

UZAKTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK AKIŞ EĞRİ NUMARALARINDAN EŞEN ÇAYI HAVZASI İÇİN TAŞKINLARIN BELİRLENMESİ

E. Eraydin^b, H.G. Coşkun^a, N. Ağırlioğlu^b

^a İTÜ İnşaat Fakültesi, Geomatik Müh. Bölümü 80626 Maslak İstanbul, Turkey - gonca@itu.edu.tr

^b İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü 80626 Maslak İstanbul, Turkey - ederayd@gmail.com, necati@itu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELE: Uzaktan Algılama, Akış Eğri Numarası, ArcGIS, Eşen Çayı Havzası, Akış Debisi, Havza Modelleme.

ÖZET:

Türkiye'nin güneybatısında yer alan Muğla İli sınırları içerisinde kalan Eşen Havzası'nın taşkın modelleme çalışmalarında, Uzaktan Algılama(UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojisi ile havzaya ait morfolojik özellikler belirlenmeye çalışılmış ve havza karakteristik özelliklerine göre çeşitli haritalar oluşturulmuştur. Havzaya ait Landsat TM uydu görüntüleri ile kontrollü sınıflandırma yoluna gidilerek arazi kullanım sınıfları alansal olarak hesaplanmıştır. Son yıllarda, Taşkın Planlama Çalışmalarında, Akarsu Havza Parametrelerinin UA ve CBS ile belirlenmesi, klasik yöntemlere göre hızlı-doğru ve ekonomik çözümler üretmektedir. Bu çalışmada Eşen Çayı Havzası için arazi kullanımının ve akış eğri numaralarının belirlenmesi, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nin oluşturulması amacı ile ASTER GDEM ve Landsat 5 TM uydu verisi kullanılmıştır. SYM kullanılarak havzanın akış yönü ve yüzey akış haritaları oluşturulmuştur. Sonraki aşamada SYM, CBS yazılımında analiz edilerek havzanın sentetik drenaj ağı oluşturulmuştur. Bu drenaj ağı üzerinde, mevcut akım istasyon noktalarında ve kolların kesişim noktaları üzerinde belirlenen istasyon noktaları belirlenmiştir. Bu noktaları besleyen alt havzalar CBS ortamında belirlenmiştir. Bir alt havza seçilerek, tüm ve alt havzaya ait topografik parametreler belirlenmiştir. Havzada ve komşu havzalardaki meteoroloji istasyonlarının yağış verileri Akış Eğri Numarası yöntemi ile değerlendirilerek göz önüne alınan 5 günlük yağış verileri ile havza toprak nemi durumlarına göre sırasıyla doymuş (CNI), orta doymuş (CNII) ve kuru zeminlere (CNIII) göre akış debisi değerleri ayrı ayrı hesaplanmış ve toprak nemi durumuyla akış debisi değeri arasındaki ilişki ortaya koyulmuştur. Eşen Çayı Havzası ve seçilen alt havzada yapılan yağış-akış hesaplamaları sonucunda elde edilen pik debi değerleri ile akım istasyon ölçümlerinden alınan değerler birbirleriyle kıyaslanarak taşkın analizleri yapılmıştır.

KEY WORDS: Remote Sensing, ArcGIS, Eşen River Basin, Basin Modelling

ABSTRACT:

In this study NRCS (Natural Resources Conservation Service) Curve Number Method using with GIS (Geographic Information System) and RS (Remote Sensing) technologies for Eşen River Basin is placed South of Turkey between Antalya and Muğla cities. The CN (Curve Number) in NRCS (Natural Resources Conservation Service) Method is essential to estimate the peak discharge and it is accomplished with using the soil type, land use and Antecedent Moisture Condition (AMC). Determining this physical area characteristics is possible using GIS and Remote Sensing (RS) technologies. RS and GIS are efficient tools in rainfall and runoff analysis. Land use data can be created by RS software. The classification of the MS Landsat satellite image of the study area has done. The average value of curve number for all sub-basins were calculated by assigning weights with area of land use classes. Remote sensing technology can provide conventional methods in rainfall-runoff studies. The other characteristics like the area, slope, aspect, flow length data and calculating the drainage network is possible to estimate with using ArcGIS software from Digital Elevation Model (DEM). Evaluation of the results for this study distinct all of these watershed characteristics, the AMC is calculated from 5 day prior rainfall. This parameter effects the flood peak seriously if the soil is under "low" (AMCI), "average" (AMCII) and "high" (AMCIII) condition. These 3 of antecedent moisture condition may affect flood peak variability. In addition all of peak flood results estimating from rainfall-runoff model is analysed and compared with the results from gauging stations in Eşen River Basin.

1. GİRİŞ

Akarsular; içme suyu ve tarım alanlarının sulanmasında kullanılan, endüstri, su ihtiyacını karşılayan bir kaynak olmasının yanı sıra zaman zaman taşkınlara sebep olup çevrelerindeki yerleşim birimlerine, tarımsal arazi ve sera alanlarına oldukça büyük zararlar verebilmektedir. Taşkına sebep olan birçok etken sayılabilirken en etkili faktörlerin başında; hızla artan kentselleşme ve buna bağlı olarak değişen akarsu yatakları, iklimsel değişimlere bağlı olarak gerçekleşen aşırı yağışlar ve iklim koşullarındaki değişiklikler gelmektedir. Son yıllarda *havza hidrolojik modellemeleri* ve *su kaynakları çalışmaları* kapsamındaki bilimsel projelerde, taşkın alanlarının belirlenmesi ve taşkın risk analizleri çalışmalarında Uzaktan

Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) artan bir ivmeyle kullanılmaktadır.

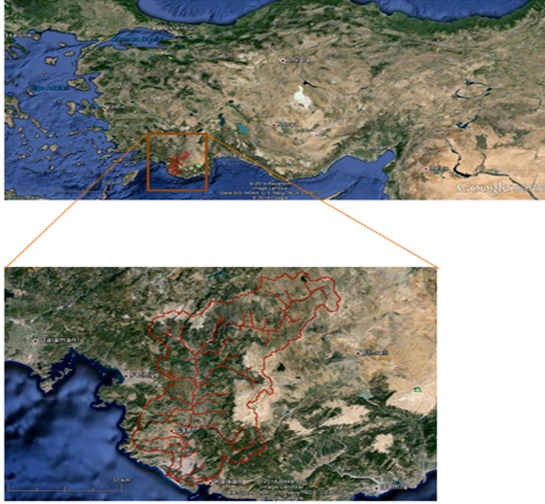
UA teknolojileri, yersel ölçümlere, eski topoğrafik sistem ve yöntemlere göre çok daha hızlı, doğru ve ekonomik sonuçlar sunmakla birlikte daha kapsamlı ve karmaşık modelleme çalışmalarında net sonuçlar elde etmemizi sağlamaktadırlar.

NRCS (Natural Resources Conservation Service) tarafından geliştirilmiş olan Akış Eğri Numarası metodu ile taşkın pik değeri hesaplanırken gerekli olan havza fiziksel parametrelerini elde etmek için UA ve CBS teknolojisi tabanlı yazılımlarla oluşturulan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile arazinin maksimum ve minimum yüksekliği, eğimi, akarsu ana kol uzunluğu, havza drenaj ağı sistemi, havza ve alt havzaların alan

değerleri ve sınırları, arazi kullanım sınıfları ortalama, yağış değerleri gibi parametrelerin yanında akış yönü ve su birikim haritaları elde edilebilmektedir.

1.1 Çalışma Alanı

Yaklaşık 120 km uzunluğa sahip olan Eşen Çayı Muğla-Antalya il sınırında Antalya ili sınırı içinde başlayıp Muğla ili sınırı içinde denize dökülmektedir. Eşen Çayı Havzasının toplam yağış alanı yaklaşık 2614 km² dir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu

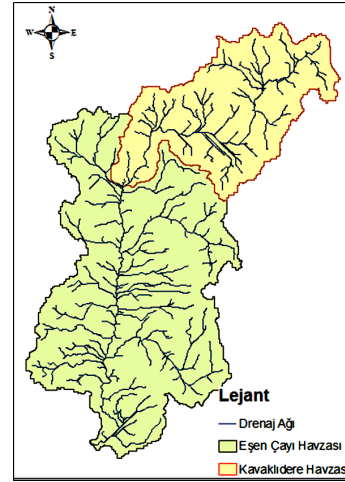
Eşen Çayı etrafında ve yakın bölgesinde yaşayan nüfusun geçim kaynağı tarımdır. Özellikle çay yakınına konumlanmış yerleşim bölgelerinin ana geçim kaynağı seracılık olmakla birlikte daha yüksek kesimlerde çeşitli tarım ve elma yetiştiriciliği yapılmaktadır. Eşen Çayı Havzası'na düşen yağışların büyük miktarı sonbahar ve kış aylarında düşmektedir. Havza genel olarak Kasım, Aralık ve Ocak aylarında en fazla yağışları almaktadır.

Bu çalışma kapsamında Eşen Çayı Havzası'nda yapılan çalışmalara ek olarak havzanın bir alt havzası olan Kavaklıdere Havzası'nda da çalışmalar yapılmış ve sonuçların havza alanlarının büyüklüğüne göre gösterdiği farklılıklar yorumlanmaya çalışılmıştır. Kavaklıdere Havzası konum olarak Eşen Çayı Havzası'nın en kuzeyinde bulunmaktadır ve en yüksek rakıma sahip alt havzasıdır. Çalışma alanı olarak bu alt havzanın seçilme sebebi su toplama noktasının sadece bu alt havzaya ait akarsu kollarından beslenmesidir. Bu bakımdan havza konum itibarıyla çalışma kolaylığı ve doğruluğu sağlamaktadır. Havza sınırları içinde yükseklik 2500 metrelere kadar ulaşabilmektedir, 546 km² yağış alanına sahiptir ve en çok yağışı Kasım, Aralık aylarında almaktadır. Bitki örtüsü bakımından fakir olmakla birlikte yer yer çayırılık alanlar konumlanmıştır (Şekil 2).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

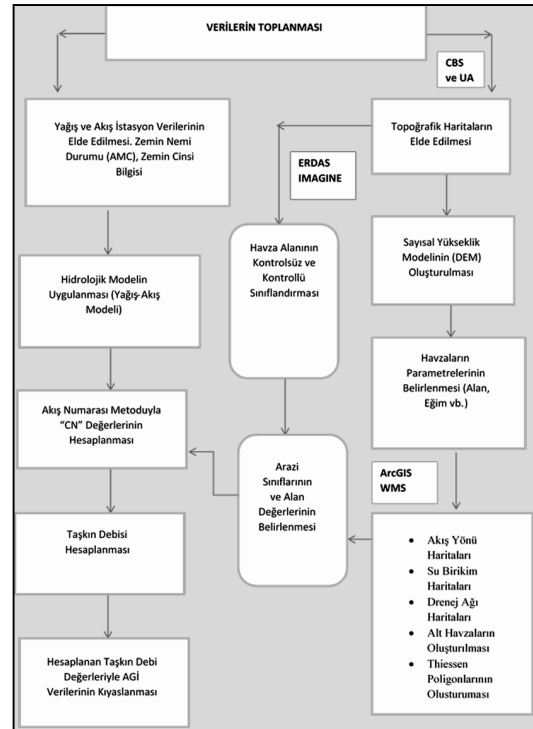
Bu çalışmada kullanılan havzaya ait uydu görüntüleri 30 m çözünürlüklü Landsat 5 TM görüntüsüdür. Üç boyutlu veri ise 90 m çözünürlüklü USGS SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) veri tabanından edinilmiştir. Havzaya ait çeşitli parametreler, hidrolojik modeller için geliştirilmiş CBS tabanlı yazılımlar ve uydu verileri ile gerçekleştirilmiştir. CBS tabanlı yazılımlardan olan ArcHydro ve ArcSwat programları

ile havzaya ait drenaj ağ sistemi, akış yönü, su toplama, havza ve alt havza sınır haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 2. Kavaklıdere Alt Havzasının konumu

Bir başka CBS tabanlı yazılım olan Watershed Management System (WMS) programı ile SYM verisinden havza alanı, eğimi ve akarsu ana kol uzunluğu, maksimum, minimum kot değerleri gibi parametreler hesaplanmıştır. Taşkın debisi değeri hesaplamak için gereken alan kullanım sınıfları bilgisine ise havzaya ait uydu görüntüsü Erdas Image 2013 yazılımı ile kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma yapılarak elde edilmiştir. UA ve CBS teknolojileri yardımı ile elde edilen veriler yağış yüksekliği, akım debisi, zemin cinsi ve zemin nemi durumu gibi havzaya ait değerlerle birlikte NRCS tarafından geliştirilmiş bir hidrolojik model olan *akış eğri numarası metodu* uygulanarak Eşen Çayı Havzası ve alt havzası olan Kavaklıdere Havzası'na ait yıllık maksimum taşkın debi değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 3. Çalışmanın akış diyagram şeması

Yağış verileri çoğunlukla DSİ (Devlet Su İşleri) ve DMI (Günümüzde MGM; Meteoroloji Genel Müdürlüğü) ölçümlerinden, akış verileri ise DSİ ve EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi) ölçümlerinden alınmıştır. Projeye ait akış diyagram şeması Şekil 3. ile verilmiştir.

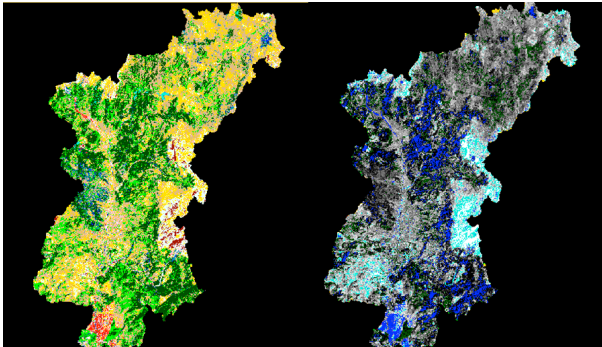
3. UYGULAMA

3.1 Uydu Verilerinin Sınıflandırılması

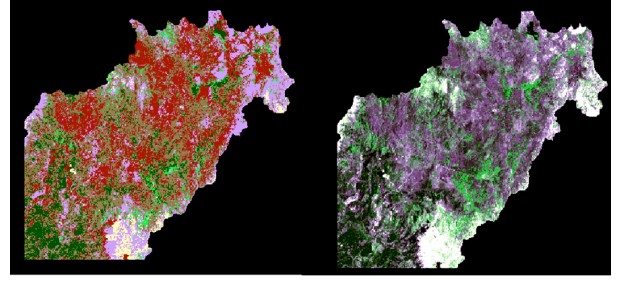
Uydu görüntüleri orjinal halleriyle sistematik veya sistematik olmayan bozulmaları içerdiğinden harita amaçlı kullanılamazlar. Bu nedenle uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Bu proje kapsamında kullanılan görüntü Landsat 5 TM uydusu aracılığı ile elde edilen Ocak 2009 yılına ait 30 m mekansal çözünürlüklü görüntüdür. Landsat 5 TM amacı ziraat, orman, jeoloji, su kaynakları ve haritacılık gibi yer kaynaklarının araştırılması olan bir uydudur. 8 bitlik radyometrik çözünürlüğe sahip bu görüntü iki boyutlu UTM (Universal Transverse Mercator) harita projeksiyon sisteminin uygun olarak konum itibarıyla 35 inci Kuzey Zone sınırları içinde kalan ve WGS84 datum sistemine geometrik düzeltme gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra havzaya ait uydu verilerine görüntü zenginleştirme işlemleri uygulanmıştır bu işlemler görüntüyü bir çeşit ön hazırlama işlemleridir ve veri işleme aşamasına geçmeden önce veriyi daha duyarlı, net hale getirmek üzere yapılan çalışmalardır.

Bu proje kapsamında 4/3/2 multispektral kanallarla kontrollü, maksimum likelihood yöntemi ile sınıflandırma yapılmıştır (Coşkun,2010). Oluşan sınıfların özellikleri bölgeye ait fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve daha önce elde edilmiş, var olan bilgilerle karşılaştırılarak sınıflar belirlenmiştir. Kontrolsüz sınıflandırma işleminden sonra gerçekleştirilen kontrollü sınıflandırma işleminde çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnek bölgeler kullanılarak sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulur. Bu dosyaların görüntü verilerine uygulanması ile her bir görüntü elemanı (piksel) hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmalıdır. Eşen Çayı Havzası'na ait uydu verilerine uygulanan kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma işlemleri sonuçları Şekil 4'te, Kavaklıdere alt havzasına ait sınıflandırılmış görüntüler Şekil 5, ile sınıflandırma sonucunda elde edilen arazi kullanım sınıfları ise Tablo 1 ve Tablo 2 ile verilmiştir.



Şekil 4 : Eşen Çayı Havzasına ait kontrollü (I) ve kontrolsüz (II) sınıflandırılmış görüntüler



Şekil 5: Kavaklıdere alt havzasına ait kontrollü (I) ve kontrolsüz (II) sınıflandırılmış görüntüler

Arazi Sınıfları	Alan (km ²)
Tarım Alanı	82.02
Dağlık	30.237
Orman	54.68
Yol	30.237
Toprak Alan	355.42

Tablo 1: Kavaklıdere alt havzası arazi kullanım sınıfları

Arazi SINIFLARI	ALAN (km ²)
Sera	28.56
Tarım Alanı	89.61
Dağlık	136.70
Mera	700.14
Toprak Alan	499.43
Yol	635.816
Orman	453.469
Nehir	6.73
Göl	4.20
Bataklık	45.90
Diğer	13.31
TOPLAM	2613.51 km²

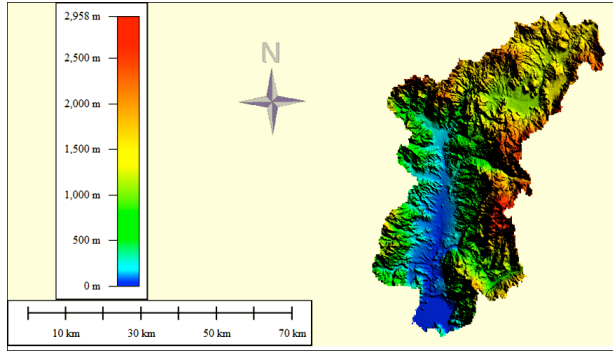
Tablo 2: Eşen Çayı Havzası arazi kullanım sınıfları

3.2 Uydu Verilerinden Havzaya ait Fiziksel Parametrelerin Belirlenmesi

Bölgenin topoğrafik olarak incelenmesi, havza karakteristiklerini belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların hepsi havza modellemesi için yapılan hidrolojik çalışmaların bir gereğidir. Sayısal yükseklik haritası oluşturulmadan önce gereken sayısal topoğrafik harita internetten USGS veri tabanından SRTM verisi olarak indirilip Global Mapper yazılımına aktararak önce geometrik düzeltme işlemi yapılmış WGS84 ve geometrik projeksiyon olarak da UTM sisteminde bölgenin ait olduğu 35'inci Kuzey Zona uygun olarak koordinatlandırılmıştır. Global Mapper 15 yazılımıyla daha sonra sayısal topoğrafik harita formatından sayısal yükseklik modeli olan DEM formatına dönüştürülmüştür (Şekil 6).

Havza ve alt havza sınırlarının oluşturulması bir sonraki adımda belirlenecek havza parametrelerinin hesaplanması açısından da önemlidir. Büyük havzalar tek bir ortak noktadan boşaltım yapan küçük havzaların birleşiminden oluşmaktadır.

Havza çıkış noktası havzanın dizaynı, modellendirilmesi açısından önemlidir. Büyük bir havzayı küçük alt havzalarına ayırmak planlama açısından çeşitli kolaylıklar sağlar (Şekil 7).



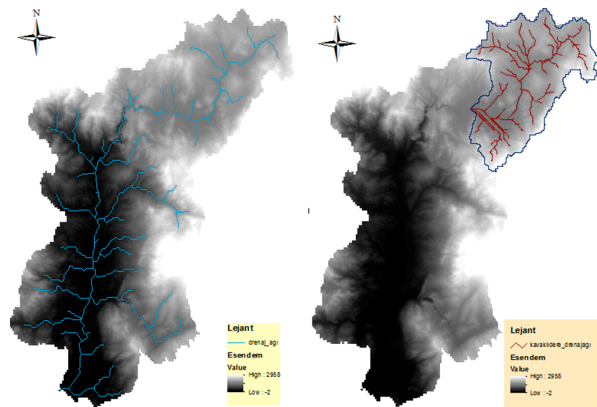
Şekil 6: Sayısal yükseklik verisi (DEM, 2009)

Havzanın fiziksel parametreleri olarak nitelediğimiz özelliklerin başlıcaları; havza eğimi, havza ya da nehir anakol uzunluğu, havza alanı, havzanın drenaj sistemi gibi özelliklerdir. Belli bir çıkış noktasına göre havza sınırları belirlendikten sonra havza uzunluğu havza sınırı ayırım noktasından çıkış noktasına kadar olan uzunluk olarak hesaplanır. Drenaj alan bilgisi daha çok yağıştan kaynaklanan su potansiyelini hesaplamak için kullanılırken havza uzunluğu bilgisi akışa geçen suların havzada çıkış noktasına ulaşmaya kadar geçen süreyi hesaplamada kullanılır. Bu varsayımına göre akışa geçen su miktarı yağış yüksekliği ve havza alanıyla doğrudan bağlantılıdır. Eşen Çayı Havzası ve alt havzasına ait fiziksel parametreler Tablo 3 ile verilmiştir.

Havza Adı	Alan (km ²)	Uzunluk (km)	Mak. Kot (m)	Min.Kot (m)	Ortalama Yükseklik (m)	Eğim (m/m)
Eşen	2560.0	95.62	1478	9.00	1037.51	0.0123
Kavaklıdere	540.95	31.397	1478	1115	1527.91	0.0092

Tablo 3: Havzalara ait fiziksel parametreler

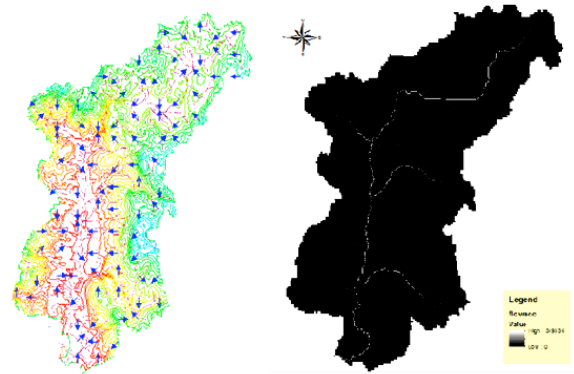
Drenaj ağı, akışa katılan yapay veya doğal; kalıcı ya da geçici bütün akarsu kollarını kapsar. Akışa geçen su miktarı havzanın alanı ve yağış yüksekliğiyle doğrudan bağlantılıdır. Drenaj ağı sistemi vektörel bir sistem olup akış yönü haritaları gözönüne alınarak oluşturulur (Güler, 2008). Bu projede taşkın hesaplarının genel havzanın bütünü yanında bir alt havzada da yapılmasına karar verilmiş ve seçilecek alt havzanın özelliklerini tanıyabilmek, yağış ölçüm ve akım gözlem istasyonlarının drenaj ağı üzerindeki konumlarını belirleyebilmek açısından drenaj ağı haritasına ihtiyacımız vardır. Eşen Çayı ve Kavaklıdere alt havzasına ait drenaj ağı haritaları ArcGIS programı içindeki ArcHydro modülü ile hazırlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7: Eşen Çayı ve Kavaklıdere Havzalarına ait drenaj ağı haritaları

Havzaya ait akış yönü haritası sayısal yükseklik modeli ile ArcGIS ve WMS yazılımlarından elde edilmiştir. Drenaj ağının belirlenmesinde önemli bir adım olan akış yönü haritalarının elde edilmesi hangi kolların hangi alt havzayı beslediğine dair bir fikir edinmemizde yardımcı olabilir. Bu sayede istasyonların sahip oldukları konum bilgileri aracılığıyla etkilendikleri ve ölçümünden sorumlu oldukları akış ve yağışın hangi nehir kolu kaynaklı olduğunu bilebiliriz. Bu bilgiyle taşkın hesaplamaları bir alt havza için yapıldığında önemli bir girdi olan yağış yüksekliği verisini daha doğru bir şekilde yorumlayabiliriz (Şekil 8).

Söz konusu havzaya ait akış yönü ve su birikim haritalarının yanı sıra eğim ve baki haritaları da oluşturulmuştur. Baki haritası 4 ana yönden ara yön ve düz alanlarla birlikte 9 ara yönden oluşturulmuştur. Havzanın genel olarak yön durumuna bakıldığında Eşen Çayı'nın havzayı ortadan ikiye böldüğünü varsaydığımızda nehirin doğusunda batıya bakan, batısında kalan kısmında ise güneye bakan yamaçlar yoğunluktadır.



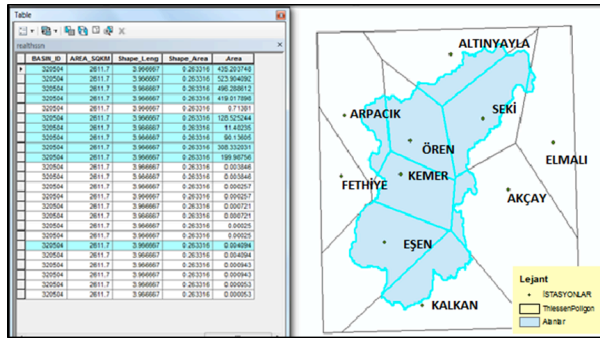
Şekil 8: Havzaya ait akış yönü ve su birikim haritaları

3.3 Thiessen Poligonu Yöntemiyle Havzaya ait Ortalama Yağış Yükseklik Değerinin Belirlenmesi

Taşkın hesaplamalarında kullanılan yağış-akış modellerinde önemli bir faktör olan yağış verilerini ülkemizde ölçümü DSİ ve DMİ tarafından yapılan istasyonlar aracılığıyla elde edilir. Bu yağış verileri 24 saatlik (günlük), aylık, yıllık maksimum ve toplam olarak kaydedilmektedir. Eşen Havzasıyla ilgili yapılan taşkın hesaplamalarında yıllık maksimum yağışlardan faydalanıldı.

Yağış İstasyonları	Poligon Alanları (km ²)	Yağış Yükseklik Değerleri (mm)	Ai/At	Pi*(Ai/At)
ÖREN	477.28	87.20	0.18	15.92
SEKİ	523.90	48.00	0.20	9.62
EŞEN	496.29	103.10	0.19	19.58
KEMER	451.07	140.00	0.17	24.16
FETHİYE	1.66	65.00	0.00	0.04
ARPACIK	53.46	102.40	0.02	2.10
ELMALI	11.40	64.00	0.00	0.28
AKÇAY	90.14	90.30	0.03	3.12
KALKAN	308.33	65.30	0.12	7.71
ALTINYAYLA	199.98	25.00	0.08	1.91
TOPLAM	2613.51	-	1.00	84.45

Tablo 4: 1971 Yılı istasyonlara ait yıllık maksimum yağış değerinin ortalamasının bulunması



Yıl	Ptoplam (mm)	Zemin Durumu	CNH
1972	8,70	KURU	75
1971	6,10	KURU	75
1970	0,00	KURU	75
1969	22,20	KURU	75
1968	16,50	KURU	75
1967	1,50	KURU	75
1966	87,00	DOYGUN	98

Arazi Sınıfları	CN
Sera	85
Tarım Alanı	79
Toprak Alan	91
Mera	75
Dağlık	71
Yol	90
Orman	77

Arazi Sınıfları	CNH
Sera	85
Tarım Alanı	79
Toprak Alan	91
Mera	75
Dağlık	71
Yol	90
Orman	77

Yıl	Ptoplam (mm)	Zemin Durumu	CN
1971	38.4	DOYGUN	92
1970	10.8	KURU	92
1969	58.3	DOYGUN	92
1968	72	DOYGUN	92
1967	61.8	DOYGUN	92
1966	89.9	DOYGUN	92

3.5 Eşen Çayı ve Kavaklıdere alt havzalarına ait yıllık maksimum taşkın değeri hesabı

Havzanın ortalama yağış değerleri hesaplandıktan sonra belirlenen akış eğri numaralarıyla (CN) taşkın debisi hesaplamaları yapılır. Bu hesaplamalar havza genelini kapsayacağından havzanın; yağış alanı, eğimi, toplanma süresi parametreleri alt havza parametrelerine göre değişiklik gösterecektir. Potansiyel tutmayla (S) akış eğri numarası arasında $P > I_a$ koşulu için, doğrudan bir bağlantı söz konusudur:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4 \quad (1)$$

Taşkın hesaplarında yağış-akış modellerinden yararlanılarak yağış yüksekliğine bağlı olarak maksimum debi değerine ulaşmak mümkündür. Bu modellerden biri olan NRCS eğri numarası metodunda toplanma zamanına bağlı olarak havza karakteristiklerini de etken olarak alan amprik bir formülle pik debi değeri bulunur. Maksimum debi değeri hesaplanmadan önce havzanın su tutma miktarına (S) bağlı olarak bir akış yüksekliği hesabı yapılmalıdır:

$$Q = \frac{P - 0.2S}{P + 0.8S} \quad (2)$$

Eşen Havzası üzerinde meydana gelebilecek taşkınların anlaşılması bakımından maksimum debi değerinin hesaplanması gerekmektedir. Maksimum debi; havza alanı, akış yüksekliği ve toplanma zamanına bağlı olarak verilen amprik bağıntıyla hesaplanabilir:

$$Q_p = \frac{2QA10^3}{t_c 3600} \quad (3)$$

Q_p = akış debisi ($m^3/saat$)

Q = akış yüksekliği (mm)

A = havza alanı (m^2)

t_c = havza geçiş süresi (saat) olarak belirtilmiştir.

Akış eğri numarası metoduna ait verilen amprik bağıntılarla yapılan hesaplamalar sonucunda Q_p ; akış debisi değerine ulaşılır. Eşen Çayı ve alt havzası Kavaklıdere için 100 yıllık yağış verilerine göre yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 11 ve 12'de görüldüğü gibidir.

P_{100} (mm)	P_{yerel} (mm)	S (cm)	Q (mm)	t_b (saat)	Q_p ($m^3/saat$)	Q_0 ($m^3/saat$)
107.04	97.40	8.47	39.2	43.05	276.61	192.89

Tablo 11. Kavaklıdere Havzası için yılda günlük maksimum 100 yıllık yağış verisi ile hesaplanan değerler

Eğim	Toplanma Süresi (saat)			Pik Debi
S (m/m)	t_c	t_p	t_b	Q_p ($m^3/saat$)
0.0123	14.25	20.55	54.87	1130.57

Tablo 12. Kavaklıdere Havzası için 1971 yılına ait yağış verileri ile hesaplanan değerler

Kavaklıdere alt havzası için bütün zemin nemi koşullarında yıllara bağlı olarak hesaplamalar yapıp Tablo 13 ile verilmiştir. Eşen Çayı Havzası için ise yine 1967-1972 yılları arası bütün koşullar içi hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar Tablo 14'de verilmiştir. (Q_p = Hesaplanan taşkın debi değeri, Q_0 = Ölçülen taşkın debi değeri)

DOYGUN ZEMİN					
YIL	Q_p (m^3/s)	Q_0 (m^3/s)	FARK	%Fark/ Q_0	%Fark/ Q_p
1972	23.52	8.75	-14.77	168.77	62.79
1971	62.28	48.00	-14.29	29.76	22.93
1970	39.98	67.70	27.72	40.95	69.36
1969	112.16	50.60	-61.56	121.66	54.89
1968	116.25	128.00	11.75	9.18	10.11
1967	57.76	36.20	-21.56	59.56	37.33
1966	81.13	74.50	-6.63	8.90	8.17
ORTA DOYGUN ZEMİN					
1972	91.18	8.75	-82.43	942.04	90.40
1971	163.23	48.00	-115.23	240.06	70.59
1970	123.88	67.70	-56.18	82.98	45.35
1969	241.30	50.60	-190.70	376.87	79.03
1968	247.32	128.00	-119.33	93.22	48.25
1967	155.56	36.20	-119.36	329.74	76.73
1966	193.92	74.50	-119.42	160.30	61.58
KURU ZEMİN					
1972	211.21	8.75	-202.46	2313.85	95.86
1971	305.67	48.00	-257.67	536.81	84.30
1970	255.49	67.70	-187.80	277.39	73.50
1969	399.36	50.60	-348.76	689.26	87.33
1968	406.38	128.00	-278.38	217.48	68.50
1967	296.10	36.20	-259.90	717.95	87.77
1966	343.23	74.50	-268.73	360.72	78.29

Tablo 13. Kavaklıdere Havzası bütün zemin nemi durumlarına göre taşkın 1966-1972 yılları debi değerleri.

DOYGUN ZEMİN					
YIL	Q _p (m ³ /s)	Q _ö (m ³ /s)	FARK	%Fark/ Q _ö	%Fark/Q _p
1967	340.3952	370.00	-29.60	-8.00	-8.70
1968	219.2179	580.00	-360.78	-62.20	-164.58
1969	292.2646	500.00	-207.74	-41.55	-71.08
1970	308.0574	750.00	-441.94	-58.93	-143.46
1971	235.2863	210.00	25.29	12.04	10.75
1972	160.232	110.00	50.23	45.67	31.35
ORTA DOYGUN ZEMİN					
1967	176.6136	370.00	-193.39	-52.27	-109.50
1968	85.04763	580.00	-494.95	-85.34	-581.97
1969	138.582	500.00	-361.42	-72.28	-260.80
1970	150.8601	750.00	-599.14	-79.89	-397.15
1971	96.29124	210.00	-113.71	-54.15	-118.09
1972	47.24448	110.00	-62.76	-57.05	-132.83
KURU ZEMİN					
1967	77.83731	370.00	-292.16	-78.96	-375.35
1968	24.51802	580.00	-555.48	-95.77	-2265.61
1969	54.09571	500.00	-445.90	-89.18	-824.29
1970	61.55612	750.00	-688.44	-91.79	-1118.40
1971	30.25668	210.00	-179.74	-85.59	-594.06
1972	7.955275	110.00	-292.16	-78.96	-375.35

Tablo 14. Eşen Çayı Havzası 1967-1972 yılları arası bütün zemin nemi durumlarına göre taşkın debi değerleri

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Eşen Havzası'nın taşkın debisi değerini hesaplanırken kullanılan yöntem olan akış eğri numarası belirleme yöntemi, arazi sınıfları ve zemin özelliklerini esas alan bir yöntemdir. Bu yöntemle bulunan pik debi değerlerini havzanın çıkış noktası olarak kabul edilen Yapılar akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait; ölçümleri DSİ ve EİE tarafından gerçekleştirilen akım değerleriyle, karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonuçta zeminin doygunluk derecesine göre ölçülen ve hesaplanan değerlerin birbirine göre farkları arasında bir ilişkinin var olduğu görülmüştür.

Eşen Çayı ve Kavaklıdere havzalarında akış eğri numarası metoduna göre yapılan taşkın pik debisi hesaplamaları sonucunda zemin nemi durumu ve taşkın debisi arasında

doğrudan bir ilişki olduğu bilinmektedir. UA ve CBS teknolojileri ile yapılan havza parametrelerini belirleme çalışmaları akış eğri numarası metodunun temelini oluşturan akış eğri numarasını (CN) saptamak için önem taşımaktadır. Akış eğri numaralarının zemin nemi durumuna göre değişkenlik göstermesi doygun, orta doygun ve kuru zeminlere göre yapılan hesaplamaların sonucunu etkilemektedir. 1967-1980 yılları arası yıllık ve günlük maksimum yağış verilerinden hesaplanan taşkın pik debi değerleri Eşen Çayı Havzası'nın çıkış noktası olarak kabul edilen Yapılar AGİ'ne ait ölçüm verileri ile karşılaştırıldığında tutarlı sonuçlara zemin nemi durumu "orta doygun" (CNII) olarak kabul edildiğinde ulaşılmıştır (Tablo 13).

Akış eğri numarasının UA ve CBS yardımıyla saptanan değerinin Aydın DSİ 21. Bölge Müdürlüğü tarafından 1997 yılında gerçekleştirilmiş Eşen Havzasının bir alt havzası olan Seki alt havzası için hazırlanan "Yukarı Eşen Projesi Seki Barajı ve Seki Ovası Sulaması Planlama Raporu"nda havzaya ait eğri numarası orta doygun zemin koşulu için CNII = 81 ve doygun zemin nemi koşulları için CNIII = 91.5 olarak hesaplandığı dolayısıyla bu projede hesaplanan eğri numarası değerleriyle tutarlılık gösterdiği belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ölçülen ve zemin nemi durumuna göre hesaplanan taşkın pik debi değerlerinin yıllara bağlı olarak gözlemlenen bazı tutarsızlıkların yağış ölçüm istasyonlarından elde edilen yıllık ve günlük maksimum yağış verilerinin su takvimlerinin örtüşmemesinden kaynaklandığı sonucuna varılabilir. Bunun yanında zemin nemi durumu ile ilgili yapılacak "orta doygun" koşulu kabulü sonuçları birbirleriyle tutarlı hale getirmektedir. Zemin nemi parametresinden sonra havza alanı değeri değişken olarak kabul edildiğinde ve özellikle Eşen Çayı havzasının bir alt havzası olan Kavaklıdere havzasında yapılan çalışmalar göz önüne alındığında akış eğri numarası ile CBS ve UA teknolojileri entegrasyonunun küçük alanlı havzalarda daha doğru sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir

KAYNAKLAR

- Algancı, U., 2008. Akarsu Havzalarında Hidroelektrik Potansiyel Parametrelerinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri, İstanbul.
- Bayazit, M., 2000. Hidroloji, Birsan Yayıncılık, İstanbul.
- Coşkun, G., Ağırlioğlu, N. ve diğ., 2010. Innovation with Hydrologic Modelling for Hydroelectric Power Plant in Poorly Gauged Basins, Springer Science, Water Resources Management.
- Dingman, S. L., 2002. Physical Hydrology, 443-455, 2nd Edition, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall.
- Güler, E., 2008. Hidroelektrik Potansiyel Belirlemeye Yönelik Uzaktan Algılama ve CBS Tabanlı Hidrolik Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü, Fen Bilimleri, İstanbul.
- Özdemir, H., 2007. SCS CN Yağış-Akış Modelinin CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Uygulanması: Havran Çayı Havzası Örneği (Balıkesir), Coğrafi Bilimler Dergisi, 5 (2), 1-12.
- Pektaş, Ali O., 2012. Büyük Havzalarda Akış Katsayısının Hesaplanması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taşkın, İ., 2014. Eşen Çayı Havzası Hidrolojik Zemin Grupları ve Cinsleri, Jeoloji Mühendisi, JMO Sicil No: 2028.

USDA NRCS, 2004. National Engineering Handbook, Part 630 Hydrology, Hydrologic Soil Cover Complexes, Chapter 9, U.S. Washington, D.C.

Aydın 21. Bölge D.S.İ Müdürlüğü, 1997 Yukarı Eşen Projesi Seki Barajı ve Seki Ovası Sulaması Planlama Raporu, Aydın.

EİE ve DSİ, Batı Akdeniz Havzası Yıllık Maksimum Akım Tabloları, 1934-1990.

DSİ ve DMİ, 21. Aydın Bölgesi Müdürlüğü Yıllık En Büyük Yağış Değerleri Tabloları, 1929-1988.