

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURAKLIK ŞİDDETİNİN ENTROPİ KAVRAMI
ARACILIĞIYLA BELİRLENMESİ

Özgür BOZOĞLU

Ekim, 2023

İZMİR

KURAKLIK ŞİDDETİNİN ENTROPİ KAVRAMI ARACILIĞIYLA BELİRLENMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları

Programı

Özgür BOZOĞLU

Ekim, 2023

İZMİR

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGÜR BOZOĞLU tarafından **PROF. DR. TÜRKAY BARAN** yönetiminde hazırlanan **“KURAKLIK ŞİDDETİNİN ENTROPİ KAVRAMI ARACILIĞIYLA BELİRLENMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Türkay BARAN

Yönetici

Prof. Dr. Cüneyt GÜZELİŞ

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof. Dr. Ali GÜL

Tez İzleme Komitesi Üyesi

Prof.Dr. Ülker GÜNER BACANLI

Jüri Üyesi

Doç.Dr. Ömer Levend AŞIKOĞLU

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışma boyunca benden desteğini esirgemeyen ve kıymetli yardımlarını gördüğüm çok değerli bilim insanı, sayın hocam Prof. Dr. Türkay BARAN' a teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Ayrıca çalışmamda her zaman desteklerini gördüğüm kıymetli hocalarım; Prof. Dr. Cüneyt GÜZELİŞ, Doç Dr. Ahmet ALKAN, Prof. Dr. Ali GÜL ve Doç. Dr. Filiz BARBAROS' a teşekkür ederim. Doktora eğitimim boyunca bana destek olan ve sabır gösteren babam Eşref TEMİZ ve aileme şükranlarımı sunarım.

Özgür BOZOĞLU

KURAKLIK ŞİDDETİNİN ENTROPİ KAVRAMI ARACILIĞIYLA BELİRLENMESİ

ÖZ

Su yapılarının projelendirilmesinde, bazı bilgi ve verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların başında da su miktarının gelecekte belli bir tarihte ne olacağının tahmini gelmektedir. Bu tahminlerin doğru yapılması, taşkın kontrolü amaçlı haznelerin işletilmesinde, akarsudaki su potansiyelinin belirlenmesinde, bir hidroelektrik santral için kurak dönemlerde üretimin nasıl etkileneceğinin bilinmesinde, içme ve sulama suyunun dağıtımında ve akarsulardaki ulaşımın planlanmasında büyük önemi vardır. Gelecekteki su miktarlarının belirlenmesi ile ilgili olarak çeşitli tahmin yöntemleri kullanılabilmektedir.

Hidrometeorolojik değişkenlerin tahmini su kaynakları sahasındaki çalışmalar için çok önemlidir. Bu değişkenlerden birisi olan yağış, su kaynakları kullanımını doğrudan etkilemektedir. Yağış, oluşumunda etkili olan parametrelerin çokluğu, bölgeden bölgeye büyük değişimler göstermesi gibi nedenlerden dolayı hala doğru olarak tahmin edilmesi en zor meteorolojik değişkenlerin başında gelmektedir.

Bu çalışmada, Gediz Havzası genelinde aylık toplam yağış verileri kullanılarak, dalgacık dönüşümü yöntemiyle aylık yağış verilerinin karakteristiklerinin ortaya konulması ve bölgedeki su potansiyelinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Dalgacık dönüşümü, yağış, su kaynakları

AN ENTROPY BASED DEFINITION OF DROUGHT INTENSITY

ABSTRACT

In the design of water structures, some information and data are needed. The first of these is the estimation of what the amount of water will be at a certain date in the future. Making these estimations correctly is of great importance in the operation of reservoirs for flood control, determining the water potential in the river, knowing how the production will be affected for a hydroelectric power plant in dry periods, distribution of drinking and irrigation water and planning the transportation in the rivers. Various estimation methods can be used to determine future water quantities.

Estimation of hydrometeorological variables is important for studies in the field of water resources. One of these variables, precipitation, directly affects the use of water resources. Precipitation is still one of the most difficult meteorological variables to predict accurately, due to the multiplicity of parameters that affect its formation and the large variations from region to region.

In this study, it is aimed to reveal and predict the characteristics of monthly precipitation data using the wavelet transform method by using the monthly total precipitation data across the Gediz Basin.

Keywords: Wavelet transform, precipitation, water resources

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLOLAR LİSTESİ	xiv

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Tezin Amacı	4
-----------------------	---

BÖLÜM İKİ - KURAKLIK ve ENTROPİ KAVRAMLARI 8

2.1 Kuraklık Kavramı	8
2.1.1 Meteorolojik Kuraklık	9
2.1.2 Tarımsal Kuraklık	9
2.1.3 Hidrolojik Kuraklık	10
2.1.4 Sosyo-ekonomik Kuraklık	11
2.2 Kuraklık İndislerini Belirleme Yöntemleri	12
2.2.1 Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PKŞİ)	13
2.2.2. Standart Yağış İndisi (SYİ)	13
2.2.3. Entropi Yöntemi	14
2.3 Kuraklık ve Türkiye	15

BÖLÜM ÜÇ - MEVCUT ÇALIŞMALAR 19

3.1 Su Kaynakları Alanında Entropi Kavramının Kullanımı	19
3.2 Dalgacık (Wavelet) Dönüşümü İle İlgili Çalışmalar	26
3.3 Gediz Havzasına İklim Değişikliğinin Etkilerini Ele Alan Çalışmalar	31

BÖLÜM DÖRT - YÖNTEM..... 34

4.1 Zaman Serileri	35
4.2 Dönüşüm kavramı	37
4.2.1 Periyodiklik	38

4.2.2 Periyodik fonksiyonlar.....	38
4.2.3 Frekans.....	39
4.2.4 Durağan ve durağan olmayan zaman serileri.....	39
4.2.5 Standart seri elde edilmesi	40
4.2.6 İç çarpım	40
4.2.6.1 Vektörel iç çarpım.....	40
4.2.6.2 Fonksiyonlarda iç çarpım.....	40
4.2.6.3 Matrislerde iç çarpım	41
4.3 Dalgacık Analizinin Tarihsel Gelişim Süreci.....	41
4.3.1 Fourier Analizi.....	41
4.3.2 Dalgacık Analizi	43
4.3.2.1 Sürekli Dalgacık Dönüşümü (Continuous Wavelet Transform- CWT)	46
4.3.2.2 Global Dalgacık Spektrumu.....	49
4.3.3 Fourier ve Dalgacık Dönüşümleri Arasındaki Farklılıklar	49
BÖLÜM BEŞ - SEÇİLEN HAVZA VE VERİLER.....	52
5.1 Türkiye'nin Genel İklimsel Özellikleri	52
5.2 Uygulama Sahası ve Veriler	54
5.3 Verilerin Temel İstatistik Özellikleri.....	55
BÖLÜM ALTI - BULGULAR.....	60
6.1 Dalgacık Dönüşümü Tekniğinin Genel Değerlendirmesi	60
6.2 Uygulama ve Parametre Değerleri	63
6.3 DMİ İstasyonlarının Bulguları	65
6.3.1 Ahmetli İstasyonu.....	65
6.3.2 Akhisar İstasyonu	68
6.3.3 Alaşehir İstasyonu	71
6.3.4 Borlu İstasyonu.....	74
6.3.5 Demirci İstasyonu.....	77
6.3.6 Foça İstasyonu	80

6.3.7 Gediz İstasyonu	83
6.3.8 Gölarmara İstasyonu.....	86
6.3.9 Gördes İstasyonu	89
6.3.10 Güre İstasyonu	92
6.3.11 Kemalpaşa İstasyonu	95
6.3.12 Köprübaşı İstasyonu	98
6.3.13 Kula İstasyonu	101
6.3.14 Manisa İstasyonu	104
6.3.15 Menemen İstasyonu	107
6.3.16 Muradiye İstasyonu	110
6.3.17 Salihli İstasyonu.....	113
6.3.18 Sarıgöl İstasyonu	116
6.3.19 Saruhanlı İstasyonu.....	119
6.3.20 Selendi İstasyonu	122
6.3.21 Şaphane İstasyonu	125
6.3.22 Turgutlu İstasyonu	128
6.4 DSİ İstasyonlarının Bulguları	131
6.4.1 Avşar Barajı İstasyonu.....	131
6.4.2 Beşyol İstasyonu.....	134
6.4.3 Bozdağ İstasyonu.....	137
6.4.4 Buldan Barajı İstasyonu.....	140
6.4.5 Çınardibi İstasyonu.....	143
6.4.6 Demirköprü Barajı İstasyonu.....	146
6.4.7 Dindarlı İstasyonu.....	149
6.4.8 Doğanlar İstasyonu	152
6.4.9 Eşmataşköyü İstasyonu.....	155
6.4.10 Fakılı İstasyonu.....	158
6.4.11 Göynükören İstasyonu	161
6.4.12 Hacır Rahmanlı İstasyonu	164
6.4.13 Hanya İstasyonu.....	167
6.4.14 İçikler İstasyonu.....	170
6.4.15 Kavakalan İstasyonu	173

6.4.16 Kıranşih İstasyonu	176
6.4.17 Marmara Gölü İstasyonu	179
6.4.18 Ören İstasyonu	182
6.4.19 Sarılar İstasyonu	185
6.4.20 Süleymanköy İstasyonu	188
6.4.21 Üçpınar İstasyonu	191
6.4.22 Yukarıpoyraz İstasyonu	194
BÖLÜM YEDİ - SONUÇ ve ÖNERİLER	197
KAYNAKLAR	201



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1. Kuraklık tipleri ve kuraklığın farklı kaynaklar üzerinde etkisi meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların akış diyagramı.....	12
Şekil 2. 2. Türkiye’de ortalama yıllık yağış miktarının yersel dağılımı .	16
Şekil 2. 3. 2021 yılına ait 12 aylık (Ocak-Aralık 2021) SPI kuraklık haritası.....	17
Şekil 4. 1. Sinüs dalgası ve Daubechies db10 dalgacık	45
Şekil 4. 2. Dalgacıklarda ölçek arttırma.....	47
Şekil 4. 3. Fourier baz fonksiyonlarının zaman-frekans düzlemini kaplaması.	50
Şekil 4. 4. Daubechies dalgacık baz fonksiyonunun zaman - frekans düzlemini kaplaması.....	51
Şekil 5. 1. Gediz Havzası ve DMI ve DSI tarafından işletilen istasyonların havzadaki konumları (DSI 2005).	57
Şekil 6. 1. Ahmetli YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	67
Şekil 6. 2. Akhisar YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	70
Şekil 6. 3. Alaşehir YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	73
Şekil 6. 4. Borlu YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	76
Şekil 6. 5. Demirci YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	79
Şekil 6. 6. Foça YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	82
Şekil 6. 7. Gediz YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması sonuçlar.	85
Şekil 6. 8. Gölarmara YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	88
Şekil 6. 9. Gördes YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	91

Şekil 6. 10. Güre YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	94
Şekil 6. 11. KemalpaşaYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	97
Şekil 6. 12. KöprübaşıYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	100
Şekil 6. 13. KulaYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	103
Şekil 6. 14. Manisa YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	106
Şekil 6. 15. Menemen YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	109
Şekil 6. 16. MuradiyeYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	112
Şekil 6. 17. Salihli YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	115
Şekil 6. 18. Sarıgöl YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	118
Şekil 6. 19. SaruhanlıYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	121
Şekil 6. 20. Selendi YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	124
Şekil 6. 21. ŞaphaneYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	127
Şekil 6. 22. TurgutluYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	130
Şekil 6. 23. AvşarYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	133
Şekil 6. 24. Beşyol YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	136
Şekil 6. 25. BozdağYGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.....	139

Şekil 6. 26. Buldan Barajı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	142
Şekil 6. 27. Çınardibi YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	145
Şekil 6. 28. Demirköprü YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	148
Şekil 6. 29. Dindarlı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	151
Şekil 6. 30. Doğanlar YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	154
Şekil 6. 31. Eşmataşköyü YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	157
Şekil 6. 32. Fakılı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	160
Şekil 6. 33. Göynükören YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	163
Şekil 6. 34. Hacırâhmanlı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	166
Şekil 6. 35. Hanya YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	169
Şekil 6. 36. İçikler YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	172
Şekil 6. 37. Kavakalan YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	175
Şekil 6. 38. Kıranşılı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	178
Şekil 6. 39. Marmara Gölü YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	181
Şekil 6. 40. Ören YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	184
Şekil 6. 41. Sarılar YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	187

Şekil 6. 42. Süleymanköy YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	190
Şekil 6. 43. Üçpınar YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	193
Şekil 6. 44. Yukarıpoyraz YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.	196



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5. 1. DMİ tarafından işletilen YGİ' na ait yıllık toplam yağış değerlerinin temel özellikleri ve istatistikleri	58
Tablo 5. 2. DSİ tarafından işletilen YGİ' na ait yıllık toplam yağış değerlerinin temel özellikleri ve istatistikleri	59



BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Yerkürenin yüzeyinin dörtte üçü sular ile kaplıdır. Yerkürede olan suyun büyük kaynağı yüzeyinde (akarsu, göl, deniz,...) mevcutken bir miktarı da yerin altında mevcuttur. Yerkürenin yüzey üstü ve altı sularının kaynağı atmosferde oluşan yağıştır. Yağıştan kasıt (su kaynakları açısından) yağmur ve kardır. Yağmur hızla son noktaya ulaşabilirken, kar ise yerküre yüzeyinde tabii olarak birikmektedir. Yağışın oluşabilmesi için birtakım şartların yerine gelmesi gerekir. İlk olarak atmosfer tabakasında yeterli miktarda su buharı olmalı, sonrasında hava sıcaklığı düşmelidir. Yeterli miktarda su buharı oluşup, hava sıcaklığı da düştükten sonra yoğuşma meydana gelmektedir. Yoğuşma çok küçük boyuttaki çeşitli toz tanecikleri üstünde oluşur ve bu şekilde bulutlar meydana gelir. Fakat yoğuşan bu su taneciklerinin atmosfer tabakasından yerküre yüzeyine düşmesi için yaklaşık olarak 1 mm çapına kadar büyümesi gerekir. Gerekli olan büyüklüğe ulaşan su tanecikleri yerküre yüzeyine yağış olarak varırlar (Bayazıt, 1998).

İnsanlık tarihi boyunca su kaynakları sürekli olarak kullanılmış; yerleşim merkezleri su kaynaklarına yakın yerlerde kurulmuştur. Günümüzde ise, nüfusun hızla artması ve teknolojik gelişmeler su gereksinimini hızla arttırmakta, su kaynakları hem nicelik hem de nitelik yönünden kıt kaynaklar haline gelmektedir. Bu açıdan, su kaynaklarının kullanılması ve dağıtılmasındaki planlamalara her zaman olduğundan daha çok önem verilmelidir.

Artan nüfus ve buna paralel olarak artan insan aktiviteleri sonucu oluşan endüstriyel atıklar, kullanılabilir su kaynaklarını her geçen gün azaltmaktadır. Bunlara ek olarak gelişmiş ülkelerde kişi başına su tüketimi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle eldeki kaynaklardan verimli şekilde yararlanabilmek için mevcut su kaynaklarının incelenip gelecekte olabilecek değişimlerin tahmin edilmesi gerekmektedir.

İnsan aktivitelerinden kaynaklandığı bilinen iklim değişikliğinin sonucu olarak meydana gelebilecek değişimleri (biyolojik tür ve ekosistemlerin yok olması, deniz seviyelerinin yükselmesi, sıcaklıkların artması vb.) iyi analiz etmek, ülke genelindeki

kısıtlı mevcut su kaynaklarını daha verimli şekilde kullanmak, gelecek için planlar yapmak ve öngördüğümüz yerlerde gerekli önlemleri almak için hidro-meteorolojik parametrelerin en iyi şekilde tahmin edilmesi ve analizinin gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu parametrelerden bir tanesi olan yağış, su kaynakları tüketimini direkt etkilemektedir.

Yaşadığımız bu süreçte insan nüfusunun ve sanayi kapasitesinin büyümesi ile suya duyulan ihtiyaç da gün geçtikçe artmaktadır. İnsanlığın fabrika ve endüstrileri çalıştırabilmek için enerji ve suya ihtiyacı vardır. Suya ihtiyaç arttıkça, varolan su kaynaklarının en elverişli biçimde yönetilmesi gerekliliği gündeme gelmektedir. Türkiye’de su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesi, ülkemiz için hakikaten ciddi bir gelir kaynağı olacaktır. Henüz planlama aşamasında olan projelerden daha etkili şekilde fayda elde edebilmek için su kaynaklarını girdileri ve çıktıları olan bir sistem olarak düşünmek ve gelecekteki gösterimlerini iyi analiz etmek gerekmektedir. Böylelikle gelecekte çıkabilecek sorunlar önceden tahmin edilebilecek ve gerekli önlemler alınabilecektir. Aynı zamanda karşılaşılan veya öngörülen her bir problem için birçok farklı çözüm denenebilecektir. Ülkemizde ilk kez Osmanlı Devletinin son zamanlarında İstanbul’ da hidroloji çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Daha sonra Cumhuriyet döneminde ilk defa Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) kurularak hidrolojik çalışmalara temel olacak şekilde yağış verilerinin sistemli bir biçimde ölçülmesi ve gerekli veri kayıtlarının tutulması için meteoroloji istasyonları kurulmuştur. Daha sonra Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ve Devlet Su İşleri (DSİ) kurulmuş ve akım ölçümlerine başlanmıştır (Şen, 2003).

Yeterli yağışın gerçekleşmemesi durumunda, su kaynakları giderek azalmakta ve maalesef ki kuraklık gibi insan hayatını olumsuz şekilde etkileyen afetler ortaya çıkabilmektedir. Kuraklık ve iklim değişikliğini sadece su kıtlığı olarak düşünmemek gerekir. Kuraklık, büyük medeniyetlerin çöküşüne sebep olabilen son derece geniş çaplı sonuçları olan bir afet çeşididir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda özellikle kuraklık ve iklim değişikliğinin, küresel ortalama yeryüzü sıcaklıklarında önemli bir artışa sebep olacağı ve bu durumun yağışlarda düzensizliğe yol açacağı öngörülmektedir (IPCC, 2001, 2007, 2012, 2013). Bu sebeple hidrometeorolojik değişkenler üzerine yapılan çalışmalar, en çok da yağış üzerine yapılan çalışmalar

büyük önem kazanmaktadırlar. Doğru analiz yöntemleri ile yağışların gelecekte bölgelere/havzalara düşecek olan miktarının yani bölgesel dağılımlarının doğru şekilde belirlenmesi çok önemlidir.

Meteorolojik olaylar insan hayatı üzerinde son derece etkilidir. Su kaynakları mühendisliğinde hidro-meteorolojik değişkenlerin doğru tahmini ve analizi büyük önem taşımaktadır. Hidro-meteorolojik değişkenlerden birisi olan yağışın, su kaynakları mühendisliğinde önemi çok büyüktür. Akışın meydana gelmesinde en önemli değişken yağıştır. Kısa sürede meydana gelen aşırı yağışlar neticesinde taşkınlar meydana gelmektedir. Kuraklık ise, uzun süre yeterli yağışın meydana gelmemesi durumunda meydana gelmektedir. Meydana gelmesinde etkili olan parametrelerin tam olarak bilinmemesi ve tüm detayları ile çözilemeyen bir fiziksel süreç sonucunda meydana gelmesi sebebiyle yağışın doğru olarak tahmin edilmesi oldukça zordur. Yağışın yerel değişikliklerden ve bölgesel farklılıklardan çokça etkilenebilir olması tahminini oldukça zorlaştırmaktadır.

Yağışları kapsayan fiziksel süreçler mikro ölçeklerden (örneğin türbülans, bulut oluşumu süreçleri) bir yıldan fazla süre vuku bulan iklimsel değişkenliğe (örneğin Pasifik on yıllık/onyılsal salınım, El Nino Güney Salınımı ve on yıldan fazla süren süreçler) kadar değiştiğinden, yağışın ölçeklendirme özelliklerini karakterize etmek önemlidir. Bu durum, araştırmacıların kaos teorisinde ve lineer olmayan dinamiklerde kullanılan bir çok tekniği benimsemelerine neden olmuştur.

Son yıllarda hidro-meteorolojik alanda bilgi kuramı (entropi) ve dalgacık dönüşümü yöntemlerinin kullanımı giderek artmaktadır. Dalgacık analizi non-lineer sistemlerin davranışını anlamada oldukça başarılıdır, özellikle durağan olmayan zaman serilerinin analizinde son yıllarda birçok farklı disiplinde çok sayıda uygulama ile çok önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Dalgacık analizi ile, hidroloji gibi kullanılan değişkenlerin birçoğunun durağan olmayan zaman serileri olduğu bir disiplinde oldukça faydalı sonuçlar elde edilebilmektedir. Sunulan çalışma kapsamında kullanılan yağış serileri de durağan olmayan zaman serileridir.

Wavelet analizinde bir sinyali farklı çözünürlüklerde görmek için farklı pencere boyutları kullanılabilir. Dalgacık analizi yönteminin diğer klasik zaman serisi analiz

yöntemlerine göre üstünlüğünü ifade etmek için kullanılan bir benzetme mevcuttur: dalgacık analizi ile bir ormanı ve ağaçlarını ve hatta yapraklarını aynı anda inceleyebilirsiniz. Tüm ormanı görmemiz gerekiyorsa, onu büyük ölçekte görmeliyiz ve o zaman küresel özellikleri yakalayabiliriz. Ağaçları görebilmek için yakınlaştıran bir ağaca odaklanmalıyız. Daha fazla yakınlaştırmak yaprakları görmemizi sağlar. Farklı ölçekler kullanarak ormanı, ağaçları ve hatta yaprakları görebiliriz.

Bir sinyalin periyodikliğinin zaman içerisindeki değişimi klasik dönüşüm yöntemleri ile belirlenememektedir. Bu nedenle periyodikliği araştırmak için sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılmaktadır. Hidrolojik sistem uygulamalarında geçici davranışlar dalgacık analizi ile kolayca belirlenebilmektedir.

Sunulan çalışma kapsamında, durağan olmayan işaretlerin zaman frekans analizinde yaygın olarak kullanılan Wavelet dönüşümü yöntemi incelenmiştir. Fiziksel bir sistemin davranışına ya da durumuna ilişkin bilgi taşıyan her çeşit büyüklük işaret olarak tanımlanır. Hidrometeorolojik veriler de herhangi bir havza veya bölgeyle ilgili işaretlerdir denilebilir. İşaret işleme, bir işaretin içeriğini değiştirmek, onu tekrar temsil etmek veya başka bir forma çevirmeye yöneliktir.

1.1 Tezin Amacı

Kıt bir kaynak olan su dünya üzerinde hem yer, hem de zaman açısından üniform olmayan bir dağılım göstermektedir. Tatlı su kaynaklarının yerkürede homojen bir şekilde bulunmaması birçok bölgesel ve şahsi problemlerin oluşmasına ve suyu ihtiyaç duyulan konuma ulaştırmak üzere insan çabalarına yön veren tasarlama ve ihtiyaç duyulan inşai faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gibi aksiyonlara sebep olmaktadır.

Eşit olmayan dağılımın yanı sıra, küresel iklim değişikliği sebebiyle de bazı ülkelerde su sıkıntısı yaşanmaktadır. Nüfus artışı, endüstriyel atıklar, olumsuz çevresel koşulları gibi çok sayıda neden su kaynaklarına olumsuz yönde etki etmektedir. Türkiye, kişi başına düşen su açısından dünya ortalamasının altında kalmakta olup, su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye’de, özellikle batı ve orta bölgeler ciddi bir kuraklık tehdidiyle karşı karşıyadırlar. Su

kaynaklarının kısıtlı olduğu, nüfusun ve endüstriyel faaliyetlerin giderek arttığı Gediz Havzası'nda da su kıtlığı sorunu yaşanmaktadır.

Sunulan çalışma kapsamında; zaman serileri dalgacık dönüşümü yöntemi ile analiz edilerek iklimsel karakteristikleri ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan veriler Gediz Havzası içerisinde yer alan yağış gözlem istasyonlarına aittir. Yağış serileri öncelikle Fourier (hızlı Fourier dönüşümü) tekniğı ile analiz edilmiştir. Daha sonra kararsız yapının ortaya çıkarılması için sürekli dalgacık dönüşümü hesaplanmıştır. Ardından çizilen global spektrumlarla serilerin periyodik karakteri ortaya konulmuştur. Bunun sonucunda yağış verisinin içerdiği periyodiklikler ve bu periyodikliklerin içerdikleri güç değerleri hesaplanarak, hem yağış potansiyelinin belirlenmesi için çalışılmış, hem de yağışın yıllar içerisinde değişen hareketi belirlenmiştir.

Sunulan çalışmanın ilk aşamasında örnek olarak, Gediz havzasında bulunan Akhisar istasyonunda 1934-2020 döneminde gözlenen aylık toplam yağış değerlerinin dalgacık analizi ile periyodik bileşenlerinin yapısal özellikleri incelenmiştir. Dalgacık analizi yönteminin, havzadaki 44 adet yağış gözlem istasyonuna ait aylık toplam yağış verisine uygulanmasıyla hem yağış verilerinin ayırt edici özellikleri hem de havza genelindeki yağış potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır.

Doktora tezi kapsamında; kurak ve sulak dönemlerin, ilk olarak işaret işleme sahasında bir analiz tekniğı olarak kullanılan dalgacık dönüşümü yöntemi aracılığıyla belirlenmesi hedeflenmiştir. Zaman serilerindeki farklı periyodik bileşenlerin tespiti için son yıllarda sıklıkla kullanılan dalgacık dönüşümü yöntemi ile kararlı olmayan yağış serilerinin analizi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmayla, gerek kuraklık konusunda gerekse dalgacık dönüşümü yönteminin hidrolojide yeni bir alanda kullanılabilirliği hakkında mevcut bilgi birikimine katkıda bulunulmuş olacaktır. Kurak dönemlerin belirlenmesinde dalgacık dönüşümü yönteminin önceki çalışmalarda kullanılagelen diğer tüm yöntemlerden farkı gösterilmeye çalışılacaktır.

Dalgacık analizi ile hidrolojik sistemlerin geçici/aralıklı olarak gösterdikleri davranışlar kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Çalışmada sinyal işleme alanında

kullanılan dalgacık dönüşümü tekniği ile Gediz havzasında bulunan, DSİ ve DMİ tarafından işletilen yağış gözlem istasyonlarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Sürekli dalgacık dönüşümü ile istasyonlara ait aylık toplam yağış verilerinin klasik dönüşüm yöntemleri ile tespiti zor olan periyodik yapısı ve bu yapının zamansal evrimi araştırılmıştır.

Bu çalışmada sürekli dalgacık dönüşümü tekniği, yağış serilerinin fiziksel yapısının anlaşılabilmesi için yeni bir teknik olarak sunulmaktadır. Bir yağış serisinde farklı periyodik bileşenler dalgacık dönüşümünün özel bir tipi olan sürekli dalgacık dönüşümü tekniği kullanılarak elde edilebilir.

Analiz edilen veriler geçmişteki yağışların davranışları hakkında bilgi verdiği gibi gelecekte muhtemel olabilecek yağışlar konusunda da bize önemli ipuçları sağlar. Kararlı olmayan işaretlerin analizinde, işaret işleme alanında önceki tekniklere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülen dalgacık dönüşümü tekniği son otuz yılda sıklıkla kullanılmaktadır. Su kaynakları alanında işaret işleme yöntemlerinin kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır.

Hedeflenen amaç doğrultusunda, Gediz havzasında bulunan tüm yağış gözlem istasyonlarının yağış verilerine sürekli dalgacık dönüşümü uygulanarak yağış serilerinin her birinin periyodik yapısı belirlenmeye çalışılmıştır. Belli aralıklarla kendini tekrar eden periyodik yapılarının tespiti ile kurak ve sulak dönemlerin belirlenebilmesi ve dolayısıyla havza potansiyelinin tespiti mümkün olabilecektir. Yağış serilerine uygulanan sürekli dalgacık dönüşümü ile enerji spektrumları elde edilmiştir.

Sunulan çalışmada kullanılan sürekli dalgacık dönüşümü tekniği Torrence ve Compo' nun (1998) yazmış oldukları algoritma sayesinde günümüzde yaygın kullanılır olmuştur. Bu çalışmada da zaman serileri söz konusu algoritma ile analiz edilerek iklimsel karakteristikleri ortaya konulmuştur. Yağış serileri öncelikle Fourier ve kısa süreli Fourier teknikleri ile analiz edilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşümü yapılan zaman serilerinin global spektrumları da çizilmiştir. Böylece yağış serilerinin fiziki (periyodik) karakteri ortaya konmuştur.

Sonuç olarak, sürekli dalgacık dönüşümü tekniği aylık toplam yağış verilerinin analizinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Tekniğin analiz gücü sayesinde serinin değişik periyotlardaki bileşenlerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Su kaynakları alanında dalgacık dönüşümü tekniği kullanımının çok yararlı olabileceği yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur.



BÖLÜM İKİ

KURAKLIK ve ENTROPİ KAVRAMLARI

2.1 Kuraklık Kavramı

Yağış süreci, kütlenin ve enerjinin atmosferden yüzeye transfer edildiği hidrolojik çevrimin bir parçasını oluşturmaktadır. Yağışın zamanlaması ve büyüklüğündeki güçlü bölgesel değişkenlik sebebiyle, yağış genellikle iklim sınıflandırma programlarında kullanılan birincil değişkenlerden biridir.

Yağışın zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi, su kaynakları yönetiminde ve iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin araştırılmasında çok büyük önem taşımaktadır. Yağış, akışı oluşturan en önemli parametredir. Yeterli miktarda yağışın uzun süreler boyunca düşmemesi durumunda kuraklık gerçekleşmekte ve kısa süreli aşırı yağışlar ise taşkınlara sebebiyet vermektedir.

Kuraklık, dünyanın varoluşundan beri çeşitli dönemlerde insanoğlunun yaşam mücadelesini zorlaştırmaktadır. İnsanlık tarihi, su kaynaklarının yakınlarında kurulmuş büyük medeniyetler ile kuraklık nedeniyle çöken büyük medeniyetlerin detarihidir. Kuraklık ile tarihsel tanışıklığımız çok eski olmasına rağmen, geldiğimiz uygarlık seviyesinde de kuraklık ile mücadelede başarılı olduğumuz söylenememektedir.

Kuraklığın oldukça yavaş ilerlemesi ve etkilerinin uzun zaman sonra hissedilmesi sebebiyle kuraklık ile mücadele, diğer afet çeşitlerine göre daha çok ihmal edilmektedir. Son yıllarda yapılan küresel iklim değişikliği ile ilgili çalışmalardan sonra kuraklık ve kuraklık ile mücadele tekrardan popüler hale gelmiştir.

Kuraklık ile ilgili farklı kaynaklarda (Kadioğlu, 2008; Kömüşçü, Erkan ve Turgu, 2002; Mc Kee, Doesken ve Kleist, 1993; Palmer, 1965; Sırdaş ve Şen, 2003; Türkeş 1996; Wilhite, 2000) değişik tanımların olmasının yanı sıra tüm bu tanımlamaların ortak paydası kuraklığın başta yağış eksikliğinden kaynaklı olduğu ve etkilerinin kümülatif olarak arttığı gerçeğidir. Kuraklığı diğer afet çeşitlerinden ayıran en önemli özellik; etkilerinin ani olmayışı ve kümülatif olarak artışıdır. Sırdaş ve Şen (2003) kuraklığı, belirli bir bölgede ve belirli bir zaman aralığında, genellikle yağış

miktarındaki azalma ile başlayan ve yüksek sıcaklık, yüksek rüzgâr hızı, düşük nem oranı gibi diğer iklimsel faktörlerin etkileri ile şiddetlenen, canlı yaşamı ve ekonomisi için olumsuz etkilere sahip önemli bir doğal afet olarak tanımlamışlardır.

Wilhite ve Glantz (1985), iklimle ilgili bilim çevreleri ve kuraklığı takip eden bölgesel/uluslar arası birçok kuruluş (ör. National Drought Mitigation Center (NDMC-ABD)) ve MGM) tarafından da kabul gören, kuraklığın ölçümü/değerlendirmesi için meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik olmak üzere dört temel yaklaşıma göre kuraklık kategorilerini önermişlerdir.

2.1.1 Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklık genellikle kuraklık derecesine (bazı "normal" veya ortalama miktarlara kıyasla) ve kurak dönemin uzunluğuna göre tanımlanmaktadır. Yağış eksikliğine neden olan atmosferik koşullar bölgeden bölgeye oldukça değişken olduğundan, meteorolojik kuraklığın tanımları bölgeye özgü olarak düşünülmektedir.

Örneğin, meteorolojik kuraklığın bazı tanımları, kuraklık dönemlerini, yağışın belirli bir eşiğin altında olduğu gün sayısına göre tanımlar. Bu tanımlama yalnızca nemli orta enlem iklimi, nemli subtropikal iklim veya tropikal yağmur ormanları gibi yıl boyunca yağış rejimi ile özdeşleşmiş bölgeler için uygundur. Diğer iklim rejimleri, mevsimsel bir yağış modeliyle karakterize edilmektedir. Uzun süreli yağışsız dönemler ve belirli bir eşiğin altında yağışın olduğu gün sayısına dayalı bir tanım bu durumlarda gerçekçi değildir. Diğer tanımlar, gerçek yağış sapmalarını aylık, mevsimsel veya yıllık zaman ölçeklerindeki ortalama miktarlarla ilişkilendirebilmektedir.

2.1.2 Tarımsal Kuraklık

Tarımsal kuraklık, meteorolojik (veya hidrolojik) kuraklığın çeşitli özelliklerini, yağış kıtlığına, potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon arasındaki farklara, toprak suyu açıklarına, azalan yeraltı suyu veya hazne seviyelerine vb. odaklanarak tarımsal etkilere bağlar. Bitki su talebi, hâkim hava koşullarına, belirli bitkinin biyolojik özelliklerine, büyüme aşamasına ve toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerine bağlıdır. Tarımsal kuraklığın iyi bir tanımı, mahsul gelişiminin farklı aşamalarında,

çıkıştan olgunluğa kadar mahsullerin değişken duyarlılığını açıklayabilmelidir. Dikim sırasındaki yetersiz üst toprak nemi çimlenmeyi engelleyerek hektar başına düşen bitki popülasyonunun azalmasına ve elde edilen verimin düşmesine neden olabilmektedir. Bununla birlikte, üst toprak nemi erken büyüme gereksinimleri için yeterliyse, bu erken aşamadaki alt toprak nemindeki eksiklikler, büyüme mevsimi ilerledikçe toprak altı nemi yenilenirse veya yağış bitkinin su ihtiyacını karşılıyorsa nihai verimi etkilemeyebilir.

2.1.3 Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, yağış dönemlerinin (kar yağışı dahil) yetersizliklerinin yüzey veya yer altı su kaynağı (yani nehir akışı, hazne ve yüzey suyu seviyeleri, yeraltı suyu) üzerindeki etkileriyle ilişkilidir. Hidrolojik kuraklığın şiddeti ve sıklığı çoğunlukla bir havza veya nehir rezervuarı ölçeğinde tanımlanmaktadır. Tüm kuraklıklar yağış azlığından kaynaklansa da, hidroloji bilimi daha çok bu eksikliğin hidrolojik sistem aracılığıyla nasıl ortaya çıktığıyla ilgilenirler. Hidrolojik kuraklıklar, genellikle meteorolojik ve tarımsal kuraklıkların meydana geldiği fazın dışındadır veya gecikmelidir. Toprak nemi, akarsu akışı, hazne ve yeraltı suyu seviyeleri gibi hidrolojik sistemin elemanlarında yağış eksikliğinin ortaya çıkması daha uzun sürmektedir. Sonuçta, söz konusu etkiler diğer kuraklık çeşitlerinde görülen etkilerle aynı evrede değildir. Örneğin, bir yağış eksikliği, tarımcılar tarafından neredeyse hemen fark edilir, toprak neminin hızlı bir şekilde azalmasına neden olabilir, ancak bu eksikliğin hazne seviyeleri üzerindeki etkisi, hidroelektrik enerji üretimini veya rekreasyon amaçlı kullanımları uzun bir süre etkilemeyebilmektedir. Diğer taraftan, su depolama sistemlerindeki (ör. rezervuarlar, nehirler) su genellikle birden çok ve birbiriyle rekabet halindeki amaçlar için (ör. Sulama, hidroelektrik, taşkın kontrolü, vahşi yaşam habitatı, rekreasyon, navigasyon) kullanılmaktadır ve bu da etkilerin sıralamasını ve miktarını daha da karmaşık hale getirir. Su depolama sistemlerindeki rekabet, kuraklık sırasında artmakta ve su kullanıcıları arasındaki anlaşmazlıklar büyük ölçüde artmaktadır.

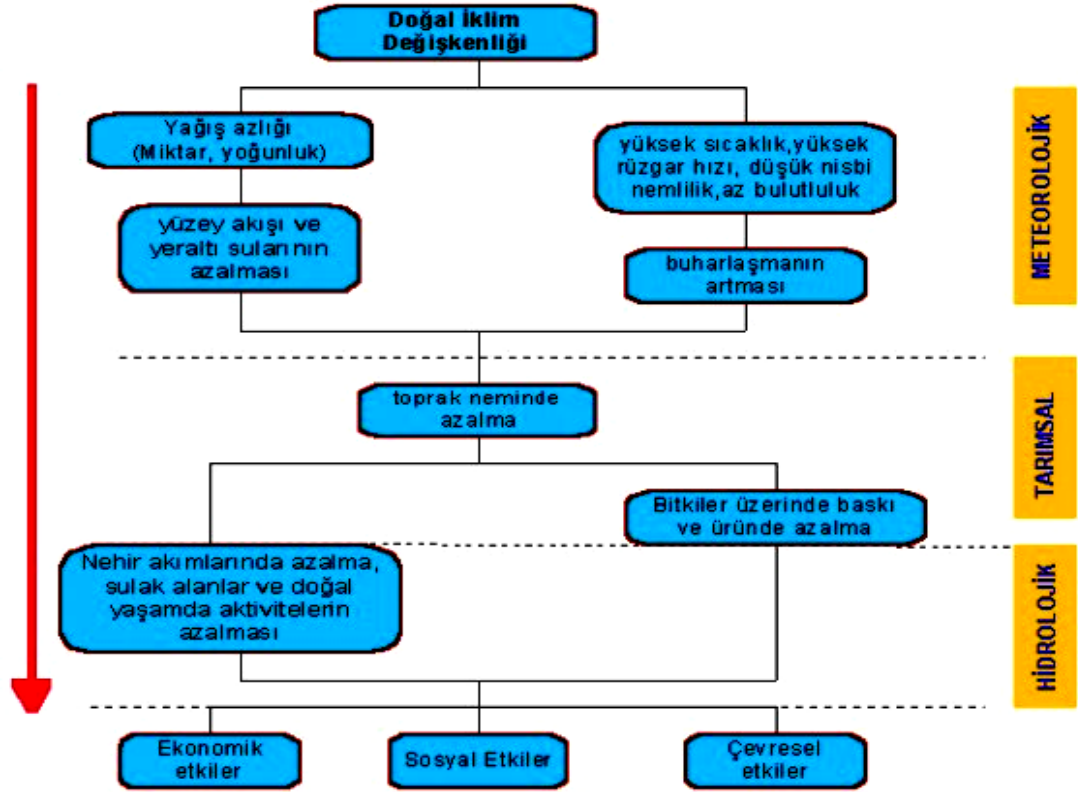
2.1.4 Sosyo-ekonomik Kuraklık

Kuraklığın sosyo-ekonomik tanımları, bazı ekonomik malların arz ve talebini meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklığın unsurlarıyla ilişkilendirir. Sosyo-ekonomik kuraklık, yukarıda belirtilen kuraklık türlerinden farklıdır. Çünkü sosyo-ekonomik kuraklığın tanımlanması veya sınıflandırılması için gerekli olan arz ve talep miktarları zaman ve mekâna bağlı olarak değişmektedir. Su, balık, yem, tahıl ve hidroelektrik enerji gibi birçok ekonomik malın tedariki hava durumuna bağlı olarak değişmektedir. İklimin doğal değişkenliği nedeniyle, su kaynağı bazı yıllar bolken, diğer yıllarda insan ve çevre ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır. Sosyoekonomik kuraklık, ekonomik bir mala olan talebin, su arzındaki hava durumuna bağlı bir kıtlığın sonucu olarak arzı aştığı zaman meydana gelir. Örneğin, Uruguay'da 1988-89' da kuraklık, hidroelektrik enerji üretiminin önemli ölçüde azalmasına neden oldu çünkü enerji santralleri, enerji üretimi için depolama yerine nehir akışına bağımlıydı. Hidroelektrik enerji üretiminin azalması, hükümetin daha yüksek fiyatlı (ithal) petrole yönelmesine sebep olmuş ve ülkenin enerji ihtiyacını karşılayabilmek için katı tasarruf önlemleri uygulamasını gerektirmiştir.

Çoğu zaman, artan nüfus ve kişi başına düşen tüketimin bir sonucu olarak ekonomik mallara olan talep artmaktadır. Artan üretim verimliliği, teknoloji veya yüzey suyu depolama kapasitesini artıran rezervuarların inşası nedeniyle arz da artabilmektedir. Talep arzdan daha hızlı artıyorsa, gelecekte kırlıganlık ve kuraklık vakası artacaktır anlamına gelmektedir.

Özetleyecek olursak; kuraklık ilk olarak yağış miktarındaki azalma olarak hissedildiğinden öncelikle meteorolojik kuraklık görülmekte ve bunu takiben sırasıyla tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik kuraklık çeşitleri görülmektedir (Şekil 1). Kuraklık tiplerinin bu şekilde sıralanmaları herhangi bir bölgede veya coğrafyada görülme sıraları ile ilişkilidir. Yağış meteorolojik kuraklığı belirleyen en önemli ölçüm değeridir ve uzun zamanlı olarak yağışın normalden az olması sonucunda meteorolojik kuraklık meydana gelir. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmadığı (nem kaybı) ve su kaynaklarında kıtlık olduğu zaman tarımsal kuraklık meydana gelir. Meteorolojik kuraklığın süresinin uzamasıyla yeraltı su kaynakları ve yüzey sularında azalma görülmektedir ve böylece

hidrolojik kuraklıktan söz edilebilmektedir. Bu üç kuraklık tipinin ardından görülen sosyo-ekonomik kuraklık ise yağışların azalması sonucu gelişmekte ve bazı ekonomik ürünlerin üretiminin ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. 1. Kuraklık tipleri ve kuraklığın farklı kaynaklar üzerinde etkisi, meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların akış diyagramı

(<https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx>)

2.2 Kuraklık İndislerini Belirleme Yöntemleri

Hidrolojik çevrimin en önemli girdisi olan yağışların bir bölgenin potansiyel su kaynaklarına erişebilirliğini temsil ettiği düşünülmektedir. Diğer yandan yağış alansal ve zamansal değişkenlik gösterdiğinden, kuraklık indislerinin belirlenmesinde esas girdi olmaktadır.

Araştırmacılar kuraklığı ortaya koymak ve kuraklık çeşitleri arasındaki ilişkileri belirlemek için, Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PKŞİ), Standart Yağış İndisi (SYİ), De Martonne, Thornthwaite, Thornthwaite gidişler analizi, Erinç İndisi, Aydeniz

İklim Sınıflandırması gibi istatistiksel ve stokastik yöntemleri kullanarak çok çeşitli kuraklık analizleri yapmışlardır. Literatürde en çok kullanılmış olan yöntemler Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi ve Standart Yağış İndisi yöntemleridir (Baran, Bacanlı ve Dikbaş, 2017, Sönmez, Kömüşçü, Erkan ve Turgu, 2005, Türkeş ve Tatlı, 2008, 2009, Türkeş, Akgündüz ve Demirörs, 2009,).

2.2.1 Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PKŞİ)

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi, Wayne Palmer (1965) tarafından aylık ortalama yağış ve sıcaklık verilerini kullanarak, hidrolojik kuraklığı incelemek üzere önerilmiştir. Palmer, bir yerin kuraklık ölçüsünü ifade ederken, hesaplanan kuraklık şiddeti indisinin aldığı değeri dikkate almaktadır. Genellikle aylık olarak hesaplanan indeks değerleri pozitif ise nemli, negatif ise kurak periyodu ifade etmektedir.

Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi yöntemi yaygın olarak kullanılmasına rağmen, içerisinde birden çok varsayım bulunmakta (örneğin, yüzeysel toprak neminin 25 mm olarak kabul edilmesi), bir çok ampirik formülün kullanılması sebebiyle yeryüzünün değişik bölgelerinde uygulanabilirliği ile ilgili şüpheler bulunmakta ve ayrıca çok fazla parametre veya girdi gerektirmesi sebebiyle de kullanımı oldukça zor olmaktadır.

2.2.2. Standart Yağış İndisi (SYİ)

Standart Yağış İndisi (SPI), kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir (McKee, Doesken ve Kleist, 1993). Standart Yağış İndisi (SYİ), standardize normal değişken hesabında olduğu gibi, belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

Pratikte SPI sonuçlarında, yağış serisinin normal dağılımına uyması gerekmektedir. Genellikle yağış serisi normal olmayan dağılıma sahiptir. SPI değerlerinin normalize edilmesi ile o istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır. Bu yöntemle göre, standart yağış indisi kurak dönemlerde negatif ve nemli dönemlerde ise pozitif değerler almaktadır.

2.2.3. Entropi Yöntemi

Bilgi teorisi, haberleşme iletimi boyunca bilgi akışını değerlendirmek için geliştirilmiştir (Shannon, 1948). Örneğin bozulmuş bir telefona konuşulan bir mesajın iletim boyunca belirli bir miktar bilgi alıcıya ulaşana kadar kaybolmaktadır. Bir yeryüzü hidrolojisi uygulamasında, yağış alanı giriş sinyali olarak ve yeryüzünün evapotranspirasyonu da çıktı sinyali olarak görülebilir. Tabii ki analiz ölçeğini değiştirdikçe bilgi içeriği değişecektir. Ölçeksel bilgi içeriğinin niteliğini ölçmek, hidrolojik süreçlerin mekânsal ve zamansal değişkenliğini değerlendirmek için en iyi ölçümlerden biri olabilir. Ayrıca, gözlemler ve modelleme çalışmaları için uygun ölçeklerin tespit edilmesinde yardımcı olabilir. Bilgi teorisinin ana ölçütlerinden biri, istatistiksel bilgi içeriğini ölçen Shannon entropi kavramıdır.

Su kaynakları sistemlerinin değerlendirme ve planlanması konularında yaygın kullanım alanı bulan entropi kavramı, belirsizliğin mertebesini veya dolaylı olarak eldeki mevcut bilginin değerini ölçme olanağı sağladığından, belirsizlik altında verilecek kararlarda daha objektif yaklaşımlara temel oluşturmaktadır.

Entropi, su kaynakları mühendisliğinde ve pek çok çeşitli alanda yaygın olarak uygulama alanı bulmaktadır. Su kaynakları mühendisliğinde kullanılan tanımıyla ise entropi rastgele karakterdeki hidrolojik süreçlerin içerdiği belirsizliğin ölçüsü olmakta ve yapılan gözlemler yoluyla kazanılan bilgi = giderilen belirsizlik olarak tanımlanmaktadır. Bu niteliği ile entropi kavramı, bilgi içeriğini dolaylı olarak belirleyebilen bir ölçüt olmaktadır. Entropi kavramı, hidroloji ve su kaynaklarında hidrolojik süreçlerin belirsizliğinin saptanması, hidrolojik süreçler arasında bilgi aktarımı, ölçüm ağlarının planlanması, model performansının belirlenmesi, taşkın bölgesel bilginin değerlendirilmesi, optimizasyon ve karar verme teorisi gibi pek çok uygulama olanağı bulmuştur. Bu uygulamalarda, sistemlerdeki belirsizlikler, istatistiksel nitelikte ve belirsizlik ya da bilgi içeriği anlamındaki entropi kavramı kullanılmaktadır. Hidroloji ve su kaynakları problemlerinde entropinin çok yönlü kullanımları Singh (1997, 2000 ve 2003) tarafından verilmiştir. Entropi kavramı çok yeni bir kavram olmamasına rağmen, gerek su kaynakları gerekse diğer disiplinlerde yeni kullanım alanları bulmaktadır (Kawachi, Maruyama ve Singh, 2001, Maruyama, Kawachi ve Singh, 2005, Bacanlı, Dikbaş ve Baran, 2009).

2.3 Kuraklık ve Türkiye

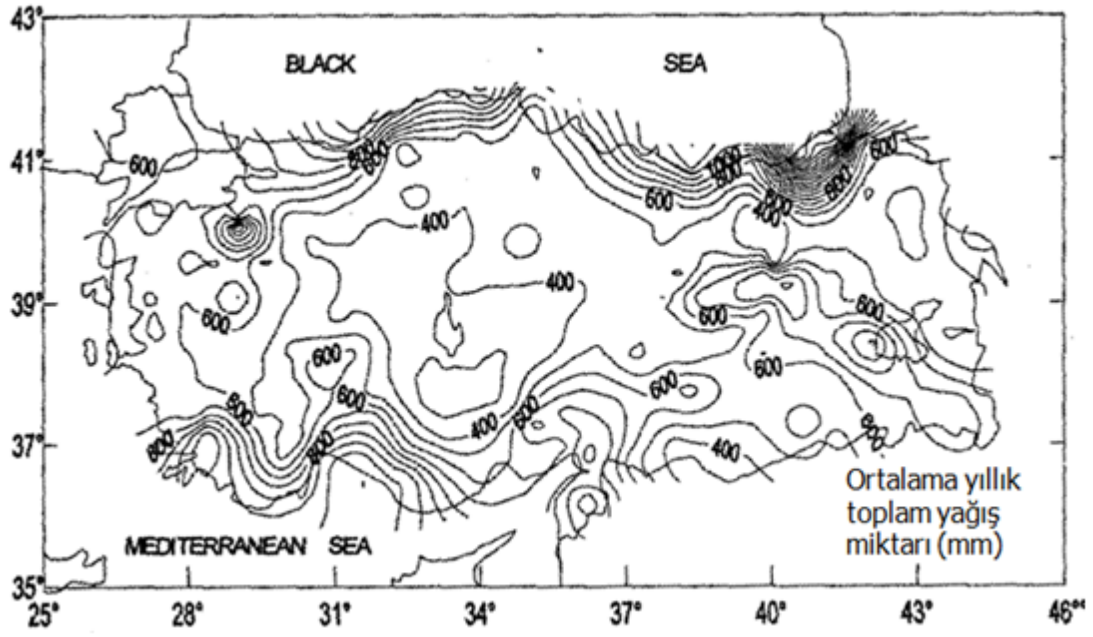
Türkiye ılıman kuşak ile subtropikal kuşak arasında yer alır. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dağların uzanışı ve yeryüzü şekillerinin çeşitlilik göstermesi, farklı özellikte iklim tiplerinin doğmasına yol açmıştır. Yurdumuzun kıyı bölgelerinde denizlerin etkisiyle daha ılıman iklim özellikleri görülür. Kuzey Anadolu Dağları ile Toros Sıradağları, deniz etkilerinin iç kesimlere girmesini engellemektedir. Bu yüzden yurdumuzun iç kesimlerinde karasal iklim özellikleri görülmektedir (Atalay, 1997).

Türkiye'de yaz kuraklıkları, egemen fiziki coğrafya denetçileri ve ülkeyi etkileyen geniş ölçekli ve bölgesel basınç ve rüzgar sistemleri ile hava kütlelerine bağlı olarak, alansal ve zamansal olarak değişkenlik göstermekle birlikte, subtropikal büyük Akdeniz ikliminin doğal bir özelliği olarak, ülkenin Karadeniz yağış bölgesi, kuzey Marmara ve Kuzeydoğu Anadolu bölümleri dışında kalan yerlerinde her yıl oluşmaktadır (Türkeş vd., 2009).

Dünyanın yarı-kurak bir iklim kuşağında yer alan Türkiye'de yağışların, yersel ve zamansal dağılımı düzensiz olup (Şekil 2), 400 mm ve daha düşük yıllık yağış miktarına sahip olan bölgeler ülkemizde kurak bölgeler olarak bilinmektedir.

Kuraklık ve küresel iklim değişikliği sebebiyle havzalardaki yağış rejimlerinin değişmesi beklenmektedir. Bazı bölgelerde yağışların artması, bazı bölgelerde ise azalması muhtemeldir. Bu açıdan havzalar arası su aktarılması çok büyük önem arz etmektedir (Kadioğlu, 2008).

Belli bir zaman dilimi içerisinde yeterli miktarda ya da hiç yağmur yağmaması ile meteorolojik kuraklık meydana gelmektedir. Genellikle kış mevsiminde Türkiye'de Akdeniz iklimi görülen yerlerde yağışlara neden olan siklonik cephe sistemlerinin yüksek basınç merkezleri nedeniyle Türkiye'ye sokulamaması sebebiyle yağmur yağmamaktadır.

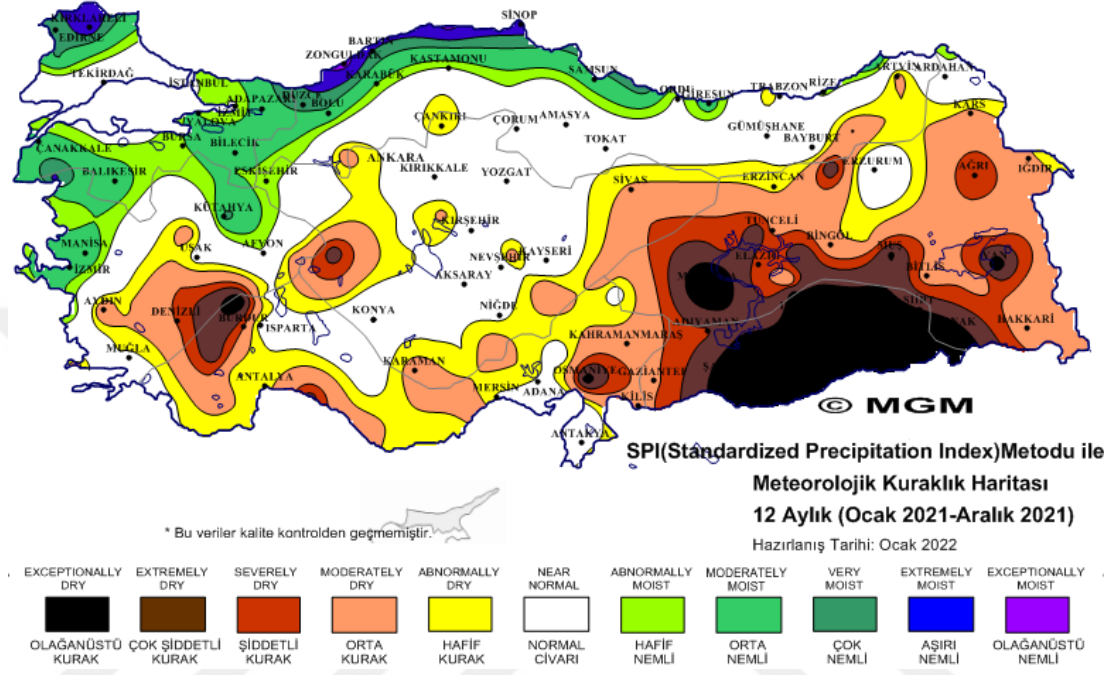


Şekil 2. 2. Türkiye’de ortalama yıllık yağış miktarının yersel dağılımı (Kadioğlu, 2008).

Atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim; Türkiye’de kuraklığa tesir eden etkenlerdir. Türkiye’nin büyük kısmı yarı kurak iklim şartlarının etkisi altında bulunmaktadır. Kurak ve yarı kurak alan miktarı 51 milyon hektar olmakla birlikte bu miktar Türkiye yüzölçümünün %37,3’ünde yarı kurak iklim şartlarının hâkim olduğunun göstermektedir. Diğer yandan yağışın miktarındaki ve dağılımındaki düzensizlikler de kuraklığa etki etmektedir. Türkiye’nin tamamında yaşanabilecek olan kuraklık, düzensiz yağış dağılımı nedeniyle bazı bölgelerde daha da etkili olarak yaşanabilmektedir. (Kadioğlu, 2012).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli raporlarında; ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz havzasında sıcaklıkların artacağı, yağışların ve toprak su içeriğinin azalacağı tahmin edilmektedir. Küresel İklim Modelleri ile yapılan tahminler ile; 2030 yılında (yani birkaç yıl sonra) Türkiye’nin de büyük bir kısmının oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girmesinin beklendiği ve zaten yarı kurak bir iklime sahip olan ülkemizde kuraklığın etkilerinin gelecekte daha da fazla hissedilebileceği, suyun ülkemiz için öneminin gelecekte daha da artacağı ifade edilmektedir (IPCC, 1990, 2007, 2012, 2013).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından kuraklıkla ilgili birbirinden farklı yöntemler kullanılarak birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda örnek olarak Türkiye'nin 2021 yılı için SPI indeksine göre geliştirilen kuraklık haritası Şekil 3' te sunulmaktadır.



Şekil 2. 3. 2021 yılına ait 12 aylık (Ocak-Aralık 2021) SPI kuraklık haritası

(<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yillik#sfB>).

Ülkemiz ve ülkemizin de içinde yer aldığı Akdeniz Bölgesi açısından iklim değişikliğinin belki de en önemli sonucu 30° enlemi civarındaki yüksek basınç bandının dünyanın ortalama sıcaklığının artmasıyla daha kuzeye doğru kaymasıdır (Seidel, Fu, Randel ve Reichler, 2007).

Bunun ülkemiz açısından anlamı açıktır. Orta, güney ve güneydoğu bölgelerimiz şu an için bile yarı kurak iklim kuşağı içerisinde ve çölleşme riski ile karşı karşıya bulunmaktadır. Yakın gelecekte etkisini daha da artıracak olan iklim değişikliği ülkemizin güney yarısının iklimini güney komşularımız Suriye ve Irak benzeri bir iklime çevirecek, orta ve kuzey bölgelerimiz de şu an güney bölgelerimizdeki iklim yapısı ile karşı karşıya kalacaklardır. Bunun ülkemiz için anlamı tüm bölgelerimizde kuraklık ve çölleşme riskinin artacak olmasıdır (Kurnaz, 2014).

Kuraklık Türkiye’de sıklıkla gözlenen bir doğal afettir. Türkiye’de yağışların lokasyon ve zamansal dağılımı her zaman düzensiz olduğu için şehirlerin mevcut su kaynakları, nüfus artışı ve sanayinin ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Geleneksel sulama yöntemleri nedeniyle tarımsal üretimde su sarfıyatı fazla olmakta ve çevre kirliliği yüzünden su kalitesinde düşüşler yaşanmaktadır. Bunların yanı sıra iklim değişikliği ile Türkiye, kuraklık afetini çok daha fazla hissedecektir. Kuraklıktaki artışla birlikte ülkemiz, ulusal ve uluslararası alanda, sınır içi ve sınır ötesi suların paylaşım ve yönetiminde maalesef daha fazla sorunlarla karşı karşıya kalacaktır (Kadioğlu, 2012).

Kuraklığa karşı önlemlerin en önemli adımı, bir su yönetimi sistemi uygulamaktır. Bu sebeple, su bütçesinin oluşturulabilmesi için havzanın bütünüyle yönetilmesi, yer üstü ve yer altı su kaynaklarının birlikte ele alınması esastır.

Kuraklığın başlangıcı ve bitişi belirsiz olup herhangi bir kurak dönem bittikten belli bir süre sonra kuraklığın bittiğine veya tam tersi olarak başladığına karar veririz. Bu sebeple kuraklığa yaşandığı dönem yerine başlamadan önce müdahale edebilmek çok büyük önem taşımaktadır.

BÖLÜM ÜÇ

MEVCUT ÇALIŞMALAR

3.1 Su Kaynakları Alanında Entropi Kavramının Kullanımı

Su sistemleri planlamasında, hidrolojik verilerin bilgi içeriğini belirlemek için nesnel bir ölçüt kullanmak esastır. Su kaynakları sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde optimum kararlar alabilmek için hidrolojik süreçler ölçülmelidir. Ancak ölçüm uygulamasının optimum bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için şu sorulara cevap aranmalıdır: ne, nerede, ne zaman ve ne sıklıkla? Planlayıcılar, çalışmalarında sıklıkla beklenen bilgi, mevcut bilgi, bilgi eksikliği ve bilgi artışı kavramlarını kullanmakta ve tasarım parametrelerinin ölçümlerin getirdiği bilgilere dayandığını belirtmektedirler. Bununla birlikte, bilginin nasıl ölçülebileceğine dair somut bir tanım yoktur. Benzer şekilde, bilgi herhangi bir istatistiksel parametre gibi doğrudan tanımlanamaz; çoğunlukla varyans, standart hata veya korelasyon katsayıları istatistiksel büyüklükler açısından dolaylı olarak tanımlanır (Harmancıoğlu ve Singh, 1991).

Bilgi içeriğinin ölçülebilirliğini göstermek için konuya başka bir bakış açısıyla yaklaşılabılır. Herhangi bir konu veya olay hakkında bilgi edinmek, o konuyu veya olayı ilgilendiren yeni durumları öğrenmek anlamına gelir. Önceden bilinen durumlar herhangi bir yenilik içermiyorsa, yeni bilgi getirmezler. Dolayısıyla söz konusu durumun yenilik derecesi ölçülebiliyorsa içerdiği bilgiler için bir kriter geliştirilebilir. Herhangi bir durumda yeniliğin derecesini ölçmenin en basit yolunun durumun göreceli sıklığını belirlemek olduğu göz önüne alındığında, bilgi içeriğinin olasılık kavramı ve olasılık kuralları kullanılarak tanımlanabileceği sonucuna varılabilir (Cherry, 1957).

Entropi, bilgi içeriğini ölçmek için kullanılan yöntemlerden biridir ve hidroloji ve su kaynakları planlaması gibi çok çeşitli disiplinlerdeki araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır (Shannon, 1948). Entropi, bir değişkenin belirsizliği veya düzensizliğinin bir ölçüsüdür. Kesikli veya sürekli formdaki rastgele bir değişkenin olasılık kütle fonksiyonu ($p.m.f.$) veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ($p.d.f.$) entropiyi belirlemek için kullanılabilir.

Entropi teorisi, rasgele süreçlerin bilgi içeriğini ölçmek, hidrolojik süreçler arasındaki bilgi aktarımını değerlendirmek, bir nehir havzası için beslenme sistemlerinin değerlendirilmesi, veri toplama sistemlerinin değerlendirilmesi, model performansının değerlendirilmesi ve taşkınlar ile ilgili bölgesel bilgilerin elde edilmesi ve su kalitesi izleme ağının tasarlanması için hidroloji ve su kaynakları alanında uygulanmıştır. Entropi kavramı aynı zamanda zaman serilerinin bilgi içeriğini hesaplamak için mükemmel bir araçtır. Hesaplamalar yapılmadan önce zaman serilerinin yapısı belirlenmelidir. Hidroloji ve su kaynaklarına entropi teorisinin uygulanmasının kapsamlı bir incelemesi Singh (1997, 2000) tarafından verilmektedir.

Baran (1993), sürekli hal için kazanılan bilgi=giderilen belirsizlik olarak tanımlanan entropi değerinin yerine, bilgi içeriğindeki değişim miktarı (*variation of entropy*) olarak adlandırılan, yeni bir entropi tanımı gerçekleştirmiştir. Bilgi içeriğindeki değişim miktarı olarak entropi tanımının kullanılması halinde değişken için kabul edilen ölçüm sonrası olasılık dağılımına bağlı olarak, dağılımın değişkene uygun olup olmadığını ve değişken hakkında yeterli bilgiye ulaşıp ulaşılmadığını sınavacak kabul değerlerinin belirlenmesi de mümkün olabilecektir. Böylece, hesaplanan entropi değerlerinin, belirlenen kabul değerlerinin altında kalması durumunda; değişkenin öngörülen dağılıma uygun olduğu ve bu dağılım için yeterli bilgi düzeyine ulaşıldığını-dolayısı ile istasyon kapatma ya da ölçüm sıklığını değiştirme kararlarının verilebileceğini-söylemek mümkün olacaktır.

Entropi kavramı, hidroloji ve su kaynaklarında birçok rol oynar (Baran, 1993);

- i) Su kaynakları mühendisliğinde hidrolojik süreçlerin belirsizliğinin tespitinde,
- ii) süreci temsil edecek olasılık dağılımlarını belirlemekte,
- iii) bilgileri hidrolojik süreçler arasında aktarmakta,
- iv) ölçüm ağlarını optimize etmekte ve optimum ölçüm aralıklarını tanımlamakta,
- v) matematiksel modellerin bilgi içeriğini tanımlamakta,

vi) Optimizasyon ve karar teorisinin uygulanmasını sağlarken, besleme sistemleri ve ölçüm ağlarının işletme verimi ile süreçler arasındaki ilişkileri gerçekleştirir.

Su kaynaklarının teknik ve ekonomik yönden en verimli şekilde geliştirilmesini sağlamak amacıyla yapılacak çalışmalar, bu kaynakların nicelik ve nitelikleri ile ilgili verilere ve bilgilere dayanmaktadır. Bu nedenle, su kaynağının zaman ve mekânda değişken nicelik ve niteliklerini temsil eden hidrolojik süreçlerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Hidrolojik süreçlere ait gözlemler, başlangıçta rasgele bir sayı dizisi niteliği taşımaktadır. Planlamacının görevi ise, bu diziden azami ölçüde bilgi edinmek ve su kaynakları sistemlerinin tasarımı ve işletimi için gerek duyduğu parametreleri belirlemektir. Doğada ölçülen ve planlamacı tarafından kullanılan veriler olay hakkında belirli bir miktarda bilgi taşımaktadırlar. Verilecek kararların tutarlılığı, eldeki verilerin doğadaki olayları yeterince yansıtıp yansıtmadığına bağlı bulunmaktadır. Buna göre planlama çalışmalarının temelinde ölçüm ve ölçümün getirdiği bilginin bulunduğu, bu bilginin saptanabilmesi için de nesnel bir ölçüte gerek duyulduğu söylenebilir.

Entropi, rastgele hidrolojik sürecin belirsizlik derecesinin bir ölçüsüdür. Gözlemler yoluyla belirsizliğin azaltılması, kazanılan bilgi miktarına eşit olduğundan, entropi kriteri, belirli bir veri dizisinin bilgi içeriğini dolaylı olarak ölçer. Entropi ölçütleri, bir gözlem faaliyeti içinde herhangi bir yeni verinin yeni bilgi üretmediği en uygun noktayı tespit etmekte veya zaman serisi modellemede hata kontrolü için kullanılabilir (Baran ve Bacanlı 2006, 2007a, b).

Bilgi İçeriği Açısından Entropi (*Informational Entropy*) yöntemi kullanılarak, gözlemlenen zaman serilerine en uygun olasılık dağılımı değerlendirilebilir (Baran ve Barbaros 2015; Baran ve diğerleri 2017a, b). Bu noktadan hareketle Türkiye'deki 60 istasyonun ortalama yağış verileri için en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarını tespit etmek için alternatif bir test yöntemi olarak Bilgi İçeriği Açısından Entropi (*Informational Entropy*) yöntemi kullanılmıştır. Sunulan çalışmada entropi tabanlı bu yöntemin; farklı mekansal bölgeler ve değişen meteorolojik özellikler gibi birçok farklı durumda uygulanabilen alternatif bir test yöntemi olduğu gösterilmiştir (Baran, Barbaros, Gül ve Onuşluel Gül, 2018).

Baran, Harmancıoğlu, Çetinkaya ve Barbaros (2017a) entropiyi, giderilen belirsizlik $\equiv$ kazanılan bilgi eşitliği yerine bilgi içeriğinin değişmesi olarak tanımlamışlardır. Burada benimsenen yaklaşım, bilgi entropisini mutlak bir bilgi ölçüsü olarak değil, bilgi çeşitliliğinin bir ölçüsü olarak tanımlar. Bu, hidrolojik olayların kesikli olasılıkları göreceli sınıf frekansları ve kesikleme aralıkları yoluyla tahmin edildiğinde, kesikleme aralığının seçimiyle değişen birkaç değer yerine bilgi entropisi için tek bir değer elde etmeyi mümkün kılar. Ayrıca, mevcut çalışma, farklı büyüklük ölçeklerine ve farklı olasılık yapılarına sahip çeşitli hidrolojik süreçlerin belirsizlikleri arasında bir karşılaştırmayı kolaylaştıran bilgi entropi fonksiyonu için güven sınırları sunar. Özellikle, hidrolojik izleme tasarımı ve değerlendirmesinde bilgi ile ilgili sorunların çözülmesine yardımcı olması amaçlanmıştır.

Aşıkoğlu ve Çiftlik (2015), Ege Bölgesi'nde yer alan 47 yağış gözlem istasyonundaki yıllık yağış serilerinin eğilimlerini parametrik ve parametrik olmayan trend testleri ile değerlendirmişlerdir. Test sonuçlarına göre yıllık yağış toplamalarında özellikle Ege Bölgesi'nin kuzey yarısında belirgin bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Yıllık yağışlardaki önemli düşüşlerin 1970'lerin başında başlamış olduğu ve büyük olasılıkla sistematik bir düşüş eğiliminden ziyade son yirmi yıldaki kurak koşullardan kaynaklanabileceği tespit edilmiştir.

İç Anadolu Bölgesi'ndeki Meteorolojik kuraklığın araştırılması çalışmasında, Standart Yağış İndeksi ve Dağılım Entropisi (AE) yöntemleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan 13 meteoroloji istasyonunun gözlemleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları kuraklık parametrelerinin belirlenmesine katkı sağlamış ve dolayısıyla bu konudaki eksik bilgi ve veriler tamamlanmıştır. Entropi yöntemi, İç Anadolu Bölgesi verilerine ilişkin literatürde yaygın olarak kullanılan diğer yöntemlerle elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar vermiştir. Entropi yönteminin, bölgesel istasyonlarda kuraklığın şiddetinin nispi frekanslarının karşılaştırılmasıyla belirtildiği gibi, SPI yöntemine benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle yöntem, uzun vadeli kuraklık hesaplamalarında ve bölgesel kuraklık hesaplamalarında kullanılabilecek bir yöntem olarak önerilebilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, entropi yönteminin kuraklık analizinde

kullanılabilecek bir alternatif olabileceği gösterilmiştir (Baran, Bacanlı ve Dikbaş, 2017).

Bilgi teorisi yaklaşımları, hidrolojik değişkenlerin değişkenliğini değerlendiren çok çeşitli uygulamalarda, diğer yaklaşımların bulgularını hem doğrulamak hem de genişletmek için kullanılmıştır. Bilgi teorisi yaklaşımının ek bir avantajı, hidrolojik döngünün doğal tahmin edilebilirliğini ölçmek için önemli bir potansiyele sahip olmasıdır.

Su kaynakları araştırmalarında yağışın uzaysal-zamansal değişkenliğini belirlemek esastır. Bu nedenle yıllardır birçok araştırmacı bu konuya katkı sağlamıştır. Shannon'ın bilgi teorisi, su kaynakları bölgelerini tanımlamak için Japonya'daki 1107 istasyonda günlük yağışın zamansal değişkenliğini belirlemekte kullanmıştır (Kawachi, Maruyama ve Singh, 2001). Böylece elde edilen entropi tabanlı iklim haritası, Japonya'nın ülke çapındaki yağış özelliklerini sunmaktadır.

Bir başka çalışmada ise yağışların uzay-zaman değişkenliğini değerlendirmek için entropi yöntemiyle aylık, mevsimsel ve yıllık yağış veri setleri analiz edilmiştir (Mishra, Özger ve Singh, 2009). Sonuçlar, yağış miktarı ve yağmurlu gün sayısı arasında güçlü bir mekânsal ilişki olduğunu ve önemli tarihsel kuraklık dönemleriyle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Yakın geçmişte yapılan bir çalışmada, Çin'in Heilongjiang kentindeki aylık yağış düzensizliğinin zaman-mekansal farklılıklarını analiz etmek için optimal entropi modeli kullanılmıştır (Zhang, Li, Liu, Fu, Li, Faiz, Khan ve Li, 2019). Bu çalışmada, tarımsal üretim değişiminin, çalışmanın ova alanlarındaki aylık yağış düzensizliğinin mekânsal farklılığının ana nedeni olduğu gösterilmiştir.

Dey ve Mujumdar (2019), ülke genelinde daha yüksek şebeke hücre oranının, yağışların tekdüzelik derecesi olarak ölçülen Bağlı Entropide (*Relative Entropy -RE*) artan bir eğilim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bağlı entropide artış eğilimi, yağmura dayalı tarım uygulamalarında suyun sürdürülebilir planlaması ve yönetimi için çok önemli olan yağış zamanlamasını ve miktarını etkiler.

Yakın geçmişteki bir başka çalışmada ise, Çin'in Wei havzasındaki yağış ağı tasarım yöntemi için gerçekleştirilen bilgi teorisine dayalı çok amaçlı bir optimizasyon tekniği sunulmuştur (Wang, Wang, Singh, Wang, Wu, Zhang, Liu, Zou ve He, 2020). Çalışmada çok amaçlı bir optimizasyon tekniği tasarlamak için akış ve yağış ağları için entegre bir ağ tasarım çerçevesi geliştirilmiş, optimizasyon yönteminin sonuçları, akış simülasyonu için yapay bir sinir ağı (YSA) modeli kullanılarak incelenmiştir.

Su kaynaklarının geliştirilmesi, planlanması ve yönetiminde hidrolojik verilerin değerlendirilmesi büyük önem taşır. Mevcut veriler genellikle sürecin toplumun tamam olarak yansıtmadığından, toplum hakkında daha güvenilir kararlar alabilmek için sürecin modellenmesi gerekmektedir. Modeller, planlama ve tasarım için veri üretiminde ya da süreçlerin gelecekteki değerlerini tahmin amacıyla kullanılabilir.

Liu, You, Zhu, Wang ve Ran (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Çin'in Yangtze Nehri'nin orta ve alt kesimlerindeki afet endeksinin hesaplanmasında doğal, sosyal ve ekonomik faktörlerin dikkate alınmasına dayalı kapsamlı değerlendirme göstergeleri kullanılmıştır. Afet değerlendirme sonuçlarını daha doğru ve gerçekçi hale getirmek için çok boyutlu faktörlerin etkisini hesaba katmak gerekir. Yetersiz bilginin eksiklikleri, gelişmiş bilgi yayma modeli ile telafi edilerek değerlendirmeyi daha bilimsel hale getirir. Bilgi difüzyonu ile entropi bilgi difüzyonu arasındaki en büyük fark, parametrelerin hesaplanmasıdır. Bilgi difüzyonu ve entropi teorisinin kombinasyonu sayesinde kurulan entropi bilgi difüzyon modeli, geleneksel bilgi difüzyonundan daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada oluşturulan afet değerlendirme sistemi, veri kullanılabilirliği ve afet mekanizmasına dayalı kapsamlı bir risk değerlendirme sistemidir. Değerlendirmenin sonuçları, önerilen yöntemin makul ve uygulanabilir olduğunu kanıtlamaktadır. Bu nedenle yöntem, doğal afetlerin risk değerlendirmesinde uygulanabilir. Bununla birlikte, kuraklık ve sel felaketi risk seviyelerinin sınıflandırılmasının hala iyileştirilmesi ve üzerinde çalışılması gerekmektedir.

Bilgi teorisinde, bir değişkenin belirsizliği veya bu değişkenin olasılık dağılımı (entropi), değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun logaritmasının negatif beklenen değeridir. Entropi aynı zamanda kazanılan bilgi miktarı=gözlemler yoluyla belirsizliğin azaltılması olarak da tanımlanır; başka bir deyişle, entropi ölçütü bilgi içeriğinin dolaylı değeridir. Entropi kavramı incelenen parametre hakkında ne kadar bilgi elde edilebildiğini tanımladığından, Kawachi vd. (2001) - günlük yağışlar-Maruyama, Kawachi ve Singh (2005) - aylık yağışlar- paylaştırılmış entropi (AE) değerlerini kullanarak su kaynakları açısından farklı bölgeleri ve potansiyel su kaynaklarının mevcudiyetinin değerlendirmesini Japonya örneğinde gerçekleştirmişlerdir.

Liu, Yang ve Cui (2008), Çin' in Sarı Nehir (Yellow River) Havzasında 81 meteoroloji istasyonunda 1960–2006 yılları arasında kaydedilen yıllık toplam yağış serilerinin uzaysal ve zamansal eğilimlerini araştırmak için Shannon Entropy, Mann – Kendall ve Doğrusal Uyum Modeli (Linear Fitted Model) yöntemlerini uygulamışlardır. Sonuçlar, entropinin boylamla pozitif yönde doğrusal olduğunu, ancak enlemle doğrusal ilişki olmadığını, yağış istasyonlarının çoğunda azalma eğilimi bulunduğunu, havzada sadece iki meteoroloji istasyonunda artış eğilimi bulunduğunu göstermişlerdir.

Singh (2018) tarafından yapılan bir incelemede, farklı hipotezlere dayanan, farklı kökenlere sahip ve farklı üretici sistemlere ait olan frekans dağılımları araştırılmıştır. Bu makale, diferansiyel denklemler, dağılım esnekliği, genetik teori, üretici fonksiyonlar, dönüşümler, Bessel fonksiyonu, genişlemeler ve entropi maksimizasyonunu içeren farklı yaklaşımlar kullanılarak türetilmiş çeşitli frekans dağılımlarını önermektedir. Her frekans dağılımı hidrolojik, hidrolik, çevre ve su kaynakları mühendisliğinde çeşitli veri analizi için kullanılmaktadır.

Sreeparvathy ve Srinivas (2020) bulanık bilgi entropisini kullanarak hidrometrik ağın optimal tasarımı için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Geliştirilen metodolojinin potansiyeli, geleneksel Shannon bilgi entropi yaklaşımı ve bununla ilgili teorik iyileştirme EEBM (üstel entropi tabanlı metodoloji) üzerinden, Hindistan'ın Mahanadi havzasında sıklıkla sellere eğilimli hidrometrik ağa uygulanarak gösterilmektedir. Ayrıca, çeşitli kesikleme aralığı (bin size estimation) tahmin

kurallarının Shannon ve üstel entropi tahminleri üzerindeki etkisini araştırmış ve kurallardan herhangi biri kullanılarak elde edilen tahminlerin bulanık entropi tahminlerine çok benzeyip benzemediğini belirlemişlerdir. Entropi tahmini yönteminin ve kesikleme aralığı tahmin kuralının etkileri, veri toplanacak istasyonların önceliklendirilmesi, akım gözlem istasyonlarının eksik olduğu bölgelerin belirlenmesi ve Mahanadi nehri havzasında optimal hidrometrik ağ tasarımı üzerinde incelenmiştir. Önerilen metodolojiyi kullanarak Hindistan yarımadasının on altı nehir havzasındaki (0.64 milyon km²'yi kapsayan) akım gözlem istasyonları ağlarının yeterliliği değerlendirilmektedir.

3.2 Dalgacık (Wavelet) Dönüşümü İle İlgili Çalışmalar

Hidrolojik sistemler doğrusal olmayan doğalarından dolayı farklı zaman ölçeklerinde çok yüksek değişkenlik içerirler. Ayrıca söz konusu değişkenlere ait oldukça küçük örnek kümelerimiz mevcuttur. Bu nedenle değişkenlerin özelliklerini belirlemek çok spekülatif bir konudur.

Bir sinyalin periyodikliğinin zaman içerisindeki değişimi klasik dönüşüm yöntemleri ile belirlenmemektedir. Bu nedenle periyodikliği araştırmak için sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılmaktadır. Hidrolojik sistem uygulamalarında geçici davranışlar dalgacık analizi ile kolayca belirlenebilmektedir.

Su kaynakları mühendisliği çalışmalarında hidrolojik süreçleri etkilediği düşünülen meteorolojik verilerin yerel ve zamansal değişimlerinin ve taşkınlara sebep olan uç değerlerin periyodikliğinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Gerçekleştirilen bu tespitlerle taşkınlar önceden belirlenebilir ve böylece can ve mal kayıplarının önüne geçilmiş olur.

El-Nino fenomeni, Pasifik Okyanusunun doğusunda ortalama 4-7 yıllık bir frekansta oluşan deniz yüzeyi sıcaklığı anomalisi olup, çok güçlü bir doğal iklim değişimidir. Ekolojik ve ekonomik çok büyük etkileri olan bu fenomen ile ilgili bir çok araştırma yapılmakta ve fenomenin doğası/yapısı anlaşılmasına çalışılmaktadır.

Torrence ve Compo (1998), istatistiksel anlamlılık testini dalgacık analizi yöntemine dahil ederek yöntemi oldukça popüler hale getirmişlerdir. Çalışmada El

Nino-Kuzey Salınımının bir ölçüsü olarak kullanılan Nino3 deniz yüzeyi sıcaklığı (SST) ve deniz seviyesi basıncı (SLP) verilerinin değişimleri ve Kuzey Salınımları ile olan ilişkileri araştırılmıştır. Morlet ve Mexican hat dalgacıkları ile gerçekleştirilen dalgacık analizinde Nino3 deniz yüzeyi sıcaklıklarının 2-8 yıllık bir bant aralığında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kuzey salınımlarının Nino3 deniz yüzeyi sıcaklık değerlerini etkilediği belirlenmiştir.

Coulibaly ve Burn (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 79 adet Kanada nehrinin yıllık ortalama akış değerlerinin yıllar ve on yıllar arasındaki değişkenliği incelenmiştir. Akarsu akışları ile kuzey yarımküredeki iklim değişikliği arasındaki dinamik ilişkiyi anlamak için dalgacık analizi yöntemi kullanılmıştır. Kuzey Atlantik Okyanusu Salınımının (NAO) ve Kuzey Pasifik Akıntısının (PNA) akış miktarlarının düşük frekanslı (yıllık ve on yıllık zaman ölçeğinde) değişimleri üzerinde oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Sürekli dalgacık dönüşümünün yıllık ortalama akışlara uygulanmasıyla 1950 öncesi ve 1970 sonrası dönemlerde çarpıcı iklimsel özellikler gözlenmiştir. Çalışmaya konu olan 79 adet Kanada nehrinin akış değerleri, 1950-1999 yılları arasındaki dönemde Kuzey Pasifik Akıntısının, 1950 öncesi dönemde Kuzey Yarıküre Dairesel Modunun (NAM) ve 1970 sonrası Kuzey Atlantik Okyanusu Salınımının (NAO) etkisiyle 2-3 yıllık bir bant genişliğinde değişim göstermektedir.

Bir başka çalışmada ise Amazon, Parana, Orinoco ve Congo nehirlerinin aylık debileri ile Güney ve Kuzey Atlantik Salınım indislerine dalgacık analizi uygulanmıştır (Labat, Ronchail ve Guyot,2005). Uzun dönem aylık akış miktarının değişimlerinde, Güney ve Kuzey Atlantik Salınımının etkileri araştırılmıştır. Congo, Orinoco ve Parana nehirlerinin yaklaşık 8 yılda bir tekrarlanan akış karakteristiğinin Kuzey Atlantik Salınımları ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. 1970 yılı civarında akış serilerinin çoğunun yaklaşık 20, 1940 ve 1970 yılları arasında 30 yıllık bir zaman ölçeğinde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Amazon ve Congo nehirlerine ait debilerin değişimlerinde Güney ve Kuzey Salınımının, Parana nehrinde yalnızca Güney ve Orinoco nehrinde ise yalnızca Kuzey salınımlarının etkili olduğu tespit edilmiştir.

Labat (2005) bir sinyalin zaman-mekan yapısını belirleyebilmek için kullanılan çoklu çözünürlüklü sürekli dalgacık analizi yönteminin uygulandığı bir çok araştırmaya yer verdiği çalışmada iki sinyal arasındaki ilişkinin araştırılmasını sağlayan kavramların dalgacık yöntemindeki karşılıklarını belirtmiştir. Durağan iki sinyal arasındaki benzerliğin derecesini belirlemekte kullanılan çapraz-ilişki kavramı durağan olmayan sinyallerin söz konusu olduğu alanlarda yetersiz kalmaktadır. Durağan olmayan iki sinyal arasındaki ilişkinin zaman-ölçek dağılımını belirlemekte dalgacık çapraz ilişki (cross-correlation) ve zamansal evrimini belirlemekte ise dalgacık bağdaşımı (coherence) kavramları kullanılmaktadır.

Diğer bir çalışmada ise, İber Yarımadası'nın güneyindeki son 117-166 yıldaki iklim ve hidrolojik değişimleri spektral ve korelasyon analizleri ve sürekli dalgacık analizleri yöntemleri ile incelemiştir (Andreo, Jimé'nez, Dura'n, Carrasco, Vadillo ve Mangin,2006).

Coulibaly (2006), Kanada mevsimsel yağışlarındaki uzaysal ve zamansal değişkenliği tanımlamak için dalgacık ve çapraz dalgacık yöntemlerini kullanmış ve mevsimsel yağış ile Kuzey yarımküredeki baskın iklim değişkenliği modları arasındaki dinamik ilişki hakkında daha fazla bilgi edinmiştir.

İklim anomalileri farklı bölgelerde farklı etkiler gösterebilmektedirler. Çin'in Yangtze havzasının alt, orta ve üst bölgelerinde bulunan üç istasyonun yıllık en büyük akış değerleri ile El Nino/Kuzey Salınimleri (ENSO) arasında farklı ilişkiler tespit edilmiştir (Zhang, Xu, Jiang ve Wu, 2006). Yangtze nehrinin alt ve üst bölgelerini farklı iklim sistemlerinin kontrol ettiği ve orta bölgenin de bir geçiş bölgesi olduğu belirlenmiştir.

Meteorolojik ve hidrolojik süreçler arasındaki bağlantıyı anlamak, hidrolojik modelleme için özellikle de girdi süreçlerinin olağanüstü eş değişkenlikleri ile tetiklenen hidrolojik olayların uç değerlerinin tahmini için bir önkoşuldur (Schaepli, Maraun ve Holschneider,2007). Schaepli vd. (2007), taşkın yaratabilecek hidrometeorolojik olayları araştırmak için yağış, sıcaklık ve akım değerlerine dalgacık analizi yöntemlerini uygulamıştır. Yağış, sıcaklık ve akış serileri dalgacık spektral analizi ile değerlendirilerek hidrometeorolojik koşulların potansiyel bir

taşkın üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Alp dağlarında yağışın çoğunlukla kar şeklinde dūřerek direkt akışa geçmemesi sebebiyle yağış ve akış arasında çok az bir ilişki tespit edilmiştir. Akış ve sıcaklık arasında birkaç gün ile bir ay arasında değişen ölçeklerde bağımlılık tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada ise, gerçek gözlemler ile Hkmetler Arası İklım Deėiřikliėi Panelinin (IPCC) AR4 ve A1B senaryoları ile elde edilen verilere dalgacık analizinin uygulanmasıyla iklım değişikliğinin El Nino fenomenine etkileri araştırılmıştır (Janicke, Bttinger, Mikolajewicz ve Scheuermann,2009). Deniz yüzeyi sıcaklıklarındaki pozitif anormalliklerin El Nino olaylarına sebep olduğu dūřnlmektedir. İklım parametrelerindeki doğal değişkenlik ile küresel ısınma kaynaklı değişkenlik arasındaki farkı belirleyebilmek için deniz yüzeyi sıcaklığı, 2m' deki sıcaklık, ortalama deniz seviyesi basıncı, 10 m' deki rüzgar bileşeni ve yağış oranı verileri için 1961-1990 dönemindeki gerçek aylık ortalama değerlerinin küresel iklım modeli ile elde edilen 2071-2100 dönemi değerlerine göre değişimi değerlendirilmiştir. Sera gazı artışının yaz ve kış aylarında bu parametrelerin ortalama değerlerinde bölgesel anormalliklere yol açacağı belirlenmiştir. 2071-2100 dönemi için yapılan çalışmada Pasifik Okyanusunun doğusunda kış ayları için deniz yüzeyi sıcaklıklarında artış belirlenmiş olup bu durum El Nino olaylarının artacağının göstergesidir. CO2 yoğunluğunun sabit tutulduğu benzetimde iklım parametrelerinde küresel ısınma kaynaklı bir değişim tespit edilmemiştir.

Hidrometeorolojik değişkenlerin en önemlilerinden birisi olan yağışın zamansal ve mekânsal değişiminin belirlenmesi su kaynakları yönetiminde olduğu kadar iklım değişiminin bölgesel etkilerinin araştırılmasında da oldukça önemlidir. Yağış, akışı oluşturan en önemli parametredir.

zger ve diğ. (2009) kuraklık ve büyük ölçekli iklım indislerindeki baskın salınımların analizi ile iklım indislerinin yıllar ve on yıllar arası değişiminin kuraklık oluşumunda etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Dalgacık dönüşüm tekniği kullanılarak Texas eyaleti için El Nino kuzey salınımları ve Pasifik on yıllık salınımlarının kuraklık üzerindeki etkisi araştırılmış olup kurak bölgelerdeki akışların nemli bölgelere göre iklım anomalileri ile arasında daha güçlü bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Brunsell (2010) Amerika kıtasındaki 1062 adet istasyona ait günlük yağışların zamansal ve mekânsal değişkenliğini belirlemekte çok ölçekli bilgi kuramı yaklaşımını kullanmıştır. Bu yaklaşımla, çoklu çözünürlüklü dalgacık analizi ile bilgi kuramı ölçütleri birleştirilmiş ve her bir ölçeğin yağışların mekânsal-zamansal değişkenliğine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Günlük yağış serileri için hesaplanan entropi değerleri ve günlük yağış serileri ile yağışlı gün serileri için hesaplanan bağıl entropi değerlerinin mekânsal değişim grafiklerinde -95° boylamı civarında belirgin bir kırılma noktası olduğu görülmektedir.

Su talebindeki artış ve beliren iklim değişikliği nedeniyle, araştırmacılar son yıllarda kuraklık ile ilgili çalışmalara çok fazla odaklanmışlardır. Mishra ve Singh (2010), kuraklık tanımlarının tartışılmasıyla başlayan makalelerinde, kuraklıkla ilgili temel kavramların, kuraklıkların sınıflandırılmasının, kuraklık indekslerinin, tarihi kuraklıkların paleo-klimatik çalışmalarla ve kuraklık ile büyük ölçekli iklim indeksleri arasındaki ilişkinin bir incelemesini sağlamaya çalışmaktadır. Kuraklık konusu ile ilgili literatürde boşlukların bulunduğu ve daha fazla araştırmaya odaklanması gereken yerlerde tespit edilmiştir.

Akış frekansı çalışmalarındaki en önemli adımlardan biri, Homojen Bölgelerin (*Homogenous Regions*), yani benzer hidrolojik davranışa sahip alanların tanımlanmasıdır. Homojen bölgeler, komşu bir nehir havzasından bilgi aktarılmasına izin verdiğinden, bu, ölçüm yapılmamış havzalarda çok önemlidir. Ridolfi ve ark. (2016) çalışmalarında homojen bölgeleri tanımlamak için entropi tabanlı bir yaklaşım önermektedirler. Entropi kavramı aracılığıyla geliştirilen endeks, değişkenler arasındaki benzerliği tanımlar ve iki akış ölçme istasyonu arasındaki aktarılan bilgi (*transinformation*) ile ortak bilgi miktarı (*joint entropy*) arasındaki orandır. Güvenilirliğini değerlendirmek için sonuçlar, iyi bilinen bir Öklid mesafesine dayalı yaklaşımla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Aktarılan bilgi endeksi (ITI) tabanlı yöntemin iyi performans gösterdiğini ve homojen bölgeleri tanımlamak için mevcut yöntemlere değer kattığını göstermektedir.

Küçük (2004) akım serilerinin periyodik yapısını incelemede sürekli dalgacık dönüşümünü kullanmıştır. Ayrık dalgacık dönüşümünü ise akım modellemesinde kullanmıştır. Farklı hata ve karşılaştırma kriterleri ile değerlendirilen model

sonuçlarında; yüksek enerjili ve bölgenin iklim karakteristiğine uygun bileşenler arasında kurulan modellerin diğer modellere göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Partal (2007) bir yağış serisinin gelecekteki değerlerinin tahmini için dalgacık dönüşümü ile yapay sinir ağları yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Söz konusu çalışmada günlük meteorolojik veriler kullanılarak, Türkiye geneline dağılmış meteoroloji istasyonlarına ait günlük yağış tahmini yapmak için dalgacık dönüşümü yönteminin yapay sinir ağları ile birlikte kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

3.3 Gediz Havzasına İklim Değişikliğinin Etkilerini Ele Alan Çalışmalar

DEÜ-SUMER tarafından UNDP ve Çevre ve Orman Bakanlığı için hazırlanan ve UNDP-GEF programı tarafından desteklenen “Modeling for Climate Change Effects in the Gediz and Buyuk Menderes River Basins under the UNDP-GEF Project: “Enabling Activities For The Preparation Of Turkey’s Initial National Communication To The UNFCCC” başlıklı projede, Özkul ve arkadaşları (2007) Gediz ve Büyük Menderes Havzalarında 1960 ve 2000 yılları arasında gözlenmiş yağış, sıcaklık ve akım serilerine ait eğilim analizlerini gerçekleştirmişler ve doğal akımların aynı süre içerisinde anlamlı ölçüde azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmada ayrıca, su bütçesi modelinin öngörülen iklim değişikliği senaryoları altındaki simülasyon sonuçları paylaşılmış ve akımların yaklaşık olarak 2030 yılında %20, 2050 yılında %35 ve 2100 yılında ise %50’nin üzerinde azalabileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak, Gediz ve Büyük Menderes havzalarında iklim değişikliğinin beklenen etkisi olarak, havzalarda zaten mevcut olan su kıtlığı ve suyun paylaşılması problemlerinin, kapsam ve boyut açısından, daha da artabileceği ortaya konulmuştur.

Gediz Havzası’nda mevcut meteoroloji istasyonlarının yağış verilerinden faydalanılarak eş yağış dağılım haritalarının elde edildiği çalışmada (Temiz, 2009), havzada DSİ ve DMİ tarafından işletilmekte olan tüm yağış gözlem istasyonları değerlendirilmiştir. Tüm gözlem değerlerinden hareketle, havza için yıllık toplam ortalama yağış, değişkenlik (standart sapma), sivrilik, çarpıklık değerleri için eş dağılım haritaları elde edilmiştir.

Gediz Havzası'nda aylık toplam yağış yükseklikleri için belirlenen frekans yoğunlukları kullanılarak elde edilen entropi yoğunluğu (IE) değerleri aracılığıyla, havza genelinde ölçülmüş verilerin tümü kullanılarak uzun süreli potansiyel tahminlerinin yapılabileceği gösterilmiştir. Entropi yoğunluğu – ortalama yıllık toplam yağış arasında kurulan güçlü ilişki aracılığıyla, uzun süreli toplam yağış miktarının tahmin edilmesi mümkün olmaktadır (Temiz ve Baran, 2010). Entropi yoğunluğu (*intensity entropy-IE*) kullanılarak gerçekleştirilen bölgesel analiz kullanılarak, ölçüm olmayan noktalar için de uzun süreli tahminlerin yapılabileceği gösterilmiştir (Bozoğlu ve Baran, 2012).

Gediz havzası gözlenmiş yağış serileri için en uygun olasılık dağılım fonksiyonu Bilgi İçeriği Açısından Entropi (*Informational Entropy*) aracılığıyla belirlenmesinin amaçlandığı çalışmada (Baran, Barbaros, Gül ve Bozoğlu, 2018), Gediz Havzası'nda yer alan uzun dönem yağış verilerine sahip 22 ölçüm istasyonu için yağışların olasılık yapıları incelenmiştir. En uygun olasılık dağılımının belirlenmesi amacıyla, Ki-kare, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson Darling testleriyle birlikte Bilgi İçeriği Açısından Entropi ifadeleriyle de en uygun olasılık yapıları incelenmiş; önerilen yöntemin en uygun olasılık dağılım fonksiyonlarının uygunluk kriteri olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Yıllık toplam yağış değerleri ile entropi yoğunluğu değerleri arasında tespit edilen ampirik denklem ve Spline algoritması yardımıyla hazırlanan Gediz Havzası entropi yoğunluğu (IE) haritasının hazırlandığı çalışmada (Bozoğlu, Baran ve Barbaros, 2019), havza için uzun dönemli brüt su potansiyeli anlamına da gelen toplam yıllık yağış miktarının tahmin edilebileceğini gösterilmiştir.

Gözlenmiş aylık toplam yağışların frekans analizi aracılığıyla belirlenen "Entropi Yoğunluğu - IE" aracılığıyla, farklı gözlem sürelerine sahip istasyonları kullanarak bölgesel bilgilerin tanımlandığı çalışmada (Bozoğlu, Baran ve Barbaros, 2022), elde edilen basit-hızlı-güvenilir eş entropi yoğunluğu ve güçlü yağış – entropi yoğunluğu ilişkileri kullanılarak aylık-yıllık yağış potansiyelinin noktasal/bölgesel olarak tanımlanabileceği gösterilmiştir.

Bu alışmalar, su kaynakları mühendisliğinin temel kısıtlaması olan yağışların zaman içinde yoğunluğu ve oluşumundaki düzensizliği (veya belirsizliği) ele almıştır. Su kullanımı için bir strateji geliştirmenin en önemli bilgisi, öncelikleri belirlemek ve “su miktarını” belirleyecek şekilde su tahsisine karar vermektir. Olasılık dağılımı bilinmese bile herhangi bir dağılıma uygulanabilen entropi kavramı, yağış düzensizliğini tanımlamak, kuraklıkla ilgili tahminler yapmak için uygun bir araçtır.



BÖLÜM DÖRT

YÖNTEM

Hidrolojik sistemler doğrusal olmayan yapılarından dolayı farklı zaman ölçeklerinde çok yüksek değişkenlik içermektedirler. Hidrolojik sistemlerin doğası gereği, belirsizlik ve değişkenlik zaman içerisinde farklılaşmaktadır. Mühendislik sistemlerinin tasarımında değişkenlere ait toplumdan gelen örneklerle çalışılmaktadır. Bu veriler kullanılarak sistemin doğası hakkında bilgi edinmek, değişkenin gelecekte alabileceği değerleri tahmin etmek gerekmektedir.

Gelecekte belli bir tarihte görülebilecek yağışın tahmini, kurak ve sulak dönemlerin belirlenebilmesi, taşkın alarminin verilmesi, taşkını kontrol etmek için haznelerin çalıştırılması, havzanın su kapasitesinin saptanması, kurak zamanlarda suyun kullanımının planlanması açısından büyük önem taşır.

Hidrolojik hadiseler büyük ölçeklerde gerçekleştiği ve birçok belirsizliği içerdiği için laboratuarlarda modelleme ve deneylerinin yapılabilmesi imkansızdır. Bu yüzden, hidrolojik değişkenlerin yeterli sıklıkta ölçüm yapılarak geçmiş (yani tarihi) veri dizisi olarak kaydedilmesi çok önemlidir. Hidrolojik değişkenlerin veri dizisi olarak kaydedilirken uyulması gereken bir takım kurallar bulunmaktadır (Bayazit, 1986, 1996; Şen, 2002);

1. Temel hidro-meteoroloji değişkenlerinin farklı istasyon ve zamanlarda yeterli sıklıkta aralıksız olarak ölçümlerinin yapılması,
2. Ham ölçüm verilerinin birtakım istatistik ve veri güvenilirliği kontrollerine tabi tutularak, işlenmiş bilgilerin dijital ortamda elde edilmesi ve ardından veri dizilerinin istatistik parametrelerinin ve dağılım fonksiyonlarının elde edilmesi, farklı hidroloji verileri arasında olabilecek ilişkilerin istatistik ve regresyon yöntemleri ile tespit edilmesi ve böylelikle bağlantıların ortaya çıkarılması,
3. Matematik modellemelerin hazırlanması ile hidrolojik değişkenliğin meydana gelmesine neden olan fizik kanunlarının araştırılması; Elde edilen modellerden seçilecek olan en uygun model aracılığıyla

gerçekleştirilecek tahminler ile istasyonda gerçekleştirilen ölçümler kıyaslanarak modellerin geliştirilmesi,

4. İncelenen hidro-meteorolojik olayın tekrar görülmesi ihtimali ve istenmeyen bazı davranışlarının görülme yüzdelerinin ve sıklıklarının hesaplanması için olasılık hesabı ilkelerinden faydalanılması; bu açıdan olasılık hesabı ile istatistiğin hidroloji alanında kullanılması (Bayazıt, 1986, 1996; Şen, 2002).

Su kaynakları mühendisliği çalışmalarında hidrolojik süreçleri etkilediği düşünülen meteorolojik verilerin yerel ve zamansal değişimlerinin ve taşkınlara/kuraklıklara sebep olan uç değerlerin periyodikliğinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Gerçekleştirilen bu tespitlerle taşkınlar/kuraklıklar önceden belirlenebilir, böylece can ve mal kayıplarının önüne geçilmiş olur.

4.1 Zaman Serileri

Bir fiziksel büyüklüğün bir veya birden çok bağımsız değişkene göre durumunu veren gözlemler topluluğuna zaman dizisi denir. Zaman dizileri bir rasgele sürecin sonucunda oluşan ardışık gözlemler topluluğudur. Zaman dizilerinin oluşturulmasındaki temel hedef; gözlenen fiziksel büyüklüğün zaman/konum içerisindeki değişimine bakarak büyüklüğün doğasını anlamak ve elde edilen bulgulardan geleceğe ilişkin kestirimlerde bulunmaktır. Bu çalışmanın konusunu, zaman serisi olarak adlandırılan ve herhangi bir bağımsız değişkene (zaman veya mekân) bağlı olarak gerçekleşen ardışık (dizisel) gözlemlerin analizi oluşturmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yağış verilerinden elde edilen zaman serilerinin bağımsız değişkeni zamandır. Zaman serileri, herhangi bir doğa olayını anlayabilmek için kaydedilmiş ardışık gözlemlerden meydana gelmektedir. Zaman serileri, etkilediği büyüklüğün bağımsız değişkene göre yani zamana göre durumunu gösteren sayı dizileridir. Bu gözlemlerin grafiği çizilerek söz konusu doğa olayı ile ilgili bir takım bilgiler elde edilebilmektedir. Bu grafikler ile doğru analiz yönteminin belirlenmesinde kolaylık sağlanmış olur. Yağış verisine ait zaman serilerinin grafikleri incelendiğinde bir periyodiklik gözlemlendiğinden, spektral analiz ve

dalgacık dönüşümünün, yağış verisinin genel özelliklerinin tespit edilmesinde yardımcı olacağı anlaşılmaktadır.

Bir fiziksel olaya ait gözlemler zamana dayalı olarak kesintisiz (sürekli) şekilde gözleniyorsa sürekli zaman serileri (sismograf kaydı vb.), sürekli olmayıp sadece belirli zaman aralığında gözlemleniyorsa ayrık zaman serileri (günlük toplam yağış vb.) olarak adlandırılmaktadır. Sürekli zaman serileri dijitalleştirme yapılmak suretiyle ayrık zaman serileri haline getirilerek sayısal analize uygun hale getirilmektedirler (Abbak, 2007).

Zaman serilerinin analizi, incelenen veri dizisinden maksimum anlamlı bilginin çıkarılması biçiminde tanımlanabilir. Zaman serilerinin analizi yapılırken incelenen veri dizisinin ele alındığı uzaya bağlı olarak üç farklı yaklaşım izlenebilir:

- i) Zaman serileri verildiği uzay olan zaman uzayında analiz;
- ii) Serinin periyodik değişimlerini ortaya koymak amacıyla frekans uzayında analiz;
- iii) Seri hem zaman hem de frekans uzayında (zaman-frekans uzayında) analizden edilebilir.

Gidiş analizi, stokastik modelleme gibi zaman uzayında analiz yöntemleri yanı sıra, serinin periyodik değişimlerini ortaya koymak amacıyla frekans uzayında da analiz yapılabilir. İncelenen zaman serisinin hem zaman hem de frekans uzayında ele alınması durumunda ise zaman-frekans uzayında analizden bahsedilir. Esas olarak sinyallerin zaman-frekans karakteristiğinin tanımlanmasında kullanılan dalgacık yöntemi, veri analizinde kullanılmaya oldukça elverişli bir yöntemdir.

Başarılı bir hidrolojik modellemenin, özellikle de sistem girdilerinin olağanüstü değişimleri ile oluşan çok büyük hidrolojik olayların doğru tahmininin önkoşulu meteorolojik ve hidrolojik süreçler arasındaki ilişkiyi doğru anlamaktır.

Dalgacık yöntemi, sinyallerin zaman-frekans karakteristiğinin tanımlanmasında kullanılan oldukça verimli bir metottur. Sunulan çalışmada, frekans uzayında ve zaman-frekans uzayında olmak üzere iki analiz üzerinde durulmuştur.

4.2 Dönüşüm kavramı

Ham sinyallerde bulunmakla birlikte kolayca görülemeyen bilgiyi elde edebilmek için sinyallere matematiksel dönüşümler uygulanır. Genel kabul olarak; zaman-alan sinyali ham bir sinyal olarak kabul edilmekte ve mevcut matematiksel dönüşümlerden herhangi biri tarafından “dönüştürülmüş” bir sinyal işlenmiş sinyal olarak kabul edilmektedir. Logaritmik Dönüşüm, Fourier dönüşümü muhtemelen en popülerleri olan çok sayıda dönüşüm uygulaması bulunmaktadır.

Uygulamadaki sinyallerin çoğu, ham formatlarında zaman-alan sinyalleridir. Sinyal, her neyin ölçüsü olursa olsun zamanın bir fonksiyonudur. Başka bir deyişle, sinyali çizdiğimizde eksenlerden biri zamandır (bağımsız değişken) ve diğeri genellikle genliktir (bağımlı değişken). Zaman-alan sinyallerini çizdiğimizde, sinyalin zaman-genlik gösterimini elde ederiz. Bu gösterim, sinyal işleme ile ilgili çoğu uygulama için sinyalin her zaman en iyi temsili değildir. Çoğu durumda, en kıymetli bilgiler sinyalin frekans içeriğinde gizlenir. Bir sinyalin frekans spektrumu, temel olarak o sinyalin frekans bileşenleridir (spektral bileşenler). Bir sinyalin frekans spektrumu, sinyalde hangi frekansların bulunduğunu gösterir. Eğer bir matematiksel veya fiziksel değişken hızlı bir şekilde değişiyorsa yüksek frekanslı olduğu, hızlı bir şekilde değişmiyorsa, yani pürüzsüz bir şekilde değişiyorsa düşük frekanslı olduğu söylenmektedir. Eğer bir değişken hiç değişmezse o zaman sıfır frekansa sahip olduğunu veya frekanssız olduğunu söyleyebiliriz. Frekans, devir/saniye veya daha yaygın ismiyle “Hertz” cinsinden ölçülür.

Dönüşüm yaparken temel hedef karmaşık fonksiyonları basit yapı taşları ile temsil etmek, fonksiyonun transformu sayesinde orijinal veri hakkında ilave ve/veya gizli kalmış bilgilerin ortaya çıkmasını sağlamaktır. Bu sayede kullanılan dönüşümler zaman serileri ve fonksiyonların ilk aşamada görülemeyen özelliklerinin bulunmasını sağlar.

Su kaynakları mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan matematiksel dönüşümler Laplace Dönüşümü, Fourier Dönüşümü ve Dalgacık dönüşümüdür. Bir dönüşümün kalite/kullanılabilirlik ölçütlerinden en önemlisi ters dönüşümünün olmasıdır. Bu

nedenle, Fourier, Laplace ve Dalgacık Dönüşümleri uygulamada sıklıkla tercih edilirler.

Laplace transformu çözülemeyecek gibi görünen diferansiyel denklemleri çözülemeyecek durumdan çıkartıp çözümleme yapılabilir bir hale getirmesi ve çözülmeyi mümkün kıldığı için,

Fourier transformu bir zaman serisinin ait olduğu zaman ortamından dönüştürerek frekans ortamına geçişi sağladığı için,

Dalgacık transformu ise zaman serisini ait olduğu zaman alanından ölçek alanına geçişini sağlayarak ve zaman bilgisini de bu dönüşüm sırasında muhafaza etmesi sebebiyle çok önemlidir.

4.2.1 Periyodiklik

Periyot, döngüsel bir sürecin hareketini nihayetlendirmesi için ihtiyaç duyulan zaman miktarı olarak ifade edilebilir. Belirli zaman aralıklarında kendini tekrarlayan sürece periyodiklik, böyle fonksiyonlara periyodik fonksiyonlar denilmektedir. Kosinüs ve sinüs gibi trigonometrik fonksiyonlar periyodik fonksiyonlardır. Mesela sinüs fonksiyonu 2π de bir kendini tekrar eder. Bu tekrarlama süresine “periyot” adı verilir ve “T” ile gösterilir.

Fonksiyonun her tekrarlamasında bir dalga meydana gelmektedir. Teorik açıdan dalgaların birebir aynı olması umulur. Ama uygulamadaki hatalar sebebiyle ardışık dalgalar birbirine benzemez. Periyodun tersi “salınım hızı” diye tanımlanan frekanstır. Frekans, geçen dalga sayısıdır ve “f” ile sembolize edilir (Bayazıt, 1996).

4.2.2 Periyodik fonksiyonlar

Periyodik fonksiyonlar, belirli bir zaman aralığında kendini sürekli olarak tekrar eden fonksiyonlardır. Trigonometrik fonksiyonlar, periyodik fonksiyonların en sık karşımıza çıkan örnekleridir. Başta matematik ve fizik olmak üzere pek çok disiplinde periyodik fonksiyonlar ve süreçler yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bir süreç içindeki periyodik yapının bilinmesi, analizi gerçekleştiren kişiye sürecin genel karakteristikleri ile ilgili olarak yorum yapabilme imkânı vermesi açısından önemlidir (Mickens, 2004)

4.2.3 Frekans

Frekans, birim zaman (1 saniye) içerisinde bir olayın kaç defa tekrarlandığını göstermektedir. Matematiksel olarak periyodun çarpma işlemine göre tersidir. Frekans (4.1) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$f = \frac{1}{T} \quad (4.1)$$

Yukarıdaki (4.1) eşitlikte f frekansı, T periyodu göstermektedir. Uluslararası birimler sisteminde frekans, Hertz (Hz) ile gösterilir. Bir Hertz, bir olayın saniyede bir kez tekrarlandığı anlamına gelmektedir. İki Hertzlik bir frekansa sahip olan bir olay için ise, olayın saniyede kendini iki defa tekrar ettiği ifade edilmektedir. Özetle, frekansın artması ile bir zaman serisindeki salınımların sayısı artmakta, frekansın azalması ile ise zaman serisindeki salınımların sayısı azalmaktadır. Bu sebeple frekans bilgisi sayesinde zaman serileri ile ilgili olarak önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Duran, 2013).

Bir zaman serisi veya fonksiyonun içerisinde farklı periyoda sahip bileşenlerin tanımlanmasını mümkün kılması açısından frekans kavramı, araştırmacılar için çok büyük öneme sahiptir.

Frekans domaininin önemi sebebiyle, zaman domainini frekans domainine çeviren matematiksel formülasyonlara gereksinim doğmuştur. Bu amaçla kullanılan çok sayıda analiz yöntemi mevcuttur. Bu analiz yöntemleri arasında en çok kullanılan ve en iyi bilinen yöntem Fourier transformudur (Qiao, 2005). Zaman alanından frekans alanına dönüşüm amacıyla son zamanlarda sıkça kullanılan dalgacık dönüşümü tekniği en gelişmiş analiz yöntemlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.2.4 Durağan ve durağan olmayan zaman serileri

Durağan (stationary) zaman serilerinde; serinin frekans içeriği zamanla değişmemektedir. Durağan olmayan (nonstationary) zaman serilerinde ise; serinin frekans içeriği zaman içerisinde değişkenlik göstermektedir. Hidro-meteorolojik alanda yürütülen çalışmalarda zaman serileri genellikle durağan olmayan özellikler

göstermektedirler. Sunulan çalışmada kullanılan yağış verileri de durağan olmayan zaman serileridir.

4.2.5 Standart seri elde edilmesi

Kararlı olmayan serilerin incelenmesinde zorluklar yaşandığından sık kullanılır bir yöntem olarak kararlı olmayan seriler boyutsuzlaştırma işlemi yardımıyla kararlı (stasyonier) hale getirilirler. Boyutsuzlaştırma işlemi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Periyodikliğin ortadan kaldırılmasının amaçlandığı durumlarda; öncelikle periyodik seriye ait, μ_τ periyodik ortalama ve σ_τ periyodik standart sapma hesaplanır. Daha sonra seriye ait her bir veriden serinin aritmetik ortalamasının (μ_τ) çıkarılmasıyla elde edilen sapmalar, serinin standart sapmasına (σ_τ) bölünür. Böylelikle bu karakteristiklerin seriden uzaklaştırılmasıyla ortalaması 0, standart sapması 1 ve boyutsuz olan bir standart seri elde edilmektedir.

4.2.6 İç çarpım

Zaman serisi ve dalgacık fonksiyonunun iç çarpımı ile dalgacık analizi gerçekleştirilmektedir. İç çarpım işlemi; vektörler, fonksiyonlar ve matrisler arası iç çarpım olarak üç başlık altında sunulmuştur.

4.2.6.1 Vektörel iç çarpım

$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ve $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ vektörleri $n \times n$ boyutlu uzayda tanımlı olmak üzere, x ve y vektörlerinin iç çarpımı (4.2) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$\langle x, y \rangle = x_1y_1 + x_2y_2 + \dots + x_ny_n \quad (4.2)$$

Vektörel iç çarpım işlemi; söz konusu vektörlerin arasındaki açının kosinüs değeri ile bu iki vektörün uzunlukları çarpımı ile elde edilmektedir. İç çarpım işleminin sonucunda skaler bir büyüklük elde edilmektedir.

4.2.6.2 Fonksiyonlarda iç çarpım

$f(x)$ ve $g(x)$ birer fonksiyon olmak üzere, a ile b aralığında bu iki fonksiyonun iç çarpımı (4.3) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$\langle f(x), g(x) \rangle = \int_a^b f(x)g(x)dx \quad (4.3)$$

Dalgacık fonksiyonu ile zaman serisinin iç çarpımı neticesinde dalgacık katsayıları oluşmaktadır.

4.2.6.3 Matrislerde iç çarpım

$M_{n \times n}$ matris uzayında tanımlı A ve B matrislerinin iç çarpımı (4.4) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$\langle A, B \rangle = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} b_{ij} \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte, $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ve $B = (b_{ij})_{n \times n}$ matrisleridir.

4.3 Dalgacık Analizinin Tarihsel Gelişim Süreci

Dalgacık analizi birçok farklı disiplinde geniş bir uygulama alanı bulmakla birlikte, diğer taraftan birçok disiplin için uygulanabilirliği keşfedilmeyi beklemektedir. Dalgacık teorisinin matematiksel tarihi, günümüzde literatüre girdiği tarihler olarak kabul edilen seksenli yıllardan çok daha eskilere dayanmaktadır. Matematiksel temelleri otuzlu yıllarda atılmıştır (Meyer, 1993). Konunun daha detayına inildiğinde dalgacık fikrinin oluşmasına, Joseph Fourier' in frekans analizlerinin temel oluşturduğu görülmektedir.

4.3.1 Fourier Analizi

Hidrolojik süreçlerin zaman alanında, zamanın bir fonksiyonu olarak ifade edilmesi bazı uygulamalarda yetersiz kalabilmektedir. Çünkü sürecin anlaşılabilmesi için gerekli olan asıl bilgi sinyalin içerdiği frekans bilgisinde saklı olmaktadır.

Zaman serilerinin analizinde en çok kullanılan ve en eski yöntemlerden biri olan Fourier analizi, bir sinyali zaman boyutundan frekans boyutuna dönüştürmektedir. Frekans alanına dönüşüm için kullanılan Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD):

$$X(k) = \sum_{t=0}^{N-1} X(t) * e^{-jk \frac{2\pi}{N} t} \quad k = 0, \dots, N - 1 \quad (4.5)$$

ifadesiyle tanımlanmaktadır. N gözlem sayısı, t zaman, $j = \sqrt{-1}$ ve $X(k)$ ise $X(t)$ sinyalinin Fourier dönüşümüdür. Dönüşüm sonucu elde edilen $X(k)$ değerleri

karmaşık sayılardır. Ancak karmaşık sayılar frekansları belirlemede yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden HFD sonucu elde edilen karmaşık sayıların mutlak değerlerinin karesi alınmakta ve Fourier spektrum $P_{xx}(k)$ olarak adlandırılmaktadır. (Allen ve Mills 2004, Rabiner ve Gold 1975).

$$P_{xx}(k) = |X(k)|^2 \quad (4.6)$$

(4.6) Numaralı eşitlik ile hesaplanan $P_{xx}(k)$ ile bir sinyalin enerjisinin hangi frekanslarda yoğunlaştığı tespit edilerek, dizide var olan hareketlerin frekansları belirlenir. Böylelikle, gözlem dizisinin zaman alanındaki gösterimi yerine frekans spektrumu incelenmektedir. Frekans spektrumu sinyalin içerdiği frekans bileşenlerini yani sinyalde mevcut olan frekansları göstermektedir ve frekans alanında belirlenmektedir.

Fourier analizi ile bir zaman serisi frekans boyutuna dönüştürüldüğü sırada zaman bilgisi kaybedilmiş olur. Şöyle ki, bir sinyalin Fourier transformuna baktığımızda özellikle merak ettiğimiz bir olayın gerçekleştiği zamana dair bir şey söylemek mümkün olmamaktadır. Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için Fourier dönüşümler, durağan (stationary) olduğu kabul edilen sistemler için kullanılmaktadır. Diğer yandan çoğu sinyal önemli ölçüde durağansızlıklar veya geçici özellikler içermektedir. Durağan olmayan sinyallerin bu umulmadık özellikleri belki de sinyalin en önemli kısımlarını oluşturmaktadır. Fourier analizi bu özellikleri belirlemek için elverişli değildir.

Daha sonraları, kaybedilen bu zaman bilgisinin önüne geçebilmek için Gabor (1946) tarafından kısa zamanlı Fourier analizi geliştirilmiştir. Bu yöntemle, zaman boyutundaki bir sinyal küçük pencereler kullanılarak analiz edilebilmektedir. Ancak bu yöntem de farklı frekans durumlarında yetersiz kalmaktadır. Seçilen pencere boyutunun yüksek ve alçak frekans durumları için değiştirilmesi mümkün değildir.

Fourier dönüşümü, küresel bir dönüşümdür. Hâlbuki Dalgacık (Wavelet) dönüşümü yerel bir dönüşümdür ve ayrı ayrı tüm olayların algılanmasına, oluşum zamanlarının ve karakteristiklerinin belirlenmesine olanak verir. Fourier analizi zaman serisindeki sabit dalgalanmaları/periyoikliği belirlemek için yeterli bir

yöntemdir. Ancak, kısa süreli ve geçici dalgalanmalara sahip çok ölçekli süreçlerin frekans dağılımının zamansal evrimini dalgacık dönüşüm yöntemi tespit edebilmektedir.

Dalgacık dönüşümü yöntemi, Fourier dönüşümünün eksik olduğu alanları tamamlamak için geliştirilmiştir. Dalgacık analizi yöntemi, Fourier dönüşümünden farklı olarak zaman serisinde hem yüksek hem de düşük frekans bilgisinin aynı anda önemli olduğu durumlar için kullanılabilir. Farklı zaman aralıklarının kullanımına izin veren değişik boyutlara sahip bir pencereleme tekniğidir (Çolak, 2006). Sinyal, Fourier dönüşümünde sabit genişlikteki bir pencere fonksiyonuyla çarpılırken, dalgacık dönüşümünde dalgacık adı verilen, zamanda ötelenebilen, genişliği değiştirilebilen bir fonksiyonla çarpılır. Dalgacık analizinin üstünlüğü düşük frekanslar için geniş pencere boyutu ile, yüksek frekanslar için ise dar pencere boyutu ile çalışılmasının mümkün olmasıdır. (Güler ve Übeyli, 2004).

4.3.2 Dalgacık Analizi

Dalgacık analizinin temelleri 1807 yılında Joseph Baptiste Fourier tarafından atılmıştır. Joseph Fourier, bir analiz fonksiyonuna dayalı olarak bir sinyali bir dizi katsayıyla temsil edebilen bir yöntem geliştirmiştir. Fourier dönüşümünün matematiksel temeli, daha sonraki aşamalarda dalgacık dönüşümünün geliştirilmesine yol açmıştır. Bilimsel çalışmalarda sadece frekans analizinin yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Çünkü zaman serilerine ilişkin genel kabuller yapmak yerine, bölgesel ölçekte meydana gelen küçük dalgalanmaların önemli olabileceği anlaşılmıştır. Dolayısıyla dalgacık analizi sıklıkla tercih edilir bir yöntem olmuştur.

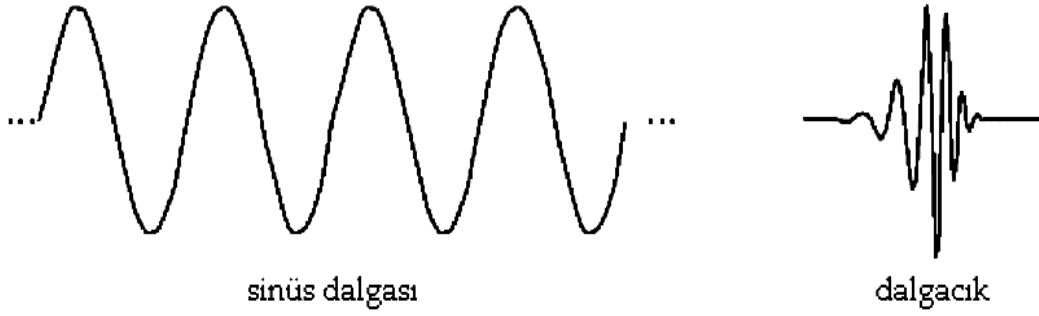
Günümüzdeki kullanımıyla “wavelet” kelimesi ilk kez Alfred Haar’ ın (1910) doktora tezinde kullanılmıştır. Haar temel fonksiyonunun (ölçek/frekansa göre değişen) Fourier temel fonksiyonlarına üstünlüğü 1930’da Paul Levy tarafından bulunmuştur (Chatterjee, 2015). Paul Levy, Brownian hareketini (parçacıkların rastlantısal hareketini) modelleyerek dalgacık teorisine katkı sağlamıştır. Levy, parçacıkların rastlantısal hareketini Haar’ın ölçek değişkenli temel fonksiyonlarının (Haar dalgacı) Fourier temel fonksiyonlarına oranla daha iyi modellediğini ispat etmiştir.

Daha sonraki yıllarda teorelin gelişmesine Alex Grossmann ve Jean Morlet (1984), Yves Meyer (1993) gibi bilim insanları katkıda bulunmuştur. Dalgacık dönüşümü yöntemi başlangıçta, özellikle Grossmann ve Morlet (1984) tarafından meteorolojik verilerin ve sismik sinyallerin anlaşılması amacı ile ortaya atılmıştır. Wavelet yöntemi atmosferik türbülans, okyanus dalgaları, sismik veriler, deniz dibi batimetresi, çevre ve biyoloji, elektro-kardio verileri, sıcaklık değişimi ve küresel ısınma gibi pek çok konunun analizinde kullanılmaktadır.

Dalgacık analizi yöntemleri ise Yves Meyer ve meslektaşları (1993) tarafından geliştirilmiştir. Ana algoritma Mallat'ın (1989) çalışmasına dayanmaktadır. Bundan sonra dalgacık analizi konusunun uluslararası yaygın kullanım alanı bulunduğu görülmüştür. Özellikle Daubechies (1990, 1992 ve 1996), Coifman ve Wickherhouser (1994) çok değerli çalışmalarıyla konunun gelişmesine katkı sağlamışlardır.

Dalgacıklar, sinüs dalgaları gibi zamanda sürekli değildirler, belirli bir zaman aralığında yüksek bir enerjiye sahipken diğer zaman aralıklarında sıfır enerjiye sahiptirler (enerjileri yoktur) (Daubechies, 1996). Sürekli olmadıkları için dalgacık adını almışlardır. Şekil 4.1'de sinüs dalgası ve Daubechies db10 dalgacık gösterilmektedir. Morlet, Meyer, Daubechies, Coiflet gibi birçok farklı dalgacık türü içinden hangisinin kullanılacağı uygulamaya bağlı olarak değişmektedir.

Zaman içerisinde sinyalin içerdiği frekanslarda değişimler meydana gelebilmektedir. Böylelikle sinyalin durağan bir yapıda olmadığı anlaşılmaktadır. Böyle sinyallerin analizi esnasında frekans değişimlerinin zamanının da tespit edilmesi gerekmektedir.



Şekil 4. 1. Sinüs dalgası ve Daubechies db10 dalgacık

Zaman içerisinde değişen (durağan olmayan) bir sistem elemanının değişimini inceleyen dalgacık analizi, bir zaman serisini zaman-frekans uzayında parçalarına ayırarak bu zaman serisinin değişkenliğinin hâkim modlarını ve bu modların zaman içinde nasıl değiştiğini belirlemektedir. Dalgacık dönüşümü; bir sinyalin tamamının, bir ana dalgacık fonksiyonunun zamanda kaydırılmış ve ölçeği değiştirilmiş örnekleri ile çarpılmasının toplamı olarak tanımlanması işlemidir.

Dalgacık algoritmaları, veriyi farklı ölçeklerde işlemeye oldukça elverişlidirler. Bir işarete geniş bir pencereden bakılması halinde, işaretin büyük özelliklerini fark ederiz. Diğer taraftan, bir işarete küçük bir pencereden bakılması halinde, işaretin küçük özelliklerini fark ederiz. Dalgacıklar işte bu sebeple ilginç ve aynı zamanda faydalıdır. Dalgacıklar, öncelikle veriyi farklı frekans bileşenlerine ayırırlar. Daha sonra kendi ölçekleriyle eşleştirilmiş bir çözünürlükte çalışan matematiksel fonksiyonlardır.

Dalgacık fonksiyonun $(\psi_0(\eta))$ özellikleri aşağıda sıralanmıştır;

1. Dalgacığın ortalaması sıfırdır:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (4.7)$$

2. Varyans değeri (genlik değerlerinin karelerinin toplamı) sonlu olmalıdır:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \psi^2(t) dt < \infty \quad (4.8)$$

Dalgacık dönüşümünün hidroloji alanındaki uygulamaları;

- Nehir akımlarının özelliklerinin belirlenmesi
- Sentetik akım dizilerinin elde edilmesi
- Yağış ve akış gibi zaman serilerinin periyodikliğinin belirlenmesi
- Zaman serilerinin gürültüden arındırılması
- Hidrolojik tahmin ve öngörme
- Taşkın ve kuraklıklar ile hidrometeorolojik değişkenler arasındaki ilişkinin mertebesinin tespit edilmesi

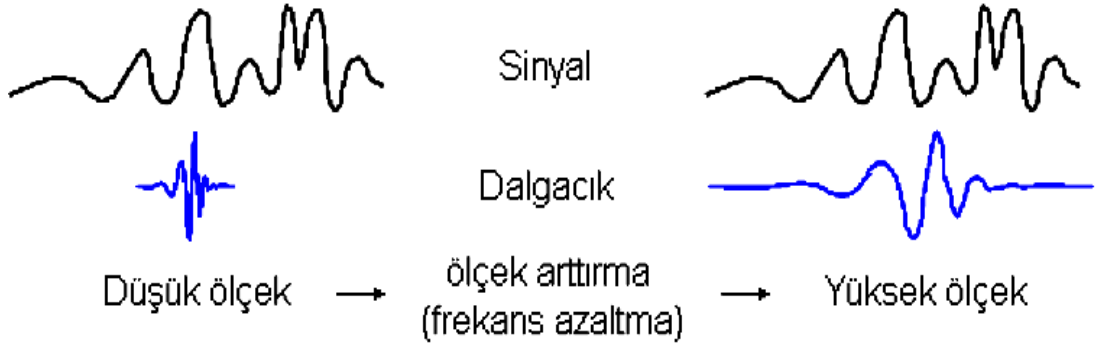
olarak sıralanabilir.

4.3.2.1 Sürekli Dalgacık Dönüşümü

Sürekli dalgacık dönüşümü işlemi; bir sinyalin tamamının, bir ana dalgacık fonksiyonunun zamanda kaydırılmış ve ölçeği değiştirilmiş örnekleri ile çarpılmasının toplamı şeklinde ifade edilir:

$$C(\text{ölçek}, \text{konum}) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) * \psi(\text{ölçek}, \text{konum}, t) dt \quad (4.9)$$

Sürekli dalgacık dönüşümünün çıktısı, ölçeğin ve konumun fonksiyonları olan birçok dalgacık katsayısıdır. Her katsayıyı uygun ölçeklenmiş ve kaydırılmış dalgacık ile çarpmak orijinal sinyalin dalgacık bileşenlerini vermektedir. Şekil 4.2’ de ölçeği arttırılarak (frekansı azaltılarak) sinyale uygun hale getirilmiş bir dalgacık gösterilmektedir. Sağ taraftaki ölçeği arttırılmış dalgacık zamanda da biraz geri doğru kaydırılırsa, üstünde yer alan sinyalin bir kısmını temsil edebileceği görülebilmektedir.



Şekil 4. 2. Dalgacıklarda ölçek arttırma işlemi

Bir fonksiyonu yatay eksen boyunca belli bir oranda sündürme ya da büzme işlemine ölçekleme işlemi ismi verilmektedir. Ölçek değeri s harfi ile sembolize edilmektedir. Ölçek değeri küçüldükçe dalgacık aynı oranda sıkıştırılmış olmaktadır.

Ölçek faktörü büyüdükçe (düşük frekanslar için) zaman serisi ile ilgili olarak bütünsel bir bilgi elde edilmektedir. Ölçek faktörü küçüldükçe (yüksek frekanslar için) zaman serisindeki detaylar (kısa süreli değişiklikler) tespit edilebilmektedir.

Sürekli bir sinyalin dalgacık dönüşümü;

$$C_{\psi}^x(\alpha, \tau) = \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi^* \left(\frac{t-\tau}{\alpha} \right) dt \quad (4.10)$$

ifadesiyle hesaplanmaktadır. ψ^* , dalgacık fonksiyonunun eşleniğidir. $C_{\psi}^x(\alpha, \tau)$ dalgacık katsayıları, α ve τ sırasıyla ölçek ve zamanda öteleme parametreleridir. τ parametresinin değişimi dalgacık fonksiyonu üzerindeki ötelenme miktarını ifade etmektedir.

$1/\sqrt{\alpha}$ terimi zamanda ötelenmiş ve genişliği değiştirilmiş olan dalgacık fonksiyonunun enerjisini başlangıç dalgacığının enerjisine eşit tutmak için kullanılmaktadır. α parametresinin değiştirilmesiyle geniş bir ölçek veya frekans aralığını kaplamak için dalgacık fonksiyonu genişletilmiş veya sıkıştırılmış olur. Dalgacık fonksiyonunun seçimi dalgacık analizi için çok büyük önem taşımaktadır.

Merkez limit teoremine göre; türdeş dağılımlı (aynı anakütle beklenen değeri μ ve varyansına σ^2 sahip), birbirinden bağımsız (*iid*) ve sonlu varyanslı n adet rassal değişken, n büyüdükçe ($n \rightarrow \infty$) normal dağılıma yakınsar. Morlet dalgacığının normal dağılım eğrisine benzerlik göstermesi sebebiyle uygulamalarda çoğunlukla bu dalgacık tercih edilmektedir:

$$\psi(t) = \exp(-i\omega_0 t) \exp(-t^2/2) \quad (4.11)$$

Dalgacık analizinde dalgacık fonksiyonuna karar verdikten sonra ölçek seçimi yapılmaktadır. Ölçek seçimi ile ilgili Torrence ve Compo (1998) tarafından önerilen aşağıdaki ifadeler kullanılmaktadır:

$$s_j = s_0 2^{j\delta_j} \quad j = 0, 1, \dots, J \quad (4.12)$$

$$J = \delta_j^{-1} \log_2(N\delta t/s_0) \quad (4.13)$$

s_0 çözülebilir en küçük ölçek değeri, J ise en büyük ölçek değeridir. δt zaman serisinin örnekleme aralığı olmak üzere $s_0 = 2\delta t$ olarak alınması önerilmektedir. δj değeri, dalgacık fonksiyonunun frekans uzayındaki genişliğine bağlı olarak değişmektedir. Küçük değerler daha iyi çözünürlük sağlamaktadır. Morlet dalgacığı için δj değeri en fazla 0,5 olarak alınmalıdır.

Dalgacık dönüşümü katsayıları (C) zaman serisi ile ötelenen dalgacık fonksiyonunun çarpımı ile elde edilmektedir. Bu çarpım ile elde edilen katsayılar dalgacık fonksiyonu ile zaman serisi arasındaki benzerliği ortaya koymaktadırlar. Eğer C katsayıları yüksek değerler alır ise zaman serisi ile dalgacık fonksiyonu arasındaki kuvvetli bir ilişki olduğu anlamındadır. Elde edilen her katsayı o ölçek değerindeki zaman serisi ile dalgacık fonksiyonu arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Elde edilen katsayının büyük olması o andaki ilişkinin yüksek olduğu yani; dalgacık fonksiyonunun içerdiği frekans bilgisinin zaman serisinde de bulunduğu anlamına gelmektedir. Böylelikle zaman serisinde varolan frekans değerine ait spektral bileşen ortaya çıkartılmış olur. Dalgacık analizi gerçekleştirilirken, farklı ölçekler kullanılarak Dalgacık fonksiyonu ile zaman serisi tüm zaman boyunca çarpılır. Farklı ölçeklerdeki dalgacık fonksiyonlarının tüm zaman boyunca zaman serisi ile çarpımı

sonucunda elde edilen katsayılar, boyutu ‘zaman x ölçek’ kadar olan bir matris oluştururlar. Bu matris ise zaman-ölçek eksenlerinde bir grafik meydana getirir. Meydana gelen görüntü işaretteki farklı ölçek değerlerindeki spektral bileşenlerin ne zaman başlayıp ne zaman bittiği bilgisinin yanında spektral bileşenin işaret ile olan ilişkisinin kuvvetini de vermektedir (Küçük, 2004).

4.3.2.2 Global Dalgacık Spektrumu

Sürekli bir sinyale ait dalgacık spektrumu, dalgacık katsayılarının modülü ile hesaplanmaktadır:

$$W_x(\alpha, \tau) = C_x(\alpha, \tau)C_x^*(\alpha, \tau) = |C_x(\alpha, \tau)|^2 \quad (4.14)$$

Farklı ölçek seviyelerindeki enerji bileşenlerinin toplamının belirlenmesi ve ölçek-enerji ekseninde sunulması Global dalgacık spektrumu ile mümkün olabilmektedir.

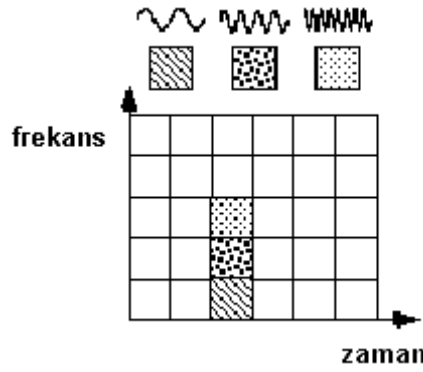
Bir zaman serisine ait güç spektrumundan görsel olarak, önemli frekans değerlerinin ve bu frekansların zamandaki dağılımının analizi kolaylıkla gerçekleştirilmektedir. Ancak, dalgacık spektrumu analizi uygun bir anlamlılık testi ile değerlendirilmelidir.

Dalgacık spektrumu için anlamlılık düzeyini belirlemek için öncelikle uygun bir teorik spektrum seçilir. Birçok jeofiziksel süreçte, uygun teorik spektrum beyaz veya kırmızı gürültülere ait olanlardır. Daha sonra bu teorik spektrum ile zaman serisine ait gerçek spektrum karşılaştırılmaktadır. Dalgacık spektrumundaki bir değer önemli derecede teorik spektrum değerinin üzerinde ise belli bir güvenilirlik yüzdesi ile bu dalgacık spektrumunun doğru olduğu kabul edilmektedir (Allan ve Smith 1996; Torrence ve Compo, 1998).

4.3.3 Fourier ve Dalgacık Dönüşümleri Arasındaki Farklılıklar

Bu iki tür dönüşüm arasındaki en önemli farklılık, dalgacık fonksiyonlarının uzayda sınırlandırılmış olmalarına rağmen, Fourier sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının ise uzayda sınırlandırılmamış olmalarıdır.

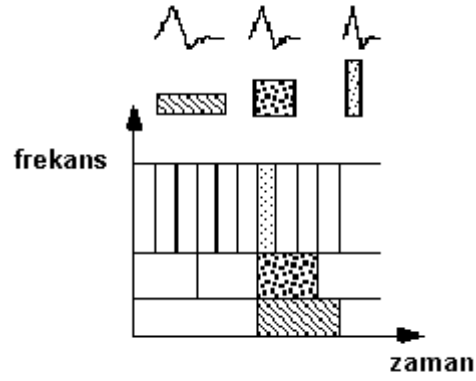
Fourier dönüşümü ve dalgacık dönüşümü arasındaki zaman-frekans çözünürlük farklarını görmenin bir yolu, zaman-frekans düzleminde baz fonksiyonunun kapladığı alana bakmaktır. Şekil 4.3' te, penceresi basit olarak kare dalga olan bir pencerelenmiş Fourier dönüşümü gösterilmektedir. Kare dalga penceresi, pencereyi belirli bir genişliğe ayarlayacak şekilde sinüs veya kosinüs fonksiyonunu keser. Pencerelenmiş Fourier dönüşümünde bütün frekanslar için tek bir pencere kullanılması nedeniyle, çözünürlük analizi zaman-frekans düzlemindeki bütün bölgelerde aynıdır.



Şekil 4. 3. Fourier baz fonksiyonlarının zaman-frekans düzlemini kaplaması.

Dalgacık dönüşümlerinin bir avantajı pencerelerin değişebilir olmasıdır. Sinyal süreksizliklerini ayırmak için, bazı çok kısa baz fonksiyonlarının kullanılması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmenin bir yolu kısa, yüksek-frekans baz fonksiyonları ve uzun, düşük-frekans baz fonksiyonlarına sahip olmaktır. Bu ortam dalgacık dönüşümleri ile elde edilen durumdur. Şekil 4.4' de, Daubechies dalgacığı olarak isimlendirilen bir dalgacık fonksiyonunun zaman-frekans düzleminde kapladığı alan gösterilmektedir.

Dalgacık dönüşümleri, sadece sinüs ve kosinüs fonksiyonlarını kullanan Fourier dönüşümü gibi tek bir baz fonksiyonları kümesine sahip değildir. Onun yerine, dalgacık dönüşümleri sonsuz sayıda mümkün baz fonksiyonları kümesine sahiptir. Bundan dolayı dalgacık analizi, Fourier analizi gibi diğer zaman-frekans metotları tarafından saklı bırakılan bilgiye doğrudan doğruya erişim sağlamaktadır.



Şekil 4. 4. Daubechies dalgacık baz fonksiyonunun zaman-frekans düzlemini kaplaması.

Hidrolojik süreçlerin düzensizliğinin/zamansal değişiminin belirlenebilmesi için zaman-frekans uzayında inceleme gerektiğinden dalgacık analizi yaklaşımı oldukça elverişlidir. Fourier analizi zaman serisindeki sabit dalgalanmaları/periyo dikliğı belirlemek için yeterli bir yöntemdir. Ancak, kısa süreli ve geçici dalgalanmalara sahip çok ölçekli süreçlerin frekans dağılımının zamansal evrimini dalgacık dönüşüm yöntemi tespit edebilmektedir. Dalgacık analizi yöntemi, hem bir fiziksel olayın genel davranışı ile ilgili bilgi edinme hem de söz konusu olay ile ilgili detayları da aynı zamanda inceleme imkanı vermesi sebebiyle oldukça başarılı bir yöntemdir

BÖLÜM BEŞ

SEÇİLEN HAVZA VE VERİLER

Verilerin homojen olması hidrolojik çalışmalar için çok önemlidir. Ancak, istasyon yerlerindeki değişiklikler ve/veya gözlem yöntemlerindeki değişiklikler gibi nedenlerle verilerin homojenliği bozulabilmektedir (Wijngaard vd., 2003). Bunların yanı sıra ölçüm yapılan bölgedeki nüfus artışı veya dış etkenler sebebiyle fiziksel şartlarda meydana gelen değişimler de verilerin homojenliğinin bozulmasına yol açabilmektedir. Eğer ölçümlerdeki değişiklikler sadece doğal sebeplerden (hava ve iklimin değişmesinden) ötürü meydana gelmiş ise bu ölçümler homojen kabul edilmektedir.

Hem iklim hem de dünyanın doğal süreçleri sebebiyle meteorolojik değişkenlerde zaman içinde değişim görülebilmektedir. Bu değişiklikler verilerin homojen yapısının bozulduğu anlamına gelmemektedir. Bu sebeple hidro-meteorolojik verilerdeki değişimlerin homojenliği bozan sebeplerden dolayı mı yoksa doğal mı olduğunun anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden bir takım homojenlik testleri ile veriler bu anlamda değerlendirilmektedir. Ancak sonuçların doğruluğundan emin olabilmek için ölçüm yapılan istasyonların fiziksel durumu ve verilerin geçmiş değerleri hakkında araştırma yapmak suretiyle karara varmak gerekmektedir.

Hidro-meteorolojik veriler, çevresel faktörlerden kolaylıkla etkilenirler ve bunun sonucunda verilerin homojenliği bozulabilmektedir. Homojenliği bozulmuş verilerle gerçekleştirilen çalışmalar yanlış sonuçlar verecektir. Bu sebeple hidroloji çalışmalarında homojenlik analizi yapmak son derece önemlidir. Ancak verilerin homojenlik özelliğinden etkilenmeyen, verilerin dağılımlarından bağımsız yöntemler için homojen olmayan verilerin kullanılması bir sorun teşkil etmemektedir.

5.1 Türkiye'nin Genel İklimsel Özellikleri

Ülkemiz fiziksel konum olarak, kuzey kutbu ve ekvatorial-tropik hava hareketlerinin arasında kalan bir geçiş bölgesinde yer almaktadır. Bu sebeple, meteorolojik olayların kararlı bir yapıya sahip olduğu söylenememektedir. Türkiye, kış ve yaz aylarında söz konusu hava hareketlerinin etkilerinin zaman zaman

hissedildiği bir bölgede yer almaktadır. Kutupsal ve karasal hava kütlelerinin ülkemizi etkilemesiyle, kış aylarında hava genel olarak soğuk olmakla birlikte buharlaşma az ve yağışlar fazladır. Yaz aylarında ise; tropik hava hareketlerinin etkisiyle genel olarak sıcaklık, buharlaşma ve nemlilik fazla, yağışlar ise azdır (Şen, 2003).

Anadolu yarımadasının güney ve kuzey kıyıları boyunca uzanan yüksek dağlar, Anadolu platosu, Akdeniz ve Karadeniz havzaları Türkiye'nin ikliminin en önemli belirleyicileridir (Türkeş, 1997).

Yağışın ana kaynağı olan nemin meydana gelip ülkemizi etkilemesine sebep olan ana kaynaklar; Atlantik Okyanusu ve Akdeniz' dir. Bu sebeple yağıştan en çok etkilenen alanlar genel olarak Ege ve Akdeniz kıyılarıdır. Yağış bırakan bu nemli hava kütlelerinin iç kısımlara ulaşmasını batıdan doğuya uzanan yüksek dağlar engellemektedir. Bu yüzden Türkiye'de yıllık toplam yağış miktarı, kıyı kesimlerden iç kesimlere gittikçe azalmaktadır.

Ülkemizde yağışların genel hava hareketlerinin dışında bazı bölgesel ve yerel durumlardan fazlaca etkilendiği bilinmektedir. Örneğin yurdumuzda en fazla yağış alan yerler doğu Karadeniz ve güneybatı Akdeniz' dir (Türkeş, 1996). Doğu Karadeniz dağları ve Batı Torosların denize paralel uzanmaları bu iki bölgede de yağışın fazla olması ile sonuçlanmaktadır.

Türkiye, küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin en fazla görüleceği Akdeniz kuşağında yer almaktadır. Ülkemiz küresel ısınmanın kuraklık, su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınlarının artması, yeni haşere ve hastalıkların görülmesi gibi olumsuz yönlerinden oldukça fazla etkilenmesi beklenmektedir.

Dünyadaki suyun % 97,5' i tuzlu, ancak % 2,5' i tatlı sudur. Tatlı suların da ancak % 0,3' ü ulaşabileceğimiz göller, akarsular ve barajlarda bulunmaktadır. Bir ülkenin su zengini sayılabilmesi için yılda ortalama kişi başına 10 bin m³ kullanılabilir su potansiyeline sahip olması gerekir. Kişi başına kullanılabilir su potansiyeli 1.000 m³'ün altında olan ülkeler "su fakiri" olarak kabul edilirler. Kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli 1.500 m³ civarında olan ülkemiz, su fakiri olmamakla birlikte su sıkıntısı bulunan ülkeler arasında yer almaktadır (Atalık, 2007).

Yağış ve yüzey hidrolojisi arasındaki bağlantıların çoğu zaman doğrusal olmaması ve hem zamansal hem de mekansal ölçeklere bağlı olması nedeniyle araştırmacılar, yağışların tahmin edilen değişkenliğinin dünyanın farklı bölgelerinde hidrolojik çevrimi nasıl etkileyeceğini ölçmeye çalışmaktadırlar.

Yağışları kapsayan fiziksel süreçler mikro ölçeklerden (örneğin türbülans, bulut oluşumu süreçleri) bir yıldan fazla süre vuku bulan iklimsel değişkenliğe (örneğin Pasifik on yıllık/onyılsal salınım, El Nino Güney Salınımı ve on yıldan fazla süren süreçler) kadar değiştiğinden, yağışın ölçeklendirme özelliklerini karakterize etmek önemlidir. Bu durum, araştırmacıların kaos teorisinde ve lineer olmayan dinamiklerde kullanılan bir çok tekniği benimsemelerine neden olmuştur. Son zamanlarda, bu yaklaşımlar, hidrolojik değişkenlerin değişkenliğini değerlendiren çok çeşitli uygulamalarda, diğer yaklaşımların bulgularını hem doğrulamak hem de genişletmek için kullanılmıştır.

5.2 Uygulama Sahası ve Veriler

Gediz havzası Türkiye'nin batısında Ege bölgesi sınırları içinde bulunur (Şekil 5). Havza 38°04' – 39°13' kuzey enlemleri ile 26°02' – 29°45' doğu boylamları arasında yer alır. Havzanın kuzeyinde Kuzey Ege (Bakırçay) ve Susurluk havzaları, güneyinde Küçük ve Büyük Menderes havzaları bulunur.

Gediz havzası Türkiye'deki 26 ana akarsu havzası içinde drenaj alanı açısından 20, su potansiyeli açısından ise 21. sırada yer alır. Havza 17 500 km² drenaj alanına, yıllık brüt 1,95 milyar m³'lük bir yüzeysel su potansiyeline sahiptir. Bu değerlerle Türkiye toplamı değerlendirildiğinde havza, yüzey alanı açısından ülkenin % 2,2'sine, su potansiyeli açısından da % 1,7'sine sahiptir.

Havza boyunca yıllık yağış değerleri 490 mm (Salihli) – 720 mm (Manisa) arasında bölgeden bölgeye değişmektedir. Havzanın uzun yıllar ortalama yağışı ise 635 mm civarındadır (DSİ, 2008).

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulamada, dalgacık analizi Türkiye'nin batısındaki Gediz havzasında yer alan 44 meteoroloji gözlem istasyonundan alınmış olan aylık toplam yağış verilerine uygulanmıştır. Sunulan çalışmadaki amaç hem

yağış verisinin genel özelliklerini hem de çalışılan istasyon bölgelerindeki su potansiyelini tespit edebilmektedir. Bu analiz sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sürekli dalgacık dönüşümü yönteminin yağış verilerine uygulanması ile yağış verilerine ait spektral grafikler elde edilmiştir. İlk olarak yağış verilerinin sahip olduğu periyodik yapı ve bu periyodik yapının güçlü olduğu bölgeler saptanmıştır. Daha sonra, hem yağış potansiyelinin belirlenmesine yönelik bir yaklaşım elde edilmeye çalışılmış, hem de yağışın davranışının sahip olduğu dalgalanmalar grafiksel olarak gösterilmiştir.

5.3 Verilerin Temel İstatistik Özellikleri

Bu araştırmada, Gediz Havzası'nda yer alan 44 (kırk dört) yağış gözlem istasyonuna ait aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. İstasyonların harita üzerindeki dağılımı Şekil 5' te gösterilmektedir. Her istasyondaki veriler farklı uzunluktadır. YGİ özellikleri ve aylık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri Tablo 1 ve Tablo 2' de sunulmaktadır.

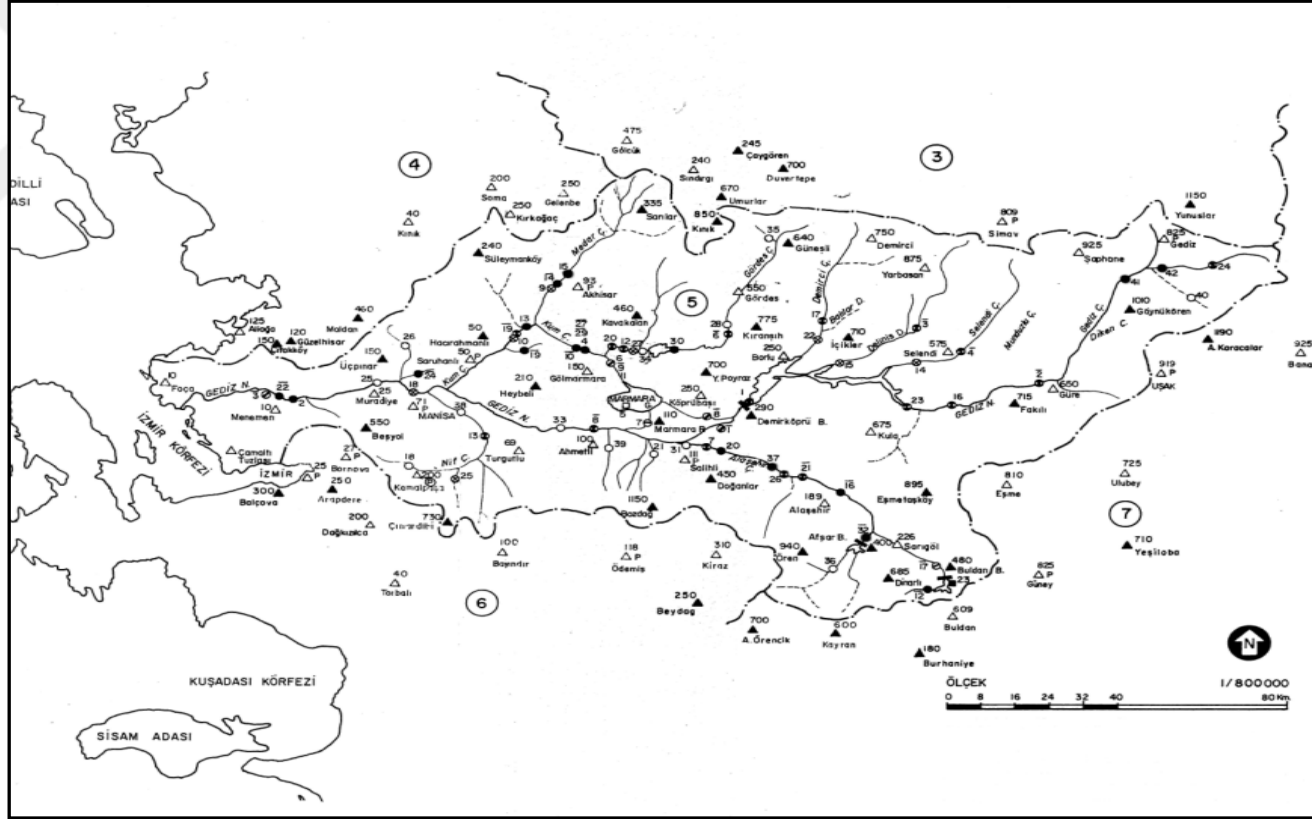
Sunulan çalışma kapsamında kullanılan istasyonlara ait yağış verilerinin temel istatistiksel değerleri (ortalama, maksimum, standart sapma, çarpıklık katsayısı vb.) hesaplanarak Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur. Tablolar incelendiğinde yağış için en yüksek yıllık ortalama yağış değeri 1258,62 mm ile Bozdağ istasyonuna aittir. Minimum yıllık ortalama yağış değeri ise 430,53 mm ile Avşar Barajına aittir. Ayrıca yağış verilerinin çarpıklık katsayılarının yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yağış gözlemlerinin eğilim bileşeni araştırmaları, yazar tarafından tamamlanmış önceki bir çalışmadan alınmıştır. (Temiz, 2009; Baran ve Temiz, 2009; Temiz ve Baran, 2010; Bozoğlu ve Baran, 2012; Bozoğlu, Baran, Barbaros, 2019; Bozoğlu, Baran, Barbaros, 2022),

Gediz Havzasında bulunan uzun süreli gözlemlerin mevcut olduğu yağış gözlem istasyonlarında gözlenen aylık toplam yağış verilerinin eğilim analizlerini parametrik Student-t, parametrik olmayan Mann-Kendall test istatistikleri kullanarak

değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında değerlendirilen 12 istasyondan altısında (Akhisar, Gördes, Güre, Bozdağ, Kıransih ve Üçpınar) azalış eğilimi gözlenmiştir.





Şekil 5. 1. Gediz Havzası ve DMI ve DSI tarafından işletilen istasyonların havzadaki konumları (DSI 2005).

Tablo 5. 1. DMİ tarafından işletilen YGI' na ait yıllık toplam yağış değerlerinin temel özellikleri ve istatistikleri

İstasyon Adı	Gözlem Aralığı	Rakım	Ortalama (mm)	Standart Sapma (mm)	Çarpıklık	Değişkenlik %	Basıklık
Ahmetli	1938-1988	100	485,65	125,12	-1,204	25,76	2,600
Akhisar	1937-2019	93	586,33	130,38	0,470	22,00	-0,100
Alaşehir	1931-2005	189	482,87	111,77	0,387	23,14	-0,631
Borlu	1964-1982	250	541,12	100,46	0,242	18,56	-0,189
Demirci	1992-2019	851	625,07	121,71	-0,230	19,00	-0,880
Foça	1957-1994	10	552,39	115,75	0,051	20,95	0,040
Gediz	1971-2019	825	558,42	113,80	-0,020	20,00	-0,160
Gölmarmara	1939-1992	150	546,22	129,23	0,602	23,65	-0,018
Gördes	1929-1997	550	638,46	151,61	0,473	23,74	0,860
Güre	1964-1995	650	452,26	78,89	0,105	17,44	-1,282
Kemalpaşa	1938-1997	200	1071,88	405,50	2,347	37,83	7,311
Köprübaşı	1967-2005	250	447,80	94,63	0,415	21,13	0,418
Kula	1929-1991	675	590,44	142,36	0,578	24,11	0,033
Manisa	1930-2019	71	726,35	168,30	0,350	23,00	-0,040
Men. Topraksu	1929-1995	10	537,57	144,89	0,556	26,95	0,031
Muradiye	1964-1987	25	648,65	160,36	0,196	24,72	-0,388
Salihli	1940-2019	111	485,41	96,36	0,410	20,00	0,210
Sarıgöl	1963-1986	225	486,71	99,40	0,250	20,42	-1,204
Saruhanlı	1959-1996	50	454,73	92,09	1,197	20,25	1,651
Selendi	1955-1991	575	514,41	110,21	0,199	21,42	-0,763
Şaphane	1964-1990	925	677,84	112,28	0,272	16,56	-0,874
Turgutlu	1929-1995	120	584,02	140,34	0,578	24,03	-0,098
ORTALAMA			580,33	135,08	0,404	22,62	0,279

Tablo 5. 2. DSİ tarafından işletilen YGI' na ait yıllık toplam yağış değerlerinin temel özellikleri ve istatistikleri

İstasyon Adı	Gözlem Aralığı	Rakım	Ortalama (mm)	Standart Sapma (mm)	Çarpıklık	Değişkenlik (%)	Basıklık
Avşar Barajı	1980-2005	275	430,53	75,55	-0,039	17,54	-1,314
Beşyol	1976-2005	530	772,68	183,39	0,563	23,73	-0,061
Bozdağ	1961-2005	1150	1258,62	338,44	1,014	26,88	1,600
Buldan Barajı	1967-2005	470	468,34	95,07	0,486	20,30	-0,625
Çınardibi	1961-2002	705	932,89	215,89	0,486	23,14	0,520
Demirköprü B.	1962-1993	290	486,65	101,40	0,009	20,83	-0,576
Dindarlı	1962-2005	685	455,36	96,10	0,298	21,10	0,045
Doğanlar	1970-2005	650	630,46	152,52	0,323	24,19	0,497
Eşmataşköyü	1962-2005	930	468,62	97,70	0,754	20,84	0,293
Fakılı	1962-2005	715	447,13	77,95	0,436	17,43	-0,755
Göynükören	1966-2003	1020	467,92	133,60	-0,264	28,55	-0,290
Hacırahmanlı	1961-1997	45	483,33	108,81	0,778	22,51	1,084
Hanya (Güneşli)	1961-1995	640	634,88	157,95	0,231	24,88	-0,243
İçikler	1961-2005	710	568,13	131,65	0,253	23,17	-0,742
Kavakalan	1962-1998	460	625,48	145,26	0,579	23,22	1,019
Kıranşih	1962-2006	670	589,24	124,79	0,320	21,17	-0,323
Marmara Gölü R.	1961-2001	75	435,22	77,01	0,227	17,69	-0,239
Ören	1961-2005	940	735,21	256,56	-0,212	34,89	0,731
Sarılar	1962-2005	340	595,22	146,70	0,519	24,64	0,273
Süleymanköy	1962-1997	240	472,56	99,52	0,231	21,06	-0,708
Üçpınar	1961-2005	100	547,92	165,78	0,570	30,25	0,045
Yukarı Poyraz	1962-2003	630	588,52	115,66	0,727	19,65	0,611
ORTALAMA			595,22	140,79	0,377	23,08	0,038

BÖLÜM ALTI

BULGULAR

6.1 Dalgacık Dönüşümü Tekniğinin Genel Değerlendirmesi

Hidro-meteorolojik değişkenlerin her biri kendi içlerinde farklı periyodik özellik göstermektedirler. Bir yağış serisinde farklı periyodik bileşenler dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılarak elde edilebilmektedir. Dalgacık analizi ile hidrolojik sistemlerin geçici/aralıklı olarak gösterdikleri davranışlar kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

Sunulan çalışmada; sürekli dalgacık dönüşümü yağış serilerine uygulanarak Gediz havzası içerisindeki kırk dört istasyonun periyodik yapısı, diğer çalışmalardan farklı olarak söz konusu yöntemle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sürekli dalgacık dönüşümü yöntemi ile yağış gözlem istasyonlarına ait aylık toplam yağış verilerinin, klasik dönüşüm yöntemleri ile tespiti oldukça güç olan periyodik yapısı ve bu yapının zamansal evrimi ortaya konulabilmektedir.

Dalgacık dönüşümü tekniği hem zaman hem de frekans ortamında kararsız serilerin incelenmesinde yüksek bir başarı göstermektedir. Bu nedenle yağış gözlem serileri içerisindeki kararsız yapıların ortaya konulabilmesi için seriler, sürekli dalgacık dönüşümü yardımıyla analiz edilmişlerdir. Analizler sırasında 44 farklı istasyona ait yağış serilerine Morlet dalgacığı kullanılarak sürekli dalgacık dönüşümü uygulanmış ve dalgacık spektrumları hesaplanmıştır. Dalgacık dönüşümü spektrumlarında yatay eksen zamanı, dikey eksen ise dalgacık dönüşümü ölçeğine uygun Fourier periyodunu ifade etmektedir. Global spektrum, tüm kayıt uzunluğu boyunca geçici değişimlerin bir ortalama değerini yansıtmaktadır. Analiz sonuçlarından elde edilen bilgiler kullanılarak Gediz Havzası genelindeki periyodik yapının tahmini gerçekleştirilmiştir. Global spektrumunda yıllık periyoda karşılık gelen bir belirginlik açıkça görülmektedir. Dalgacık spektrumu yardımıyla periyodik olayların ne zaman başlayıp ne zaman bittiği ve hangi ölçek değerinde olduğu rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Zaman-ölçek spektrumu (yersel dalgacık spektrumu) ile de bir zaman serisinde, hangi zamanda hangi süreye sahip bir olayın gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Yağışlardaki eğilim bileşeni araştırmaları, tamamlanmış bir çalışmadan alınmıştır. Gediz Havzasında yağış gözlem istasyonlarında gözlenmiş aylık toplam yağış verilerinin eğilim analizlerini parametrik Student-t, parametrik olmayan Mann-Kendall test istatistikleri kullanarak değerlendirildiği (Baran ve Temiz, 2009) çalışma kapsamında, 12 istasyondan altısında (Akhisar, Bozdağ, Gördes, Güre, Kıranşih ve Üçpınar) yağışlarda azalış eğilimi gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, 69 yıllık (1937-2005) gözlem süresine sahip Akhisar istasyonunun yalnızca Ocak ayı ve yıllık toplam yağışlarında azalış eğilimi gözlenmiştir.

Gediz Havzası'nda mevcut meteoroloji istasyonlarının yağış verilerinden faydalanılarak eş yağış dağılım haritalarının elde edildiği çalışmada (Temiz, 2009) ise, havzada DSİ ve DİM tarafından işletilmekte olan tüm yağış gözlem istasyonları değerlendirilmiştir. Tüm gözlem değerlerinden hareketle, havza için yıllık toplam ortalama yağış, değişkenlik (standart sapma), sivrilik, çarpıklık değerleri için eş dağılım haritaları elde edilmiştir.

Yazar tarafından tamamlanmış başka bir çalışmada ise; Gediz Havzası'nda aylık toplam yağış yükseklikleri için belirlenen frekans yoğunlukları kullanılarak elde edilen entropi yoğunluğu (IE) değerleri aracılığıyla, havza genelinde ölçülmüş verilerin tümü kullanılarak uzun süreli potansiyel tahminlerinin yapılabileceği gösterilmiştir. Entropi yoğunluğu – ortalama yıllık toplam yağış arasında kurulan güçlü ilişki aracılığıyla, uzun süreli toplam yağış miktarının tahmin edilmesi mümkün olmaktadır (Temiz ve Baran, 2010). Entropi yoğunluğu (*intensity entropy-IE*) kullanılarak gerçekleştirilen bölgesel analiz sayesinde, ölçüm olmayan noktalar için de uzun süreli tahminlerin yapılabileceği gösterilmiştir (Bozoğlu ve Baran, 2012).

Yıllık toplam yağış değerleri ile entropi yoğunluğu değerleri arasında tespit edilen ampirik denklem ve Spline algoritması yardımıyla hazırlanan Gediz Havzası entropi yoğunluğu (IE) haritasının hazırlandığı çalışmada (Bozoğlu, Baran ve Barbaros, 2019), havza için uzun dönemli brüt su potansiyeli anlamına da gelen toplam yıllık yağış miktarının tahmin edilebileceğini gösterilmiştir.

Gözlenmiş aylık toplam yağışların frekans analizi aracılığıyla belirlenen "Entropi Yoğunluğu - IE" aracılığıyla, farklı gözlem sürelerine sahip istasyonları kullanarak bölgesel bilgilerin tanımlandığı çalışmada (Bozoğlu, Baran ve Barbaros, 2022), elde edilen basit-hızlı-güvenilir eş entropi yoğunluğu ve güçlü yağış – entropi yoğunluğu ilişkileri kullanılarak aylık-yıllık yağış potansiyelinin noktasal/bölgesel olarak tanımlanabileceği gösterilmiştir.

Bu çalışmalar ile, su kaynakları mühendisliğinin temel kısıtlaması olan yağışların zaman içinde yoğunluğu ve oluşumundaki düzensizliği (veya belirsizliği) ele alınmıştır. Su kullanımı için bir strateji geliştirmenin en önemli bilgisi, öncelikleri belirlemek ve “su miktarını” belirleyecek şekilde su tahsisine karar vermektir. Olasılık dağılımı bilinmese bile herhangi bir dağılıma uygulanabilen entropi kavramının, yağış düzensizliğini tanımlamak, kuraklıkla ilgili tahminler yapmak için uygun bir araç olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmada ise; Gediz Havzası’na düşen yağışın genel karakteristiklerini ve havzanın su potansiyelini belirlemek amacıyla, en elverişli yöntem olan dalgacık analizi ile çalışılmıştır. Sunulan çalışmada yağış zaman serileri öncelikle Fourier teknikleri ile analiz edilerek iklimsel özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra sürekli dalgacık dönüşümü tekniği kullanılarak yağış serilerinin dalgacık spektrumları çizilmiştir. Böylelikle yağış serilerinin farklı periyotlardaki bileşenleri belirlenmiştir. Hidro-meteorolojik verilerin analizinde dalgacık dönüşümü tekniğinin diğer analiz yöntemlerine kıyasla çok daha verimli olduğu sunulan çalışma ile ortaya konulmuştur.

Sunulan çalışma kapsamında, verilerin yerel ve zamansal değişimlerine etki eden küçük, orta ve büyük ölçekli olayları belirlemek için, MATLAB Programına dayalı bir algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma meteorolojik verilerin analizinde ve farklı ölçekteki olayların etkilerinin saptanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

6.2 Uygulama ve Parametre Değerleri

Değerlendirilen 44 istasyonda gözlenmiş yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak tüm istasyonların yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Verilerin yerel ve zamansal değişimlerine etki eden küçük, orta ve büyük ölçekli olayları belirlemek için, MATLAB Programına dayalı bir algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma meteorolojik verilerin analizinde ve farklı ölçekteki olayların etkilerinin saptanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dalgacık analizinde bir dalgacık fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu dalgacık fonksiyonu ölçeklendirilip ve zaman boyutunda kaydırılarak analiz işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu çalışma kapsamında, jeofiziksel süreçleri iyi yansıttığı için önerilen Morlet dalgacığı kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında Δt örnekleme aralığı; aylık gözlemler ile çalışılması sebebiyle bir ay olarak alınmıştır. Böylelikle Δt_0 değeri 2 ay olmaktadır. Torrence ve Compo (1998) çalışmalarında, Morlet dalgacığı için yeterli bir ölçek örnekleme aralığı olarak Δt_0 değerinin en fazla 0,5 değerini alabileceğini belirtmişlerdir. Bu çözünürlük seviyesini gösteren Δt_0 değerinin küçük değerleri daha iyi çözünürlük sağlamaktadır. Sunulan çalışma kapsamında Δt_0 değeri 0,25 olarak seçilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, Fourier dönüşüm tekniği ile belirlenen ana frekans değeri ile dalgacık dönüşümü sonucu elde edilen baskın frekans değeri birbirini destekler niteliktedir. Her iki dönüşüm tekniğinde de ana frekans değeri 12 ay olarak tespit edilmiştir. Dalgacık dönüşümü ile elde edilen sürekli dalgacık spektrumu sayesinde Fourier dönüşümü ile elde edilen spektrumdan farklı olarak ayrıca, yağış gözlemlerinin değişkenliğinin hâkim modları ve bu modların zaman içinde nasıl değiştiği belirlenebilmiştir. (Şekillerde b). Global dalgacık spektrumunda ve zaman ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekillerde c ve d).

Sürekli dalgacık spektrumundaki kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler, kırmızı gürültü için elde edilen teorik spektrumdan %95 güven seviyesi ile büyük olan bölgeleri göstermektedir.

Global dalgacık spektrumu; sürekli dalgacık dönüşümü şeklinin varyans veya enerji değerlerinin bütün ölçekler için zaman eksenini boyunca düşey eksen üzerinde toplanmasını ifade etmektedir. Global dalgacık spektrumu sayesinde ele alınan yağış serilerinde hangi ölçek seviyesindeki bileşenlerin daha etkili olduğu daha detaylı bir biçimde incelenebilmektedir.

Şekillerdeki koyu çizgilerle çevrili kısımlar zaman serisi ile çarpım işlemine giren dalgacık fonksiyonunun o ölçek seviyesindeki periyoda sahip bir olayla yüksek bir korelasyon ilişkisine sahip olduğunu ifade eder. Şekilde birden çok bölgede enerjinin yüksek olması bölgenin iklim karakteri üzerinde değişik periyotlu olayların etkili olduğunu göstermektedir. İstasyonlar, ilgili tarihsel veriler için farklı güç tepe desenleri göstermektedirler.

Zaman serilerinin sonlu uzunlukta olması ve verilerin döngüsel olduğunun kabul edilmesinden dolayı dalgacık spektrumunun başlangıç ve bitiş noktalarında hatalar oluşmaktadır. Bu hataları gidermek için zaman serisine uzunluğunu en yakın 2'nin kuvveti olan değere eşitleyecek şekilde sıfırlar eklenmektedir. Böylece kenar etkileri (Edge Effects) sınırlandırılmış olmaktadır. Şekillerde b-Dalgacık Güç Spektrumu ile belirlenen bölümde etki konisinin (COI) altında kalan bölge, kenar etkilerinin önemli hale geldiği bölgedir.

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekillerde c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir. Bu güven seviyesi üzerindeki tepeler dikkate alınmaması gereken bölgeleri göstermektedir.

Dalgacık analizi, birçok farklı frekansta durağan olmayan güç içeren zaman serilerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Dalgacık analizi ile elde edilen üç adet görsel; dalgacık güç spektrumu, global dalgacık spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumu yardımı ile baskın frekanslar ve zaman içerisindeki değişimleri birbirini tamamlar şekilde ortaya konulmaktadır. Dalgacık güç spektrumunda koyu renk ile çevrili alanların kesintiye uğradığı dönemler, o frekans değerinde bir yağışın görülmediği dönemleri göstermektedir.

İstasyonlara ilişkin elde edilmiş olan dalgacık dönüşümü bulguları, sırasıyla DMİ ve DSİ tarafından işletilmelerine ve istasyon isimlerine göre önce DMİ, sonra DSİ istasyonları için kendi içlerinde alfabetik olarak aşağıda sunulmaktadır.

6.3 DMİ İstasyonlarının Bulguları

6.3.1 Ahmetli İstasyonu

Gediz havzasında DMİ tarafından işletilen Ahmetli istasyonunun 1967-1987 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Ahmetli YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

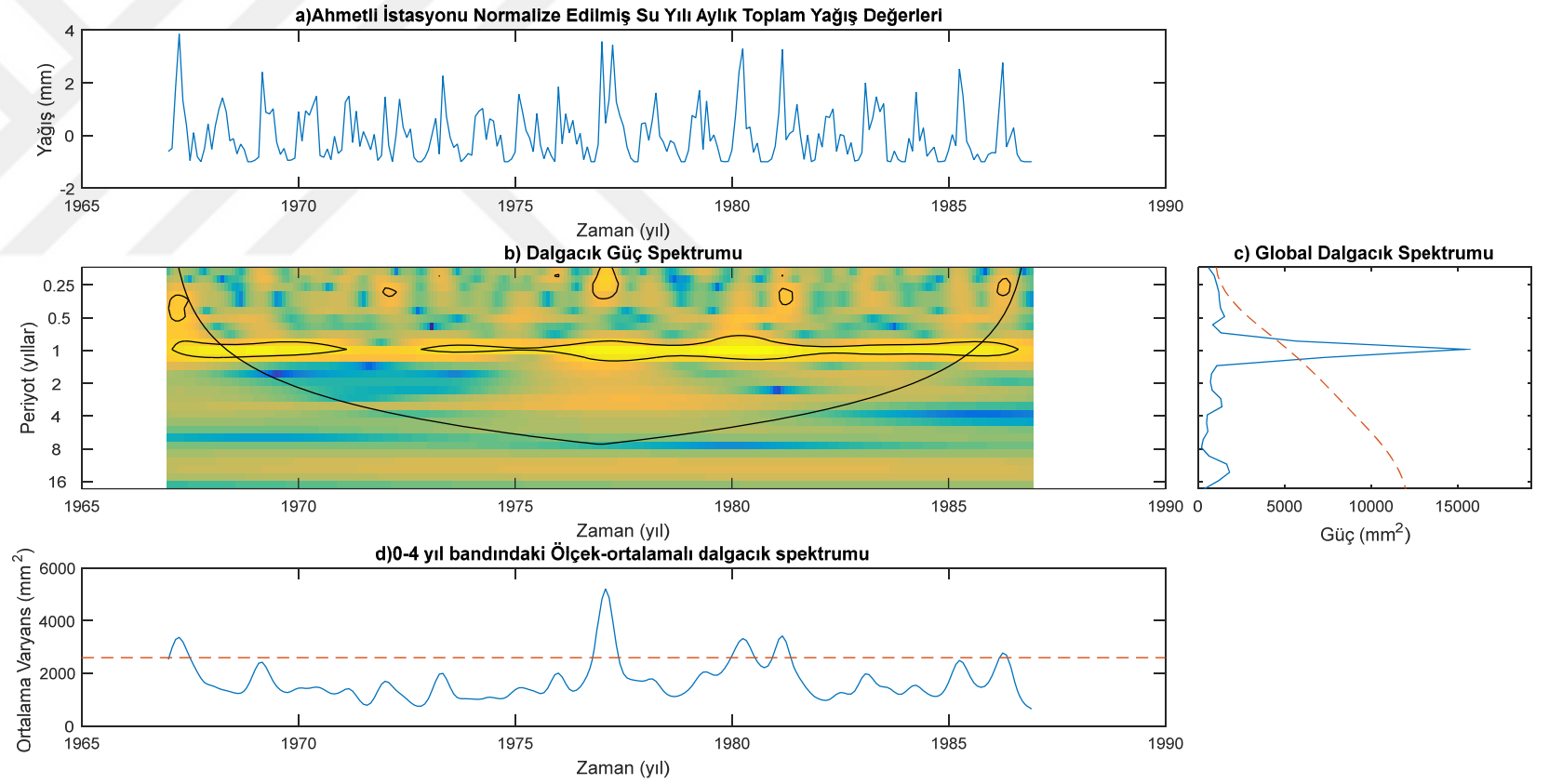
Ahmetli istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.1a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.1b) görüldüğü üzere 1970'lerin başlarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. Tekrarlanma sıklığı 0-4 yıl aralığında değişen, küçük frekanslı olayların ise 1970'lerin başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Ahmetli istasyonu için %95 güven seviyesi, Şekil 6.1b' deki kalın konturlarla gösterilmiştir. 1965–1971 ve 1973–1986 yılları arasındaki, 0–4 yıllık banttaki değişkenlik, kırmızı gürültü için %95 güven düzeyinin üzerindedir. Şekil 6.1d'de Ahmetli istasyonu normalleştirilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri için elde edilen 0-4 yıl bandındaki ölçek ortalamalı dalgacık spektrumu gösterilmektedir.

Kesikli çizgi ile gösterilen % 95 güven düzeyinin üzerindeki tepeler dikkate alınmaması gereken bölgeleri göstermektedir.

Ölçek üzerinden ortalama almanın bir örneği olarak (Şekil 6.1d), zamana karşı ortalama yağış varyansının bir ölçüsünü veren, 0 ila 4 yıl arasındaki tüm ölçeklerde Şekil 6.1b' nin ortalamasını gösterir. Varyans grafiği, yağış varyansının düşük olduğu 1968 ile 1976 yılları arasında belirgin bir dönemi gösterir. Havza genelindeki tüm yağış serilerinde, 1960'lı yılların sonunda başlayan tutarlı onlu yıllar arası değişiklikler tespit edilmektedir. Ahmetli istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimlik), 3 yıl ve 12 yıldır.

Ahmetli istasyonunda, bölge geneliyle uyumlu olacak şekilde, 1970'li yılların başından itibaren kurak bir döneme girilmeye başlandığını görmekteyiz. Yağış süreçlerinin baskın periyodu olan 1 yıl frekansında oluşan kesintilerden (Şekil 6.1b) kuraklığın 2000' li yıllardan çok daha önce başladığı görülmektedir.



Şekil 6. 1. Ahmetli YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.2 Akhisar İstasyonu

Sunulan çalışmada işaret işleme sahasında kullanılan dalgacık dönüşümü tekniği ile Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Akhisar istasyonunun 1937-2020 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Akhisar YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

Akhisar istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.2a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.2b) görüldüğü üzere 1970'lerin ortalarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980'lerin sonundan 2000'lerin başına kadar olan bir dönemde kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.2b). Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, 4 yıllık ve 16 yıllık ölçek seviyelerinde de periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.2c).

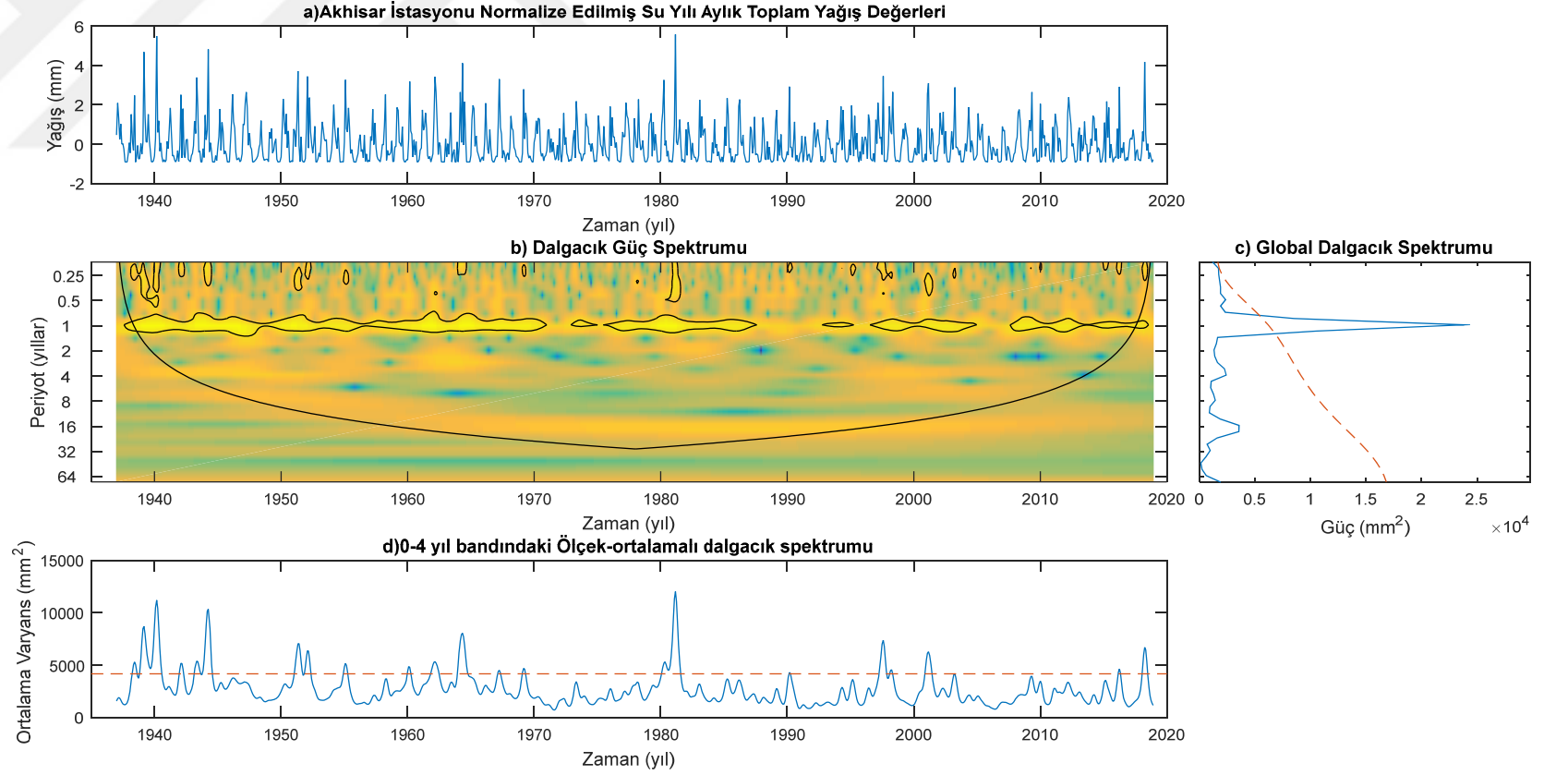
Şekil 6.2d'de Akhisar istasyonu normalleştirilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri için elde edilen 0-4 yıl bandındaki ölçek ortalamalı dalgacık spektrumu gösterilmektedir. Kesikli çizgi % 95 seviyesindeki güven düzeyini göstermektedir.

Fourier dönüşüm tekniği ile belirlenen ana frekans değeri ile dalgacık dönüşümü sonucu elde edilen baskın frekans değeri birbirini destekler niteliktedir. Her iki dönüşüm tekniğinde de ana frekans değeri 12 ay olarak tespit edilmiştir. Dalgacık dönüşümü ile elde edilen sürekli dalgacık spektrumu sayesinde Fourier dönüşümü ile elde edilen spektrumdan farklı olarak ayrıca, Akhisar YGİ'na ait yağış gözlemlerin değişkenliğinin hâkim modları ve bu modların zaman içinde nasıl değiştiği belirlenebilmektedir.

Akhisar istasyonu gibi daha uzun zaman serilerine sahip veri kümelerinin kullanılması, yağış varyansında on yıllar arası değişikliklerin daha güvenilir bir şekilde ortaya konulmasına imkân vermektedir. Akhisar istasyonu örneğinde de dalgacık güç spektrumu yardımı ile yağış serisi içerisindeki birçok farklı frekans değeri rahatlıkla görülebilmektedir (1 yıl, 4 yıl ve 16 yıl).

Akhisar istasyonu için, 1970 ile 1980 ve 1990 ile 2000 yılları arasında dalgacık spektrumlarındaki baskın periyodikliğin kesintiye uğradığı görülmektedir.





Şekil 6. 2. Akhisar YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.3 Alaşehir İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMI tarafından işletilen Alaşehir istasyonunun 1994-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Alaşehir YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Alaşehir istasyonuyağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Alaşehir istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 8a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.3b) görüldüğü üzere 1990'ların ortalarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-2 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990'ların ortalarından 2000'lerin başına kadar olan bir dönemde kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.3b).

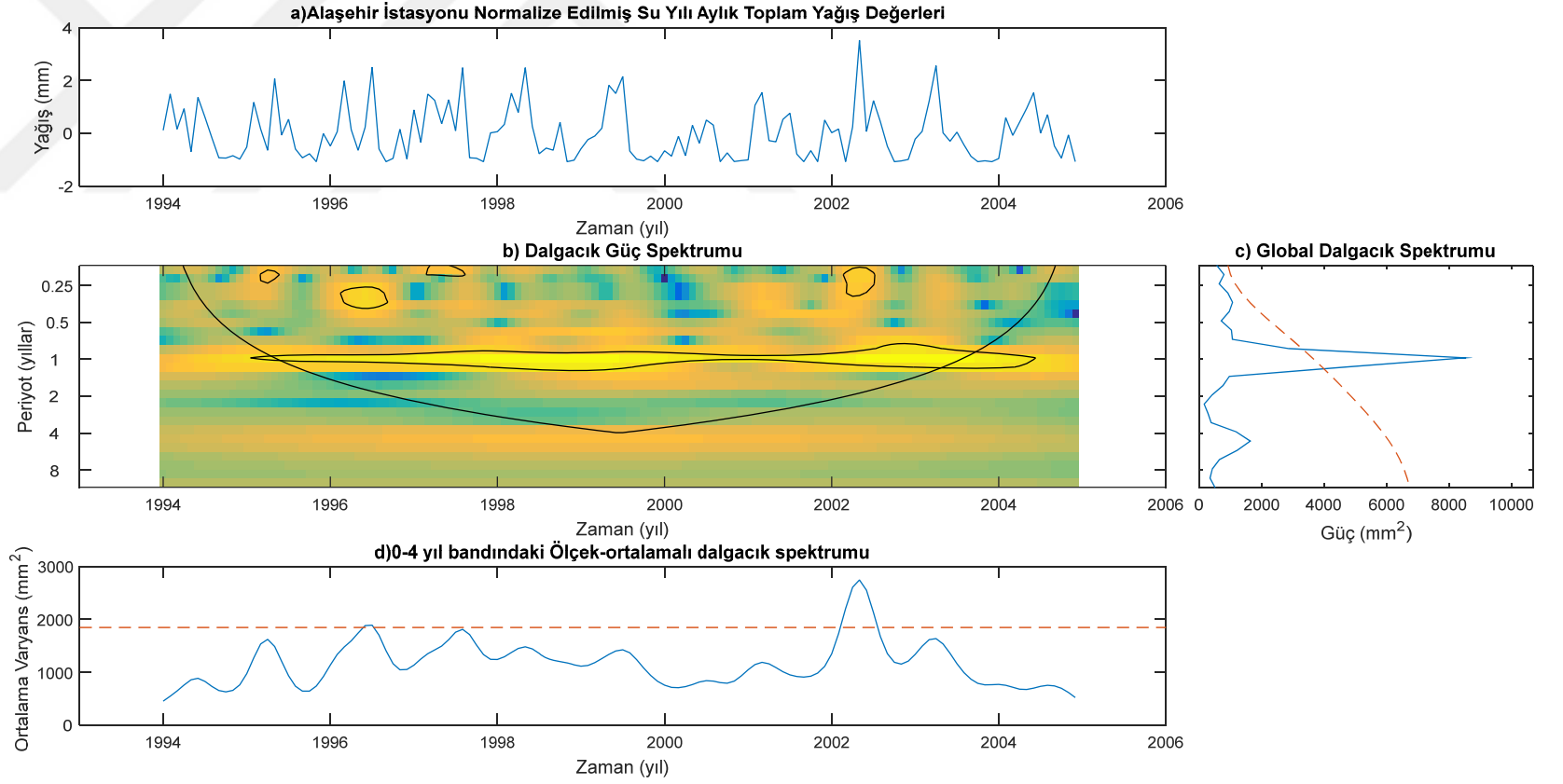
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, 4 yıllık ölçek seviyesinde de periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.3c). Şekil 6.3d'de Alaşehir istasyonu normalleştirilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri için elde edilen 0-4 yıl bandındaki ölçek ortalamalı dalgacık spektrumu gösterilmektedir. Kesikli çizgi % 95 seviyesindeki güven düzeyini göstermektedir.

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.3c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Alaşehir istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Alaşehir istasyonuna 1994-1996 ve 2000-2002 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Alaşehir istasyonu sonuçları, diğer daha uzun zaman serilerine sahip istasyonlarla (Akhisar, Manisa vb.) uyumlu olacak şekilde 1990' lı yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Alaşehir istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 5 yıldır.



Şekil 6. 3. Alasehir YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.4 Borlu İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Borlu istasyonunun 1964-1981 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Borlu YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Borlu istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Borlu istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.4a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.4b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970 ile 1976 yılları arasında kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.4b).

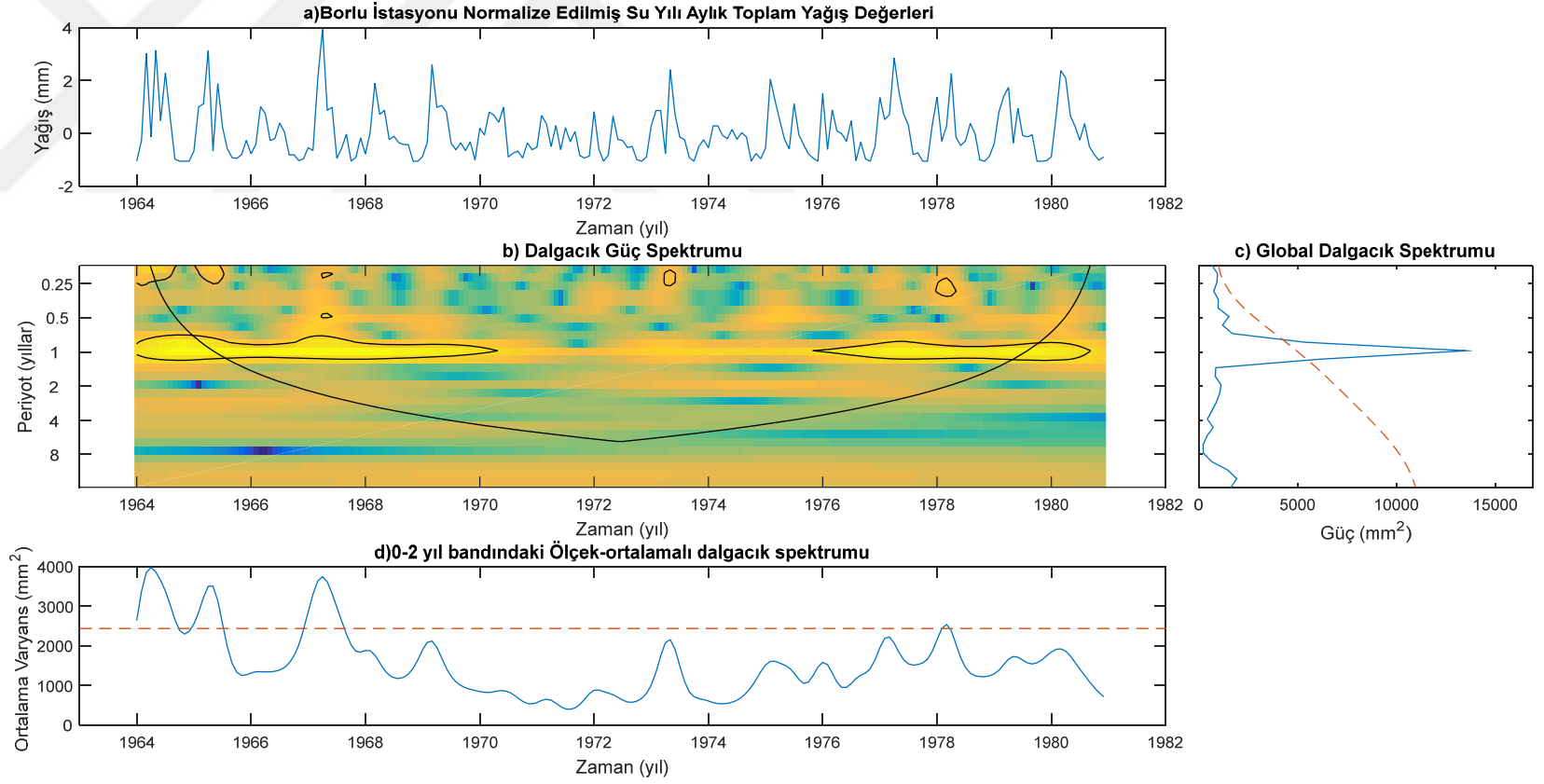
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.4c).

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.4c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Borlu istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Borlu istasyonuna 1970-1976 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Borlu istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Foça, Gölarmara, Gördes, Güre, Menemen, Muradiye, Salihli, Sarıgöl, Saruhanlı, Selendi, Şaphane, Turgutlu, Demirköprü, Kavakalan Manisa) uyumlu olacak şekilde 1970 li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Borlu istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl ve 12 yıldır.



Şekil 6. 4. Borlu YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.5 Demirci İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Demirci istasyonunun 1992-2019 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Demirci YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Demirci istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Demirci istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.5a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.5b) görüldüğü üzere 2000'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 2000'lerin başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.5b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, 4 ve 20 yıllık ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.5c).

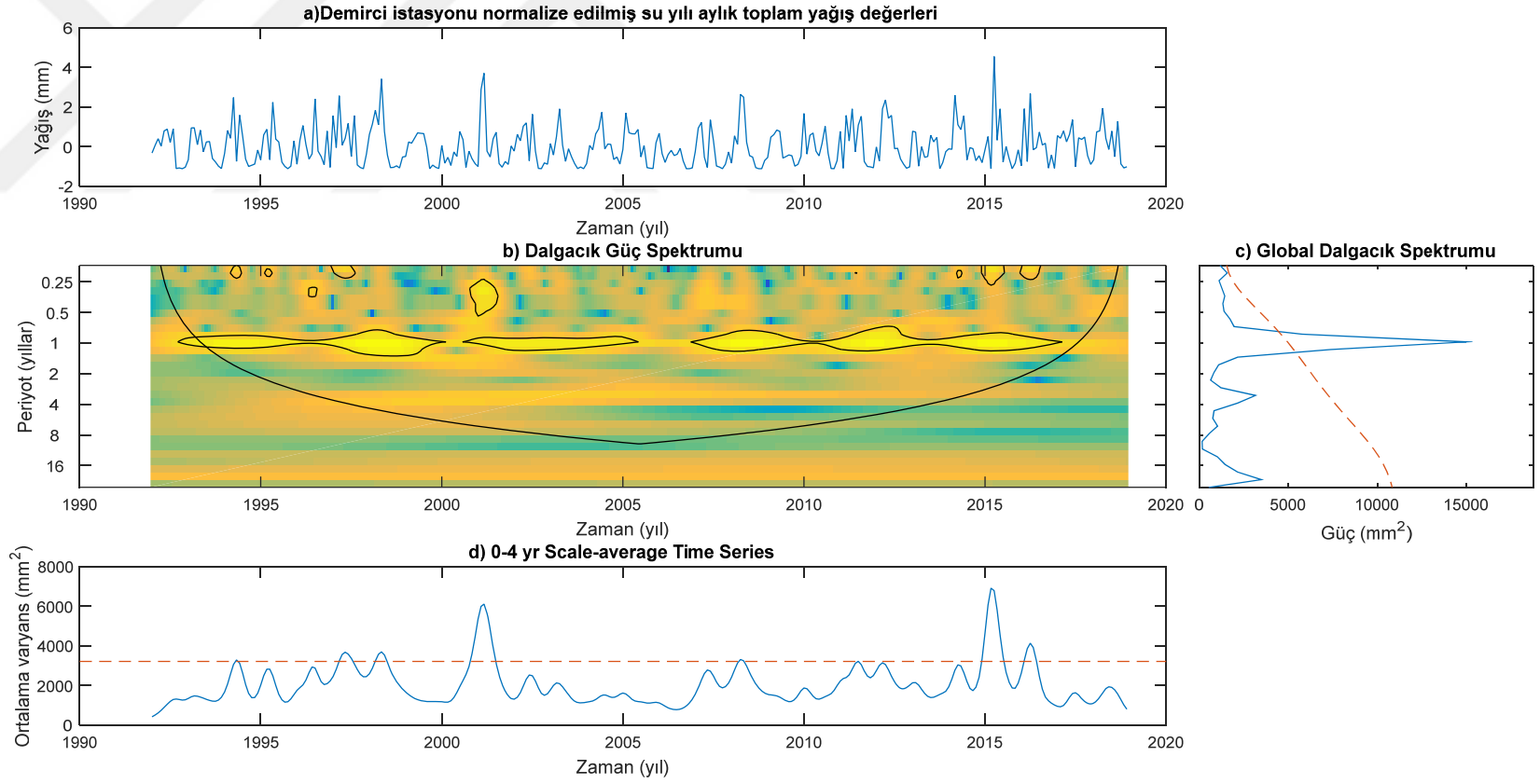
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.5c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan

kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Demirci istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Demirci istasyonuna 2000' li yılların başından itibaren çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Demirci istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Gediz, Salihli, Manisa) uyumlu olacak şekilde 1990 lı yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Demirci istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 5. Demirci YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.6 Foça İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Foça istasyonunun 1958-1988 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Foça YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Foça istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Foça istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.6a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.6b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970'lerin başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.6b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.6c).

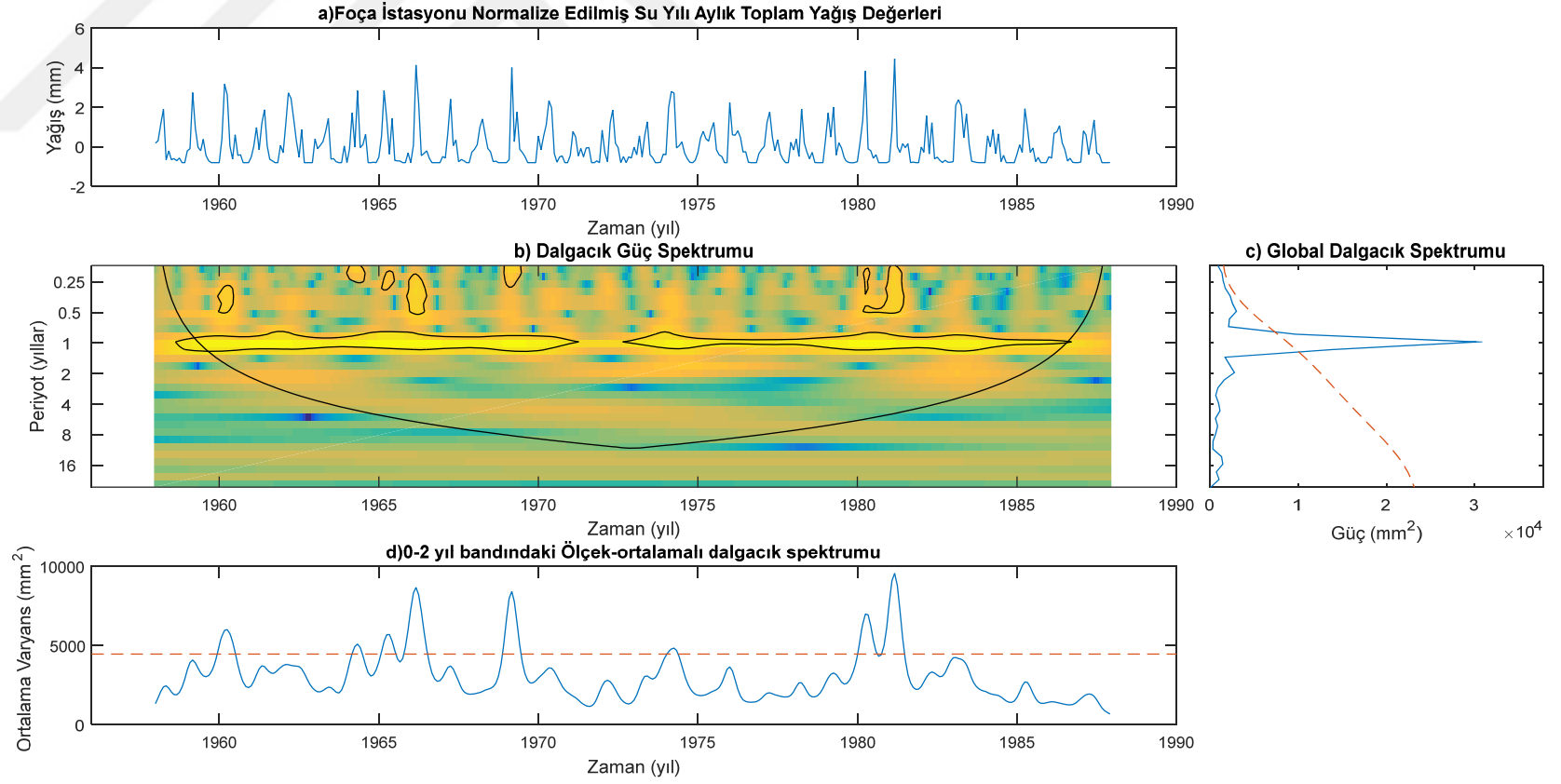
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.6c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Foça istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Foça istasyonuna 1970-1980 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Foça istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Borlu, Gölarmara, Gördes, Güre, Manisa, Salihli, Turgutlu) uyumlu olacak şekilde 1970' li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Foça istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 2 yıldır.





Şekil 6. 6. Foça YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.7 Gediz İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DİM tarafından işletilen Gediz istasyonunun 1971-2019 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Gediz YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Gediz istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Gediz istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.7a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.7b) görüldüğü üzere 1980'lerin ortalarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980'lerin ortalarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.7b).

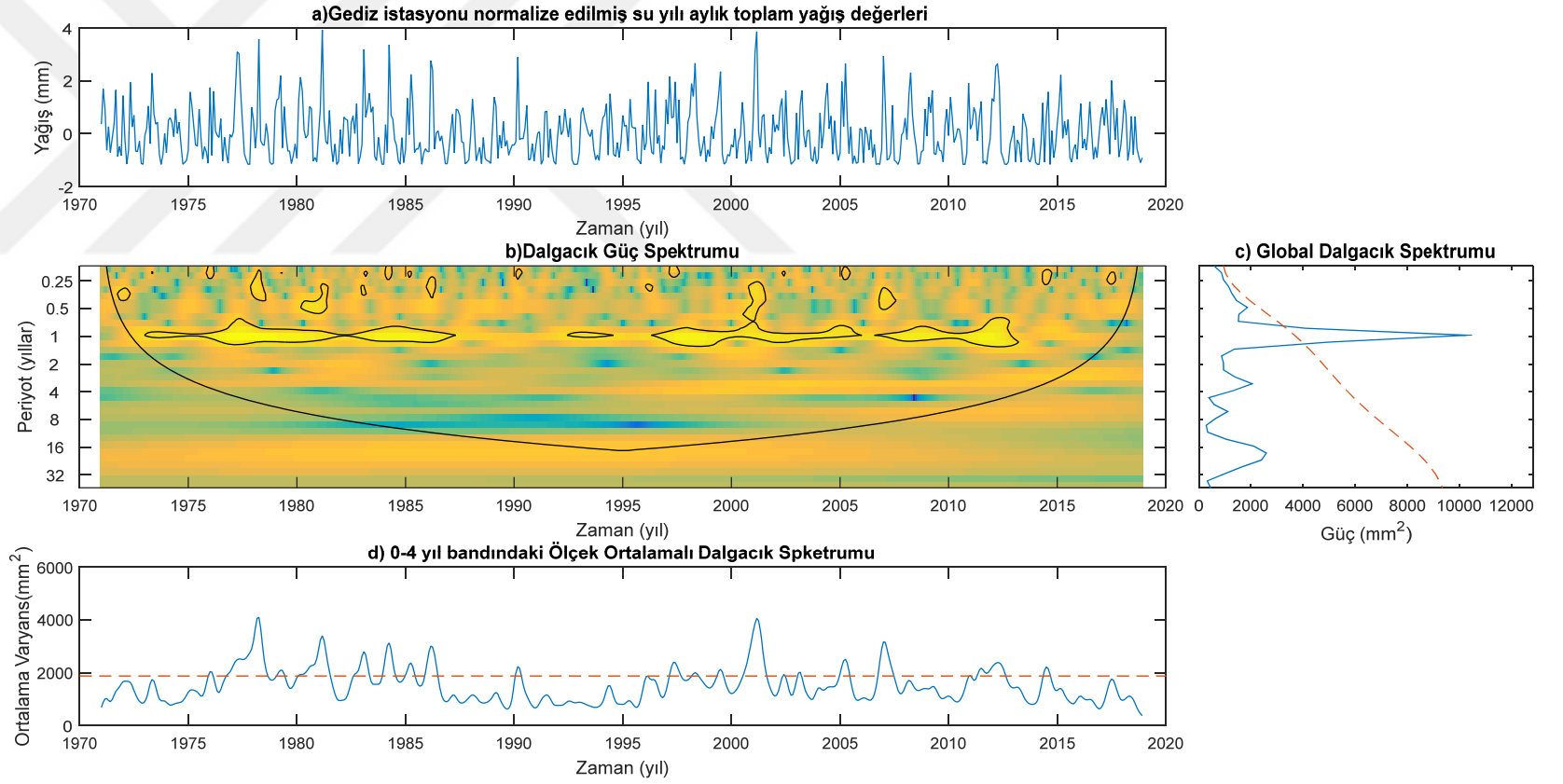
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, 4 ve 20 yıllık ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.7c).

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.7c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Gediz istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Gediz istasyonuna düşen yağışların 1970-1975 yılları arasında geçici bir kesintiye uğradığını, daha sonra 1988-1995 yılları arasında yağışlarda yine geçici bir kesinti gerçekleştiğini görebilmekteyiz. Ayrıca, ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan kendini yaklaşık 15 yılda bir tekrar eden kurak ve sulak dönemler olduğunu görebilmekteyiz.

Gediz istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Gediz istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 7. Gediz YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması sonuçlar.

6.3.8 Gölarmara İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Gölarmara istasyonunun 1961-1991 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değışimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değeri leridir. Gölarmara YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniğı ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Gölarmara istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Gölarmara istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değeri leri grafiğı Şekil 6.8a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.8b) görüldüğü üzere 1970'lerin ortalarından itibaren yağışların değışiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970'lerin ortalarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.8b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, 4 ve 20 yıllık ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.8c).

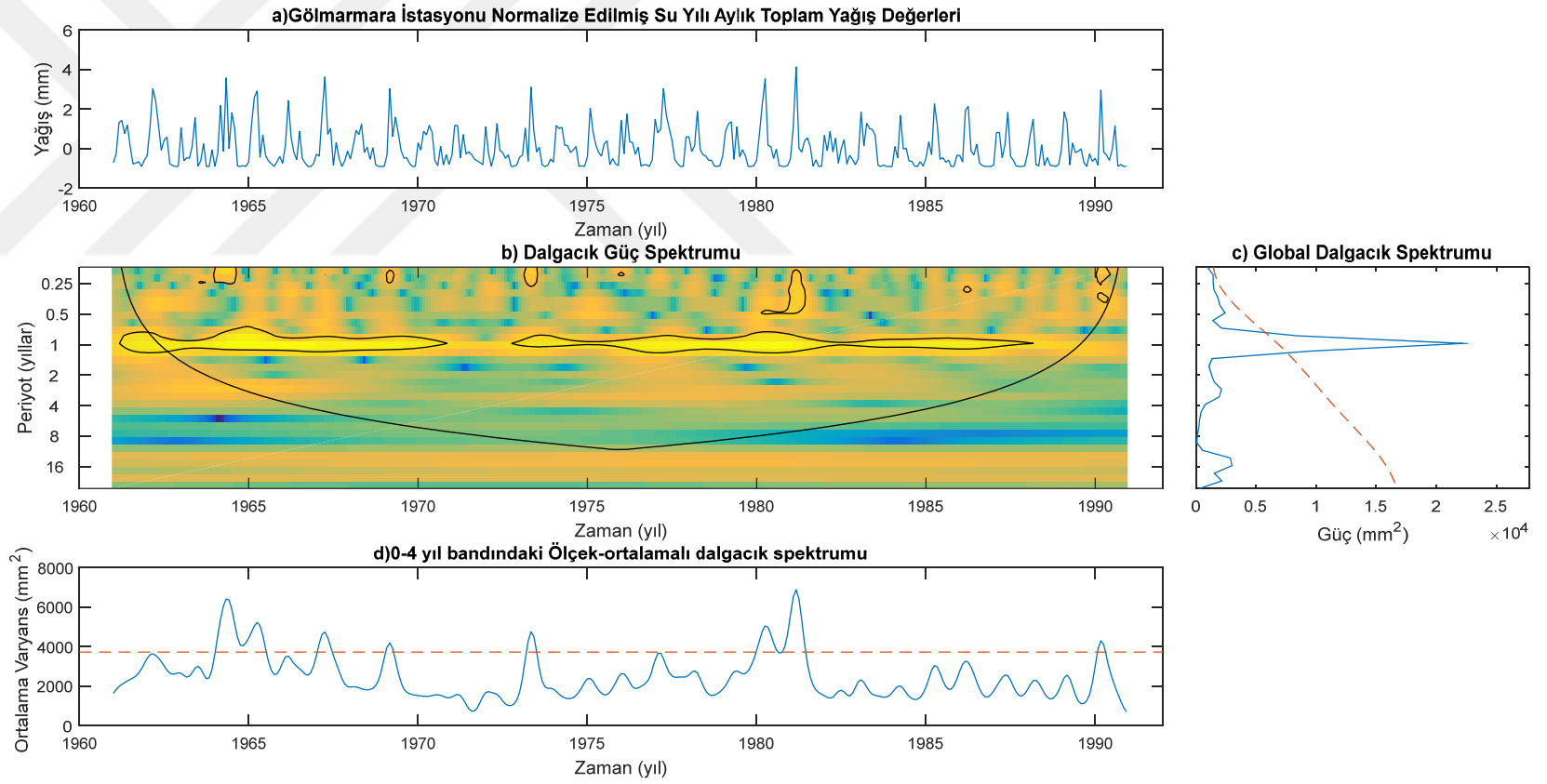
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.8c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değeri nde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan

kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Gölmarmara istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Gölmarmara istasyonuna düşen yağışlardaki azalmanın 1970' li yılların başından (1970, 1971 ve 1972) itibaren başladığı görülebilmektedir. 1970' li yılların başında kısa süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Daha sonra nispeten sulak bir döneme girildiği görülmektedir. Ancak, 1982 yılı itibariyle tekrar kurak bir döneme girilmiştir.

Gölmarmara istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Borlu, Foça, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Gölmarmara istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 8. Gölarmara YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.9 Gördes İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Gördes istasyonunun 1956-1996 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Gördes YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Gördes istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Gördes istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.9a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.9b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970'lerin başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.9b).

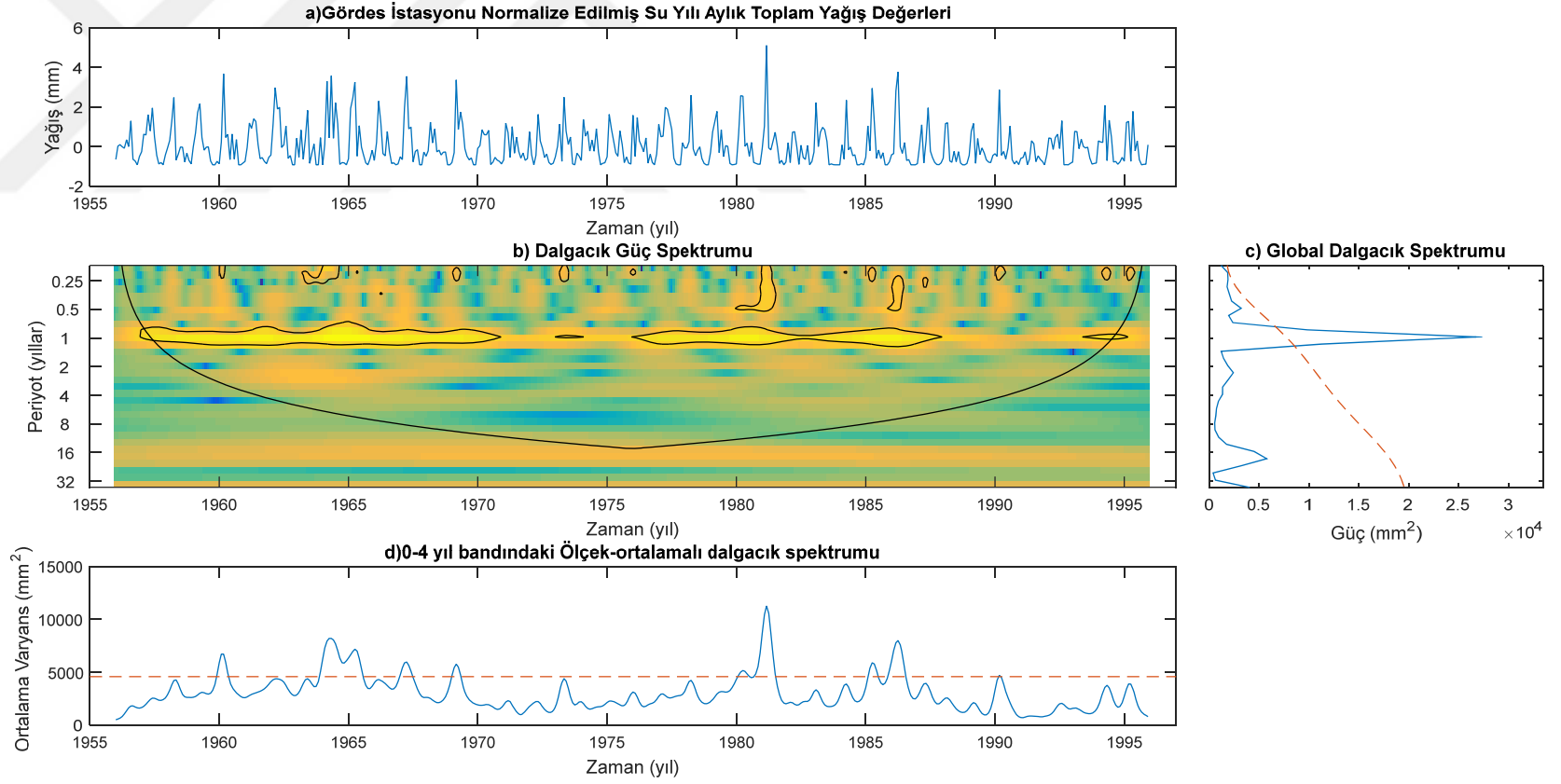
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.9c).

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.9c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Gördes istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; 1970-1975 yılları arasında Gördes istasyonuna düşen yağışlarda azalma olduğu görülmektedir. 1980' li yılların sonu itibariyle tekrar yağışlarda azalmaların olduğu görülmektedir.

Gördes istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdelleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Borlu, Foça, Gölarmara, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Gördes istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 9. Gördes YĞİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.10 Güre İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMI tarafından işletilen Güre istasyonunun 1965-1994 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Güre YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Güre istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Güre istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.10a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.10b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970'lerin başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.10b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.10c).

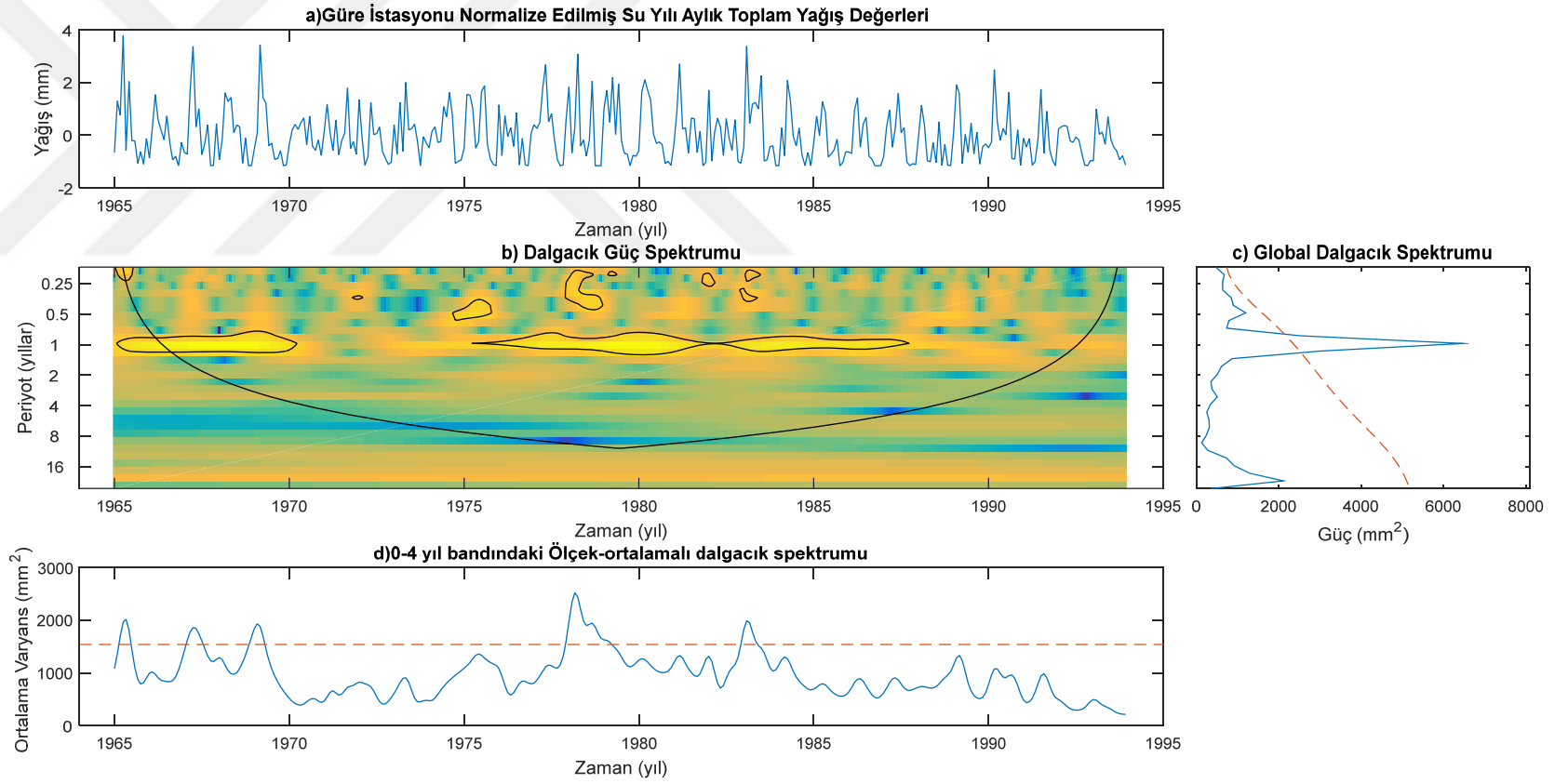
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.10c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Güre istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; 1970-1975 yılları arasında Güre istasyonuna düşen yağışlarda azalma olduğu görülmektedir. 1980' li yılların sonu itibariyle yağışlarda tekrar azalmanın başladığı görülmektedir.

Güre istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Borlu, Foça, Gölarmara, Gördes, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Güre istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 10. Güre YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.11 Kemalpaşa İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Kemalpaşa istasyonunun 1985-1997 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Kemalpaşa YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Kemalpaşa istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Kemalpaşa istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.11a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.11b) görüldüğü üzere 1980'lerin sonlarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980'lerin başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.11b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.11c).

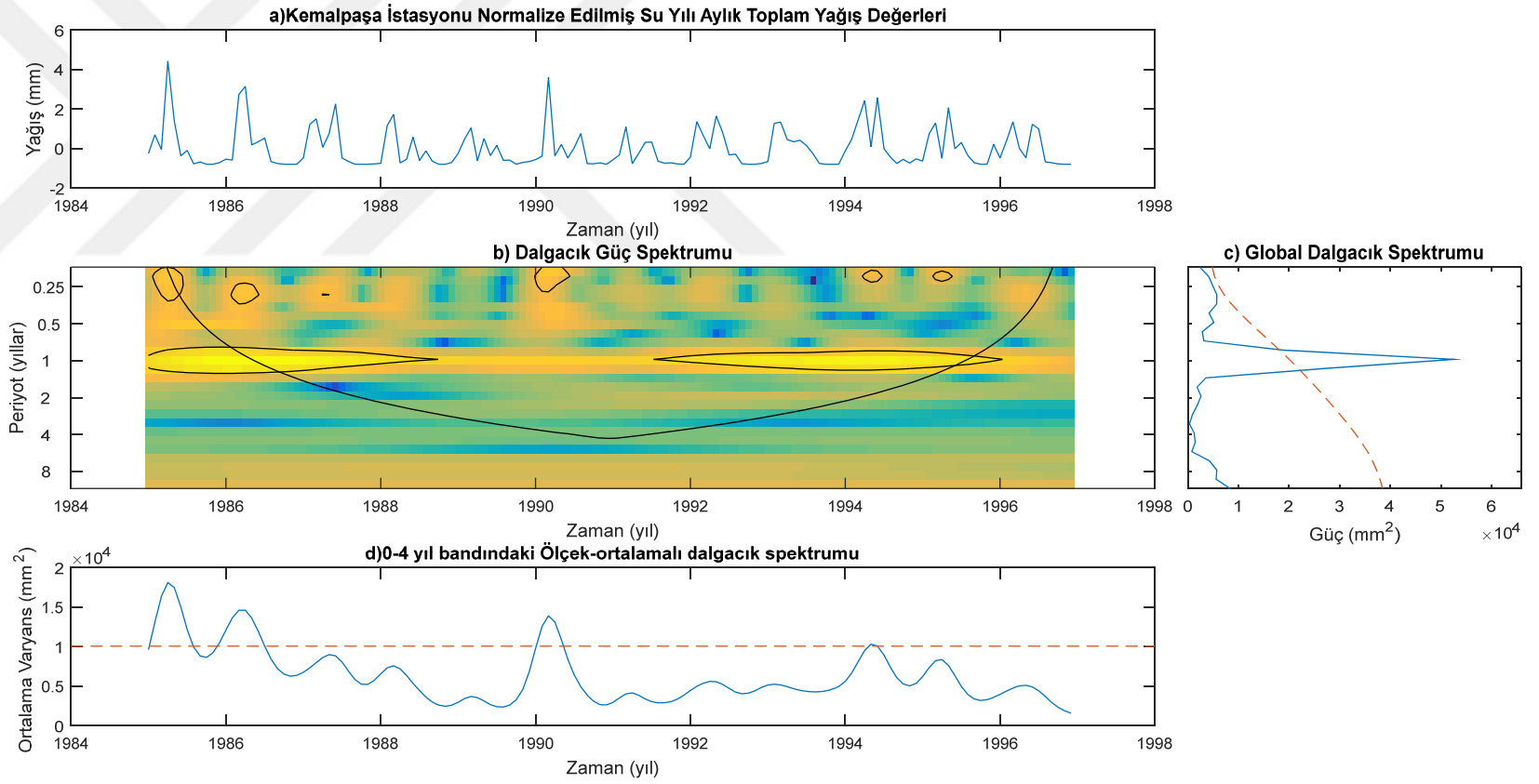
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.11c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Kemalpaşa istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; 1989 yılı itibariyle Kemalpaşa istasyonuna düşen yağışlarda azalma olduğu görülmektedir.

Kemalpaşa istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Avşar, Beşyol, Manisa, Salihli, Saruhanlı) uyumlu olacak şekilde 1980' li yıllardan sonu itibariyle kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Kemalpaşa istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 8 yıldır.



Şekil 6. 11. Kemalpaşa YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.12 Köprübaşı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Köprübaşı istasyonunun 1998-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Köprübaşı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Köprübaşı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Köprübaşı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.12a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.12b) görüldüğü üzere 2000'lerin öncesinde ve sonrasında yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 2000'lerin öncesinde ve sonrasında kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.12b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.12c).

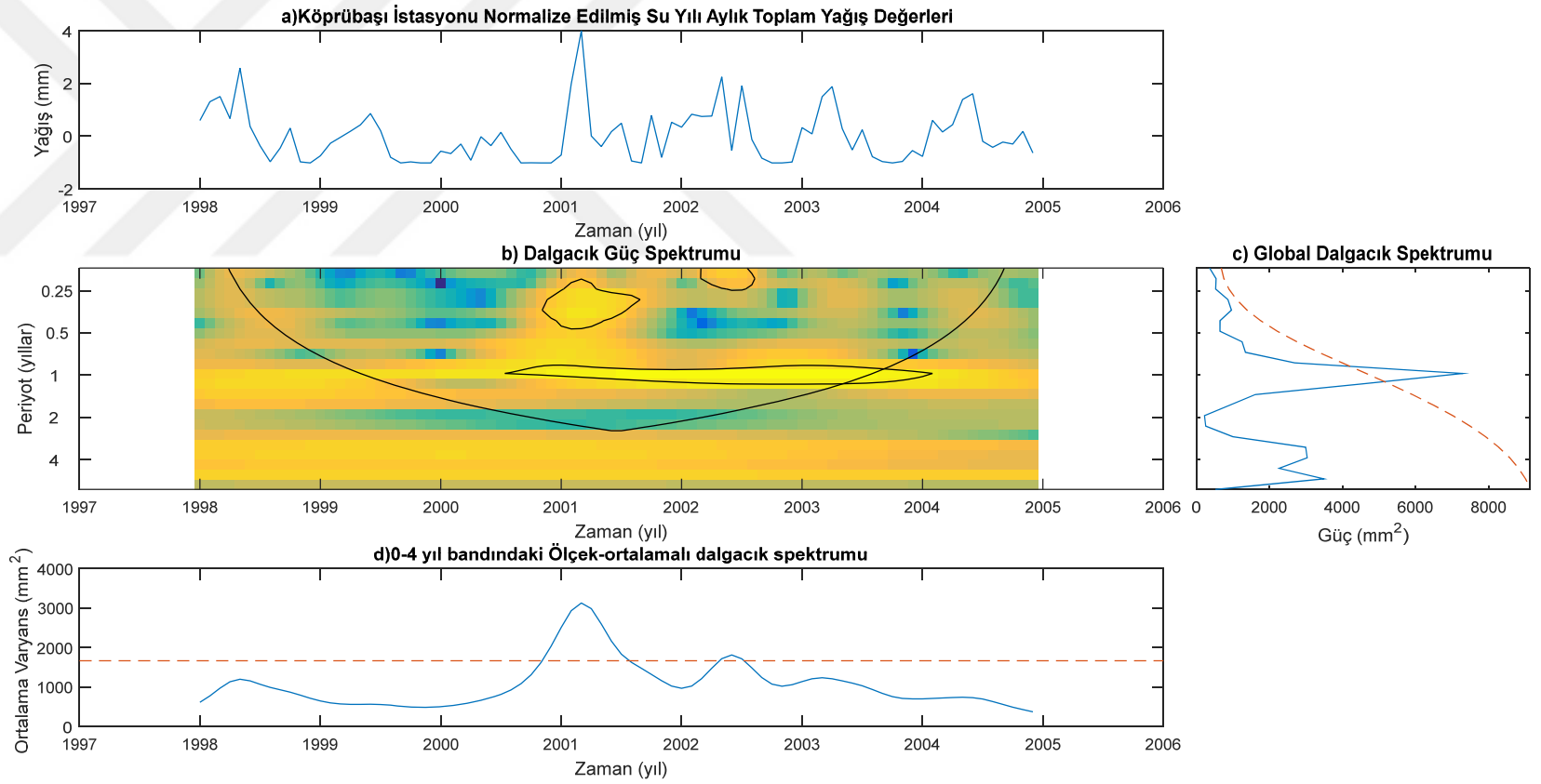
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.12c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Köprübaşı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumu ile 1990' lı yılların sonunda ve 2000' li yılların başında yaşanan su kıtlığı açıkça görülmektedir.

Köprübaşı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 4 yıldır.





Şekil 6. 12. Köprübaşı YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.13 Kula İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMI tarafından işletilen Kula istasyonunun 1978-1990 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Kula YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Kula istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Kula istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.13a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.13b) görüldüğü üzere 1980'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980'lerin başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.13b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.13c).

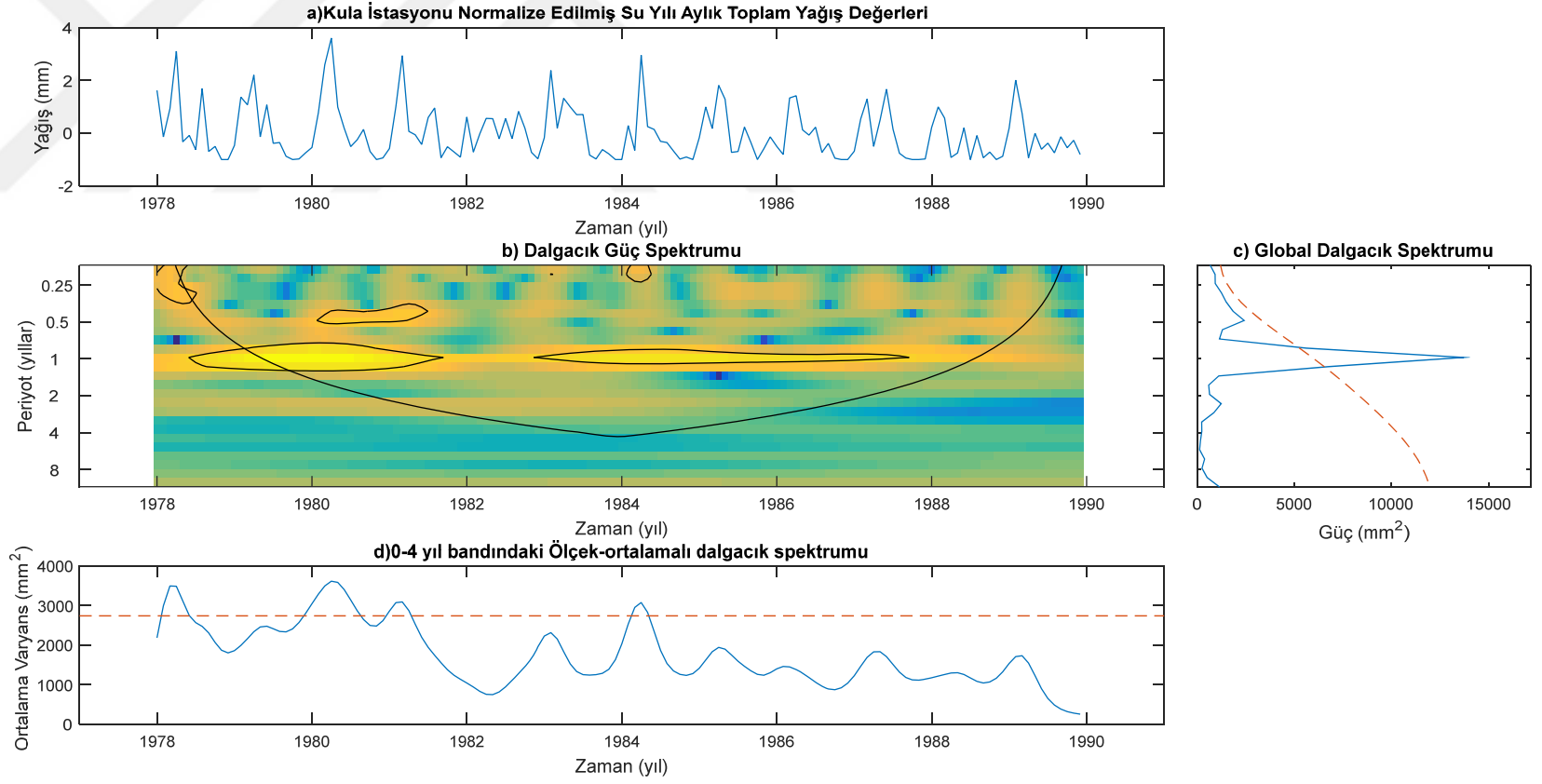
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.13c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Kula istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; 1989 yılı itibariyle Kula istasyonuna düşen yağışlarda azalma olduğu görülmektedir.

Kula istasyonu sonuçları, aynı dönemi irdeleyen bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Avşar, Beşyol, Manisa, Salihli, Saruhanlı) uyumlu olacak şekilde 1980' li yıllardan sonu itibariyle kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Kula istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 8 yıldır.





Şekil 6. 13. Kula YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.14 Manisa İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Manisa istasyonunun 1930-2019 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Manisa YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Manisa istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Manisa istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.14a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.14b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1950'lerin ve 1970' li yılların ortalarında kısa süreli kesintiye uğradığı görülmektedir. 1990 ve 2000' li başlarından itibaren ise daha uzun süreli kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.14b).

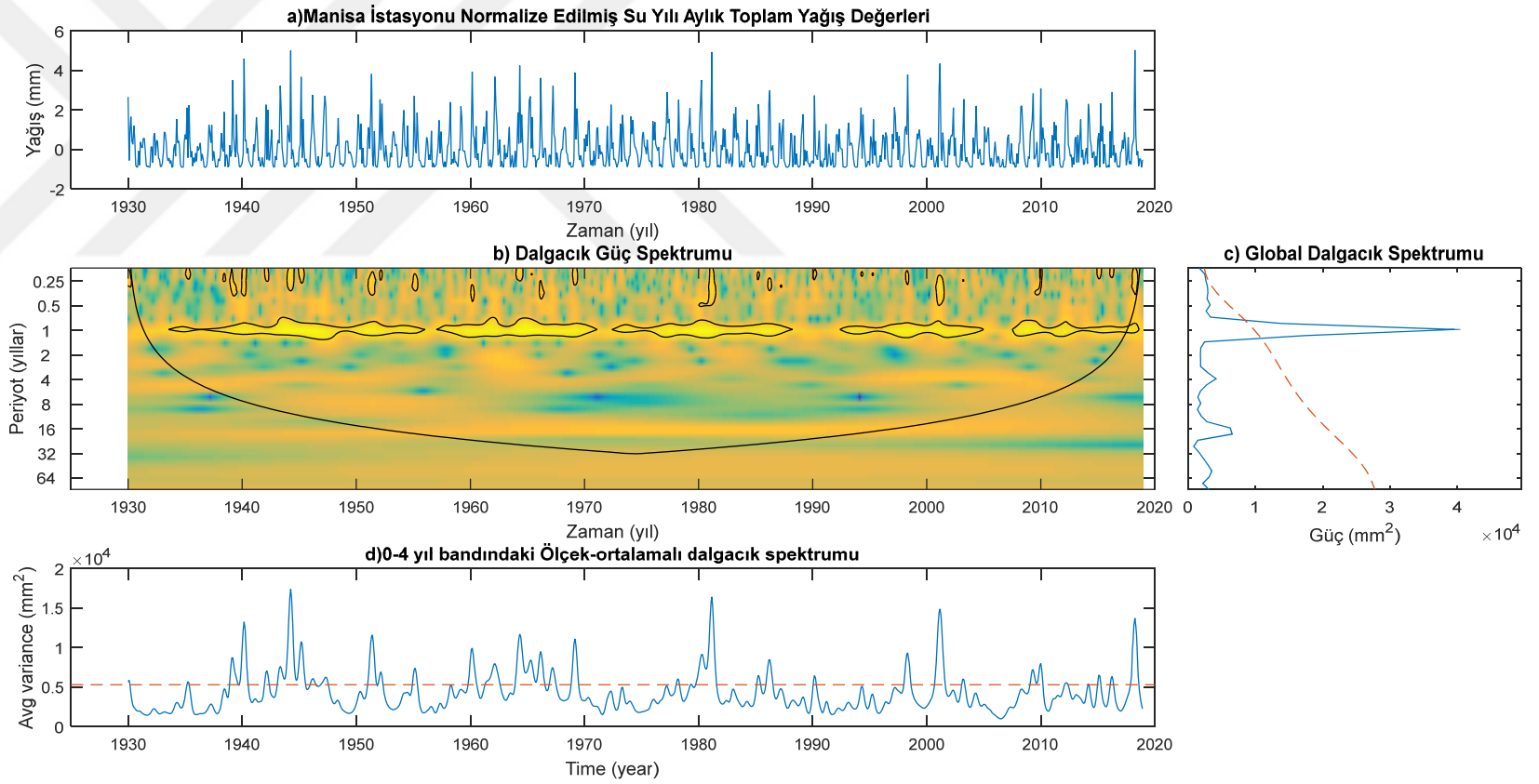
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.14c).

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.14c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Manisa istasyonu gibi daha uzun zaman serilerine sahip veri kümelerinin kullanılması, yağış varyansında on yıllar arası değişikliklerin daha güvenilir bir şekilde ortaya konulmasına imkân vermektedir. Manisa istasyonu örneğinde de dalgacık güç spektrumu yardımı ile yağış serisi içerisindeki birçok farklı frekans değeri rahatlıkla görülebilmektedir (1 yıl, 4 yıl ve 20 yıl).

Manisa istasyonu için, 1950' li yılların sonunda kısa süreli, 1970' lerin başı ile 1980' lerin sonu ve 2000' li yılların ortasında dalgacık spektrumlarındaki baskın periyodikliğin kesintiye uğradığı görülmektedir.



Şekil 6. 14. Manisa YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.15 Menemen İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Menemen istasyonunun 1962-1987 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Menemen YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Menemen istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Menemen istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.15a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.15b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yılların başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.15b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.15c).

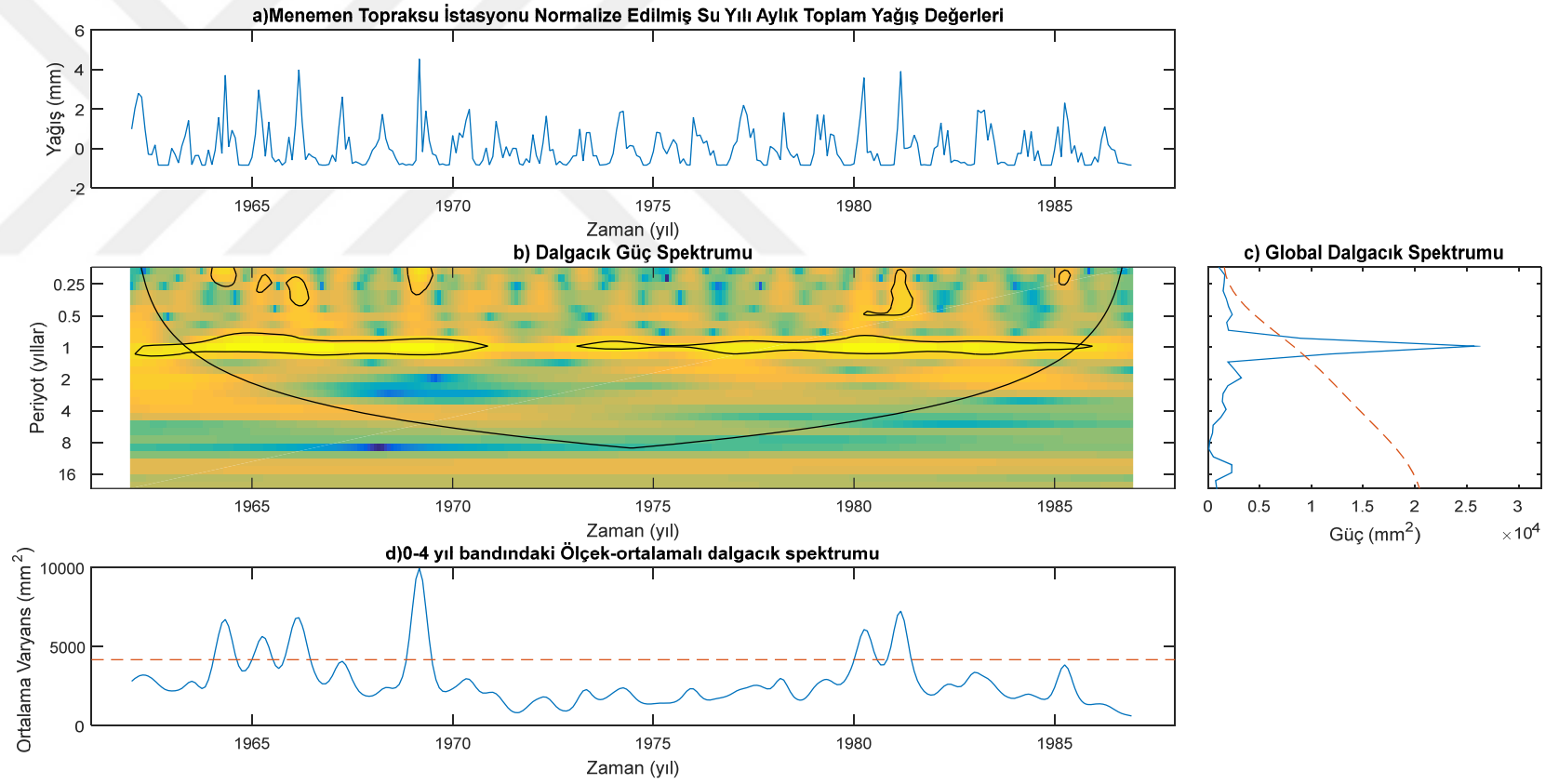
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.15c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Menemen istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Menemen istasyonuna 1970-1975 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Menemen istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Foça, Gölarmara, Gördes, Güre, Menemen, Muradiye, Salihli, Sarıgöl, Saruhanlı, Selendi, Şaphane, Turgutlu, Demirköprü, Kavakalan, Manisa) uyumlu olacak şekilde 1970 li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Menemen istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 15. Menemen YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.16 Muradiye İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Muradiye istasyonunun 1966-1986 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Muradiye YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Muradiye istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Muradiye istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.16a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.16b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yılların başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.16b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.16c).

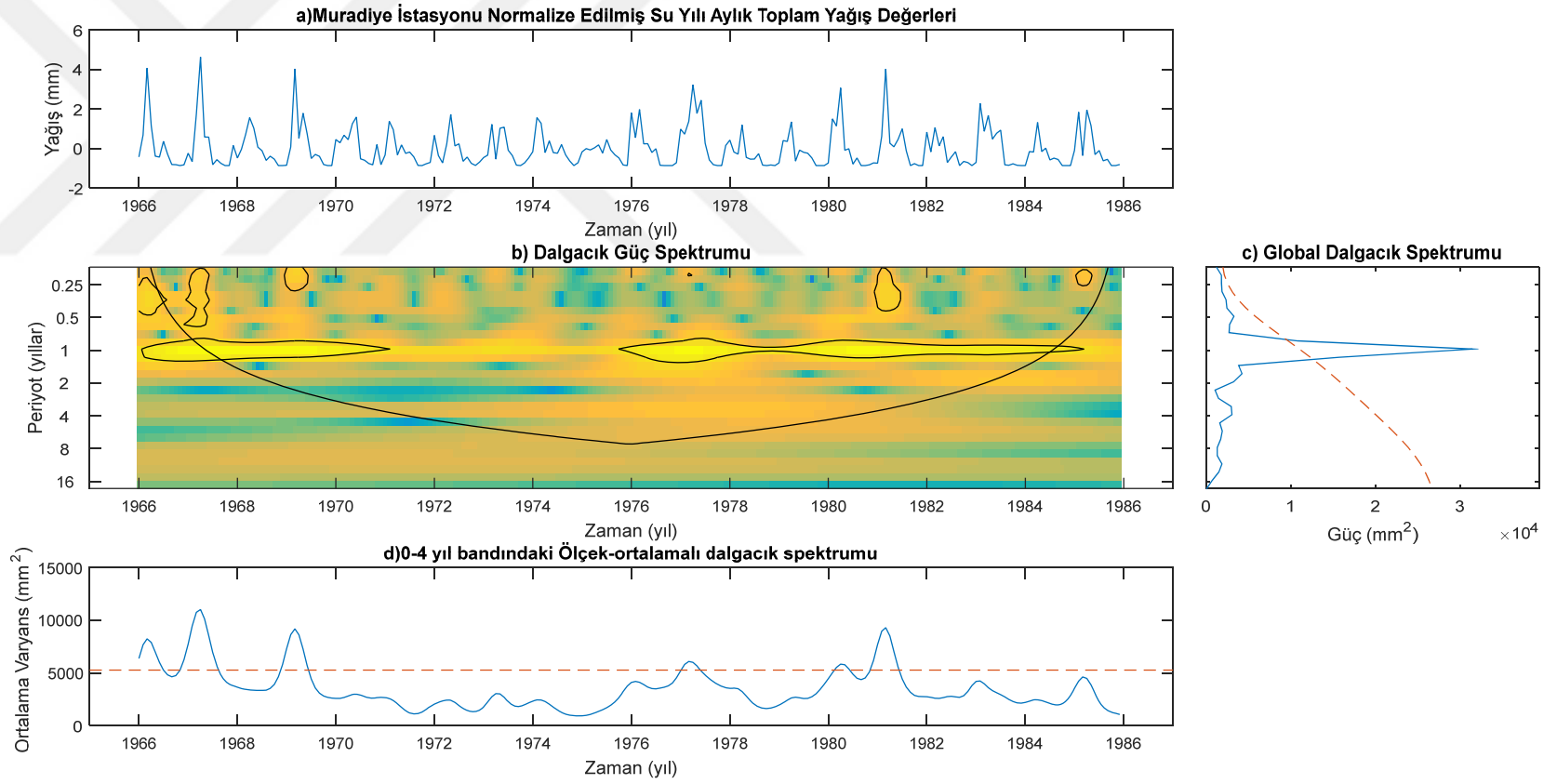
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.16c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Muradiye istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Muradiye istasyonuna 1970-1976 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Muradiye istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Foça, Gölarmara, Gördes, Güre, Menemen, Salihli, Sarıgöl, Saruhanlı, Selendi, Şaphane, Turgutlu, Demirköprü, Kavakalan, Manisa) uyumlu olacak şekilde 1970 li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Muradiye istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 4 yıldır.



Şekil 6. 16. Muradiye YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.17 Salihli İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DİM tarafından işletilen Salihli istasyonunun 1940-2019 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Salihli YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Salihli istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Salihli istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.17a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.17b) görüldüğü üzere 1950'lerin ortalarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1950' li yılların başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.17b).

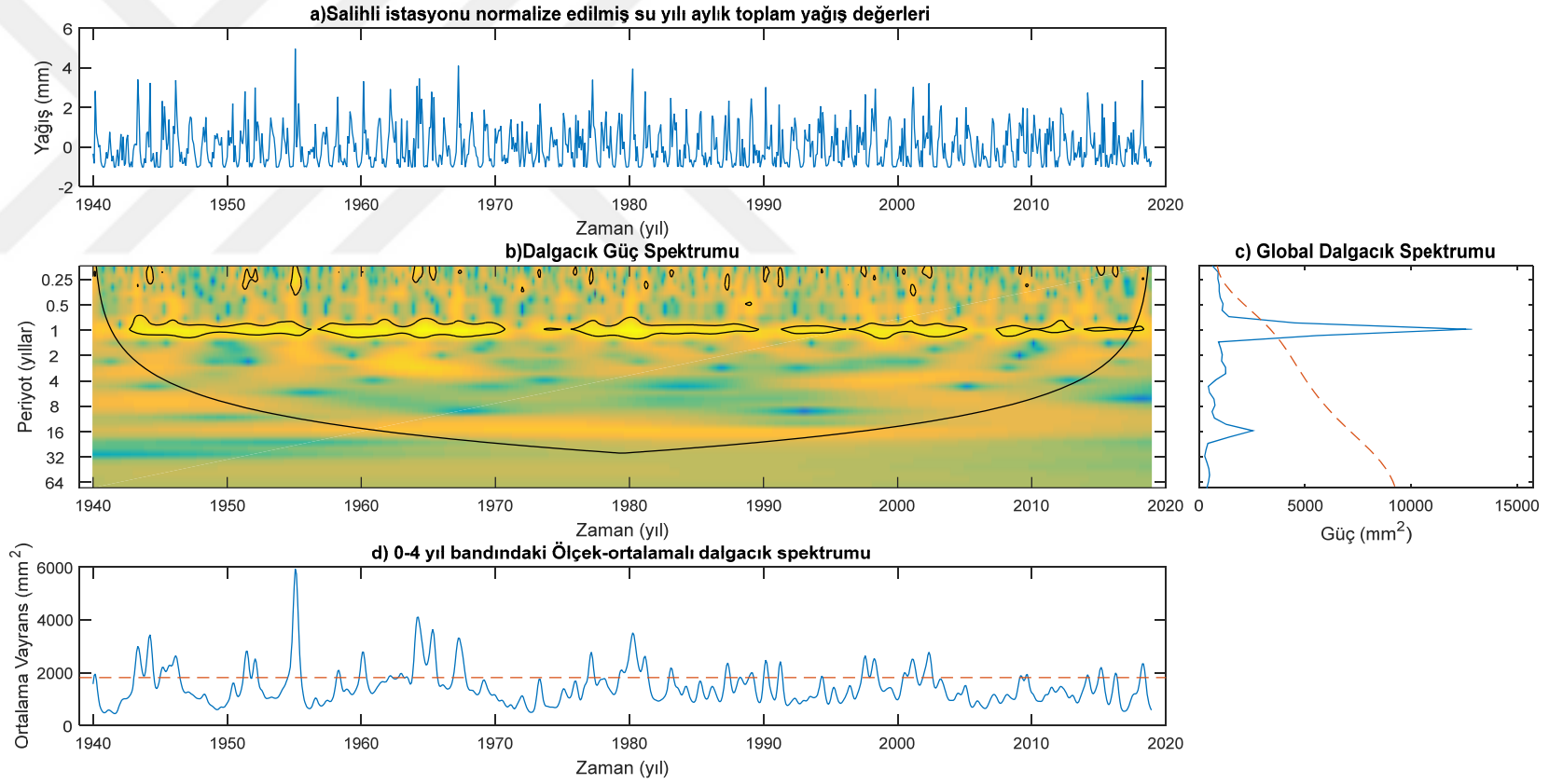
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.17c).

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.17c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Salihli istasyonu gibi daha uzun zaman serilerine sahip veri kümelerinin kullanılması, yağış varyansında on yıllar arası değişikliklerin daha güvenilir bir şekilde ortaya konulmasına imkân vermektedir. Salihli istasyonu örneğinde de dalgacık güç spektrumu yardımı ile yağış serisi içerisindeki birçok farklı frekans değeri rahatlıkla görülebilmektedir (1 yıl, 2 yıl, 4 yıl ve 16 yıl).

Salihli istasyonu için, 1950' li yılların sonunda kısa süreli, 1970' lerin başı ile 1990' ların başı ve 2000' li yılların ortasında dalgacık spektrumlarındaki baskın periyodikliğin kesintiye uğradığı görülmektedir.





Şekil 6. 17. Salihli YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.18 Sarıgöl İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Sarıgöl istasyonunun 1963-1985 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Sarıgöl YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Sarıgöl istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Sarıgöl istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.18a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.18b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yılların başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.18b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.18c).

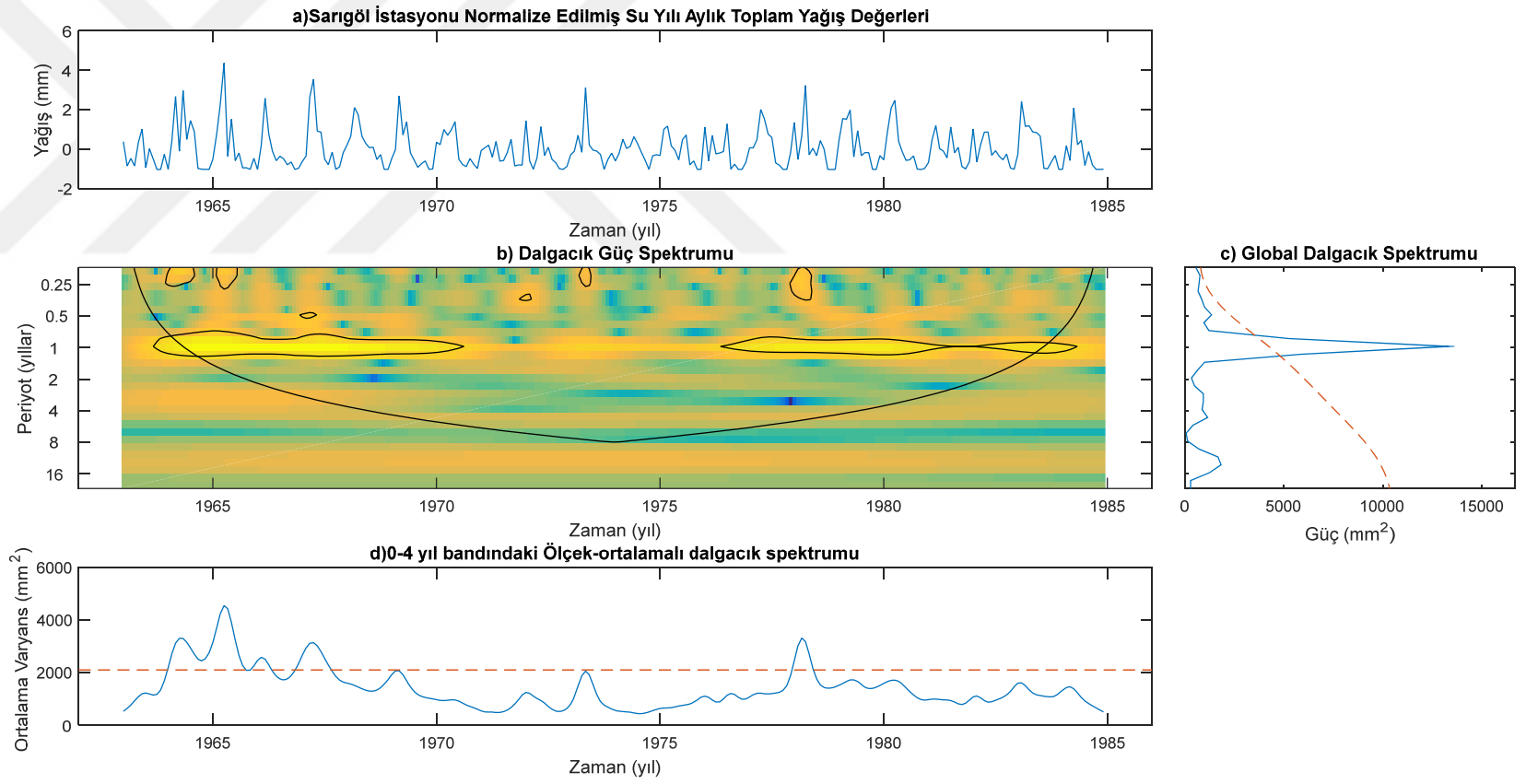
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.18c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Sarıgöl istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Sarıgöl istasyonuna 1970-1976 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Sarıgöl istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Foça, Gölarmara, Gördes, Güre, Menemen, Muradiye, Salihli, Saruhanlı, Selendi, Şaphane, Turgutlu, Demirköprü, Kavakalan, Manisa) uyumlu olacak şekilde 1970 li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Sarıgöl istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 12 yıldır.





Şekil 6. 18. Sarıgöl YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.19 Saruhanlı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Saruhanlı istasyonunun 1960-1995 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Saruhanlı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Saruhanlı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Saruhanlı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.19a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.19b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yıllarda başlayan ve 1990' lı yıllarda yoğunlaşan bir kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.19b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.19c).

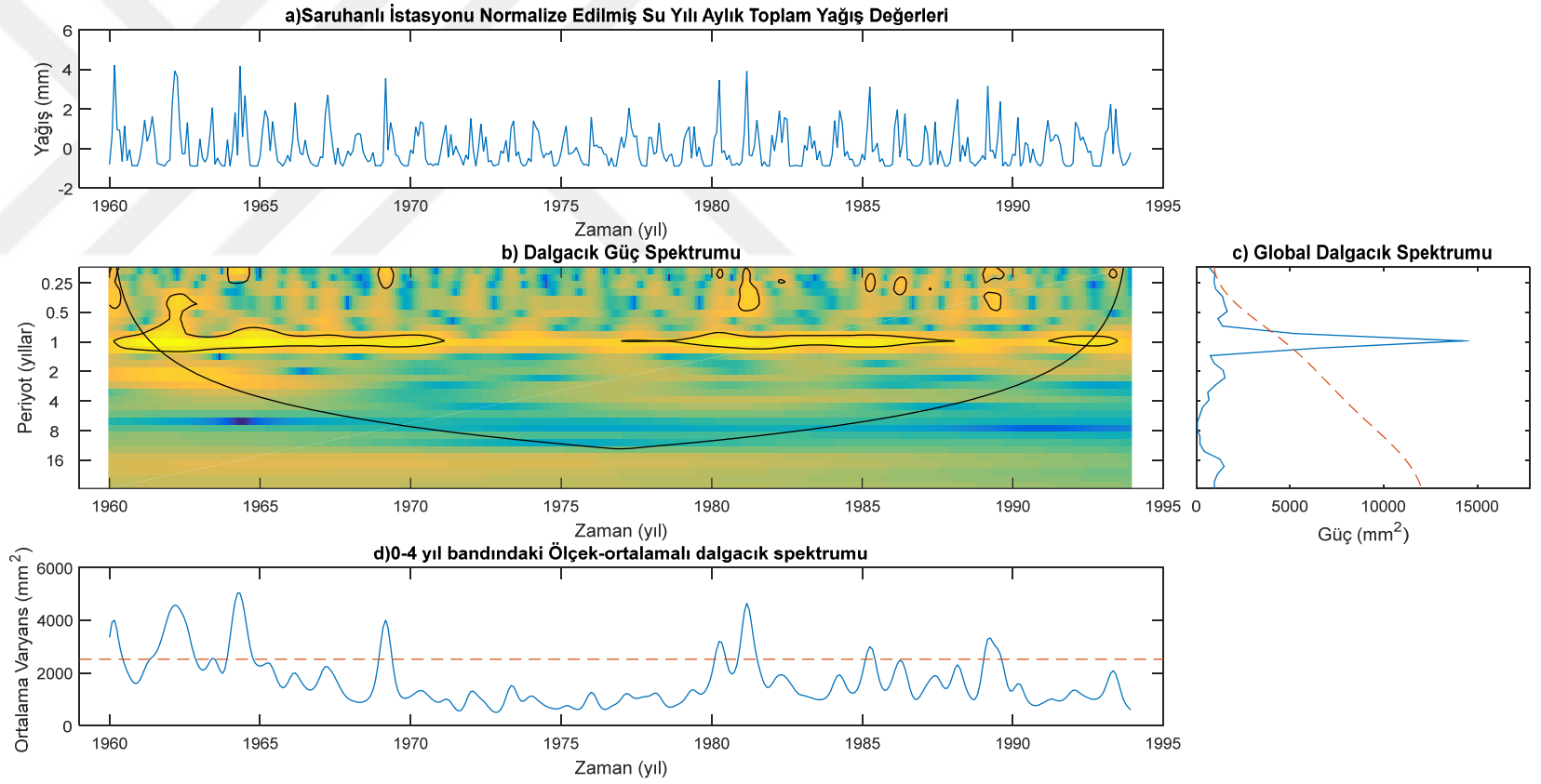
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.19c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Saruhanlı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan Saruhanlı istasyonuna 1970-1979 yılları ve 1988-1992 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Saruhanlı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Foça, Gölarmara, Gördes, Güre, Manisa, Menemen, Muradiye, Salihli, Selendi, Şaphane, Turgutlu, Demirköprü, Kavakalan) uyumlu olacak şekilde 1970 li yıllardan itibaren kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Saruhanlı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 19. Saruhanlı YGi'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.20 Selendi İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Selendi istasyonunun 1955-1990 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Selendi YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Selendi istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Selendi istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.20a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.20b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yılların başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.20b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.20c).

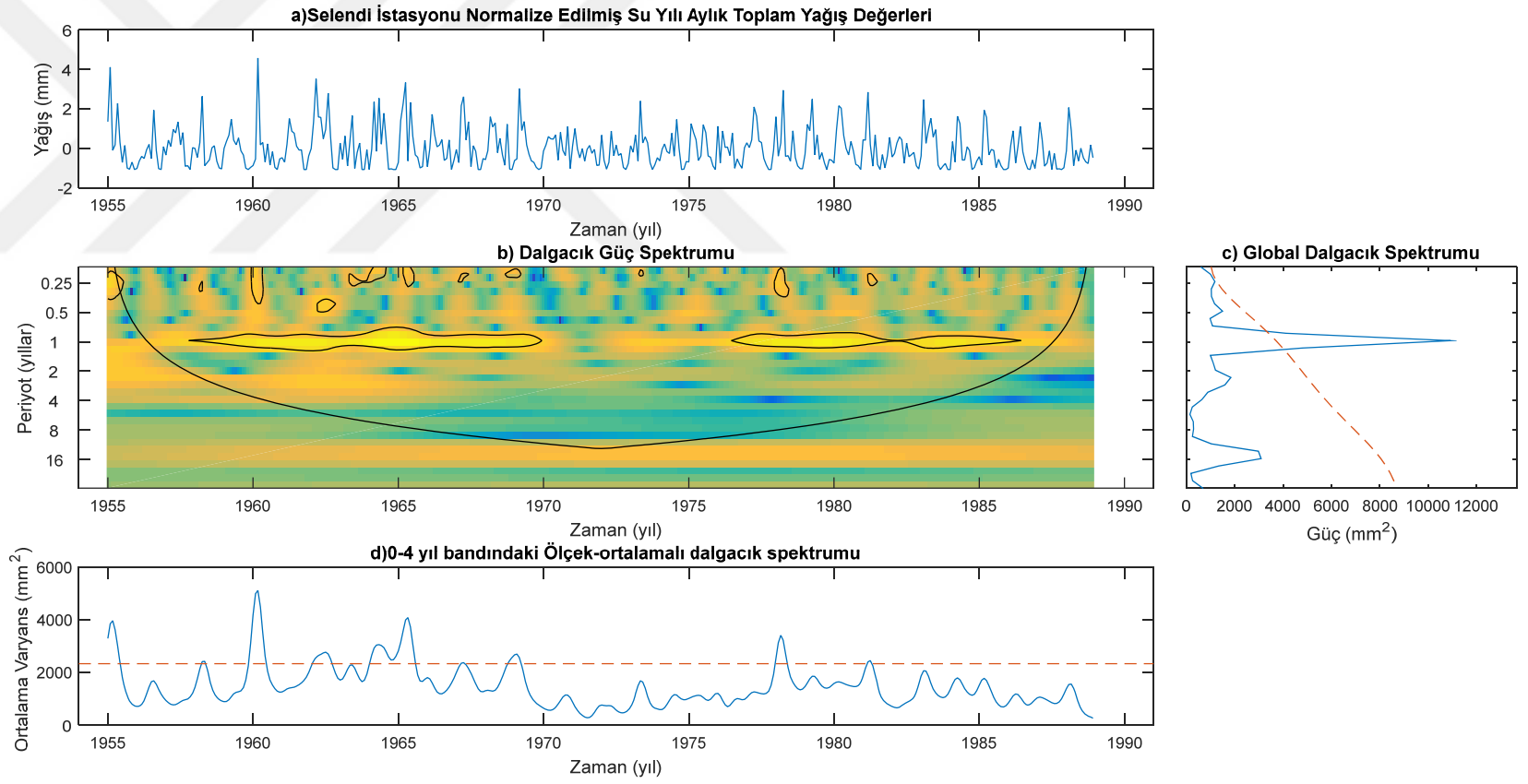
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.20c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Selendi istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Selendi istasyonuna 1950' lerin sonunda, 1970-1976 yılları arasında ve 1980' lerin sonunda çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Selendi istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1950' li yılların sonunda başlayan 1970' li yıllarda şiddetlenen kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Selendi istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.





Şekil 6. 20. Selendi YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.21 Şaphane İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMI tarafından işletilen Şaphane istasyonunun 1965-1988 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Şaphane YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Şaphane istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Şaphane istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.21a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.21b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yılların başlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.21b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.21c).

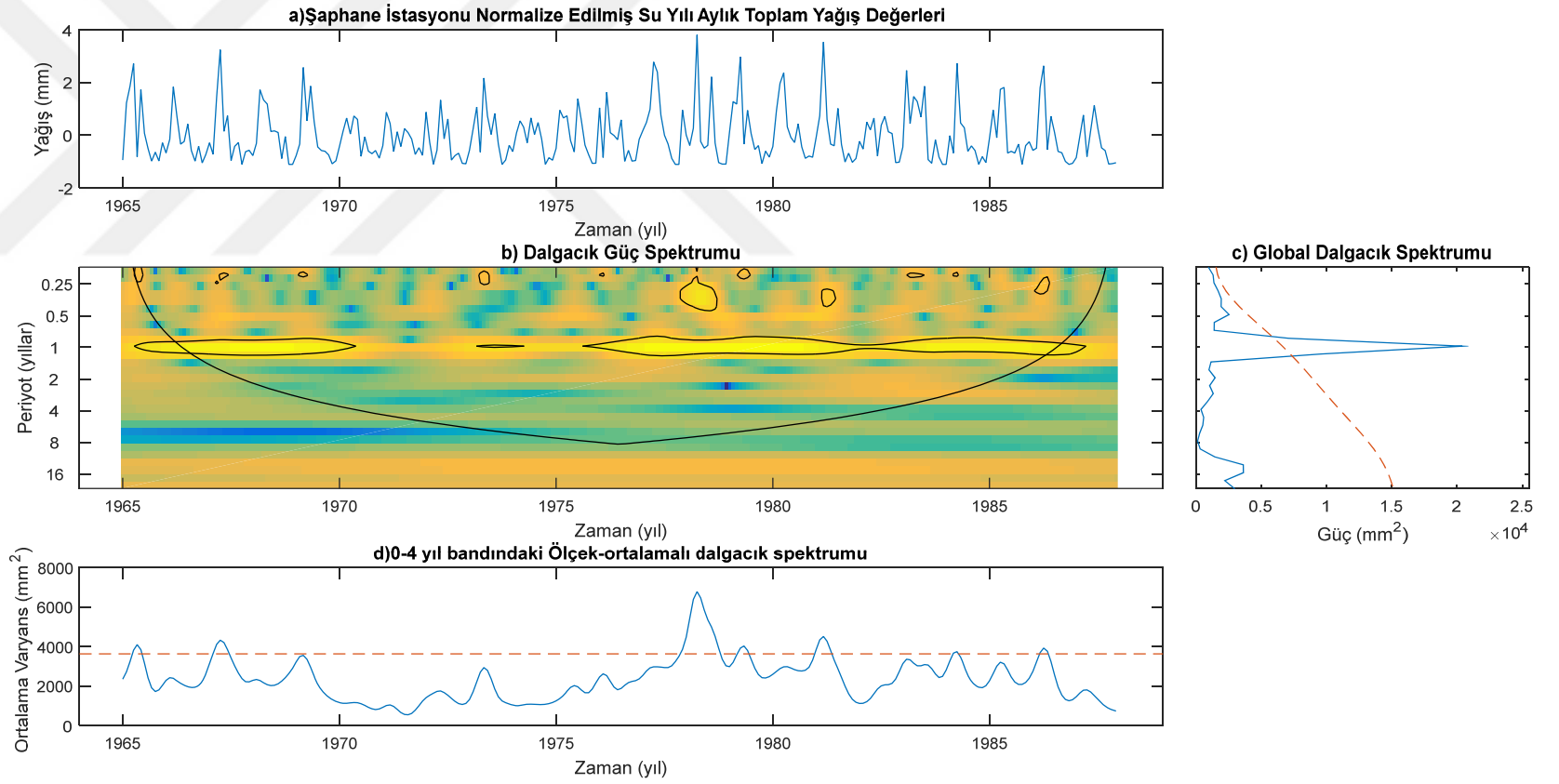
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.21c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Şaphane istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Şaphane istasyonuna 1970-1976 yılları arasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Şaphane istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li yıllarda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Şaphane istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 21. Şaphane YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.3.22 Turgutlu İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DMİ tarafından işletilen Turgutlu istasyonunun 1929-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Turgutlu YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 1' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Turgutlu istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Turgutlu istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.22a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.22b) görüldüğü üzere 1970'lerin başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1930' lu yıllarda başlayıp 1970' li yıllarda artan bir şekilde itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.22b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.22c).

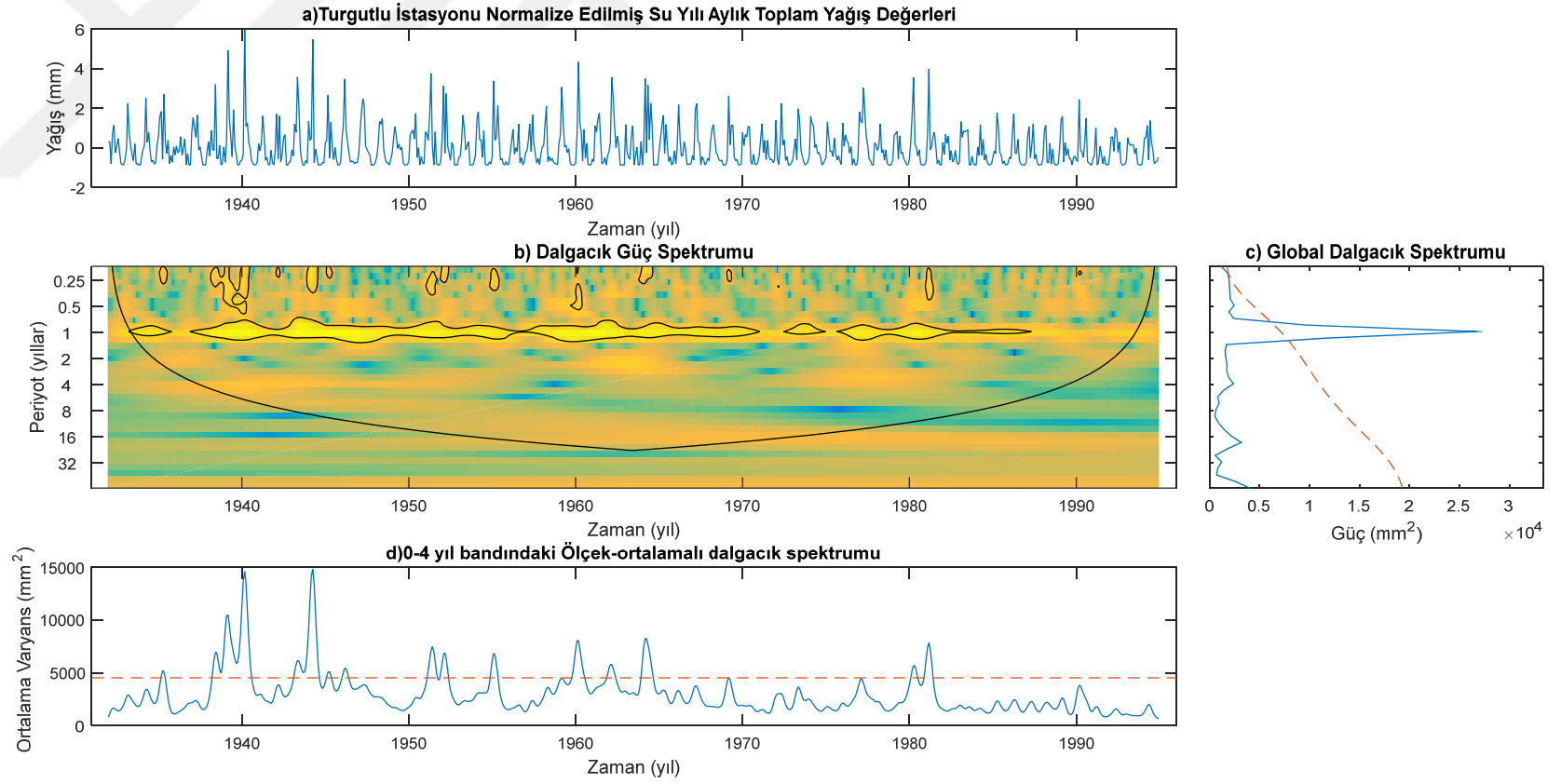
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.22c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan

kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Turgutlu istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Turgutlu istasyonuna 1930' lu, 1970' li ve 1980' li yılların ortasında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Turgutlu istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li ve 1980' li yılların ortalarında kurak dönemler yaşandığı bilgisini desteklemektedir.

Turgutlu istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl, 16 yıl ve 64 yıldır.



Şekil 6. 22. Turgutlu YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4 DSİ İstasyonlarının Bulguları

6.4.1 Avşar Barajı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Avşar Barajı istasyonunun 1980-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Avşar Barajı YGI özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Avşar Barajı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Avşar Barajı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.23a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.23b) görüldüğü üzere 1990'ların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990' lı yıllardan itibaren yoğun bir şekilde kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.23b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.23c).

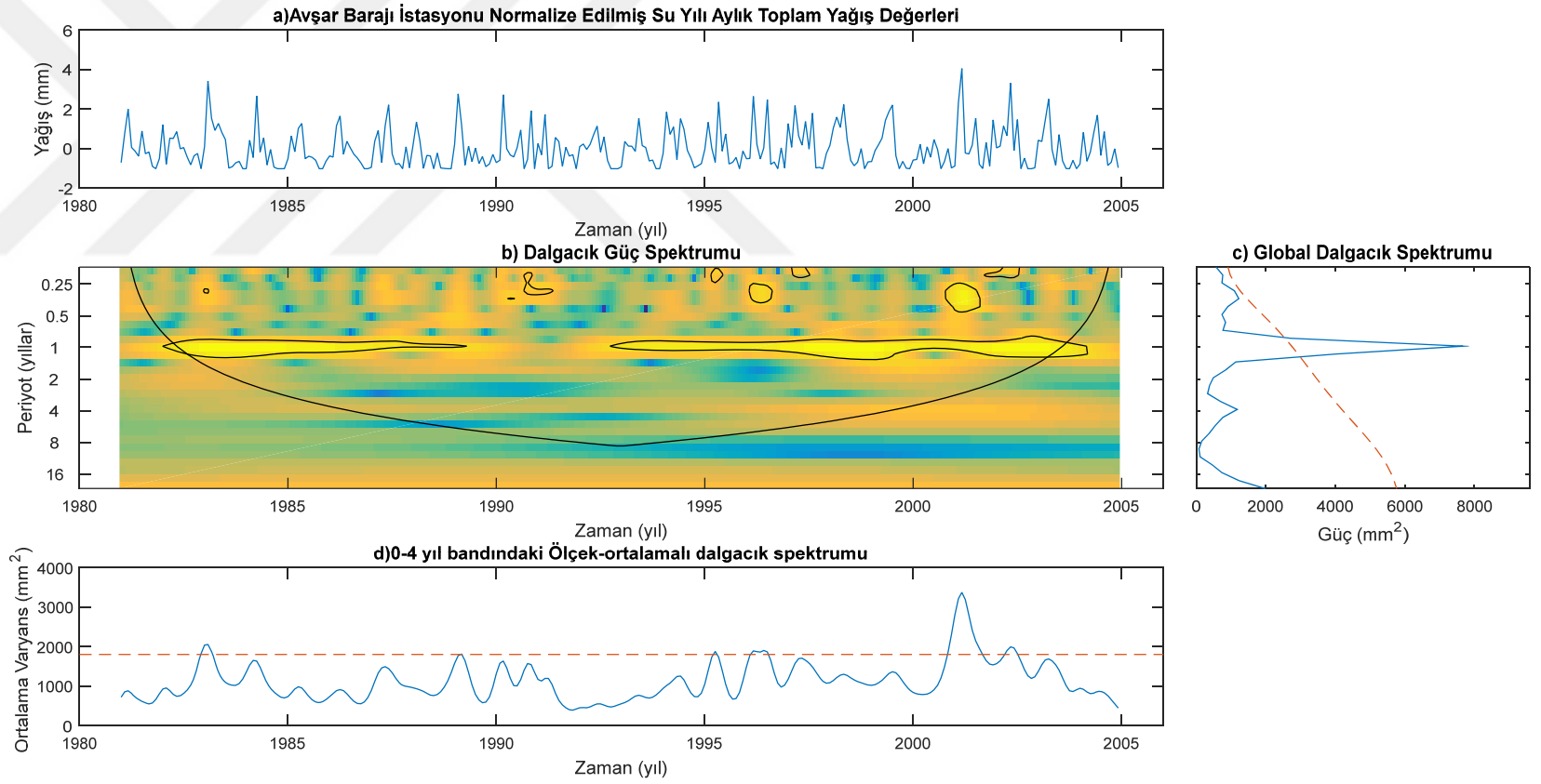
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.23c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Avşar Barajı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Avşar Barajı istasyonuna 1990'ların başında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Avşar Barajı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1990' lı yılların başında kurak bir dönem yaşandığı bilgisini desteklemektedir.

Avşar Barajı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 23. Avşar YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.2 Beşyol İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Beşyol istasyonunun 1977-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Beşyol YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Beşyol istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Beşyol istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.24a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.24b) görüldüğü üzere 1990'ların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990' lı yıllardan itibaren yoğun bir şekilde kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.24b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.24c).

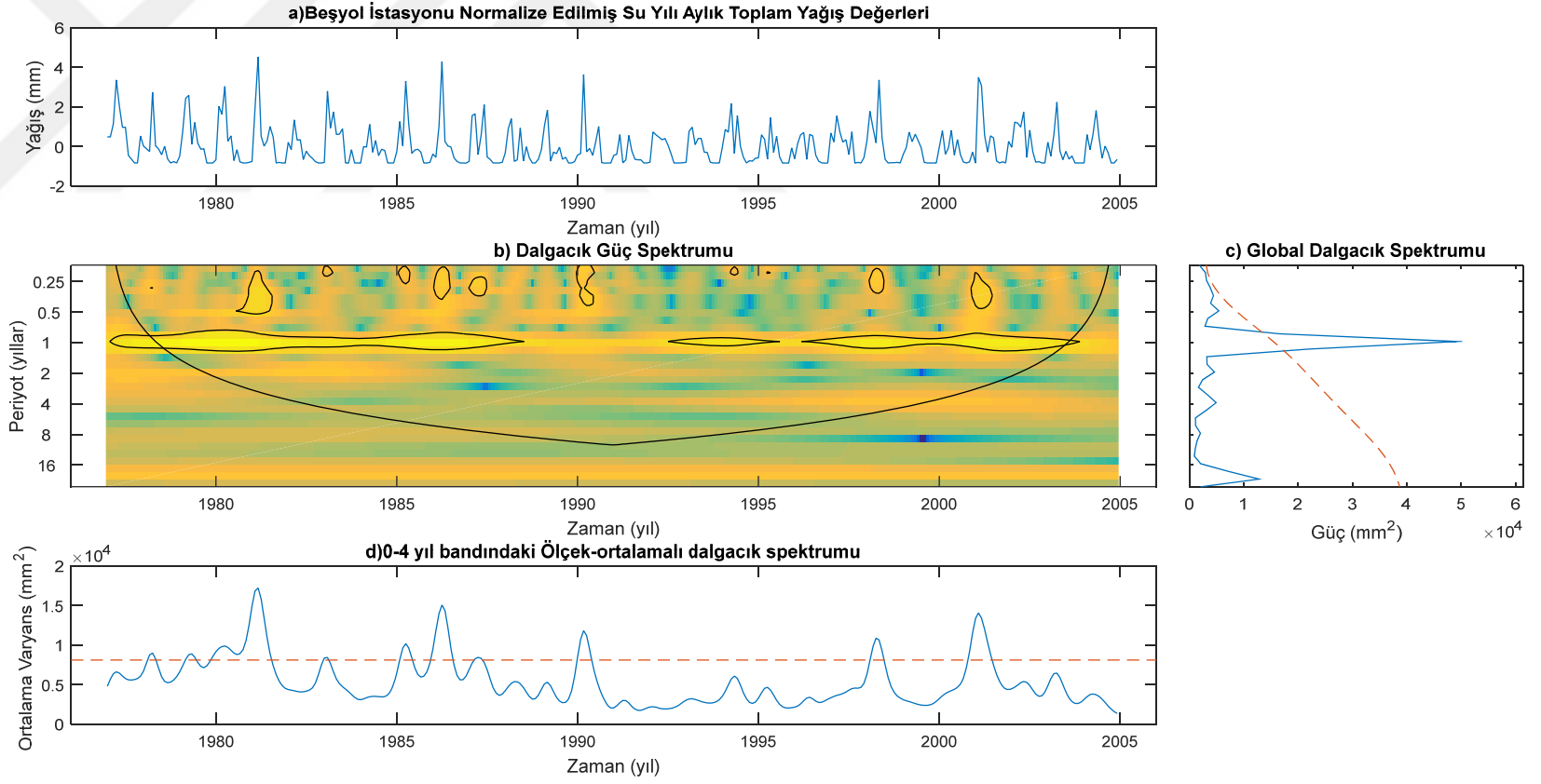
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.24c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Beşyol istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Beşyol istasyonuna 1980' lerin sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Beşyol istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Beşyol istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl, 4 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 24. Beşyol YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.3 Bozdağ İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSI tarafından işletilen Bozdağ istasyonunun 1962-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Bozdağ YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Bozdağ istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Bozdağ istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.25a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.25b) görüldüğü üzere 1970' li yıllarda başlayıp 1990'lı yıllarda yoğunlaşan bir şekilde yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların yine 1970' li yıllarda başlayıp 1990' lı yıllardan itibaren yoğun bir şekilde kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.25b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.25c).

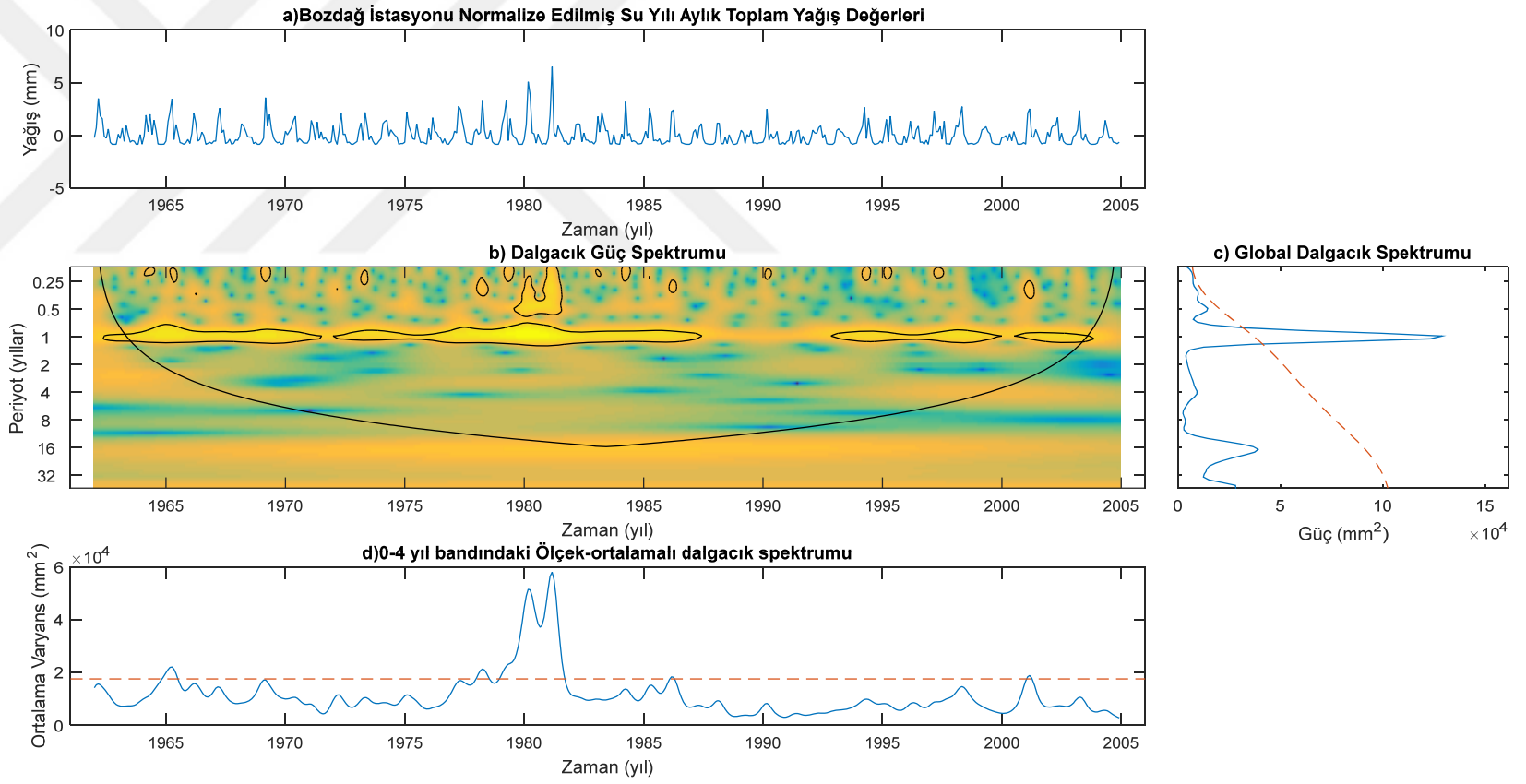
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.25c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Bozdağ istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Bozdağ istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' lerin sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Bozdağ istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Bozdağ istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 25. Bozdağ YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.4 Buldan Barajı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSI tarafından işletilen Buldan Barajı istasyonunun 1980-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Buldan Barajı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Buldan Barajı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Buldan Barajı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.26a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.26b) görüldüğü üzere 1980' li yılların sonlarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980' lerin sonlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.26b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.26c).

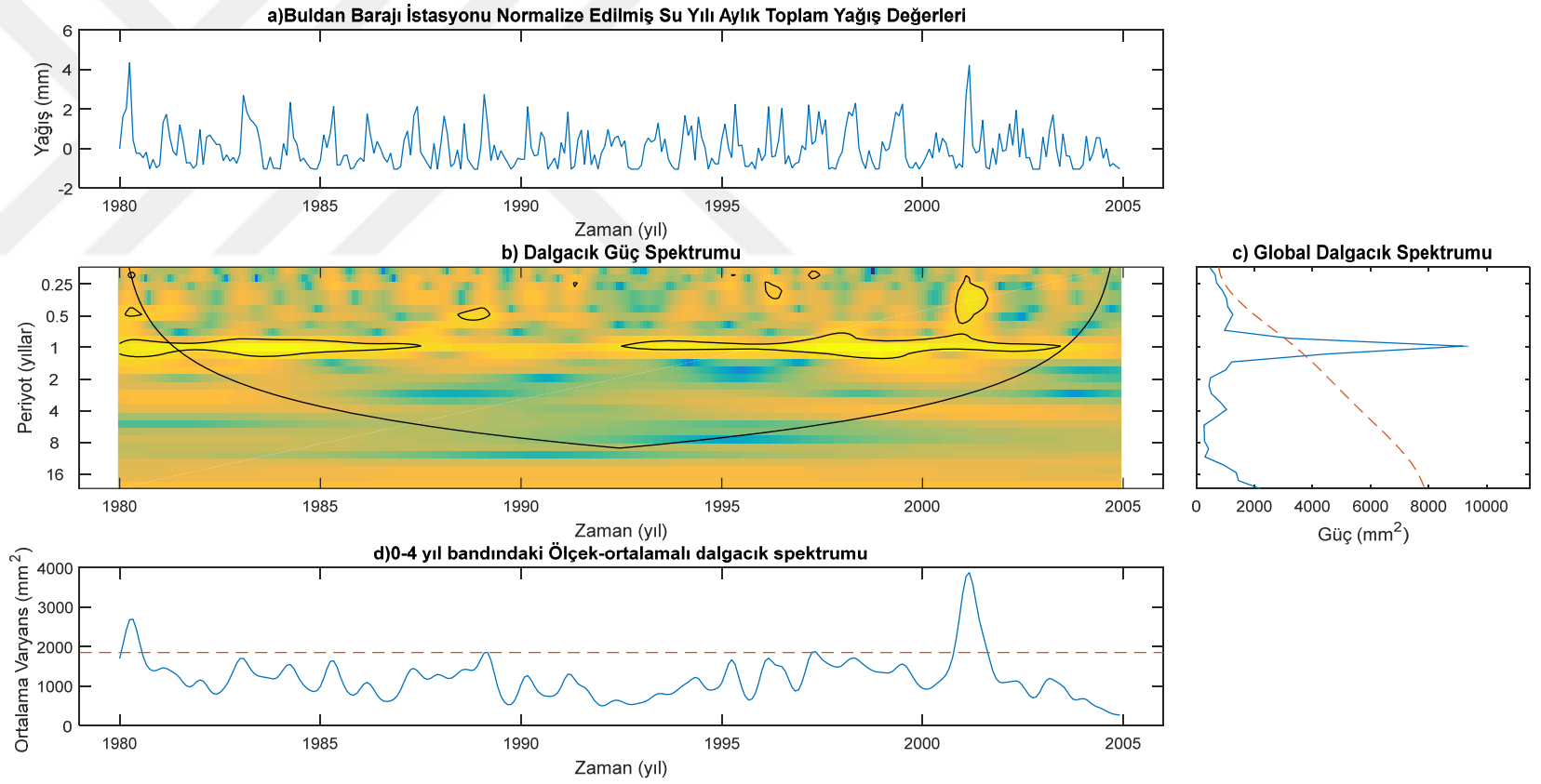
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.26c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Buldan Barajı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Buldan Barajı istasyonuna 1980' lerin sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Buldan Barajı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Buldan Barajı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 26. Buldan Barajı YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.5 Çınardibi İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Çınardibi istasyonunun 1982-2001 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Çınardibi YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Çınardibi istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Çınardibi istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.27a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.27b) görüldüğü üzere 1990' lı yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990' ların başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.27b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.27c).

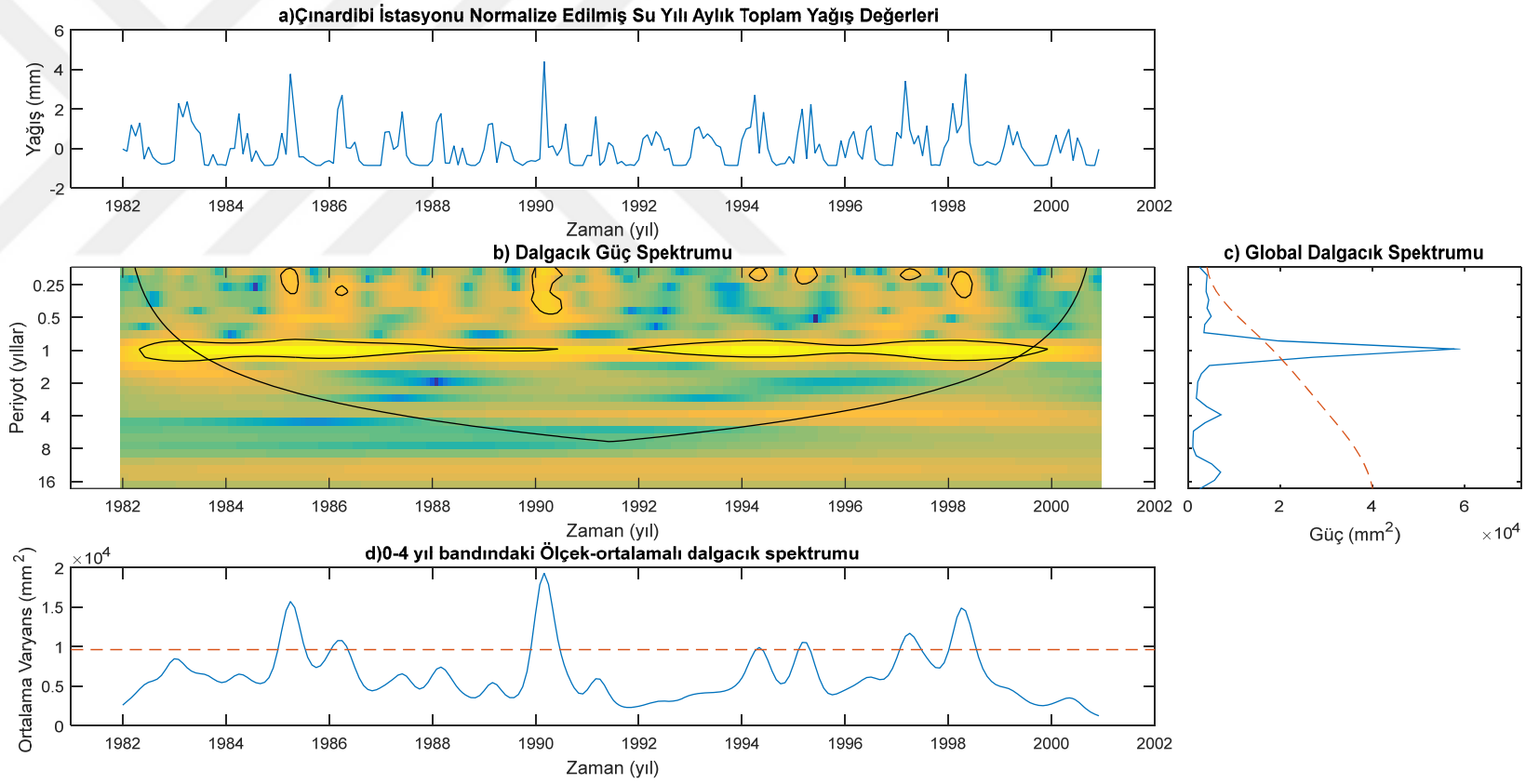
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.27c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Çınardibi istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Çınardibi istasyonuna 1980' lerin sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Çınardibi istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Çınardibi istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 12 yıldır.



Şekil 6. 27. Çınardibi YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.6 Demirköprü Barajı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Demirköprü barajı istasyonunun 1962-1989 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Demirköprü barajı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Demirköprü barajı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Demirköprü barajı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.28a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.28b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970'li yılların başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

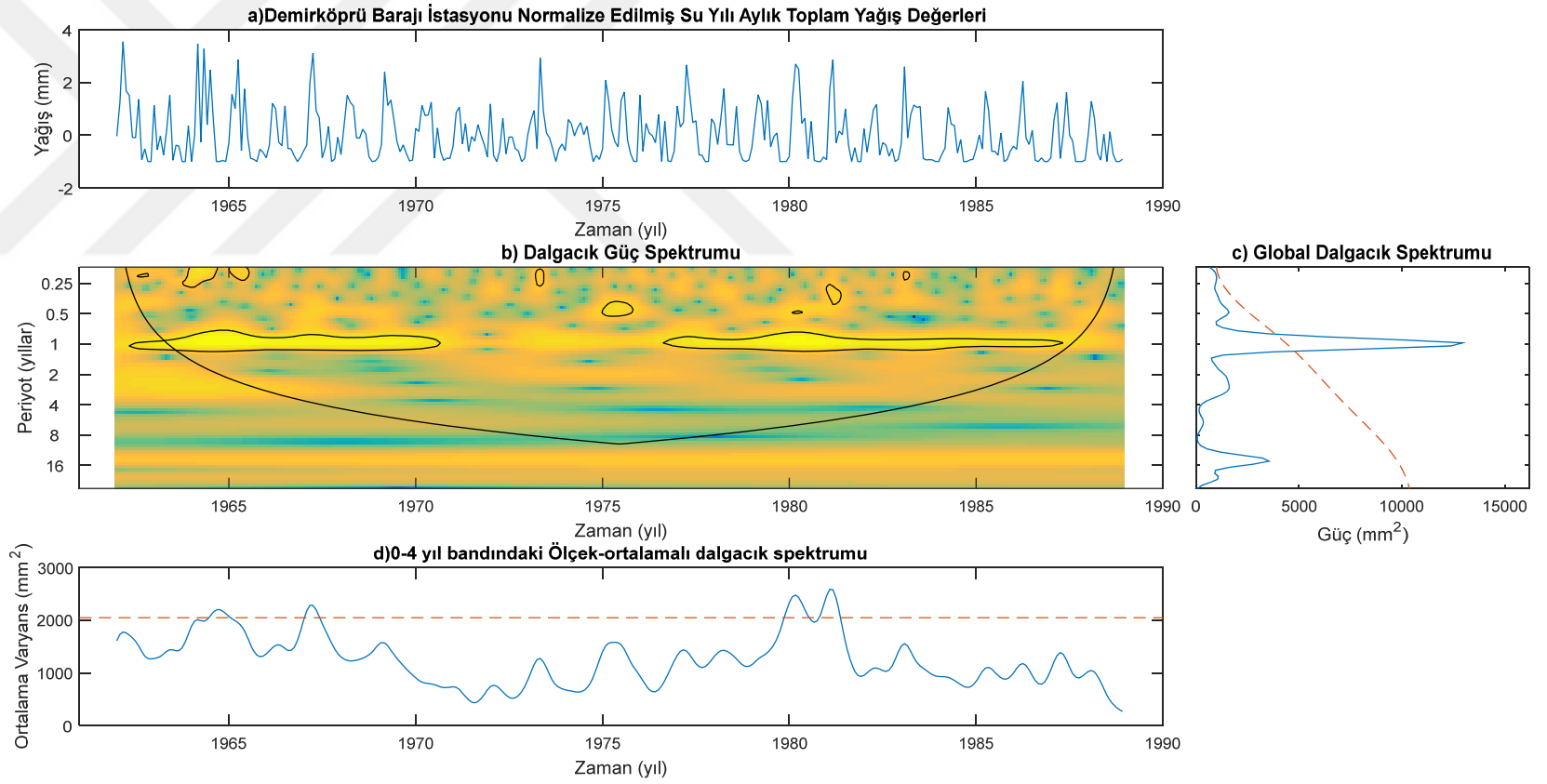
Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.28b). Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.28c). Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.28c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Demirköprü barajı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Demirköprü barajı istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' lerin ortaları itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Demirköprü barajı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Demirköprü barajı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.





Şekil 6. 28. Demirköprü YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.7 Dindarlı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Dindarlı istasyonunun 1994-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Dindarlı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Dindarlı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Dindarlı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.29a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.29b) görüldüğü üzere 1990' lı yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990' ların başından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.29b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.29c).

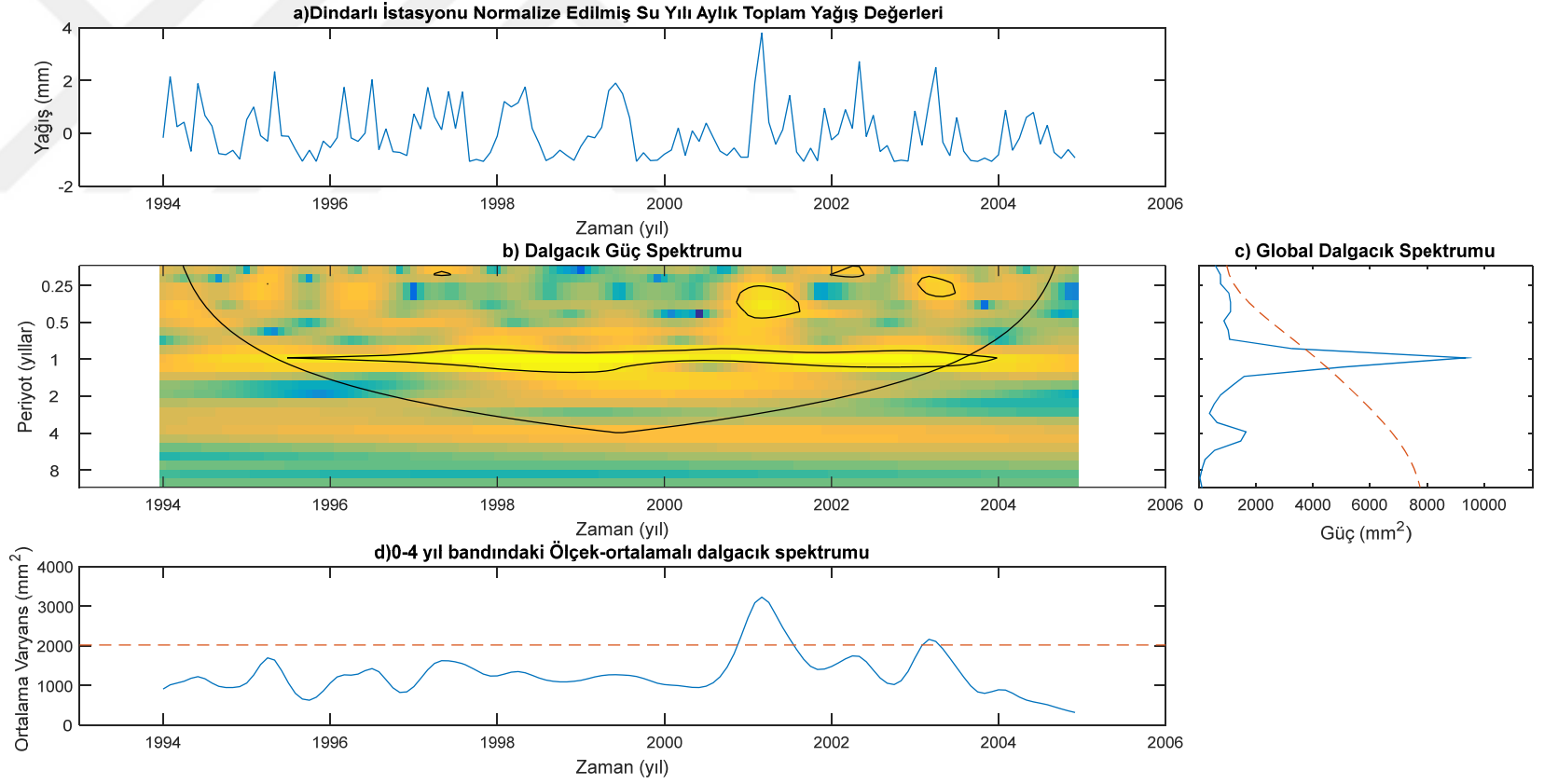
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.29c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Dindarlı barajı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Dindarlı barajı istasyonuna 1990' lı yılların başında çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Dindarlı barajı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1990' lı yılların başında kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Dindarlı barajı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel) ve 4 yıldır.



Şekil 6. 29. Dindarlı YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.8 Doğanlar İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSI tarafından işletilen Doğanlar istasyonunun 1974-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Doğanlar YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Doğanlar istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Doğanlar istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.30a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.30b) görüldüğü üzere 1980' li yılların sonlarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980' lerin sonlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.30b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.30c).

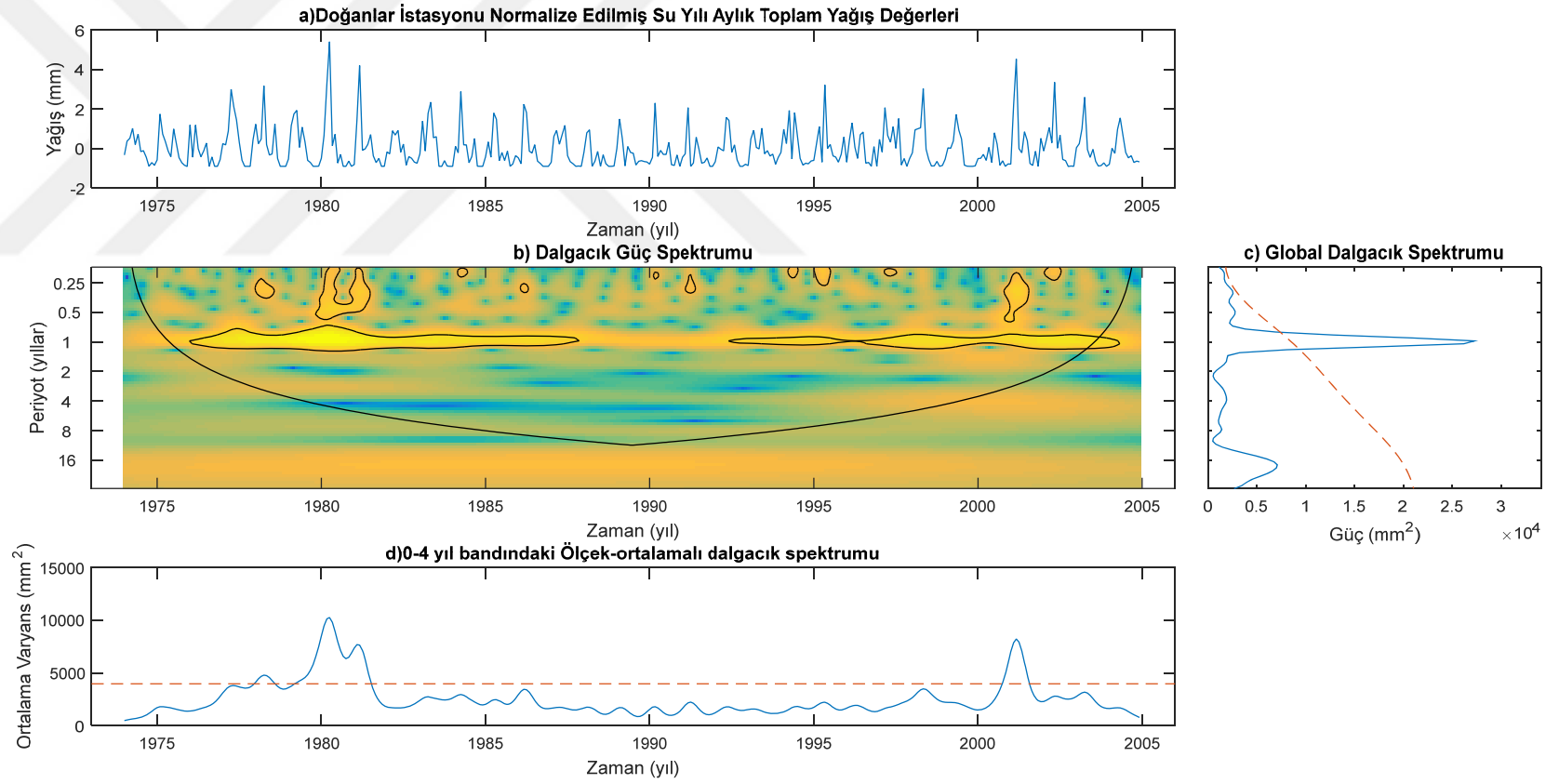
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.30c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Doğanlar istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Doğanlar istasyonuna 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Doğanlar istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Doğanlar istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 30. Doğanlar YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.9 Eşmataşköyü İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Eşmataşköyü istasyonunun 1982-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Eşmataşköyü YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Eşmataşköyü istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Eşmataşköyü istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.31a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.31) görüldüğü üzere 1980' li yılların sonlarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980' lerin sonlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.31b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.31c).

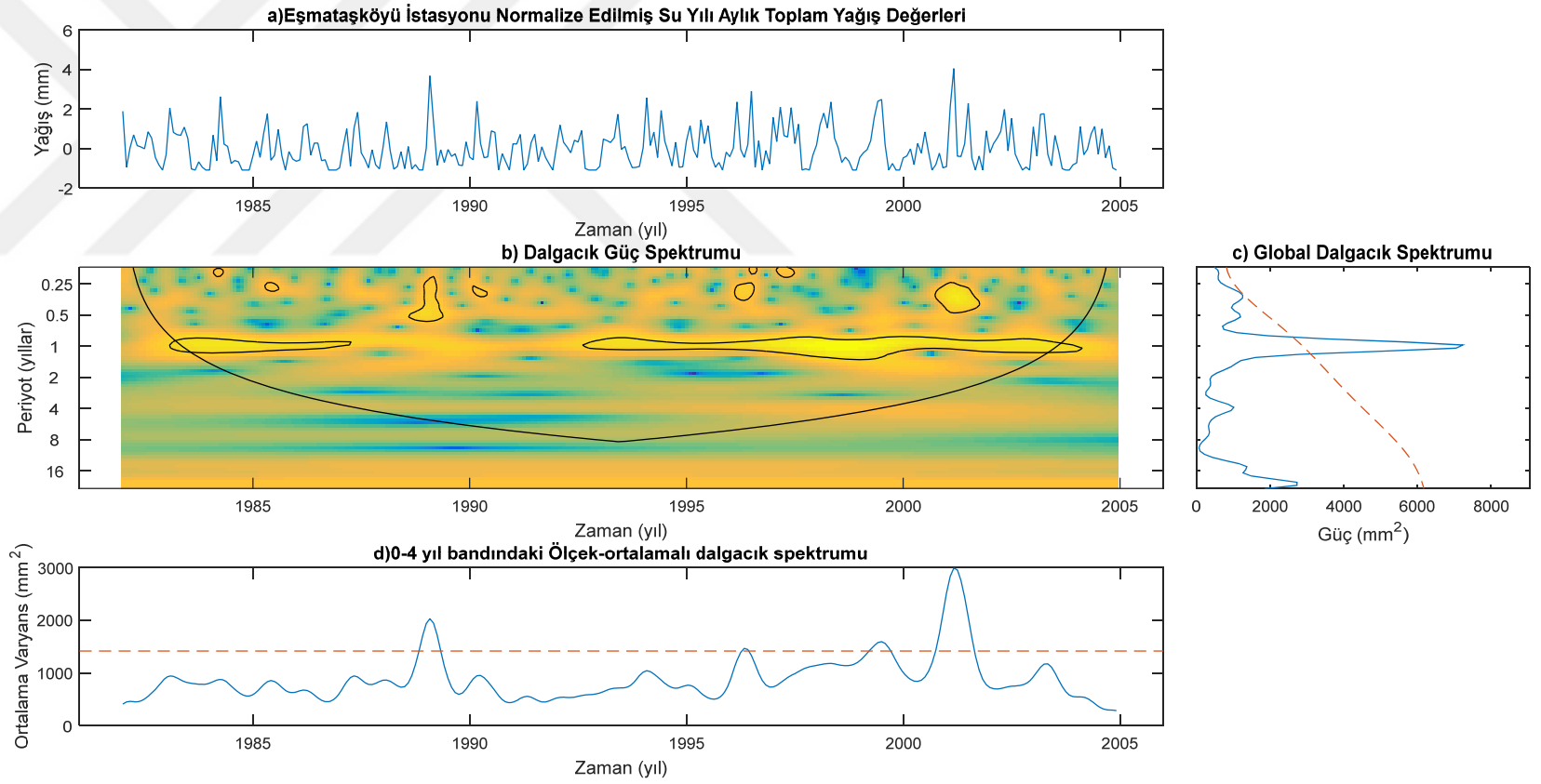
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.31c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Eşmataşköyü istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Eşmataşköyü istasyonuna 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Eşmataşköyü istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Eşmataşköyü istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl, 16 yıl ve 20 yıldır.



Şekil 6. 31. Eşmataşköyü YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.10 Fakılı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Fakılı istasyonunun 1974-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Fakılı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Fakılı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Fakılı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.32a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.32b) görüldüğü üzere 1980' li yılların sonlarından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1980' lerin sonlarından itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.32b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.32c).

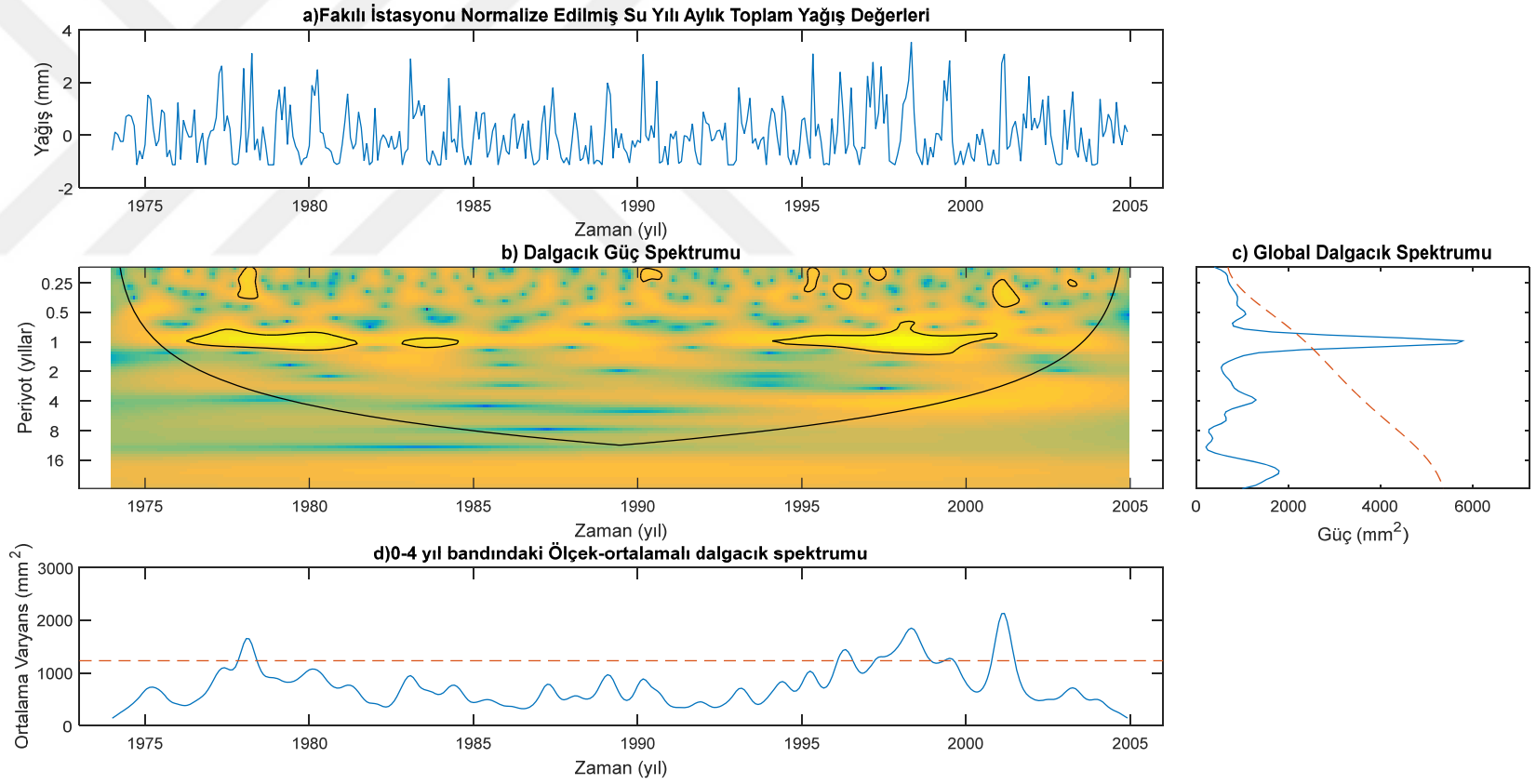
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.32c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Fakılı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Fakılı istasyonuna 1980' li yılların ortaları itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Fakılı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Fakılı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 32. Fakılı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.11 Göynükören İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Göynükören istasyonunun 1967-1993 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Göynükören YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Göynükören istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Göynükören istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.33a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.33b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.33b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.33c).

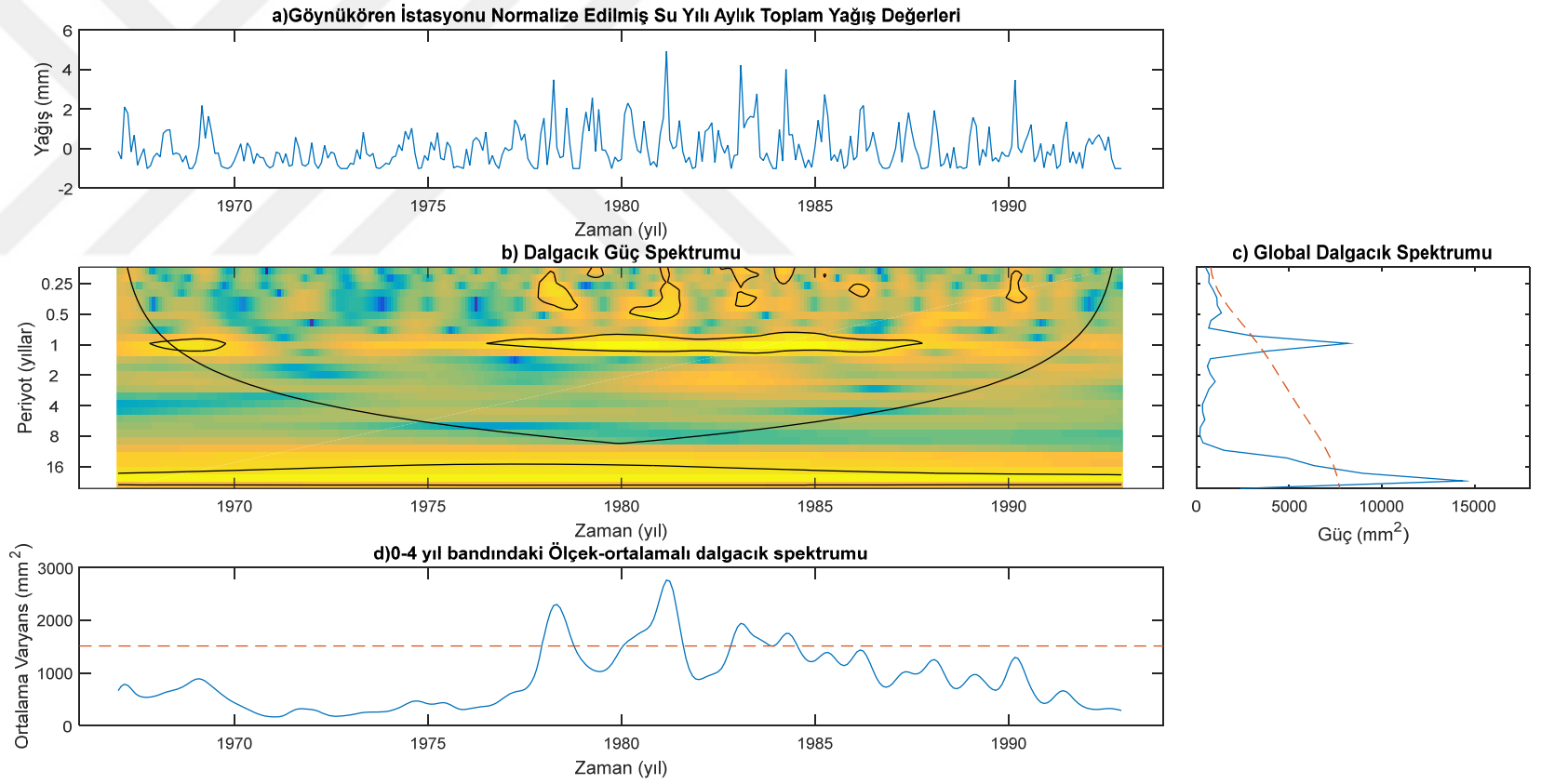
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.33c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Göynükören istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Göynükören istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Göynükören istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Göynükören istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 33. Göynükören YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.12 Hacırâhmanlı İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSI tarafından işletilen Hacırâhmanlı istasyonunun 1982-1996 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Hacırâhmanlı YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Hacırâhmanlı istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Hacırâhmanlı istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.34a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.34b) görüldüğü üzere 1990' lı yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990' lı yıllardan itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.34b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.34c).

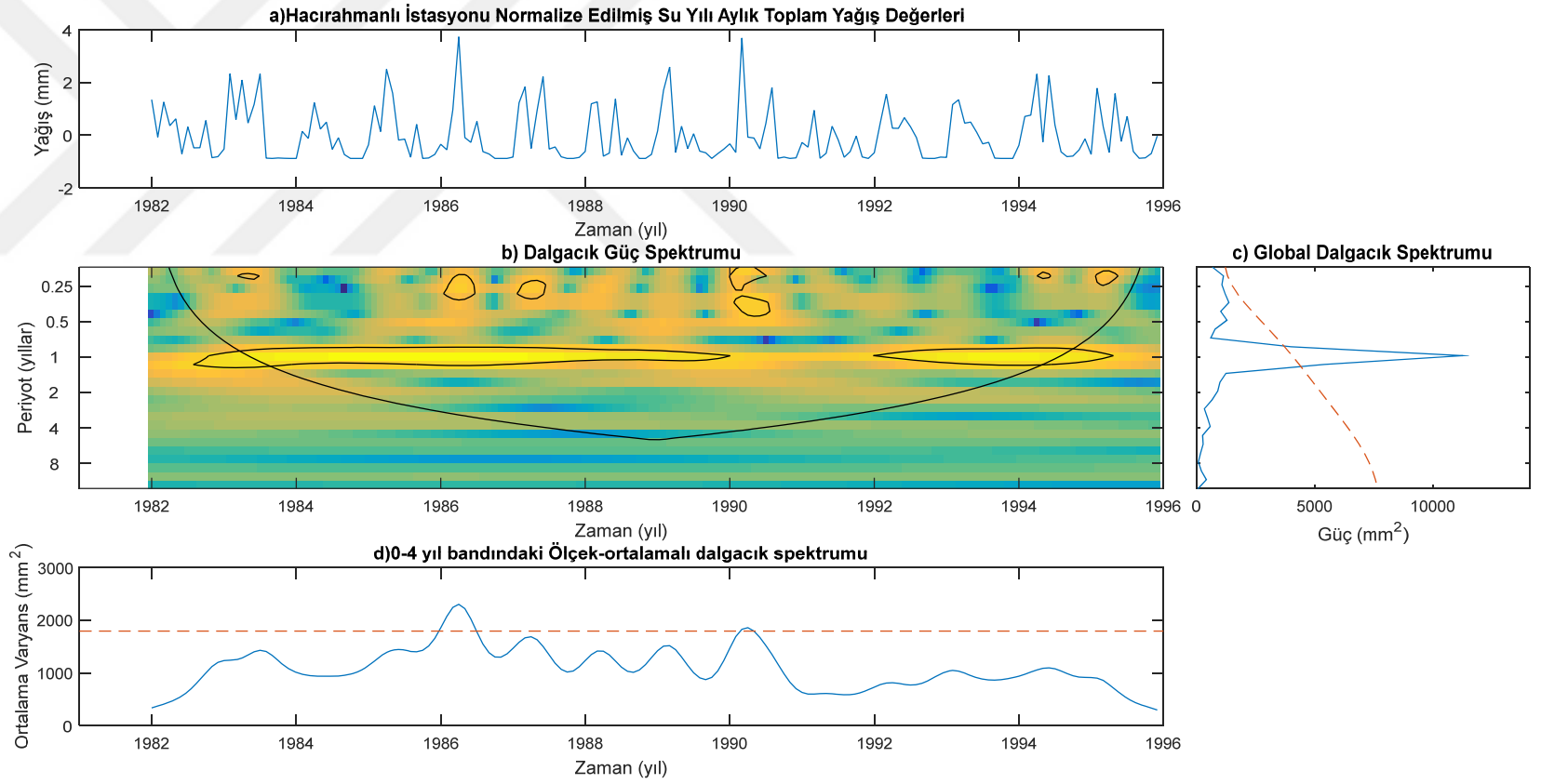
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.34c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Hacırahmanlı istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Hacırahmanlı istasyonuna 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Hacırahmanlı istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Hacırahmanlı istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük (mevsimsel) ölçeklerdir.



Şekil 6. 34. Hacırhmanlı YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.13 Hanya İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Hanya istasyonunun 1968-1994 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Hanya YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Hanya istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Hanya istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.35a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.35b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yıllardan itibaren kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.35b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.35c).

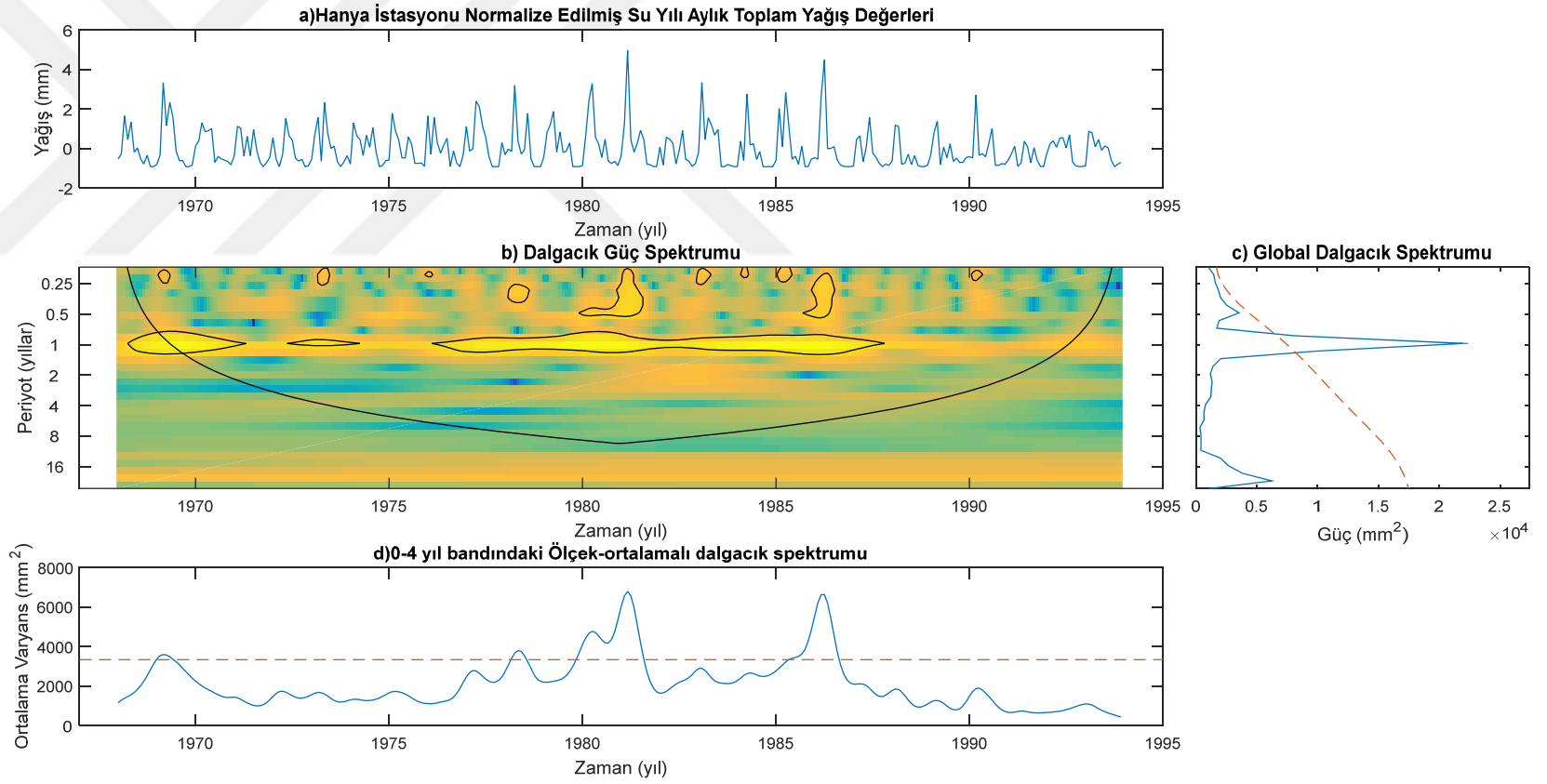
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.35c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Hanya istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Hanya istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Hanya istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Hanya istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 35. Hanyu YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.14 İçikler İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen İçikler istasyonunun 1969-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. İçikler YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak İçikler istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

İçikler istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.36a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.36b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.36b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.36c).

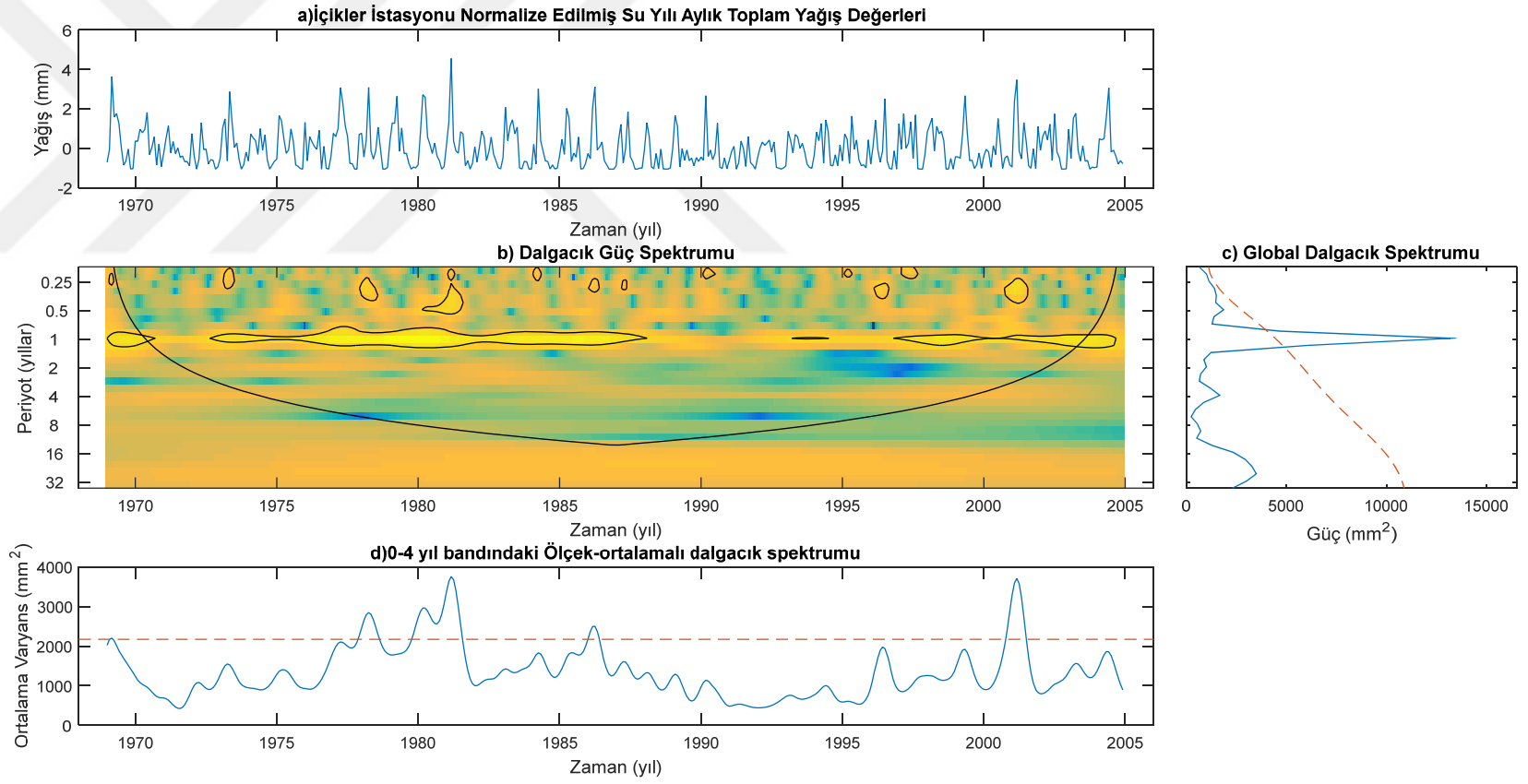
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.36c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

İçikler istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; İçikler istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

İçikler istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

İçikler istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 36. İÇİKLER YĞİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.15 Kavakalan İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Kavakalan istasyonunun 1963-1998 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Kavakalan YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Kavakalan istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Kavakalan istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.37a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.37b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.37b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.37c).

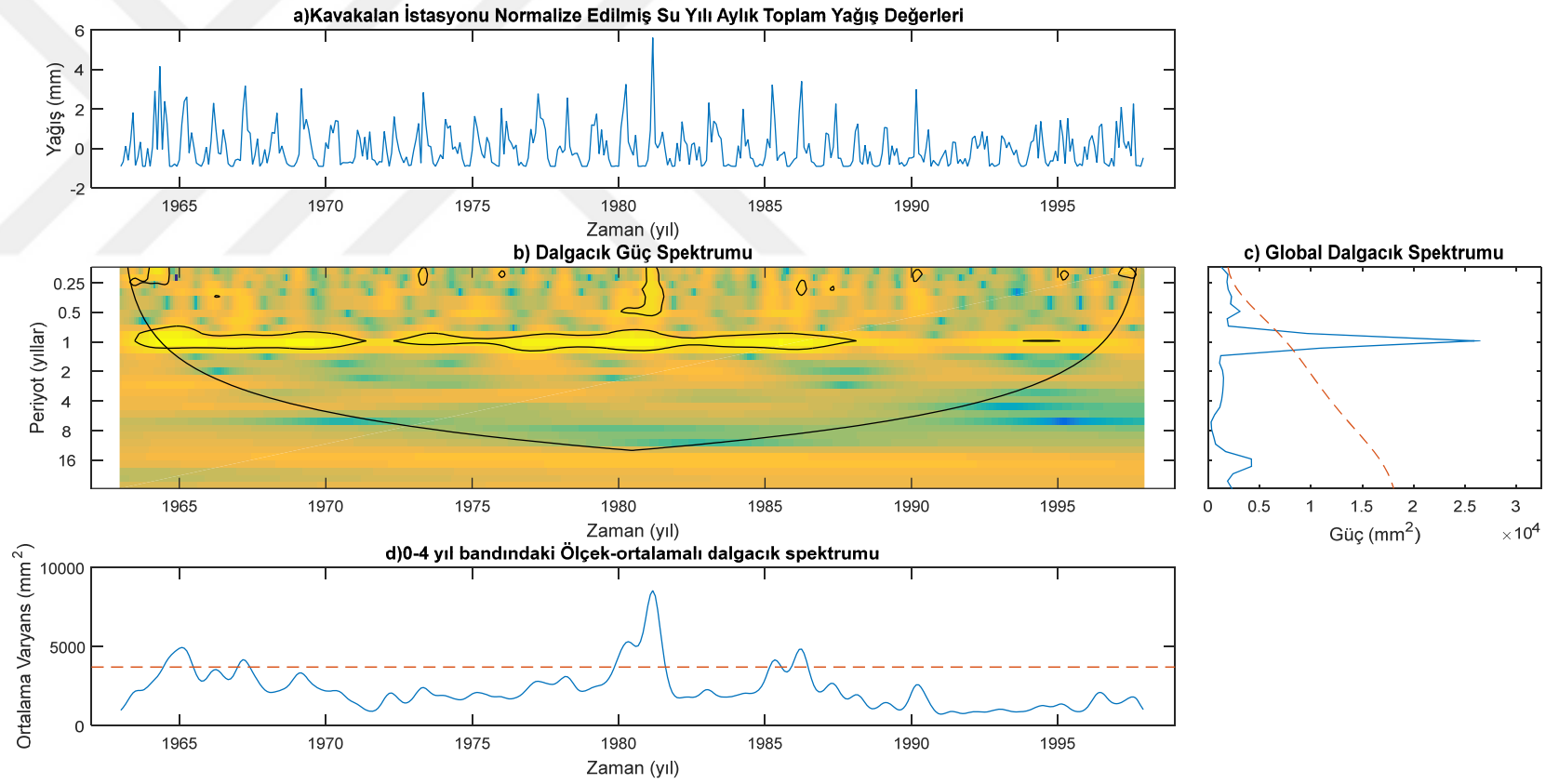
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.37c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Kavakalan istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Kavakalan istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Kavakalan istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Kavakalan istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl ve 16 yıldır.





Şekil 6. 37. Kavakalan YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.16 Kıranşih İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSI tarafından işletilen Kıranşih istasyonunun 1962-2006 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Kıranşih YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Kıranşih istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Kıranşih istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.38a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.38b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.38b).

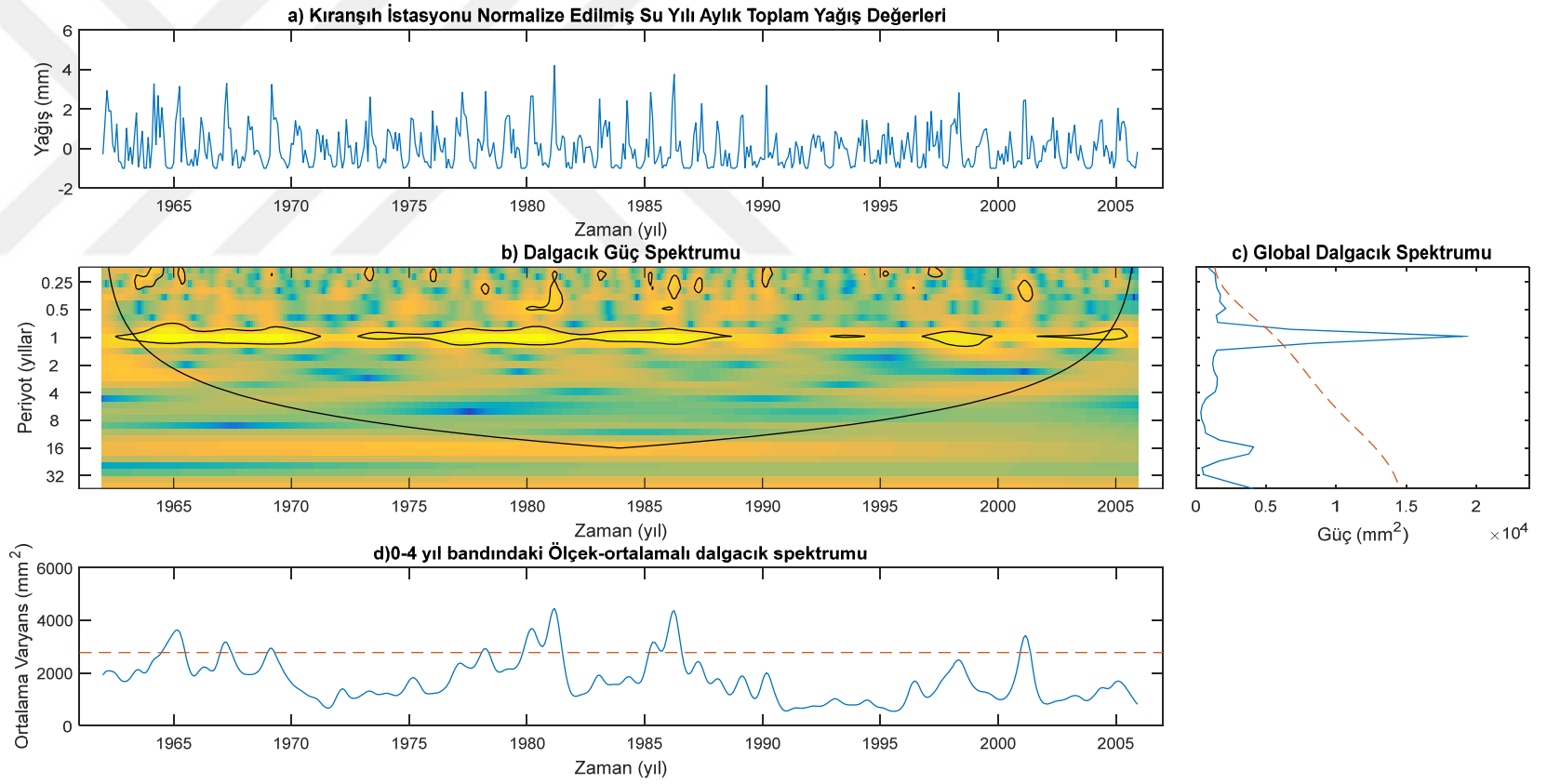
Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.38c).

Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.38c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Kıranşih istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Kıranşih istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Kıranşih istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Kıranşih istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 38. Kiranşih YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.17 Marmara Gölü İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Marmara Gölü istasyonunun 1966-1991 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Marmara Gölü YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Marmara Gölü istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Marmara Gölü istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.39a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.39b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.39b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.39c).

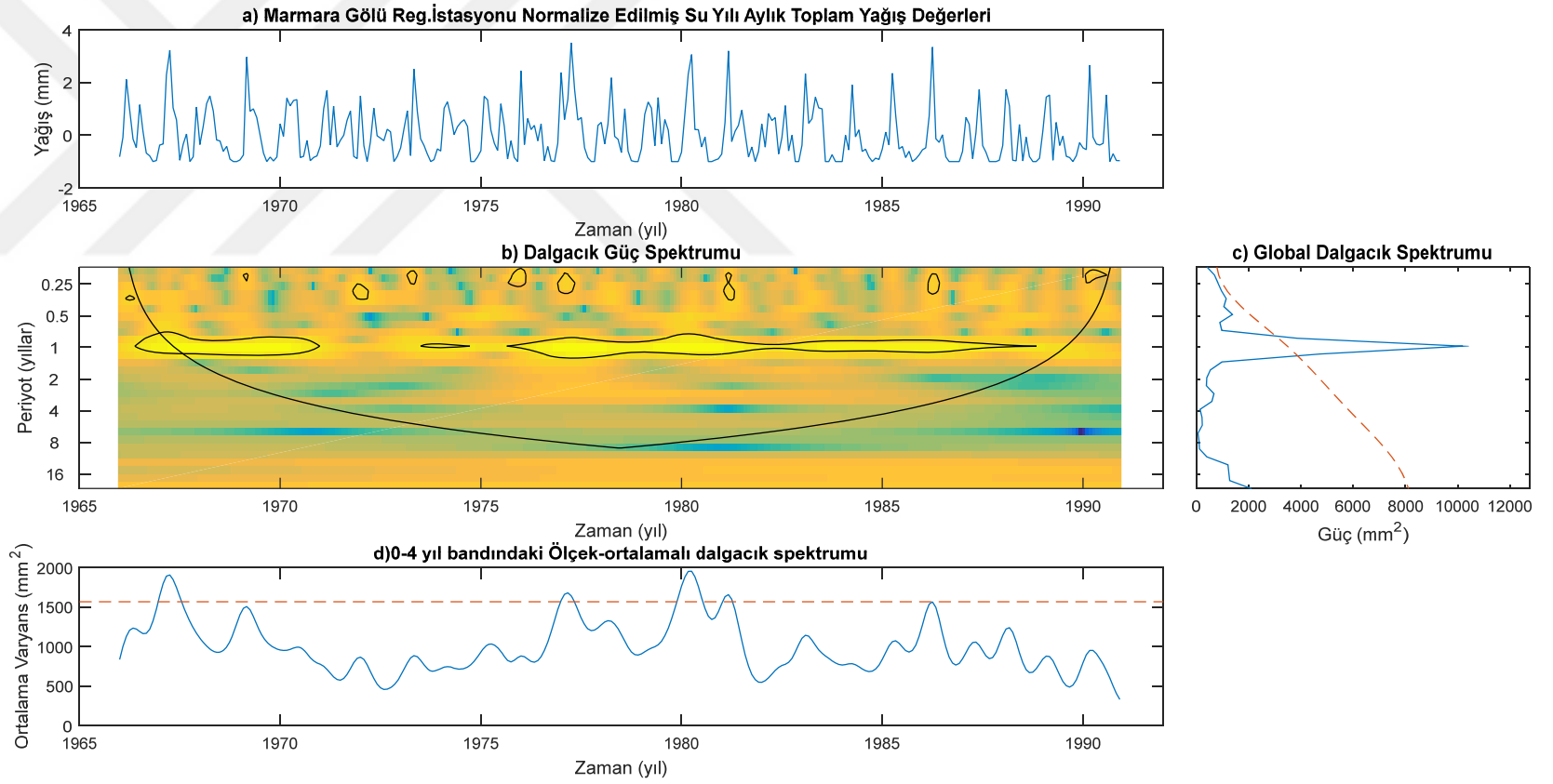
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.39c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Marmara Gölü istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Marmara Gölü istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Marmara Gölü istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, İçikler, Kavakalan, Kıransih, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Marmara Gölü istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 39. Marmara Gölü YGİ’na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.18 Ören İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Ören istasyonunun 1980-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Ören YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Ören istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Ören istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.40a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.40b) görüldüğü üzere 1990' lı yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.40b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.40c).

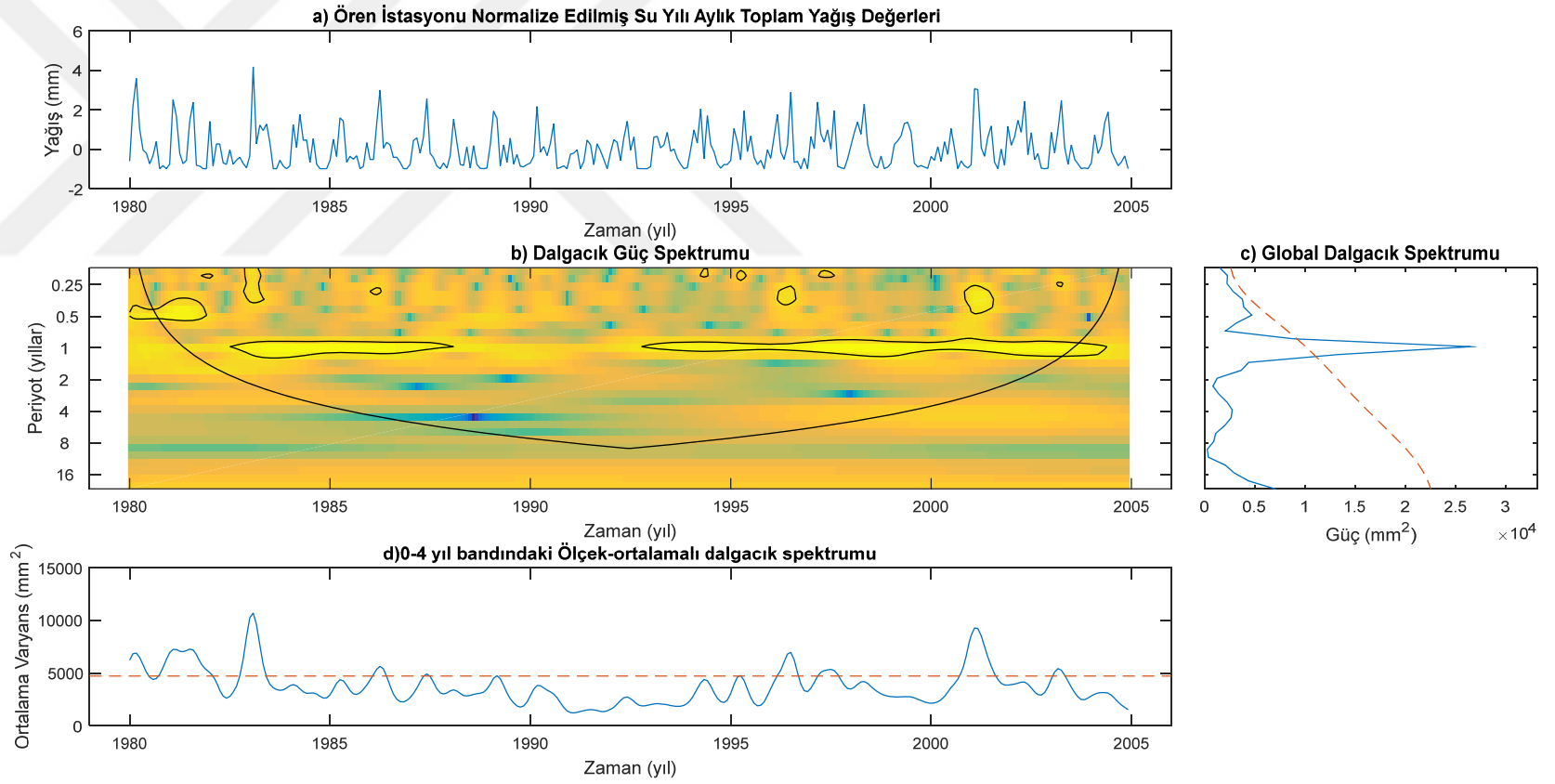
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.40c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Ören istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Ören istasyonuna 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Ören istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Ören istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 4 yıl ve 20 yıldır.





Şekil 6. 40. Ören YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.19 Sarılar İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Sarılar istasyonunun 1963-2000 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Sarılar YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Sarılar istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Sarılar istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.41a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.41b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970 ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.41b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.41c).

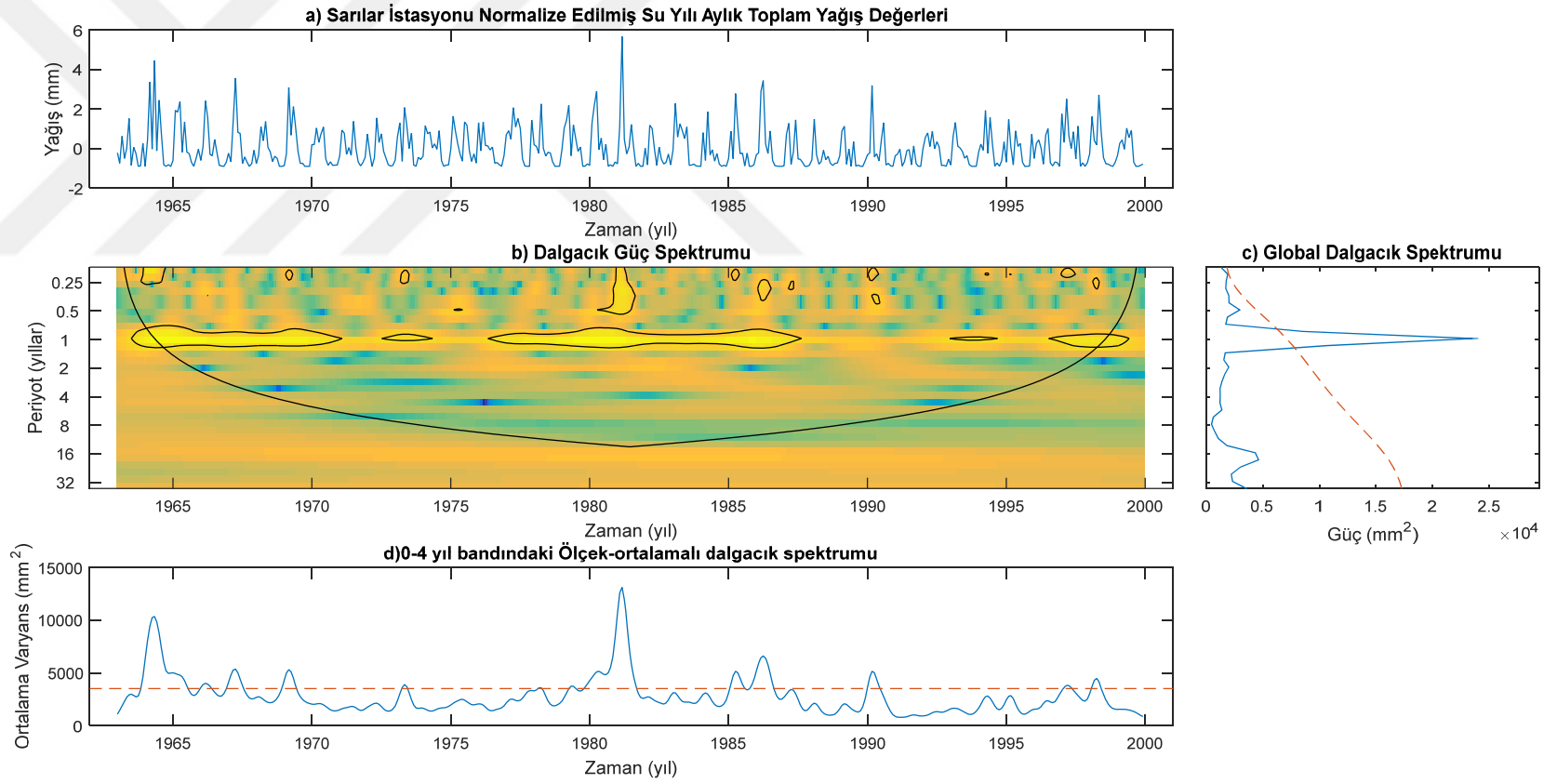
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.41c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Sarılar istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Sarılar istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Sarılar istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, İçikler, Kıransih, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Sarılar istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl ve 16 yıldır.





Şekil 6. 41. Sarılar YGi'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.20 Süleymanköy İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSI tarafından işletilen Süleymanköy istasyonunun 1963-2000 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Süleymanköy YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Süleymanköy istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Süleymanköy istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.42a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.42b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.42b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.42c).

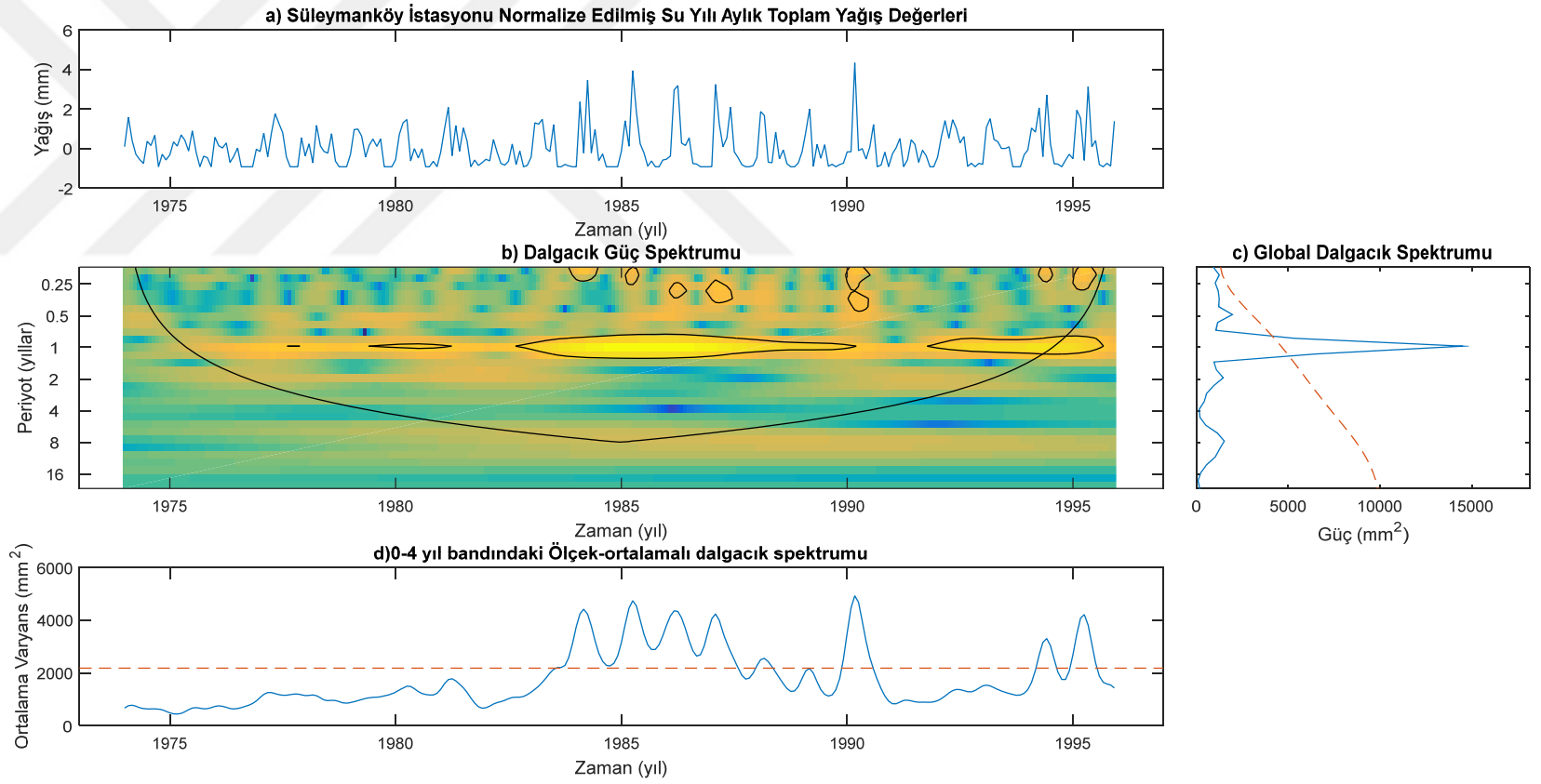
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.42c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Süleymanköy istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Süleymanköy istasyonuna 1975-1980 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Süleymanköy istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, İçikler, Kıransih, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Süleymanköy istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl ve 8 yıldır.



Şekil 6. 42. Süleymanköy YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.21 Üçpınar İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Üçpınar istasyonunun 1962-2005 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Üçpınar YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Üçpınar istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Üçpınar istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.43a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.43b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.43b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.43c).

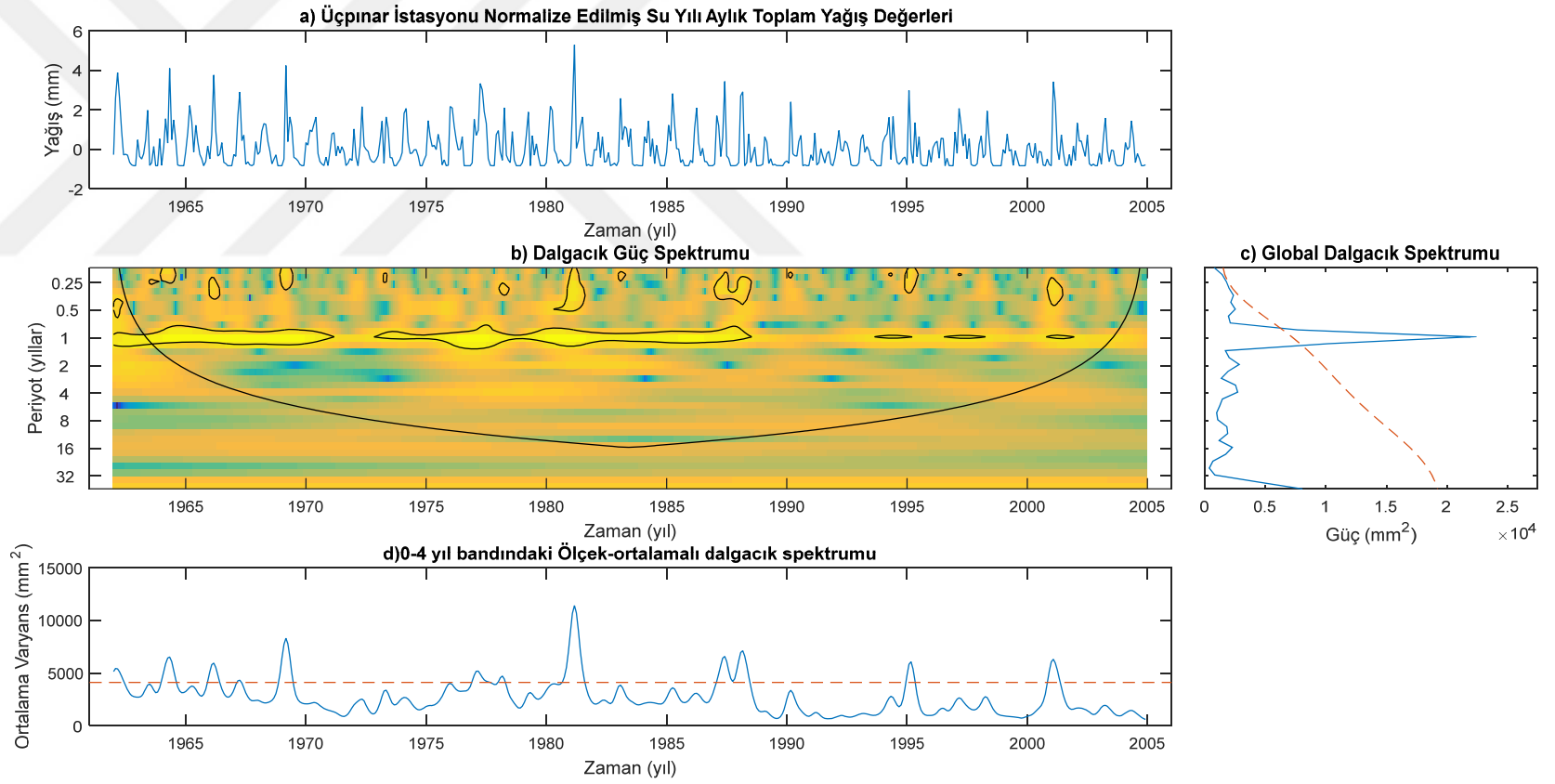
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.43c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Üçpınar istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Üçpınar istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Üçpınar istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, İçikler, Kıransih, Manisa, Salihli, Sarılar) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Üçpınar istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 2 yıl, 4 yıl, 16 yıl ve 40 yıldır.





Şekil 6. 43. Üçpınar YGİ'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

6.4.22 Yukarıpoyraz İstasyonu

Gediz havzasında bulunan ve DSİ tarafından işletilen Yukarıpoyraz istasyonunun 1967-2003 yıllarına ait aylık toplam yağış gözlemlerinin değişimleri incelenmiştir. Dalgacık analizi kapsamında kullanılan veriler normalize edilmiş, su yılı, aylık toplam yağış değerleridir. Yukarıpoyraz YGİ özellikleri ve yıllık toplam yağış gözlemleri için belirlenen temel istatistikleri 5. Bölüm, Tablo 2' de sunulmuştur.

İstasyonlarda gerçekleştirilen yağış ölçümlerine ait zaman serileri, zaman alanından frekans alanına Hızlı Fourier Dönüşüm tekniği ile dönüştürülmüştür. Frekans alanına dönüştürülen ölçümlerin Fourier spektrumundan yararlanarak Yukarıpoyraz istasyonu yağış gözlemlerinin ana frekansı 12 ay (1 yıl) olarak belirlenmiştir.

Yukarıpoyraz istasyonunun dalgacık analizinde kullanılan normalize edilmiş su yılı aylık toplam yağış değerleri grafiği Şekil 6.44a'da gösterilmiştir. Sürekli dalgacık dönüşüm spektrumundan (Şekil 6.44b) görüldüğü üzere 1970' li yılların başından itibaren yağışların değişiminde bir azalma meydana gelmiştir. 0-4 yılda bir gözlenen küçük ölçekli olayların 1970' li ve 1990' lı yıllarda kesintiye uğradığı görülmektedir.

Sunulan çalışmada dalgacık spektrumundaki anlamlı bölgeleri tespit edebilmek amacıyla kırmızı gürültü için elde edilen güç spektrumu kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü neticesinde elde edilen spektrum ile teorik spektrum karşılaştırılarak % 95 seviyesinde anlamlı bölgeleri göstermekte olan kalın çizgiler ile çevrelenmiş bölgeler elde edilmiştir (Şekil 6.44b).

Ayrıca, global dalgacık spektrumundan görüldüğü üzere en baskın periyodiklik bir yıllık ölçek seviyesinde görülmekte olup, bir yıldan küçük ölçek seviyelerinde de geçici periyodiklik görülmektedir (Şekil 6.44c).

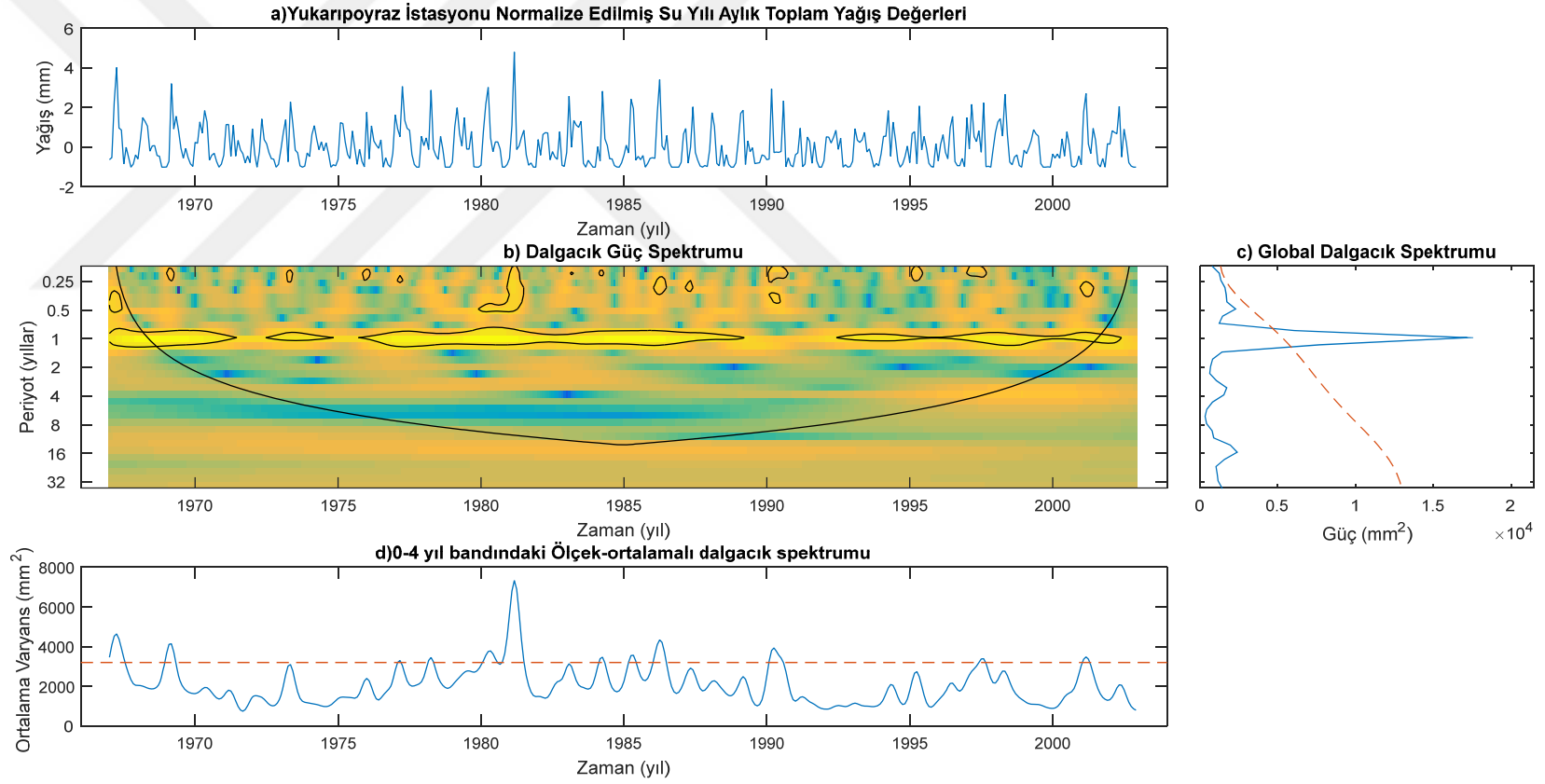
Global dalgacık spektrumunda ve ölçek ortalamalı spektrumdaki kesikli çizgi ile %95 seviyesindeki güven düzeyi belirtilmektedir (Şekil 6.44c ve d). Global dalgacık spektrumu, zaman ortalamalı spektrum, her bir ölçek değerinde tüm zamanlardaki katsayıların ortalamaları alınarak hesaplanmaktadır. Kesikli çizginin

altında kalan kısımlar kırmızı gürültü için elde edilen spektrumla karşılaştırılmış ve %95 güvenle anlamlı olduğu tespit edilmiş modları/frekansları göstermektedir.

Yukarıpoyraz istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Yukarıpoyraz istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz.

Yukarıpoyraz istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, İçikler, Kıransih, Manisa, Salihli, Sarılar) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir.

Yukarıpoyraz istasyonu için ana frekans bir yıldır. Diğer anlamlı frekanslar; bir yıldan küçük ölçekler (mevsimsel), 3 yıl ve 16 yıldır.



Şekil 6. 44. Yukarıpoyraz YGI'na ait verilere dalgacık dönüşümü uygulanması ile elde edilen sonuçlar.

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ ve ÖNERİLER

Su kaynakları mühendisliği yapıları son derece pahalı ve inşaatları oldukça uzun süren yapılardır. Su yapılarının projelendirilmesi büyük ölçüde hidro-meteorolojik zaman serilerindeki değişime göre yapılmakta ve işletilmektedir. Dalgacık dönüşümü sonuçlarının değerlendirilmesi ile hem su yapılarının projelendirilmesine hem de küresel iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Türkiye, küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin en fazla görüleceği Akdeniz kuşağında yer almaktadır. Ülkemiz küresel ısınmanın kuraklık, su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınlarının artması, yeni haşere ve hastalıkların görülmesi gibi olumsuz yönlerinden oldukça fazla etkilenmesi beklenmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin, içme-kullanma suyu ihtiyacını planlaması ve bunun yanında enerji ihtiyacını sürdürülebilir alternatiflere dayandırması ve tarımsal su kullanım yöntemlerini kuraklığın gereklerine uygun hale getirmesi gerekmektedir.

Küresel iklim değişikliği ile beraberinde yaşanan içme ve kullanma suyu mikarı ve kalitesindeki düşüş, sınırı aşan sular ile ilgili olarak komşularla yaşanan sorunlar, soyu tükenen canlılar, yok olan akarsular ve göller ve doğal yaşam alanları, tarım alanları ve azalan tarımsal üretim ve hidroelektrik üretimi gibi büyük problemler ile karşı karşıya olan ülkemizde kuraklık, afet mevzuatına dahil edilmeli ve ulusal çıkarlarımıza hizmet edecek, su, hava ve afet politikaları hep birlikte ele alınarak kuraklıkla mücadele planları acilen geliştirilip uygulamaya konulmalıdır.

Fourier analizi zaman serisindeki sabit dalgalanmaları/periyo dikliğı belirlemek için yeterli bir yöntemdir. Ancak, kısa süreli ve geçici dalgalanmalara sahip çok ölçekli süreçlerin frekans dağılımının zamansal evrimini dalgacık dönüşüm yöntemi tespit edebilmektedir. Bölgenin iklim karakteristiğı gereğince zaman serilerinde değişik ölçek veya periyotlarda olaylar bulunmakta ve bu olaylar farklı zaman dilimlerinde meydana gelmektedirler. Kararsız yapının çok daha iyi incelenmesi ve önemli bileşenlerin seçilmesi için yağış serilerinin sürekli dalgacık dönüşümü, yersel dalgacık spektrumu ve global dalgacık spektrumları hesaplanmıştır. Ölçüm serilerine

sürekli dalgacık dönüşümü uygulanması ile içindeki olayların değişimlerinin zamana bağlı olarak incelenmesi mümkün olmuştur.

Dalgacık dönüşümü analizlerine göre, aylık toplam yağış serilerinde gözlenen azalma eğilimi neredeyse tüm istasyonlarda 1980’li yıllarla birlikte hızlanmış ve 2000’li yıllarda önemli bir sıçramayla birlikte yaklaşık son 20 yılda önemli bir kurak döneme girilmiştir (analiz sonuçları 6. Bulgular bölümünde verilmiştir). Uzun süreli ortalamaya göre daha kurak koşulların egemen olduğu bir döneme geçiş (iklim değişikliği sinyali), özellikle 1970’lerin başından başlayarak; bazı istasyonlarda 1980’li yılların ortasında, bazılarındaysa 1990’ların başında gerçekleşmiştir.

Dalgacık güç spektrumunda koyu renk ile çevrili alanların kesintiye uğradığı dönemler, o frekans değerinde bir yağışın görülmediği dönemleri göstermektedir. Baskın periyodun 12 ay (1 yıl) olduğunu hem Fourier hem de Dalgacık analizi yöntemleri ile tespit edildiğinden; dalgacık güç spektrumunda koyu renk ile çerçevelenmiş olan alanlar, söz konusu istasyona yağışın düştüğü zamanları (sulak), aradaki boşluklar ise herhangi bir yağışın gerçekleşmediği (kurak) dönemleri göstermektedir.

Sunulan çalışma kapsamında analiz edilen istasyonların her birinde yağış gözlemine başlanan ve tamamlanan yıllar farklıdır. Akhisar, Salihli, Manisa, Gediz, Bozdağ, Kıransih ve Üçpınar gibi ortak gözlem dönemine (1970-2005) sahip istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde; 1970 ile 1980 ve 1990 ile 2000 yılları arasında dalgacık spektrumlarındaki baskın periyodikliğin genel olarak tüm istasyonlarda kesintiye uğradığı görülmektedir. Dalgacık spektrumu yardımıyla bu olayların ne zaman başlayıp ne zaman bittiği ve hangi ölçek değerinde oluştuğu rahatlıkla gözlemlenebilmektedir.

Bu çalışmada yağış gözlem istasyonlarının birbirlerine göre periyodik farklılıklarının bulunup bulunmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Dalgacık spektrumu ile periyodik olan ve olmayan davranışlar incelenmiştir. Fakat kırk dört istasyon içinde birbirine göre belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Ayrıca istasyona bağlı olarak değişen on yıllar arası periyotlar tespit edilmiştir.

Akhisar istasyonu yağışları, 1939-1972 yılları arasında 0-2 yıl bandında baskın bir periyodiklik sergilemektedir. Bozdağ istasyonu yağışlarında 1988 yılından sonraki dönemde 0-2 yıl bandında duraksama görülmektedir. 1994 yılı itibariyle yeniden periyodik yapı kendini göstermektedir. Gediz istasyonunda da Bozdağ istasyonunda olduğu gibi 1988 yılından sonra periyodik yapı geçici olarak kesintiye uğramaktadır. İçikler istasyonu sonuçları bölge geneliyle uyumludur. İçikler istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1980' li yılların sonunda kurak bir döneme girildiği bilgisini desteklemektedir. Kıranşlıh istasyonunda ise yine bir yıl bandında 1990-2000 yılları arasında periyodik yapı kesintiye uğramaktadır. Manisa istasyonunda yağışlar, sırasıyla 1930-2005 yılları arasında 0,5-2 yıl bandında ve 1950-1990 yılları arasında ise 20 yıl bandında güç zirveleri göstermektedir. Salihli istasyonunda, genel olarak mevsimsel ve 1 yıl bandında önemli bir periyodik yapıdan söz edilebilmektedir. Yağış grafiği, dalgacık güç spektrumu ve ölçek ortalamalı dalgacık spektrumundan; Sarılar istasyonuna 1970-1975 yılları arasında ve 1980' li yılların sonu itibariyle çok az yağışın düştüğünü görebilmekteyiz. Üçpınar istasyonu, 1990 yılına kadar olan dönemde 1 yıllık ölçekte önemli bir güç sergilemektedir. Turgutlu istasyonu sonuçları, bölgedeki diğer istasyonlarla (Akhisar, Manisa, Salihli) uyumlu olacak şekilde 1970' li ve 1980' li yılların ortalarında kurak dönemler yaşandığı bilgisini desteklemektedir.

Havza genelindeki uzun süreli yağış gözlemlerine sahip olan istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde; aynı dönemlerde kuraklık yaşandığı ve periyodik yapılarının benzer olduğu sonucu elde edilmektedir.

Sunulan çalışma kapsamında Gediz Havzası içerisinde bulunan kırk dört (44) adet yağış gözlem istasyonuna ait aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. İleriki zamanlarda, sunulan tekniğin bölgesel farklılıklardan doğabilecek değişimlerini incelemek için farklı havzalarda bulunan yağış gözlem istasyonlarına ait yağış verilerine uygulanması planlanmaktadır. Böylece söz konusu tekniğin farklı bölgelerde uygulanışları karşılaştırılabilecektir. Ayrıca havzaların birbirlerine göre periyodik farklılıklarının bulunup bulunmadığı tespit edilmiş olacaktır. Daha sonraki çalışmada, Sürekli Dalgacık Dönüşümü yöntemi ile Türkiye genelinde bir uygulama

gerçekleştirilerek, yağış verilerinin baskın periyodikliklerinin tespit edilmesi ve genel fiziki özelliklerinin bir haritasının çıkarılması planlanmaktadır.



KAYNAKLAR

- Abbak, R. A. (2007). Jeodezide Zaman Dizilerinin Dalgacık (Wavelet) Analizi. Doktora Semineri, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Allen, M. R., Smith, L. A. (1996). Monte Carlo SSA: Detecting irregular oscillations in the presence of coloured noise. *Journal of Climate*; 9: (3373–3404).
- Allen, R., L., Mills, D., W. (2004). *Signal Analysis, Time, Frequency, Scale, and Structure*, IEEE Press, USA.
- Andreo, B., Jime'nez, P., Dura'n, J. J., Carrasco, F., Vadillo, I., Mangin, A. (2006). Climatic and hydrological variations during the last 117–166 years in the south of the Iberian Peninsula, from spectral and correlation analyses and continuous wavelet analyses. *Journal of Hydrology*, 324, (24–39).
- Aşıkoğlu, Ö., L., Çiftlik, D. (2015). Recent Rainfall Trends in the Aegean Region of Turkey. *American Meteorological Society*, V. 16, (1873-1885) DOI: 10.1175/JHM-D-15-0001.1
- Atalay, İ., (1997). *Türkiye Coğrafyası*, Ege Üniversitesi yayınları
- Atalık, A. (2007). Küresel Isınma, Su Kaynakları ve Tarım Etkileşimi, *TES-İŞ Dergisi*, Ekim.
- Bacanlı, Ü., Dikbaş, F., Baran, T. (2009). Entropi Yöntemini Kullanarak Kuraklık Parametrelerinin Belirlenmesi: Kuzey Ege Örneği, TÜBİTAK 107Y348 numaralı Araştırma Projesi Nihai Raporu.
- Baran T. (1993). Hidrolojik süreçlerin bilgi içeriğindeki değişim miktarı olarak entropi tanımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik-Hidroloji ve Su Kaynakları Doktora Tezi No: 10.
- Baran, T., Bacanlı, Ü. G. (2006). Evaluation of Suitability Criteria in Stochastic Modeling, *European Water*, 13-14, (35-43).
- Baran, T., Bacanlı, Ü. G. (2007a). An Entropy Approach for Diagnostic Checking in Time Series Analysis, *WaterSA*, 33, No. 4, (487-496), ISSN 0378-4738.

- Baran, T., Bacanlı, Ü. G. (2007b). Evaluation of Goodness of Fit Criterion in Time Series Analysis, Digest 2006, V.17, (1089-1102).
- Baran T., Temiz Ö. (2009). Gediz Havzası Yağışlarının Eğilim Analizi. *IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, Bildiriler, (241 – 251).
- Baran T., Barbaros F. (2015). Testing the Goodness of Fit by Informational Entropy, In Nilgun Harmancioglu (Ed.) Conference Proceedings European Water Resources Association 9th World Congress Water Resources Management in a Changing World: Challenges and Opportunities, 10-13 Haziran 2015, Istanbul, Turkey.
- Baran, T., Bacanlı, Ü. G., Dikbaş, F. (2017). Drought analysis with SPI index and entropy. *European Water* 60: (263-270).
- Baran, T., Harmancioglu, N. B., Cetinkaya, C. P., Barbaros, F. (2017a). An Extension to the Revised Approach in the Assessment of Informational Entropy, *Entropy* 2017, 19 (12), 634, DOI: 10.3390/e19120634
- Baran, T., Barbaros, F., Gül, A., Onusluel Gül, G. (2017b). An Informational Entropy Application To Test the Goodness of Fit of Probability Functions, *European Water*, 2017, 1792-085X, 3, 59, (39-44).
- Baran, T., Barbaros, F., Gül, A., Onusluel Gül, G. (2018). Entropy as a Variation of Information for Testing the Goodness of Fit, *Water Resources Management* (2018) 32: (5151–5168).<https://doi.org/10.1007/s11269-018-2144-9>
- Baran, T., Barbaros, F., Gül, A., Bozoğlu, Ö. (2018). Testing the goodness of fit of probability functions by informational entropy in the case of Gediz River Basin, (169-176). 4 th International Conference Water resources and wetlands, 5-9 September, Tulcea (Romania)
- Bayazıt, M. (1986). Hidrolojide İstatistik Yöntemler. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Bayazıt, M. (1996). İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 1573, 245s, İstanbul.

- Bayazıt, M. (1998). Hidrolojik Modeller, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 228 s., İstanbul.
- Bozoglu, Ö., Baran, T. (2012). Determination of Expected Value for Monthly Total Precipitation by Entropy Based Method Case Study: Gediz Basin, 10th International Congress on Advances in Civil Engineering, 17-19 October 2012 Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Bozoglu, Ö., Baran, T. (2012). Yağış Serilerinin (Wavelet) Dalgacık Dönüşümü İle Analizi, VII. Ulusal Hidroloji Kongresi 26 - 27 Eylül 2012, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Bozoğlu, Ö., Baran, T., Barbaros, F. (2019). Entropy Based Regional Precipitation Prediction in the Case of Gediz Basin. 11th World Congress on Water Resources and Environment Managing Water Resources for a Sustainable Future.
- Bozoğlu, Ö., Baran, T., Barbaros, F. (2022). Entropy Based Regional Precipitation Prediction in the Case of Gediz River Basin. Teknik Dergi, cilt 33, sayı 4, Temmuz 2022, doi:10.18400/tekderg.724164, (12067-12086).
- Bozoğlu, Ö., Baran, T., Barbaros, F. (2022). Gediz Havzası Örneğinde Entropi Tabanlı Bölgesel Yağış Tahmini. Türkiye İnşaat Mühendisliği 18. Teknik Kongre ve Sergisi. İstanbul.
- Brunsell, N. A. (2010). A multiscale information theory approach to assess spatial-temporal variability of daily precipitation. Journal of Hydrology.
- Chatterjee, P. (2015). Wavelet Analysis in Civil Engineering. International Standard Book Number-13: 978-1-4822-1056-9 (eBook - PDF)
- Cherry, C. (1957). On Human Communication: A Review. A Survey and a criticism. Massachusetts, the Technology Press of Massachusetts Institute of Technology, 333 p.
- Coifman, R., Wickerhauser, M. V. (1994). Wavelets and Adapted Waveform Analysis, Wavelets: Mathematics and Applications, CRC Press.

- Coulibaly, P., Burn, D. H. (2004). Wavelet analysis of variability in annual Canadian streamflows. *Water Resources Research*, 40, doi:10.1029/2003WR002667.
- Coulibaly, P. (2006). Spatial and temporal variability of Canadian seasonal precipitation (1900–2000). *Adv. Water Resour.* 29, (1846–1865).
- Çolak, Ö., H. (2006). Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Sismik Sinyallerin Analizi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Daubechies, I. (1990). The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis. *IEEE Transactions on Information Theory*, 36 (5), (961-1005).
- Daubechies, I. (1992). Ten Lectures on Wavelets, Society for Industrial and Applied Mathematics, Capital City Press, Philadelphia, Pennsylvania.
- Daubechies, I. (1996). Where do wavelets come from? - A personal point of view, *Proceedings of the IEEE*. 84 (4), (510-513).
- Dey, P., Mujumdar, P., P. (2019). On the uniformity of rainfall distribution over India, *Journal of Hydrology*, 578, 124017, ISSN 0022-1694, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124017.
- D.M.İ. Genel Müdürlüğü web sitesi. (2007). <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif>
- D.S.I. II. Bölge Müdürlüğü. (2008). Takdim Raporu, İzmir.
- DSİ (2005). Environmental Master Plan of Gediz Basin, II. Directorate of State Hydraulic Works, İzmir.
- Duran, K. (2013). Rüzgar Karakteristiklerinin Dalgacık Dönüşümü İle Ortaya Konması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Meteoroloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Atmosfer Bilimleri Programı.
- Gabor, D. (1946). Theory of communications. *Journal of the Institute of Electrical Engineers*, 92, (429–457).

- Grossman, A., Morlet, J. (1984). Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. *SIAM Journal of Mathematical Analysis*, 15, (723-736).
- Güler, İ., Übeyli, E., D. (2004). Dalgacık Dönüşümünün Kullanımı ile Teşhis Sistemleri İçin Öznitelik Çıkarma: İç Karatoid Atardamar Doppler İşaretlerinin Durum Analizi, Gazi Üniversitesi, (24).
- Gürsakal, S. (2009). Finansal Zaman Serileri Analizine Frekans Boyutu Yaklaşımı: Dalgacıklar Yöntemi ve IMKB’ de Bir Uygulama, (doktora tezi), Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Haar, A. (1910). Zur Theorie der ortogonalen Funktionensysteme Erste Mitteilung. *Math. Ann.*, cilt 69, (331-371).
- Harmancioglu N., B., Singh V., P. (1991). An Information-Based Approach to Monitoring and Evaluation of Water Quality Data. Athens, *ECOWARM, European Conference on Advances in Water Resources Technology*, A.A. Balkema Publishers, (377-386).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (1990). Climate Change: The IPCC Scientific Assessment; J.T. Houghton, G.J. Jenkins, J.J. Ephraums, Eds.; Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC. (2001). Climate Change, 2001. The Scientific Basic. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Houghton J, T., et al., eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 881 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. In S. Solomon, Qin, D., M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H. L. Miller (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor & P. M. Midgley (Eds.), A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Janicke, H., Böttinger, M., Mikolajewicz, U., Scheuermann, G. (2009). Visual Exploration of Climate Variability Changes Using Wavelet Analysis. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 15 (6), doi:10.1109/TVCG.2009.197.

Kadıoğlu, M. (2008). Kuraklık Kırını Risk Yönetimi; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”; (277-300), JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.

Kadıoğlu, M. (2012). Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını.

Karaoğlu, B. (1994). Fizikte ve Mühendislikte Matematik Yöntemler, BilgiTek Yayıncılık, İstanbul.

Kawachi, T., Maruyama, T., Singh, V.P., (2001). Rainfall entropy for delineation of water resources zones in Japan. *Journal of Hydrology*, 246, (36-44).

Kömüşçü, A. Ü., Erkan, A. ve Turgu, E. (2002). Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi. *DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını*: Ankara.

- Kömüşçü A., Ü., Erkan, A., Turgu, E., 2003. Normalleştirilmiş Yağış İndeksi (SPI) Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı. III. *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*, 19 (21), (268-275). İstanbul Teknik Üniversitesi: İstanbul.
- Kurnaz, L. (2014). Kuraklık ve Türkiye. <https://www.researchgate.net/publication/316190379>.
- Küçük, M. (2004). Dalgacık dönüşüm tekniği kullanarak akım serilerinin modellenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Labat, D. (2005). Recent advances in wavelet analyses: Part 1. A review of concepts. *Journal of Hydrology*, 314, (275-288).
- Labat, D., Ronchail, J., Guyot, J., L. (2005). Recent advances in wavelet analyses: Part 2-Amazon, Parana, Orinoco and Congo discharges time scale variability. *Journal of Hydrology*, 314, (289-311).
- Liu, Q., Yang, Z., Cui, B. (2008). Spatial and temporal variability of annual precipitation during 1961–2006 in Yellow River Basin, China. *Journal of Hydrology*, 361, (330-338).
- Liu, Y., You, M., Zhu, J., Wang, F., Ran, R. (2019). Integrated risk assessment for agricultural drought and flood disasters based on entropy information diffusion theory in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38 (2019) 101194.
- Mallat, S., G. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, 11(7), 674-693. doi:10.1109/34.192463
- Maruyama, T., Kawachi, T., Singh V.P. (2005). Entropy-based assessment and clustering of potential water resources availability. *Journal of Hydrology*, 309(1-4), (104-113).

- McKee, T., B., Doesken, N., J., Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, *8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA, (179-184).
- Meyer, Y. (1993). Wavelets: Algorithms and Applications. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, Philadelphia, (13-31), 101-105.
- Mickens, R. E. (2004). Mathematical Methods for Natural and Engineering Sciences. *World Scientific Publishing*, USA.
- Mishra A. K., Ozger M., Singh V. P. (2009). An Entropy Based Investigation into the Variability of Precipitation. *Journal of Hydrology*, 370:139–54, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2009.03.006.
- Mishra, A. K., Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391, 202–216.
- Özger, M., Mishra, A. K., Singh, V. P. (2009). Low frequency drought variability associated with climate indices. *Journal of Hydrology*, 364, (152-162).
- Özkul, S., Fıstıkoğlu, O., Harmancıoğlu, N. (2007). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Büyük Menderes ve Gediz Havzaları Örneğinde Değerlendirilmesi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*.
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. *Weather Bureau Research Paper No. 45*, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C.
- Partal, T. (2007). Türkiye yağış miktarlarının yapay sinir ağları ve dalgacık dönüşümü yöntemleri ile tahmini. Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Qiao, F. (2005). Introduction to wavelet. A tutorial. *In workshop on wavelet application in transportation engineering*.
- Rabiner, L. R., ve Gold, B. (1975). Theory and Application of Digital Signal Processing. *Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs*, New Jersey.

- Ridolfi, E., Rianna, M., Trani, G., Alfonso, L., DiBaldassarre, G., Napolitano, F., Russo, F. (2016). A new methodology to define homogeneous regions through an entropy based clustering method. *Advances in Water Resources*, 96, (237–250).
- Schaepli, B., Maraun, D., Holschneider, M. (2007). What drives high flow events in the Swiss Alps? Recent developments in wavelet spectral analysis and their application to hydrology. *Advances in Water Resources*, 30, (2511- 2525).
- Seidel, D. J., Fu, Q., Randel, W. J., Reichler, T. J. (2007). Widening of the Tropical Belt in a Changing Climate. *Nature Geoscience*, 1, “ (21-24)
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, Vol. 27, “ (379–423), 623–656, July, October.
- Shannon, C.E. (1964). A mathematical theory of information. *Bell System Tech. Journal*, 27, 379–423, 623-656, 1948. içinde Shannon, C.E.; Weaver, W.; “The mathematical theory of information”; The Un Illinois Press Urbana, Illinois.
- Sırdaş, S., Şen, Z. (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 2(2), “ (95-103).
- Singh, V. P. (2003). The entropy theory as a decision making tool in environmental and water resources. içinde Karmeshu, J., Entropy Measures, Maximum Entropy Principle and Emerging Applications, Springer-Verlag, Berlin, Germany, “ (261-297).
- Singh, V.P. (2000). The entropy theory as a tool for modelling and decision-making in environmental and water resources. *Water SA*, 26(1), (1-12).
- Singh, V.P. (1997). The use of entropy in hydrology and water resources, *Hydrol. Proc.*, 11, (587-626).
- Singh V. P. (2018). Systems of Frequency Distributions for Water and Environmental Engineering. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 506: (50-74), ISSN 0378-4371, DOI: 10.1016/j.physa.2018.03.038.

- Sönmez, F. K., Kömüşçü, A. Ü., Erkan, A., Turgu, E. (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards*, 35, (243-264).
- Sreeparvathy, V., Srinivas, V. V. (2020). A Fuzzy Entropy Approach for Design of Hydrometric Monitoring Networks. *Journal of Hydrology*.
- Şen, Z. (2002). Hidrolojide Veri İşlem, Yorumlama ve Tasarım, Seminer Notları. Su Vakfı Yayınları, 193s, İstanbul.
- Şen, Z. (2003). Su Bilimi ve Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Temiz, Ö. (2009). Gediz Havzası Örneğinde, Beklenen Aylık Toplam Yağışların Entropi Yöntemiyle Tayini. Yüksek Lisans tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Temiz, Ö., Baran, T. (2010). Gediz Havzası Örneğinde, Beklenen Aylık Toplam Yağışların Entropi Yöntemiyle Tayini. VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, 22 - 24 Eylül 2010, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Torrence, C., Compo, G. P. (1998). A Practical Guide to Wavelet Analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79 (1), (61-78).
- Türkes, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 16, (1057-1076).
- Türkes, M. (1997). Hava ve iklim kavramları üzerine. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 355, 36-37, Ankara.
- Türkeş, M., Akgündüz, A. S., Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi' ne Göre İç Anadolu Bölgesi' nin Konya Bölümü' ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, CBD 7 (2), (129-144).
- Türkeş, M., Tatlı, H. (2008). Aşırı kurak ve nemli koşulların belirlenmesi için yeni bir standartlaştırılmış yağış indisi (yeni-SPI): Türkiye'ye uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, 25-28 Mart 2008, İstanbul, (528-538).

- Türkeş, M., Tatlı, H. (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.1862.
- Türkeş, M. (2012). Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme. İçinde: Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım (ed. N. Özgen), s.1-42. Eğiten Kitap: Ankara.
- Wang W., Wang D., Singh V. P., Wang Y., Wu J., Zhang J., Liu J., Zou Y., He R. (2020). Information theory-based multi-objective design of rainfall network for streamflow simulation. *Advances in Water Resources*. 135-103476, ISSN 0309-1708, DOI: 10.1016/j.advwatres.2019.103476.
- Wilhite, D. A. (2000). Drought: A Global Assessment. Natural Hazards and Disasters Series. London: Routledge Publishers.
- Wilhite, D. A., Glantz, M. H. (1985). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International* 10 (3), (111–120).
- Wickerhauser, V. (1994). Adapted Wavelet Analysis from Theory to Software, AK Peters, Boston, 213-214, 237, 273-274, 387.
- Wijngaard, J. B., Tank, A. M. G. K., Können, G. P. (2003). Homogeneity of 20.th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, 23, (679-692).
- WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı). (2008). Kuraklık Değerlendirme Raporu.
- Yang, D., Yang, Y., Xia, J. (2021). Hydrological Cycle and Water Resources in a Changing World: A Review. *Geography and Sustainability*, 2(2), 115-122. doi:10.1016/j.geosus.2021.05.003.
- Zhang, Q., Xu, C., Jiang, T., Wu, Y. (2006). Possible influence of ENSO on annual maximum streamflow of the Yangtze River, China. *Journal of Hydrology*.

Zhang L., Li H., Liu D., Fu Q., Li M., Faiz M. A., Khan M. I., Li, T. (2019). Identification and application of the most suitable entropy model for precipitation complexity measurement. *Atmospheric Research*, 221, (88-97), ISSN 0169-8095, DOI: 10.1016/j.atmosres.2019.02.002.

