

175842

**DOĞAL AKIŞLI HİDROELEKTRİK POTANSİYELİN
BELİRLENMESİNDE BÖLGESEL ANALİZ
YAKLAŞIMI**

DOKTORA TEZİ
İnş.Yük. Müh. Bahattin YANIK
(501972021)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Ocak 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Temmuz 2004

Tez Danışmanı : Prof.Dr. İlhan AVCI (İ.T.Ü.)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Haluk KARADOĞAN (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Beyhan YEĞEN (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Lütfi SALTABAŞ (S.A.Ü.)

Doç.Dr. Ercan KAHYA (İ.T.Ü.)

TEMMUZ 2004

ÖNSÖZ

Zengin hidroelektrik enerji potansiyeline sahip ülkemizde, hidroelektrik enerji kaynaklarının yeterince kullanılabildiği söylenemez. Söz konusu potansiyelin geliştirilmesinde depolamalı hidroelektrik santral alternatifinin seçilmesi halinde ortaya çıkabilecek sosyal ve çevresel etkilerin azaltılması için doğal akışlı hidroelektrik santraller gündeme gelmektedir.

Bu tez çalışmasında, doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde bir bölgesel yaklaşım ortaya konulmuştur. Çalışmanın, bu konuyla ilgilenen planlamacılara ve ülkemize faydalı olmasını ümit ediyorum.

Çalışmalarımın her safhasında yardımlarını esirgemeyen, sürekli yol gösteren çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. İlhan AVCI'ya en derin teşekkürlerimi sunarım.

Akademik çalışma yapmam için beni teşvik eden ve bu konuda beni cesaretlendiren Sn. Dr.S.Saim EFELERLİ'ye müteşekkirim. Ayrıca doktora çalışmamı tamamlamam için bana manevi destek veren Bölge Müdürüm Sn. A.Cüneyt GEREK'e ve tezimin yazılmasında büyük emeği geçen değerli çalışma arkadaşım Nezih YALÇINKAYA'ya teşekkür ediyorum.

23 Ocak 2004

Bahattin YANIK
İnş.Yük.Müh.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışma Konusunun Tanıtılması	2
1.3. Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar	4
1.4. İncelenecek Problem Ve Çalışmanın İçeriği	7
2. DOĞAL AKIŞLI HİDROELEKTRİK POTANSİYEL KAVRAMI VE BU POTANSİYELİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK TEMEL İLKE VE YAKLAŞIMLAR	8
2.1. Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyel Kavramı	8
2.2. Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyeli Belirleyen Temel Büyüklükler	10
2.3. Doğal Akışlı Hidroelektrik Tesisler Ve Sistem Elemanları	15
2.3.1 Regülatör ve su alma yapısı	16
2.3.2 İletim yapıları (açık kanal, konduvi veya tünel)	17
2.3.3 Yükleme odası	17
2.3.4 Denge bacası	18
2.3.5 Vanalar ve vana odası	19
2.3.6 Şalt sahası	19
2.3.7 Kuyruk suyu kanalı	19
2.3.8 Santral	20
2.4. Doğal Akışlı Hidroelektrik Tesisin Kurulu Gücü Ve Enerji Üretim Kapasitesinin Belirlenmesi	21
2.4.1. Debi süreklilik eğrisi kavramı, kurulu güç ve proje debisinin belirlenmesinde debi süreklilik eğrisinin kullanılması	21
2.4.2. Enerji üretim kapasitesinin belirlenmesi	26
2.5. Havza Veya Bölge Ölçeğinde Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi	27
2.5.1. Havza veya bölgesel ölçek kavramı	27
2.5.2. Bölgesel ölçekte doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde karşılaşılan sorunlar ve kullanılabilen çözüm yaklaşımları	27
2.5.3. Bölgesel debi süreklilik eğrisi kavramı ve bunun doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesindeki önemi	29
2.5.4. Bölgesel debi süreklilik eğrilerinin belirlenmesinde karşılaşılan sorunlar ve bunların çözümü için yeni yaklaşımlar	30

3. KÜME ANALİZİ	32
3.1. Küme Analizinde Kullanılan Benzerlik Ölçüleri	32
3.1.1 Öklit uzaklığı	33
3.1.2 Şehir bloku (Manhattan) uzaklığı	34
3.1.3 Chebychev uzaklığı	34
3.1.4 Korelasyon katsayısı	34
3.2. Hiyerarşik Küme Analiz Yöntemleri	35
3.2.1 Tekli bağlantı (single linkage) yöntemi	39
3.2.2 Tam bağlantı (complete linkage) yöntemi	39
3.2.3 Basit ortalama bağlantı (simple average linkage) yöntemi	40
3.2.4 Ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemi	41
3.2.5 Merkezi bağlantı (centroid linkage) yöntemi	41
3.2.6 Medyan bağlantı (median linkage) yöntemi	42
3.2.7 Ward yöntemi	42
3.3. Hiyerarşik Olmayan Küme Analiz Yöntemleri	44
3.3.1 K-ortalamaları (k-means) yöntemi	44
3.4. Probabilistik (Olasılıkçı) Küme Analiz Yöntemleri	45
3.5. Hiyerarşik Küme Analiz Yöntemleri İle Hiyerarşik Olmayan Küme Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması	45
3.6. Küme Sayısının Belirlenmesi	46
4. KÜME ANALİZİ YARDIMIYLA BÖLGESEL DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİSİNİN BELİRLENMESİ	49
4.1. Debi Süreklilik Eğrisinin Temel Özellikleri	49
4.2. Bölgedeki Eksik Veya Yetersiz Akım Verileri Ve Bunlara Bağlı Olarak Debi Süreklilik Eğrisi Eksikliğinin Giderilmesi	49
4.3. Bölgesel Homojenlik Kavramı Ve Bölgesel Debi Süreklilik Eğrisinin Belirlenmesi	50
4.3.1. Homojenlik analiz yöntemleri ve bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesi	50
4.3.2. Küme analizi ve bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesi	50
4.3.3. Bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesinde kullanılan küme analiz yöntemleri sonuçlarının değerlendirilmesi	69
5. DOĞAL AKIŞLI BÖLGESEL HİDROELEKTRİK POTANSİYELİN BELİRLENMESİ İÇİN BÖLGESEL DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİSİ İLE BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ BİR MODEL ÖNERİSİ	104
5.1. Bölgesel Debi Süreklilik Eğrisinin Elde Edilmesi	104
5.2. Bölgesel Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Belirlenmesinde Debi Süreklilik Eğrisinin Kullanılması	104
6. SONUÇLAR	108
KAYNAKLAR	110
EKLER	113
ÖZGEÇMİŞ	117

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Doğu Karadeniz’de seçilen çalışma bölgesindeki istasyonların karakteristikleri	52
Tablo 4.2 Çalışma bölgesindeki istasyonların aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerleri	54
Tablo 4.3 Doğu Karadeniz’de seçilen çalışma bölgesindeki istasyonların değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerlerine ait istatistikler.....	56
Tablo 4.4 Güney Tayvan’da yapılan bölgesel çalışmada kullanılan istasyonlara ait karakteristikler.....	58
Tablo 4.5 Güney Tayvan’da yapılan bölgesel çalışmada kullanılan istasyonların değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerleri.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Sanayi ve yerleşim bölgeleri için tipik günlük güç ihtiyaç eğrileri	14
Şekil 2.2 : Tipik haftalık güç ihtiyaç eğrisi	14
Şekil 2.3 : Doğal akışlı hidroelektrik santral genel vaziyet planı	16
Şekil 2.4 : Denge bacası	19
Şekil 2.5 : Debi gidiş çizgisinden debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi	22
Şekil 2.6 : Debi süreklilik eğrisi	24
Şekil 2.7 : Debi süreklilik eğrisi ve enerji üretim kapasitesi	27
Şekil 3.1 : Dendogram	37
Şekil 3.2 : Tekli bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık	39
Şekil 3.3 : Tam bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık	40
Şekil 3.4 : Basit ortalama bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık	40
Şekil 4.1 : Doğu Karadeniz’de seçilen çalışma bölgesi ve küme analizinde kullanılan istasyonların genel vaziyet planı	51
Şekil 4.2 : Güney Tayvan’daki akım gözlem istasyonlarının genel vaziyet planı.....	57
Şekil 4.3 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	60
Şekil 4.4 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	60
Şekil 4.5 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	61
Şekil 4.6 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	61
Şekil 4.7 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	61
Şekil 4.8 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	61
Şekil 4.9 : Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	62

Şekil 4.10	: Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	62
Şekil 4.11	: Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	63
Şekil 4.12	: Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	63
Şekil 4.13	: Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	63
Şekil 4.14	: Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	63
Şekil 4.15	: Doğu Karadeniz verilerinin RMSSTD testi grafiğı	65
Şekil 4.16	: Doğu Karadeniz verilerinin SPRSQ testi grafiğı	65
Şekil 4.17	: Doğu Karadeniz verilerinin RSQ testi grafiğı	66
Şekil 4.18	: Doğu Karadeniz verilerinin Pseudo F testi grafiğı	67
Şekil 4.19	: Doğu Karadeniz verilerinin Pseudo t^2 testi grafiğı	67
Şekil 4.20	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward küme analiz yöntemine ait dendogram (debi süreklilik eğrilerinin %30 - %100 aralığı için).....	68
Şekil 4.21	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	69
Şekil 4.22	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	70
Şekil 4.23	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	70
Şekil 4.24	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	71
Şekil 4.25	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	72
Şekil 4.26	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	72
Şekil 4.27	: Ward küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	73
Şekil 4.28	: Ward küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	73
Şekil 4.29	: Ward küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	74
Şekil 4.30	: Ward yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	75

Şekil 4.31	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	76
Şekil 4.32	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için).....	77
Şekil 4.33	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	77
Şekil 4.34	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için).....	78
Şekil 4.35	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	79
Şekil 4.36	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	79
Şekil 4.37	: k-ortalamaları küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri ...	80
Şekil 4.38	: k-ortalamaları küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	80
Şekil 4.39	: k-ortalamaları küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	81
Şekil 4.40	: k-ortalamaları yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	82
Şekil 4.41	: Tam bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	83
Şekil 4.42	: Tam bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	83
Şekil 4.43	: Tam bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	84
Şekil 4.44	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tam bağlantı yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	84
Şekil 4.45	: Tam bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	85
Şekil 4.46	: Medyan bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	86
Şekil 4.47	: Medyan bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	87
Şekil 4.48	: Medyan bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	87
Şekil 4.49	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek medyan bağlantı yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	88
Şekil 4.50	: Medyan yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	89
Şekil 4.51	: Ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özellik debi süreklilik eğrileri	89

Şekil 4.52	: Ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	90
Şekil 4.53	: Ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	90
Şekil 4.54	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek ortalama bağlantı yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	91
Şekil 4.55	: Ortalama bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	92
Şekil 4.56	: Merkezi bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	93
Şekil 4.57	: Merkezi bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	93
Şekil 4.58	: Merkezi bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	94
Şekil 4.59	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek merkezi bağlantı yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	94
Şekil 4.60	: Merkezi bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	95
Şekil 4.61	: Tekli bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	96
Şekil 4.62	: Tekli bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	97
Şekil 4.63	: Tekli bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri	97
Şekil 4.64	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tekli ortalama bağlantı yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için).....	98
Şekil 4.65	: Tekli bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları	99
Şekil 4.66	: Doğu Karadeniz’de seçilen örnek çalışma bölgesinde A alt bölgesine ait debi süreklilik eğrisi	101
Şekil 4.67	: Doğu Karadeniz’de seçilen örnek çalışma bölgesinde B alt bölgesine ait debi süreklilik eğrisi	102
Şekil 4.68	: Doğu Karadeniz’de seçilen örnek çalışma bölgesinde C alt bölgesine ait debi süreklilik eğrisi	103
Şekil 5.1	: Bölgesel doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi için algoritma	106
Şekil D.1	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tam bağlantı yöntemine ait dendogram	114
Şekil D.2	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek medyan bağlantı yöntemine ait dendogram	114
Şekil D.3	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek ortalama bağlantı yöntemine ait dendogram	115
Şekil D.4	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek merkezi bağlantı yöntemine ait dendogram	115
Şekil D.5	: Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tekli bağlantı yöntemine ait dendogram	116

SEMBOL LİSTESİ

A	: Kümeler arasındaki kareler toplamı
$A_{istasyon}$	: Akım gözlem istasyonundaki drenaj alanı
A_{tesis}	: Tesisin inşa edileceği yerdeki drenaj alanı
c	: Katsayı
C_J	: J-inci küme
C_K	: K-ıncı küme
C_L	: L-inci küme
C_M	: M-inci küme
$d_{a,b}$	: a ve b nesneleri arasındaki öklit uzaklığı
dt	: Zaman aralığı
$d(x_i, x_j)$	: nesneler veya x_i ve x_j vektörleri arasındaki uzaklık (benzemezlik ölçüsü)
D_{JK}	: C_J ve C_K arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü
D_{JL}	: C_J ve C_L arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü
D_{JM}	: C_J ve C_M arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü
D_{KL}	: C_K ve C_L arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü
E	: Enerji
H_n	: Net düşü
k	: Küme sayısı
n	: Nesne sayısı
n_j	: j-inci kümedeki nesne sayısı
N	: Güç
N_J	: J -inci kümedeki eleman sayısı
N_K	: K-ıncı kümedeki eleman sayısı
N_L	: L-inci kümedeki eleman sayısı
N_M	: M-inci kümedeki eleman sayısı
Q	: Debi
$Q_{istasyon}$	: Akım gözlem istasyonundaki debi
$Q(t)$	: Akarsuda t anındaki debi değeri
Q_{tesis}	: Tesisin inşa edileceği yerdeki debi
$r_{a,b}$	: a ve b nesneleri arasındaki korelasyon katsayısı
t	: Zaman
v	: Veri matrisindeki değişken sayısı
W	: Küme içindeki kareler toplamı
X_{dij}	: j-inci kümedeki i-inci nesnenin d-inci değişken değeri
$ x $	: x vektörünün öklit uzaklığı (x vektörü elemanlarının karelerinin toplamının karekökü)
$\bar{x}$	: verilerin ortalama vektörü
$\bar{x}_a$	: a nesnesi değerlerinin ortalaması
x_{aj}	: a nesnesinin j-inci değişken değeri

$\bar{x}_b$	: b nesnesi değerlerinin ortalaması
x_{bj}	: b nesnesinin j-inci değişken değeri
x_i	: Nesnenin i-inci değeri
$\bar{x}_{kj}$	: k kümesinin j-inci değişken değerlerinin ortalaması
x_u	: Standartlaştırmadan önceki x'in u-uncu değeri
$\bar{x}_u$	: Standartlaştırmadan önceki x'in u-uncu değerlerinin ortalaması
$x_{u_{yeni}}$	: Standartlaştırmadan sonraki x'in u-uncu değeri
$\bar{x}_k$	: K kümesinin ortalama vektörü
$\bar{x}_L$	: L kümesinin ortalama vektörü
η	: Santral verimi
η_t	: Türbin verimi
η_j	: Jeneratör verimi
η_{tr}	: Trafo verimi
σ_{xu}	: Standartlaştırmadan önceki x'in u-uncu değerlerinin standart sapması
γ	: Suyun birim hacim ağırlığı

DOĞAL AKIŞLI HİDROELEKTRİK POTANSİYELİN BELİRLENMESİNDE BÖLGESEL ANALİZ YAKLAŞIMI

ÖZET

Düşü ve akım parametreleri doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır. Düşüm yüksekliği, hidroelektrik santralin bulunduğu yerin topografyasına ve fiziksel özelliklerine bağlı olup, kolaylıkla belirlenebilmektedir. Bunun aksine rastgele bir değişken olan akım ise zaman içinde çok farklı değerler almaktadır. Diğer taraftan akım ölçüm değeri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki doğal akışlı hidroelektrik santrallerin projelendirilmesinde kullanılacak olan debinin seçimi ve tespitinde güçlüklerle karşılaşmaktadır. Böyle durumlarda, bölgedeki akım gözlem istasyonlarından elde edilen günlük akımların frekans analizi yapılarak her bir istasyon için özgül debi süreklilik eğrileri türetilir ve her bir homojen alt bölge için bölgesel debi süreklilik eğrileri oluşturulmaktadır. Bu eğriler yardımıyla akım ölçüm değeri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerler için akım tahminlerinde bulunulmaktadır.

Genellikle ölçülmüş/gözlenmiş verilere dayanan bölgesel homojenlik analizlerinde istatistiksel test ve yöntemler kullanılmaktadır. Ölçülmüş ham verilerin kullanılması durumunda uygulanan bir çok homojenlik testi bulunmaktadır. Eğer böyle ham veriler, doğal karakterini bozacak değişik işlemlere tabi tutuluyorsa ham veriler üzerinde yapılan homojenlik testleri geçerliliğini yitirmektedir. Bu bölgesel süreklilik eğrilerinin elde edilmesinde karşılaşılan en büyük problemidir. Netice itibarıyla debi süreklilik eğrilerinde değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen değerler kullanılarak bölgesel homojenlik testi yapmak için uygun bir analiz yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. İstasyonlara ait özgül debi süreklilik eğrilerinden bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesinde en iyi yöntem küme analizi yöntemidir.

Bu yaklaşımın tatbiki için Doğu Karadeniz Bölgesinde bir çok alt havzaya sahip örnek bir çalışma bölgesi seçilmiştir. Seçilen saha, batıda Ordu - Giresun sınırından başlayarak doğuda Sarp sınırına ulaşmakta, kuzeyi Karadeniz, güneyi Çoruh Havzası ile çevrelenmektedir. Çalışma sahasında yeterli kayıt uzunluğuna sahip ve bölgeyi karakterize edebilecek 26 adet akım gözlem istasyonu seçilmiştir. Her bir akım gözlem istasyonuna ait özgül debi süreklilik eğrileri kullanılarak küme analizi yapılmış ve saha homojen bölgelere ayrılmıştır.

Küme analizinde, hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden tekli bağlantı, tam bağlantı, basit ortalama bağlantı, ağırlıklı ortalama bağlantı, merkezi bağlantı, medyan bağlantı ve Ward yöntemleri ile hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemlerinden k-ortalamaları küme analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Küme analiziyle oluşturulan homojen bölgelere ait sınırların, veri olarak kullanılan özgül debi değerlerinin standart hale getirilip getirilmemesine, özgül debi süreklilik eğrisinin kullanılan aralığına ve küme analiz yöntemine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Bu bağlamda, özgül debi süreklilik eğrisinin aşağıdaki bölümleri için bir çalışma yapılmıştır. Bunlar;

- Özgül debi süreklilik eğrisinin tamamı için (%0 - %100 aşılma olasılığı için),
- Özgül debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %0 - %30 aralığı için,
- Özgül debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %30 - %100 aralığı için.

Yukarıdaki araştırma yalnız bu tezdeki örnek bölgesel veriler üzerinde değil aynı zamanda Yu ve Yang (1996) tarafından Güney Tayvan'da bölgesel çalışmada kullanılan 34 istasyona ait verilere de uygulanmıştır. Bu çalışmalar, elde edilen homojen alt bölge sınırının küme analizinde veri olarak özgül debi süreklilik eğrisinin kullanılan aralığına bağlı olduğunu göstermiştir.

Güney Tayvan ve bu tez çalışmasındaki veriler kullanılarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemleri ile özgül debi süreklilik eğrileri açısından oluşturulan homojen bölgeler mukayese edildiğinde hiyerarşik yöntemlerden tam bağlantı ve Ward yöntemleri ile hiyerarşik olmayan yöntemlerden k-ortalamarı yönteminin bir birine daha yakın sonuç verdikleri görülmüştür. Tekli bağlantı, medyan bağlantı, merkezi bağlantı, basit ortalama bağlantı ve ağırlıklı ortalama bağlantı yöntemlerine ait sonuçlar özgül debi süreklilik eğrileri yönünden anlamlı ve uygulanabilir bulunmamıştır. Hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz sonuçları değerlendirildiğinde, k-ortalamarı yönteminin en küçük hatayı veren sınıflandırma yöntemi olduğu görülmüştür. Bölgesel özgül debi süreklilik eğrileri, her bir istasyona ait özgül debi süreklilik eğrileri ile karşılaştırılmış ve hata oranının %30'u geçmediği tespit edilmiştir.

Bölgesel debi süreklilik eğrileri için küme analizi yapmadan önce verilerin standart hale getirilmemesi halinde farklı homojen bölgelerin oluşacağı görülmüştür.

Örnek çalışma bölgesinde en uygun küme analiz yöntemiyle homojen bölgeler belirlendikten sonra her bir homojen bölge için üçüncü dereceden polinom olan bölgesel özgül debi süreklilik eğrileri türetilmiştir.

Küme analizi ile belirlenen bir homojen bölgeye ait bölgesel debi süreklilik eğrisi kullanılarak doğal akışlı hidroelektrik santral planlaması için sistematik bir algoritma sunulmuştur.

Bu yaklaşımın akım gözlem değeri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerde doğal akışlı hidroelektrik santrallerin planlama çalışmalarında faydalı olacağı ümit edilmektedir.

REGIONAL ANALYSIS APPROACH TO DETERMINATION OF HYDROELECTRIC POTENTIAL OF NATURAL GRAVITY FLOW

SUMMARY

Fall head and flow parameters play effective roles in the determination of the hydroelectric potential of the natural flows. Fall head depends on the physical and topographical characteristics of the hydropower plant location, and can easily be ascertained. Whereas flow, being a random variable, displays widely varying behavior over time. On the other hand, it is faced with difficulty in determining the flow values to be used in the design of natural flow hydroelectric power plants, for locations with non existing or incomplete/inadequate measured flow data.

Under such circumstances, researching toward the determination of flow, through frequency analysis of daily flow data available in the regional monitoring flow stations, and by constructing the specific flow duration curves for each station, and by creating the regional flow duration curves for each homogenous sub-region, and with the help of these curves, making flow predictions for locations with non existing or incomplete/inadequate flow data.

In general, statistical tests and methods employed in the regional homogeneity analyses are based on the measured/observed data. There are a number of homogeneity tests to be applied, in cases where raw observed data is used. However, if such raw data is subjected to various processes, altering its natural characteristics, the homogeneity tests made on the raw data losses its validity. This is the biggest problem encountered in obtaining the regional flow duration curves. Consequently, a suitable method of analysis is needed that would make regional homogeneity tests, using as data, the values corresponding to different exceeding percentages, in the flow duration curves. The best method to obtain the regional flow duration curves, from the specific flow duration curves for stations is the cluster analysis.

To illustrate this approach, a sample study area, consisting of several sub-catchments has been selected in East Black Sea region. The selected area starts from the Ordu – Giresun boundary on the West, extends to Sarp border point on the East, and is bordered by the Black See on the North, and Çoruh catchment on the South. In the study area, 26 flow monitoring stations, with adequate observation history and with characteristics suitable to be the representative of the region, have been selected. Using the specific flow duration curves for each flow monitoring station, cluster analysis has been performed, and the area has been divided into homogeneous regions. In the cluster analysis, the single linkage, complete linkage, simple average linkage, weighted average linkage, centroid linkage, median linkage and Ward method of the hierarchic cluster analysis, and the k-means method of the non-hierarchical analysis, have been used.

It is determined that change of the boundaries of homogenous sub-regions depends on whether making or not making standard the specific flow duration curve values being used as data, and the used interval of specific flow duration curve and cluster analysis methods. In this context, a study was performed for the following sections of the specific flow duration curve. These are;

- for all of the specific flow duration curve (with the exceeding probability of 0% and 100%),
- for the section of the specific flow duration curve with the exceeding probability between 0% and 30%,
- for the section of the specific flow duration curve with the exceeding probability between 30% and 100%.

The above investigation was not made only on the sample regional data in this dissertation but also performed on the data belonging to 34 stations used in a regional study in Southern Taiwan by Yu and Yang (1996). These studies have shown that the obtained boundaries of homogeneous sub-regions depend on which interval of the specific flow duration curve is used as data in the cluster analysis.

When the homogeneous regions formed in terms of specific flow duration curves with hierarchical and nonhierarchical cluster analysis methods by using the data used both in Southern Taiwan and in this thesis study are compared, it was observed that complete linkage method and Ward method within hierarchical methods and k-means method within nonhierarchical methods yield closer results to each other. The results obtained by using single linkage, median linkage, centroid linkage, simple average linkage, and weighted average linkage methods could not be found applicable and meaningful in terms of specific flow duration relations. In case of the hierarchical and nonhierarchical cluster analysis results were evaluated it was seen that the method of classification yielding the least error is determined by using k-means method. Regional specific flow duration curves have been compared to specific flow duration curves for each station, and it has been noted that the error magnitude was never more than 30%.

It was seen that if the data will not be standardised prior to perform cluster analysis for regional flow duration curves, different homogeneous regions are obtained.

After determination of the most appropriate cluster analysis method for evaluating the homogeneous regions in sample study areas regional specific flow duration curves have been derived for each homogeneous region that each is a third degree polynomials.

Using the regional specific flow duration curve for a homogenous region, identified as a result of the cluster analysis, a systematic algorithm for planning of natural flow hydroelectric power plants has been presented.

It is hoped that this approach will be useful in planning natural flow hydroelectric power plants for locations with non existing or incomplete/inadequate flow data.

1. GİRİŞ

İnsanlar eski çağlardan beri suyun potansiyel enerjisinden faydalanmak suretiyle enerji elde etmiş ve elde edilen enerjiyi sulama suyunun yükseltilmesinde, tahılların öğütülmesinde ve diğer basit uygulamalarda kullanmışlardır. Diğer taraftan su gücüyle çalışan makinelerin yapılması, sanayi devrimini büyük ölçüde güçlendirmiştir.

Günümüzde insan yaşamı ve ekonomik hayatı elektrik enerjisine öyle bağımlı olmuştur ki, enerji temininde çok kısa süreli de olsa meydana gelen kesinti ve aksaklıklar çok büyük rahatsızlıklara ve ekonomik kayba neden olmaktadır.

Elektrik enerjisi, termik, doğalgaz, rüzgar, nükleer ve hidroelektrik santrallerden elde edilmektedir. Günümüzde gelişmiş ülkelerde enerji talebi her geçen yıl % 2 ila %3 oranında artmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise bu yıllık artış %10'lara varmaktadır. Termik santraller fosil veya nükleer yakıt kullanırken, hidroelektrik santrallerin jeneratörlerini su türbinleri harekete geçirmektedir. Halen dünyada enerji gereksiniminin %80'i fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Bu kaynakların sınırlı, tükenebilir ve çevreyle uyumlu olmaması ile işletme maliyetlerinin yüksek olması hidroelektrik enerjinin önemini daha da artırmaktadır. Hidroelektrik enerji yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerji üretiminde hava kirliliği veya radyoaktif atık sorunu yoktur ve küresel ısınmaya neden olmamaktadır. Yakıt ihtiyacı olmaması sebebiyle hidroelektrik tesislerin çok az işletme maliyeti vardır. İşletme gideri fazla olan termik santrallerin yerine pik yükün karşılanmasında hidroelektrik santrallerin kullanılması tercih edilmektedir. Hidroelektrik santralin yakıt maliyeti olmasa da, inşaat süresi uzun olup, ilk yatırım maliyeti termik santrallere göre daha fazladır. Termik santraller baz yükü çalıştırılmaktadır. Hidroelektrik santralı işletmeye almak için 4-5 dakikalık bir zaman gerekirken, termik santralı devreye almak için bu sürenin çok daha uzun olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla değişken yükleri karşılamak için az bir enerji kaybıyla hidroelektrik santrallerin kullanılması daha uygundur. Geçmişte, enerji santralleri ihtiyaç

bölgelerinde bağımsız olarak hizmet vermekten bu gün bu santraller enterkonnekte sistemle bir birine bağlı şekilde çalışmaktadır.

Nükleer santraller de değişken yük durumları için uygun değildir. Çünkü reaktörler yük değişimlerine cevap vermek için kolayca kontrol edilemez ve dolayısıyla yüksek yük faktörüyle baz yükü karşılamak için kullanılırlar. Hacim kaplamadıkları için nükleer yakıt taşıma maliyetleri ihmal edilebilir, dolayısıyla konvansiyonel fosil yakıtlarının ve su gücünün mevcut olmadığı yerlerde nükleer santraller daha avantajlıdır. Termik santraller gibi hava kirliliğine yol açmasa da güvenlik problemleri nükleer santrallerin yaygınlaşmasına engel olmaktadır.

Hidroelektrik santraller, depolamalı ve doğal akışlı olmak üzere iki ana grupta değerlendirilebilir. Depolamalı hidroelektrik santrallerde, zaman içinde rastgele bir değişken niteliğinde olan akım, depolama yapılmak suretiyle düzenlenmekte ve bu düzenli debiyle akarsudan daha fazla enerji üretilmektedir. Depolama terimi genellikle mevsimlik düzenlemeler için kullanılmaktadır.

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde, depolama unsurunun olmaması ve düşünün santralin inşa edildiği yerdeki fiziki ve topografik şartlara bağlı sabit bir değer olması nedeniyle santralden üretilecek elektrik enerjisi miktarı, akarsuda o an var olan akımın bir fonksiyonudur. Baz yük sağlamakta olan bu tür santrallerin enerji ihtiyacının fazla olduğu zamanlarda talebi karşılamak üzere enerji üretimini artırma yeteneği bulunmamaktadır.

Depolamalı hidroelektrik santral yapılması durumunda, yukarıdaki sorunların ortaya çıkması muhtemel yerlerde projenin yaratacağı olumsuz çevre ve sosyal etkileri asgari düzeye çekmek için **doğal akışlı hidroelektrik santral** alternatifi gündeme gelmektedir. Yukarıda ifade edilen olumsuz çevresel etkiler nedeniyle dünya genelinde depolamalı tesisler yerine doğal akışlı tesisler tercih edilir hale gelmiştir. Bu tür tesislerden üretilen enerjiye de eko-enerji adı verilmektedir.

1.2 Çalışma Konusunun Tanıtılması

Doğal akışlı bir hidroelektrik santralin kurulu güç ve enerji potansiyelinin belirlenmesinde karşılaşılan en önemli sorun proje debisinin seçilmesidir. Burada bir başka önemli sorun da öngörülen tesis yerinde akarsuya ait ölçüm verilerinin bulunmayışdır. Yine enerji potansiyelinin belirlenmesi bölgesel ölçekte ele alındığında bu sorunlar çok daha büyük boyutlara varmaktadır. Yukarıdaki

sorunların giderilmesinde “bölgesel debi süreklilik eğrisi” kavramı önemli bir araç olmaktadır.

Debi süreklilik eğrisi, her hangi bir akarsuda belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık (veya başka bir zaman aralığında) akımların miktarı ile frekansı arasındaki ilişkiyi karakterize etmektedir. Söz konusu istasyona ait debi gidiş çizgisinden faydalanılarak debinin belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanarak düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa debi süreklilik eğrisi elde edilir (Bayazıt, 1987). Yılda küçük zaman birimleri için bir akarsudaki akım süreci stasyoner (istatistik özellikleri zamanla değişmeyen) bir süreç olmayıp ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı gibi özellikleri yıl boyunca değiştiği için debi süreklilik eğrisi, eklenik olasılık dağılım eğrisi değildir. Dolayısıyla belli bir gündeki akımın belli bir değeri aşma olasılığı yıl içinde bulunan güne bağlıdır (Cıgızoğlu, 1997).

Eklenik olasılık dağılımı $F(x)$, olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ 'in integrali olup, (1.1) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$F(x) = P(-\infty \leq X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (1.1)$$

Yıllık akımlar stasyonerdir. Bu sebeple belli bir x değerinin aşılma olasılığını hesaplamak için eklenik frekans dağılım değerini 1'den çıkarmak yeterli olmaktadır. Günlük ve aylık akım değerleri ise stasyoner değildir. Stasyoner olmayan serilerin eklenik frekans dağılımı tanımlanamaz. Bu nedenle günlük akımların debi süreklilik eğrisi eklenik olasılık dağılım eğrisi olarak düşünülemez (Cıgızoğlu, 1997).

Debi süreklilik eğrisi, bir akarsuda belli bir debinin bulunma olasılığını göstermektedir. Günlük akımların frekans dağılımında, drenaj alanının etkisinin büyük olduğu belirtilmektedir. Günlük akımlarda varyans, mevsimsel değişimlerin fonksiyonudur.

Özgül debi değeri kullanılarak küçük ve büyük havzalar arasında kolaylıkla karşılaştırma yapılabilmektedir. Yine bu yaklaşım sayesinde, akarsu eğimi, bitki örtüsü ve zemin yapısı gibi diğer özellikleri de belli ölçüde yansıtan bir drenaj (havza) alanı tanımı yapılabilmektedir.

Burada, küme analizi yöntemi yardımıyla homojen alt bölgeler oluşturulmak suretiyle bölgesel özgül debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi ve homojen bölgelerin, küme analizinde debi süreklilik eğrilerinin kullanılan bölümlerine bağlı olup olmadığı üzerine çalışma yapılmıştır. Örnek çalışma sahası olarak seçilen bölge, Doğu Karadeniz Bölgesi sınırları içinde kalmakta olup, batıda Ordu – Giresun il sınırından başlayarak doğuda Sarp sınır kapısına kadar uzanmakta ve kuzeyi, Karadeniz, güneyi ise Doğu Karadeniz Havza sınırı ile çevrilidir. Bölgeye ait söz konusu özgül debi süreklilik eğrilerinin değerleri kullanılarak küme analizi (cluster analysis) yapılmış ve bu şekilde bölge homojen alt bölgelere ayrılmıştır. Küme analizinde, hem hiyerarşik hem de hiyerarşik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Çeşitli küme analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçlar eldeki mevcut özgül debi süreklilik eğrileri ile bölgenin meteorolojik, fiziksel ve coğrafik şartları dikkate alınarak değerlendirilmiş ve hiyerarşik olmayan küme tekniklerinden k-ortalamaları yönteminin, özgül debi süreklilik eğrilerine göre bölgenin homojen bölgelere ayrılması için uygun sonuç verdiği görülmüştür.

Küme analizi sonucunda oluşturulan her bir homojen alt bölgeye ait bölgesel debi süreklilik eğrisi elde edilmiştir. Bölgesel özgül debi süreklilik eğrileri her bir istasyona ait özgül debi süreklilik eğrileri ile mukayese edilmiş ve hata oranının %30'u geçmediği belirlenmiştir.

Ayrıca, bir homojen bölge için belirlenen bölgesel özgül debi süreklilik eğrisi kullanılarak önce tek bir santralin kurulu gücü, sonra da bölgesel ölçekteki hidroelektrik potansiyelin hesaplama algoritması verilmiştir.

1.3 Konu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Farklı amaçlar için homojen bölgelerin belirlenmesine yönelik bu güne kadar belli ölçüde çalışma yapılmış olup, bunlardan bazıları aşağıda verilmektedir. Ancak, bölge ölçeğinde doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin tespitine yönelik literatürde önemli bir çalışmaya rastlanmamıştır. Debi süreklilik eğrisinin, su kaynakları mühendisliğinde çok değişik uygulama alanları bulunmasına rağmen konu üzerinde yapılmış çalışma sayısı sınırlıdır. Konuyla ilgili yapılmış çalışmaların önemli bir

bölümü bir istasyona ait debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi ve planlama çalışmalarında kullanılması şeklindedir.

LeBoutillier ve Waylen (1993), debi süreklilik eğrilerinin istatistiki modelleri ve bu modellerin kümeleme analiziyle bölgesel değişimi üzerinde çalışma yapmıştır.

Homojen bölgelerin belirlenmesiyle ilgili Burn ve Goel (2000), taşkın frekans analizinde homojen bölgelerin L-momentleri kullanılarak belirlenebileceğini ifade etmektedir.

Yine homojen bölgelerin belirlenmesinde Gingras ve Adamowski (1993), taşkın analizinde homojen bölgelerin tespitinde parametrik olmayan frekans analizinin kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Stooksbury ve Michaels (1991), Güneydoğu Amerika'da meteorolojik istasyonlar üzerinde çeşitli yağış ve sıcaklık parametrelerini kullanarak küme analizi uygulaması yapmıştır. Gong ve Richman (1995), Kuzey Amerika'da mevsimsel yağış dataları üzerinde küme analizi uygulamış ve küme analizlerinin performansları hakkında bilgi vermiştir. Fennessey ve Vogel (1990), Massachusetts'de akım gözlem istasyonu olmayan yerler için bölgesel debi süreklilik eğrisi geliştirmiştir. Debi süreklilik eğrisi 2 değişkenli log-normal olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak modellenmiştir.

Mimikou ve Kaemaki (1985) tarafından batı ve kuzeybatı Yunanistan'da iklimsel parametrelere dayalı olarak bölgesel debi süreklilik eğrileri üzerinde araştırma yapmıştır. Söz konusu çalışmada 11 akım gözlem istasyonuna ait değerler (yıllık ortalama yağış, drenaj alanı, kot ve havzaların birbirine olan uzaklıkları) kullanılmıştır. Bu çalışmada 5 adet model uygulanmıştır.

Yu ve Yang (1996), sentetik bölgesel debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi üzerine Güney Tayvan'da bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada hem boyutsuz hem de özgül debi süreklilik eğrilerinin küme analizi yapılmıştır. Ancak bu çalışmada debi süreklilik eğrisinin bütününe içeren değerler küme analizinde veri olarak kullanılmıştır. Havzadaki istasyonlara ait debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %0 ile %100'ü için değil de belli bir bölümü için küme analizi yapılırsa, farklı küme sonuçları alınacaktır. Debi süreklilik eğrisinin belli bir bölümünün (örneğin %30-%100) kullanılması özellikle doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin tespitinde önem taşımaktadır. Dolayısıyla, doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin tespitinde debi

süreklilik eğrisinin %30-%100'lük bölümü esas alınarak küme analizinin yapılması, ortak bir bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesi açısından anlamlı bir yaklaşım olacaktır.

Yapılacak bu bölgesel analizlere dayanarak bölge içinde akım ölçümlerinin olmadığı yerlerde akım tahmini yapmak da mümkündür. Bölgesel debi süreklilik eğrisi belirlendikten sonra ölçüm olmayan bir yerde debi tahmini yapmak için sadece tesis yerine ait drenaj alanına ihtiyaç vardır.

Bölgesel özgül debi süreklilik eğrisinin belirlenebilmesi için bölge içersinde homojen bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir. Homojen bölge, daha alt gruplara ayrıldığında tahminlerde iyileşmenin olmadığı bölge olarak tanımlanabilir. Bölge ne kadar homojen ise bölgesel yöntemlerin kullanılmasıyla elde edilen sonuçların da o kadar güvenilir olduğu bilinmektedir (Önöz, 1992). Diğer bir ifade ile homojen bölge, benzer iklim, hidrolojik ve fiziksel karakteristikler içeren yerlerden oluşmaktadır. Örneğin taşkın frekans analizinde homojen bölgelerin belirlenmesinde bölgedeki istasyonların değişim katsayılarının (Cv) varyansı minimum ve bölgesel ortalama değişim katsayısının maksimum yapılması hedeflenmektedir.

Yu ve diğ. (2002) tarafından Tayvan'daki Cho-Shuei deresinde hem polinom hem de alan-indeks yöntemleri kullanılarak akım gözlem istasyonu olmayan yerler için debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir. Burada alan-indeks yönteminde değişken olarak sadece drenaj alanı kullanılırken polinom yönteminde yıllık yağış, havza yüksekliği ve drenaj alanı kullanılmakta olup, polinom yönteminin daha iyi netice verdiği ifade edilmektedir.

Singh ve diğ. (2001) tarafından Hindistan'nın aşağı Himalaya bölgesinde akım gözlem istasyonu olmayan 1200 örnekleme alanı için model geliştirilmiş ve bu bölgenin hidrometeorolojik açıdan homojen olduğu kabul edilmiştir. Söz konusu model, aynı bölgede yer alan akım gözlem istasyonlarındaki verilerin akım gözlem değeri olmayan yerlere istatistiksel ve amprik olarak transferi esasına dayandırılmıştır.

Ünal ve diğ. (2003), küme analiz yöntemi ile Türkiye'nin iklim bölgelerini yeniden tanımlamıştır. Bu çalışmada 113 adet gözlem istasyonundan temin edilen ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklar ile yıllık toplam yağış verileri standart hale

getirilerek küme analizinde kullanılmıştır. Bölgeselleştirme çalışmalarında hiyerarşik küme analiz yöntemleri uygulanmıştır. İklimsel araştırmalarda olduğu gibi bu çalışmada da Ward metodunun uygun yöntem olduğuna karar verilmiştir. Sonuç olarak klasik iklim bölgesi sayısına eşit iklim bölgesi elde edilmiş olmakla birlikte bölge sınırlarında belirli ölçüde farklılıklar gözlenmiştir.

1.4 İncelenecek Problem Ve Çalışmanın İçeriği

Bu tez çalışmasını oluşturan kısımlardan Bölüm 2’de, doğal akışlı hidroelektrik santraller hakkında bilgi verilmiş ve bölgesel ölçekte doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde karşılaşılan sorunlar üzerinde durulmuştur. Bölüm 3’de ise küme analizi ile ilgili öz bilgiler verilmiştir. Bölüm 4’de, hem Yu ve Yang (1996) tarafından yapılan bölgesel çalışmada kullanılan 34 akım gözlem istasyonuna ait özgül debi süreklilik eğrilerinin %0-%100, %0-%30 ve %30-%100 aralığı içinde kalan ve bu aralıklarda değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerlerinin hem standart hale getirilerek hem de standart hale getirilmeden oluşturulan veri matrisine Ward ve k-ortalamaları yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen homojen bölge sınırlarının değişimi incelenmiş hem de Doğu Karadeniz’de seçilen bir örnek bölge üzerinde bölgesel debi süreklilik eğrisinin elde edilmesine yönelik küme analizi uygulaması yapılarak ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bölüm 5’de ise doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi için bir algoritma geliştirilmiştir.

2. DOĞAL AKIŞLI HİDROELEKTRİK POTANSİYEL KAVRAMI VE BU POTANSİYELİN DEĞERLENDİRİLMESİNE YÖNELİK TEMEL İLKE VE YAKLAŞIMLAR

2.1 Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyel Kavramı

Hidroelektrik santraller, depolamalı ve doğal akışlı olmak üzere iki ana grupta değerlendirilebilir. Depolamalı hidroelektrik santrallerde, zaman içinde rastgele bir değişken niteliğinde olan akım, depolama yapılmak suretiyle düzenlenmekte ve bu düzenli akım ile akarsudan daha fazla enerji üretilmektedir. Depolama terimi genellikle mevsimlik düzenleme yapabilme kapasitesine sahip projeler için kullanılmaktadır. Pompajlı depolama projelerindeki ana felsefe ise, enerji ihtiyacının az ve maliyetinin düşük olduğu gece ve hafta sonu gibi dönemlerde suyun daha üst kotta bulunan rezervuarlara pompalanması ve enerji ihtiyacının fazla ve maliyetinin yüksek olduğu dönemlerde ise rezervuarda biriktirilen suyun enerji üretmek üzere türbinlenmesi esasına dayanmaktadır.

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde, depolama unsurunun olmaması ve düşünün santralın inşa edildiği yerdeki fiziki ve topografik şartlara bağlı sabit bir değer olması nedeniyle santralden üretilecek elektrik enerjisi miktarı, akarsuda o an var olan akımın bir fonksiyonudur. Bu tür santrallerin enerji ihtiyacının fazla olduğu zamanlarda talebi karşılamak üzere enerji üretimini artırma yeteneği bulunmaması nedeniyle baz yük sağlamaktadır. Yük faktörü değeri ise akarsuyun rejimine ve seçilen proje debisinin aşılma olasılığına bağlıdır.

Geçmişte doğal akışlı hidroelektrik enerji planlamasındaki ana felsefe, seçilecek olan proje debisi için aşılma olasılığı % 60-70 olan Q_{60} – Q_{70} civarında bir değer alınarak atıl kapasite yaratmadan ve aynı zamanda ilk yatırım bedelini minimum seviyede tutmak esasına dayanmaktaydı. Günümüzdeki yeni enerji politikalarında ise çoklu türbin grupları seçilmek kaydıyla akarsuyun hidroelektrik potansiyelinden azami

ölçüde yararlanılması yönüne gidilmektedir. Çoklu sistemlerde türbinler eşdeğer kapasitede olabildiği gibi değişik kapasitelerde de olabilmektedir. Bu sayede akarsuda en düşük akımın bulunduğu durumlarda dahi türbinler çalıştırılmak suretiyle debi süreklilik eğrisinin geniş bir kısmının kullanılması imkanı ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, proje debisi olarak seçilen değer olarak Q_{30} düzeyine kadar çıkıldığı görülmektedir. Doğal akışlı hidroelektrik santrallerin projelendirilmesinde, akarsuda yıl içinde en az 90 ila 150 gün var olan debi değerinin esas alındığı literatürde yer almaktadır (Öziş, 1991).

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde, akarsudaki su seviyesi genellikle regülatörler vasıtasıyla yükseltilerek su alma yapısına yönlendirilmekte ve buradan alınan su, çökeltme havuzu, açık kanal, boru veya tüneller ile türbinlere iletilmektedir. Hem doğal akışlı hem de depolamalı hidroelektrik santrallerde türbin ve jeneratörler tesisin mansabında en düşük noktaya yerleştirilerek su alma yapısı girişindeki su seviyesi ile türbinden sonraki kuyruk suyu arasındaki seviye farkının maksimum olması sağlanarak santralden daha fazla enerji üretimi hedeflenmektedir.

Depolamalı hidroelektrik santrallerde, göl alanında kalan yerleşim alanları nedeniyle yöre halkının yeniden yerleşimi, tarihi ve kültürel varlıkların taşınması, nesli tükenen bitki ve hayvan türlerinin korunması, orman ve verimli tarım alanları ile köy yollarının su altında kalması ve baraj gölündeki vadi yamaçlarında suya doymun hale gelen zeminlerde heyelan risk ve olaylarının artması yatırım maliyetlerini ve sosyal problemleri artırıcı yönde sonuçlar doğurmaktadır. Depolamalı tesislerde ulaşım yollarının göl alanı dışına deplasesinin de çok önemli boyutta ilave maliyet getirdiği bilinmektedir. Depolama sonrası suya doymun hale gelen zeminlerde heyelanların arttığına en iyi örnek olarak Doğu Karadeniz Havzasında Harşit Çayı üzerinde inşa edilen Kürtün Baraj gölü etrafındaki heyelanlar gösterilebilir.

Depolamalı hidroelektrik santral yapılması durumunda, yukarıdaki sorunların ortaya çıkması muhtemel yerlerde ve topografik şartlar gereği yerleşim yerlerine ulaşımın vadi yamaçlarından pahalı yatırımlarla ve zor şartlarda yapılan, verimli tarım arazisinin yok olduğu ve potansiyel heyelan tehlikesinin fazla olması beklenen bölgelerde projenin yaratacağı olumsuz çevre ve sosyal etkileri asgari düzeye çekmek için **doğal akışlı hidroelektrik santral** alternatifi gündeme gelmektedir.

Yukarıda ifade edilen olumsuz çevresel etkiler nedeniyle dünya genelinde depolamalı tesisler yerine doğal akışlı tesisler tercih edilir hale gelmiştir. Bu tür tesislerden üretilen enerjiye de eko-enerji adı verilmektedir.

2.2 Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyeli Belirleyen Temel Büyüklükler

Hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde iki ana parametre etkin rol oynamaktadır. Bunlardan biri düşü H (m), diğeri ise debi Q (m^3/s) değeridir. Doğal akışlı hidroelektrik santralin tesis edileceği yerde düşü topografyaya bağlı olup, kolaylıkla belirlenebilirken, akım ölçüm değerleri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki doğal akışlı hidroelektrik santrallerin projelendirilmesinde kullanılacak olan debinin seçimi ve tespitinde güçlüklerle karşılaşmaktadır.

Doğal akışlı hidroelektrik santral planlama çalışmalarında, hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi ve tanımlanmasında firm (güvenilir) enerji, sekonder (tali) enerji, yıllık enerji, brüt ve net düşü, hidroelektrik santral kapasitesi, güç, kurulu güç ve yük faktörü gibi kavramlar kullanılmaktadır. Bunlar aşağıda kısaca tanımlanmaktadır.

Güç, enerji üretim ya da tüketimi hızı olup beygir gücü veya kilowatt ile ifade edilmektedir.

Enerji, iş yapabilme gücü ile ilgili bir terim olup, birimi kilowatt-saat'dir.

Brüt düşü, yükleme havuzunun yüzey kotu ile santral çıkışı kuyruk suyu yüzey kotunun farkıdır. Hidroelektrik projelerinin çoğunda yükleme havuzu ve kuyruk suyu kotları sabit kalmaz. Bu nedenle işletim boyunca brüt düşü değişik değerler almaktadır.

Net düşü, su alma yapılarından, açık kanal, tünel ve cebri boru gibi iletim yapılarından kaynaklanan sürekli ve yersel yük kayıplarının brüt düşüden çıkarıldıktan sonra enerji hesaplarında efektif olarak kullanılan değerdir. Türbin girişi ile türbin çıkış borusu (difüzör) arasındaki kayıplar ise türbin verimi içinde değerlendirilmektedir.

Hidroelektrik santral kapasitesi, maksimum debi ve net düşü altında jeneratörün üretebileceği maksimum güçtür.

Firm (güvenilir) enerji, santralin zamanın %100'ünde üretebileceği enerji olup, temin edileceği kesin olan elektrik enerjisidir. Güvenilir olarak kabul edilen hidroelektrik enerjisini üretmek için gereken akış da garanti edilmelidir. Böylelikle, güvenilir (primer) hidroelektrik enerji, mevcut akış verileri içinde en olumsuz akış şartlarının (kritik dönem) olduğu dönemde elde edilen enerji miktarı esas alınarak tespit edilir. Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde firm enerji, akarsuyun santral yerinde zamanın %85'inde bulunan debiye göre hesaplanan enerji olarak da kabul edilmektedir. Bir hidroelektrik enerji üretim tesisinin talep edilen yükün büyük bir kısmını karşılaması söz konusu olduğunda santralin güvenilir enerji çıktısı mevsimlik talep eğrisini yakından takip etmelidir.

Sekonder enerji, sürekli üretilmemekle birlikte firm enerji dışında santralden temin edilen enerjidir. Çoğu yıl, bir miktar sekonder enerji üretilir ve bu üretim büyük ölçüde yağışların fazla olduğu mevsimlerde yoğunluk kazanır. Planlama çalışmalarında sekonder enerjinin birim faydası firm enerjinin birim faydasından düşük alınmaktadır.

Yük, enerji talebi (ortalama güç talebi) veya kapasite talebi (pik güç talebi) olarak kullanılmaktadır. Normal olarak enerji talebi, yıllık ortalama enerji ihtiyacı olarak ölçülmektedir. Enerji temininde, beklenen yükü karşılayabilecek yeterli kaynaklar bulunmalı ve santrallerin devre dışına çıkması ihtimaline karşı bir rezerv emniyet marjı olmalıdır.

Kapasite, bir üretim birimi veya enerji santrali tarafından üretilen ve kW olarak ifade edilen maksimum güç miktarıdır. Geçmişte, hidroelektrik santral jeneratörleri nominal kapasitenin %15 üstünde aşırı yük kapasitesi ile alınır satılırdı.

Kurulu güç, enerji santralinin nominal kapasitesi olup, santraldeki tüm ünitelerin toplam kapasitesi olarak ifade edilmektedir. Bağlı kapasite (ya da güvenilir kapasite) ise pik güç taleplerini emniyetle karşılamaya katılan kapasite miktarıdır.

Q, akarsuda zamanla değişen bir büyüklüktür. Akarsu içerisindeki su seviyeleri zamanla değiştiği için "H" düşüm yüksekliğinde de değişiklikler olacaktır. Bu yüzden bir akarsu üzerinde zaman, debi ve seviye bağıntılarının her an için bilinmesi zorunluluğu vardır.

Güç, (2.1) ifadesinden açıkça görüldüğü gibi debi ile düşüm yüksekliğinin çarpımından ibarettir.

$$N = \gamma Q H_n \text{ (kgm/s)} \quad (2.1)$$

(2.1) ifadesinde;

N : Güç (kgm/s),

Q : Debi (m³/s),

H_n : Net düşü (m),

η : Türbin(η_t), jeneratör (η_j) ve transformatör (η_{tr}) verimlerinin çarpımı,

γ : Suyun birim hacim ağırlığını (N/m³) göstermektedir.

Burada η değeri, santralin verimini göstermekte olup, sırasıyla türbin, jeneratör ve trafo verimlerinin çarpımı ile ($\eta = \eta_t \eta_j \eta_{tr}$) hesaplanmaktadır. Santralde kullanılan türbin, jeneratör ve trafonun özelliklerine bağlı olan verim için aşağıdaki değerler ilk hesaplamalarda kullanılabilir.

η_t : Türbin verimi (%92)

η_j : Jeneratör verimi (%96)

η_{tr} : Trafo verimi (%98)

η : Santral verimi (0.92x0.96x0.98=0.87)

Bir akarsuyun debisi, drenaj alanına, bu bölgedeki yağış miktarına ve zamana göre dağılışına, bitki örtüsüne, zemin cinsine, arazinin morfolojisine, iklim şartları gibi çeşitli parametrelere bağlıdır. Debi, zaman içinde değişmekte olup, kış ve ilkbahar mevsiminde genellikle büyük, diğer mevsimlerde ise nispeten küçük değerler almaktadır.

Santralden elde edilecek güç, (2.2) ve (2.3) denklemleriyle de ifade edilebilmektedir.

$$N = (1000/75)\eta QH_n = 13,3\eta QH_n \text{ (BG)} \quad (2.2)$$

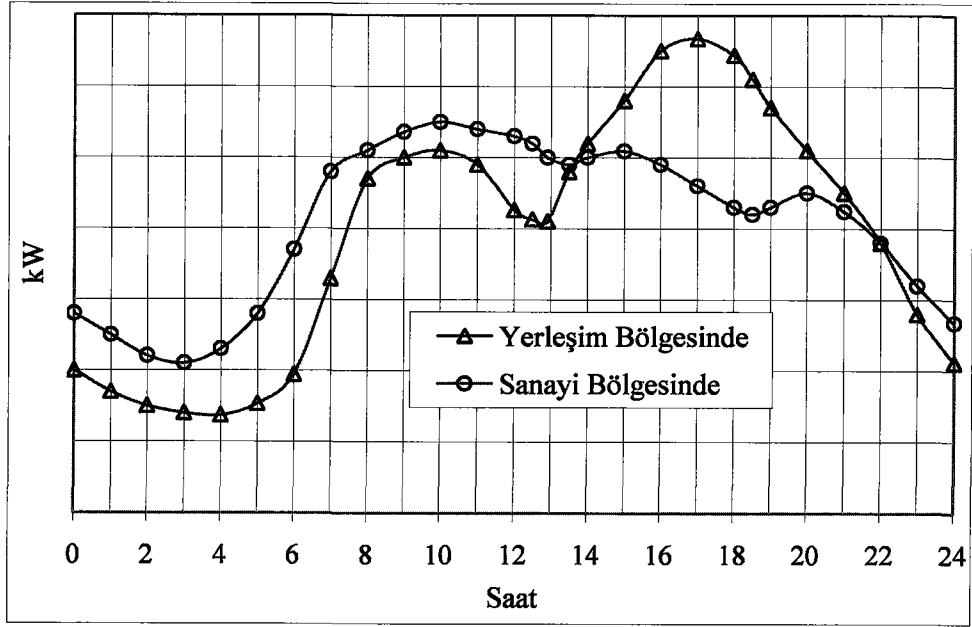
$$N = (13,3 \cdot 0,736)QH_n = 9,8\eta QH_n \text{ (kW)} \quad (2.3)$$

Benzer yaklaşım tek bir tesis için değil bölgesel ölçekteki doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi için de geçerli olmaktadır.

Güç ve işi ifade etmek için değişik birimler kullanılmaktadır. Kullanılan birimler ve birimler arasındaki dönüşümler aşağıda verilmektedir.

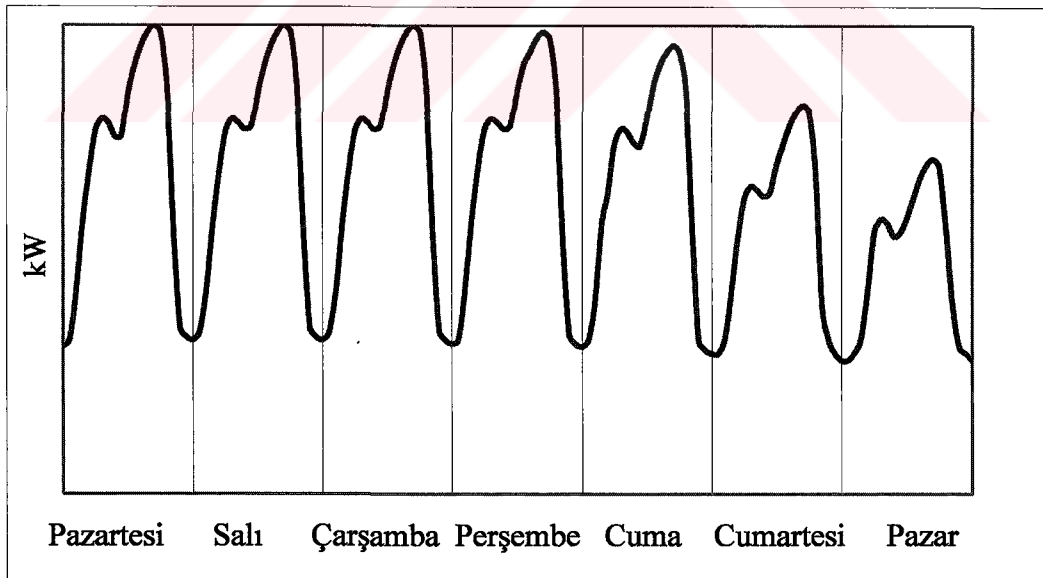
Güç	İş
1 BG = 75 kgm/s	1 BGh = 270 000 kgm
1 kW = 102 kgm/s	1 kWh = 376 000 kgm
1kW = 1,36 BG	1 kWh = 1,36 BG.h
1BG = 0,736 kW	1 BGh = 0,736 kWh
1 000 000 kW = 1000 MW (Megawatt) = 1GW (Gigawatt)	
1 000 000 kWh = 1 GWh	
1 kWh yıl = 8760 kWh,	1 m ³ /s = 31536 000 m ³ /yıl

Elektrik enerjisi ihtiyacı, Şekil 2.1’de görüldüğü gibi kullanım yerine (sanayi bölgesi ve yerleşim yeri v.s.) bağlı olarak değişmekle birlikte yıl içerisinde mevsimden mevsime ve Şekil 2.2’deki gibi günler arasında da değişmektedir (Linsley ve diğ., 1992). Elektrik enerjisi talebi, sabahın ilk saatlerinde minimum değerde iken sabahın ileri saatlerinde ve akşam saatlerinde maksimuma ulaşmaktadır.



Şekil 2.1 Sanayi ve yerleşim bölgeleri için tipik günlük güç ihtiyaç eğrileri (Linsley ve diğ., 1992).

Enerji temin sistemi, günün 24 saatinde sürekli ihtiyaç duyulan baz yükü ve günün sadece birkaç saatinde görülen pik yükü veya bu yüklerin kombinasyonunu karşılayacak özellikte olmalıdır.



Şekil 2.2 Tipik haftalık güç ihtiyaç eğrisi (Linsley ve diğ., 1992)

Yük faktörü, günlük, haftalık, aylık veya yıllık olarak ifade edilmekte olup, sanayi bölgelerinde %80 mertebelerine kadar çıkmaktadır. Yerleşim yerlerinde ise bu oran %30-40 seviyelerine kadar inmektedir. Yük faktörü, aşağıdaki ifade ile

hesaplanmaktadır. Düşük yük faktörleri santralin veriminin düşük olduğunu göstermektedir.

$$\text{Yük faktörü} = \frac{\text{Ortalama yük}}{\text{Pik yük}}$$

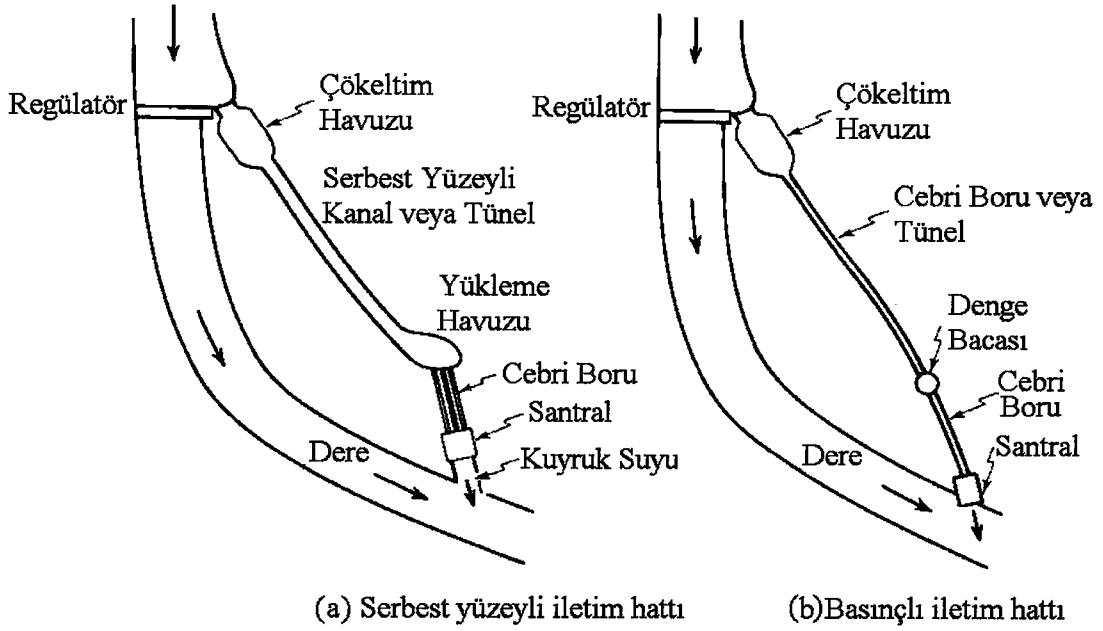
Yük faktörü ile enerji birim fiyatı arasında ters orantı vardır. Çünkü santral, yüksek yük faktöründe, düşük yük faktörüne kıyasla kapasitesine daha yakın bir verimlilikte enerji üretmektedir. Enterkonnekte sistemin iyi işletilmesiyle, doğal akışlı hidroelektrik santraller yüksek yük faktörlerinde çalıştırılır ve böylece hem geri dönüşü olmayan suyun denize boşa akması engellenir hem de kömür ve doğal gaz gibi tükenbilir kaynakların israfının önüne geçilmiş olur.

Ortalama yıllık enerji, bir yıl içinde üretilebilecek enerjinin ortalama tahmini miktarı olup, uzun süreli akış değerlerinin incelenmesine dayanır.

2.3 Doğal Akışlı Hidroelektrik Tesisler Ve Sistem Elemanları

Bir doğal akışlı hidroelektrik tesis, inşa edileceği yerin topografik, jeolojik ve hidrolik şartlarına bağlı olarak bazı değişiklikler göstermekle birlikte Şekil 2.3'deki gibi genellikle aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır.

1. Regülatör ve Su Alma Yapısı
2. İletim Yapıları (Açık Kanal, Konduvi veya Tünel)
3. Yükleme Odası veya Denge Bacası
4. Vanalar ve Vana Odası
5. Şalt Sahası
6. Kuyruk Suyu Kanalı
7. Santral



Şekil 2.3 Doğal akışlı hidroelektrik santral genel vaziyet planı

2.3.1 Regülatör ve su alma yapısı

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde, akarsuda akış halindeki suyun kabartılarak su alma yapısına yönlendirilmesi ile ihtiyaç fazlası su ve taşkın debisinin emniyetli bir şekilde mansaba aktarılması amacıyla genellikle regülatörler kullanılmaktadır. Regülatörler beton gövdeli olup teknik ve ekonomik mukayesesi yapılarak sabit veya hareketli tipte projelendirilmektedir. Bir regülatör ve su alma yapısında, taşkın sularının savaklanacağı beton gövde ve/veya radyal kapak, su alma yapısı önünde biriken sürüntü malzemesinin temizlenmesini sağlayan çakıl geçidi, balık geçidi, su alma yapısı ve çökeltim havuzu bulunmaktadır. Su alma yapısı, akarsudan suyun alınarak açık kanal, konduvi, tünel veya cebri boruya geçişini temin etmektedir. Su alma yapısı üzerindeki ızgara ve elekler, çöp ve döküntülerin türbin birimleri içine girmesini önlerler. Su alma yapısı üzerindeki kapaklar, su alma yapısının mansabında kalan cebri boru ve türbin gibi ünitelerin bakımlarında veya acil durumlarda su geçişinin durdurulmasını temin etmektedir. İyi projelendirilmiş bir su alma yapısı ve çökeltme havuzundan aşağıdaki fonksiyonları yerine getirmesi beklenmektedir.

Suyu düzenli, kontrollü ve emniyetli bir şekilde iletim yapısına yönlendirmek,

Türbine zarar verecek sürüntü ve askıdaki katı maddenin iletim hattına girişi engellemek,

Yapım yönünden ekonomik olması ve yeterli güvenilirlikle hizmet vermesi.

Kule tipi, şaftlı, yamaca yaslanmış eğik veya düşey kapaklı su alma yapısı ve vana odalı batık su alma yapısı olmak üzere çeşitli su alma yapıları bulunmaktadır (Yıldız, 1992).

2.3.2 İletim yapıları (açık kanal, konduvi veya tünel)

Su alma yapısından alınan suyun türbine kadar iletilmesini sağlayan yapılardır. Bu yapılar projenin yerleşimine bağlı olarak çeşitli şekillerde olabilmektedir. İletim yapıları, su alma yapısı ile yükleme havuzu (veya denge bacası) arası ve yükleme havuzu (veya denge bacası) ile türbin arası olmak üzere iki grupta değerlendirilmektedir. Su alma yapısı ile yükleme havuzu (veya denge bacası) arası genellikle açık kanal, alçak basınçlı veya basınçsız konduvi-tünel şeklinde projelendirilmektedir. İletim hattının yükleme havuzu (veya denge bacası) ile türbin arasında kalan kısmı ise yük kaybının en yüksek olduğu cebri boru denem basınçlı boru veya tünel yapısı olarak inşa edilmektedir.

Açık Kanal :

Çeşitli geometriye sahip açık kanallarla su alma yapısından alınan suyun yükleme havuzuna transferi sağlanmaktadır. Düşü kaybını önlemek için boyuna eğimleri düşük seçilmektedir.

Tüneller :

Basınçlı veya basınçsız olabilmektedir. Basınçsız tüneller hidrolik olarak açık kanallar gibi kullanılmaktadır. Tüneller jeolojik yapıya bağlı olarak kaplamalı veya kaplamasız inşa edilmektedir.

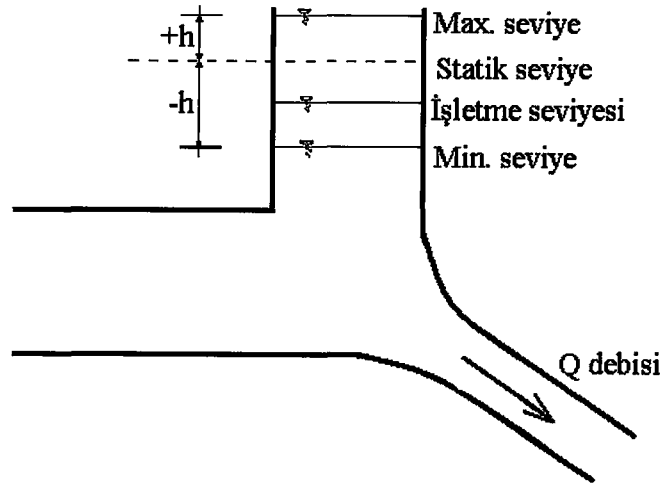
2.3.3 Yükleme odası

Tünel veya açık kanal gibi serbest yüzeyli akım ile cebri borudaki basınçlı akım arasında geçişi sağlamak ve türbinlerin debi ihtiyaçlarındaki değişimleri karşılamak için yükleme odası tesis edilmektedir. İletim yapısı basınçlı ise yükleme odasının yerini denge bacası almaktadır. Açık kanal ve basınçsız tüneller gibi serbest yüzeyli akımların cebri boruya geçişini temin etmektedir. Doğal akışlı hidroelektrik

santrallerde regülatörden alınan su, düşü kaybı olmaması amacıyla çok küçük eğimli açık kanal veya basınçsız tünelle topoğrafyanın dikleştiği noktaya getirilmektedir. Su, buradan cebri boruyla en büyük eğimle santrale iletilmektedir. Yükleme odası, santrale düzenli ve güvenli su akışını sağlamanın yanında giriş yapısında tutulamayan katı maddelerinin tutulmasını, türbinin ani kapanması durumunda cebri boru membainde oluşacak kabarmaların sönmülenmesini ve birden fazla cebri boru olması halinde her bir cebri boruya düzenli su verilmesini temin ederek santralin verimli çalışmasını sağlamaktadır (Yıldız, 1992).

2.3.4 Denge bacası

Denge bacaları, basınçlı iletim hatlarında basınç değişimlerinin etkisinin sönmülenerek iletim hattının ekonomik olmasını sağlayan ve türbinin düzenli, güvenli ve verimli çalışmasını temin eden yapılardır. Şematik olarak Şekil 2.4’de gösterildiği gibi türbin ani olarak kapatıldığında momentum değişimi basınç kuvvetine dönüşecek ve türbinin bulunduğu kısımdaki basınç normal statik basıncın üstüne çıkacak, oluşan basıncın etkisiyle membaya doğru hareket edecek, bu seferde tam aksi olan olay meydana gelecek ve nihayet bir kaç defa değişik yönlere hareketten sonra sükûnete kavuşacaktır. Su statik basıncın tesirinde tamamen durgun haldeyken, bir türbinin ani olarak devreye alınmasıyla galerideki suyun belli bir hıza hemen erişmemesi yüzünden çok fazla bir basınç düşmesi meydana gelecek, sonradan tüneldaki hız çok artacak, bu defa denge bacasındaki su yükselecek ve belli bir zaman sonra gidiş gelişlerden sonra su sabit bir hızla harekete devam edecektir. İşte bu olaylar olurken basıncın aşırı artmasını önlemek ve basınç dalgasını kendi haznesinde sönmülemek, ani yüklemelerde ilk hareket için gereken suyu depo ederek basınçlı boruya hava girişini önlemek için denge bacası yapılmaktadır. Aksi halde işletme aşamasında santralde çok büyük güçlüklerle karşılaşmaktadır.



Şekil 2.4 Denge bacası

2.3.5 Vanalar ve vana odası

Hidroelektrik santrallerde, kullanım yeri ve fonksiyonlarına göre kelebek, küresel, konik, sürgülü ve basınç düşürücü olmak üzere değişik tipte vanalar kullanılmaktadır. Bunlara örnek vermek gerekirse, cebri boruda bakım onarım için cebri boru başlangıcında kelebek vana kullanılmaktadır. Türbine su girişini kesmek için türbin girişinde basınç ve debi değerlerine bağlı olarak kelebek, küresel veya sürgülü vana kullanılmaktadır. Çok büyük su darbesi oluşan santrallerde, su darbesinin sönmülenebilmesi amacıyla türbine yakın bir yerde basınç düşürücü vanalar yerleştirilmektedir (Yıldız, 1992).

2.3.6 Şalt sahası

Trafo, pilon, kablo ve drenaj kanalları, tel çit, ulaşım ve servis yollarının yer aldığı Şalt sahası 34500 kV'luk tesislerde kapalı, daha büyük olanların da ise açık olarak yapılmaktadır. Şalt sahaları, santrale yakın olmalı, sağlam zemine oturtulmalı, yer seçimi taşkından zarar görmeyecek şekilde yapılmalı ve kolay ulaşılabilir olmalıdır.

2.3.7 Kuyruk suyu kanalı

Yayıcı (draft tube) ile dere yatağı arasında kalan ve genellikle beton kaplamalı olan yapı, kuyruk suyu kanalı olarak isimlendirilmektedir. Santralden çıkan suyun güvenli bir şekilde dere yatağına iletilmesini sağlamaktadır.

2.3.8 Santral

Suyun potansiyel enerjisi, türbinler vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Türbinlerden elde edilen mekanik enerji ise jeneratörlerle elektrik enerjisine çevrilmektedir. Bir enerji santralinde türbinler, jeneratörler, kontrol ekipmanı ve diğer ekipmanlar ile montaj ve servis alanı bulunmaktadır. Enerji santrali gelen suyu kuyruk suyu olarak deşarj etmektedir. Santral, bir hidroelektrik tesiste teknik ve ekonomik bakımdan en önemli ünedir.

Hidroelektrik santraller değişik kriterlere göre sınıflandırılabilir. Bunlardan bazıları şunlardır.

- a) Santralin kurulu gücüne göre:
 - i. Gücü 0 - 100 kW olan santraller (mikro)
 - ii. Gücü 101 - 1000 kW olan santraller (mini)
 - iii. Gücü 1001 - 10.000 kW olan santraller (küçük)
 - iv. Gücü 10.000 Kw'dan fazla olan santraller (orta veya büyük)
- b) Santralin enterkonnekte şebeke ile ilişkisine göre:
 - i. Enterkonnekte şebekeden bağımsız izole santraller,
 - ii. Enterkonnekte şebekeye bağlı santraller,
- c) Santralde kullanılan suyun sağlandığı kaynağa göre:
 - i. Akarsular üzerine kurulan santraller,
 - ii. Doğal göllerden beslenen santraller,
 - iii. Yapay kanallar üzerine kurulan santraller.
- d) Santralde kullanılan suyun depolanmasına göre:
 - i. Depolamalı santraller : Depolamalı santraller mevsimler arasında depolama yapmaktadır. Küçük hidroelektrik santrallerde kullanılan suyun depolanması birkaç saatlik, günlük veya birkaç günlük olabilmektedir.

ii. Doğal akışlı santraller : Bu tür santrallerde enerji üretimi, akarsuda debinin salınımlarına göre değişmektedir.

e) Düşü yüksekliğine göre:

i. Alçak düşülü santraller ($5 \text{ m} < H < 50 \text{ m}$),

ii. Orta düşülü santraller ($50 \text{ m} < H < 550 \text{ m}$),

iii. Yüksek düşülü santraller ($550 \text{ m} < H < 1500 \text{ m}$).

f) Türbin tiplerine göre:

i. Kaplan türbinli santraller,

ii. Francis türbinli santraller,

iii. Pelton santraller,

iv. Özel türbinli santraller (Michell - Banki, v.s.)

2.4 Doğal Akışlı Hidroelektrik Tesisin Kurulu Gücü Ve Enerji Üretim Kapasitesinin Belirlenmesi

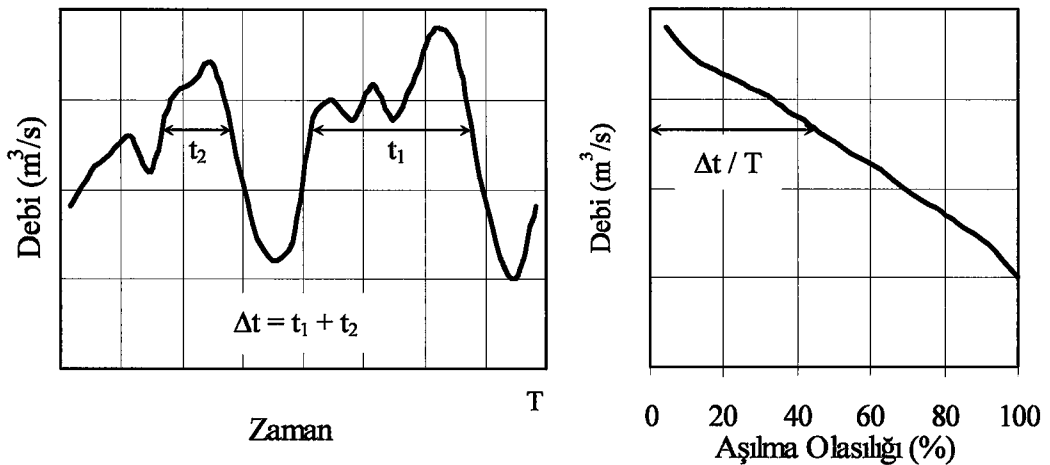
2.4.1 Debi süreklilik eğrisi kavramı, kurulu güç ve proje debisinin belirlenmesinde debi süreklilik eğrisinin kullanılması

Debi süreklilik eğrisi, her hangi bir akarsuda belli bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık (veya başka bir zaman aralığında) akımların miktarı ile frekansı arasındaki ilişkiyi karakterize etmektedir. Söz konusu istasyona ait debi gidiş çizgisinden faydalanılarak debinin belli bir değere eşit veya ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanarak düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa debi süreklilik eğrisi elde edilir (Bayazıt, 1987). Debi süreklilik eğrisi, bir akarsuda belli bir debinin bulunma olasılığını göstermektedir. Yılda küçük zaman birimleri için bir akarsudaki akım süreci stasyonier (istatistik özellikleri zamanla değişmeyen) bir süreç olmayıp ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı gibi özellikleri yıl boyunca değiştiği için debi süreklilik eğrisi, eklenik olasılık dağılım eğrisi değildir. Dolayısıyla belli bir gündeki akımın belli bir değeri aşma olasılığı yıl içinde bulunan

güne bağlıdır (Cıgızoğlu, 1997). Eklenik olasılık dağılımı $F(x)$, olasılık yoğunluk fonksiyonu $f(x)$ 'in integrali olup, (2.4) eşitliği ile ifade edilmektedir.

$$F(x) = P(-\infty \leq X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx \quad (2.4)$$

Yıllık akımlar stasyonerdir. Bu sebeple belli bir x değerinin aşılma olasılığını hesaplamak için eklenik frekans dağılım değerini 1'den çıkarmak yeterli olmaktadır. Günlük ve aylık akım değerleri ise stasyoner değildir. Stasyoner olmayan serilerin eklenik frekans dağılımı tanımlanamaz. Bu nedenle günlük akımların debi süreklilik eğrisi eklenik olasılık dağılım eğrisi olarak düşünülemez (Cıgızoğlu, 1997). Debi gidiş çizgisi, debinin zaman içindeki değişimini gösteren bir grafiktir. Bu grafikte, yatay eksen üzerinde zaman birimi (gün, ay, yıl v.s.) ve düşey eksen üzerinde de debi değeri (m^3/s) gösterilmektedir. Bu grafikte Q_i debisinin aşılma olasılığını belirlemek için y ekseninde Q_i değeri işaretlenir. Bu noktadan x eksenine paralel yatay bir çizgi çizilir. Şekil 2.5'de görüldüğü gibi, akarsuda Q_i değerini aşan debilerin gözlemlendiği zaman dilimlerinin toplamı olan Δt süresinin debi süreklilik çizgisinin toplam süresi olan T değerine bölünmesiyle elde edilen $\Delta t / T$ değeri Q_i debisinin aşılma olasılığını vermektedir. Bütün Q değerleri için bu şekilde aşılma olasılıkları hesaplanır. Daha sonra y ekseninde Q değerleri, x ekseninde de söz konusu debilerin aşılma olasılıkları işaretlenmek suretiyle debi süreklilik eğrisi elde edilmiş olur (Ravn, 1992). Günlük akımlarda varyans, mevsimsel değişimlerin fonksiyonudur.



Şekil 2.5 Debi gidiş çizgisinden debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi.

Akarsuyun her hangi bir kesit alanındaki debi değerin o kesit alanında akarsuyun drenaj alanına bölünmesiyle hesaplanan “özell debi” ile çalışmakla küçük ve büyük havzalar arasında kolaylıkla mukayese yapılabilmektedir. Diğer taraftan drenaj alanı, akarsu eğimi, bitki örtüsü ve zemin yapısı gibi diğer karakteristiklere nazaran kolaylıkla belirlenebilmektedir.

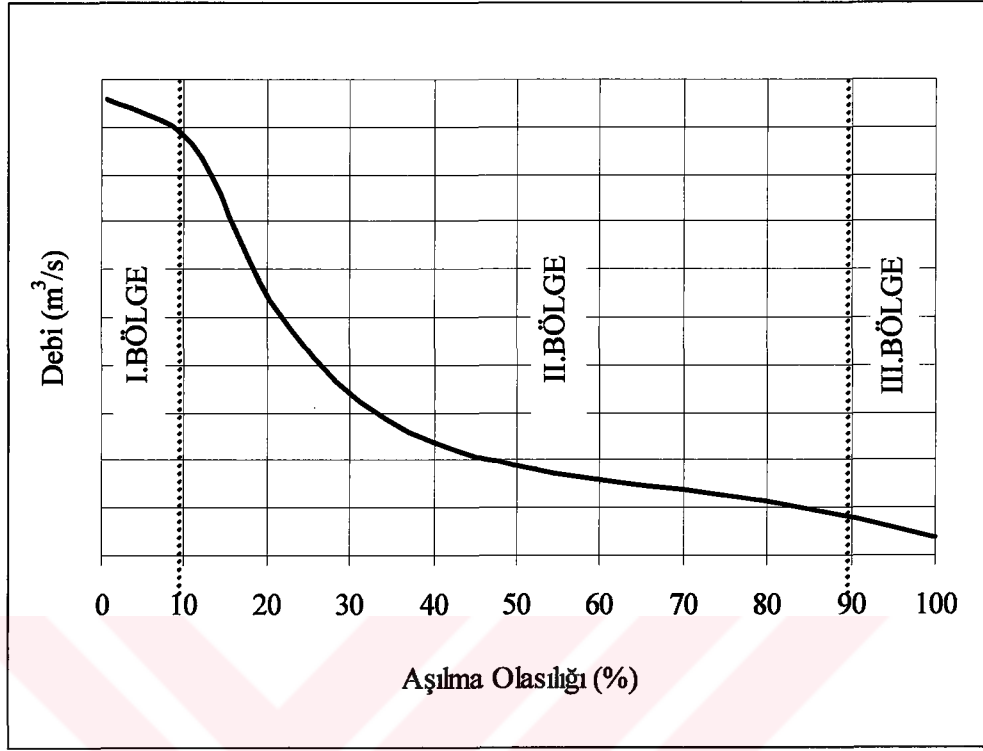
$\alpha = Q_{50} / Q_{95}$ değeri küçük olan akarsularda çeşitli zamanlardaki debiler birbirine yakın kabul edilir. Halbuki α değerin büyük olması akarsuyun vahşî dere karakterinde olduğunu gösterir ve doğal akışlı santrallerle bu tip akarsuların enerjisinden faydalanma imkanı daha azdır (Schleiermacher, 1967).

Debi Süreklilik Eğrisini, Şekil 2.6’de görüldüğü gibi aşılma olasılığının %0 ile %10 arasında bulunan birinci bölge, aşılma olasılığının %10 ile %90 arasında kalan ikinci bölge ve aşılma olasılığının %90 ile %100 arasında bulunduğu üçüncü bölge olmak üzere üç kısımda değerlendirmek doğal akışlı hidroelektrik santral planlaması çalışmalarında anlamlıdır.

Debi gidiş çizgisinde, düşey eksenindeki debilerin büyük değeri akarsuda taşkın anındaki akımları ifade etmektedir. Dolayısıyla debi gidiş çizgisinden elde edilen debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığının %0 ile %10 arasında bulunan birinci bölgede, rastgelelikleri ve ortalama değer etrafındaki sapmaları fazla olan taşkın debileri etkin rol oynamaktadır. Değeri yüksek olmasına rağmen yıl içinde görülme ihtimali düşük olan bu debilere göre yapılacak projelendirmede çok büyük kurulu güç ortaya çıkacaktır. Bu şekilde santral kapasitesi gereğinden büyük seçilmiş ve dolayısıyla ilk yatırım maliyeti yüksek, rantabl olmayan bir tesis inşa edilmiş olacaktır. Bu sebeple, doğal akışlı hidroelektrik santral planlamasında debi süreklilik eğrisinin bu bölümünde kalan debiler proje debisi olarak seçilmemektedir.

Debi Süreklilik Eğrisinin aşılma olasılığı %10 ile %90 arasında bulunan ikinci bölgesi, akımın birinci bölgeye göre daha kararlı olduğu durumları yansıtmaktadır. Günümüzde, doğal akışlı hidroelektrik santralin kurulu gücünün hesabında kullanılan proje debisi, debi süreklilik eğrisinin genellikle aşılma olasılığı %30 ile %100 arasında kalan bölümünde kalacak şekilde seçilmektedir. Bu nedenle, küme analizi yöntemiyle bir bölgenin debi süreklilik yönünden homojen alt bölgelere

ayrılmasında debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %30 - %100 arasında kalan kısmının değerlerinin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 2.6 Debi süreklilik eğrisi

Debi Süreklilik Eğrisinin aşılma olasılığı %90 ile %100 arasında bulunan üçüncü bölgesinde, debi değerini belirleyici unsurun havzanın jeolojik yapısı ve yüzey altı depolaması ile yer altı suyu olduğu bilinmektedir. Bu bölge, doğal akışlı hidroelektrik santralden elde edilecek firm enerji miktarını belirlemesi bakımından önemlidir.

Mühendislik çalışmalarındaki kullanım amacına bağlı olarak debi süreklilik eğrileri, günlük, haftalık, aylık ve yıllık gibi değişik zaman aralıkları için belirlenebilirler. Depolamasız bir projelendirme çalışmasında, akarsuda depolama olmaması ve minimum akımların etkisinin dikkate alınabilmesi için günlük akımlarla çalışılmalıdır. Debi süreklilik eğrisinin dikliği, ağırlıklı olarak debi süreklilik eğrisinin hazırlanmasında seçilen gözlem aralığına bağlıdır (Chow, 1964). Günlük ortalama akım verilerinden elde edilen eğri, yıllık ortalama akım verilerinden hesaplanana oranla daha diktir. Bunun nedeni ise yıllık ortalama debinin, günlük ortalama debilerin ortalaması şeklinde hesaplanması ve dolayısıyla günlük ortalama debilerin yıl içindeki değişimlerinin yuvarlatılmasıdır.

Yıl boyunca sabit bir enerji elde etmek istendiğinde, işletme debisi olarak akarsuda gözlenmiş akımlardan minimum debi seçilmektedir. Fakat bu durumda orta ve yüksek debilerin büyük bir kısmından faydalanılamamaktadır. Çok büyük debilerin seçilmesi halinde ise ilk yatırım maliyeti fazla olacak ve bu durum tesisten temin edilecek enerjinin birim maliyetini artıracaktır. Netice itibariyle enerji birim maliyetini minimum yapacak debi değerinin seçilmesi için optimizasyon çalışması yapılmaktadır.

Diğer taraftan, enerji ihtiyaçları da zaman içerisinde değişim göstermektedir. Enerji ihtiyacı mevsimsel olarak değiştiği gibi gün içinde de değişmektedir. İş yerlerindeki öğle dinlenme saati, akşamları aydınlatma ve ısıtmadaki kullanım ve geceleri ışıkların söndürülmesi ile hafta sonlarında iş yerlerinin kapalı olması enerji ihtiyacının zamanla değişmesine sebep olmaktadır. Isıtmadaki kullanım nedeni ile kış aylarındaki enerji ihtiyacı yaz aylarındakinden daha fazladır. Bölgeye bağlı enerji ihtiyacı, tatil veya çalışma günü olmasına da bağlıdır (Linsley ve diğ., 1992).

Doğal akışlı hidroelektrik santrallerde akarsuda depolama, dolayısıyla düzenleme olmadığı için var olan akım değerlerinde rasgelelik mevcuttur. Bu durumda projelendirme debisinin belirlenmesi önem kazanmaktadır. Doğal akışlı hidroelektrik santralin tesis edileceği yerde düşü topografyaya bağlı olup, kolaylıkla belirlenebilirken, akım ölçüm değerleri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki doğal akışlı hidroelektrik santrallerin kurulu gücünün belirlenmesinde kullanılacak olan debinin seçimi ve tespitinde güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bunun belirlenebilmesi için akarsuyun bu kesitindeki akım değerlerinin frekans analizini yapmak gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan debi süreklilik eğrisi de akımın bu özelliklerini yansıtmaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşım içinde hazırlanacak debi süreklilik eğrileri çok daha büyük önem kazanmaktadır. Diğer taraftan proje debisi seçiminde, ekonomik faktörlerin yanında öngörülen santralin baz santral olarak mı yoksa puant santral (kısmi depolamalı) olarak mı kullanılacağı belirleyici olmaktadır. Böyle bir doğal akışlı santralin puant santral olarak planlanabilmesi için ulusal elektrik şebekesi ile bağlantılı olması gerekmektedir. Türkiye’de olduğu gibi ülkelerin çoğunda elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanmasında baz yük (enerji) değil, pik yüklerin karşılanması sorun yaratmaktadır. Bu sebeple, puant santral olarak planlanan (çalışan) barajlı (depolamalı) santraller yanında doğal akışlı hidroelektrik santrallerin da pik yüke katkı sağlamaları amaçlanabilmektedir. Yani, bu tür

santrallerde kısmi (saatlik veya günlük) depolamalı olarak yapılabileceği için proje debisi çok daha büyük seçilebilmektedir. Bu değer günümüzde Q_{30} , hatta zaman zaman Q_{20} değerleri düzeyine kadar çıkabilmektedir. Bu nedenledir ki debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi ve anlamlı bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu planlama ve projelendirme işleminin bölge ölçeğinde gündeme gelmesi durumunda debi süreklilik eğrisi daha bir anlam ve önem kazanmaktadır. Projelendirme debisinin seçimi ve dolayısıyla buna bağlı olarak da kurulu gücün belirlenmesinde debi süreklilik eğrisi kullanılmaktadır. Proje debisine karar verildikten sonra doğal akışlı hidroelektrik santralin kurulu gücü (2.3) ifadesiyle hesaplanabilmektedir.

2.4.2 Enerji üretim kapasitesinin belirlenmesi

Proje debisine karar verildikten sonra doğal akışlı hidroelektrik santralin üreteceği enerji miktarı, debi süreklilik eğrisi ile yatay eksen arasında kalan ve Şekil 2.7’de taralı olarak gösterilen alan ile düşünün çarpımına eşit olup, bu (2.5) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$E = 9,8\eta H_n \int_{t=0}^{t=8760} Q(t) dt \quad (2.5)$$

Burada;

E : Enerji (kWh)

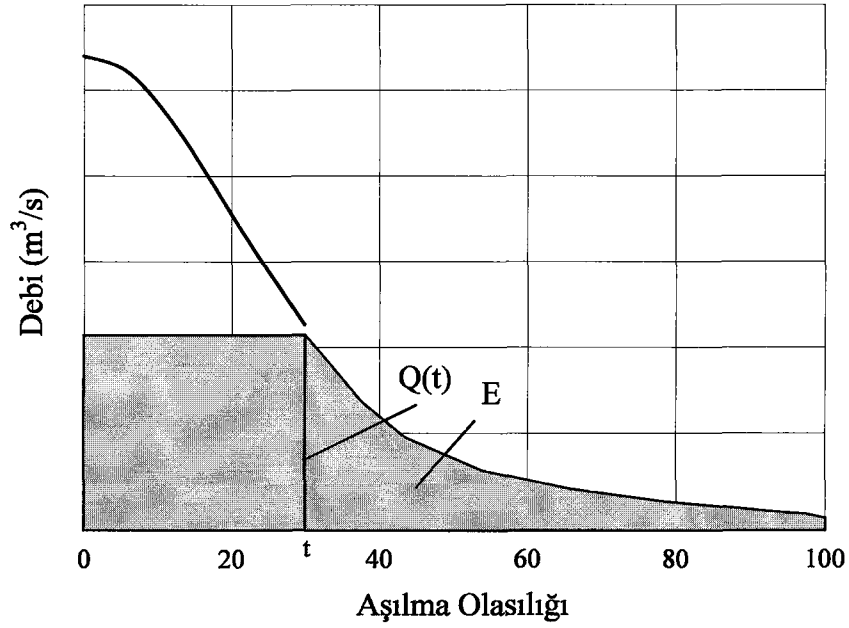
H_n : Net düşü (m)

η : Türbin(η_t), jeneratör (η_j), ve transformatör (η_T) verimlerinin

$Q(t)$: Akarsuda t anındaki debi değeri (m^3/s)

t : Zaman (saat)

dt : Zaman aralığı (saat)



Şekil 2.7 Debi süreklilik eğrisi ve enerji üretim kapasitesi

2.5 Havza Veya Bölge Ölçeğinde Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi

2.5.1 Havza veya bölgesel ölçek kavramı

Genel olarak hidrolojide havza kavramı, her hangi bir akarsuyun her hangi bir akış kesitini besleyen yağış alanı, diğer bir ifade ile drenaj alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu akarsuyun deniz veya göle girdiği veya deşarj kesiti referans alınırsa bu drenaj alanı söz konusu akarsuya ait “akarsu havzası” şeklinde isimlendirilmektedir. Bir biri ile komşu olan böyle birden çok akarsu havzasının oluşturduğu drenaj alanı ise “bölgesel havza” olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir ifade ile bölge kavramından bir biri ile komşu olan havzalar bütünü anlaşılmaktadır. Havza ölçeğindeki drenaj alanı sadece ilgili akarsuyun drenaj alanı (hidrolojik havza) ile sınırlı iken, bölgesel ölçekte böyle bir üst sınır bulunmamaktadır.

2.5.2 Bölgesel ölçekte doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde karşılaşılan sorunlar ve kullanılabilen çözüm yaklaşımları

Akım ölçüm değerleri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki debi süreklilik çizgilerinin elde edilmesinde günümüze kadar uygulanan genel yaklaşım, aynı veya

komşu havzalardaki mevcut akım verilerinden yararlanarak eksikliklerin giderilmesi ve buna göre de debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi şeklindeydi. İstasyonlar arasındaki ilişkinin belirlenmesinde regresyon analizi veya drenaj alanı oranı ilişkisi gibi yöntemler kullanılmıştır. Bu yaklaşımlardan regresyon analizi, ancak belirli düzeyde akım verilerinin mevcut olması ve eksik verilerin tamamlanması amacıyla kullanılırken, verinin hiç olmaması halinde böyle bir regresyon analizi yapma imkanı bulunmamaktadır. Bu durumda, (2.6) eşitliğinde verilen esaslar dahilinde kullanılan havza drenaj alanı oranlarına dayalı metot ise çok kaba bir yaklaşımdan öteye gidememektedir. Gulliver ve Arndt (1991), bir akım gözlem istasyonundaki akım değerlerinin, akım gözlem değeri olmayan hidroelektrik tesis yerine istasyon ve tesis yerindeki drenaj alanlarına bağlı olarak (2.6) ifadesi ile taşınabileceğini belirtmektedir.

$$Q_{tesis} = \left(\frac{A_{tesis}}{A_{istasyon}} \right)^c Q_{istasyon} \quad (2.6)$$

Burada;

- c : 0.6 ile 1.2 arasında değişen bir katsayı,
- A_{tesis} : Tesisin inşa edileceği yerdeki drenaj alanı (km^2),
- $A_{istasyon}$: Akım gözlem istasyonundaki drenaj alanı (km^2),
- Q_{tesis} : Tesisin inşa edileceği yerdeki debi (m^3/s),
- $Q_{istasyon}$: Akım gözlem istasyonundaki debi (m^3/s)'dir.

Yine Gulliver ve Arndt (1991), (2.6) ifadesindeki c değerinin seçimi ile ilgili olarak aşağıdaki yaklaşımların kullanılabileceğini belirtmektedir.

Eğer $0.8 \leq \frac{A_{tesis}}{A_{istasyon}} \leq 1.2$ ise $c=1$ alınması tavsiye edilmektedir.

Eğer $0.5 \leq \frac{A_{tesis}}{A_{istasyon}} \leq 1.5$ olması ve tesisin inşa edileceği yerin yakınında iki akım gözlem istasyonu bulunması durumunda istasyon değerleri arasında ağırlıklı ortalama alınmak suretiyle lineer enterpolasyon uygulanması önerilmektedir.

$$Q_{tesis} = \frac{\left(\frac{A_{istasyon 1} - A_{tesis}}{A_{istasyon 1} - A_{istasyon 2}} \right) Q_{istasyon 1} + \left(\frac{A_{tesis} - A_{istasyon 2}}{A_{istasyon 1} - A_{istasyon 2}} \right) Q_{istasyon 2}}{1} \quad (2.7)$$

Doğal bir zorunluluk sonucu kullanılan bu yöntemlere dayalı sonuçlar, enterpolasyon yapılan yerler arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı önceden belirlemediği için güvenilir olmaktan çok uzak kalmaktadır.

Bu sadece sınırlı bir alanda eksik verilerin giderilmesi ve hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi amacıyla yönelik bir uygulama olabilmektedir. Büyük bir bölge, hatta ülke ölçeğinde hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi ve planlamasına yönelik uygulamanın gündeme gelmesi halinde, bu yöntem ve yaklaşımların hem uygulanması zor hem de sonuçları yeterli düzeyde güvenilir olmamaktadır. İşte burada özellikle havza veya bölge ölçeğinde güvenilir bir debi süreklilik eğrisinin belirlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

2.5.3 Bölgesel debi süreklilik eğrisi kavramı ve bunun doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesindeki önemi

Debi süreklilik eğrisi, havzanın fiziksel ve iklim özellikleri, yağış süresi ve şiddeti, havza alanı ve biçimi, drenaj yapısı, biriktirmenin mevcut olup olmayışı, zemin cinsi gibi çok sayıda değişkenden etkilenmektedir. Bütün bu faktörlerin yerel olarak değişmesi nedeniyle bir havzadaki tüm istasyonlar için bölgesel analiz yapmadan tek bir debi süreklilik eğrisinden söz etmek mümkün değildir. Bu nedenle havza içerisinde homojen alt bölgelerin oluşturulması gereklidir. Homojen bölge, daha alt gruplara ayrıldığında yapılan tahminlerde iyileşmenin olmadığı bölge olarak tanımlanabilir.

Bir bölgede çok sayıda akım gözlem istasyonu mevcut olmasına karşılık bu akım gözlem istasyonlarından türetilcek debi süreklilik eğrileri tüm havzadaki doğal

akışlı hidroelektrik santralin tesis edileceği yerlerdeki debi süreklilik eğrilerini karakterize etmeyecektir. Hem bu eksikliği gidermek hem de havza veya bölge ölçeğinde geçerli olabilecek özelliklere sahip debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi mühendislik çalışmalarında çok önemlidir. Bunun için akım gözlem istasyonlarında ölçülen akım değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyecek tutarlı bir bölgesel analiz yönteminin belirlenmesi ve bunun kullanılması önem taşımaktadır. Bu amaç için kullanılabilecek literatürdeki değişik bölgesel analiz yöntemleri alt bölümlerde kısaca tanıtılacak ve bunlar içerisinde debi süreklilik eğrisi için en iyi sonuç veren yöntem ortaya konacaktır.

Yine bu çerçevede büyük havzalarda veya bölgesel düzeydeki hidroelektrik planlamalarında özellikle debi süreklilik eğrisiyle ilgili olarak havzaya veya bölgeye özgü bir debi süreklilik çizgisi matematik modelinin geliştirilmesi hem yapılacak planlama ve ekonomik analizlerde hatayı en aza indirmek, hem işlerin hacmini en az düzeyde tutmak ve hem de havza veya bölgedeki akım veri eksikliğini gidermek bakımından ayrı bir önem taşımaktadır.

2.5.4 Bölgesel debi süreklilik eğrilerinin belirlenmesinde karşılaşılan sorunlar ve bunların çözümü için yeni yaklaşımlar

Bölgesel yöntemler bir bölgedeki tüm verilerin çeşitli yöntemlerle bir araya getirilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu sayede örnekleme hataları azaltılarak, daha güvenilir tahminlere ulaşmak ve aynı bölgede ölçüm olmayan yerler için de tahminler yapabilmek mümkün olmaktadır. Tüm kayıtların bir araya getirilmesiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik çizgileri, verilerin tümünün ortalama bir dağılımı olmaktadır. Genelde bir bölge ne kadar homojen ise bölgesel yöntemlerin kullanılmasıyla hesaplanan debi süreklilik eğrisi tahminlerinin güvenilirliği de o ölçüde artmaktadır. Bölge genelindeki istasyonlara ait günlük debi süreklilik eğrilerine ait değerler kullanılmak suretiyle bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi, bölgeye özgü doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde önemli kolaylıklar sağlayacaktır. Çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbiriyle karşılaştırarak bölgesel analizde kullanabilmek için debileri özgül debi olarak ($m^3/s/km^2$) ifade etmenin veya debilerin, istasyonun yıllık ortalama debisine bölünmek suretiyle boyutsuzlaştırılmasının uygun olacağı ifade edilmektedir (Bayazıt, 1997).

Her hangi bir bölge için geçerli ortak bir debi süreklilik eğrisinin belirlenebilmesi için öncelikle bu açıdan homojen özellik taşıyan bölgelerin (veya alt bölgelerin) tespit edilmesi gerekmektedir. Genelde bölgesel homojenlik analizinde kullanılan istatistiksel test ve yöntemler, ölçülmüş/gözlenmiş verilerin kullanılmasına dayanmaktadır. Halbuki burada bölge içindeki değişik debi süreklilik eğrilerinde ve yine değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen değerler serisi artık birer gözlenmiş veya ölçülmüş seri karakterini yitirmiştir. Bu sebeple, yukarıda sözü edilen istatistikî bölgesel homojenlik test ve yöntemlerinin burada kullanılması mümkün olmamaktadır. İşte bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesinde karşılaşılan en büyük sorun da burada ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla bu sorunun giderilmesi için debi süreklilik eğrilerindeki değişik aşılma yüzdelere karşı gelen değerleri veri olarak kullanmak suretiyle bölgesel homojenlik testi yapılabilecek uygun bir analiz yönteminin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu karakterdeki verileri kullanarak homojen bölgelerin belirlenmesini sağlayabilecek ve dolayısıyla bu homojen bölgeler için ortak bir debi süreklilik eğrisinin elde edilmesini mümkün kılabilen en uygun analiz yöntemi “küme analizi” yöntemidir. Son yıllarda bu amaçla sınırlı da olsa bazı uygulama ve çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar da sadece bölgesel sentetik debi süreklilik eğrisi elde etme amacına yöneliktir. Yapılan bu çalışmalarda debi süreklilik eğrisinin bütününe ait değerler kullanılmak suretiyle bölgesel debi süreklilik eğrisi elde etme yoluna gidilmiştir. Amaca bağlı olarak debi süreklilik eğrisinin her hangi bir bölümü kullanılarak yapılacak küme analizi ile elde edilecek homojen bölgeler farklılık gösterecektir. Bu nedenle, kullanım amacına göre bölgesel debi süreklilik eğrilerinin belli bir bölümünün değerleri kullanılarak küme analizinin yapılması ve homojen bölgelerin tespiti daha anlamlı olacaktır.

Bu çalışmanın asıl amacını oluşturan bölgesel doğal akışlı hidroelektrik potansiyelinin belirlenebilmesi için “bölgesel debi süreklilik eğrilerinin” elde edilmesinde yukarıda açıklanan ihtiyaçtan dolayı bundan sonraki bölümlerde öncelikle küme analiziyle ilgili öz bilgilere yer verilecek, daha sonra da bunun uygulamasına ve sonuçların değerlendirilmesine geçilecektir.

3. KÜME ANALİZİ

Küme analiziyle gözlenmiş verilerin anlamlı şekilde gruplandırılması amaçlanmaktadır. Bu gruplandırmada, küme sayısı mümkün olduğunca az, her bir kümedeki nesne sayısı ise kriterlerin müsaade ettiği ölçüde fazla olmalıdır. Küme analizi, küme içindeki elemanların kendi aralarındaki ilişkinin çok güçlü, kümeler arasındaki ilişkinin ise çok zayıf olmasını hedeflemektedir. Gruplar (kümeler), homojen olmalı ve aynı kümeye ait elemanlar kendi içinde benzer, farklı kümeye ait elemanlarla benzer olmamalıdır. Yani, kümeler arasındaki uzaklıkların büyük, kümeleri oluşturan elemanlar arasındaki uzaklıkların ise küçük olması istenir. Kümeleme sonucunda elde edilecek gruplar, veri ve metotlardaki küçük değişikliklerden etkilenmeyecek kadar kararlı olmalıdır. Küme analizi, oluşturulacak gruplarla ilgili önceden yapılmış bir hipotez bulunmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Oluşturulan grupların, ne kadar anlamlı olduğu istatistiksel bir test yardımıyla belirlenemediği için küme analizinden elde edilen sonuçların ne kadar anlamlı olduğu belirlenememekle birlikte, en anlamlı grupların oluşturulması hedeflenmektedir. Küme analizi, nesneler arasında yapıldığı gibi değişkenler arasında da yapılabilmektedir.

3.1 Küme Analizinde Kullanılan Benzerlik Ölçüleri

Hiyerarşik küme analizi, benzer veri çiftlerini birleştirmek için benzerlikle ilgili özgün bir kriterle ihtiyaç duymaktadır. Yani hiyerarşik küme analiz yöntemlerinde gruplar (kümeler), veriler arasındaki uzaklıklara göre oluşturulmaktadır. Bu nedenle veriler arasındaki ilişkiyi karakterize edebilmek gayesiyle bir sayısal benzerlik ölçüsünün ortaya konulması gerekmektedir. Bunun için ilk olarak $n \times n$ boyutlu benzerlik matrisinin hesaplanması zorunludur. Küme analizinde, benzerlikle ilgili öklit uzaklığı, Chebychev uzaklığı, korelasyon katsayısı, kappa katsayısı, Minkowski, Cosine ve city blok uzaklığı gibi değişik ölçüler kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı “öklit uzaklığı”dır. Benzerlik ölçüsünün

seçimi nihai küme analizi çözümüne etki etmekte, bazen küme analizinin başarısını dahi etkilemektedir. Benzerlikle ilgili ölçüler aşağıda açıklanmaktadır.

3.1.1 Öklit Uzaklığı

Pek çok uzaklık ölçüsü mevcut olmasına rağmen öklit uzaklığı, küme analizinde en yaygın olarak kullanılan benzerlik ölçüsüdür (Bacher, 2002). Öklit mesafesi, 0 ile $+\infty$ arasında bir değer almakta olup, $n \times q$ boyutunda X matrisi üzerinde öklit uzaklığının hesap esasları aşağıda verilmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1q} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nq} \end{bmatrix}$$

şeklinde verilen X matrisinde n değeri, nesne (bu çalışmada istasyonları) sayısını ve q değeri ise değişken adedini (bu çalışmada özgül debi süreklilik eğrisinde seçilen aşılma olasılık sayısını) ve x_{ij} de i -inci nesnenin j -inci değişkene karşılık gelen değerini göstermektedir.

$$d_{a,b} = \sqrt{\sum_j (x_{aj} - x_{bj})^2} \quad (3.1)$$

Burada;

$d_{a,b}$: a ve b nesneleri arasındaki öklit uzaklığı,

x_{aj} : a nesnesinin j -inci değişken değeri,

x_{bj} : b nesnesinin j -inci değişken değeridir.

$d_{a,b}$ değeri büyüdükçe mukayese edilen nesneler arasındaki benzerlik azalmaktadır.

3.1.2 Şehir bloku (Manhattan) uzaklığı

$$d_{a,b} = \sum_j |x_{aj} - x_{bj}| \quad (3.2)$$

Aykırı değerlerin etkisini azaltan şehir bloku uzaklığı, öklit uzaklığına yakın sonuç vermektedir.

3.1.3 Chebychev uzaklığı

$$d_{a,b} = \max_j |x_{aj} - x_{bj}| \quad (3.3)$$

3.1.4 Korelasyon katsayısı

$$r_{a,b} = \frac{\sum_j (x_{aj} - \bar{x}_a)(x_{bj} - \bar{x}_b)}{\sqrt{\sum_j (x_{aj} - \bar{x}_a)^2 \sum_j (x_{bj} - \bar{x}_b)^2}} \quad (3.4)$$

Burada;

$r_{a,b}$: a ve b nesneleri arasındaki korelasyon katsayısı,

x_{aj} : a nesnesinin j-inci değişken değeri,

x_{bj} : b nesnesinin j-inci değişken değeri,

$\bar{x}_a$: a nesnesi değerlerinin ortalaması,

$\bar{x}_b$: b nesnesi değerlerinin ortalamasıdır.

Küme analiz teknikleri, hiyerarşik, hiyerarşik olmayan ve probabilistik (olasılıkçı) olmak üzere üç ana başlıkta toplanmaktadır.

3.2 Hiyerarşik Küme Analiz Yöntemleri

Küme analizinde benzerlikler hesap edilmeden önce veriler standart hale getirilerek ölçü ve ortalamalar arasındaki farkların etkisi giderilmekte, veriler arasındaki korelasyonun farklı olmasından ve analizde kullanılan çeşitli nitelik ve değişken birimleri arasındaki farklardan doğan eğilim bertaraf edilmektedir. Verilerin standart hale getirilmesindeki diğer bir neden ise bir değişkenin varlığının diğer bir değişkene bağlı olması yani veriler arasında iç bağımlılığın bulunmasıdır.

Standartlaştırmanın en yaygın yolu her değişkenin standart değerlere (z değerleri olarak bilinen) dönüştürülmesi olup, değişkenden değişkenlerin ortalamasının çıkarılıp standart sapmaya bölünmesiyle elde edilir. Bu tüm bilgisayar programlarında mevcut olan bir opsiyon olup, çoğu kez küme analizi yöntemlerine doğrudan dahil edilir. Bu normalleştirilmiş uzaklık fonksiyonunun genel şekli olup, öklit uzaklık ölçüsünün, ham verilerin normalleştirilmesine ve uygun hale gelmesine yardım eder. Bu işlem her ham veri değerini 0 ortalama, 1 standart sapmalı standartlaşmış değerlere dönüştürür. Yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı küme analizi yapmadan önce veriler, (3.5) ifadesi ile standart hale getirilmektedir.

$$x_{u,yeni} = \frac{x_u - \bar{x}_u}{\sigma_{xu}} \quad (3.5)$$

Burada;

x_u : Standartlaştırmadan önceki x'in u-uncu değeri,

$x_{u,yeni}$: Standartlaştırmadan sonraki x'in u-uncu değeri,

$\bar{x}_u$: Standartlaştırmadan önceki x'in u-uncu değerlerinin ortalaması,

σ_{xu} : Standartlaştırmadan önceki x'in u-uncu değerlerinin standart sapmasıdır.

Hiyerarşik küme analizi 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Hiyerarşik küme analiz tekniklerinde, kümeleme işlemi şu temel esaslara dayanmaktadır. Bunlar;

1. Tüm nesneler arasındaki benzerliği ifade eden uzaklık hesaplanır.
2. Belirlenen kriterlere göre en yakın iki nesne birleştirilmek suretiyle yeni bir küme oluşturulur.
3. Tüm nesneler arasındaki uzaklık yeniden hesaplanır.

Tüm istasyonlar bir kümede toplanana kadar 2. ve 3. adımlar tekrarlanmaktadır. Hiyerarşik küme tekniklerinde iki ana yaklaşım vardır. Bunlar;

- a. Birleştirme (agglomerative) hiyerarşik yöntemi
- b. Bölme (divisive) hiyerarşik yöntemi.

Bölme yönteminde, başlangıçta tüm elemanların bir kümeye ait olduğu esas alınır. Bu algoritma, başlangıçta kabul edilen tek bir kümenin, adım-adım alt kümelere ayrılmasıyla son bulur. Birleştirme metodunda ise, her bir elemanın bir küme oluşturduğu kabul edilerek analize başlanır ve adım-adım kümeler birleştirilir. Her bir adımda kümeler, en yüksek benzerlik sırasına göre birleştirilir. Kümelendirme işlemi, tüm elemanların bir kümede birleşmesine kadar devam etmektedir. Bu yöntemler grafik olarak hiyerarşik ağaç veya dal-grafigi (dendogram) şeklinde sunulabilen çözümler üretirler. Örnek bir dendogram Şekil 3.1'de verilmektedir.

Bilgisayar paket programları genellikle birleştirme (agglomerative) tekniğini kullanmaktadır. Burada benzerlik matrisine ihtiyaç duyulmaktadır. Birçok agglomerative hiyerarşik küme analiz yöntemi mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılanları aşağıda verilmektedir.

Tekli bağlantı (single linkage) yöntemi,

Tam bağlantı (complete linkage) yöntemi,

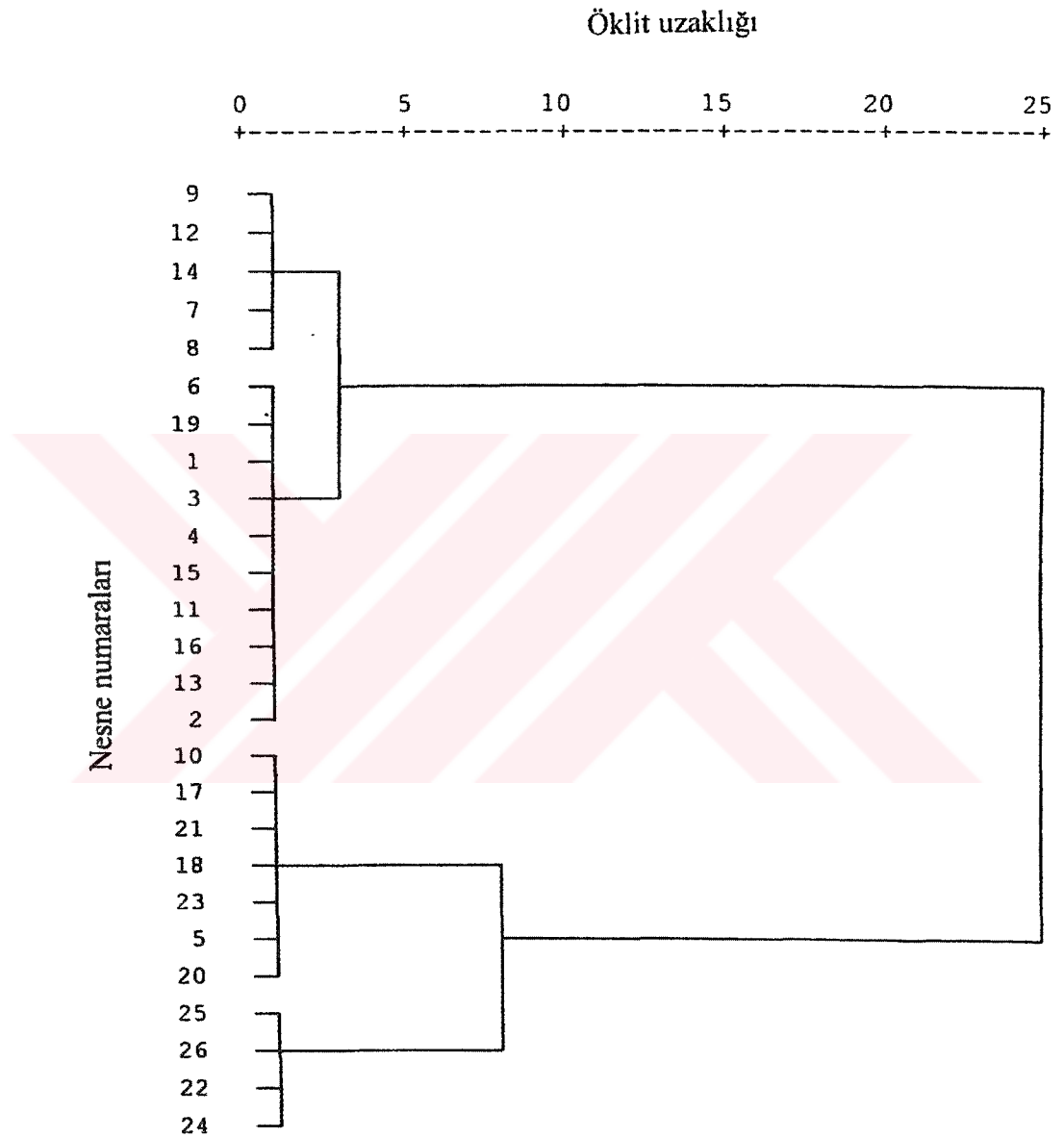
Basit ortalama bağlantısı (simple average linkage) yöntemi,

Ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemi,

Merkezi bağlantı (centroid linkage) yöntemi,

Medyan bağlantı (median linkage) yöntemi,

Ward yöntemi.



Şekil 3.1 Dendrogram

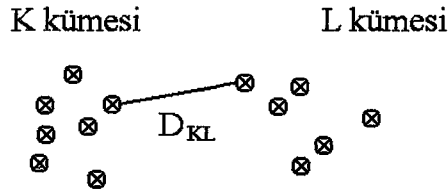
Hiyerarşik küme analiz yöntemlerine ait hesaplamalarda kullanılan semboller aşağıda özet halinde verilmektedir.

n	: nesne sayısı,
x_i	: nesnenin i-inci değeri,
C_J	: J-inci küme,
N_J	: J -inci kümedeki eleman sayısı,
C_K	: K-ıncı küme,
N_K	: K-ıncı kümedeki eleman sayısı,
C_L	: L-inci küme,
N_L	: L-inci kümedeki eleman sayısı,
C_M	: M-inci küme,
N_M	: M-inci kümedeki eleman sayısı,
$\bar{x}$	: verilerin ortalama vektörü,
$\bar{x}_K$	: K kümesinin ortalama vektörü,
$\bar{x}_L$	: L kümesinin ortalama vektörü,
$ x $	: x vektörünün öklit uzaklığı (x vektörü elemanlarının karelerinin toplamının karekökü),
$d(x_i, x_j)$	: nesneler veya x_i ve x_j vektörleri arasındaki uzaklık (benzemezlik ölçüsü),
D_{KL}	: C_K ve C_L arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü,
D_{JK}	: C_J ve C_K arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü,
D_{JL}	: C_J ve C_L arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsü,
D_{JM}	: C_J ve C_M arasındaki uzaklık veya benzemezlik ölçüsüdür.

Her bir hiyerarşik küme analiz yöntemine ait hesap esasları ana hatları ile aşağıda açıklanmaktadır.

3.2.1 Tekli bağlantı (single linkage) yöntemi

Tekli bağlantı, aynı zamanda “en yakın komşu küme analizi” olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntemde, iki küme arasındaki uzaklık, Şekil 3.2’de görüldüğü gibi kümelerin bir birine en yakın iki nesnesi arasındaki uzaklık olarak tanımlanmakta olup, (3.6) ifadesi ile hesaplanmaktadır.



Şekil 3.2 Tekli bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık

$$D_{KL} = \min_{i \in C_K} \min_{j \in C_L} d(x_i, x_j) \quad (3.6)$$

C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.7) eşitliğinde verildiği şekilde hesaplanmaktadır.

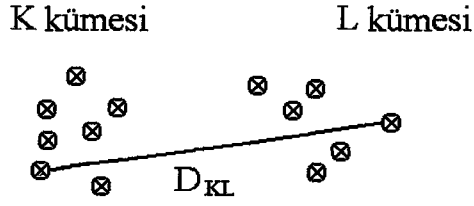
$$D_{JM} = \min(D_{JK}, D_{JL}) \quad (3.7)$$

Tekli bağlantı küme analiz yöntemi, uzun ve düzensiz küme oluşumuna neden olmaktadır.

3.2.2 Tam bağlantı (complete linkage) yöntemi

Tam bağlantı küme analizi, “en uzak komşu küme analizi” olarak da bilinmektedir (Gong ve Richman, 1994). Bu yöntemde, iki küme arasındaki uzaklık, Şekil 3.3’de görüldüğü gibi kümelerin bir birine en uzak iki nesnesi arasındaki uzaklık olarak tanımlanmakta olup, (3.8) ifadesi ile hesaplanmaktadır (Everitt, 1993). Maksimum uzaklığın kullanıldığı bu yöntemde, verilerin birbirine yakın olması halinde iyi sonuç elde edilmektedir. Bu yöntemde, küme oluşumları aykırı değerlerden kolaylıkla etkilenebilmektedir.

$$D_{KL} = \max_{i \in C_K} \max_{j \in C_L} d(x_i, x_j) \quad (3.8)$$



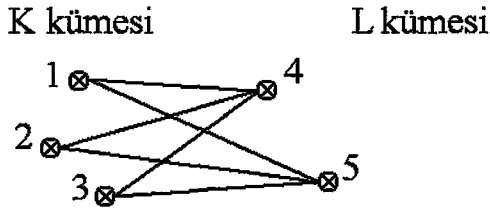
Şekil 3.3 Tam bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık

C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.9) eşitliğinde verildiği gibi hesap edilmektedir.

$$D_{JM} = \max(D_{JK}, D_{JL}) \quad (3.9)$$

3.2.3 Basit ortalama bağlantı (simple average linkage) yöntemi

Basit ortalama bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık, Şekil 3.4’de tanımlandığı gibi bir kümedeki tüm nesnelerden diğer kümedeki tüm nesnelere olan uzaklıkların ortalamasıdır. Şekil 3.4’de verilen kümeler arasındaki uzaklığın hesabı şu şekilde yapılmaktadır: $d_{KL} = (d_{14} + d_{15} + d_{24} + d_{25} + d_{34} + d_{35}) / 6$



Şekil 3.4 Basit ortalama bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık

Böyle teknikler ekstrem değerlerden fazla etkilenmemektedir. Bu yöntem, yaklaşık aynı varyans ile küme oluşturma eğilimindedir.

C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.10) ifadesi ile hesaplanmaktadır.

$$D_{JM} = (D_{JK} + D_{JL}) / 2 \quad (3.10)$$

3.2.4 Ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemi

Bu yöntemde, kümelerin eleman sayılarını ağırlık olarak kullanılmakta olup, iki küme arasındaki uzaklık, (3.11) ifadesi ile hesaplanmaktadır.

$$D_{KL} = \frac{1}{N_K N_L} \sum_{i \in C_K} \sum_{j \in C_L} d(x_i, x_j) \quad (3.11)$$

C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.12) eşitliği ile belirlenmektedir.

$$D_{JM} = [(N_K D_{JK} + N_L D_{JL}) / N_M] \quad (3.12)$$

Ağırlıklı ortalama bağlantı yöntemi, küçük ve aynı varyansa sahip küme oluşumu eğilimindedir. Kümenin daha büyük olması gerektiği yönünde beklenti varsa, bu yöntem tercih edilmektedir.

3.2.5 Merkezi bağlantı (centroid linkage) yöntemi

Kümelerin eleman sayılarını dikkate alan yöntemlerden biri olan merkezi bağlantı yönteminde iki küme arasındaki uzaklık, (3.13) eşitliğinde verilen matematiksel ifade ile her adımda yeniden hesaplanmaktadır.

$$D_{KL} = \|\bar{x}_K - \bar{x}_L\|^2 \quad (3.13)$$

C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.14) ifadesi ile hesaplanmaktadır.

$$D_{JM} = [(N_K D_{JK} + N_L D_{JL}) / N_M] - [N_K N_L D_{KL}] / (N_M^2) \quad (3.14)$$

Merkezi bağlantı (centroid linkage) yöntemi, aykırı değerlere karşı diğer hiyerarşik yöntemlerden daha güçlü olmasına karşılık, Ward ve ortalama yöntemleri ile karşılaştırıldığında performansı düşüktür.

3.2.6 Medyan bağlantı (median linkage) yöntemi

Eğer merkezi bağlantı yönteminde birleştirilen iki kümenin nesne sayıları çok farklı ise birleştirmeden sonra oluşan yeni grubun kütle merkezi nesne sayısı fazla olan gruba çok yakın olacaktır. Bu durumda az sayıda nesnesi olan grubun karakteristik özellikleri neredeyse yok olacaktır. Medyan yönteminde, birleştirilen kümelerin nesne sayılarının etkisi yok edilmektedir.

Kümelerin nesne sayılarını dikkate almayan yöntemlerden biri olan medyan bağlantı yönteminde, C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.15) eşitliğindeki gibi hesap edilmektedir.

$$D_{JM} = [(D_{JK} + D_{JL})/2] - [D_{KL}/4] \quad (3.15)$$

3.2.7 Ward yöntemi

Ward, “minimum varyans yöntemi” adı altında bir hiyerarşik yöntemi ortaya koymuştur. Bu yöntem, kümeler arasındaki uzaklığı değerlendirmek için varyans analizi yaklaşımını kullanması sebebiyle diğer metodlardan farklıdır. Küme analizinde, her adımda birleştirilen kümelerde (3.16) ifadesinin en az artması hedeflenmektedir (Everitt, 1993).

$$ESS = \sum_{d=1}^v \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^{n_j} x_{dij}^2 - \frac{1}{n_j} \left(\sum_{i=1}^{n_j} x_{dij} \right)^2 \right) \quad (3.16)$$

Burada;

k : Küme sayısı,

n_j : j-inci kümedeki nesne sayısı,

v : Veri matrisindeki değişken sayısı,

x_{dij} : j-inci kümedeki i-inci elemanın d-inci değişken değeridir.

Ward metodunda iki küme arasındaki uzaklık (benzemezlik), iki kümenin tüm elemanlarına ait değerler ile bunların ortalaması arasındaki farkın karesinin toplamıdır. Örneğin bir akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık ortalama akım değerleri m³/s cinsinden 3, 3, 5, 5, 5, 10, 10, 10, 6, 6, 2, 2 şeklinde ise, $\bar{x} = 5.58 \text{ m}^3/\text{s}$ olacak ve veriler bir küme olarak gruplandırılırsa ESS değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$ESS = (3 - 5.58)^2 + (3 - 5.58)^2 + (5 - 5.58)^2 + (5 - 5.58)^2 + (5 - 5.58)^2 + (10 - 5.58)^2 + (10 - 5.58)^2 + (10 - 5.58)^2 + (6 - 5.58)^2 + (6 - 5.58)^2 + (2 - 5.58)^2 + (2 - 5.58)^2 = 98.92$$
 olur. Eğer veriler değerlerine göre $\{2,2\}, \{3,3\}, \{5,5,5\}, \{6,6\}, \{10,10,10\}$ olarak sınıflandırılırsa, ESS değeri beş grubun ESS toplamlarından ibarettir. Dolayısıyla;

$ESS_{\text{beş grup}} = ESS_{\text{grup 1}} + ESS_{\text{grup 2}} + ESS_{\text{grup 3}} + ESS_{\text{grup 4}} + ESS_{\text{grup 5}} = 0$ olarak hesaplanır.

Ward algoritması, küme kütle merkezleri arasındaki öklit mesafesine dayanmaktadır. Bu yöntemin diğer hiyerarşik küme analiz yöntemleriyle test edilmesi tavsiye edilmektedir. Bacher (2002), Ward yönteminde benzerlik ölçüsü olarak öklit uzaklığının karesinin kullanılmasının gerektiğini ifade etmekte olup, iki küme arasındaki uzaklık (3.17) eşitliği ile belirlenmektedir.

$$D_{KL} = \frac{\|\bar{x}_K - \bar{x}_L\|^2}{\frac{1}{N_K} + \frac{1}{N_L}} \quad (3.17)$$

C_K ve C_L kümeleri birleştirilerek C_M kümesi elde edildiğinde, C_M kümesi ile diğer bir küme olan C_J arasındaki uzaklık (3.18) eşitliği ile belirlenmektedir.

$$D_{JM} = [(N_J + N_K)D_{JK} + (N_J + N_L)D_{JL} - N_J D_{KL}] / (N_J + N_M) \quad (3.18)$$

Ward yöntemi, genel olarak küçük boyutta kümeler oluşturmaya karşı çok etkili bir yöntem olarak bilinmektedir. Bu yöntem, aynı sayıda nesne içeren kümeler oluşturma eğilimindedir. Diğer hiyerarşik kümelendirme tekniklerinin aksine, objektif bir istatistik sağlamaktadır. Aykırı değerlere karşı duyarlıdır.

3.3 Hiyerarşik Olmayan Küme Analiz Yöntemleri

Başlangıçta her bir kümenin tek bir nesne ile başlatılarak bir araya getirme işleminin uygulandığı agglomerative hiyerarşik kümelendirme yöntemlerinin aksine, hiyerarşik olmayan algoritmalarındaki ana fikir, veriyi başta bazı kısımlara bölmek, bilahare küme nesnelerinin, giriş verilerinin doğal yapısını ortaya çıkaracak şekilde yeni bölümlere ayırmaktır. Küme sayısı, hiyerarşik olmayan yöntemlerde küme analizi neticesinde belirlenmesine rağmen, hiyerarşik yöntemde küme analizine başlamadan önce seçilmektedir.

Burada, hiyerarşik olmayan yöntemlerden “k ortalamaları” yönteminden bahsedilecektir. Bu yöntemin kökeni “en yakın kütle merkezi sıralaması” algoritmasıdır. Seçilen bir grup verinin kütle merkezi hesaplanır ve her eleman, kütle merkezi en yakında olan kümeyle birleştirilerek bir dizi küme teşkil edilir. Bu iki işlem, dengeli bir yapı kazanılincaya kadar birbiri ardından uygulanır. Böyle bir işlem, her kümenin kendi içindeki değişmelerini en az seviyeye indirmektedir.

3.3.1 K-ortalamaları (k-means) yöntemi

1970’li yıllarda geliştirilen k-ortalamaları yönteminde, kümelendirme işlem sırası şu şekildedir;

1. k kümesi, başlangıç şartı olarak nesnelerin tahminen seçilmesiyle oluşturulur.
2. Her bir nesnenin, küme merkezine olan öklit uzaklığının karesi hesaplanır. Böylece her bir nesne, en yakın kümeye dahil edilir.
3. Tüm nesneler bu şekilde kontrol edildikten sonra küme merkezi tekrar hesaplanmaktadır.
4. Yukarıdaki 2 ve 3 nolu işlemlere, (3.19) ifadesi minimum olacak şekilde küme elemanları değişmeyinceye kadar devam edilir (Bacher, 2002).

$$\min \sum_k \sum_{a \in k} \sum_j (x_{aj} - \bar{x}_{kj})^2 \quad (3.19)$$

Burada;

k : küme sayısı,

x_{aj} : a nesnesinin j-inci değişken değeri,

$\bar{x}_{kj}$: k kümesinin j-inci değişken değerlerinin ortalamasıdır.

3.4 Probabilistik (Olasılıkçı) Küme Analiz Yöntemleri

Hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemlerde, bir nesne yalnız bir kümenin elemanı olabilmektedir. Örneğin, akım gözlem istasyonlarının bölgesel analizinde, bir istasyon yalnız bir kümenin elemanı olabilirken, probabilistik (olasılıkçı) yöntemde aynı istasyon değişik olasılıklarda aynı anda farklı kümelerin elemanları olabilmektedir. Bu yöntem, farklı ölçekte değişkenlerin mevcut olması ve kümelendirmenin olasılık esasına dayanması durumunda kullanılmaktadır. Tez konusu olan özgül debi süreklilik eğrisinin kullanımında böyle bir durum söz konusu olmadığı için bu yöntemin esasları detaylı olarak verilmemektedir.

3.5 Hiyerarşik Küme Analiz Yöntemleri İle Hiyerarşik Olmayan Küme Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Küme analiz yöntemlerine ait neticelerin performansları, ilgilenilen konuya bağlı olduğu için hangi küme analiz yönteminin kullanılacağına karar verebilmek kolay değildir. Hiyerarşik yöntemlerin daha hızlı olması ve dolayısıyla bilgisayar hesaplamalarında daha az zaman alması sebebiyle geçmişte tercih edilmelerine neden olmuştur. Ancak, hiyerarşik yöntemlerin hızlı olmasına karşılık çok fazla sayıda veriler üzerinde kullanılması tercih edilen bir durum değildir.

Hiyerarşik olmayan yöntemler, aykırı değerlerden daha az etkilenmeleri ve geçmişe nazaran bilgisayarların kapasite ve hız bakımından büyük aşama kazanmış olması nedeniyle günümüzde çok sık kullanılmakta ve kabul görmektedir.

Günümüzde küme analizi yapan bir çok software bulunmaktadır. Bunlardan bazıları BMDP, MINITAB, SAS, CLUSTAN, SPSS, SYSTAT, CLUSTAR ve NTSYS'dir.

Araştırmacıların küme analiz çalışmalarında, veriler üzerinde öncelikle hiyerarşik küme analiz yöntemlerini uygulayarak küme sayısı ile ilgili fikir edinmesi ve buna göre küme sayısına karar vererek hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemlerini kullanması tavsiye edilmektedir.

Ward yöntemi haricinde başka bir hiyerarşik yöntemin kullanılması isteniyorsa bunun ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemi olması tavsiye edilmektedir (Bacher, 2002).

Verilerin homojen bölgelere ayrılmasında k-ortalamaları yönteminin geniş kullanım alanı olduğu ifade edilmektedir.

3.6 Küme Sayısının Belirlenmesi

Küme analizinin önemli problemlerinden biri, kümelerin geçerliliğinin objektif olarak belirlenmesidir. Küme sayısını en iyi şekilde belirlemek, küme geçerliliğinin ana sorunu olarak tanımlanmaktadır (Jajuga ve diğ., 2002). Küme sayısının belirlenmesine yönelik objektif ve standart bir yöntem bulunmamaktadır. Hiyerarşik yöntemlerde ya kümeler arasındaki uzaklığın çok büyük olduğu durumda küme analizi işlemine son verilir ve bu noktadaki küme sayısı esas alınır, ya da geliştirilmiş bazı testler yardımıyla küme sayısı belirlenmeye çalışılır. Küme analizinin istatistiksel bir dağılımı olmadığı için her hangi bir istatistiksel test ile uygun küme sayısına karar verilememektedir. Seçilen küme sayısının, istatistik tabana dayanmamakla birlikte, pseudo F, pseudo t^2 , R^2 , SPRSQ, RMSSTD ve kübik küme kriteri (CCC) gibi testlerle kontrol edilmesi önerilmektedir. (Hair ve diğ., 1997). Ancak bu testlerin hiç biri tam olarak kabul görmüş, güvenilirlikleri ispatlanmış ve istatistiksel olarak savunulabilir değildir (Gong ve Richman, 1994).

Pseudo F istatistiği kümeler arasındaki varyansın kümeler içindeki varyansa oranı olup, (3.20) eşitliği ile hesaplanabileceği belirtilmektedir (Fovell ve Fovell, 1993). Burada oranın büyük çıkması hedeflenmektedir.

$$\text{pseudo } F = [A/W] [(n-k)/(k-1)] \quad (3.20)$$

Burada;

A : kümeler arasındaki kareler toplamı,

W : küme içindeki kareler toplamı,

n : nesne sayısı,

k : küme sayısıdır.

Küme analizinin başlangıcında A değeri büyük ve W değeri küçüktür. Bu sebeple pseudo F istatistiği büyük değerler almaktadır. Parantez içindeki k-1 terimi k=1 değeri için 0 olur ve bu durumda pseudo F istatistiği belirsiz hale gelir.

Pseudo t^2 (yalancı t^2) istatistiği, birleşen iki küme elemanlarının birleşme öncesi ve sonrası kareleri toplamının birbirine oranlarıdır (SAS Institute, 1985). Küçük ve/veya benzer kümeler birleştirildiğinde ve küme eleman sayısı arttığında veya benzemezlikler arttığında pseudo t^2 test değerleri küçük değerler alma eğilimindedir. O halde bu, bize diğer pseudo F testine nitelikçe benzer sonuçlar verir. Bunlara “pseudo test” denmesinin nedeni, kabullerinin normal istatistik değerlerinin ötesinde olması ve bunların dikkatli kullanılması gereği ve sadece müracaat edilme rolünde olmasındadır. SAS Institute (1985), küme sayısına karar verilirken pseudo t^2 istatistiğindeki ani sıçramalarla biten yerel tepe noktalarına bakılmasını önermektedir.

Kubik küme kriteri (CCC), çarpık dağılımlarda negatif değerler vermektedir. Bu nedenle çarpık dağılımlarda kullanılmamaktadır. CCC değerinin 2 (veya 3)’den büyük olması istenir. CCC’nin negatif değerinin büyük olması (örneğin -30 gibi) gözlemlerde aykırı değerlerin varlığını göstermektedir. Bu durumda küme analizi yapmadan önce gözlem değerlerinden aykırı değerlerin yok edilmesi gerekmektedir.

RMSSTD (standart sapmaların karelerinin ortalamasının karekökü) testinde, iki kümenin birleştirilmesiyle oluşturulan yeni kümenin varyanslarının karekökü hesaplanır. İki benzer küme birleştirildiğinde RMSSTD değeri küçülmektedir.

R^2 testinde, küme analizinde kullanılan tüm nesnelerin bir kümeye ait olduğu durumda $R^2 = 0$ olmaktadır. Her bir nesnenin kendi başına bir küme oluşturduğu

zaman ise $R^2 = 1$ değerini almaktadır. Bu testte R^2 değerinin sıçrama yaptığı noktadaki küme sayısının esas alınması önerilmektedir.

Yarı – kısmi R^2 (SPRSQ) testinde ise SPRSQ değeri iki kümenin birleşmesinden önce ve sonra azalıyorsa küme analizinde bu noktadaki küme sayısının esas alınması tavsiye edilmektedir.



4. KÜME ANALİZİ YARDIMIYLA BÖLGESEL DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİSİNİN BELİRLENMESİ

4.1 Debi Süreklilik Eğrisinin Temel Özellikleri

Debi, rastgele bir değişken olup, zaman içinde değişmektedir. Bir akarsudan biriktirme yapmaksızın alınabilecek su miktarını belirlemek için gözlenmiş verilere göre akarsuda belli bir debinin aşıldığı zaman yüzdesini veren debi süreklilik eğrisinin çizilmesi gerekmektedir (Bayazıt, 1997). Doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenebilmesi için tesis yerindeki debi süreklilik eğrisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bölüm 2’de verilen esaslar çerçevesinde debi süreklilik çizgisi belirlendikten sonra, akarsuda belli bir aşılma yüzdesine sahip olan debi değeri bu eğriden kolaylıkla elde edilebilmektedir.

4.2 Bölgedeki Eksik Veya Yetersiz Akım Verileri Ve Bunlara Bağlı Olarak Debi Süreklilik Eğrisi Eksikliğinin Giderilmesi

Herhangi bir havzada akarsuyun her bir kesitine akım gözlem istasyonu kurmak suretiyle gözlem yapmak, hem ekonomik yönden hem de uygulama açısından mümkün değildir. Diğer taraftan, yeterli sayıda akım rasat ağının olmamasının yanı sıra var olan akım gözlem istasyonlarının uzun süreli rasat değerlerine sahip bulunmaması halinde su kaynakları mühendisliğindeki planlama çalışmalarında ihtiyaç duyulan proje debisinin belirlenmesinde sorunlarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Ayrıca, var olan istasyonlar da genellikle ana kol üzerinde bulunmakta olup, yan kollardaki akım gözlem eksikliği çok büyük boyutlardadır. Bölgedeki mevcut akım gözlem istasyonlarında ölçülen akım değerlerinden hesaplanacak debi süreklilik eğrileri ise bölgede tesis edilecek olan doğal akışlı hidroelektrik santral yerlerindeki debi süreklilik eğrilerinin tamamını temsil etmeyecektir. Bölüm 2’de açıklandığı gibi, akım ölçüm değerleri olmayan veya eksik/yetersiz olan yerlerdeki debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesinde günümüze kadar yapılan genel uygulama,

aynı veya komşu havzalardaki mevcut akım verilerinden yararlanarak eksikliklerin giderilmesi ve buna göre de debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi şeklindedir. İstasyonlar arasındaki ilişkinin belirlenmesinde regresyon analizi veya drenaj alanı oranı ilişkisi gibi yöntemler kullanılmıştır. Bu yaklaşımlardan regresyon analizi, ancak belirli düzeyde akım verilerinin mevcut olması ve eksik verilerin tamamlanması amacıyla kullanılırken, verinin hiç olmaması durumunda regresyon analizi yapma imkanı bulunmamaktadır. Bu durumda, kullanılan havza drenaj alanı oranlarına dayalı yöntem ise çok kaba bir yaklaşımdan öteye gidememektedir.

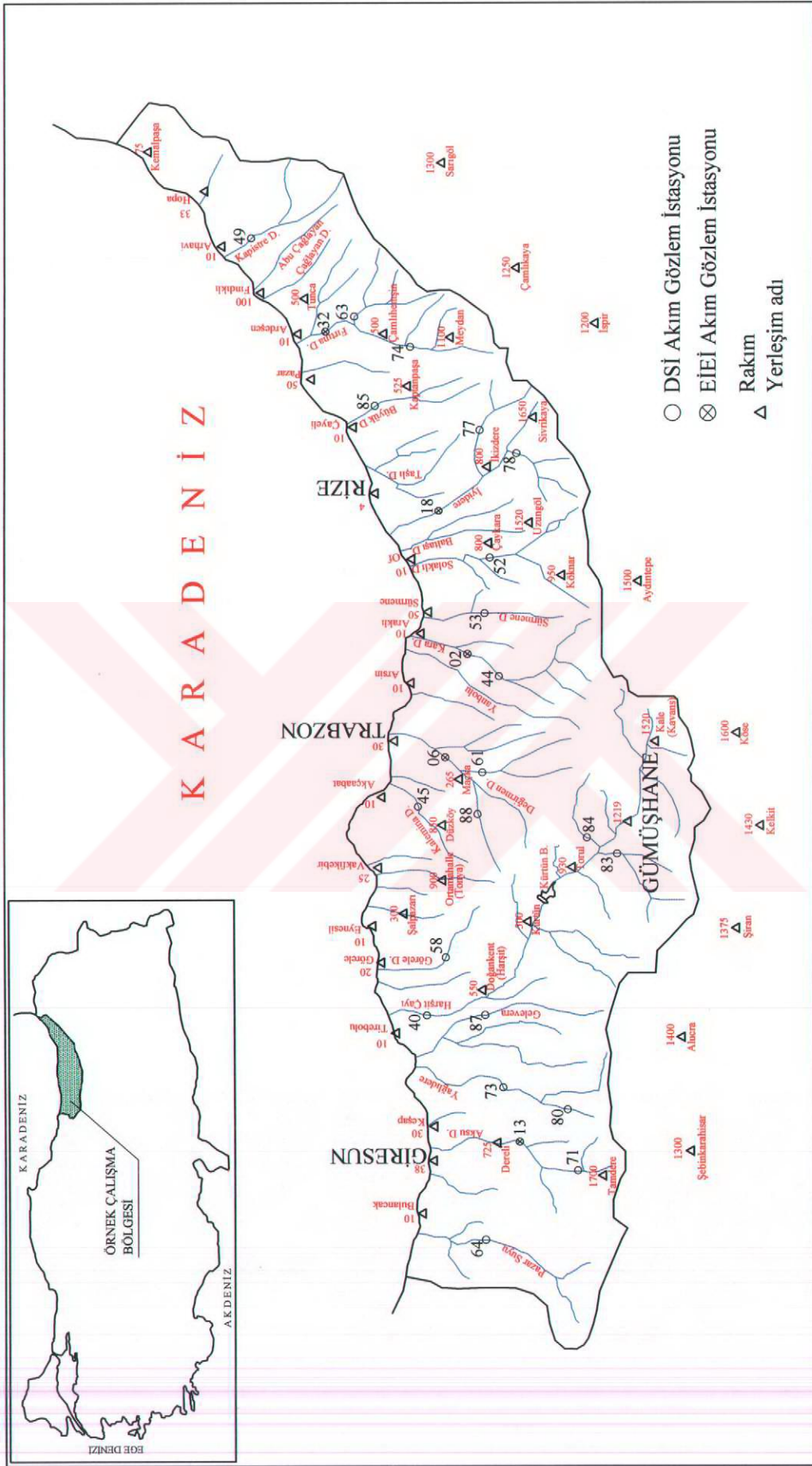
4.3 Bölgesel Homojenlik Kavramı Ve Bölgesel Debi Süreklilik Eğrisinin Belirlenmesi

4.3.1 Homojenlik analiz yöntemleri ve bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesi

Gözlenmiş ham verilerin kullanıldığı durumlarda genellikle bu verilerin homojen olup olmadığı yönünde homojenlik testi uygulanmakta olup, özgül debi süreklilik eğrilerinin elde edildiği gibi ham veriler üzerinde çeşitli işlemlerle değişiklikler yapılmak suretiyle verilerin doğal karakteri bozulduğunda ham veriler üzerinde uygulanan homojenlik testleri geçerliliğini kaybetmektedir. Özgül debi süreklilik eğrileri yönünden her bir homojen bölgeye ait bölgesel debi süreklilik eğrilerinin türetilmesi için homojen bölgelerin belirlenmesinde küme analizi (cluster analysis) kullanılmaktadır.

4.3.2 Küme analizi ve bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesi

Su kaynakları mühendisliğinde kullanılan çeşitli homojenlik testleri mevcut olmasına karşılık özgül debi süreklilik eğrilerine uygulanabilecek önceden belirlenmiş bir hipotez bulunmadığı için bu tez çalışmasında bölgesel debi süreklilik eğrilerinin belirlenmesinde çalışma bölgesinin alt bölgelere ayrılması işlemi küme analizi yardımıyla yapılmıştır. Bunun için bir çok alt havzadan oluşan Doğu Karadeniz Bölgesinde örnek bir çalışma bölgesi seçilmiştir. Seçilen bölge, Şekil 4.1’de



Şekil 4.1 Doğu Karadeniz'de seçilen çalışma bölgesi ve küme analizinde kullanılan istasyonların genel vaziyet planı

Tablo 4.1 Doğu Karadeniz’de seçilen çalışma bölgesindeki istasyonların karakteristikleri

Akım Gözlem İstasyon No	Akım Gözlem İstasyon Adı	Akım Gözlem İstasyonunun Kotu (m)	Akım Gözlem İstasyonunun Drenaj Alanı (km ²)	Akım Gözlem İstasyonundaki Ortalama Debi (m ³ /s)	Akım Gözlem İstasyonundaki Verim (l/s/km ²)	Akım Gözlem İstasyonunda Rasat Yapılan Yıllar	Eksik Rasat Yapılan Yıllar
22-64	Pazarsuyu - Kovanlık	530	377,5	6,700	17,748	1980-2001	
22-71	Aksu Deresi - İksu	1050	295,7	6,810	23,030	1984-2000	
22-13	Aksu - Dereli*	248	713	13,900	19,495	1954-2000	
22-80	Yağlıdere - Sımrıköy	750	296,9	6,520	21,960	1980-2000	1990, 1991
22-73	Yağlıdere - Tuğlacık	400	397,85	9,850	24,758	1986-2000	1990, 1991
22-87	Gelevera - Hasanşeyh	355	256,8	7,410	28,855	1983-2000	1990
22-83	Kodil Çayı - Gümüşkaya	1150	410,78	5,490	13,365	1984-2000	1990, 1991
22-84	Korum Deresi	1375	149,6	1,770	11,832	1993-2000	
22-40	Harşit Çayı - Eymür	120	3132,8	40,200	12,832	1976-2000	
22-58	Görel Deresi	300	162,67	5,780	35,532	1980-2000	1991
22-45	Kalanima Deresi	40	248,7	3,009	12,099	1978-1988	1982, 1983, 1984
22-88	Maçka Deresi - Ormanlıstil	770	150	2,480	16,533	1984-2000	1991, 1991, 1994
22-61	Altın Deresi - Ortaköy	450	260,97	4,450	17,052	1980-2000	
22-06	Değirmendere-Kanlıpelit*	263	737,2	10,750	14,582	1968-1989	
22-44	Karadere - Aytas	500	421,22	7,280	17,283	1978-2000	1985, 1986, 1989, 1990, 1991, 1993, 1994, 1997, 1998
22-02	Karadere - Değirmencik*	78	635,7	11,200	17,618	1942-2000	
22-53	Sürmene Deresi - Ortaköy	150	173,61	5,380	30,989	1979-1995	1989, 1990, 1994
22-52	Solaklı Deresi - Ulucami	275	576,76	14,900	25,834	1979-2000	1998
22-78	Tozköy Deresi	1000	284,34	8,180	28,768	1986-2000	1988, 1993, 1997, 1998
22-77	Cimilderesi - Cımil	1650	139,3	4,070	29,218	1982-1996	1988-1993 arası
22-18	İyidere - Şimşirli*	307	834,9	28,000	33,537	1954-2000	1990, 1991
22-85	Şenözderesi - Kaptanpaşa	400	231,2	9,740	42,128	1984-2000	
22-74	Hemşinderesi - Çat	1100	277,61	8,850	31,879	1982-2000	1989, 1990, 1991
22-63	Hala Deresi - Mikronköprü	325	239,15	11,400	47,669	1980-2000	
22-32	Fırtınaderesi - Topluca*	233	763,2	29,000	37,998	1962-2000	1989, 1990, 1991, 1996, 1997, 1998
22-49	Kapistre Deresi - Başköy	75	257,1	10,300	40,062	1978-2000	

* işaretli istasyonlar EİE’ne ait istasyonlardır.

görüldüğü gibi batıda Ordu – Giresun il sınırından başlayarak doğuda Sarp sınır kapısına kadar uzanmaktadır. Kuzeyi, Karadeniz ile sınırlanan çalışma bölgesinin güney sınırında Çoruh Havzası bulunmaktadır. Çalışma bölgesinde mevcut akım gözlem istasyonlarından uzun süreli akım gözlemi olan ve havzanın yapısını temsil edebilecek sayı ve özellikte olan 26 adet akım gözlem istasyonu seçilmiştir. Çalışma bölgesi içerisinde kalan istasyonların seçiminde, istasyonun kayıt uzunluğu, bölge içindeki konumu ve istasyona ait drenaj alanının fiziksel ve topografik yapısı dikkate alınmaya çalışılmıştır. Öncelikli olarak çalışma bölgesindeki 26 adet akım gözlem istasyona ait günlük ortalama debiler kullanılarak her bir istasyonu karakterize edecek şekilde özgül debi süreklilik eğrileri hazırlanmış ve bu eğrilerin değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerleri Tablo 4.2’de ve bunlara ait istatistikler Tablo 4.3’de verilmiştir. Bu eğriler, günlük ortalama debilerin istasyonlara ait drenaj alanlarına bölünmesiyle elde edilen özgül debiler kullanılarak belirlenmiştir. Küme analizinde debi süreklilik eğrilerinin bir bütün olarak değerlendirilmesi halinde aşılma olasılıkları küçük olan yani yılın küçük bir döneminde akarsuda mevcut olan taşkın debilerinin etkisi de dikkate alınmış olur. Halbuki doğal akışlı hidroelektrik tesislerin planlamasında hiçbir zaman taşkın debilerine göre santral kurulu gücü belirlenmemektedir. Dolayısıyla debi süreklilik eğrileri, kullanım amacına göre kısımlara ayrılarak değerlendirilmelidir.

Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen örnek çalışma bölgesindeki istasyonlara ait özgül debi süreklilik eğrilerinin değişik aşılma olasılıkları arasında kalan değerleri kullanılmak suretiyle hiyerarşik yöntemlerden tekli bağlantı, tam bağlantı, merkezi bağlantı, medyan bağlantı, ortalama bağlantı, ağırlıklı ortalama bağlantı ve Ward yöntemleri ile hiyerarşik olmayan k-ortalamaları yöntemiyle elde edilecek homojen bölge sınırlarının debi süreklilik eğrisinin kullanılan bölümüne bağlı olarak değişip değişmediği araştırılmıştır. Bu araştırma;

- Debi süreklilik eğrisinin tamamı (aşılma olasılığı %0 ile %100 aralığı),
- Debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %0 ile %30 aralığında kalan bölümü,
- Debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %30 ile %100 aralığında kalan bölümleri için yapılmıştır.

Tablo 4.2 Doğu Karadeniz’de seçilen çalışma bölgesindeki istasyonların değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerleri

İstasyon No	Akım Gözlem İstasyon Adı	Aşılma Olasılıklarına Karşı Gelen Özgül Debi Değerleri (m ³ /s/km ²)											
		%5	%10	%15	%20	%25	%30	%35	%40	%45	%50		
22-64	Pazarsuyu -Kovanlık	0,1020	0,0785	0,0647	0,0510	0,0390	0,0308	0,0249	0,0194	0,0162	0,0141		
22-71	Aksu Deresi - İkisu	0,0853	0,0680	0,0560	0,0433	0,0333	0,0234	0,0159	0,0130	0,0110	0,0098		
2213	Aksu - Dereli	0,0573	0,0441	0,0366	0,0307	0,0256	0,0212	0,0181	0,0153	0,0137	0,0123		
22-80	Yağıldere - Sınırköy	0,0780	0,0600	0,0480	0,0350	0,0260	0,0210	0,0180	0,0150	0,0130	0,0120		
22-73	Yağıldere - Tuğlacık	0,0700	0,0560	0,0450	0,0360	0,0300	0,0260	0,0230	0,0200	0,0180	0,0160		
22-87	Gelevera - Hasanşeyh	0,1040	0,0720	0,0550	0,0416	0,0317	0,0252	0,0202	0,0168	0,0143	0,0122		
22-83	Kodil Çayı - Gümtüşkaya	0,0480	0,0356	0,0275	0,0213	0,0167	0,0128	0,0106	0,0087	0,0072	0,0061		
22-84	Korum Deresi	0,0545	0,0370	0,0255	0,0163	0,0115	0,0079	0,0069	0,0059	0,0052	0,0045		
22-40	Harşit Çayı - Eymür	0,0463	0,0371	0,0304	0,0243	0,0196	0,0158	0,0136	0,0113	0,0097	0,0083		
22-58	Görelle Deresi	0,1092	0,0783	0,0617	0,0509	0,0424	0,0369	0,0317	0,0286	0,0253	0,0227		
22-45	Kalanima Deresi	0,0350	0,0267	0,0232	0,0201	0,0182	0,0162	0,0148	0,0138	0,0123	0,0109		
22-88	Maçka Deresi - Ormanüstü	0,0640	0,0453	0,0375	0,0293	0,0217	0,0160	0,0128	0,0108	0,0093	0,0077		
22-61	Altın Deresi - Ortaköy	0,0522	0,0417	0,0345	0,0279	0,0226	0,0187	0,0158	0,0138	0,0117	0,0103		
2206	Değirmendere	0,0510	0,0392	0,0308	0,0239	0,0178	0,0142	0,0118	0,0102	0,0089	0,0079		
22-44	Karadere - Aytas	0,0680	0,0560	0,0422	0,0316	0,0249	0,0211	0,0184	0,0158	0,0138	0,0126		
2202	Karadere - Değirmencik	0,0670	0,0468	0,0357	0,0270	0,0212	0,0172	0,0148	0,0128	0,0113	0,0103		
22-53	Sürmene Deresi - Ortaköy	0,0780	0,0640	0,0530	0,0470	0,0400	0,0340	0,0300	0,0280	0,0240	0,0225		
22-52	Solaklı Deresi - Ulucami	0,0810	0,0620	0,0520	0,0420	0,0350	0,0300	0,0255	0,0220	0,0185	0,0165		
22-78	Tozköy Deresi	0,1220	0,0900	0,0660	0,0520	0,0400	0,0280	0,0210	0,0170	0,0140	0,0120		
22-77	Cimilderesi -Cimil	0,0930	0,0708	0,0570	0,0476	0,0385	0,0297	0,0258	0,0232	0,0208	0,0192		
2218	İyidere - Şimşirli	0,0900	0,0744	0,0636	0,0539	0,0442	0,0368	0,0308	0,0268	0,0239	0,0219		
22-85	Şenözderesi - Kaptanpaşa	0,1000	0,0780	0,0690	0,0600	0,0550	0,0510	0,0470	0,0430	0,0390	0,0356		
22-74	Hemşinderesi - Çat	0,0970	0,0710	0,0580	0,0470	0,0380	0,0310	0,0260	0,0220	0,0190	0,0170		
22-63	Hala Deresi - Mikronköprü	0,1347	0,1062	0,0893	0,0757	0,0638	0,0540	0,0470	0,0418	0,0369	0,0326		
2232	Fırtınaderesi - Topluca	0,1060	0,0868	0,0727	0,0620	0,0527	0,0444	0,0386	0,0333	0,0293	0,0264		
22-49	Kapistre Deresi - Başköy	0,1060	0,0840	0,0700	0,0587	0,0498	0,0448	0,0383	0,0343	0,0309	0,0286		

Tablo 4.2 (devamı)

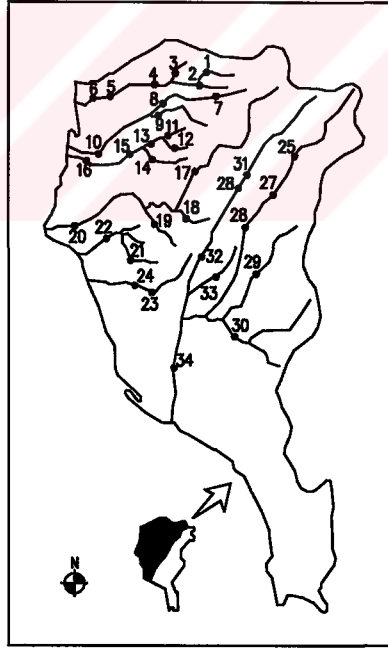
İstasyon No	Akım Gözlem İstasyon Adı	Aşılma Olasılıklarına Karşı Gelen Özgül Debi Değerleri (m ³ /s/km ²)											
		%55	%60	%65	%70	%75	%80	%85	%90	%95	%100		
22-64	Pazarsuyu - Kovanlık	0,0121	0,0111	0,0098	0,0091	0,0081	0,0072	0,0064	0,0050	0,0039	0,0014		
22-71	Aksu Deresi - İksu	0,0092	0,0083	0,0077	0,0069	0,0063	0,0058	0,0052	0,0045	0,0039	0,0034		
2213	Aksu - Dereli	0,0112	0,0101	0,0092	0,0083	0,0075	0,0068	0,0061	0,0053	0,0046	0,0014		
22-80	Yağlıdere - Sınırköy	0,0110	0,0105	0,0100	0,0090	0,0080	0,0075	0,0070	0,0060	0,0050	0,0020		
22-73	Yağlıdere - Tuğlacık	0,0150	0,0140	0,0120	0,0110	0,0100	0,0090	0,0080	0,0070	0,0060	0,0030		
22-87	Gelevera - Hasanşeyh	0,0111	0,0101	0,0092	0,0085	0,0079	0,0072	0,0063	0,0053	0,0043	0,0025		
22-83	Kodil Çayı - Gümtüşkaya	0,0051	0,0045	0,0039	0,0035	0,0029	0,0026	0,0023	0,0019	0,0015	0,0004		
22-84	Korum Deresi	0,0041	0,0037	0,0034	0,0031	0,0028	0,0025	0,0023	0,0021	0,0015	0,0010		
22-40	Harşit Çayı - Eymür	0,0071	0,0058	0,0053	0,0046	0,0038	0,0033	0,0027	0,0022	0,0014	0,0005		
22-58	Görelere Deresi	0,0197	0,0176	0,0154	0,0138	0,0122	0,0108	0,0090	0,0073	0,0057	0,0024		
22-45	Kalanima Deresi	0,0098	0,0086	0,0073	0,0065	0,0062	0,0054	0,0045	0,0039	0,0032	0,0005		
22-88	Maçka Deresi - Ormanüstü	0,0066	0,0057	0,0045	0,0039	0,0037	0,0034	0,0025	0,0025	0,0015	0,0015		
22-61	Altın Deresi - Ortaköy	0,0093	0,0082	0,0076	0,0069	0,0063	0,0056	0,0049	0,0042	0,0031	0,0002		
2206	Değirmendere	0,0072	0,0066	0,0059	0,0054	0,0050	0,0047	0,0043	0,0038	0,0033	0,0025		
22-44	Karadere - Aytas	0,0114	0,0102	0,0089	0,0079	0,0069	0,0059	0,0053	0,0043	0,0035	0,0005		
2202	Karadere - Değirmencik	0,0093	0,0085	0,0077	0,0070	0,0063	0,0057	0,0051	0,0043	0,0036	0,0005		
22-53	Sürmene Deresi - Ortaköy	0,0200	0,0185	0,0170	0,0160	0,0147	0,0130	0,0110	0,0090	0,0060	0,0020		
22-52	Solaklı Deresi - Ulucami	0,0145	0,0138	0,0123	0,0115	0,0103	0,0094	0,0080	0,0060	0,0040	0,0002		
22-78	Tozköy Deresi	0,0105	0,0095	0,0092	0,0087	0,0082	0,0075	0,0072	0,0065	0,0053	0,0030		
22-77	Cimilderesi - Cimil	0,0182	0,0163	0,0148	0,0142	0,0136	0,0127	0,0118	0,0110	0,0097	0,0064		
2218	İyidere - Şimşirli	0,0202	0,0187	0,0174	0,0162	0,0152	0,0143	0,0133	0,0122	0,0108	0,0055		
22-85	Şenözderesi - Kaptanpaşa	0,0320	0,0290	0,0260	0,0240	0,0210	0,0190	0,0170	0,0140	0,0110	0,0003		
22-74	Hemşinderesi - Çat	0,0150	0,0140	0,0130	0,0120	0,0110	0,0100	0,0090	0,0080	0,0070	0,0040		
22-63	Hala Deresi - Mikronköprü	0,0297	0,0277	0,0258	0,0237	0,0220	0,0212	0,0192	0,0181	0,0162	0,0084		
2232	Fırtınaderesi - Topluca	0,0241	0,0213	0,0199	0,0183	0,0168	0,0154	0,0143	0,0132	0,0118	0,0066		
22-49	Kapistre Deresi - Başköy	0,0265	0,0247	0,0229	0,0209	0,0188	0,0168	0,0150	0,0130	0,0097	0,0010		

Tablo 4.3 Doğu Karadeniz’de seçilen çalışma bölgesindeki istasyonların değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerlerine ait istatistikler

İstasyon No	Akım Gözlem İstasyon Adı	Ortalama	Standart Sapma	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı
22-64	Pazarsuyu -Kovanlık	0,026	0,028	1,080	1,629
22-71	Aksu Deresi - İkisu	0,021	0,024	1,134	1,676
2213	Aksu - Dereli	0,017	0,015	0,853	1,473
22-80	Yağlıdere - Sınırköy	0,020	0,020	1,005	1,840
22-73	Yağlıdere - Tuğlacık	0,022	0,018	0,817	1,513
22-87	Gelevera - Hasanşeyh	0,023	0,026	1,133	2,024
22-83	Kodil Çayı - Gümüşkaya	0,011	0,013	1,147	1,781
22-84	Korum Deresi	0,010	0,014	1,369	2,360
22-40	Harşit Çayı - Eymür	0,013	0,013	1,012	1,444
22-58	Görelle Deresi	0,030	0,027	0,904	1,655
22-45	Kalanima Deresi	0,012	0,009	0,714	1,027
22-88	Maçka Deresi - Ormanüstü	0,015	0,017	1,174	1,797
22-61	Altın Deresi - Ortaköy	0,015	0,014	0,913	1,451
2206	Değirmendere	0,013	0,013	1,000	1,812
22-44	Karadere - Aytaş	0,018	0,018	0,982	1,662
2202	Karadere - Değirmencik	0,016	0,017	1,033	1,990
22-53	Sürmene Deresi - Ortaköy	0,027	0,020	0,732	1,160
22-52	Solaklı Deresi - Ulucami	0,024	0,021	0,891	1,446
22-78	Tozköy Deresi	0,027	0,032	1,197	1,948
22-77	Cimilderesi -Cimil	0,028	0,023	0,825	1,729
2218	İyidere - Şimşirli	0,031	0,023	0,761	1,384
22-85	Şenözderesi - Kaptanpaşa	0,039	0,025	0,645	0,831
22-74	Hemşinderesi - Çat	0,026	0,025	0,927	1,719
22-63	Hala Deresi - Mikronköprü	0,045	0,034	0,750	1,442
2232	Fırtınaderesi - Topluca	0,036	0,027	0,765	1,339
22-49	Kapistre Deresi - Başköy	0,036	0,027	0,743	1,297

Yu ve Yang (1996) tarafından özgül debi süreklilik eğrilerinin bütünü (aşılma olasılığı %0- %100 aralığı) üzerinde verileri standart hale getirmeden Ward ve k-ortalamları küme analiz yöntemlerini kullanmak suretiyle homojen alt bölge sınırlarının belirlenmesine yönelik olarak Güney Tayvan’da bölgesel çalışma yapılmıştır. Bu tez çalışmasında, Karadeniz Bölgesinde seçilen örnek çalışma bölgesindeki 26 akım gözlem istasyonuna ait veriler üzerinde yukarıda açıklanan araştırmanın yapılması yeterli görülmemiş olup, Yu ve Yang (1996) tarafından yapılan bölgesel çalışmada kullanılan ve genel vaziyet planı Şekil 4.2’de, karakteristik değerleri ise Tablo 4.4’de verilen 34 akım gözlem istasyonuna ait özgül debi süreklilik eğrilerinin yukarıda belirtilen aralıklar (%0-%100, %0-%30 ve %30-%100) içinde kalan ve bu aralıklarda değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül

debi değerlerinin hem standart hale getirilerek hem de standart hale getirilmeden oluşturulan veri matrisine Ward ve k-ortalamları yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen homojen bölge sınırlarının değişimi incelenmiştir. Söz konusu 34 akım gözlem istasyonuna ait değişik aşılma olasılıklarına ait özgül debi değerleri Tablo 4.5’de verilmektedir. Yu ve Yang (1996) tarafından yapılan çalışma neticesinde Güney Tayvan’daki örnek bölgede bulunan akım gözlem istasyonlarının özgül debi süreklilik eğrileri yönünden 3 homojen bölgeye ayrılabilceği belirlenmiştir. Bu küme sayısı esas alınmak suretiyle Güney Tayvan çalışma bölgesindeki özgül debi süreklilik eğrilerinin %0 - %100, %0 - %30 ve %30 - %100 aralıkları için özgül debi değerleri standart hale getirilerek ve standart hale getirilmeden Ward ve k-ortalamları küme analiz yöntemleri ile homojen bölgeler elde edilmiştir.



Şekil 4.2 Güney Tayvan'daki akım gözlem istasyonlarının genel vaziyet planı

Tablo 4.4 Güney Tayvan’da yapılan bölgesel çalışmada kullanılan istasyonlara ait karakteristikler (Yu ve Yang, 1996)

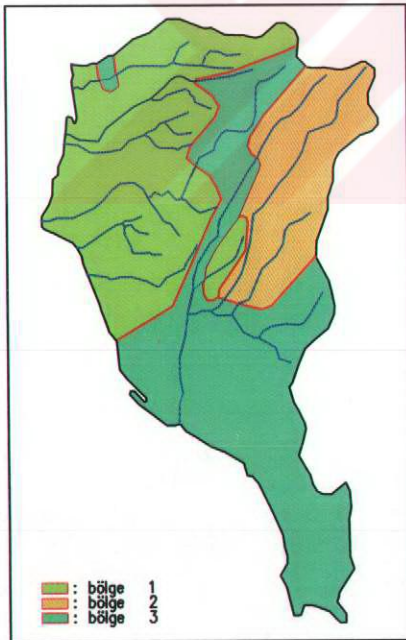
Akım Gözlem İstasyon No	Akım Gözlem İstasyon Adı	Akım Gözlem İstasyonunun Drenaj Alanı (km ²)	Akım Gözlem İstasyonunda Rasat Yapılan Yıllar
1	Jwu-Chyi	42,17	1959-1973
2	Lu-Man	22,08	1959-1979
3	Bah-Jyy	15,21	1959-1969
4	Niu-Chou-Chi Bridge	149,69	1973-1990
5	Suan-Tou	282,89	1978-1990
6	Po-Tzu (2)	288,94	1941-1943, 1947, 1950-1977
7	Chu-Kou	83,15	1940-1944, 1947, 1966-1990
8	Chun-Huei Bridge	122,25	1970-1990
9	Chang-Pan Bridge	101,09	1970-1990
10	I-Chu	441,02	1943, 1947-1948, 1950- 1990
11	Bair-Her	40,48	1940-1944, 1947, 1951-1952, 1962-1969
12	Liow-Chi	16,50	1958-1969
13	Ching-Yeh Bridge	83,50	1958-1959, 1961-1979
14	Chi-Pie-Shua	86,68	1958-1979
15	Shin-Ying	226,66	1958-1990
16	Shyue-Jea	314,24	1941-1944, 1947, 1950-1955
17	Chao-Hsing (3)	496,00	1955-1972
18	Yu-Tien	160,53	1941-1943, 1947, 1959-1990
19	Tso-Chen	121,31	1971-1990
20	Hsi-Kang	1157,46	1952, 1960-1981
21	Kuan-Miao	38,05	1940-1944, 1947, 1951-1951, 1956-1979
22	Hsin-Shih	146,46	1973-1990
23	Kang-Shan-Tou	139,3	1955-1981
24	A-Lien (2)	175,1	1971-1981
25	Mei-Shan	391,7	1977-1990
26	Sheau-Lin (1)	354,7	1954-1970
27	Taur-Yuan	544,47	1960-1969
28	Shin-Fa Bridge	812,03	1956, 1958-1990
29	Ta-Chin	360,2	1960-1982
30	San-Ti-Men	408,51	1960-1990
31	Ming-Cho	303,63	1975-1985
32	Yueh-Mei	539,52	1952, 1958-1986
33	Mei-Nung	23,06	1958-1973
34	Kao-Ping Bridge	3075,66	1940-1942, 1948-1949, 1951-1990

Tablo 4.5 Güney Tayvan’da yapılan bölgesel çalışmada kullanılan istasyonların değişik aşılma olasılıklarına karşı gelen özgül debi değerleri (Yu ve Yang, 1996).

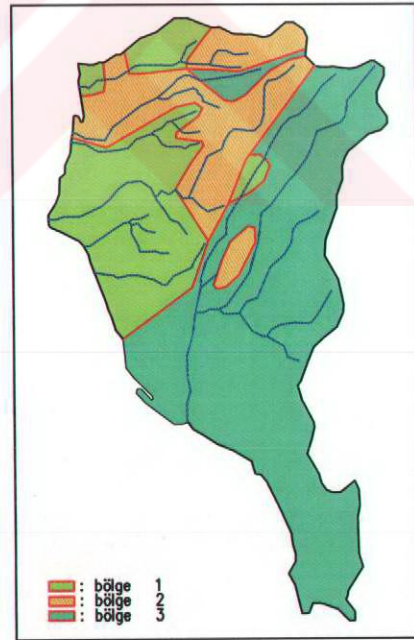
İstasyon No	Akım Gözlem İstasyon Adı	Aşılma Olasılıklarına Karşı Gelen Özgül Debi Değerleri (m ³ /s/km ²)								
		%10	%20	%30	%40	%50	%60	%70	%80	%90
1	Jwu-Chyi	0,145	0,076	0,038	0,013	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000
2	Lu-Man	0,172	0,067	0,029	0,011	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000
3	Bah-Jyy	0,044	0,020	0,012	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	0,001
4	Niu-Chou-Chi Bridge	0,132	0,067	0,029	0,013	0,007	0,005	0,003	0,002	0,002
5	Suan-Tou	0,095	0,051	0,031	0,020	0,013	0,010	0,008	0,006	0,003
6	Po-Tzu (2)	0,077	0,035	0,016	0,008	0,005	0,003	0,002	0,001	0,000
7	Chu-Kou	0,183	0,096	0,058	0,036	0,020	0,012	0,008	0,006	0,004
8	Chun-Huei Bridge	0,127	0,047	0,014	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000
9	Chang-Pan Bridge	0,140	0,065	0,031	0,016	0,009	0,006	0,004	0,002	0,001
10	I-Chu	0,090	0,044	0,024	0,014	0,009	0,006	0,004	0,002	0,000
11	Bair-Her	0,055	0,023	0,014	0,009	0,005	0,004	0,002	0,002	0,001
12	Liow-Chi	0,150	0,061	0,027	0,013	0,007	0,004	0,003	0,002	0,001
13	Ching-Yeh Bridge	0,080	0,027	0,014	0,009	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
14	Chi-Pie-Shua	0,063	0,022	0,009	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000
15	Shin-Ying	0,076	0,033	0,018	0,011	0,007	0,004	0,003	0,002	0,001
16	Shyue-Jea	0,075	0,039	0,022	0,012	0,007	0,004	0,002	0,000	0,000
17	Chao-Hsing (3)	0,135	0,067	0,036	0,019	0,012	0,008	0,006	0,005	0,003
18	Yu-Tien	0,121	0,049	0,022	0,009	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000
19	Tso-Chen	0,092	0,026	0,010	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001	0,000
20	Hsi-Kang	0,069	0,022	0,010	0,004	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000
21	Kuan-Miao	0,038	0,016	0,012	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006	0,005
22	Hsin-Shih	0,048	0,019	0,011	0,009	0,006	0,005	0,004	0,003	0,001
23	Kang-Shan-Tou	0,063	0,027	0,014	0,007	0,003	0,001	0,001	0,000	0,000
24	A-Lien (2)	0,074	0,033	0,022	0,015	0,010	0,006	0,003	0,001	0,000
25	Mei-Shan	0,186	0,105	0,071	0,051	0,040	0,030	0,024	0,019	0,016
26	Sheau-Lin (1)	0,178	0,091	0,054	0,032	0,021	0,014	0,010	0,008	0,006
27	Taur-Yuan	0,166	0,092	0,058	0,039	0,027	0,019	0,016	0,013	0,010
28	Shin-Fa Bridge	0,188	0,103	0,067	0,046	0,032	0,024	0,018	0,015	0,012
29	Ta-Chin	0,253	0,127	0,074	0,044	0,026	0,019	0,015	0,012	0,010
30	San-Ti-Men	0,214	0,099	0,056	0,033	0,020	0,013	0,009	0,005	0,002
31	Ming-Cho	0,215	0,113	0,074	0,047	0,030	0,020	0,015	0,012	0,009
32	Yueh-Mei	0,154	0,082	0,052	0,029	0,014	0,008	0,004	0,002	0,001
33	Mei-Nung	0,149	0,060	0,026	0,011	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000

Aşılma olasılığı %0 - %100 aralığındaki özgül debi değerleri standart hale getirildikten sonra Ward yöntemiyle elde edilen homojen bölge sınırları ile değerler standart hale getirilmeden Ward yöntemiyle elde edilen homojen bölge sınırlarının önemli ölçüde farklılık gösterdiği Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de görülmektedir. Aynı şekilde özgül debi süreklilik eğrilerinin yine %0 - %100 aralığı için veriler standart hale getirilerek ve getirilmeden k-ortalamaları yöntemiyle elde edilen homojen bölge sınırlarında farklılıklar olduğu Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’dan anlaşılmaktadır.

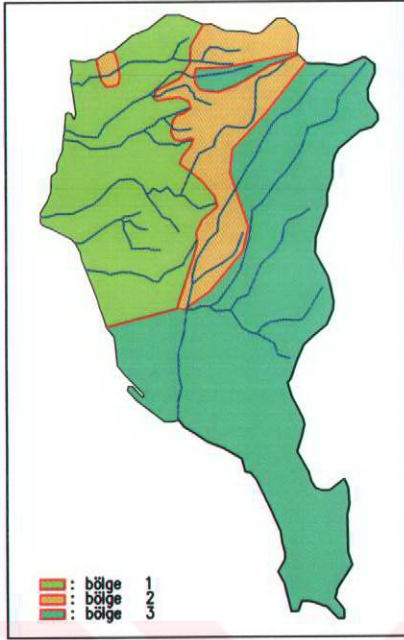
Diğer taraftan aşılma olasılığının %30 - %100 olduğu aralıktaki özgül debi değerleri standart hale getirilerek Ward ve k-ortalamaları yöntemleriyle elde edilen homojen bölge sınırlarındaki değişim incelendiğinde, söz konusu iki yöntemle elde edilen homojen bölge sınırlarında önemli ölçüde bir değişiklik olmadığı Şekil 4.7 ve Şekil 4.9’da görülmektedir. Aynı aşılma aralığında veriler standart hale getirilmeden Ward ve k-ortalamaları yöntemleri uygulanarak elde edilen homojen bölge sınırlarında önemli farklılık olduğu Şekil 4.8 ve Şekil 4.10’dan anlaşılmaktadır.



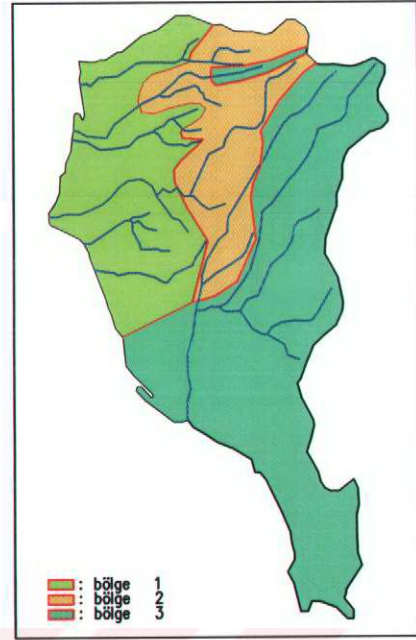
Şekil 4.3 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)



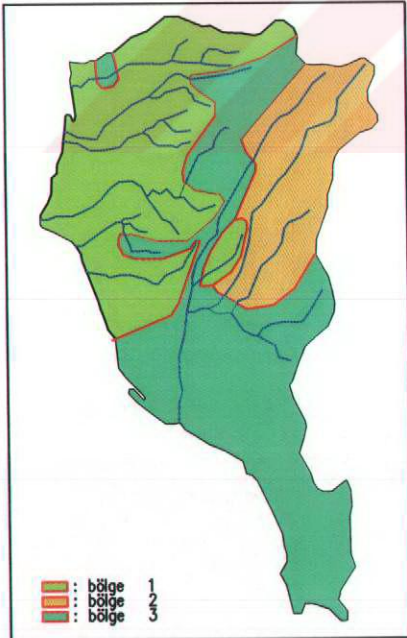
Şekil 4.4 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)



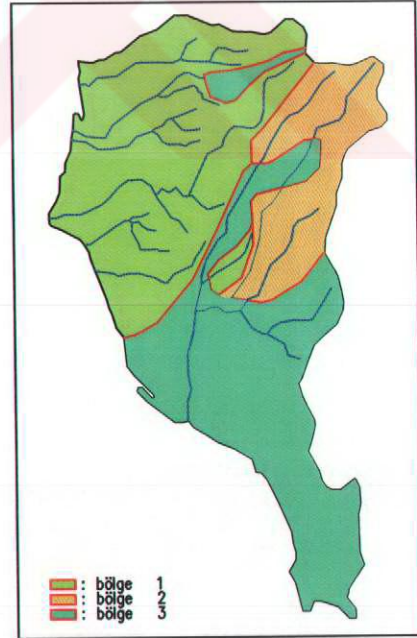
Şekil 4.5 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)



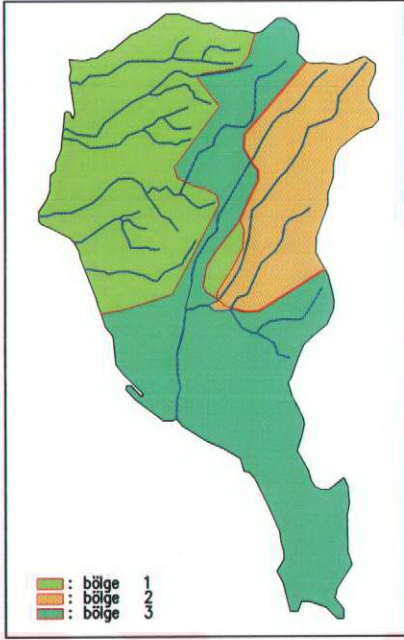
Şekil 4.6 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)



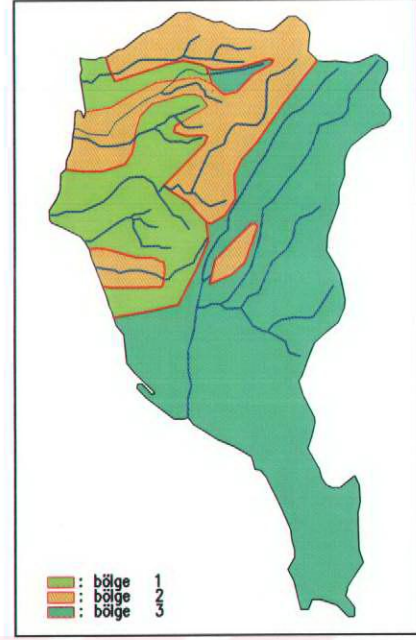
Şekil 4.7 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



Şekil 4.8 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



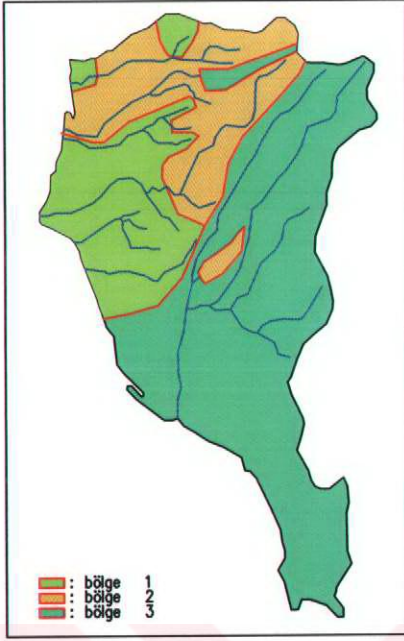
Şekil 4.9 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (ölgöl debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



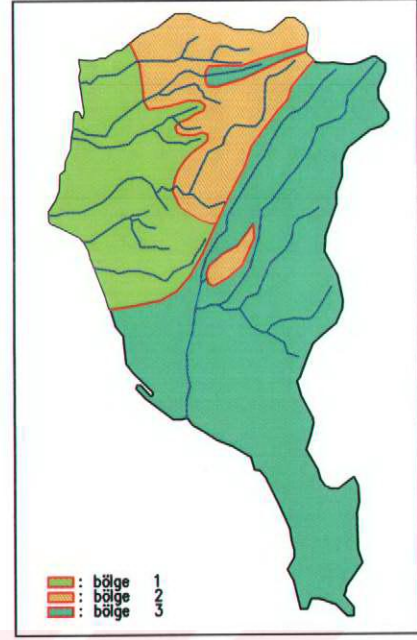
Şekil 4.10 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (ölgöl debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)

Debi süreklilik eğrisinin %0 - %30 aralığındaki aşılma olasılıklarına karşı gelen debiler genellikle taşkın esnasında gözlenen akımlar olup, bu aralıktaki ölgöl debi değerleri standart hale getirilerek ve standart hale getirilmeden Ward ve k-ortalamaları yöntemleriyle elde edilen homojen bölgeler Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de verilmiş olup, bu şekiller incelendiğinde veriler standart hale getirilerek ve getirilmeden Ward ve k-ortalamaları yöntemleriyle elde edilen homojen bölge sınırlarındaki değişimin küçük boyutta kaldığı tespit edilmiştir.

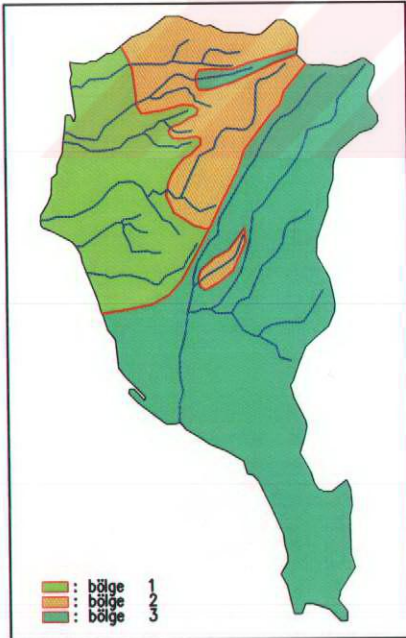
Netice itibarıyla bu tez çalışmasında, Güney Tayvan'da Yu ve Yang (1996) tarafından seçilen örnek bölgede yapılan küme analiz çalışmasında, homojen bölge sınırlarının küme analiz yöntemine, verilerin standart hale getirilip getirilmemesine ve küme analizinde veri olarak ölgöl debi süreklilik eğrisinin kullanılan aralığına bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.



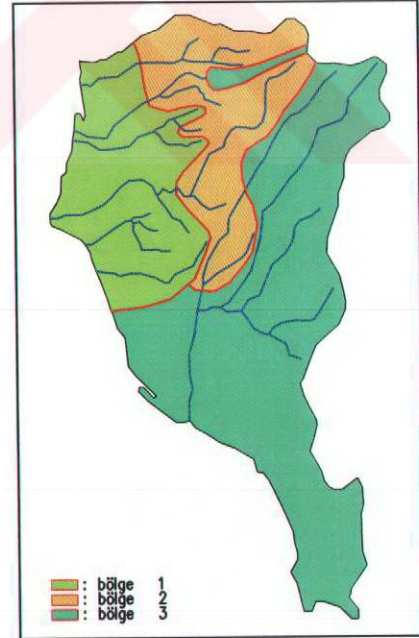
Şekil 4.11 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)



Şekil 4.12 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)



Şekil 4.13 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)

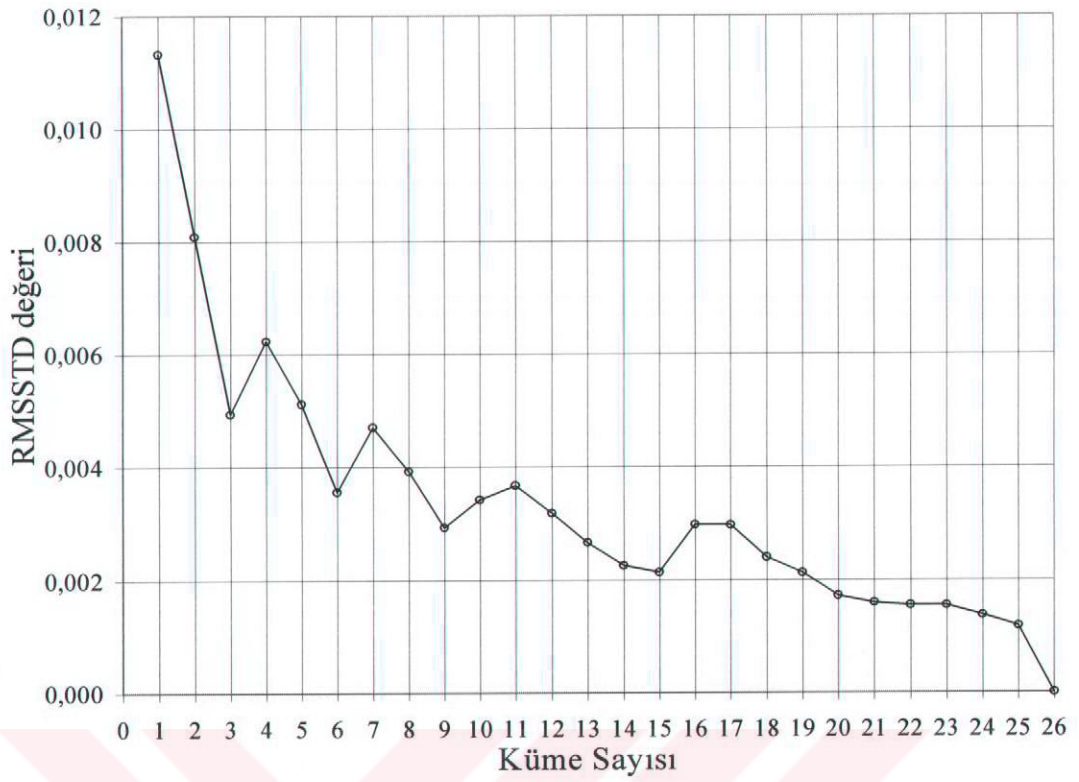


Şekil 4.14 Güney Tayvan verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homojen bölgeler (özellik debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)

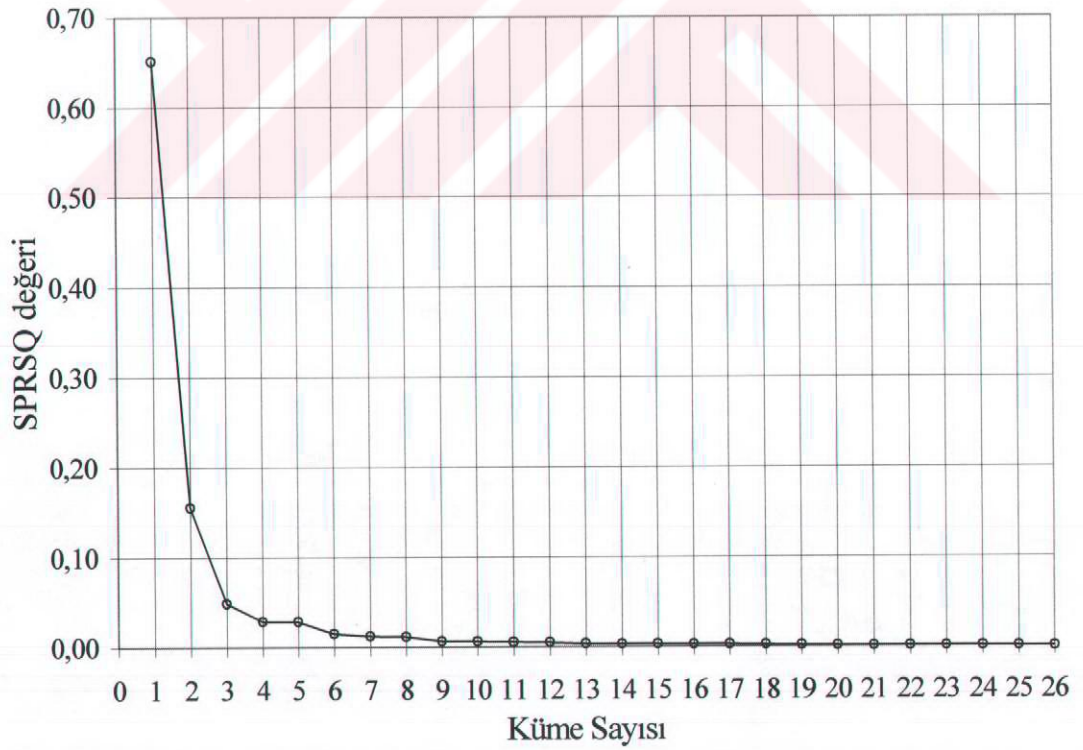
Doğal akışlı hidroelektrik santrallerin proje debisi olarak Bölüm 2’de açıklandığı gibi akarsuda aşılma olasılığı %30 olan debi değerine kadar çıkılmaktadır. Bu nedenle, Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen çalışma bölgesinde homojen bölgeler, doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi açısından kullanım amacına uygun olarak debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %30 ile %100’ü arasında kalan bölümü esas alınarak hiyerarşik yöntemlerden tekli bağlantı, tam bağlantı, merkezi bağlantı, medyan bağlantı, ortalama bağlantı, ağırlıklı ortalama bağlantı ve Ward yöntemleri ile hiyerarşik olmayan yöntemlerden k-ortalamarı küme analiz teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra aynı yöntemler kullanılarak özgül debi süreklilik eğrilerinin %0 - %100 ve %0 - %30 aşılma olasılıkları arasında kalan özgül debi değerleri, standart hale getirilerek ve getirilmeden elde edilecek homojen bölge sınırlarının değişimi araştırılmıştır.

Bu güne kadar küme analizinde küme sayısının (burada homojen bölge sayısı) belirlenmesine yönelik çok net kriterler ortaya konulmamış olmasına karşılık Bölüm 3’de ana hatları verilen testler ile Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen çalışma bölgesinde debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %30 ile %100’ü arasında kalan bölümüne ait özgül debi değerleri standart hale getirilmek suretiyle Ward yöntemi ile yapılan küme analiz sonuçları üzerinde SAS bilgisayar paket programıyla değişik küme sayılarına karşılık RMSSTD, SPRSQ, RSQ, pseudo F, pseudo t^2 ve CCC değerleri hesaplanmıştır. Küme sayısının belirlenmesinde kullanılan söz konusu test değerleri aşağıda değerlendirilmiştir. Debi süreklilik eğrileri Tablo 4.3’de görüldüğü gibi çarpık dağılım gösterdiklerinden CCC kriteri negatif değerler vermiş ve değerlendirme dışında tutulmuştur. RMSSTD testinde, iki kümenin birleştirilmesiyle oluşturulan yeni kümenin varyanslarının karekökü hesaplanmaktadır. İki benzer küme birleştirildiğinde RMSSTD değeri küçülmektedir. Bu tanımlama doğrultusunda Şekil 4.15’e göre küme sayısının 3 olarak kabul edilebileceği görülmüştür.

SPRSQ (yarı – kısmi R^2) testinde ise SPRSQ değeri iki kümenin birleşmesinden önce ve sonra azalıyorsa bu noktada homojenlik azalıyor demektir. Bu nedenle küme analizinde bu noktadaki küme sayısının esas alınması tavsiye edilmektedir. Bu durumda Şekil 4.16 incelendiğinde küme sayısının 3 alınmasında SPRSQ test değeri yönünden her hangi bir kısıtlama görülmemektedir.



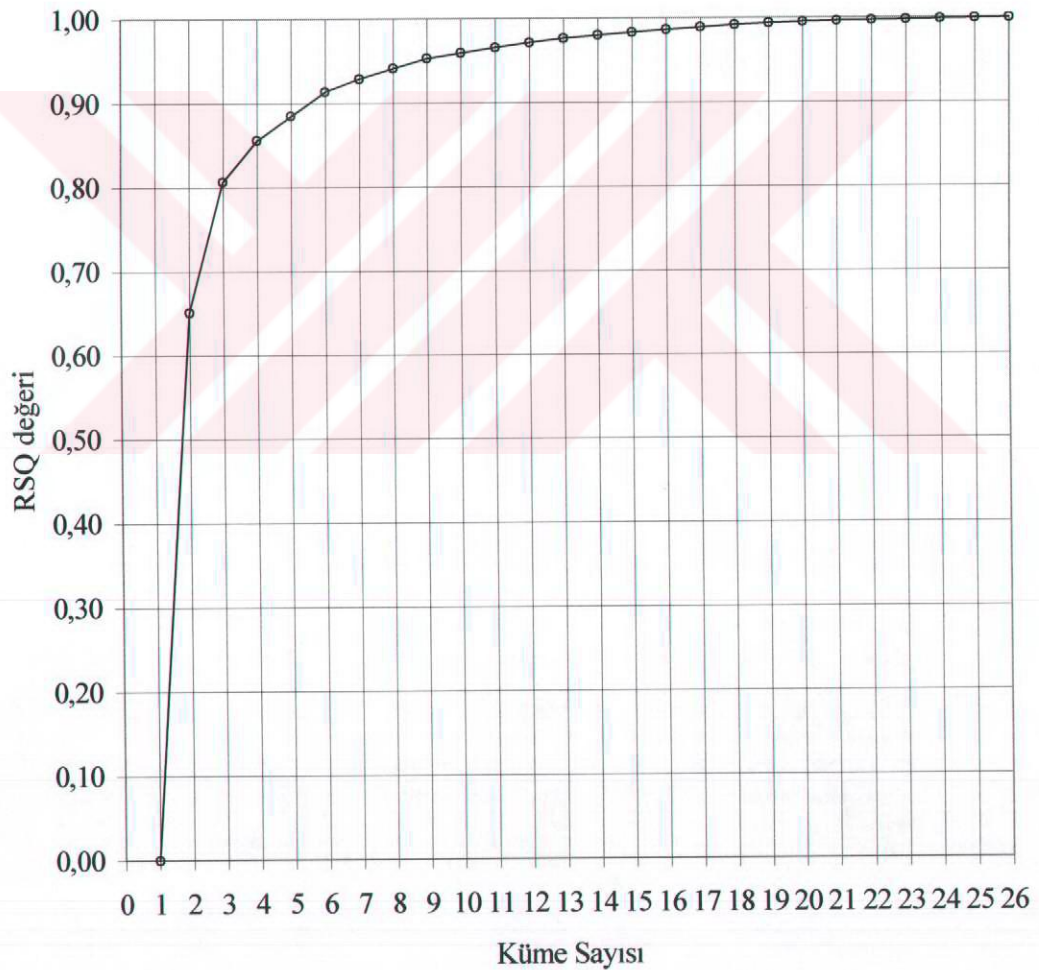
Şekil 4.15 Doğu Karadeniz verilerinin RMSSTD testi grafiği



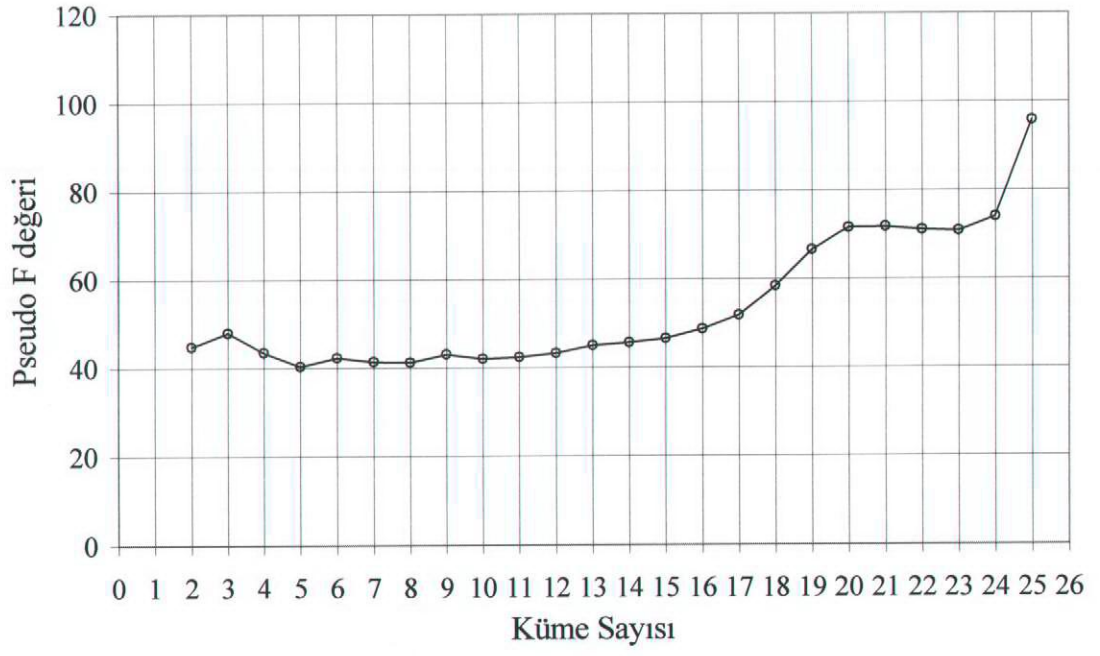
Şekil 4.16 Doğu Karadeniz verilerinin SPRSQ testi grafiği

RSQ testinde, küme analizinde kullanılan tüm nesnelerin bir kümeye ait olduğu durumda $RSQ = 0$ olmaktadır. Her bir nesnenin kendi başına bir küme oluşturduğu durumda ise $RSQ = 1$ değerini almaktadır. Bu testte, RSQ değerinin sıçrama yaptığı veya eğrinin eğiminin aniden azaldığı noktadaki küme sayısının esas alınması önerilmektedir. Dolayısıyla RSQ testindeki kriterler ve Şekil 4.17'deki bilgilere göre küme sayısı 3 olmalıdır.

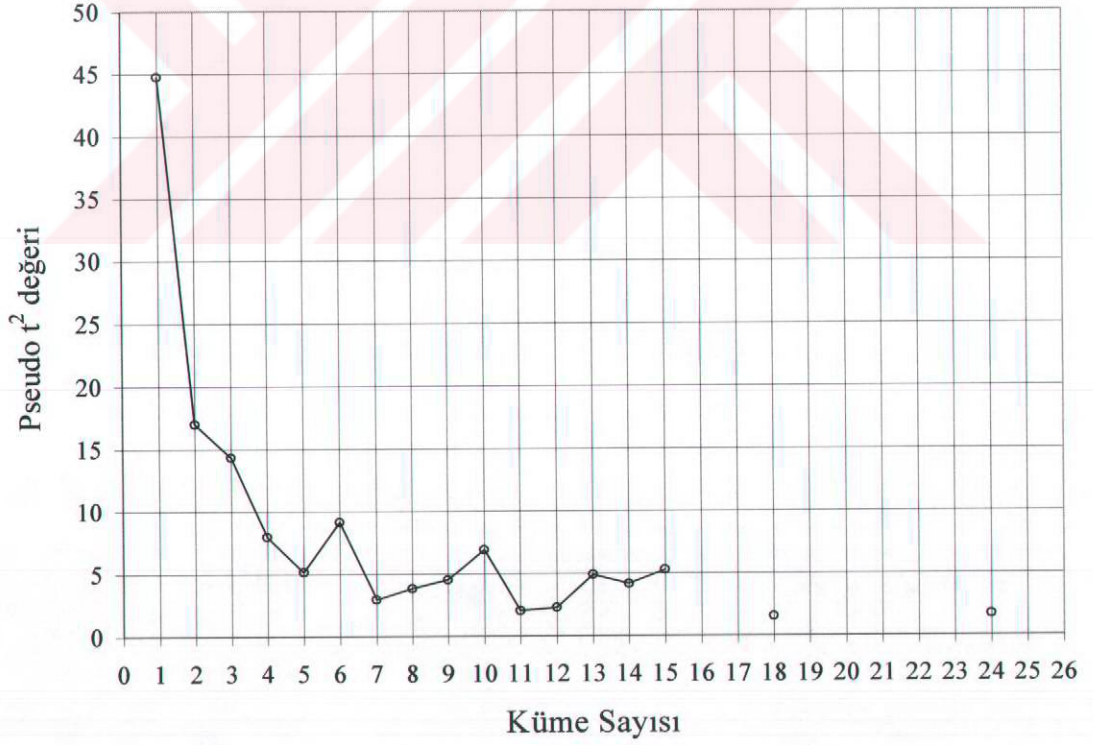
Pseudo F istatistiği, kümeler arasındaki varyansın kümeler içindeki varyansa oranı olup, bu oranın büyük çıkması hedeflenmektedir. Ani sıçrama noktaları optimum küme sayısını vermektedir. Buna göre Şekil 4.18'deki değerler incelendiğinde küme sayısı 3 olmaktadır.



Şekil 4.17 Doğu Karadeniz verilerinin RSQ testi grafiği

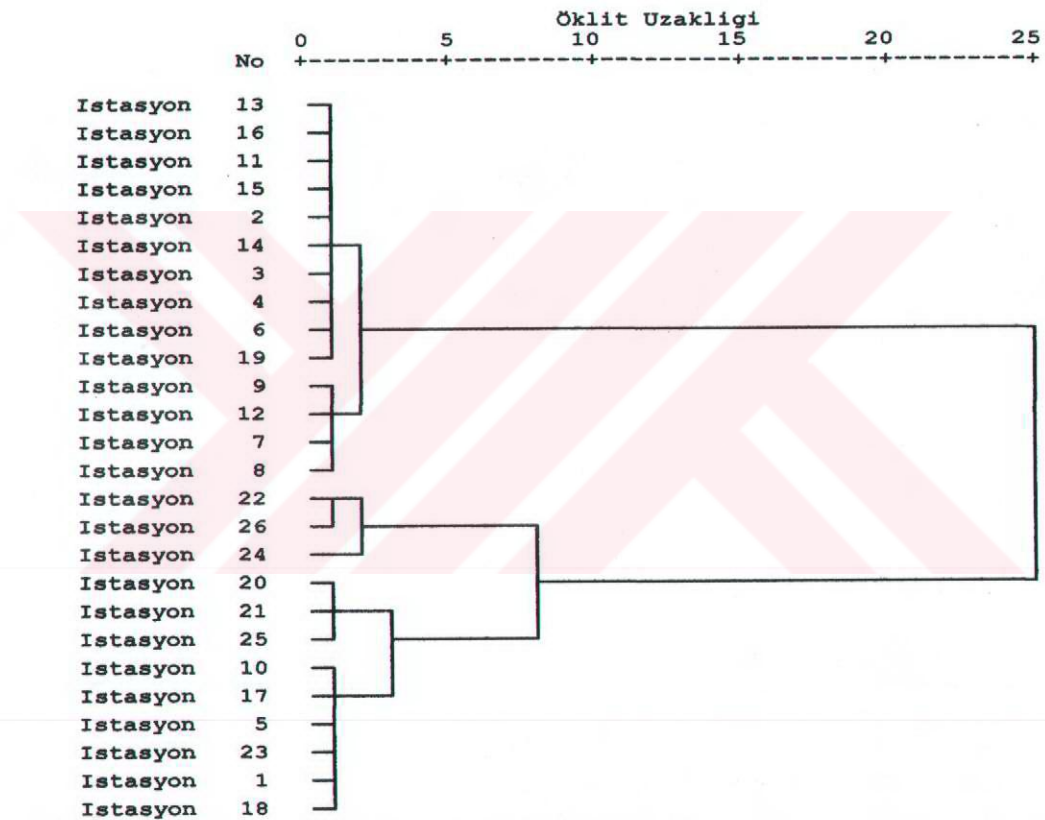


Şekil 4.18 Doğu Karadeniz verilerinin Pseudo F testi grafiği



Şekil 4.19 Doğu Karadeniz verilerinin Pseudo t^2 testi grafiği

Pseudo t^2 (yalancı t^2) istatistiği, birleşen iki küme elemanlarının birleşme öncesi ve sonrası kareleri toplamının birbirine oranıdır. Küçük ve/veya benzer kümeler birleştirildiğinde ve küme eleman sayısı arttığında veya benzemezlikler arttığında pseudo t^2 test değerleri küçük değerler alma eğilimindedir. SAS Institute (1985), küme sayısına karar verilirken pseudo t^2 istatistiğindeki ani sıçramalarla biten yerel tepe noktalarına bakılmasını önermektedir. Bu bilgiler doğrultusunda Şekil 4.19 yorumlandığında ise küme sayısı 6 olmaktadır. Küme sayısı, Pseudo t^2 testinde 6 olarak önerilmektedir. Ancak, çalışma bölgesinde 6 alt bölge çok farklı sahalara dağılmakta ve anlamlı sonuçlar vermemektedir.

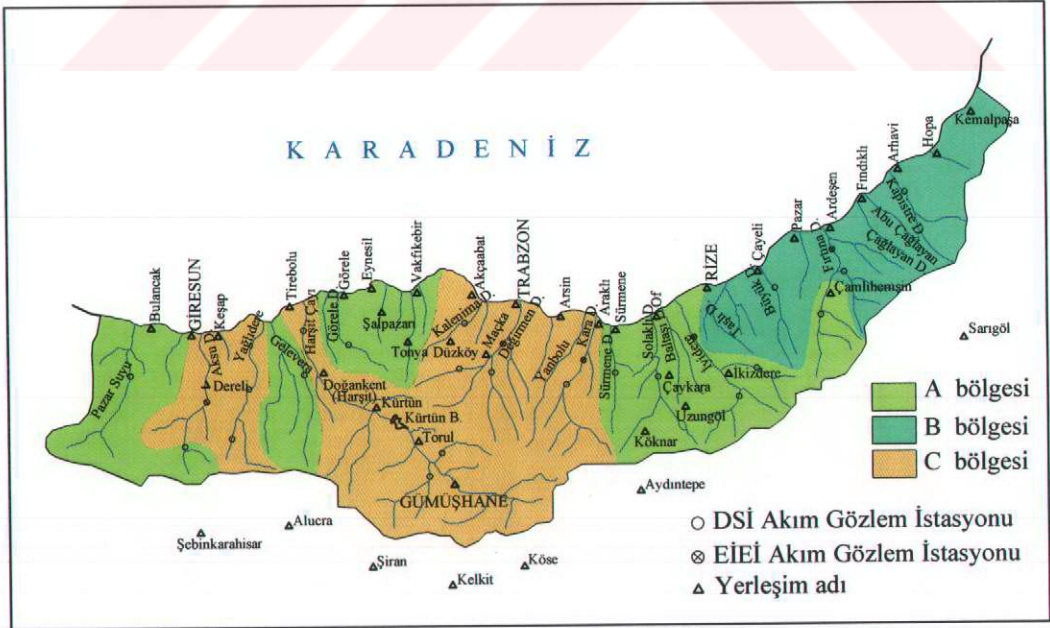


Şekil 4.20 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward küme analiz yöntemine ait dendrogram (debi süreklilik eğrilerinin %30 - %100 aralığı için)

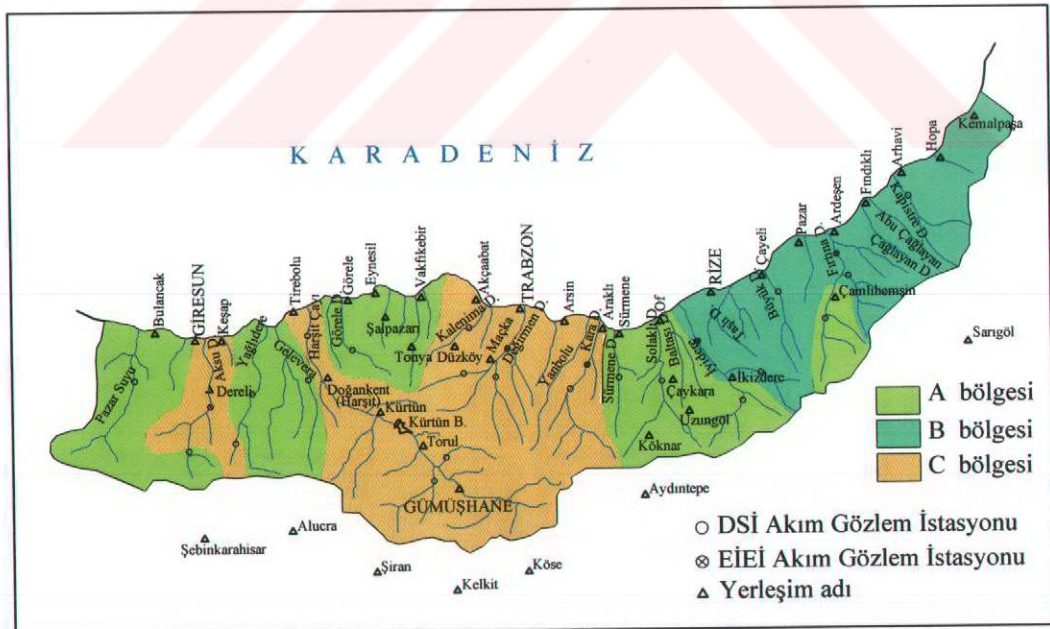
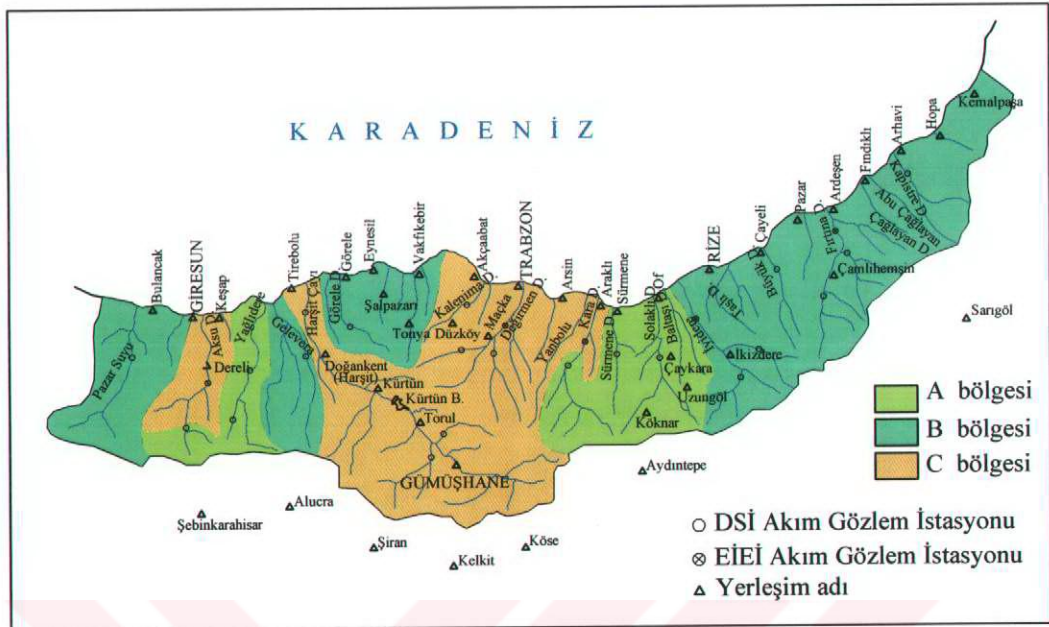
Netice itibarıyla yukarıdaki testler, Şekil 4.20'de verilen dendrogram ile bölgenin fiziksel ve hidrolojik özellikleri birlikte genel olarak değerlendirildiğinde küme sayısının 3 olmasına karar verilmiştir.

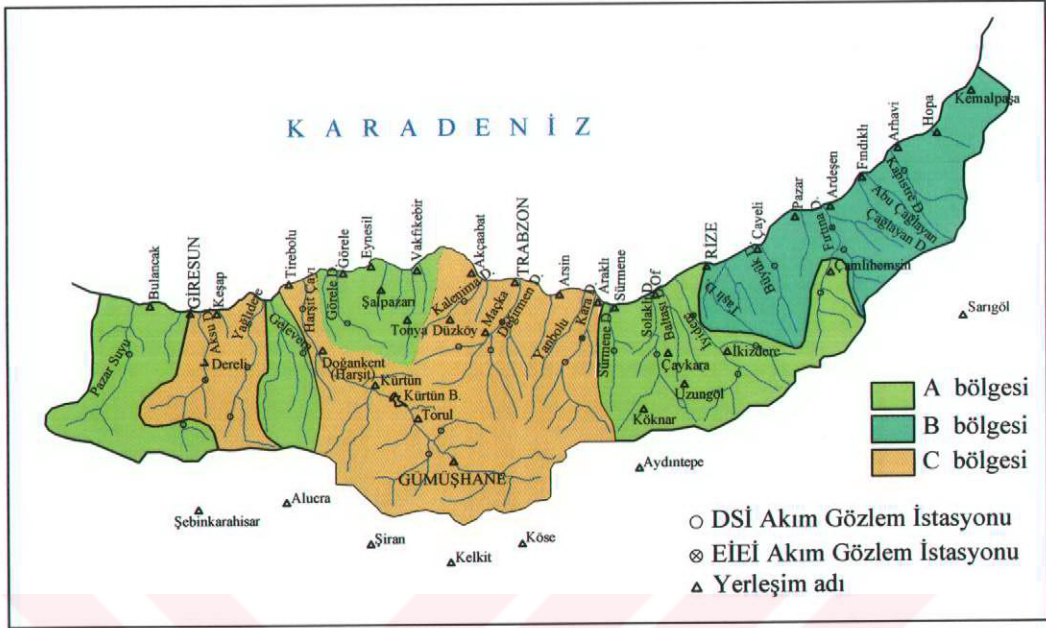
4.3.3 Bölgesel debi süreklilik eğrisinin belirlenmesinde kullanılan küme analiz yöntemleri sonuçlarının değerlendirilmesi

Özgül debi süreklilik eğrilerinin %0 - %30 aralığındaki özgül debi değerleri standart hale getirilerek ve getirilmeden oluşturulan veri matrisine Ward yöntemi uygulandığında elde edilen homojen bölgeler Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’de verilmektedir. Söz konusu homojen bölgeler incelendiğinde, özgül debi süreklilik eğrilerinin aynı aralığı için (%0 - %30) küme analizinde kullanılan özgül debi değerlerinin standart hale getirilmesi ile standart hale getirilmemesinin homojen bölge sınırlarını önemli ölçüde değiştirdiği görülmektedir. Aynı durumun özgül debi süreklilik eğrilerinin %0 - %100 ve %30 - %100 aralıkları için de geçerli olduğu Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25 ve Şekil 4.26’nın tetkikinden anlaşılmaktadır. Özgül debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılıkları %0 - %30, %0 - %100 ve %30 - %100 aralığında kalan özgül debi değerleri standart hale getirilerek Ward yöntemi ile oluşturulan bölge sınırlarının değiştiği Şekil 4.21, Şekil 4.23 ve Şekil 4.25’in irdelenmesinde ortaya çıkmaktadır. Homojen bölge sınırlarının, yukarıda verilen aşılma olasılığı aralıkları içinde kalan özgül debi değerlerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilmesinde de benzer şekilde değiştiği Şekil 4.22, Şekil 4.24 ve Şekil 4.26’da görülmektedir.



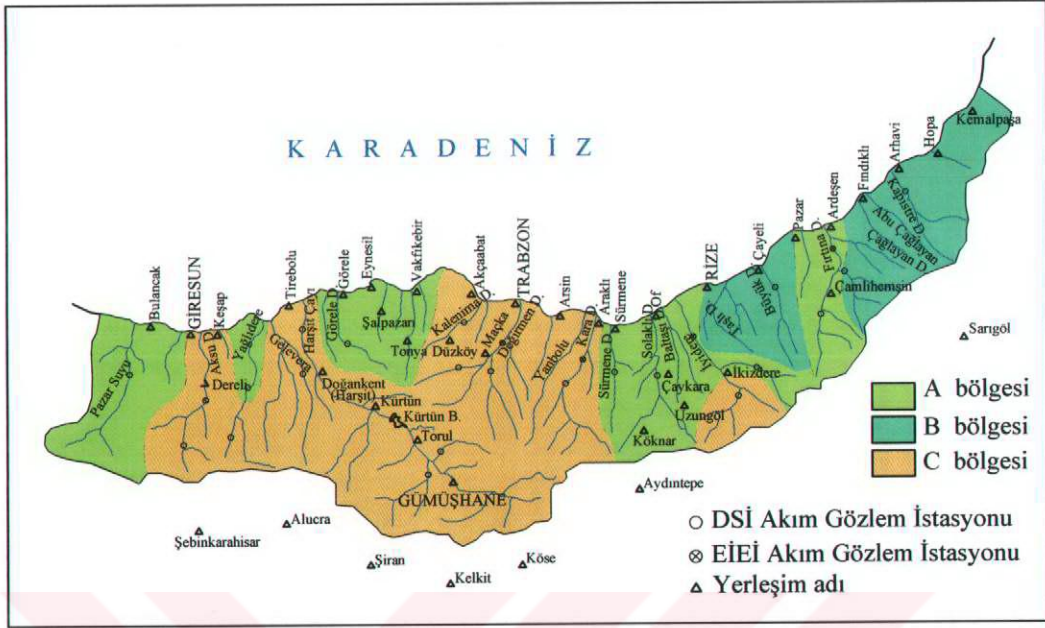
Şekil 4.21 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için)



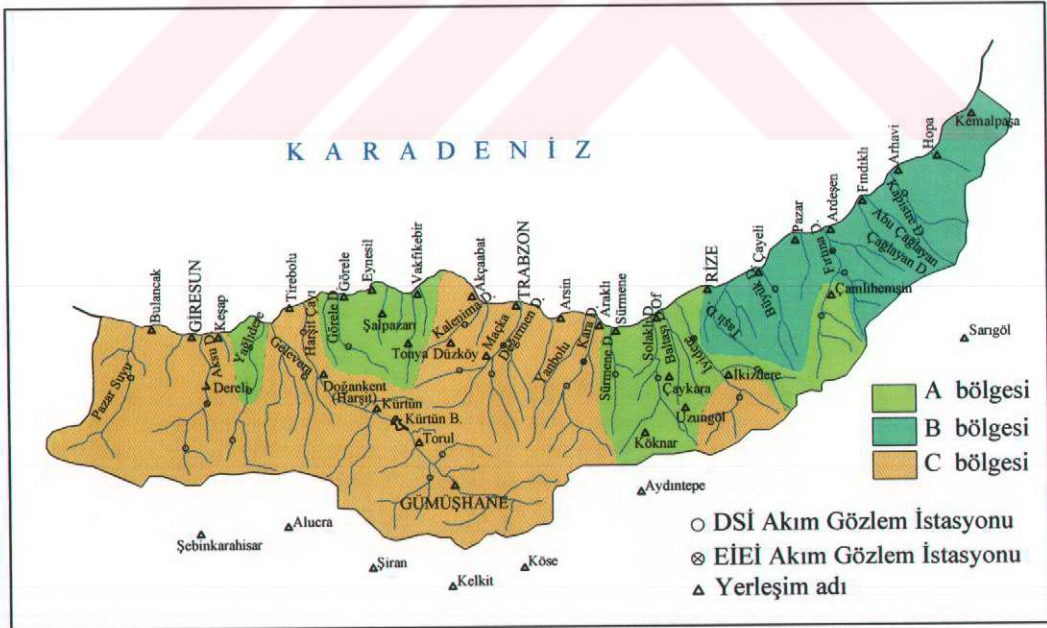


Şekil 4.24 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (ölgöl debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)

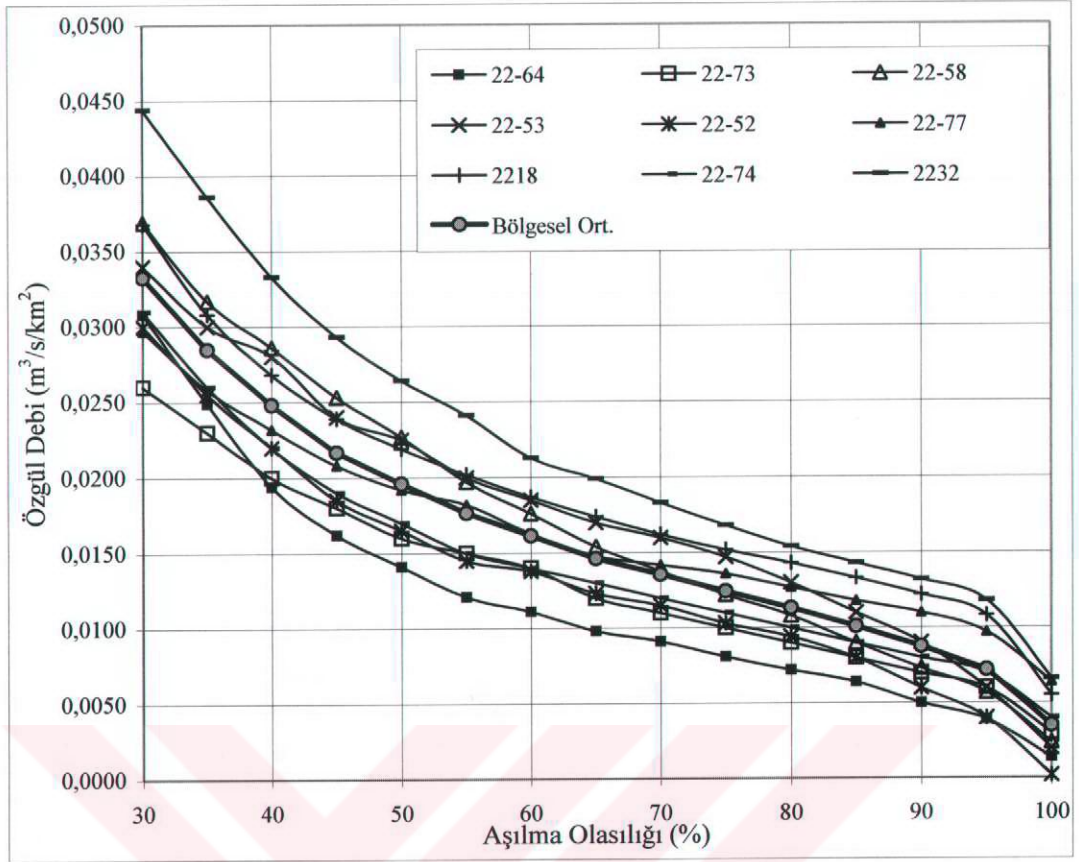
Ward yöntemindeki gruplandırmada Şekil 4.25’de görüldüğü gibi A homojen bölgesi sınırları içerisinde Pazarsuyu havzası, Yağlıdere havzasının deniz seviyesine yakın kısımları, Görele deresi, Akhisar deresi, Foldersi ile Sürmene deresi, Solaklı deresi, Baltaş deresi, İyidere havzasının deniz seviyesine yakın kısmı ve Fırtına deresinin doğuda kalan yan kolları hariç olmak üzere Fırtına havzası yer almaktadır. B bölgesinde ise Büyükdere, Taşlıdere ve Fırtına deresinin doğuda kalan yan kolları ile Kapistre deresinden Sarp sınır kapısına kadar olan bölge yer almaktadır. C bölgesinde, Aksu havzası, Yağlıdere havzasının dağlık kısmı, Harşit havzası, Kalemına deresi, Değirmendere havzası, Yanbolu ve Karadere havzası ile İyidere havzasının dağlık kısmı bulunmaktadır. Hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden Ward yöntemi ile elde edilen homojen bölge sınırları içerisinde kalan akım gözlem istasyonlarının ölgöl debi süreklilik eğrileri Şekil 4.27, Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da verilmiştir.



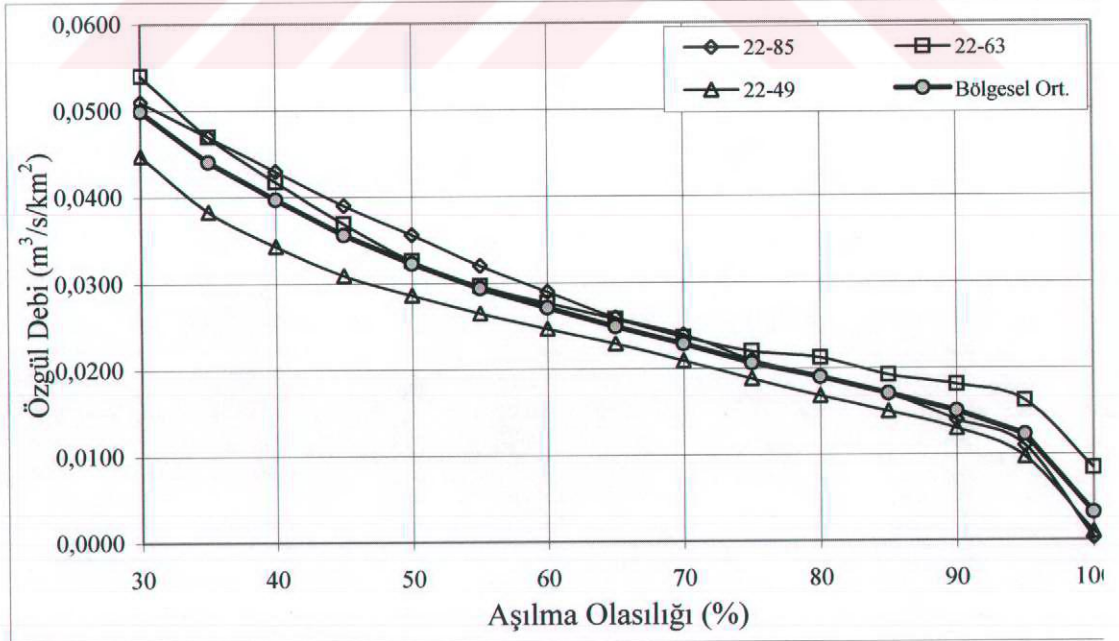
Şekil 4.25 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek Ward yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (ölgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



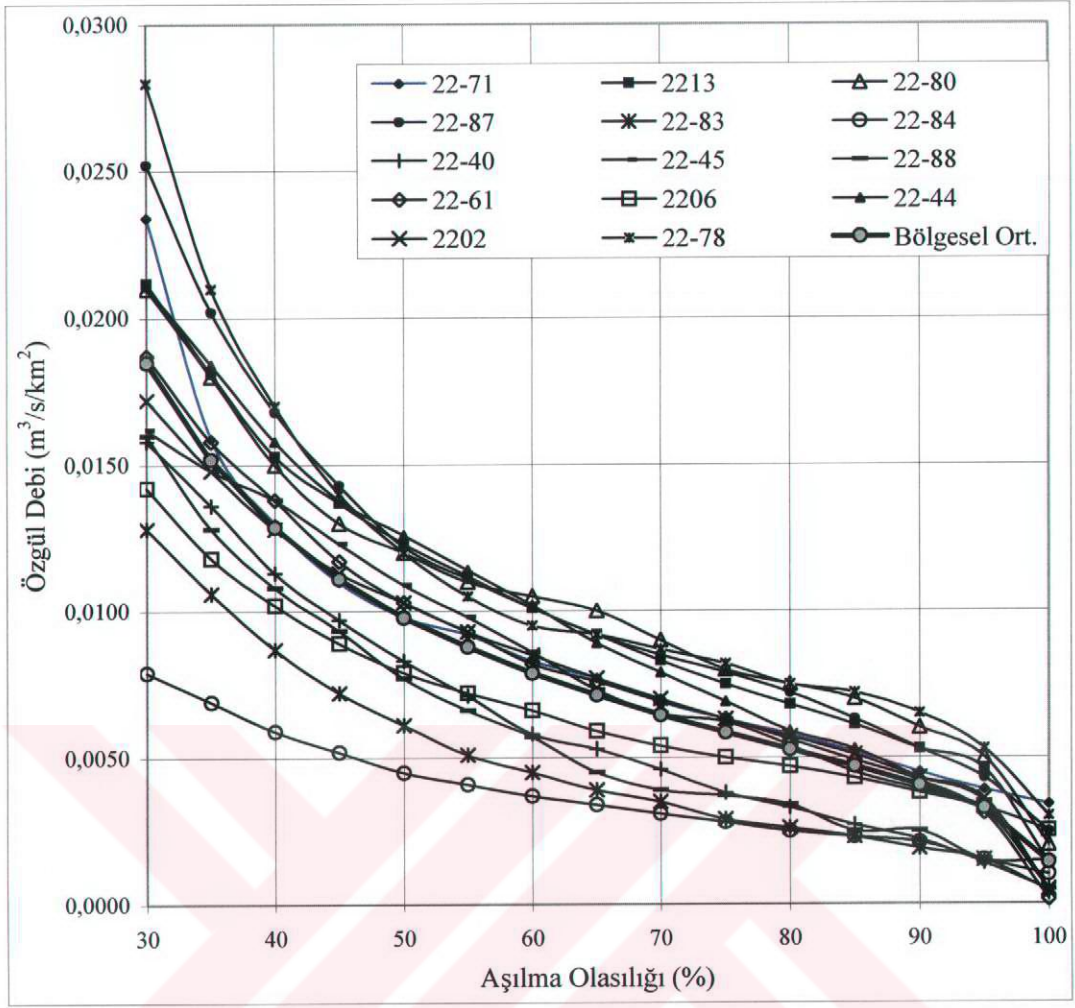
Şekil 4.26 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden Ward yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (ölgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



Şekil 4.27 Ward küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.28 Ward küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

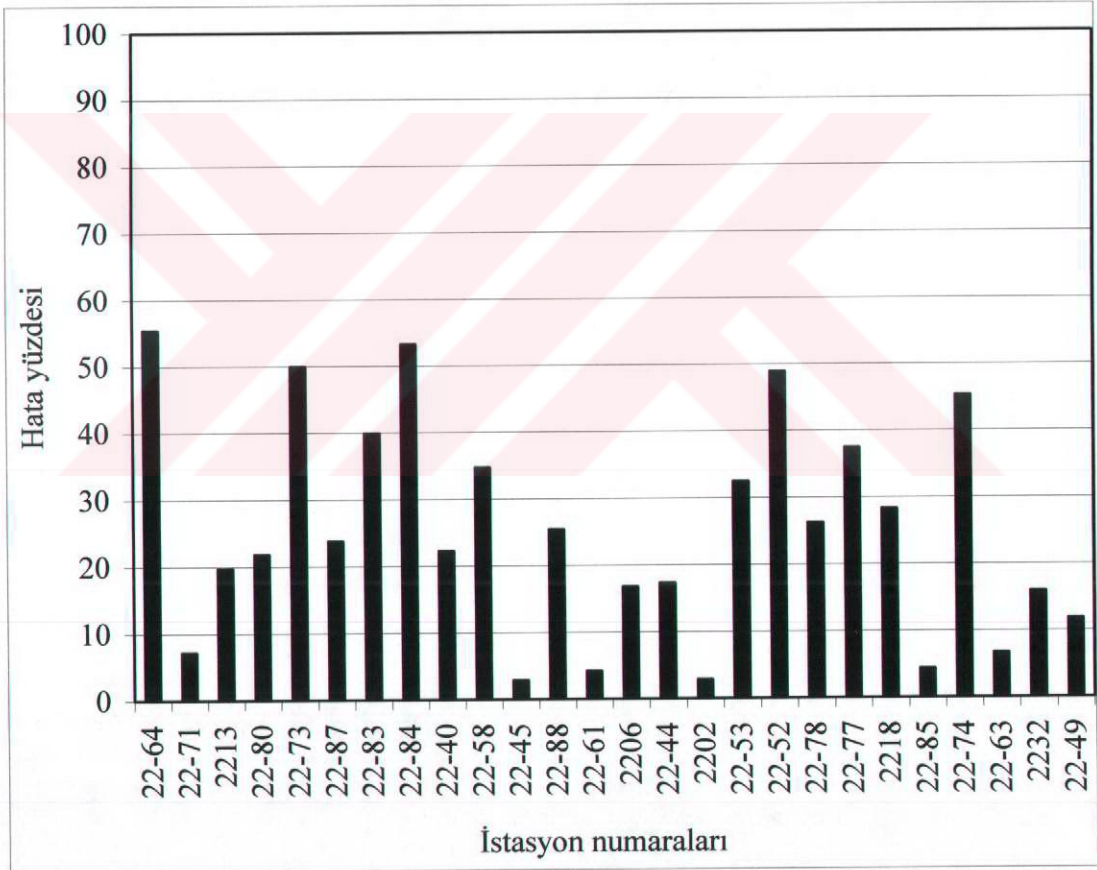


Şekil 4.29 Ward küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

Bölüm 2’de açıklandığı gibi, debi süreklilik eğrisinin altında kalan alan düşü ve diğer sabitle çarpıldığında doğal akışlı hidroelektrik santralden elde edilecek enerji miktarı ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan debi süreklilik eğrisinin altındaki alanın doğal akışlı hidroelektrik santral planlamasında ayrı bir yeri vardır. Bu nedenle küme analizi neticesinde elde edilen bölgesel özgül debi süreklilik eğrilerinin performansını, debi süreklilik eğrileri altında kalan alanların mukayesesi ile değerlendirmekte yarar vardır. Bu çerçevede, her bir homojen bölge için belirlenen bölgesel özgül debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile homojen bölge sınırları içindeki her bir istasyona ait özgül debi süreklilik eğrisi altında kalan alanlar arasındaki fark (hata) histogram şekline getirilmiştir.

Özgöl debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %30 - %100 aralığında kalan özgöl debi değerleri standart hale getirildikten sonra Ward yöntemiyle belirlenen homojen bölgeler ve her bir homojen bölgeye ait bölgesel özgöl debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile istasyon yerlerindeki özgöl debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar karşılaştırıldığında hata oranının %55 düzeyine ulaştığı Şekil 4.30'daki histogramda görülmektedir.

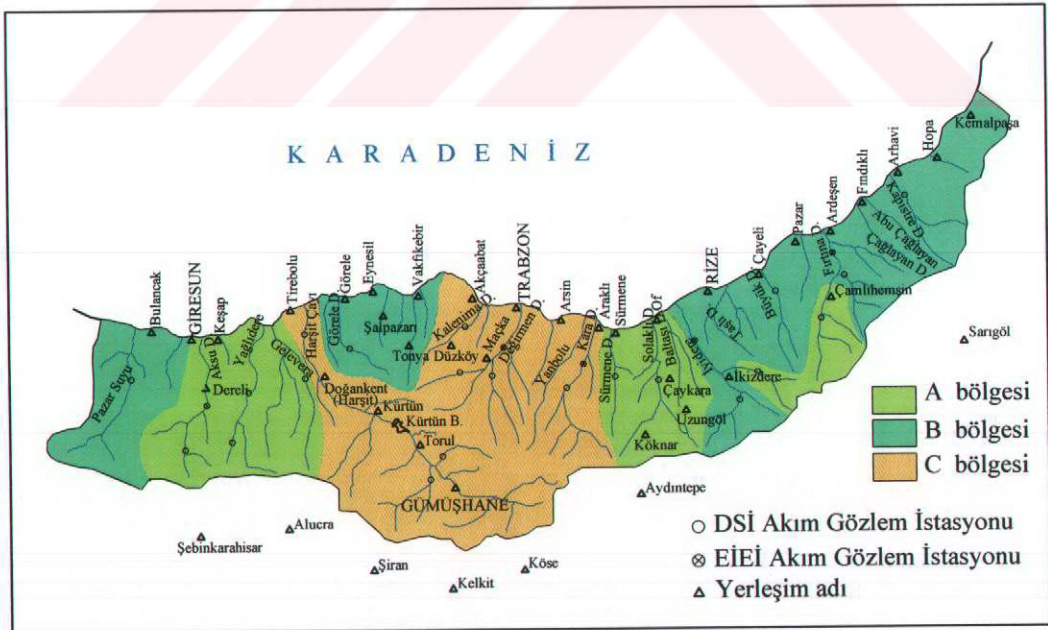
Hata oranının %30'un üzerinde olduğu istasyon sayısının 9 olduğu histogramdan görülmektedir. Ward yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerinin, hata oranının %55 mertebesine ulaştığı istasyonların yakınındaki yerler için kullanılmasının uygun olmayacağı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.30 Ward yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları

Hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden biri olan Ward yöntemiyle yapılan kümeleme işlemine ait sonuçlar değerlendirilerek küme sayısının 3 olmasına karar verilmiş olup, bu küme sayısı esas alınarak Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen

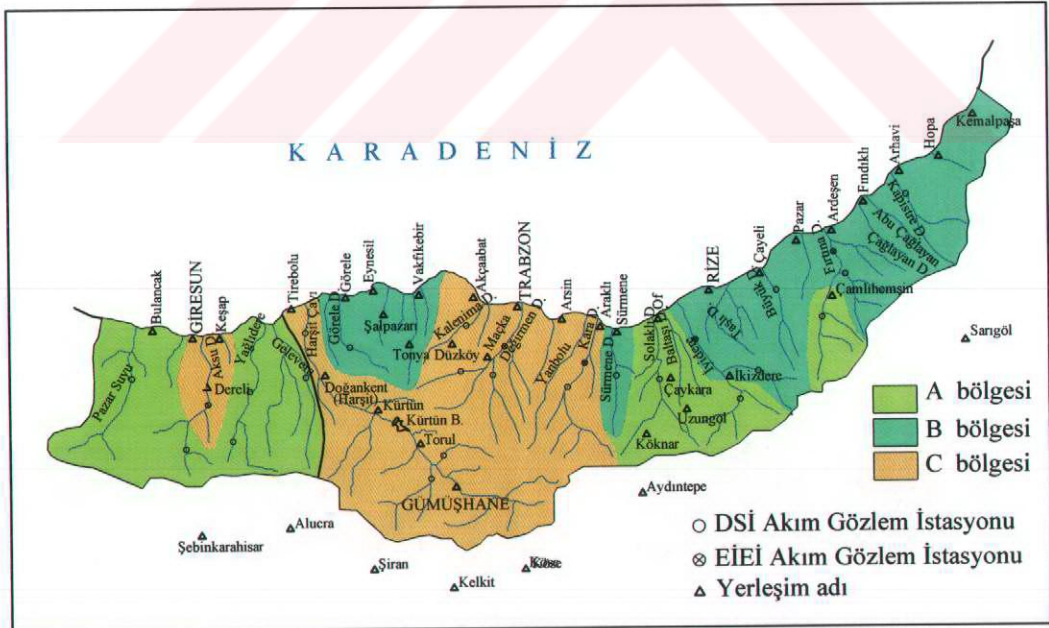
çalışma bölgesindeki akım gözlem istasyonlarına ait özgül debi süreklilik eğrilerinin %0 - %30 aralığındaki özgül debi değerleri standart hale getirilerek ve getirilmeden oluşturulan veri matrisine k-ortalamaları yöntemi uygulandığında elde edilen homojen bölgeler Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de verilmiştir. Özgül debi süreklilik eğrilerinin bu aşılma olasılıkları arasında (%0 - %30) kalan değerlerinin standart hale getirilerek elde edilen homojen bölge sınırları ile standart hale getirilmeden elde edilen homojen bölge sınırlarının farklı olduğu Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’den anlaşılmaktadır. Aynı şekilde aşılma olasılığı %0 - %100 ve %30 - %100 için k-ortalamaları küme analiz işleminden önce verilerin standart hale getirilip getirilmemesine bağlı olarak homojen bölge sınırlarının değişimi incelenmiş ve neticeler Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36’da verilmiştir. Söz konusu şekiller incelendiğinde, aynı küme analiz yöntemi (k-ortalamaları) kullanılmasına rağmen homojen bölge sınırlarının hem verilerin standart hale getirilip getirilmemesine hem de küme analizinde kullanılan debi süreklilik eğrisinin aralığına bağlı olarak değiştiği görülmüştür.



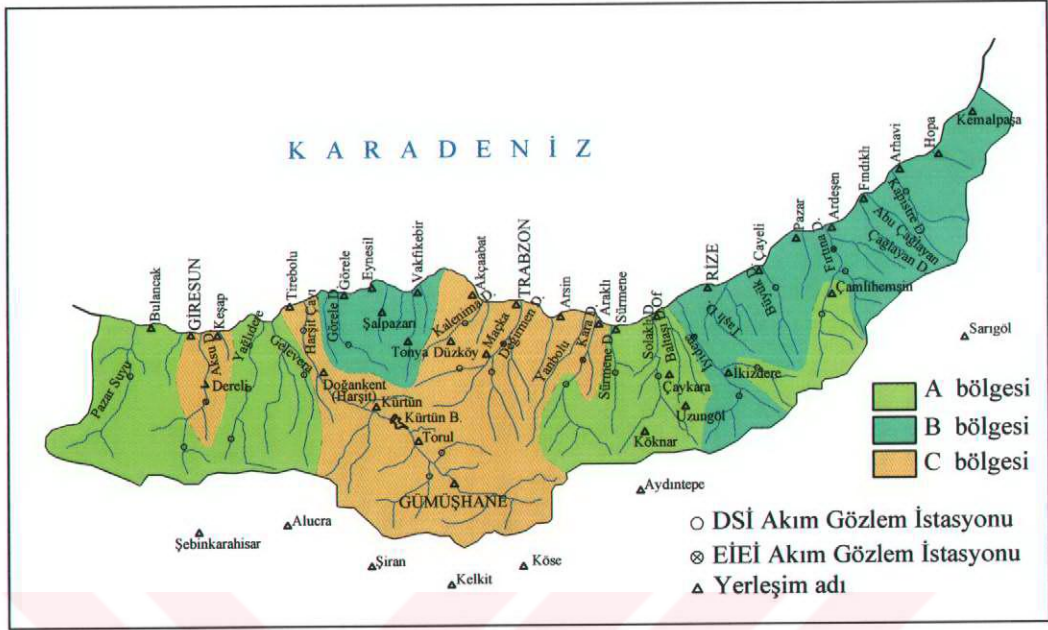
Şekil 4.31 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %0 - %30 aralığı için)



Şekil 4.32 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özlöl debi süreklilik eğrilerinin %0-%30 aralığı için)

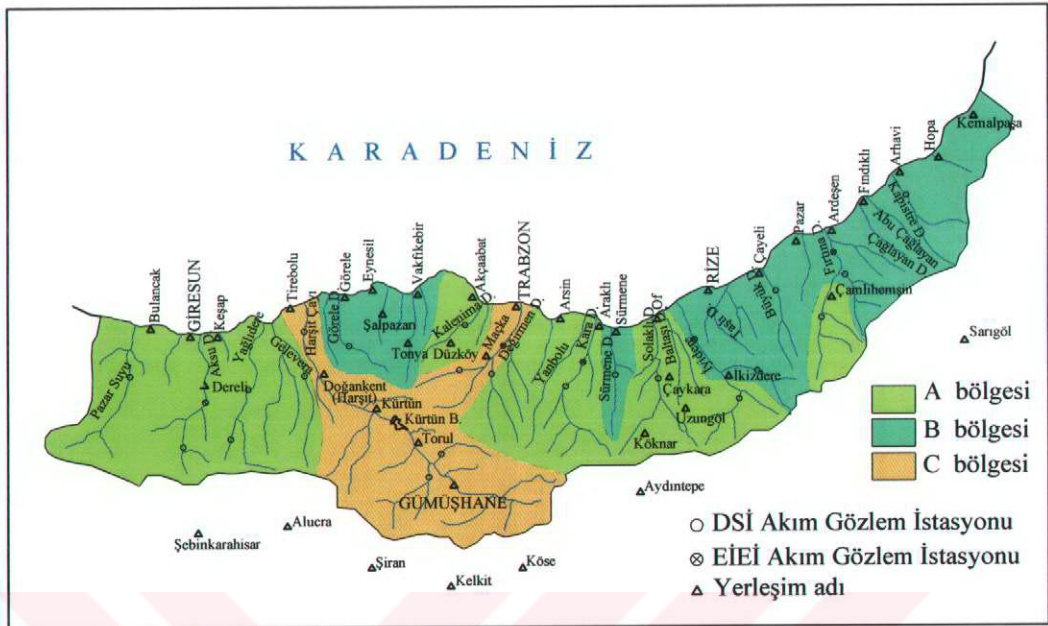


Şekil 4.33 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özlöl debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)

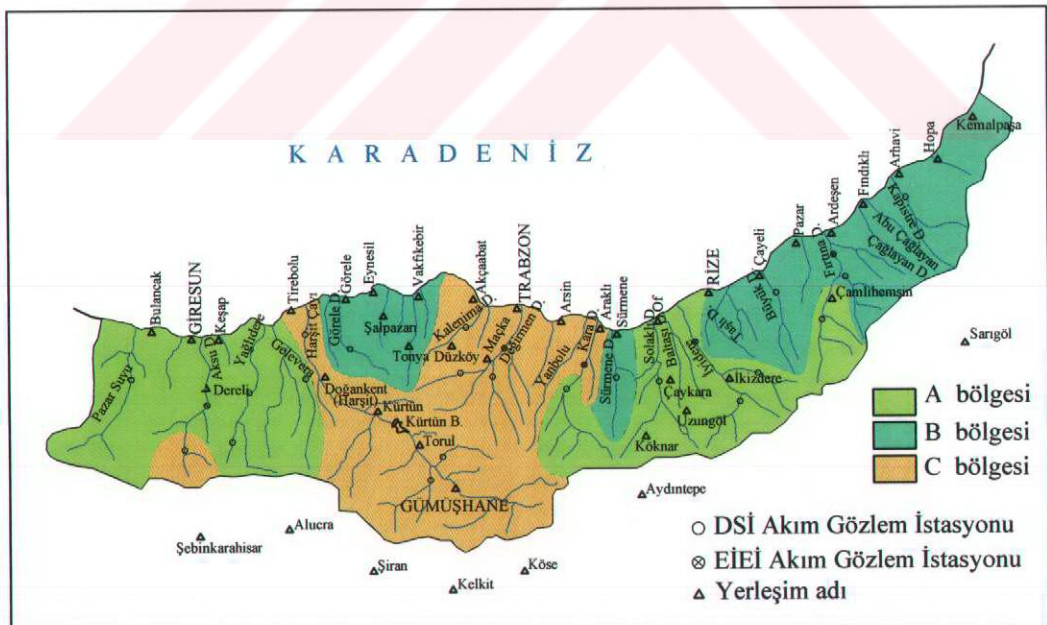


Şekil 4.34 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özlül debi süreklilik eğrilerinin %0-%100 aralığı için)

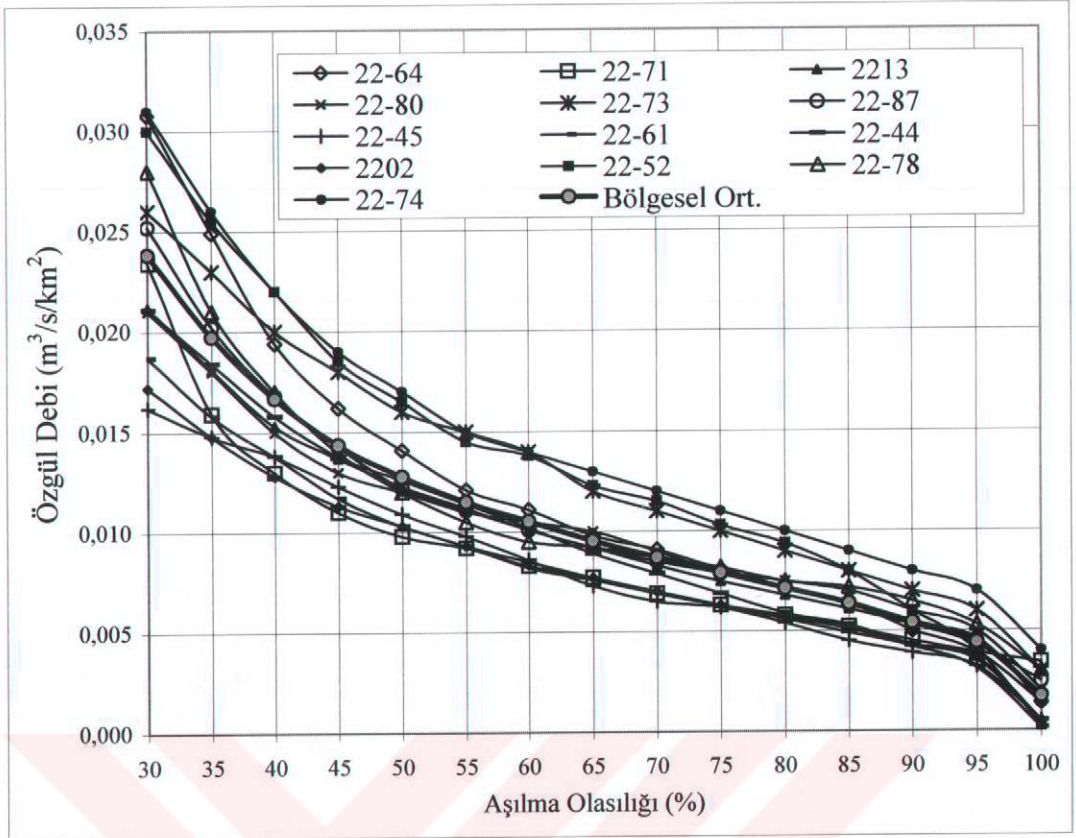
Bu yöntem ile elde edilen gruplandırmada Şekil 4.35’de görüldüğü gibi A bölgesi olarak adlandırılan homojen bölge sınırları içerisinde Pazarsuyu ile Harşit havzası arasında kalan saha, Kalenima deresi, Değirmendere havzasının bitki örtüsü açısından daha zengin olan Meryemana tarafında kalan yan kolu, Yanbolu ve Karadere havzaları ile Trabzon/Of civarında denize dökülen Solaklı ve Baltaş dereleri, İyidere’nin dağlık kısmı ile Fırtına deresinin Meydan tarafında kalan yan koluna ait yağış alanlarını kapsamaktadır. B bölgesinde, Görele deresi, Akhisar deresi, Folderesi, Sürmene deresi, İyidere’nin ana kolu ile Fırtına deresinin Meydan tarafında kalan kolu hariç diğer bölümü dahil olmak üzere Rize-Sarp sınır kapısı arasında kalan dereler bulunmaktadır. C bölgesinde ise Harşit havzası ile Değirmendere’nin Zigana dağı tarafında kalan ve Harşit havzasına komşu olan yan kolu bulunmaktadır. k-ortalamları yöntemi ile elde edilen homojen bölge sınırları içerisinde kalan akım gözlem istasyonlarının özlül debi süreklilik eğrileri Şekil 4.37, Şekil 4.38 ve Şekil 4.39’da verilmiştir.



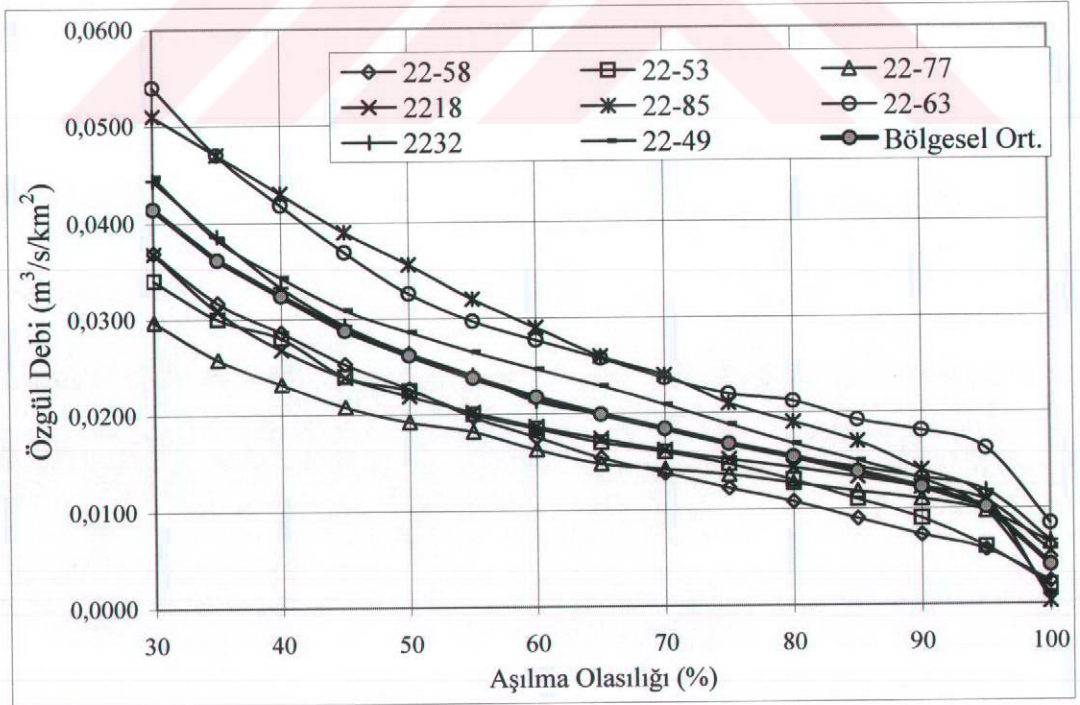
Şekil 4.35 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (ölgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



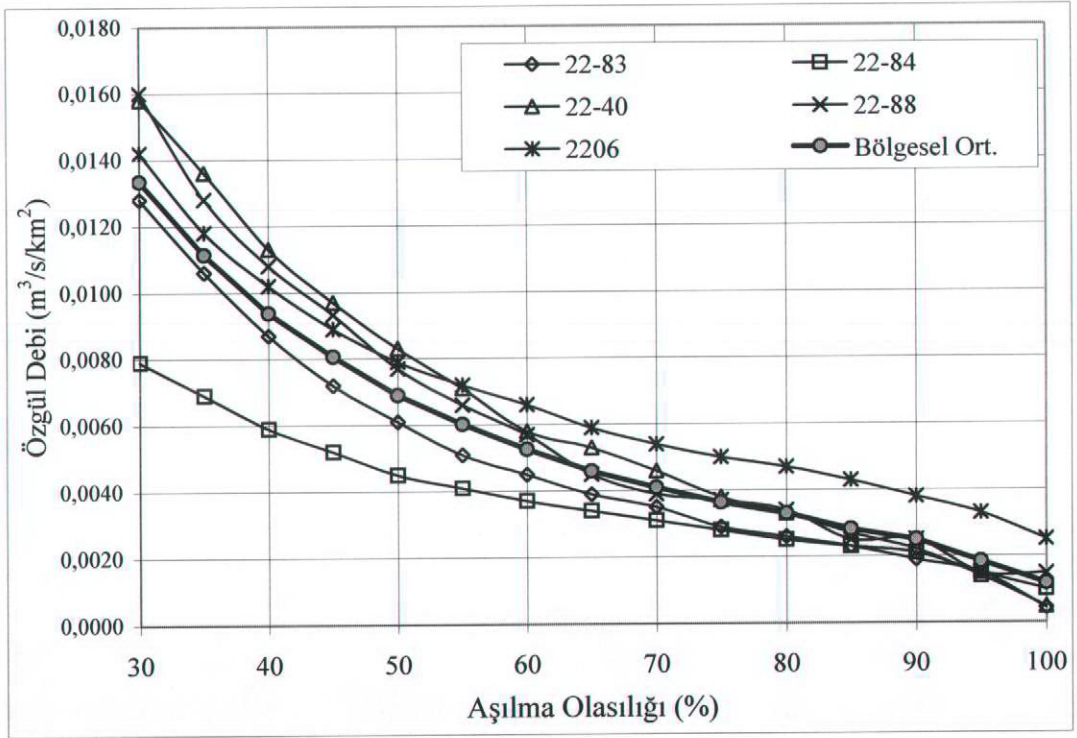
Şekil 4.36 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilmeden k-ortalamaları yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)



Şekil 4.37 k-ortalamları küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

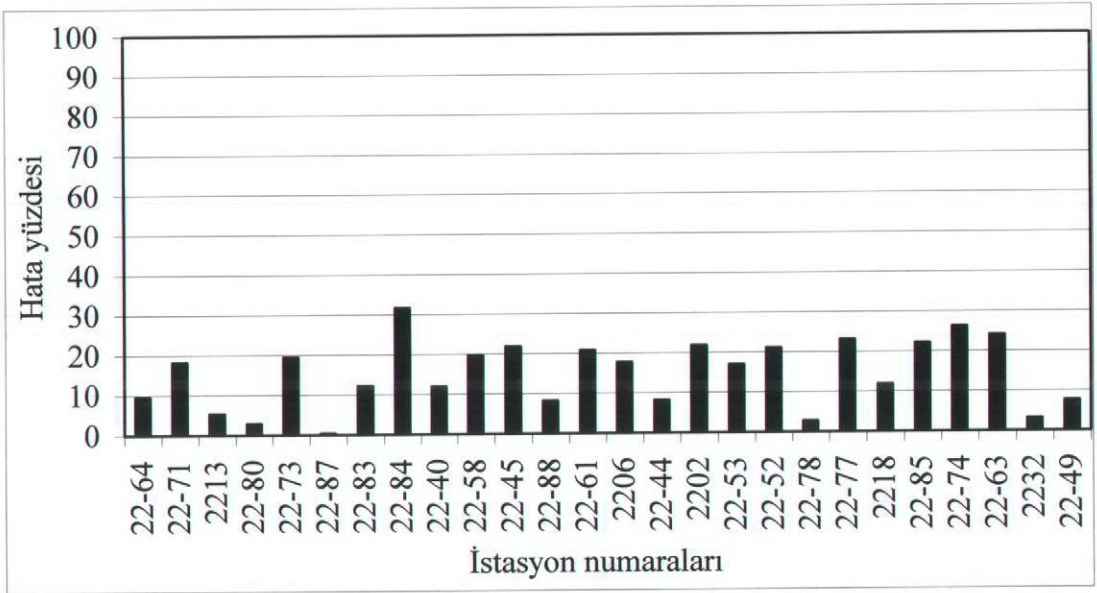


Şekil 4.38 k-ortalamları küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.39 k-ortalamaları küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

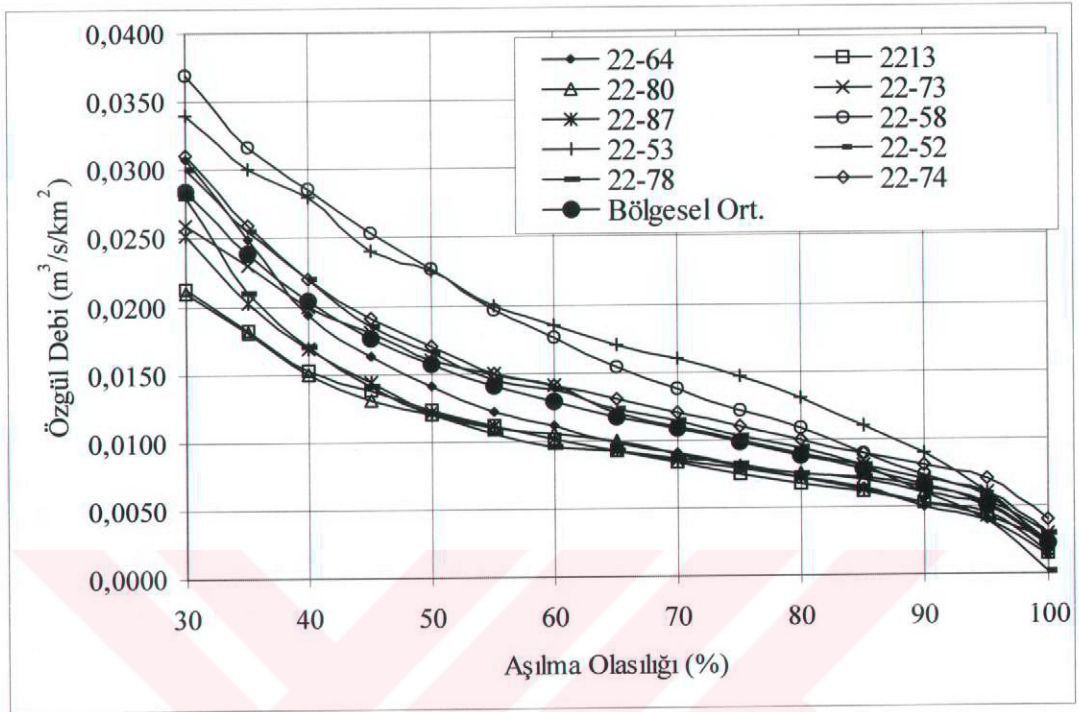
K-ortalamaları küme analizi yöntemi ile elde edilen her bir homojen bölgedeki özgül debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar ile istasyonlardaki özgül debi süreklilik eğrileri altındaki alanlar farkının %30 mertebesinde olduğu Şekil 4.40’da görülmektedir. Ancak bölgesel ölçekteki değerlendirmelerde, ölçüm süresi ve sonuçları itibarıyla bölgedeki diğer istasyonlara ait değerlerle uyuşmayan, diğer bir tanımla “aykırı değer niteliğinde olan” istasyon var ise bunun küme analizinde değerlendirmeye alınmaması uygun olacaktır. Nitekim burada ele alınan 26 adet akım gözlem istasyonu örneği içinde 22-84 nolu akım gözlem istasyon verileri bu özelliği taşımaktadır. Bu durumu Şekil 4.39’da da görmek mümkündür. Burada söz konusu istasyon verileri “bir aykırı değer” olarak değerlendirilmekle birlikte küme analiz neticesinde oluşturulan homojen bölge sınırlarında önemli bir değişiklik getirmediği için küme analizinde sistem dışında bırakılmamıştır. Ancak küme analizinin performansı ile ilgili değerlendirmede bu istasyon değerlendirmeye alınmadığında hata oranı %25’ler mertebesine inmektedir.



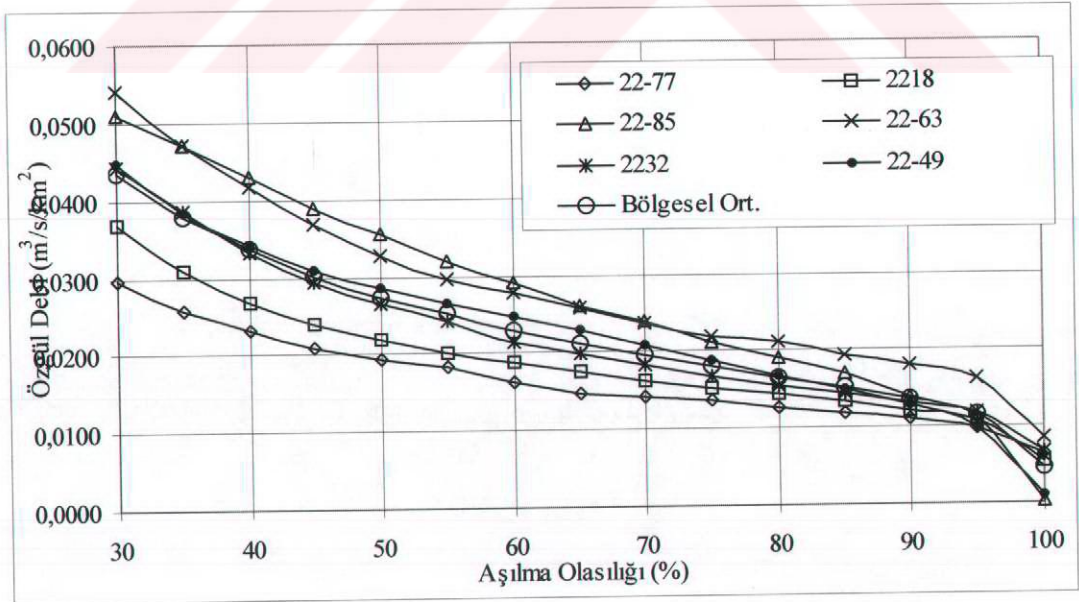
Şekil 4.40 k-ortalamaları yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları

Veriler standart hale getirilmek suretiyle Ward yöntemiyle yapılan kümeleme işlemine ait sonuçlar değerlendirilerek küme sayısının 3 olmasına karar verilmiş olup, bu küme sayısı esas alınarak Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen çalışma bölgesindeki akım gözlem istasyonlarına ait özgül debi süreklilik eğrilerinin %30 - %100 aralığındaki özgül debi değerleri standart hale getirilerek hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden tam bağlantı (complete linkage), tekli bağlantı (single linkage), merkezi bağlantı (centroid linkage), medyan bağlantı (median linkage), ortalama bağlantı (simple average linkage), ve ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemleri uygulanarak homojen bölge sınırlarındaki değişim araştırılmış ve her bir yöntem ile elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir. Bu çerçevede tam bağlantı (complete linkage) yöntemi ile belirlenen homojen bölge sınırları içerisinde kalan akım gözlem istasyonlarının özgül debi süreklilik eğrileri Şekil 4.41, Şekil 4.42 ve Şekil 4.43’de, dendogram ise ekler kısmında Şekil D.1’de verilmiştir. Bu yöntemle elde edilen homojen bölgelerden Şekil 4.44’de görüldüğü gibi A bölgesinde, Pazarsuyu, Aksu havzasının deniz seviyesine yakın kısmı, Yağlıdere ve Gelevera dereleri, Görele deresi, Akhisar deresi, Folderesi, Sürmene deresi, Solaklı ve Baltaş dereleri, İyidere’nin dağlık kısmı ile Fırtına deresinin Meydan tarafında kalan yan kolu bulunmaktadır. B bölgesi ise Fırtına deresinin Meydan tarafında kalan yan kolu İyidere’nin çok yüksek dağlık bölümü hariç olmak

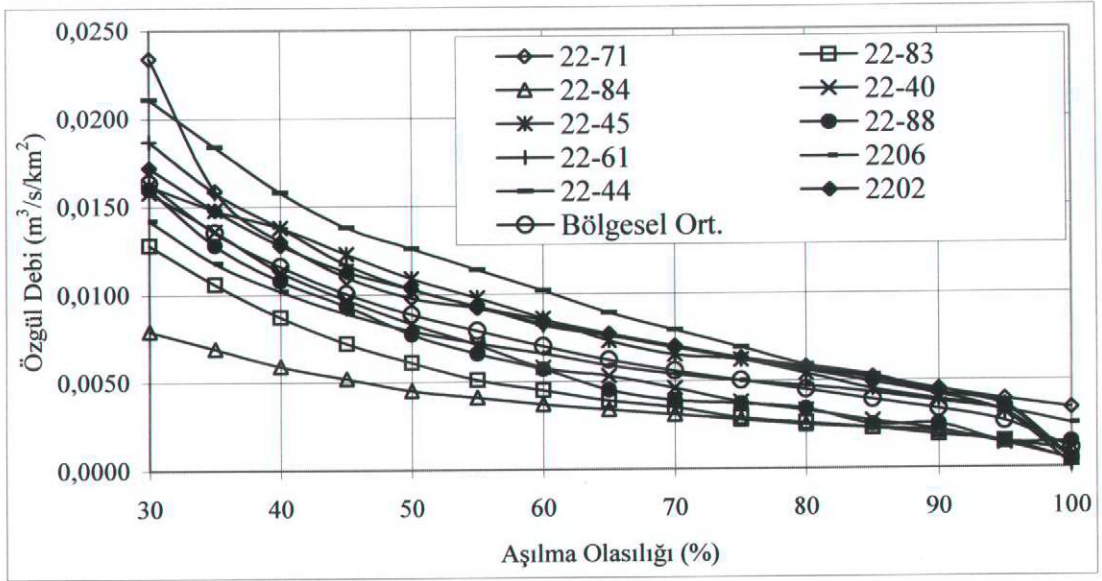
üzere İyidere'den Sarp sınır kapısına kadar olan bölgeyi kapsamaktadır. C bölgesinde, Harşit havzası, Kalemina deresi, Değirmendere havzası, Yanbolu ve Karadere havzası ile Aksu havzasının dağlık kısmı bulunmaktadır.



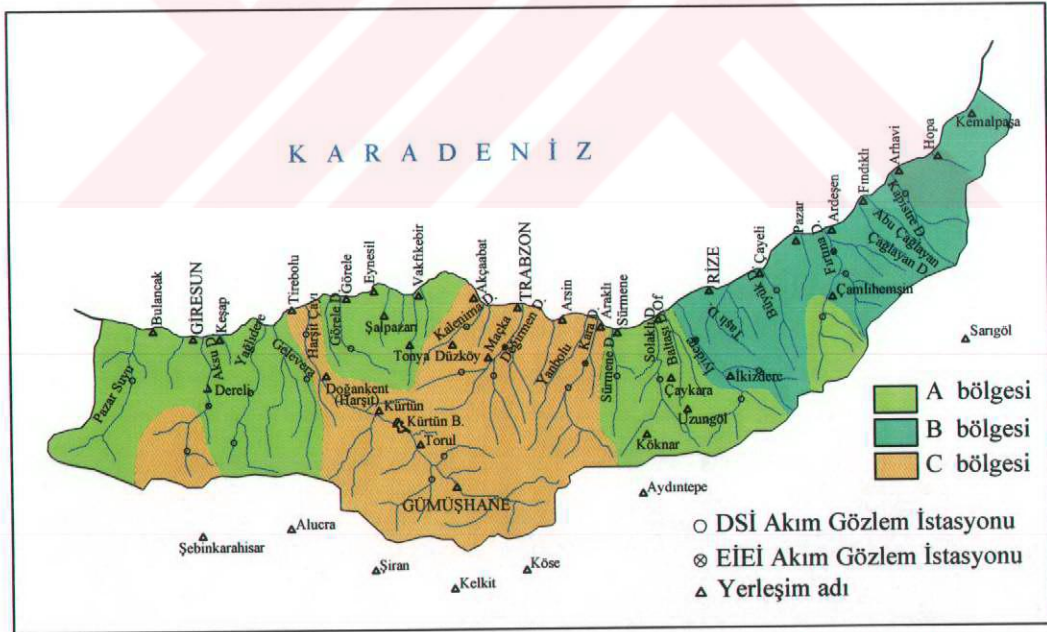
Şekil 4.41 Tam bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.42 Tam bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

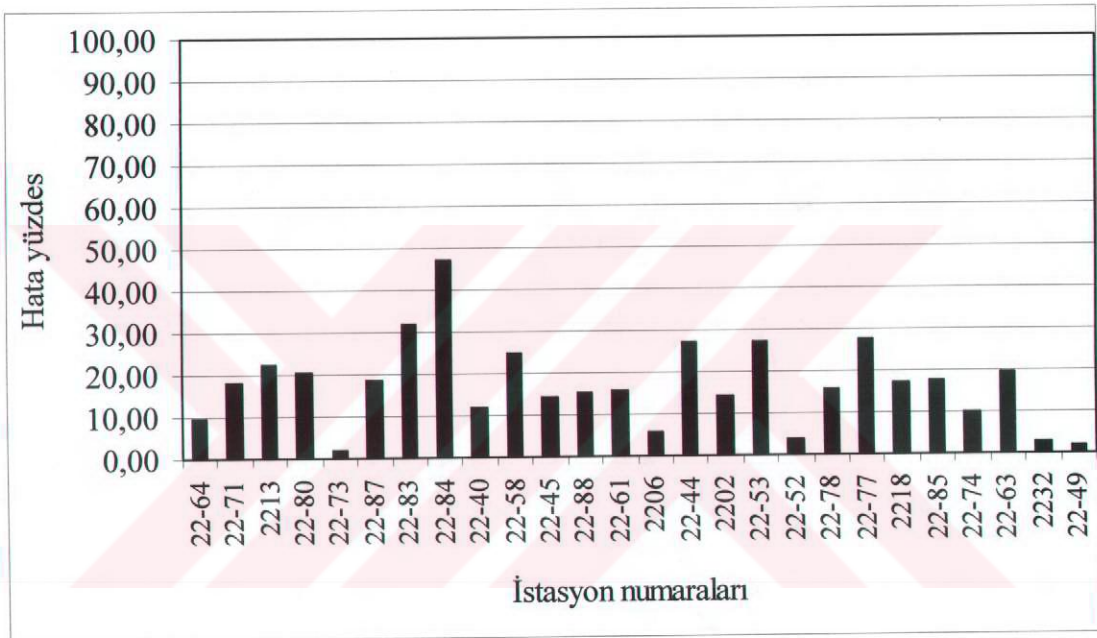


Şekil 4.43 Tam bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.44 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tam bağlantı yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %30 - %100 aralığı için)

Tam bağlantı (complete linkage) yöntemiyle belirlenen homojen bölgeler ve her bir homojen bölgeye ait bölgesel özgül debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile istasyon yerlerindeki özgül debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar karşılaştırıldığında hata oranının en büyük olduğu istasyonun 22-84 nolu istasyon olduğu ve hata oranının da %47 düzeyine ulaştığı Şekil 4.45'deki histogramdan anlaşılmaktadır. Ancak 22-84 nolu istasyonun aykırı değer içerdiği dikkate alınır hata oranının %30 seviyesinde olduğu görülmektedir. Bu uygulamada, Tam bağlantı “complete linkage” yönteminin Ward yönteminden daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.45 Tam bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları

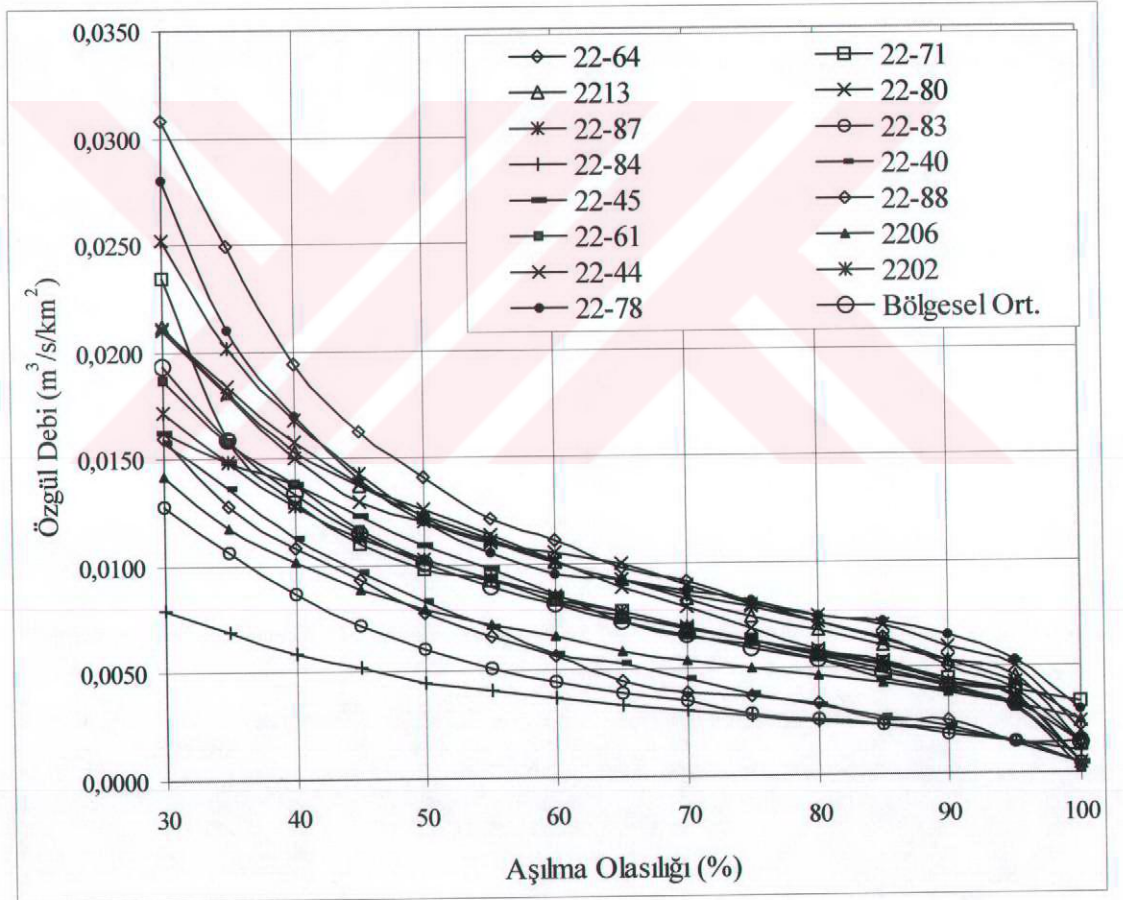
Hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden medyan bağlantı (median linkage) yöntemi ile homojen bölge sınırları içerisinde kalan akım gözlem istasyonlarının özgül debi süreklilik eğrileri Şekil 4.46, Şekil 4.47 ve Şekil 4.48’de, dendogram ise ekler kısmında Şekil D.2’de verilmiştir.

Medyan bağlantı (median linkage) yöntemi elde edilen homojen bölgelerden Şekil 4.49’da görüldüğü gibi A bölgesinde, Pazarsuyu ve Aksu havzaları, Yağıdere havzasının dağlık kısmı, Gelevera deresi, Harşit havzası, Kalenima deresi,

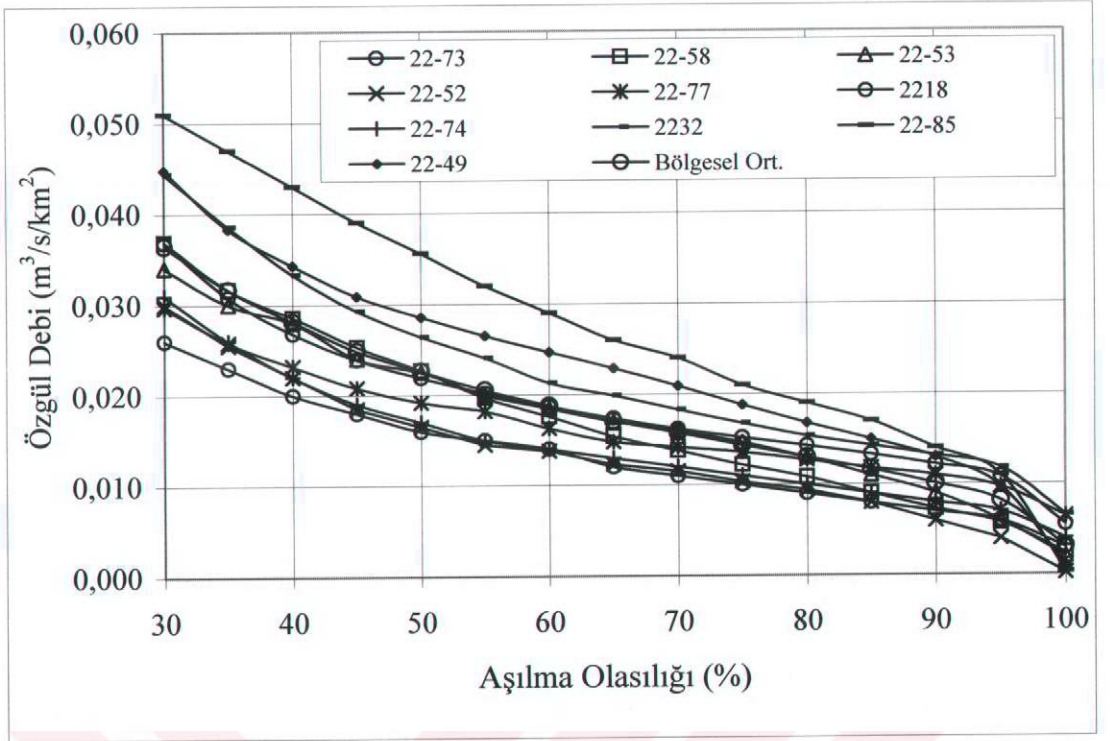
Değirmendere havzası, Yanbolu ve Karadere havzası ile İyidere havzasının dağlık kısmı bulunmaktadır.

B homojen bölgesi sınırları içerisinde Yağlıdere havzasının deniz seviyesine yakın kısımları, Görele deresi, Akhisar deresi, Folderesi ile Sürmene deresi, Solaklı deresi, Baltaş deresi, İyidere havzasının deniz seviyesine yakın kısmı, Taşlı dere, Büyük dere ve Fırtına deresinin doğuda kalan ana yan kolu hariç olmak üzere Fırtına havzası ile Fırtına havzasından Sarp sınır kapısına kadar uzanan bölge yer almaktadır.

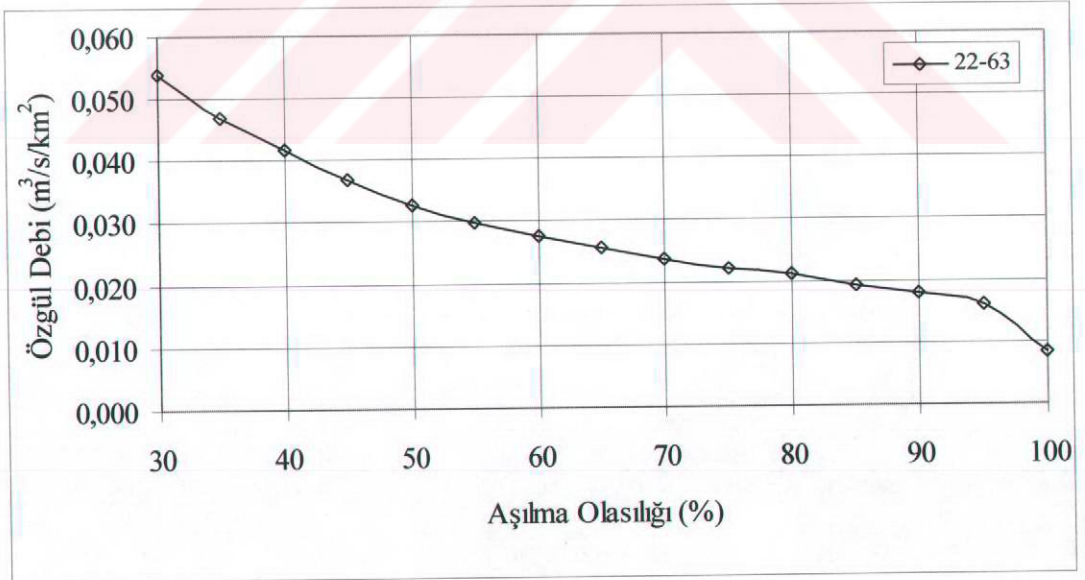
C bölgesinde ise yalnız Fırtına deresinin doğu kısımda kalan ana yan kolu yer almaktadır.



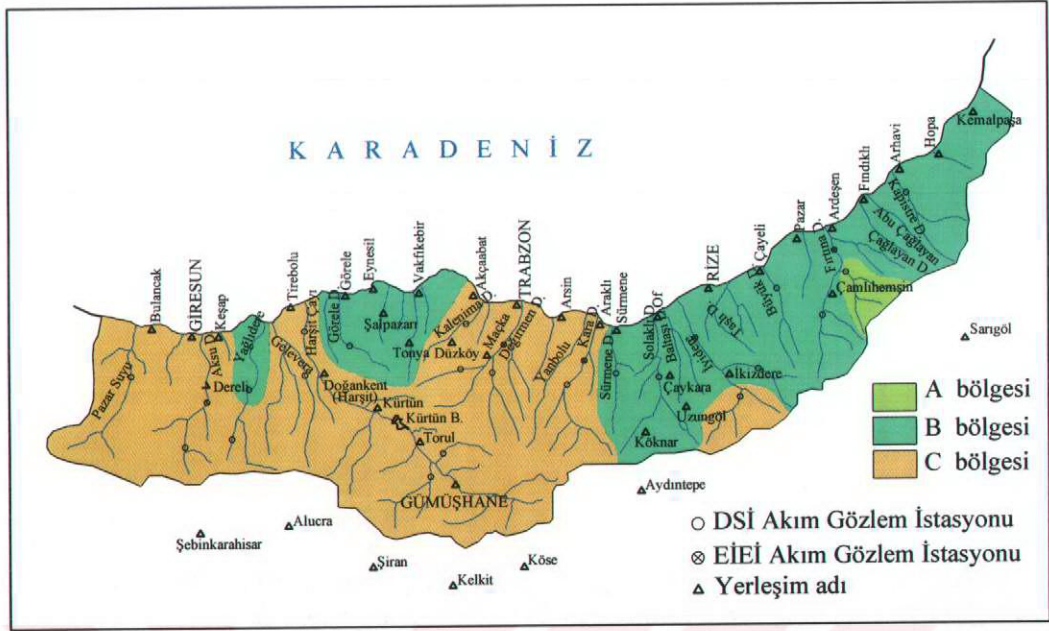
Şekil 4.46 Medyan bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.47 Medyan bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



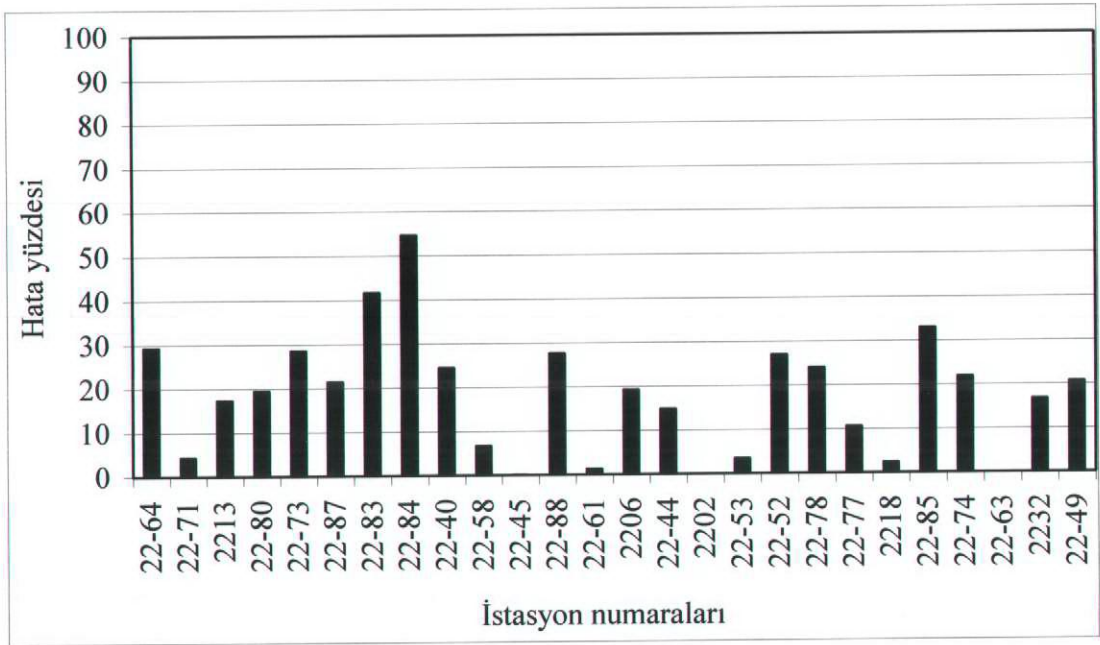
Şekil 4.48 Medyan bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



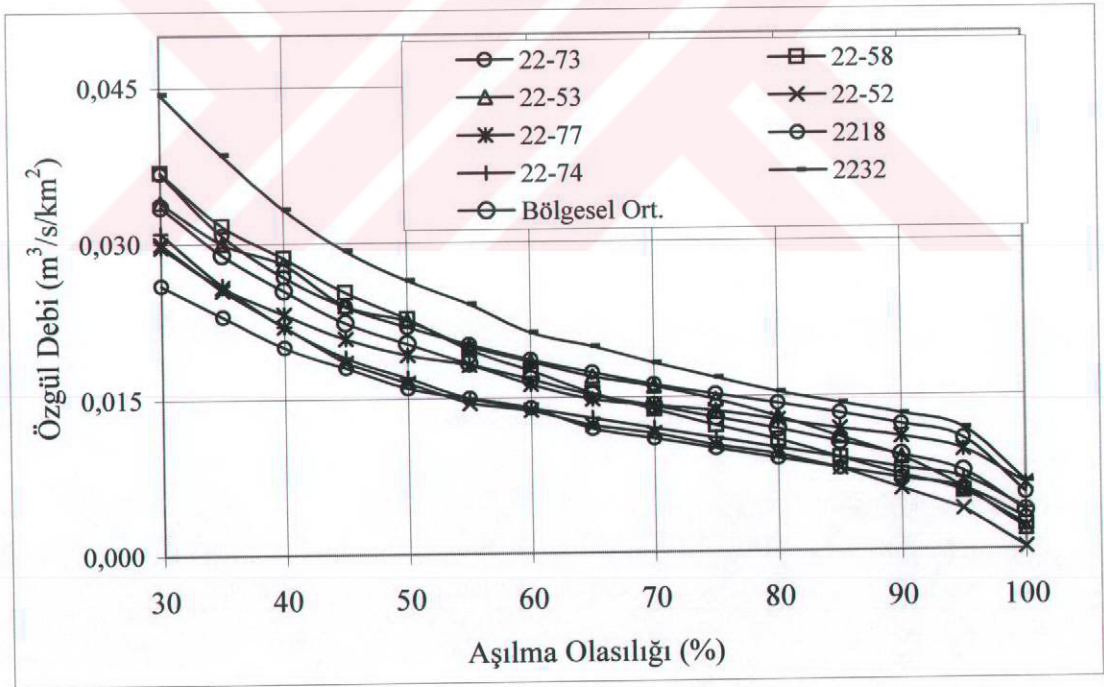
Şekil 4.49 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek medyan bağlantı yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (ölgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)

Medyan bağlantı (median linkage) yöntemiyle belirlenen homojen bölgeler ve her bir homojen bölgeye ait bölgesel ölgül debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile homojen bölge sınırları içinde kalan istasyon yerlerindeki ölgül debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar karşılaştırıldığında hata oranının en büyük olduğu istasyonun 22-84 nolu istasyon olduğu ve hata oranının da %55 düzeyine ulaştığı Şekil 4.50 'deki histogramda görülmektedir. Ancak 22-84 nolu istasyonun aykırı değer içerdiği dikkate alınır hata oranının yine de %42 seviyesinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu yöntemin, debi süreklilik eğrileri yönünden iyi performans gösterdiği söylenemez.

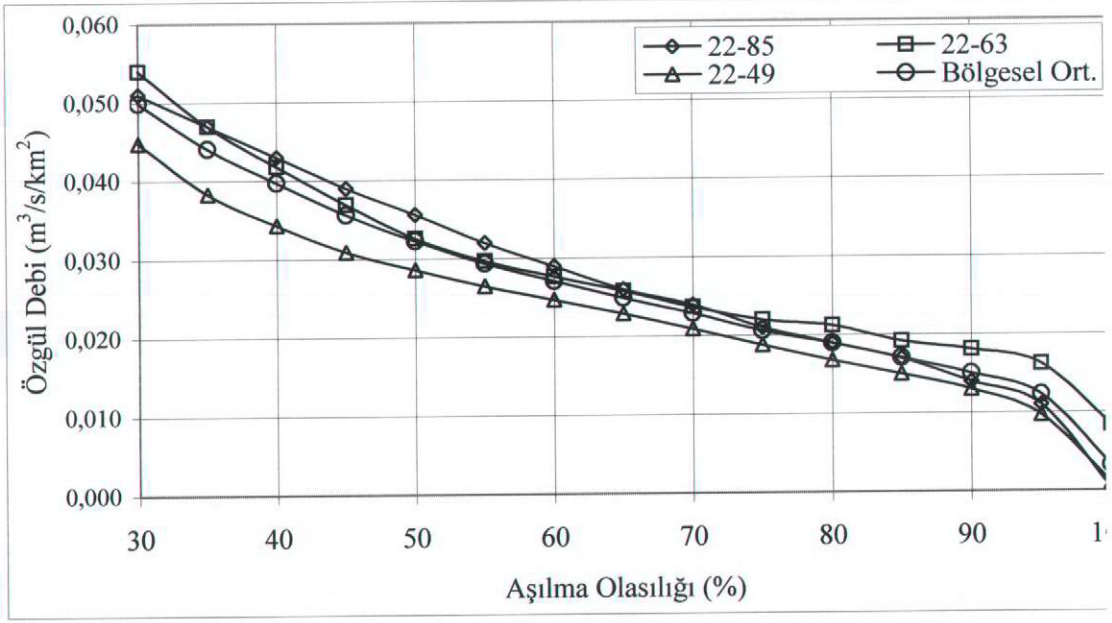
Hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden ortalama bağlantı (average linkage) ve ağırlıklı ortalama yöntemi aynı sonucu vermekte olup, bu yöntemle belirlenen homojen bölge sınırları içinde kalan akım gözlem istasyonlarının ölgül debi süreklilik eğrileri Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'de, dendogram ise ekler kısmında Şekil D.3'de verilmiştir.



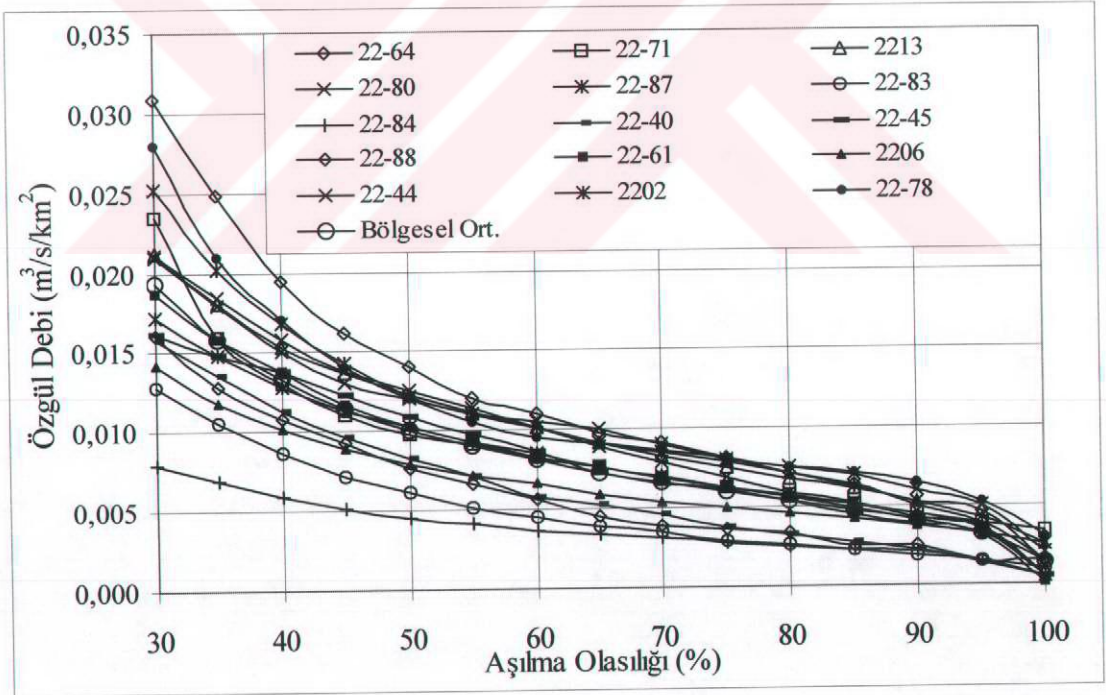
Şekil 4.50 Medyan yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları



Şekil 4.51 Ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.52 Ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

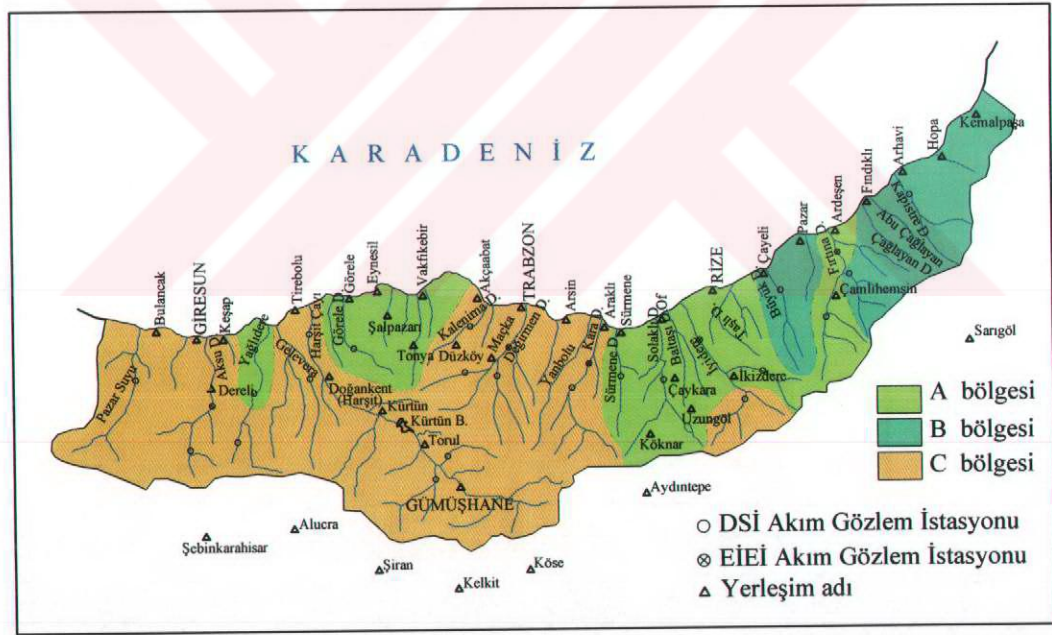


Şekil 4.53 Ortalama bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

Basit ortalama bağlantı (simple average linkage) yöntemiyle oluşturulan homojen bölge sınırları Şekil 4.54’de gösterilmekte olup, bu homojen bölgelerden A homojen bölgesi sınırları içerisinde Yağlıdere havzasının deniz seviyesine yakın kısımları, Görele deresi, Akhisar deresi, Folderesi ile Sürmene deresi, Solaklı deresi, Baltaş deresi, İyidere havzasının deniz seviyesine yakın kısmı, Taşlı dere, Fırtına deresinin doğuda kalan yan kolu hariç olmak üzere Fırtına deresi bulunmaktadır.

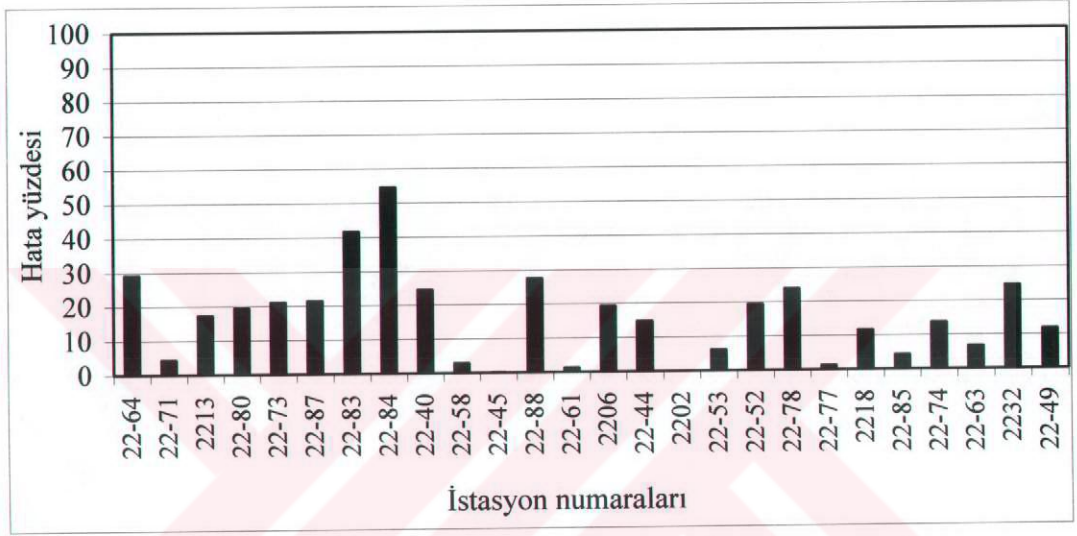
B bölgesinde ise Büyükdere ile Fırtına deresinin doğudaki yan kolu ile Fırtına deresinden Sarp sınır kapısına kadara uzanan bölge yer almaktadır.

C bölgesinde, Pazarsuyu ve Aksu dereleri, Yağlıdere havzasının dağlık kısmı, Gelevera deresi, Harşit havzası, Kalenima deresi, Değirmendere havzası, Yanbolu ve Karadere havzası ile İyidere havzasının dağlık kısmı bulunmaktadır.



Şekil 4.54 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek ortalama bağlantı yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özellik değeri süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)

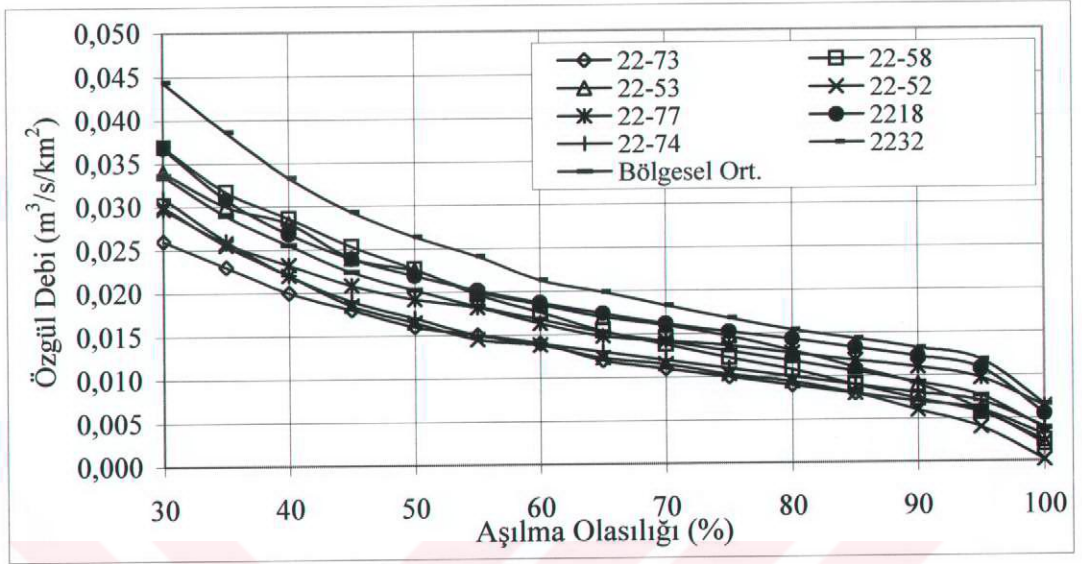
Ortalama bağlantı yöntemleri ile belirlenen homojen bölgeler ve her bir homojen bölgeye ait bölgesel özgül debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile homojen bölge sınırları içinde kalan istasyonlara ait özgül debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar karşılaştırıldığında hata oranının en büyük olduğu istasyonun 22-84 nolu istasyon olduğu ve hata oranının da %55 seviyesinde olduğu Şekil 4.55'deki histogramda görülmektedir. Diğer taraftan 22-84 nolu istasyonun aykırı değer içerdiği dikkate alınır hata oranının yine de %42 seviyesinde olduğu anlaşılmaktadır.



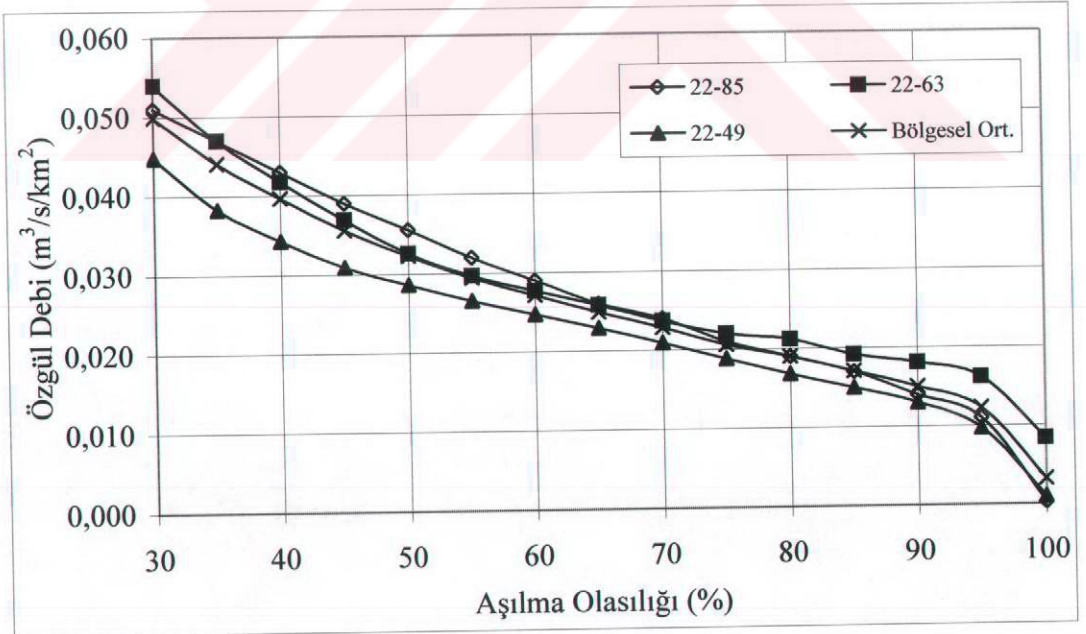
Şekil 4.55 Ortalama bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları

Hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden merkezi bağlantı (centroid linkage) yöntemi ile elde edilen homojen bölge sınırları içerisinde kalan akım gözlem istasyonlarının özgül debi süreklilik eğrileri Şekil 4.56, Şekil 4.57 ve Şekil 4.58'de, dendogram ise ekler kısmında Şekil D.4'de verilmiştir. Bu yöntemdeki gruplandırmada Şekil 4.59'da görüldüğü gibi A homojen bölgesi sınırları içerisinde Yağlıdere havzasının dağlık kısmı hariç diğer bölümleri, Görele deresi, Akhisar deresi, Folderesi ile Sürmene deresi, Solaklı deresi, Baltaş deresi, İyidere havzasının deniz seviyesine yakın kısmı, Fırtına deresinin doğuda kalan yan kolu hariç olmak üzere ana kolu bulunmaktadır. B bölgesinde ise Taşlı dere, Büyükdere ve Fırtına deresinin doğudaki yan kolu ile Fırtına deresinden Sarp sınır kapısına kadara uzanan bölge yer almaktadır. C bölgesinde, Pazarsuyu ve Aksu dereleri, Yağlıdere havzasının dağlık kısmı, Gelevera deresi, Harşit havzası, Kalenima deresi, Değirmendere havzası, Yanbolu ve Karadere havzası ile İyidere havzasının dağlık kısmı bulunmaktadır.

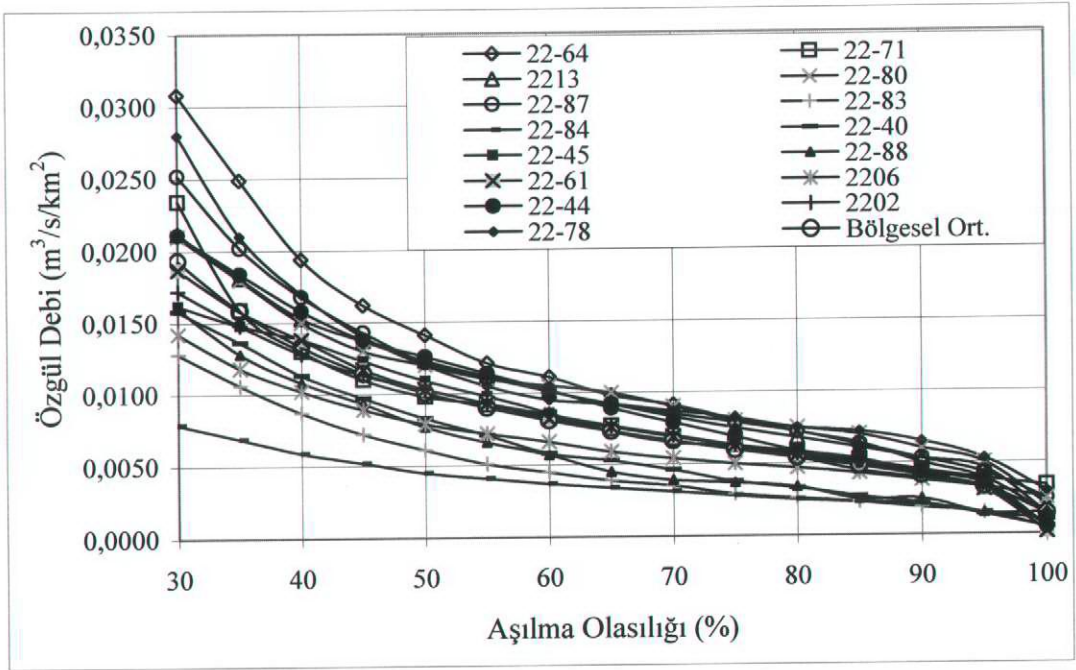
Böyle bir sınıflandırma, bölgenin bitki örtüsü ve topoğrafik yapısı ile akış için ana parametre olan yağış dağılımlarına uygun değildir. Doğal akışlı hidroelektrik üretim açısından, bu yöntemdeki hata oranı kabul edilemeyecek seviyededir.



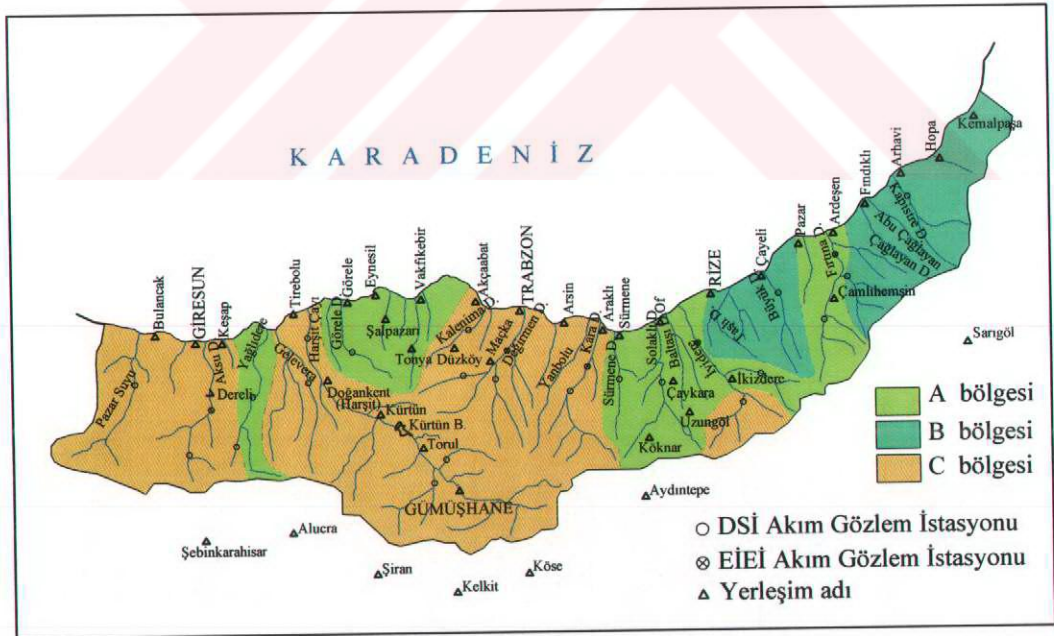
Şekil 4.56 Merkezi bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.57 Merkezi bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



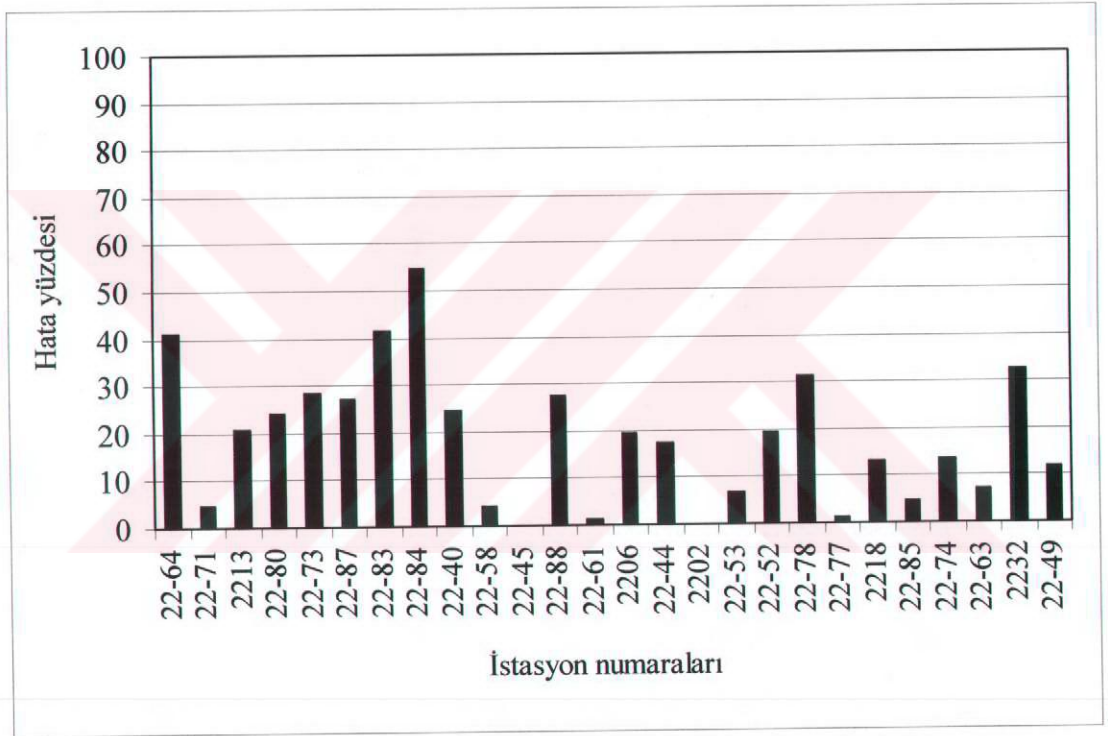
Şekil 4.58 Merkezi bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.59 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek merkezi bağlantı yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (özgül debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)

Merkezi bağlantı (centroid linkage) yöntemi ile belirlenen homojen bölgeler ve her bir homojen bölgeye ait bölgesel özgül debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile homojen bölge sınırları içinde kalan istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar mukayese edildiğinde hata oranının yine 22-84 nolu istasyonda en büyük değere ulaştığı anlaşılmakta olup, hata oranının da %55 seviyesinde olduğu Şekil 4.60'daki histogramda görülmektedir.

Diğer taraftan 22-84 nolu istasyon, aykırı değer içerdiği dikkate alınarak değerlendirme dışı bırakılsa dahi hata oranı yine de %55 düzeyindedir. Bu yöntem, debi süreklilik eğrileri yönünden iyi performans göstermediği söylenebilir.



Şekil 4.60 Merkezi bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları

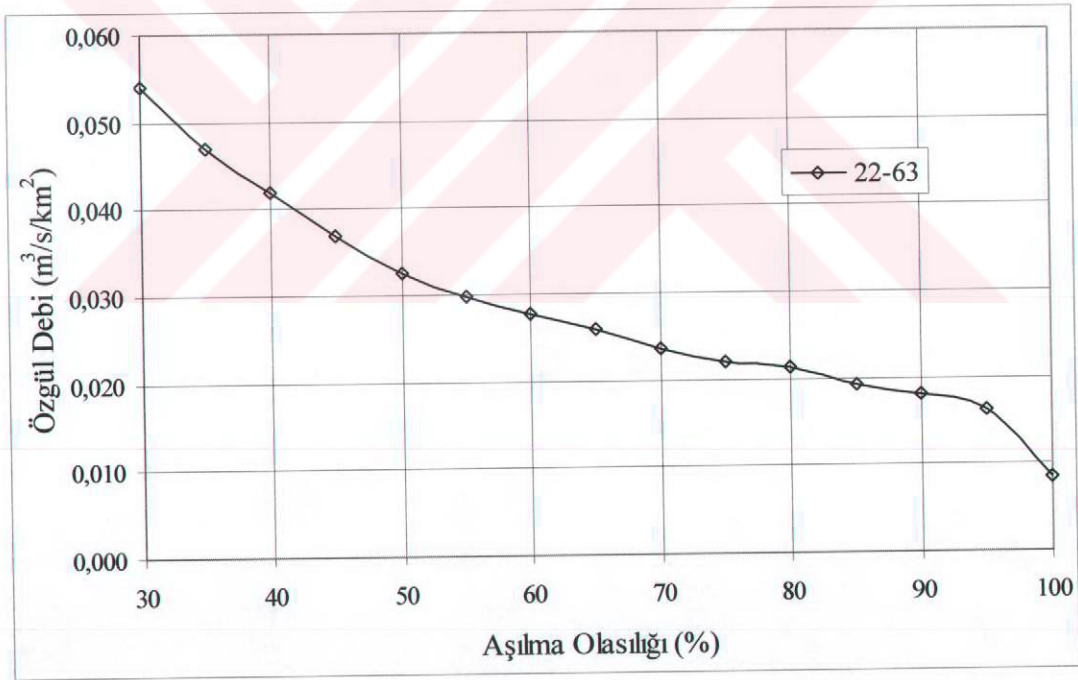
Hiyerarşik küme analiz yöntemlerinden tekli bağlantı (single linkage) yöntemi ile belirlenen homojen bölgeler ve bu homojen bölge sınırları içinde kalan istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri Şekil 4.61, Şekil 4.62 ve Şekil 4.63'de, dendogram ise ekler kısmında Şekil D.5'de verilmiştir.

Bu yöntemle belirlenen homojen bölgelerden Şekil 4.64'deki gibi A bölgesinde yalnız Fırtına havzasının doğuda kalan yan kolu bulunmaktadır.

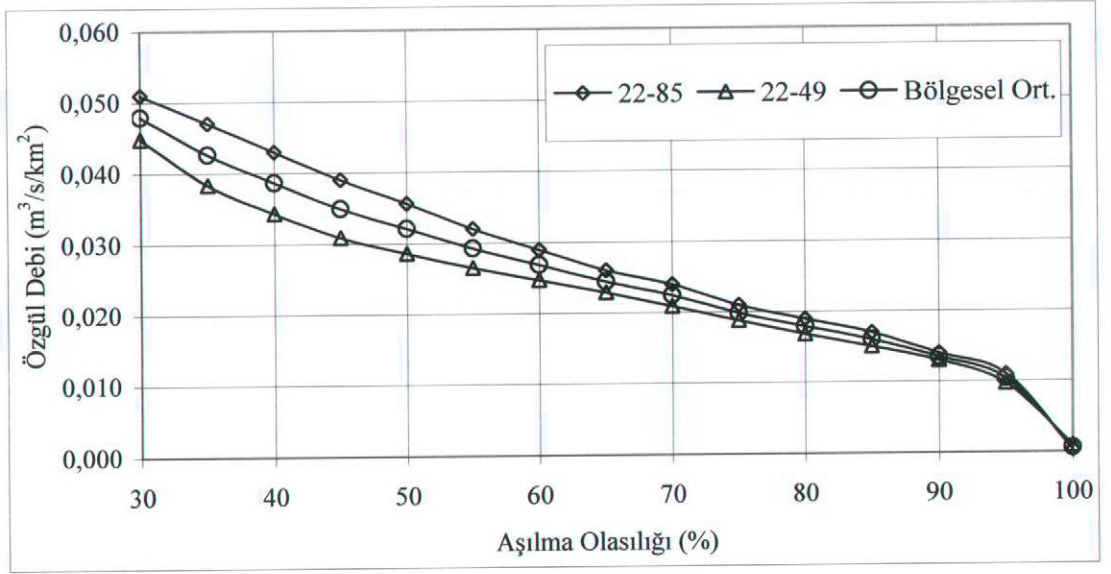
B homojen bölgesi ise Büyükdere ve Fırtına havzası ile Sarp sınır kapısı arasında kalan alanı kapsamaktadır.

C bölgesi, Pazarsuyu havzasından Büyükdere'ye kadar uzanmaktadır. Fırtına havzasının ana kolu ile batıda kalan yan kolu da bu bölge sınırları içinde kalmaktadır.

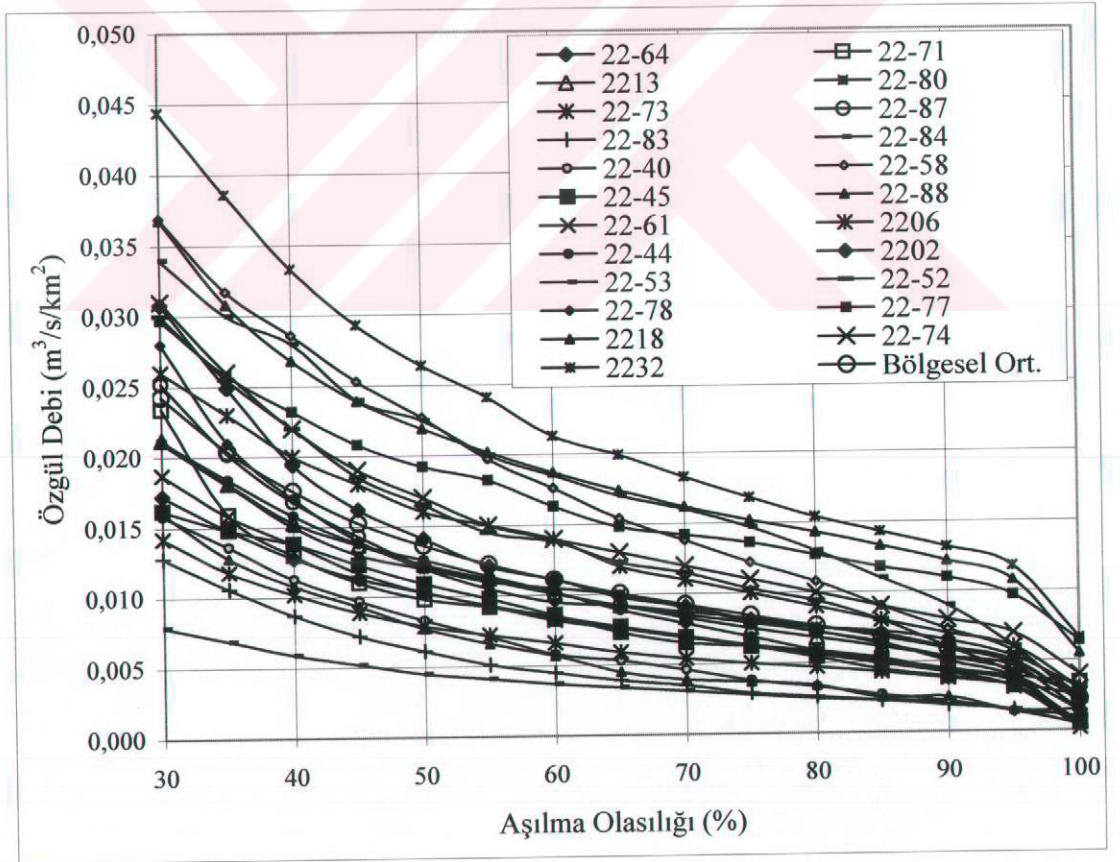
Böyle bir sınıflandırma, bölgenin bitki örtüsü ve topoğrafik yapısı ile akış için ana parametre olan yağış dağılımlarına uygun değildir. Bu yöntemde belirlenen C bölgesi, hem meteorolojik hem de bitki örtüsü ve topoğrafik yapı bakımından çok farklı özellik göstermektedir. Bu sebeple, bu yöntemle belirlenen homojen kümeler bölgenin fiziki ve topoğrafik şartları ile örtüşmemektedir. Diğer taraftan, tekli bağlantı (single linkage) yönteminin nesneleri (istasyonları) zincir oluşturacak şekilde birleştirerek homojen bölgeler oluşturduğu Bölüm 3'de açıklanmıştı. Burada C bölgesi çok uzun bir zincir şeklinde geniş bir alanı içine almaktadır.



Şekil 4.61 Tekli bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen A bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



Şekil 4.62 Tekli bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen B bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri



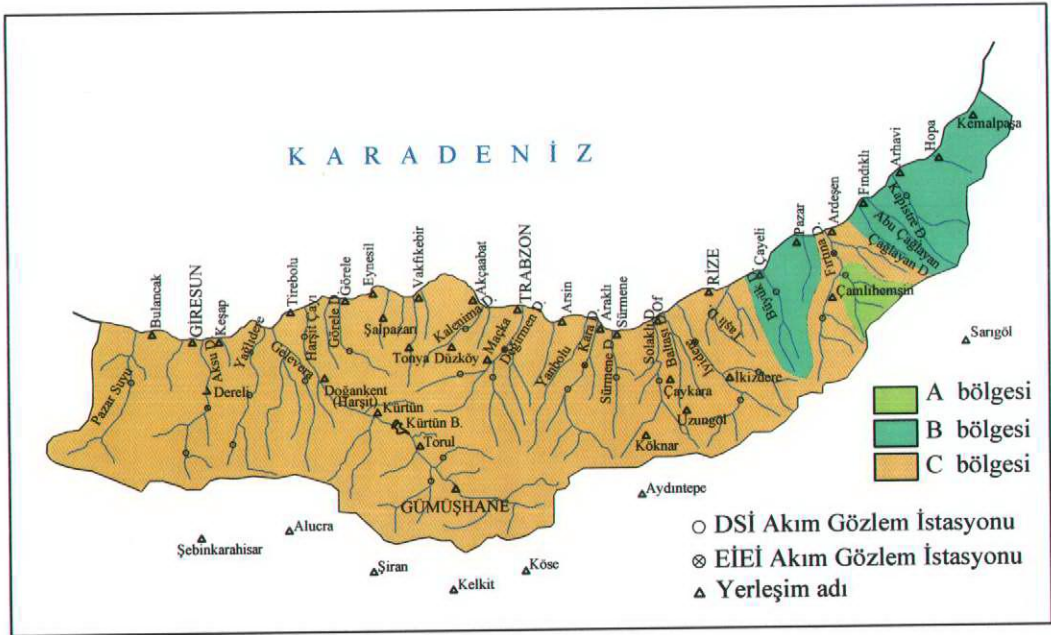
Şekil 4.63 Tekli bağlantı küme analizi yöntemiyle elde edilen C bölgesindeki istasyonların özgül debi süreklilik eğrileri

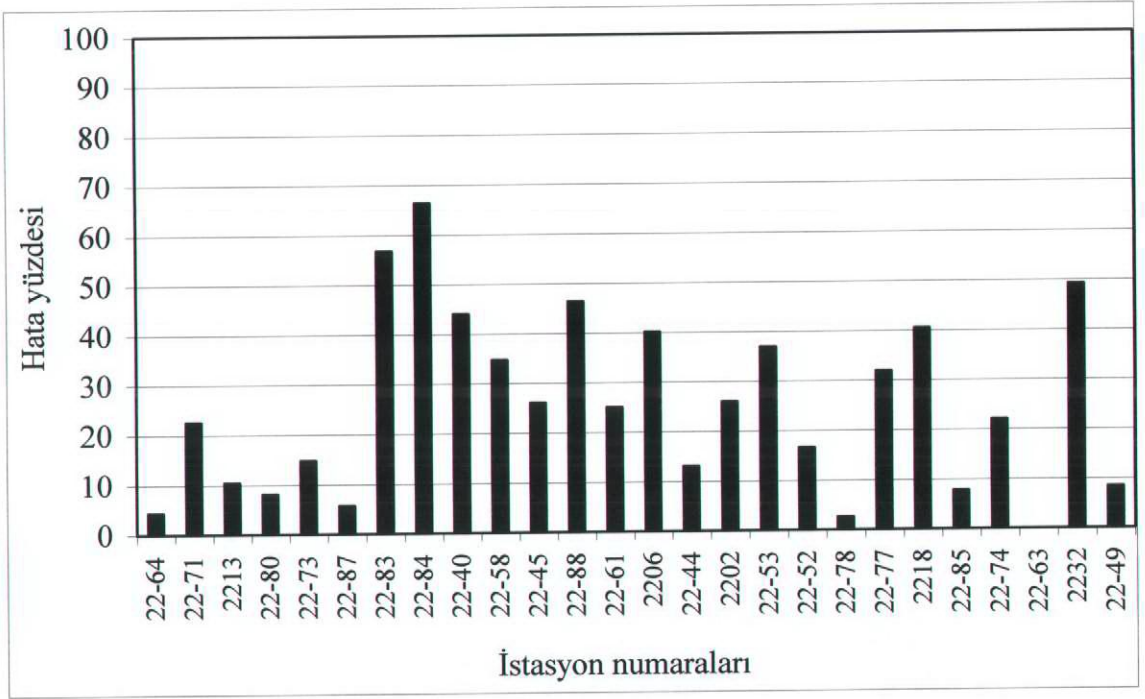


Şekil 4.64 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tekli bağlantı yöntemi ile elde edilen homejen bölgeler (ölgöl debi süreklilik eğrilerinin %30-%100 aralığı için)

Tekli bağlantı (single linkage) yöntemi ile belirlenen homojen bölgeler ve her bir homojen bölgeye ait bölgesel ölgöl debi süreklilik eğrisi altında kalan alan ile homojen bölge sınırları içinde kalan istasyonların ölgöl debi süreklilik eğrileri altında kalan alanlar karşılaştırıldığında hata oranının yine 22-84 nolu istasyonda en büyük değere ulaştığı anlaşılmakta olup, hata oranının da %65 seviyesinde olduğu Şekil 4.65'deki histogramdan anlaşılmaktadır.

Diğer taraftan 22-84 nolu istasyon, aykırı değer içerdiği dikkate alınarak değerlendirme dışı bırakılsa dahi hata oranı yine de %57 seviyesindedir. Bu yöntem, debi süreklilik eğrileri yönünden iyi performans göstermemektedir.





Şekil 4.65 Tekli bağlantı yöntemiyle elde edilen bölgesel debi süreklilik eğrilerine göre hata oranları

Doğu Karadeniz Bölgesindeki örnek çalışma bölgesi için hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemlerine ait sonuçlar değerlendirildiğinde her bir homojen bölge içinde kalan istasyonlara ait özgül debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılıklarına karşı gelen debi değerlerinin ortalamaları alınmak suretiyle her bir homojen bölge için ayrı ayrı elde edilen ortak özgül debi süreklilik eğrileri ile istasyonlara ait özgül debi süreklilik eğrileri karşılaştırıldığında en az hatayı veren gruplandırmanın k-ortalamaları yöntemiyle belirlendiği görülmektedir. Diğer taraftan, k-ortalamaları yöntemi ile belirlenen homojen bölgeler, bitki örtüsü, topoğrafik yapı ve yağış gibi akım ve akışı etkileyen unsurların çalışma bölgesindeki dağılımına daha uyumlu olduğu görülmüştür.

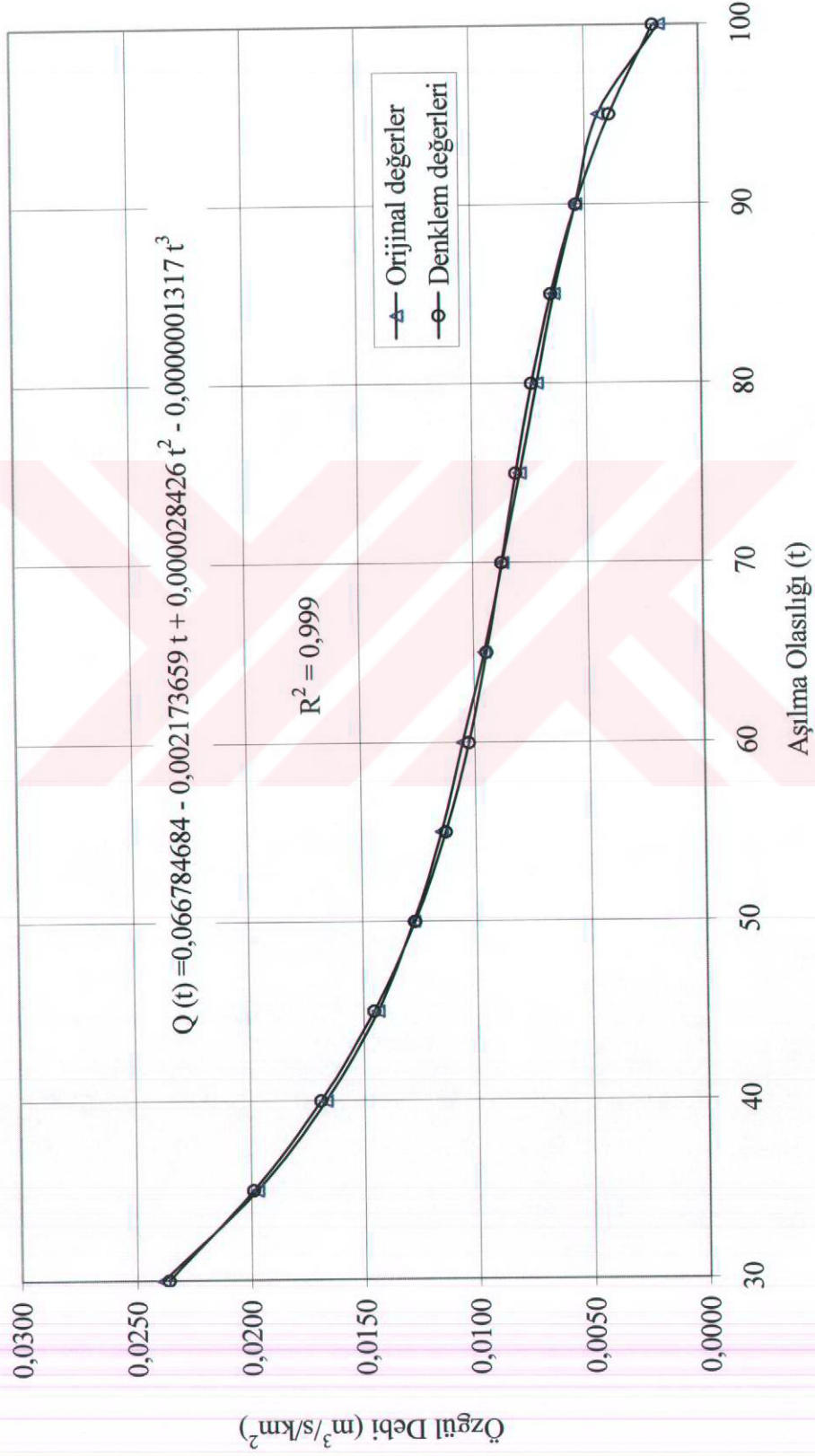
Doğu Karadeniz Bölgesindeki veriler kullanılarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemleri ile özgül debi süreklilik eğrileri yönünden oluşturulan homojen bölgeler karşılaştırıldığında hiyerarşik yöntemlerden tam bağlantı (complete linkage) ve Ward yöntemleri ile hiyerarşik olmayan k-ortalamaları yönteminin bir birlerine daha yakın ve kabul edilebilir sonuç verdikleri belirlenmiştir. Diğer hiyerarşik olmayan yöntemlerden tekli bağlantı (single linkage), medyan bağlantı (median linkage), merkezi bağlantı (centroid linkage), ortalama bağlantı (average

linkage) ve ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ise debi süreklilik yönünden uygulanabilir ve anlamlı bulunmamıştır.

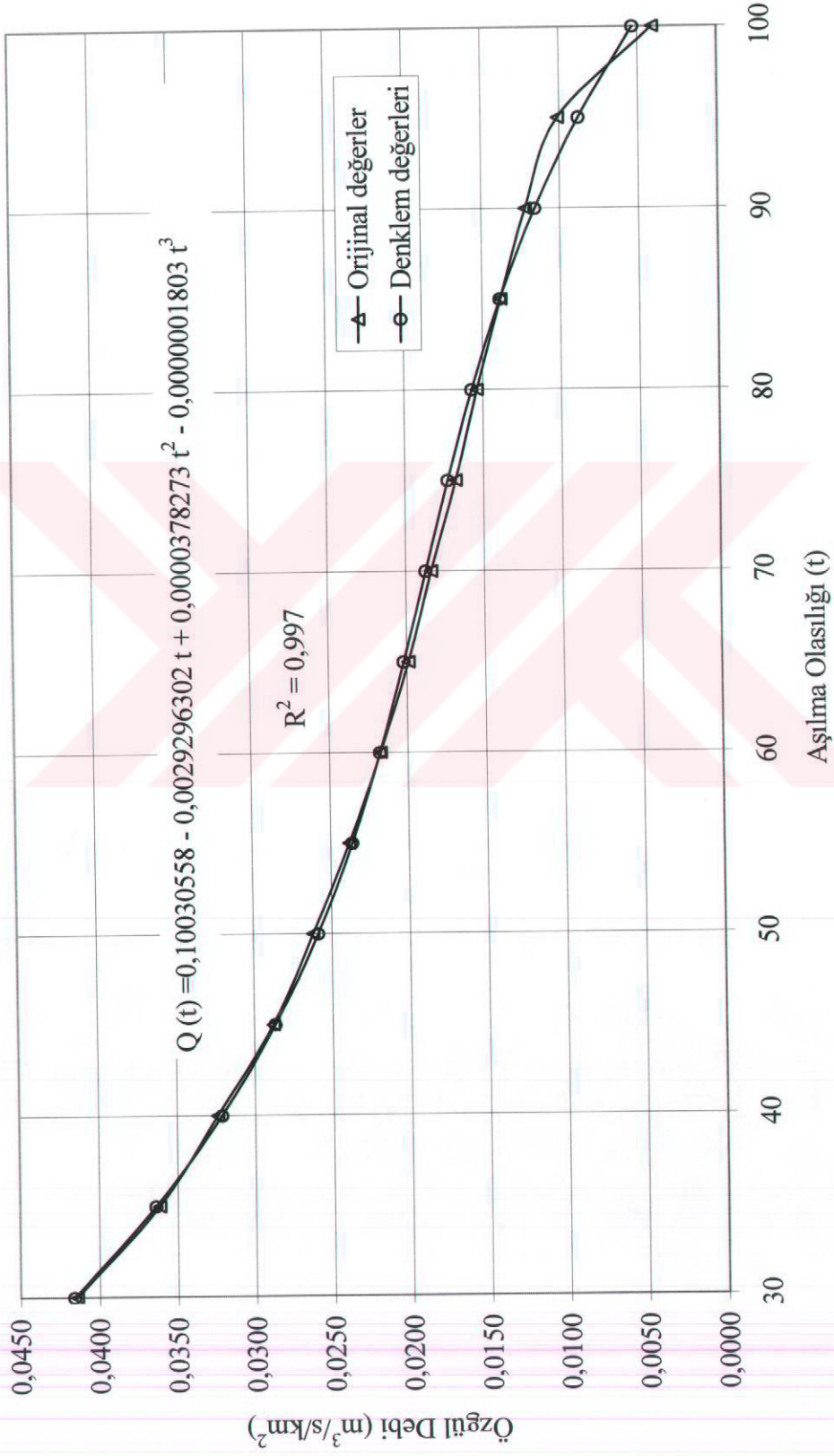
Sonuçları bu tez kapsamında verilmemiş olmakla birlikte Doğu Karadeniz Bölgesindeki 26 akım gözlem istasyonuna ait özgül debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %30 - %100 aralığı için Ward yöntemi ile öklit uzaklığı, şehir bloku (Manhattan) uzaklığı, korelasyon katsayısı, Chebychev, Minkowski ve Cosine benzerlik ölçüleri kullanılarak elde edilecek homojen bölge sınırlarındaki değişim incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda öklit uzaklığı, şehir bloku (Manhattan) uzaklığı ve Minkowski benzerlik ölçüleri ile elde edilen homojen bölge sınırlarının bir birine yakın olduğu belirlenmiştir. Benzerlik ölçüsü olarak Chebychev, Cosine ve korelasyon katsayısı kullanıldığında elde edilen neticenin bir birinden ve diğerlerinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Hem Güney Tayvan hem de Doğu Karadeniz Bölgesine ait veriler kullanılarak Ward ve k-ortalamaları yöntemleri ile yapılan küme analiz sonuçlarına göre homojen bölge sınırlarının verilerin standart hale getirilip getirilmemesine ve özgül debi süreklilik eğrilerinin küme analizinde kullanılan bölümüne bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.

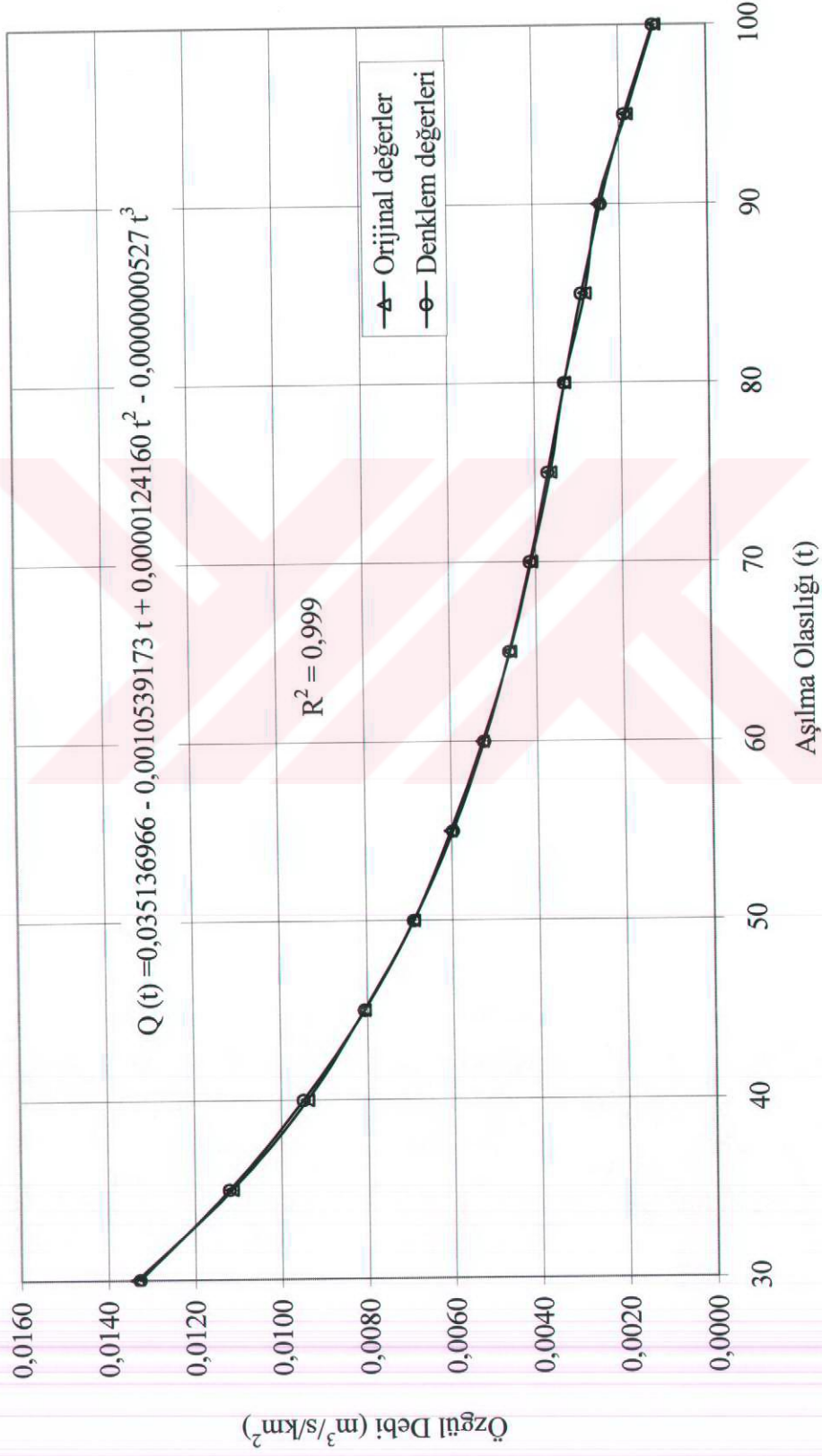
Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen örnek çalışma bölgesinde homojen bölgelerin belirlenmesinde en uygun sonucun k-ortalamaları küme analiz yöntemi ile elde edildiği belirlendikten sonra her bir homojen bölgeye ait (A, B ve C bölgeleri) 3. dereceden polinom olan ortak özgül debi süreklilik eğrileri türetilerek Şekil 4.66, Şekil 4.67 ve Şekil 4.68’de verilmiştir.



Şekil 4.66 Doğu Karadeniz’de seçilen örnek çalışma bölgesinde "A" alt bölgesine ait debi süreklilik eğrisi



Şekil 4.67 Doğu Karadeniz’de seçilen örnek çalışma bölgesinde "B" alt bölgesine ait debi süreklilik eğrisi



Şekil 4.68 Doğu Karadeniz’de seçilen örnek çalışma bölgesinde "C" alt bölgesine ait debi süreklilik eğrisi

5. DOĞAL AKIŞLI BÖLGESEL HİDROELEKTRİK POTANSİYELİN BELİRLENMESİ İÇİN BÖLGESEL DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİSİ İLE BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ BİR MODEL ÖNERİSİ

Hedef alınan herhangi bir bölgedeki bölgesel doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi için aşağıda tanımlanan sürecin tamamlanması gerekecektir.

5.1 Bölgesel Debi Süreklilik Eğrisinin Elde Edilmesi

Bunun için bölgede değerlendirilebilir mevcut akım gözlem istasyonlarına ait değerler esas alınarak her bir istasyona ait değerlerin drenaj alanına bölünmesi suretiyle özgül debi değerleri ve bunlarla da özgül debi süreklilik eğrileri elde edilir. İkinci adımda bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilebilmesi için istasyonlara ait özgül debi süreklilik eğrilerinin değerleri kullanılarak küme analizi yöntemi yardımıyla debi süreklilik eğrisi yönünden alt bölgeler belirlenir. Üçüncü aşamada ise Bölüm 4’de açıklanan ilke ve yaklaşımlar doğrultusunda her bir homojen alt bölge için tek bir özgül debi süreklilik eğrisi belirlenir.

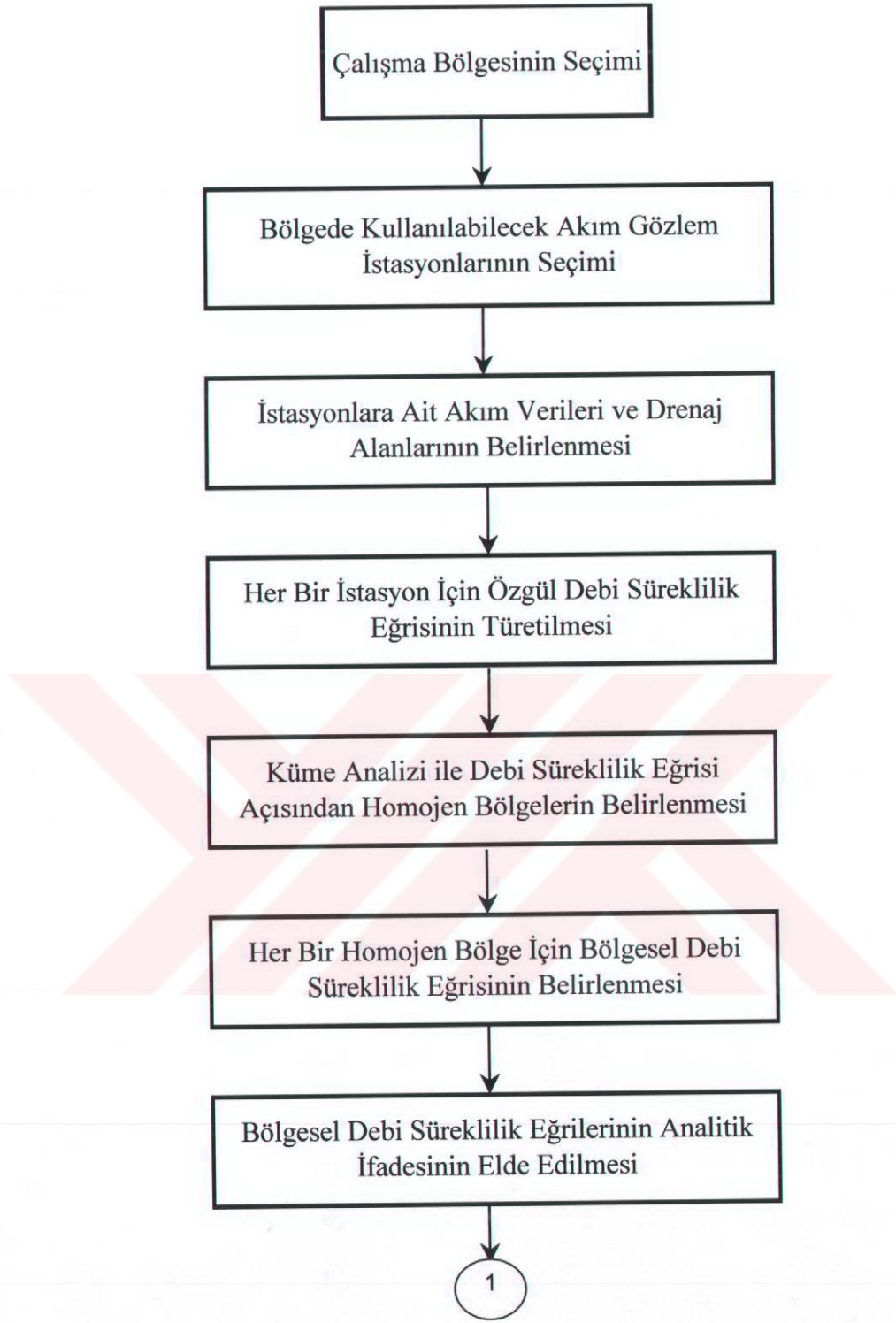
5.2 Bölgesel Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Belirlenmesinde Debi Süreklilik Eğrisinin Kullanılması

Daha önce Bölüm 2’de de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, doğal akışlı bir hidroelektrik santralin kurulu güç ve enerji potansiyelinin belirlenmesinde karşılaşılan en önemli sorun proje debisinin seçilmesidir. Burada bir başka önemli sorun da öngörülen tesis yerinde akarsuya ait ölçü verilerinin bulunmayışıdır. Yine enerji potansiyelinin belirlenmesi bölgesel ölçekte ele alındığında bu sorunlar çok daha büyük boyutlara varmaktadır.

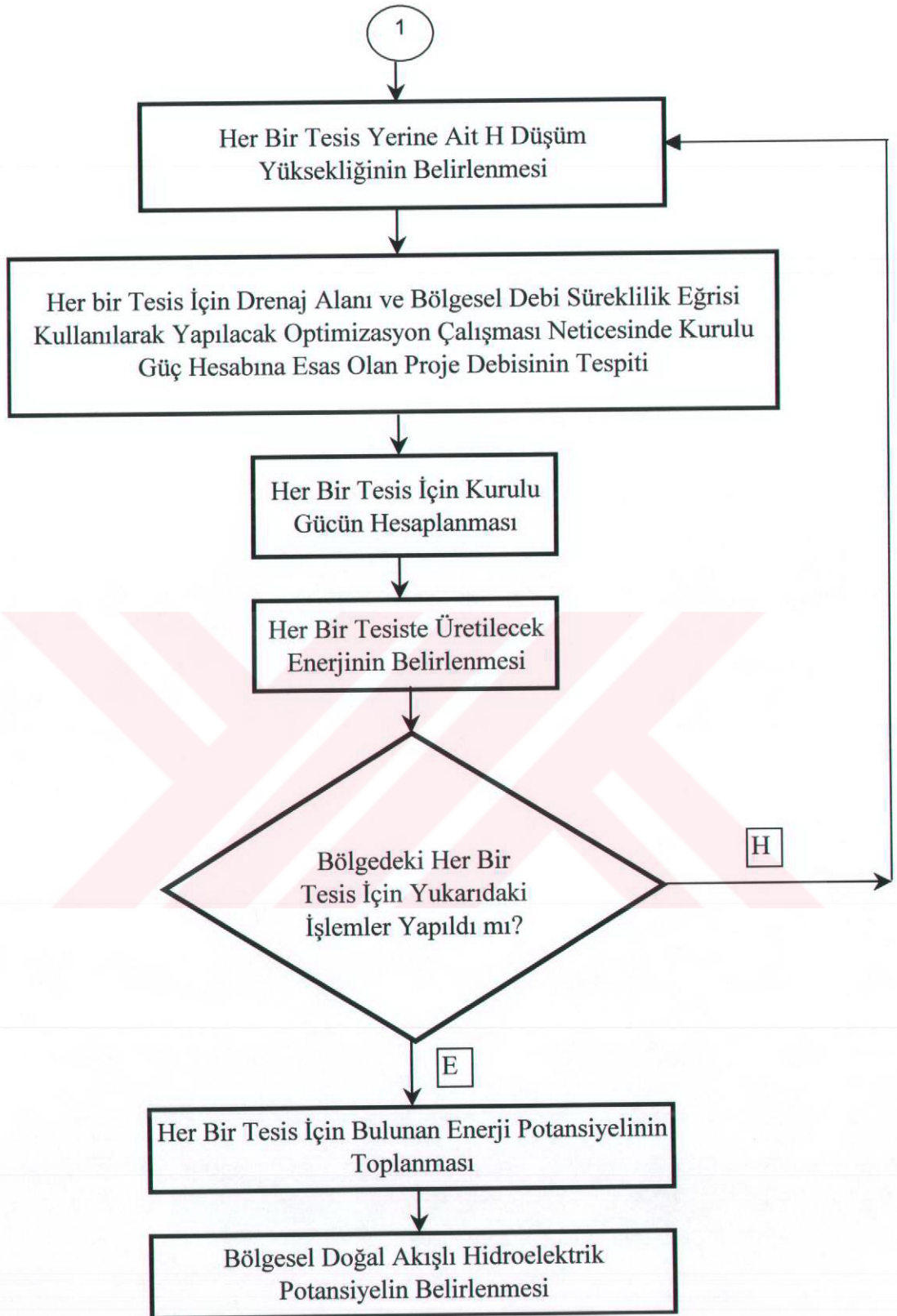
Yukarıda kısaca tanımlanan bu sorunların giderilmesinde “bölgesel debi süreklilik eğrisi” kavramı önemli bir araç olmaktadır. Bu bölgesel debi süreklilik eğrilerinin nasıl elde edilebileceği Bölüm 4 ve bir önceki alt paragrafta verilmişti. Buna göre,

seçilen bir bölgedeki toplam doęal akıřlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde her bir tesis yeri için bilinmesi gereken iki temel parametreden H dūřum yūkselięi bölgenin topografik haritalarından yararlanılarak elde edilir. İkinci önemli parametre olan proje debisi ise, tesis yerinin içinde bulunduęu bölge veya alt bölgeye ait bölgesel debi sūreklilik eęrisinden yararlanılarak bulunur. Burada verilecek karar iki ařamalı olacaktır. Bunlardan birincisi, yapılacak optimizasyon çalıřmaları neticesinde hangi ařılma olasılıęına karřı gelen debi deęerinin proje debisi olarak kullanılacaęına karar verilmesi; ikinci ařamada ise tesis yerine ait drenaj alanı kullanarak bölgesel debi sūreklilik eęrisinden bir önceki adımda elde edilen zgūl debi deęeri çarpılmak suretiyle proje debisinin bulunmasıdır. Bu iřlemler bölge genelinde seçilen būtūn tesis (proje) yerleri için tekrarlanarak bölgesel doęal akıřlı hidroelektrik potansiyel belirlenir.

Bu sistematik yaklařımın algoritması bir būtūnlūk içerisinde řekil 5.1.'de verilmektedir.



Şekil 5.1 Bölgesel doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi için algoritma



Şekil 5.1 (devamı)

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Bölgesel ölçekte doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi için küme analizi yöntemleri kullanılarak bölgesel debi süreklilik eğrilerinin belirlenebileceği ortaya konmuştur.

2. Hem Doğu Karadeniz Bölgesinde seçilen çalışma bölgesindeki 26 akım gözlem istasyonuna ait hem de Yu ve Yang (1996) tarafından Güney Tayvan'da yapılan bölgesel çalışmada kullanılan 34 istasyona ait debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %0 - %30 arasında kalan kısmı, %0 - %100 arasındaki kısmı ile %30 - %100 arasında kalan kısımları için hem hiyerarşik hem de hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemleri ile homojen alt bölgeler oluşturulmuş ve elde edilen homojen alt bölge sınırlarının debi süreklilik eğrilerinin kullanılan aralığına bağlı olarak değiştikleri belirlenmiştir. Özgül debi süreklilik eğrilerine ait değerler kullanılarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemleri ile elde edilecek homojen bölge sınırları, küme analizinde veri olarak özgül debi süreklilik eğrisinin hangi kısmının kullanıldığına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, homojen alt bölgelerin oluşturulmasında özgül debi süreklilik eğrilerinin hangi kısmına göre küme analizi yapılacağına karar verilirken debi süreklilik eğrisinin kullanım amacı dikkate alınmalıdır.

3. Doğu Karadeniz Bölgesine ait veriler ile hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemleri ile özgül debi süreklilik eğrileri yönünden oluşturulan homojen bölgeler karşılaştırıldığında, hiyerarşik yöntemlerden tam bağlantı (complete linkage) ve Ward yöntemleri ile hiyerarşik olmayan k-ortalamarı yönteminin biri birlerine daha yakın ve kabul edilebilir sonuç verdikleri belirlenmiştir. Diğer hiyerarşik olmayan yöntemlerden tekli bağlantı (single linkage), medyan bağlantı (median linkage), merkezi bağlantı (centroid linkage), ortalama bağlantı (average linkage) ve ağırlıklı ortalama bağlantı (weighted average linkage) yöntemlerinden

elde edilen sonuçlar ise debi süreklilik yönünden uygulanabilir ve anlamlı bulunmamıştır.

4. Bir birinden tamamen bağımsız hem Güney Tayvan hem de Doğu Karadeniz Bölgesine ait özgül debi süreklilik eğrileri verileri kullanılarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemleri ile oluşturulan homojen bölge sınırları karşılaştırıldığında, küme analiz işleminden önce verilerin standart hale getirilip getirilmemesinin homojen bölge sınırlarını değiştirdiği sonucuna varılmıştır. Verilerin çarpık dağılması durumunda, standart hale getirilmesi uygun olacaktır.

5. Bu çalışmada, küme analizi yöntemiyle belirlenen homojen bölgeleri yeterli doğrulukla temsil edecek ortak özgül debi süreklilik eğrilerine ait analitik ifadelerin elde edilebileceği ve bu sayede bölgedeki herhangi bir nokta için çeşitli aşılma olasılıklarına karşı gelen debi değerlerinin kolaylıkla bu analitik ifadelerden hesaplanabileceği ortaya konulmuştur. Bu durum doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesine yönelik planlama çalışmalarında daha önce kullanılan yaklaşık yöntemlere göre büyük bir kolaylık ve hassasiyet sağlayacaktır.

6. Bölgesel ölçekte geliştirilen debi süreklilik modeli esas alınarak yine bölgesel doğal akışlı hidroelektrik potansiyelin belirlenmesine yönelik bu tez kapsamında bir algoritma geliştirilmiştir.

7. Fizibilite ve master plan çalışmalarında, akım ölçüm değeri olmayan veya eksik olan yerlerde bu tez çalışmasında ortaya konan yöntemle “Bölgesel Debi Süreklilik Eğrileri” elde edilerek proje debisi kolaylıkla belirlenebilecek ve buna bağlı olarak da bölgesel ölçekte doğal akışlı hidroelektrik potansiyel kolaylıkla hesaplanabilecektir.

KAYNAKLAR

- Bacher, J.**, 2002. Cluster Analysis, Lecture Notes, Nuremberg.
- Bayazıt, M.**, 1987. Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M.**, 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M.**, 1997. Biriktirme Haznelerinin Tasarımı ve İşletilmesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Burn, D.H. and Goel, N.K.**, 2000. The forming of groups for regional flood frequency analysis, *Hydrological Sciences Journal*, **45** (1), 97-112.
- Chow, V. T.**, 1964. Handbook of Applied Hydrology, Illinois.
- Cıgızoğlu, K.**, 1997. Debi süreklilik çizgisinin matematik modelleri, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Everitt, B. S.**, 1993. Cluster Analysis, 3rd edition Halsted Press, Division of Wiley, New York.
- Fennessey, N.M. and Vogel, R.M.**, 1990. Regional flow duration curves for ungaged sites in Massachusetts, *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE*, **116** (4), 530-549.
- Franchini, M. and Soppo, M.**, 1996. Regional analysis of flow duration curves for a limestone region, *Water Resources Management*, **10** (3), 199-218.
- Fovell, R.G. and Fovell, M.Y.C.**, 1993. Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis, *Journal of Climate*, **6**, 2103-2135.
- Gingras, D. and Adamowski, K.**, 1993. Homogeneous regiondelineation based on annual flood generation mechanisms, *Hydrological Sciences Journal*, **38** (2), 103-121.

- Gong, X. and Richman, M.B.,** 1994. On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in North America East of the Rockies, *Journal of Climate*, **8**, 897-931.
- Gulliver, J., S., and Arndt R.,E.,A.,** 1991. Hydropower Engineering Handbook, U.S.A.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatman, R.L. and Black, W.C.,** 1998. Multivariate Data Analysis, 5th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Jajuga, K., Sokolowski, A. and Rock, H.H.,** 2002. Classification, Clustering and Data Analysis, Germany.
- LeBoutillier, D.W. and Waylen, P.R.,** 1993. Regional variations in flow- duration curves for rivers in British Columbia, Canada, *Physical Geography*, **14** (4), 359-378.
- Linsley, R.K., Franzini, J.B., Freyberg, D.L. and Tchobanoglous, G.,** 1992. Water Resources Engineering, U.S.A.
- Önöz, B.,** 1992. Bölgesel taşkın frekans analizi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öziş, Ü.,** 1991. Su Kuvveti Tesislerinin Planlama Esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Ravn, J.,** 1992. Planning and implementation of hydropower projects, Norwegian Institute of Technology Division of Hydraulic Engineering, Norway.
- SAS Institute,** 1985. SAS User's Guide : Statistics. SAS Institute, **268**, U.S.A.
- Schleiermacher, E.,** 1967. Su Kuvvetleri Tesisleri İnşaat ve Proje Esasları, İTÜ, İstanbul.
- Sing, R.D., Mishra, S.K. and Chowdhary, H.,** 2001. Regional Flow-Duration Models for Large Number of Ungauged Himalayan Catchments for Planning Microhydro Projects, *Journal of Hydrologic Engineering*, **6** (4), 310-316.
- Stooksbury, D.E. and Michaels, P.J.,** 1991. Cluster analysis of southeastern U.S. climate stations, *Theoretical and Applied Climatology*, **44**, 143-150.

- Ünal, Y., Kindap, T. and Karaca, M., 2003.** Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis, *International Journal of Climatology*, **23**, 1045-1055.
- Yıldız, K., 1992.** Hidroelektrik Santraller Hesap Esasları ve Projelendirilmesi, DSI, Ankara.
- Yu, P.S. and Yang, T.C., 1996.** Synthetic Regional Flow Duration Curve For Southern Taiwan, *Hydrological Processes*, **10**, 373-391.
- Yu, P.S., Yang, T.C. and Wang, Y.C., 2002.** Uncertainty Analysis of Regional Flow Duration Curves, *Journal of Water Resources Planning and Management*, **128** (6), 424-430.



EKLER

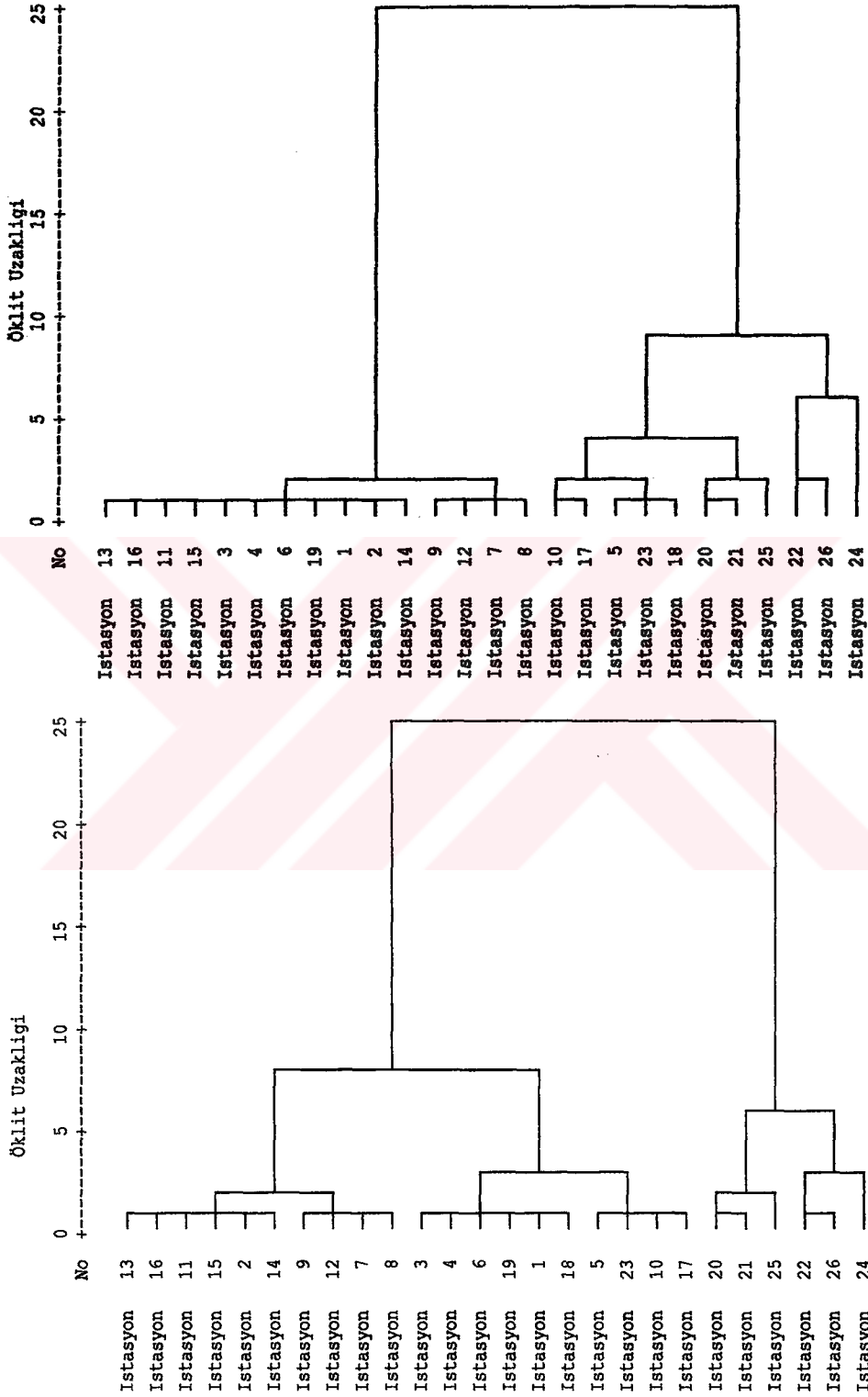
Şekil D.1 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tam bağlantı yöntemine ait dendogram (%30-100 aralığı için)

Şekil D.2 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek medyan bağlantı yöntemine ait dendogram (%30-100 aralığı için)

Şekil D.3 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek ortalama bağlantı yöntemine ait dendogram (%30-100 aralığı için)

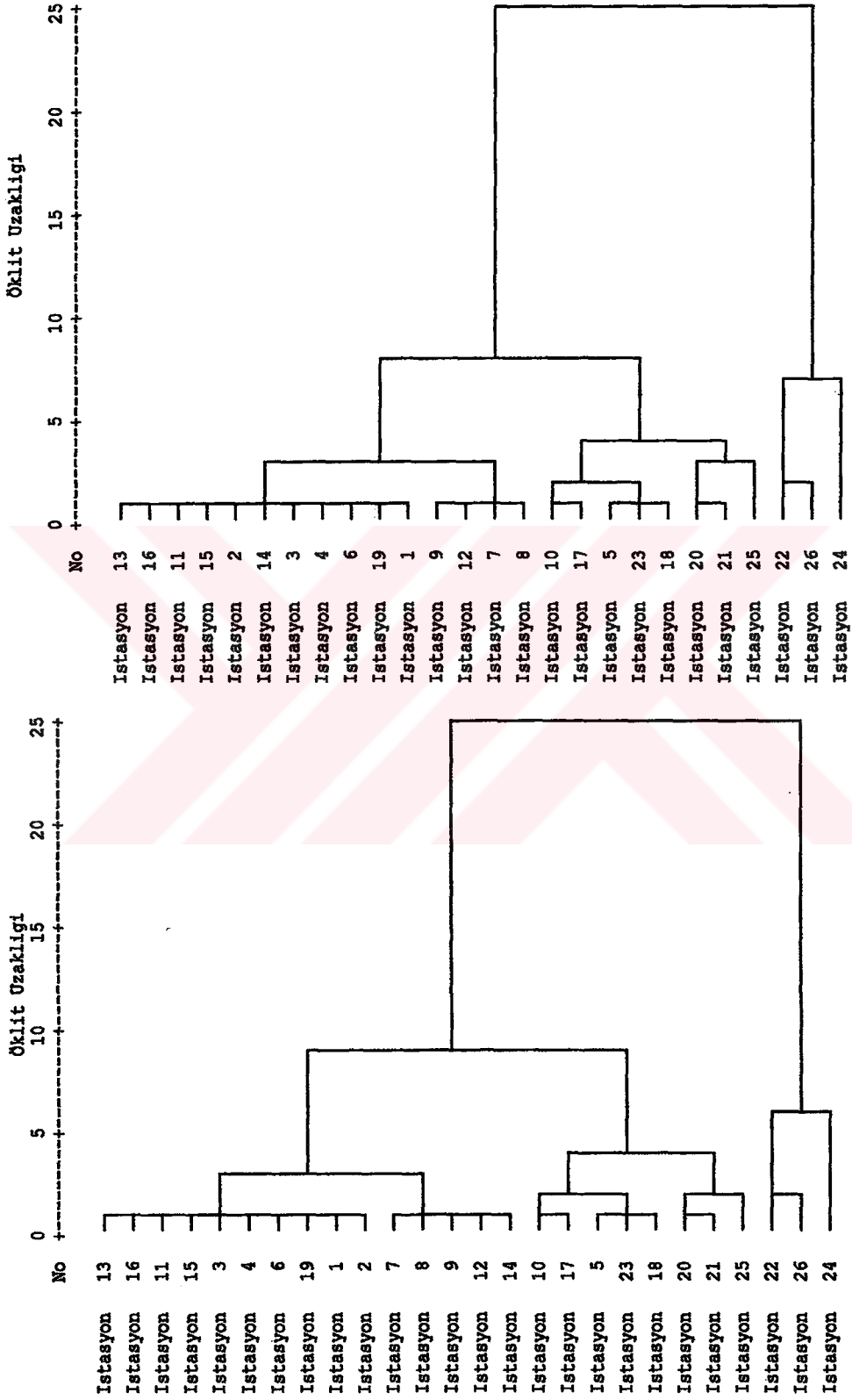
Şekil D.4 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek merkezi bağlantı yöntemine ait dendogram (%30-100 aralığı için)

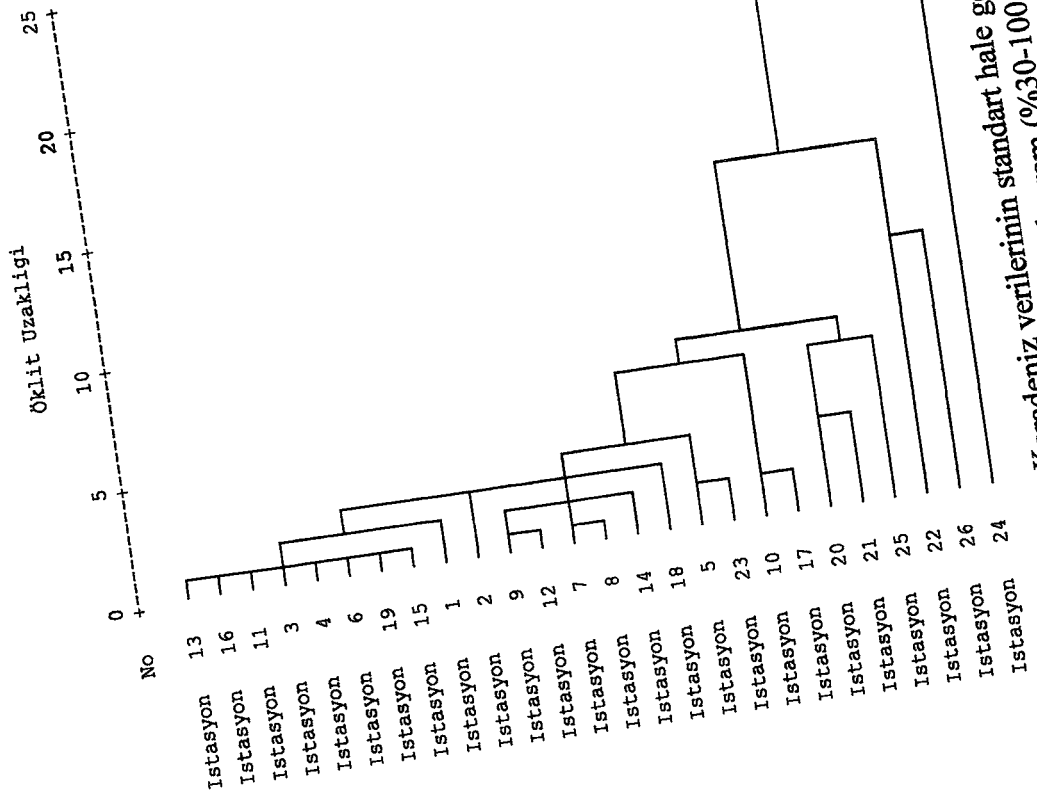
Şekil D.5 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tekli küme analiz yöntemine ait dendogram (%30-100 aralığı için)



Şekil D.1 Doğru Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tam bağlantı yöntemine ait dendrogram (%30-100 aralığı için)

Şekil D.2 Doğru Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek medyan bağlantı yöntemine ait dendrogram (%30-100 aralığı için)





Şekil D.5 Doğu Karadeniz verilerinin standart hale getirilerek tekli küme analiz yöntemine ait dendrogram (%30-100 aralığı için)

ÖZGEÇMİŞ

Bahattin YANIK, 1966 yılında Trabzon ili Şalpazarı ilçesinde doğmuştur. 1988 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden ikincilikle mezun olmuş ve aynı yıl Devlet Su İşlerinde çalışmaya başlamıştır. DSI'de sırasıyla Proje Mühendisi, Başmühendis ve Şube Müdürü olarak görev yapmıştır.

İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Su Mühendisliği Programında 1997 yılında yüksek lisans çalışmasını tamamlayarak aynı Anabilim Dalında doktora çalışmasına başlamıştır. Evli ve 3 çocuk babası olup, halen DSI XIV. Bölge Müdür Yardımcılığı görevini yürütmektedir.