

ÇORUH HAVZASINDA SP LE KURAKLIK ANAL Z VE ÇEVRESEL ETK LER

Hilal TUNA
Meteoroloji Mühendisi
htuna@eie.gov.tr

Filiz MALKOÇ
Dr. Meteoroloji Mühendisi
fmalkoc@eie.gov.tr

Özlem YILMAZ
Çevre Yüksek Mühendisi
oyilmaz@eie.gov.tr

Elektrik leri Etüt daresi Genel Müdürlü ü- Ankara

ÖZET

Bu çalı mada Çoruh Havzası çalı ma bölgesi olarak seçilmi tir. Çalı manın ilk a amasında; Çoruh Havzası içerisinde bulunan 7 Akım Gözlem stasyonuna ait 1963–2008 dönemi aylık ortalama debi serileri kullanılarak, SY yöntemine göre havzanın hidrolojik kuraklık de erlerinin olası e ilimleri belirlenmi tir. AG 'ler toplu olarak incelendi inde; do al akı ma sahip istasyonlar (2304,2316,2305 ve 2305) 1983, 1984 ve 2000,2001 ve 2002 su yıllarında en yüksek “-2.65” gibi minimum SP de erinin ifade etti i “çok iddetli kuraklık” derecesine kadar ekstrem kuraklıklar tespit edilmi tir. kinci a amasında ise hem tespit edilen kurak dönemlerde hem de tüm orijinal dönemlerde çevresel akı miktarları belirlenerek aralarındaki farklılıkların önemi ortaya konmaya çalı ılmı tir. Elde edilen bulgulara göre AG 'lerin orijinal dönemlerinde, çevresel akı nın tüm dereler için zamanın %90'unda sıfır olmadığı görülmekte; kurak dönemlerinde ise çevresel akı nın tüm dereler için ancak zamanın %84'ünde sıfır olmadığı; yani derelerin bu zaman dilimine kadar ancak kurumadı ı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Akı Hesabı, Hidrolojik Kuraklık, Çoruh Havzası, SP Yöntemi.

THE ENVIRONMENTAL EFFECETS OF HYDROLOGICAL DROUGHT WCTH SP DETERMININING THE LOW FLOW N ÇORUH BAS N

ABSTRACT

Çoruh Basin has been selected as study area. The first phase of the study, according to standardized precipitation index (SPI) method, by using the 7 stream flow gauging stations' monthly average discharge series data in the period of 1963 to 2008, the trends of hydrological drought values have been determined. When investigating the stream gauging stations that has national flow as a body in the water years of 1983, 1984 ve 2000,2001 ve 2002 there have been severe drought events according to SPI method whose values reach up

to -2.65. In the second phase of the study, the amounts of environmental flows have been calculated and importance of differences also has been introduced in the period of all drought and original terms. According to the results, while environmental flow for all streams was not zero at the 90 percent of time in original terms, it was just about 84 percent of time in drought terms.

Key words: The Calculation of Environmental Flow, Hydrological Drought, Çoruh Basin, Standardized Precipitation Index.

1. Giri

Dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişimleri, orman tahribatları, çölleşme sonucunda oluşan kuraklık; toplum, çevre ve ülkeleri tehdit eden boyutlara ulaşmaktadır. Özellikle sanayi devriminden sonra atmosfere kontrolsüzce salınan sera gazları, gerek ozon tabakasını inceltmek gerekse atmosferin ısı tutma kapasitesini artırmak suretiyle yerküre üzerindeki sıcaklığın yükselmesine neden olmuştur. Küresel iklim değişimlerine bağlı olarak dünya ölçeğinde hidrolojik döngüde önemli değişimler (Buzulların erimesi, Kuraklık, Sel, Taşkın gibi ekstrem hava olayları (IPCC, 1996).) gözlenmeye başlanmıştır. Olağan dışı bir seyir izleyen bu doğal afetler bazen kurak olan bölgelerde şiddetli yağış olarak ortaya çıkarken bazen de sulak bölgelerde kuraklığa neden olmaktadır. Bu gerçeklerden dolayı 21. yy'ın en temiz enerji kaynağı ve sağlıklı yaşamın vazgeçilmez parçası olan su dünyadan daha önemli bir konuma gelmiştir. Çölleşme Sözleşmesi'ndeki (UNCCD, 1995) tanımlamalara göre, 'kuraklık', yağışın, normal düzeyinin oldukça altında olduğu ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuzca etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, doğal olumlu bir olaydır. Türkiye (1998 ve 1999)'e göre kuraklık, iklimsel değişimlerin neden olduğu geçici bir özelliktir; kurak ve yarı kurak bölgelerin yanı sıra, orta enlemlerin nemli-denizel iklimleri vb. öteki iklim bölgelerinde de oluşabilir (TEMA, 2001). Dünya Meteoroloji Teşkilatının 87 ülke arasında yaptığı olduğu anket sonuçlarına göre, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 74 ülkenin kuraklıktan etkilendiği tespit edilmiştir (WMO, 1992). IPCC'ye göre (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2030 yılında bu yüzyılın başındaki CO2 miktarının iki katına çıkması ve Türkiye dahil Güney Avrupa'yı içine alan bölgede sıcaklıkların Kışın 2 °C, Yazın ise 2-3 °C arasında yükselmesi beklenmektedir. Sıcaklıkların artması, kurak bölgelerimizin çölleşmesine neden olabilecektir. Kuraklığın artması ile şehir ve ülke sınırlarını aşan nehirlerin kullanımı dâhil birçok uluslararası, ulusal ve yerel su kaynağının paylaşımı ve yönetimi daha da zorlaşacaktır. Yavaş gelişmesi nedeniyle kuraklık, diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de farklı kuraklık indisleri ile

sürekli olarak izlenmelidir (Anonim, 1999). Bu amaçla dünyada kuraklık ın izlenmesi için çe itli indeksler ve indikatörler geli tirilmiştir. Son yıllarda, farklı zaman ölçeklerinde elde edilen Standartla tırılmış Ya 1 ndeksi (SY) serilerinin yerüstü su kaynaklarında da kuraklık takibi çalı malarında kullanıldı ı görülmektedir (Szalai, 2000; Vicente-Serrano, 2005; Yıldız, 2007).

Temiz su kaynaklarının hızla azalması, kullanımız için kalan su miktarı ile ili kili olarak daha do ru planlama yapmamızı ve daha hassas yönetim sergilememizi gerektirir. Bilindi i üzere hidroloji gibi do a olayları ile ili kili bilimlerde gözlem yapılması ve gözlem sonucu veri elde edilmesi büyük önem ta ır. Su kaynaklarının planlanması – i letilmesi ve suyun yıkıcı etkilerinin öngörülmesi için kesintisiz ve hatasız hidrolojik gözlemlerine ihtiyaç vardır. (akım, ya 1) bu verilerin süreklili inin sa lanması önemli bir konudur. Ancak ölçüm de erleri sair sebeplerle kesintiye u rayabilirler.

Kuraklık ile ilgili yapılan tanımlar mesleklere göre meteorolojik, hidrolojik, tarımsal, co rafik veya endüstriyel, enerji üretimi, su temini, denizcilik, mesire yerleri bakımından olmaktadır (Sırda , 2003). Bu tanımlamalardan biri olan hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden ya 1 eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yeraltı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade eder. Uzun süren hidrolojik kuraklık süreci yeraltı sularının, nehirlerin ve göllerin seviyesinde keskin bir dü ü e sebep olarak; insan, bitki ve hayvan ya amı için büyük bir tehlike yaratır. Bu nedenle hidrolojik kuraklık nehir akım ölçümleri ve göl, rezervuar, yeraltı su seviyesi ölçümleri ile takip edilebilir. Özellikle havzalardaki dü ük akımların gözlenmesi su ihtiyaçları arasında dengeli da ılım yapmak ve kuraklık tekerrürleri için modeller olu turmak için büyük önem ta ımaktadır. Dü ük akımlardan bahsedildi inde ise en önemli parametre “çevresel akı ” tanımı olmaktadır. Çevresel akı ; nehirlerdeki habitatların sürdürülebilirliği için gerekli olan akı miktarı olarak tanımlanır. Sonuç olarak ba ka bir deyi le hidrolojik kuraklık meydana gelen bir nehirde, çevresel akı miktarının olumsuz yönde ne kadar etkiledi inin belirlenmesi; nehirdeki canlı hayatı korumak için alınacak önlemler açısından son derece önemlidir. Bu nedenle bu çalı mada öncelikle ilk a amada; Çoruh Havzası içerisinde çe itli nehirler üzerinde yer alan 7 Akım Gözlem stasyonuna ait uzun yıllar (1963–2008) aylık ortalama debi serileri kullanılarak SY yöntemine göre Çoruh Havzasının hidrolojik kuraklık de erlendirilmesinin ara tırılması amaçlanmıştır. Sonraki a amada ise kendi orijinal gözlem periyodu yeteri kadar uzun olan 7 Akım Gözlem stasyonu için hem tespit edilen kurak dönemlerde ve hem de kurak olmayan di er dönemlerde çevresel akı miktarları belirlenerek aralarındaki farklılıkların önemi ortaya konmaya çalı ılmıştır.

$$SY = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\sigma}$$

<i>SYİ deęeri</i>	Kuraklık Kategorisi
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı
1.50 ~ 1.99	Çok yağışlı
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli yağışlı
0.99 ~ 0	Normal
0 ~ -0.99	Normale yakın kuraklık
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kuraklık
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kuraklık
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

3. Çevresel Akı ı Hesaplama Yöntemleri

3.1. Can Suyu Kavramının Çıkı ı:

Can Suyu (çevresel akı) havza minimum su ihtiyacı ile kullanım ihtiyaçlarının (muhtelif aylarda veya sürekli) üzerine sadece canlı hayat için eklenmi olan miktardır.

Ülkemizde can suyu kavramı ve hesaplanmasına yönelik çalı malar, 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu sonrasında ilk kez bu boyutta gündeme gelmi tir. Bu kanuna istinaden 2003 yılında çıkarılan “Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anla ması mızalanmasına li kin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik” ile tüzel ki iler tarafından hidroelektrik enerji üretim tesisleri kurulması ve i letilmesine ili kin DS ve tüzel ki iler arasında düzenlenen Su Kullanım Hakkı Anla ması çevrenin krunması için çe itli hükümleri de içermektedir.

Hidroelektrik Santrallardan nehir yataklarının mansabına do al hayatın devamı için bırakılması gereken su miktarına ili kin düzenleme 18.08.2009 tarih ve 27323 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlü e giren “Elektrik Piyasasında Üretim Faaliyetinde Bulunmak Üzere Su Kullanım Hakkı Anla ması mızalanmasına li kin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelikte De i iklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” Madde 7 ile en güncel halini almı tir. Bu maddede “ do al hayatın devamı için mansaba bırakılacak su miktarı projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10’u olacaktır. ÇED sürecinde ekolojik ihtiyaçlar göz önüne alındı ında bu miktarın yeterli olmayaca mın belirlenmesi durumunda miktar artırılabilir. Belirlenen bu miktara mansaptaki di er teessüs etmi su hakları ayrıca ilave edilecek ve kesin proje çalı maları belirlenen toplam bu miktar dikkate alınarak yapılacaktır. Nehirde son on yıllık ortalama akımın %10 undan daha az akım olması halinde suyun tamamı do al hayatın devamı için mansaba bırakılacaktır” denmektedir. Ayrıca, menba ve mansabında de i en ve geli en artlar çerçevesinde, havzada ihtiyaçların önceli i, havzanın geli im durumu ve menba-mansap ili kisi göz önünde bulundurularak, bu hidroelektrik santral projesi ile ilgili ilk Su Kullanım Hakkı Anla masının imzalandı ı tarihten itibaren yirmi yıllık periyotlar sonunda, havzadaki hidrolojik veriler, mevcut ve mutasavver projelerdeki de i iklikler ile ihtiyaçların güncelle tirilmesi gere i üzerinde durulmaktadır.

Bu madde ile üzerinde hidroelektrik santral planlanan her nehir havzasında “projeye esas alınan son on yıllık ortalama akımın en az %10’u” olarak belirtilen miktarda suyun can suyu ya da bir ba ka deyi le çevresel akı olarak mansaba bırakılması bir esasa ba lanmı olmaktadır.

Yönetmelikte önerilen bu yöntem, Yıllık Ortalama Akımın (YOA) belli yüzdeleri ve bu miktardaki suyun ABD’nin Montana eyaletinde bulunan nehir havzalarındaki sucul habitat

üzerindeki etkilerinin zayıftan-güçlüye kadar nitel sınıflamasına dayanan “Montana” ya da di er adıyla “Tennat” yönteminin ülkemize uyarlanmı bir versiyonudur.

4628 Sayılı Kanun sonrasında hidroelektrik santral projelerinin hayata geçirilmesinde atılan hızlı adımlar proje bazında havza ihtiyaçlarına göre çevresel akı nın belirlenmesi için atılamamı tır. Ülkemizde halen bir çok akarsu havzası için ekolojik potansiyelin ihtiyaçlarını belirlemeyi hedefleyen çe itli sektörler bazında alınması gereken önlemler konusunda yapılmı kapsamlı bir “Master Plan” çalı ması olarak kabul edilecek bir çalı ma yoktur. Bu nedenle, HES projeleri hayata geçirilirken mansap kadim su hakları haricinde canlı hayatın devamlılı nı sa lamak amacıyla bırakılacak su miktarının hesaplanması için global yöntemler kullanılmaktadır.

3.2. Yöntemler

Çevresel akı nın belirlenmesi için faydalanılan yöntemler oldukça çe itli olup farklı ülkelerde farklı yöntemler tercih edilmektedir. Bunlar genel olarak; 1) Hidrolojik Metotlar, 2) Hidrolik Oran Metotları, 3) Habitat Simülasyon Metotları ve 4) Holistik Metotlar diye gruplandırılırlar. Hidrolik, habitat ve holistik metotlar daha detaylı bilgiler verirler; ancak daha fazla zamana, veriye, çalı maya ve havza hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarlar. Hidrolojik metotlar ise çevresel akı hakkında tavsiyelerde bulunabilmek amacıyla günlük veya aylık akı verilerini kullanan tekniklerdir. Geli tirilen her yöntem bir havzanın “ihtiyacı”ndan do mu , sonra ister benzer olsun ister olmasın di er ülkeler tarafından kendi havzaları için kullanılmı lardır. Dünyadaki hâlihazırdaki e ilim ise daha çok üzerinde çalı ılan havzayı en iyi tarif eden yöntemin kullanılmasıdır. Havza akımlarının mevsimsel de i imi, ta kınları, kurak dönemleri, kesikli akımlar, beslenme özellikleri, jeolojik ve morfolojik durumu ve payda ihtiyaçları ile ekolojik ihtiyaçları “Hızlı ve Uyarlama Yöntemler” ile zaman alıcı, “Tailor-made- Uzman Paneli Gerektiren Detaylı Yöntemler” arasında yapılacak seçimi etkilemektedir. Her ülke su kullanım düzeyine göre yakla ım seçmektedir.

Çevresel Akı nın belirlenmesi öncesinde hedef havzanın hidrolojik potansiyeli, dü ük akım trendi ile havzadaki su ihtiyaçları, planlar ve ekolojik potansiyelin belirlenmi olmasıdır. Havzanın hidrolojik minimum de erinin havzaya en iyi uyan yöntem ile hesaplanması sonrasında, o de erinin üzerine ihtiyaçların (içme, kirlilik önleme, sulama, ekolojik, endüstriyel, farklı sektörler vb) sırası ile mevsimsel veya aylık bazda ilave edilmesi ile çevresel akı olu turulmaktadır.

Hidroelektrik santraller için günlük akımlardan çizilecek Debi Süreklilik E risindeki Q 95 de eri büyük önem ta ımaktadır. Ülkemizin pik saatlerdeki enerji talebinin kar ılanmasına katkıda bulunacak Firm Enerjinin hesaplanmasında kullanılan debi de eri Q 95' tir. Bu de er planlanan tesisten zamanın % 95'inde geçen debidir. Enerji hesapları ile tesis fayda/maliyet analizi bu debiye dayanır. Bu debi tesisin yapılabilir olmasında büyük rol oynar. Q 95 - Q 99 arasında kalan debiler ise zamanın % 95'i ile % 99'unda nehirde bulunabilecek debileri ifade eder. Bir ba ka deyi le, % 99 ihtimale kar ılık gelen debi her zaman nehirde bulunmaktadır. Havzalardaki dü ük akımların gözlenmesi su ihtiyaçları arasında dengeli da ılım yapmak ve kuraklık tekerrürleri için modeller olu turmak için büyük önem ta ımaktadır. Bunun yanında, su kirlili ine kar ı de arj edilebilecek atık suların de arj miktarları ile nehirler üzerindeki yapılardan mansaba bırakılacak su hesaplarında da kullanılırlar. Ülkemizde ve dünyada su kalite standartlarının sa lanması ve atık su kontrolü için Q 7,10 debisi kullanılmaktadır. Her 10 yılda bir meydana gelmesi tahmin edilen, 7 günlük ortalama debi serileri olu turularak bunun olasılık da ılımı uygun fonksiyonla (genelde Weibull) analiz edilir. Ancak bazı ülkelerde 7 günlük debilerin farklı tekerrürleri de kullanılmaktadır (2,5; 20; 25 yıl vb.).

Literatürde bilinen de i ik dü ük akım yöntemleri 30Q10, 4Q3, 90Q10, 30Q2, 1Q10, 30Q5, harmonic mean flow, 3Q20 gibi non-7Q indisleri, gibi yöntemlerdir (WSC Report No04–2004). Görüldü ü gibi 7Qx indisleri ve non-7Qx indislerinin sayısı bir hayli fazladır. Bu fazlalı ın nedeni ise basittir: su ihtiyaçları havzaların kendi dü ük akım trendleri, ekosistem özellikleri ve ülkelerin kendi mevzuatları bu konuda belirleyici olmaktadır.

Ülkemizin havza yatak ko ulları ve ta kın-kurak dönem alı farklılıkları dikkate alındı ında Islak çevre hesabı yöntemleri havza boyunca uygulanması zor bir yöntem te kil etmekte ve teorik kalmaktadır. Bu yöntem, denizalası gibi uluslararası mevzuatla korunan bazı balık türleri söz konusu oldu unda, kısa ve e imi dik nehirlerde, önerilen projenin memba ve mansabında halen i letilmekte olan tesis olmadı ında kar ıla tırma amacıyla kullanılabilir.

Tamamıyla nehirde ya ayan canlıların özellikleri, korunma statüleri yumurtlama-göç periyotları dikkate alınarak bir de er elde etmeyi amaçlayan Ekolojik yöntemler (ABFvb.)ıslak çevre yöntemine benzemekle beraber havzanın ya ı -akı ili kisi ile kritik periyodu (en dü ük akım) özellikleri üzerinde yo unla ır. Tatlı su türlerine gıda olarak ba ımlı ülkelerde kullanılmakla birlikte zaman alıcıdır. Bu yöntemlerin kullanılabilmesi için özellikle akademik çevrelerin katılımının sa landı ı ve ihtisas kurumları tarafından desteklenen habitat-debi ili kili uzun soluklu bir çalı manın önceden yapılması gereklidir.

3.3. Dü ük Akım Analizi Debi-süreklilik e risi:

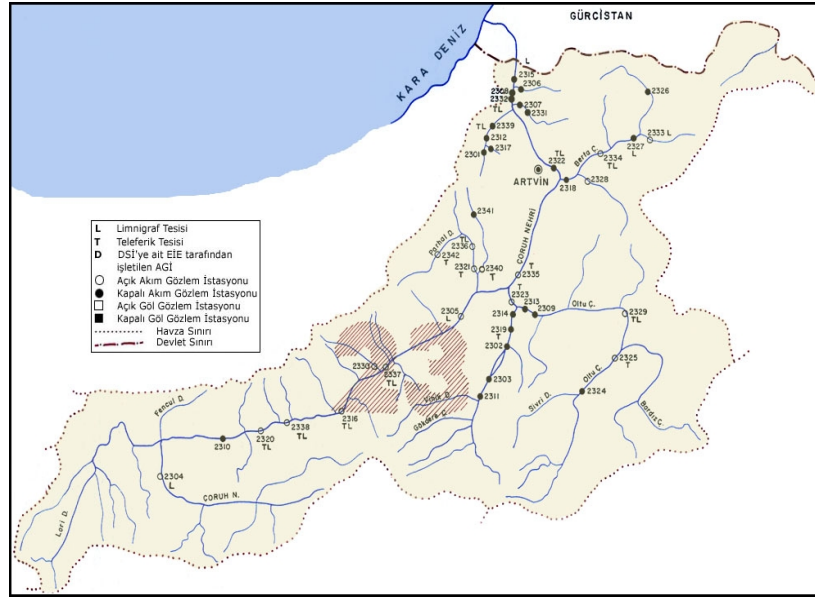
Bu metot ayrıca akım ölçüm istasyonu olan veya olmayan nehirler için bir minimum akı de eri elde etmeye çalı ır. Ayrıca su kaynaklarının geli tirilmesi çalı maları sırasında planlama a masında uygulaması kolay ve uygun bir metottur. Bu çalı mada da çevresel akı de i imlerinin belirlenmesinde; hidrolojik metotlardan olan debi-süre indisleri (a ılma yüzdeleri) kullanılmı tır. Debi-süreklilik e risi en dü ük akımlardan ta kınlara kadar nehrin akı durumunu gösteren en uygun araçlardır. Günlük ortalama akı verilerini kullanarak elde edilen debi-süreklilik e rileri geçekte istenilen bir periyotta belirlenen bir debi de erinin zamanın kaçta kaçında mevcut oldu unu gösteren kümülatif (yı ı malı) frekans da ılımıdır. Smakhtin (2001) Debi-süreklilik e risinin %70-%99 aralı nın dizayn amaçlı dü ük akım aralı ı veya Q70-Q99 aralı ı oldu unu ifade etmi tir. Q95 ve Q90 akımları akademik çalı malarda ve çe itli ülkelerdeki konuyla ilgili kurumlarda en sık kullanılan dü ük akım indisleridir. Q75, Q84, Q96, Q97, Q98 ve Q99 akımlarının da kullanıldı na literatürde rastlanmaktadır (Özdemir vd., 2004). Ülkemizdeki havzalarda çevresel akı hesaplanırken havzayı en iyi tanımlayan dü ük akım de eri en alt akı de eri olarak alınmalı ve ihtiyaçlar bu de erin üzerine in a edilmelidir.

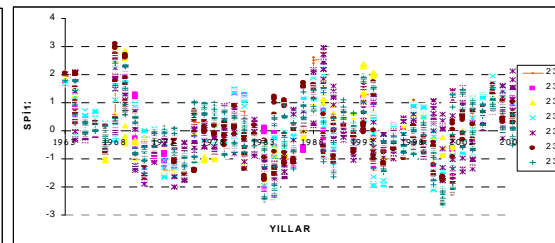
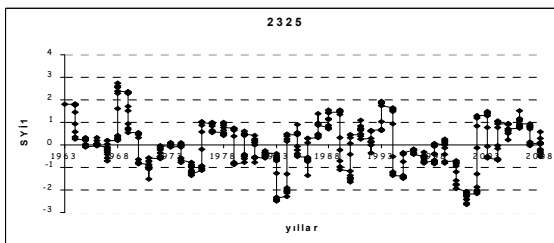
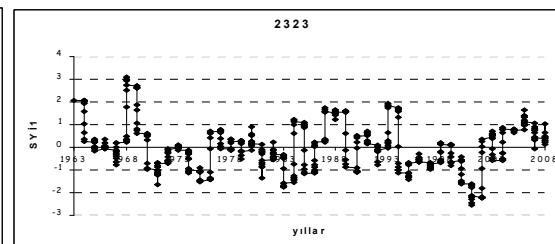
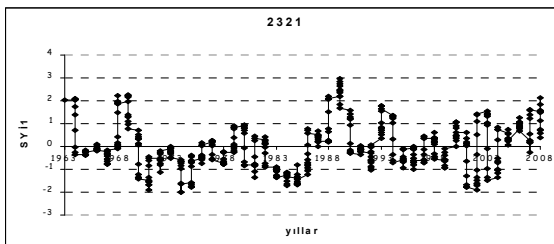
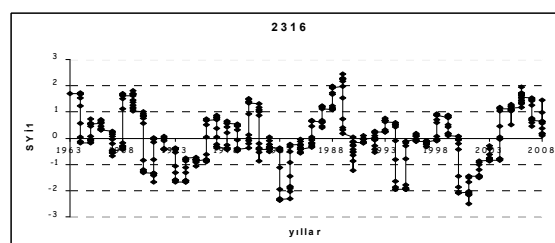
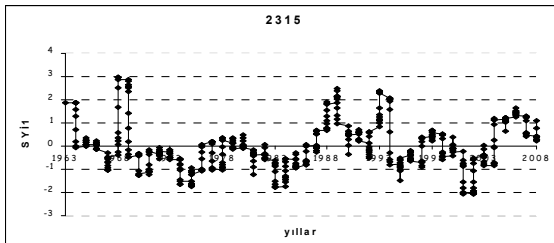
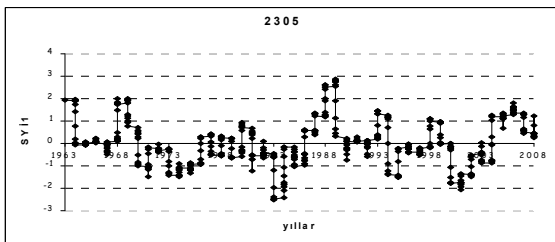
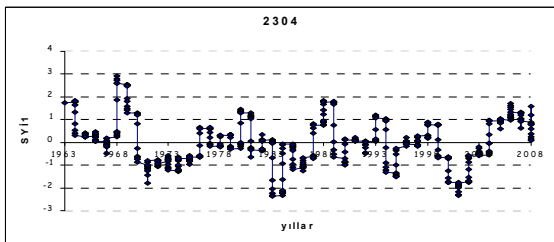
Bu metot ayrıca akım ölçüm istasyonu olan veya olmayan nehirler için bir minimum akı de eri elde etmeye çalı ır. Ayrıca su kaynaklarının geli tirilmesi çalı maları sırasında planlama a masında uygulaması kolay ve uygun bir metottur. Bu çalı mada da çevresel akı de i imlerinin belirlenmesinde; hidrolojik metotlardan olan debi-süre indisleri (a ılma yüzdeleri) kullanılmı tır. Debi-süreklilik e risi en dü ük akımlardan ta kınlara kadar nehrin akı durumunu gösteren en uygun araçlardır. Günlük ortalama akı verilerini kullanarak elde edilen debi-süreklilik e rileri geçekte istenilen bir periyotta belirlenen bir debi de erinin zamanın kaçta kaçında mevcut oldu unu gösteren kümülatif (yı ı malı) frekans da ılımıdır. Smakhtin (2001) Debi-süreklilik e risinin %70-%99 aralı nın dizayn amaçlı dü ük akım aralı ı veya Q70-Q99 aralı ı oldu unu ifade etmi tir. Q95 ve Q90 akımları akademik çalı malarda ve çe itli ülkelerdeki konuyla ilgili kurumlarda en sık kullanılan dü ük akım indisleridir. Q75, Q84, Q96, Q97, Q98 ve Q99 akımlarının da kullanıldı na literatürde rastlanmaktadır (Özdemir vd., 2004).

4. Uygulama Alanı

Bu çalı mada Do u Anadolu Bölgesi için hayati öneme sahip Çoruh nehrine ait havza incelenmi tir. 19872 km² ya ı alanına sahip havzanın yıllık ortalama akım 6,30 km³ ve ortalama yıllık verimi 10,1 lt/sn/km² dir. Çoruh nehri ve kolları üzerinde DS ve E E' ye ait

STASYON NO	STASYON ADI	Gözlem Süresi	SÜRE	Y a ı Alanı (km 2)
2304	Bayburt	1942 - 2007	65	1734
2305	Peterek	1963 - 2008	45	7272
2315	Kar ıköy	1965 - 2002	37	19654,4
2316	spir Köpr.	1965 - 2003	38	5505,2
2321	Dutdere	1972 - 2008	36	586
2323	han Köpr.	1965 - 2008	43	6854
2525	A a ı Kumlu	1974 - 2008	34	1762





SYI Metoduna Göre Kurak Aylar Sayısı

AGİ	normale yakın kuraklık	orta şiddetli kuraklık	şiddetli kuraklık	çok şiddetli kuraklık	toplam
2304	190	42	34	13	279
2305	181	79	18	7	285
2315	258	20	24	6	308
2316	211	36	30	17	294
2321	224	43	33	1	301
2323	169	26	18	12	225
2525	186	35	12	25	258

24		25		26		27		28		29		30	
ESK	KURK	ESK	KURK	ESK	KURK	ESK	KURK	ESK	KURK	ESK	KURK	ESK	KURK
184	171	185	171	185	170	185	170	189	170	185	171	185	171
185	172	185	173	185	171	189	171	187	171	189	174	189	174
186	173	189	174	189	173	187	173	185	172	189	175	187	174
188	174	187	175	181	174	188	174	189	174	187	176	183	174
189	183	183	181	183	175	189	175	183	175	183	181	187	174
190	184	181	183	183	183	183	183	200	181	181	183	183	183
193	185	183	184	189	184	183	184	205	183	183	184	181	183
194	185	187	185	205	189	189	189	205	184	204	185	183	183
198	190	183	184	205	184	205	184	203	185	205	185	205	183
198	184	205	185	207	185	206	185		185	206	189	205	200
205	185	206	200	203	186	207	186		201	203	185		200
206	200	207	201		200	203	200		202		200		200
207	201	203	202		201		201		203		201		
208	202				202		202		204		202		

AGİ'ler	Düşük Akım Değerleri (m ³ /s)					
	Q70	Q75	Q84	Q90	Q95	Q99
2305 (ıslak dönem)	25,1	24,2	21,6	19,8	16,7	4,0
2305 (kurak dönem)	18,7	17,9	15,7	13,6	11,7	4,0
%	25,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0
2315 (ıslak dönem)	95,6	89,0	64,3	51,4	20,0	4,0
2315 (kurak dönem)	73,5	67,4	56,9	48,0	20,0	4,0
%	23,1	24,3	11,5	6,6	0,0	0,0
2316 (ıslak dönem)	14,8	14,0	12,4	10,8	9,0	4,0
2316 (kurak dönem)	11,3	10,7	9,7	8,9	7,5	4,0
%	23,6	23,6	21,8	17,6	16,2	0,0
2321 (ıslak dönem)	5,6	5,2	4,5	4,2	3,9	3,0
2321 (kurak dönem)	4,6	4,0	3,4	3,0	2,5	2,0
%	18,3	21,6	24,9	29,5	34,5	34,8
2323 (ıslak dönem)	18,0	16,9	14,9	13,4	11,0	4,0
2323 (kurak dönem)	13,2	12,5	11,3	9,9	7,3	3,0
%	26,7	26,0	24,2	26,0	33,6	25,0
2325 (ıslak dönem)	3,9	3,7	3,2	2,5	1,7	0,4
2325 (kurak dönem)	2,6	2,4	1,7	0,9	0,3	0,1
%	33,7	36,8	47,0	65,3	82,0	88,7

Tablo 5 ten görüldü ü üzere 2305, 2315 ve 2316 nolu AG lerin orijinal periyotlarında Q99 de erleri “0” olmaktadır. Kurak dönemleri incelendi inde en vahim sonuç 2315 nolu AG için söylenebilir. öyle ki; zamanın % 90 ında a ılması beklenen akı sıfır olmu tur. Yani zamanın % 90’ından sonra dere kurumu tur. kinci en kötü durumda ise 2325 nolu AG vardır. Kurak dönemde zamanla dere artık kurumu tur. Üstelik di er zaman dilimlerinde de kurak dönem için orijinal dönemine göre en büyük azalma oranlarına 2325 nolu AG sahiptir. Ortalama olarak her bir AG için orijinal döneminden kurak dönemine azalma oranları incelendi inde; 2325, 2321, 2323, 2316 ve 2315 için sırasıyla %58,92, %27,3, %27, %20,56 ve %16,375 miktarlarında olmaktadır. Dolayısı ile tüm indisler arasında en büyük ortalama azalma oranına 2325 nolu AG ve daha sonra da 2321 nolu AG sahiptir. Di er taraftan kurak dönemde her bir AG için tüm indislerde dü ük akımların azalma oranları incelendi inde ise en az azalma 2315 nolu AG için olmasına ra men %16,375, Q99 de eri orijinal döneminden kurak döneme %0 oranında azalmı tır.

E E ile TÜ’nün birlikte ortak çalı ması olan “TÜRK YE NEH RLER TA KIN, ORTALAMA VE DÜ ÜK AKIMLARDAK TREND” (Ekim 2002) kitabında da belirtildi i gibi 2305, 2316,2323 istasyonlarında azalan bir trend gözükmektedir. 2315 ise sabit bir trend vardır.

6. Sonuç Ve Öneriler

Hidrolojik kuraklık ve etkilerinin ortaya konulmaya çalı ıldı ı bu yayında; Çoruh havzasını temsil edecek ekilde havzadaki 7 farklı su üzerinde bulunan AG ’ler toplu olarak incelendi inde; do al akıma sahip istasyonlar (2304,2316,2305 ve 2305) 1983, 1984 ve 2000,2001 ve 2002 su yıllarında en yüksek “-2.65” gibi minimum SP de erinin ifade etti i “çok iddetli kuraklık” derecesine kadar ekstrem kuraklıklar tespit edilmi tir. Tüm AG ler; 1963 ve 2008 yılları arasında mevcut toplam 516 ay içinden hidrolojik olarak en az 200 ay kurak döneme sahiptir. Ayrıca 5 AG için elde edilen debi süreklilik e rilerine havza genelinde bakıldı ında AG ’lerin orijinal dönemlerinde çevresel akı ın tüm dereler için zamanın %90’ında sıfır olmadı ı görülürken; kurak dönemlerinde ise çevresel akı ın tüm dereler için ancak zamanın %84 ünde sıfır olmadı ı; yani derelerin kurumadı ı görülmektedir.

Nehirlerdeki habitatların sürdürülebilirli i için gerekli olan akı miktarı olarak tanımlanan çevresel akı , kurak dönemde tüm AG ’ler de %16 den %60 e kadar oranlarda azalmalar

göstermektedir. Sonuçta elde ettiğimiz bulgular, Çoruh havzasının içinde bulunduğu ve yarı kurak iklime sahip olan iç Anadolu bölgesindeki su kaynakları projelerinin hayata geçirilmesinin bölgede meydana gelen hidrolojik kuraklığın iddet ve süre etkilerinin azaltmadığını ortaya koymaktadır.

Nehir havzalarında mansap su hakları haricinde canlı hayatın devamlılığı için bırakılacak su miktarının hesaplanması için tek bir global yöntem kullanılması sakıncalıdır. Canlı hayat için su hesabı yapılmadan önce hem planlayıcılar hem ihtisas kurumları havzayı iyi tanımlamalıdır. Öncelikle nehrin tesis yerindeki uzun dönemli doğal akımları yorumlanmalıdır. Nehir havzasının beslenme durumu, karstik kaynaklar, yeraltı suyu beslemesi, maksimum ve minimum akımlar incelenmelidir. Doğal akımlar ile Debi Süreklilik Erisi çizmeli ve yorumlanmalıdır. Havzanın membaandaki müdahale durumu incelenmelidir. Nehrin uzun dönemli güvenilir akımları gözden geçirilmeli, önerilen projenin membaında ve mansabında işletmede olan veya planlanan depolamalı ve/veya depolamasız tesis olup olmadığı ve bu tesislerin su bırakma/kullanma durumları bilinmelidir. Unutulmamalıdır ki, depolamalı ve pike işletilen bir tesisin mansabında projelendirilen bir tesis membaandan gelen suyu işletecektir. Bu da canlı hayat için bırakılan su miktarını etkileyebilecektir.

Ihtisas kurumları ve akademisyenlerin gerçekleştirebileceği ülke havzaları çapında ve uzun soluklu bir “Sücul Hayat Tespit ve Habitat İhtiyaçları” çalışmasının ivedilikle gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

4628 Sayılı Kanun Kapsamında verilen formata göre fizibilite çalışması yapan firmalardan “Bölüm 4 İklim ve Su Kaynakları” bölümünde incelenen “Proje Taahhüt Durumu”na benzer olarak üzerinde çalışılan suya ait “Dünya Akım Analizi ve Çevresel Akım Analizi” istemek için gerekli düzenlemenin yapılması yararlı olacaktır. İlgili kurumlarca onaylanan yöntemlere dayanan bu analizlerin önceden yapılması projenin ÇED aşamasında değerlendirilmesini kolaylaştıracak ve yatırımcı işletme çalışması özetinde bu akımlara dayanan faydalarını anında görüp gerekli hazırlıkları yapabilecektir.

Çoruh havzasında bu çalışmada 7 AG de tespit edildiği gibi hidrolojik olarak “iddetli kurak” ayların yaşanmasına ve son 516 aylık dönemde 200 den fazla ayın kurak dönem olmasına, bazı sulak alanların ve göllerin yok olma riskiyle karşı karşıya bulunmasına ve yeraltı su seviyesindeki düşüşün sürmesine karşın halen tarımsal sulamadaki kontrolsüzlük

sürmektedir. Sonuç olarak; özellikle kuraklık e ilimi görülen ayların izlenmesi ve su kaynakları planlayıcılarının olası kuraklık için gerekli tedbirleri alması önem arz etmektedir.

7. Kaynaklar

- 1- Anonim (1999) Meteorolojik Karakterli Do al Afetler ve Meteorolojik Önlemler, TMMOB Meteoroloji Müh. Odası, Ankara.
- 2- IPCC (1996), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) WGI, Climate Change 1995: The Science of Climate Change, edited by Houghton et al., Cambridge Univ. Press, New York.
- 3- Keskin, ME., Terzi, Ö., Taylan, E.D. ve Keskin, A.G. (2007) “Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi”, I. Türkiye klim De i ikli i Kongresi – T KDEK, 11 - 13 Nisan, TÜ, stanbul.
- 4- McKee, T. B., Doesken, N. J. ve Kleist, J. (1993) “The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales Reprints”, 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, CA, USA, 179-184.
- 5- Özdemir, A.D., Karaca, Ö., Erku , M.K. (2007) “Akarsularda Ekolojik Dengenin Korunması çin Dü ük Akım Hesabı”, Nehir Havzaları Yönetimi Uluslararası Kongresi, 22-24 Mart, Antalya.
- 6- Paulo, A.A., Ferreira, E., Coelho, C. ve Pereira, L. S. (2005) “Drought class transition analysis through Markov and Loglinear models, an approach to early warning”, Agricultural Water Management, 77: 59–81.
- 7- Sırda , S. ve en, Z. (2003) “Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması”, TÜ Dergisi/d Mühendislik, Cilt:2, Sayı:2, 95-103.
- 8- Szalai, S., Szinell, C. S., and Zoboki, J. (2000) “Drought monitoring in Hungary, in: Early warning systems for drought preparedness and drought management”, World Meteorological Organization, Lisboa, 182-199.
- 9- TEMA Vakfı (2001) Kuraklık Etkilerinin Azaltılmasında Kura a Dayanıklı Bitki Çe it Islahı ve Kurak Ko ullarda Yeti tirme Tekni i Konulu Toplu Tartı ma, Ankara,125s.
- 10- Tsakiris, G. and Vangelis, H. (2004) “Towards a drought watch system based on spatial SPI”, Water Resources Management, 18: 1-1.
- 11- Vicente-Serrano, S.M. and Lopez-Moreno, J.I. (2005) “Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the standardized precipitation index in a mountainous mediterranean basin”, HESSD, 2, 1221-1246.
- 12- WMO (1992) Monitoring, Assesment and Combat of Drought and Desertification, , Ceneva, TD-No.55.

- 13- Yıldız, O. (2007) “Yukarı Kızılırmak Havzası’nda SY Metodu ile Hidrolojik Kuraklık De erlendirmesi”, V. Ulusal Hidroloji Kongresi, Orta Do u Teknik Üniversitesi, Ankara 5-7 Eylül.
- 14- TÜ – E E (Ekim – 2002) “ Türkiye Nehirleri Ta kın, Ortalama ve Dü ük Akımlardaki Trendleri” [Doç.Dr. Kerem CI IZO LU; Prof.Dr. Mehmetçik BEYAZIT; Doç.Dr. Bihret ÖNÖZ; Met Müh. Mehmet YILDIZ; Met. Yük.Müh.Yüksel MALKOÇ]