miktarda idi. Halkalı Su Tesisleri üzerinde 4 büyük kemer; Mazul Kemer, Kara Kemer, Ali Paşa Kemer, Bozdoğan Kemer bulunur. Bizanslılardan kalmış olan Mazul ve Valens (Bozdoğan) Kemerleri tamir edilerek istifade edilir hale getirilmişlerdir. Bu 18 Su Yolu ile şehirdeki Cami'lere, Çeşme ve Sebillere, İmaretlere ve şehir dışındaki Kışla'lara devamlı olarak su verilebilmiştir.

Zamanla nüfusun artması neticesi yine su sıkıntıları çekilmeye başlanınca Padişah Kanuni Sultan Süleyman bu meselenin halledilmesi için "Ser Mimaran-ı Cihan ve Mühendisan-ı Devran" diye ma'ruf Mimar Sinan'ı vazifelendirdi. Böylece 1555 senesinde Kırkçeşme Su Tesislerinin inşasına başlandı.

Alibey ve Kâğıthane Derelerinin mecralarından toplanan sular, havuzlarda biriktirilerek Eğrikapı' ya getiriliyor, oradan da şehre taşınıyordu. O tarihlerde aşırı basınca dayanıklı borular mevcut olmadığından, vadilere kemerler inşa edilerek sular bunların üzerinden akıtılıyordu.

Bu tesisler yapılırken ana mecra'nın tespitinde, su yollarının, kemerlerin ve havuzların inşasında yapılan ince ölçü ve hesaplamaların bugünkü modern aletlerle yapılan hesaplar kadar sıhhatli ve hassas oldukları müşahade edilmektedir.

1563'de tamamlanan tesislerde 4 kemer; Uzun Kemer, Eğri Kemer, Güzelce Kemer, Mağlova Kemerleri bulunmaktadır. Kırkçeşme Su Tesisleri en kurak zamanlarda dahi günde 4200m³ su ile 158 tesisi (94 Çeşme, 19 Kuyu, 15 Maslak, 13 Hamam, 7 Saray v.d.) beslemekte idi. Kanuni Sultan Süleyman Han'dan sonra birçok hayırsever tarafından yaptırılan ilavelerle suyun miktarı ve beslenen tesislerin sayısı artırılmıştır. Suyun derlendiği sahalardaki derelerin baş tarafına bentler inşa edilerek, kıştan yaza su saklanmıştır. Belgrad Ormanları'nda Kırkçeşme Bentleri denilen bu 4 bent, Karanlık Bent (Sultan II Osman, 1620), Büyük Bent (III. Ahmet, 1723), Ayvad Benti (III. Mustafa, 1765) ve Kirazlı Bent (II. Mahmut, 1818) dir. Bu bentlerle Kırkçeşme Sularının günlük verimi 10,000 m³'e çıkmıştır.

İstanbul'un Beyoğlu havalisinin su problemi ilk defa 1732'de yapılmış olan Taksim Suyu tesisleriyle çözüme kavuşmuştur. Bahçeköy civarında derlenen ve günlük verimi 800 m³ olan su, 20 km'lik bir isale Hattıyla Taksim'deki 2700 m³'lük bir depo'ya ve oradaki Maksem vasıtasıyla 64 Çeşme ve Sebil ile 3 Şadırvana ulaşmaktadır. 1732'de I. Mahmut tarafından yaptırılan Bahçeköy (Sultan Mahmut) Kemerleri ile Topuzlu Bent, Valide Benti ve II. Mahmut Benti bu tesislerdendir. Bentlerin inşasıyla Taksim Sularının günlük verimi 3000 m³'e yükselmiştir.

1.2.3 Müteferrik sular (Vakıf sular)

Halkın su ihtiyacını karşılamak için muhtelif Kaynak Suları küçük isale hatlarıyla çeşmelere verilmiştir. Bunların en önemlisi 1904'de Sultan 2. Abdülhamit Han tarafından yaptırılan ve günlük verimi 1200 m³ olan Hamidiye Suyu'dur. Kemberburgaz'daki membalardan alınan bu su Beyoğlu civarındaki Kışla'lara, Saray'lara ve 50 kadar Çeşme'ye veriliyordu.

Emirgan'a isale edilen Kanlıkavak ve Sarıyer Suları da böyle kaynak sularıdır. Asya Yakasındaki kaynak suları ise Kayışdağı, Atıkvalide, Küçükçamlıca Alemdağ (Taşdelen) sularıyla, Beykoz'daki 10 Çeşmeler, Karakulak ve İshakağa sularıdır.

1.2.4 Su şirketleri

Dünyanın en önemli metropollerinden olan İstanbul'da hem yetersiz kalan su ihtiyacını karşılamak, hem de yeni yapılan modern binalara basınçlı su vermek gayesiyle Sultan Abdülaziz tarafından 1868 yılında Fransız şirketine imtiyaz verilerek "Dersaadet Anonim Su Şirketi" (Terkos Şirketi) kurulmuştur. Böylece, bu şirketin memba, dere ve yeraltı sularını toplayıp, isale etmesi ve Terkos Gölünden alınacak suyun arıtılarak şehre isalesi ve tevzii kabul edilmiştir.

Yapılan ilk tesisin 1883'de Terkos Gölü kenarındaki Terfi Merkezi'dir. 1888'de göl çevresini yükseltecek Bağlama yapılmıştır. 1926 yılında ise Kâğıthane sırtlarında ilk su Tasfiye Tesisi inşa edilmiş ve su arıtılarak, klorlandıktan sonra şehre iletilmiştir. Diğer taraftan gittikçe gelişen Anadolu Yakasının su ihtiyacını karşılamak üzere 1888 yılında Üsküdar - Kadıköy Su Şirketi 1893'de Elmalı Deresi üzerinde 1. Elmalı Barajı'nı inşa etmiş, Anadoluhisarı'ndan Bostancı'ya kadar olan sahada su şebekesi döşenmiştir. Daha sonra Elmalı Barajı'ndaki suyu arıtacak bir Tasfiye Tesisi, Terfi Merkezi, Bağlarbaşı' na kadar isale hattı ve Bağlarbaşı Su Deposu da şirket tarafından inşa edilmiştir.

1.2.5 İstanbul sular idaresi dönemi

İmtiyazlı Şirketler, haklarının azamisini alıp, sorumluluklarını yerine getirmekten kaçınıncı su meselesinin bu şirketler eliyle çözüme kavuşmayacağı kanaatine varılmış ve Terkos Şirketi 1932 yılında, Üsküdar-Kadıköy Su Şirketi ise 1937 yılında satın alınarak, İstanbul Sular İdaresi (İSİ)'ye devredilmiştir. O senelerde İstanbul'a verilen günlük toplam su miktarı 35.000 m³ mertebesinde idi. İSİ'nin Avrupa yakasındaki çalışmaları; Terkos Terfi Merkezi ile Kâğıthane Arıtma Tesisi'nin kapasiteleri artırıldı, İkinci Kademe İsale Hatları takviye edilerek, kapasiteleri yükseltildi, şehir içindeki terfi merkezleri çoğaltıldı ve buharla işleyenler yerine elektrikli pompalar devreye sokuldu. Çırpıcı' da artezyen kuyuları açıldı ve bir Terfi Merkezi tesis edildi. Terkos - Silahtarağa arasında enerji nakil hattı kurularak, Terkos' daki Terfi Merkezleri elektrikli pompalarla teçhiz edildi. DSİ' nin yaptığı Ömerli Barajı' nın isale hatları ve su dağıtım şebekeleri tamamlandı. Asya yakasında

ise, Elmalı Deresi üzerinde 2. Elmalı Barajı inşaa edildi, Elmalı Terfi Merkezi elektrikli motopomplarla donatıldı. Arıtma Tesisi ıslah edildi. Adalara Su iskelesi ile Terfi Merkezleri kuruldu. DSI' nin yaptığı Ömerli Barajı' nın isale hatları ve Su Dağıtım Şebekeleri tamamlandı.

Türkiye' de yaşanan sosyal olaylar sebebiyle bilhassa Güneydoğu' dan çok sayıda göç alan İstanbul'un nüfusu süratle artmış ve 10 milyonu aşmıştır. Altyapısı hazırlanmamış ve varoşlarda yapılan gecekondü tarzı meskûn mahaller, hizmetin götürülmesini daha da zorlaştırmıştır. Artan nüfusun su ve kanalizasyon ihtiyacını karşılamaya İSİ' nin gücü yetmeyince daha geniş yetki ve imkânlarla yeni bir idarenin kurulması ihtiyacı ortaya çıkmıştı.

1981 yılında kurulan bu yeni idarenin ismi "İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi" (İSKİ)'dir.

2. KURAK DEVRELERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

2.1 Giriş

Bir yerde yağış miktarının beklenen değerin altında olması bir kurak devre olarak tanımlanabilir. Kurak devrelerin incelenmesinde şu hususların belirlenmesi gerekir (Yevjevich, 1967):

- 1) Kuraklığın şiddeti: Yağışın beklenen değerin ne kadar altına düştüğü,
- 2) Kuraklığın süresi: Kurak devrenin ne kadar sürdüğü,
- 3) Kuraklığın frekansı: Göz önüne alınan kurak devrenin ortalama olarak hangi aralıklarla tekerrür ettiği,
- 4) Kuraklığın yerel dağılımı: Göz önüne alınan kurak yakındaki diğer yerlerde de görülüp görülmediği.

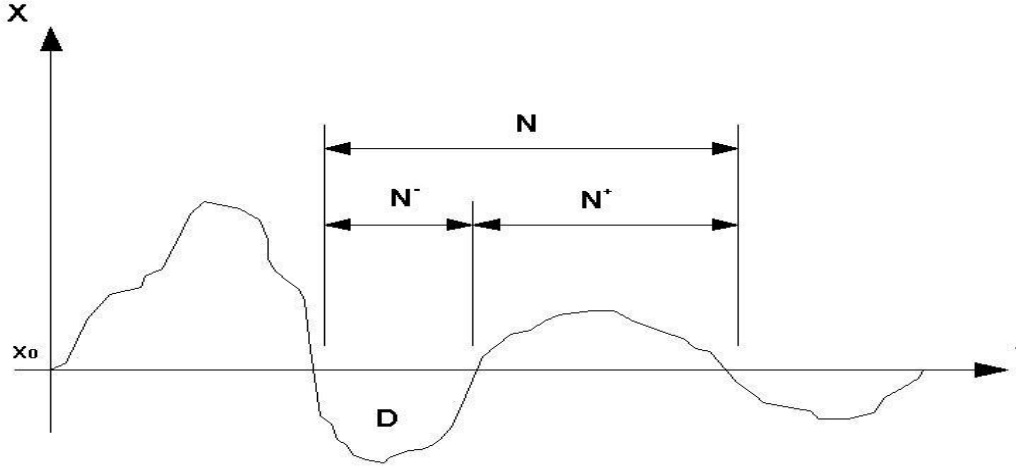
Özellikleri bu şekilde tanımlanan kurak devrelerin istatistik analizi için kuraklığı ölçmekte kullanılacak bir büyüklüğün belirlenmesi gerekir. Bu büyüklüğün gerek herhangi bir andaki yağışın beklenen değerden olan farkını, gerekse yağışların zaman içinde birbirini takip edişlerini göz önüne alabilecek nitelikte olması gerekir (Bayazit ve Şen, 1976). Bu amaçla bu çalışmada kullanılan büyüklük gidişler (runs) kavramıdır.

2.2 Gidişler Analizi

X değişkeninin verilen bir x_0 değerinin altında kaldığı süre negatif gidiş uzunluğu (ya da kısaca gidiş uzunluğu) olarak tanımlanır, gidiş uzunluğu verilen x_0 düzeyindeki kuraklığın süresini belirler (Bu çalışmada kurak devrelerle ilgilenildiği için sadece negatif gidişler göz önüne alınmış, $X > x_0$ olan pozitif gidişler üzerinde durulmamıştır. Bu nedenle negatif gidiş yerine kısaca "gidiş" terimi kullanılmıştır). Kurak devre boyunca yağış miktarının x_0 değerindeki yağıştan olan farkına gidiş toplamı denir.

$$D = \sum_{X < x_0} (x_0 - X) \quad (2.1)$$

Gidiş toplamı göz önüne alınan kuraklığın şiddetini ifade eder. Gidiş uzunluğu ile gidiş toplamı bağımsız olmayıp aralarında yüksek bir korelasyon vardır. Bağımsız normal değişken için korelasyon sayısının değeri 0.8 olarak bulunmuştur (Downer ve diğ, 1967).



Şekil 2.1 Gidiş karakteristiklerinin tanımı.

Gidiş uzunluğu ve gidiş toplamının istatistik özellikleri yağış serisinin daha önce anlatılan matematik modeli ile ilişkilidir, yani matematik modeli belirlenen bir sürecin gidiş parametrelerinin özellikleri de belirlenmiş olur. Ancak karmaşık modeller için bu parametrelerin belirlenmesi kolay değildir. Bu konuda yapılan çalışmalarda mümkün olan hallerde analitik yöntem, diğer hallerde ampirik yöntem kullanılmıştır.

Yağış serileri daima belli zaman aralıklarında ölçülen veya ortalaması alınan kesikli değişkenlerden oluşmaktadır. Rastgele değişkenin zamanın sürekli bir fonksiyonu olarak verilmesi halinde ise stokastik sürecin gidiş özellikleri istatistiğin kesme (crossing) teorisi ile tanımlanan özelliklerle ifade edilir (Cramer ve Leadbetter, 1967). Sürekli değişkenli süreçlerin kesme özellikleri ile kesikli değişkenli süreçlerin gidiş özellikleri vardır.

Yapılan araştırmalar gidiş uzunluğunun istatistik özelliklerinin sürecin sadece bağımlılık karakterine bağlı olduğunu göstermiştir. Buna karşılık gidiş toplamının özellikleri rastgele değişkenin olasılık dağılımına da bağlıdır (Bayazit ve Şen, 1976).

Bağımsız bir süreçte gidiş toplamının istatistik özellikleri değişkenin dağılımına bağlıdır. Normal dağılmış değişken için gidiş toplamının çeşitli momentleri analitik olarak belirlenmiştir (Downer ve diğ... 1967).

Rastgele değişkenin gamma dağılımına uyması halinde gidiş toplamının ortalaması ve $q = 0.5$ için hesaplanmıştır (Llamas ve Siddiqui, 1969). Çarpıklık katsayısı 1,0 ve 2,0 olan lognormal dağılmış değişken için gidiş toplamının özellikleri ampirik yoldan belirlenmiştir (Downer ve diğ. 1967).

Birinci mertebeden lineer otoregresif model için gidiş uzunluklarının olasılık dağılımı analitik denklemlerin bilgisayarda integrasyonu ile belirlenmiştir (Saldarriaga ve Yevjevich, 1970). ρ_1 korelasyon katsayısının 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 değerleri ve q olasılığının 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 değerleri için gidiş uzunluğunun ortalamasını, varyansını ve olasılık dağılımını veren çizelgeler hazırlanmıştır.

Yağış serisindeki periyodik bileşenin gidiş uzunluklarının dağılımı üzerine etkisini inceleyen bir çalışmada Murota ve Eto (1973), bağımsız bir süreç için gerek rastgele değişkenin ihtimal dağılımı, gerekse x_0 referans düzeyindeki periyodiklik göz önüne alınarak gidiş uzunluğunun olasılık yoğunluk fonksiyonu için bir ifade elde edilmiştir. Bu çalışmada seride stokastik bağımlılık bulunması halinde zaman aralığını büyütmek suretiyle bağımlılığın etkisini azaltarak seriye bağımsız bir seri gözü ile bakılabileceği ileri sürülmüştür. Ayrıca bağımlılığın kuvvetli olması halinde gidiş toplamı ile gidiş uzunluğu arasındaki korelasyonun yüksek olduğu gösterilerek bu durumda kuraklığı gidiş uzunluğu ile ifade etmenin yeterli olacağı belirtilmiştir.

Bayazıt ve Şen (1977) tarafından negatif gidiş uzunluğunun olasılık dağılımının analitik ifadeleri elde edilmiştir. Negatif gidiş uzunluğunun olasılık kütle fonksiyonunun geometrik dağılım olduğunu göstermişlerdir.

Bayazıt (1981) tarafından iki değişkenli Markov süreçleri için ortak negatif gidiş uzunluğu dağılımını elde etmiştir.

Bir yerdeki kuraklıkların dönüş periyodu Fernandez ve Salas (1991) ve Bayazıt (2001) tarafından çalışılmıştır.

Bayazıt ve Önöz (2004) tarafından çok değişkenli süreçler için ortak negatif gidiş uzunluğu dağılımı ve kuraklıkların dönüş periyotlarının analitik ifadesi elde edilmiştir.

2.3 Kuraklığın Tanımı

Genel anlamda kuraklık hidrolojik bir değişkende belirli bir referans seviyesine göre görülen eksiklik olarak tanımlanır. Ancak bu kavram universal olmayıp çeşitli

araştırmacılar tarafından değişik yorumlanabilir. Kuraklık, tarımsal, meteorolojik, hidrolojik v.s. olarak sınıflandırılabilir. Örneğin bir ziraatçı için kuraklık zemindeki nemin bitkinin yaşamını sürdürmesi için gerekli minimum bir değerden aşağıya düşmesi halinde başlar. Bir biriktirme haznesi halinde ise, talebin gelen ve biriktirme haznesinde birikmiş olan suların toplamından fazla olması, diğer bir deyimle, talebin tam olarak karşılanamaması halinde kuraklık vardır (Bayazıt ve Şen, 1976). Kuraklığın küresel anlamda en büyük nedeni sera etkisidir. Son yıllardaki araştırmalar, atmosferdeki karbon monoksit gazının ikiye katlandığını göstermektedir. Bu katlanma sera etkisini artırma niteliğindedir. Dünya genelinde, daha önceleri doğal olaylar nedeniyle meydana gelen kuraklık ve çölleşme olaylarının, son yıllarda insan etkilerine bağlı olarak da arttığı düşünülmekte ve gözlenmektedir. 1860'lı yıllardan beri insanoğlu yakıt kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbondioksit oranı % 30 ve ortalama küresel sıcaklıkta 0.6 °C yükselmiştir. Bu durumdan da anlaşılacağı gibi yerküre bir ısınma evresine girmiştir. Bu ısınmanın sonucu taşkınlara, yaz aylarında ise kuraklığa yol açacağı beklenebilir (Baykan, 1994).

Kuraklığın objektif bir tanımı gidiş (run) uzunlukları esas alarak Yevjevich (1967) tarafından yapılmıştır. Tek boyutlu değişkenler için bağımsız gözlem serisinin bulunması halinde, bu gözlemlerin önceden seçilen keyfi bir kesme seviyesinin altında kalan dizileri kuraklığa karşı gelir. Bu kavramı daha iyi açıklamak zaman eksenini boyunca yapılmış gözlemler dizisini ve bu dizinin belirli bir x_0 seviyesinde kesildiğini düşünelim.

Kesilen serinin çeşitli karakteristiklerini yansıtan aşağıdaki büyüklükleri tanımlamak mümkündür. Bu büyüklükler Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

- : pozitif gidiş uzunluğu; $X_i - x_0 > 0$ olan süredir.
- : negatif gidiş uzunluğu; $X_i - x_0 \leq 0$ olan süredir.
- : toplam gidiş uzunluğu; ardışık bir pozitif gidişle bir negatif gidiş uzunluğunun toplamıdır.
- : pozitif gidiş toplamı; N^+ boyunca olan fazlalıkların ($X_i - x_0 > 0$) toplamıdır.
- : negatif gidiş toplamı; N^- boyunca olan eksiklerin toplamıdır.
- : pozitif gidiş şiddeti; S' 'nin N^+ ya oranıdır.
- : negatif gidiş şiddeti; D' 'nin N^- ye oranıdır.
- : toplam gidiş toplamı, N boyunca olan fazlalık ve eksikliklerin toplamıdır.

Bu şekilde tanımlanmış olan büyüklükler su mühendisliğinde son derece önemli karar büyüklüklerine karşı gelirler. Örneğin, pozitif gidiş uzunluğu, sulak devre süresini,

pozitif gidiş toplamı sulak devre boyunca biriktirme haznesinde biriktirilecek su miktarını; negatif gidiş uzunluğu kurak devre süresi, negatif gidiş toplamı ise kurak devre boyunca biriktirme haznesinde çekilmesi gerekli toplam suyun hacmini veya kurak bölgede biriktirme haznesi bulunmaması başka su kaynağı alternatiflerinden kuraklık süresince o bölgeye transferi gerekli toplam su hacmini gösterirler (Bayazit ve Şen, 1976).

Kurak devre "başta ve sonda en az bir fazlalıkla sınırlanmış ardışık eksiklikler dizisi" şeklinde tanımlanabilir. Böyle bir tanım Llamas ve Siddiqui (1969), Saldarriaga ve Yevjevich (1970) ile Millan ve Yevjevich (1971) gibi araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Böyle bir tanım havzanın belirli bir noktasında yapılmış gözlemler ile ilgili olup sadece o noktadaki kurak devre özellikleri hakkında bilgi verir.

Kurak devrelerin bölgesel kapsamını inceleyebilmek için o bölgenin değişik noktalarında (istasyon) yapılmış olan gözlemler dizisinin aynı anda göz önüne alınması gereklidir ki, bu durumda önceki kurak devre tanımı geçersiz olur. Bölgesel kurak devre kavramı Yevjevich (1967) tarafından verilmiştir. Bölgesel kuraklıkların incelenmesi bu çalışmanın dışında kalmaktadır.

Yukarıda yapılan tanım çerçevesinde hidrolojik kurak devrelerin analizi, istatistik bilimindeki gidişler (runs) analizi ile çakışmaktadır. İstatistikte gidişler analizi sadece stasyoner olan gözlemler dizisi için geliştirilmiş olduğundan, paralel olarak hidrolojide kurak devrelerin analizi stasyoner hidrolojik süreçler için yapılmıştır. Hidrolojik gözlemler dizisi (yıldan kısa zaman birimleri için) genellikle periyodik-stokastik karakterde olup stasyoner seriler için geliştirilmiş gidiş analizinin direkt olarak uygulanması mümkün değildir. Bu konuda Bayazit ve Şen (1977) periyodik-stokastik karakterli ortalama aylık yağış serilerini incelemişlerdir.

2.4 Tek Değişkenli Süreçler İçin Gidiş Uzunluklarının Dağılımı

Gözlemlerin birbirinden bağımsız olmaları hali için Şekil 2.1' de gösterilen kesim seviyesinin olasılık teorisine göre ifadesi,

$$q = P(X_i \leq x_0) \quad (2.2)$$

$$p = 1 - q = 1 - P(X_i \leq x_0) = P(X_i > x_0) \quad (2.3)$$

şeklinde yazılabilir.

Downer ve diğ. (1967) sırasıyla N^+ ve N^- olarak gösterilen pozitif ve negatif gidiş uzunlukların dağılımı sonsuz seri hali için,

$$P(N^+ = k) = qp^{k-1} \quad (2.4)$$

ve

$$P(N^- = k) = pq^{k-1} \quad (2.5)$$

olarak bulunmuşlardır. Burada N^+ ve N^- , 1'den sonsuza kadar her değeri alabilen birer tam sayıdırlar. Bu bağımlıların beklenen değer ve varyansları ise;

$$E(N^-) = \frac{1}{q} \quad ; \quad \text{Var}(N^-) = \frac{p}{q^2} \quad (2.6)$$

$$E(N^+) = \frac{1}{p} \quad ; \quad \text{Var}(N^+) = \frac{q}{p^2} \quad (2.7)$$

olarak bulunur.

Dağılımın simetrik olması halinde ortalama değere göre $p = q = 0.50$ (veya simetrik olması halinde medyan değerine göre) olduğundan bu halde (2.4), (2.5), (2.6) ve (2.7) denklemleri,

$$P(N^+ = k) = \frac{1}{2^k} \quad ; \quad P(N^- = k) = \frac{1}{2^k} \quad (2.8)$$

$$E(N^+) = E(N^-) = 2 \quad ; \quad \text{Var}(N^+) = \text{Var}(N^-) = 2 \quad (2.9)$$

haline dönüşürler. Yukarıdaki ifadelerin hepsi rastgele değişkenin dağılımının şeklinden tamamen bağımsızdırlar.

Markov süreçlerinin gidiş özellikleri Saldarriaga ve Yevjevich (1970) tarafından genel olarak çok katlı normal dağılım fonksiyonunun integralleri kullanılmak suretiyle araştırılmıştır. Çok katlı normal integraller genel bir yaklaşım olup bütün normal süreçler için geçerlidir, ancak bu integrallerin alınmasında büyük güçlüklerle karşılaşılır. Böyle bir incelemede temel denklemler,

$$P(k^-, j^+) = P(X_1 \leq x_0, X_2 \leq x_0, \dots, X_k \leq x_0, X_{k+1} > x_0, X_{k+2} > x_0, \dots, X_{k+j} > x_0) \quad (2.10)$$

$$P(j^+) = P(X_1 > x_0, X_2 > x_0, \dots, X_j > x_0) \quad (2.11)$$

şeklinde olup burada k ve j birden sonsuza kadar çeşitli değerler alabilirler. $P(j^+)$ stasyonere bir seride ilk j gözlemin aynı anda x_0 'dan büyük kalma ihtimalini, $P(k^-, j^+)$ ise k adet gözlemin x_0 'dan küçük kalması ile bundan sonraki j adet gözlemin x_0 'dan

büyük olmasının ortak olasılığını gösterir. Yukarıdaki son iki denklemden N^+ gibi bir gidiş uzunluğunun olasılığı Feller (1957) tarafından verilen,

$$P(N^+ \geq j) = P(j^+) + \sum_{k=1}^{\infty} P(k, j^+) \quad (2.12)$$

ve

$$P(N^+ = j) = P(N^+ \geq j) - P(N^+ \geq j + 1) \quad (2.13)$$

denklemleri ile hesaplanabilir.

Çeşitli mertebeden momentler ise,

$$E(N^+) = \sum_{j=1}^{\infty} j P(N^+ = j) \quad (2.14)$$

genel olarak da;

$$E(N^+)^r = \sum_{j=1}^{\infty} [j^r - (j-1)^r] P(N^+ \geq j) \quad (2.15)$$

denklemlerinden bulunabilir.

Saldarriaga ve Yevjevich (1970) n boyutlu normal dağılımın yerine onun belirli bir dönüşümü olan karakteristik fonksiyonunun integralini sonsuz seriye açarak almışlardır. Ancak, neticenin güvenilir olması seride göz önüne alınacak terimlerin sayısına bağlıdır. Göz önüne alınan terim sayısı arttıkça neticeler daha güvenilir olur, ama yapılacak hesapların hacmi çok artar. Bağımlılığın bir ölçüsü olan oto korelasyon katsayısı ρ' nun değerinin artması terim sayısının artmasını gerektirir. Saldarriaga ve Yevjevich birinci mertebeden Markov süreçleri için verilen neticelerin ancak ρ' nun 0,4 - 0,5 değerlerine kadar güvenilir olacağını görmüşlerdir.

Birinci mertebeden Markov süreci için n boyutlu normal dağılım ifadesi n adet koşullu olasılık integraline indirgenerek neticeye çok daha basit ve hassas bir şekilde varılabileceği Şen (1976) tarafından gösterilmiştir. Bağımsız süreç için negatif gidiş uzunluğunun olasılık kütle fonksiyonu,

$$P(N^- = k) = pq^{k-1} \quad (2.16)$$

şeklinde bulunmuştur.

Birinci mertebeden Markov sürecinin (k+j) ardışık teriminin ortak ihtimali,

$$P(X_1, X_2, \dots, X_{k+j}) = P(X_1) f(X_2 | X_1) \dots P(X_{k+j} | X_{k+j-1}) \quad (2.17)$$

şeklinde koşullu olasılıklar cinsinden ifade edilebilir, s koşullu olasılığı aşağıdaki şekilde tanımlanırsa:

$$s = P(X_i < x_0 | X_{i-1} < x_0) \quad (2.18)$$

Bağımlı süreç için, negatif gidiş uzunluğu olasılık kütle fonksiyonu,

$$P(N^- = k) = (1-s)s^{k-1} \quad (2.19)$$

olarak elde edilmiştir.

Birinci mertebeden Markov süreçlerinin negatif gidiş uzunlukları için istatistiksel büyüklükler Şen (1976) tarafından aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

$$E(N^-) = \frac{1}{1-s} \quad ; \quad \text{Var}(N^-) = \frac{1}{(1-s)^2} \quad (2.20)$$

Yukarıdaki ifadelerde geçen s koşullu olasılığı, q ve p' nin çeşitli değerleri için nümerik integrasyonla hesaplanarak sonuçlar Çizelge 2.1'de gösterilmiştir (Bayazıt ve Şen, 1976).

Çizelge 2.1'de Bayazıt ve Şen (1976) tarafından hesaplanan koşullu olasılık s değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Koşullu olasılık s değerleri.

P	q=0,3	q=0,4	q=0,5
0,0	0,300	0,400	0,500
0,1	0,340	0,437	0,532
0,2	0,382	0,475	0,564
0,3	0,426	0,514	0,597
0,4	0,472	0,555	0,631
0,5	0,520	0,598	0,666
0,6	0,574	0,643	0,704
0,7	0,632	0,694	0,747
0,8	0,701	0,752	0,795
0,9	0,788	0,826	0,856

2.5 Tek Noktadaki Kurak Devrelerin Dönüş Periyodu

Tek yerdeki kuraklıkların dönüş periyodu Fernandez ve Salas (1999) ve Bayazıt (2001) tarafından çalışılmıştır. Birinci dereceden Markov süreçlerinin yerini tutan iki durumlu Markov zinciri için Fernandez ve Salas (1999) negatif gidiş uzunluğunun T dönüş periyodu tahmini için bir yöntem geliştirmiştir. Fernandez ve Salas (1991) birinci otokorelasyon katsayısı ve q'nun fonksiyonu olarak dönüş periyodunun T grafiklerini vermiştir.

Bayazıt (2001) bir yerdeki kuraklığın dönüş periyodu için aşağıdaki ifadeyi çıkarmıştır;

$$T(N=k)=\frac{1}{q(1-s)s^{k-1}} \quad (2.21)$$

Serisel olarak bağımsız yağışlar için (2.21) denklemi şu şekle indirgenir:

$$T(N=k)=\frac{1}{(1-q)q^2} \quad (2.22)$$

n=1 için (2.22) denklem, $T=1/q(1-q)$ ifadesini verir. Bu, genellikle taşkınların dönüş periyotlarında kullanılan $T=1/q$ sonucundan farklıdır. Farklılığın sebebi (2.22) denkleminde sadece gidiş uzunluklarının değerlendirilmesidir, q büyük olduğu zaman, aynı çeşitteki (kuraklık ya da taşkın) ardışık olayların dağılımı ihmal edilemez. Bu yüzden (2.22) denkleminin sonuçları $T=1/q$ 'dan farklıdır, q'nun küçük değeri için, iki yaklaşım arasındaki farklılığın azalması ile (2.22) denklemindeki sonuç $T=1/q$ ya gider.

2.6 Uygulamalar

İstanbul'da isimleri ve gözlem periyotları Çizelge 2.2'de gösterilen 5 adet Devlet Meteoroloji İstasyonu ve 6 adet İSKİ yağış gözlem istasyonlarının yıllık ortalama yağış verileri kullanılarak "Gidişler Analizi" yöntemiyle kurak devre özellikleri incelenmiştir. Ek'te yıllık yağış grafikleri verilen istasyonların harita üzerindeki yerleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Yağış gözlem istasyonlarının isimleri ve gözlem periyotları.

Kurum	İstasyon Adı	Gözlem Periyodu
İSKİ	Ömerli	1995-2008
	Büyükçekmece	1995-2008
	Elmalı	1995-2008
	Terkos	1995-2008
	Alibey	1995-2008
	Darlık	1995-2008
DMİ	Göztepe(Kartal)	1929-2008
	Sarıyer	1949-2008
	Florya	1937-2008
	Kumköy	1951-2008
	Şile	1982-2008

İlk olarak, her istasyon için gözlenmiş yağışların ve logaritmalarının istatistiksel özellikleri hesaplanarak Çizelge 2.3.1, Çizelge 2.3.2, Çizelge 2.4.1 ve Çizelge 2.4.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3.1 İSKİ istasyonları yıllık yağışların istatistiksel özellikleri.

İstasyon Adı (İSKİ)	Ortalama μ (mm)	Standart Sapma σ (mm)	Çarpıklık Katsayısı C_s	Değişim Katsayısı C_v	Medyan M (mm)	Oto korelasyon Katsayısı ρ_1
Ömerli	705,09	178,54	0,70	0,25	656,33	0,40
B.Çekmece	572,50	95,85	0,98	0,17	549,30	-0,02
Elmalı	642,04	145,53	0,45	0,23	610,40	0,11
Terkos	742,19	127,23	0,30	0,17	739,17	0,39
Alibey	742,77	175,10	0,66	0,24	734,53	0,24
Darlık	964,89	268,33	1,28	0,28	932,68	-0,16

Çizelge 2.3.1’ e göre hesaplanan ortalama değerlerin en yükseği 964,89 ile Darlık, en düşüğü ise 572,50 ile Büyükçekmece olarak görülmüştür. Terkos ve Alibey istasyonlarının ortalama yağışları birbirine çok yakın değerlerdir. Standart sapmalarda yine en yüksek 268,33 ile Darlık, en düşük 95,85 ile Büyükçekmece’dir. Çarpıklık katsayısındaki hesaplamalarda Darlık, Büyükçekmece, Ömerli birbirine yakın yüksek değerler olup, 0,45 ile Elmalı ve 0,30 ile Terkos en düşük değerlerdir. Değişim katsayıları 5 istasyonda birbirine yakın değerlerdir.

Çizelge 2.3.2 Meteoroloji istasyonları yıllık yağışların istatistiksel özellikleri.

İstasyon Adı (Meteoroloji)	Ortalama μ (mm)	Standart Sapma σ (mm)	Çarpıklık Katsayısı C_s	Değişim Katsayısı C_v	Medyan M (mm)	Oto korelasyon Katsayısı ρ_1
Göztepe(Kartal)	675,30	119,69	0,45	0,18	656,20	0,04
Sarıyer	797,30	140,80	0,33	0,18	958,60	0,14
Florya	640,06	103,29	0,47	0,16	626,15	0,07
Kumköy	778,70	155,88	0,15	0,20	749,65	0,15
Şile	853,45	159,32	0,46	0,19	874,40	-0,24

Çizelge 2.3.2' ye göre hesaplanan ortalama değerlerin en yükseği 853,45 ile Şile, en düşüğü ise 640,06 ile Florya olarak görülmüştür. Kuzeyde yer alan Şile, Kumköy ve Sarıyer ortalamaları Florya ve Kartal'a göre daha yüksektir. Florya ve Kartal daha yerleşim alanları içerisinde yer almakta olup yağışların bu durumdan etkilendiği söylenebilir. Standart sapmalar birbirine yakın değerler çıkmış olup, yine en yüksek 159,32 ile Şile, 103,29 ile Florya'dır. Çarpıklık katsayısındaki değerler Göztepe(Kartal), Sarıyer ve Şile'de birbirine yakın olup, 0,153 ile Kumköy'de en düşüktür. Değişim katsayıları 5 istasyonda birbirine yakın değerlerdir.

Çizelge 2.4.1 İSKİ yıllık yağışların logaritmalarının istatistiksel özellikleri.

İstasyon Adı (İSKİ)	Ortalama μ (mm)	Standart Sapma σ (mm)	Çarpıklık Katsayısı C_s	Değişim Katsayısı C_v	Medyan M (mm)	Oto korelasyon Katsayısı ρ_1
Ömerli	6,53	0,25	0,25	0,04	6,49	0,42
B.Çekmece	6,34	0,16	0,61	0,03	6,31	0,03
Elmalı	6,44	0,22	0,22	0,03	6,41	0,13
Terkos	6,60	0,17	0,09	0,03	6,60	0,34
Alibey	6,59	0,23	0,18	0,04	6,60	0,22
Darlık	6,84	0,26	0,67	0,04	6,84	-0,16

Yıllık yağış serilerine olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi uygulanmış, sonuçlar Çizelge 2.5'de gösterilmiştir, p^* , $\alpha = 0.05$ anlamlılık seviyesinde normal dağılım için olasılık çizgisi korelasyon testi çizelgesinden alınmıştır (Bayazıt, 1996).

Çizelge 2.4.2 Meteoroloji yıllık yağışların logaritmalarının istatistiksel özellikleri.

İstasyon Adı (Meteoroloji)	Ortalama μ (mm)	Standart Sapma σ (mm)	Çarpıklık Katsayısı C_s	Değişim Katsayısı C_v	Medyan M (mm)	Oto korelasyon Katsayısı ρ_1
Göztepe (Kartal)	6,50	0,18	-0,06	0,03	6,49	0,04
Sarıyer	6,67	0,18	-0,04	0,03	6,87	0,20
Florya	6,45	0,16	0,01	0,02	6,44	0,08
Kumköy	6,64	0,20	-0,01	0,03	6,62	0,14
Şile	6,73	0,19	-0,25	0,03	6,77	-0,24

Çizelge 2.5 Olasılık çizgisi korelasyon katsayısı testi sonuçları.

İstasyon Adı	Normal Dağılım		Sonuç
	ρ^*	ρ	
Ömerli	0,935	0,974	Uyar
Büyükçekmece	0,935	0,957	Uyar
Elmalı	0,935	0,958	Uyar
Terkos	0,935	0,981	Uyar
Alibey	0,935	0,977	Uyar
Darlık	0,935	0,936	Uyar
Göztepe (Kartal)	0,985	0,990	Uyar
Sarıyer	0,980	0,988	Uyar
Florya	0,983	0,989	Uyar
Kumköy	0,980	0,986	Uyar
Şile	0,961	0,976	Uyar

x_i ile x_i' arasında hesaplanan ρ^* değerleri $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyinde çizelgeden alınan ρ değerleri ile karşılaştırılmış ve tüm istasyonlarda normal dağılımın uygun olduğu görülmüştür (Çizelge 2.5).

Her istasyon için $q = 0.5, 0.4, 0.3$ olasılıkları için normal, lognormal dağılım kabulleri yapılarak ve ampirik olarak kesim seviyeleri şu şekilde bulunmuştur:

Normal dağılım kabulü ile Ömerli yağış gözlem istasyonu için;

$$q_{0.5} = \mu + Z_{0.5} * \sigma = \mu = 705,09 + 0 * 178,54 = 705,09 \text{ mm}$$

$$q_{0.4} = \mu + Z_{0.4} * \sigma = 705,09 + (-0,255) * 178,54 = 659,57 \text{ mm}$$

$$q_{0.3} = \mu + Z_{0.3} * \sigma = 705,09 + (-0,525) * 178,54 = 611,36 \text{ mm}$$

Lognormal dağılım kabulü ile Ömerli yağış gözlem istasyonu için;

$$q_{0.5} = \mu + Z_{0.5} * \sigma = \mu = 6,53 + 0 * 0,25 = \exp(6,53) = 685,40 \text{ mm}$$

$$q_{0.4} = \mu + Z_{0.4} * \sigma = \mu = 6,53 + (-0,255) * 0,25 = \exp(6,47) = 643,55 \text{ mm}$$

$$q_{0.3} = \mu + Z_{0.3} * \sigma = \mu = 6,53 + (-0,525) * 0,25 = \exp(6,40) = 601,85 \text{ mm}$$

Burada μ ortalama, σ standart sapma, Z ise $\alpha = 0,05$ anlamlılık seviyesi için bulunan standart normal değişken değeridir.

Ampirik olarak Ömerli yağış gözlem istasyonu için;

Gözlenmiş yağışlar küçükten büyüğe doğru sıralanır ve $F = i/n$ denklemi ile frekansları belirlenir. 0.5 frekans değerine karşı gelen değer kesim seviyesi olarak belirlenir. Buna göre;

$$q_{0.5} = 683,54 \text{ mm} \quad q_{0.4} = 629,12 \text{ mm} \quad q_{0.3} = 571,87 \text{ mm}$$

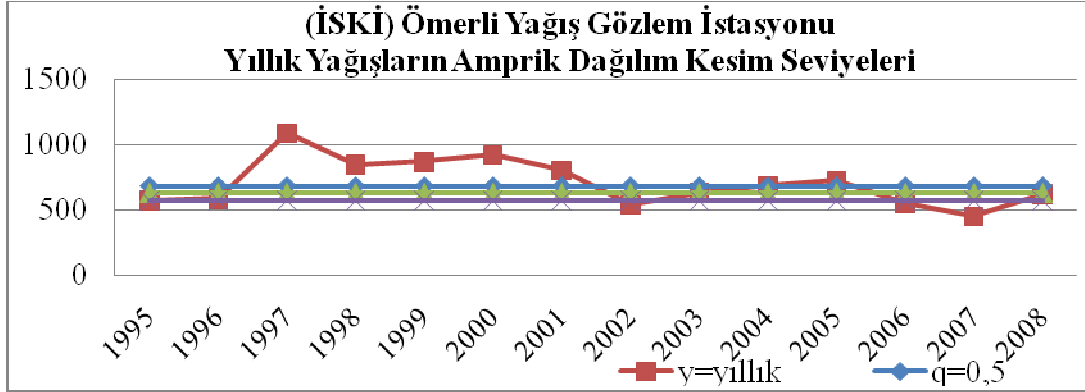
Burada frekans $i, 1, 2, 3, \dots, n$ ise gözlenmiş yağış sayısıdır. Çizelge 2.6' da yağışların kesim seviyelerinin belirlenen metotlarla $q=0.5$, $q=0.4$ ve $q=0.3$ için bulunan değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.6 Kesim seviyesi değerleri (mm).

İstasyon Adı	Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
	$q_{0.5}$	$q_{0.4}$	$q_{0.3}$	$q_{0.5}$	$q_{0.4}$	$q_{0.3}$	$q_{0.5}$	$q_{0.4}$	$q_{0.3}$
Ömerli	705,09	659,57	611,36	685,40	643,55	601,85	683,54	629,12	571,87
Büyükçekmece	572,50	548,05	522,17	565,66	542,94	520,09	552,05	546,54	508,24
Elmalı	642,04	604,93	565,63	627,03	592,29	557,24	575,90	558,30	492,87
Terkos	742,19	709,74	675,39	732,16	700,64	669,14	784,32	694,01	652,57
Alibey	742,77	698,12	650,84	724,15	682,66	641,62	721,10	692,16	611,01
Darlık	964,89	896,47	824,02	934,49	874,80	816,48	947,95	917,40	851,19
Göztepe(Kartal)	675,30	644,78	612,47	665,14	635,87	606,07	622,30	593,20	576,90
Sarıyer	797,30	761,39	723,38	785,25	750,70	715,51	778,60	735,40	708,90
Florya	640,06	613,72	585,83	632,07	606,68	581,15	626,90	612,40	581,00
Kumköy	778,70	739,23	696,86	763,57	725,60	688,15	752,00	724,50	678,90
Şile	853,45	812,82	769,81	838,82	799,51	759,76	874,40	835,70	795,30

Her istasyon için yıllık ortalama yağış miktarlarının gidiş grafiği çizilmiştir. Bu grafikler üzerinde normal dağılım, lognormal dağılım kabulü yapılarak ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir. Bu grafiklerden kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları belirlenerek çizelgeler halinde verilmiştir.

Şekil 2.2’ de Ömerli yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



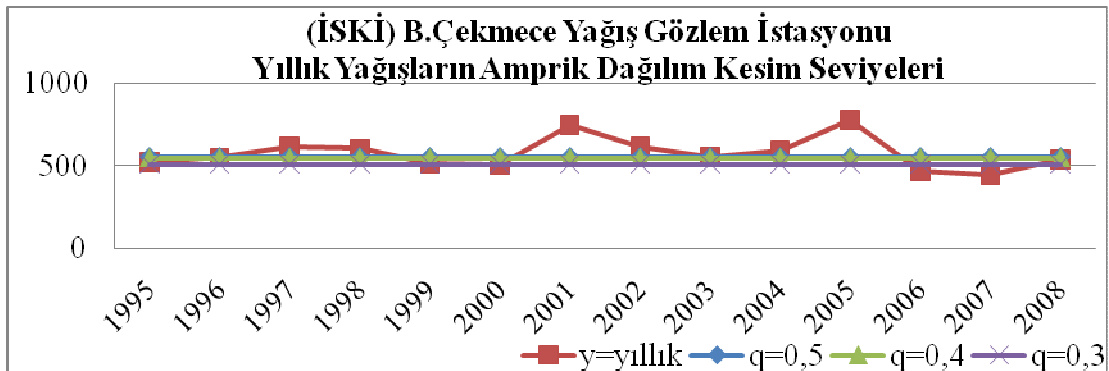
Şekil 2.2 Ömerli yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.7’ de Ömerli yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.7 Ömerli yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
Q0.5	Q0.4	Q0.3	Q0.5	Q0.4	Q0.3	Q0.5	Q0.4	Q0.3
2	2	2	2	2	2	2	2	1
3	2	1	3	2	1	3	2	1
3	3	2	3	3	2	3	3	2

Şekil 2.3’ te Büyükçekmece yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



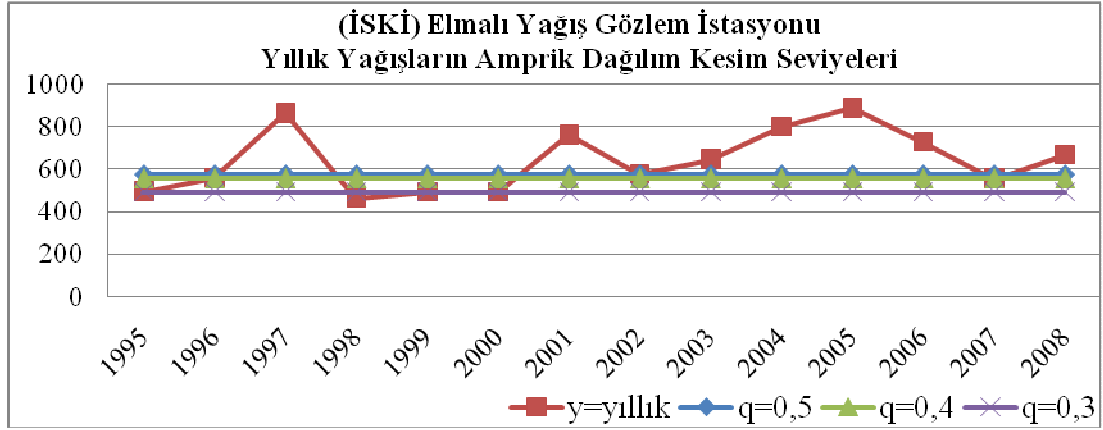
Şekil 2.3 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.8’ de Büyükçekmece yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.8 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}
2	2	1	2	1	1	1	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	3	2	1	3	2	1	3	
3			3			3		

Şekil 2.4’ te Elmalı yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



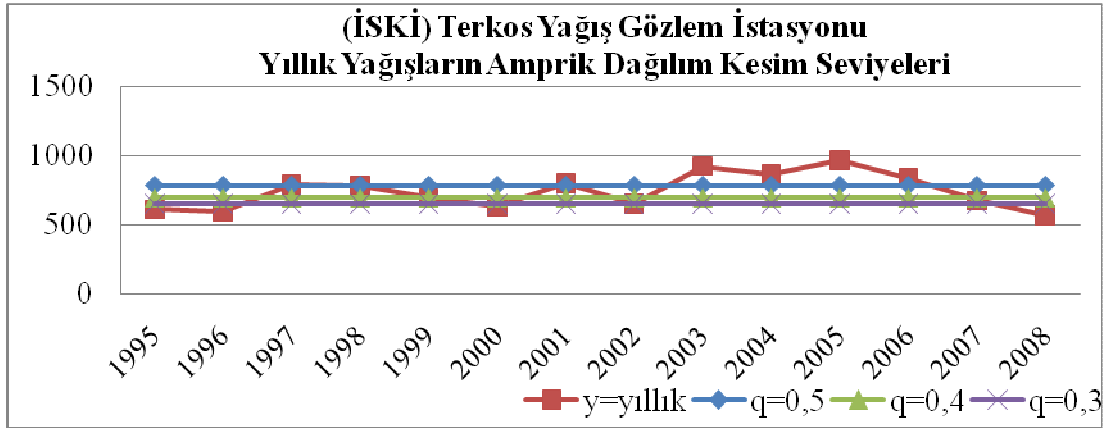
Şekil 2.4 Elmalı yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.9’ da Elmalı yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.9 Elmalı yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}
2	2	2	2	2	1	2	2	3
3	3	3	3	3	3	3	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1		1	1		1		

Şekil 2.5’ te Terkos yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



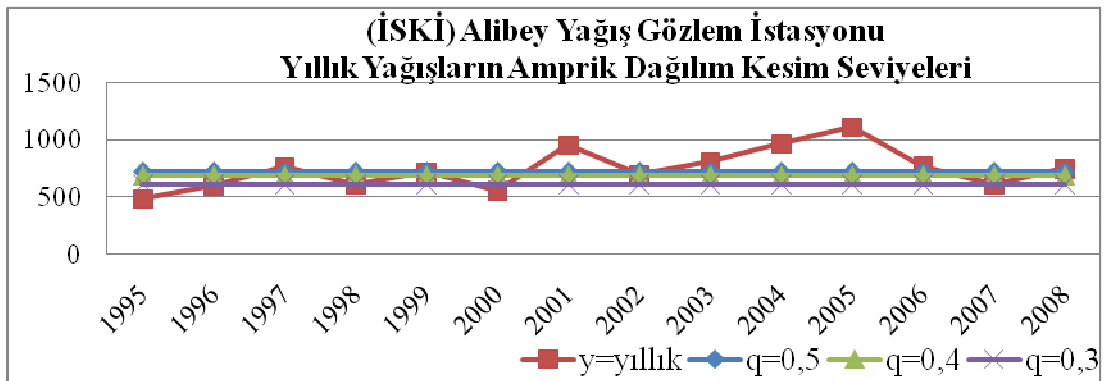
Şekil 2.5 Terkos yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.10’ da Terkos yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.10 Terkos yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q0.5	q0.4	q0.3	q0.5	q0.4	q0.3	q0.5	q0.4	q0.3
2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	1	2	2	1	3	2	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2		2	2	1

Şekil 2.6’ da Alibey yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



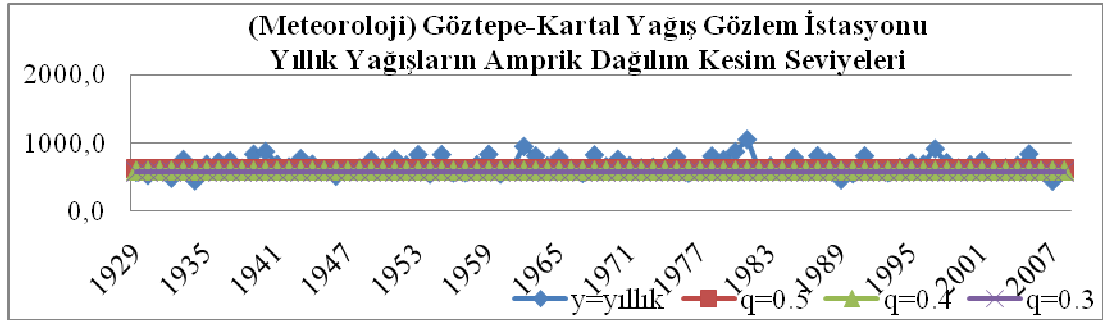
Şekil 2.6 Alibey yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.11’ de Alibey yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.11 Alibey yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	1	1	3	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1						1	

Şekil 2.7’ de Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.

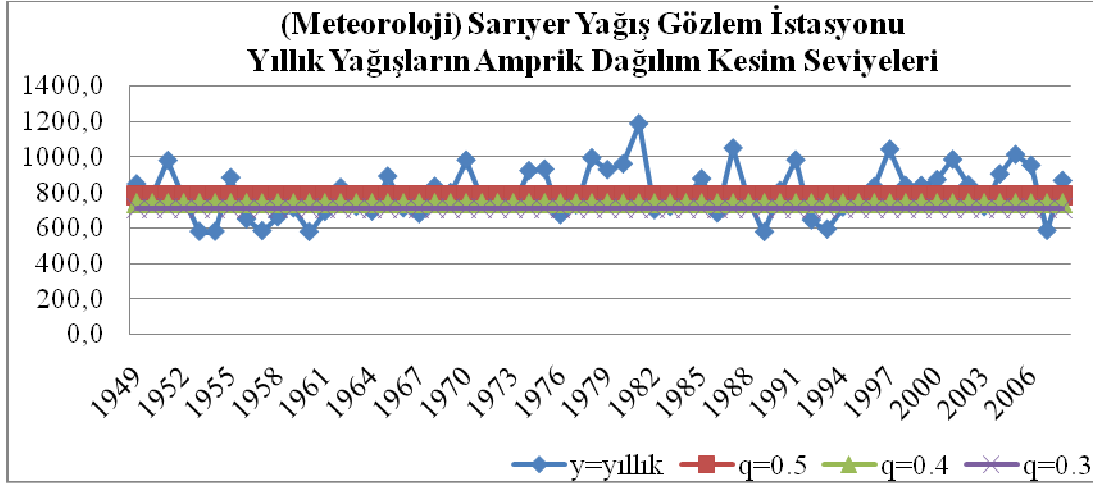


Şekil 2.7 Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri. Çizelge 2.12’ de Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.12 Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}
<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	2	<u>4</u>	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	3	1	1	1	3	1	1
1	<u>4</u>	1	1	<u>4</u>	3	1	3	1
<u>4</u>	1	2	<u>4</u>	1	1	2	1	1
1	1	1	1	2	2	2	2	2
1	2	1	1	2	1	2	1	1
1	2	2	2	2	1	2	1	1
2	2	1	2	1	2	1	1	1
2	2	1	1	2	1	1	1	1
1	1	1	2	1	1	1	1	2
2	1	2	1	1	1	2	1	1
1	1	2	<u>4</u>	1	2	2	2	1
<u>4</u>	2	1	2	2	1	1	1	
2	3	3	3	3	1	3	1	
3	1		1	1	3			
1	2		2	2				
2	3		3	3				
3			1					
1			2					
3			3					
3								

Şekil 2.8’ de Sarıyer yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



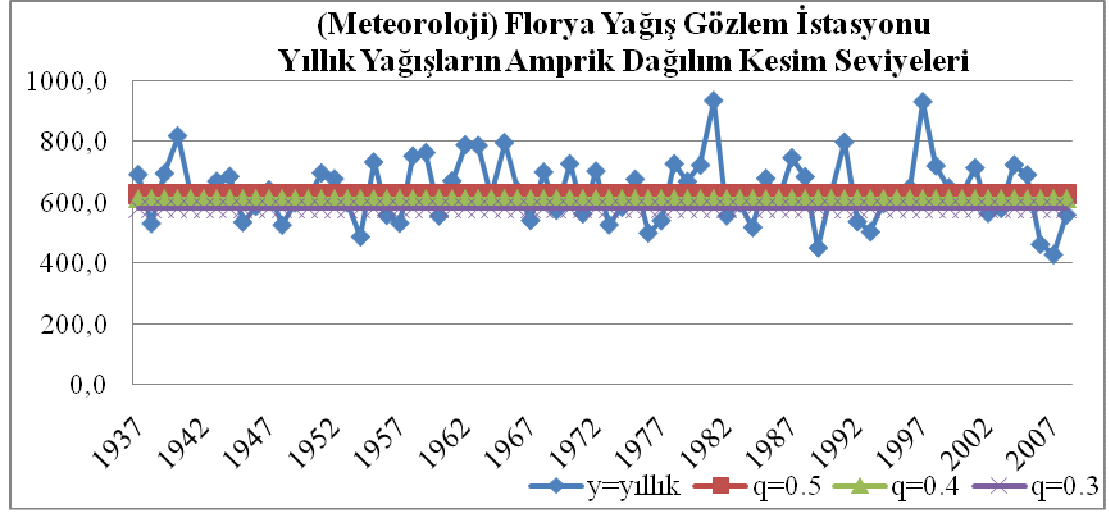
Şekil 2.8 Sarıyer yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.13’ te Sarıyer yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.13 Sarıyer yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}
1	2	2	1	2	2	3	2	2
3	<u>6</u>	<u>6</u>	3	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>
<u>6</u>	2	2	<u>6</u>	2	1	2	2	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	1	2	1	1	3	1	1
1	2	2	3	2	1	2	2	1
3	2	1	2	2	1	3	2	1
2	1	1	3	1	1	1	1	1
3	2	3	1	1	3	2	1	2
1	3	1	2	3	1	4	3	1
2	1	1	4	1		1	1	
4	1		1	1		1	1	
1			1					
1								

Şekil 2.9’ da Florya yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



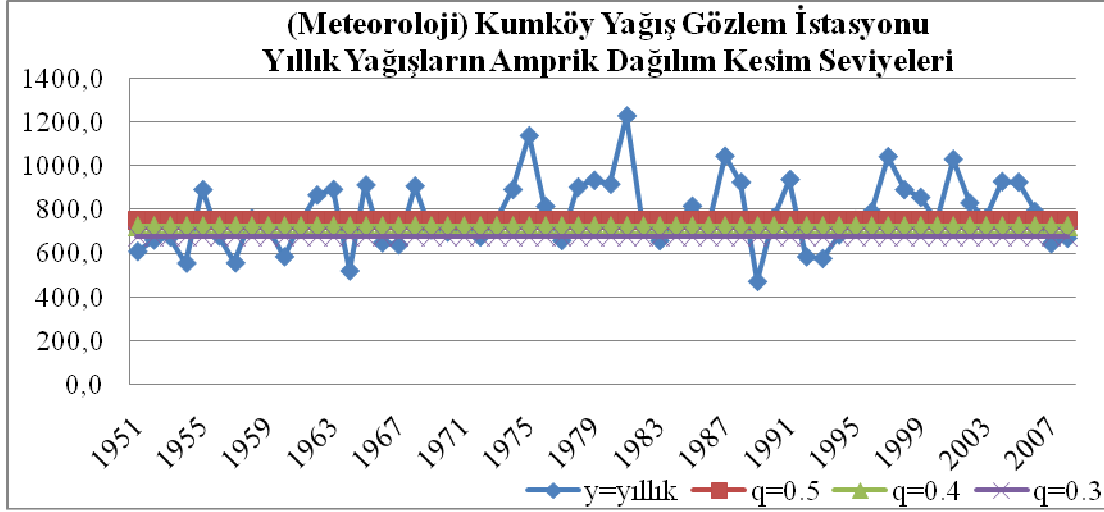
Şekil 2.9 Florya yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.14’ te Florya yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.14 Florya yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q0.5	q0.4	q0.3	q0.5	q0.4	q0.3	q0.5	q0.4	q0.3
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	2	2	1	2	2	1
2	2	1	2	2	1	2	2	1
3	2	1	3	2	1	3	2	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	1	2	1	1	2	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	1	2	1	1	2	1
1	2	2	1	2	2	1	2	2
2	3	1	2	3	1	2	3	1
2	1	1	2	1	1	2	1	1
3	4	1	3	3	1	3	4	1
1	2	2	1	2	2	1	2	2
2	3	2	2	3	2	2	3	2
4		3	4		3	4		3
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		

Şekil 2.10’ da Kumköy yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



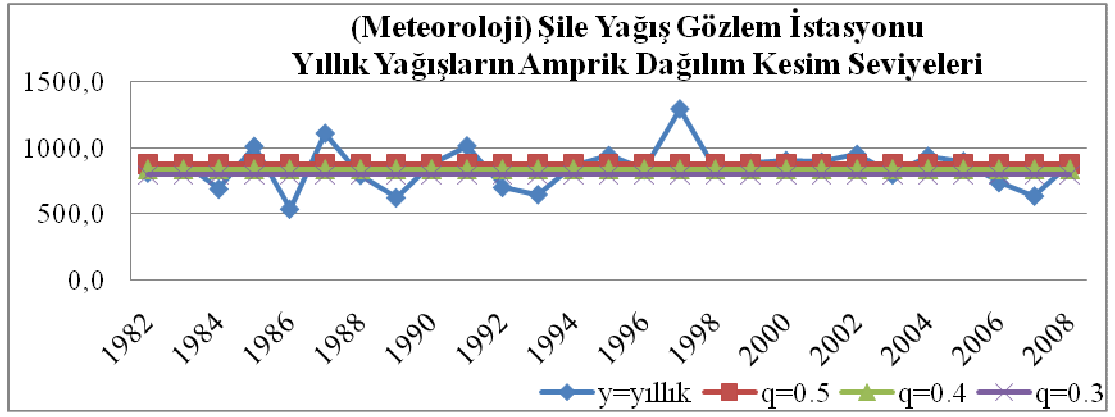
Şekil 2.10 Kumköy yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.15’ de Kumköy yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.15 Kumköy yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q0.5	q0.4	q0.3	q0.5	q0.4	q0.3	q0.5	q0.4	q0.3
4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	2	2	6	2	2	2	2	2
1	3	1	1	2	1	3	2	1
2	1	1	2	1	1	1	1	1
5	2	2	5	2	2	2	2	2
1	4	1	1	4	1	5	4	1
3	1	1	3	1	1	1	1	1
1	3	1	1	2	1	3	2	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	4	3	3	1	3	2
1	3	3	1	2	2	4	2	2
1	2	2	1			1		
2			2			2		

Şekil 2.11’ de Şile yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağışların yağış yüksekliği gidiş çizgisi ve ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Şile yağış gözlem istasyonunda belirlenen kesim seviyeleri.

Çizelge 2.16’ da Şile yağış gözlem istasyonu için belirtilen kesim seviyeleri altında kalan gidiş uzunlukları gösterilmiştir.

Çizelge 2.16 Şile yağış gözlem istasyonu için gidiş uzunlukları (Yıl).

Normal Dağılım			Lognormal Dağılım			Ampirik Dağılım		
q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}	q _{0.5}	q _{0.4}	q _{0.3}
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	2	1	1	1	2
2	2	2	2	2	2	3	2	2
2	2	2	2	1	2	3	2	2
1	1		1	2		1	1	
1	2		1			1	1	
1			2			1	2	
2						2		

Tüm istasyonlar için normal ve lognormal dağılım kabulleri yapılarak belirlenen kesim seviyesi grafikleri Ek A’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15, 2.16,’ da gösterilen gidiş uzunlukları değerlerinden gözlemlerin beklenen değer (ortalama) $E(N^-)$ ve varyans $Var(N^-)$ değerleri elde edilmiştir. (2.6) ve (2.7) denklemlerinden ise teorik bağımsız, (2.20) denklemlerinden ise teorik serisel bağımlı ortalama ve varyans değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 2.17’de Ömerli yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.17 Ömerli yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	2,67	0,33	2,33	0,33	1,67	0,33
Lognormal	2,67	0,33	2,33	0,33	1,67	0,33
Ampirik	2,67	0,33	2,33	0,33	1,33	0,33
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,70	4,60	2,22	2,72	1,89	1,67
Log. Teorik Bağımlı	2,78	4,94	2,33	3,08	1,92	1,78

Çizelge 2.18’de Büyükçekmece yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.18 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	2,00	0,67	2,33	0,33	1,67	0,33
Lognormal	2,00	0,67	2,00	1,00	1,67	0,33
Ampirik	1,75	0,92	2,33	0,33	2,00	0,00
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	1,96	1,88	1,64	1,05	1,41	0,58
Log. Teorik Bağımlı	2,04	2,12	1,69	1,18	1,45	0,65

Çizelge 2.19’da Elmalı yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.19 Elmalı yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	1,75	0,92	1,75	0,92	2,00	1,00
Lognormal	1,75	0,92	1,75	0,92	0,67	1,33
Ampirik	1,75	0,92	2,00	1,00	3,00	0,00
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,17	2,55	1,79	1,40	1,52	0,78
Log. Teorik Bağımlı	2,17	2,55	1,82	1,49	1,54	0,83

Çizelge 2.20’de Terkos yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.20 Terkos yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	1,75	0,25	1,75	0,25	1,50	0,33
Lognormal	1,75	0,25	1,75	0,25	0,33	0,33
Ampirik	2,00	0,67	1,75	0,25	1,25	0,25
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,70	4,60	2,22	2,72	1,89	1,67
Log. Teorik Bağımlı	2,56	4,01	2,13	2,40	1,79	1,40

Çizelge 2.21’ de Alibey yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.21 Alibey yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	1,75	1,92	1,20	0,20	1,25	0,25
Lognormal	1,75	1,92	1,25	0,25	1,25	0,25
Ampirik	1,75	1,92	1,20	0,20	1,33	0,33
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,38	3,29	1,96	1,88	1,67	1,11
Log. Teorik Bağımlı	2,50	3,75	2,22	2,72	1,85	1,58

Çizelge 2.22’ de Darlık yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.22 Darlık yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	2,00	0,67	1,50	0,33	1,33	0,33
Lognormal	1,75	0,92	1,50	0,33	1,33	0,33
Ampirik	2,00	0,67	1,75	0,92	1,25	0,25
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	1,82	1,49	1,52	0,78	1,32	0,42
Log. Teorik Bağımlı	1,82	1,49	1,52	0,78	1,32	0,42

Çizelge 2.23’de Göztepe(Kartal) yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.23 Göztepe(Kartal) yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	2,00	1,24	2,00	1,04	2,00	0,92
Lognormal	2,00	1,20	2,00	1,04	1,50	0,53
Ampirik	1,87	0,84	1,33	0,38	1,23	0,19
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,04	2,12	1,69	1,18	1,45	0,65
Log. Teorik Bağımlı	2,04	2,12	1,69	1,18	1,45	0,65

Çizelge 2.24' de Sarıyer yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.24 Sarıyer yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	2,28	2,06	2,08	1,90	2,00	2,20
Lognormal	2,38	2,09	2,00	2,00	1,90	2,54
Ampirik	2,50	2,09	2,00	2,00	1,80	2,40
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,17	2,55	1,82	1,49	1,56	0,88
Log. Teorik Bağımlı	2,27	2,89	1,89	1,67	1,61	0,99

Çizelge 2.25'de Florya yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.25 Florya yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	1,90	0,73	1,87	0,78	1,41	0,38
Lognormal	1,85	0,76	1,81	0,56	1,35	0,37
Ampirik	1,85	0,76	1,87	0,78	1,35	0,37
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,08	2,26	1,75	1,32	1,49	0,74
Log. Teorik Bağımlı	2,08	2,26	1,75	1,32	1,49	0,74

Çizelge 2.26'da Kumköy yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.26 Kumköy yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	2,54	2,93	2,25	1,29	1,67	0,97
Lognormal	2,46	3,10	2,18	1,16	1,72	1,01
Ampirik	2,31	1,90	2,18	1,16	1,63	0,85
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	2,22	2,72	1,85	1,58	1,56	0,88
Log. Teorik Bağımlı	2,17	2,55	1,82	1,49	1,54	0,83

Çizelge 2.27'da Şile yağış gözlem istasyonu için gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.27 Şile yağış gözlem istasyonunda gözlem, teorik ortalama ve varyans değerleri.

Metot	q=0,5		q=0,4		q=0,3	
	E(N ⁺)	Var(N ⁺)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)	E(N ⁻)	Var(N ⁻)
Normal	1,33	0,25	1,43	0,28	1,4	0,3
Lognormal	1,37	0,27	1,5	0,3	1,4	0,3
Ampirik	1,55	0,78	1,37	0,27	1,6	0,3
Teorik Bağımsız	2,00	2,00	1,67	1,11	1,43	0,61
Teorik Bağımlı	1,72	1,25	1,45	0,65	1,25	0,31
Log. Teorik Bağımlı	1,72	1,25	1,45	0,65	1,25	0,31

q=0.5, 0.4, 0.3 için ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri altında kalan en uzun kurak dönemler için dönüş periyotları (2.21) ve (2.22) denklemleri ile belirlenmiştir. Çizelge 2.28 ve 2.29'da tüm istasyonlar için yağışların bağımsız ve serisel bağımlı olmaları durumunda en uzun kurak dönemlerin dönüş periyotları gösterilmiştir.

Çizelge 2.28 İSKİ yağış gözlem istasyonlarında tek noktada görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.

İSKİ Yağış Gözlem İstasyonları Kurak Dönemlerin Dönüş Periyotları					
İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	q	N⁻ max (Yıl)	Bağımsız Durum	Bağımlı Durum
Ömerli	1995-2008	0,5	3	16	14
		0,4	3	26	18
		0,3	2	16	13
Büyükçekmece	1995-2008	0,5	3	16	16
		0,4	3	26	27
		0,3	2	16	16
Elmalı	1995-2008	0,5	3	16	15
		0,4	3	26	23
		0,3	3	53	44
Terkos	1995-2008	0,5	2	8	9
		0,4	2	10	10
		0,3	2	16	13
Alibey	1995-2008	0,5	3	16	14
		0,4	2	10	10
		0,3	2	16	14
Darlık	1995-2008	0,5	3	16	18
		0,4	2	10	11
		0,3	2	16	18

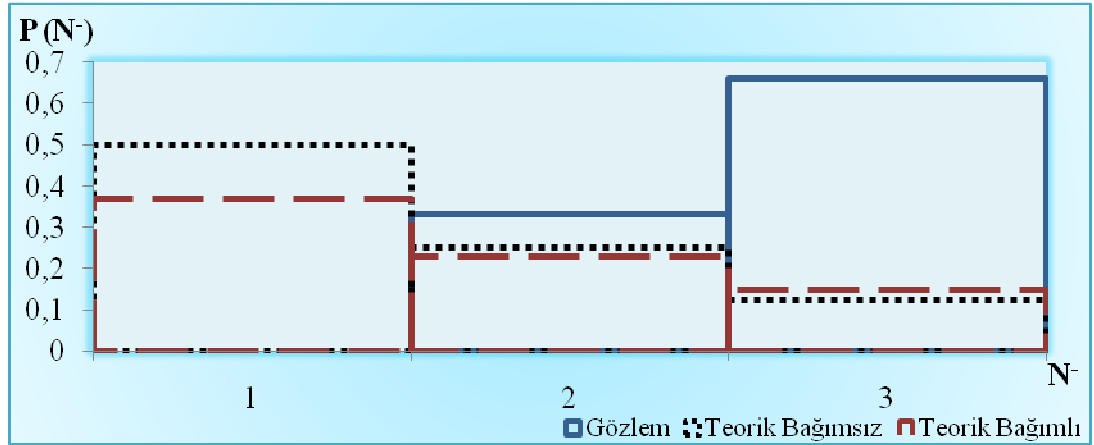
Çizelge 2.29 Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarında tek noktada görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.

Meteoroloji Yağış Gözlem İstasyonları Kurak Dönemlerin Dönüş Periyotları					
İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	q	N⁻ max (Yıl)	Bağımsız Durum	Bağımlı Durum
Göztepe (Kartal)	1929-2008	0,5	4	32	31
		0,4	4	65	61
		0,3	4	176	162
Sarıyer	1949-2008	0,5	<u>6</u>	128	95
		0,4	<u>6</u>	407	246
		0,3	<u>6</u>	1960	861
Florya	1937-2008	0,5	4	32	30
		0,4	4	65	55
		0,3	3	53	46
Kumköy	1951-2008	0,5	<u>6</u>	128	88
		0,4	4	65	48
		0,3	4	176	112
Şile	1982-2008	0,5	2	8	8
		0,4	2	10	12
		0,3	2	16	21

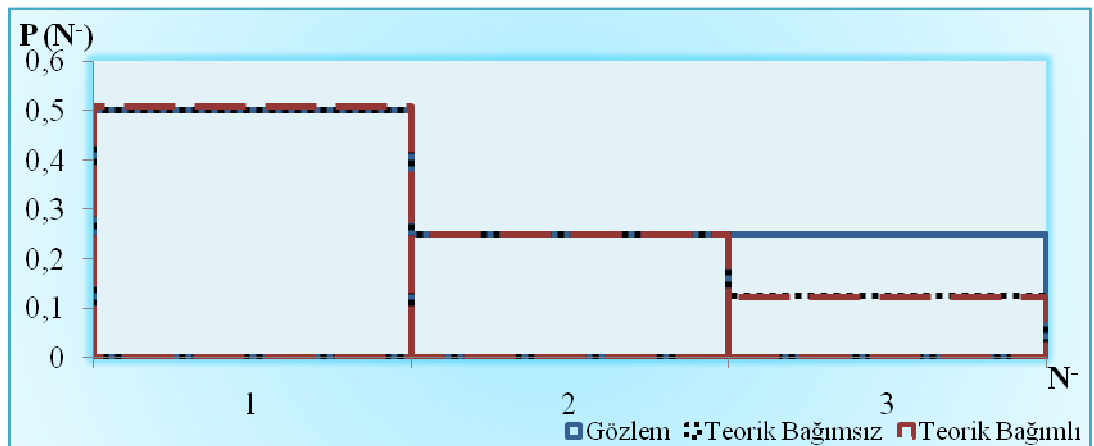
$q=0.5, 0.4, 0.3$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyeleri için, (2.16) denklemi ile yağışların bağımsız oldukları (2.19) denklemi ile yağışların serisel bağımlı oldukları durumunda olasılık kütle fonksiyonları teorik olarak belirlenmiştir.

Gözlemlerin olasılık kütle fonksiyonları ise $P(N^-) = K^- / \sum_{i=1}^n i$ denklemi ile belirlenmiştir. Burada K^- kurak süre uzunluğunun tekerrür sayısıdır. i ise görülen tüm kurak dönemlerin sayısıdır.

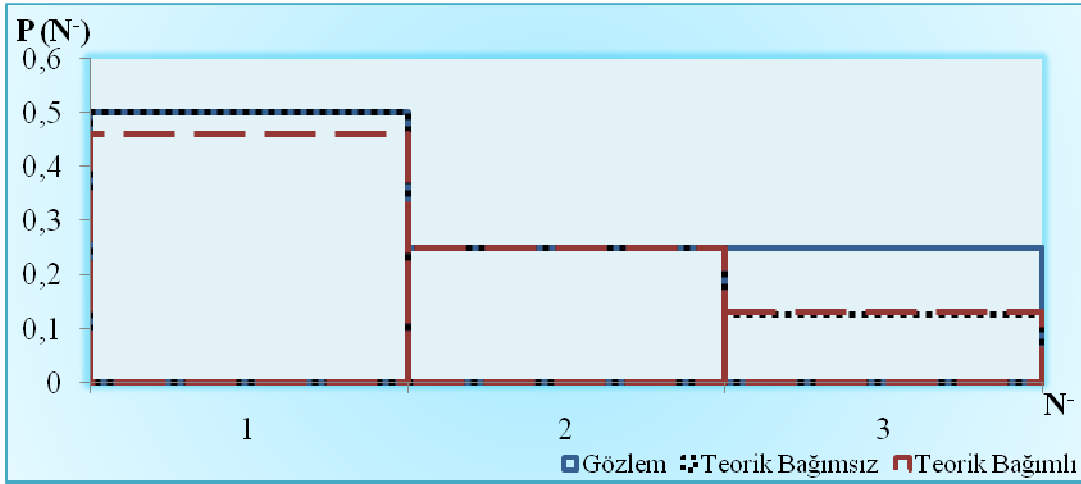
Şekil 2.12’ de Ömerli, Şekil 2.13’te Büyükçekmece, Şekil 2.14’te Elmalı, Şekil 2.15’te Terkos, Şekil 2.16’ da Alibey, Şekil 2.17’de Darlık olmak üzere, İSKİ yağış gözlem istasyonlarındaki gidiş uzunluklarının ampirik olarak belirlenen $q= 0.5$ kesim seviyesi için teorik serisel bağımlı ve teorik serisel bağımsız ile gözlemlerin olasılık kütle fonksiyonları grafikleri gösterilmiştir. Diğerleri ekte gösterilmiştir.



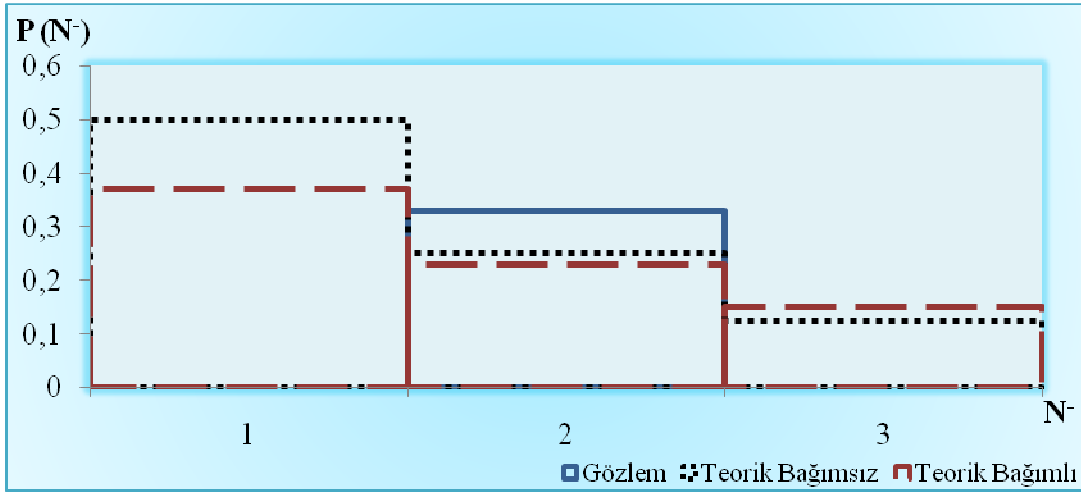
Şekil 2.12 Ömerli yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



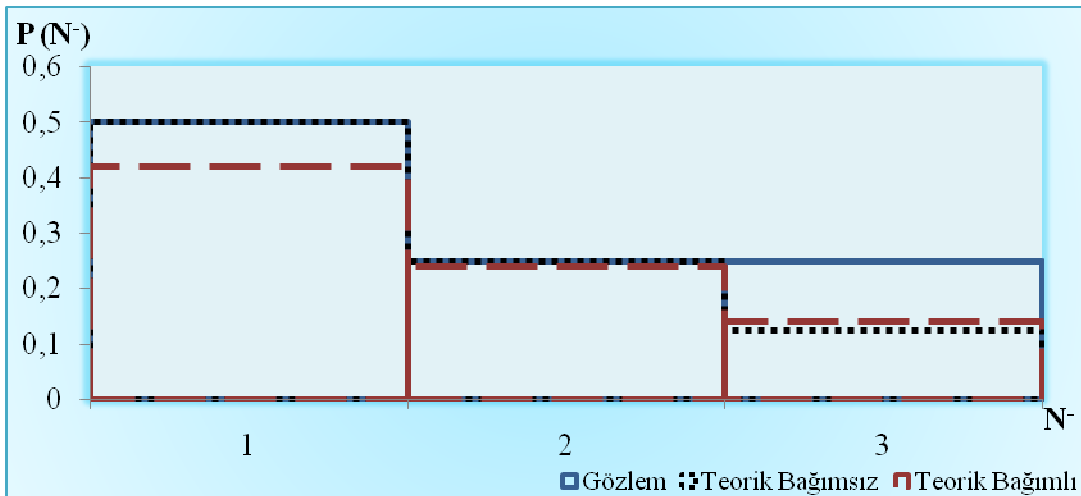
Şekil 2.13 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



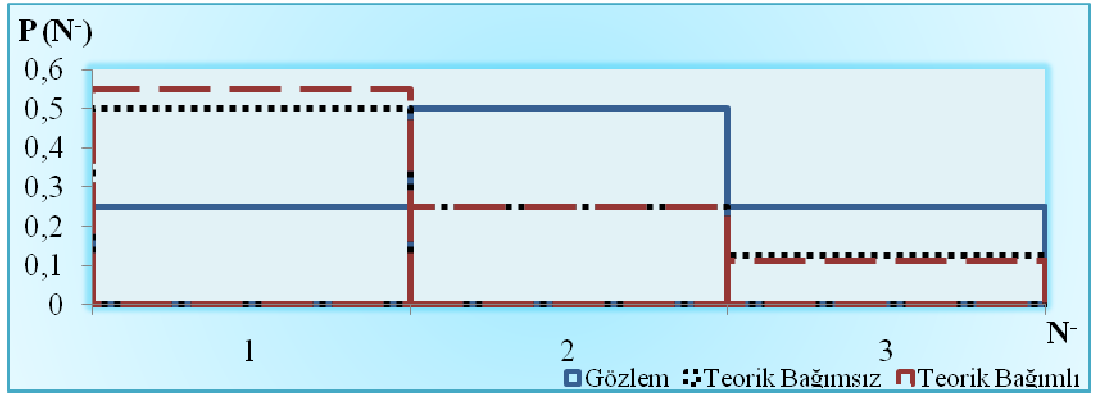
Şekil 2.14 Elmalı yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



Şekil 2.15 Terkos yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.

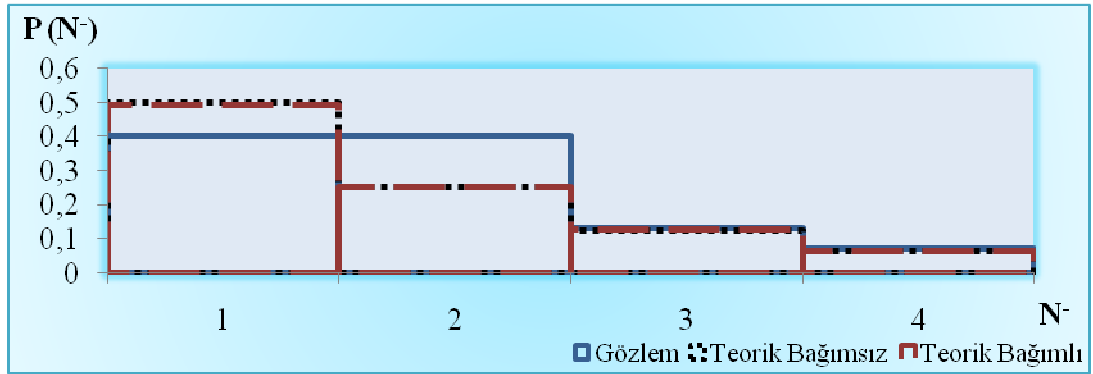


Şekil 2.16 Alibey yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.

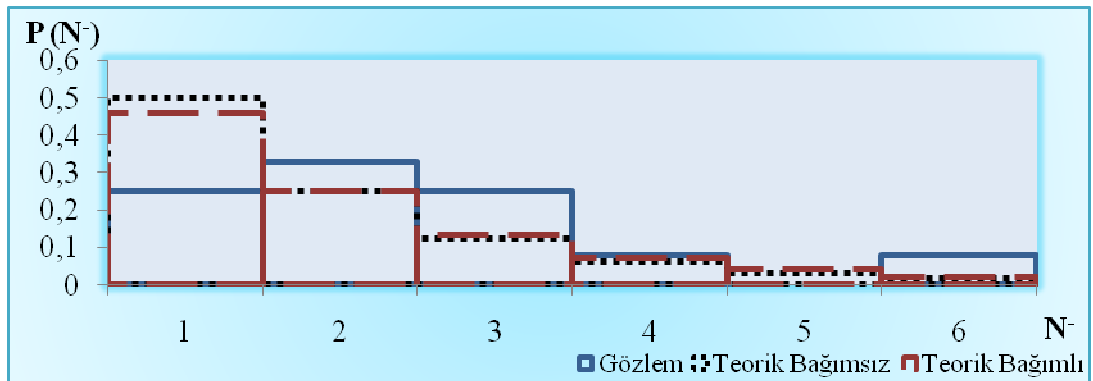


Şekil 2.17 Darlık yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.

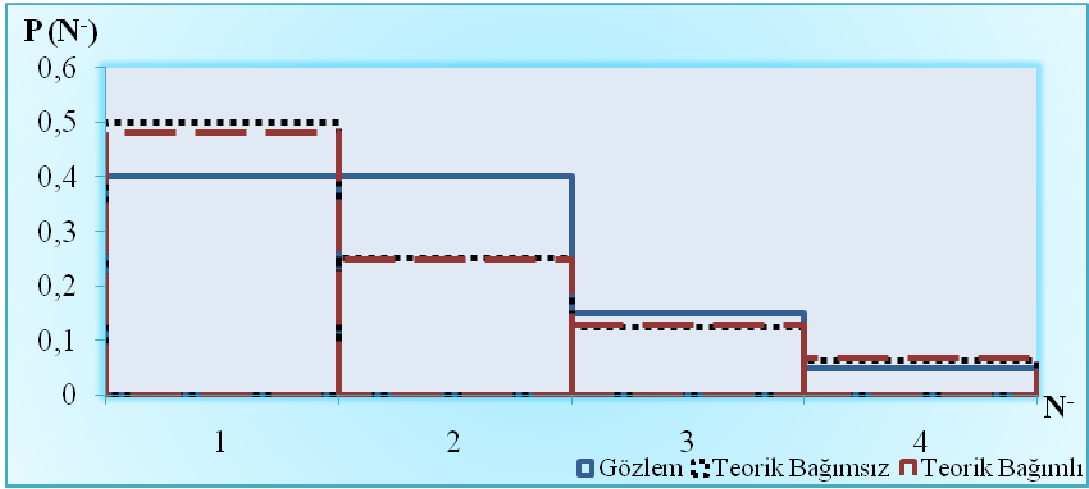
Şekil 2.18' de Göztepe (Kartal), Şekil 2.19'da Sarıyer, 2.20'de Florya, 2.21'de Kumköy, 2.22' de Şile olmak üzere Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarındaki gidiş uzunluklarının ampirik olarak belirlenen $q= 0.5$ kesim seviyesi için teorik serisel bağımlı ve teorik serisel bağımsız ile gözlemlerin olasılık kütle fonksiyonları grafikleri gösterilmiştir.



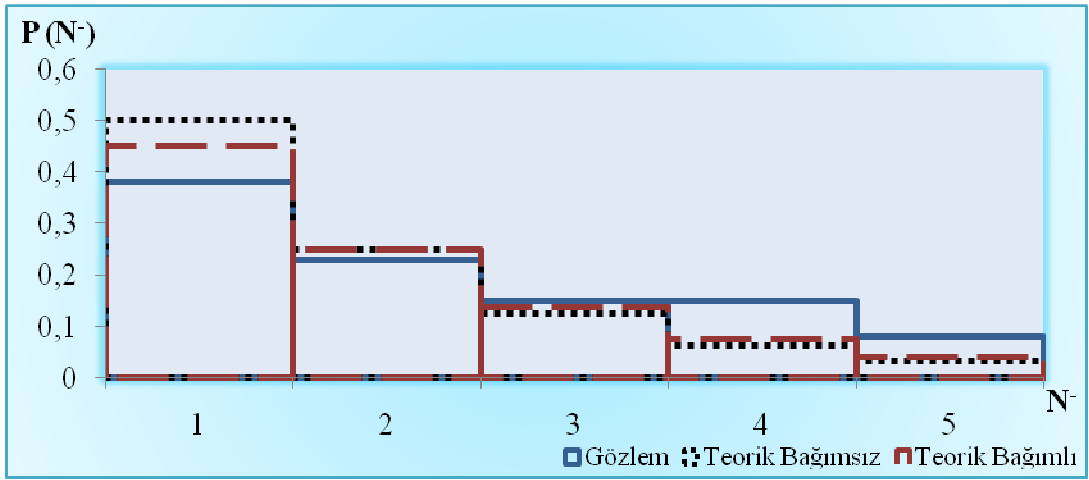
Şekil 2.18 Göztepe(Kartal) yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



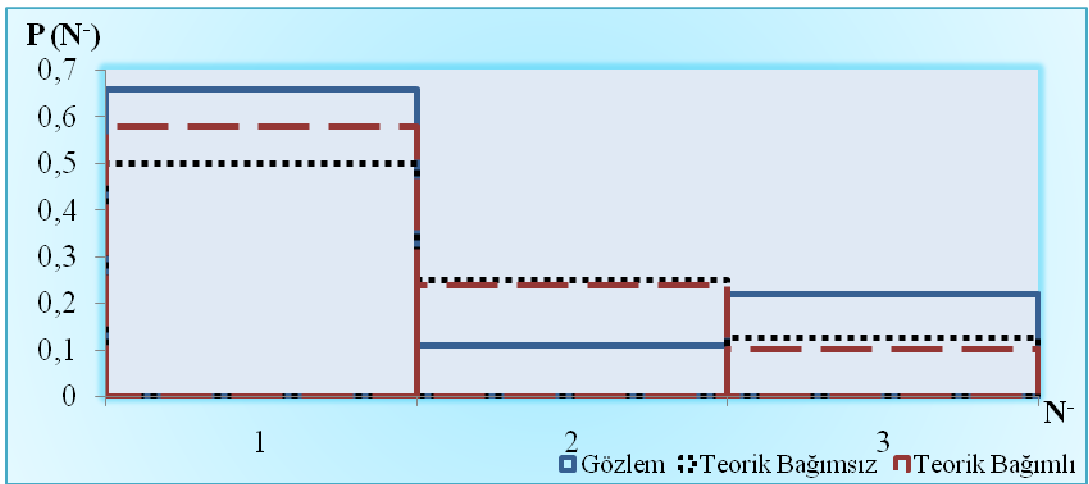
Şekil 2.19 Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



Şekil 2.20 Florya yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



Şekil 2.21 Kumköy yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.



Şekil 2.22 Şile yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu.

2.7 Sonuçlar

İstanbul’da istasyon isimleri ve gözlem periyotları Çizelge 2.2’de verilen yağış gözlem istasyonlarında ölçölmüş yıllık ortalama yağışlar kullanılarak istasyonların tek tek bağımsız ve serisel bağımlı olmaları durumunda “Gidişler Analizi” yöntemiyle kurak devre özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Ömerli yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için normal, lognormal kabulleri ile ampirik olarak elde edilen değerler aynı çıkmıştır. Ortalamalar teorik değerlere yakın olup, varyans değerleri değışiklik göstermiştir. Normal, lognormal ve ampirik değer ortalamaları teorik ortalamalardan yüksek çıkmıştır.

Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için normal, lognormal kabulleri ile ampirik olarak elde edilen değerler yakın çıkmıştır. Ortalamalar teorik değerlere yakın olup, varyans değerleri değışiklik göstermiştir. Ampirik olarak $q=0.3$ için varyans değeri 0 çıkmıştır.

Elmalı yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için normal, lognormal kabulleri ile ampirik olarak elde edilen değerler yakın çıkmıştır. Ortalamalar teorik değerlere yakın olup, varyans değerlerde çok değışik çıkmamıştır. . Ampirik olarak $q=0.3$ için varyans değeri 0 çıkmıştır.

Terkos yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için normal, lognormal kabulleri ile ampirik olarak elde edilen değerler yakın çıkmıştır. Ortalamalar teorik değerlere yakın olup, varyans değerleri teorik değerlerden çok az çıkmıştır. Teorik bağımlı değerler yüksek çıkmıştır.

Alibeyköy yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için teorik değerler normal, lognormal ve ampirik olarak çok yakın çıkmıştır. $q=0.4$, $q=0.3$ için ortalama ve varyans değerleri değışik çıkmıştır. Teorik bağımlı değerler yüksek çıkmıştır.

Darlık yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için ortalama değerler normal, lognormal ve ampirik olarak elde edilen değerler yakın çıkmış, varyans değerleri değışik çıkmıştır. Teorik bağımlı ve logaritmik teorik bağımlı değerler aynı çıkmıştır.

Göztepe yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için normal, lognormal ve ampirik olarak elde edilen değerler teorik değerlere yakın çıkmıştır. $q=0.4$ için

normal dağılıma göre elde edilen değerler teorik değerlere en yakın çıkmıştır. Teorik bağımlı ve logaritmik teorik bağımlı değerler eşit çıkmıştır.

Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için gözlemlerin normal, lognormal ve ampirik olarak elde edilen değerleri teorik değerlere yakın çıkmıştır. $q=0.5$ için normal dağılım kabulü ile elde edilen değerler en yakın sonucu vermiştir.

Florya yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için gözlemlerin normal, lognormal ve ampirik olarak elde edilen ortalama değerleri teorik değerlere yakın çıkmış, varyans değerleri değişik çıkmıştır. $q=0.3$ için varyans değerleri oldukça küçük çıkmıştır.

Kumköy yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için ampirik olarak elde edilen değerler teorik değerlere yakın çıkmıştır. $q=0.5$, $q=0.4$, $q=0.3$ için normal, lognormal dağılım kabulü ile elde edilen değerler teorik değerlerden yüksek çıkmıştır.

Şile yağış gözlem istasyonunda $q=0.5$ için normal, lognormal ve ampirik olarak elde edilen değerler teorik değerlerden oldukça düşük çıkmıştır. En yakın sonuçlar $q=0.4$, $q=0.3$ için ampirik olarak elde edilen değerlerdir.

Gözlemlerin serisel bağımlı olmaları durumunda ortalama ve varyans değerleri istasyonlara göre değişiklik göstermektedir. Ömerli, Terkos, Alibey yağış gözlem istasyonlarında teorik bağımlı değerler çok yakın iken, Kumköy ve Sarıyer yağış gözlem istasyonlarında bir miktar yüksek, diğer istasyonlarda yakın değerler çıkmıştır. $q=0.3$ için bulunan ortalama ve varyans değerleri $q=0.4$ ve $q=0.5$ 'e kıyasla daha yakın sonuçlar vermiştir.

Gözlemlerin ampirik için elde edilen olasılık kütle fonksiyonları ile teorik bağımlı ve bağımsız olasılık kütle fonksiyonları değişiklikler göstermektedir. Maksimum kurak dönem uzunluğu Sarıyer ve Kumköy'de $q=0.5$ için 6 yıl, bağımsız durum için kurak dönem periyodu yine Sarıyer'de en uzun 1960 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca $q=0.4$ ve $q=0.3$ için de Sarıyer'de maksimum kurak dönem yine 6 yıl olarak hesaplanmıştır.

Şile yağış gözlem istasyonunda maksimum kurak dönem süresi kısa olduğu için bağımlı ve bağımsız durumda tahmin edilen dönüş periyotları $q=0.5$ için aynı $q=0.4$ ve $q=0.3$ için çok yakın değerler çıkmıştır.

3. İKİ DEĞİŞKENLİ SÜREÇLER İÇİN ORTAK GİDİŞ UZUNLUKLARININ DAĞILIMI

3.1 Giriş

Hidrolojik çalışmalardaki Su Kaynaklarını Geliştirme araştırmalarında yağışların kurak dönem periyotlarını belirlemek önemli rol oynar. Olağan dışı stokastik karakterli hidrolojik süreçlerde, yağış serilerinin taşkın ve kuraklıkların vereceği zararları karakterize eden istatistiksel özelliklerinin olasılık dağılımları çeşitli projelerde risk hesaplamalarını değerlendirmede son derece önemlidir.

Yağışların zaman serilerinde kurak dönem özelliklerini belirlemede gidişler analizi güçlü bir metottur (Yevjevich,1967). Gidiş uzunluğu, kurak bir periyodu karakterize eder, belirli bir x_0 kesim seviyesinin sürekli olarak altında kaldığı dönem uzunluğu olarak tanımlanır. Gidişler teorisi ile kuraklık karakteristiklerinin analizinde yapılan çalışmalar son zamanlarda Guerrero-Salazar ve Yevjevich (1975) tarafından tekrar gözden geçirilmiştir. Stasyoner Markov süreçlerinin gidiş uzunluğu parametreleri çok değişkenli normal dağılım fonksiyonunun integrasyonu ile hesaplanmıştır. (Saldarriaga ve Yevjevich, 1970). Bayazit ve Şen (1977) birinci dereceden Markov süreçleri için gidiş uzunluğunun olasılık dağılımının analitik ifadelerini elde etmişlerdir. Negatif gidiş uzunluğunun olasılık kütle fonksiyonunun, geometrik dağılım olduğunu göstermişlerdir.

$$P(N = k) = (1-s)s^{k-1} \quad k = 1,2,\dots \quad (3.1)$$

burada, s koşullu olasılığı şu şekilde tanımlanır:

$$s = P(X_i \leq x_0 \mid X_{i-1} \leq x_0) \quad (3.2)$$

Koşullu olasılık s , korelasyon katsayısı ρ ve x_0 ' ın bir fonksiyonudur.

İki ayrı noktada yağışların zaman serileri incelediği zaman, her iki noktada eş zamanda oluşan kuraklıklar boyunca ortak bir gidiş uzunluğu tanımlanır. Ortak gidiş uzunluğu, her iki noktadaki yağışların kesim seviyelerinin altında kalan periyotları

temsil eder. Bu tanım, iki noktadan çok durumların zaman serileri için genelleştirilebilir.

Guerrero-Salazar ve Yevjevich (1975) iki ayrı noktadaki yağışların zaman serilerinin kuraklık özelliklerini incelemişlerdir. Değişken dönüşümünü kullanarak iki değişkenliye uyarlamışlardır. Sonsuz seri hali için gidiş uzunluğu dağılımını tek değişkenli uyarlamaya indirgeyerek çalışma yapmışlardır. Bunun için:

- 1) Serisel ve çapraz olarak birbirinden bağımsız,
- 2) Serisel olarak bağımsız fakat karşılıklı olarak bağımlı,
- 3) Serisel olarak bağımlı, karşılıklı olarak bağımsız,
- 4) Hem serisel hem de çapraz olarak bağımlı zaman serilerini incelemişlerdir.

Negatif gidiş uzunluğu dağılımı için (3.1) ifadesini elde etmişlerdir. Diğer durumlar için analitik ifadelerinin çözümü çok karmaşık olduğu için deneysel metot (Monte Carlo) kullanmışlardır. Normal iki değişkenli sürecin, serisel ve karşılıklı olarak bağımlı bileşenleri için negatif gidiş uzunluğu dağılımına uyan tek yaklaşımın negatif binom dağılımı olduğu sonucuna varmışlardır. Çoklu regresyon analizi kullanılarak kesim seviyeleri ve iki değişkenli sürecin fonksiyonu olarak dağılım parametrelerini elde etmişlerdir (Bayazit,1981).

3.2 Ortak Gidiş Uzunluğunun Dağılımı

Bayazit (2001) tarafından iki ayrı istasyondaki yağışın zaman serileri için Stasyonere süreç kabulü yapılarak gidiş uzunluğunun olasılık kütle fonksiyonunun analitik ifadesini elde edilmiştir.

$$P(N = k) = \theta(1 - \theta)^{k-1}, \quad k=1,2,\dots \quad (3.3)$$

Geometrik dağılım parametresi şu şekle dönüşür.

$$\theta = 1 - (s_{12}s_1s_2/q) \quad (3.4)$$

Koşullu olasılık s, şu şekilde ifade edilir:

$$\begin{aligned} s_{12} &= P(X_{1i} \leq x_0 \mid X_{2i} \leq x_0) & s_1 &= P(X_{1i} \leq x_0 \mid X_{1,i-1} \leq x_0) \\ s_2 &= P(X_{2i} \leq x_0 \mid X_{2,i-1} \leq x_0) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Gidiş uzunluğunun ortalama ve varyansı şu eşitliklerle kolaylıkla hesaplanabilir:

$$E(N) = 1/\theta \quad \text{Var}(N) = (1 - \theta)/\theta^2 \quad (3.6)$$

Çoğu yağışların yıllık ortalamaları birinci derece otoregresif (Markov) modeliyle modellenebilir. Bazı akarsularda birbirini takip eden (ardışık) yağışların iki değişkenli normal dağılıma uymakta ve korelasyon katsayıları yıllık yağışların birinci dereceden oto korelasyon katsayısına eşit olmaktadır. Bu durumda (3.5) denkleminde tanımlanan s_1 (veya s_2) koşullu olasılığı, otokorelasyon katsayısı ρ_1 (veya ρ_2) ve verilen bir kesim seviyesi x_0 için iki değişkenli normal dağılım fonksiyonunun nümerik integrasyonu ile hesap edilebilir. Bu şekilde, yıllık ortalama yağışların ortak periyotları için iki değişkenli normal dağılımdaki ρ_{12} korelasyon katsayısı iki seri arasındaki çapraz korelasyon katsayısına eşittir. Koşullu olasılık s_{12} , x_0 ve ρ_{12} 'nin bir fonksiyonudur. ρ ' nun bir fonksiyonu olarak s (s_1 , s_2 veya s_{12} 'yi temsil eder) koşullu olasılığı ve kesim seviyesi olasılığı q , Bayazıt ve Şen (1976) tarafından Çizelge 2.1'de verilmiştir.

(3.3) denkleminin özel durumları aşağıda değerlendirilmiştir:

Durum 1: Serisel ve çapraz olarak birbirinden bağımsız: Bu durumda $s_1 = s_2 = s_{12} = q$ (3.3) denklemi şu şekle gelir:

$$P(N = k) = (1 - q^2)q^{2(k-1)} \quad (3.7)$$

Guerrero-Salazar ve Yevjevich (1975) tarafından verilen denklemin aynısıdır.

Durum 2: Serisel olarak bağımsız fakat çapraz olarak bağımlı: $s_1 = s_2 = q$;

$$P(N = k) = (1 - q.s_{12}).(q.s_{12})^{k-1} \quad (3.8)$$

Durum 3: Serisel olarak bağımlı, çapraz olarak bağımsız: seriler arasındaki bağımsızlıktan dolayı, $s_{12}=q$;

$$P(N = k) = (1 - s_1.s_2).(s_1.s_2)^{k-1} \quad (3.9)$$

Durum 4: Hem serisel hem de çapraz olarak bağımlı seriler: Bu genel durum Guerrero-Salazar ve Yevjevich (1975) tarafından deneysel (veri türetimi) metot kullanarak çıkarılmıştır. Negatif binom dağılımı, gidiş uzunluklarının dağılımına uyan tek yaklaşım olarak bulunmuştur.

$$P(N=k) = \binom{r+k-1}{k} p^r (1-p)^{k-1} \quad (3.10)$$

(3.10) denkleminde, r ve p parametreleri, ρ_1 , ρ_2 , ρ_{12} ve q terimlerinde çoklu regresyon analizi ile tahmin edilmiştir. Bu dağılım sadece r ' nin tamsayı değeri için tanımlanmıştır. $r=1$ için geometrik dağılımdaki $\theta = p$ dir.

3.3 İki Yerde Görülen Kurak Devrelerin Dönüş Periyodu

İki değişkenli Markov Süreçleri için dönüş periyodu çok değişkenli durum için dönüş periyodunun hesaplanmasında kullanılan formülasyonlar kullanılarak hesaplanır. Bayazıt ve Önöz (2004) tarafından iki yerde aynı yıllarda görülen kurak devrelerin dönüş periyodu şu şekilde verilmiştir:

$$T(N=k) = \frac{1}{\theta(1-\theta)^{k-1} P(X_{1j} X_{2j})} \quad (3.11)$$

$$P(X_{1j} X_{2j}) = q.P(X_{1j} | X_{2j}) = q.s_{12} \quad (3.12)$$

Bu denklemlerin Bayazıt ve Önöz (2004) tarafından nasıl elde edildikleri 4.bölümde ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

3.4 Uygulamalar

Bu bölümde, isimleri ve gözlem periyotları Çizelge 2.2' de verilen İstanbul'daki 11 ayrı istasyonda ölçülen yağışlar için, 2 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olması durumunda gidiş uzunlukları belirlenmiş ve aynı yıllarda görülen en uzun kurak devrelerin dönüş periyotları hesaplanmıştır.

İSKİ yağış gözlem istasyonlarında $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 2 istasyon için aynı yıllarda görülen ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 $q = 0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon Adı	N (Yıl)			
Alibey-Büyükçekmece	2	2	1	
Alibey-Darlık	2	2	1	1
Alibey-Elmalı	2	<u>3</u>	1	1
Alibey-Ömerli	2	1	1	
Alibey-Terkos	2	<u>3</u>	1	1
Büyükçekmece-Darlık	2	2	<u>3</u>	
Büyükçekmece-Elmalı	2	2	1	
Büyükçekmece-Ömerli	2	1	<u>3</u>	
Büyükçekmece-Terkos	2	2	2	
Darlık-Elmalı	2	2	1	1
Darlık-Ömerli	2	1	<u>3</u>	
Darlık-Terkos	2	2	1	2
Elmalı-Ömerli	2	1	1	
Elmalı-Terkos	2	<u>3</u>	1	1
Ömerli-Terkos	2	1	2	

İki istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ için ortak gidiş karakteristikleri Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir. Koşullu olasılık s değerleri $q=0.5$ için Çizelge 2.1’ den bulunmuştur. Çizelge 3.2’de gözlemlerin korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.

İstasyon Adı	Ortak Periyot	ρ_1	ρ_2	ρ_{12}	s_1	s_2	s_{12}
Alibey-Büyükçekmece	1995-2008	0,24	-0,02	0,72	0,58	0,49	0,76
Alibey-Darlık	1995-2008	0,24	-0,16	0,44	0,58	0,45	0,65
Alibey-Elmalı	1995-2008	0,24	0,11	0,85	0,58	0,54	0,82
Alibey-Ömerli	1995-2008	0,24	0,40	-0,03	0,58	0,63	0,50
Alibey-Terkos	1995-2008	0,24	0,39	0,76	0,58	0,63	0,76
Büyükçekmece-Darlık	1995-2008	-0,02	-0,16	0,54	0,49	0,45	0,68
Büyükçekmece-Elmalı	1995-2008	-0,02	0,11	0,59	0,49	0,54	0,70
Büyükçekmece-Ömerli	1995-2008	-0,02	0,40	0,33	0,49	0,63	0,61
Büyükçekmece-Terkos	1995-2008	-0,02	0,39	0,51	0,49	0,63	0,67
Darlık-Elmalı	1995-2008	-0,16	0,11	0,59	0,45	0,54	0,70
Darlık-Ömerli	1995-2008	-0,16	0,40	0,72	0,45	0,63	0,76
Darlık-Terkos	1995-2008	-0,16	0,39	0,50	0,45	0,63	0,76
Elmalı-Ömerli	1995-2008	0,11	0,40	0,18	0,54	0,63	0,56
Elmalı-Terkos	1995-2008	0,11	0,39	0,65	0,54	0,63	0,72
Ömerli-Terkos	1995-2008	0,40	0,39	0,18	0,63	0,63	0,56

Çizelge 3.2’de gösterilen ρ_1 , ρ_2 2 istasyondaki ortak gözlemlerin ortak periyotları alınarak, 1. otokorelasyon katsayıları, ρ_{12} ise 2 istasyondaki ortak gözlemlerin çapraz korelasyon katsayısıdır. Bu değerlere bağlı olarak Çizelge 2.1’den s_1 , s_2 , s_{12} koşullu olasılık değerleri bulunmuştur.

Çizelge 3.1’ de gösterilen ortak gidiş uzunlukları değerleri kullanılarak gözlenmiş yağışların ortalama $E(N^-)$ ve Varyans $Var(N^-)$ değerleri bulunmuştur. (3.6) denklemlerini kullanarak 2 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ için $E(N^-)$ ve $Var(N^-)$ değerleri bulunmuş ve Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 $q = 0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.

İstasyon Adı	Teorik		Gözlem	
	$E(N^-)$	$Var(N^-)$	$E(N^-)$	$Var(N^-)$
Alibey-Büyükçekmece	1,76	1,34	1,67	0,33
Alibey-Darlık	1,51	0,78	1,50	0,33
Alibey-Elmalı	2,06	2,18	1,75	0,92
Alibey-Ömerli	1,57	0,91	1,33	0,33
Alibey-Terkos	2,25	2,80	1,75	0,92
Büyükçekmece-Darlık	1,43	0,61	2,33	0,33
Büyükçekmece-Elmalı	1,59	0,93	1,67	0,33
Büyükçekmece-Ömerli	1,61	0,97	2,00	1,00
Büyükçekmece-Terkos	1,71	1,21	2,00	0,00
Darlık-Elmalı	1,52	0,78	1,50	0,33
Darlık-Ömerli	1,75	1,32	2,00	1,00
Darlık-Terkos	1,61	0,99	1,75	0,25
Elmalı-Ömerli	1,62	0,99	1,33	0,33
Elmalı-Terkos	1,96	1,88	1,75	0,92
Ömerli-Terkos	1,80	1,44	1,67	0,33

$q = 0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki en uzun ortak kurak dönemlerin dönüş periyotları (3.11) denklemi kullanılarak belirlenmiş ve Çizelge 3.4 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 İki yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.

İstasyon Adı	Ortak Periyot	Θ	$P_{X_{1j}, X_{2j}}$	$N_{\max}^*$ (Yıl)	Dönüş Aralığı (Yıl)
Alibey-Büyükçekmece	1995-2008	0,57	0,38	2	11
Alibey-Darlık	1995-2008	0,66	0,33	2	14
Alibey-Elmalı	1995-2008	0,49	0,41	<u>3</u>	19
Alibey-Ömerli	1995-2008	0,64	0,25	2	17
Alibey-Terkos	1995-2008	0,45	0,38	<u>3</u>	19
Büyükçekmece-Darlık	1995-2008	0,70	0,34	<u>3</u>	47
Büyükçekmece-Elmalı	1995-2008	0,63	0,35	2	12
Büyükçekmece-Ömerli	1995-2008	0,62	0,31	<u>3</u>	36
Büyükçekmece-Terkos	1995-2008	0,59	0,34	2	12
Darlık-Elmalı	1995-2008	0,66	0,35	2	13
Darlık-Ömerli	1995-2008	0,57	0,38	<u>3</u>	25
Darlık-Terkos	1995-2008	0,62	0,34	2	12
Elmalı-Ömerli	1995-2008	0,62	0,28	2	15
Elmalı-Terkos	1995-2008	0,51	0,36	<u>3</u>	23
Ömerli-Terkos	1995-2008	0,56	0,28	2	14

Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarında $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 2 istasyon için aynı yıllarda görülen ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 3.5’ te gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 $q = 0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon	N^* (Yıl)														
Göztepe-Sarıyer	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1				
Göztepe-Florya	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	2	1	<u>3</u>		
Göztepe-Kumköy	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2				
Göztepe-Şile	1	1	1	2	2	2									
Sarıyer-Florya	2	2	1	1	1	1	1	2	<u>3</u>	1	1	<u>3</u>	1	1	
Sarıyer-Kumköy	<u>3</u>	2	<u>3</u>	1	2	<u>3</u>	1	<u>3</u>	1	1	<u>3</u>	1			
Sarıyer-Şile	1	1	1	2	<u>3</u>	1	1								
Florya-Kumköy	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	<u>4</u>	1	2
Florya-Şile	1	1	1	2	<u>3</u>	1	2								
Kumköy-Şile	1	1	1	1	<u>3</u>	1									

2 istasyonun bağımlı olması durumunda $q= 0.5$ için ortak gidiş karakteristikleri Çizelge 3.6' da gösterilmiştir. Koşullu olasılık s değerleri $q= 0.5$ için Çizelge 2.1' den bulunmuştur. Çizelge 3.6' da gözlemlerin korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.6 Korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.

İstasyon No	Ortak Periyot	ρ_1	ρ_2	ρ_{12}	s_1	s_2	s_{12}
Göztepe- Sarıyer	1949-2008	0,04	0,14	0,70	0,51	0,54	0,75
Göztepe-Florya	1937-2008	0,04	0,07	0,84	0,51	0,52	0,82
Göztepe-Kumköy	1951-2008	0,04	0,15	0,71	0,51	0,55	0,75
Göztepe-Şile	1982-2008	0,04	-0,24	0,81	0,51	0,42	0,80
Sarıyer-Florya	1949-2008	0,14	0,07	0,66	0,54	0,52	0,73
Sarıyer-Kumköy	1951-2008	0,14	0,15	0,78	0,54	0,55	0,79
Sarıyer-Şile	1982-2008	0,14	-0,24	0,78	0,54	0,42	0,78
Florya-Kumköy	1951-2008	0,07	0,15	0,69	0,52	0,55	0,74
Florya-Şile	1982-2008	0,07	-0,24	0,80	0,52	0,42	0,79
Kumköy-Şile	1982-2008	0,15	-0,24	0,71	0,55	0,42	0,75

Çizelge 3.6'da gösterilen ρ_1 , ρ_2 2 istasyondaki ortak gözlemlerin ortak periyotları alınarak, yağışların bağımlı olmaları durumunda 1. otokorelasyon katsayıları, ρ_{12} ise 2 istasyondaki ortak gözlemlerin karşılıklı otokorelasyon katsayısıdır. Bu değerlere bağlı olarak Çizelge 2.1'den s_1 , s_2 , s_{12} koşullu olasılık değerleri bulunmuştur.

Çizelge 3.5' te gösterilen ortak gidiş uzunlukları değerleri kullanılarak gözlenmiş yağışların ortalama $E(N^-)$ ve Varyans $Var(N^-)$ değerleri bulunmuştur. (3.6) denklemlerini kullanarak 2 istasyonun bağımlı olması durumunda $q= 0.5$ için teorik olarak $E(N^-)$ ve $Var(N^-)$ değerleri bulunmuş ve Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7 $q = 0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.

İstasyon Adı	Teorik		Gözlem	
	$E(N^-)$	$Var(N^-)$	$E(N^-)$	$Var(N^-)$
Göztepe- Sarıyer	1,70	1,20	1,45	0,27
Göztepe-Florya	1,77	1,36	1,54	0,44
Göztepe-Kumköy	1,73	1,25	1,45	0,27
Göztepe-Şile	1,52	0,79	1,50	0,33
Sarıyer-Florya	1,70	1,18	1,50	0,58
Sarıyer-Kumköy	1,88	1,67	2,00	0,91
Sarıyer-Şile	1,55	0,85	1,43	0,62
Florya-Kumköy	1,73	1,27	1,53	0,84
Florya-Şile	1,53	0,80	1,57	0,62
Kumköy-Şile	1,53	0,81	1,33	0,67

$q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki en uzun ortak kurak dönemlerin dönüş periyotları (3.11) denklemi kullanılarak belirlenmiş ve Çizelge 3.8 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8 İki yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.

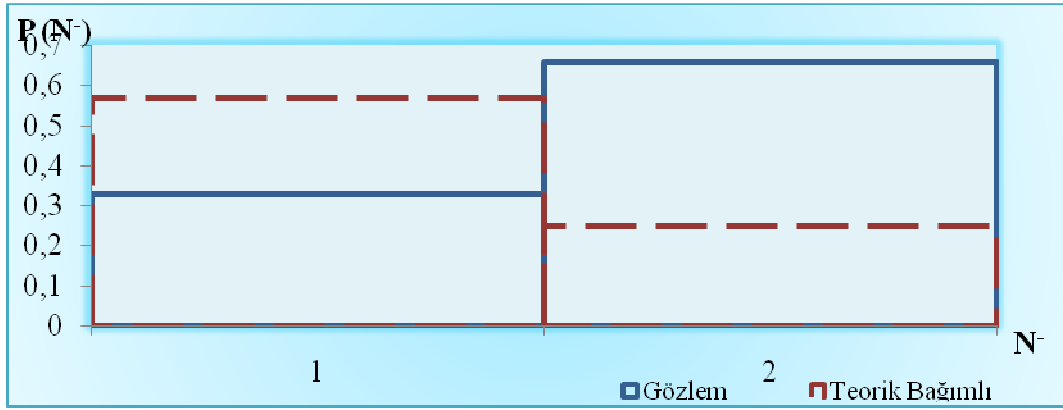
İstasyon Adı	Ortak Periyot	Θ	$P(x_{1j}, x_{2j})$	$N_{\max}$ (Yıl)	Dönüş Aralığı (Yıl)
Göztepe- Sarıyer	1949-2008	0,59	0,38	2	11
Göztepe-Florya	1937-2008	0,57	0,41	<u>3</u>	23
Göztepe-Kumköy	1951-2008	0,58	0,38	2	11
Göztepe-Şile	1982-2008	0,66	0,40	2	11
Sarıyer-Florya	1949-2008	0,59	0,37	<u>3</u>	27
Sarıyer-Kumköy	1951-2008	0,53	0,40	<u>3</u>	21
Sarıyer-Şile	1982-2008	0,65	0,39	<u>3</u>	32
Florya-Kumköy	1951-2008	0,58	0,37	<u>4</u>	62
Florya-Şile	1982-2008	0,65	0,40	<u>3</u>	31
Kumköy-Şile	1982-2008	0,65	0,38	<u>3</u>	34

$q=0.5$ için sadece ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altında kalan ortak gidiş uzunluklarının teorik olasılık kütle fonksiyonları (3.3) denklemi ile hesaplanmıştır.

Gözlemlerin olasılık kütle fonksiyonları ise $P(N^-) = K^- / \sum_{i=1}^n i$ denklemi ile belirlenmiştir. Burada K^- gidiş uzunluğunun tekerrür sayısıdır. i ise gidiş uzunluklarının sayısıdır.

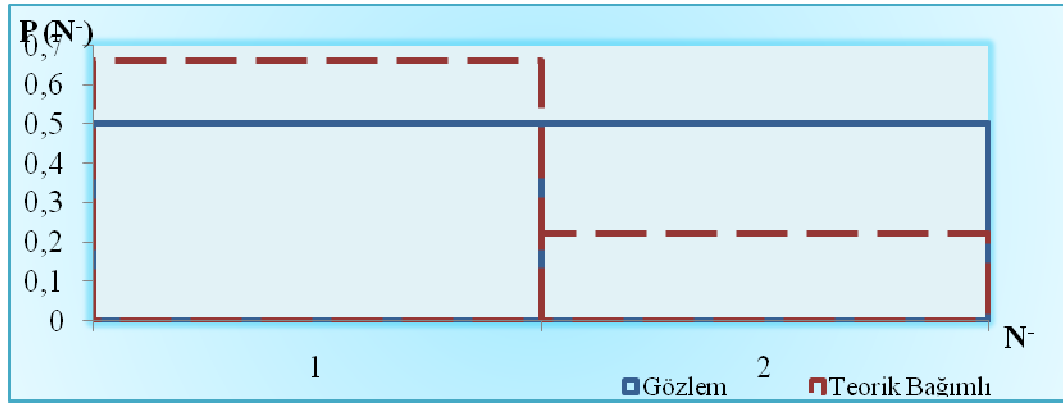
İSKİ yağış gözlem istasyonlarının $q=0.5$ için ikişerli olarak kıyaslanarak gözlem ve teorik bağımlı olmaları durumunda olasılık kütle fonksiyonu grafikleri gösterilmiştir.

Alibey-Büyükçekmece yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



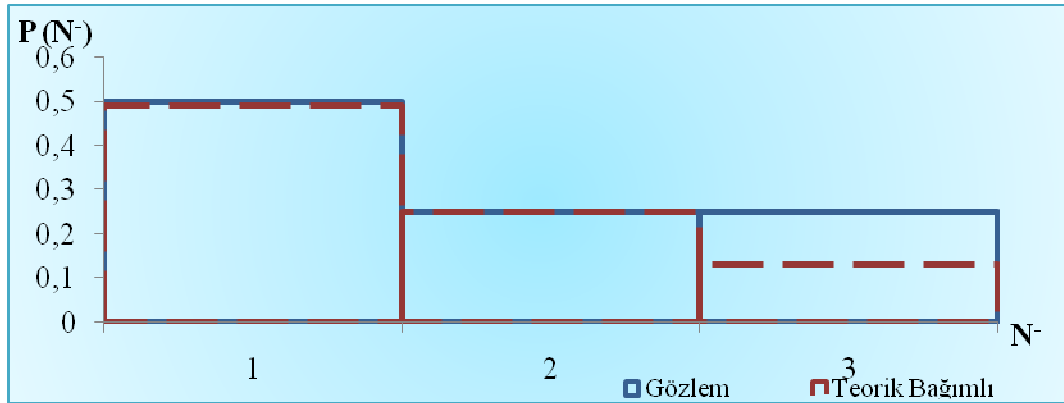
Şekil 3.1 Alibey-Büyükçekmece yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



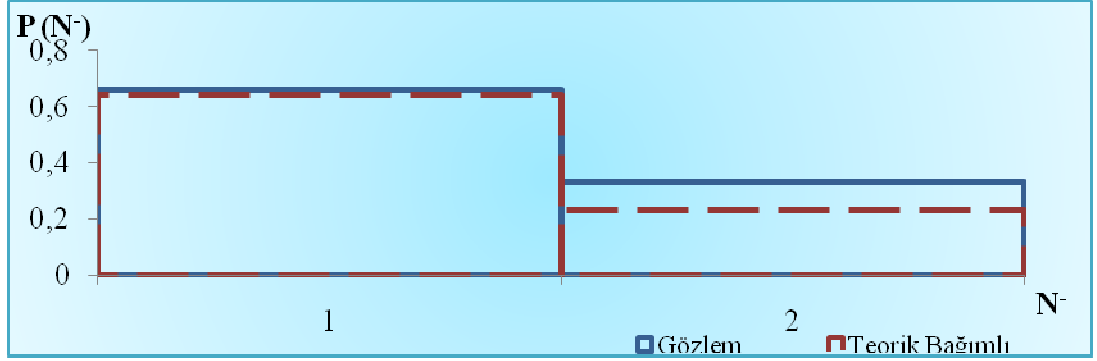
Şekil 3.2 Alibey-Darlık yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



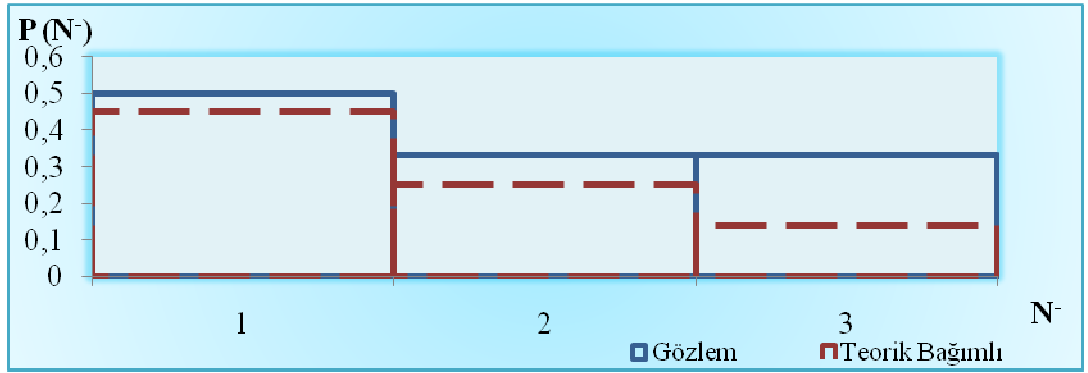
Şekil 3.3 Alibey- Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



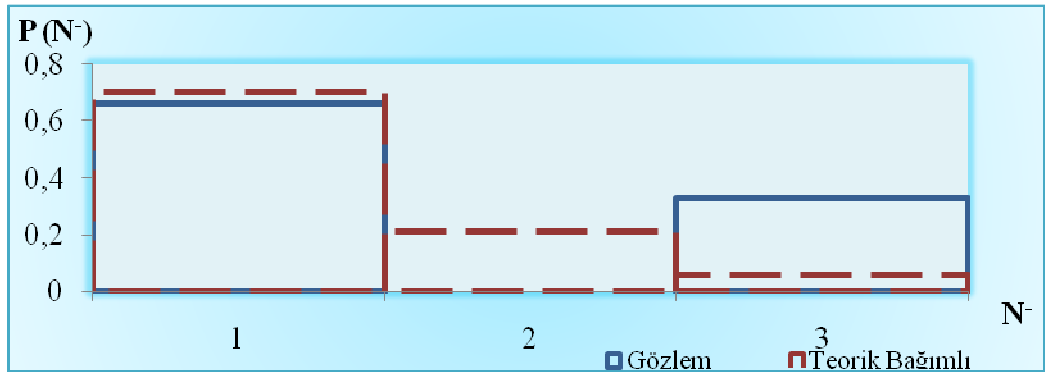
Şekil 3.4 Alibey- Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



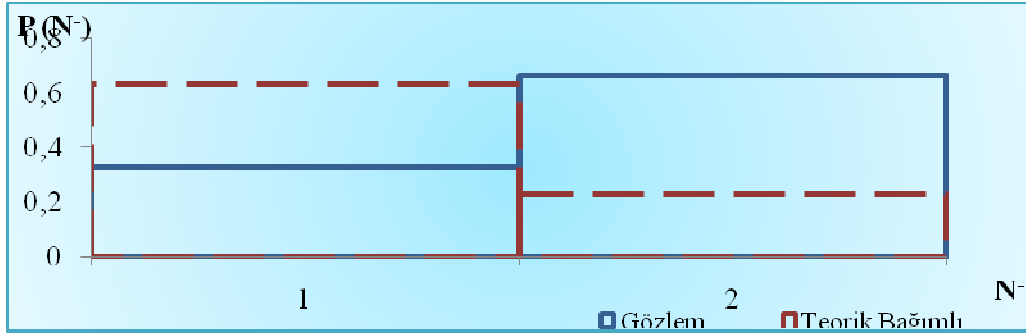
Şekil 3.5 Alibey-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



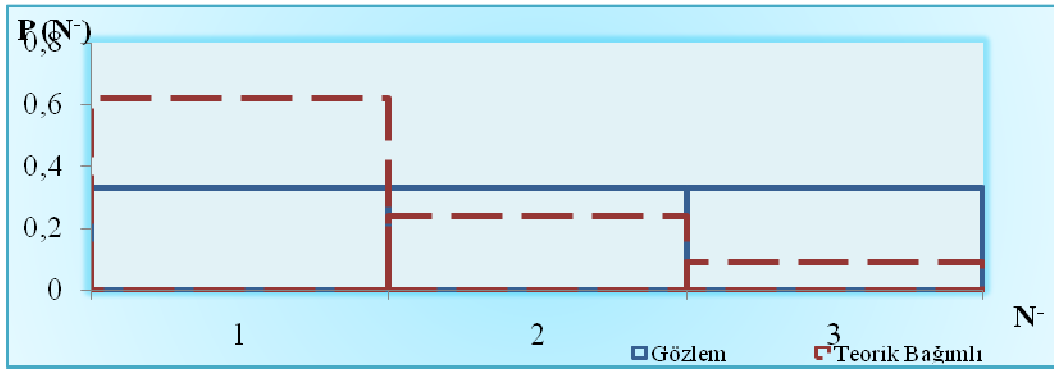
Şekil 3.6 Büyükçekmece-Darlık yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



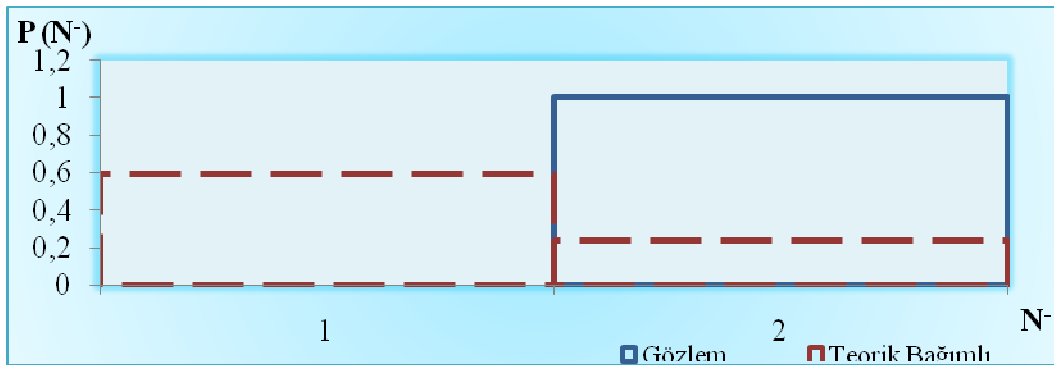
Şekil 3.7 Büyükçekmece-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



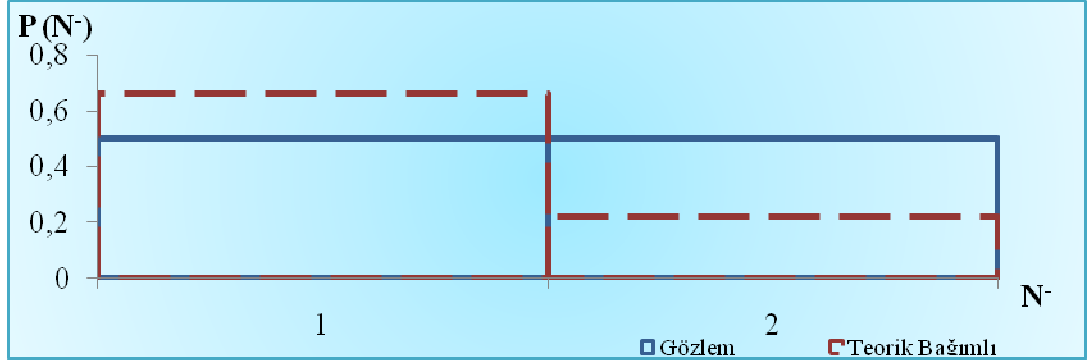
Şekil 3.8 Büyükçekmece-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



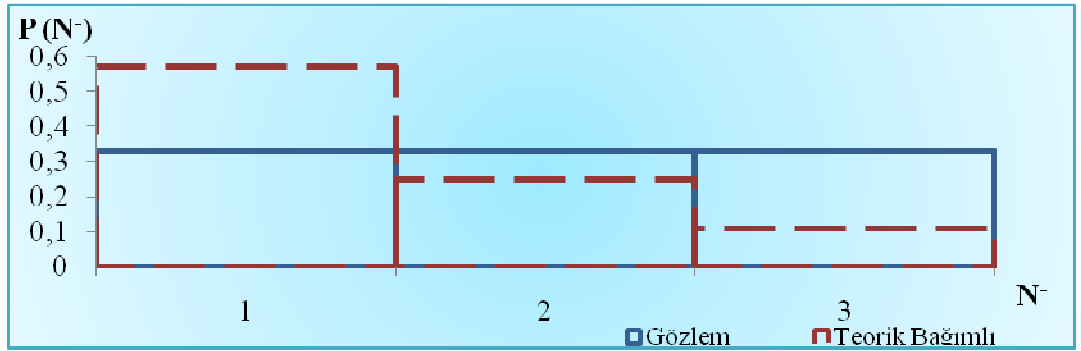
Şekil 3.9 Büyükçekmece-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



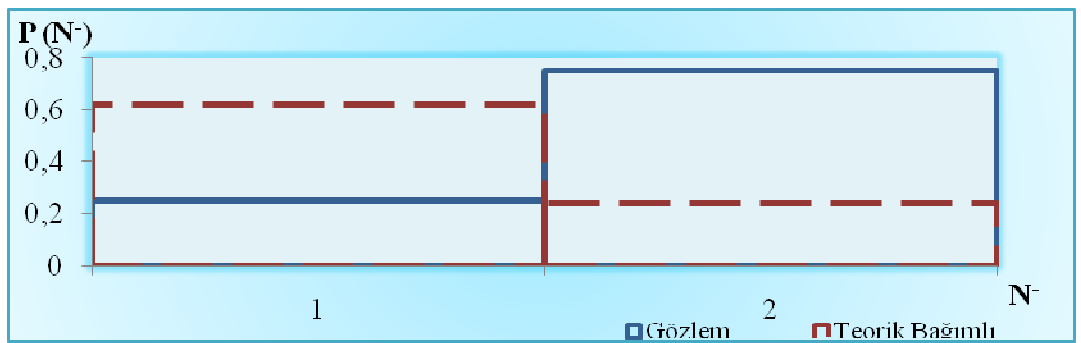
Şekil 3.10 Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



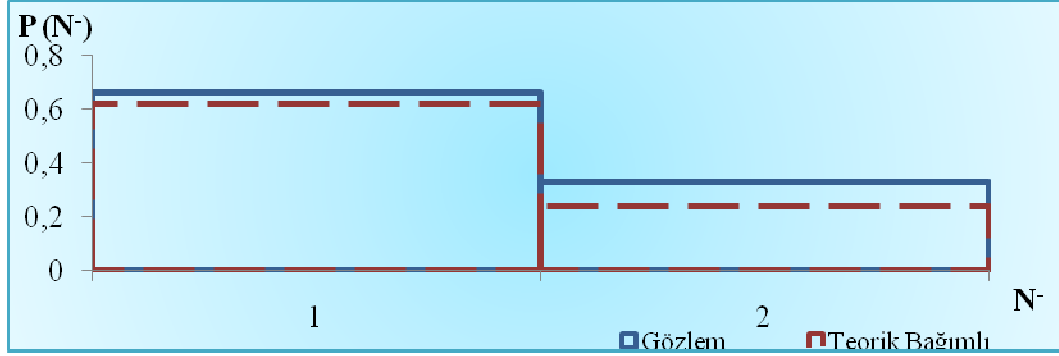
Şekil 3.11 Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



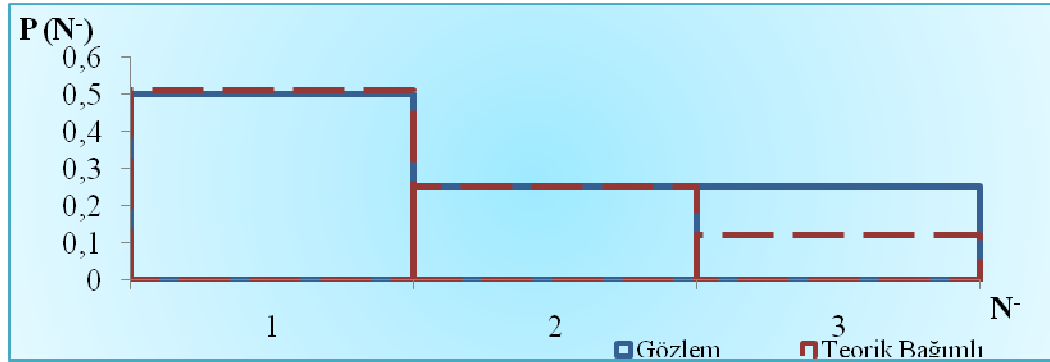
Şekil 3.12 Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



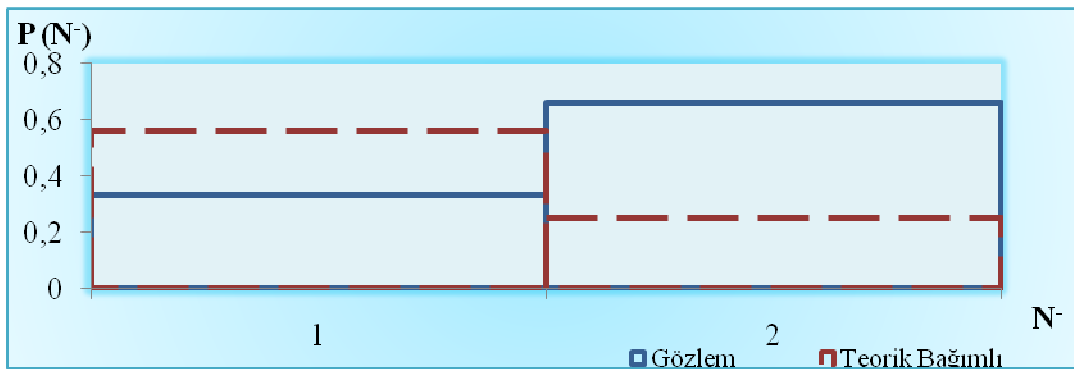
Şekil 3.13 Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

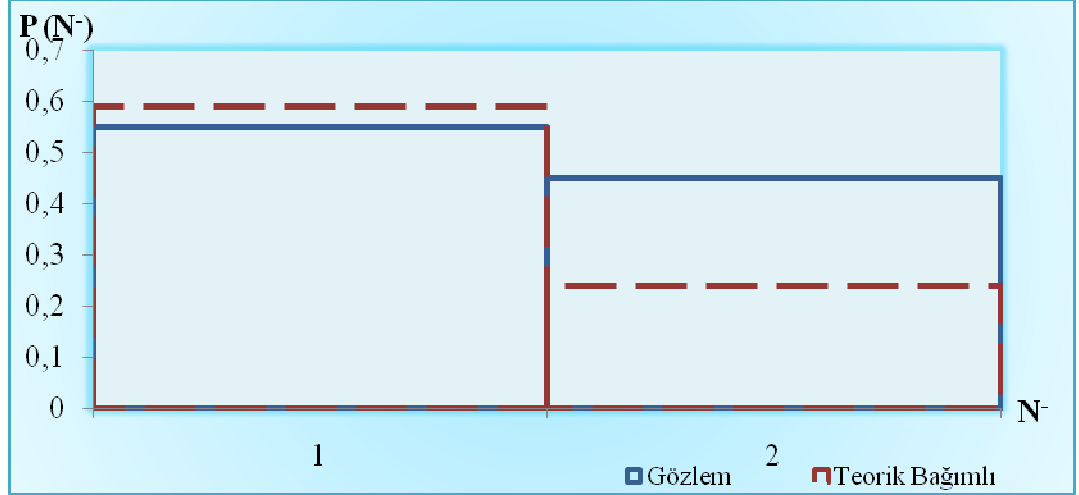
Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

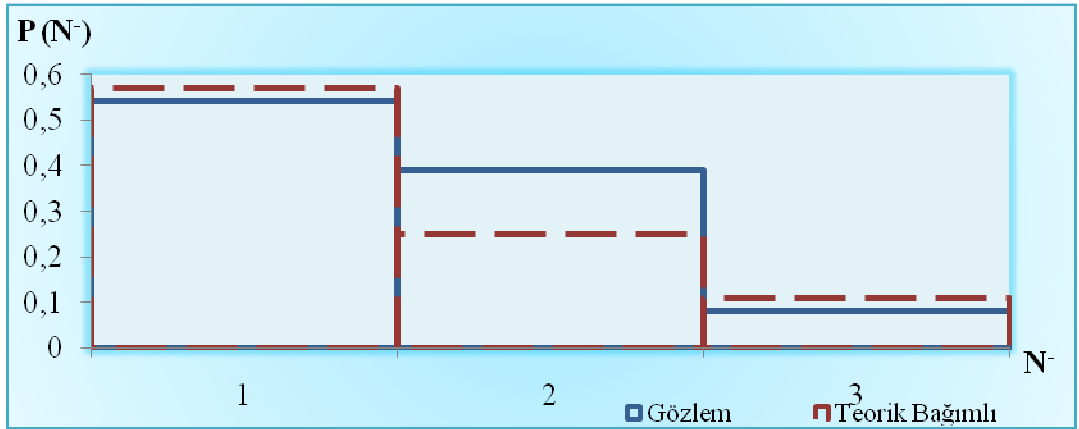
Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının $q=0.5$ için ikiyeşerli olarak kıyaslanarak gözlem ve teorik bağımlı olmaları durumunda olasılık kütle fonksiyonu grafikleri gösterilmiştir.

Göztepe-Sarıyer yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



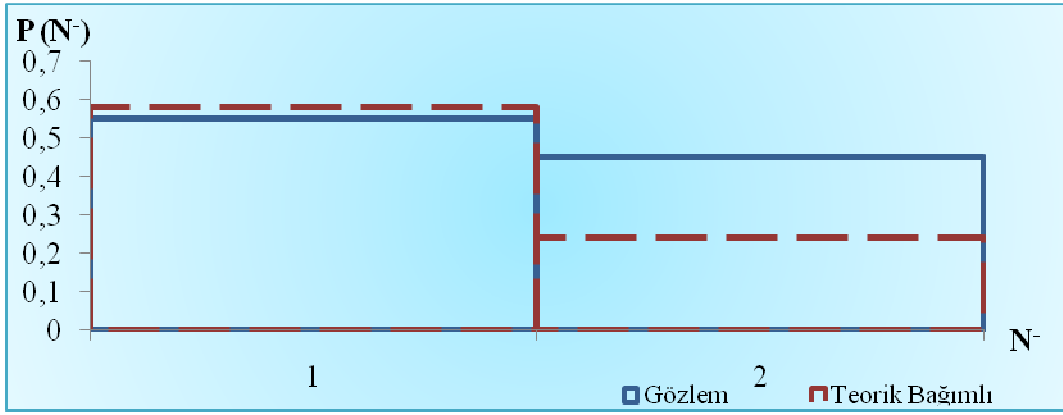
Şekil 3.16 Göztepe-Sarıyer yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Florya yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



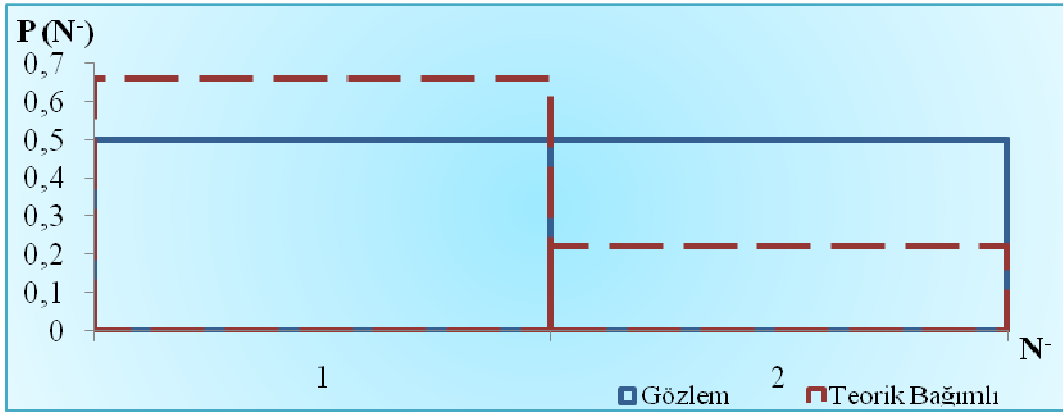
Şekil 3.17 Göztepe-Florya yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



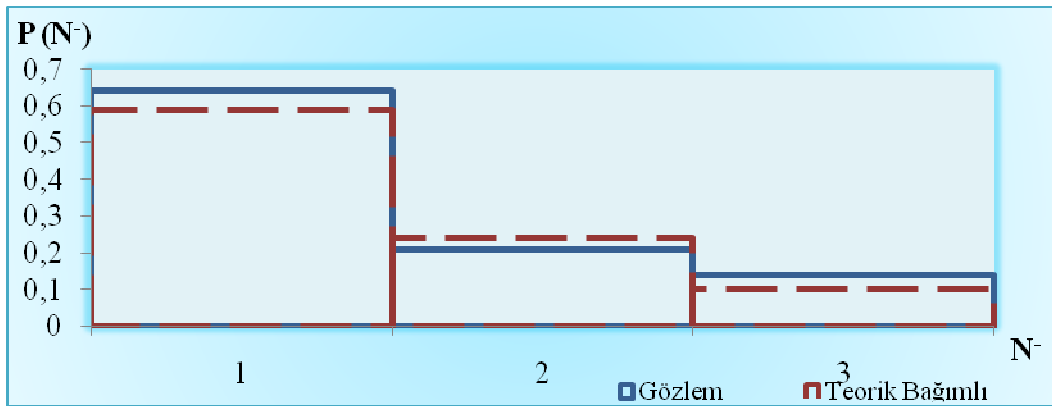
Şekil 3.18 Göztepe-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



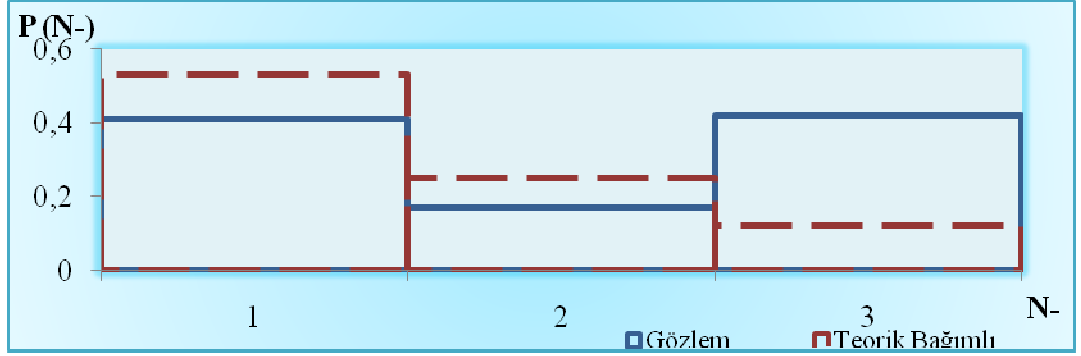
Şekil 3.19 Göztepe-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Florya yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



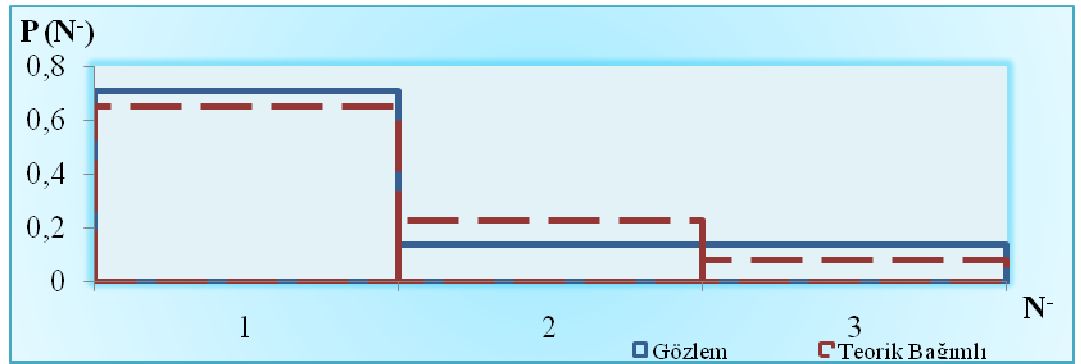
Şekil 3.20 Sarıyer-Florya yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



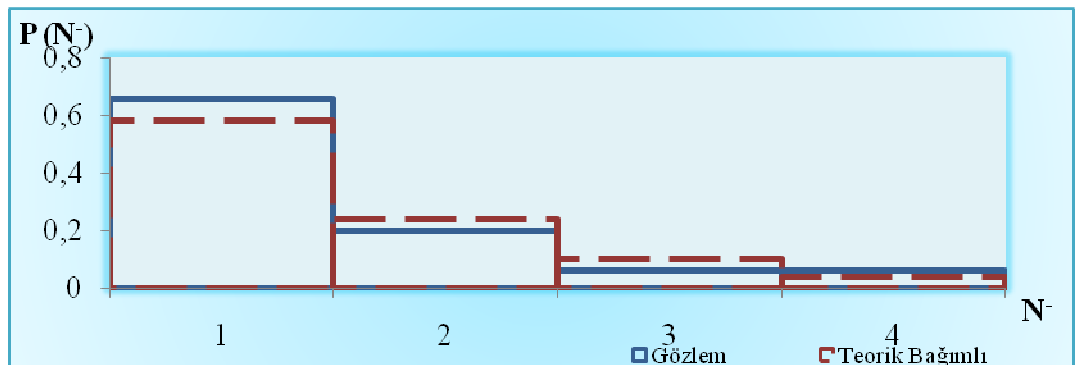
Şekil 3.21 Sarıyer-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



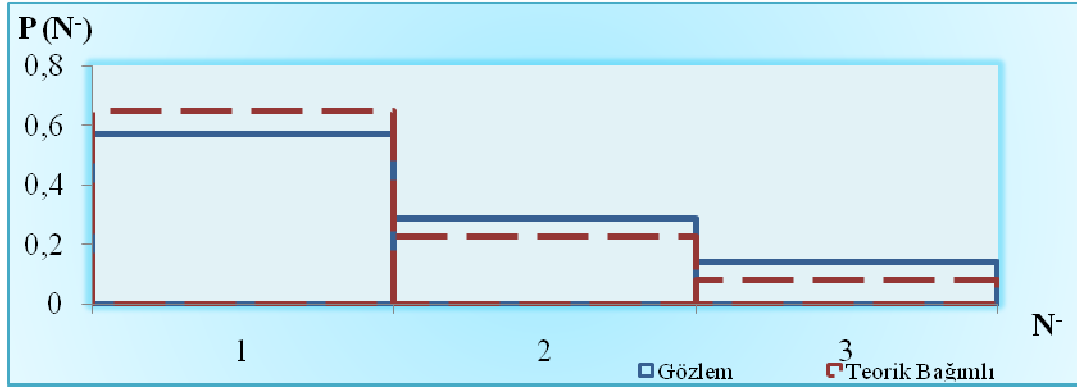
Şekil 3.22 Sarıyer-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



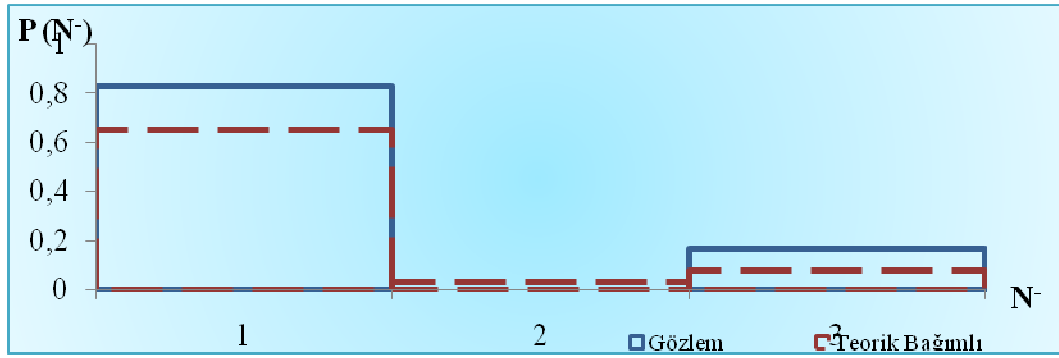
Şekil 3.23 Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.24 Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 3.25 Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

3.5 Sonuçlar

Bayazıt (1981) tarafından karşılıklı ve içsel bağımlı iki değişkenli Markov Süreçleri için stasyonier ortak negatif gidiş uzunluklarının olasılık dağılımlarının analitik bir ifadesi elde edilmiştir. Dağılımın içsel ve karşılıklı korelasyon katsayılarına bağlı tek parametrelili geometrik dağılım olduğu bulunmuştur. Bu bölümde gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları dağılımı ile teorik dağılım değerleri bulunmuştur.

Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarındaki ortak dönem teorik ve gözlem değerleri ortalama açısından birbiriyle yakın çıkmakla birlikte, varyans değerleri daha düşük değerler göstermiştir. Maksimum ortak kurak dönem 4 yıl ile Florya-Kumköy'de görülmüş, ancak dönüş aralığı ise 62 yıl olarak hesaplanmıştır.

İSKİ yağış gözlem istasyonlarındaki ortak dönem teorik ve gözlem değerleri ortalama açısından değişiklik göstermektedir. Varyans değerleri ise teorik değerlerden çoğunlukla oldukça düşük elde edilmiştir.

Maksimum ortak kurak dönem çoğunlukla 3 yılı geçmemiştir.

Aynı yıllarda görülen ortak kurak dönem uzunlukları belirlenmiş ve hesaplanan en uzun ortak kurak dönem için dönüş periyotları Çizelge 3.4 ve 3.8’ de verilmiştir. Kurak dönem süreleri kısaldıkça dönüş periyotları da kısalmakta tekrar görülme olasılığı artmaktadır. İstanbul’da 2 istasyonda aynı yıllarda görülen en uzun kurak dönem süreleri çoğunlukla 3 yıl olarak görülmektedir. Bunların dönüş periyotları 19 ile 47 yıl arasında değişim göstermektedir.

4. ÇOK DEĞİŞKENLİ SÜREÇLER İÇİN ORTAK GİDİŞ UZUNLUKLARININ DAĞILIMI

4.1 Giriş

Kuraklık, geniş bir alan üzerinde uzun zaman içerisinde meydana gelen önemli miktarda su eksikliği olarak tanımlanabilir (Da Cunha ve diğ., 1983). Kuraklık analizine başlamadan önce kuraklığın meydana geldiği kabul edilen kesim seviyesi ve kuraklık karakteristiklerini kapsayan minimum alan belirlenir. Kuraklıklar taşkınlardan farklı olarak, tek bir zaman aralığında değil, birden fazla zaman aralıklarında uzun süre devam eden eksikliklerdir. Bu yüzden havzanın çeşitli yerlerinde aynı yıllarda meydana gelen kuraklıkları incelemek önemlidir. Komşu bölgeler arasındaki su transferi veya birden fazla biriktirme haznesinde ortak işlemler ile ilgili durumlarda birden fazla yağış serilerinin ortak kurak periyotları araştırılmalıdır (Bayazıt, 1981).

Gidişler analizi, kuraklık çalışmalarında çok sık kullanılmıştır (Guerrero–Salazar ve Yevjevich, 1975). Kuraklık çalışmalarında gidişler analizi uygulamalarının çoğu tek istasyondaki kuraklıklarla ilgilidir. İki veya daha fazla yağışların zaman serileri ele alındığı zaman, bütün istasyonlarda aynı zamanda meydana gelen kurak periyodu karakterize eden ortak bir gidiş uzunluğu tanımlanabilir. Ortak negatif gidiş uzunluğu, bütün istasyonlardaki yağışların kendi kesim seviyelerinin altındaki aynı yıllarda gözlenen periyottur. Guerrero–Salazar ve Yevjevich (1975) iki istasyondaki kuraklıkları araştırmışlardır. Zaman serilerinin bağımsız olduğu durumda ortak gidiş uzunluğu dağılımı için basit bir analitik ifade elde etmişlerdir. Zaman serilerinin serisel olarak bağımlı durumunu deneysel metotla (Monte Carlo) çalışmışlardır. Bayazıt (1981) serisel ve karşılıklı olarak bağımlı stasyonlar için iki değişkenli süreçler için ortak gidiş uzunluğu olasılık dağılımının analitik ifadesini elde etmiştir. Ortak gidiş uzunluklarının, kesim seviyesi, serisel ve karşılıklı korelasyon katsayılarına bağlı tek parametrelili geometrik olarak dağılmış olduğunu bulmuştur. Tase (1967) ve Santos (1983) alansal kuraklık karakteristiklerinin tahmini için çalışmalar

yapmışlardır. Yevjevich (1983) alan eksikliği, toplam alansal eksiklik ve maksimum uzunluktaki eksiklik şartlarında bölgesel kuraklık karakteristiklerini incelemiştir. Bayazit ve Önöz (2004) çok değişkenli gidiş uzunluğu dağılımını incelemişler, iki değişkenli ortak gidiş uzunluklarının belirlenmesindeki metoda benzer yolla, analitik bir ifade elde etmişlerdir. Çok yerde aynı yıllarda gözlenen kurak devrelerin dönüş periyodunun analitik ifadesini elde etmişlerdir.

4.2 Çok Değişkenli Yağışların Ortak Gidiş Uzunlukları Dağılımı

Bayazit ve Önöz (2004) çok değişkenli yağışların ortak gidiş uzunluğu dağılımını şu şekilde elde etmişlerdir. Bir bölgedeki m istasyonda X_{ij} yıllık ortalama yağışları ele almışlardır. $i=1,2,...,m$ olsun, X_{ij} ' nin stasyoner stokastik süreç olduğu kabul edilir. Bütün yerlerde q küçük kalma olasılığı olarak seçilen x_{0i} eşik seviyesi aynıdır.

$$q = P(X_{ij} \leq x_{0i}) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.1)$$

Kesim seviyesinin altında kalan parantez içerisinde gösterilen tüm X_{pl} değerlerinin olasılığı $P(X_{pl})$ ile gösterilirse:

$$P(X_{pl}) = P(X_{pl} \leq x_{0p}) \quad (4.2)$$

m istasyonda k yıllarında eş zamanlı kurak periyot uzunlukları $N^- = k$ ortak negatif gidiş uzunluğu ile $X_{ij} \leq x_{0i}$, $i=1,2,...,m$ ve $j=1,2,...,k$ koşulu boyunca, karakterize edilir.

$$P(N^- = k) = [P(X_{1j}X_{2j}...X_{mj} | X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1})]^{k-1} \quad (4.3)$$

$$= [1 - P(X_{1j}X_{2j}...X_{mj} | X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1})]$$

Tek yerde belirli bir yıla ait yağış sadece o yerdeki bir önceki yılın yağışı ile bağımlı olduğu farz edilir ve diğer bütün yerlerdeki aynı yıllar için aynı durum geçerlidir.

$$P(x_{ij} | x_{pl}) = P(x_{ij}) \quad \text{ için } \quad (i \neq p \cap j \neq (\ell \cup \ell + 1)) \quad (4.4)$$

Bu sebeple, (4.3) denklemindeki koşul sadece j-1 yılının yağışlarını içerir. (4.3) denkleminin koşullu olasılığı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} P(X_{1j}X_{2j}...X_{mj} | X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1}) &= \frac{P(X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1}X_{1j}X_{2j}...X_{mj})}{P(X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1})} \\ &= \frac{P(X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1}) \cdot P(X_{1j} | X_{1,j-1}) \cdot P(X_{2j} | X_{2,j-1}X_{1j}) \dots P(X_{mj} | X_{m,j-1}X_{1j}...X_{m,j})}{P(X_{1,j-1}X_{2,j-1}...X_{m,j-1})} \end{aligned} \quad (4.5)$$

(4.5) denkleminin koşullu olasılığı aşağıdaki gibi düzenlenirse,

$$P(X_{2j} | X_{2,j-1} X_{1j}) = \frac{P(X_{2j} X_{2,j-1} X_{1j})}{P(X_{2,j-1} X_{1j})} = \frac{P(X_{1j} X_{2j}) \cdot P(X_{2,j-1} | X_{1j} X_{2j})}{P(X_{2,j-1}) \cdot P(X_{1j})} \quad (4.6)$$

$$= \frac{P(X_{1j} X_{2j}) \cdot P(X_{2,j-1} | X_{2j-1})}{P(X_{2,j-1}) \cdot P(X_{1j})} = \frac{P(X_{1j} X_{2j}) \cdot s_2}{q^2}$$

$$P(X_{3j} | X_{3,j-1} X_{1j} X_{2j}) = \frac{P(X_{1j} X_{2j} X_{3j}) P(X_{3,j-1} | X_{1j} X_{2j} X_{3j})}{P(X_{3,j-1} X_{1j} X_{2j})} \quad (4.7)$$

$$= \frac{P(X_{1j} X_{2j} X_{3j}) \cdot P(X_{3j} | X_{3,j-1})}{P(X_{3,j-1}) P(X_{1j} X_{2j})} = \frac{P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{3j}) \cdot s_3}{q \cdot P(X_{1j} X_{2j})}$$

benzer olarak,

$$P(X_{mj} | X_{m,j-1} \dots X_{mj}) = \frac{P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{mj}) \cdot s_m}{q \cdot P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{mj})} \quad (4.8)$$

$$s_i = P(X_{ij} | X_{i,j-1}) \quad (4.9)$$

olarak tanımlanır.

(4.6), (4.7) ve (4.8) denklemleri (4.5) denkleminde yerine konulursa:

$$\begin{aligned} & P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{mj} | X_{1,j-1} X_{2,j-1} \dots X_{m,j-1}) \\ &= s_1 \frac{P(X_{1j} X_{2j}) \cdot s_2}{q^2} \cdot \frac{P(X_{1j} X_{2j} X_{3j}) s_3}{q \cdot P(X_{1j} X_{2j})} \dots \frac{P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{mj}) \cdot s_m}{q \cdot P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{m-1,j})} \\ &= \frac{s_1 \cdot s_2 \dots s_m P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{mj})}{q^m} \end{aligned} \quad (4.10)$$

θ parametresi aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$\theta = 1 - \frac{s_1 s_2 \dots s_m P(X_{1j} X_{2j} \dots X_{mj})}{q^m} \quad (4.11)$$

(4.3) denklemini indirgenirse:

$$P(N = k) = (1 - \theta)^{k-1} \theta \quad (4.12)$$

(4.12) denklemi çok değişkenli ortak gidiş uzunluğunun olasılık kütle fonksiyonunu verir. Çok değişkenli gidiş uzunluklarının ortalaması ve varyansı aşağıdaki şekilde hesap edilir:

$$E(N^-)=1/\theta, \quad \text{Var}(N^-)=(1-\theta)/\theta^2 \quad (4.13)$$

4.3 Çok Yerde Görülen Kurak Devrelerin Dönüş Periyodu

Tek yerdeki kuraklıkların dönüş periyodu Fernandez ve Salas (1999) ve Bayazit (2001) tarafından çalışılmıştır. Birinci dereceden Markov süreçlerinin yerini tutan iki durumlu Markov zinciri için Fernandez ve Salas (1999) gidiş uzunluğunun T dönüş periyodu tahmini için bir yöntem geliştirmiştir.

Çok yerdeki kuraklıkların dönüş periyodunun T, ifadesi ardışık iki olay arasındaki beklenen yıl sayısı Bayazit (2001) tarafından verilen tek yerdeki kuraklıkların dönüş periyodu ifadesine benzer yöntemle elde edilmiştir. M adet istasyonla yeterince uzun n yıllık yağışların olduğu düşünülür. Çok yerdeki kuraklıkların beklenen toplam uzunluğu şu şekildedir:

$$E(N_T^-)=P(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) \cdot n \quad (4.14)$$

$E(N_T^-)$ 'nin (4.13) denkleminde verilen gidiş uzunluğu ortalamasına bölümü, herhangi bir uzunluktaki ortak gidişlerin toplam sayısı C' nin beklenen değeri ile elde edilir.

$$E(C)=P(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) \cdot n / (1/\theta) \quad (4.15)$$

Ortak gidiş uzunluğunun k'ya eşit veya daha büyük olma olasılığı:

$$F_1(k)=P(N \geq k)=\sum_{k=1}^{\infty} (1-\theta)^{k-1} \theta = (1-\theta)^{k-1} \quad (4.16)$$

$$E(C_k)=E(C) \cdot F_1(k)=\theta (1-\theta)^{k-1} P(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj}) \cdot n \quad (4.17)$$

T dönüş periyodu örneğin toplam uzunluğunun n, beklenen gidiş sayısına oranı olarak hesap belirlenebilir. Böylece, gidiş uzunluğu k için, aşağıdaki denklem elde edilir:

$$T(N=k) = \frac{n}{\theta (1-\theta)^{k-1} P(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})} = \frac{1}{\theta (1-\theta)^{k-1} P(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})} \quad (4.18)$$

4.4 θ Parametresinin Hesaplanması

Geometrik dağılım parametresi θ , s_i ve $P(X_{1j}X_{2j}\dots X_{mj})$ bilindiği zaman bulunabilir. Yağışların çok değişkenli normal dağılıma uyduğu kabul edilir. Koşullu olasılık s_i , yıllık yağışların normal dağılım hali için hesaplanabilir:

$$s_i = P(X_{ij} | X_{i,j-1}) = \frac{P(X_{ij}X_{i,j-1})}{q} = \frac{P(X_{ij} \leq x_{0i}, X_{i,j-1} \leq x_{0i})}{q} \quad (4.19)$$

İstenilen olasılık iki değişkenli normal dağılım çizelgeleri kullanılarak ya da verilen q için Çizelge 2.1' den s_i değerleri yıllık ortalama yağışların birinci otokorelasyon katsayısı ρ_i için nümerik integrasyonla hesap edilebilir.

$P(X_{1j}X_{2j}\dots X_{mj})$, bütün istasyonlarda, yağışların kesim seviyesi altında kalma olasılığıdır. Karşılıklı bağımsız yağışlar için $P(X_{1j}X_{2j}\dots X_{mj})$ her birinin olasılıklarının çarpımına eşit çıkar:

$$P(X_{1j}X_{2j} \dots X_{mj}) = \prod_{i=1}^m P(X_i) = q^m \quad (4.20)$$

İki istasyon için, $P(X_{1j}X_{2j})$, (4.9) denkleminde tanımlanan s_i kullanılarak hesap edilebilir:

$$P(X_{1j}X_{2j}) = q \cdot P(X_{1j} | X_{2j}) = q \cdot s_{12} \quad (4.21)$$

burada s_{12} , korelasyon katsayısı ρ_{12} kullanılarak hesap edilir.

3 istasyon için, Owen (1962) $P(X_{1j}X_{2j}X_{3j})$ olasılığının hesaplanması için üç değişkenli normal dağılım çizelgeleri hazırlanmıştır. Hesaplama oldukça uzundur. Medyan kesim seviyesi ($q=0.5$) için Kendall ve Stuart (1963) tarafından basit bir ifade verilmiştir:

$$P(X_{1j}X_{2j}X_{3j}) = \frac{1}{8} + \frac{1}{4\pi} (\arcsin \rho_{12} + \arcsin \rho_{13} + \arcsin \rho_{23}) \quad (4.22)$$

Medyan seviyesinde $m=4$ için de benzer yaklaşımla şu ifade elde edilebilir:

$$P(X_{1j}X_{2j}X_{3j}X_{4j}) \cong \frac{1}{16} + \frac{1}{8\pi} \sum \rho_{ik} + \frac{1}{4\pi^2} \sum \rho_{ik} \rho_{lk} + \dots \quad (4.23)$$

Fakat, (4.23) denklemindeki seriler, eğer ρ_{ik} küçük değilse yavaş yakınsar, hatta serideki terimler her zaman pozitif olmayabilir.

4.5 Uygulamalar

Bu bölümde, istasyon isimleri ve gözlem periyotları Çizelge 2.1’de verilen İSKİ ve Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarında ölçülen yağışlar için 3, 4 ve 5 istasyonun birbiri ile bağımlı olması durumunda kurak devre özellikleri incelenmiştir. İstasyonlarda ölçülen yağışların serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumu ele alınmıştır.

4.5.1 Üç istasyonun ortak kurak dönem analizi

Bu bölümde, İSKİ yağış gözlem istasyonlarında $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 3 istasyonda aynı yıllarda oluşan ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 4.1 de gösterilmiştir. Bütün bağımlılık durumlarında gözlemlerin ortak periyodu 1995-2008 yılları arasındadır.

Çizelge 4.1 $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon Adı	N (Yıl)			
Alibey-Büyükçekmece-Darlık	2	1	1	
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı	2	2	1	
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli	2	1		
Alibey-Büyükçekmece-Terkos	2	2	1	
Alibey-Darlık-Elmalı	2	2	1	1
Alibey-Darlık-Ömerli	2	1	1	
Alibey-Darlık-Terkos	2	2	1	1
Alibey-Elmalı-Ömerli	2	1	1	
Alibey-Elmalı-Terkos	2	3	1	1
Alibey-Ömerli-Terkos	2	1	1	
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	2	2	1	
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	2	3		
Büyükçekmece-Darlık-Terkos	2	2	2	
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	2	1		
Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	2	2	1	
Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	2	2		
Darlık-Elmalı-Ömerli	2	1	1	
Darlık-Elmalı-Terkos	2	2	1	1
Darlık-Ömerli-Terkos	2	1	2	
Elmalı-Ömerli-Terkos	2	1	1	

3 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının karakteristikleri Çizelge 4.2’ de gösterilmiştir. Koşullu olasılık s değerleri $q=0.5$ için Çizelge 2.1’den bulunmuştur.

Çizelge 4.2 $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.

İstasyon Adı	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_{12}	ρ_{13}	ρ_{23}	s_1	s_2	s_3
Alibey-Büyükçekmece-Darlık	0,24	-0,02	-0,16	0,72	0,44	0,54	0,58	0,49	0,45
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı	0,24	-0,02	0,11	0,72	0,85	0,59	0,58	0,49	0,54
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli	0,24	-0,02	0,40	0,72	-0,03	0,33	0,58	0,49	0,63
Alibey-Büyükçekmece-Terkos	0,24	-0,02	0,39	0,72	0,76	0,51	0,58	0,49	0,63
Alibey-Darlık-Elmalı	0,24	-0,16	0,11	0,44	0,85	0,59	0,58	0,45	0,54
Alibey-Darlık-Ömerli	0,24	-0,16	0,40	0,44	-0,03	0,72	0,58	0,45	0,63
Alibey-Darlık-Terkos	0,24	-0,16	0,39	0,44	0,76	0,50	0,58	0,45	0,63
Alibey-Elmalı-Ömerli	0,24	0,11	0,40	0,85	-0,03	0,18	0,58	0,54	0,63
Alibey-Elmalı-Terkos	0,24	0,11	0,39	0,85	0,76	0,65	0,58	0,54	0,63
Alibey-Ömerli-Terkos	0,24	0,40	0,39	-0,03	0,76	0,18	0,58	0,63	0,63
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	-0,02	-0,16	0,11	0,54	0,59	0,59	0,49	0,45	0,54
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	-0,02	-0,16	0,40	0,54	0,33	0,72	0,49	0,45	0,63
Büyükçekmece-Darlık-Terkos	-0,02	-0,16	0,39	0,54	0,51	0,50	0,49	0,45	0,63
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	-0,02	0,11	0,40	0,59	0,33	0,18	0,49	0,54	0,63
Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	-0,02	0,11	0,39	0,59	0,51	0,65	0,49	0,54	0,63
Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	-0,02	0,40	0,39	0,33	0,51	0,18	0,49	0,63	0,63
Darlık-Elmalı-Ömerli	-0,16	0,11	0,40	0,59	0,72	0,18	0,45	0,54	0,63
Darlık-Elmalı-Terkos	-0,16	0,11	0,39	0,59	0,50	0,65	0,45	0,54	0,63
Darlık-Ömerli-Terkos	-0,16	0,40	0,39	0,72	0,50	0,18	0,45	0,63	0,63
Elmalı-Ömerli-Terkos	0,11	0,40	0,39	0,18	0,65	0,18	0,54	0,63	0,63

Çizelge 4.2’ de gösterilen s değerleri, 3 istasyonda ortak periyotta gözlenen yağışların serisel 1. otokorelasyon katsayılarına bağlı olarak Çizelge 2.1’ den hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1’ de gösterilen ortak gidiş uzunlukları değerleri kullanılarak gözlemlerin ortalama $E(N)$ ve Varyans $Var(N)$ değerleri bulunmuştur. (4.13) denklemlerini kullanarak 3 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ kesim seviyesi için teorik olarak $E(N)$ ve $Var(N)$ değerleri bulunmuş ve Çizelge 4.3’ te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.

			Teorik		Gözlem	
İstasyon Adı	$P(x_{1j}, x_{2j}, x_{3j})$	Θ	$E(N)$	$Var(N)$	$E(N)$	$Var(N)$
Alibey-Büyükçekmece-Darlık	0,27	0,72	1,38	0,53	1,33	0,33
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı	0,32	0,61	1,64	1,06	1,67	0,33
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli	0,21	0,69	1,44	0,64	1,50	0,50
Alibey-Büyükçekmece-Terkos	0,30	0,57	1,75	1,32	1,67	0,33
Alibey-Darlık-Elmalı	0,29	0,67	1,49	0,73	1,50	0,33
Alibey-Darlık-Ömerli	0,22	0,71	1,42	0,59	1,33	0,33
Alibey-Darlık-Terkos	0,27	0,64	1,56	0,87	1,50	0,33
Alibey-Elmalı-Ömerli	0,22	0,65	1,53	0,81	1,33	0,33
Alibey-Elmalı-Terkos	0,33	0,48	2,09	2,28	1,75	0,92
Alibey-Ömerli-Terkos	0,21	0,62	1,61	0,99	1,33	0,33
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	0,27	0,74	1,35	0,47	1,67	0,33
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	0,26	0,71	1,41	0,58	2,50	0,50
Büyükçekmece-Darlık-Terkos	0,26	0,72	1,40	0,55	2,00	0,00
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	0,22	0,71	1,41	0,57	1,50	0,50
Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	0,28	0,63	1,58	0,92	1,67	0,33
Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	0,21	0,68	1,48	0,71	2,00	0,00
Darlık-Elmalı-Ömerli	0,25	0,69	1,45	0,66	1,33	0,33
Darlık-Elmalı-Terkos	0,27	0,67	1,50	0,75	1,50	0,33
Darlık-Ömerli-Terkos	0,25	0,61	1,64	1,05	1,67	0,33
Elmalı-Ömerli-Terkos	0,21	0,64	1,57	0,89	1,33	0,33

$q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki kurak dönemlerin uzunlukları belirlenmiş, en uzun kurak dönem için (4.18) denklemi ile dönüş periyotları hesap edilerek Çizelge 4.4’ te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Üç yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyodu.

İstasyon Adı	Ortak Periyot	q	N _{max} (Yıl)	Dönüş Aralığı (Yıl)
Alibey-Büyükçekmece-Darlık	1995-2008	0,5	2	18
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı	1995-2008		2	14
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli	1995-2008		2	22
Alibey-Büyükçekmece-Terkos	1995-2008		2	14
Alibey-Darlık-Elmalı	1995-2008		2	16
Alibey-Darlık-Ömerli	1995-2008		2	22
Alibey-Darlık-Terkos	1995-2008		2	16
Alibey-Elmalı-Ömerli	1995-2008		2	20
Alibey-Elmalı-Terkos	1995-2008		3	23
Alibey-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	20
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	1995-2008	0,5	2	19
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	1995-2008		3	64
Büyükçekmece-Darlık-Terkos	1995-2008		2	19
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	1995-2008		2	22
Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	1995-2008		2	16
Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	22
Darlık-Elmalı-Ömerli	1995-2008	0,5	2	18
Darlık-Elmalı-Terkos	1995-2008		2	16
Darlık-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	17
Elmalı-Ömerli-Terkos	1995-2008	0,5	2	21

Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarında q=0.5 için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 3 istasyonda aynı yıllarda oluşan ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 4.5’ te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 q=0.5 için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon Adı	N (Yıl)												
Göztepe-Sarıyer-Florya	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1		
Göztepe-Sarıyer-Kumköy	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1		
Göztepe-Sarıyer-Şile	1	1	1	1	2	1							
Göztepe-Florya-Kumköy	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2		
Göztepe-Florya-Şile	1	1	1	2	2	2							
Göztepe-Kumköy-Şile	1	1	1	1	2	1							
Sarıyer-Florya-Kumköy	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1
Sarıyer-Florya-Şile	1	1	1	1	3	1	1						
Sarıyer-Kumköy-Şile	1	1	1	1	3	1							
Florya-Kumköy-Şile	1	1	1	1	3	1							

3 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının karakteristikleri Çizelge 4.6’ da gösterilmiştir. Koşullu olasılık s değerleri $q=0.5$ için Çizelge 2.1’den bulunmuştur.

Çizelge 4.6 $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.

İstasyon Adı	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_{12}	ρ_{13}	ρ_{23}	s_1	s_2	s_3
Göztepe-Sarıyer-Florya	0,04	0,14	0,07	0,70	0,84	0,66	0,51	0,54	0,52
Göztepe-Sarıyer-Kumköy	0,04	0,14	0,15	0,70	0,71	0,78	0,51	0,54	0,55
Göztepe-Sarıyer-Şile	0,04	0,14	-0,24	0,70	0,81	0,78	0,51	0,54	0,42
Göztepe-Florya-Kumköy	0,04	0,07	0,15	0,84	0,71	0,69	0,51	0,52	0,55
Göztepe-Florya-Şile	0,04	0,07	-0,24	0,84	0,81	0,80	0,51	0,52	0,42
Göztepe-Kumköy-Şile	0,04	0,15	-0,24	0,71	0,81	0,71	0,51	0,55	0,42
Sarıyer-Florya-Kumköy	0,14	0,07	0,15	0,66	0,78	0,69	0,54	0,52	0,55
Sarıyer-Florya-Şile	0,14	0,07	-0,24	0,66	0,78	0,80	0,54	0,52	0,42
Sarıyer-Kumköy-Şile	0,14	0,15	-0,24	0,78	0,78	0,71	0,54	0,55	0,42
Florya-Kumköy-Şile	0,07	0,15	-0,24	0,69	0,80	0,71	0,52	0,55	0,42

Çizelge 4.6’ da gösterilen s değerleri, 3 istasyonda ortak periyotta gözlenen yağışların serisel 1. otokorelasyon katsayılarına bağlı olarak Çizelge 2.1’ den hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5’ te gösterilen ortak gidiş uzunlukları değerleri kullanılarak gözlemlerin ortalama $E(N)$ ve Varyans $Var(N)$ değerleri bulunmuştur. (4.13) denklemlerini kullanarak 3 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ kesim seviyesi için teorik olarak $E(N)$ ve $Var(N)$ değerleri bulunmuş ve Çizelge 4.7’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.

İstasyon Adı			Teorik		Gözlem	
	$P_{(x_{1j},2,3_j)}$	Θ	$E(N)$	$Var(N)$	$E(N)$	$Var(N)$
Göztepe-Sarıyer-Florya	0,32	0,62	1,61	0,98	1,27	0,22
Göztepe-Sarıyer-Kumköy	0,32	0,61	1,64	1,04	1,36	0,25
Göztepe-Sarıyer-Şile	0,33	0,69	1,44	0,64	1,17	0,17
Göztepe-Florya-Kumköy	0,34	0,61	1,64	1,06	1,27	0,22
Göztepe-Florya-Şile	0,35	0,69	1,46	0,67	1,50	0,30
Göztepe-Kumköy-Şile	0,32	0,70	1,44	0,63	1,17	0,17
Sarıyer-Florya-Kumköy	0,31	0,61	1,63	1,04	1,46	0,60
Sarıyer-Florya-Şile	0,33	0,69	1,45	0,64	1,29	0,57
Sarıyer-Kumköy-Şile	0,33	0,67	1,49	0,73	1,33	0,67
Florya-Kumköy-Şile	0,32	0,69	1,45	0,65	1,33	0,67

$q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki kurak dönemlerin uzunlukları belirlenmiş, en uzak kurak dönemler için (4.18) denklemi ile dönüş periyotları hesap edilerek Çizelge 4.8’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Üç yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyodu.

İstasyon Adı	Ortak Periyot	q	N _{max} (Yıl)	Dönüş Aralığı (Yıl)
Göztepe-Sarıyer-Florya	1949-2008	0,5	2	13
Göztepe-Sarıyer-Kumköy	1951-2008		2	13
Göztepe-Sarıyer-Şile	1982-2008		2	14
Göztepe-Florya-Kumköy	1951-2008		2	12
Göztepe-Florya-Şile	1982-2008		2	13
Göztepe-Kumköy-Şile	1982-2008		2	15
Sarıyer-Florya-Kumköy	1951-2008	0,5	<u>3</u>	35
Sarıyer-Florya-Şile	1982-2008		<u>3</u>	47
Sarıyer-Kumköy-Şile	1982-2008		<u>3</u>	42
Florya-Kumköy-Şile	1982-2008	0,5	<u>3</u>	47

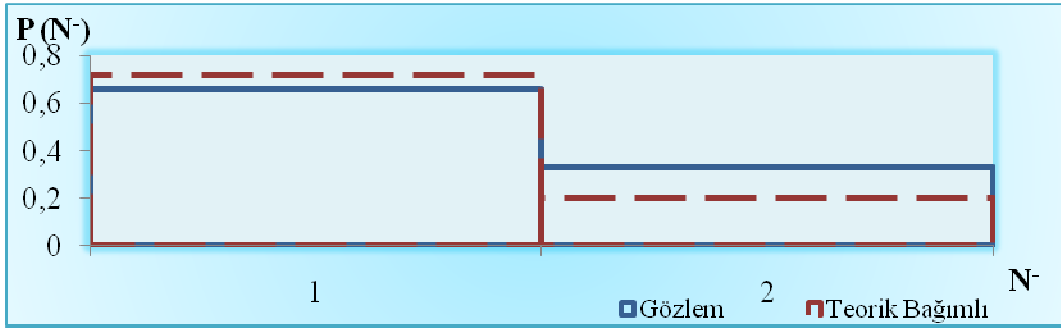
$q=0.5$ için sadece ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altında kalan ortak gidiş uzunluklarının teorik olasılık kütle fonksiyonları (4.12) denklemi ile hesaplanmıştır.

Gözlemlerin olasılık kütle fonksiyonları ise $P(N) = K / \sum_{i=1}^n i$ denklemi ile

belirlenmiştir. Burada K gidiş uzunluğunun tekerrür sayısıdır. i ise gidiş uzunluklarının sayısıdır.

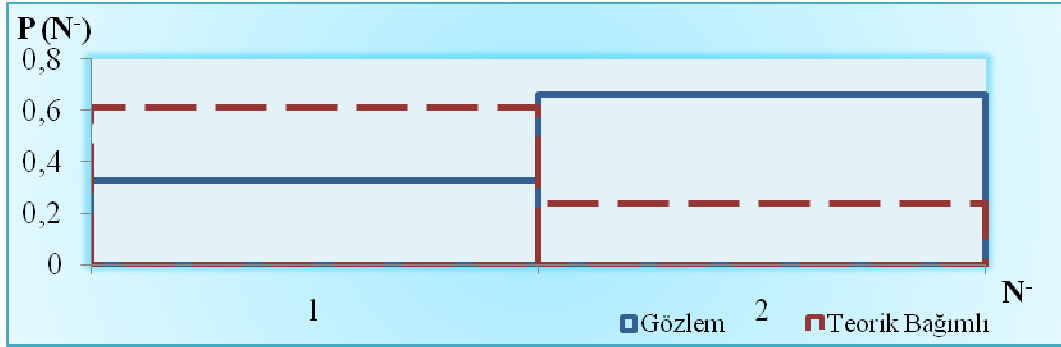
İSKİ yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için üçerli olarak kıyaslanarak olasılık kütle fonksiyonu grafikleri gösterilmiştir.

Alibey-Büyükçekmece-Darlık yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



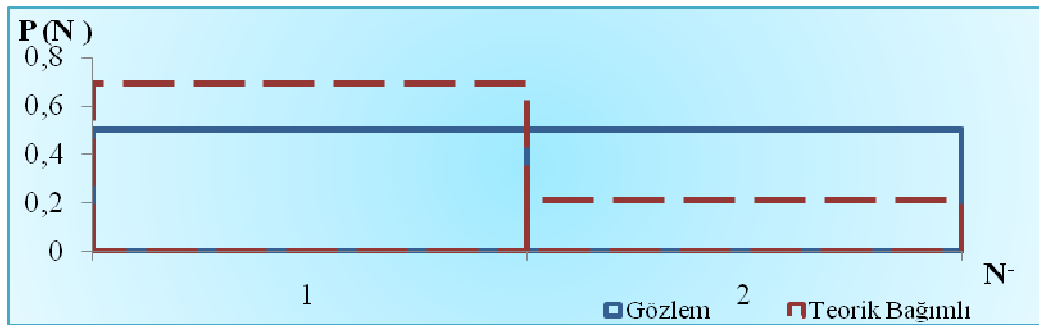
Şekil 4.1 Alibey-Büyükçekmece-Darlık yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



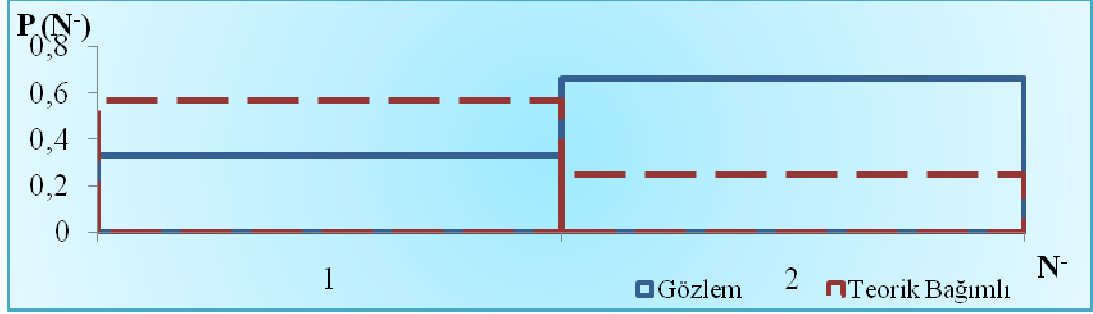
Şekil 4.2 Alibey-Büyükçekmece-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



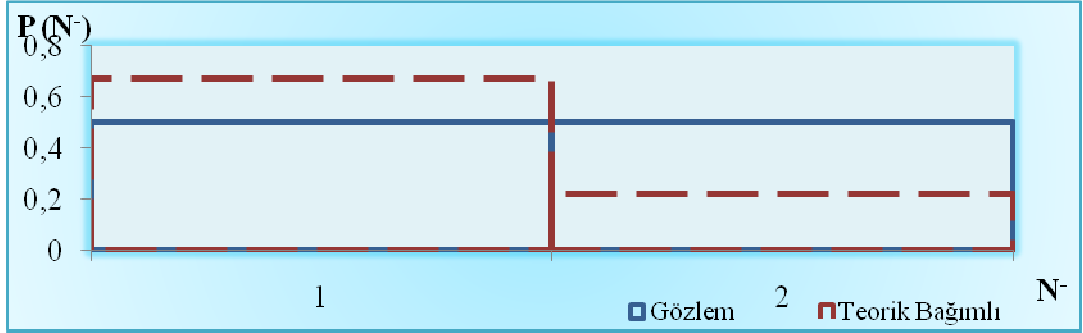
Şekil 4.3 Alibey-Büyükçekmece-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



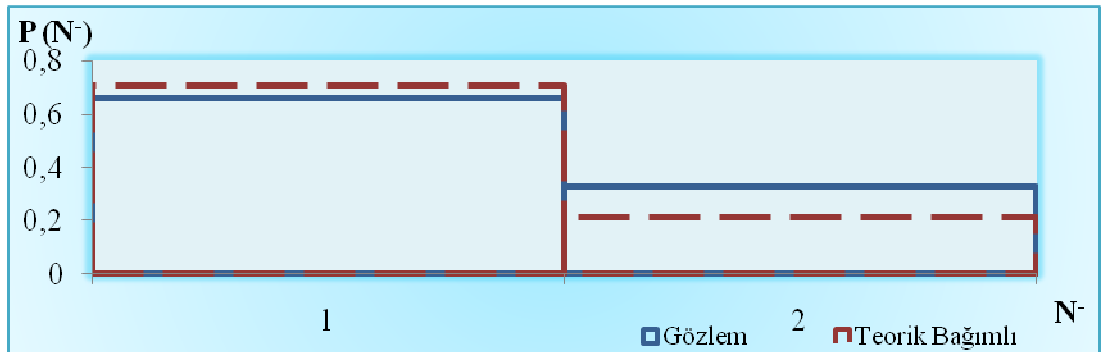
Şekil 4.4 Alibey-Büyükçekmece-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



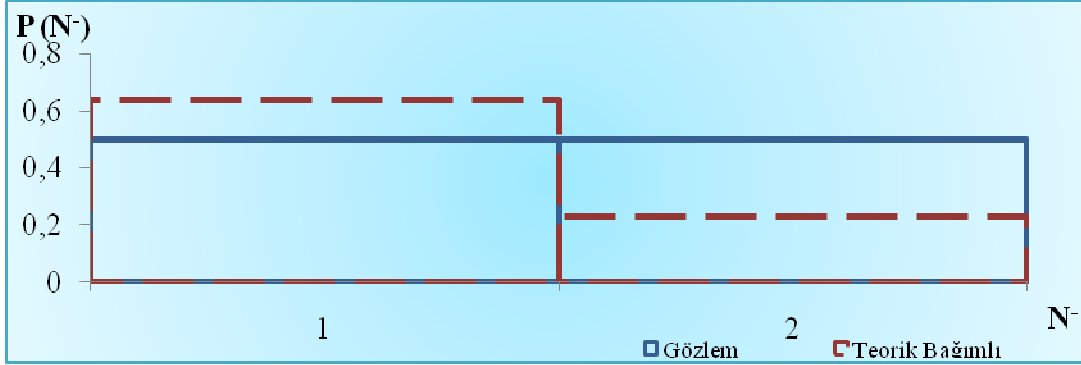
Şekil 4.5 Alibey-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



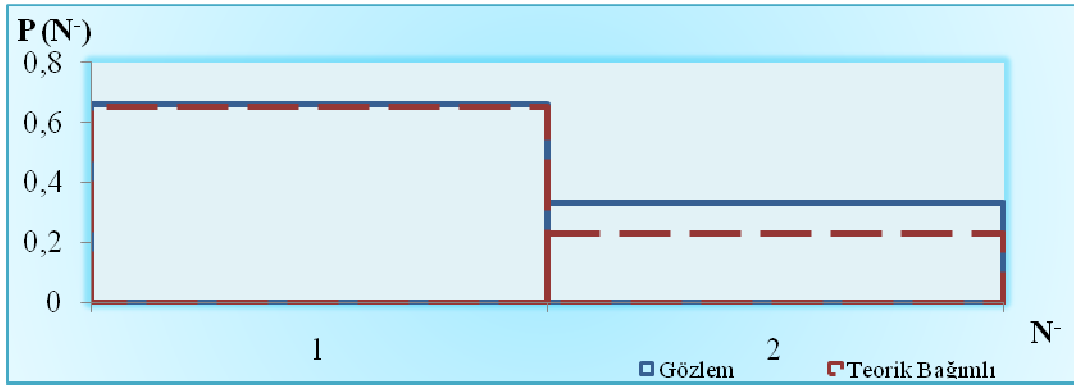
Şekil 4.6 Alibey-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



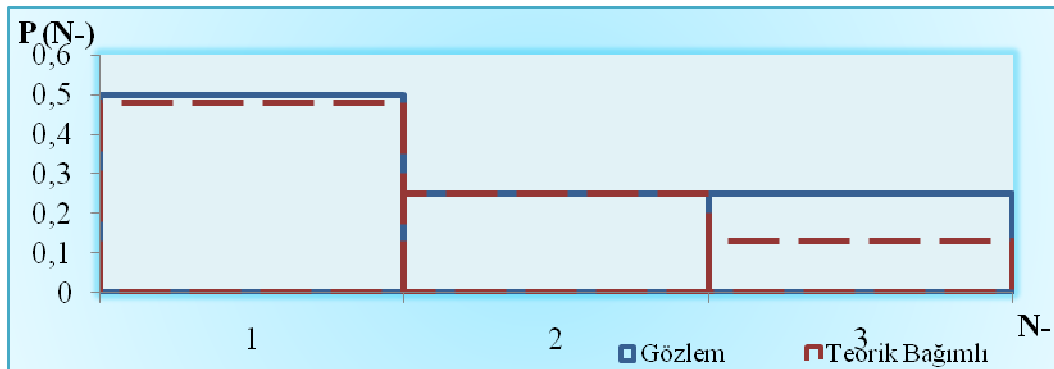
Şekil 4.7 Alibey- Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



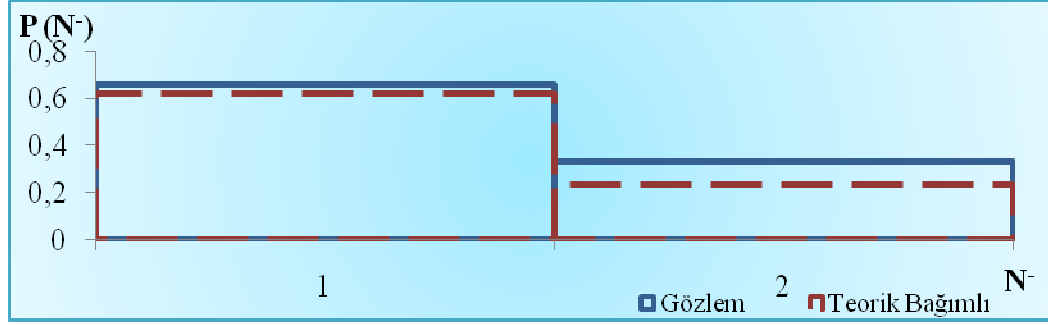
Şekil 4.8 Alibey-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



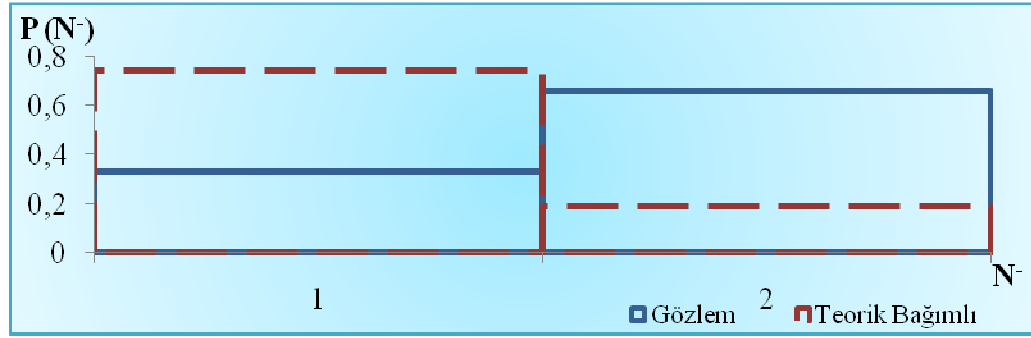
Şekil 4.9 Alibey-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



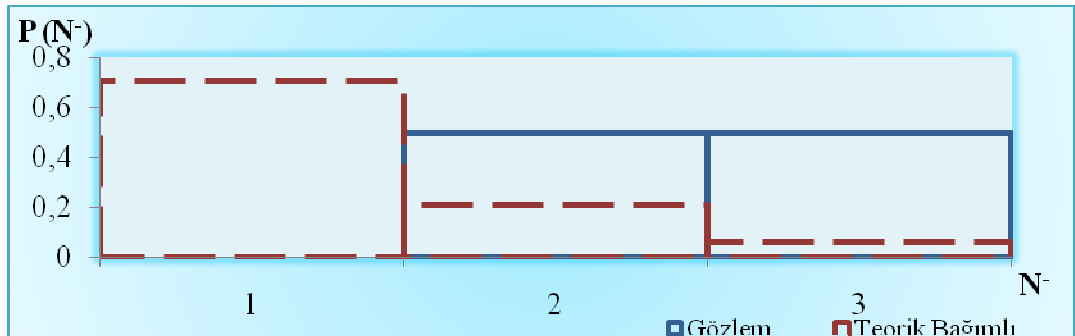
Şekil 4.10 Alibey-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



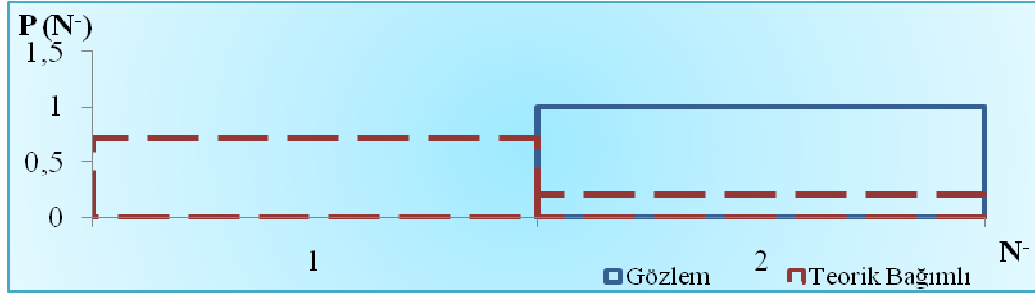
Şekil 4.11 Büyükçekmece-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



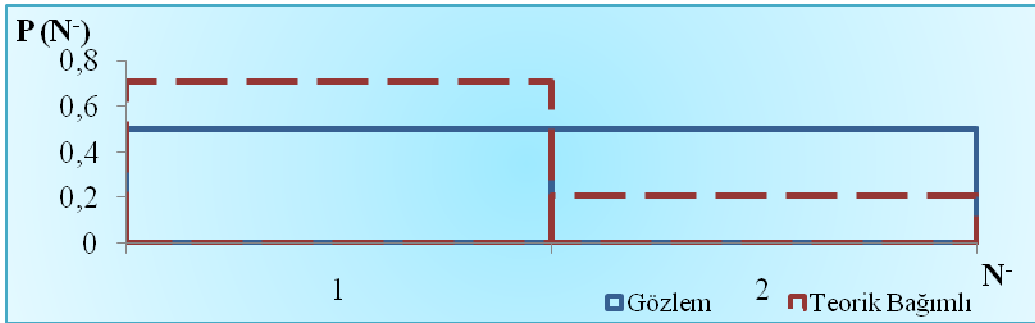
Şekil 4.12 Büyükçekmece-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



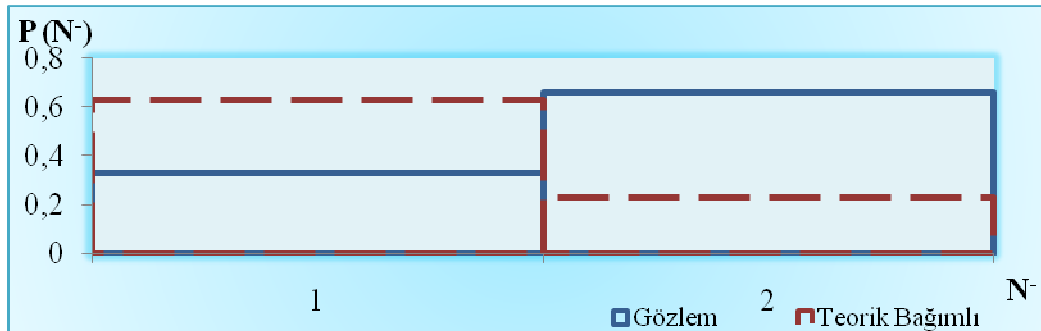
Şekil 4.13 Büyükçekmece-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



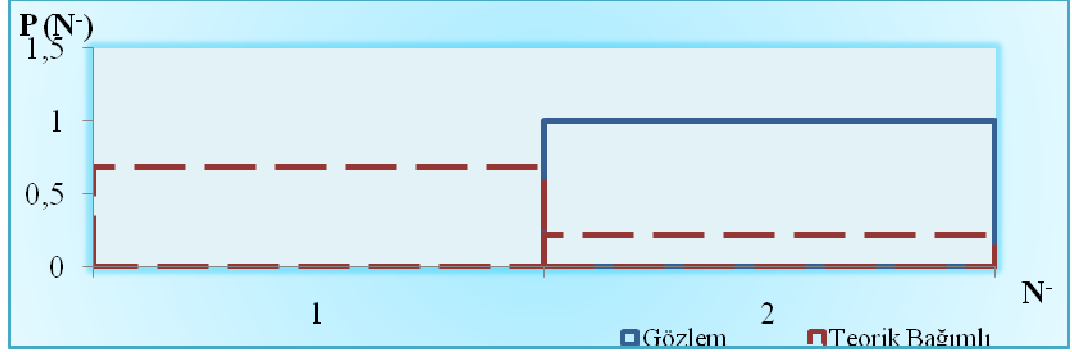
Şekil 4.14 Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



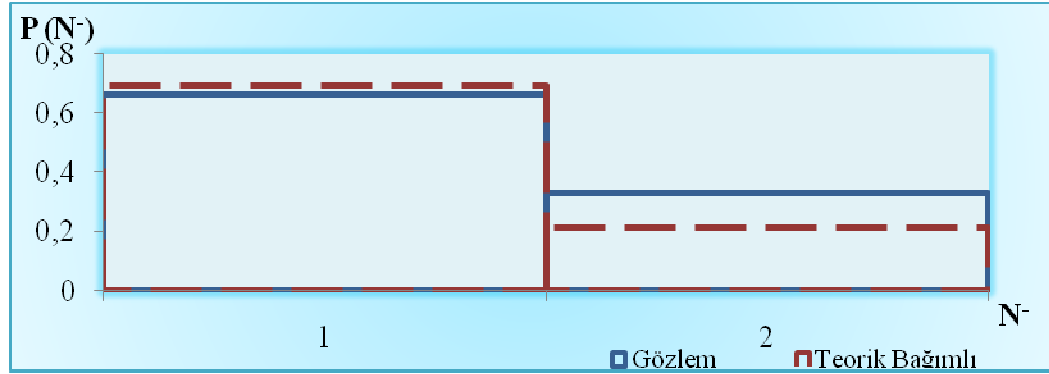
Şekil 4.15 Büyükçekmece-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



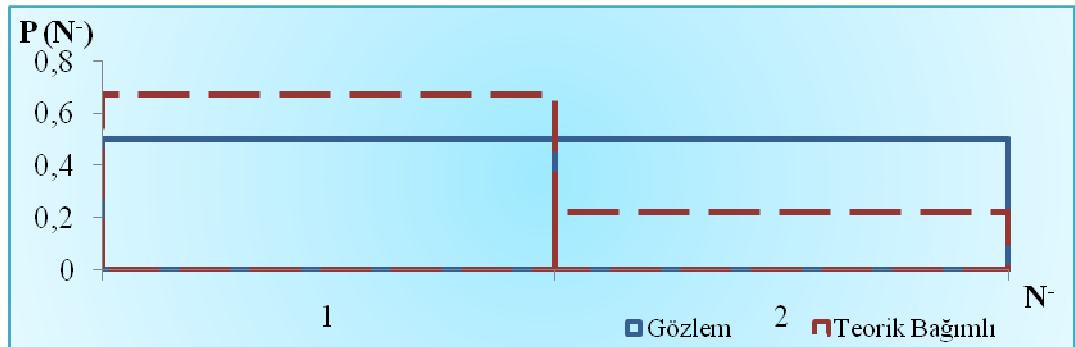
Şekil 4.16 Büyükçekmece-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



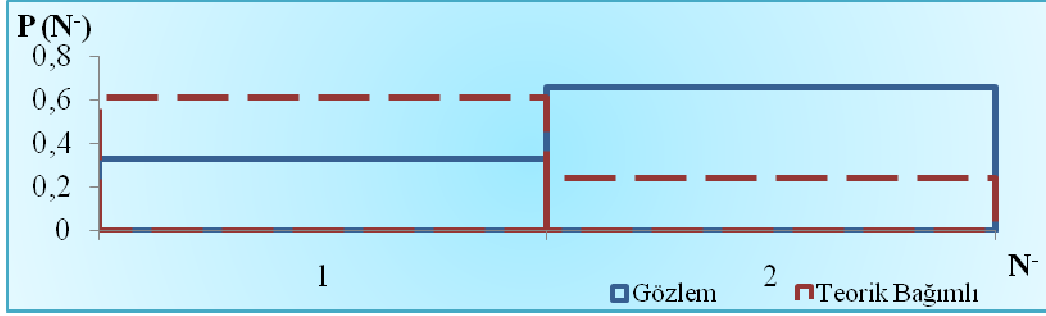
Şekil 4.17 Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



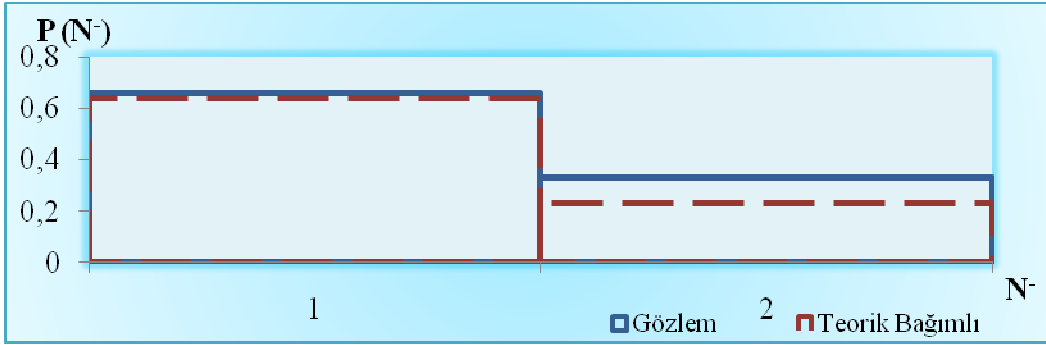
Şekil 4.18 Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

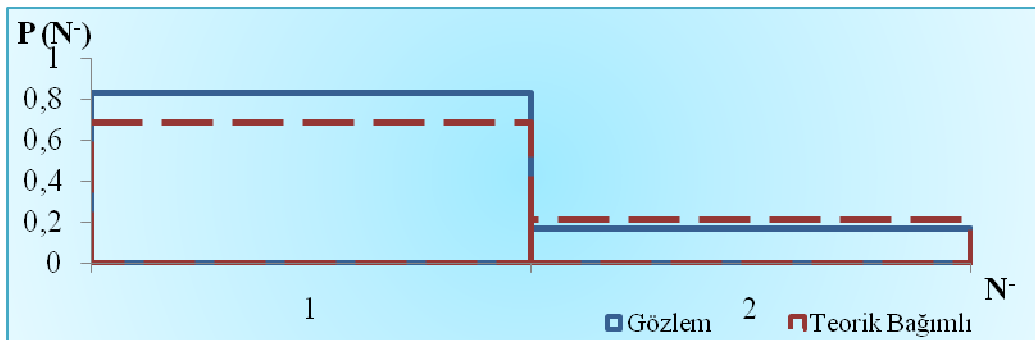
Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

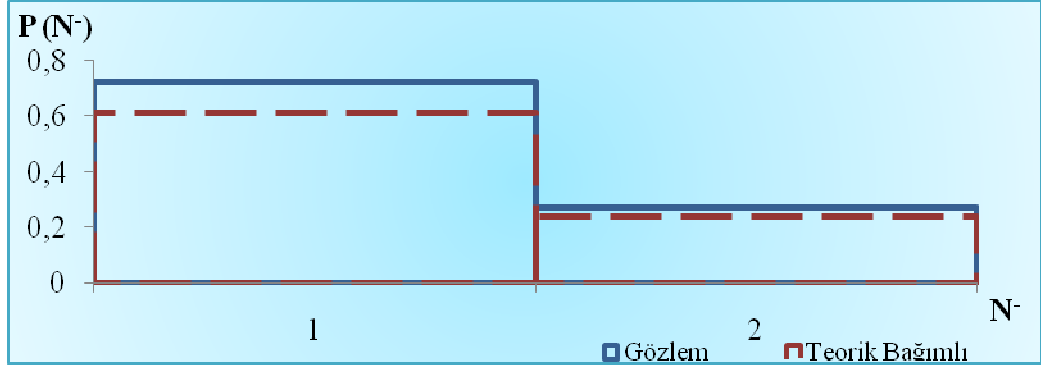
Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için üçerli olarak kıyaslanarak olasılık kütle fonksiyonu grafikleri gösterilmiştir.

Göztepe-Sarıyer-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



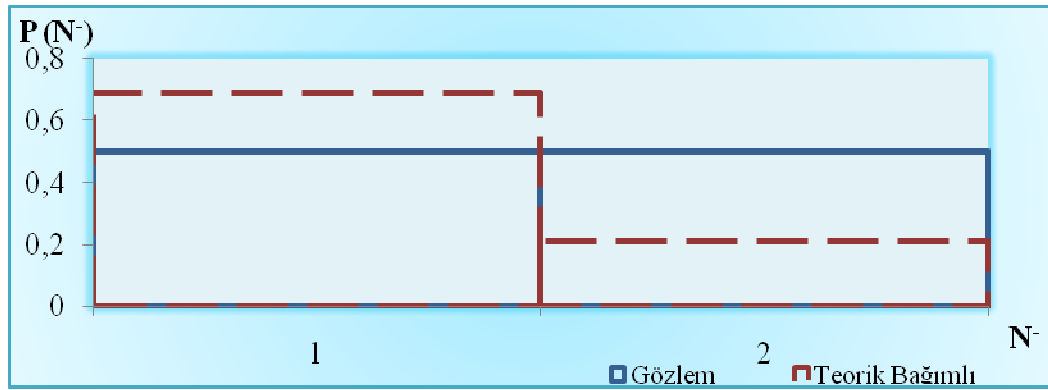
Şekil 4.21 Göztepe-Sarıyer-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



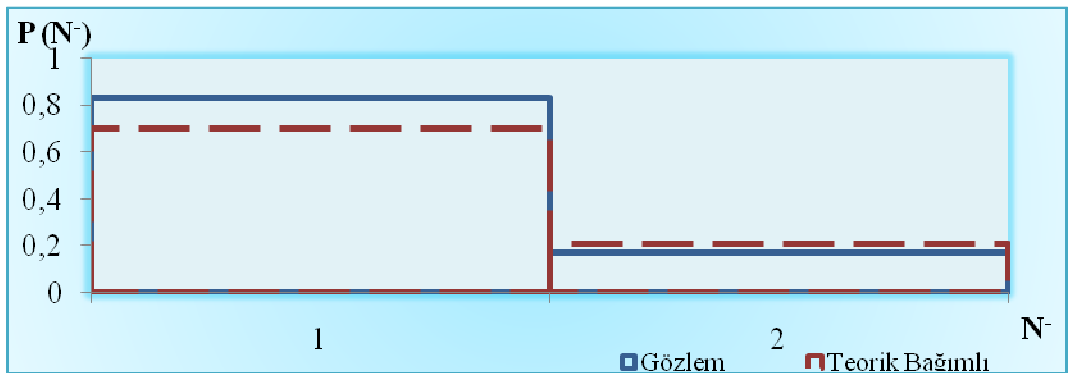
Şekil 4.22 Göztepe-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



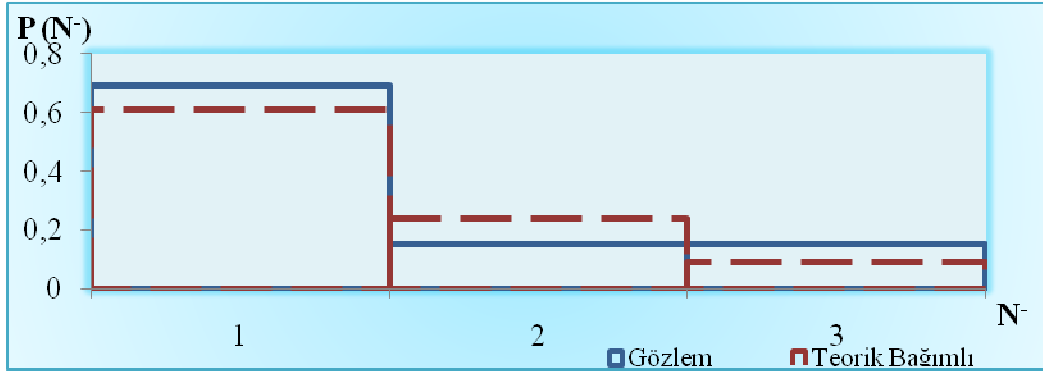
Şekil 4.23 Göztepe-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



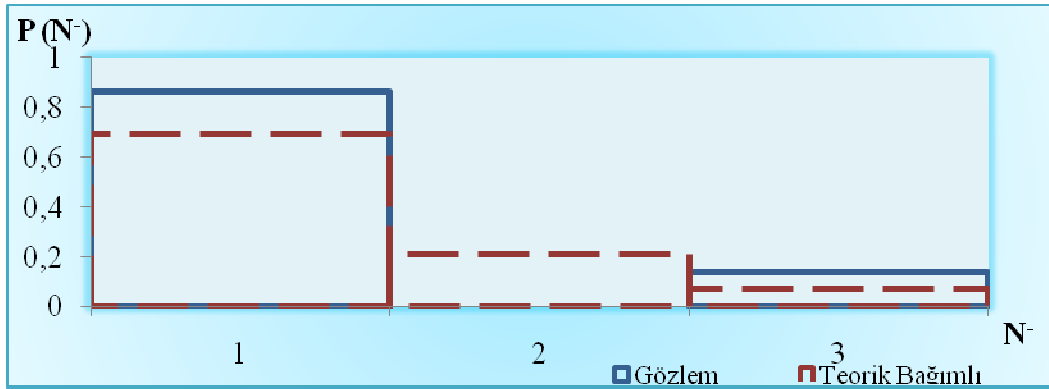
Şekil 4.24 Göztepe-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



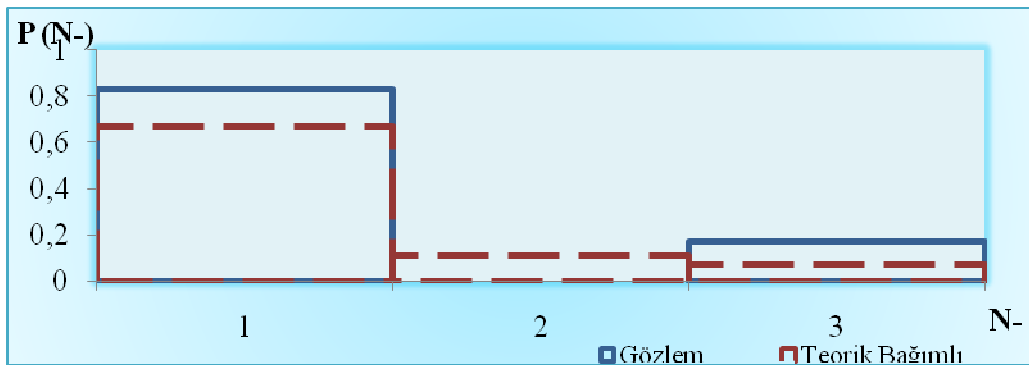
Şekil 4.25 Sarıyer-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



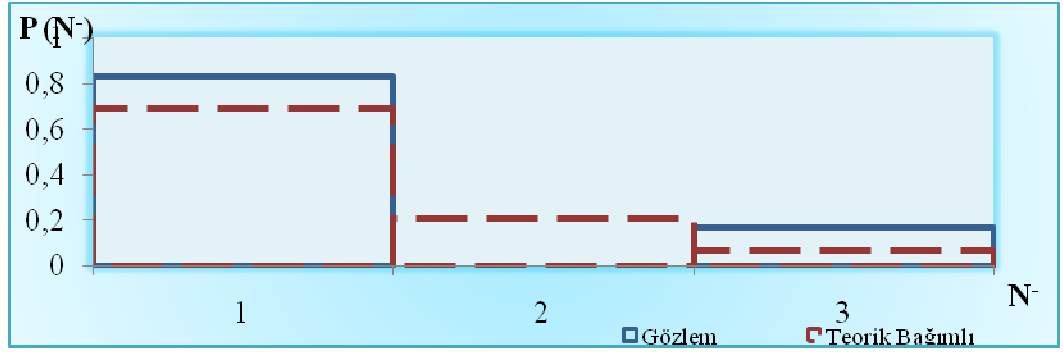
Şekil 4.26 Sarıyer-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.27 Sarıyer-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.28 Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

4.5.2 Dört istasyonun ortak kurak dönem analizi

Bu bölümde, İSKİ yağış gözlem istasyonlarından 4'er istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 4 istasyonda aynı yıllarda oluşan ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 4.9' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon Adı	N ⁻ (Yıl)			
Alibey- Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	2	2	1	
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	2	1		
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos	2	2	1	
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	2	1		
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	2	2	1	
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	2	1		
Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli	2	1	1	
Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos	2	2	1	1
Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos	2	1	1	
Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos	2	1	1	
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli	2	1		
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos	2	2	1	
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos	2	2		
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos	2	1		
Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos	2	1	1	

4 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının karakteristikleri Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

Koşullu olasılık s değerleri $q=0.5$ için Çizelge 2.1'den bulunmuştur.

Çizelge 4.10 $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.

İstasyon Adı	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	s_1	s_2	s_3	s_4
Alibey- Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	0,24	-0,02	-0,16	0,11	0,58	0,49	0,45	0,54
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	0,24	-0,02	-0,16	0,40	0,58	0,49	0,45	0,63
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos	0,24	-0,02	-0,16	0,39	0,58	0,49	0,45	0,63
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	0,24	-0,02	0,11	0,40	0,58	0,49	0,54	0,63
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	0,24	-0,02	0,11	0,39	0,58	0,49	0,54	0,63
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	0,24	-0,02	0,40	0,39	0,58	0,49	0,63	0,63
Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli	0,24	-0,16	0,11	0,40	0,58	0,45	0,54	0,63
Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos	0,24	-0,16	0,11	0,39	0,58	0,45	0,54	0,63
Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos	0,24	-0,02	0,40	0,39	0,58	0,49	0,63	0,63
Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,24	0,10	0,40	0,39	0,58	0,54	0,63	0,63
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli	-0,02	-0,16	0,11	0,40	0,49	0,45	0,54	0,63
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos	-0,02	-0,16	0,11	0,39	0,49	0,45	0,54	0,63
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos	-0,02	-0,16	0,40	0,39	0,49	0,45	0,63	0,63
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos	-0,02	0,11	0,40	0,39	0,49	0,54	0,63	0,63
Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos	-0,16	0,11	0,40	0,39	0,45	0,54	0,63	0,63

Çizelge 4.10'da gösterilen s değerleri, 4 istasyonda ortak periyotta gözlenen yağışların serisel 1. otokorelasyon katsayılarına bağlı olarak Çizelge 2.1' den hesaplanmıştır. Çizelge 4.11' de 4 istasyonun karşılıklı korelasyon katsayıları gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 $q=0.5$ için karşılıklı korelasyon katsayıları.

İstasyon Adı	ρ_{12}	ρ_{13}	ρ_{14}	ρ_{23}	ρ_{24}	ρ_{34}
Alibey- Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	0,72	0,44	0,85	0,54	0,59	0,59
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	0,72	0,44	-0,03	0,54	0,33	0,72
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos	0,72	0,44	0,76	0,54	0,51	0,50
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	0,72	0,85	-0,03	0,59	0,33	0,18
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	0,72	0,85	0,76	0,59	0,51	0,65
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	0,72	-0,03	0,76	0,33	0,51	0,18
Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli	0,44	0,85	-0,03	0,59	0,72	0,18
Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos	0,44	0,85	0,76	0,59	0,50	0,65
Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos	0,44	-0,03	0,76	0,72	0,50	0,18
Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,85	-0,03	0,76	0,18	0,65	0,18
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli	0,54	0,59	0,33	0,59	0,72	0,18
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos	0,54	0,59	0,51	0,59	0,50	0,65
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos	0,54	0,33	0,51	0,72	0,50	0,18
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,59	0,33	0,51	0,18	0,65	0,18
Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,59	0,72	0,50	0,18	0,65	0,18

Çizelge 4.9’ da gösterilen ortak gidiş uzunlukları değerleri kullanılarak gözlemlerin ortalama $E(N^-)$ ve Varyans $Var(N^-)$ değerleri bulunmuştur. (4.13) denklemlerini kullanarak 4 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ kesim seviyesi için teorik olarak $E(N^-)$ ve $Var(N^-)$ değerleri bulunmuş ve Çizelge 4.12’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.

İstasyon Adı	$P_{(x1j,x2j,x3j,x4j)}$	Θ	Teorik		Gözlem	
			$E(N^-)$	$Var(N^-)$	$E(N^-)$	$Var(N^-)$
Alibey- Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	0,21	0,77	1,30	0,39	1,67	0,33
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	0,17	0,78	1,29	0,37	1,50	0,50
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos	0,20	0,74	1,35	0,48	1,67	0,33
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	0,17	0,74	1,36	0,48	1,50	0,50
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	0,23	0,64	1,55	0,86	1,67	0,33
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	0,16	0,71	1,41	0,58	1,50	0,50
Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli	0,17	0,75	1,33	0,43	1,33	0,33
Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos	0,21	0,70	1,44	0,63	1,50	0,33
Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos	0,17	0,70	1,42	0,60	1,33	0,33
Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,17	0,67	1,49	0,73	1,33	0,33
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli	0,18	0,78	1,28	0,36	1,50	0,50
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos	0,20	0,76	1,31	0,41	1,67	0,33
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos	0,17	0,76	1,32	0,42	2,00	0,00
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,16	0,73	1,37	0,50	1,50	0,50
Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos	0,18	0,73	1,37	0,51	1,33	0,33

$q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki kurak dönemlerin uzunlukları belirlenmiş en uzun kurak dönemler için (4.18) denklemi ile dönüş periyotları hesap edilerek Çizelge 4.13’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Dört yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.

İstasyon Adı	Ortak Periyot	q	N_{max} (Yıl)	Dönüş Aralığı (Yıl)
Alibey- Büyükçekmece-Darlık-Elmalı	1995-2008	0,5	2	27
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli	1995-2008		2	33
Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos	1995-2008		2	26
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli	1995-2008		2	30
Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos	1995-2008		2	19
Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	30
Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli	1995-2008		2	31
Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos	1995-2008		2	22
Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	29
Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	27
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli	1995-2008		2	32
Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos	1995-2008		2	28
Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	32
Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	32
Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos	1995-2008		2	29

$q=0.5$ için sadece ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altında kalan ortak gidiş uzunluklarının teorik olasılık kütle fonksiyonları (4.12) denklemi ile hesaplanmıştır.

Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarından 4'er istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 4 istasyonda aynı yıllarda oluşan ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 4.14' te gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon Adı	N (Yıl)									
Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1
Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile	1	1	1	1	2	1				
Göztepe-Florya-Kumköy-Şile	1	1	1	1	2	1				
Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile	1	1	1	1	2	1				
Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile	1	1	1	1	<u>3</u>	1				

4 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ için ortak gidiş uzunluklarının karakteristikleri Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Koşullu olasılık s değerleri $q=0.5$ için Çizelge 2.1'den bulunmuştur.

Çizelge 4.15 $q=0.5$ kesim seviyesi için korelasyon katsayıları ve koşullu olasılık değerleri.

İstasyon Adı	ρ_1	ρ_2	ρ_3	ρ_4	s_1	s_2	s_3	s_4
Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy	0,04	0,14	0,07	0,15	0,51	0,54	0,52	0,55
Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile	0,04	0,14	0,07	-0,24	0,51	0,54	0,52	0,42
Göztepe-Florya-Kumköy-Şile	0,04	0,07	0,15	-0,24	0,51	0,52	0,55	0,42
Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile	0,04	0,14	0,15	-0,24	0,51	0,54	0,55	0,42
Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile	0,04	0,07	0,15	-0,24	0,54	0,52	0,55	0,42

Çizelge 4.15'te gösterilen s değerleri, 4 istasyonda ortak periyotta gözlenen yağışların serisel 1. otokorelasyon katsayılarına bağlı olarak Çizelge 2.1' den hesaplanmıştır. Çizelge 4.16' da 4 istasyonun karşılıklı korelasyon katsayıları gösterilmiştir.

Çizelge 4.16 $q=0.5$ için karşılıklı korelasyon katsayıları.

İstasyon Adı	ρ_{12}	ρ_{13}	ρ_{14}	ρ_{23}	ρ_{24}	ρ_{34}
Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy	0,70	0,84	0,71	0,66	0,78	0,69
Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile	0,70	0,84	0,81	0,66	0,78	0,80
Göztepe-Florya-Kumköy-Şile	0,84	0,71	0,81	0,69	0,80	0,71
Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile	0,70	0,71	0,81	0,78	0,78	0,71
Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile	0,66	0,78	0,78	0,69	0,80	0,71

Çizelge 4.14’ da gösterilen ortak gidiş uzunlukları değerleri kullanılarak gözlemlerin ortalama $E(N^-)$ ve Varyans $Var(N^-)$ değerleri bulunmuştur. (4.13) denklemlerini kullanarak 4 istasyonun bağımlı olması durumunda $q=0.5$ kesim seviyesi için teorik olarak $E(N^-)$ ve $Var(N^-)$ değerleri bulunmuş ve Çizelge 4.17’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17 $q=0.5$ için gidiş uzunluklarının ortalama ve varyans değerleri.

İstasyon Adı	$P_{(x1j,x2j,x3j,x4j)}$	Θ	Teorik		Gözlem	
			E (N^-)	Var (N^-)	E (N^-)	Var (N^-)
Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy	0,24	0,70	1,42	0,61	1,18	0,16
Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile	0,25	0,76	1,30	0,40	1,17	0,17
Göztepe-Florya-Kumköy-Şile	0,25	0,76	1,32	0,42	1,17	0,17
Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile	0,24	0,75	1,33	0,43	1,17	0,17
Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile	0,24	0,75	1,33	0,44	1,33	0,67

$q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki kurak dönemlerin uzunlukları belirlenmiş en uzun kurak dönemler için (4.18) denklemi ile dönüş periyotları hesap edilerek Çizelge 4.18’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 Dört yerde görülen kurak dönemlerin dönüş periyotları.

İstasyon Adı	Ortak Periyot	q	N^-_{max} (Yıl)	Dönüş Aralığı (Yıl)
Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy	1951-2008	0,5	2	20
Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile	1982-2008		2	23
Göztepe-Florya-Kumköy-Şile	1982-2008		2	23
Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile	1982-2008		2	22
Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile	1982-2008		<u>3</u>	90

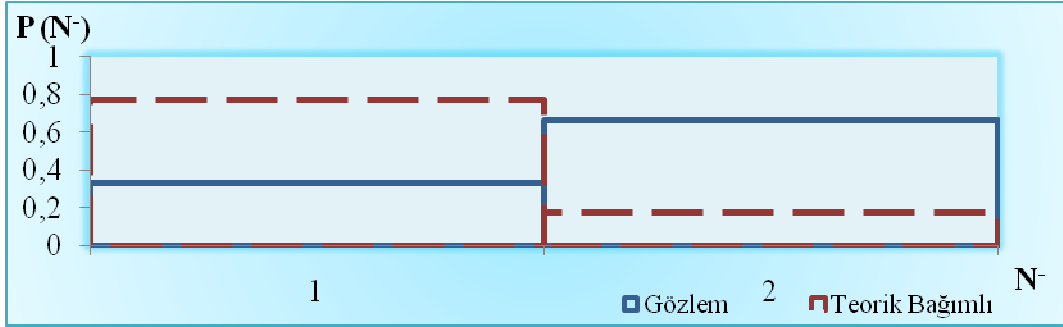
$q=0.5$ için sadece ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altında kalan ortak gidiş uzunluklarının teorik olasılık kütle fonksiyonları (4.12) denklemi ile hesaplanmıştır.

Gözlemlerin olasılık kütle fonksiyonları ise $P(N^-) = K^- / \sum_{i=1}^n i$ denklemi ile

belirlenmiştir. Burada K^- ortak gidiş uzunluğunun tekrür sayısıdır. i ise ortak gidiş uzunluklarının sayısıdır.

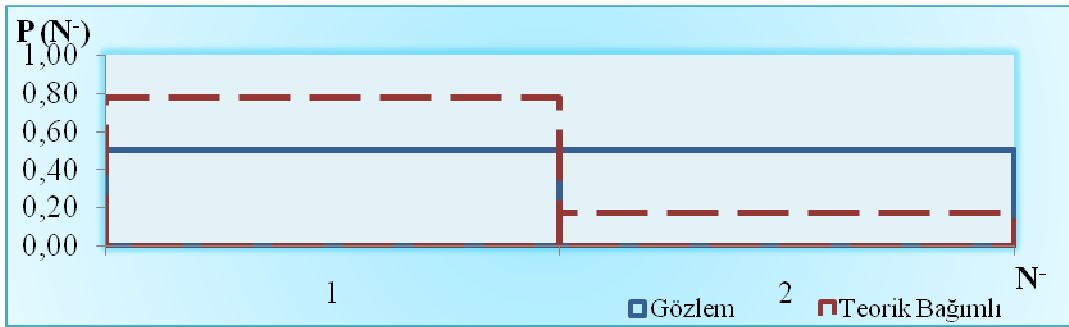
İSKİ yağış gözlem istasyonlarının $q=0.5$ için dörderli olarak kıyaslanarak bağımlı olmaları durumunda olasılık kütle fonksiyonu grafikleri gösterilmiştir.

Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



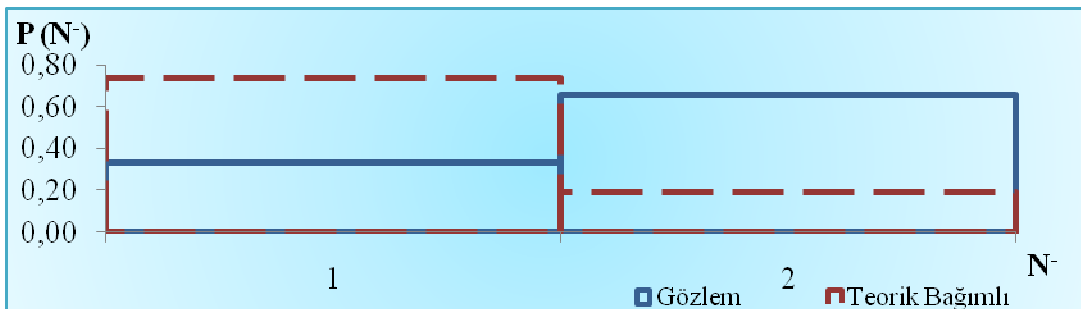
Şekil 4.29 Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Elmalı yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



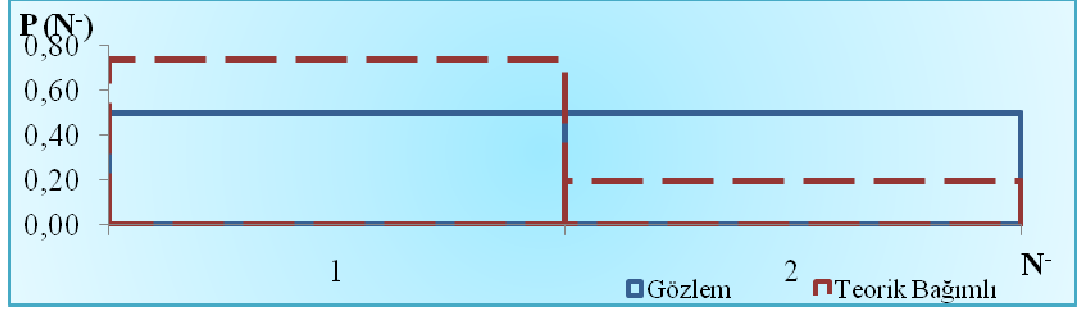
Şekil 4.30 Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



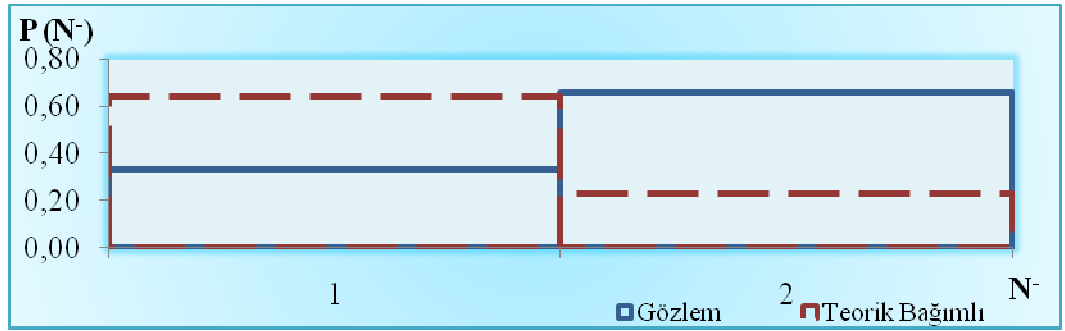
Şekil 4.31 Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



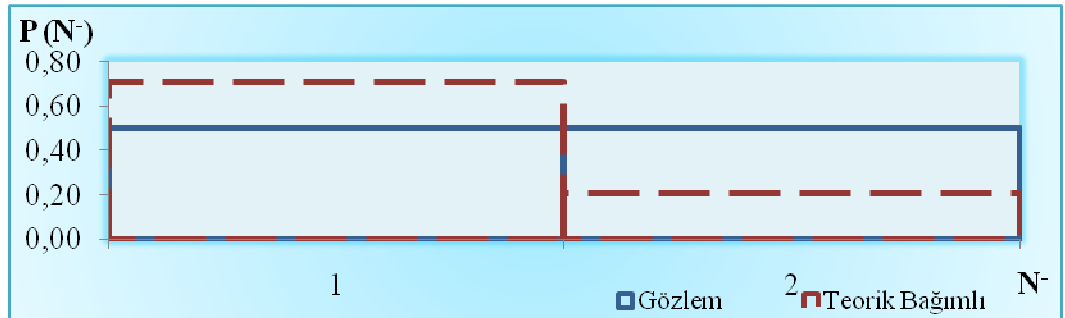
Şekil 4.32 Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



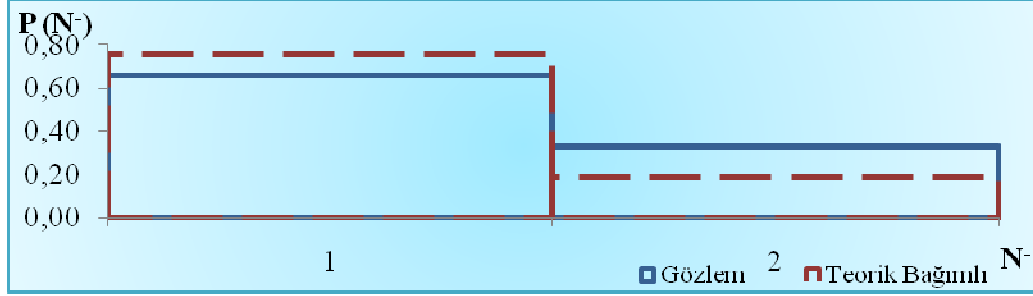
Şekil 4.33 Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



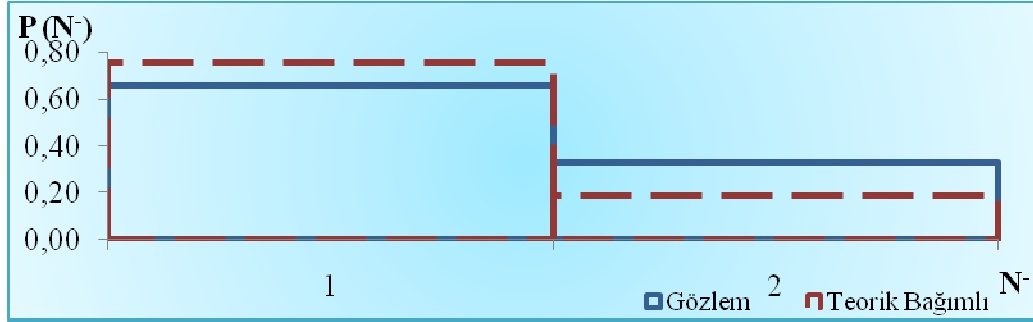
Şekil 4.34 Alibey-Büyükçekmece-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



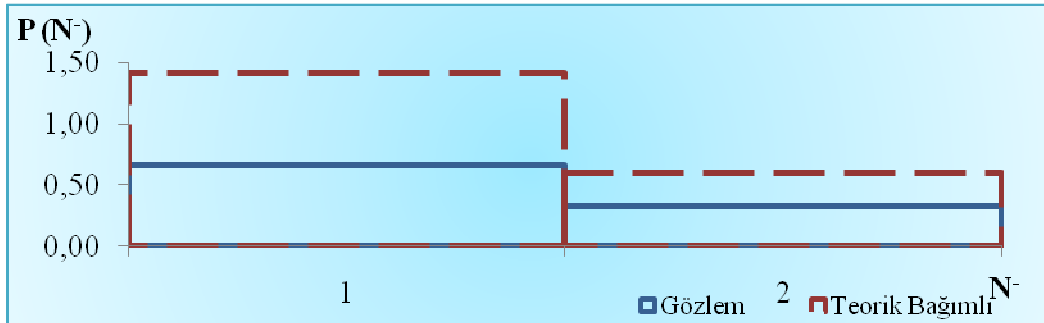
Şekil 4.35 Alibey-Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



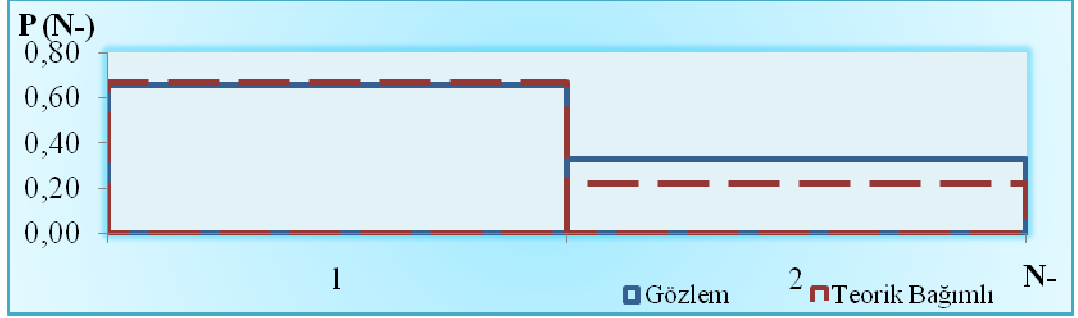
Şekil 4.36 Alibey-Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



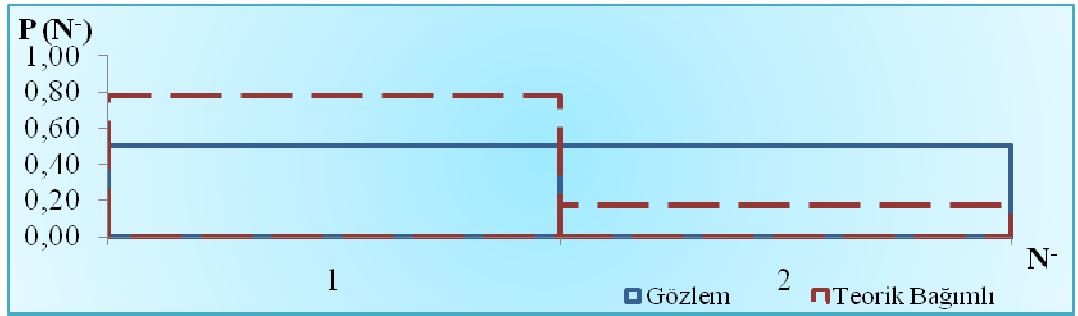
Şekil 4.37 Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



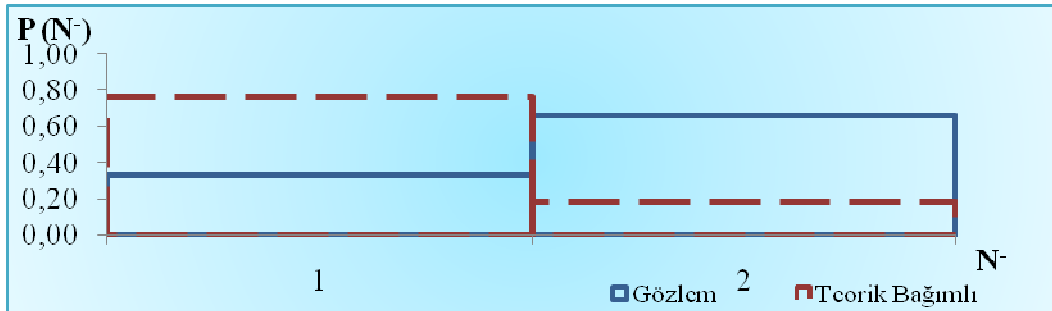
Şekil 4.38 Alibey-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



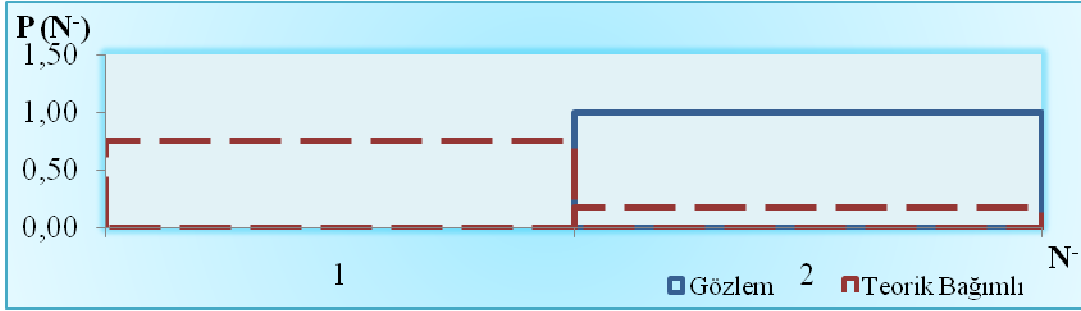
Şekil 4.39 Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Ömerli yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



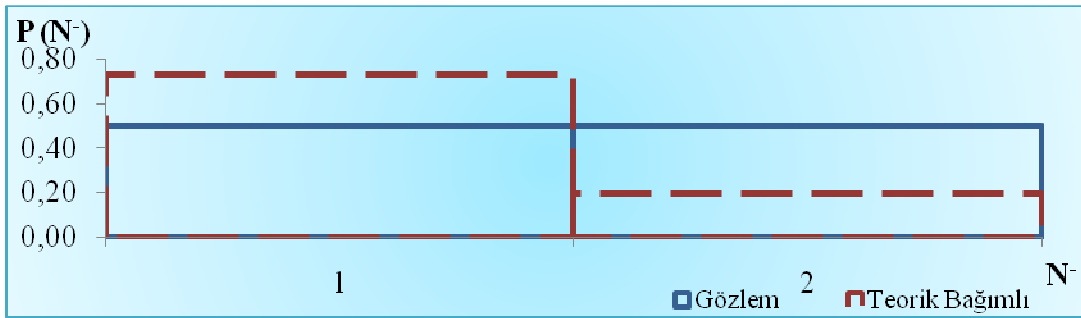
Şekil 4.40 Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



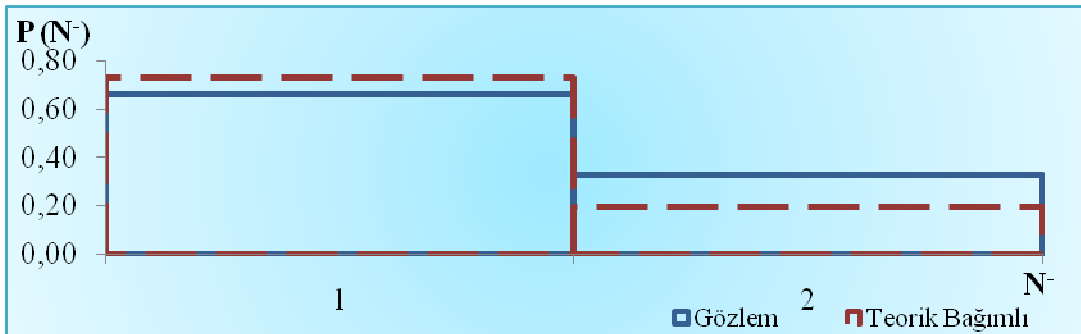
Şekil 4.41 Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.42 Büyükçekmece-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.

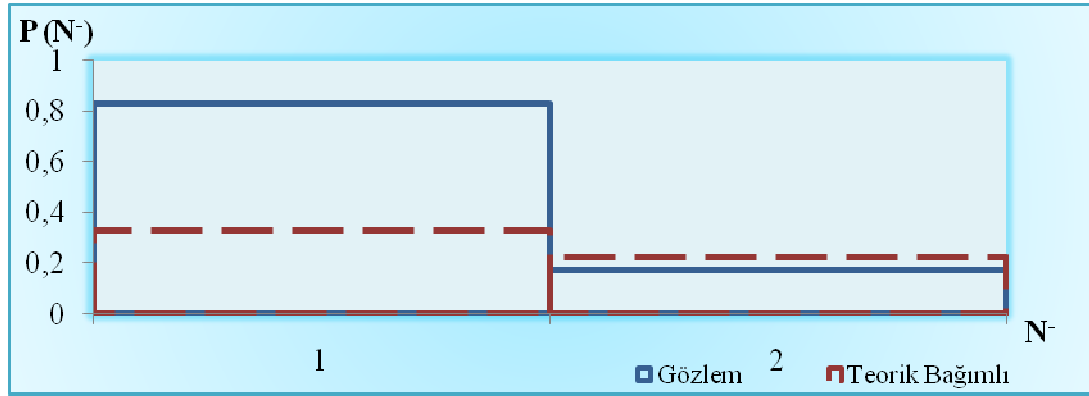


Şekil 4.43 Darlık-Elmalı-Ömerli-Terkos yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

5 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 5 istasyonda aynı yıllarda oluşan ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 4.10' da gösterilmiştir.

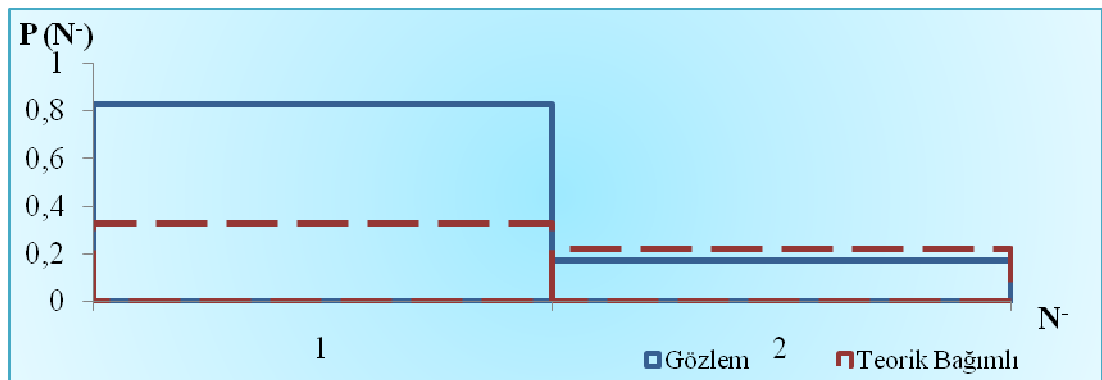
Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının $q=0.5$ için dörderli olarak kıyaslanarak bağımlı olmaları durumunda olasılık kütle fonksiyonu grafikleri gösterilmiştir.

Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



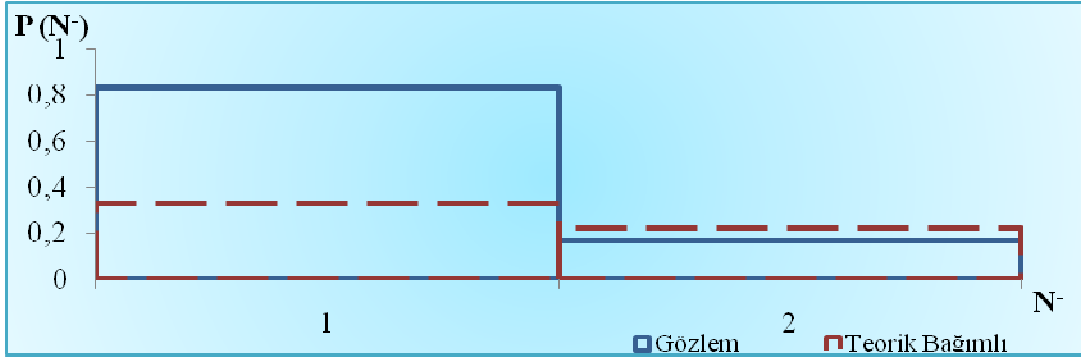
Şekil 4.44 Göztepe-Sarıyer-Florya-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



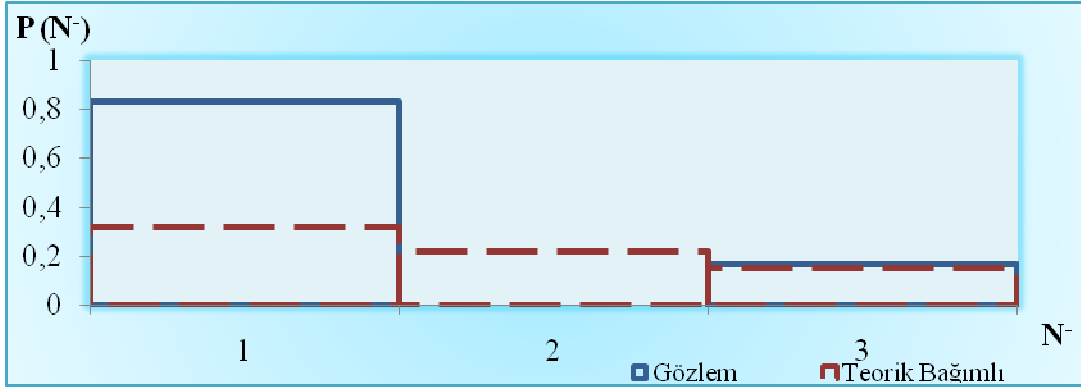
Şekil 4.45 Göztepe-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



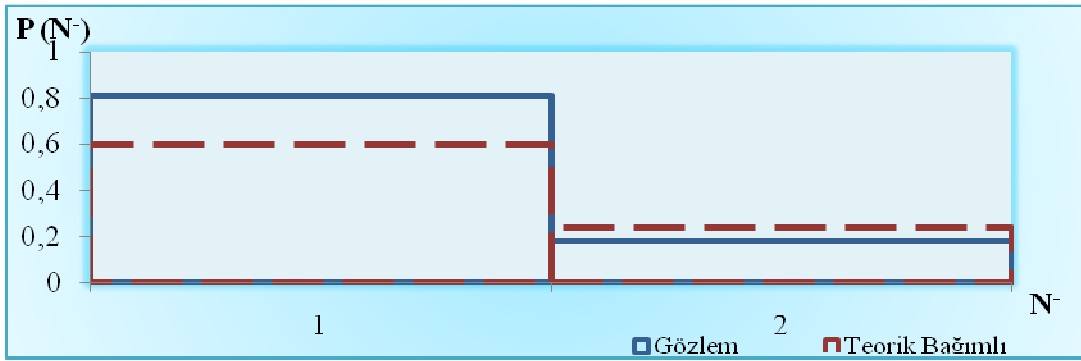
Şekil 4.46 Göztepe-Sarıyer-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.47 Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için gözlem ve teorik olasılık kütle fonksiyonu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.48 Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarının ortak gidiş uzunluklarının olasılık kütle fonksiyonu grafiği.

4.5.3 Beş istasyonun ortak kurak dönem analizi

Bu bölümde, 5 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda $q=0.5$ için ampirik olarak belirlenen kesim seviyesi altındaki eksiklikler belirlenerek, 5 istasyonda aynı yıllarda oluşan ortak gidiş uzunlukları belirlenmiş ve Çizelge 4.19’ da gösterilmiştir. Gözlemlerin ortak periyodu 1982-2008 yılları arasındadır.

Çizelge 4.19 $q=0.5$ için ortak gidiş uzunlukları.

İstasyon Adı	N ⁻ (Yıl)				
Göztepe-Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile	1	1	1	2	1

Teorik değerler, $P(X_{1j}X_{2j},\dots,X_{5j})$ olasılığı tanımlı olmadığı için hesaplanamamıştır. Bu yüzden sadece gözlemlerin ortalama ve varyans değerleri hesaplanmıştır.

$$E(N^-) = 1,2 \quad \text{Var}(N^-) = 0,2$$

4.6 Sonuçlar

Üç istasyonun içsel ve karşılıklı olarak bağımlı olmaları durumunda aynı yıllardaki yağışlar kullanılarak $q=0.5$ kesim seviyesi için serisel ve karşılıklı korelasyon katsayıları değerleri Çizelge 4.2 de gözlem ve teorik ortak gidiş uzunluğu dağılımlarının istatistikleri Çizelge 4.3 de gösterilmiştir. Genel olarak gözlemlerin ortalama değerleri teorik değerlere yakın değerlerdir. Varyans değerleri ise teorik değerlerden oldukça küçük olarak bulunmuştur.

İSKİ yağış gözlem istasyonları 3’er 3’er gruplandırılarak ortak kurak dönemlerin hesap edilen dönüş periyotlarına göre çok fazla bir farklılık görülmemekle birlikte maksimum 3 yıl Büyükçekmece-Darlık-Ömerli ve Alibey-Elmalı-Terkos yağış gözlem istasyonlarında görülmüş, Büyükçekmece-Darlık-Ömerli için dönüş aralığı ise 64 yıl, Alibey-Elmalı-Terkos için 23 yıl olarak bulunmuştur. Diğer maksimum 2 yıl için olan 3’erli ortak kurak dönem dönüş aralığı 14-23 yıl arasında değişmektedir (Çizelge 4.4)

Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının 3’erli ortak kurak dönem periyotlarının hesaplanmasında $q=0.5$ için maksimum kurak dönem 2 ve 3 yıl bulunmuştur (Çizelge 4.8). 2 yıl için 13-15 yıl dönüş aralığı, 3 yıl için 35-47 yıl dönüş aralığı hesaplanmıştır.

Üç istasyonda $q=0.5$ kesim seviyesi için aynı yıllarda gözlenmiş kurak dönem uzunlukları 2 istasyonda aynı yıllarda gözlenmiş kurak dönem uzunluklarına göre daha kısa çıkmıştır.

Üç istasyon için aynı yıllardaki en uzun kurak dönem sürelerinin dönüş periyotları hesaplanmıştır. Kurak dönem süresi kısaldıkça tekrar görülme olasılığı da artmaktadır.

İSKİ yağış gözlem istasyonları 4'erli serisel ve karşılıklı olarak bağımlı olmaları durumunda aynı yıllardaki yağışlar kullanılarak $q = 0,5$ kesim seviyesi için ortak gidiş uzunluğu değerleri Çizelge 4.9' da gösterilmiştir. Gözlem ve teorik ortalama varyans değerleri Çizelge 4.12'de gösterilmektedir. Buna göre teorik ve gözlemlerin ortalama değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Tamamında maksimum kurak dönem uzunluğu 2 yıl, dönüş aralığı ise 19-33 yıl arasında değişmektedir.

Üçlü istasyonlarda 2 yıl için dönüş aralıkları 14-23 yıl iken, dörtlü gruplarda 2 yıl için dönüş aralıkları 19-33 yıl aralığında olup artmaktadır.

Meteoroloji yağış gözlem istasyonları 4'erli serisel ve karşılıklı olarak bağımlı olmaları durumunda aynı yıllardaki yağışlar kullanılarak $q=0,5$ kesim seviyesi için ortak gidiş uzunluğu değerleri Çizelge 4.14' de gösterilmiştir. Gözlem ve teorik ortalama varyans değerleri Çizelge 4.17' de gösterilmektedir. Buna göre teorik ve gözlemlerin ortalama değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Tamamında maksimum kurak dönem uzunluğu Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile'de 3 yıl, dönüş aralığı ise 90 yıldır, diğerlerinde maksimum kurak dönem uzunluğu 2 yıl, dönüş aralığı ise 20-23 yıl arasında değişmektedir.

Meteoroloji istasyonlarında da dörtlü gruplarla çalışıldığında, üçlü gruplara göre 2 ve 3 yıllık kurak dönemlerin dönüş aralığı artmaktadır. Bunun sebebi, yıllık yağışların 4 istasyonda kesim seviyesi altında kalma olasılığı 3 istasyona kıyasla daha düşük olmasıdır.

Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının 5'erli serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda, teorik değerler $P(X_{1j}X_{2j},...X_{5j})$ olasılığı tanımlı olmadığı için hesaplanamamıştır. Bu yüzden sadece gözlemlerin ortalama ve varyans değerleri hesaplanmıştır.

5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İstanbul'da geçmiş yıllardaki gözlemler kullanılarak yaşanmış kurak dönemler belirlenerek gelecekte oluşabilecek kurak dönemlerin görülme olasılıklarının tahmini yapılmıştır.

Kuraklığın ülke ekonomisi ve yaşam kalitesi üzerindeki etkileri açıkça bilinmektedir. Dünya üzerinde Türkiye yarı kurak bir bölgede bulunmaktadır. İstanbul ise Türkiye'nin yağış ortalamasının biraz üstünde olup genelde yağışlı olmasına rağmen bazı yıllar üst üste kurak dönem yaşayan bir şehirdir. İSKİ yağış gözlem istasyonlarının tümünde kurak dönem en fazla 3 yıl, Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarında ise; ikisinde 6 yıl, ikisinde 4 yıl, birinde 3 yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan 5 adet Meteoroloji ve 6 adet İSKİ yağış gözlem istasyonlarında ölçülen yıllık yağış verileri kullanılarak, Gidişler Analizi ile, yağışların negatif gidiş uzunlukları ve olasılık kütle fonksiyonları belirlenmiştir. En uzun kurak dönemlerin dönüş periyotları tahmin edilmiştir. Negatif gidiş uzunlukları ve kurak dönemlerin dönüş periyotları 3 farklı durum için hesaplanmıştır.

İlk olarak, istasyonların tek tek bağımsız ve serisel bağımlı olmaları hali incelenmiştir. Negatif gidiş uzunlukları $q=0.5$, 0.4 ve 0.3 kesim seviyeleri için belirlenmiştir. Kesim seviyeleri, normal, lognormal dağılım kabulleri yapılarak ve ampirik olarak hesaplanmıştır. Yağışların bağımsız oldukları durumda, gözlemlerin ortalama ve varyans değerleri çoğunlukla teorik değerlere yakın çıkmıştır. Yağışların serisel bağımlı olmaları durumunda da gözlemlerin ortalama varyans değerleri yine çoğunlukla teorik değerlere yakın çıkmıştır. Teorik ve gözlemlerin gidiş uzunluklarının dağılımı $q=0.4$ ve 0.3 için birbirine yakın çıkmıştır. $q=0.5$ için değişiklikler göstermiştir. En uzun kurak dönem süresi, Sarıyer ve Kumköy yağış gözlem istasyonlarında 6 yıl olarak bulunmuştur. Dönüş periyodu yağışların bağımsız oldukları durumda en uzun Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0.3$ için 1960 yıl, yağışların serisel bağımlı oldukları durumda ise yine en uzun Sarıyer yağış gözlem istasyonunda $q=0.3$ için 861 yıl olarak hesaplanmıştır.

İkinci olarak, 2 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumu incelenmiştir. Kesim seviyesi bu durumda sadece ampirik olarak belirlenmiştir. Ortak negatif gidiş uzunlukları $q = 0.5$ için bulunmuştur. Gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları ortalama ve varyans değerleri, Alibey-Elmalı, Alibey-Ömerli, Elmalı-Ömerli, Elmalı-Terkos, Göztepe-Florya, Göztepe-Sarıyer, Sarıyer-Florya, Sarıyer-Şile, Florya-Kumköy, Florya-Şile, Kumköy-Şile durumlarında teorik değerlere yakın çıkmıştır. Diğer durumlarda ise değişiklikler göstermiştir. Aynı yıllarda görülen en uzun kurak dönem süresi, Alibey-Elmalı, Alibey-Terkos, Büyükçekmece-Darlık, Büyükçekmece-Ömerli, Darlık-Ömerli, Elmalı-Terkos, Göztepe-Florya, Sarıyer-Florya, Sarıyer-Kumköy, Sarıyer-Şile, Florya-Şile, Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarında 3 yıldır. Florya-Kumköy yağış gözlem istasyonlarında ise 4 yıllık dönüş periyodu 62 yıl olarak hesaplanmıştır.

Son olarak 3, 4 ve 5 istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumu incelenmiştir. Kesim seviyesi sadece ampirik olarak bulunmuştur. Ortak negatif gidiş uzunlukları $q = 0.5$ için belirlenmiştir. 3 istasyon için, gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları ortalama ve varyans değerleri Alibey-Büyükçekmece-Darlık, Alibey-Darlık-Ömerli, Alibey-Elmalı-Ömerli, Alibey-Elmalı-Terkos, Alibey-Ömerli-Terkos, Darlık-Elmalı-Ömerli, Elmalı-Ömerli-Terkos, Göztepe-Sarıyer-Şile, Göztepe-Florya-Kumköy, Göztepe-Kumköy-Şile, Sarıyer-Florya-Kumköy, Sarıyer-Florya-Şile, Sarıyer-Kumköy-Şile, Florya-Kumköy-Şile durumlarında teorik değerlere yakın çıkmıştır. Diğer durumlarda ise değişiklikler göstermiştir. Aynı yıllarda görülen en uzun kurak dönem süresi, Alibey-Elmalı-Terkos-Büyükçekmece-Darlık-Ömerli, Sarıyer-Florya-Kumköy, Sarıyer-Florya-Şile, Sarıyer-Kumköy-Şile, Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarında 3 yıl olup, dönüş periyotları 23-64 yıl arasında değişmektedir.

Dört istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda ise gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları ortalamada benzerlik gösterirken, varyans değerlerinde teorik değerler ile değişiklik göstermiştir. Gözlemlerin ortak negatif gidiş uzunlukları dağılımı teorik dağılıma yakın olup, sadece Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Elmalı, Alibey-Büyükçekmece-Darlık-Terkos, Alibey-Büyükçekmece-Elmalı-Terkos, Alibey-Darlık-Ömerli-Terkos, Büyükçekmece-Darlık-Elmalı-Terkos, Büyükçekmece-Darlık-Ömerli-Terkos durumlarında değişiklik gözlenmiştir. Aynı yıllarda görülen en uzun

kurak dönem süresi Sarıyer-Florya-Kumköy-Şile yağış gözlem istasyonlarında 3 yıl, dönüş periyodu 90 yıl olarak hesaplanmıştır.

Beş istasyonun serisel ve karşılıklı bağımlı olmaları durumunda, teorik değerler $P(x_{1j}x_{2j}\dots x_{5j})$ olasılığı tanımlı olmadığı için hesaplanamamıştır. Bu yüzden sadece gözlemlerin ortalama ve varyans değerleri hesaplanmıştır.

İstanbul, Avrupa ve Asya yakasındaki yağış gözlem istasyonlarının kurak dönemleri kıyaslandığında çok fazla bir farklılık görülmemekle birlikte, Asya yakasındaki kurak dönem dönüş aralığının daha az olduğu rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Uzun yıllar yıllık yağış ortalamalarına göre, sanıldığı gibi son yıllarda gündeme gelen küresel ısınmanın etkisiyle uzun süreli kurak dönemlerden bahsetmek güçtür. Kurak dönem analizlerinin uzun vadede yapılması ile bazı dönemlerin kurak dönem olmasıyla birlikte devamında bol yağışlı dönemler gözlenmiştir. Kurak dönemlerin arkasından bol yağışlı dönemlerin olduğunun görülebilmesi için Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunun yıllık yağış verilerinin (1929-2008) incelenmesi yeterlidir. Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunun dâhil olmadığı 3 değişkenli ortak kurak dönem periyotları maksimum 3 yıl, Göztepe (Kartal) dahil edildiğinde 2 yıl olarak bulunmuştur. Yine aynı şekilde Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunun dâhil olmadığı 4 değişkenli ortak kurak dönem periyotları maksimum 3 yıl, diğerlerinde 2 yıl olarak bulunmuştur.

Ayrıca, Asya ve Avrupa yakasındaki kurak dönemlerin kıyaslanmasıyla ilgili bazı örnekler aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.20 Avrupa ve Asya yakasındaki İSKİ yağış gözlem istasyonlarının 3 yıllık ortak kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslanması.

İSKİ	İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	Kurak Dönem	Dönüş Periyodu
	Alibey-Terkos	1995-2008	3 yıl	19 yıl
	Darlık-Ömerli	1995-2008	3 yıl	25 yıl

Çizelge 4.21 Avrupa ve Asya yakasındaki İSKİ yağış gözlem istasyonlarının 2 yıllık ortak kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslanması.

İSKİ	İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	Kurak Dönem	Dönüş Periyodu
	Alibey-Büyükçekmece	1995-2008	2 yıl	11 yıl
	Darlık-Elmalı	1995-2008	2 yıl	13 yıl
	Elmalı-Ömerli	1995-2008	2 yıl	15 yıl

Çizelge 4.22 Avrupa ve Asya yakasındaki Meteoroloji yağış gözlem istasyonlarının ortak kurak dönemlerin kıyaslanması.

METEOROLOJİ	İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	Kurak Dönem	Dönüş Periyodu
	Göztepe-Şile	1982-2008	2 yıl	11 yıl
	Sarıyer-Kumköy	1951-2008	3 yıl	21 yıl
	Sarıyer-Florya	1949-2008	3 yıl	27 yıl
	Florya-Kumköy	1982-2008	4 yıl	62 yıl

Çizelge 4.23 Kuzey, Güney ve Orta (Boğaz) bölgelerinde yağış gözlem istasyonlarının kurak dönem dönüş periyotlarının kıyaslanması.

Bölge	İstasyon İsimleri	Gözlem Periyodu	Kurak Dönem	Dönüş Periyodu
Güney	B.Çekmece-Florya-Göztepe	1995-2008	3 Yıl	45 Yıl
Kuzey	Terkos-Kumköy-Darlık	1995-2008	2 Yıl	15 Yıl
Orta (Boğaz)	Alibey-Sarıyer-Elmalı	1995-2008	1 Yıl	6 Yıl

İstanbul'daki yağış gözlem istasyonlarının kuzey ve güney yani Karadeniz'e ve Marmara Denizi'ne yakınlığına göre kıyaslama yapıldığında ise; güney hattında $N_{\max}=3$ yıl, dönüş periyodu ise 45 yıl, kuzey hattında $N_{\max}=2$ yıl olan kurak dönem dönüş periyodu 15 yıl olarak hesaplanmıştır. Karadeniz'e yakın bölgelerdeki kuzey hattında kurak dönemin daha az etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Tarihi yarımada ya da yakın istasyonların yani boğaza yakınlığına göre belirlenen iç bölgelerde kurak dönem analizi yapıldığında ise denizlere yakın istasyonlara göre kurak dönem uzunluğu $N_{\max}=1$ yıl ile daha kısa süre çıkmış, dönüş periyodu ise 6 yıl olarak bulunmuştur.

Avrupa ve Asya yakasındaki yağış gözlem istasyonlarının aynı devam süreli kurak dönemleri kıyaslandığında Asya yakasındaki kurak dönem dönüş aralığının daha kısa olduğu görülmektedir.

Avrupa yakası şehirleşme sürecinin daha yoğun yaşandığı bir bölgedir. Şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelerde diğer alanlar ve özellikle kırsal bölgelere göre birkaç derece daha yüksek sıcaklık değerleri gözlenmektedir. Bu ise yüzey buharlaşmasını artırmakta ve havanın bulut ve yağış oluşumu için gerekli olan doyma derecesinden uzaklaşmasına neden olmaktadır.

İstanbul kuzey ve güneyi denize açık olan bir megapol. Hakim rüzgar yönü kuzey-kuzey doğu (NNE) olan şehirde ikinci derecede etkili olan yön ise güney batıdır.

(SW). Yağışların oluşum nedenleri dikkate alındığında İstanbul üzerinde özellikle sinoptik ölçekli bozunumların ve konvektif yağışların etkili olduğu söylenebilir. Bu ise yağışların mevsimsel olarak değişimini ifade eder. Özellikle sonbahardan itibaren ilkbaharın ortalarına kadar güneybatı-kuzey doğu doğrultusunda yörüngeye sahip Akdeniz cephesel zonu ile kuzeybatı-güney doğu ve kuzey-güney doğrultusundaki yörüngeye sahip olan sistemler etkili olmaktadır. Ancak Avrupa üzerindeki sistemlerin davranışı üzerinde önemli etkiye sahip kuzey Atlantik salınımındaki dönemsel değişimler, bölgemizi de etkileyen sistemlerin yörüngelerinde değişime neden olmakta bu da yağışlı ve kurak dönemleri belirleyen önemli bir faktör olmaktadır. Özellikle SW-NE doğrultulu Akdeniz cephesel zonu bu süreçten etkilenmektedir. İçinde bulunduğumuz enlemler itibarı ile bölgenin Akdeniz ikliminin etkisinde bulunması nedeniyle kurak dönemlerin çoğunlukla yaz periyodunda bulunması dikkate alındığında özellikle lokal etkiler önem kazanmaktadır. İlkbaharın ikinci yarısı ile yaz periyodunda hâkim rüzgâr yönü NNE olmaktadır ve bu dönem oluşan yağışlar ise daha çok konvektif karakterdedir. Özellikle atmosferin üst seviyelerinde kuzey enlemlerden gelen serin hava ile birlikte yer seviyesinde Karadeniz üzerinden nemli hava akışı, kuzeyde yer alan istasyonlarda yağışın güney istasyonlara göre daha fazla oluşmasına neden olmaktadır. Tarihi yarım ada içinde yer alan iç bölgeler ise kuzeyli ve güneyli rüzgârlar açısından rüzgar altı bölge konumunda olup özellikle bulut oluşum ve yoğunlaşma açısından önem taşıyan yoğunlaşma çekirdeklerinin yoğun olduğu bir bölge konumundadır.

Tüm bu değerlendirmeler de göz önünde bulundurularak, İstanbul'daki tüm bölgelerin kurak devre özellikleri belirlenmeli ve kuraklık sürekli olarak izlenmelidir. Kurak bölgede toplam su eksikliği tespit edilerek su kıtlığı bulunan bölgeye su fazlalığı olan en yakın bölgeden su transferi yapılmalıdır. Toplam su eksikliği miktarı belirlenerek mevcut barajlardaki suyun optimum şekilde işletilmesi sağlanmalıdır. Böylelikle kuraklığın gerek ülke ekonomisine gerekse yaşam kalitesine olan etkileri en aza indirgenmiş olur.

KAYNAKLAR

- [1] Bayazıt, M. ve Şen, Z., 1976. Hidrolojik süreçlerin kurak devre özellikleri, Türkiye Bilimsel Araştırmalar Kurumu, Mühendislik Araştırma Grubu, proje no 409, İTÜ.İstanbul
- [2] Bayazıt, M. and Şen, Z., 1977. Dry period statistics of monthly flow models. Proc. 3rd Int. Symp. on Hydrology, Fort Collins, Colo.
- [3] Bayazıt, M. 1981 Distribution of joint run lengths of bivariate Markov processes, *J. Hydrol.* **50**, 35-43
- [4] Bayazıt, M. 1996. İnşaat mühendisliğinde olasılık yöntemleri, İTÜ. İstanbul
- [5] Bayazıt, M. 2001. Discussion of return period and risk of hydrologic events. I: Mathematical formulation , *J.Hydrol. Engng. ASCE* **6** (4), 358-36
- [6] Bayazıt, M. and Önöz, B., 2004. Probabilities and return periods of multisite droughts.
- [7] Baykan, O., 1994 Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri, Jeotermal uygulamalar sempozyumu, 27-30 Eylül Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- [8] Cramer, H. and Leadbetter, M.R., 1967. Stationary and related stochastic processes, John Wiley and sons.
- [9] Da Cunha, L.V., Vlachos, E. and Yevjevich, V., 1983. Droughth, environment and society, in coping with droughts (Ed. V. Yevjevich, L. Da Cunha, E. Vlachos), water resources publications, Fort Collins, Colo.USA
- [10] Downer, R.N., Siddiqui, M.M. and Yevjevich, V., 1967. Application of runs to hydrologic droughts, Proc. of the International Hydrology Symp., Vol. 1., Fort Collins, Colo.USA
- [11] Feller, W., 1957. An introduction to probability theory and its applications, John Wiley and sons.
- [12] Fernandez, B. and Salas, J.D., 1999. Return Period and risk of hydrologic events. I: Mathematical formulation, *J.Hydrol. Engng. ASCE* **6** (4). 297-302
- [13] Firing, M.B., 1967. Streamflow synthesis, Harvard Univ. Press.
- [14] Guerrero-Salazar, P. and Yevjevich, V., 1975. Analysis of drought characteristics by the theory of runs, Hydrol. Papers 80, Colo. St. Univ., Fort Collins, Colo.USA
- [15] Kendal, M.G. and Stuart, A., 1963. The advanced theory of statistics, Vol. 1, Hafner Pub. Co., New York, NY, USA
- [16] Llamas J. and Siddiqui, M.M., 1969. Runs of precipitation series, Hydrology papers no.33, Colo. St. Univ.

- [17] **Millian, J. and Yevjevich, V.**, 1971. Probabilities of observed droughts, hydrology papers no.50, Colo. St. Univ.
- [18] **Murota, A. and Eto, T.**, 1973 Theoretical studies on gamma-type distribution and runs their applications to hydrology , Seceond Int. Symp. in Hydrology, Fort Collins.
- [19] **Owen, D.B.**, 1962 Handbook of statistical tables, Addison-Wesley pub. Co., reading mass., USA
- [20] **Saldarriaga, J. and Yevjevich, V.**, 1970. Application of run lenghts to hydrologic series, Hydrology papers no.40 Colo. St. Univ.
- [21] **Santos, M.A.**, 1983. Regional droughts: a stochastic characterization, *Hydrol.*, **66**, 183-212
- [22] **Şen, Z.**, 1976. Wet and dry periods of annual flow series, proceedings ASCE, Journal of Hydraulics
- [23] **Tase, N.**, 1967. Area-deficit-intensity characteristics of droughts, Hydrol. Papers 87, Colo. St. Univ., Fort Collins, Colo. USA
- [24] **Yevjevich, V.M.**, 1963. Fluctuations of wet and dry years. Part I, Hydrology papers no.1, Colo.St.Univ.
- [25] **Yevjevich, V.M.**, 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrology papers no.23, Colo. St. Univ., Fort Collins, colo. USA.
- [26] **Yevjevich, V.M.**, 1983. Methods for determining statistical properties of droughts, in coping with droughts (Ed. V. Yevjevich, L. Da. Cunha, E. Vlachos), Water R Resources Publications, Fort collins, Colo., USA.
- [27] **Menteş, Ş.S.**, kişisel görüşme.

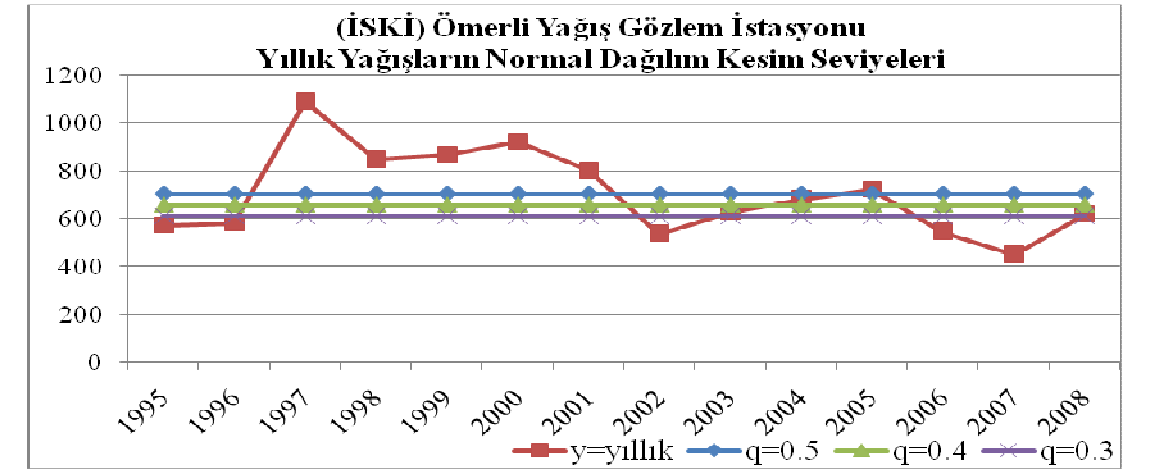
EKLER

EK A.1 : İSKİ ve Meteoroloji Yağış Gözlem İstasyonları Yıllık Yağışların Normal ve Lognormal Dağılım Kesim Seviyeleri

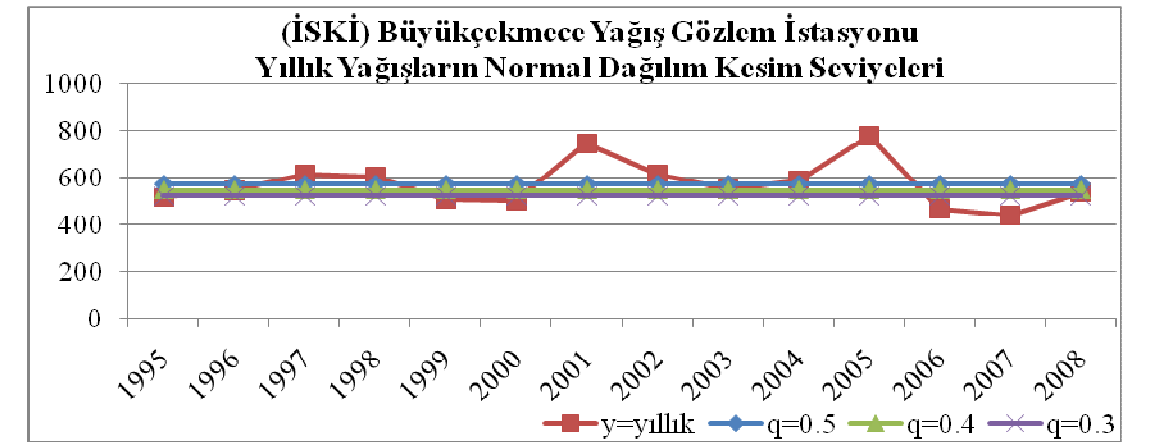
EK A.2 : İSKİ ve Meteoroloji Yağış Gözlem İstasyonları $q=0.4$ ve $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği

EK A.3 : Harita

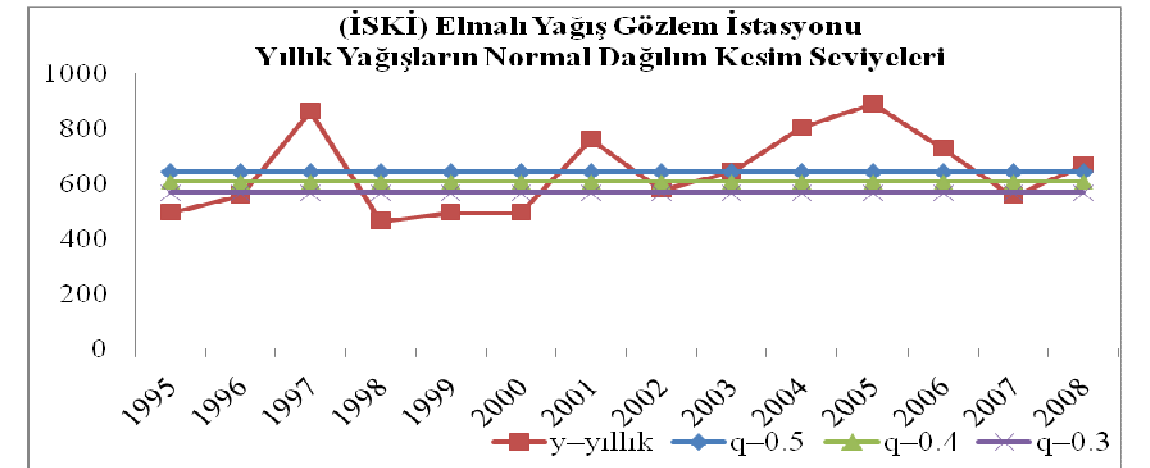
EK A.1



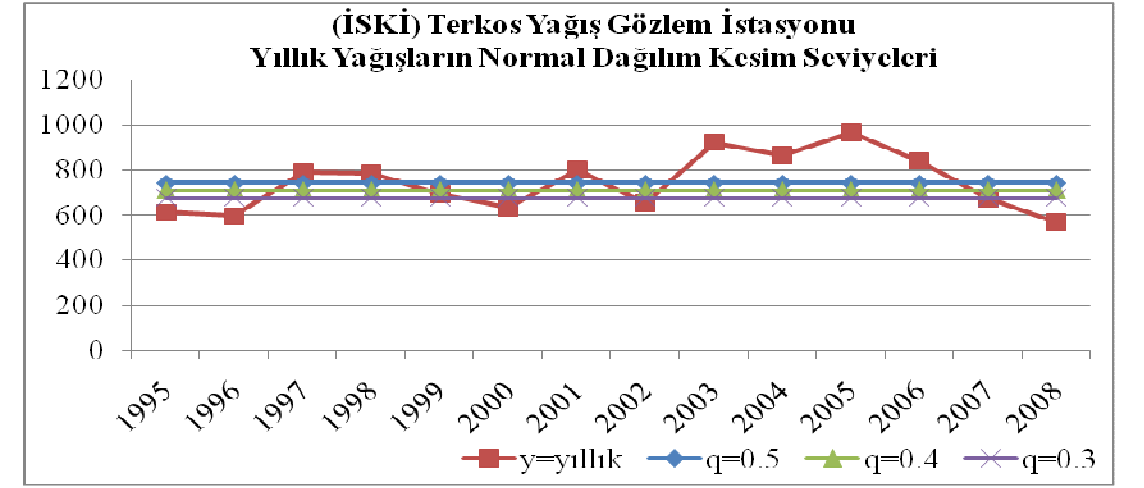
Şekil A.1 Ömerli yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



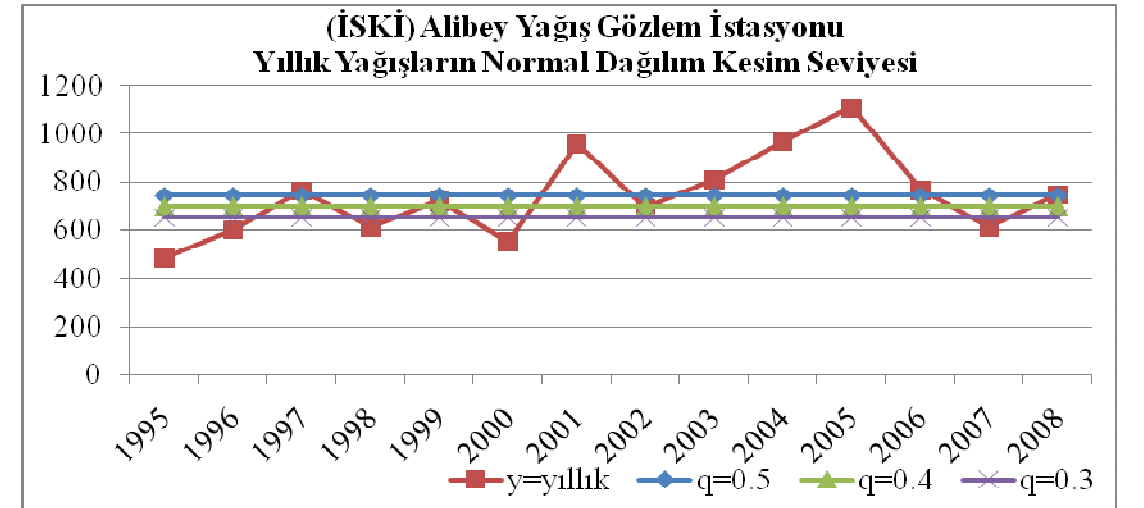
Şekil A.2 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda belirlene normal dağılım kesim seviyeleri.



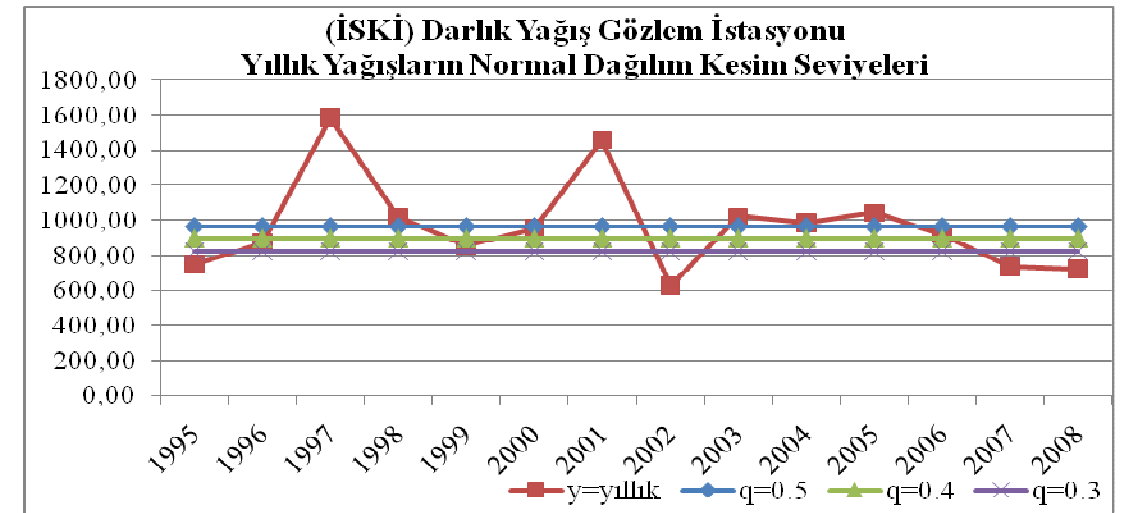
Şekil A.3 Elmalı yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



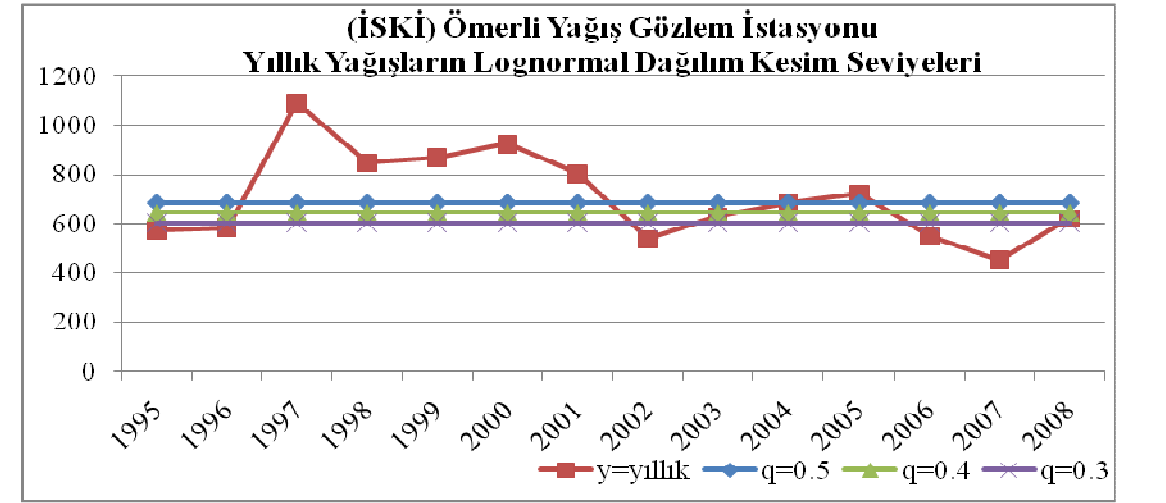
Şekil A.4 Terkos yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



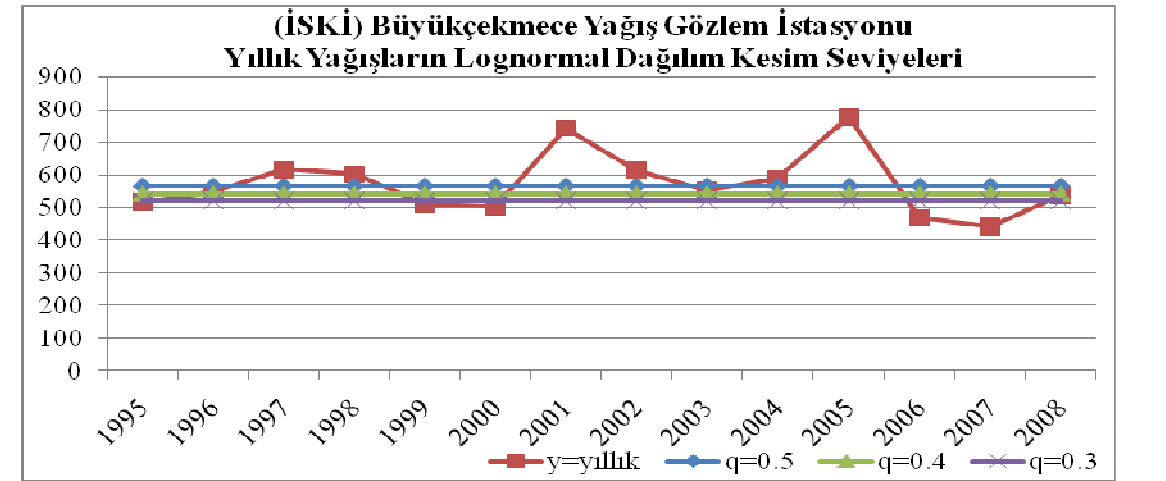
Şekil A.5 Alibey yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



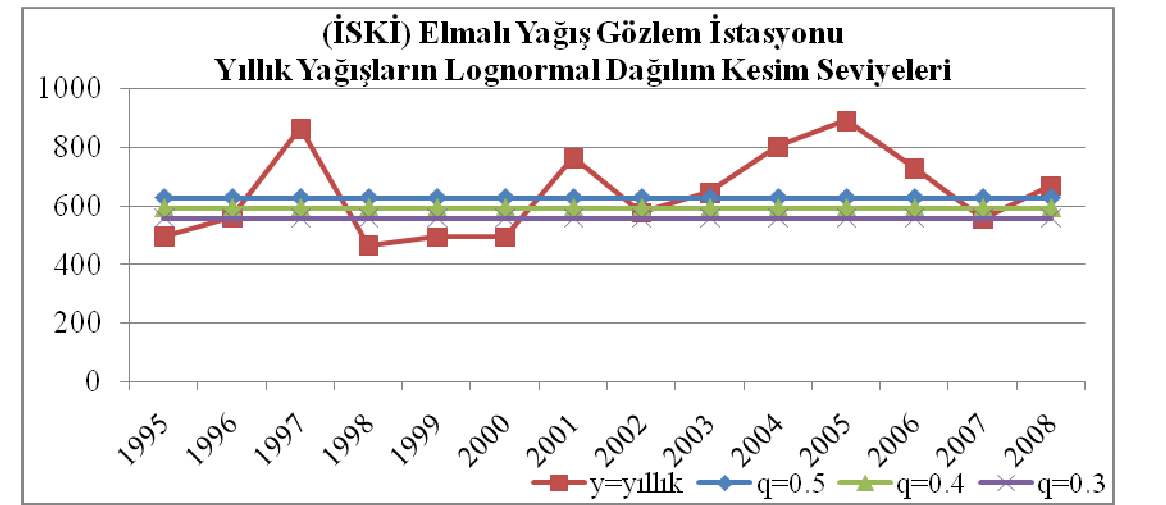
Şekil A.6 Darlık yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



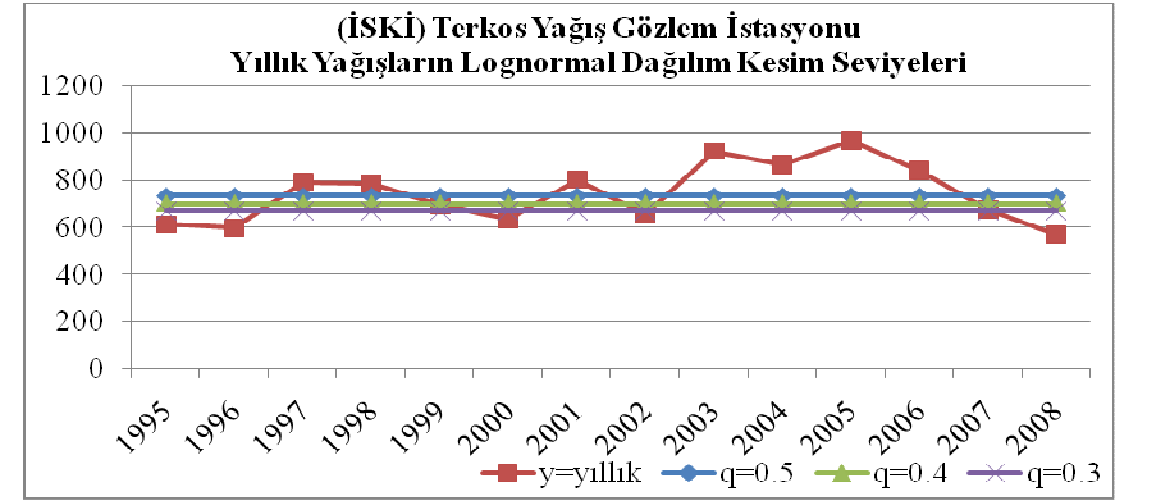
Şekil A.7 Ömerli yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



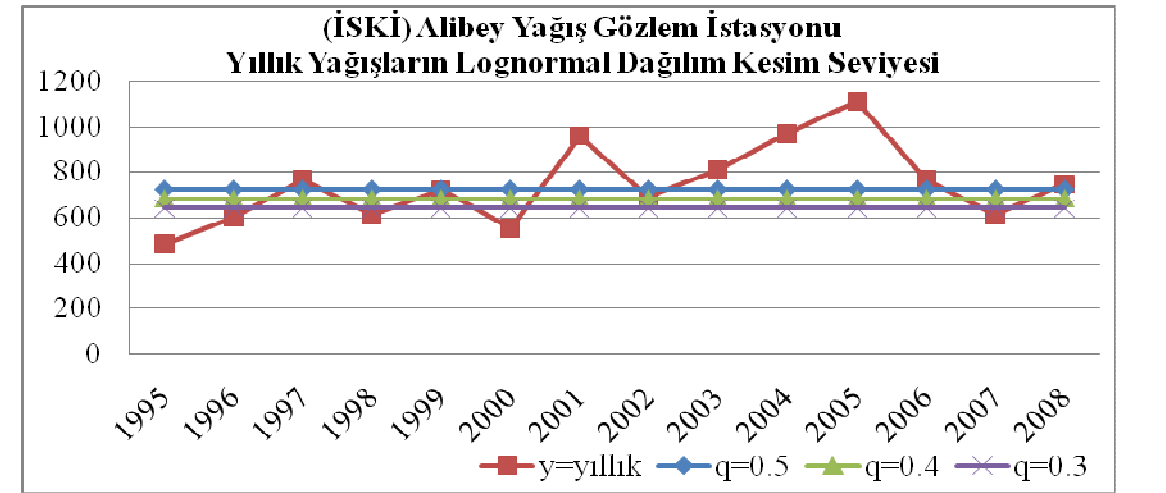
Şekil A.8 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



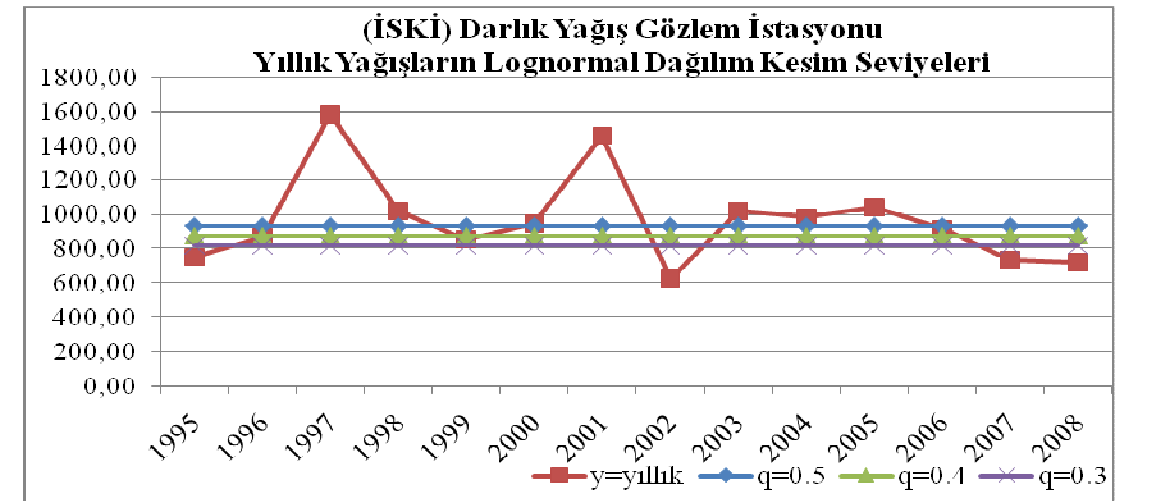
Şekil A.9 Elmalı yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



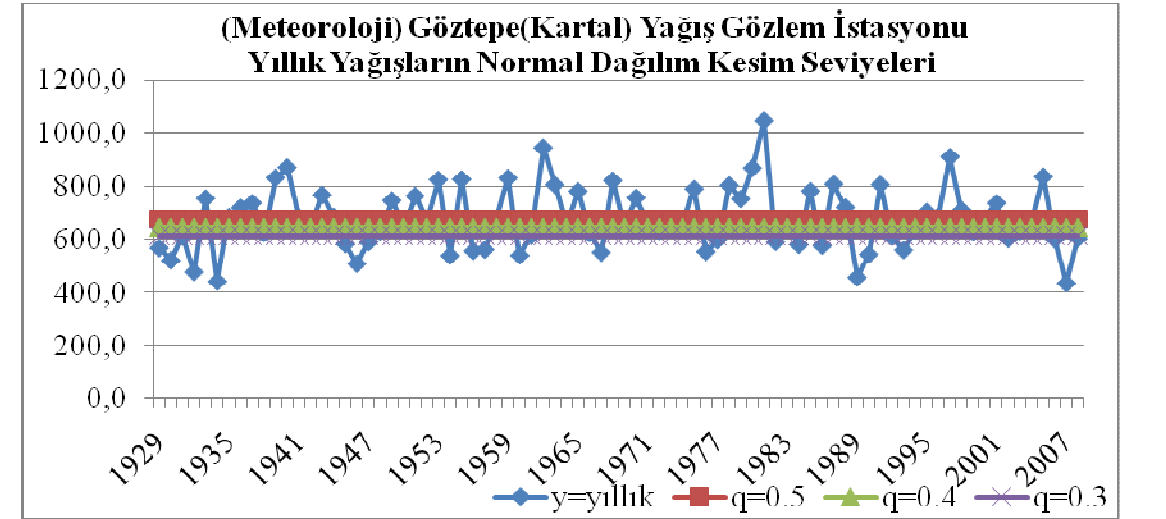
Şekil A.10 Terkos yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



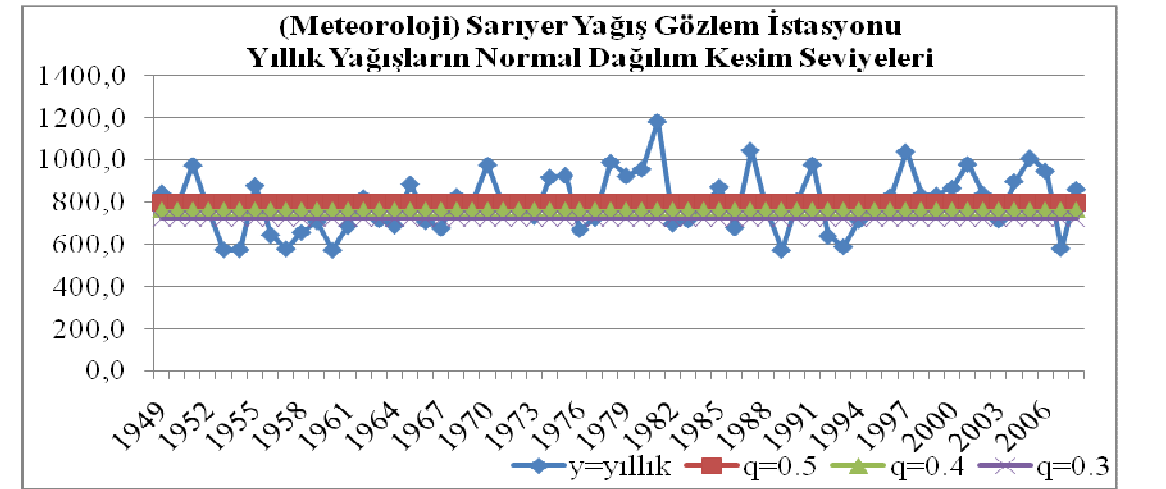
Şekil A.11 Alibey yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



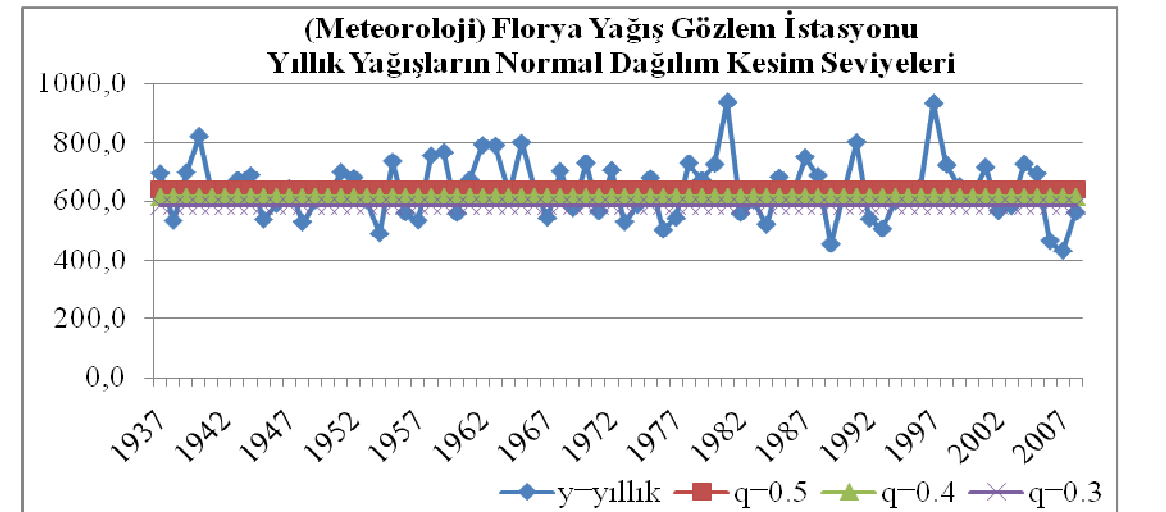
Şekil A.12 Darlık yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



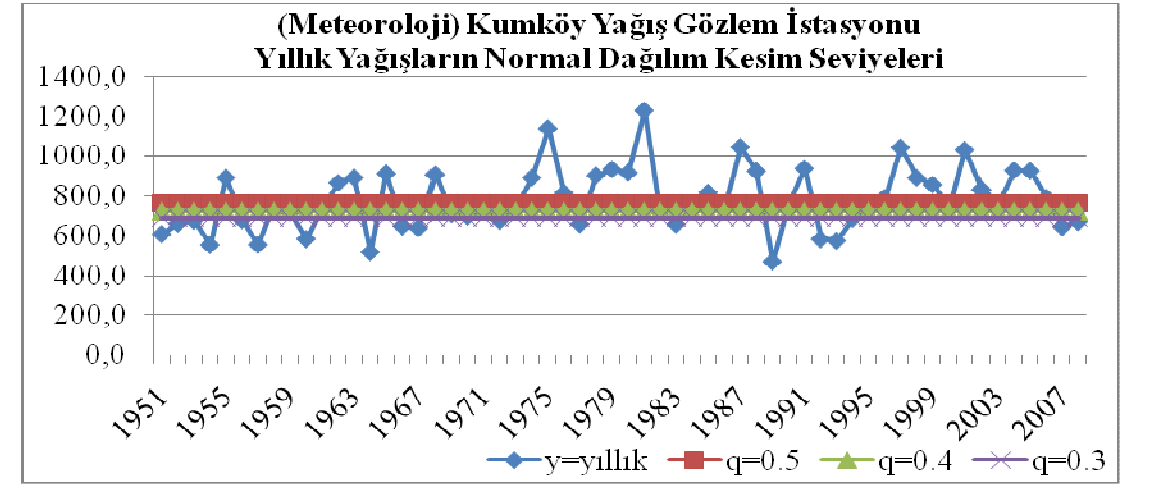
Şekil A.13 Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



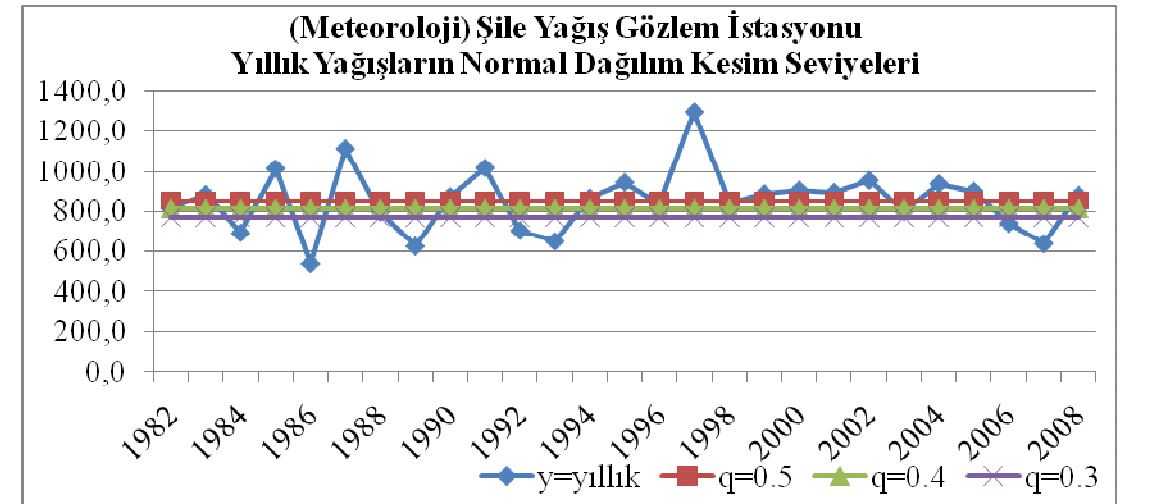
Şekil A.14 Sarıyer yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



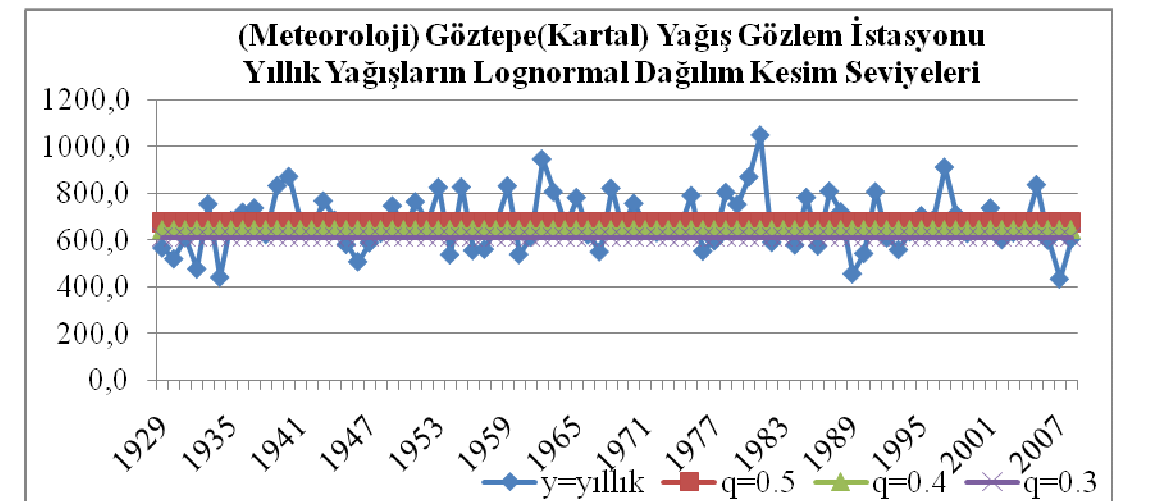
Şekil A.15 Florya yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



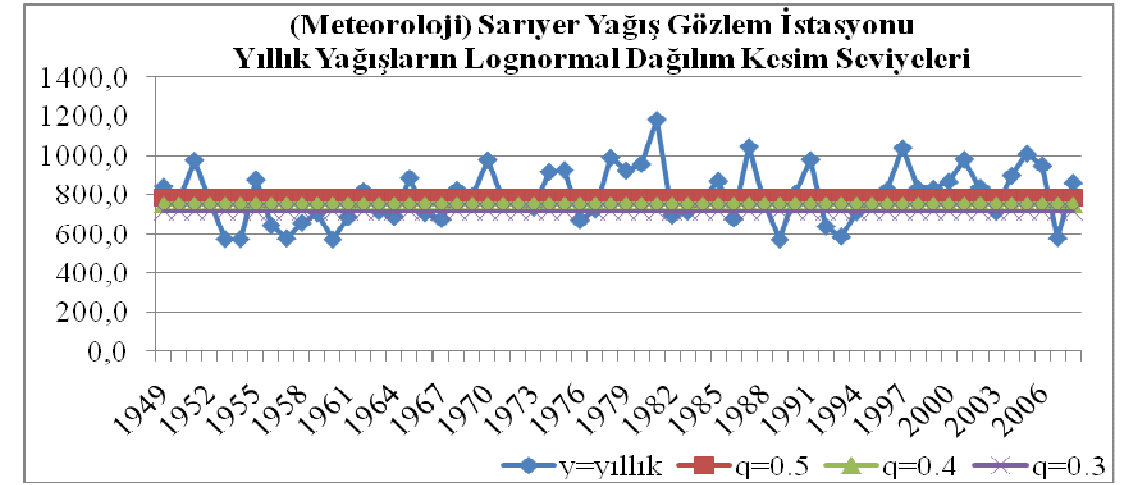
Şekil A.16 Kumköy yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



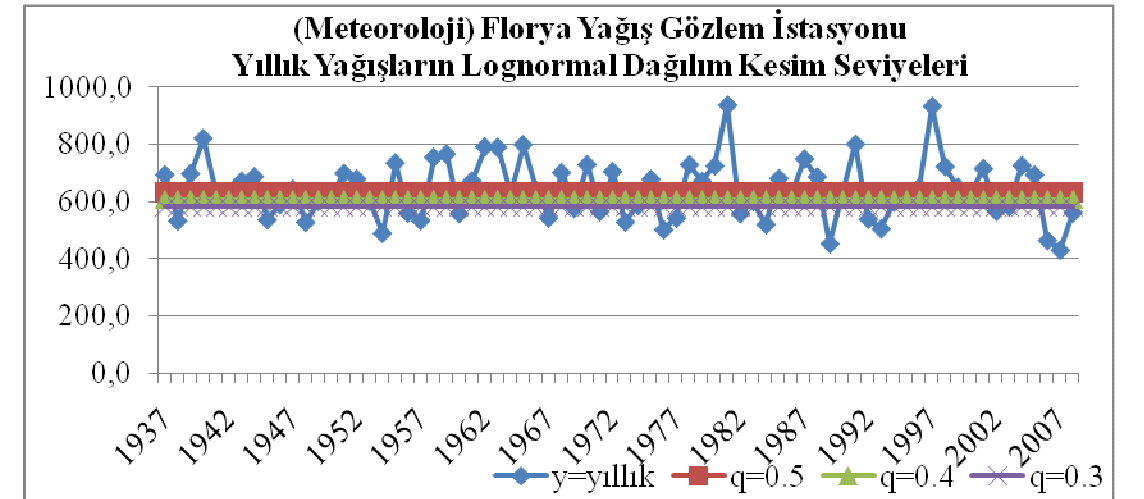
Şekil A.17 Şile yağış gözlem istasyonunda belirlenen normal dağılım kesim seviyeleri.



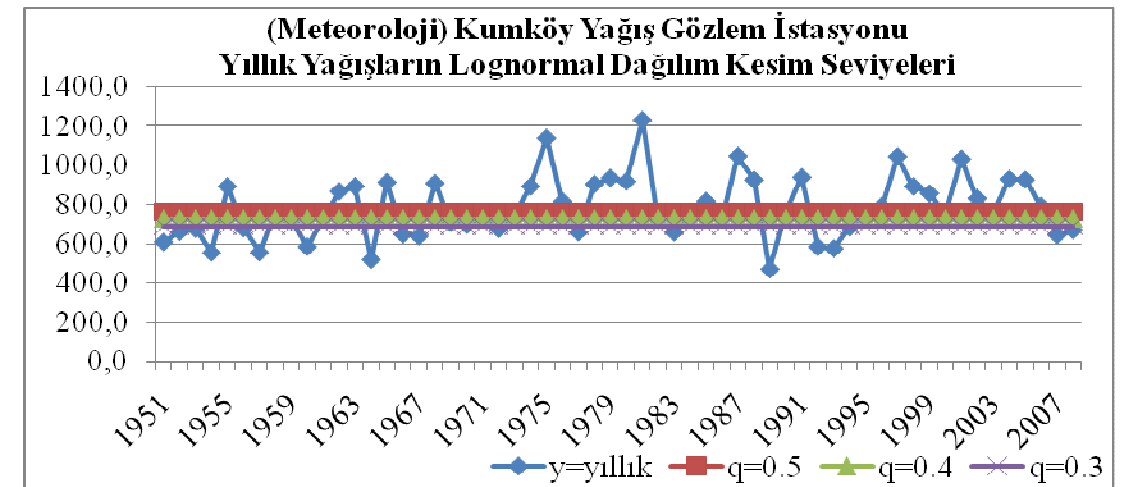
Şekil A.18 Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



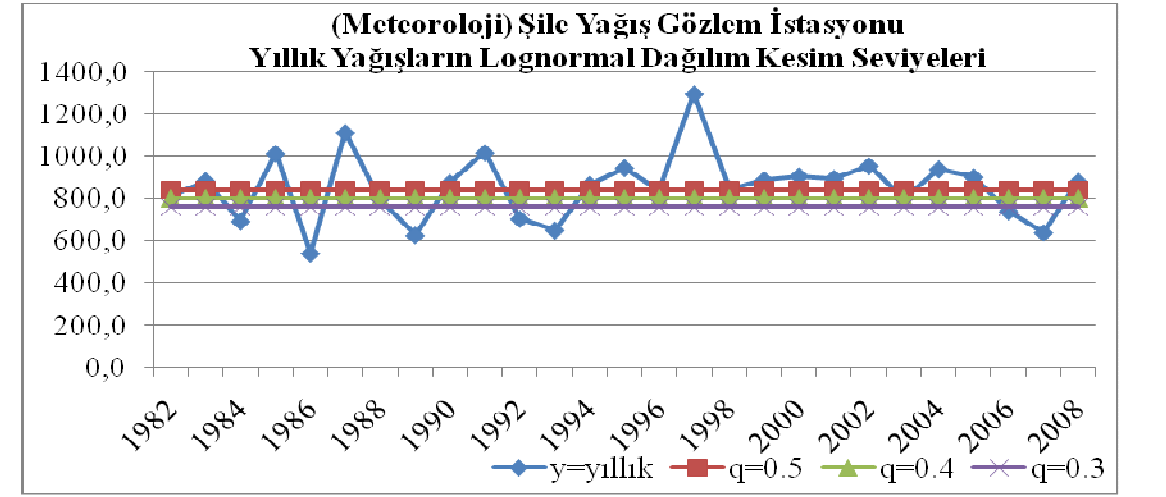
Şekil A.19 Sarıyer yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.



Şekil A.20 Florya yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.

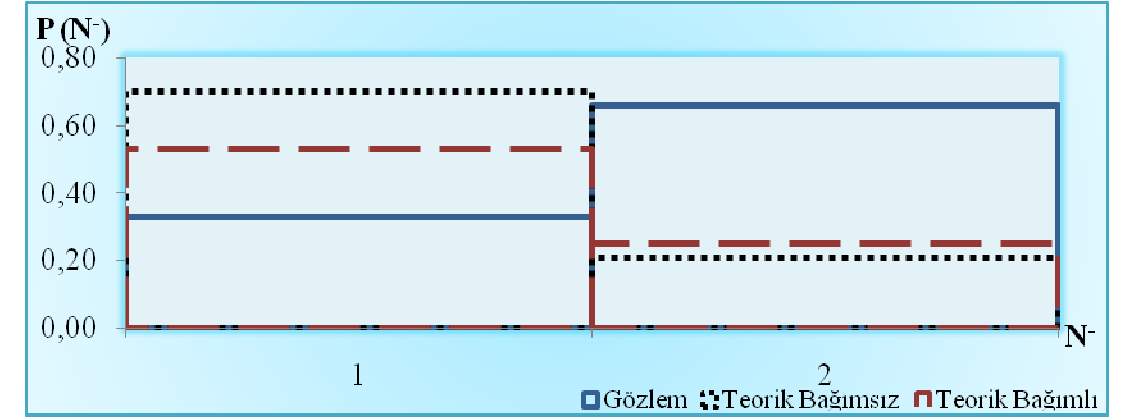


Şekil A.21 Kumköy yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.

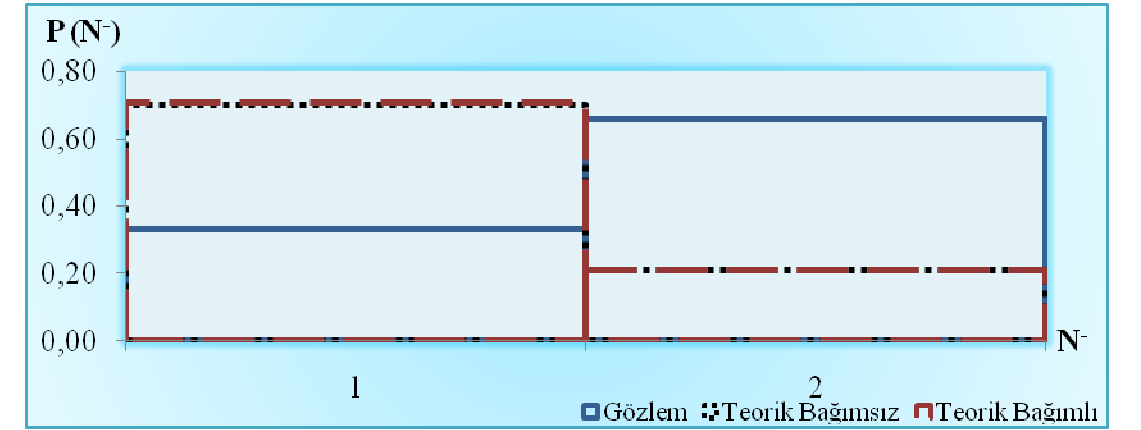


Şekil A.22 Şile yağış gözlem istasyonunda belirlenen lognormal dağılım kesim seviyeleri.

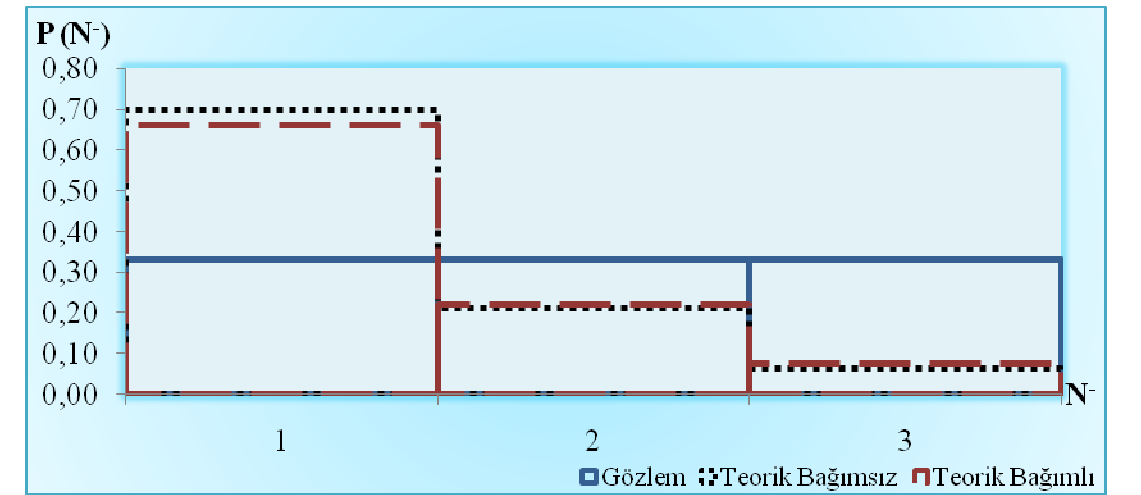
EK A.2



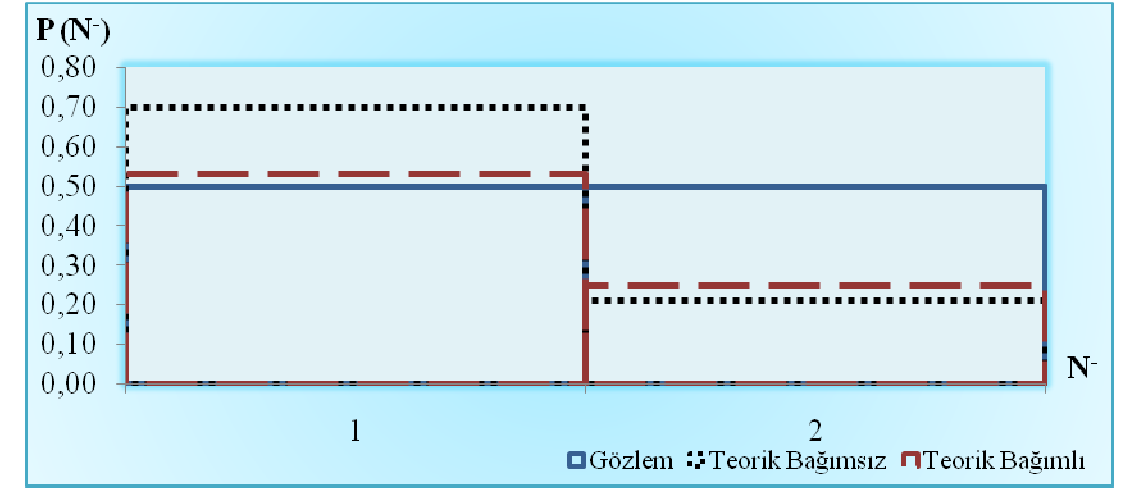
Şekil A.23 Ömerli yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



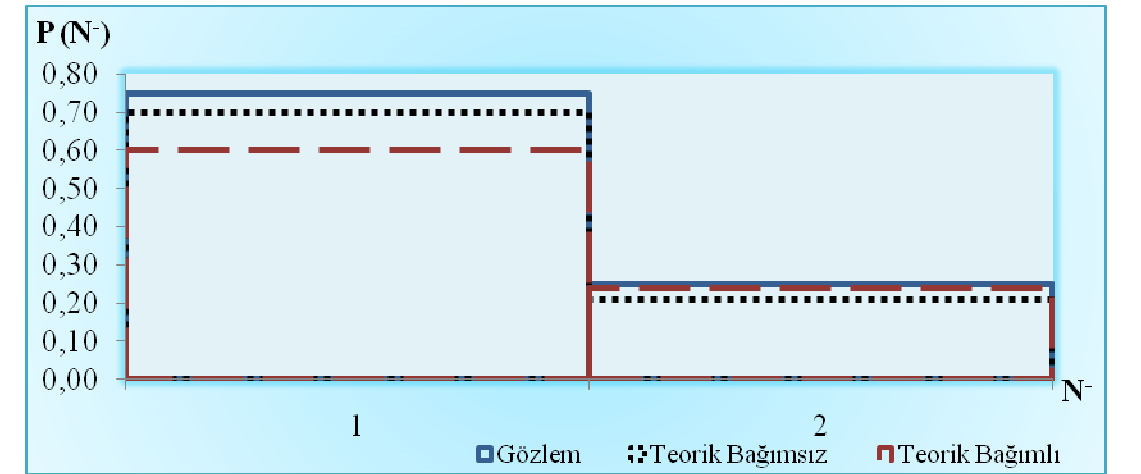
Şekil A.24 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



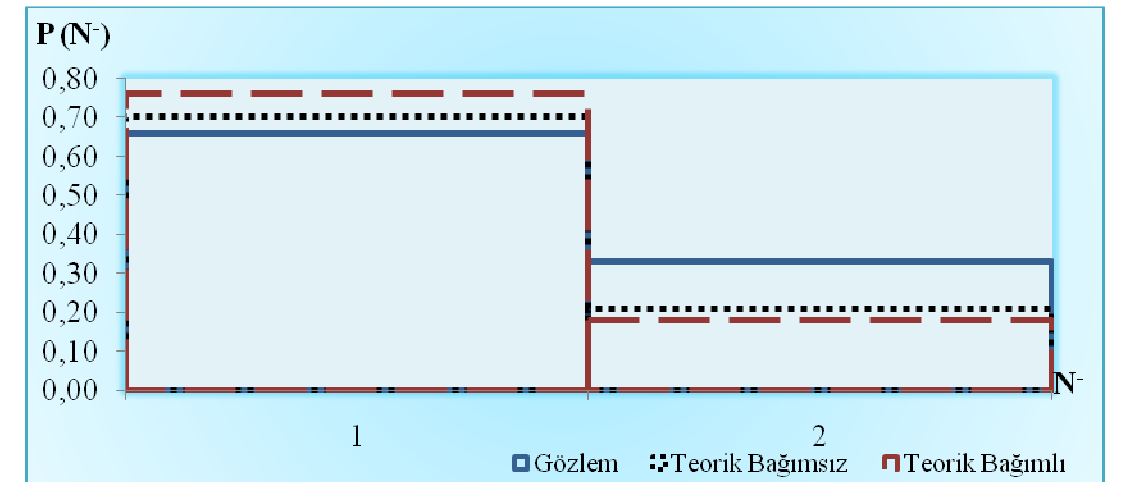
Şekil A.25 Elmalı yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



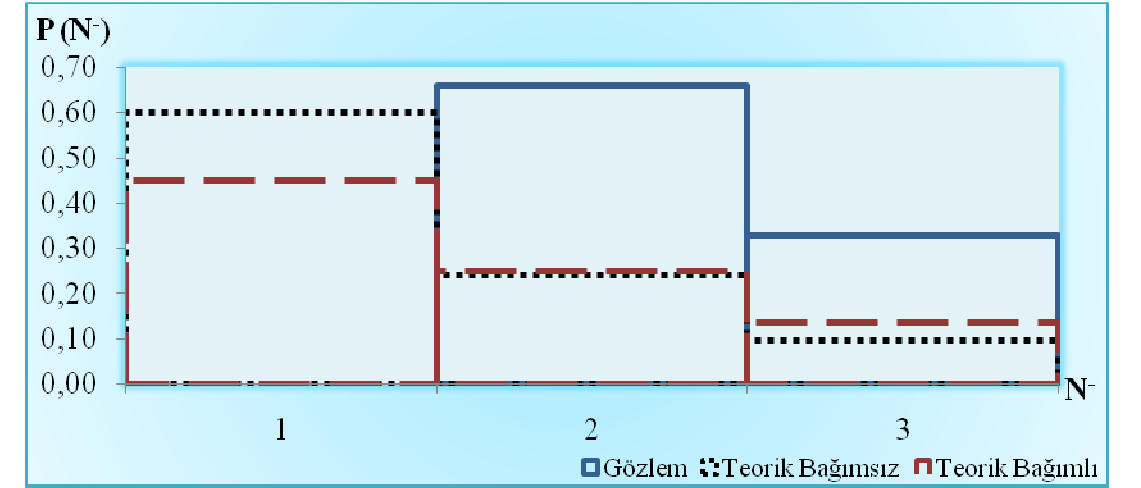
Şekil A.26 Terkos yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



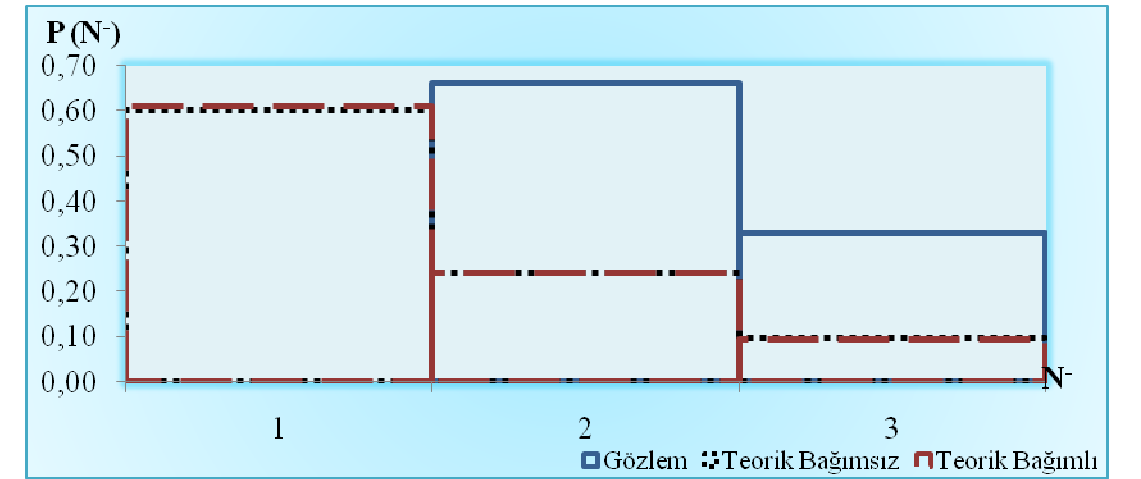
Şekil A.27 Alibey yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



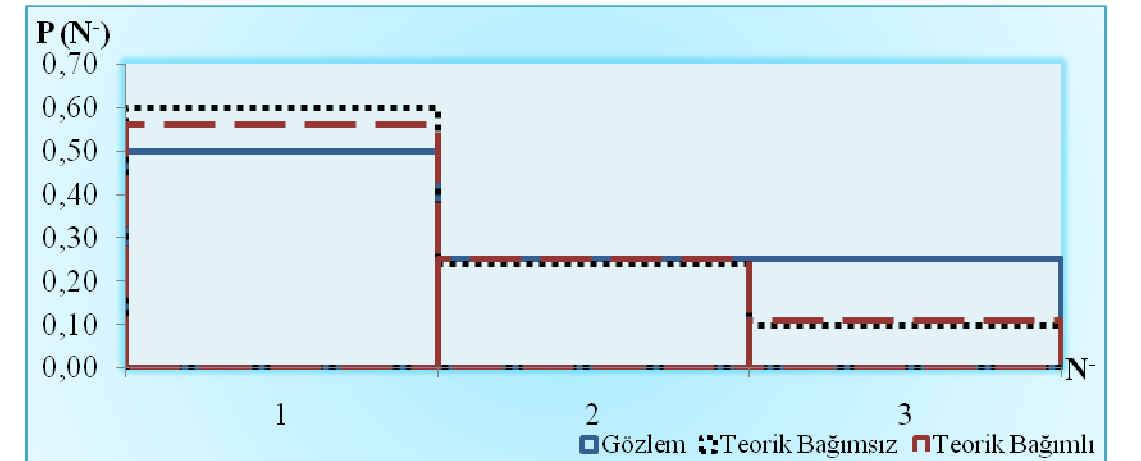
Şekil A.28 Darlık yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



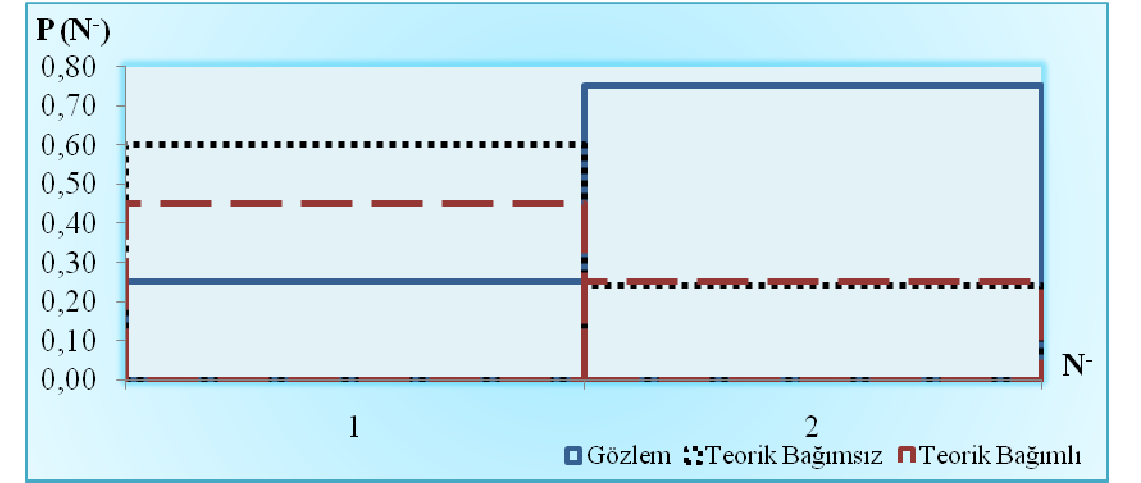
Şekil A.29 Ömerli yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



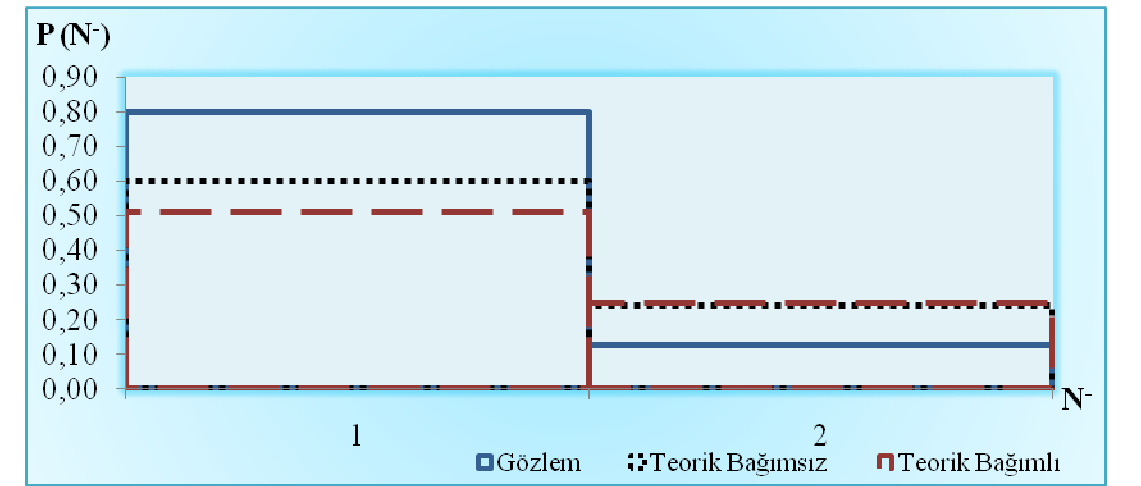
Şekil A.30 Büyükçekmece yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



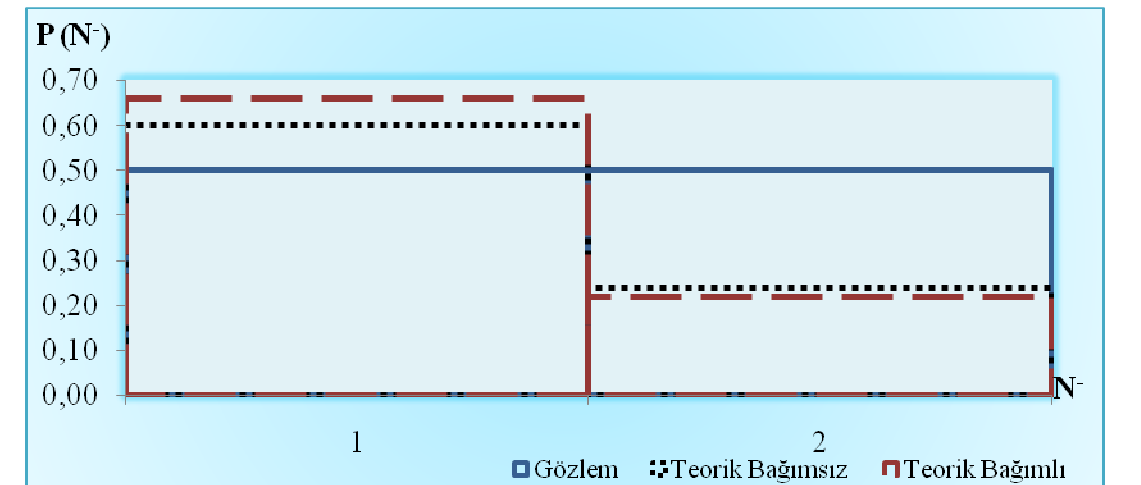
Şekil A.31 Elmalı yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



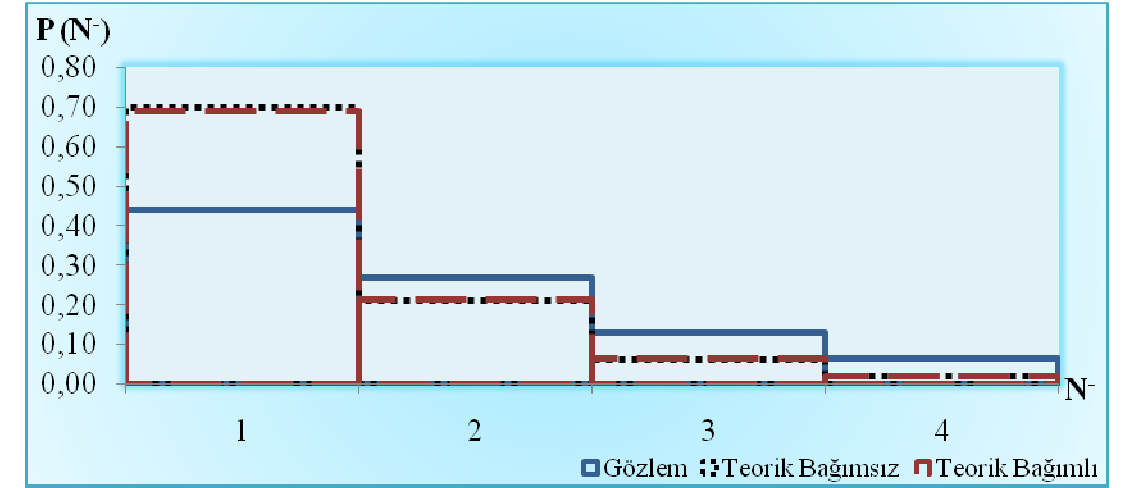
Şekil A.32 Terkos yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



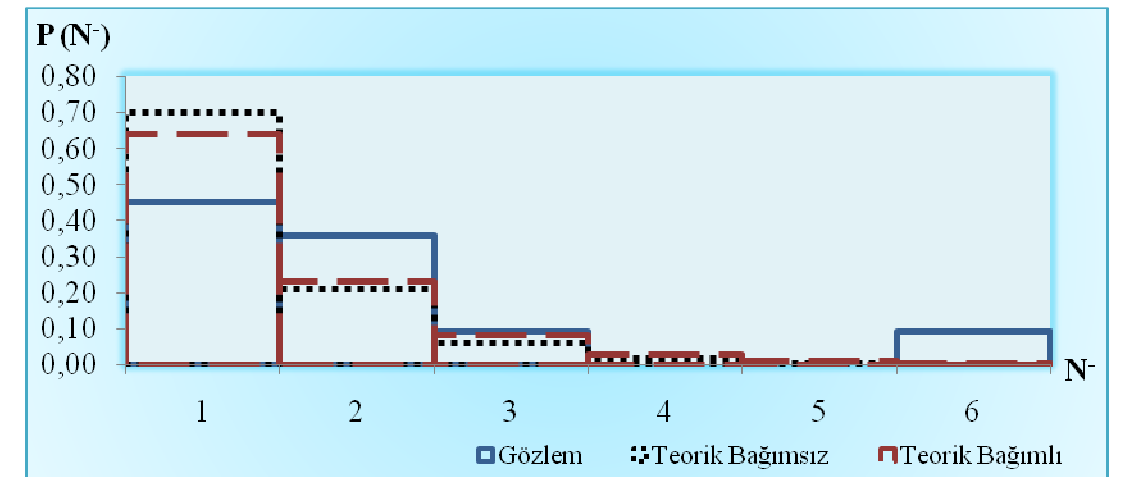
Şekil A.33 Alibey yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



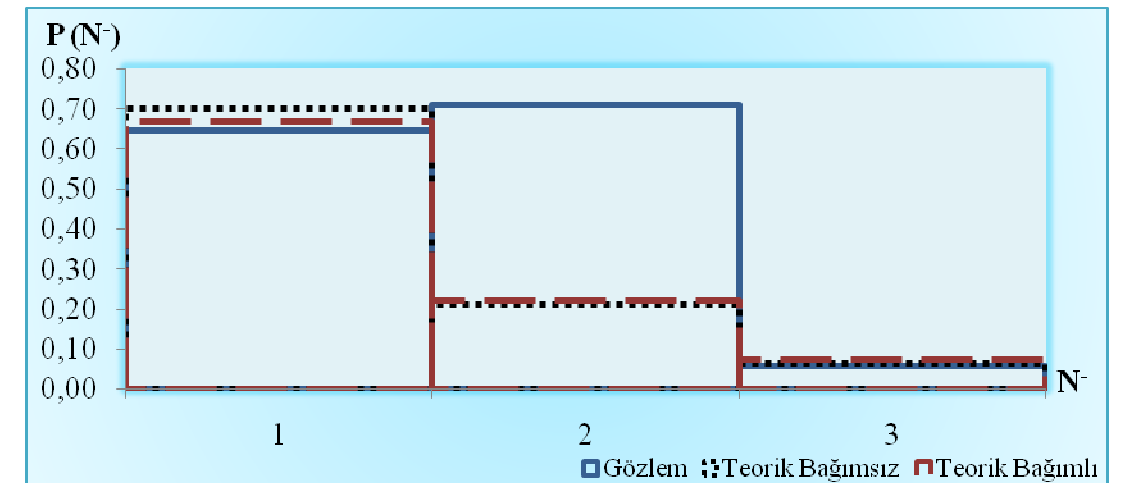
Şekil A.34 Darlık yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



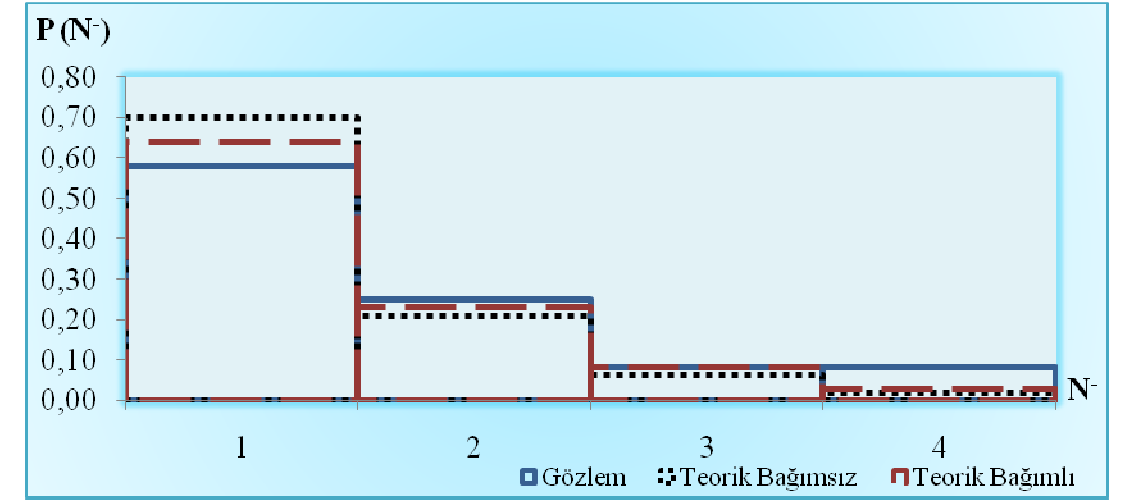
Şekil A.35 Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



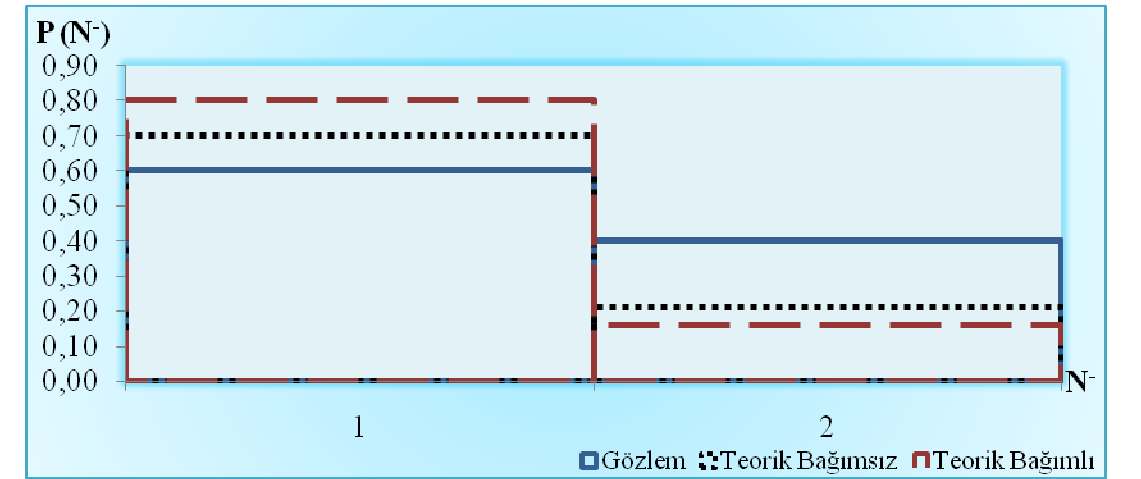
Şekil A.36 Sarıyer yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



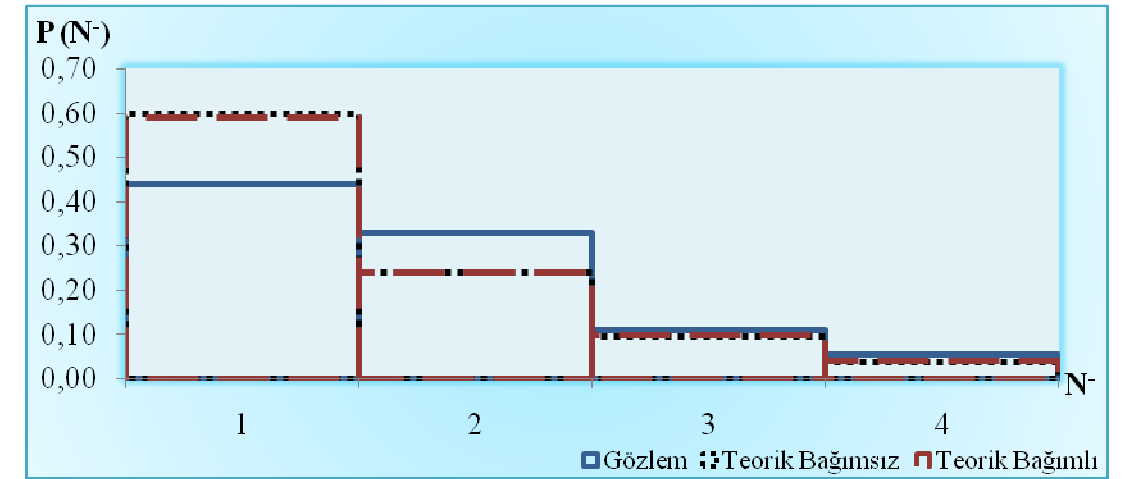
Şekil A.37 Florya yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



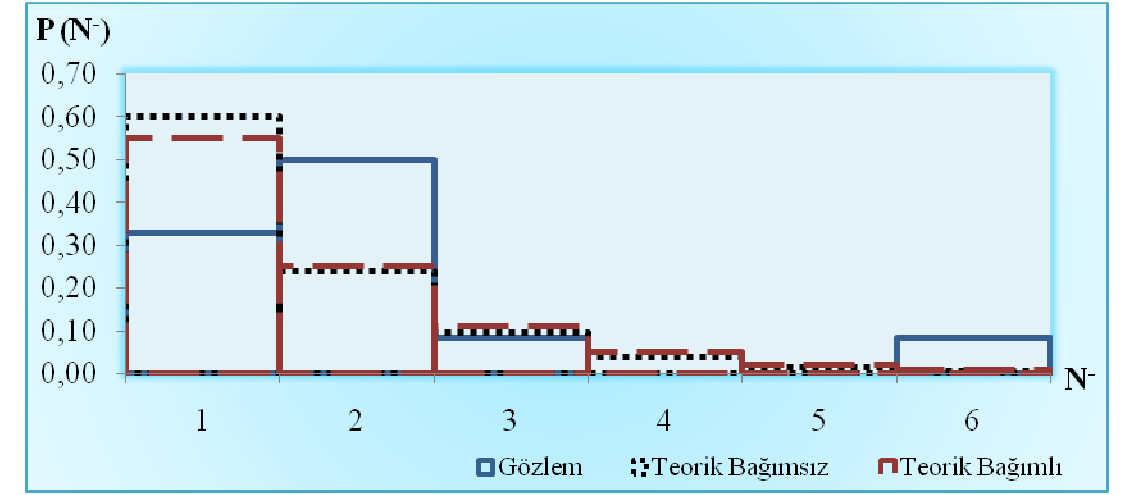
Şekil A.38 Kumköy yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



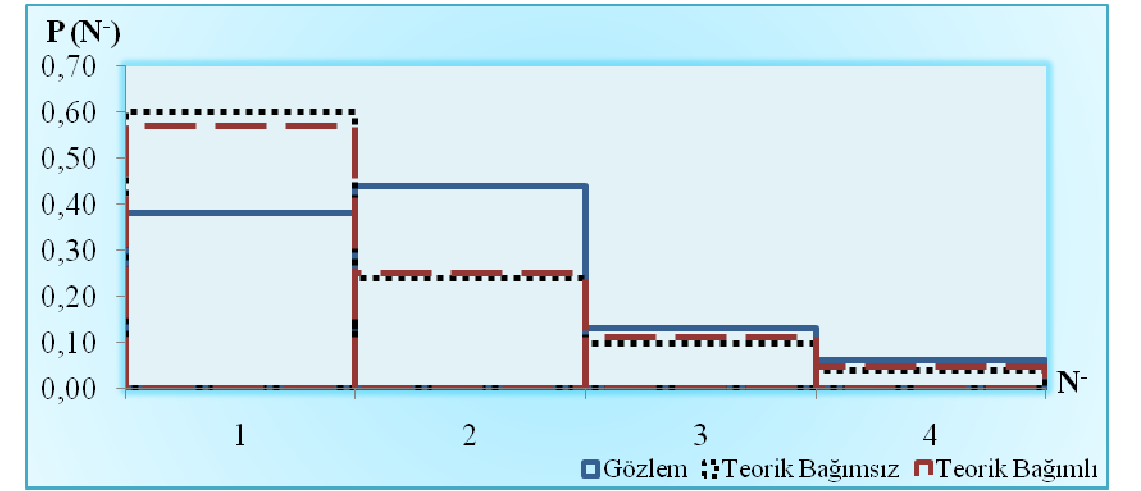
Şekil A.39 Şile yağış gözlem istasyonu $q=0.3$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



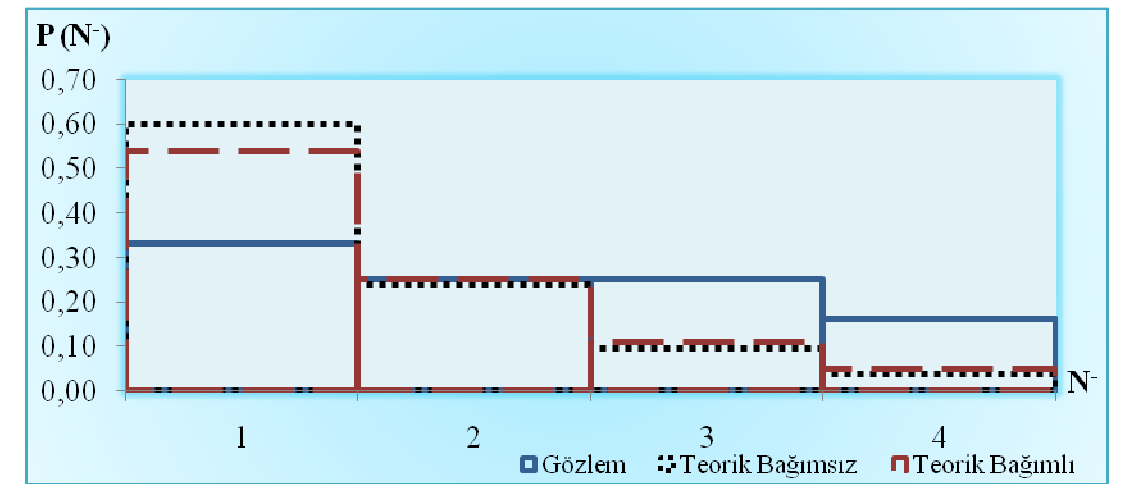
Şekil A.40 Göztepe (Kartal) yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



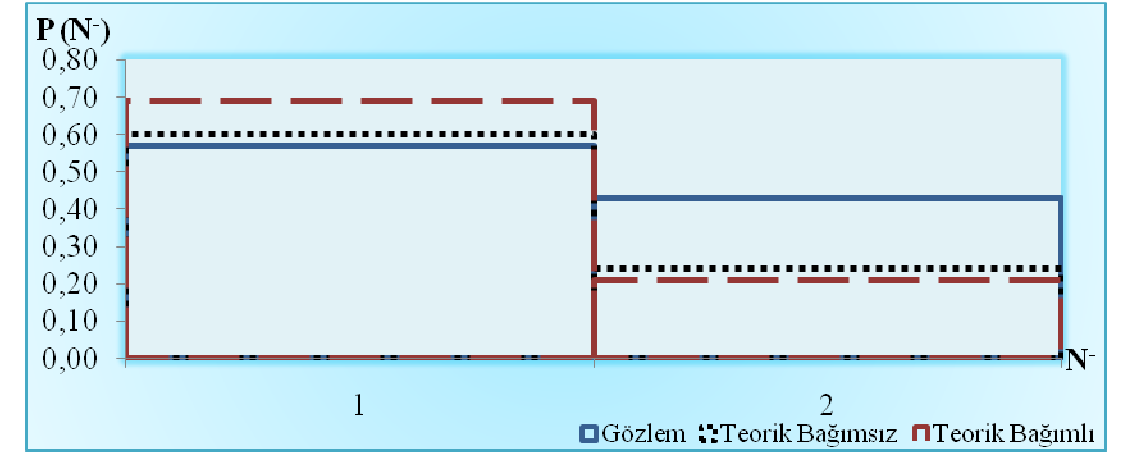
Şekil A.41 Sarıyer yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



Şekil A.42 Florya yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



Şekil A.43 Kumköy yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



Şekil A.44 Şile yağış gözlem istasyonu $q=0.4$ için yıllık yağış verilerinin olasılık kütle fonksiyonu grafiği.



Şekil A.45 İstanbul yağış gözlem istasyonları haritası.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mehmet DİKİCİ

Doğum Yeri ve Tarihi: Ceyhan 23/12/1968

Adres: İSKİ Genel Müdürlüğü Kağıthane/İSTANBUL

Lisans Üniversite: İTÜ İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği