

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI
2024-DR-01

BATI ANADOLU'DA KURAK VE YAĞIŞLI DÖNEMLERİN
ANALİZİ VE BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ

Ebru Elif ARSLANTAŞ CİVELEKOĞLU
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK

AYDIN-2024

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Doktora Programı öğrencisi Ebru Elif ARSLANTAŞ CİVELEKOĞLU tarafından hazırlanan “BATI ANADOLU’DA KURAK VE YAĞIŞLI DÖNEMLERİN ANALİZİ VE BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 27/12/2023

Jüri Üyeleri

ONAY:

Başkan	: Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Prof. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. Selin AKÇAY Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Prof. Dr. Erhan AKKUZZU Ege Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. Gülay PAMUK MENGÜ Ege Üniversitesi	

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınan numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa SÜRMEN

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK'a, çalışmanın her aşamasında bana yardımcı olan tez izleme komitesindeki değerli hocalarım Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN'e ve Prof. Dr. Erhan AKKUZU'ya, fikirleriyle bana ışık tutan değerli jüri üyesi hocalarım Doç. Dr. Selin AKÇAY'a ve Doç. Dr. Gülay PAMUK MENGÜ'ye ve bu çalışmanın meydana gelmesinde büyük emeği geçen değerli hocam Prof. Dr. Neslihan SEÇKİN'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmam boyunca özverisi ve desteği ile her zaman yanımda olan aileme ve sevgili eşim Hakan CİVELEKOĞLU'na sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“BATI ANADOLU’DA KURAK VE YAĞIŞLI DÖNEMLERİN ANALİZİ VE BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ” başlıklı Doktora tezimdeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Ebru Elif ARSLANTAŞ CİVELEKOĞLU

.../.../....

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	ii
TEŞEKKÜR	iii
BİLİMSEL ETİK BEYANI	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
SİMGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Çalışma Alanı	13
3.1.2. Veriler.....	16
3.2. Yöntem	18
3.2.1. Kurak ve Yağışlı Dönem İndisleri.....	18
3.2.2. Trend Analizi	19
3.2.3. Bölgeselleştirme	21
3.2.3.1. L-Momentler ve L-Katsayılar.....	22
3.2.4. L-Momentler Yaklaşımı ile Bölgesel Frekans Analizi.....	23
3.2.4.1. Homojenlik Analizi	24

3.2.4.1.1. Uyumsuzluk Ölçüsü	24
3.2.4.1.2. Heterojenlik Ölçüsü.....	25
3.2.4.2. En Uygun Dağılımın Seçilmesi	26
3.2.4.3. Dağılımların Parametrelerinin Tahmini.....	28
3.2.4.3.1. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)	28
3.2.4.3.2. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO).....	28
3.2.4.3.3. Genelleştirilmiş Normal Dağılım (GNO).....	29
3.2.4.3.4. Pearson Tip 3 Dağılımı (PE3)	29
3.2.4.3.5. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GPA)	30
3.2.4.3.6. Beş Parametrelili Wakeby Dağılımı (WAK).....	30
3.2.4.4. Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi	32
4. BULGULAR.....	35
4.1. Ekstrem İndisler için Bölgesel Frekans Analizi	35
4.1.1. KDL İndisi için Bölgesel Frekans Analizi	36
4.1.2. EKDS95 İndisi için Bölgesel Frekans Analizi	45
4.1.3. YDL İndisi için Bölgesel Frekans Analizi	54
4.1.4. UYDM İndisi için Bölgesel Frekans Analizi	62
4.1.5. EYDM95 İndisi için Bölgesel Frekans Analizi.....	71
4.2. Normal ve Ekstrem İndislerin Mekansal ve Zamansal Değişimi	80
4.2.1. KDS İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	84
4.2.2. KDO İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	85
4.2.3. YDS İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	86
4.2.4. YDO İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	87
4.2.5. KDL İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	88
4.2.6. EKDS95 İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi.....	89
4.2.7. YDL İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	90

4.2.8. UYDM İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi	91
4.2.9. EYDM95 İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi.....	92
4.3. Yapı İndislerindeki Değişimler	93
4.3.1. YDF ve YDT indisleri	93
4.3.2. KDF ve KDT indisleri	95
5. TARTIŞMA	99
5.1. Mekansal Analiz	102
5.2. Zamansal Analiz	104
5.3. Yapısal Analiz	106
5.4. Bölgesel Analiz	108
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	125

KISALTMALAR DİZİNİ

GEV : Genelleştirilmiş ekstrem değer dağılımı

GLO : Genelleştirilmiş lojistik dağılım

GNO : Genelleştirilmiş normal dağılım

GPA : Genelleştirilmiş pareto dağılımı

PE3 : Pearson tip 3 dağılımı

WAK : Wakeby dağılımı

SİMGELER DİZİNİ

- D_i : Uyumsuzluk ölçüsü
- F : Aşılmama olasılığı
- H_i : Heterojenlik ölçüsü
- $L - C_v$: Değişim katsayısı
- $L - C_k$: Basıklık katsayısı
- $L - C_s$: Çarpıklık katsayısı
- $q(F)$: F olasılığındaki bölgesel büyüme eğrisi
- $Q(F)$: F olasılığında elde edilen miktar
- $RMSE$: Ortalama karakök hatası
- T : Tekerrür periyodu
- τ, t : L -Değişim katsayısı
- τ_3, t_3 : L -Çarpıklık katsayısı
- τ_4, t_4 : L -Basıklık katsayısı
- y : Gumbel azalan değerler
- $Z^{Dağılım}$: Uygunluk Ölçüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı ve istasyonların konumları	13
Şekil 3.2. Çalışma alanında ortalama yıllık yağış dağılımı	15
Şekil 4.1. Üç alt bölgeye ayrılan istasyonlarının çalışma alanındaki dağılımı.....	35
Şekil 4.2. KDL için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı.....	39
Şekil 4.3. KDL için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı.....	39
Şekil 4.4. KDL için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı.....	39
Şekil 4.5. KDL için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	40
Şekil 4.6. KDL için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	41
Şekil 4.7. KDL için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	42
Şekil 4.8. 1. Bölge KDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi	43
Şekil 4.9. 2. Bölge KDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi	43
Şekil 4.10. 3. Bölge KDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi	44
Şekil 4.11. EKDS95 için 1. Bölge' ye ait L-moment oranı diyagramı	48
Şekil 4.12. EKDS95 için 2. Bölge' ye ait L-moment oranı diyagramı	48
Şekil 4.13. EKDS95 için 3. Bölge' ye ait L-moment oranı diyagramı	48
Şekil 4.14. EKDS95 için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi.....	49
Şekil 4.15. EKDS95 için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi.....	50
Şekil 4.16. EKDS95 için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi.....	51
Şekil 4.17. 1.Bölge EKDS95 indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi.....	52
Şekil 4.18. 2.Bölge EKDS95 indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi.....	52
Şekil 4.19. 3.Bölge EKDS95 indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi.....	53
Şekil 4.20. YDL için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	57
Şekil 4.21. YDL için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	57

Şekil 4.22. YDL için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	57
Şekil 4.23. YDL için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	58
Şekil 4.24. YDL için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	59
Şekil 4.25. YDL için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	59
Şekil 4.26. 1. Bölge YDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi	60
Şekil 4.27. 2. Bölge YDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi	61
Şekil 4.28. 3. Bölge YDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi	61
Şekil 4.29. UYDM için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	66
Şekil 4.30. UYDM için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	66
Şekil 4.31. UYDM için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	66
Şekil 4.32. UYDM için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	67
Şekil 4.33. UYDM için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	68
Şekil 4.34. UYDM için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	68
Şekil 4.35. 1. Bölge UYDM indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi	69
Şekil 4.36. 2. Bölge UYDM indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi	70
Şekil 4.37. 3. Bölge UYDM indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi	70
Şekil 4.38. EYDM95 için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	75
Şekil 4.39. EYDM95 için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	75
Şekil 4.40. EYDM95 için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı	75
Şekil 4.41. EYDM95 için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	76
Şekil 4.42. EYDM95 için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	77
Şekil 4.43. EYDM95 için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi	77
Şekil 4.44. 1. Bölge EYDM95 indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi ..	78
Şekil 4.45. 2. Bölge EYDM95 indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi ..	79
Şekil 4.46. 3. Bölge EYDM95 indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi .	79

Şekil 4.47. KDS indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	84
Şekil 4.48. KDO indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	85
Şekil 4.49. YDS indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	86
Şekil 4.50. YDO indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	87
Şekil 4.51. KDL indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	88
Şekil 4.52. EKDS95 indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	89
Şekil 4.53. YDL indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	90
Şekil 4.54. UYDM indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	91
Şekil 4.55. EYDM95 indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b).....	92
Şekil 4.56. Çalışma alanında farklı yağış dönem süreleri için YDF (%) ve YDT (%) indisleri	93
Şekil 4.57. Çalışma alanında YDF ve YDT indislerinin zamansal değişimi	94
Şekil 4.58. Çalışma alanındaki farklı kurak dönem süreleri için KDF (%) ve KDT(%) indisleri	95
Şekil 4.59. Çalışma alanında KDF ve KDT indislerinin zamansal değişimi	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Meteoroloji istasyonlarının bazı karakteristik özellikleri (MGM, 2020)...	14
Çizelge 3.2. Batı Anadolu'daki istasyonlara ait yağış verileri	17
Çizelge 3.3. Çalışmada türetilen kurak ve yağışlı dönem indisleri (Huang vd., 2017)..	19
Çizelge 3.4. Uyumsuzluk istatistiği D_1 için kritik değerler	25
Çizelge 4.1. KDL indisi için istasyonların L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri	37
Çizelge 4.2. KDL indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları.....	38
Çizelge 4.3. KDL indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları.....	38
Çizelge 4.4. KDL indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri	38
Çizelge 4.5. KDL indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (KDL/KDLort) değerleri	40
Çizelge 4.6. KDL indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (KDL/KDLort) değerleri	41
Çizelge 4.7. KDL indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (KDL/KDLort) değerleri	41
Çizelge 4.8. KDL indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3).....	42
Çizelge 4.9. KDL indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3).....	43
Çizelge 4.10. KDL indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GLO)	44
Çizelge 4.11. KDL indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (gün)	44
Çizelge 4.12. EKDS95 indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri.....	46
Çizelge 4.13. EKDS95 indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları.....	47

Çizelge 4.14. EKDS95 indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları	47
Çizelge 4.15. EKDS95 indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri.....	47
Çizelge 4.16. EKDS95 indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EKDS95/EKDS95ort) değerleri	49
Çizelge 4.17. EKDS95 indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EKDS95/EKDS95ort) değerleri	50
Çizelge 4.18. EKDS95 indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EKDS95/EKDS95ort) değerleri	50
Çizelge 4.19. EKDS95 indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3).....	51
Çizelge 4.20. EKDS95 indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3).....	52
Çizelge 4.21. EKDS95 indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GLO)	53
Çizelge 4.22. EKDS95 indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (gün).....	53
Çizelge 4.23. YDL indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri.....	55
Çizelge 4.24. YDL indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları	56
Çizelge 4.25. YDL indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları.....	56
Çizelge 4.26. YDL indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri	56
Çizelge 4.27. YDL indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (YDL/YDLort) değerleri	58
Çizelge 4.28. YDL indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (YDL/YDLort) değerleri	58
Çizelge 4.29. YDL indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (YDL/YDLort) değerleri	59
Çizelge 4.30. YDL indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GEV)	60

Çizelge 4.31. YDL indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GEV)	60
Çizelge 4.32. YDL indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GLO)	61
Çizelge 4.33. YDL indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (gün)	62
Çizelge 4.34. UYDM indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri.....	64
Çizelge 4.35. UYDM indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları.....	65
Çizelge 4.36. UYDM indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{Dağılım}$) sonuçları.....	65
Çizelge 4.37. UYDM indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri	65
Çizelge 4.38. UYDM indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (UYDM/UYDMort) değerleri	67
Çizelge 4.39. UYDM indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (UYDM/UYDMort) değerleri	67
Çizelge 4.40. UYDM indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (UYDM/UYDMort) değerleri	68
Çizelge 4.41. UYDM indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO).....	69
Çizelge 4.42. UYDM indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GEV)	69
Çizelge 4.43. UYDM indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO).....	70
Çizelge 4.44. UYDM için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (mm)	71
Çizelge 4.45. EYDM95 indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri	73
Çizelge 4.46. EYDM95 indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları	74
Çizelge 4.47. EYDM95 indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{Dağılım}$) sonuçları	74
Çizelge 4.48. EYDM95 indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri	74

Çizelge 4.49. EYDM95 indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EYDM95/EYDM95ort) değerleri	76
Çizelge 4.50. EYDM95 indisi 2 .Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EYDM95/EYDM95ort) değerleri	76
Çizelge 4.51. EYDM95 indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EYDM95/EYDM95ort) değerleri	77
Çizelge 4.52. EYDM95 indisi 1. Bölge için için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO).....	78
Çizelge 4.53. EYDM95 indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO).....	78
Çizelge 4.54. EYDM95 indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3).....	79
Çizelge 4.55. EYDM95 indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (mm)	80
Çizelge 4.56. Normal ve ekstrem indislerin istasyonlara göre ortalama değerleri.....	81
Çizelge 4.57. Normal indislerin trend değerleri	82
Çizelge 4.58. Ekstrem indislerin trend değerleri.....	83
Çizelge 5.1. Üç alt bölgeye göre ekstrem indisler için farklı tekerrür periyotlarında tahmin edilen değerler	110

ÖZET

BATI ANADOLU'DA KURAK VE YAĞIŞLI DÖNEMLERİN ANALİZİ VE BÖLGESELLEŞTİRİLMESİ

**Arslantaş Civelekoğlu, E.E. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Programı, Doktora Tezi, Danışman: Prof.
Dr. Ercan Yeşilırmak, Aydın, 2024.**

Amaç: Bu çalışmada, batı Anadolu'da, bazı kurak ve yağışlı dönem indislerin bölgeselleştirilmesi, uzun dönemli ortalamalarının mekânsal dağılımı ile zamansal değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bulguların, su kaynakları yönetimi ile kuraklık ve taşkınla mücadele konusunda bilimsel ve teknik destek sağlaması beklenmektedir.

Materyal ve Yöntem: Batı Anadolu'da bulunan 47 istasyona ait günlük yağış verileri kullanılarak üç farklı kategoride (ekstrem, normal ve yapı) olmak üzere onüç kurak ve yağışlı dönem indisi üretilmiştir. Ekstrem kurak/yağışlı dönem indislerinin bölgesel frekans analizinde L-momentler yöntemi kullanılmıştır. Normal ve ekstrem kategorisindeki indislerin ortalamalarının mekânsal dağılımı IDW (Inverse Distance Weighted) tekniğiyle, yıllık değerlerinin monotonik zamansal değişimleri ise Mann-Kendall ve Sen'in Eğim Tahmincisi yöntemleri ile incelenmiştir.

Bulgular: Normal ve ekstrem indisler, genel olarak, güneybatı-kuzeydoğu ekseninde, azalan veya artan, bir değişim paterni göstermiştir. İndislerin, istasyonların büyük çoğunluğundaki zamansal değişimleri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir. Kısa süreli kurak (<10 gün) ve yağışlı (<2 gün) dönemler baskındır. Yıllık toplam yağışın en önemli kısmı 2 ile 4 gün arasında süren yağışlı dönemlerden gelmekte; 10 günden kısa ve 40 günden uzun süren kurak dönemler de toplam kurak gün sayısının büyük çoğunluğu oluşturmaktadır. Ekstrem indisler için yapılan bölgesel frekans analizinde, çalışma alanı homojen 3 alt bölgeye ayrılmıştır ve ağırlıklı olarak 1. Bölge'de Pearson Tip III (PE3); 2. Bölge'de Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV); 3. Bölge'de ise Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) dağılımları uygun bulunmuştur. Her

homojen alt bölgenin en uygun dağılımına göre tekerrür periyotlarına (2, 5, 10, 20, 50, 100 ve 1000 yıl) karşılık gelen muhtemel tekrarlanma miktarları tahmin edilmiştir.

Sonuç: Çalışma alanının güney batısı, ekstrem kurak ve yağışlı dönemlerle karakterizedir. Çalışma periyodu boyunca kurak/yagışlı dönem indisleri açısından önemli bir zamansal değişim olmadığı söylenebilir. Ekstrem nitelikli indisler için Pearson Tip III (PE3), Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Normal (GNO) ve Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) dağılımları uygun bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Kurak Dönem, Yağışlı Dönem, Bölgesel Frekans Analizi, L-Moment, Mekansal ve Zamansal Değişim.



ABSTRACT

ANALYSIS AND REGIONALIZATION OF DRY AND WET SPELLS IN WESTERN ANATOLIA

**Arslantas Civelekoglu E.E. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of
Natural and Applied Sciences, Department of Agricultural Structures and
Irrigation Program, Doctorate Thesis, Supervisor: Prof. Dr. Ercan Yeşilirmak,
Aydın, 2024.**

Objective: The objective of the study is to analyse spatial and temporal variations of various dry/wet spell indices in western Anatolia, and to regionalize extreme ones.

Material and Methods: Using daily rainfall data recorded at 47 weather stations located in Western Anatolia, thirteen dry/wet spell indices, under three categories named normal, extreme and structure, were produced. L-moments method was used for regional frequency analysis of extreme dry/wet spell indices. IDW (Inverse Distance Weighted) technique was employed to produce spatial variations of averages of normal and extreme indices, and Mann-Kendall test and Sen's Slope estimator to estimate temporal variations of their annual values. For series having significant serial correlation at %5 level and high coefficient of variation Trend-Free Prewhitening procedure were applied.

Results: Normal and extreme indices show a general increasing or decreasing pattern along southwestern-northeastern direction. Temporal trends are insignificant at 5 % level at vast majority of stations. Short duration dry and wet spells (≤ 10 days and ≤ 2 days, respectively) prevails. Total annual rainfall is most contributed by wet spells with 2 to 4 days duration. The most of annual total dry days comes from dry spells with less than or equal to 10 days and greater than 40 days. In regional frequency analysis for extreme indices, three homogeneous subregions are identified, and the fitted distributions are mainly Pearson type III (PE3) for subregion 1, generalized extreme value (GEV) for subregion 2, and generalized logistic (GLO) for subregion 3. Probable

values for extreme indices are estimated for various return periods (2, 5, 10, 20, 50, 100 and 1000 years).

Conclusion: The southwestern part of the study area is characterized by extreme dry and wet spells. Over the study period, there is no significant temporal change for dry/wet spell indices. For extreme dry/wet spell indices, the distributions Pearson type III (PE3), generalized extreme value (GEV), generalized normal (GNO) and generalized logistic (GLO) are fitted.

Keywords: Dry Spell, Wet Spell, Regional Frequency Analysis, L-moment, Spatial and Temporal Variation.



1. GİRİŞ

Su yerküredeki yaşam için hayati bir öneme sahiptir. Küresel ölçekte yaşanan taşkın ve kuraklık gibi hidrometeorolojik karakterli afetlerin görülme sıklığında, etkisinde ve süresindeki artışlar, insan hayatını, su kaynaklarını, tarımsal üretimi ve gıda güvenliğini son yıllarda daha çok tehdit etmektedir. Dünyanın belirli bölgeleri sağlıklı suya erişimde veya tarım, sanayi gibi sektörlerde su kullanımı konusunda sıkıntı yaşarken ve kuraklık afetiyle boğuşurken; belirli bölgeleri ise düzensiz ve aşırı yağışlara maruz kalarak taşkın gibi doğal afetlerle mücadele etmek zorunda kalmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

Taşkın ve kuraklık gibi afetlerin şiddetlerinin artmasında temel sebep olarak, iklim değişikliği görülmektedir. İklim değişikliği bağlamında çoğunlukla ortalama sıcaklıklardaki artış üzerinde durulmaktadır. Fakat iklim değişikliğinin en şiddetli etkilerinin bazıları sıcaklıkta öngörülen artıştan değil, su planlaması ve yönetimi için çok önemli faktörler olan yağış, evapotranspirasyon, akış ve toprak nemindeki değişikliklerden meydana gelebilmektedir. Yağışlardaki değişimler, taşkın ve kuraklık olaylarında, yüzeysel akış rejiminde, yeraltına sızan su miktarında, bitki deseni ve büyüme hızlarında değişikliğe yol açmaktadır (Ragab ve Prudhomme, 2002).

Yağışın mekânsal ve zamansal değişiminin araştırılması uzun zamandır yoğun araştırma konusu olmuştur. Yağış desenindeki bu değişimler hakkında bilgi sahibi olmak; su kaynaklarının doğru bir şekilde değerlendirilmesi, taşkın ve kuraklık kontrolü, iklim değişikliğinin anlaşılması ve verimli su yönetimi için ilk aşamadır (Wang vd., 2011). Fakat yağış miktarlarında gözlenen uzun süreli değişimlerin izlenmesinin yanı sıra, yağışlı gün sayıları ve yağış olasılığı, kurak ve yağışlı dönemlerin gidişi, yağış anomalileri, yağış şiddeti gibi özelliklerde gözlenen değişiklikler de araştırılmalıdır (Türkeş vd., 2007).

Bir bölgenin iklimini yansıtan kurak ve yağışlı dönemlere göre incelenmesi bu yaklaşımlardan biridir. Dengeli olması gereken bu iki dönem, bilimsel yöntemler kullanılarak üretilen bilgi ile yönetilmelidir. Fakat su kullanımına yönelik artan talebin bir sonucu olarak, gerek su kaynaklarının ve su sistemlerinin tasarımında ve gerekse mevcut sistemlerin işletilmesi, bakımı, yenilenmesi için bölgesel veri kaynaklı yeni

yaklaşım ve araştırmalara ihtiyaç vardır. Su kaynakları yönetiminde kurak ve yağışlı dönemler çözümde birlikte ele alınıp değerlendirilmeli ve denge kurulmalıdır (Şişman, 2019).

Kurak ve yağışlı dönemlerin izlenmesi özellikle yağış rejimlerinin kullanıldığı, hidrojeolojik, hidrolojik, tarım ve sulama çalışmalarının yapıldığı mühendislik çalışmalarında oldukça kapsamlı bilgi sağlamaktadır (Alyamani ve Şen, 1997). Kurak dönemlerin uzunluğuna ilişkin bilgiler, belirli bir bölgede yetiştirilecek ürün çeşidine karar vermede, sulama suyu miktarını tahminlemede ve tarımsal arazi uygulamalarında kullanılabilir. (Taley vd., 1991; Mathugama ve Peiris, 2011). Uzun süreli kurak dönemler yeraltı suyu seviyelerini düşürerek muhtemelen sonraki aylarda sulamanın kısıtlanmasına yol açacaktır. Benzer şekilde, yağışlı beklenen dönemlerde uzun süre yağışsız kalmak toprağın nemini tüketerek tarımsal üretimi riske atacaktır (Raymond vd., 2016). Tarım ve su kaynakları yönetimi gibi alanlarda “ortalama” yağış verilerinden ziyade, yağışla ilgili daha ayrıntılı bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, uzun süreli kurak bir dönemden sonra şiddetli bir yağış görülmüşse, bu dönemin ortalama düzeyde yağışlı olduğu sonucuna varılabilir (She ve Xia, 2013). Bir tarım arazisinde ortalamanın üzerinde yağış alan bir mevsim, yağışlar bölgede zamansal ve mekânsal olarak iyi bir dağılım göstermemişse, ortalamanın altında yağış alan bir mevsimden daha iyi değildir. Bitkiler, kurak dönemlerle kesintiye uğrayan şiddetli yağışlardan daha çok, eşit olarak yayılan “hafif” yağışlarla daha iyi gelişim göstermektedir. Bu yüzden toplam mevsimsel yağış verilerine göre değil, ekim takvimine göre yağıştaki kesintilerin (kurak dönemlerin) belirlenmesi bitkilerin canlılığı için daha önemlidir (Usman ve Reason, 2004).

Yağış hadisesi doğada çok sayıda değişkenin etkisi altında meydana gelmektedir. Bu değişkenlerin her birinin olayı ne ölçüde etkiledikleri belirlenemediğinden, söz konusu değişkenler arasındaki bağıntılar kesin bir şekilde belirlenemez. Yağıştaki değişikliklere bağlı olan kurak ve yağışlı dönemler de birçok faktörden etkilendiğinden rastgele özellik göstermektedir. Bundan dolayı, hidrolojide, birçok olayda olduğu gibi, yağış olaylarında da sorunlara çözüm bulmada olasılık yöntemleri ve istatistikten yararlanılmaktadır (Bayazıt, 1981; Kılıçaslan, 1987). İstatistiksel yöntemler, belirsizliğin varlığını kabul ederek etkilerinin ölçülmesini sağlamaktadır (Hosking ve Wallis, 1997). Hidrolojide uygulanan istatistiksel analizlerin amaçları: verinin özetlenmesi, anlamlı bir şekilde ifade edilmesi, gözlenen olayların temelini oluşturan

karakteristiklerinin saptanması ve bunların gelecekteki davranışları hakkında tahminlerini yapmak şeklinde özetlenebilir (Anlı, 2009).

Gelişmekte olan birçok ülkede, mali kısıtlamalar nedeniyle hidrolojik tahmin için yeterli bilgiyi sağlayan sınırlı sayıda hidrolojik ve meteorolojik gözlem istasyonu bulunmaktadır. İklim değişkeni/değişkenleri için homojen bölgeleri tanımlamaya yönelik bir teknik olan bölgeselleştirme, çok sayıda hidrometeorolojik uygulama için önemlidir. Bu teknik, planlayıcılar ve tasarımcılar için hem yeterli uzunlukta veriye sahip olmayan hem de ölçüm yapılamayan istasyonlarda yağış özelliklerinin değerlendirilmesinde geleneksel nokta analizinden daha iyi bir alternatif olabilmektedir. Yağışın bölgeselleştirilmesi, onun zamansal değişkenliğinin araştırılmasıyla ilgili olduğu için hidrometeorolojide çeşitli uygulamalar için fayda sağlamaktadır (Alila, 1999; Guntu vd., 2020; Guo vd., 2020). Bölgeselleştirme tekniklerinden biri bölgesel frekans analizidir.

Benzer coğrafyadaki istasyonlar yakınında bulunan diğer istasyonların da ölçüm bölgesine girdiklerinden dolayı benzer dağılımlara ve istatistiklere uyan veriler elde edilir. Sadece tek istasyondan elde edilen veriler analiz için güvenilir ve yeterli olmadığından, benzer istasyonlardaki tüm veri örnekleri birlikte analiz edilerek daha doğru sonuçlara ulaşılabilir. Bu yaklaşım, bölgesel frekans analizi olarak bilinmektedir. Bölgesel analiz için benzer istatistik özelliklere sahip istasyonlar ele alınmak koşulu ile bölge, homojen alt bölgelere ayrılır. Böylece frekans hesaplarken homojen her bölge için genel bir frekans dağılımı elde edilmiş olur (Topçu, 2013). Bölgesel frekans analizinde bir bölge olarak kabul edilen istasyonların coğrafik olarak bitişik veya yakın olmaları gibi bir gereklilik söz konusu değildir (Şorman ve Okur, 2000).

Uygun dağılımın bulunması ve bu dağılım modelinin parametrelerinin tahmini bölgesel frekans analizinin en önemli aşamalarındandır. Parametreler, örnekten elde edilen verilerden Momentler metodu, Maksimum Olabilirlik metodu, Olasılık Ağırlıklı Momentler metodu ve L-momentler metodu gibi metotlarla elde edilmektedir (Rao ve Hamed, 2000; Aşıkoğlu, 2017). Son zamanlarda bölgesel frekans analizinde Hosking (1990) ve Hosking ve Wallis (1997) tarafından geliştirilen L-moment yaklaşımını parametre tahmininde yaygın şekilde kullanmaktadır. L-momentler sıralanmış gözlemlerin doğrusal biçimleridir. L-moment yaklaşımın klasik tekniklerle kıyaslandığında avantajları şunlardır (Şorman ve Okur, 2000; Bayazıt ve Önöz, 2008):

- 1) L-momentler yöntemi ile bulunan varyasyon, çarpıklık ve basıklık katsayıları hemen hemen hatasızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Aynı çarpım momentleri küçük örneklerde oldukça değişken ve hatalıdır.
- 2) Örnekten hesaplanan çarpım momentleri L-momentlerine göre daha fazla aykırı değerlerden etkilenmektedir.
- 3) L-momentler şayet dağılımın ortalaması tanımlı ise her zaman mevcuttur. Yüksek mertebeden bazı momentler ise her zaman tanımlı değildir.
- 4) Çarpım moment oranları sınırsız iken L-moment oranlarının bir sınırı vardır. Bu sınırlama, bu değerlerin yorumlanmasını kolaylaştırır.
- 5) Çarpım momentleri dağılımın ekstrem uçlarına daha fazla ağırlık vermektedir.
- 6) L-momentler diğer yöntemlere kıyasla daha fazla sayıda dağılım modelinde parametre tahmininde kullanılabilir.

Kurak dönemler yağışın olmadığı günler dizisidir. Tersine, yağışlı dönemler ise yağışların belirli bir eşiğin üzerinde olduğu günler dizisidir. Kurak dönemler tarım sektöründe olumsuz etkilere sebep olabilir. Örneğin, kurak dönemlerin yıl içindeki zamansal değişimleri gıda üretimi ve orman yangını riski açısından tehdit oluşturabilir. Yağışlı dönemlerin zamansal değişimleri ise tarımı, taşkınları veya su kaynaklı hastalıkların yaygınlığını etkileyebilir (Breinl vd., 2020).

Ülkemizde, yağış toplamalarına dayalı gerek bölgesel frekans analizi gerekse de kuraklığın zamansal ve mekânsal değişiminin incelenmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur. Fakat, kurak/yağışlı dönem karakteristiklerine dayalı benzer çalışmalar yoktur veya çok azdır. Özellikle, ekstrem kurak/yağışlı dönemlere dayalı bir bölgesel frekans analizi çalışması bulunmamaktadır. Dolayısıyla, günlük toplam yağış değerlerinden yararlanılarak türetilmiş bir takım kurak/yağışlı dönem indislerinin bölgesel frekans analizinin yapıldığı, zamansal ve mekânsal değişimlerinin incelendiği bu çalışmanın batı Anadolu'daki kuraklık/yağışlılık paternin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olması, kentsel ve özellikle tarımsal su yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunması beklenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Alyamani ve Şen (1997) Suudi Arabistan'ın güneybatı kesiminde 14 istasyona ait 15 yıllık (1973-1987) günlük yağış verilerini kullanarak yağışlı ve kurak dönemlerin mekansal ve zamansal değişimlerini incelemişlerdir. Kurak ve yağışlı dönemler analiz edilirken her yıl yaz ve kış olarak 6 aylık iki sezona ayrılmış, yaz sezonu 1 Nisan'dan, kış sezonu 1 Ekim'den başlamıştır. Çalışma bölgesinin kurak doğası, yağışlı ve kurak dönemlerin karşılaştırılmasından açıkça anlaşılmaktadır. Çünkü belirli bir dönem için kurak dönemlerin sayısı, aynı dönemdeki yağışlı dönemlerin sayısından her zaman daha fazla olduğu gözlenmiştir. En uzun kurak dönem süresi çalışma alanının kuzeydoğu kesiminde görülmüştür. En uzun yağışlı dönemin (14 gün) kış döneminde Scarp-Hijaz dağlık bölgesinde bulunan Belesmer istasyonunda olduğu saptanmıştır.

Çin'de Yellow River Havzasında kuraklık analizi için yapılan bir çalışmada (She ve Xia, 2013) kurak dönem indislerin mekansal ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Maksimum uzunluk (MxDS), ortalama uzunluk (MDS) ve kurak dönem sayısı (NDS) dahil olmak üzere üç kurak dönem indisi ve beş dönem (yıllık, kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar) dikkate alınmıştır. Ortalama MxDS ve MDS değerlerinin yaz mevsimi hariç güneyden kuzeye doğru artarken, ortalama NDS değerleri azalmıştır. Dolayısıyla havzanın bölgesel ölçekte kuzey kesiminin güney kesiminden daha kurak olduğu belirtilmiştir. Mann-Kendall kullanılarak yapılan zamansal değişim analizine göre, istasyonların genelinde MxDS indisi yıllık ölçekte ve kış mevsiminde negatif ancak önemsiz eğilimler gösterirken, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde pozitif eğilimler göstermiştir. MDS ve NDS eğilimleri, çoğu ölçekte ağırlıklı olarak, sırasıyla, pozitif ve negatiftir.

Tolika ve Maheras (2005) Yunanistan'da 1958–1997 yılları arasında yağış verilerini kullanarak İki farklı eşik değeri (0,1 mm ve 1 mm) hesaplanan yağışlı dönemleri incelemişlerdir. En uzun yağışlı dönemler Batı Yunanistan ve Girit'te, en kısa yağışlı dönemler ise Orta ve Güney Ege'de bulunmuştur. Yağışlı dönemlerin ortalama uzunluklarının kış aylarında azalma eğiliminde olduğunu saptamışlardır.

Atal ve Zende (2015) sürdürülebilir tarım, toprak ve su kaynaklarını koruma önlemlerinin planlanmasına yönelik olarak Hindistan'ın Yerala Nehri Havzasında 10

istasyondan günlük yağış verilerini (1998-2013) kullanarak kurak ve yağışlı dönemleri analiz etmişlerdir. Bölgede kurak ve yağışlı dönem süreleri 4 gün ile 33 gün arasında değişmiştir. Maksimum kurak dönem, 2002'de Palus'ta (33 gün) ve minimum ise 2003'te en az Kadegaon'da (17 gün) saptanmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin güneyinde yer alan Teksas, Oklahoma, Louisiana, Arkansas, Mississippi ve Tennessee eyaletlerinde bulunan 70 meteorolojik istasyona ait 1950-2013 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak yıllık ortalama ve maksimum kurak dönemler analiz edilmiştir (Trepanier vd., 2015). İstasyonların yaklaşık %25'i istatistiksel olarak önemli azalış eğilimi göstermiştir. İklimle ilgili olarak en batıdaki istasyonlarda kurak dönemlerin daha uzun süreli olduğu ifade edilmiştir.

Li vd. (2016) Singapur'da 26 yağış istasyonundan alınan günlük yağış verilerine dayalı olarak 14 adet kurak ve yağışlı dönem indisi tanımlamış ve indislerin mekânsal ve zamansal değişimlerini analiz etmişlerdir. Bu analizde sırasıyla adi kriging yöntemi ile geliştirilmiş bir Mann Kendall testi uygulamışlardır. El Niño Güney Salınımı'nın kurak ve yağışlı dönemlere olan etkisini incelemek için bölgesel regresyon metodundan faydalanmışlardır. Sonuç olarak, bölgede ağırlıklı olarak 1 günlük yağışlı ve kurak dönemler meydana gelmektedir. Toplam kurak ve yağışlı dönem sayısına, 3-4 günlük yağışlı dönemler ile 3-6 günlük kurak dönemlerin katkısının daha fazla olduğunu saptanmıştır. İki muson sezonu hariç yıllık ekstrem ve genel sınıfındaki yağışlı dönemlerde istatistiksel olarak önemli bir artış eğilimi saptamışlardır. Singapur'un yağışlı dönemleri özellikle güneybatı kesiminde muson mevsiminde ENSO'dan etkilenmektedir. El Niño boyunca ise yağışlı dönemler genellikle daha kurak olmaktadır.

Li vd. (2017) Çin'de 4 farklı iklimle sahip (kurak, yarı kurak, yarı kurak-yarı nemli, nemli) 692 ölçüm istasyonlarından 1960-2013 periyoduna ait yağış verilerini kullanarak kurak ve yağışlı dönemlerin frekanslarını, farklı uzunluktaki kurak/yağışlı dönemlerin toplam kurak ve yağışlı dönemlerin sayısına ve toplam yağış miktarına oranının katkısını analiz etmişlerdir. Çalışmada, yağış dönemlerinin ortalama uzunlukları 1,2 ile 5,1 gün arasında; kurak dönemlerinin ortalama uzunlukları 2,3 ile 35,2 gün arasında değişmektedir. Yağışlı dönemlerinin maksimum uzunlukları 5,2 ile 54,9 arasında, kurak dönemlerinin ise 23-301 gün arasındadır. Kurak iklimlerde uzun süreli kurak dönemlerinin toplam kurak gün sayısına katkısı daha fazla iken; kısa süreli yağışlı

dönemlerin toplam yağışlı gün sayısına ve toplam yağışa olan katkısı daha fazladır. Kurak/yağışlı dönem sayısı ile dönem uzunluğu ve yağış miktarı ile yağışlı dönem uzunluğu arasında iyi regresyon ilişkileri olduğu ifade edilmiştir. Bu durum istatistiksel çalışmalarda fazla dikkate alınmayan yağış miktarı ve yağışlı dönem uzunlukları arasındaki ilişkinin önemi vurgulamıştır.

Huang vd. (2017) Çin'in güneybatısındaki Sichuan eyaletindeki 98 meteoroloji istasyonundaki günlük yağış verilerini kullanarak kurak ve yağışlı dönemlerdeki mekansal ve zamansal değişimlerini 14 indis kullanarak analiz etmişlerdir. Zaman serilerindeki değişim için Mann-Kendall testi kullanmışlardır. Orta ve doğu Sichuan'daki, yağışlı dönem indislerindeki azalma eğiliminin istatistiksel olarak önemli olduğunu saptamışlardır. Bölgede ağırlık olarak kısa süreli kurak/yağışlı dönemlerin hakim olduğunu belirtmişlerdir. Yağışlı dönemlerin sayısı, yağışlı dönemlerdeki maksimum yağış miktarı ve ekstrem yağışlı dönemlerin toplam yağış miktarı batıdan doğuya doğru artış gösterirken; kurak dönemlerin sayılarının ve diğer 4 kuraklık indisinin tam tersi azaldığı gözlemlenmiştir. Doğu Sichuan'da ardışık şiddetli yağışlar meydana gelirken, batıda ekstrem kurak dönemlerin şiddetinin ve frekansının arttığı sonucuna varmışlardır.

Caloiero ve Coscarelli, (2020), İtalya'nın güneyinde bulunan Calabria bölgesi için 56 yıllık bir dönemde (1951–2006) kurak ve yağışlı dönemler hem yıllık hem de mevsimsel ölçekte incelemişlerdir. Kurak ve yağışlı dönemlerin ortalama ve maksimum uzunlukları, farklı sürelerdeki kurak ve yağışlı dönemlerin sayısı ve toplam kurak ve yağışlı gün sayısına oranının katkısı araştırılmıştır. Sonuç olarak, kurak dönemlerin ortalama ve maksimum uzunluklarının, sırasıyla, 5,2 ile 9,8 gün ve 69 ile 223 gün arasında; yağışlı dönemlerin ortalama ve maksimum uzunluklarının da, sırasıyla, 1,2 ile 2,6 gün ve 4 ile 48 gün arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yangtze Nehri bölgesinde (Çin), 1979-2015 periyoduna ait yağış verileri kullanılarak maksimum kurak ve yağışlı dönemler mekansal ve zamansal olarak analiz edilmiştir (Yang vd., 2023). Bölgede yağışlı dönemlerin maksimum uzunlukları 9 ile 20 gün arasında, istatistiksel olarak önemli bir artış eğilimindedir. Kurak dönemlerin maksimum uzunlukları ise 16 ile 35 gün arasında ve azalış eğiliminde olduğu ifade edilmiştir. Bu durum, 1979 yılından itibaren kuraklığın etkisi zayıflarken yağışların

etkisinin önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Aynı zamanda çalışmada ekstrem yağışların daha sık görüldüğü rapor edilmiştir.

Motamedi vd. (2023) kurak ve yarı-kurak bir ülke olan İran'da 1959–2018 (60 yıl) ve 1989–2018 (30 yıllık) iki ayrı periyot için günlük yağış, minimum ve maksimum sıcaklık verilerini kullanarak 17 kurak ve yağışlı dönem indisinin mekânsal ve zamansal değişimini incelemişlerdir. 60/30 yıllık periyotlarda 2-6 günlük yağışlı dönemlerdeki toplam yağışlarda -0,16/ -0,35 mm/yıl azalış eğilimi saptanmıştır. Aynı zamanda bu azalış eğiliminin yıllık yağışlardaki (60/30 yılda -0,5/ -1,5 mm/yıl) azalan trende önemli bir etkisi olduğunu rapor etmişlerdir. Bölgede son 20 yılda (2009-2018) iklim değişikliğinin etkisinin şiddetli bir şekilde görüldüğü belirtilmiştir.

Huang vd. (2023), Asya'nın doğusunda yer alan dört büyük havzada (Amur, Yellow, Yangtze ve Pearl Nehirlerinin havzaları) 1961-2019 arasında kurak ve yağışlı dönemlerde yaşanan değişimleri incelemişlerdir. Yağışlı dönemler için frekans, süre ve yağış şiddeti olarak 3 indis; kurak dönemler için süre ve frekans olarak 2 indis oluşturulmuştur. Aynı zamanda yağışlı dönemler 1 gün, 2-3 gün, 4-5 gün, 6-9 gün ve >9 gün; kurak dönemler 1 gün, 2-3 gün, 4-8 gün, 9-17 gün ve >17 gün olarak sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak alçak enlemlerdeki havzaların bazısında, ani taşkın riskini arttırabilecek, uzun yağışlı dönemlerden kısa ve şiddetli yağışlı dönemlere doğru bir gidiş olduğu saptanmıştır. Yüksek enlemlerdeki havzalarda ise, orta ve uzun kurak dönemlerde hızlı bir artış olduğu ve bunun sonucunda da bu bölgelerin kuraklığa daha yatkın hale geldiği belirtilmiştir.

Esmailpour vd. (2021) kuzeybatı İran'da 30 yıllık (1978-2016) bir döneme ait verileri kullanarak maksimum kurak ve yağışlı dönemlerin mekansal dağılımını ve zamansal değişimini incelemişlerdir. Mekansal dağılımında, maksimum yağışlı dönemler çalışma alanının güneybatısından kuzeyine doğru artış gösterirken maksimum kurak dönemlerin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Zamansal değişiminde, azalan ve artan trendlerin istatistiksel olarak önemli olmadığını ifade etmişlerdir.

Yesilirmak ve Atatanır (2017) ülkemizin batısında bulunan 28 istasyona ait 1966-2011 yılları arasındaki yağış verilerini kullanarak kurak dönemlerin mekansal dağılımını ve zamansal değişimlerini incelemişlerdir. Kurak dönemler için 0,1, 1, 5 ve 10 mm/gün olarak dört farklı eşik değer kullanmışlardır. Her bir eşik değeri için kurak dönemlerin ortalama uzunlukları (MDS), maksimum uzunlukları (MxDS) ve sayısı (NDS) olarak üç

indisi türetmişlerdir. MxDS indisi tüm eşik değerler için kuzeydoğudan güneybatıya doğru artış gösterirken NDS indisi ise 10 mm/gün eşik değer hariç azalış eğiliminde olduğunu saptamışlardır. MDS indisi ise özellikle 0,1 ve 1 mm/gün eşik değerler için MxDS ile benzer bir mekansal dağılıma sahiptir. İndislerin zamansal değişiminde genel olarak %95 anlam düzeyinde azalan ve artan trendlerin istatistiksel olarak önemli olmadığını ifade etmişlerdir. Sonuç olarak çalışma alanının kuraklaşmasında sadece toplam yağış miktarındaki azalmanın değil aynı zamanda kurak dönemlerin uzamasının da etkili olabileceğini rapor etmişlerdir.

Modarres (2010) İran'ın İsfahan eyaletinde 31 meteorolojik istasyondan elde edilen yağış verilerinden yıllık maksimum kurak dönem uzunluklarının mekansal değişimini ve bölgesel frekans dağılımlarını analiz etmiştir. L-Moment yöntemi ile yapılan b lgeselleştirmede tüm bölgeyi doğu ve batı olarak homojen iki bölgeye ayırmıştır. Bu bölgeler için sırasıyla Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) ve Pearson Tip III (PE3) frekans dağılımlarının uygun olduğunu bulmuştur.

Sarhadi ve Heydarizadeh (2014) İran'da 1951-2006 yılları arasında 67 meteoroloji istasyonundan günlük yağış verilerinden kurak dönem uzunluklarını belirlemişlerdir. Yıllık maksimum kurak dönem uzunlukları (AMDSL) 15 gün (Anzali istasyonu) ile 365 gün (Chabahar istasyonu) arasında değişmektedir. Çalışma alanını 8 homojen bölgeye ayırmışlardır. Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), Genelleştirilmiş Ektrem Değer (GEV) ve Pearson tip III (PE3) dağılımları bölgenin çoğunluğu için uygun dağılımlardır. AMDSL'lerin farklı olasılık düzeylerinde batıdan doğuya ve kuzeyden güneye ( zellikle Basra Körfezi ve Umman Denizi boyunca) ve çoğu tarım arazisinin bulunduğu orta kesimde kademeli olarak arttığı ifade edilmiştir.

She vd. (2014) Çin'de Yellow Nehri Havzası'nın (YRB) orta kesimlerindeki ekstrem kurak dönem indisi için (yıllık maksimum kurak dönem uzunlukları) L-momentler metoduyla bölgesel frekans analizi uygulamışlardır. Çalışma alanını, homojenlik testi sonucu 3 alt bölgeye ayırmışlardır. Analiz sonucunda iki bölge için Genelleştirilmiş Normal (GNO) dağılım uygunken, bir bölge için Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımının en uygun bölgesel model olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı tekerrür periyotları için ekstrem kurak dönem değerlerinin, YRB'nin kuzey kesiminde kuzeydoğudan güneybatıya; güney kesiminde güneyden kuzeye doğru artış gösterdiğini saptamışlardır.

She vd. (2016) Çin’de Wei Nehri Havzası’nda (WRB) 1960–2014 yılları arasında yağışlı dönem boyunca yıllık maksimum kurak dönem uzunluklarını (AMDSL) L-momentler yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Ortalama AMSDL değerlerinin, WRB’nin batısından doğusuna doğru artış göstermekte olduğunu saptamışlardır. WRB’nin doğusunda batıya kıyasla daha yüksek kuraklık riskinin olduğunu rapor etmişlerdir. Bölgesel frekans analizi için çalışma alanını 4 homojen alt bölgeye ayırmışlardır. İki bölge için GEV, diğer bölgeler için ise PE3 ve GLO dağılımlarının uygun olduğunu bulmuşlardır. Ortalama AMSDL’in farklı tekerrür periyotları için elde edilen AMSDL kuantil değerleri ile benzer bir mekansal dağılımı olduğunu saptamışlardır.

Lana vd. (2008) 1950–2000 yılları arasında Katalonya’da (kuzeydoğu İspanya) 75 meteorolojik istasyondan alınan günlük yağış verilerinden yararlanarak kurak dönem uzunluklarının mekansal dağılımını L-momentler yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Kurak dönemi tanımlamada dört farklı eşik değeri (0,1, 1,0, 5,0 ve 10,0 mm/gün) kullanılmıştır. Weibull modelinin istasyon ve eşik ne olursa olsun, kurak dönem uzunlukları için uygun bir dağılım olduğunu belirlemişlerdir.

Serra vd. (2014) Avrupa’da 267 meteorolojik istasyona ait yirminci yüzyılın ikinci yarısı günlük yağış verilerinden kurak dönem uzunluklarını (DSL) elde etmişlerdir. Çalışmada, kurak bir günü tanımlamak için dört farklı eşik değeri (0,1, 1,0, 5,0 ve 10,0 mm/gün) kullanılmıştır. Daha sonra elde edilen 4 farklı DSL indisinin ampirik dağılımları farklı istatistiksel modellere (Pearson tip III, Weibull, Genelleştirilmiş Pareto ve Lognormal dağılımlar) uygun şekilde uyarlanmıştır. Genel olarak en uygun model, özellikle 0,1 ve 1,0 mm/gün için PE3 olduğunu saptamışlardır.

Lana vd. (2006) İber Yarımadası için 1951-1990 yılları arasında 43 meteorolojik istasyondan alınan verilerle yıllık ekstrem kurak dönemlerin istatistiksel dağılımlarını incelemişlerdir. Üç farklı eşik değeri (0,1, 1,0 ve 5,0 mm/gün) için yıllık ekstrem kurak dönem (AE) ve %95’ inden uzun olan kurak dönem (PD) indisleri türetmişlerdir. AE ve PD indis serilerini modellemek için Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımlarını dikkate almışlardır. AE indisi için GEV modeli bazı istasyonlar hariç GPA dağılımından daha uygun bir dağılımdır. PD serileri için birkaç durum hariç genellikle GPA dağılımının GEV’den daha iyi modellendiğini ifade etmişlerdir. Çalışma alanında hem istatistiksel parametrelerin mekânsal dağılımı

hem de farklı tekerrür periyotları için kurak dönem uzunluklarının kuzeyden güneye bir artış gösterdiğini saptamışlardır.

Cindrić Kalin ve Pasarić (2022) Hırvatistan’da farklı yağış rejimlerine sahip yedi bölgede maksimum ve ortalama kurak dönemleri ilkbahar, sonbahar, yaz, kış ve yıllık olarak 5 ayrı periyotta zamansal ve mekansal olarak analiz etmişlerdir. Kurak dönemleri tanımlarken 1, 5 ve 10 mm olarak üç farklı eşik değeri kullanılmıştır. Yıllık kurak dönemler indisleri için Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları uygulanarak farklı tekerrür periyotları için tekrarlanma miktarları tahmin edilmiştir. Ortalama kurak dönemler genellikle Hırvatistan’ın en doğusunda kış mevsiminde, güney Adriyatik’te yaz mevsiminde en uzun değerlerine ulaşmaktadır. En kısa değerler dağlık bölgelerde saptanmıştır. GEV’e kıyasla GPA dağılımında genel olarak kurak dönem indisleri için daha uzun tekrarlanma miktarları elde edilmiştir.

İbrahim vd. (2019) Ürdün Umman Zara Havza’sında 24 istasyondan alınan 50 yıldan daha uzun gözlem süreli günlük yağış verilerini kullanarak yıllık maksimum yağışları incelemiştir. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Pareto (GPA), Genelleştirilmiş Lognormal (GLN) ve Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) olasılık dağılımlarını kullanarak L-moment metoduyla parametre tahminleri yapılmıştır. En uygun dağılım istatistiksel testlerden Kolmogorov-Smirnov (KS) testi ve grafiksel metotlardan L-moment oransal diyagramı ile belirlenmiştir. Tüm istasyonlar için tek bir dağılım önerilmemiştir. GEV, GLN ve GLO dağılımları uygun bulunmuştur.

Taşkın ve kuraklık gibi doğal afetlerin etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada Çin’de 1961-2013 yılları arasında günlük yağış verilerinden türetilen 11 indisin zamansal değişimi ve mekânsal dağılımı incelenmiştir (Wang vd., 2017). Aynı zamanda L-momentlere dayalı bölgesel frekans analizi yapılmıştır. Kurak ve yağışlı dönemleri belirlemek için eşik değeri 1 mm olarak alınmıştır. Çin 50 homojen bölgeye ayrılmıştır. Bölgelerin çoğunda GEV, GNO ve PE3 dağılımları uygun bulunmuştur. En uygun dağılımlar için 20, 50 ve 100 yıllık tekerrür periyotlarında tekrarlanma miktarları bölgenin güneydoğusundan kuzeybatısına doğru giderek azaldığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, çalışmanın sadece ekstrem yağışların benzersiz ve karmaşık karakteristiğinin daha iyi anlaşılmasına fayda sağlamakla birlikte değişen iklim

ortamında ülke çapında taşkın nleme, kontrol ve yönetime de katkıda bulunacağını rapor etmişlerdir.

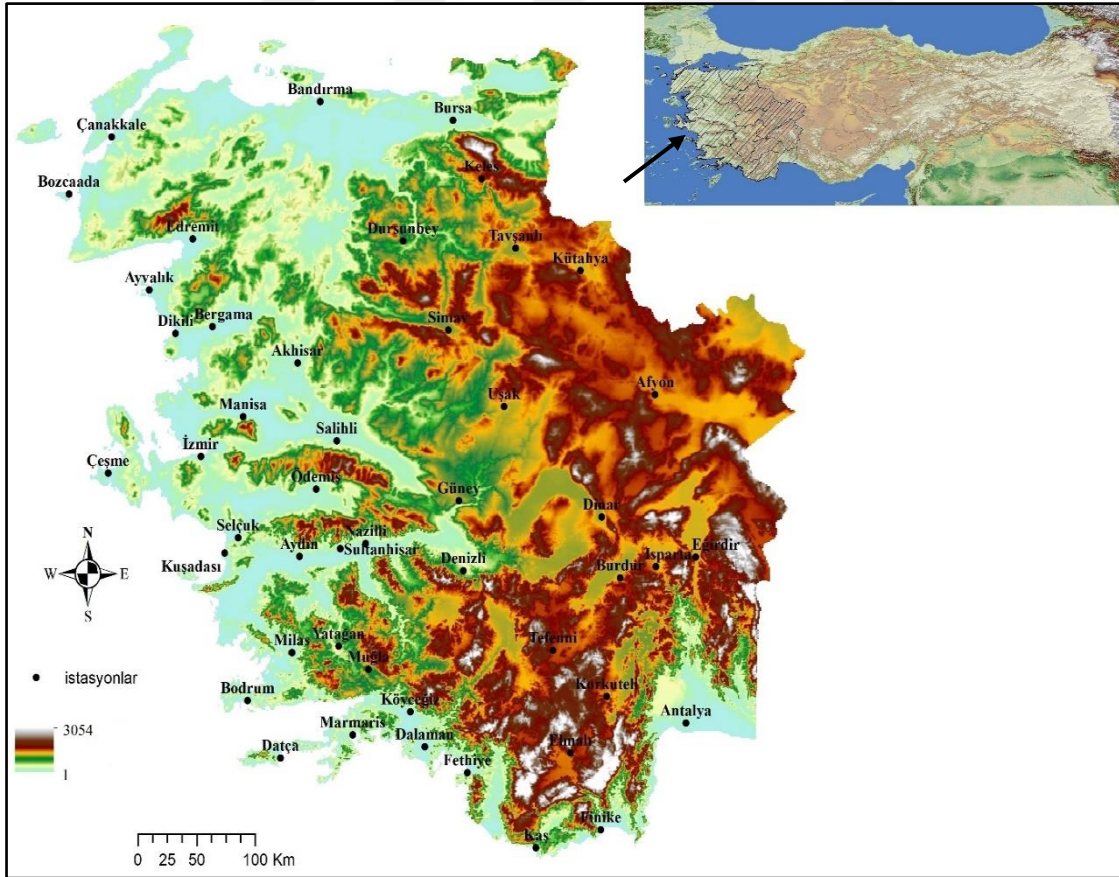


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı 40°20' - 36°12' kuzey enlemleri ile 26°4' - 30°52' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Ülkemizin batısında yer alan Akdeniz bölgesinden Antalya, Burdur ve Isparta; Ege Bölgesinden Afyonkarahisar, Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak; Marmara Bölgesinden Balıkesir, Bursa ve Çanakkale illerini kısmen veya tamamen kapsamaktadır. Çalışma alanı ve Türkiye Haritası üzerindeki konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Çalışmada verileri kullanılan meteoroloji istasyonlarının konumları aynı şekil üzerinde gösterilmiş; istasyonların bazı coğrafi özellikleri de Çizelge 3.1'de verilmiştir.



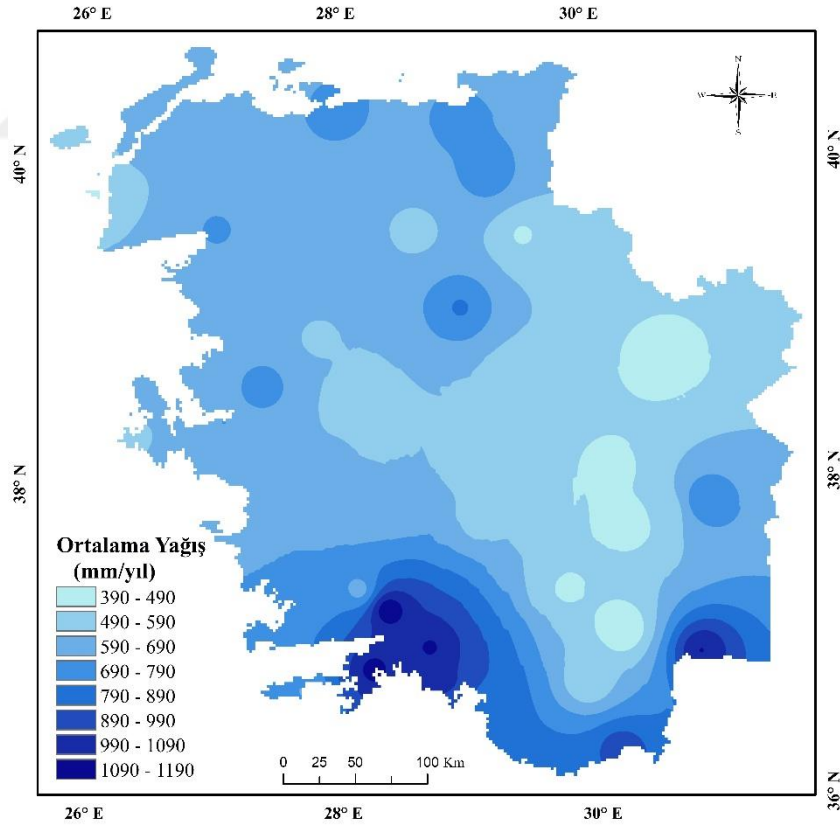
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve istasyonların konumları

Çizelge 3.1. Meteoroloji istasyonlarının bazı karakteristik özellikleri (MGM, 2020).

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem °(K)	Boylam °(D)	Yükseklik (m)
17190	Afyon	38,7380	30,5604	1037
17184	Akhisar	38,9118	27,8233	92
17300	Antalya	36,9063	30,7990	52
17234	Aydın	37,8402	27,8379	56
17175	Ayvalık	39,3113	26,6861	4
17114	Bandırma	40,3315	27,9965	63
17742	Bergama	39,1098	27,1710	53
17290	Bodrum	37,0328	27,4398	26
17111	Bozacaada	39,8326	26,0728	23
17238	Burdur	37,7220	30,2940	957
17116	Bursa	40,2308	29,0133	100
17112	Çanakkale	40,1410	26,3993	6
17221	Çeşme	38,3036	26,3724	5
17294	Dalaman	36,7719	28,7986	15
17297	Datça	36,7083	27,6919	28
17237	Denizli	37,7620	29,0921	425
17180	Dikili	39,0737	26,8880	3
17862	Dinar	38,0597	30,1531	864
17700	Dursunbey	39,5778	28,6322	637
17145	Edremit	39,5895	27,0192	21
17882	Eğirdir	37,8377	30,8720	922
17952	Elmalı	39,7372	29,9121	1095
17296	Fethiye	36,6266	29,1238	3
17375	Finike	36,3024	30,1458	2
17824	Güney	38,1515	29,0587	825
17240	Isparta	37,7848	30,5679	1000
17220	İzmir	38,3949	27,0819	29
17380	Kaş	36,2002	29,6502	165
17695	Keles	39,9150	29,2313	1063
17926	Korkuteli	37,0565	30,1910	1016
17924	Köyceğiz	36,9700	28,6869	24
17232	Kuşadası	37,8597	27,2652	25
17155	Kütahya	39,4171	29,9891	969
17186	Manisa	38,6153	27,4049	71
17298	Marmaris	36,8395	28,2452	17
17884	Milas	37,3027	27,7804	57
17292	Muğla	37,2095	28,3668	646
17860	Nazilli	37,9135	28,3437	84
17822	Ödemiş	38,2157	27,9642	111
17792	Salihli	38,4831	28,1234	111
17854	Selçuk	37,9445	27,3673	17
17748	Simav	39,0925	28,9786	809
17850	Sultanhisar	37,8843	28,1504	73
17704	Tavşanlı	39,5384	29,4941	833
17892	Tefenni	37,3161	29,7792	1142
17188	Uşak	38,6712	29,4040	919
17886	Yatağan	37,3395	28,1369	367

Çalışma alanındaki istasyonların Akdeniz ve Ege kıyılarında yer alması ve yakın olması nedeniyle, bölgede genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz iklimi hakimdir. Deniz kıyısından uzakta olan istasyonlarda da dağlar denize dik uzandığı için deniz etkisi görülmektedir. Bölgenin iç kesimleri Ege, İç Anadolu ve Akdeniz bölgeleri arasında bir geçit özelliği taşımaktadır. Bu yüzden iklimi yer yer farklılık göstermektedir. Özellikle Uşak, Afyon, Denizli ve Burdur istasyonlarında kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçen karasal iklim görülebilmektedir. Kuzeydoğusunda yer alan istasyonlar ise Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında kalmaktadır. Bu iklim özelliklerinde, kışları soğuk geçer. Kıyılarda ise genelde Karadeniz iklimi etkili olmasından dolayı yazları ılımandır (Erpul vd., 2018).

Batı Anadolu'daki yıllık ortalama yağış miktarı 390–1168 mm arasındadır. İstasyonların yıllık ortalama yağış değerlerinin mekansal dağılımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanında ortalama yıllık yağış dağılımı

Güneybatı bölümünde yer alan Muğla (1116,7 mm), Marmaris (1126,5), Köyceğiz (1103,9 mm), Antalya (1092,2), Dalaman (1005,9 mm) istasyonlarında 1000 mm'nin üzerinde yağış almaktadır. Güneyden kuzeye doğru yağış miktarı azalmaktadır. Korkuteli (390,3 mm), Burdur (420,2 mm), Afyonkarahisar (429,4 mm), Dinar (456,1 mm) ve Tefenni (427,7 mm) istasyonları en düşük ortalama yağış miktarlarına sahiptir. Genel olarak bölgede yükseklik arttıkça yağış miktarı azalmaktadır. Özellikle Akdeniz bölgesinde Antalya bölümünün kıyı kesimindeki Antalya, Kaş ve Finike istasyonlarında 800 mm'nin üzerinde yağış alırken; yüksek kesimlerdeki Korkuteli, Burdur, Tefenni ve Elmalı istasyonları 500 mm'nin altında yağış almaktadır. Türkiye'de kıyıya paralel uzanan dağ sıraları, yüksek dağlar ve platolar en fazla yağış alan yerler olması yükseltinin yağış üzerine olan etkisini göstermektedir (Aydın ve Çiçek, 2013).

3.1.2. Veriler

Batı Anadolu'da yer alan Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen 47 istasyonda kaydedilen günlük yağış verileri kullanılmıştır. Herhangi bir yılda toplamda 16 gün veya daha fazla eksik veri varsa o yıl tamamen eksik olarak kabul edilmiştir (de Lima vd., 2015). Tek bir eksik gün yalnız başına ise, önceki ve sonraki günlerin ortalaması alınarak tamamlanmıştır. Ardışık olarak 2 gün veya daha fazla eksik veri olduğunda herhangi bir veri tamamlama işlemi yapılmamıştır. İstasyonlara ait verilerin bu bilgileri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Batı Anadolu'daki istasyonlara ait yağış verileri

İstasyon No	İstasyon Adı	Gözlem Periyodu	Eksik Yıllar	Gözlem Süresi (yıl)
17190	Afyon	1950-2019	----	70
17184	Akhisar	1950-2019	----	70
17300	Antalya	1960-2019	----	60
17234	Aydın	1950-2019	----	70
17175	Ayvalık	1958-2019	1963, 1964	60
17114	Bandırma	1950-2015	----	66
17742	Bergama	1959-2011	1962	52
17290	Bodrum	1950-2019	----	70
17111	Bozacaada	1967-2015	1979, 1980	47
17238	Burdur	1950-2019	----	70
17116	Bursa	1950-2019	----	70
17112	Çanakkale	1950-2019	----	70
17221	Çeşme	1964-2019	----	56
17294	Dalaman	1960-2011	----	52
17297	Datça	1965-2019	1982, 1987	53
17237	Denizli	1957-2019	----	63
17180	Dikili	1950-2019	----	70
17862	Dinar	1959-2011	1960, 1963, 1995	50
17700	Dursunbey	1966-2011	----	46
17145	Edremit	1962-2019	----	58
17882	Eğirdir	1965-2011	1967	46
17952	Elmalı	1958-2011	---	54
17296	Fethiye	1950-2019	1957	69
17375	Finike	1961-2019	---	59
17824	Güney	1964-2011	1995	47
17240	Isparta	1950-2019	1964	69
17220	İzmir	1950-2019	----	70
17380	Kaş	1965-2019	1967, 1978, 1979, 1980, 1981, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994	45
17695	Keles	1966-2011	----	46
17926	Korkuteli	1969-2011	----	43
17924	Köyceğiz	1959-2011	----	53
17232	Kuşadası	1959-2019	1963, 1980	59
17155	Kütahya	1950-2019	----	70
17186	Manisa	1950-2019	----	70
17298	Marmaris	1960-2019	----	60
17884	Milas	1959-2011	---	53
17292	Muğla	1950-2019	1955	69
17860	Nazilli	1950-2011	1953, 1954, 1955, 1959, 1969, 1970, 1971	55
17822	Ödemiş	1960-2011	2010	51
17792	Salihli	1960-2011	1963, 1964	50
17854	Selçuk	1964-2011	----	48
17748	Simav	1961-2011	----	51
17850	Sultanhisar	1972-2011	----	40
17704	Tavşanlı	1965-2011	1969	46
17892	Tefenni	1964-2011	---	48
17188	Uşak	1950-2014	1953	64
17886	Yatağan	1968-2011	----	44

3.2. Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında kurak ve yağışlı dönem indisleri hesaplanmıştır. Ekstrem indis sınıfındaki indislere indeks taşkın yaklaşımı ile bölgesel frekans analizi uygulanmıştır. Bu metodun tüm aşamalarında L-Momentler kullanılmıştır. Batı Anadolu, uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri testleri sonucu homojen bölgelere ayrılmıştır. Oluşturulan homojen bölgelere ait en uygun dağılımı belirlemek için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) değerleri hesaplanmıştır. $Z^{\text{Dağılım}}$ testinde başarılı olan dağılımlar bölgeye uygulanmış ve büyüme eğrileri elde edilmiştir. Uygun dağılımlarla elde edilen tekerrür fonksiyonu değerlerinin doğruluğu simülasyon çalışmaları ile pekiştirilmiştir.

Çalışmanın diğer kısmında türetilen tüm indislerin zamansal değişimi incelenmiştir. Zaman serilerindeki eğilimlerin (trendlerin) önem düzeyi Mann-Kendall testi, eğilimlerin büyüklükleri ise Sen'in eğim testi yöntemleri kullanılarak saptanmıştır. Seri korelasyon katsayısı %5 düzeyinde önemli olan ve yüksek varyasyon katsayısı içeren serilere TFPW (Trend-Free Prewhitening) süreci uygulanmıştır. İndislerden normal ve ekstrem kategorisindekiler için IDW tekniği ile haritalar oluşturularak çalışma alanındaki mekansal dağılımı analiz edilmiştir.

3.2.1. Kurak ve Yağışlı Dönem İndisleri

Bir lokasyonda yağış miktarının belli bir eşik değerinin altında olduğu art arda günlerin oluşturduğu dönem “kurak dönem” ve yine belirli bir eşik değerinin üstünde olduğu art arda günlerin oluşturduğu dönem ise “yağışlı dönem” olarak tanımlanmaktadır (Deni ve Jemain, 2009). Dolayısıyla, kurak ve yağışlı dönemin belirlenmesi eşik değer seçimine dayanmaktadır ve genel olarak 0,1, 1, 5, 10 mm vb. gibi farklı yağış eşik değerleri kullanılmaktadır (She ve Xia, 2013; Nastos ve Zerefos, 2009; Kutiel, 1985). Bu çalışmada, plüviyometrenin ölçebildiği günlük minimum yağış miktarı olan 0,1 mm eşik değer olarak seçilmiştir. Yani 0,1 mm'den az yağışın kaydedildiği gün “kurak gün” ve fazla olduğu gün “yağışlı gün” olarak tanımlanmıştır. Herhangi bir takvim yılının sonunda başlayıp sonraki yılın başında biten bir kurak ya da yağışlı dönem önceki yıla ait kabul edilmiştir (Anagnostopoulou vd., 2003; She vd., 2014). Eğer eksik veri bir kurak ya da yağışlı dönemin başına, ortasına veya sonuna denk geldiğinde o dönem yok sayılmıştır (Llano ve Panelba, 2011). Bu tanıma uygun olarak üretilen indisler Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışmada türetilen kurak ve yağışlı dönem indisleri (Huang vd., 2017)

Kategori	İndis	Tanım	Birim
Normal İndis	KDS	Kurak dönemlerin sayısı	Sayı
	KDO	Kurak dönemlerin ortalama uzunluğu	Gün
	YDS	Yağışlı dönemlerin sayısı	Sayı
	YDO	Yağışlı dönemlerin ortalama uzunluğu	Gün
Ekstrem İndis	KDL	Kurak dönemlerin yıllık maksimum uzunluğu	Gün
	EKDS95	Ekstrem kurak dönemlerin* toplam gün sayısı	Gün
	YDL	Yağışlı dönemlerin yıllık maksimum uzunluğu	Gün
	UYDM	Yağışlı dönemlerdeki yıllık maksimum yağış miktarı	mm
	EYDM95	Ekstrem yağışlı dönemlerin** toplam yağış miktarı	mm
Yapı İndisi	KDF	Farklı sürelerdeki kurak dönemlerin meydana gelme sıklığı	%
	KDT	Farklı sürelerdeki kurak dönemlerin toplam kurak gün sayısına oranı	%
	YDF	Farklı sürelerdeki yağışlı dönemlerin meydana gelme sıklığı	%
	YDT	Farklı sürelerdeki yağışlı dönemlerin yıllık toplam yağış miktarına oranı	%

* Ekstrem kurak dönem, bir yıl boyunca kurak dönemlerin %95'inden uzun olan kurak dönem olarak tanımlanmaktadır.

** Ekstrem yağışlı dönem, bir yıl boyunca yağışlı dönemlerin %95'inden uzun olan yağışlı dönem olarak tanımlanmaktadır.

3.2.2. Trend Analizi

İndislerin trendlerinin önem düzeyi Mann-Kendall testi, trendlerin büyüklükleri ise Sen'in Eğim testi ile belirlenmiştir. Mann-Kendall testi parametrik olmayan bir test olup hidrolojide ve klimatolojide yaygın olarak kullanılmaktadır (Partal ve Kahya, 2006; Tabari ve Talaee, 2011). Bu testte zamana göre sıralanmış $x_1, x_2, \dots, x_n$ gözlemleri H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış tesadüfi değişkenlerdir. H_1 hipotezine göre ise seride bir trend vardır. Mann-Kendall test istatistiği aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır (Salmi vd., 2002):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

Yukarıdaki eşitlikte,

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } x_j - x_k > 0 \text{ ise} \\ 0, & \text{eğer } x_j - x_k = 0 \text{ ise} \\ -1, & \text{eğer } x_j - x_k < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

On'dan daha büyük veri kümeleri için, test istatistiği S 'nin dağılımı için normal dağılım kullanılabilir ve bu durumda S 'nin varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$VAR(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]$$

Burada q veri kümesi içinde birbirine eşit değerlerin oluşturduğu grupların sayısı ve t_p de p 'inci gruptaki veri sayısıdır. S ve $VAR(S)$ hesaplandıktan sonra, standart normal değişken Z hesaplanır:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}}, & \text{eğer } S > 0 \text{ ise} \\ 0, & \text{eğer } S = 0 \text{ ise} \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}}, & \text{eğer } S < 0 \text{ ise} \end{cases}$$

Z 'nin negatif değerleri azalan yönde, pozitif değerleri ise artan yönde bir trend olduğunu gösterir. α önem düzeyinde (iki-yönlü test) azalan veya artan yönde bir trend olup olmadığına, hesaplanan Z değerinin kritik Z değeri ile karşılaştırılmasıyla karar verilir. Eğer, Z 'nin mutlak değeri, standart normal dağılım tablosundan elde edilen $Z_{1-\alpha/2}$ 'den büyük ise, H_0 reddedilir.

Trendlerin eğimleri (birim zamandaki değişim) Sen'in Eğim Testi (Sen's Slope Estimator) ile belirlenmiştir. Sen'in eğim testi, parametrik olmayan bir yöntem olup trendin büyüklüğü, β , veri kümesi içindeki olası tüm ikili çiftlerin medyanıdır (Salmi vd., 2002; Partal ve Kahya, 2006):

$$\beta = \text{Medyan} \left(\frac{x_j - x_k}{j - k} \right), \forall j > k$$

Bu yöntem, diğer parametrik olmayan testler gibi, ekstrem değerlerden etkilenmez.

Mann-Kendall yönteminin uygulanabilmesi için, zaman serisinin seri korelasyon içermemesi gerekir. Eğer verilerde pozitif seri korelasyon varsa, Mann-Kendall yöntemi trendi olduğundan fazla tahmin eder. Bunun yanında, zaman serisi AR(1) süreci içermiyor fakat bir trende sahip ise, bu trend nedeniyle zaman serisinde istatistiksel olarak önemli seri korelasyon olma olasılığı vardır. Bu nedenle, trend ile birlikte seri

korelasyon etkisini dikkate alan, Yue vd. (2002) tarafından önerilen TFPW (Trend-Free Prewhitening) yöntemi uygulanmıştır (Burn vd., 2004)

- 1) Veri serisinin eğimi Sen'in eğim testi ile bulunur ve bu eğim orijinal seriden çıkarılır. Böylece, veri serisi trendden ayıklanır (detrending).
- 2) Trendden ayıklanmış (detrended) serinin lag-1 (r_1) seri korelasyon katsayısı hesaplanır.
- 3) Hesaplanan r_1 , %5 düzeyinde önemli değilse, Mann-Kendall testi orijinal veri serisine uygulanır.

Eğer hesaplanan r_1 istatistiksel olarak önemli ise, trendi ayıklanmış seriden AR(1) süreci çıkarılır. Ardından, elde edilen kalıntılarla birinci adımda elde edilen eğim birleştirilir. Böylece, elde edilen seri trend içermekte fakat seri korelasyon içermemektedir. Sonra, bu seriye Mann-Kendall testi uygulanarak trendin önem düzeyi belirlenir. Diğer taraftan, bütün örnek sayılarında varyasyon katsayısı çok düşük $C_v = 0,1$ ise, "prewhitening" uygulanmayabilir (Bayazit ve Önöz, 2007).

3.2.3. Bölgeselleştirme

Bölgeselleştirme, iklim değişkeni/değişkenleri için homojen bölgeleri tanımlamaya yönelik bir tekniktir. Hidrolojik değişkenlerin bölgeselleştirilmesine yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda önerilen yöntemler benzerliğe, regresyona ve hidrolojik özelliklere dayalı olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Guo vd., 2020). Bölgesel frekans analizi bölgeselleştirme yöntemlerinden biridir.

Rastgele bir değişken olan, yağış değerlerinin istatistiksel özelliklerini belirlerken sadece tek bir istasyon verisi her zaman yeterli değildir. Söz konusu istasyon ile homojen olan bölgedeki istasyonların verileri dikkate alınarak daha doğru sonuçlara elde edilebilir. Homojen bir bölgede verinin boyutsuz istatistik parametrelerinin değişmediği kabul edilmektedir. İstatistiksel açıdan homojen bir bölgede bütün istasyonlardaki verilerin bir arada istatistiksel analizine bölgesel frekans analizi denilmektedir. Bu analizle, belirli bir bölgede bulunan mevcut yağış verileri bir araya getirilip bölgeyi temsil eder nitelikte bölgesel büyüme eğrileri oluşturularak güvenilir tahminler yapılabilir. Böyle bir tahminde bölge tam olarak homojenlik sağlanmasa bile tek istasyondan alınan verilerin analizinden daha doğru sonuçların çıkarıldığı görülmüştür. Buna ilaven, homojen bölgelerin birbirine coğrafi olarak yakın

olması da beklenmemektedir. Bölgesel analizin faydası özellikle büyük tekerrür periyotlarında (100 yılın üzerinde) görülmekte ve tekerrür periyodu büyüdükçe artmaktadır. (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Bölgesel frekans analizinde genellikle Darlymple (1960) tarafından önerilen indeks taşkın metodu (İng: “Index Flood Method”) kullanılır. Bu yöntemde, aşılmama olasılığı, F ; i istasyonundaki ortalamayı (indeks taşkını) ifade eden, μ_i ; her istasyon için aynı olan bölgesel büyüme faktörü $q(F)$ değerlerini elde ettikten sonra F tekerrürü için ait olduğu istasyondaki hidrolojik değişkenin $Q_i(F)$ değeri aşağıda gibi tanımlanabilir.

$$Q_i(F) = \mu_i q(F)$$

N tane istasyonun bulunduğu bir bölgede i istasyonun n_i tane verisi olduğu ve bu verilerin $Q_{ij}, j = 1, 2, \dots, n_i$ şeklinde sembolize edildiği kabul edilirse;

$$q(F) = Q_{ij} / \mu_{ij}$$

şeklinde tanımlanan boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel dağılımın fonksiyonunun tekerrür fonksiyonu (quantile function) ortaya çıkar.

Bu çalışmada ekstrem kurak ve yağışlı dönem indislerinin bölgeselleştirilmesi için indeks taşkın yaklaşımı ile bölgesel frekans analizi uygulanmıştır. İndeks taşkın metodu ile yapılan bölgesel frekans analizi aşamaların tümünde L-momentler ve L-moment oranları kullanılmıştır (Hosking ve Wallis, 1997).

3.2.3.1. L-Momentler ve L-Katsayılar

Hosking (1986, 1990) tarafından geliştirilmiş L-momentler yöntemi olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal bir fonksiyonudur. Parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmede yaygın olarak kullanılmaktadır.

L-Momentler, Greenwood vd. (1979) tarafından sunulan olasılık-ağırlıklı momentler aşağıdaki eşitlikle tanımlanır:

$$\beta_j = \int_0^1 x(F) \cdot F^j \cdot dF$$

Eşitlikte:

$F = F(x)$, x rastgele değişkeninin kümülatif dağılım fonksiyonu (KDF)

$x = x(F)$, değişken fonksiyonu olarak tanımlanan, KDF'nin tersi

β_j , j'ninci olasılık-ağırlıklı momenttir.

j değeri de momentin mertebesini ($j = 0, 1, 2, \dots, n$) ifade etmektedir.

j'inci mertebeden L-moment değeri λ_j olasılık ağırlıklı momentlerin j'inci değeriyle bağlantılıdır. $j = 0$ iken yukarıdaki eşitlikten görülebileceği gibi 0'ıncı olasılık-ağırlıklı moment dağılımının genel ortalamasına eşittir.

$$\lambda_{j+1} = \sum_{k=0}^j \beta_j (-1)^{j-k} \binom{j}{k} \binom{j+k}{k}$$

Bu eşitliğe göre ilk dört L-moment istatistikleri:

$$\lambda_1 = \beta_0$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 - \beta_0$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 - 12\beta_1 - \beta_0$$

şeklindedir. L-Değişim katsayısı (L-Cv), L-Çarpıklık katsayısı (L-Cs) ve L-Basıklık katsayısı (L-Ck) olarak L-moment oranları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\tau = L - Cv = \lambda_2/\lambda_1$$

$$\tau_3 = L - Cs = \lambda_3/\lambda_2$$

$$\tau_4 = L - Ck = \lambda_4/\lambda_2$$

3.2.4. L-Momentler Yaklaşımı ile Bölgesel Frekans Analizi

L- momentler kullanılarak yapılacak bölgesel frekans analizinde birçok aşama vardır. Bunlar:

1. Homojenlik Analizi
2. En Uygun Dağılımın Seçilmesi
3. Dağılımların Parametrelerinin Tahmini
4. Tahmin Edilen Miktarların Doğruluğunun Değerlendirilmesi

3.2.4.1. Homojenlik Analizi

Günlük yağış verilerinden türetilen kurak ve yağışlı dönem ekstrem indislerinin L-momentlere dayalı parametre tahmininde kullanılabilmesi için bölgesel analize uygunluklarının kontrol edilmesi gerekmektedir. İndeks taşkın metodu ile bölgesel frekans analizinde tüm bölgeye tek bir frekans dağılımı uygulanır. Bunun uygulanabilmesi için bölgenin homojenlik koşulunu sağlaması gerekmektedir. Bu yüzden ilk olarak benzer istasyonları gruplandırmak gerekir. Bunun için coğrafi uygunluk, grup analizi, öznel ve nesnel ayırma gibi birçok yöntem bulunmaktadır. Bu aşama, homojen bölgelerin belirlenmesi, en zor ve öznel yargının en fazla olduğu kısımdır. Belirlenen bölgelerin homojenliği test etmek için uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüleri hesaplanmaktadır. Homojenlik durumunu sağlanmadığı takdirde bölge alt gruplara ayrılabilir (Hosking ve Wallis, 1997).

3.2.4.1.1. Uyumsuzluk Ölçüsü

Uyumsuzluk ölçüsü, verilerin gözden geçirilmesi ve homojen bölge olarak kabul edilen istasyonların birbirleri ile olan uyumlarının saptanması amacı ile kullanılır. Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Uyumsuz çıkan bir istasyon başka bölgeye kaydırılabilir veya analizden çıkarılabilir. Uyumsuzluk ölçüsü, istasyon verilerinin L- Katsayılar ile hesaplanır (Hosking ve Wallis, 1997).

$$u_i = [t^i, t_3^i, t_4^i]^T$$

T: Vektör yada matrisin transpozu

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i$$

$\bar{u}$: Ağırlıksız grup ortalaması

$$A = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T$$

A: Karelerinin toplamının matrisi ve çapraz çarpımı

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u})$$

D_i : i istasyonu için uyumsuzluk ölçüsü

D_i , bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak tanımlanır. Eğer hesaplanan D_i değeri Çizelge 3.4’ de verilen kritik D_i değerinden büyük ise o istasyon uyumsuzdur (Hosking ve Wallis, 1997).

Çizelge 3.4. Uyumsuzluk istatistiği D_i için kritik değerler

Bölgedeki İstasyon Sayısı	Kritik D_i Değeri	Bölgedeki İstasyon Sayısı	Kritik D_i Değeri
5	1,333	11	2,632
6	1,648	12	2,757
7	1,917	13	2,889
8	2,140	14	2,971
9	2,329	≥ 15	3,000
10	2,491		

3.2.4.1.2. Heterojenlik Ölçüsü

Heterojenlik ölçüsü özellikle homojen olması muhtemel bölgelerin istasyonları arasında örnek L-momentlerin varyasyonlarını karşılaştırır. Homojen bir bölgede bulunan tüm istasyonlar, aynı toplum L-moment oranlarına sahiptir. Heterojenlik ölçüsü 3 ayrı değerle belirlenebilmektedir (V_1 , V_2 , V_3) (Hosking ve Wallis, 1997).

- 1) $LCv(t)$ ’ ye bağlı t ’nin ağırlıklı standart sapması

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i (t^i - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N N_i}$$

N : istasyon sayısı

N_i : Her istasyonun kayıt uzunluğu

t^R : t^i ’nin ortalama değeri

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N N_i t^i}{\sum_{i=1}^N N_i}$$

- 2) $LCv-LCs$ ’ye dayanan, grupta bulunan istasyonların t ve t_3 ’lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına uzaklığı,

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t^i - t^R)^2 + (t_3^i - t_3^R)^2\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N N_i}$$

3) LCs ve LCK'ya dayanan, grupta bulunan istasyonların t_3 ve t_4 'lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına uzaklığı,

$$V_3 = \frac{\sum_i^N N_i \{(t_3^i - t_3^R)^2 + (t_4^i - t_4^R)^2\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N N_i}$$

Heterojenlik ölçüsünü belirlemek için bölgesel ortalama L-moment oranlarına ($1, t^R, t_3^R, t_4^R$) kappa dağılımı uygulanır. N_{sim} , bölgenin en büyük numaralı simülasyonu bu dağılımdan elde edilir. Bölgeler homojen olarak kabul edilir ve veriler çapraz korelasyona veya dizili korelasyona sahip değildirler. İstasyonların kayıt uzunlukları değiştirilmeden aynen kullanılırlar. Her bir simüle edilmiş bölge için, V_i (V_1, V_2, V_3) olarak tanımlanmış üç ölçüden herhangi biri) hesaplanır. Simüle edilmiş verilerin μ_v (ortalaması), ve σ_v (standart sapması) hesaplanır. Heterojenlik ölçüsü aşağıdaki formül ile elde edilir (Hosking ve Wallis, 1997).

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_v)}{\sigma_v}$$

$H_i < 1$ ise bölgenin kabul edilebilir derecede homojen,

$1 < H_i < 2$ ise bölgenin muhtemelen heterojen,

$H_i > 2$ ise bölgenin kesinlikle heterojen olduğu belirtilmiştir.

3.2.4.2. En Uygun Dağılımın Seçilmesi

Homojen bölgeyi temsil edecek bir olasılık dağılımı seçildikten sonra bu dağılımın bölgeye uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu nedenle birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada, L-Basıklık katsayısını temel alan dağılımın uygunluğu ölçüsü ($Z^{Dağılım}$ testi) ve L-moment oranları diyagramı kullanılmıştır.

$Z^{Dağılım}$ testinde, uygun olan dağılım için elde edilen L-Ck ($t_4^{Dağılım}$) ile bölgesel ortalama L-Ck (t_4^R) arasındaki fark hesaplanır. t_4^R 'lerin standart sapmaları (σ_4) homojen bölgenin simülasyonu ile elde edilir ve uygun dağılımın $Z^{Dağılım}$ istatistiği,

$$Z^{Dağılım} = (t_4^R - t_4^{Dağılım})/\sigma_4$$

şeklinde hesaplanır. Örnek L-momentler t_3 ve t_4 tam olarak hatasız alınır. Bu t_3 için çok iyi bir yaklaşımdır ama kayıt uzunluğu kısa veya popülasyonun L-Ck'sı geniş ise t_4 için iyi bir yaklaşım değildir. Bu yüzden t_4 için $t_4^R - \beta_4$ şeklinde hata düzeltmesi uygulanır. β_4 , gözlenmiş veriler gibi aynı kayıt uzunluğuna ve aynı istasyon sayısına

sahip bölgelerin bölgesel ortalama L-Ck'lardaki hatadır. Bölgesel ortalama L-moment oranlarına kappa dağılımı uygulanır ve simüle edilir. Kappa dağılımı uygulamada ve bölgenin simülasyonunda heterojenlik ölçüsünde kullanılan hesaplama kullanılır (Seçkin, 2009). M'inci simülasyon yapılan bölge için L-Cs (t_3^m) ve L-Ck (t_4^m) katsayıları hesaplanır.

t_4^R 'nin hatası;

$$\beta_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)$$

t_4^R 'nin standart sapması;

$$\sigma_4 = \left\{ (N_{sim} - 1)^{-1} \left[\sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2 - N_{sim} \beta_4^2 \right] \right\}^{0,5}$$

ve $Z^{Dağılım}$ istatistiği;

$$Z^{Dağılım} = (t_4^{Dağılım} - t_4^R + \beta_4) / \sigma_4$$

eşitliklerle hesaplanır.

Simülasyon kullanarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan dağılımın uygunluğu ölçüsünün mutlak değerleri %90 güven aralığı sınırları olan $-1.64 \leq Z^{Dağılım} \leq +1.64$ eşitsizliğini sağlayan dağılımlar homojen bölgedeki indislerin bölgesel dağılımını temsil edebilecek dağılımlardır. Bu aralıkta kalanlardan, $Z^{Dağılım}$ değeri sifıra en yakın olan dağılım bölge için en uygun dağılım olarak kabul edilebilir.

Bu çalışmada, homojen bir bölge için uygun dağılımı belirlemede $Z^{Dağılım}$ testinin yanı sıra L-Moment oranı diyagramı da kullanılmıştır. Bu görsel testte, bütün potansiyel dağılımlara ait L-Ck ile L-Cs katsayıları arasındaki teorik ilişki grafiklendirilir. Homojen bölge içindeki istasyonlarda gözlenmiş serilerden hesaplanan L-Ck ile L-Cs katsayıları da aynı grafikte işaretlenmektedir. Bu katsayıların bölgesel ağırlıklı ortalaması (“+” olarak gösterilen) değer hangi dağılımın eğrisine yakın ise o dağılımın en uygun dağılım olduğu yorumu yapılmaktadır (Seçkin ve Topçu, 2016).

3.2.4.3. Dağılımların Parametrelerinin Tahmini

3.2.4.3.1. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)

GEV dağılımı ile ilgili formüller aşağıda belirtilmiştir:

$$f(x) = \alpha^{-1} e^{-(1-k)y - e^{-y}} \quad y = \begin{cases} -k^{-1} \log\{1 - k(x - \xi)/\alpha\}, & k \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & k = 0 \end{cases}$$

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \alpha\{1 - (1 - (-\log F)^k)/k\}, & k \neq 0 \\ \xi - \alpha \log(-\log F), & k = 0 \end{cases}$$

Burada ξ yer, α ölçek, k şekil parametresidir.

$$k \approx 7,8590c + 2,9554c^2$$

$$c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3}$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k})\Gamma(1 + k)}$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha\{1 - \Gamma(1 + k)\}/k$$

3.2.4.3.2. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO)

GLO dağılımı ile ilgili formüller aşağıda belirtilmiştir.

$$f(x) = \frac{\alpha^{-1} e^{-(1-k)y}}{(1 + e^{-y})^2}$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log\{1 - k(x - \xi)/\alpha\}, & k \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & k = 0 \end{cases}$$

$$F(x) = 1/(1 + e^{-y})$$

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \alpha[1 - \{(1 - F)/F\}^k]/k, & k \neq 0 \\ \xi - \alpha \log(1 - F)/F, & k = 0 \end{cases}$$

Burada ξ yer, α ölçek, k şekil parametresidir.

$$k = -\tau_3$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 \sin k\pi}{\sin k\pi}, \quad \xi = \lambda_1 - \alpha \left(\frac{1}{k} - \frac{\pi}{\sin k\pi} \right)$$

3.2.4.3.3. Genelleştirilmiş Normal Dağılım (GNO)

Genelleştirilmiş Normal dağılımla (Log-Normal dağılım) ilgili formüller aşağıda belirtilmiştir.

$$f(x) = \frac{e^{ky-y^2/2}}{\alpha\sqrt{2\pi}}$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1}\log\{1 - k(x - \xi)/\alpha\}, & k \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & k = 0 \end{cases}$$

$$F(x) = \Phi(y)$$

X(F)'in analitik formda açık bir formülü bulunmamaktadır. Φ , standart normal dağılımın kümülatif fonksiyonudur. Log-Normal dağılımının ξ yer, α ölçek, k şekil parametreleri aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$k \approx -\tau_3 \frac{E_0 + E_1\tau_3^2 + E_2\tau_3^4 + E_3\tau_3^6}{1 + F_1\tau_3^2 + F_2\tau_3^4 + F_3\tau_3^6}$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k e^{-k^2/2}}{1 - 2\phi(-k/\sqrt{2})}$$

$$\xi = \lambda_1 - \frac{\alpha}{k}(1 - e^{k^2/2})$$

3.2.4.3.4. Pearson Tip 3 Dağılımı (PE3)

PE3 dağılımı ile ilgili formüller aşağıda belirtilmiştir.

$$f(x) = \frac{(x - \xi)^{\alpha-1} e^{-\frac{(x-\xi)}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}$$

$$F(x) = G\left(\alpha, \frac{x - \xi}{\beta}\right) / \Gamma(\alpha)$$

Pratikte çok kullanılan dağılımlardan birisi olan Pearson Tip 3 dağılımının fonksiyonunda γ şekil, σ ölçek, μ yer parametresidir.

$$\gamma = 2\alpha^{-1/2} \text{sign}(\tau_3)$$

$$\sigma = \lambda_2 \pi^{\frac{1}{2}} \alpha^{\frac{1}{2}} \Gamma(\alpha) / \Gamma(\alpha + \frac{1}{2})$$

$$\mu = \lambda_1$$

3.2.4.3.5. Genelleştirilmiş Pareto Dağılımı (GPA)

GPA dağılımı ile ilgili formüller aşağıda belirtilmiştir.

$$f(x) = \alpha^{-1} e^{-(1-k)y} \quad y = \begin{cases} -k^{-1} \log\{1 - k(x - \xi)/\alpha\}, & k \neq 0 \\ (x - \xi)/\alpha, & k = 0 \end{cases}$$

$$F(x) = 1 - e^{-y}$$

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \alpha\{1 - (1 - F)^k\}/k, & k \neq 0 \\ \xi - \alpha \log(1 - F), & k = 0 \end{cases}$$

L-momentler yöntemi ile aşağıdaki formüller kullanılarak ξ yer, α ölçek ve k şekil parametreleri hesaplanabilir.

$$\xi = \lambda_1 - (2 + k)\lambda_2$$

$$\alpha = (1 + k)(2 + k)\lambda_2$$

$$k = (1 - 3\tau_3)/(1 + \tau_3)$$

3.2.4.3.6. Beş Parametrel Wakeby Dağılımı (WAK)

WAK dağılımı ile ilgili formüller aşağıda belirtilmiştir. $F(x)$ ve $f(x)$ formülleri açık olarak verilememektedir.

$$x(F) = \xi + \frac{\alpha}{\beta} [1 - (1 - F)^\beta] - \frac{\gamma}{\delta} [1 - (1 - F)^{-\delta}]$$

Burada ξ , α , β , γ ve δ dağılımın parametreleridir. F değeri ise T tekerrür periyoduna bağlı aşılma olasılığıdır. Wakeby dağılımının parametre tahmini maksimum olabilirlik yöntemi ile çok fazla iterasyon gerektirmektedir. Dağılımın parametreleri momentlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilemediğinden momentler yöntemi ile de benzer gereklilik söz konusudur. Ancak, olasılık ağırlıklı momentler yöntemiyle çözümü mümkündür (Landwehr vd., 1979a, 1979b; Seçkin, 2009). Bu yöntemde ilk önce momentler hesaplanır (Seçkin, 2009).

- N_1, N_2, N_3 hesabı:

$$N_1 = 64\widehat{M}_3 - 81\widehat{M}_2 + 24\widehat{M}_1 - \widehat{M}_0$$

$$N_2 = 16\widehat{M}_3 - 27\widehat{M}_2 + 12\widehat{M}_1 - \widehat{M}_0$$

$$N_3 = 4\widehat{M}_3 - 9\widehat{M}_2 + 6\widehat{M}_1 - \widehat{M}_0$$

- C_1, C_2, C_3 hesabı:

$$C_1 = 125\widehat{M}_4 - 192\widehat{M}_3 + 81\widehat{M}_2 + 8\widehat{M}_1$$

$$C_2 = 25\widehat{M}_4 - 48\widehat{M}_3 + 27\widehat{M}_2 - 4\widehat{M}_1$$

$$C_3 = 5\widehat{M}_4 - 12\widehat{M}_3 + 9\widehat{M}_2 - 2\widehat{M}_1$$

$$\hat{b} = \frac{(N_3C_1 - N_1C_3) \pm [(N_1C_3 - N_3C_1)^2 - 4(N_1C_2 - N_2C_1)(N_2C_3 - N_3C_2)]^{1/2}}{2(N_2C_3 - N_3C_2)}$$

$$\beta = \max(b_1, b_2)$$

$$\delta = -\min(b_1, b_2)$$

- d parametresinin tahmini:

$$\hat{d} = \frac{(N_2 + \hat{b}N_2)}{(N_2 + \hat{b}N_3)}$$

- Diğer hesaplamalar:

$$\{0\} = (1 + \hat{b})(1 - \hat{d})\widehat{M}_0$$

$$\{1\} = 2(2 + \hat{b})(2 - \hat{d})\widehat{M}_1$$

$$\{2\} = 3(3 + \hat{b})(3 - \hat{d})\widehat{M}_2$$

$$\{3\} = 4(4 + \hat{b})(4 - \hat{d})\widehat{M}_3$$

- m, a, c ve a_0 parametrelerinin tahmini:

$$\hat{m} = \frac{[\{3\} - \{2\} - \{1\} + \{0\}]}{4}$$

$$\hat{a} = \frac{(\hat{b} + 1)(\hat{b} + 2)}{\hat{b}(\hat{b} + \hat{d})} \left[\frac{\{1\}}{(2 + \hat{b})} - \frac{\{0\}}{(1 + \hat{b})} - \hat{m} \right]$$

$$\hat{c} = \frac{(1 - \hat{d})(2 - \hat{d})}{\hat{d}(\hat{b} + \hat{d})} \left[\frac{-\{1\}}{2 + \hat{d}} - \frac{\{0\}}{1 + \hat{d}} - \hat{m} \right]$$

$$a_0 = m + a - c = \frac{a}{(1 + b)} + \frac{c}{(1 - d)}$$

Yukarıdaki 5 adımda parametreler hesaplandıktan sonra ξ , α ve γ parametreleri aşağıdaki formüller yardımı ile elde edilir.

$$\gamma = (1 - \delta)(2 - \delta)(3 - \delta) \frac{(4N_2 - N_1) + (4N_3 - N_2)\beta}{6(\beta + \delta)}$$

$$\alpha = -(1 + \beta)(2 + \beta)(3 + \beta) \frac{(4N_2 - N_1) + (4N_3 - N_2)\delta}{6(\beta + \delta)}$$

$$\xi = a_0 - \frac{\alpha}{(1 + \beta)} - \frac{\gamma}{(1 - \delta)}$$

3.2.4.4. Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi

Hesaplanan tekerrür tahminlerinin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı Monte Carlo simülasyonu ile hesaplanır. Her istasyon için, göreceli hatalar karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE), göreceli hata değerleri (Relatif Bias) ve %5 - %95 alt ve üst güvenirlilik hata sınırları elde edilir. Bölge çapında bu değerlere ilaven ortalama hata değerleri de hesaplanır.

$\hat{\omega}$, ω 'nın tekerrür tahmini olsun, $\hat{\omega}$ olasılık dağılımına sahip rastgele değişkendir. $\hat{\omega}$ 'nın uygunluğu $\hat{\omega}$ 'nın ω 'ya ne kadar yakın bir değer olduğuna bağlıdır. $\hat{\omega}$ 'nın ω 'dan sapması hata (bias) ve değişkenlik (hataya sahip olmayan gerçek değerlerden tahmin edilenlerin rastgele sapması) olarak iki bileşenle tanımlanır. Değişkenlik, örnekleme bağlı tekerrür tahminlerinde oluşan sapmanın göstereimidir. Hata (bias) ve ortalama karekök hataları (RMSE) tahminlerin performansını ölçmede yaygın olarak kullanılır (Seçkin, 2009).

$$Bias(\hat{\omega}) = E(\hat{\omega} - \omega)$$

$$RMSE(\hat{\omega}) = \{E(\hat{\omega} - \omega)^2\}^{1/2}$$

Eğer hata (bias) sifira eşit ise, yani $\hat{\omega}$ 'nın beklenen değeri ω 'ya eşit ise tahminler hatasızdır.

RMSE aşağıdaki gibi de tanımlanabilir.

$$RMSE(\hat{\omega}) = [\{Bias(\hat{\omega})\}^2 + Var(\hat{\omega})]^{1/2}$$

Hata (Bias): Beklenen değerle popülasyonun değerleri arasındaki fark

Var: Tahmin edilen değerlerin yayılımıdır.

Denklemden de anlaşıldığı gibi RMSE, $\hat{\omega}$ 'nın değişkenliği ve hatası ile ilgilidir. Hem hata hem de hatalar karelerinin ortalamasının karekökü aynı ölçüm birimine sahiptir. Tek fark tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki farkın mutlak değeri alınır. Simülasyon programındaki tahmin edilen tekerrürlerin doğruluğu bu parametrelerin modifiye edilmiş haliyle hesaplanır. Göreceli hata ve relatif hatalar karelerinin ortalamasının karekökü ve bölgesel ortalama mutlak göreceli hata olarak adlandırılır. Amaç simüle edilmiş ve gözlenmiş tahminlerin ve bu değerlerin yüzde olarak tekerrür tahminlerinin doğruluklarını karşılaştırmaktır. Tekerrür tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek için olasılık teorisi üzerine kurulu bir sistem olan Monte

Carlo simülasyonu kullanılır. Bu simülasyonda istatistiksel ve matematiksel tekniklerle bir deneyi veya çözülmesi gereken bir fiziksel olayı tesadüfi sayıları defalarca kullanarak simüle edip çözmek esastır (Seçkin, 2009).

Bu çalışmanın tüm bölgeselleştirme aşamalarındaki hesaplamalar, Hosking ve ekibi tarafından FORTRAN dilinde yazılmış kodlar ve R programlama paketleri ile yapılmıştır. Bu program <https://cran.r-project.org/web/packages/lmomRFA/index.html> ve <http://lib.stat.cmu.edu/general/lmoments> web sitelerinde mevcuttur.

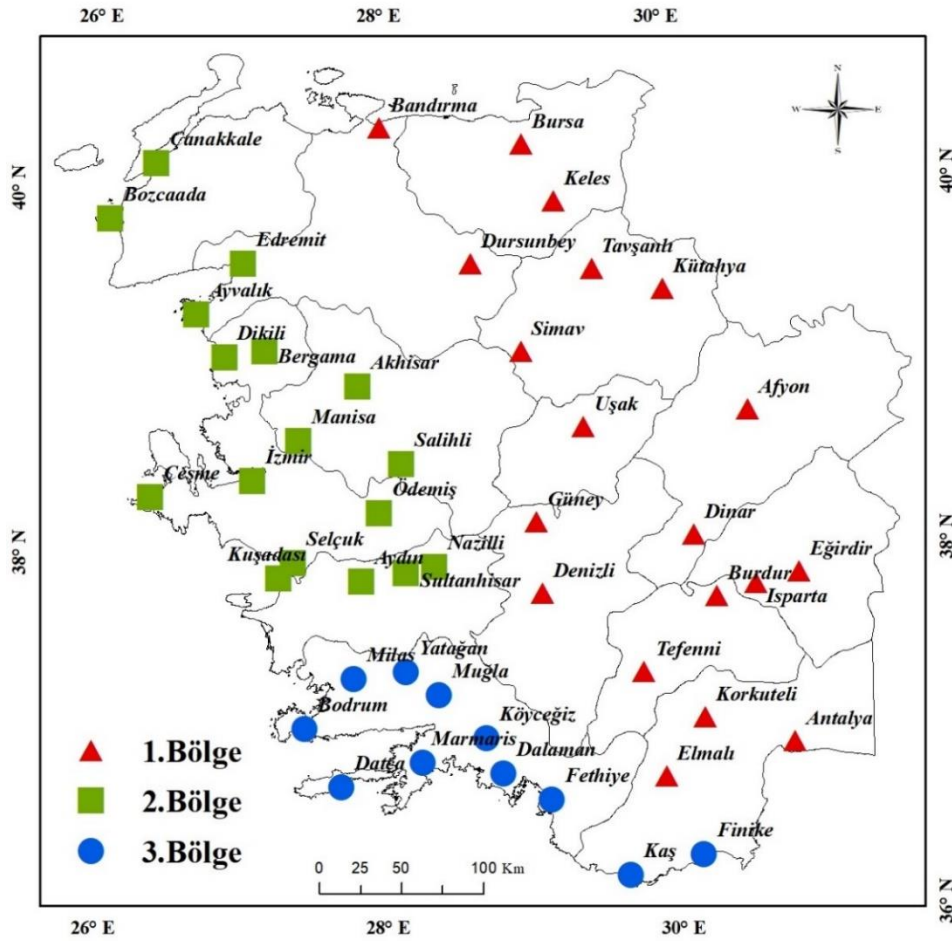




4. BULGULAR

4.1. Ekstrem İndisler için Bölgesel Frekans Analizi

Bölgesel frekans analizini uygulayabilmek için homojen bölgeler belirlemek gerekmektedir. Bu amaçla ilk olarak, her ekstrem indis için tüm çalışma alanı homojen olduğu varsayımı yapılarak tek bölge seçilmiştir. Ancak uyumsuzluk ölçüsü (D_1) ve heterojenlik ölçüsü (H) testleri sonucunda tüm ekstrem indisler için 47 istasyonun tümünün tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu yüzden istasyonların birbirlerine olan konumlarına ve yüksekliklerine göre çalışma alanı 3 alt bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4.1). Bu alt bölgeler her bir ekstrem indis için homojen bölgelerin oluşturulmasında başlangıç görevi görmüştür.



Şekil 4.1. Üç alt bölgeye ayrılan istasyonlarının çalışma alanındaki dağılımı

4.1.1. KDL İndisi için Bölgesel Frekans Analizi

Bölgesel frekans analizinde ilk aşama olarak L-moment oranları elde edilmiştir. Başlangıç olarak oluşturulan 3 alt bölgeye ait uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri hesaplanmıştır. Bu testler sonucunda:

- 1. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. $H_1 = -0,55$, $H_2 = 0,74$ ve $H_3 = -0,06$ olarak bulunmuştur. H_1 , H_2 ve H_3 değerleri bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. Bölge’de Nazilli istasyonu $D_i = 3,06$ değeriyle uyumsuz çıkmıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = 0,22$, $H_2 = 0,62$ ve $H_3 = 0,28$ değerleriyle bölge homojendir. Nazilli istasyonu 1. Bölgeye taşınmıştır.
- 3. Bölge’de ise hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = 1,74$, $H_2 = 1,89$ ve $H_3 = 1,72$ değerleriyle bölge muhtemelen heterojendir. Homojenliği sağlamak için Muğla ve Yatağan istasyonları 2. Bölge’ye taşınmıştır. Bu düzenlemeden sonra analizler tekrar yapılmıştır. Son durumda;
- 1. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = -0,21$, $H_2 = 0,64$ ve $H_3 = -0,17$ değerleriyle bölge homojendir.
- 2. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = 0,12$, $H_2 = 0,84$ ve $H_3 = 0,76$ değerleriyle bölge homojendir.
- 3. Bölge’de ise hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. $H_1 = 0,53$, $H_2 = 0,55$ ve $H_3 = 0,51$ olarak bulunmuştur. H_1 , H_2 ve H_3 değerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.

Son durumdaki L-moment oranları, uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüleri sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu testler sonucunda KDL indisi için çalışma alanında homojen bölgeler oluşturulmuştur. Homojen bölgeler için uygun dağılımın belirlenmesi için uygunluk ($Z^{\text{Dağılım}}$) testi uygulanmıştır. Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Normal (GNO), Pearson Tip 3 (PE3) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları için yapılan uygunluk ölçüsü değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Her bir homojen bölge için belirlenen $Z^{\text{Dağılım}}$ değerleri, $|Z^{\text{Dağılım}}| \leq 1,64$ kritik değeri ile karşılaştırılmıştır. Bu şartı sağlayan dağılımlar homojen bölge için uygun dağılımlar (*) olarak seçilmiştir. Uygun olan tüm dağılımlar ve ek olarak Wakeby dağılımı için parametre tahminleri Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. KDL indisi için istasyonların L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

Bölge	İstasyon Adı	KDLort (Gün)	t (L-Cv)	t ₃ (L-Cs)	t ₄ (L-Ck)	t ₅	D _i
1.Bölge	Afyon	33,70	0,1945	0,1587	0,1175	0,0527	0,07
	Antalya	74,53	0,1846	0,0262	0,0898	0,0108	2,70
	Bandırma	41,56	0,2042	0,2954	0,1511	0,0430	1,86
	Burdur	39,53	0,1869	0,1280	0,0749	-0,0082	0,84
	Bursa	35,69	0,2216	0,2236	0,1073	0,0202	0,70
	Denizli	47,81	0,2222	0,2649	0,1915	0,1281	1,87
	Dinar	40,96	0,1701	0,1359	0,1430	0,1027	1,64
	Dursunbey	41,15	0,2293	0,2368	0,0984	0,0265	1,40
	Eğirdir	42,41	0,2289	0,2877	0,1346	0,0709	1,03
	Elmalı	47,70	0,1930	0,1381	0,1423	0,0493	0,54
	Güney	54,02	0,2059	0,1726	0,1433	0,0801	0,41
	Isparta	39,97	0,1933	0,1694	0,1720	0,1395	1,15
	Keles	32,98	0,2159	0,2573	0,1339	0,0331	0,43
	Korkuteli	47,58	0,2078	0,2025	0,1385	0,039	0,14
	Kütahya	32,46	0,1945	0,1961	0,0990	0,0501	0,46
	Simav	39,90	0,1900	0,1476	0,1321	0,0678	0,27
	Tavşanlı	34,35	0,1929	0,1478	0,0777	-0,0094	0,67
	Tefenni	43,60	0,2189	0,2160	0,0881	0,014	0,97
	Uşak	44,02	0,1927	0,1346	0,1195	0,0408	0,25
	Nazilli	68,73	0,1758	0,1877	0,0789	0,0228	2,59
2.Bölge	Akhisar	58,84	0,1852	0,0942	0,1488	0,0722	0,35
	Aydın	75,70	0,1727	0,0443	0,1414	0,0136	0,78
	Ayvalık	73,23	0,1746	0,0398	0,1119	0,0134	0,46
	Bergama	63,40	0,2249	0,1119	0,0627	0,0201	1,81
	Bozcaada	61,74	0,2009	0,0951	0,0696	0,0138	0,36
	Çanakkale	51,77	0,2070	0,1833	0,0835	0,0214	1,80
	Çeşme	96,41	0,1769	0,1024	0,0788	-0,0182	2,22
	Dikili	74,77	0,2037	0,1702	0,1739	0,0617	1,02
	Edremit	57,26	0,2114	0,1771	0,1075	0,0259	0,73
	İzmir	81,44	0,2047	0,1165	0,1055	0,0197	0,21
	Kuşadası	96,98	0,1708	0,0941	0,1249	0,0236	1,15
	Manisa	64,70	0,2054	0,0733	0,0722	0,0490	0,62
	Ödemiş	71,06	0,1859	0,0328	0,0992	0,0654	0,55
	Salihli	59,94	0,1913	0,0673	0,1099	0,0042	0,23
	Selçuk	87,48	0,1685	-0,0435	0,0573	0,0044	1,85
	Sultanhisar	75,43	0,1949	0,0655	0,0696	0,0311	0,31
	Muğla	56,13	0,2124	0,2019	0,1582	0,0316	1,10
	Yatağan	58,14	0,1776	0,1602	0,2287	0,0508	2,45
3.Bölge	Bodrum	106,3	0,1391	0,0106	0,1161	-0,0016	0,96
	Dalaman	91,50	0,1500	-0,0731	0,2217	0,0205	1,14
	Datça	115,26	0,1314	0,0011	0,1488	0,0444	0,98
	Fethiye	92,29	0,1649	0,0122	0,1115	0,0258	0,29
	Finike	83,68	0,1723	0,0596	0,0949	0,0389	0,55
	Kaş	102,42	0,1492	0,0811	0,2093	0,0209	1,11
	Köyceğiz	82,25	0,1865	0,0914	0,0991	0,0320	1,09
	Marmaris	94,67	0,1624	0,1082	0,1825	0,0327	1,00
	Milas	87,83	0,1864	-0,111	0,1670	-0,0123	1,89

Çizelge 4.2. KDL indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları

Bölge	Heterojenlik Ölçüleri (H)		
	H ₁	H ₂	H ₃
1.Bölge	-0,21	0,64	-0,17
2.Bölge	0,12	0,84	0,76
3.Bölge	0,53	0,55	0,51

Çizelge 4.3. KDL indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları

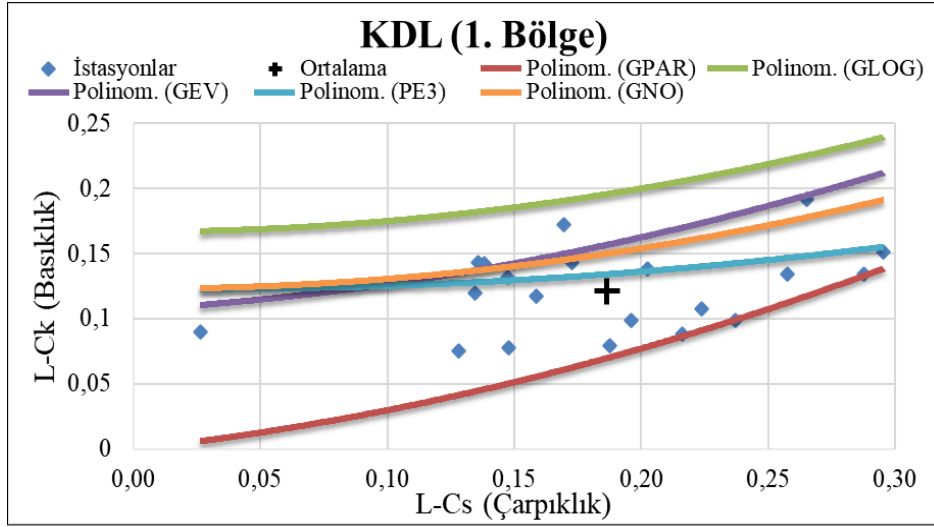
Bölge	Uygunluk Ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$)				
	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
1.Bölge	6,67	3,20	2,58	1,17*#	-4,67
2.Bölge	6,51	1,56*	1,89	1,36*#	-8,51
3.Bölge	1,35*#	-2,43	-1,56*	-1,58*	-9,39

* Uygun dağılım, # En uygun dağılım

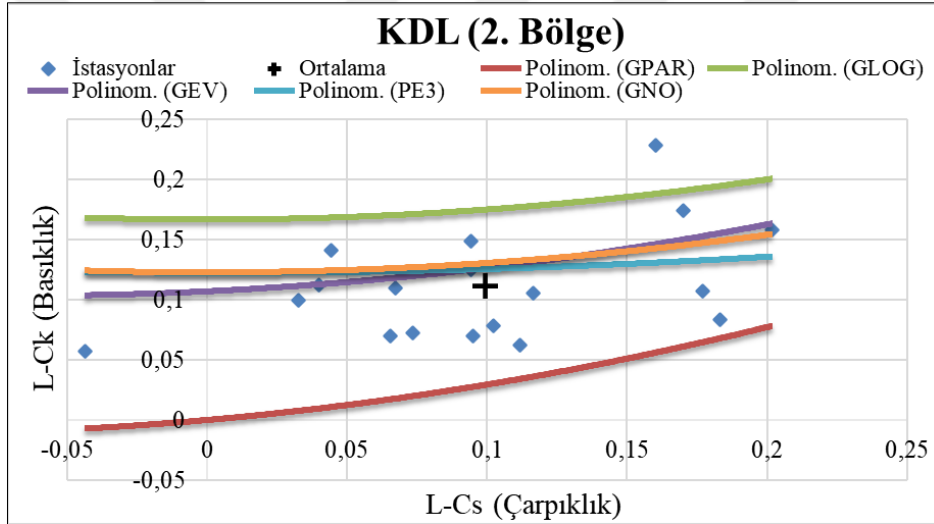
Çizelge 4.4. KDL indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri

Bölge	Dağılım	Bölgesel Parametreler				
1.Bölge	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,3695$	$\gamma = 1,1199$		
	WAK	$\xi = 0,4573$	$\alpha = 1,0291$	$\beta = 6,1944$	$\gamma = 0,4732$	$\delta = -0,1839$
2.Bölge	GEV	$\xi = 0,8534$	$\alpha = 0,3051$	$k = 0,1070$		
	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,3469$	$\gamma = 0,6291$		
	WAK	$\xi = 0,3833$	$\alpha = 1,7975$	$\beta = 6,3739$	$\gamma = 0,4741$	$\delta = -0,2711$
3.Bölge	GLO	$\xi = 0,9946$	$\alpha = 0,1599$	$k = -0,0203$		
	GNO	$\xi = 0,9941$	$\alpha = 0,2835$	$k = -0,0416$		
	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,2838$	$\gamma = 0,1249$		
	WAK	$\xi = 0,3702$	$\alpha = 2,7903$	$\beta = 6,3913$	$\gamma = 0,3010$	$\delta = -0,1929$

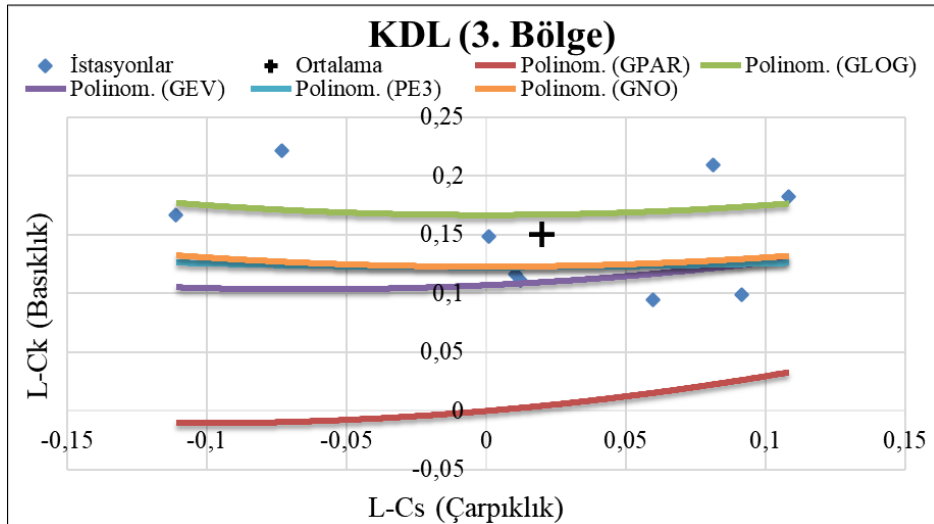
KDL indisi için uygun dağılımlar: 1.Bölge için PE3, 2.Bölge için PE3 ve GEV, 3. Bölge için ise GLO, GNO, PE3 dağılımlarıdır. Sıfıra en yakın olan $Z^{\text{Dağılım}}$ değerine sahip dağılım ise o bölge için en uygun dağılım seçilmiştir. 1.Bölge ve 2.Bölge için PE3, 3. Bölge için ise GLO dağılımları en uygun dağılımlar olarak bulunmuştur. Aynı zamanda $Z^{\text{Dağılım}}$ testinin yanı sıra görsel bir test olan, L-Cs ve L-Ck ilişkisini gösteren L-Moment oranı diyagramları Şekil 4.2, ve Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’ de gösterilmiştir. L-Moment oranı diyagramlarında “+” olarak gösterilen L-Cs ve L-Ck değerlerinin bölgesel ağırlıklı ortalamasıdır. Bu değer hangi dağılımın eğrisine yakın ise o dağılımın en uygun dağılım olduğu yorumu yapılmaktadır (Seçkin ve Topçu, 2016). Bu görsel test ile $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonuçlarının uyumlu olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. KDL için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı



Şekil 4.3. KDL için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı



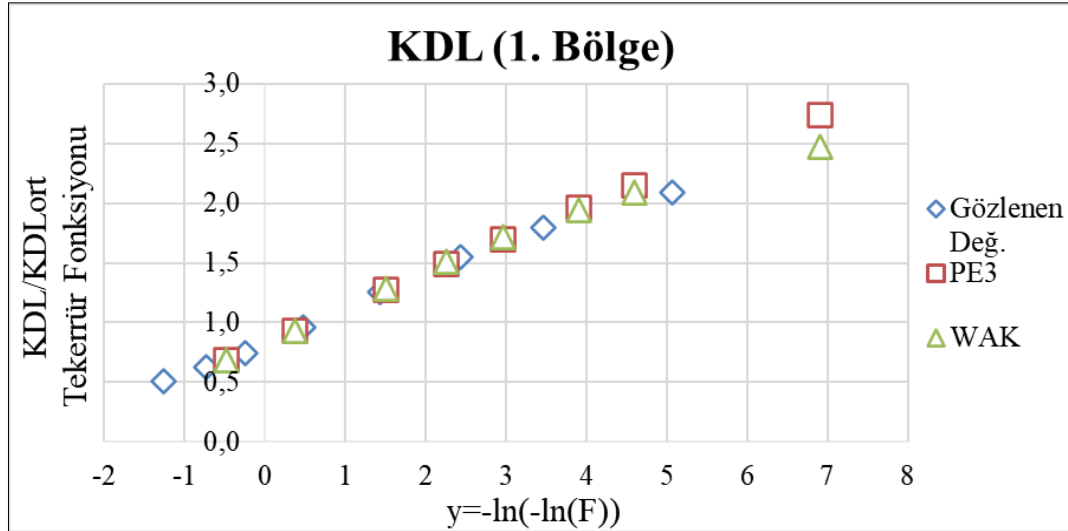
Şekil 4.4. KDL için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

Bu parametrelere göre üç bölge için de ayrı ayrı farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımlarının tekerrür fonksiyon (quantile function, $q(F)$) değerleri hesaplanmıştır ve Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir. Tekerrür fonksiyonlarının büyüme eğrisi grafikleri oluşturulmuştur ve gözlenmiş değerlerle kıyaslanmıştır. Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. KDL indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (KDL/KDLort) değerleri

KDL (1. Bölge)						
y	T	F	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
					y	KDL/KDLort
-0,476	1,250	0,2	0,687	0,685	-1,259	0,506
0,367	2	0,5	0,932	0,929	-0,734	0,624
1,500	5	0,8	1,274	1,283	-0,242	0,748
2,250	10	0,9	1,495	1,512	0,471	0,962
2,970	20	0,95	1,701	1,713	1,433	1,255
3,902	50	0,98	1,958	1,943	2,426	1,554
4,600	100	0,99	2,145	2,093	3,462	1,793
6,907	1000	0,999	2,737	2,474	5,069	2,088

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

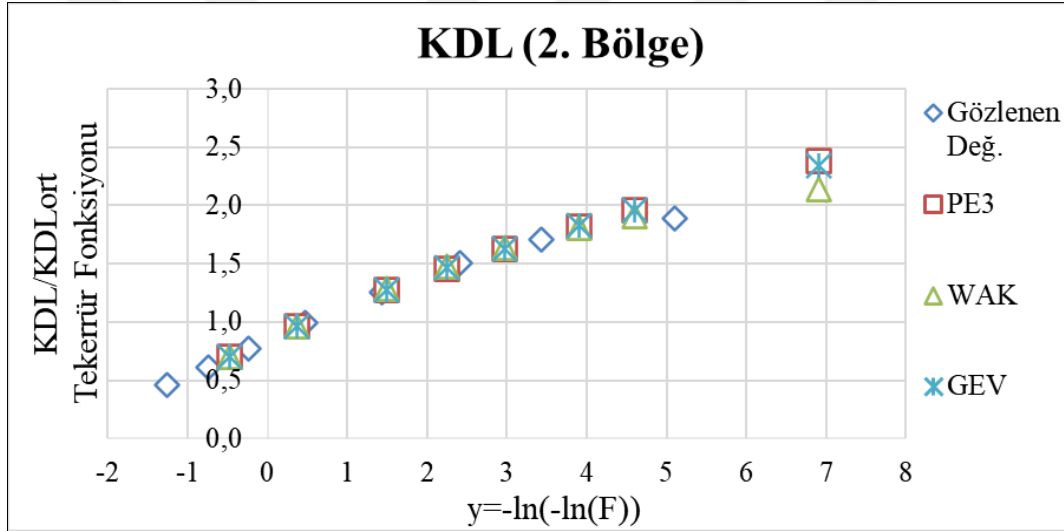


Şekil 4.5. KDL için 1. Bölge’ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.6. KDL indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (KDL/KDLort) değerleri

KDL (2. Bölge)							
y	T	F	GEV	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
						y	KDL/KDLort
-0,476	1,250	0,2	0,704	0,703	0,700	-1,260	0,462
0,367	2	0,5	0,963	0,964	0,961	-0,736	0,612
1,500	5	0,8	1,276	1,276	1,284	-0,243	0,773
2,250	10	0,9	1,463	1,461	1,477	0,470	0,990
2,970	20	0,95	1,630	1,626	1,638	1,433	1,259
3,902	50	0,98	1,826	1,823	1,808	2,405	1,503
4,600	100	0,99	1,962	1,963	1,912	3,436	1,706
6,907	1000	0,999	2,343	2,387	2,145	5,101	1,888

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

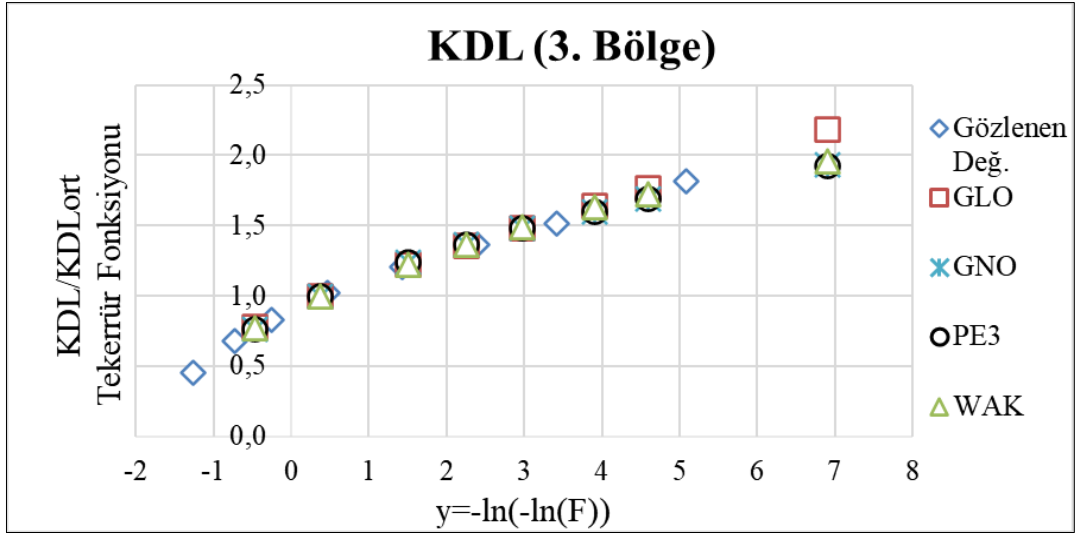


Şekil 4.6. KDL için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.7. KDL indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (KDL/KDLort) değerleri

KDL (3. Bölge)								
y	T	F	GNO	PE3	GLO	WAK	Gözlenen Değerler	
							y	KDL/KDLort
-0,476	1,250	0,2	0,760	0,760	0,776	0,768	-1,261	0,457
0,367	2	0,5	0,994	0,994	0,995	0,997	-0,735	0,677
1,500	5	0,8	1,237	1,237	1,220	1,223	-0,247	0,831
2,250	10	0,9	1,367	1,367	1,354	1,366	0,472	1,018
2,970	20	0,95	1,477	1,477	1,480	1,492	1,434	1,209
3,902	50	0,98	1,602	1,602	1,642	1,633	2,385	1,361
4,600	100	0,99	1,687	1,686	1,765	1,725	3,423	1,516
6,907	1000	0,999	1,929	1,928	2,181	1,955	5,083	1,813

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

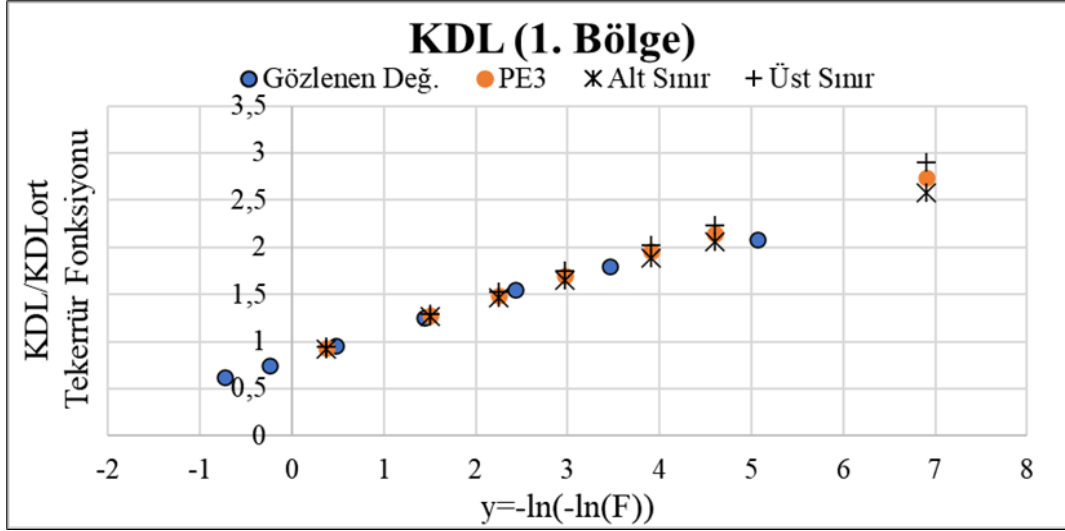


Şekil 4.7. KDL için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

En uygun dağılımlar kullanılarak, Monte Carlo simülasyon yöntemi ile bölgeler 500 kere simüle edilmiştir. Bu bölgelere ait boyutsuz bölge büyüme oranları ve bu oranların ortalama hataları (RMSE) ve hata sınırları Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelgelerden de görülebileceği üzere ortalama hata değerleri (RMSE) %10'un altında çıkmıştır. Ayrıca tüm homojen bölgeler için tekerrür periyotları arttıkça ortalama hata değerleri yükseliş eğilimindedir. Çizelgeler yardımıyla tahmin edilen büyüme eğrileri, % 90 hata sınırları ile birlikte üç homojen bölge için ayrı ayrı grafik üzerinde Şekil 4.8., Şekil 4.9, Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. KDL indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3)

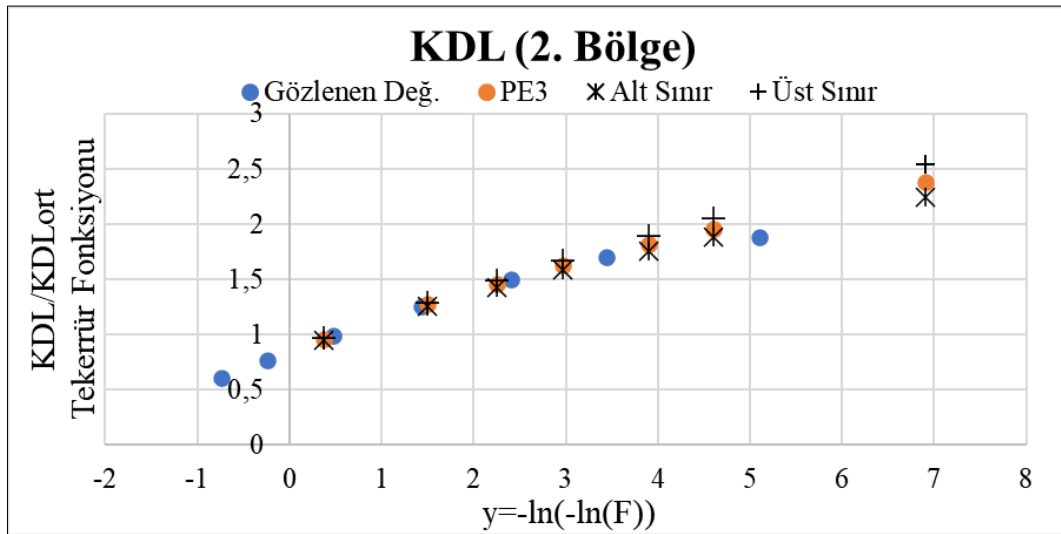
KDL (1. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,932	0,010	0,920	0,944	0,024
5	0,8	1,275	0,018	1,263	1,287	0,024
10	0,9	1,495	0,028	1,470	1,523	0,053
20	0,95	1,701	0,036	1,656	1,746	0,090
50	0,98	1,958	0,045	1,890	2,027	0,137
100	0,99	2,145	0,050	2,055	2,235	0,180
1000	0,999	2,737	0,063	2,580	2,903	0,323



Şekil 4.8. 1. Bölge KDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi

Çizelge 4.9. KDL indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3)

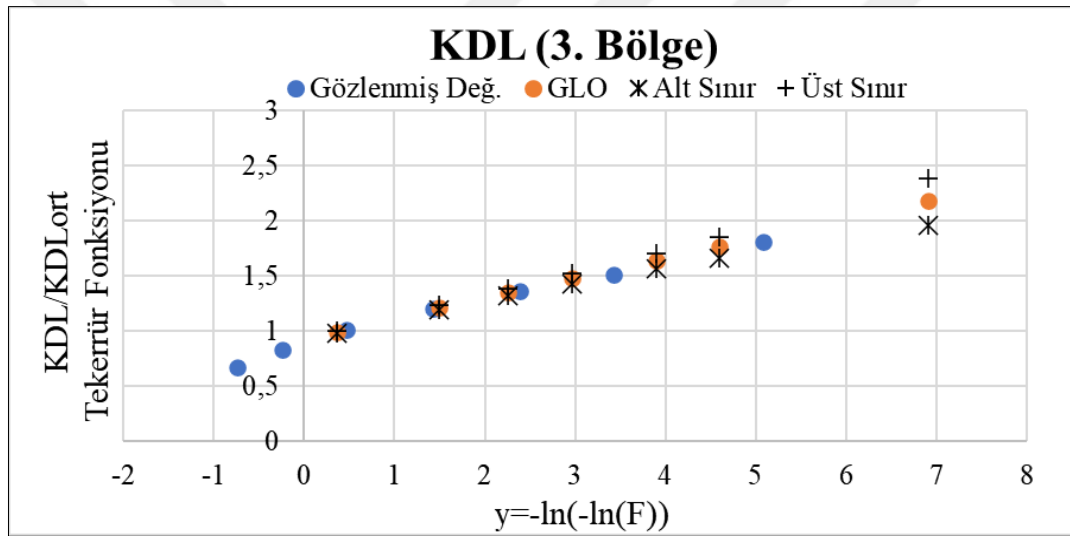
KDL (2. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,964	0,008	0,952	0,975	0,023
5	0,8	1,276	0,018	1,260	1,290	0,030
10	0,9	1,461	0,027	1,433	1,490	0,057
20	0,95	1,626	0,034	1,582	1,669	0,087
50	0,98	1,823	0,042	1,758	1,891	0,133
100	0,99	1,963	0,046	1,880	2,050	0,170
1000	0,999	2,387	0,059	2,244	2,541	0,297



Şekil 4.9. 2. Bölge KDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi

Çizelge 4.10. KDL indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GLO)

KDL (3. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,995	0,008	0,981	1,008	0,027
5	0,8	1,219	0,020	1,197	1,241	0,044
10	0,9	1,354	0,028	1,321	1,386	0,065
20	0,95	1,480	0,035	1,432	1,525	0,093
50	0,98	1,642	0,045	1,564	1,710	0,146
100	0,99	1,765	0,052	1,662	1,858	0,196
1000	0,999	2,180	0,079	1,960	2,385	0,425



Şekil 4.10. 3. Bölge KDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi

Son olarak indeks taşkın metodu kullanılarak homojen bölgeye en iyi uyan dağılımın tekerrür fonksiyonu değeri, bölgesel ağırlıklı KDL ortalamasıyla çarpılıp belirlenen tekerrür periyoduna karşılık gelen KDL değerleri hesaplanmıştır ve değerler Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. KDL indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (gün)

İndis	Bölge	Tekerrür Periyotları, Yıl (T)						
		2	5	10	20	50	100	1000
KDL (Gün)	1.Bölge	41	56	66	75	86	94	120
	2.Bölge	67	89	102	114	128	137	167
	3.Bölge	95	116	129	141	156	168	208

4.1.2. EKDS95 İndisi için Bölgesel Frekans Analizi

İlk aşamada, EKDS95 indisi için L-moment ve L-moment oranlarının elde edilmiştir. Çalışma alanında oluşturulan 3 alt bölgeye uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda:

- 1. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik testine göre bölge $H_1 = -0,36$ değeri ile muhtemelen homojen çıkmıştır. $H_2 = 2,28$ ve $H_3 = 2,42$ değerlerine göre ise kesinlikle heterojendir. Bu yüzden bölge heterojen kabul edilmiştir. Afyon ve Burdur istasyonları bölgeden çıkarılmış ve Afyon 3.bölgeye, Burdur 2. bölgeye taşınmıştır.
- 2. Bölge’de uyumsuz istasyon bulunmamıştır. Heterojenlik testine göre ($H_1 = 0,03$, $H_2 = -0,38$ ve $H_3 = -0,13$) bölge homojen çıkmıştır.
- 3. Bölge’de ise hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Fakat heterojenlik ölçüleri $H_1 = 0,18$ değeriyle bölge homojen, $H_2 = 1,92$ ve $H_3 = 1,40$ değerleriyle bölge muhtemelen heterojendir. Hosking ve Wallis (1993), H_1 ’in homojen ve heterojen bölgelerin ayrımında daha güçlü olduğunu öne sürmüşlerdir. Bundan dolayı V_1 ’e dayalı H_1 istatistiği, heterojenlik ölçüsünü hesaplamada tavsiye edilmektedir (Seçkin ve Topçu, 2016). Dolayısıyla bölge homojen kabul edilmiştir.

Bu değişikliklerden sonra,

- 1. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. $H_1 = -0,55$ değerine göre bölge homojen, $H_2 = 1,87$ ve $H_3 = 1,59$ değerlerine göre bölge muhtemelen heterojendir. Dolayısıyla bölge homojen kabul edilmiştir.
- 2. Bölge’de uyumsuz istasyon bulunmamaktadır. Heterojenlik testine göre ($H_1 = 0,17$, $H_2 = -0,09$ ve $H_3 = 0,55$) bölge homojen çıkmıştır.
- 3. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçülerine göre $H_1 = 0,08$, $H_3 = 0,99$ değerleriyle bölge homojen, $H_2 = 1,48$ değerine göre ise bölge muhtemelen homojen çıkmıştır. Bu yüzden bölge homojen kabul edilmiştir.

Son durumdaki L-moment oranları, uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüleri sonuçları Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13’ de verilmiştir. Bu testler sonucunda EKDS95 indisi için çalışma alanında homojen bölgeler oluşturulmuştur.

Çizelge 4.12. EKDS95 indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

Bölge	İstasyon Adı	EKDS95ort (Gün)	t (L-Cv)	t ₃ (L-Cs)	t ₄ (L-Ck)	t ₅	D _i
1.Bölge	Antalya	99,12	0,1483	-0,0686	0,0705	0,0319	2,72
	Bandırma	69,17	0,1239	0,1861	0,1218	0,0646	2,50
	Bursa	60,71	0,1606	0,1561	0,0824	-0,0074	0,93
	Denizli	76,73	0,1563	0,2092	0,1843	0,0778	1,36
	Dinar	71,36	0,1514	0,0815	0,0729	0,0222	0,32
	Dursunbey	69,85	0,1538	0,1526	0,0907	0,0225	0,46
	Eğirdir	69,91	0,1653	0,1762	0,1071	0,0254	1,08
	Elmalı	75,56	0,1382	0,0299	0,0900	-0,0058	0,59
	Güney	83,51	0,1591	0,1589	0,1171	-0,0077	0,45
	Isparta	69,01	0,1404	0,1297	0,1323	0,1065	0,21
	Keles	61,72	0,1345	0,0256	0,0689	-0,0068	0,87
	Korkuteli	77,91	0,1466	0,1778	0,1037	-0,0507	0,57
	Kütahya	62,44	0,1343	0,1706	0,1976	0,0920	1,95
	Simav	66,59	0,1390	0,0721	0,0533	0,0491	0,94
	Tavşanlı	60,87	0,1432	0,1325	0,1720	0,0927	1,01
	Tefenni	72,67	0,1599	0,1203	0,1305	0,0482	0,72
	Uşak	72,14	0,1428	0,0534	0,0765	0,0016	0,32
2.Bölge	Akhisar	87,80	0,1322	0,0252	0,1672	0,0302	0,38
	Aydın	104,87	0,1227	0,0028	0,1541	0,0057	0,51
	Ayvalık	100,50	0,1364	0,0345	0,1782	-0,0465	0,69
	Bergama	90,81	0,1584	0,0429	0,0591	0,0039	1,09
	Bozcaada	89,62	0,1565	0,0784	0,1503	0,0519	1,47
	Çanakkale	79,84	0,1520	0,0889	0,0940	0,0294	0,49
	Çeşme	124,23	0,1121	-0,0376	0,1721	-0,0197	1,40
	Dikili	101,27	0,1402	0,1174	0,1748	0,0360	1,54
	Edremit	84,41	0,1377	0,0701	0,0798	0,0209	0,85
	İzmir	107,33	0,1515	0,0550	0,0936	-0,0208	0,34
	Kuşadası	121,36	0,1231	0,0170	0,1529	0,0401	0,54
	Manisa	94,30	0,1490	0,0495	0,0821	0,0064	0,32
	Nazilli	96,42	0,1300	0,0835	0,1184	-0,0285	1,16
	Ödemiş	99,31	0,1257	-0,0482	0,1348	-0,0001	0,70
	Salihli	88,42	0,1405	0,0049	0,1415	0,0151	0,36
	Selçuk	115,13	0,1264	-0,0769	0,0603	-0,0019	2,37
	Sultanhisar	103,60	0,1464	-0,0543	0,1221	-0,0312	2,04
	Burdur	69,56	0,1520	0,0976	0,0346	-0,0006	1,73
3.Bölge	Bodrum	127,21	0,1049	0,0947	0,1308	-0,0176	1,25
	Dalaman	114,52	0,1264	-0,1368	0,2116	0,0265	1,03
	Datça	132,45	0,1131	-0,0737	0,2206	0,0077	1,49
	Fethiye	118,58	0,1226	-0,0373	0,0992	-0,0347	1,44
	Finike	110,34	0,1189	-0,0433	0,1595	-0,0058	0,13
	Kaş	123,91	0,1273	0,0173	0,1704	0,0708	0,44
	Köyceğiz	108,60	0,1213	0,0389	0,1029	0,0061	0,63
	Marmaris	120,40	0,1093	0,0337	0,1378	0,0550	0,59
	Milas	112,08	0,1378	-0,2041	0,1730	-0,0934	2,07
	Muğla	84,36	0,1513	0,0742	0,1216	0,0075	2,06
	Yatağan	90,02	0,1381	0,0591	0,1402	-0,0261	0,81
	Afyon	64,17	0,1270	0,0017	0,1349	0,0121	0,06

Oluşturulan homojen bölgeler için dağılımların $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonuçları Çizelge 4.14’ de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre, 1. Bölge’ye PE3, 2. Bölge’ye GEV, GNO ve PE3 ve 3. Bölge’ye ise GLO dağılımları uygun bulunmuştur. $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonucuna göre uygun olan tüm dağılımlar ve ek olarak Wakeby dağılımı için parametre tahminleri hesaplanmıştır ve Çizelge 4.15’ de verilmiştir. Aynı zamanda L-Cs ve L-Ck ilişkisini gösteren L-Moment oranı diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).

Çizelge 4.13. EKDS95 indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları

Bölge	Heterojenlik Ölçüleri (H)		
	H ₁	H ₂	H ₃
1.Bölge	-0,55	1,87*	1,59*
2.Bölge	0,17	-0,09	0,55
3.Bölge	0,08	1,48	0,99

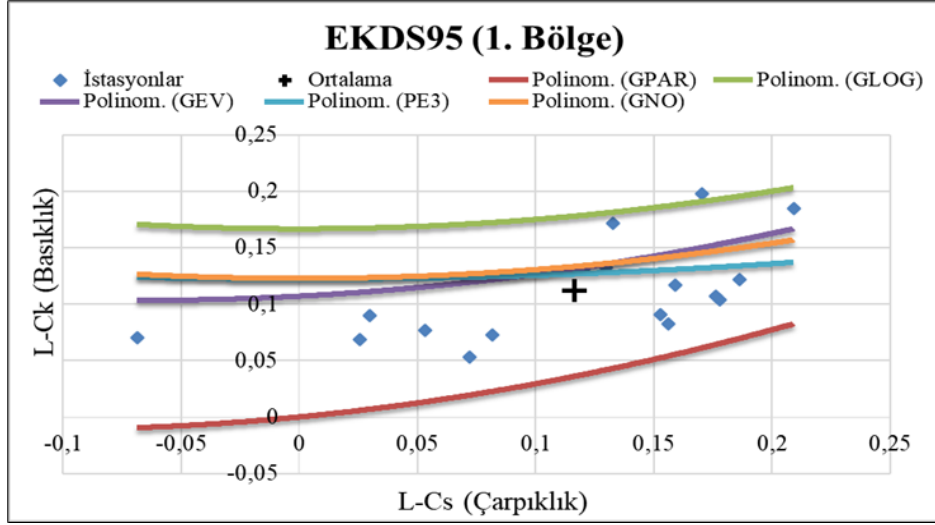
Çizelge 4.14. EKDS95 indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları

Bölge	Uygunluk Ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$)				
	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
1.Bölge	6,22	1,93	2,08	1,48*#	-6,93
2.Bölge	4,78	-0,81*	0,33*	0,27*#	-11,29
3.Bölge	1,53*#	-3,23	-1,93	-1,93	-11,72

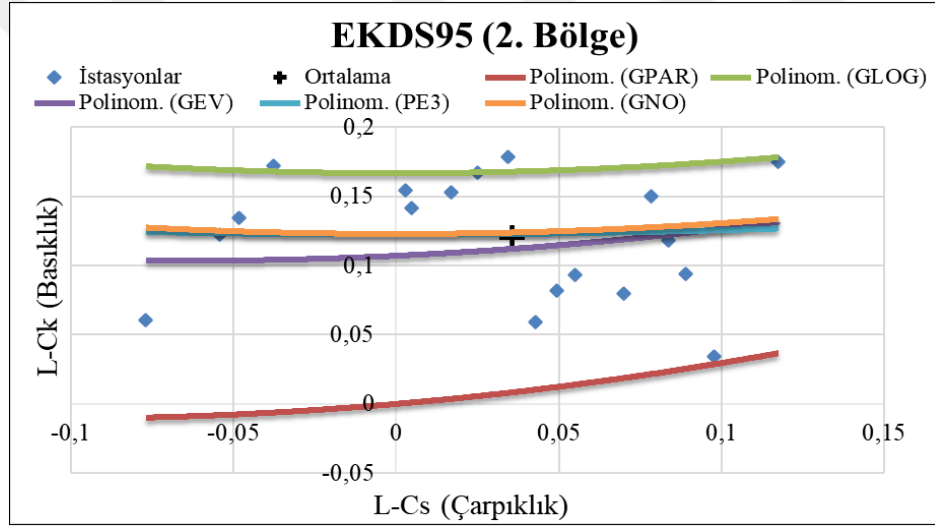
* Uygun dağılım, # En uygun dağılım

Çizelge 4.15. EKDS95 indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri

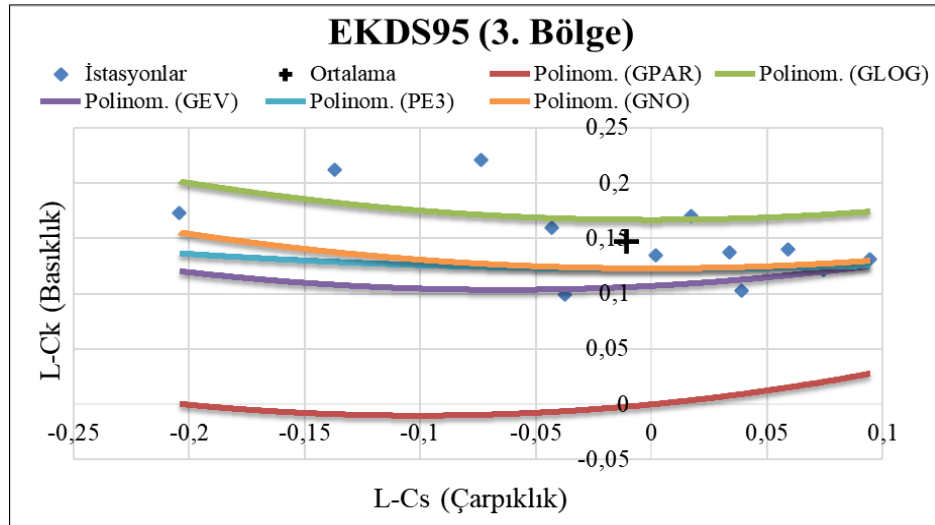
Bölge	Dağılım	Bölgesel Parametreler				
1.Bölge	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,2635$	$\gamma = 0,7100$		
	WAK	$\xi = 0,5533$	$\alpha = 1,1001$	$\beta = 5,5173$	$\gamma = 0,3453$	$\delta = -0,2427$
2.Bölge	GEV	$\xi = 0,9068$	$\alpha = 0,2363$	$k = 0,2207$		
	GNO	$\xi = 0,9910$	$\alpha = 0,2452$	$k = -0,0730$		
	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,2461$	$\gamma = 0,2189$		
	WAK	$\xi = 0,4710$	$\alpha = 2,4010$	$\beta = 8,0605$	$\gamma = 0,3566$	$\delta = -0,3507$
3.Bölge	GLO	$\xi = 1,0022$	$\alpha = 0,1245$	$k = 0,0110$		
	WAK	$\xi = 0,4600$	$\alpha = 2,9670$	$\beta = 7,9778$	$\gamma = 0,2705$	$\delta = -0,2912$



Şekil 4.11. EKDS95 için 1. Bölge' ye ait L-moment oranı diyagramı



Şekil 4.12. EKDS95 için 2. Bölge' ye ait L-moment oranı diyagramı



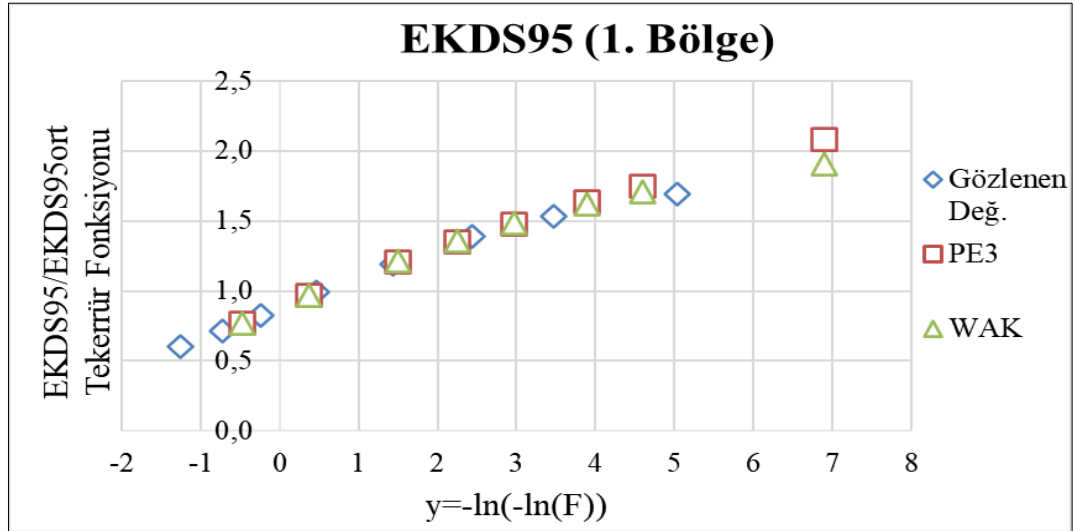
Şekil 4.13. EKDS95 için 3. Bölge' ye ait L-moment oranı diyagramı

Bu parametrelere göre üç bölge için de ayrı ayrı farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımlarının tekerrür fonksiyon değerleri hesaplanmıştır ve hesaplanan değerler Çizelge 4.16, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de verilmiştir. Tekerrür fonksiyonlarının büyüme eğrisi grafikleri oluşturulmuştur ve gözlenmiş değerlerle kıyaslanmıştır (Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).

Çizelge 4.16. EKDS95 indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EKDS95/EKDS95ort) değerleri

EKDS95 (1. Bölge)						
y	T	F	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
					y	EKDS95/ EKDS95ort
-0,476	1,250	0,2	0,774	0,770	-1,254	0,599
0,367	2	0,5	0,969	0,969	-0,730	0,712
1,500	5	0,8	1,208	1,213	-0,241	0,825
2,250	10	0,9	1,351	1,362	0,472	0,992
2,970	20	0,95	1,480	1,488	1,433	1,193
3,902	50	0,98	1,635	1,625	2,433	1,389
4,600	100	0,99	1,746	1,710	3,469	1,533
6,907	1000	0,999	2,084	1,909	5,043	1,690

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

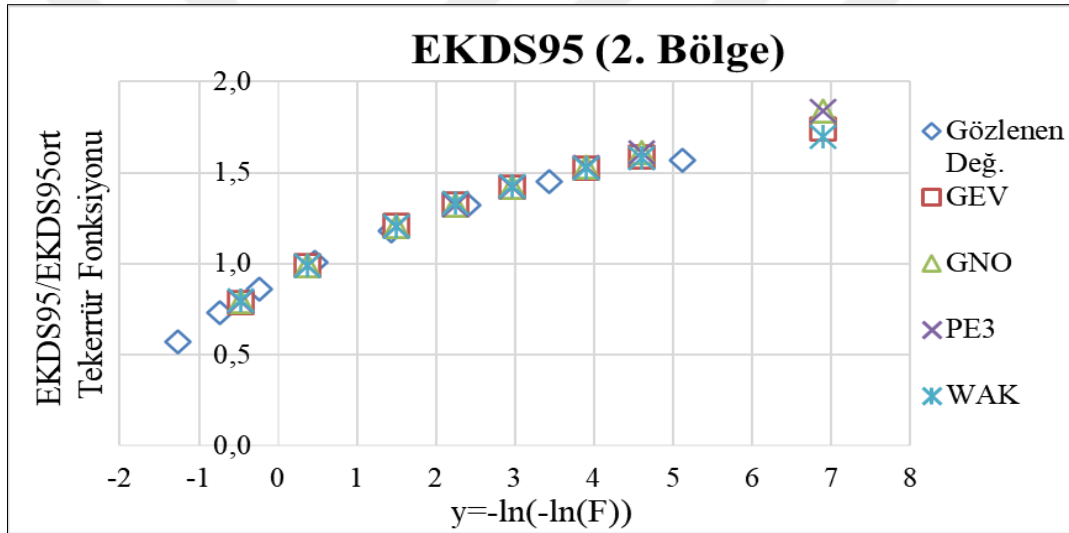


Şekil 4.14. EKDS95 için 1. Bölge’ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.17. EKDS95 indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EKDS95/EKDS95ort) değerleri

EKDS95 (2. Bölge)								
y	T	F	GEV	GNO	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
							y	EKDS95 /EKDS95ort
-0,476	1,250	0,2	0,788	0,791	0,791	0,796	-1,264	0,572
0,367	2	0,5	0,990	0,991	0,991	0,987	-0,738	0,729
1,500	5	0,8	1,209	1,204	1,204	1,207	-0,243	0,858
2,250	10	0,9	1,326	1,320	1,321	1,332	0,471	1,008
2,970	20	0,95	1,422	1,420	1,420	1,430	1,434	1,181
3,902	50	0,98	1,525	1,534	1,534	1,528	2,405	1,323
4,600	100	0,99	1,589	1,613	1,612	1,583	3,435	1,450
6,907	1000	0,999	1,744	1,841	1,838	1,695	5,114	1,569

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

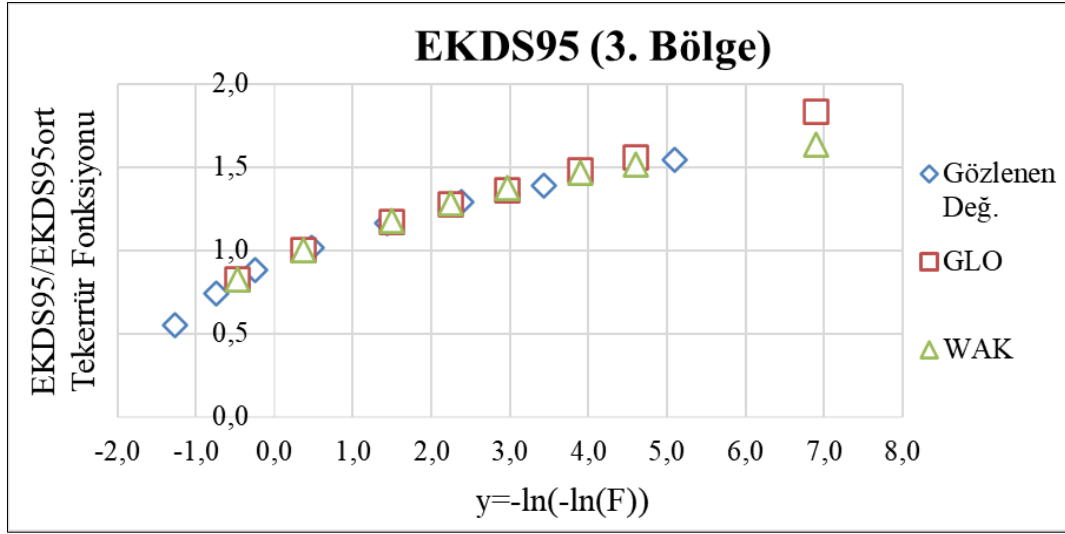


Şekil 4.15. EKDS95 için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.18. EKDS95 indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EKDS95/EKDS95ort) değerleri

EKDS95 (3. Bölge)						
y	T	F	GLO	WAK	Gözlenen Değerler	
					y	EKDS95 /EKDS95ort
-0,476	1,250	0,2	0,828	0,828	-1,262	0,555
0,367	2	0,5	1,002	1,000	-0,737	0,740
1,500	5	0,8	1,174	1,179	-0,248	0,879
2,250	10	0,9	1,273	1,286	0,471	1,016
2,970	20	0,95	1,363	1,373	1,432	1,166
3,902	50	0,98	1,477	1,463	2,386	1,291
4,600	100	0,99	1,560	1,518	3,428	1,386
6,907	1000	0,999	1,831	1,636	5,096	1,543

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

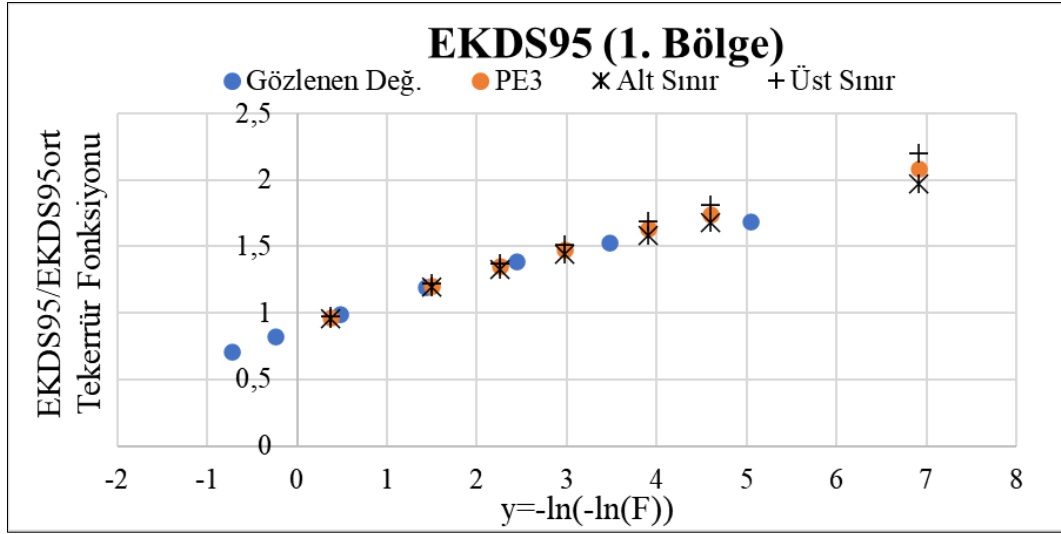


Şekil 4.16. EKDS95 için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

EKDS95 indisi için 1. ve 2. Bölgeler için en uygun dağılım, en küçük mutlak $Z^{\text{Dağılım}}$ değerine sahip olan PE3, 3. bölge için GLO dağılımıdır. Bu dağılımlar kullanılarak bölgeler 500 kere simüle edilmiştir. En uygun dağılımlar, PE3 ve GLO dağılımları için yapılan simülasyon çalışması sonucu RMSE değerleri %10'un altında çıkmıştır (Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21). Ayrıca tüm homojen bölgeler için tekerrür periyotları arttıkça ortalama hata değerleri yükseliş eğilimindedir. Çizelgeler yardımıyla tahmin edilen büyüme eğrileri, % 90 hata sınırları ile birlikte üç homojen bölge için ayrı ayrı grafik üzerinde Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. EKDS95 indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3)

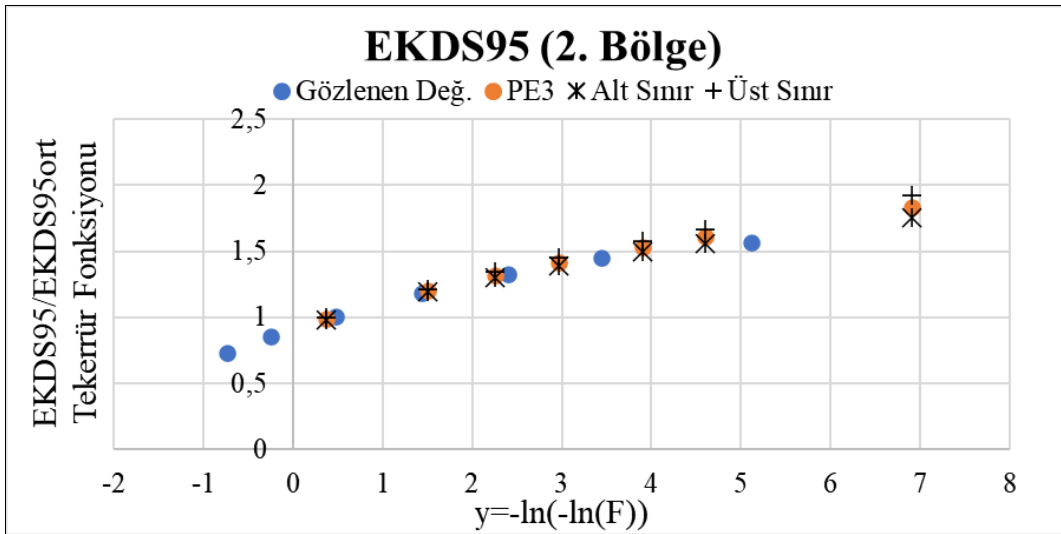
EKDS95 (1. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,969	0,006	0,960	0,978	0,018
5	0,8	1,208	0,014	1,197	1,220	0,023
10	0,9	1,351	0,021	1,329	1,375	0,046
20	0,95	1,480	0,028	1,445	1,516	0,071
50	0,98	1,636	0,035	1,583	1,689	0,106
100	0,99	1,746	0,039	1,679	1,813	0,134
1000	0,999	2,085	0,051	1,969	2,201	0,232



Şekil 4.17. 1.Bölge EKDS95 indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi

Çizelge 4.20. EKDS95 indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3)

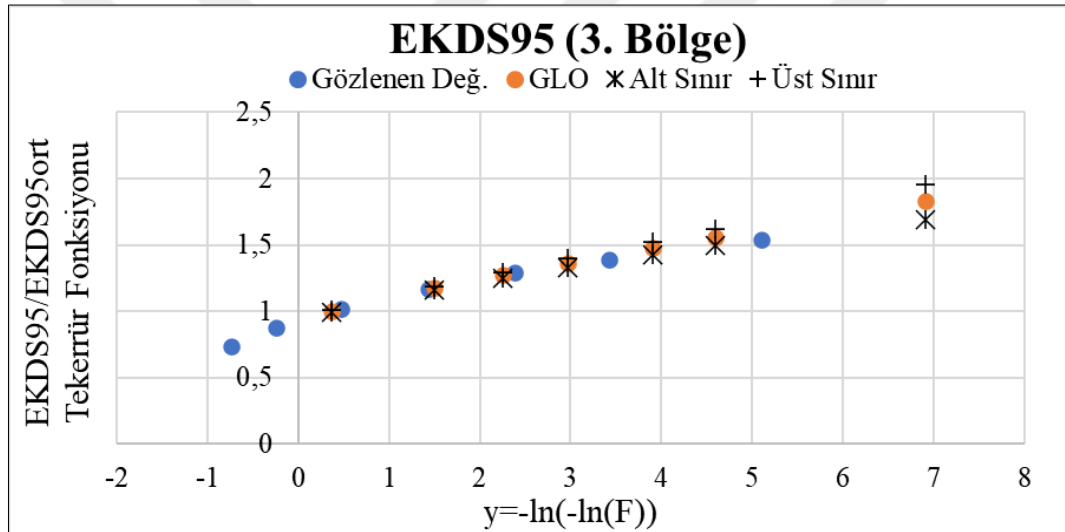
EKDS95 (2. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,991	0,004	0,983	0,999	0,016
5	0,8	1,204	0,016	1,193	1,216	0,023
10	0,9	1,321	0,023	1,301	1,341	0,040
20	0,95	1,419	0,029	1,392	1,449	0,057
50	0,98	1,534	0,035	1,492	1,576	0,084
100	0,99	1,612	0,039	1,560	1,663	0,103
1000	0,999	1,838	0,050	1,751	1,923	0,172



Şekil 4.18. 2.Bölge EKDS95 indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi

Çizelge 4.21. EKDS95 indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GLO)

EKDS95 (3. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	1,002	0,005	0,993	1,012	0,019
5	0,8	1,174	0,017	1,158	1,190	0,032
10	0,9	1,272	0,024	1,249	1,296	0,047
20	0,95	1,363	0,030	1,330	1,396	0,066
50	0,98	1,476	0,038	1,427	1,524	0,097
100	0,99	1,560	0,044	1,496	1,623	0,127
1000	0,999	1,830	0,064	1,695	1,955	0,260



Şekil 4.19. 3.Bölge EKDS95 indisi için %90 hata sınırlarıyla büyüme eğrisi

Son olarak homojen bölgeye en iyi uyan dağılımın tekerrür fonksiyonu değeri, bölgesel ağırlıklı EKDS95 ortalamasıyla çarpılıp belirlenen tekerrür periyoduna karşılık gelen EKDS95 değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. EKDS95 indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (gün)

İndis	Bölge	Tekerrür Periyotları, Yıl						
		2	5	10	20	50	100	1000
EKDS95 (Gün)	1.Bölge	69	86	97	106	117	125	149
	2.Bölge	96	117	128	138	149	157	179
	3.Bölge	108	127	138	147	160	169	198

4.1.3. YDL İndisi için Bölgesel Frekans Analizi

YDL indisi için L-moment oranları elde edilmiştir. Çalışma alanında oluşturulan 3 alt bölgeye uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda:

- 1. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. $H_1 = 0,01$, $H_2 = -0,36$ ve $H_3 = -0,02$ olarak bulunmuştur. H_1 , H_2 ve H_3 değerlerinin hepsi bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 2. Bölge’de Sultanhisar istasyonu $D_i = 3,12$ değeriyle uyumsuz çıkmıştır. Heterojenlik ölçüleri: $H_1 = -1,28$, $H_2 = -1,13$ ve $H_3 = -1,61$ çıkmıştır. Sultanhisar istasyonu çalışma alanından çıkarılmıştır. Bu işlemten sonra bölge tekrar test edilmiştir ve hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. $H_1 = -1,13$, $H_2 = -1,04$ ve $H_3 = -1,73$ heterojenlik ölçüleri değerleri de bölgenin kabul edilebilir düzeyde homojen olduğunu göstermektedir.
- 3. Bölge’de ise hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = -0,01$, $H_2 = -1,06$ ve $H_3 = -0,4$ değerleriyle bölge homojendir.

YDL indisi için homojen bölgeler oluşturduktan sonra L-moment oranları, uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüleri sonuçları Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24 ’de verilmiştir. Oluşturulan üç homojen bölge için dağılımların uygunluk ölçüsü sonuçları ise Çizelge 4.25’ de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, 1. Bölge’ye GEV dağılımı, 2. Bölge’ye ise GEV ve GNO ve 3. Bölge’ye ise GEV ve GLO dağılımları uygun bulunmuştur. $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonucuna göre uygun olan tüm dağılımlar ve ek olarak Wakeby dağılımı için parametre tahminleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.26). L-Moment oranı diyagramları Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’ de gösterilmiştir. Bu parametrelere göre üç bölge için de ayrı ayrı farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımlarının tekerrür fonksiyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.27, Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29). Tekerrür fonksiyonlarının büyüme eğrisi grafikleri oluşturulmuştur ve gözlenmiş değerlerle kıyaslanmıştır (Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25).

Çizelge 4.23. YDL indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

Bölge	İstasyon Adı	YDLort (Gün)	t (L-Cv)	t ₃ (L-Cs)	t ₄ (L-Ck)	t ₅	D _i
1.Bölge	Afyon	8,66	0,1609	0,2668	0,2517	0,1585	0,69
	Antalya	7,23	0,1667	0,2598	0,1955	0,1334	0,29
	Bandırma	9,56	0,1604	0,1917	0,1283	0,0503	0,31
	Burdur	7,07	0,1568	0,2073	0,1587	0,0888	0,06
	Bursa	9,30	0,1315	0,1446	0,1380	0,0559	0,71
	Denizli	7,63	0,1300	0,1623	0,1206	-0,0147	1,09
	Dinar	7,48	0,1753	0,3055	0,3318	0,2380	2,07
	Dursunbey	8,70	0,1423	0,1568	0,1035	0,0260	0,49
	Eğirdir	8,17	0,1684	0,1052	0,0858	0,0155	2,95
	Elmalı	6,76	0,1566	0,2393	0,1310	-0,0060	0,72
	Güney	7,23	0,1533	0,1403	0,0983	0,0091	0,67
	Isparta	7,86	0,1345	0,0636	0,1812	0,0511	2,05
	Keles	10,24	0,2054	0,3334	0,2504	0,1058	2,77
	Korkuteli	6,21	0,1696	0,2083	0,2247	0,0508	0,56
	Kütahya	8,94	0,1493	0,1718	0,1709	0,0700	0,07
	Simav	9,24	0,1607	0,2896	0,1450	0,0957	1,61
	Tavşanlı	8,48	0,1523	0,1924	0,1695	0,0632	0,02
	Tefenni	6,98	0,1432	0,1636	0,2685	0,1572	1,73
	Uşak	7,70	0,1447	0,1672	0,1619	0,0515	0,15
2.Bölge	Akhisar	7,11	0,1764	0,2018	0,1748	0,0694	0,52
	Aydın	7,51	0,1554	0,1652	0,1411	-0,0076	0,26
	Ayvalık	7,45	0,1668	0,1964	0,1313	-0,0159	0,64
	Bergama	7,25	0,1560	0,1441	0,1411	0,0251	0,42
	Bozcaada	6,43	0,1538	0,2579	0,2186	0,1784	1,91
	Çanakkale	7,06	0,1513	0,0842	0,1486	0,0520	1,97
	Çeşme	7,07	0,1624	0,1739	0,1786	-0,0149	0,47
	Dikili	7,07	0,1492	0,1761	0,1340	0,0313	0,55
	Edremit	7,36	0,1566	0,1532	0,1321	0,0590	0,44
	İzmir	7,21	0,1614	0,2091	0,1384	0,0428	0,40
	Kuşadası	7,22	0,1725	0,2367	0,1694	0,0865	0,32
	Manisa	7,96	0,1878	0,1862	0,1897	0,0866	2,04
	Nazilli	7,27	0,1494	0,2129	0,1385	0,0493	0,72
	Ödemiş	7,43	0,1753	0,2849	0,1504	0,0430	1,84
	Salihli	6,78	0,1409	0,2713	0,1945	0,1034	2,28
	Selçuk	7,54	0,1774	0,2818	0,2067	0,1171	1,24
3.Bölge	Bodrum	8,54	0,2064	0,2301	0,2215	0,1255	0,95
	Dalaman	7,63	0,1655	0,2132	0,2627	0,0645	0,97
	Datça	7,55	0,1817	0,1552	0,1291	0,0054	0,90
	Fethiye	7,52	0,1537	0,2006	0,1592	0,0756	0,95
	Finike	7,78	0,1609	0,1735	0,0990	0,0484	0,89
	Kaş	7,13	0,1770	0,1394	0,2838	0,1394	2,26
	Köyceğiz	8,36	0,1776	0,2633	0,2326	0,0943	0,43
	Marmaris	8,75	0,1733	0,1713	0,1552	0,0542	0,22
	Milas	8,00	0,1766	0,2502	0,2282	0,1346	0,30
	Muğla	9,72	0,1803	0,1925	0,1270	0,0476	0,55
	Yatağan	9,75	0,2306	0,4077	0,2989	0,1903	2,60

Çizelge 4.24. YDL indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları

Bölge	Heterojenlik Ölçüleri (H)		
	H ₁	H ₂	H ₃
1.Bölge	0,01	-0,36	-0,02
2.Bölge	-1,13	-1,04	-1,73
3.Bölge	-0,01	-1,06	-0,4

Çizelge 4.25. YDL indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları

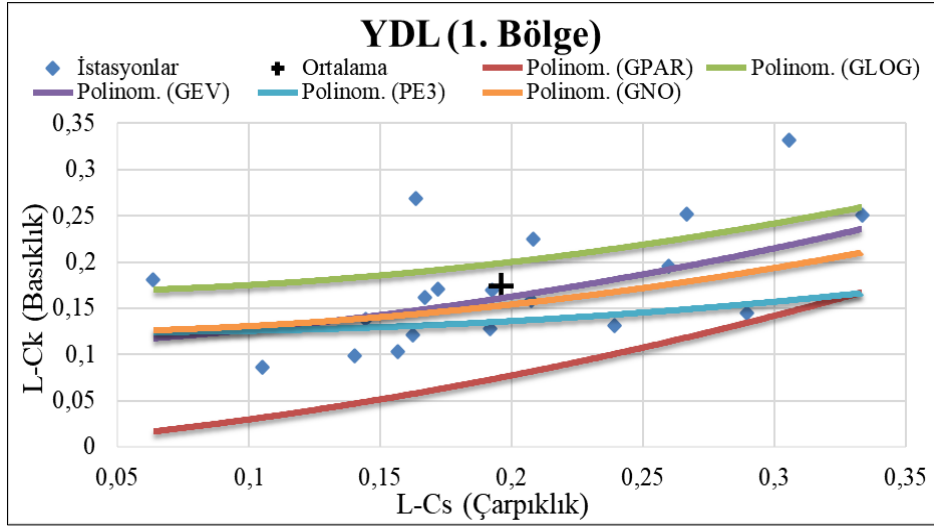
Bölge	Uygunluk Ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$)				
	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
1.Bölge	1,65	-1,06*#	-1,66	-2,94	-7,32
2.Bölge	2,99	0,11*#	-0,54*	-1,92	-6,52
3.Bölge	0,39*#	-1,38*	-1,92	-2,95	-5,59

* Uygun dağılım, # En uygun dağılım

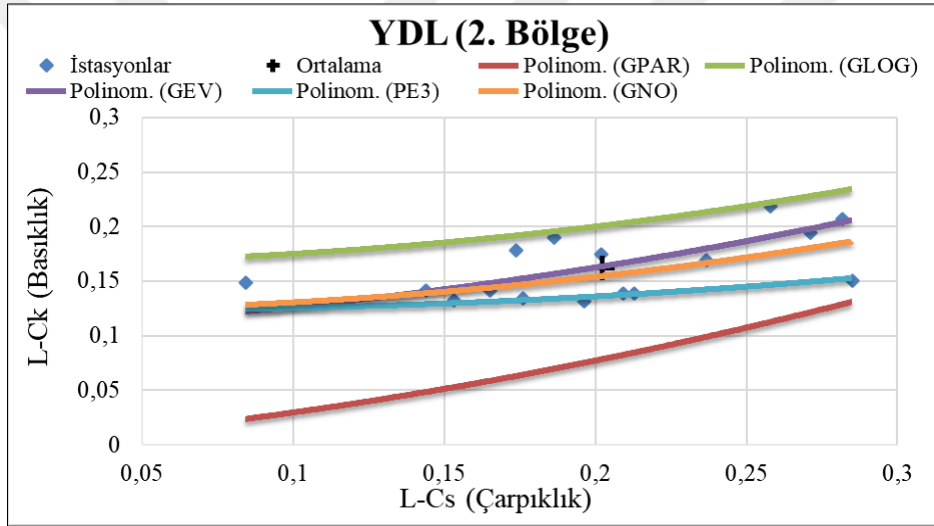
Çizelge 4.26. YDL indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri

Bölge	Dağılım	Bölgesel Parametreler				
1.Bölge	GEV	$\xi = 0,8673$	$\alpha = 0,2145$	$k = -0,0402$		
	WAK	$\xi = 0,5483$	$\alpha = 1,3335$	$\beta = 6,0839$	$\gamma = 0,2654$	$\delta = -0,0074$
2.Bölge	GEV	$\xi = 0,8604$	$\alpha = 0,2247$	$k = -0,0426$		
	GNO	$\xi = 0,9429$	$\alpha = 0,2683$	$k = -0,4082$		
	WAK	$\xi = 0,5111$	$\alpha = 1,9102$	$\beta = 9,4662$	$\gamma = 0,3351$	$\delta = -0,0937$
3.Bölge	GLO	$\xi = 0,9381$	$\alpha = 0,1662$	$k = -0,2145$		
	GEV	$\xi = 0,8428$	$\alpha = 0,2421$	$k = -0,0682$		
	WAK	$\xi = 0,4751$	$\alpha = 1,6771$	$\beta = 6,3356$	$\gamma = 0,2812$	$\delta = 0,0508$

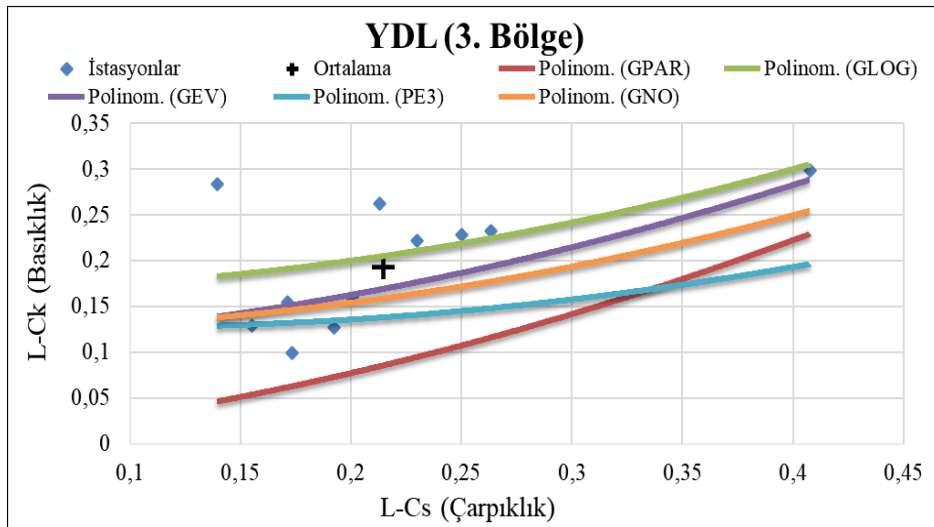
YDL indisi için 1. Bölge ve 2. Bölge için en uygun dağılım, en küçük mutlak $Z^{\text{Dağılım}}$ değerine sahip olan GEV ve 3. Bölge için GLO dağılımlarıdır. Bu bölgelere ait RMSE değerleri ve hata sınırları Çizelge 4.30, Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32’de verilmiştir. Çizelgelerden de görülebileceği üzere tüm bölgelerde ortalama en küçük hata değerleri yaklaşık olarak %10’un altında çıkmıştır. Çizelgeler yardımıyla tahmin edilen büyüme eğrileri, %90 hata sınırları ile birlikte üç homojen bölge için ayrı ayrı grafik üzerinde Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. YDL için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı



Şekil 4.21. YDL için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

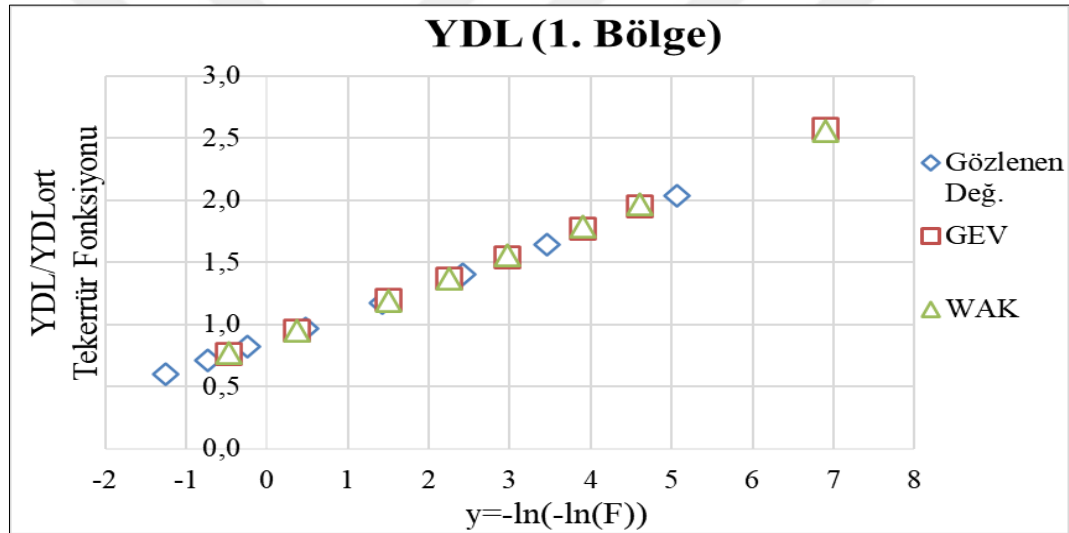


Şekil 4.22. YDL için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

Çizelge 4.27. YDL indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (YDL/YDLort) değerleri

YDL (1. Bölge)						
y	T	F	GEV	WAK	Gözlenen Değerler	
					y	YDL/YDLort
-0,476	1,250	0,2	0,766	0,770	-1,258	0,597
0,367	2	0,5	0,947	0,948	-0,733	0,715
1,500	5	0,8	1,199	1,192	-0,241	0,821
2,250	10	0,9	1,373	1,373	0,472	0,969
2,970	20	0,95	1,544	1,554	1,433	1,176
3,902	50	0,98	1,774	1,791	2,427	1,400
4,600	100	0,99	1,951	1,969	3,465	1,641
6,907	1000	0,999	2,575	2,555	5,070	2,034

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

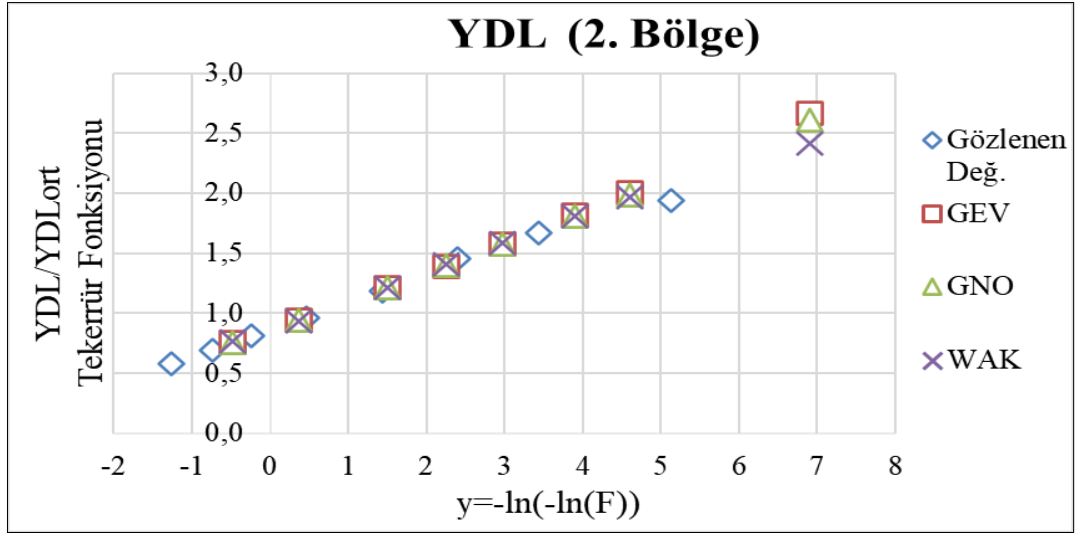


Şekil 4.23. YDL için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.28. YDL indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (YDL/YDLort) değerleri

YDL (2. Bölge)							
y	T	F	GEV	GNO	WAK	Gözlenen Değerler	
						y	YDL/YDLort
-0,476	1,250	0,2	0,755	0,752	0,762	-1,261	0,581
0,367	2	0,5	0,943	0,943	0,937	-0,738	0,692
1,500	5	0,8	1,208	1,212	1,214	-0,244	0,813
2,250	10	0,9	1,391	1,395	1,407	0,469	0,966
2,970	20	0,95	1,572	1,572	1,588	1,432	1,187
3,902	50	0,98	1,814	1,806	1,810	2,404	1,458
4,600	100	0,99	2,002	1,984	1,966	3,436	1,665
6,907	1000	0,999	2,665	2,606	2,417	5,126	1,940

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

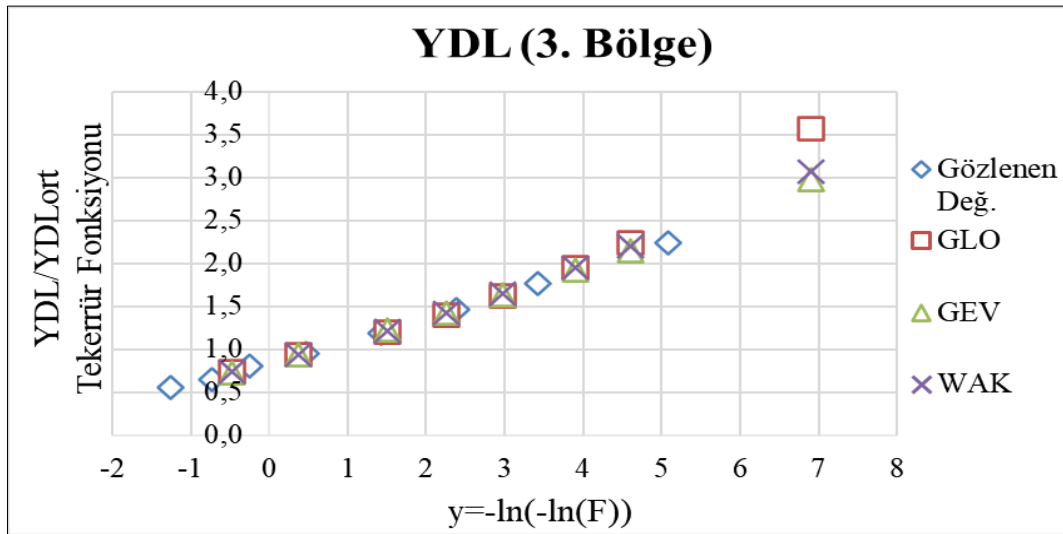


Şekil 4.24. YDL için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.29. YDL indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (YDL/YDLort) değerleri

YDL (3. Bölge)							
y	T	F	GLO	GEV	WAK	Gözlenen Değerler	
						y	YDL/ YDLort
-0,476	1,250	0,2	0,739	0,729	0,739	-1,260	0,553
0,367	2	0,5	0,938	0,933	0,935	-0,736	0,653
1,500	5	0,8	1,206	1,225	1,211	-0,248	0,803
2,250	10	0,9	1,405	1,432	1,427	0,471	0,957
2,970	20	0,95	1,620	1,640	1,650	1,433	1,191
3,902	50	0,98	1,948	1,925	1,957	2,387	1,469
4,600	100	0,99	2,239	2,151	2,199	3,426	1,772
6,907	1000	0,999	3,571	2,978	3,067	5,078	2,235

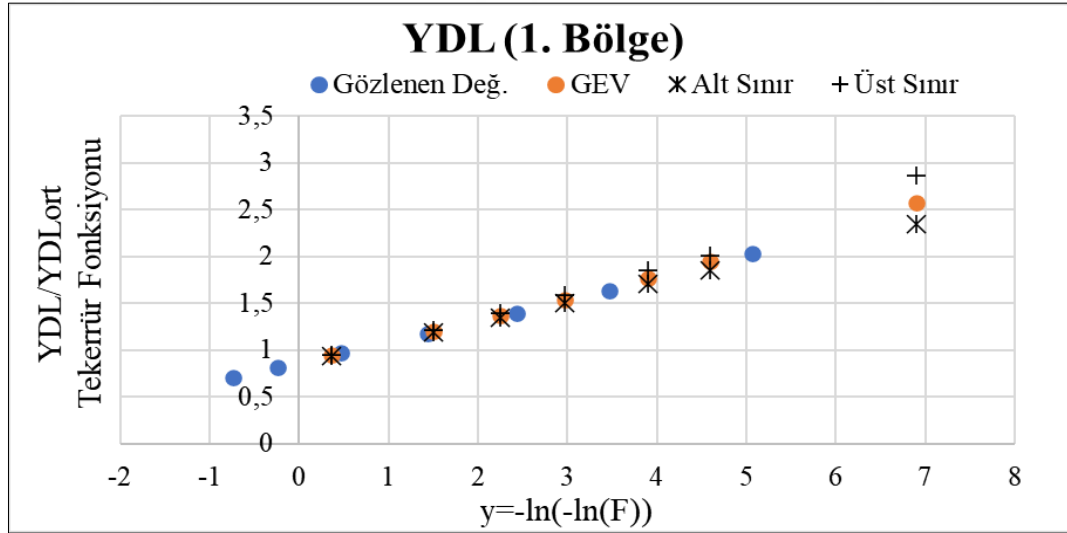
y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı



Şekil 4.25. YDL için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.30. YDL indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GEV)

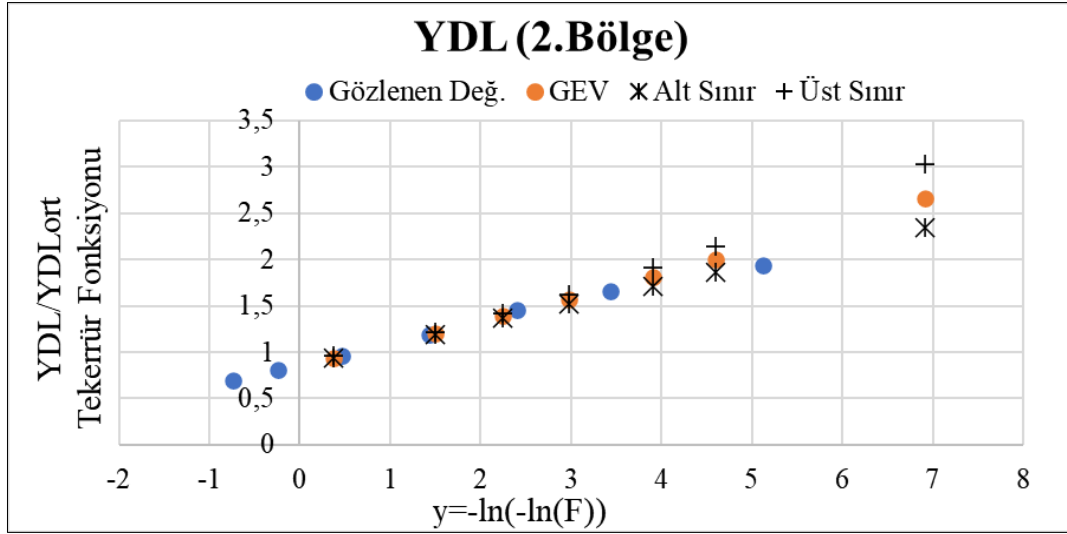
YDL (1. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,947	0,010	0,936	0,955	0,019
5	0,8	1,199	0,021	1,189	1,210	0,021
10	0,9	1,372	0,035	1,354	1,396	0,042
20	0,95	1,544	0,047	1,510	1,587	0,077
50	0,98	1,773	0,061	1,709	1,852	0,143
100	0,99	1,951	0,071	1,859	2,066	0,207
1000	0,999	2,575	0,101	2,343	2,866	0,523



Şekil 4.26. 1. Bölge YDL indisi için %90 hata sınırıyla büyüme eğrisi

Çizelge 4.31. YDL indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GEV)

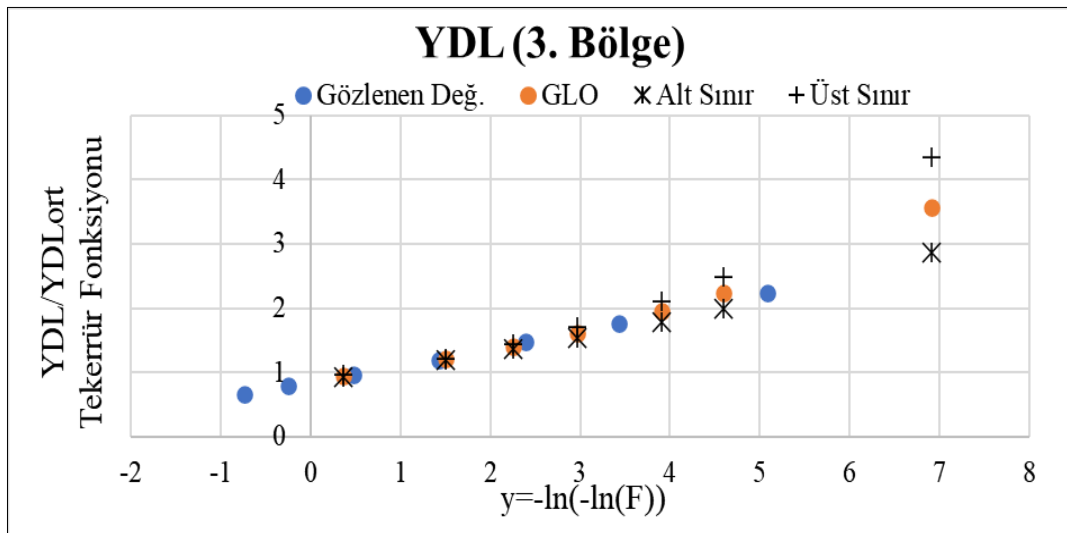
YDL (2. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,943	0,009	0,931	0,956	0,025
5	0,8	1,209	0,014	1,193	1,220	0,027
10	0,9	1,391	0,025	1,362	1,421	0,059
20	0,95	1,572	0,035	1,519	1,627	0,108
50	0,98	1,815	0,048	1,712	1,915	0,203
100	0,99	2,003	0,058	1,860	2,145	0,285
1000	0,999	2,665	0,096	2,342	3,031	0,689



Şekil 4.27. 2. Bölge YDL indisi için %90 hata sınıрыyla büyüme eğrisi

Çizelge 4.32. YDL indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GLO)

YDL (3. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,938	0,017	0,918	0,961	0,043
5	0,8	1,206	0,021	1,190	1,221	0,031
10	0,9	1,404	0,036	1,368	1,444	0,076
20	0,95	1,620	0,053	1,544	1,700	0,156
50	0,98	1,948	0,076	1,790	2,104	0,314
100	0,99	2,239	0,095	1,997	2,477	0,480
1000	0,999	3,571	0,167	2,857	4,342	1,485



Şekil 4.28. 3. Bölge YDL indisi için %90 hata sınıрыyla büyüme eğrisi

Son olarak homojen bölgeye en iyi uyan dağılımın tekerrür fonksiyonu değeri, bölgesel ağırlıklı YDL ortalamasıyla çarpılıp belirlenen tekerrür periyoduna karşılık gelen YDL değerleri hesaplanmıştır ve hesaplanan değerler Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. YDL indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (gün)

İndis	Bölge	Tekerrür Periyotları, Yıl						
		2	5	10	20	50	100	1000
YDL (Gün)	1.Bölge	8	10	11	13	14	16	21
	2.Bölge	7	9	10	11	13	14	19
	3.Bölge	8	10	12	13	16	19	30

4.1.4. UYDM İndisi için Bölgesel Frekans Analizi

UYDM indisi için istasyonların L-moment oranları elde edilmiştir. Diğer ekstrem indisler gibi 3 bölge için uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda:

- 1. Bölge’de Bursa istasyonu $D_i = 3,07$ değeriyle uyumsuz çıkmıştır. Heterojenlik testine göre bölge $H_1 = 1,36$ değeri ile muhtemelen heterojen çıkmıştır. $H_2 = -0,82$ ve $H_3 = -0,66$ değerlerine göre ise muhtemelen homojen olarak bulunmuştur. Fakat Hosking ve Wallis (1993), H_1 ’in homojen ve heterojen bölgelerin ayrımında daha güçlü olduğunu öne sürmüşlerdir. Bundan dolayı V_1 ’e dayalı H_1 istatistiği, heterojenlik ölçüsünü hesaplamada tavsiye edilmektedir (Seçkin ve Topçu, 2016). Buna dayanarak bölge heterojen kabul edilmiştir. Coğrafi yakınlık nedeniyle Bursa istasyonu 2. Bölge’ye taşınmıştır.
- 2. Bölge bütün olarak değerlendirildiğinde kritik D_i değerine göre bölgede uyumsuz istasyon bulunmamaktadır. Heterojenlik testine göre ($H_1 = 0,12$, $H_2 = -0,55$ ve $H_3 = -0,32$) bölge homojen çıkmıştır.
- 3. Bölge’de ise hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Fakat heterojenlik ölçüleri $H_1 = 0,93$, $H_2 = 2,73$ ve $H_3 = 2,11$ değerleriyle bölge kesinlikle heterojendir. Marmaris istasyonu çalışma alanından çıkarılmıştır.

Bu değişikliklerden sonra testler tekrarlanmıştır. Sonuç olarak,

- 1. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = -0,04$, $H_2 = -1,42$ ve $H_3 = -0,99$ değerleriyle bölge homojendir.
- 2. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik testine göre ($H_1 = 0,81$, $H_2 = -0,31$ ve $H_3 = -0,13$) bölge homojendir.
- 3. Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. $H_1 = 0,52$ değerine göre bölge homojen, $H_2 = 1,84$ ve $H_3 = 1,32$ değerlerine göre bölge muhtemelen heterojendir. Dolayısıyla bölge homojen kabul edilmiştir.

Bu değişikliklerden sonra UYDM indisi için homojen bölgeler oluşturulmuştur. Son durumdaki L-moment oranları, uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüleri sonuçları Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35’de verilmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için dağılımların uygunluk ölçüsü sonuçları Çizelge 4.36’de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre, 1. Bölge’ye GEV ve GNO, 2. Bölge’ye GEV ve GNO ve 3. Bölge’ye ise GEV, GNO ve PE3 dağılımları uygun bulunmuştur. $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonucuna göre uygun olan tüm dağılımlar ve ek olarak Wakeby dağılımı için parametre tahminleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.37). L-Cs ve L-Ck ilişkisini gösteren L-Moment oranı diyagramları Şekil 4.29 ve Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Bu parametrelere göre üç bölge için de ayrı ayrı farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımlarının tekerrür fonksiyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.38, Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40). Tekerrür fonksiyonlarının büyüme eğrisi grafikleri oluşturulmuştur ve gözlenmiş değerlerle kıyaslanmıştır (Şekil 4.32 Şekil 4.33 ve Şekil 4.34).

$Z^{\text{Dağılım}}$ istatistiği testi ve L-Moment oranı diyagramları sonucunda, UYDM indisi için en uygun dağılımlar 1. Bölge için GNO, 2. Bölge için GEV ve 3. Bölge için GNO dağılımlarıdır. En uygun dağılımlara göre elde edilen RMSE değerleri ve hata sınırları Çizelge 4.41, Çizelge 4.42, Çizelge 4.43’de verilmiştir. RMSE değerleri yaklaşık olarak %10’un altında çıkmıştır. Ayrıca diğer indisler gibi tüm homojen bölgeler için tekerrür periyotları arttıkça ortalama hata değerleri yükseliş eğilimindedir. Çizelgeler yardımıyla tahmin edilen büyüme eğrileri, % 90 hata sınırları ile birlikte üç homojen bölge için ayrı ayrı grafik üzerinde Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de gösterilmiştir.

Cizelge 4.34. UYDM indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

Bölge	İstasyon Adı	UYDMort (mm)	t (L-Cv)	t ₃ (L-Cs)	t ₄ (L-Ck)	t ₅	D _i
1.Bölge	Afyon	52,01	0,2008	0,2390	0,1083	0,0569	1,06
	Antalya	234,76	0,2514	0,1683	0,1346	0,0387	1,88
	Bandırma	104,67	0,2233	0,3185	0,2210	0,0613	1,32
	Burdur	57,87	0,2106	0,3146	0,2810	0,1166	1,84
	Denizli	81,03	0,2224	0,2321	0,1882	0,0794	0,16
	Dinar	54,83	0,2035	0,2227	0,1042	0,0405	0,72
	Dursunbey	68,63	0,2003	0,2558	0,1437	0,0556	0,66
	Eğirdir	133,88	0,2262	0,2669	0,2652	0,1488	1,48
	Elmalı	79,92	0,2296	0,1873	0,0866	-0,0018	1,07
	Güney	74,54	0,2056	0,2415	0,1453	0,0312	0,26
	Isparta	79,07	0,2486	0,2579	0,1671	0,0958	1,07
	Keles	97,44	0,2053	0,1829	0,1056	0,0157	0,49
	Korkuteli	60,91	0,2563	0,2597	0,2308	0,0680	1,31
	Kütahya	72,93	0,2046	0,2100	0,1522	0,0800	0,23
	Simav	133,91	0,2486	0,2540	0,1911	0,0957	0,74
	Tavşanlı	57,83	0,1864	0,2585	0,1860	0,0959	0,95
	Tefenni	61,30	0,1959	0,1734	0,1352	0,0004	1,10
	Uşak	66,43	0,1907	0,1579	0,1247	0,0417	1,66
2.Bölge	Akhisar	89,00	0,2095	0,2167	0,1846	0,1286	0,16
	Aydın	89,23	0,1728	0,1531	0,1169	0,0396	0,58
	Ayvalık	116,76	0,2215	0,2056	0,2131	0,0573	0,90
	Bergama	104,78	0,1867	0,0992	0,1570	0,0910	1,18
	Bozcaada	85,95	0,2133	0,2606	0,2169	0,0993	0,60
	Çanakkale	96,93	0,2030	0,2036	0,1458	-0,0060	0,18
	Çeşme	107,85	0,2533	0,3061	0,1815	0,0084	2,72
	Dikili	103,63	0,2067	0,2440	0,2453	0,1037	0,85
	Edremit	115,24	0,1829	0,2082	0,2226	0,1158	0,72
	İzmir	116,86	0,1904	0,1263	0,1126	0,0555	0,53
	Kuşadası	108,10	0,1863	0,1124	0,0628	-0,0123	1,40
	Manisa	116,29	0,2029	0,2300	0,1682	0,0454	0,26
	Nazilli	86,71	0,1909	0,1238	0,2363	0,1168	2,61
	Ödemiş	90,31	0,2078	0,1279	0,0927	0,0389	1,30
	Salihli	68,90	0,1659	0,2222	0,1989	0,1229	1,58
	Selçuk	115,08	0,1899	0,1830	0,1203	0,0908	0,39
	Sultanhisar	91,06	0,1789	0,2228	0,1634	0,0727	0,86
	Bursa	89,87	0,1541	0,1216	0,1296	0,0734	1,19
3.Bölge	Bodrum	126,52	0,2220	0,1481	0,1034	0,1094	0,59
	Dalaman	172,03	0,1921	0,0697	0,0376	-0,0145	1,84
	Datça	119,22	0,2118	0,0752	0,0953	0,0226	0,76
	Fethiye	148,60	0,1999	0,0751	0,1601	0,0401	1,94
	Finike	177,96	0,2395	0,2806	0,1822	0,1023	1,34
	Kaş	142,82	0,2140	0,3040	0,2135	0,0739	0,98
	Köyceğiz	183,88	0,1807	0,2050	0,1581	0,0036	0,68
	Milas	111,68	0,1985	0,2407	0,1667	0,0324	0,42
	Muğla	201,00	0,1933	0,1420	0,1310	0,1097	0,07
	Yatağan	101,03	0,1629	0,1322	0,1681	-0,0004	1,39

Çizelge 4.35. UYDM indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları

Bölge	Heterojenlik Ölçüleri (H)		
	H ₁	H ₂	H ₃
1.Bölge	-0,04	-1,42	-0,99
2.Bölge	0,81	-0,31	-0,13
3.Bölge	0,52	1,84*	1,32*

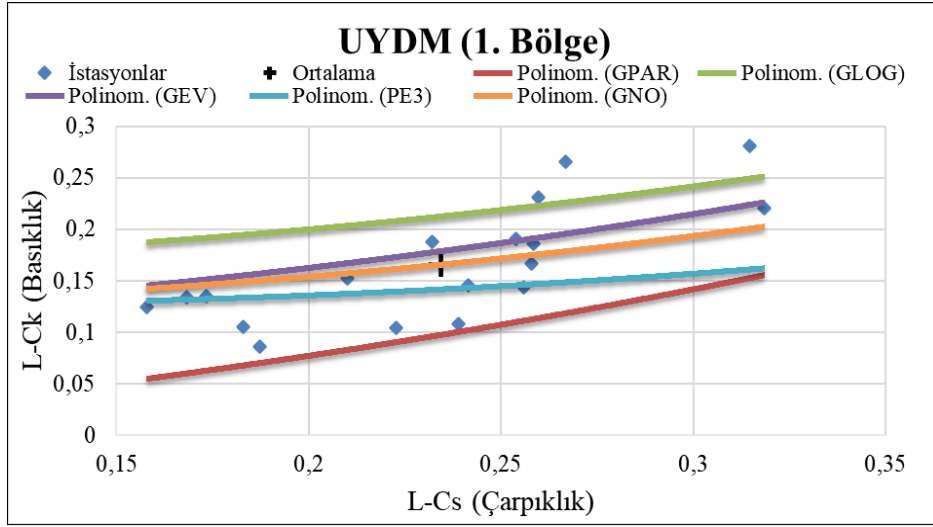
Çizelge 4.36. UYDM indisi için uygunluk ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$) sonuçları

Bölge	Uygunluk Ölçüsü ($Z^{\text{Dağılım}}$)				
	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
1.Bölge	3,16	0,82*	-0,10*[#]	-1,81	-4,91
2.Bölge	2,20	-0,67*[#]	-1,20*	-2,39	-7,21
3.Bölge	3,15	0,44*	0,16*[#]	-0,66*	-5,52

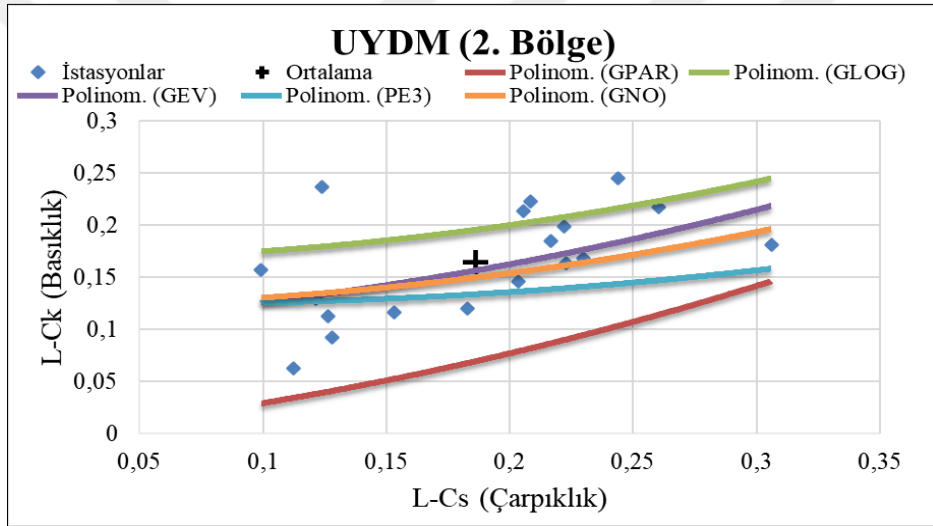
* Uygun dağılım, [#] En uygun dağılım

Çizelge 4.37. UYDM indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri

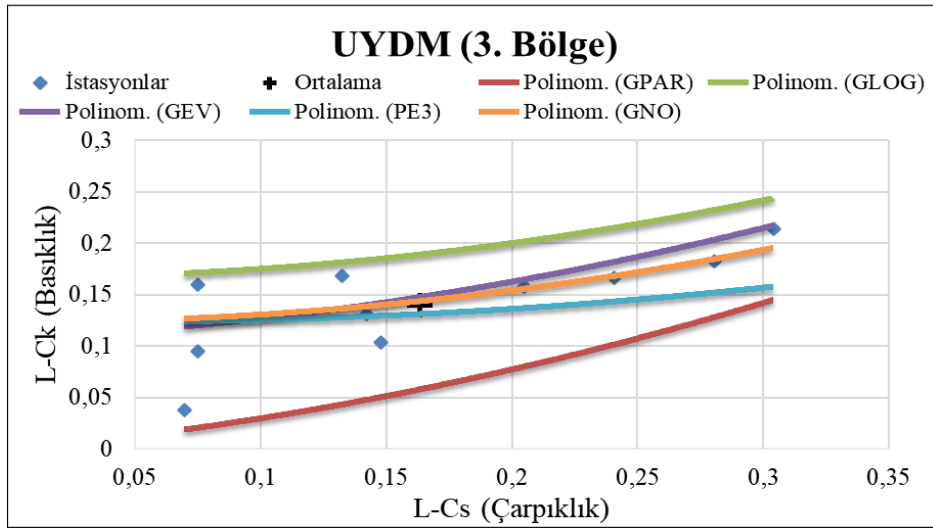
Bölge	Dağılım	Bölgesel Parametreler				
1.Bölge	GEV	$\xi = 0,8058$	$\alpha = 0,284$	$k = -0,0979$		
	GNO	$\xi = 0,9100$	$\alpha = 0,3491$	$k = -0,4860$		
	WAK	$\xi = 0,3850$	$\alpha = 2,3789$	$\beta = 11,0216$	$\gamma = 0,4435$	$\delta = -0,0634$
2.Bölge	GEV	$\xi = 0,8342$	$\alpha = 0,2752$	$k = -0,0250$		
	GNO	$\xi = 0,9351$	$\alpha = 0,3256$	$k = -0,3841$		
	WAK	$\xi = 0,4266$	$\alpha = 1,6566$	$\beta = 6,0712$	$\gamma = 0,3524$	$\delta = -0,0391$
3.Bölge	GEV	$\xi = 0,8326$	$\alpha = 0,2951$	$k = 0,0102$		
	GNO	$\xi = 0,9407$	$\alpha = 0,3426$	$k = -0,3365$		
	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,3704$	$\gamma = 0,9923$		
	WAK	$\xi = 0,4033$	$\alpha = 1,5852$	$\beta = 6,0573$	$\gamma = 0,4199$	$\delta = -0,1287$



Şekil 4.29. UYDM için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı



Şekil 4.30. UYDM için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

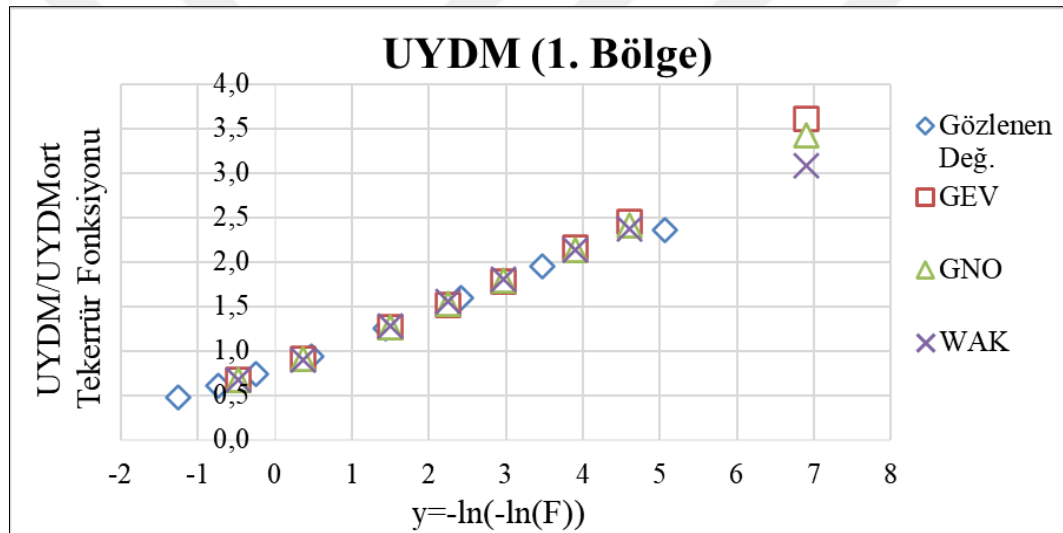


Şekil 4.31. UYDM için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

Çizelge 4.38. UYDM indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (UYDM/UYDMort) değerleri

UYDM (1. Bölge)							
y	T	F	GEV	GNO	WAK	Gözlenen Değerler	
						y	UYDM/UYDMort
-0,476	1,250	0,2	0,674	0,669	0,681	-1,256	0,474
0,367	2	0,5	0,912	0,910	0,902	-0,731	0,608
1,500	5	0,8	1,265	1,273	1,279	-0,241	0,739
2,250	10	0,9	1,521	1,531	1,551	0,472	0,938
2,970	20	0,95	1,785	1,789	1,811	1,433	1,257
3,902	50	0,98	2,155	2,140	2,138	2,424	1,602
4,600	100	0,99	2,456	2,416	2,372	3,467	1,951
6,907	1000	0,999	3,609	3,417	3,082	5,057	2,362

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

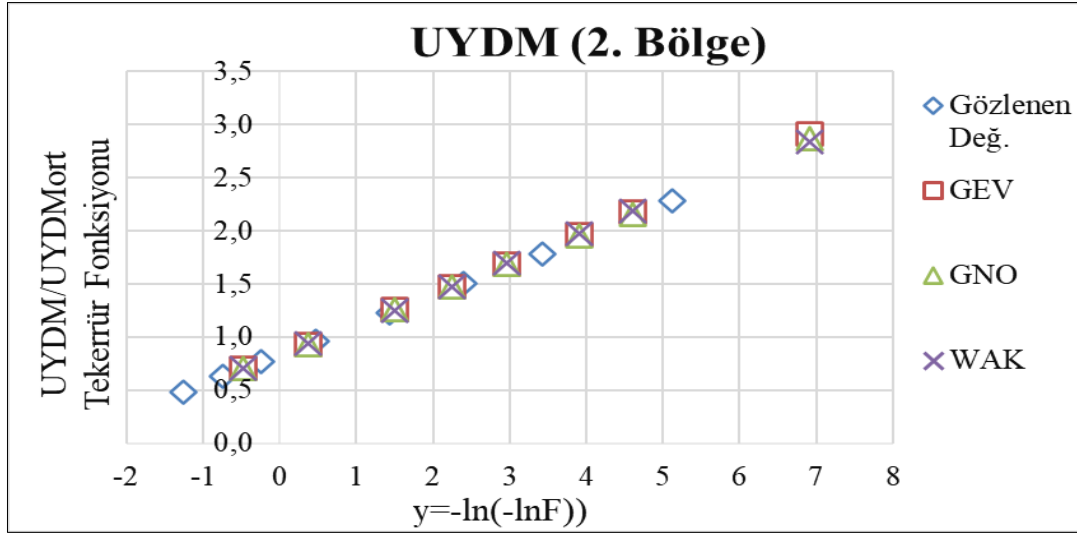


Şekil 4.32. UYDM için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.39. UYDM indisi 2. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (UYDM/UYDMort) değerleri

UYDM (2. Bölge)							
y	T	F	GEV	GNO	WAK	Gözlenen Değerler	
						y	UYDM/UYDMort
-0,476	1,250	0,2	0,704	0,701	0,707	-1,264	0,487
0,367	2	0,5	0,935	0,935	0,936	-0,738	0,633
1,500	5	0,8	1,255	1,259	1,249	-0,243	0,773
2,250	10	0,9	1,471	1,474	1,475	0,471	0,962
2,970	20	0,95	1,683	1,682	1,696	1,434	1,231
3,902	50	0,98	1,962	1,953	1,978	2,405	1,505
4,600	100	0,99	2,176	2,159	2,185	3,435	1,777
6,907	1000	0,999	2,909	2,865	2,833	5,114	2,282

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

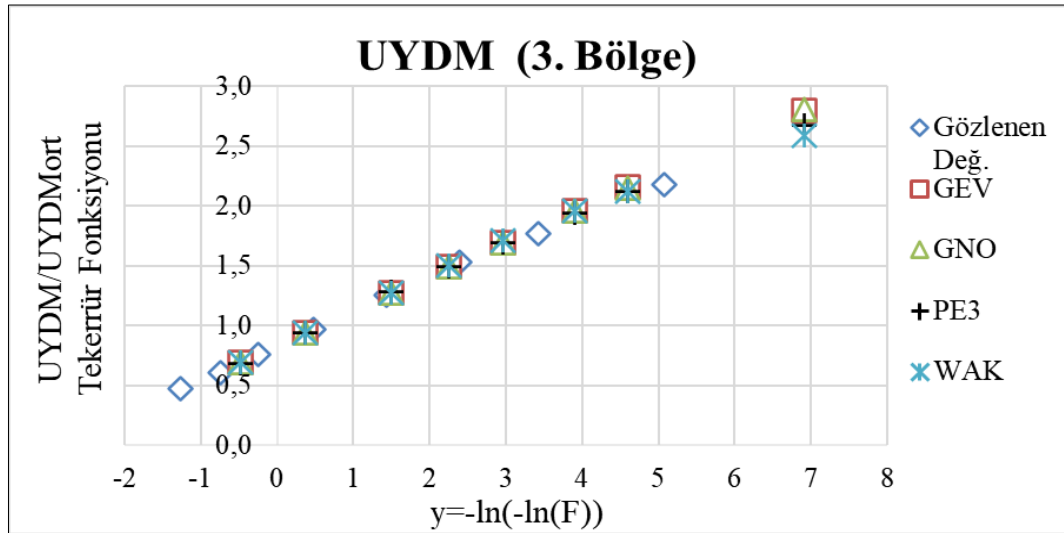


Şekil 4.33. UYDM için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.40. UYDM indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (UYDM/UYDMort) değerleri

UYDM (3. Bölge)								
y	T	F	GEV	GNO	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
							y	UYDM/UYDMort
-0,476	1,250	0,2	0,692	0,690	0,684	0,690	-1,262	0,476
0,367	2	0,5	0,941	0,941	0,940	0,940	-0,736	0,604
1,500	5	0,8	1,272	1,274	1,281	1,275	-0,248	0,761
2,250	10	0,9	1,489	1,490	1,496	1,502	0,472	0,970
2,970	20	0,95	1,696	1,693	1,695	1,709	1,435	1,253
3,902	50	0,98	1,961	1,955	1,940	1,956	2,385	1,527
4,600	100	0,99	2,159	2,150	2,118	2,124	3,419	1,764
6,907	1000	0,999	2,801	2,803	2,674	2,587	5,071	2,176

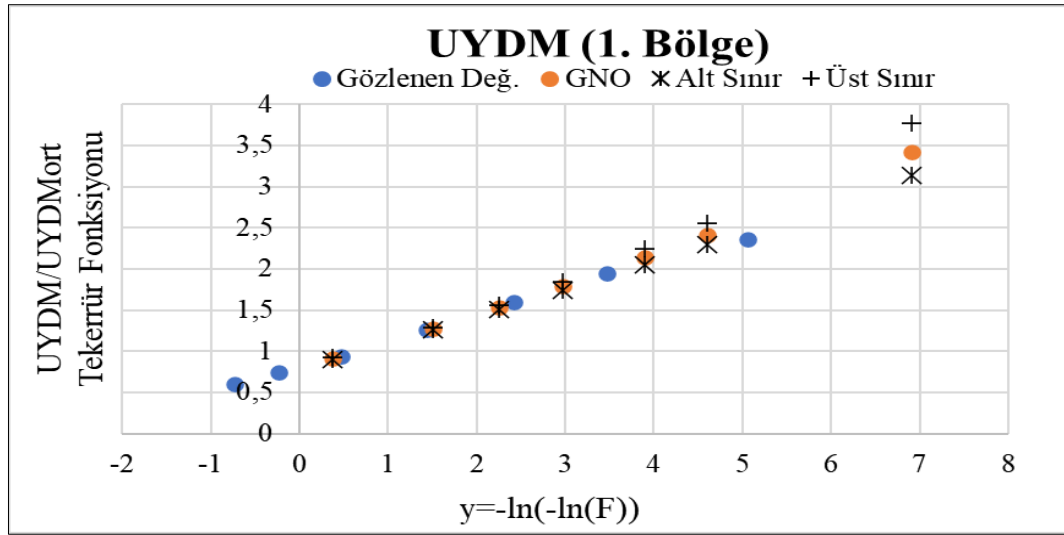
y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı



Şekil 4.34. UYDM için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.41. UYDM indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO)

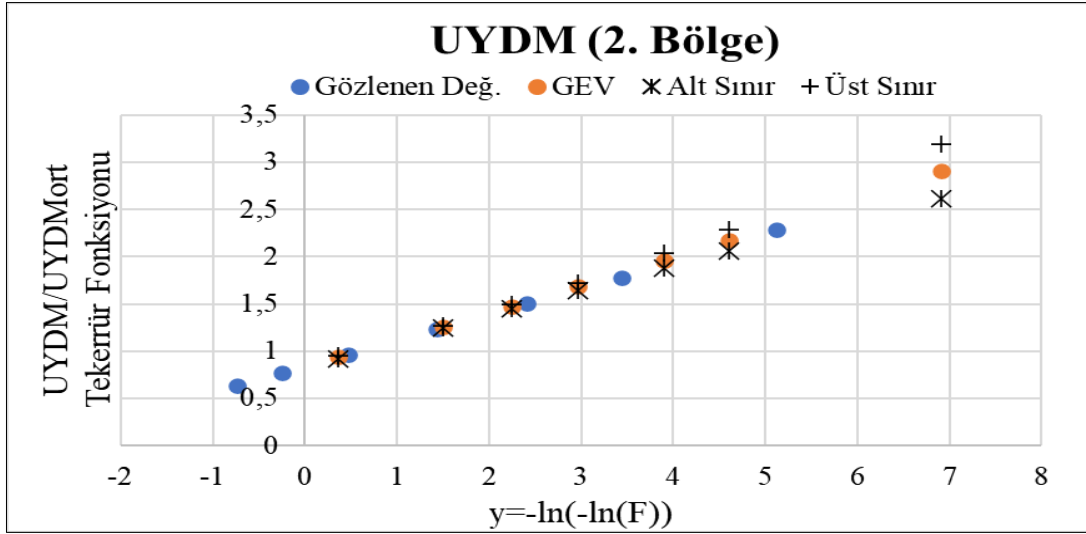
UYDM (1. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,910	0,013	0,894	0,923	0,029
5	0,8	1,273	0,019	1,261	1,284	0,023
10	0,9	1,531	0,031	1,503	1,560	0,057
20	0,95	1,789	0,042	1,738	1,844	0,106
50	0,98	2,140	0,054	2,050	2,242	0,192
100	0,99	2,416	0,062	2,290	2,560	0,270
1000	0,999	3,416	0,085	3,137	3,771	0,634



Şekil 4.35. 1. Bölge UYDM indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi

Çizelge 4.42. UYDM indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GEV)

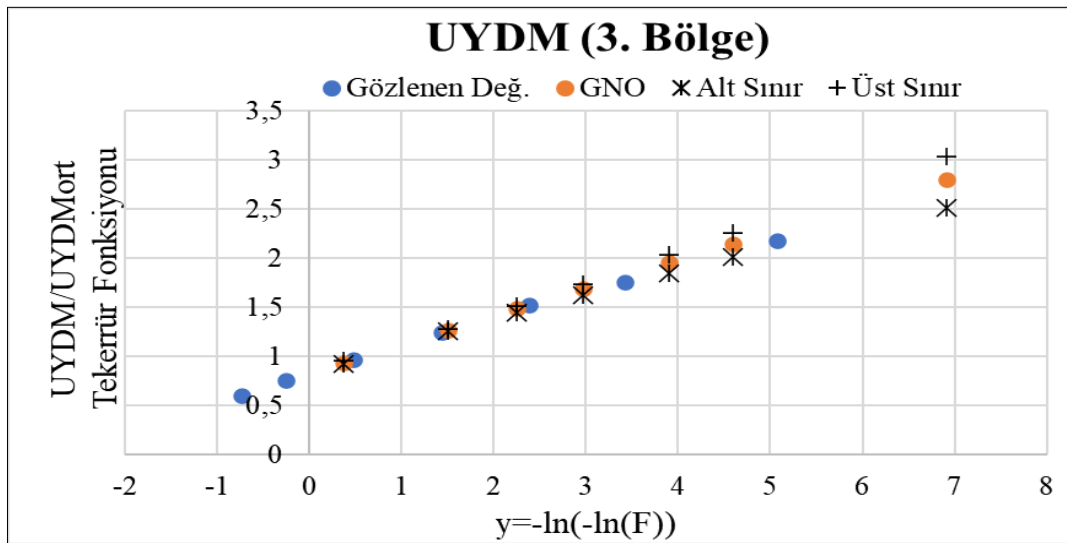
UYDM (2. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,936	0,012	0,923	0,946	0,023
5	0,8	1,255	0,027	1,242	1,265	0,023
10	0,9	1,471	0,043	1,447	1,494	0,047
20	0,95	1,683	0,055	1,638	1,724	0,086
50	0,98	1,962	0,070	1,880	2,038	0,158
100	0,99	2,176	0,080	2,057	2,287	0,230
1000	0,999	2,909	0,109	2,619	3,197	0,578



Şekil 4.36. 2. Bölge UYDM indisi için %90 hata sınırlarıyla bölgesel büyüme eğrisi

Çizelge 4.43. UYDM indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO)

UYDM (3. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,941	0,011	0,927	0,957	0,030
5	0,8	1,274	0,022	1,257	1,286	0,029
10	0,9	1,490	0,035	1,452	1,516	0,064
20	0,95	1,694	0,046	1,630	1,741	0,111
50	0,98	1,955	0,058	1,853	2,035	0,182
100	0,99	2,150	0,066	2,010	2,260	0,250
1000	0,999	2,803	0,089	2,516	3,035	0,519



Şekil 4.37. 3. Bölge UYDM indisi için %90 hata sınırlarıyla bölgesel büyüme eğrisi.

Son olarak homojen bölgeye en iyi uyan dağılımın tekerrür fonksiyonu değeri, bölgesel ağırlıklı UYDM ortalamasıyla çarpılıp belirlenen tekerrür periyoduna karşılık gelen UYDM değerleri hesaplanmıştır ve Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. UYDM için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (mm)

İndis	Bölge	Tekerrür Periyotları, Yıl						
		2	5	10	20	50	100	1000
UYDM (mm)	1.Bölge	79	111	134	156	187	211	298
	2.Bölge	94	126	147	168	196	218	291
	3.Bölge	142	192	224	255	294	323	422

4.1.5. EYDM95 İndisi için Bölgesel Frekans Analizi

Bu indis için L-moment oranları elde edildikten sonra 3 bölge için uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda:

- 1. Bölge'de Antalya istasyonu $D_1=3,04$ değeri ile uyumsuz çıkmıştır. Heterojenlik testine göre bölge $H_1= 3,08$ değeri ile kesinlikle heterojen çıkmıştır. $H_2= -0,15$ ve $H_3= -1,00$ değerlerine göre ise kesinlikle homojendir. Bu yüzden bölge heterojen kabul edilmiştir. Korkuteli ve Antalya istasyonları bölgeden çıkarılmıştır ve 3. Bölge'ye taşınmıştır.
- 2. Bölge'de uyumsuz istasyon bulunmamaktadır. Heterojenlik testine göre $H_1= 1,33$ değeriyle muhtemelen heterojen, $H_2= -0,86$ ve $H_3= -1,32$ değerleriyle bölge homojendir. Dolayısıyla bölge heterojen kabul edilmiştir. Salihli istasyonu bölgeden çıkarılmıştır.
- 3. Bölge'de ise hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik testine göre $H_1= 2,33$ değeriyle kesinlikle heterojen, $H_2= 0,8$ ve $H_3= 0,26$ değerleriyle bölge homojendir. Dolayısıyla bölge heterojen kabul edilmiştir. Datça ve Yatağan istasyonları bölgeden çıkarılmıştır. Yatağan istasyonu 2. Bölge'ye taşınmıştır.

Bu değişikliklerden sonra testler tekrar edilmiştir. Sonuç olarak,

- 1.Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = 0,85$, $H_2 = -0,26$ ve $H_3 = -0,76$ değerleriyle bölge homojendir.
- 2.Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçüleri $H_1 = 0,59$, $H_2 = 0,94$ ve $H_3 = -1,35$ değerleriyle bölge homojendir.
- 3.Bölge’de hiçbir istasyon uyumsuz çıkmamıştır. Heterojenlik ölçülerine göre $H_1 = 0,92$, $H_2 = 0,81$ ve $H_3 = 0,36$ değerleriyle bölge homojen kabul edilmiştir.

Son durumdaki L-moment oranları, uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüleri sonuçları Çizelge 4.45. ve Çizelge 4.46’de verilmiştir. Oluşturulan homojen bölgeler için dağılımların uygunluk ölçüsü testi sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Uygunluk ölçüsü test sonuçlarına göre, üç bölge için de GEV, GNO ve PE3 dağılımları uygun bulunmuştur. L-Moment oranı diyagramları gösterilmiştir (Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40). Z testi sonucuna göre uygun olan tüm dağılımlar ve ek olarak Wakeby dağılımı için parametre tahminleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.48). Bu parametrelere göre 3 bölge için de farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımlarının tekerrür fonksiyon değerleri hesaplanmıştır ve bu değerler Çizelge 4.49, Çizelge 4.50 ve Çizelge 4.51’de verilmiştir. Tekerrür fonksiyonlarının büyüme eğrisi grafikleri oluşturulmuştur ve gözlenmiş değerlerle kıyaslanmıştır. Bu grafikler Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43’de gösterilmiştir.

EYDM95 indisi için 1. Bölge ve 2. Bölge için en uygun dağılım, en küçük mutlak $Z^{\text{Dağılım}}$ değerine sahip olan GNO, 3. bölge için ise PE3 dağılımlarıdır. Bu bölgelere ait en uygun dağılıma göre RMSE değerleri ve hata sınırları Çizelge 4.52, Çizelge 4.53 ve Çizelge 4.54’de verilmiştir. RMSE değerleri, %10’un altında ve tekerrür periyotları arttıkça yükseliş eğilimindedir. Çizelgeler yardımıyla tahmin edilen büyüme eğrileri, % 90 hata sınırları ile birlikte üç homojen bölge için ayrı ayrı grafik üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.44, Şekil 4.45 ve Şekil 4.46).

Çizelge 4.45. EYDM95 indisi için L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüleri

Bölge	İstasyon Adı	EYDM95ort (mm)	t (L-Cv)	t ₃ (L-Cs)	t ₄ (L-Ck)	t ₅	D _i
1.Bölge	Afyon	105,17	0,1748	0,1275	0,0905	0,0092	0,65
	Bandırma	190,17	0,1966	0,2680	0,1697	0,0229	1,38
	Burdur	102,81	0,1780	0,2200	0,2061	0,0682	1,01
	Bursa	162,25	0,1469	0,1238	0,1530	0,0960	1,38
	Denizli	137,93	0,1926	0,1761	0,1594	0,0645	0,33
	Dinar	99,81	0,1712	0,1652	0,1088	0,0424	0,92
	Dursunbey	130,90	0,1850	0,1687	0,1167	0,0552	0,29
	Eğirdir	230,28	0,1967	0,2220	0,2099	0,1143	1,49
	Elmalı	135,16	0,1971	0,1670	0,1487	0,0949	0,42
	Güney	129,52	0,1860	0,2780	0,1833	0,0688	1,78
	Isparta	141,23	0,2045	0,1572	0,1409	0,1003	0,89
	Keles	191,98	0,1688	0,1292	0,1417	-0,0085	0,39
	Kütahya	146,24	0,1913	0,1348	0,1119	0,0691	0,31
	Simav	230,63	0,2266	0,1830	0,0971	0,0178	2,37
	Tavşanlı	106,73	0,1604	0,1828	0,1676	0,0020	0,75
	Tefenni	110,39	0,1743	0,0767	0,1008	0,0143	0,94
	Uşak	119,77	0,1564	0,0555	0,0633	0,0213	1,68
2.Bölge	Akhisar	148,66	0,1940	0,1730	0,1613	0,0846	0,39
	Aydın	154,63	0,1681	0,0893	0,1190	0,0172	0,52
	Ayvalık	189,79	0,2021	0,1268	0,1579	0,0297	0,34
	Bergama	179,02	0,1641	-0,0034	0,1018	0,0069	2,31
	Bozcaada	135,56	0,1992	0,1207	0,1402	0,0277	0,14
	Çanakkale	163,82	0,1853	0,1612	0,1580	0,0151	0,30
	Çeşme	164,31	0,2323	0,1785	0,1648	0,0240	1,94
	Dikili	168,60	0,1787	0,0803	0,1876	0,0807	1,19
	Edremit	192,34	0,1639	0,1940	0,2017	0,0756	2,05
	İzmir	190,15	0,1951	0,0916	0,0791	0,0309	0,96
	Kuşadası	167,44	0,2141	0,1325	0,1129	-0,0085	0,69
	Manisa	198,71	0,1836	0,1834	0,1523	0,0259	0,80
	Nazilli	144,59	0,1929	0,0832	0,1928	0,0745	1,75
	Ödemiş	153,92	0,2077	0,1414	0,0667	0,0693	1,84
	Selçuk	189,67	0,1841	0,1275	0,1556	0,0049	0,05
	Sultanhisar	147,03	0,1775	0,0934	0,1096	0,0523	0,39
	Yatağan	176,67	0,1475	0,0986	0,1560	0,0591	1,36
3.Bölge	Bodrum	188,70	0,2423	0,1288	0,0896	0,0267	1,11
	Dalaman	268,39	0,1988	-0,0088	0,0961	0,0342	1,52
	Fethiye	237,16	0,2012	-0,0010	0,0752	0,0636	0,98
	Finike	285,56	0,2238	0,2007	0,1847	0,0424	1,02
	Kaş	218,02	0,2079	0,1352	0,1218	0,0173	0,41
	Köyceğiz	309,28	0,1907	0,1328	0,1719	0,0229	0,90
	Marmaris	348,89	0,1935	0,0604	0,0802	0,0213	0,85
	Milas	178,69	0,2065	0,0999	0,1541	0,0136	0,55
	Muğla	347,03	0,1909	0,1066	0,0993	0,0647	1,28
	Antalya	375,45	0,2586	0,1165	0,0978	0,0231	1,77
	Korkuteli	103,25	0,2216	0,1629	0,1709	0,0491	0,61

Çizelge 4.46. EYDM95 indisi için heterojenlik ölçüsü (H) sonuçları

Bölge	Heterojenlik Ölçüleri (H)		
	H ₁	H ₂	H ₃
1.Bölge	0,85	-0,26	-0,76
2.Bölge	0,59	-0,94	-1,35
3.Bölge	0,92	0,81	0,36

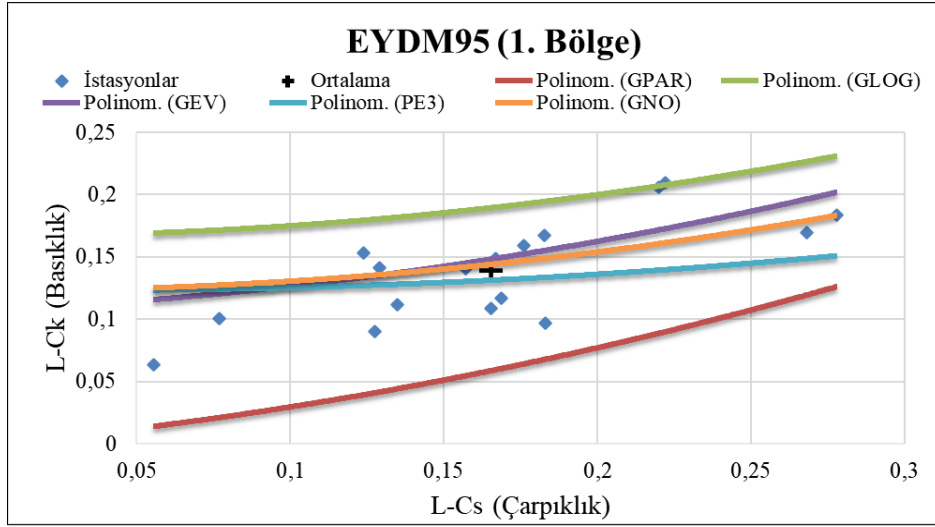
Çizelge 4.47. EYDM95 indisi için uygunluk ölçüsü (Z^{Dağılım}) sonuçları

Bölge	Uygunluk Ölçüsü (Z ^{Dağılım})				
	GLO	GEV	GNO	PE3	GPA
1.Bölge	4,37	0,85*	0,46*#	-0,64*	-6,93
2.Bölge	3,16	-0,75*	-0,69*#	1,32*	-8,91
3.Bölge	4,43	0,67*	0,95*	0,57*#	-6,95

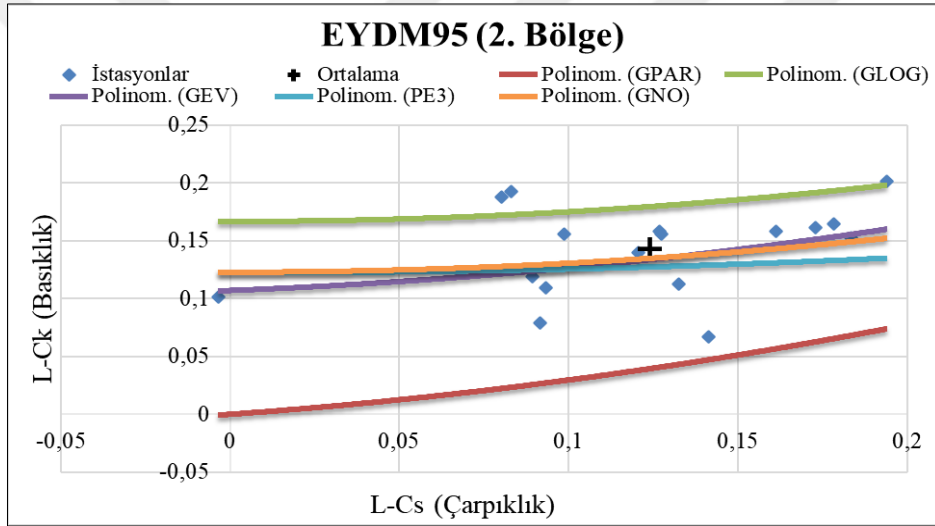
* Uygun dağılım, # En uygun dağılım

Çizelge 4.48. EYDM95 indisi için dağılımlara ait parametre tahminleri

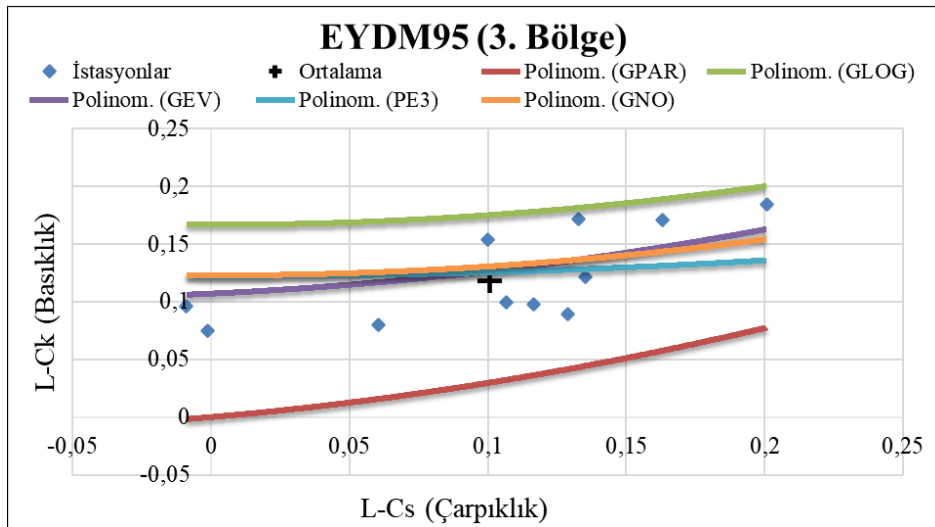
Bölge	Dağılım	Bölgesel Parametreler				
1.Bölge	GEV	$\xi = 0,8486$	$\alpha = 0,2651$	$k = 0,0073$		
	GNO	$\xi = 0,9460$	$\alpha = 0,3083$	$\gamma = -0,3404$		
	PE3	$\mu = 1,000$	$\sigma = 0,3339$	$\gamma = 1,0036$		
	WAK	$\xi = 0,4646$	$\alpha = 1,4172$	$\beta = 6,1896$	$\gamma = 0,3838$	$\delta = -0,1345$
2.Bölge	GEV	$\xi = 0,8258$	$\alpha = 0,2889$	$k = 0,0729$		
	GNO	$\xi = 0,9580$	$\alpha = 0,3244$	$k = -0,2545$		
	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,3392$	$\gamma = 0,7557$		
	WAK	$\xi = 0,3834$	$\alpha = 2,2118$	$\beta = 6,9704$	$\gamma = 0,3930$	$\delta = -0,1590$
3.Bölge	GEV	$\xi = 0,8393$	$\alpha = 0,3366$	$k = 0,1108$		
	GNO	$\xi = 0,9613$	$\alpha = 0,3703$	$k = -0,2065$		
	PE3	$\mu = 1,0000$	$\sigma = 0,3815$	$\gamma = 0,6153$		
	WAK	$\xi = 0,3225$	$\alpha = 1,8927$	$\beta = 5,5153$	$\gamma = 0,4736$	$\delta = -0,2237$



Şekil 4.38. EYDM95 için 1. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı



Şekil 4.39. EYDM95 için 2. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

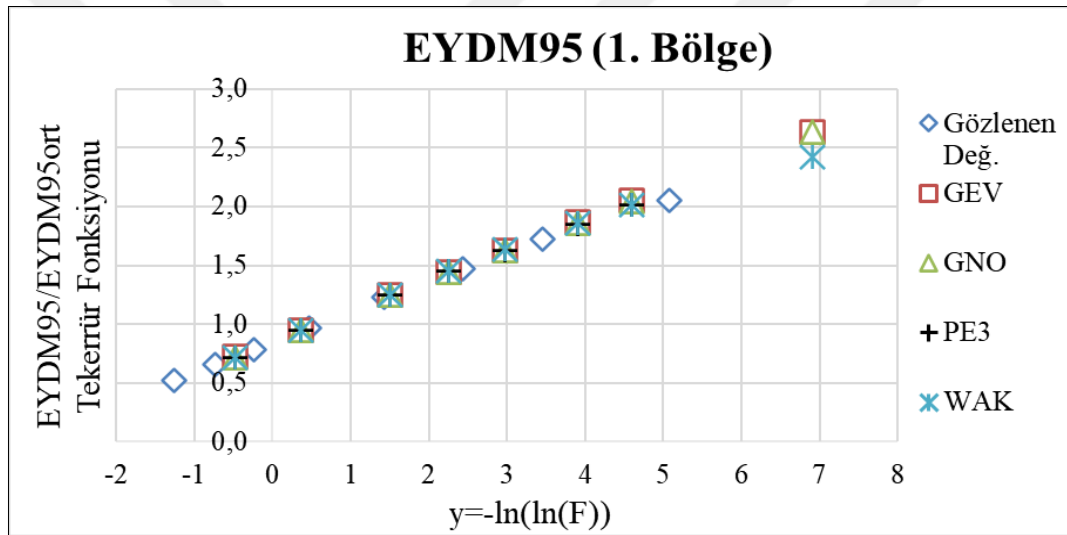


Şekil 4.40. EYDM95 için 3. Bölge'ye ait L-moment oranı diyagramı

Çizelge 4.49. EYDM95 indisi 1. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EYDM95/EYDM95ort) değerleri

EYDM95 (1. Bölge)								
y	T	F	GEV	GNO	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
							y	EYDM95 /EYDM95ort
-0,476	1,250	0,2	0,722	0,720	0,716	0,720	-1,261	0,522
0,367	2	0,5	0,946	0,946	0,945	0,944	-0,733	0,654
1,500	5	0,8	1,244	1,246	1,253	1,249	-0,241	0,782
2,250	10	0,9	1,441	1,441	1,448	1,454	0,471	0,970
2,970	20	0,95	1,628	1,626	1,627	1,640	1,434	1,231
3,902	50	0,98	1,869	1,862	1,849	1,861	2,429	1,475
4,600	100	0,99	2,048	2,040	2,010	2,011	3,463	1,721
6,907	1000	0,999	2,635	2,633	2,515	2,420	5,081	2,053

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

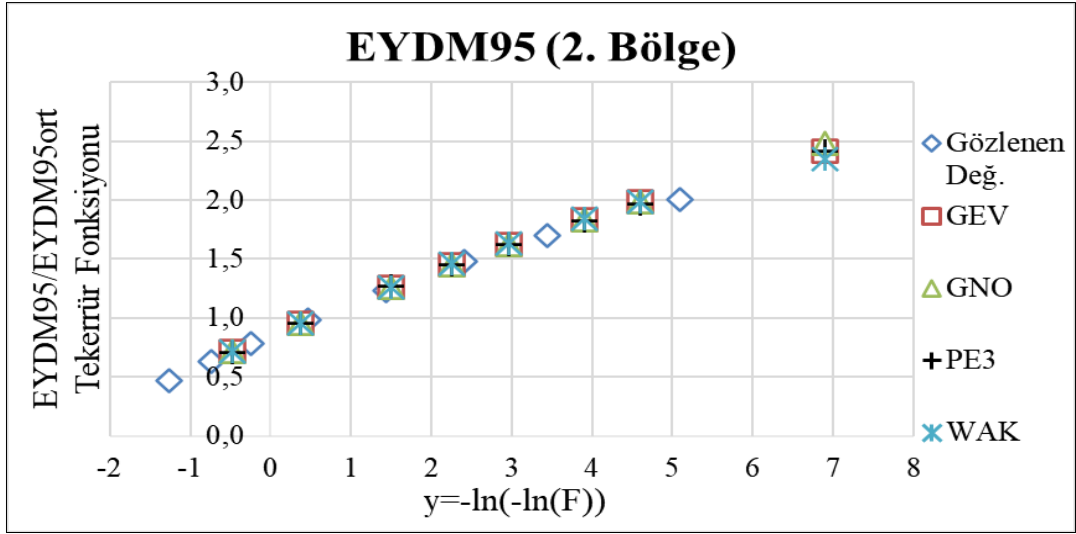


Şekil 4.41. EYDM95 için 1. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.50. EYDM95 indisi 2 .Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EYDM95/EYDM95ort) değerleri

EYDM95 (2. Bölge)								
y	T	F	GEV	GNO	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
							y	EYDM95 /EYDM95ort
-0,476	1,250	0,2	0,713	0,712	0,709	0,720	-1,260	0,466
0,367	2	0,5	0,957	0,958	0,958	0,956	-0,737	0,632
1,500	5	0,8	1,263	1,262	1,266	1,259	-0,242	0,787
2,250	10	0,9	1,452	1,450	1,453	1,459	0,471	0,984
2,970	20	0,95	1,624	1,621	1,621	1,637	1,432	1,236
3,902	50	0,98	1,834	1,833	1,825	1,846	2,408	1,485
4,600	100	0,99	1,982	1,987	1,971	1,984	3,442	1,703
6,907	1000	0,999	2,420	2,482	2,418	2,349	5,096	2,006

y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı

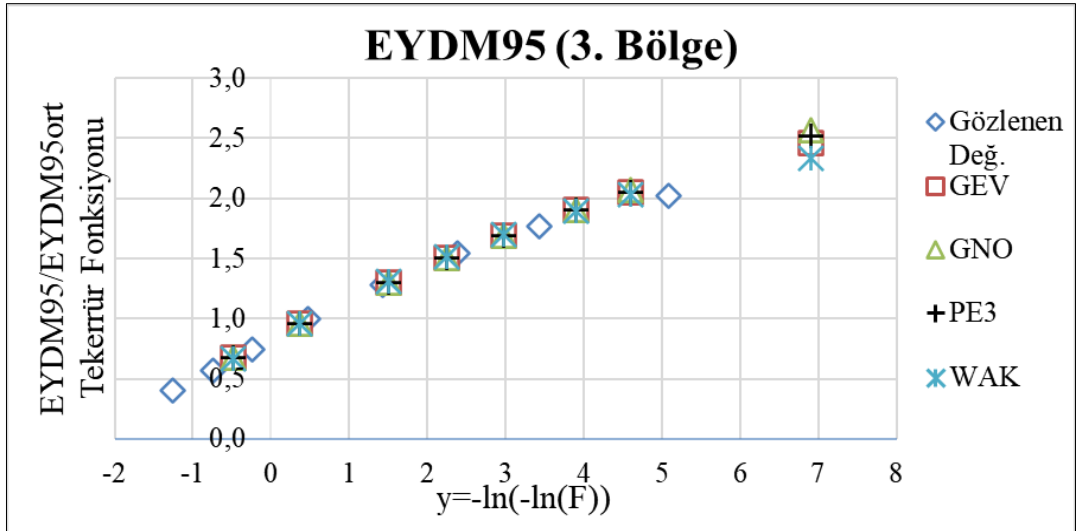


Şekil 4.42. EYDM95 için 2. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.51. EYDM95 indisi 3. Bölge için istasyonların farklı tekerrür periyotlarına karşılık boyutsuz büyüme faktörü (EYDM95/EYDM95ort) değerleri

EYDM95 (3. Bölge)								
y	T	F	GEV	GNO	PE3	WAK	Gözlenen Değerler	
							y	EYDM95 /EYDM95ort
-0,476	1,250	0,2	0,675	0,675	0,673	0,669	-1,256	0,408
0,367	2	0,5	0,960	0,961	0,961	0,962	-0,734	0,572
1,500	5	0,8	1,304	1,302	1,304	1,306	-0,247	0,749
2,250	10	0,9	1,510	1,505	1,507	1,518	0,473	0,994
2,970	20	0,95	1,691	1,687	1,687	1,700	1,431	1,278
3,902	50	0,98	1,906	1,909	1,903	1,900	2,388	1,544
4,600	100	0,99	2,052	2,067	2,055	2,027	3,436	1,769
6,907	1000	0,999	2,464	2,563	2,517	2,331	5,087	2,019

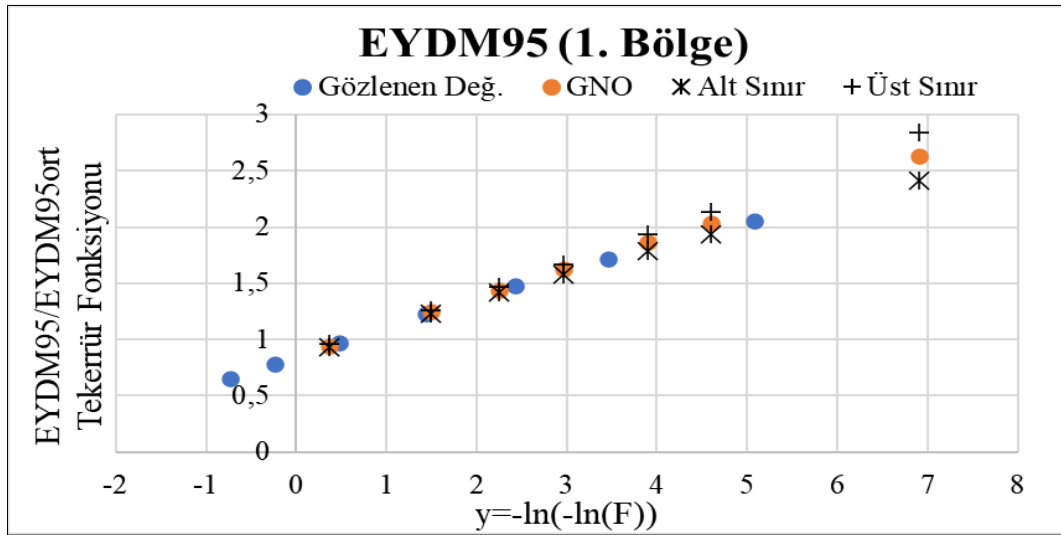
y: Gumbel azalan değerler, T: Tekerrür periyodu, F: Aşılmama olasılığı



Şekil 4.43. EYDM95 için 3. Bölge'ye ait büyüme eğrisi

Çizelge 4.52. EYDM95 indisi 1. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO)

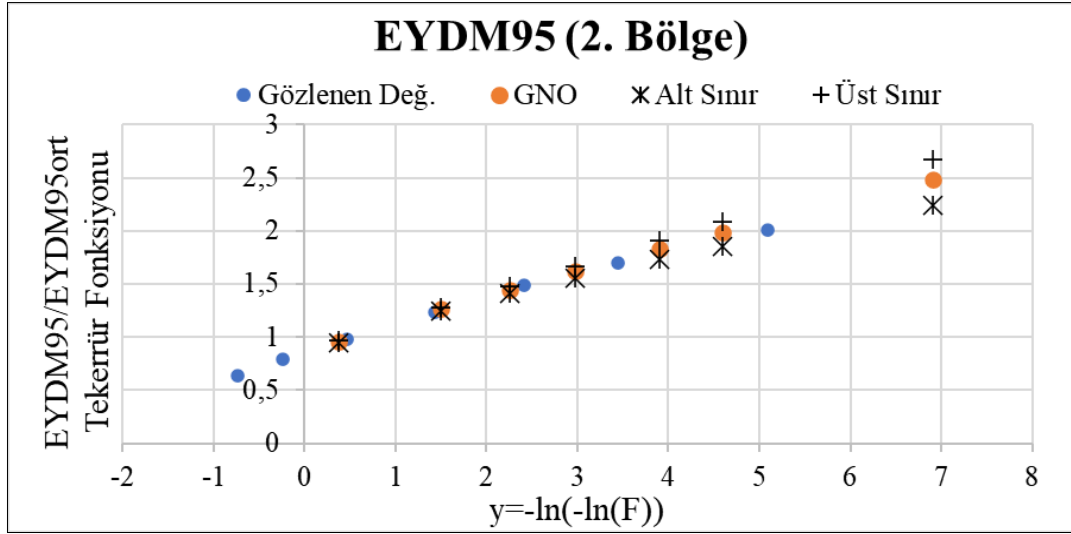
EYDM95 (1. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,946	0,010	0,934	0,958	0,024
5	0,8	1,246	0,023	1,234	1,258	0,024
10	0,9	1,441	0,036	1,415	1,468	0,053
20	0,95	1,626	0,047	1,579	1,670	0,091
50	0,98	1,863	0,059	1,783	1,935	0,152
100	0,99	2,040	0,066	1,931	2,137	0,206
1000	0,999	2,634	0,088	2,413	2,844	0,431



Şekil 4.44. 1. Bölge EYDM95 indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi

Çizelge 4.53. EYDM95 indisi 2. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (GNO)

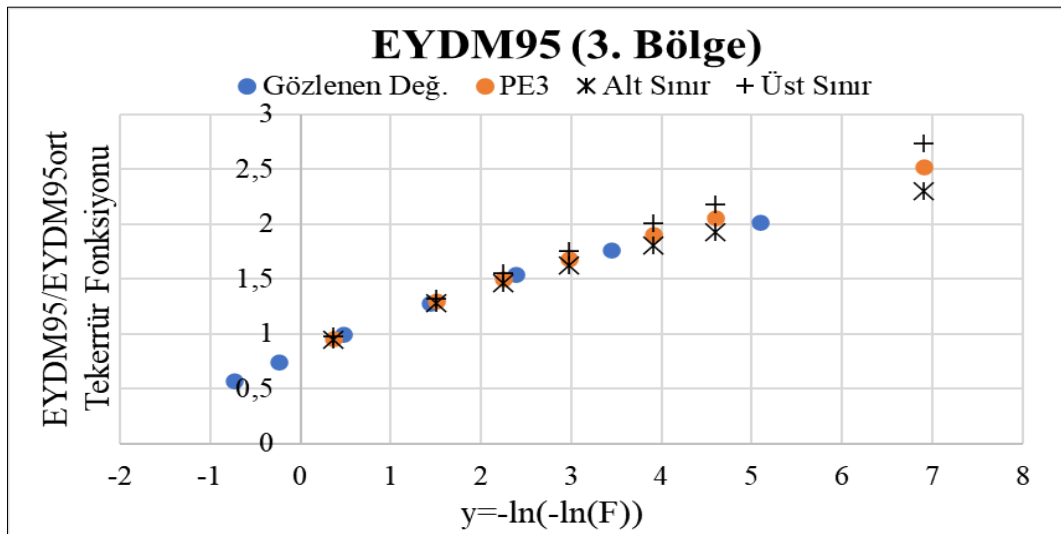
EYDM95 (2. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,958	0,010	0,945	0,972	0,027
5	0,8	1,262	0,025	1,245	1,279	0,034
10	0,9	1,450	0,039	1,414	1,480	0,066
20	0,95	1,621	0,049	1,560	1,668	0,108
50	0,98	1,833	0,061	1,734	1,908	0,174
100	0,99	1,987	0,068	1,856	2,087	0,231
1000	0,999	2,482	0,089	2,238	2,669	0,431



Şekil 4.45. 2. Bölge EYDM95 indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi

Çizelge 4.54. EYDM95 indisi 3. Bölge için bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçüleri (PE3)

EYDM95 (3. Bölge)						
T	F	q(F)	RMSE	Hata Sınırları		Fark
				95%	5%	
2	0,5	0,961	0,011	0,945	0,979	0,034
5	0,8	1,304	0,022	1,281	1,325	0,044
10	0,9	1,507	0,034	1,464	1,549	0,085
20	0,95	1,687	0,043	1,619	1,751	0,132
50	0,98	1,903	0,052	1,800	2,003	0,203
100	0,99	2,055	0,058	1,926	2,180	0,254
1000	0,999	2,518	0,075	2,304	2,732	0,428



Şekil 4.46. 3. Bölge EYDM95 indisi için %90 hata sınırıyla bölgesel büyüme eğrisi.

Son olarak homojen bölgeye en iyi uyan dağılımın tekerrür fonksiyonu değeri, bölgesel ağırlıklı EYDM95 ortalamasıyla çarpılıp belirlenen tekerrür periyoduna karşılık gelen EYDM95 değerleri hesaplanmıştır ve Çizelge 4.55’ de verilmiştir.

Çizelge 4.55. EYDM95 indisi için uygun dağılımlara göre elde edilen tekrarlanma miktarları (mm)

İndis	Bölge	Tekerrür Periyotları, Yıl						
		2	5	10	20	50	100	1000
EYDM95 (mm)	1.Bölge	136	180	208	234	268	294	379
	2.Bölge	162	214	245	274	310	336	420
	3.Bölge	255	346	400	447	505	545	668

4.2. Normal ve Ekstrem İndislerin Mekansal ve Zamansal Değişimi

Batı Anadolu’da bulunan 47 istasyona ait normal ve ekstrem kategorisindeki tüm indislerin mekânsal dağılımı ve zamansal değişimleri ayrı ayrı incelenmiştir. Bu indislerin istasyonlara göre ortalama değerleri Çizelge 4.56’da gösterilmiştir. Normal ve ekstrem indislerin trend değerleri sırasıyla, Çizelge 4.57 ve Çizelge 4.58’de verilmiştir. Bu çizelgelerde %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli olan trend değerleri koyu olarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.56. Normal ve ekstrem indislerin istasyonlara göre ortalama değerleri

İstasyon Adı	Normal İndis				Ekstrem İndis				
	KDS (sayı)	KDO (gün)	YDS (sayı)	YDO (gün)	KDL (gün)	EKDS95 (gün)	YDL (gün)	UYDM (mm)	EYDM95 (mm)
Afyon	49,1	5,3	49,1	2,3	33,7	64,2	8,7	52,0	105,2
Akhisar	38,2	7,6	38,2	2,1	58,8	87,8	7,1	89,0	148,7
Antalya	34,5	8,5	34,6	2,2	74,5	99,1	7,2	234,8	375,4
Aydın	35,9	8,0	35,9	2,2	75,7	104,9	7,5	89,2	154,6
Ayvalık	35,5	8,3	35,5	2,1	73,2	100,5	7,5	116,8	189,8
Bandırma	44,3	5,8	44,4	2,5	41,6	69,2	9,6	104,7	190,2
Bergama	38,1	7,6	38,1	2,1	63,4	90,8	7,3	104,8	179,0
Bodrum	31,6	9,4	31,6	2,3	106,3	127,2	8,5	126,5	188,7
Bozacaada	35,5	8,5	35,4	2,0	61,7	89,6	6,4	85,9	135,6
Burdur	44,9	6,2	44,9	2,0	39,5	69,6	7,1	57,9	102,8
Bursa	45,0	5,7	45,0	2,5	35,7	60,7	9,3	89,9	162,3
Çanakkale	40,9	7,0	40,9	2,1	51,8	79,8	7,1	96,9	163,8
Çeşme	33,5	9,0	33,6	2,1	96,4	124,2	7,1	107,8	164,3
Dalaman	33,3	8,8	33,3	2,3	91,5	114,5	7,6	172,0	268,4
Datça	30,2	10,1	30,2	2,2	115,3	132,5	7,5	119,2	171,9
Denizli	41,3	6,8	41,3	2,2	47,8	76,7	7,6	81,0	137,9
Dikili	35,4	8,4	35,4	2,1	74,8	101,3	7,1	103,6	168,6
Dinar	44,1	6,3	44,1	2,1	41,0	71,4	7,5	54,8	99,8
Dursunbey	45,2	5,8	45,2	2,4	41,2	69,8	8,7	68,6	130,9
Edremit	38,4	7,5	38,4	2,2	57,3	84,4	7,4	115,2	192,3
Eğirdir	41,3	6,7	41,4	2,2	42,4	69,9	8,2	133,9	230,3
Elmalı	41,4	7,0	41,4	2,0	47,7	75,6	6,8	79,9	135,2
Fethiye	34,5	8,6	34,5	2,2	92,3	118,6	7,5	148,6	237,2
Finike	35,4	8,3	35,4	2,2	83,7	110,3	7,8	178,0	285,6
Güney	40,3	7,1	40,3	2,1	54,0	83,5	7,2	74,5	129,5
Isparta	45,0	6,0	45,0	2,2	40,0	69,0	7,9	79,1	141,2
İzmir	35,0	8,4	35,0	2,2	81,4	107,3	7,2	116,9	190,2
Kaş	32,2	9,5	32,3	2,1	102,4	123,9	7,1	142,8	218,0
Keles	48,3	5,1	48,3	2,5	33,0	61,7	10,2	97,4	192,0
Korkuteli	41,3	7,1	41,4	1,9	47,6	77,9	6,2	60,9	103,2
Köyceğiz	35,4	8,1	35,4	2,4	82,2	108,6	8,4	183,9	309,3
Kuşadası	32,1	9,4	32,2	2,2	97,0	121,4	7,2	108,1	167,4
Kütahya	50,2	5,0	50,2	2,4	32,5	62,4	8,9	72,9	146,2
Manisa	38,0	7,5	38,0	2,3	64,7	94,3	8,0	116,3	198,7
Marmaris	33,1	8,8	33,1	2,5	94,7	120,4	8,8	218,2	348,9
Milas	33,9	8,4	34,0	2,3	87,8	112,1	8,0	111,7	178,7
Muğla	38,8	7,0	38,8	2,5	56,1	84,4	9,7	201,0	347,0
Nazilli	36,8	7,9	36,8	2,1	68,7	96,4	7,3	86,7	144,6
Ödemiş	35,5	8,2	35,5	2,2	71,1	99,3	7,4	90,3	153,9
Salihli	38,2	7,6	38,2	2,1	59,9	88,4	6,8	68,9	118,3
Selçuk	34,2	8,6	34,2	2,2	87,5	115,1	7,5	115,1	189,7
Simav	43,9	6,0	43,9	2,4	39,9	66,6	9,2	133,9	230,6
Sultanhisar	35,8	8,2	35,8	2,2	75,4	103,6	7,1	91,1	147,0
Tavşanlı	46,8	5,5	46,8	2,3	34,3	60,9	8,5	57,8	106,7
Tefenni	44,0	6,3	44,1	2,1	43,6	72,7	7,0	61,3	110,4
Uşak	44,0	6,2	44,0	2,2	44,0	72,1	7,7	66,4	119,8
Yatağan	38,3	7,2	38,3	2,5	58,1	90,0	9,8	101,0	176,7

Çizelge 4.57. Normal indislerin trend değerleri

İstasyon Adı	Normal İndis			
	KDS (sayı/10yıl)	KDO (gün/10yıl)	YDS (sayı/10yıl)	YDO (gün/10yıl)
Afyon	0,00	-0,03	0,00	0,02
Akhisar	-0,42	0,12	-0,43	0,01
Antalya	-0,37	0,12	-0,26	-0,02
Aydın	-0,32	0,13	-0,36	-0,03
Ayvalık	0,08	-0,05	0,00	0,01
Bandırma	-0,48	0,11	-0,50	-0,01
Bergama	0,00	0,03	0,00	-0,01
Bodrum	-0,19	0,12	-0,20	-0,02
Bozacaada	-0,95	0,24	-0,98	0,00
Burdur	-0,28	0,09	-0,22	-0,01
Bursa	-0,18	0,04	-0,23	0,00
Çanakkale	-0,49	0,14	-0,41	-0,02
Çeşme	-0,91	0,31	-0,91	0,03
Dalaman	0,00	0,08	0,00	-0,04
Datça	0,10	-0,08	0,00	0,01
Denizli	0,01	-0,01	0,06	-0,01
Dikili	0,00	0,04	0,00	0,00
Dinar	-0,29	0,01	-0,23	0,04
Dursunbey	-1,00	0,22	-0,95	-0,04
Edremit	-0,56	0,18	-0,53	-0,03
Eğirdir	0,56	-0,22	0,67	0,08
Elmalı	-0,29	0,05	-0,26	0,00
Fethiye	-0,45	0,17	-0,47	-0,02
Finike	0,00	0,02	0,00	-0,02
Güney	-1,20	0,22	-1,52	0,07
Isparta	0,00	0,06	0,00	-0,05
İzmir	-0,73	0,23	-0,71	0,01
Kaş	0,57	-0,24	0,53	0,05
Keles	-1,00	0,24	-0,87	-0,05
Korkuteli	0,00	0,05	0,00	-0,02
Köyceğiz	0,00	0,06	0,00	-0,01
Kuşadası	0,00	0,03	0,00	0,01
Kütahya	-0,37	0,04	-0,37	-0,01
Manisa	-0,50	0,17	-0,50	-0,04
Marmaris	0,00	0,06	0,00	-0,04
Milas	0,00	0,08	0,00	0,01
Muğla	0,26	0,01	0,22	-0,07
Nazilli	0,00	0,04	0,00	0,01
Ödemiş	-0,38	0,13	-0,34	-0,03
Salihli	-0,71	0,19	-0,63	0,02
Selçuk	-0,83	0,37	-0,74	-0,05
Simav	-0,53	0,18	-0,56	-0,04
Sultanhisar	0,36	-0,14	0,39	0,07
Tavşanlı	-0,63	0,08	-0,63	0,02
Tefenni	-1,01	0,22	-1,00	0,01
Uşak	0,00	-0,01	0,00	-0,01
Yatağan	0,24	0,06	0,00	-0,04

¹ %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli olan trend değerleri koyu olarak belirtilmiştir.

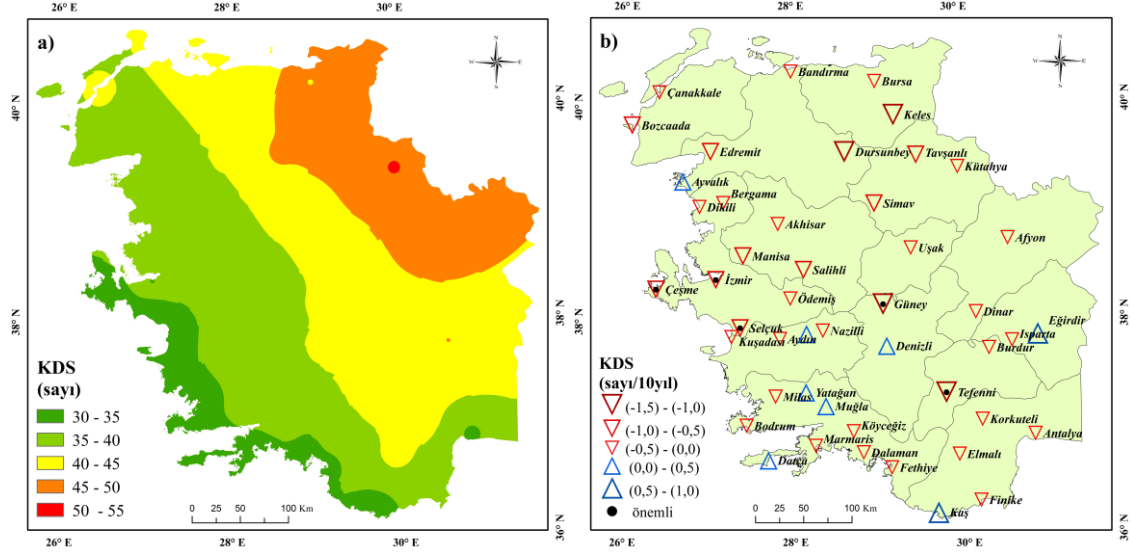
Çizelge 4.58. Ekstrem indislerin trend değerleri

İstasyon Adı	Ekstrem İndis				
	KDL (gün/10yıl)	EKDS95 (gün/10yıl)	YDL (gün/10yıl)	UYDM (mm/10yıl)	EYDM95 (mm/10yıl)
Afyon	-1,29	-1,08	0,00	0,14	0,92
Akhisar	-1,40	-1,62	0,00	1,58	-0,09
Antalya	-3,45	-2,54	0,00	-10,68	-16,95
Aydın	-0,77	-0,47	0,00	0,87	1,43
Ayvalık	1,40	0,53	0,00	6,45	8,79
Bandırma	0,38	0,16	0,00	1,45	0,27
Bergama	2,83	2,44	0,00	-3,65	-7,00
Bodrum	0,80	-0,56	0,00	0,48	-4,78
Bozacaada	4,38	4,29	0,00	5,83	9,92
Burdur	-1,11	-1,82	0,00	-0,67	0,05
Bursa	-0,70	-1,52	0,00	0,31	-1,60
Çanakkale	-1,40	-1,82	0,00	0,73	-0,36
Çeşme	-2,44	-1,85	0,00	5,59	7,45
Dalaman	-1,79	0,31	0,00	-4,10	0,98
Datça	-3,00	-3,17	0,00	1,36	-1,23
Denizli	-1,25	-1,43	0,00	1,30	3,67
Dikili	-0,36	-0,17	0,00	-0,19	-0,84
Dinar	0,00	0,22	0,32	3,22	5,00
Dursunbey	-1,11	-0,71	0,00	2,14	2,80
Edremit	2,67	2,25	0,00	1,27	1,91
Eğirdir	-3,48	-4,80	0,38	2,00	10,33
Elmalı	0,51	-0,29	0,00	-0,41	0,42
Fethiye	-2,92	-1,21	-0,25	-4,27	-8,51
Finike	-2,89	-1,62	-0,26	-1,53	-2,84
Güney	0,45	-1,21	0,48	-3,73	-4,56
Isparta	-1,60	-1,33	0,00	-6,00	-5,55
İzmir	-2,04	-2,44	0,00	2,58	1,94
Kaş	-5,59	-6,31	0,00	1,73	8,64
Keles	2,70	2,92	0,00	-6,85	-12,82
Korkuteli	-2,22	-2,44	0,00	4,00	6,00
Köyceğiz	-3,85	-2,26	0,00	1,04	6,04
Kuşadası	1,11	1,67	0,00	0,33	2,95
Kütahya	-1,38	-1,54	-0,24	-0,48	-3,92
Manisa	-0,43	-0,74	-0,36	-0,20	0,69
Marmaris	-3,00	-2,13	-0,24	2,32	0,81
Milas	0,31	-1,85	0,00	-4,63	-7,07
Muğla	-2,73	-2,61	-0,50	-1,14	1,84
Nazilli	-0,42	1,00	0,00	1,44	1,26
Ödemiş	-2,22	-3,00	0,00	-6,03	-10,21
Salihli	-2,86	-1,67	0,00	-1,34	-1,97
Selçuk	4,08	3,04	0,00	-6,61	-13,91
Simav	-0,50	-2,20	0,00	-13,33	-22,04
Sultanhisar	1,93	2,45	0,42	-0,28	2,89
Tavşanlı	0,43	1,11	0,00	-0,21	-1,50
Tefenni	-1,86	-5,00	0,00	2,66	0,11
Uşak	-2,65	-3,59	0,00	2,00	2,00
Yatağan	-1,58	-1,11	-0,74	2,97	4,34

¹ %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli olan trend değerleri koyu olarak belirtilmiştir.

4.2.1. KDS İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

KDS indisi kurak dönem sayılarını göstermektedir. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait KDS değerlerinin mekânsal değişimi ve trendlerin (zamansal değişimlerin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.47’de gösterilmiştir.



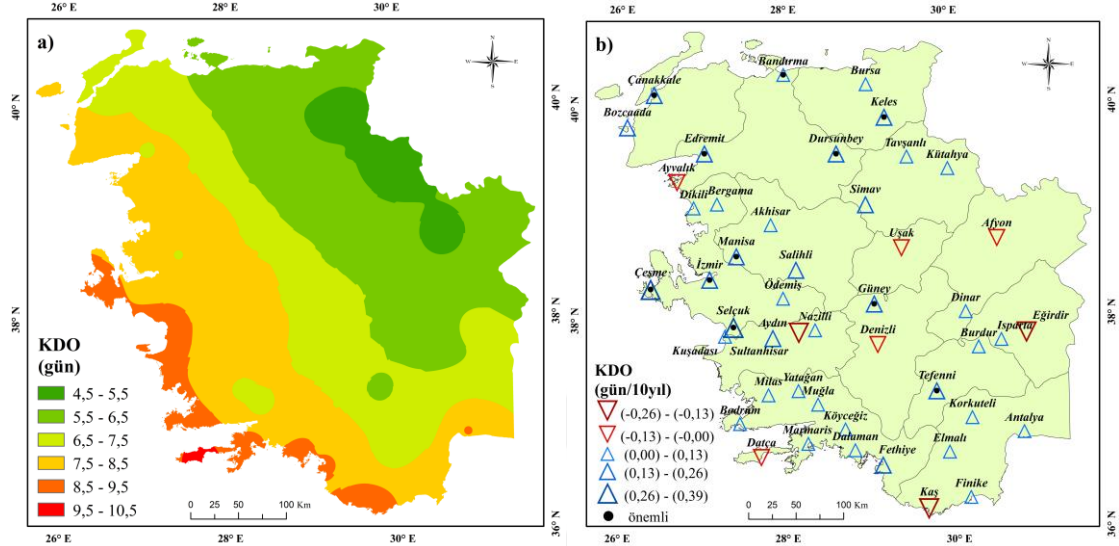
Şekil 4.47. KDS indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

KDS indisi, çalışma alanının güneybatı – kuzeydoğu ekseninde, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir artış eğilimi göstermektedir (Şekil 4.47a). Güneybatıdaki sahil kesiminde bir yılda ortalama olarak 30 – 35 kez kurak dönem meydana gelirken, kuzeydoğuda ise 45-50 kez meydana gelmektedir. İstasyon bazında en düşük üç KDS, Datça (30,2), Bodrum (31,6) ve Kuşadası (32,1); en yüksek üç KDS ise Keles (48,3), Afyon (49,1) ve Kütahya (50,2) istasyonlarına aittir. Çalışma alanının ortalama KDS değeri 39’dur.

KDS indisi için 47 istasyondan 8’sinde artış, kalan 39’unda azalış eğilimi saptanmıştır. En yüksek artış eğilimi 0,57 sayı/10yıl ile Kaş istasyonundadır. En yüksek azalma -1,2 sayı/10yıl ile Güney istasyonundadır. Artış eğilimi gösteren istasyonların hiçbiri %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli değilken, azalış eğilimi gösterenlerin 5’inde önemlidir. Bu 5 istasyon Çeşme (-0,91 sayı/10yıl), Güney (-1,2 sayı/10yıl), İzmir (-0,73 sayı/10yıl), Selçuk (-0,83 sayı/10yıl) ve Tefenni (-1,01 sayı/10yıl). Bu istasyonlardan Çeşme, Selçuk ve İzmir, çalışma alanının batı sınırında, Ege Denizi kıyısında yer alırken; Güney ve Tefenni, çalışma alanının güney yarısının iç kesimlerinde yer almaktadır.

4.2.2. KDO İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

KDO indisi kurak dönemlerin ortalama uzunluklarını göstermektedir. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait KDO değerlerinin mekânsal değişimi ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.48’de gösterilmiştir.



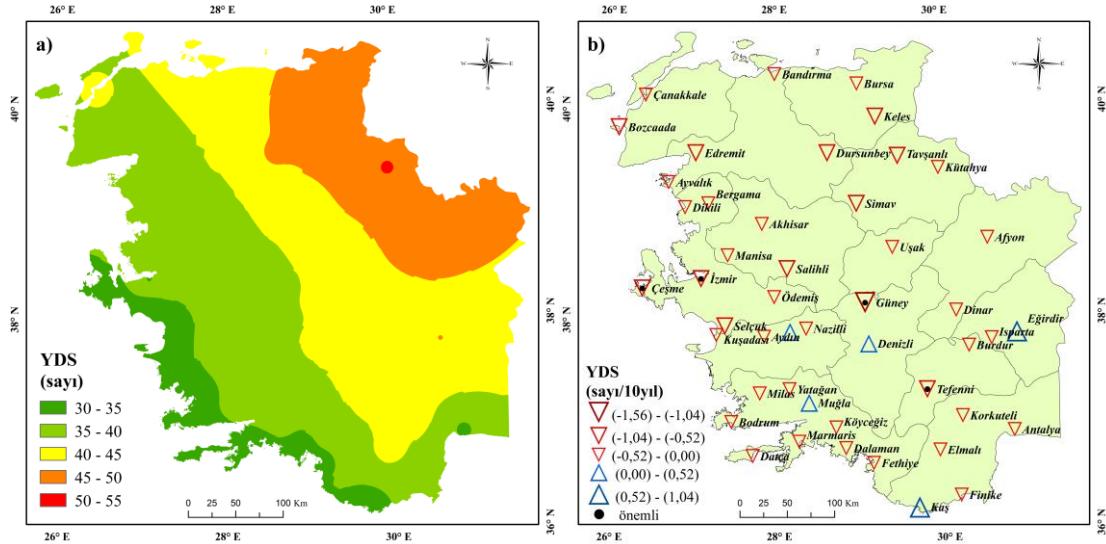
Şekil 4.48. KDO indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

KDO indisi çalışma alanının güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir azalış eğilimi göstermektedir. Güneybatıdaki sahil kesiminde kurak dönemler bir yılda ortalama 9,5-10,5 gün sürerken, kuzeydoğuda ise 4,5-5,5 gün sürmektedir. İstasyon bazında en yüksek üç KDO, Datça (10,1gün), Kaş (9,5 gün), Bodrum (9,4 gün); en düşük üç KDO ise Kütahya (5,0 gün), Keles (5,1 gün), Afyon (5,3) istasyonlarına aittir. Çalışma alanının ortalama KDO değeri 7 gündür.

KDO indisi için 47 istasyondan 8’inde azalış, kalan 39’unda artış eğilimi saptanmıştır. En yüksek artış 0,37 gün/10yıl ile Selçuk istasyonundadır. En yüksek azalma -0,24 gün/10yıl ile Kaş istasyonundadır. Azalış eğilimi gösteren istasyonların hiçbirisi %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir. Artış eğilimi gösteren Bandırma (0,11 gün/10yıl), Çanakkale (0,14 gün/10yıl), Çeşme (0,31 gün/10yıl), Dursunbey (0,22 gün/10yıl), Edremit (0,18 gün/10yıl), Güney (0,22 gün/10yıl), İzmir (0,23 gün/10yıl), Keles (0,24 gün/10yıl), Manisa (0,17 gün/10yıl), Selçuk (0,37 gün/10yıl) ve Tefenni (0,22 gün/10yıl) istasyonlarındaki KDO değerleri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. İstatistiksel olarak önemli artış eğilimi gösteren istasyonların genel olarak çalışma alanının batısında ve kuzeyinde kümelendiği görülmektedir.

4.2.3. YDS İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

YDS indisi yağışlı dönem sayılarını ifade eder. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait YDS değerlerinin mekânsal değişimi ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.49’da gösterilmiştir.



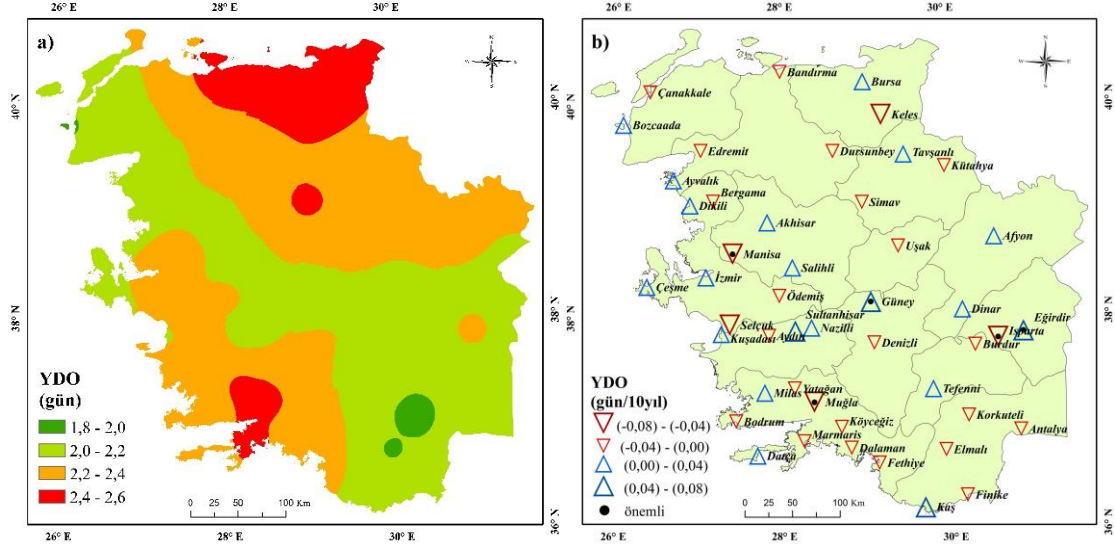
Şekil 4.49. YDS indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

YDS indisi, çalışma alanında güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir artış eğilimi göstermektedir. Güneybatıdaki sahil kesiminde bir yılda ortalama olarak 30 – 35 kez yağışlı dönem meydana gelirken, kuzeydoğuda ise 50-55 kez meydana gelmektedir. İstasyon bazında en düşük üç YDS, Datça (30,2), Bodrum (31,6) ve Kuşadası (32,2); en yüksek üç YDS ise Keles (48,3), Afyon (49,1) ve Kütahya (50,2) istasyonlarına aittir. Çalışma alanının ortalama YDS değeri 39’dur.

YDS indisinde 47 istasyondan 5’inde artış, kalan 42’sinde azalış eğilimi saptanmıştır. En yüksek artış eğilimi 0,67 sayı/10yıl ile Eğirdir istasyonundadır. En yüksek azalma eğilimi ise -1,52 sayı/10yıl ile Güney istasyonundadır. Artış eğilimi gösteren istasyonların hiçbiri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değilken, azalış eğilimi gösterenlerin 4’ünde önemlidir. Bu 4 istasyon Çeşme (-0,91 sayı/10yıl), Güney (-1,52 sayı/10yıl), İzmir (-0,71 sayı/10yıl) ve Tefenni (-1,00 sayı/10yıl)’dir.

4.2.4. YDO İndisinin Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

YDO indisi yağışlı dönemlerin ortalama uzunluklarını göstermektedir. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait YDO değerlerinin mekânsal değişimi ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.50’de gösterilmiştir.



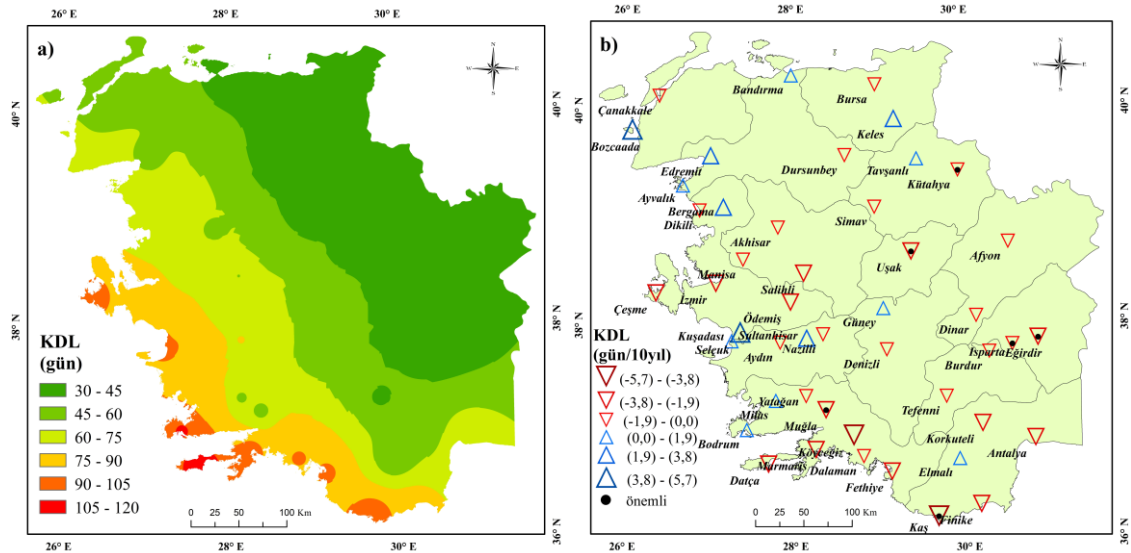
Şekil 4.50. YDO indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

Bir yılda ortalama yağışlı dönemler güneybatıdaki kıyı kesimleri ve kuzeydoğuda 2,3- 2,6 gün sürmektedir. İç, doğu ve batı kesimlerinde 2,15 ile 2,3 gün arasında iken, güneydoğu ve kuzeybatıda en küçük değerlere (1,85 ile 2,15 gün arası) ulaşmaktadır. İstasyon bazında en yüksek üç YDO değeri 2,5 gün ile Muğla, Keles ve Bandırma; en düşük üç YDO ise Korkuteli (1,9 gün), Bozcaada ve Elmalı (2,0 gün) istasyonlarına aittir. Çalışma alanının ortalama YDO değeri ise 2,2 gündür.

YDO indisi 47 istasyonun 20’sinde artış eğilimi göstermiştir. En yüksek artış 0,08 gün/10yıl ile Eğirdir istasyonundadır. En yüksek azalma ise -0,07 gün/10yıl ile Muğla istasyonundadır. Azalan trendlerden Isparta (-0,05 gün/10yıl), Manisa (-0,04 gün/10yıl) ve Muğla (-0,07 gün/10yıl); artan trendlerden Eğirdir (0,08 gün/10yıl) ve Güney (0,07 gün/10yıl) istasyonlarındakiler %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

4.2.5. KDL İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

KDL indisi kurak dönemlerin yıllık maksimum uzunluklarını göstermektedir. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait KDL değerlerinin mekânsal değişimi ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.51’de gösterilmiştir.



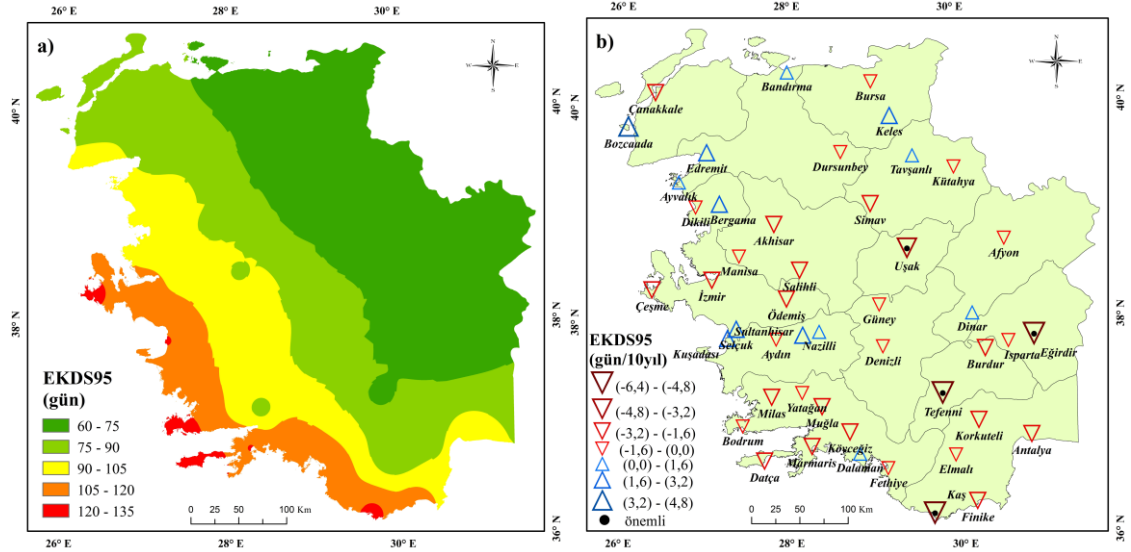
Şekil 4.51. KDL indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

KDL indisi çalışma alanında güneybatıdan kuzeydoğuya doğru azalmaktadır. Güneybatıdaki sahil kesiminde kurak dönemler bir yılda maksimum 90-115 gün sürerken, kuzeydoğuda ise 30-45 gün sürmektedir. En büyük üç KDL değeri Datça (115,3 gün), Bodrum (106,3) ve Kaş (102,4); en küçük üç KDL değeri ise Kütahya (32,5 gün), Keles (33 gün) ve Afyon (33,7gün) istasyonlarında bulunmaktadır. Çalışma alanının ortalama KDL değeri ise 63,9 gündür.

KDL indisi 47 istasyonun sadece 14'ünde artmış, diğerlerinde azalmıştır. En fazla artış 4,38 gün/10yıl ile Bozcaada istasyonundadır. En fazla azalma -5,59 gün/10yıl ile Kaş istasyonundadır. Artış eğilimi gösteren istasyonların hiçbiri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir. Azalış eğilimi gösteren Eğirdir (-3,48 gün/10yıl), Isparta (-1,60 gün/10yıl), Kaş (-5,59 gün/10yıl), Kütahya (-1,38 gün/10yıl), Muğla (-2,73 gün/10yıl) ve Uşak (-2,65 gün/10yıl) istasyonlarındaki KDL değerleri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

4.2.6. EKDS95 İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

Bir yıl boyunca kurak dönemlerin %95'inden uzun olan kurak dönem, ekstrem kurak dönem olarak tanımlanmaktadır. EKDS95 indisi ise ekstrem kurak dönemlerin toplam gün sayısını ifade etmektedir. Batı Anadolu'da 47 istasyona ait EKDS95 değerlerinin mekânsal değişimi ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.52'de gösterilmiştir.



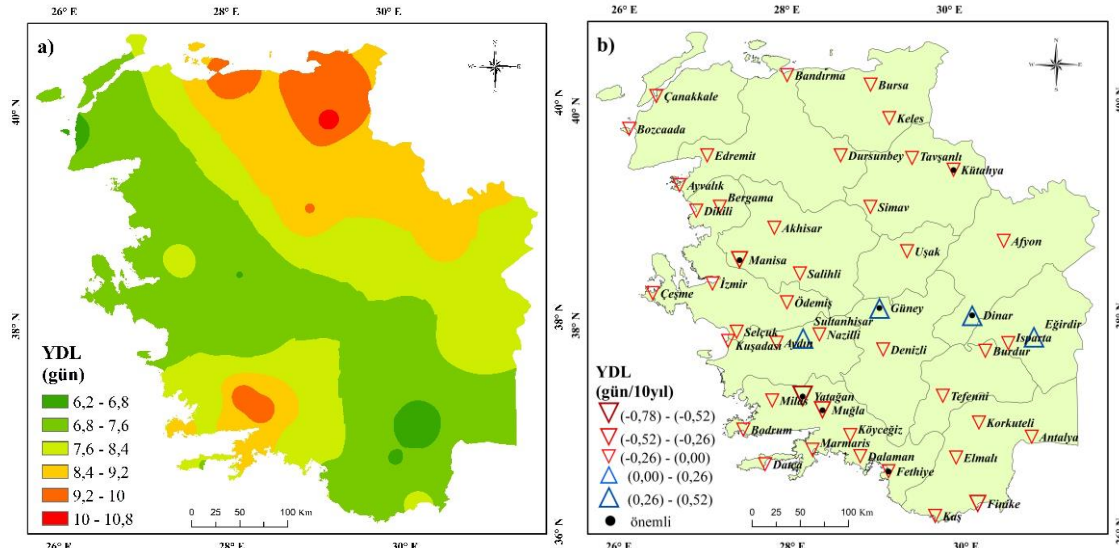
Şekil 4.52. EKDS95 indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

EKDS95 indisi çalışma alanının güneybatı-kuzeydoğu ekseninde güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bir azalış eğilimi göstermektedir. Güneybatıdaki sahil kesiminde ekstrem kurak dönemler toplam 105-135 gün arasında sürerken; doğuda ve kuzeydoğuda 60-75 gün sürmektedir. İstasyon bazında en büyük üç EKDS95 değeri Datça (132,5 gün), Bodrum (127,2 gün) ve Çeşme (124,2 gün); en küçük üçü ise Bursa (60,7 gün), Tavşanlı (60,9 gün) ve Keles (61,7 gün) istasyonlarında bulunmaktadır. Çalışma alanının ortalama EKDS95 değeri ise 91,2 gündür.

EKDS95 indisi 47 istasyonun sadece 13'ünde artış eğilimi saptanmıştır. En yüksek artış 4,29 gün/10yıl ile Bozcada istasyonundadır. En yüksek azalma -6,31 gün/10yıl ile Kaş istasyonundadır. Artış eğilimi gösteren istasyonların hiçbiri %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli değilken azalış eğilimi gösterenlerin 4'ü önemlidir. Bu 4 istasyon Eğirdir (-4,80 gün/10yıl), Kaş (-6,31 gün/10yıl) ve Tefenni (-5,00 gün/10yıl) ve Uşak (-3,59 gün/10yıl)'dır.

4.2.7. YDL İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

YDL indisi yağışlı dönemlerin yıllık maksimum uzunluklarını göstermektedir. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait YDL indisinin uzun dönemli ortalamasının mekansal dağılımı ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.53’de gösterilmiştir.



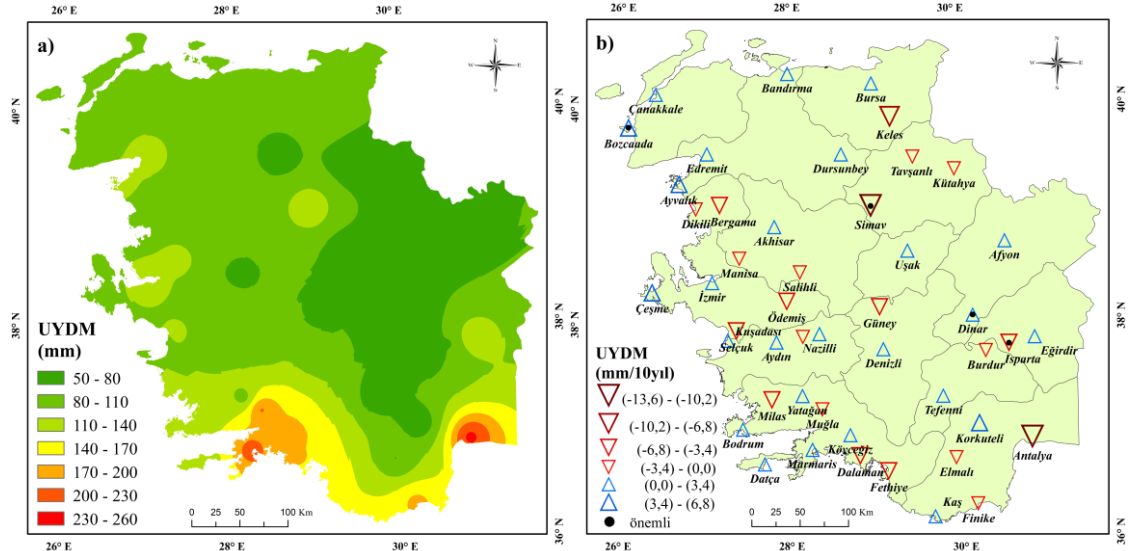
Şekil 4.53. YDL indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

En yüksek YDL değerleri güneybatıdaki Muğla ve Yatağan civarı ile kuzeyinde ve kuzeybatıdaki Bandırma, Bursa ve Keles civarında gözlenmiştir. Buralardan iç kesimlere, batıya ve güneydoğuya doğru azalış eğilimi söz konusudur. En uzun yağışlı dönemler Keles (10,2 gün), Yatağan (9,8 gün) ve Muğla (9,7 gün); en kısa ise Korkuteli (6,2 gün), Bozcaada (6,4 gün) ve Elmalı (6,8 gün) istasyonlarında bulunmaktadır. Çalışma alanının ortalaması ise 7,8 gündür.

YDL indisi için 47 istasyonun sadece 4'ünde artış eğilimi saptanmıştır. En fazla artış 0,48 gün/10yıl ile Güney istasyonundadır. En fazla azalma ise -0,74 gün/10yıl ile Yatağan istasyonundadır. Azalan trendlerden, Fethiye (-0,25 gün/10yıl), Kütahya (-0,24 gün/10yıl), Manisa (-0,36 gün/10yıl), Muğla (-0,50 gün/10yıl) ve Yatağan (-0,74 gün/10yıl) istasyonlarındakiler %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Güney ve Dinar istasyonları, sırasıyla, 0,48 gün/10yıl ve 0,32 gün/10yıl artan trend değerleri ile %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

4.2.8. UYDM İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

UYDM indisi yağışlı dönemlerdeki yıllık maksimum toplam yağış miktarını göstermektedir. Batı Anadolu’da 47 istasyona ait UYDM değerlerinin uzun dönemli ortalamasının mekânsal dağılımı ile trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.54’de gösterilmiştir.



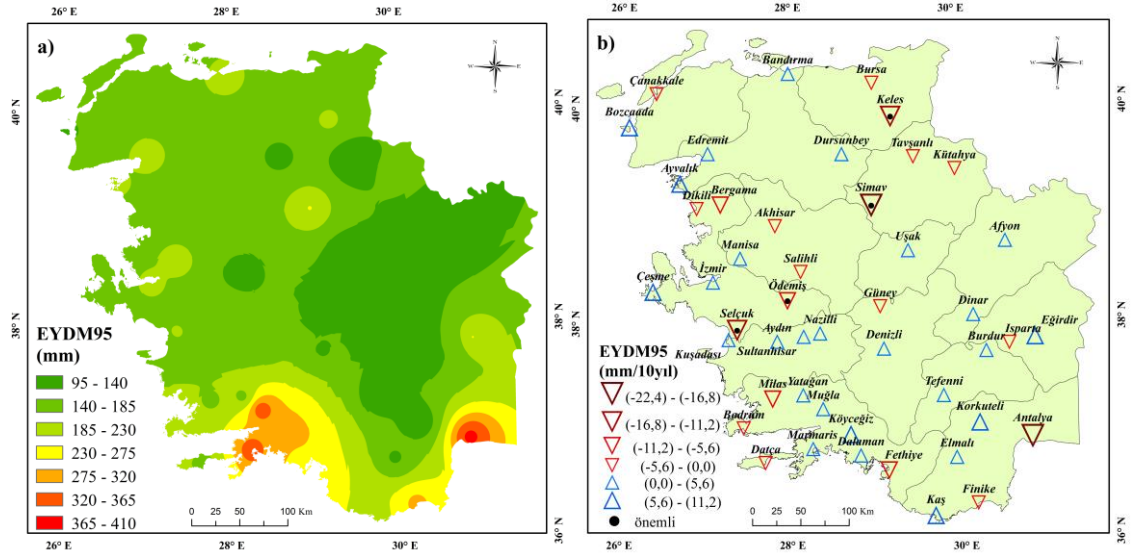
Şekil 4.54. UYDM indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

UYDM değerleri güney kıyı kesimlerinden kuzeye doğru azalmakta, özellikle iç kesimlerde ve doğuda en düşük değerlerine ulaşmaktadır. Güney kıyı kesimlerinde 200-230 mm iken, iç ve doğu kesimlerinde 50-80 mm arasında değişmektedir. En küçük UYDM değeri Afyon (52,0 mm), Dinar (54,8 mm) ve Tavşanlı (57,8 mm); en büyük ise Antalya (234,8 mm), Marmaris (218,2 mm) ve Muğla (201,0 mm) istasyonlarında bulunmaktadır. Çalışma alanının ortalama UYDM değeri ise 107,8 mm’dir.

UYDM indisinin zamansal değişiminde 47 istasyonun 26’sında artış eğilimi saptanmıştır. En fazla artış 6,45 mm/10yıl ile Ayvalık istasyonundadır. En fazla azalma -13,33 mm/10yıl ile Simav istasyonundadır. Artış eğiliminde olan istasyonlardan Bozcaada (5,83 mm/10yıl) ve Dinar (3,22 mm/10yıl); azalış eğilimindekilerden Isparta (-6 mm/10yıl) ve Simav (-13,33 mm/10yıl) istasyonlarındaki UYDM değerleri %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

4.2.9. EYDM95 İndisi Mekansal Dağılımı ve Zamansal Değişimi

Ekstrem yağışlı dönem, bir yıl boyunca yağışlı dönemlerin %95'inden uzun olan yağışlı dönem olarak tanımlanmaktadır. EYDM95 indisi, ekstrem yağışlı dönemlerin toplam yağış miktarını göstermektedir. Batı Anadolu'da 47 istasyona ait EYDM95 değerlerinin uzun dönemli ortalamasının mekânsal dağılımı ve trendlerin (zamansal değişimin) yönlerinin mekânsal dağılımı Şekil 4.55'de gösterilmiştir.



Şekil 4.55. EYDM95 indisinin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı (a) ve zamansal değişimi (b)

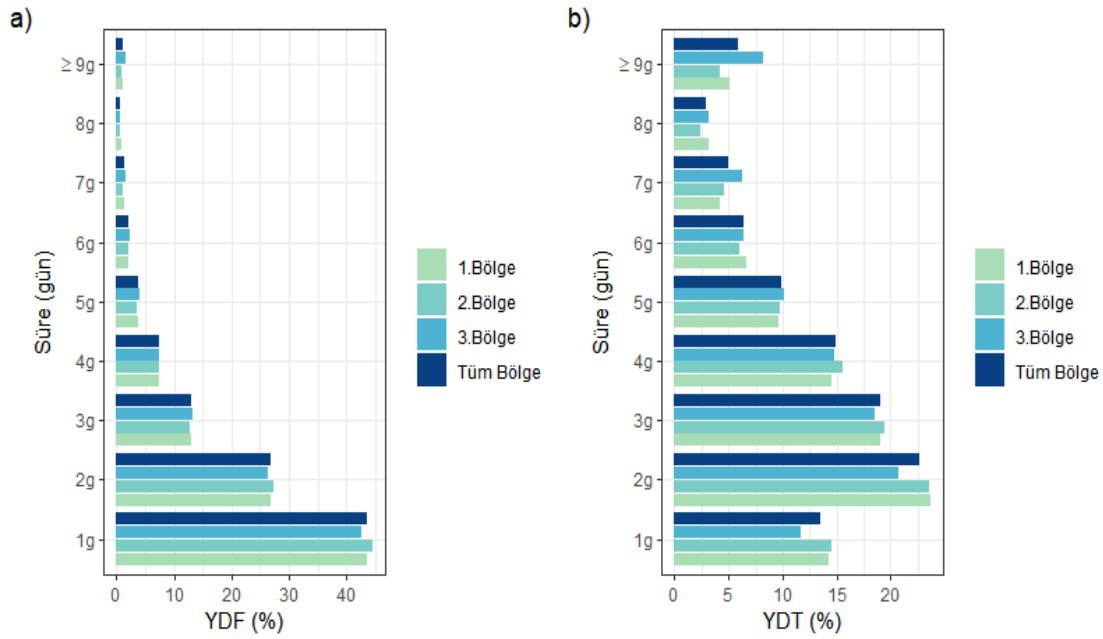
EYDM95 değerleri güney kıyı kesimlerinden kuzeye doğru gidildikçe azalmaktadır. Ekstrem yağışlı dönemlerdeki toplam yağış miktarı güneyde 320 - 365 mm arasında; kuzey kesimlerinde ise 95-140 mm arasındadır. En küçük EYDM95 değeri Dinar (99,8 mm), Burdur (102,8 mm) ve Korkuteli (103,2 mm); en büyük ise Antalya (375,45 mm), Marmaris (348,9 mm) ve Muğla (347 mm) istasyonlarında bulunmaktadır. Çalışma alanının ortalama EYDM95 değeri ise 180,6 mm'dir.

EYDM95 indisi 47 istasyonun 27'inde artış eğilimi saptanmıştır. En fazla artış 10,33 mm/10yıl ile Egirdir istasyonundadır. En fazla azalma -22,04 mm/10yıl ile Simav istasyonundadır. Artış eğilimi gösteren istasyonların hiçbiri %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak önemli değilken, azalış eğilimi gösterenlerin 4'ünde önemlidir. Bu 4 istasyon Keles (-12,82 mm/10yıl), Ödemiş (-10,21 mm/10yıl), Selçuk (-13,91 mm/10yıl) ve Simav (-22,04 mm/10yıl)'dır.

4.3. Yapı İndislerindeki Değişimler

4.3.1. YDF ve YDT indisleri

Farklı sürelerdeki yağışlı dönemlerin meydana gelme sıklığı (YDF) ve farklı sürelerdeki yağışlı dönemlerde meydana gelen toplam yağışın yıllık toplam yağış miktarına oranı (YDT), ardışık yağışların yapısını incelemek için analiz edilmiştir (Şekil 4.56). Yağışlı dönemler süre olarak 1 gün, 2 gün, 3 gün, 4 gün, 5 gün, 6 gün, 7 gün, 8 gün ve 9 gün ve daha uzun olmak üzere 9 sınıfa ayrılmıştır.

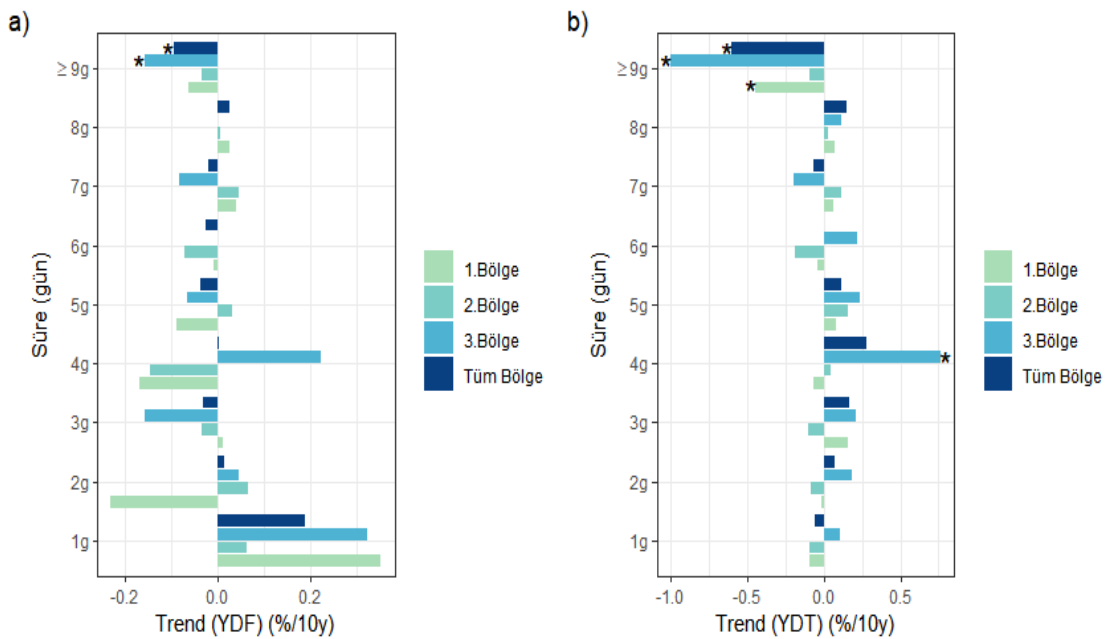


Şekil 4.56. Çalışma alanında farklı yağış dönem süreleri için YDF (%) ve YDT (%) indisleri

Çalışma alanında yağışlı dönemin süresi arttıkça YDF indisi azalmıştır (Şekil 4.56a). Başka bir ifadeyle, kısa süreli yağışlı dönemler, toplam yağışlı dönem sayısının çoğunluğunu oluşturmaktadır. Tüm yağışlı dönemlerin %40'dan ve %25'den fazlası, sırasıyla 1 ve 2 günlük yağışlı dönemlerden oluşmaktadır. 9 gün ve daha uzun süreli yağışlı dönemler ise %1'ini oluşturmaktadır. Diğer sınıflar için YDF indisi %13 ile %1 arasında değişmektedir. Şekil 4.56a ile Şekil 4.56b karşılaştırıldığında, YDT'nin paterninin, YDF'inkinden bir miktar farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu farklılık 1 gün ile 9 gün ve daha uzun süreli yağışlı dönemlerin katkısından kaynaklanmaktadır. YDF indisi 1 günden itibaren ≥ 9 gün'e doğru düzenli olarak azalış gösterirken, YDT'de ise bu azalış 2 günden 8 güne kadardır. 2 günlük yağışlı dönemler yıllık toplam yağış miktarına katkısı en fazla (%13,5) iken 8 günlük yağışlı dönemlerin katkısı (%2,9) en azdır. Sonuç olarak, toplam yağış miktarına yaklaşık %55 katkısı olan 1- 3 günlük

yağışlı dönemlerin meydana gelme sıklığı yaklaşık %85'tir. Örneğin, bir istasyonda yılda 30 kez yağışlı dönem (YDS) gözlenmişse yaklaşık 25'i 1-3 gün arasındadır ve bu dönemlerdeki toplam yağış miktarı yıllık toplam yağışın yaklaşık yarısına denk gelmektedir. Şekil 4.56a ve Şekil 4.56b incelendiğinde, indislerin hem üç alt bölgede hem de tüm bölgede birbirlerine yakın değerler aldıkları görülmektedir. Fakat 3. Bölge'de 9 gün ve daha uzun süren yağışlı dönemlerdeki toplam yağış miktarı diğer iki alt bölgeye kıyasla yıllık toplam yağışa katkısı bir miktar daha fazladır.

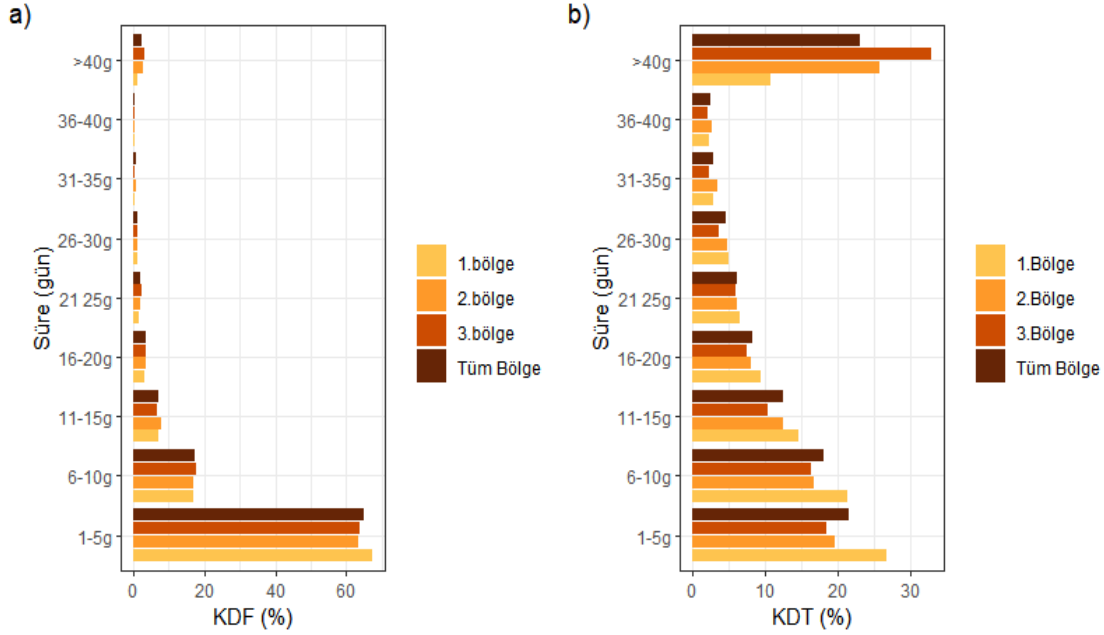
YDF ve YDT indislerinin zamansal değişimleri Şekil 4.57'de görülmektedir. Trendlerin yönleri (yani, azalma veya artış eğilimleri) belirli bir patern göstermemektedir. Bu paternde 3. Bölgedeki artış ve azalış eğilimleri dikkat çekmektedir. Bu bölgedeki 9 gün ve daha uzun süren YDF ve YDT indislerindeki azalış eğilimi (sırasıyla, $-0,16/10\text{yıl}$ ve $-1/10\text{yıl}$) ve 4 gün süren YDT indisindeki artış eğilimi ($0,76/10\text{yıl}$) istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Zamansal değişimlerde bir diğer göze çarpan bölge ise 1.Bölge'dir. Bölgede 1, 3, 7 ve 8 gün süren yağışlı dönemlerin meydana gelme sıklığında artış eğilimleri diğer sürelerde ise azalış eğilimleri saptanmıştır. Fakat sadece azalış eğiliminde olan 9 gün ve daha uzun süren yağışlı dönemlerdeki yağışların yıllık toplam yağışa katkısındaki (YDT) azalış eğilimi ($-0,45/10\text{yıl}$) istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu sınıftaki YDF ve YDT indislerindeki azalış eğilimi (sırasıyla, $-0,1/10\text{yıl}$ ve $-0,6/10\text{yıl}$) tüm bölge için de istatistiksel olarak önemlidir.



Şekil 4.57. Çalışma alanında YDF ve YDT indislerinin zamansal değişimi

4.3.2. KDF ve KDT indisleri

Farklı sürelerdeki kurak dönemlerin meydana gelme sıklığı (KDF) ve farklı sürelerdeki kurak dönemlerin toplam kurak gün sayısına oranı (KDT) kurak dönemlerin yapısını incelemek için analiz edilmiştir (Şekil 4.58). İndisler 1-5 gün, 6-10 gün, 11-15 gün, 16-20 gün, 21-25 gün, 26-30 gün, 31-35 gün, 36-40 gün, 40 günden daha uzun olarak 9 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 4.58. Çalışma alanındaki farklı kurak dönem süreleri için KDF (%) ve KDT(%) indisleri

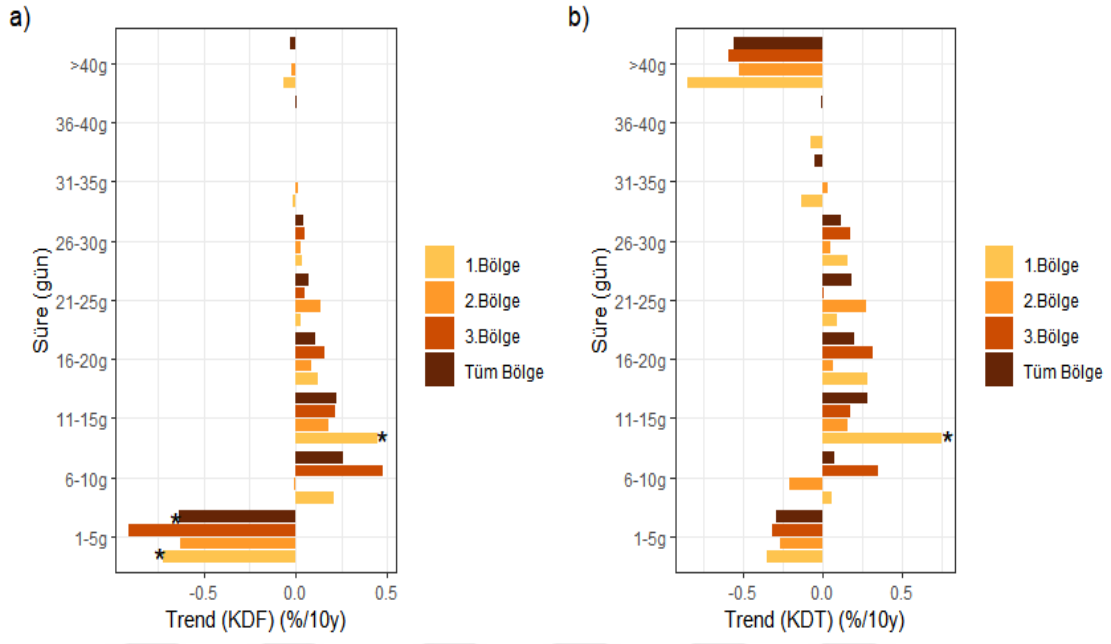
Çalışma alanında 40 günden daha uzun süren kurak dönem sınıfı hariç diğer tüm sınıflarda kurak dönem süresi arttıkça KDF ve KDT indislerinde azalış gözlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, kısa süreli kurak dönemler, tüm kurak dönemlerin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Örneğin, 1 ile 5 gün süren kurak dönemler ile 6 ile 10 gün arasında süren kurak dönemler, çalışma alanının tamamında ve üç alt bölgede, tüm kurak dönemlerin, sırasıyla, yaklaşık olarak %65'ini ve %17'sini oluşturmaktadır. Bir başka ifadeyle, bir istasyonda bir yılda 30 kez kurak dönem (KDS) gözlenmişse yaklaşık 20'si 1-5 gün arasındadır. Diğer sınıflardaki KDF indisi %1 - %7 arasındadır. Dolayısıyla, tüm bölgede, kurak dönemler, çok büyük çoğunlukla 1 ile 10 gün arasında sürmektedir.

KDT indisi incelendiğinde (Şekil 4.58b), 40 günden daha uzun süren kurak dönemler hariç tutulduğunda, kurak dönem süresi uzadıkça, toplam kurak gün sayısına katkının giderek azaldığı görülmektedir. Daha açık bir ifadeyle, KDT indisi, 1-5 günlük kurak dönemler için, alt bölgeler arasında farklı olmak üzere, %18 ile %27 arasında bir

değer iken (toplam kurak gün sayısının %18 ile %27'sini oluştururken), kurak dönem uzunluğu arttıkça tedrici bir şekilde azalmakta ve 36-40 gün aralığında yaklaşık %3'e düşmektedir. Süresi 40'den fazla olan kurak dönemler farklı bir davranış göstermektedir. Tüm kurak dönem sayıları içinde oldukça az bir orana (%3'den az) sahip olmalarına rağmen, toplam kurak gün sayısına oldukça yüksek bir katkı sağladıkları, yani yüksek KDT değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Öyle ki, 1. Bölge hariç tutulduğunda, 40 günden uzun kurak dönemlerin toplam kurak gün sayısına katkısı (KDT değeri) diğer tüm sınıflardan fazladır. Diğer yandan, 1. Bölgede ise, 1-5, 6-10 ve 11-15 gün süren kurak dönemlerin toplam kurak gün sayısına katkısı, 40'den uzun sürenlerden daha fazladır.

Aynı zamanda KDF ve KDT indisleri bölgeselleştirmede kullanılan üç alt bölge için ayrı ayrı analiz edilmiştir (Şekil 4.58). KDF indisi değerleri birbirine yakın ve tüm bölge ile benzerlik gösterirken, KDT indisinde 1-5 gün, 6-10 gün, 11-15 gün ve özellikle 40 günden daha uzun sınıflarda alt bölgeler arasında belirgin farklılıklar söz konusudur. Diğer sınıflardaki değerler birbirine yakındır ve kurak dönem süresi arttıkça KDT azalış göstermektedir. Süresi 40 günden fazla olan kurak dönemler için KDT indisinde alt dönemler arasında belirgin bir farklılık vardır: 1. Bölge'de %11, 2.Bölge'de %26 ve 3.Bölge'de %33. Bu değerler 2. ve 3. Bölgeler için en yüksek KDT'lerdir. Fakat 1. Bölge'de %27 ile 1-5 gün ve %21 ile 6-10 gün sınıflarındaki KDT'ler bölgenin en yüksek değerleridir. Bir başka ifadeyle, diğer iki bölgede 40 gün ve daha uzun süren dönemlerin kuraklığa etkisi en fazla iken 1. Bölge'de 1-5 gün arası süren kurak dönemler en etkilidir.

KDF ve KDT indislerinin zamansal değişimleri Şekil 4.59'da yer almaktadır. Alt bölgeler ve çalışma alanının tamamı (tüm bölge) birlikte değerlendirildiğinde, KDF için 1-5 günde, KDT için ise 1-5 gün ve >40 günde azalış, diğerlerinde ise genel olarak artış eğilimi söz konusudur. Söz konusu azalış trendleri büyüklük (magnitude) olarak göze çarpsa da, içlerinden sadece 1-5 gün 1. Bölge ve tüm bölge KDF değerleri (sırasıyla, (%-0,72/10yıl ve %-0,63/10yıl) %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir. Artış yönlü trendlerden ise sadece, 11-15 gün 1. Bölge KDF ve KDT değerleridir (sırasıyla, %0,45/10yıl, %0,76/10yıl) %5 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.



Şekil 4.59. Çalışma alanında KDF ve KDT indislerinin zamansal değişimi



5. TARTIŞMA

İklim değışikliğı veya küresel ısınma son 40-50 yılın en önemli çevre sorunlarından biri olmuştur. Sanayi devriminden itibaren, başlıca sera gazlarından olan karbondioksitin (CO_2), metanın (CH_4) ve diazot monoksitin (N_2O) atmosferdeki konsantrasyonlarında ciddi artışlar meydana gelmiştir. Bu sera gazlarının 2021 yılı küresel ortalama konsantrasyonları, karbondisoksit için 415 ppm, metan için 1908 ppb ve diazot monoksit için 334 ppb'dir. Bu değerler, sanayi devrimi öncesi (1750 yılı öncesi) değerlerden, sırasıyla, %149, %262 ve %124 daha fazladır (WMO, 2022). Fosil yakıt kullanımı, tarımsal faaliyetler ve arazi kullanımındaki değışimler, söz konusu sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonlarındaki artışların ana sebepleridir (Petrescu vd., 2020). Sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonlarındaki artış, yeryüzü tarafından salınan uzun dalga boylu radyasyonun daha fazla tutulmasına ve dolayısıyla, yeryüzünün ve alt atmosferin (troposferin) ısınmasına, stratosferin sıcaklığının ise azalmasına yol açmaktadır (Manabe, 2019). Ondokuzuncu yüzyılın ikinci yarısı ile 2010-2019 arasında, antropojenik sebepli küresel ortalama sıcaklık artışı yaklaşık 1,07 °C'dir (IPCC, 2021).

Sera gazlarının etkisinin sıcaklık artışı ile sınırlı olmadığı düşünülmektedir. Hidrolojik döngünün hızlanması, yağış ve buharlaşma paterninde değışimler de beklenen diğer etkiler arasındadır (Manabe, 2019). Sonuçta, kurak bölgelerin daha kurak, yağışlı bölgelerin daha yağışlı olacağına yönelik bir öngörü söz konusudur (Yang vd., 2019; Xiong vd., 2022). Bir başka ifadeyle, yağış miktarlarda değışim olacağı, bu değışimin farklı coğrafyalarda farklı şekilde gerçekleşeceği, az yağış alan yerlerin daha az yağış alacağı, çok yağış alan yerlerin de daha fazla yağış alacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla, kurak bölgelerde kuraklık daha da şiddetlenebilecektir.

İklim değışikliğı bağlamında kuraklığın gidişinin araştırılmasına yönelik olarak, yağış miktarlarındaki değışimler, dünyada ve ülkemizde çok sayıda araştırmaya konu olmuştur. Yağışlarda 1901–2005 arasındaki doğrusal trendler yüksek derecede mekânsal değışkenlik gösterse de, yıllık toplam yağışların, genel olarak, Kuzey ve Güney Amerika'da, Avrasya kıtasında ve Avustralya'da arttığı; batı Afrika'da,

Sahel’de, Güney Amerika’nın batı kıyılarında ve Akdeniz havzasında önemli derecede azaldığı gözlenmiştir (Homar vd., 2010).

Ülkemizin su kaynakları açısından zengin olmaması, küresel ısınma nedeniyle meydana gelebilecek olası kuraklıkların daha şiddetli hissedilebileceğine yönelik endişelerin başlıca nedenidir. Ülkemizde de yağış toplamalarının, küresel ısınmayla nasıl değiştiği, kuraklığa ve taşkına yol açma potansiyellerindeki değişimleri ortaya çıkarma bağlamında, nasıl değiştiğine yönelik çok sayıda araştırma yapılmıştır. Gerek ulusal ölçekte olup tüm Türkiye’yi kapsayan gerekse bölgesel ölçekteki çalışmalar (örneğin, Partal ve Kahya, 2006; Tayanç vd. 2009; Türkeş vd., 2009; Yeşilirmak vd., 2011; Toros, 2012; Yeşilirmak, 2014; Çiçek ve Duman, 2015; Bacanlı, 2017; Hadi ve Tombul, 2018; Yeşilirmak ve Atatanır, 2021; Mersin vd., 2022; Kömüşçü ve Aksoy, 2023; Yetik vd., 2023), batı Anadolu’da yıllık toplam yağışların doğrusal trendlerin (artış veya azalış) yönleri, büyüklükleri ile istatistiksel önem düzeyleri istasyonlar arasında değişmekle birlikte, genel olarak önemli bir değişim olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla, yağış toplamaları açısından bakıldığında, son 30-40 yıl içerisinde batı Anadolu’da kuraklık hadisesi açısından endişe verici bir durumun oluşmadığı söylenebilir. Diğer yandan, yağış toplamalarına (örneğin, aylık yağış toplamı) dayalı çalışmaların yanıltıcı olabileceğine yönelik görüşler de vardır (Cindrić vd., 2010; Yang vd., 2021). Buna göre, belirli bir periyot içindeki şiddetli bir yağış hadisesini takiben uzun bir yağışsız dönemin meydana gelmiş olması, söz konusu periyodun yağışlı olarak düşünülmesine neden olabilir (Cindrić vd., 2010; Yang vd., 2021). Bu argümana dayanarak, daha yakın zamanlarda, kurak ve yağışlı dönemlerdeki değişimlerin de incelenmesine yönelik çalışmalar yoğunlaşmıştır (örneğin, Ratan ve Venugopal, 2013; Baltacı ve Arslan, 2022; Anandhi vd., 2016; Huang vd., 2017; Huang vd., 2023; Caloiero ve Coscarelli, 2020; Mengistu vd., 2021; Mahbod vd., 2023; Motamedi vd., 2023; Schmidli ve Frei, 2005).

Bir kurak gün (İng: “dry day”) veya yağışlı gün (İng: “wet day”), günlük yağış miktarının belirli bir sabit (veya, eşik) değerin değer, sırasıyla, altında veya üstünde olduğu gün olarak tanımlanır (Deni ve Jemain, 2009). Dolayısıyla, bir kurak dönem (İng: “dry spell”) veya yağışlı dönem (İng: “wet spell”), sırasıyla, söz konusu kurak günlerin ve yağışlı günlerin ardışık olarak oluşturduğu periyottur (Deni ve Jemain, 2009). Burada, bir kurak günü veya yağışlı günü, dolayısıyla bir kurak dönemi veya yağışlı dönemi, tanımlamada kullanılan eşik veya sabit değerin ne olduğu önemlidir. Bu

konuda, araştırmacıların üzerinde mutabık kaldığı bir değer yoktur. Genel olarak, 0,1, 1, 5, 10 mm/gün gibi değerler kullanılmaktadır (She ve Xia, 2013; Nastos ve Zerefos, 2009; Kutiel, 1985). Bunun yanında, tüm lokasyonlar için geçerli tek bir eşik değer yerine, her lokasyon için farklı bir eşik değer kullanıldığı çalışmalar da vardır, örneğin, persentile dayalı (ortalama günlük yağışın %10'u gibi) (Ratan ve Venugopal, 2013) veya uzun dönemli ortalama günlük yağış (Singh ve Ranade, 2010). Yakın zaman içinde, Rivoire vd. (2019), kurak dönemin tanımlanmasında ve analizinde, özellikle tarımsal amaçlı değerlendirmede, atmosferik buharlaşma talebinin (İng: "atmospheric evaporative demand") dikkate alınmasının daha uygun olabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada, plüviyometrenin ölçebildiği günlük minimum yağış miktarı olan 0,1 mm eşik değer olarak seçilmiştir. Yani, 0,1 mm'den az yağışın kaydedildiği gün "kurak gün" ve fazla olduğu gün "yağışlı gün" olarak tanımlanmıştır. Bu düzeyde bir plüviyometre çözünürlüğü, kurak ve yağışlı günleri ayırabilir ve kuraklığa yol açan dönemlerle ilişkilendirilebilir (Lana vd., 2006). Çalışma alanının yarı-kurak iklim karakteri nedeniyle, daha yüksek düzeyde bir eşik değer, kurak ve yağışlı dönem sayısının azalmasına yol açacağı; böyle bir durumda da elde edilen az sayıdaki verinin güvenilir bir istatistiksel analiz için yeterli olmayabileceği düşünülmüştür (Lana vd., 2006). Benzer bir argümanla, Deni vd. (2010), nemli bir iklime sahip olan Malezya'da 0,1 mm/gün eşik değerinin oldukça düşük olacağını düşünerek, eşik değer olarak 1 mm/gün kullanmıştır. Çalışmasında tek bir eşik değer kullanan araştırmacılar olduğu gibi, yukarıda verilen eşik değerlerden birden fazlasını kullanma yoluna giden araştırmacılar da olmuştur (örneğin, Serra vd., 2006; Lana vd., 2006; Serra vd., 2014; Cindrić Kalin ve Pasarić, 2022; Tolika ve Maheras, 2005; Anagnostopoulou vd., 2003).

Kurak ve yağışlı dönem tanımıyla ilintili çok sayıda indis önerilmiştir. Bu çalışmada, Huang vd. (2017) tarafından önerilen, normal, ekstrem ve yapı indisleri olmak üzere üç kategori altında toplanmış toplam 13 adet indis üretilmiştir. Normal indisler, kurak/yağışlı dönemlerin yıl içindeki ortalama sayısı ve ortalama uzunluklarıyla; ekstrem indisler, adından da anlaşılacağı üzere, ekstrem nitelikteki kurak/yağışlı dönemlerle ilintilidir. Yapı indisleri ise, farklı sürelerdeki kurak/yağışlı dönemlerin frekansı ve toplam içindeki oranları ile ilgilidir. İndislerin ayrıntılı tanımları Çizelge 3.2'de verilmiştir. Bu çalışmada, indislerin zamansal ve mekansal değişimleri ile ekstrem nitelikte olanların istatistiksel yapısı incelenmiştir.

5.1. Mekansal Analiz

Normal indis kategorisinde yer alan ve KDS ve YDS ile sembolize edilen indisler, sırasıyla, kurak ve yağışlı dönem sayılarını göstermektedir. Bu indislerin hesaplanmasında, kurak/yağışlı dönemlerin uzunluğunun bir önemi yoktur. Bir gün dahi süren dönemler hesaba katılmıştır. Kurak ve yağışlı dönemler birbirini takip ettiği için, herhangi bir zaman aralığında (örneğin, bir takvim yılı içinde) sayıları birbirine eşit olmakta veya biri diğerinden bir eksik veya fazla olmaktadır. Bu nedenle, bu indislerin uzun yıllar içindeki herhangi bir istasyondaki ortalama değerleri ve dolayısıyla, çalışma alanındaki mekânsal dağılımları (sırasıyla, Şekil 4.47a ve Şekil 4.49a) tamamen birbirinin aynıdır. En az sayıda kurak/yağışlı dönem, çalışma alanının güney batısında gerçekleşmektedir. Burada, yılda ortalama olarak 30-35 kez kurak/yağışlı dönem meydana gelmektedir. Mekansal değişim paterni güneybatıdan kuzeydoğuya doğru artış şeklindedir. Kuzeydoğuda yılda ortalama olarak 45'den fazla kurak/yağışlı dönem meydana gelmektedir. Güneyde yer alan ve yıllık ortalama yağışı 1000 mm'den fazla olan Antalya, güneybatıdaki istasyonlarla benzer şekilde, yılda ortalama olarak 35 kez kurak/yağışlı dönem yaşamaktadır.

KDO indisi ile sembolize edilen kurak dönemlerin ortalama süresinin mekansal değişim paterni, kurak dönem sayısına (KDS) ait paternin tam tersidir. Kurak dönem sayısı güneybatıdan kuzeydoğuya doğru artarken, kurak dönem ortalama süresi aynı yönde azalmaktadır. Güneybatıda kurak dönemler ortalama olarak 8-10 gün sürerken, bu süre kuzeydoğuda yaklaşık 4-5 gündür. Bu iki indise ait sonuçlar birbiri ile uyumludur. Güneybatı nispeten daha az sayıda ve daha uzun süren kurak dönemlerle karakterize iken, kuzeydoğu daha çok sayıda ve daha kısa süreli kurak dönemler yaşamaktadır. Kuzeydoğudaki kurak dönemlerin, daha sık bir şekilde yağışlı dönemlerle kesildiği ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçlar, yıllık toplam yağışın yıl içindeki dağılımının, kuzeydoğuda nispeten daha homojen, güneybatıda ise nispeten daha heterojen olduğunu ima etmektedir. Gerçekten de, Yeşilirmak ve Atatanır (2016), aynı bölgede, yıllık toplam yağışın aylar arasındaki dağılımın kuzeydoğuda daha dengeli, güneybatıda ise daha dengesiz olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, çalışma alanının güneybatısının, hem kuraklık hem de sel riski açısından en duyarlı kısım olduğunu göstermektedir.

Yağışlı dönemlerin ortalama süresi (YDO indisi), istasyonlar arasında 1,9 ile 2,5 gün arasında değişmektedir. En uzun süreler (2,5 gün), güneybatıda ve kuzey ile

kuzeydoğudadır. Çalışma alanının merkezine doğru azalarak 1,9 güne inmektedir. Kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda, yine, en düşük değerlerin meydana geldiği bir bölüm söz konusudur. Ortalama yağışlı dönem süresi, istasyonlar arasında çok az değişmektedir ve bu değişim 1 günden daha azdır.

Ekstrem kurak dönem indisi olarak, KDL ve EKDS95, iki indis benimsenmiştir. KDL indisi, yıl içindeki en uzun (maksimum) kurak dönemin gün olarak süresidir. EKDS95 indisi ise, bir yıl boyunca kurak dönemlerin %95'inden uzun olan kurak dönemlerin toplam gün sayısıdır. Başka bir ifadeyle, yıl içindeki tüm kurak dönemlerin en uzun %5'inin sürelerinin toplamıdır. Bu iki indisin uzun dönem ortalamalarının mekânsal değişimi birbirine benzer olup, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru azalan bir eğilim göstermektedir. En uzun kurak dönemler, ortalama olarak, güneybatıda 75 günden fazla sürmekte, yer yer bazı lokasyonlarda 100 günü aşmaktadır. Neredeyse yılın 2,5-3 ayı hiç yağış gerçekleşmemiştir. Bu süre kuzeydoğuda 30-45 gün arasındadır. En uzun %5 kurak dönemin toplamı ise, güneybatıda 130 güne yaklaşmakta, kuzeydoğuda 60 güne çıkmaktadır. Bu paternler, ortalama kurak dönem süresine ait patern ile uyumludur. Kurak dönemler sadece ortalama süre olarak değil aynı zamanda ekstrem süre olarak güneybatıda en fazla, kuzeydoğuda en azdır. Dolayısıyla, kurak dönem açısından yapılacak bir kuraklık stresi değerlendirmesinde, uzun dönemli ortalamalar temel alındığında, en fazla stresin çalışma alanının güneybatı kesiminde, en az stresin ise kuzeydoğu kesiminde meydana geldiği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, ekstrem yağışlı dönemleri karakterize etmede üç indis (YDL, UYDM ve EYDM95) kullanılmıştır. YDL olarak kısaltılan indis, bir yıl içindeki yağışlı dönemlerin içinde en uzun olanının süresidir. UYDM ise, bir yıl içinde en fazla yağışın meydana geldiği yağışlı dönemdeki yağış miktarıdır. EYDM95 de, bir yıl boyunca yağışlı dönemlerin %95'inden uzun olan yağışlı dönemlerin toplam yağış miktarıdır. Yani, yıl içindeki tüm yağışlı dönemlerin en uzun %5'inin sürelerinin toplamında gerçekleşen toplam yağış miktarıdır. En uzun yağışlı dönemlerin uzun dönem ortalamasının çalışma alanı içindeki mekânsal değişimi, genel olarak kuzeyden güneye doğru bir azalma eğilimi göstermesine rağmen, güneybatıda yer alan Muğla ve Yatağan civarında tekrar kuzeydeki seviyelere çıkmaktadır. Kuzeydeki Bursa, Keles ve Bandırma çevresinde en uzun yağışlı dönemlerin ortalaması 10 gün civarındadır. Muğla ve Yatağan çevresinde de yine yaklaşık 10 gündür. İç kesimlerde, güneyde, batıda ve kuzeybatıda ise 6-7 gün arasındadır. Ekstrem yağış süresi (yani, YDL), kuzeyde ortalama

10 gün ile en yüksek seviyelerde olmasına karşın bu bölge, çalışma alanı içinde en yüksek miktarda ekstrem yağış alan yerler değildir. Ekstrem yağışların en fazla olduğu yerler, Antalya, Marmaris, Muğla, Köyceğiz, Finike, Dalaman, Fethiye gibi, çalışma alanının güneyinde ve güneybatısındaki lokasyonlardır. Buralarda, en yağışlı tek bir yağışlı dönemde ortalama olarak 150 ile 235 mm arasında yağış gerçekleşmektedir. Yine bu lokasyonlar, en uzun %5 yağışlı dönemlerde toplamda ortalama olarak 237 ile 375 mm arasında yağış almaktadır. Bu sonuçlar, çalışma alanının güneyinin ve güneybatısının (Antalya, Marmaris, Muğla, Köyceğiz, Finike, Dalaman, Fethiye) sel riski açısından, en duyarlı bölgeler olduğunu göstermektedir.

5.2. Zamansal Analiz

Bir yıl içindeki kurak ve yağışlı dönemlerin ortalama sayıları (sırasıyla, KDS ve YDS indisleri), sırasıyla, 5 ve 4 istasyonda %5 düzeyinde istatistiksel önemli azalış göstermiştir. Bu değerler, oransal olarak, istasyonların sadece, sırasıyla, %10,6'sı ile %8,5'ine karşılık gelmektedir. Bu iki indis için diğer tüm istasyonlardaki azalış ve artışlar önemsiz bulunmuştur. Dolayısıyla, çalışma alanı geneli için kurak/yağışlı dönem sayılarında ciddi bir değişim olmadığı söylenebilir. Burada, dönemlerin uzunlukları önemli değildir. Süreleri ne olursa olsun tüm kurak veya yağışlı dönemler bir arada değerlendirilmiştir. Farklı sürelerdeki dönemler de “yapı indisleri” kategorisinde yer alan indislerle ele alınmıştır. Kurak dönemler 5'er günlük (örneğin, 1 ile 5 gün arasında, 6 ile 10 gün arasında sürenler gibi), yağışlı dönemler ise 1'er günlük (1, 2, 3 gün sürenler gibi) dilimlere ayrılmıştır. 1 ile 5 gün arasındaki kurak dönem sayısında büyüklük (İng: “magnitude”) olarak oldukça yüksek bir azalış eğilimi olsa da, sadece 1. Bölge ile tüm bölgede istatistiksel olarak önemlidir. Diğer dilimlerde, 1. Bölgede 11-15 gün hariç olmak üzere, çok büyük çoğunlukla istatistiksel olarak önemli olmayan artışlar söz konusudur. 1. Bölgede 11-15 gün, istatistiksel olarak önemli artışa sahiptir.

Batı Anadolu'da kurak dönemlerin ortalama süresi istasyonların hiçbirinde istatistiksel olarak önemli bir azalış göstermezken, 11 istasyonda istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir. Bu 11 istasyon toplam istasyon sayısının %23,4'üne karşılık gelmektedir. Diğer yandan, yağışlı dönem süresi de 2 istasyon artan, 3 istasyonda ise azalan yönde olmak üzere istatistiksel olarak önemli doğrusal değişim göstermiştir. Dolayısıyla, yağışlı dönem süresinin çalışma alanının tamamı için kayda değer değişim içinde olmadığı söylenebilir. Kurak dönem süresinin istasyonların %23,4'ünde önemli

düzeyde artmış olması dikkat çekicidir. Kurak dönem sayılarındaki önemsiz değişime rağmen, kurak dönemlerin göreceli olarak daha uzun sürdüğü fark edilebilir. Daha uzun bir kurak dönem, doğal olarak, toprak neminde, su kaynaklarında daha fazla azalmaya yol açacağı açıktır.

İklim değişikliği, sadece ortalama değerlerle ilgili değildir. Ortalama sıcaklıklarda veya yağışlarda azalma veya artış meydana gelmesinin yanında, ekstrem hadiselerde de değişim meydana gelmesi beklenmektedir. İklim değişikliği, her yıl daha şiddetli sıcak hava dalgaları, kuraklıklar ve şiddetli yağışlar gibi ekstrem hadiselerle kendini belli etmekte ve bu durum insanlar, eşya ve doğa üzerinde daha önce olmayan etkilere yol açmaktadır (Clarke vd., 2022). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 1990 tarihli ilk değerlendirme raporunda ekstrem hadiselerde artış olduğuna yönelik bir kanıt olmadığı belirtilmesine rağmen, daha sonraki yıllardaki gelişmeler sonucunda, daha yakın yıllardaki raporlarda ekstrem hadiselerde artış olduğu belirtilmiştir (Hay vd., 2016). Kurak/yağışlı dönem çalışmalarında, kurak/yağışlı dönemlerin frekansları ve ortalamaları yanında, kurak/yağışlı dönemlerin ekstrem durumları da araştırma konusu olmuştur. Bu çalışmada, 5 farklı ekstrem kurak/yağışlı dönem indisi benimsenmiştir. Bunlar, kurak dönemlerin yıllık maksimum uzunluğu (KDL), kurak dönemlerin %95'inden uzun olan kurak dönemlerin toplam gün sayısı (EKDS95), Yağışlı dönemlerin yıllık maksimum uzunluğu (YDL), yağışlı dönemlerdeki yıllık maksimum yağış miktarı (UYDM) ve yağışlı dönemlerin %95'inden uzun olan yağışlı dönemlerdeki toplam yağış miktarıdır (EYDM95). Sadece istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli değişimler dikkate alındığında, istasyonların, KDL için %12,8'inde azalış, EKDS95 için %8,5'unda azalış, YDL için %10,6'sında azalış %4,3'ünde artış, UYDM için %4,3'ünde artış %4,3'ünde azalış ve EYDM95 için %8,5'inde azalış görülmüştür. İstasyonların, yaklaşık yüzde onundan daha azında herhangi bir ekstrem indis için istatistiksel olarak önemli bir değişim söz konusudur. Dolayısıyla, çalışma alanı geneli için ekstrem kurak/yağışlı dönem indislerinde kayda değer bir değişim olmadığı söylenebilir.

5.3. Yapısal Analiz

Bu çalışmada türetilen indislerin yer aldığı üçüncü kategori yapı indisleridir. Bu tür indislerde amaç farklı sürelerdeki kurak/yağışlı dönemlerin yıl içindeki sayısını ve toplam içindeki paylarının ortaya konmasıdır. Diğer kurak/yağışlı dönem indisleri bu tür bir bilgi vermez. Örneğin, kurak/yağışlı dönem sayısı indislerinde (KDS ve YDS) süre gözetilmez; 1 gün süren dönemlerle çok daha uzun süren (örneğin, 60 gün süren bir kurak dönem) aynı şekilde değerlendirilir. Ortalama süre indisleri (KDO ve YDO) ile ekstrem süre indisleri de (KDL ve YDL), sırasıyla, ortalama ve maksimum durumlar hakkında bilgi verir. Kurak/yağışlı dönemlerin, süre açısından dağılımı ve toplam içindeki payları açısından bilgi vermez. Bu nedenle, kurak/yağışlı dönemler süre açısından da ayrıca değerlendirilmiştir. Çalışma alanındaki lokasyonlarda yağışlı dönemler süre açısından çok uzun değildir. Yağışlı dönemlerin ortalama uzunlukları, lokasyonlar arasında değişmekle, 2 ile 2,5 gün arasındadır. Diğer yandan, çok az sayıda yağışlı dönem 10 günden fazla sürmektedir. Dolayısıyla, yağışlı dönemleri 1'er günlük gruplara ayırmak (örneğin, 1 gün sürenler, 2 gün sürenler, 3 gün sürenler gibi) oldukça pratik olacağından böyle bir yol tercih edilmiştir. Kurak dönemler ise süre açısından çok uzun olabilmektedir. Kurak dönemlerin maksimum uzunluklarının ortalamasından da (KDL indisi) anlaşılacağı üzere, kurak dönemler 100 günden fazla sürebilmektedir. Dolayısıyla, kurak dönemleri 1'er günlük gruplara ayırmak pratik olmayacağı için daha geniş dilimlere ayırma yoluna gidilmektedir. Örneğin, Serra vd. (2006), kurak dönemleri, 1 ile 10 gün arasında sürenler, 11 ile 20 gün arasında sürenler ve 20 günden fazla sürenler olmak üzere, temel olarak 10'ar günlük üç grup halinde incelemiştir. Huang vd. (2017) ise 5'er günlük gruplara ayırmayı tercih etmiştir. Bu çalışmada, Huang vd. (2017) takip edilerek, kurak dönemler 5'er günlük gruplara (1 ile 5 gün arasında sürenler, 6 ile 11 gün arasında sürenler gibi) ayrılmış, 40 günden fazla sürenler ise tek bir grup altına alınmıştır.

Çalışma alanında, 1 ile 5 gün arasında süren kurak dönemler toplam kurak dönemlerin %60'ından fazlasını oluşturmaktadır. Diğer yandan, 6 ile 10 gün sürenler ise, toplam kurak dönemlerin %15 ile %20'si arasındadır. Dolayısıyla, 10 gün ve daha kısa süreli kurak dönemler, tüm kurak dönem sayısının %80'inden fazlasını oluşturmaktadır. Kurak dönem süresi uzadıkça meydana gelme sayısı azalmaktadır. En düşük meydana gelme sayısı 36-40 gün arasında süren kurak dönemlere ait olup tüm kurak dönemler içindeki oranı yaklaşık %0,5'dir. Süresi 40 günden daha fazla olan

kurak dönemlerin oranı %2,5 civarındır. Alt bölgeler arasında bu açıdan belirgin bir fark bulunmamaktadır. Sadece 40 günden uzun süren kurak dönemlerin 1. Bölgedeki oranı, diğerlerine göre biraz daha düşüktür. Her ne kadar 40 gün'den uzun süren kurak dönemler, tüm kurak dönemlerin az bir kısmını oluştursa da, toplam kurak gün sayısına katkısı, 1. Bölge haricinde, en fazla olandır. Bu dönemi, 1-5 gün, 6-10 gün ... şeklinde diğer kurak dönemler takip etmektedir. Diğer yandan, 1. Bölgede ise, yıllık toplam kurak gün sayısına en fazla katkı veren kurak dönemler, sırasıyla, 1-5 gün, 6-10 gün ve 11-15 gündür. Bunları, 40 günden uzun süren kurak dönemler takip etmektedir. Bu sonuçlar, diğer kurak dönem indisleri ile uyumlu olup, 1. Bölgede, güneydeki Antalya civarı hariç tutulursa, 2. ve 3. Bölgeye nazaran, kurak dönemlerin daha sık bir şekilde yağışlı dönemlerle kesildiğini, daha sık meydana gelen daha kısa süreli kurak dönemlerin hâkim olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanına kısa süreli yağışlı dönemler hâkimdir. Tüm yağışlı dönemlerin %40'ından fazlası 1 günlük yağışlardır. Onu, azalan oranlarda diğer süreler takip etmekte ve dolayısıyla en düşük orana sahip olan yağışlı dönem 9 gün veya daha uzun süren yağışlı dönemlerdir. Süresi 9 gün veya daha uzun olan yağışlı dönemler, tüm yağışlı dönemlerin yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Alt bölgeler arasında bu açıdan ciddi bir fark bulunmamaktadır. Fakat, en sık meydana gelen yağışlar 1 günlük yağışlar olmasına rağmen, yıllık toplam yağışa katkısı en fazla olan yağışlı dönemler, 2 gün, 3 gün ve 4 gün süren yağışlı dönemlerdir. Onları 1 günlük yağışlı dönemler takip etmektedir. Ortalama olarak, yıllık toplam yağışın yarıya yakını 2, 3 ve 4 günlük yağışlı dönemlerden gelmektedir. Süresi 1 gün olan yağışlı dönemlerin toplam yağışa katkısı %10 ile %15 arasındadır. Yağışlı dönemlerdeki toplam yağışın yıllık toplam yağışa katkısı açısından bölgeler arasında, 1 ve 2 günlük yağışlı dönemlerle 9 gün veya daha uzun süren dönemler arasında fark yoktur. 3. Bölgede süresi 1 ve 2 gün olan yağışlı dönemlerin toplam yağışa katkısı, 1. ve 2. Bölgeye nazaran daha az iken, 9 veya daha uzun süren yağışlı dönemlerde daha fazladır. 3. Bölge (çalışma alanının güneybatısı) aynı zamanda, ekstrem yağışlı dönem indisleri ile karakterizedir.

5.4. Bölgesel Analiz

Ekstrem indisler için bölgesel frekans analizi amacıyla 47 istasyonun L-momentleri ve L-moment oranları hesaplanmıştır. Çalışma alanı, uyumsuzluk (D_i) ve heterojenlik (H) ölçüleri testleri sonucu tek homojen bölge olarak ele alınmasının mümkün olmadığından 3 alt bölgeye ayrılmıştır. Bu alt bölgeler çalışma alanında homojen bölge oluşturmakta başlangıç olmuştur. Her ekstrem indis için oluşturulan alt bölgelere D_i ve H testleri tekrarlanmıştır.

Bu işlemler sonucunda:

- KDL indisi için sadece Muğla ve Yatağan istasyonları 3.Bölge'den 2.Bölge'ye; Nazilli istasyonu 2. Bölge'den 1.Bölge'ye taşınmıştır.
- EKDS95 indisi için Afyon istasyonu 1. Bölge'den 3. Bölge'ye; Burdur istasyonu 1.Bölge'den 2.Bölge'ye taşınmıştır.
- YDL indisi için Sultanhisar istasyonu çalışma alanından çıkarılmıştır.
- UYDM indisi için Bursa istasyonu 1. Bölge'den 2.Bölge'ye taşınmıştır. 3. Bölge'deki Marmaris istasyonu çalışma alanında çıkarılmıştır.
- EYDM95 indisi için Korkuteli ve Antalya istasyonları 1. Bölge'den 3.Bölge'ye; Yatağan istasyonu 3.Bölge'den 2.Bölge'ye taşınmıştır. 2.Bölge'deki Salihli ve 3.Bölge'deki Datça istasyonları çalışma alanında çıkarılmıştır.

Her bir indis için homojen bölgeler oluşturulduktan sonra $Z^{\text{Dağılım}}$ testine göre uygun dağılımlar belirlenmiştir. Bu test için Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV), Genelleştirilmiş Normal (GNO), Pearson Tip 3 (PE3) ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) olarak beş olasılık dağılım kullanılmıştır. $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonucuna göre homojen bölge için uygun olan tüm dağılımlar ve ek olarak Wakeby dağılımı (WAK) için parametre tahminleri hesaplanmıştır. Bu parametrelere göre her indis için farklı tekerrür periyotlarına (2, 5, 10, 20, 50, 100 ve 1000 yıl) karşılık boyutsuz verilere uydurulan ortak bölgesel olasılık dağılımların tekerrür fonksiyonlarının ($q(F)$) büyüme eğrisi grafikleri oluşturulmuştur ve gözlenmiş değerlerle kıyaslanmıştır. Bu çalışmada, aynı zamanda homojen bir bölge için en uygun dağılımı belirlemede L-Moment oranı diyagramları da kullanılmıştır. Tüm ekstrem indisler için bu görsel test ile $Z^{\text{Dağılım}}$ testi sonuçlarının uyumlu olduğu gösterilmiştir.

Çalışma alanında oluşturulan her homojen alt üç bölge için en uygun dağılımlar aşağıda listelendiği gibi belirlenmiştir:

- 1.Bölge’de KDL indisi için PE3, YDL için GEV, EKDS95 için PE3, EYDM95 için GNO ve UYDM için GNO dağılımları en uygun bulunmuştur.
- 2.Bölge’de KDL indisi için PE3, YDL için GEV, EKDS95 için PE3, EYDM95 için GNO ve UYDM için GEV dağılımları en uygun bulunmuştur.
- 3.Bölge’de KDL indisi için GLO, YDL için GLO, EKDS95 için GLO, EYDM95 için PE3 ve UYDM için GNO dağılımları en uygun bulunmuştur.
- Tüm indislere göre ağırlıklı olarak 1. Bölge’de PE3; 2. Bölge’de GEV; 3. Bölge’de ise GLO dağılımları uygun bulunmuştur. GPA dağılımı hiçbir bölge için uygun bulunmamıştır.

Tüm ekstrem indisler için homojen bölgelere göre en uygun olasılık dağılımları belirlendikten sonra çeşitli tekerrür periyotlarında muhtemel tekrarlanma miktarları tahmin edilmiştir ve Çizelge 5.1’de verilmiştir. Bu çizelgeden,

- 1.Bölgede 2 ile 1000 yıl arasında değişen tekerrür periyotlarında KDL için 41-120 gün, EKDS95 için 69-149 gün, YDL için 8-21 gün, UYDM için 79-298 mm ve EYDM95 için 136-379 mm arasında tahmin değerleri elde edilmiştir.
- 2. Bölgede 2 ile 1000 yıl arasında değişen tekerrür periyotlarında KDL için 67-167 gün, EKDS95 için 96-179 gün, YDL için 7-19 gün, UYDM için 94-291 mm ve EYDM95 için 162-420 mm arasında tahmin değerleri elde edilmiştir.
- 3. Bölgede 2 ile 1000 yıl arasında değişen tekerrür periyotlarında KDL için 95-208 gün, EKDS95 için 108-198 gün, YDL için 8-30 gün, UYDM için 142-422 mm ve EYDM95 için 255-668 mm arasında tahmin değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 5.1’de verilen sonuçlar da, çalışma alanının güneybatısını içine alan 3. Bölge’nin kuraklık ve taşkın açısından en duyarlı kesim olduğunu göstermektedir. 3. Bölge herhangi bir tekerrür periyodunda en yüksek değere sahiptir. Başka bir ifadeyle, 3. Bölgede, herhangi bir ekstrem kurak/yağışlı dönem hadisesinin bir yılda meydana gelme olasılığı en yüksektir. Örneğin, her yıl %50 olasılık ile (veya, 2 yılda bir) 3. Bölge’de 95 güne kadar sürebilecek bir kurak dönem meydana gelebilecek iken, aynı süre, 1. Bölge’de 41 gündür.

Çizelge 5.1. Üç alt bölgeye göre ekstrem indisler için farklı tekerrür periyotlarında tahmin edilen değerler

İndis	Tekerrür Periyotları, Yıl (T)	1.Bölge		2.Bölge		3.Bölge	
		q(F)	Q(F)	q(F)	Q(F)	q(F)	Q(F)
KDL (Gün)	2	0,932	41	0,964	67	0,995	95
	5	1,274	56	1,276	89	1,220	116
	10	1,495	66	1,461	102	1,354	129
	20	1,701	75	1,626	114	1,480	141
	50	1,958	86	1,823	128	1,642	156
	100	2,145	94	1,963	137	1,765	168
	1000	2,737	120	2,387	167	2,181	208
EKDS95 (Gün)	2	0,969	69	0,991	96	1,002	108
	5	1,208	86	1,204	117	1,174	127
	10	1,351	97	1,321	128	1,273	138
	20	1,480	106	1,420	138	1,363	147
	50	1,635	117	1,534	149	1,477	160
	100	1,746	125	1,612	157	1,560	169
	1000	2,084	149	1,838	179	1,831	198
YDL (Gün)	2	0,947	8	0,943	7	0,938	8
	5	1,199	10	1,208	9	1,206	10
	10	1,373	11	1,391	10	1,405	12
	20	1,544	13	1,572	11	1,620	13
	50	1,774	14	1,814	13	1,948	16
	100	1,951	16	2,002	14	2,239	19
	1000	2,575	21	2,665	19	3,571	30
UYDM (mm)	2	0,910	79	0,936	94	0,941	142
	5	1,273	111	1,255	126	1,274	192
	10	1,531	134	1,471	147	1,490	224
	20	1,789	156	1,683	168	1,694	255
	50	2,140	187	1,962	196	1,955	294
	100	2,416	211	2,176	218	2,150	323
	1000	3,416	298	2,909	291	2,803	422
EYDM95 (mm)	2	0,946	136	0,958	162	0,961	255
	5	1,246	180	1,263	214	1,304	346
	10	1,441	208	1,449	245	1,507	400
	20	1,626	234	1,620	274	1,687	447
	50	1,863	268	1,832	310	1,903	505
	100	2,040	294	1,987	336	2,055	545
	1000	2,634	379	2,480	420	2,518	668

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Çalışma alanının güneybatısı, hem kurak hem de taşkın riski açısından en duyarlı kesimdir.
- Kurak/yağışlı dönemlerde genellikle önemli bir zamansal değişim saptanmamıştır. Bu sonuçlar, aynı bölgede saptanan yağış toplamlarındaki genellikle istatistiksel olarak önemsiz değişimlerle uyumludur. Kurak/yağışlı dönemler açısından daha kurak veya daha yağışlı koşullara doğru önemli bir gidiş gözükmemektedir.
- Ekstrem indislerin bölgeselleştirilmesi sonucunda, 1.Bölge’de Pearson Tip III (PE3), 2.Bölge’de Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV) ve 3. Bölge’de Genelleştirilmiş Lojistik (GLO) dağılımları uygun bulunmuştur.
- Bölgeselleştirme sonuçları da çalışma alanının güneybatısını içine alan 3. Bölge’nin daha uzun veya daha şiddetli ekstrem kurak/yağışlı dönemlere maruz olduğunu göstermektedir.

Bu sonuçlara bağlı olarak aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

- Yüzey ve yeraltı sularının, gerek kentsel gerekse de tarımsal amaçlı yönetiminde kurak/yağışlı dönemlere ilişkin bilgilerin de kullanılması yararlı olabilir.
- Bu çalışmada söz konusu indisler yıllık ölçekte ele alınmıştır. Mevsimlik ölçekte veya bir yılın kurak mevsim/yağışlı mevsim şeklinde ikiye ayrıldığı şekliyle, araştırmanın daha hassas zamansal ölçekte tekrarlanması, daha yararlı bilgiler verebilir.
- Gerek yağış toplamaları gerekse de kurak/yağışlı dönemler açısından daha kurak koşullara doğru önemli bir gidişin gözükmemesi kuraklığa gidişin gerçekte olmadığı anlamına gelmeyebilir. Burada, evapotranspirasyon miktarındaki gidişler önemli olabilir. Sıcaklıklardaki artışa bağlı olarak evapotranspirasyondaki değişimler daha kurak koşullara gidişin varlığını daha net ortaya koyabilir. Dolayısıyla, kuraklık analizlerinde evapotranspirasyonun hesaba katılması yerinde olacaktır.



KAYNAKLAR

- Alyamani, M.S. ve Sen, Z. (1997). Spatio-temporal dry and wet spell duration distributions in south-western Saudi Arabia. *Theoretical and Applied Climatology*, 57, 165 – 179.
- Alila, Y. (1999). A hierarchical approach for the regionalization of precipitation annual maxima in Canada. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 104, 31645–31655. <http://doi.org/10.1029/1999JD900764>
- Anagnostopoulou, C., Maheras, P., Karacostas, T. ve Vafiadis, M. (2003). Spatial and temporal analysis of dry spells in Greece. *Theoretical Applied Climatology*, 74, 77–91.
- Anlı, S.A. (2009). *Ankara’da meydana gelen yağmurların L-Moment yöntemi ile bölgesel frekans analizi*. [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=NtBAevXNhYaNqJFoAcdBdpqiONMJJoKSGWkdAFV78eYMBToiqxYyYOOpFt4JQYy0TY>
- Anandhi, A., Hutchinson, S., Harrington, J., Rahmani, V., Kirkham, M.B. ve Rice, C.W. (2016). Changes in spatial and temporal trends in wet, dry, warm and cold spell length or duration indices in Kansas, USA. *International Journal of Climatology*, 36, 4085-4101.
- Aşıkoğlu, Ö.L. (2017). Frekans Analizinde Alternatif Bir Parametre Tahmin Metodu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 445-459. <https://doi.org/10.15317/Scitech.2017.104>
- Atal, K.R. ve Zende, A.M. (2015). Wet and dry spell characteristics of semi-arid region, western Maharashtra, India. *E-proceedings of the 36th IAHR World Congress 28 June – 3 July, 2015, The Hague, the Netherlands*.
- Aydın, O. ve Çiçek, İ. (2013). Ege Bölgesi’nde yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11(2), 101-120.
- Bacanlı, G.Ü. (2017). Trend analysis of precipitation and drought in the Aegean region, Turkey. *Meteorological Applications*, 24, 239-249.

- Baltacı, H. ve Arslan, H. (2022). Seasonal and regional variability of wet and dry spell characteristics over Turkey, *Atmospheric Research*, 270.
- Bayazıt, M. (1981). *Hidrolojide İstatistik Yöntemler*. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik ve Su Kuvvetleri Kürsüsü.
- Bayazıt, M. ve Önöz B. (2007). To Prewhitten or not to prewhitten in trend analysis. *Hydrological Sciences Journal*, 52, 611-624.
- Bayazıt, M. ve Önöz, B. (2008). *Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi: Nobel Yayın Dağıtım.
- Breinl, K., Di Baldassarre, G., Mazzoleni, M., Lun, D. ve Vico, G. (2020). Extreme dry and wet spells face changes in their duration and timing. *Environmental Research Letters*, 15, 074040. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7d05>
- Burn, D.H., Cunderlik, J.M. ve Pietroniro, A. (2004). Hydrological trends and variability in the Liard River basin. *Hydrological Sciences Journal*, 49, 53-67.
- Caloiero, T. ve Coscarelli, R. (2020). Analysis of the Characteristics of Dry and Wet Spells in a Mediterranean Region. *Environmental Processes*, 7, 691–701. <https://doi.org/10.1007/s40710-020-00454-3>
- Cindrić Kalin K. ve Pasarić, Z. (2022). Regional patterns of dry spell durations in Croatia. *International Journal of Climatology*, 42(11), 5503–5519.
- Cindrić, K., Pasarić, Z. ve Gajić-Čapka, M. (2010). Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 102, 171-184.
- Clarke, B., Otto, F., Stuart-Smith, R. ve Harrington, L. (2022). Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. *Environmental Research: Climate*, 1 (012001). <https://doi.org/10.1088/2752-5295/ac6e7d>
- Çiçek, İ. ve Duman, N. (2015) Seasonal and annual precipitation trends in Turkey. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2), 77 – 84.
- Dalrymple, T. (1960). *Flood frequency analyses*. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1543-A, Washington, D.C.
- Deni, S.M. ve Jemain, A.A. (2009) Fitting the distribution of dry and wet spells with alternative probability models. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 104(1–2), 13–27.

- Deni, S.M., Suhaila, J., Wan Zin, W.Z. ve Jemain, A.A. (2010) Spatial trends of dry spells over Peninsular Malaysia during monsoon seasons. *Theoretical and Applied Climatology*, 99, 357–371. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0147-4>
- De Lima, M.I.P., Santo, F.E., Ramos, A.M. ve Trigo, R.M. (2015). Trends and correlations in annual extreme precipitation indices for mainland Portugal, 1941–2007. *Theoretical and Applied Climatology*, 119, 55–75.
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ. ve Çetin, E. (2018). Türkiye Su Erozyonu Atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/yay%C4%B1nlar/yay%C4%B1nlar%202019/T%C3%BCrkiye%20Su%20Erozyonu%20Atlas%C4%B1.pdf>
- Esmailpour, M., Ghasemi, A.R., Khoramabadi, F. ve Rashedi, S. (2021). Spatiotemporal variability of trend in extreme precipitations using fuzzy clustering over Northwest Iran. *Earth Science Informatics*, 14, 2123–2132.
- Greenwood, J. A., Landwehr, J.M., Matalas, N. C. ve Wallis, J.R. (1979). Probability weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. *Water Resources Research*, 15(5), 1049-1054.
- Guntu, R.K., Maheswaran, R., Agarwal, A. ve Singh, V.P. (2020). Accounting for temporal variability for improved precipitation regionalization based on self-organizing map coupled with information theory. *Journal of Hydrology*, 590, 125236. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125236>
- Guo, Y., Zhang, Y., Zhang, L. ve Wang, Z. (2020). Regionalization of hydrological modeling for predicting streamflow in ungauged catchments: A comprehensive review, WIREs Water, 8, e1487, 2021. <https://doi.org/10.1002/wat2.1487125236>
- Hadi, S.J. ve Tombul, M. (2018). Long-term spatiotemporal trend analysis of precipitation and temperature over Turkey. *Meteorological Applications*, 25, 445–455.
- Hay, J.E., Easterling, D., Ebi, K.L ve Parry, M. (2016). Introduction to the special issue: observed and projected changes in weather and climate extremes. *Weather and Climate Extremes*, 11, 1-3.

- Homar, V., Ramis, C., Romero, R. ve Alonso, S. (2010). Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change*, 98, 199–211.
- Hosking, J.R.M. (1986). *The Theory of Probability Weighted Moments*. Research Report RC 12210, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
- Hosking, J.R.M. (1990). L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 52(1), 105-124.
- Hosking, J.R.M. ve Wallis, J. R. (1993). Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*, 29, 271-281.
- Hosking, J.R.M. ve Wallis, J. R. (1997). *Regional frequency analysis: an approach based on L-Moments*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Huang, J., Chen, X., Xue, Y., Lin, J. ve Zhang, J. (2017). Changing characteristics of wet/dry spells during 1961–2008 in Sichuan province, southwest China. *Theoretical and Applied Climatology*, 127, 129-141.
- Huang, L., Du, H., Dang, Y., He, H.S., Wang, L., Na, R., Li, N. ve Wu, Z. (2023). Observed and projected changes in wet and dry spells for the major river basins in East Asia. *International Journal of Climatology* , 43, 1-18.
- Ibrahim, M.N. (2019). Generalized distributions for modeling precipitation extremes based on the L moment approach for the Amman Zara Basin, Jordan. *Theoretical Applied Climatology*, 138, 1075–1093.
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>
- Kılıçaslan, A. (1987). *Adana’da kurak ve yağışlı geçen günlerin olasılıkları ve yağışlı geçen günlerin ortalama uzunluğu üzerinde bir çalışma*. [Yüksek lisans tezi,

- Kömüşcü, A.Ü. ve M. Aksoy. (2023). Long-term spatio-temporal trends and periodicities in monthly and seasonal precipitation in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 151, 1623-1649,
- Kutiel, H. (1985). The multimodality of the rainfall course in Israel, as reflected by the distribution of dry spells. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 36(1), 15–27.
- Lana, X. Martinez, M.D., Burgueño, A. ve Serra, C. (2006). Distributions of long dry spells in the Iberian Peninsula, years 1951-1990. *International Journal of Climatology*, 26(14), 1999 – 2021.
- Lana, X., Martinez, M.D., Burgueño, A. ve Serra, C. (2008). Return period maps of dry spells for Catalonia (NE Spain) based on the Weibull distribution and L-moments. *Hydrological Sciences*, 53(1), 48-64.
- Landwehr, J.M., Matalas, N.C. ve Wallis, J.R. (1979a). Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions. 1.Know Lower Bounds. *Water Resources Research*, 15(6), 1361-1372.
- Landwehr, J.M., Matalas, N.C. ve Wallis, J.R. (1979b). Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions. 1.Unknow Lower Bounds. *Water Resources Research*, 15(6), 1373-1379.
- Li, X., Meshgi, A. ve Babovic, V. (2016). Spatio-temporal variation of wet and dry spell characteristics of tropical precipitation in Singapore and its association with ENSO. *International Journal of Climatology*, 36, 4831- 4846.
- Li, Z., Li, Y., Shi, X. ve Li, J. (2017). The characteristics of wet and dry spells for the diverse climate in China. *Global and Planetary Change*, 149, 14-19.
- Llano, M.P. ve Penalba O.C. (2011). A climatic analysis of dry sequences in Argentina. *International Journal of Climatology*, 31, 504–513.
- Mahbod, M., Mashayekhi, S., Rafiee, M. R. ve Parnian, A. (2023). Spatio-temporal variations of wet and dry spells in Iran and their association with large-scale climatic indices. *International Journal of Climatology*, 43(6), 2754–2775.

- Manabe, S. (2019). Role of greenhouse gas in climate change. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 71 (1).
<https://doi.org/10.1080/16000870.2019.1620078>
- Mathugama, S. ve Peiris, T. (2011). Critical evaluation of dry spell research. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 11, 153–160.
- Mengistu, M.G., Olivier, C., Botai, J.O., Adeola, A.M. ve Daniel, S. (2021). Spatial and temporal analysis of the mid-summer dry-spells for the summer rainfall region of South Africa. *Water SA*, 47(1), 76–87.
- Mersin, D., Tayfur, G., Vaheddoost, B. ve Safari, M.J.S. (2022). Historical Trends Associated with Annual Temperature and Precipitation in Aegean Turkey, Where Are We Heading? *Sustainability*, 14(20), 13380.
- MGM. (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü İstasyon Bilgileri Veritabanı. <https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx>, [Erişim tarihi:22/10/2020].
- Modarres, R. (2010). Regional Dry Spells Frequency Analysis by L-Moment and Multivariate Analysis. *Water Resources Management*, 24, 2365–2380.
- Motamedi, A., Gohari, A. ve Haghighi, A.T. (2023). Three-decade assessment of dry and wet spells change across Iran, a fingerprint of climate change. *Scientific Reports*, 13, 2888. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30040-0>
- Nastos, P.T. ve Zerefos, C.S. (2009). Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece. *Atmospheric Research*, 94(4), 616–628.
- Partal, T. ve Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes* 20, 2011-2026.
- Petrescu, A.M.R., Peters, G.P., Janssens-Maenhout, G., Ciais, P., Tubiello, F.N., Grassi, G., Nabuurs, G.J., Leip, A., Carmona-Garcia, G., Winiwarter, W., Höglund-Isaksson, L., Günther, D., Solazzo, E., Kiesow, A., Bastos, A., Pongratz, J., Nabel, J., Conchedda, G., Pilli, R., Andrew, R. M., Schelhaas ve M.-J., Dolman, A. J. (2020). European anthropogenic AFOLU greenhouse gas emissions: a review and benchmark data. *Earth System Science Data*, 12(2), 961–1001. <https://doi.org/10.5194/essd-12-961-2020>

- Ragab, R. ve Prudhomme, C. (2002). Climate Change and Water Resources Management in Arid and Semi-arid Regions: Prospective and Challenges for the 21st Century. *Biosystems Engineering*, 81(1), 3-34.
- Rao, A. R. ve Hamed, K. H. (2000). *Flood Frequency Analysis*. CRC Pres, Boca Raton, USA.
- Ratan, R. ve Venugopal, V. (2013). Wet and dry spell characteristics of global tropical rainfall. *Water Resources Research*, 49, 3830-3841.
- Raymond, F., Ullmann, A., Camberlin, P., Drobinski, P. ve Smith, C.C. (2016). Extreme dry spell detection and climatology over the Mediterranean Basin during the wet season. *Geophysical Research Letters*, 43, 7196–7204.
- Rivoire, P., Trambly, Y., Neppel, L., Hertig, E. ve Vicente-Serrano, S. M. (2019). Impact of the dry-day definition on Mediterranean extreme dry-spell analysis, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19, 1629–1638.
- Salmi, T., Maata, A., Antilla, P., Ruoho-Airola, T. ve Amnell, T. (2002). *Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann–Kendall test and Sen's slope estimates—the Excel template application Makesens*. Helsinki, Finland: Finnish Meteorological Institute.
- Sarhadi, A. ve Heydarizadeh, M. (2014). Regional frequency analysis and spatial pattern characterization of dry spells in Iran. *The International Journal of Climatology*, 34(3), 835–848.
- Schmidli, J. ve Frei, C. (2005). Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(6), 753–771.
- Seçkin, N. (2009). *L-Momentlere Dayalı Gösterge-Sel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi*. [Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=CwVIqqBuz1VkysVpueogAQVIXAyFNKuZBdy_mWuR0xQU4N7Kq0_L24-GnsOCYRar
- Seçkin, N., Topçu, E. (2016). Drought analysis of the Seyhan Basin by using Standardized Precipitation Index (SPI) and L-moments. *Tarım Bilimleri Dergisi- Journal of Agricultural Sciences*, 22(2):196–215.

- Serra, C, Burgueño, A, Martinez, M.D. ve Lana, X. (2006). Trends in dry spells across Catalonia (NE Spain) during the second half of the 20th century. *Theoretical and Applied Climatology*, 85(3–4), 165–183.
- Serra, C., Martínez, M.D., Lana, X. ve Burgueño, A. (2014). European dry spell regimes (1951–2000): Clustering process and time trends. *Atmospheric Research*, 144, 151-174.
- She, D. ve Xia, J., (2013). The spatial and temporal analysis of dry spells in the Yellow River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27, 29–42.
- She, D.X., Xia J., Zhang D., Ye, AZ. ve Sood, A. (2014). Regional extreme-dry-spell frequency analysis using the L-moments method in the middle reaches of the Yellow River Basin, China. *Hydrological Processes*, 28(17), 4694– 4707.
- She, D., Xia J., Zhang Y. ve Shan L. (2016). Regional frequency analysis of extreme dry spells during rainy season in the Wei River Basin, China. *Advances in Meteorology*, 1–13.
- Singh, N. ve Ranade, A. (2010). The wet and dry spells across India during 1951–2007. *Journal of Hydrometeorology*, 11(1), 26–45.
- Şişman, E. (2019). Su talep seviyesine göre kurak veya sulak dönem analizi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (DÜMF) Mühendislik Dergisi*, 10(1), 301-310.
- Şorman, Ü. ve Okur, A. (2000). L-momentler Tekniği Kullanılarak Noktasal ve Bölgesel Frekans Analizinin Uygulanması. *İMO Teknik Dergi*, 2199–2216.
- Tabari, H. ve Talaei, P.H. (2011). Temporal variability of precipitation over Iran: 1966–2005. *Journal of Hydrology*, 396, 313–320.
- Taley, S.M. ve Dalvi, V.B. (1991). Dry-spell analysis for studying the sustainability of rainfed agriculture in India – The case study of the Vidarbha region of Maharashtra state. Large Farm Development Project.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Grubu Çalışma Belgesi*. 1.Su Şurası. https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/467/Sayfa/1497/1861/DosyaGaleri/iklim_degisikliginin_su_kaynaklarina_etkisi_ve_uyum_calisma_grubu_raporu.pdf

- Tayanc, M., Im, U., Dogruel, M. ve Karaca, M. (2009). Climate change in Turkey for the last half century. *Climatic Change*, 94, 483-502.
- Tolika, K. ve Maheras, P. (2005). Spatial and temporal characteristics of wet spells in Greece. *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 71–85.
- Topçu, E. (2013). *L-Momentler ve Standart Yağış İndeksi (SYİ) Yardımıyla Seyhan Havzası Kuraklık Analizi*. [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=rcbWnuqW6HxCZ_98ARapgjssaug7H23dit7DxzC6CEOPUoJ51Z2keWgyL5reiR40.
- Toros, H. (2012). Spatio-temporal precipitation change assessments over Turkey. *International Journal of Climatology*, 32(9), 1310-1325.
- Trepanier, J.C., Roberts, M.J. ve Keim, B.D. (2015). Trends and spatial variability in dry spells across the south-central United States. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54, 2261–2272. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0319.1>
- Türkeş, M., Koç, T. ve Sarış, F. (2007). Türkiye'nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 57-73.
- Türk, M., Koc, T. ve Saris, F. (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29 (8), 1056–1074.
- Usman, M. T. ve Reason, C.J.C. (2004). Dry spell frequencies and their variability over southern Africa. *Climate Research*, 26, 199–211. <https://doi.org/10.3354/cr026199>
- Wang, W., Shao, Q., Peng, S., Zhang, Z., Xing, W., An, G. ve Yong, B. (2011). Spatial and temporal characteristics of changes in precipitation during 1957–2007 in the Haihe River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25(7), 881–895.
- Wang, Z., Zeng, Z., Lai, C., Lin, W., Wu, X. ve Chen, X., (2017). A regional frequency analysis of precipitation extremes in Mainland China with fuzzy c-means and L-moments approaches. *International Journal of Climatology*, 37, 429-444.
- WMO. (2022). *World Meteorological Organization Greenhouse Gas Bulletin, The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations Through*

2021. <https://library.wmo.int/records/item/58743-no-18-26-october-2022> [Erişim tarihi:9/11/2023].

- Xiong, J., Guo, S., Abhishek, Chen, J. ve Yin, J. (2022). Global evaluation of the “dry gets drier, and wet gets wetter” paradigm from a terrestrial water storage change perspective, *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 6457–6476.
- Yang, J., Huang, Y., Li, G., ve Li, Y. (2023). Changes of extreme precipitation in the middle and lower reaches of the Yangtze River and their correlation with atmospheric circulation. *Frontiers in Earth Science*, 11, 220. <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1162220>
- Yang, T., Ding, J., Liu, D., Wang, X. ve Wang, T. (2019). Combined use of multiple drought indices for global assessment of dry gets drier and wet gets wetter paradigm. *Journal of Climate*, 32, 737–748.
- Yang, Y., Gan, T.Y. ve Tan, X. (2021). Recent changing characteristics of dry and wet spells in Canada. *Climatic Change*, 165(3), 1-21.
- Yeşilirmak, E. (2014). Soil temperature trends in Büyük Menderes basin, Turkey. *Meteorological Applications*, 21, 859-866.
- Yeşilirmak, E., Akçay, S.M. ve Dağdelen, N. (2011). Büyük Menderes havzasında yıllık toplam yağışların zamansal değışimleri. *ADÜ Ziraat Fakóltesi Dergisi*, 8, 37-46.
- Yeşilirmak, E. ve Atatanır, L. (2016). Spatiotemporal variability of precipitation concentration in western Turkey. *Natural Hazards*, 81, 687–704.
- Yeşilirmak, E. ve Atatanır, L. (2017). Spatial and temporal patterns of dry spells in western Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 76, 594.
- Yeşilirmak, E. ve Atatanır, L. (2021). Variations in Erosion Risk in Western Anatolia (Turkey): Modified Fournier Approach. *ÇOMÜ Ziraat Fakóltesi Dergisi (COMU Journal of Agriculture Faculty)*, 9(1), 179–188.
- Yetik, A.K., Arslan, B. şen, B. (2023). Trends and variability in precipitation across Turkey: a multimethod statistical analysis. *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04645-4>

Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. ve Cavadias, G. (2002). The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16, 1807–1829.





ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Ebru Elif ARSLANTAŞ CİVELEKOĞLU

EĞİTİM DURUMU

Lisans: Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği

Yüksek Lisans: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı

Yabancı Diller: İngilizce

AKADEMİK YAYINLAR

1. MAKALELER

- ARSLANTAŞ CİVELEKOĞLU Ebru Elif, YEŞİLIRMAK Ercan (2020). Changes in the climatic growing season in western Anatolia, Turkey. Meteorological Applications, 27, Doi: 10.1002/met.1897.
- YEŞİLIRMAK Ercan, ARSLANTAŞ Ebru Elif (2017). Büyük Menderes Havzasında Günlük Yağış Konsantrasyonundaki Son Değişimler. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6, 11-19.

2. PROJELER

- Gravimetrik ve Kap Buharlaşması Yöntemlerine Göre Oluşturulan Sulama Programlarının Pamukta Verim Lif Kalite ve Bazı Agronomik Özellikleri Üzerine Etkisi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü: Necdet DAĞDELEN, Araştırmacı: Selin Muradiye AKÇAY, Araştırmacı: Safiye Pınar TUNALI, Araştırmacı: Talih GÜRBÜZ, Araştırmacı: Ebru Elif ARSLANTAŞ CİVELEKOĞLU, 19/12/2020 - 18/02/2022 (ULUSAL).

3. BİLDİRİLER

- YEŞİLIRMAK Ercan, ARSLANTAŞ Ebru Elif (2017). The Hiatus in Global Mean Temperature Increase and What Happened in Büyük Menderes Basin

- (Western Turkey)??. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies, 602-602. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
- YEŞİLIRMAK Ercan, ARSLANTAŞ Ebru Elif (2016). Recent Extreme Temperature Changes in Büyük Menderes Basin with Special Emphasis on the Latest Warming Hiatus. 27th International Scientific-Expert Congress of Agriculture and Food Industry (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
 - YEŞİLIRMAK Ercan, ARSLANTAŞ Ebru Elif (2017). Büyük Menderes Havzasında Günlük Yağış Konsantrasyonundaki Son Değişimler. 2. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum).
 - YEŞİLIRMAK Ercan, ARSLANTAŞ Ebru Elif (2015). Büyük Menderes Havzasında Toprak Sıcaklığı Değişimleri. 1. Ulusal Biyosistem Mühendisliği Kongresi, 101-101.

İŞ DENEYİMİ

2015- : Adnan Menderes Üniversitesi (Araştırma Görevlisi).