



HAVZALARDA BAZI HİDROLOJİK KARAKTERİSTİKLERİN ARCHDYRO YAZILIMI KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Ahmet REİS^{1,*}, Turgay DİNDAROĞLU¹

¹Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş

*Sorumlu Yazar: reisahmet61@gmail.com

Ahmet REİS: <https://orcid.org/0000-0003-3247-4174>

Turgay DİNDAROĞLU: <https://orcid.org/0000-0003-2165-8138>

Please cite this article as: Reis, A. & Dindaroğlu, T. (2020) Havzalarda bazı hidrolojik karakteristiklerin archdyro yazılımı kullanılarak belirlenmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(1), 146-159.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 20 Mart 2020 / Received 20 March 2020

Düzeltilmelerin gelişi 6 Nisan 2020 / Received in revised form 6 April 2020

Kabul 17 Nisan 2020 / Accepted 17 April 2020

Yayımlanma 30 Nisan 2020 / Published online 30 April 2020

ÖZET: Su kaynaklarının doğal sınırları içerisinde hareketine olanak sağlayan havzalar, sürdürülebilir su yönetiminde de aktif rol oynarlar. Mevcut su potansiyelinin etkin kullanımı havza özelliklerinin belirlenmesine ve planlanmasına bağlıdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve bağlantılı yazılımlar (ArcHydro) birçok alanda olduğu gibi havzaların planlanmasında da etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma, Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Kahramanmaraş ili Bertiz Çayı Yağış Havzasında CBS programlarından biri olan ArcGIS ile entegre olarak çalışan ArcHydro yazılımı kullanılarak havzadaki bazı hidrolojik özelliklerinin (su akış yönleri, birikimli akış ağları, drenaj ağları ve alt havza sınırları) belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma bulgularına göre, havzada 8 farklı akış yönü belirlenmiş ve birikimli akışlar doğu-batı hattında akan ana akış yoluna doğru olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanının alt havza sınırları oluşturulmuş ve toplamda 57 adet alt mikro havza tespit edilmiştir. 1/25000 ölçekli memleket haritaların sayısallaştırılması ile havzada 1484 tane drenaj ağ kolu ve toplam 784.39 km drenaj ağ uzunluğu tespit edilmiştir. Archydro kullanılarak oluşturulan modelde ise elde edilen potansiyel drenaj ağları 1586 adet ve uzunluğu ise 647.04 km olarak bulunmuştur. Drenaj ağlarının mekânsal dağılımı üzerinde yapılan validasyon işlemi sonucunda doğruluk oranı % 92 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak GIS yazılımları gerçeğe yakın hidrolojik modellemelerle hız, doğruluk ve maliyet açısından önemli kazanımlar sağlama potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: Hidrolojik özellikler, ArcHydro, Havza, Akış ağı, GIS, Kahramanmaraş

DETERMINATION OF SOME HYDROLOGIC CHARACTERISTICS IN THE WATERSHED OF BERTIZ STREAM, KAHRAMANMARAŞ BY USING ARCHDYRO SOFTWARE

ABSTRACT: Watersheds that allow the movement of water resources within their natural borders also play an active role in sustainable water management. The effective use of

existing water potential depends on determining and planning the watershed characteristics. Geographic Information Systems (GIS and related software (ArcHydro) are used effectively in the planning of watersheds as well as in many other fields. This study was carried out to determine some hydrological characteristics (water flow directions, flow accumulation networks, stream networks and sub-watershed boundaries) in the watershed by using the ArcHydro module, which integrates with the ArcGIS program in the Kahramanmaraş Bertiz Stream Watershed in the Eastern Mediterranean region. According to the results, 8 different flow directions were determined in the watershed and the accumulated flows were determined to be towards the main flow road flowing in the east-west line. Sub-watershed boundaries of the research area were created and a total of 57 sub-micro watersheds were identified. Using the digitized 1/25000 scale topographic maps, 1484 drainage networks and 784.39 km drainage network lengths were determined in the watershed. In the model created using ArcHydro, the potential stream networks were 1586 and the total stream network length was 647.04 km. As a result of the validation process on the spatial distribution of drainage networks, the accuracy rate was determined as 92 %. As a result, GIS software has the potential to achieve faster, more accurate and low cost gains with realistic hydrological models.

Keywords: Hydrology characteristics, ArcHydro, Watershed, Stream network, GIS, Kahramanmaraş

GİRİŞ

Dünyada hızla artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte hızlı kentleşme özellikle su kaynakları üzerindeki baskıyı arttırmıştır. Bu baskılara tarımsal faaliyetler ve meteorolojik olaylarda dahil edildiğinde su kaynaklarının gün geçtikçe azalması veya yok olması kaçınılmaz olmaktadır. Ülkemizin farklı topografik yapısına sahip olmasından dolayı drenaj sorunları oldukça fazla görülmektedir. Kentsel alanlarda su kaynaklarının doğru bir şekilde kullanımı ve yönetimi, sel, taşkın gibi olayların önlenmesi ve çözülmesi gereken en önemli konulardır. Bu nedenle fazla yağış miktarı veya yanlış sulama yöntemleri sonucunda ortaya çıkan drenaj sorunlarının çözümü önem kazanmaktadır. Bu konuyla ilişkili gerekli tasarım ve uygulama sürecine bağlı öneriler geliştirilmelidir (Berekatođlu & Bahçeci, 2005).

Havza, su kaynaklarının doğal sınırını oluşturan ve suyun hareketini sağlayan hidrolojik bir birimdir. Bununla beraber hidrolojik olarak bağımsız şekilde mevcut alanların sınırlarını da belirlemektedir (Mostaghimi et al., 1997). Yağmur sularının toplanması ve dağıtılmasında önemli rol oynayan havza sınırları ve havzanın bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi özellikle su kaynaklarının kullanımı ve korunması için oldukça önemlidir (Cüce & Bakan, 2009). Bu fiziksel parametrelerin belirlenmesi, havza ve su kaynaklarını devamlılık prensibi içerisinde değerlendirerek havzayı bir bütünüyle yönetme ve planlamada mühendislere önemli katkılar sunmaktadır (Li, 2014). Tükenmekte olan su kaynaklarının verimli kullanılması ve yeniden revize edilmesi bu konuya ilişkin çalışmaların yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmaların yapılabilmesi için su kaynaklarına ait bazı özelliklerin belirlenmesinde önemli bir araç olan Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM)'nin temel atlık olarak kullanılması gerekmektedir. Havza çalışmalarında kullanılan bilgisayar programlar ve modeller, sayısal atlık olarak üretimde ve kullanım imkanlarına göre oldukça rağbet görülmektedir. Bu bilgisayar programlarından biri olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanımı gün geçtikçe artmakta ve entegre edilerek oluşturulan yazılımlar sayesinde havzanın birçok özelliklerini daha kısa sürede ve güvenli bir şekilde belirlenmesi mümkün

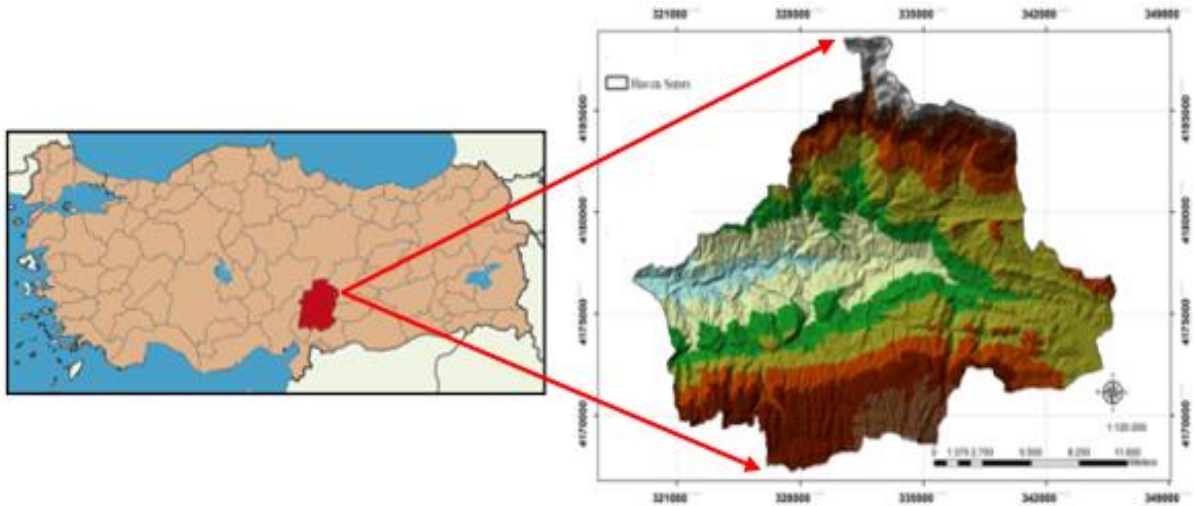
olmaktadır (Yazıcı et al., 2019). CBS yazılımlarından biri olan ArcGIS'in önemli bileşeni ArcHydro yazılımı yardımıyla Sayısal Yükseklik Modelleri kullanılarak havza sınırları ve drenaj ağları kısa sürede belirlenmektedir. Bununla birlikte baraj ve gölet gibi yapılara ait uygun aks yeri, baraj önünde inşa edilen toprak dolgusunun üst kısmı ve rezervuar yerine karar verme kısmında, taşkın olaylarını engelleyen tesislerin planlamasında ArcHydro gibi yazılımların kullanımı yaygınlaşmıştır (Li, 2014). ArcHydro yazılımı kullanılarak yeryüzünde suyun hareketini belirlemek mümkün olmaktadır. Alt havza alanlarının CBS ortamında belirlenmesinde de ArcHydro yazılımı yaygın olarak kullanılan araçlardan biridir. Ülkemizde belirlenen 25 temel havzanın "Entegre Havza Yönetiminin" gerçekleştirilebilmesi için alt havzaların ülke bazında sistematik bir şekilde tanımlanmasına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) önemli bileşeni olan ArcHydro yazılımı kullanılarak Kahramanmaraş ili Bertiz Çayı Yağış Havzasına ait su akış yönleri, akış toplanma gridleri ile drenaj ağları ve alt havza sınırları gibi bazı hidrolojik özelliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Alanının Tanıtılması

Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde ve Menzelet Barajının kaynağını oluşturan Bertiz Çayı Yağış Havzası, Kahramanmaraş şehir merkezine 15 km uzaklıkta ve 37°49' 43"- 37°38' 07" kuzey enlemleri ile 36°56' 25"- 37°14' 56" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Araştırma alanı 1/25.000 ölçekli M37-c2, M38-a3, M38-a4 ve M38-d2 paftaları arasında yer almaktadır. Havzanın ortalama yükseltisi 1563 m ve alanı yaklaşık 31.070 ha büyüklüğündedir (Şekil 1).



Şekil 1. Bertiz Çayı Yağış Havzasının Türkiye haritasında genel konumu

Havza alanı genel olarak Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu olmak üzere üç farklı coğrafik bölgenin etkisi altında yer almaktadır. Coğrafik konumu ve diğer faktörlerin etkisine bağlı olarak üç farklı tipte iklim özelliği gösteren çalışma alanının hâkim iklimi "Bozulmuş Akdeniz İklim" tipidir. Mevsimsel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk

ve karlı geçmektedir (Usta, 2011). Kahramanmaraş meteoroloji istasyonunun 1975-2010 yılları arasında ölçülen aylık iklim değerlerine göre araştırma alanının maksimum sıcaklık değeri 45.2 °C (Temmuz ayında), minimum sıcaklık değeri -9.6 °C (Şubat ayında) ve ortalama yıllık sıcaklık değeri 16.7 °C olmakla birlikte yıllık yağış miktarı 700 mm'nin üzerine çıkmaktadır (DMİ, 2010).

Sayısal Yükseklik Modeli

Araştırma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli kullanılarak su akış yönlerinin, drenaj ağlarının ve alt havza sınırlarının belirlenmesi mümkündür. Havza drenaj yapısının modellenmesinde dağınık şekilde bulunan hidrolojik modeller için D8 yaklaşımı kullanılabilir (Jenson & Domingue, 1988; Turcotte et al., 2001). Bu yaklaşımda grid hücre yapısında bulunan veriler ile bu verilerle ilişkili olan drenaj ağı içerisindeki grid hücrelerinin her biri yanındaki hücrelerden yalnızca bir tanesine direkt olarak bağlı bulunabilmektedir (Tribe, 1992).

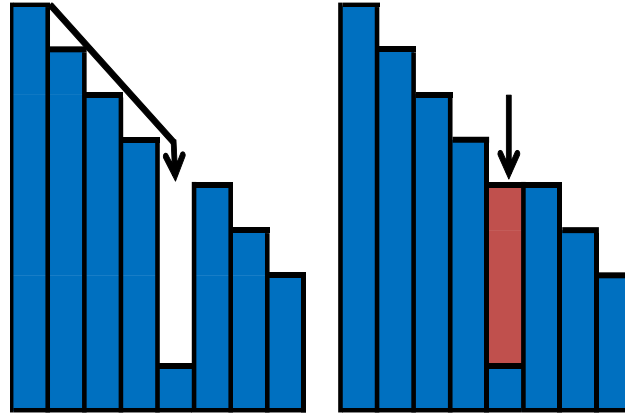
Drenaj Ağlarının Sisteme Tantılması

Bu işlev, bir akış birikimi ızgarasına ve kullanıcı tarafından belirlenen bir eşığe dayalı olarak bir akış ızgarası hesaplar. Giriş akışı biriktirme ızgarasında, eşik değerden büyük bir değere sahip hücreler akış ızgarasında 1 değerini atar. Diğer tüm hücrelere veri atanmaz. Akış Birikimi Ağ (Flow Accumulation Grid) girişinin "Flow accumulation" verilerini kullanmaktadır. Çıktı Akış Ağıdır. "Str", üzerine yazılabilen varsayılan adıdır. Su yollarının eşik değerleri için varsayılan bir değer görüntülenir. Bu değer maksimum akış birikiminin % 1'ini temsil eder ve bu değer akım belirleme için önerilen eşik değeridir. Bu akışların anlamlı veya mevcut akışları temsil etmeyebilir. Başka bir eşik değeri seçilebilir. Daha küçük eşik, daha yoğun akış ağına ve genellikle daha fazla sayıda ayrıntılı yakalama ile sonuçlanır. Zemin birimleri ayarlandıysa (aksi takdirde alan grileşir), eşik alan kilometre kare kullanılarak da ayarlanabilir (ESRI, 2011).

Havza sınırlarının belirlenmesinde kullanılan D8 yöntemi, Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde her bir hücreye ait su akış yönlerinin hesaplanması, su akış yönlerine bakılarak havza sınırının belirlenmesi, drenaj ağının modellenmesi ve hesaplanan su akış yönleri ve modellenmiş olan drenaj ağı kısımları kullanılarak alt havza sınırlarının belirlenmesi şeklinde toplamda 4 aşamadan oluşmaktadır.

D8 yönteminde farklı birçok yaklaşımda olduğu gibi su akışını engelleyen yapıların (çukur ve düz alanlar) bulunması halinde drenaj ağının belirlenmesi zorlaşmaktadır (Garbrecht & Martz, 1999). Su akışını engelleyen yapılar çoğunlukla Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulurken ortaya çıkan enterpolasyon hatalarından ve veri karmaşıklıklarından kaynaklanmaktadır. Bu çukur ve düz alanlara ait grid hücre değerlerinin yanında bulunan diğer hücre değerlerinden daha düşük olması komşu hücrelere doğru su akışına engel olmaktadır (Jenson & Domingue, 1988; Venkatachalam et al., 2001) (Şekil 2). Sayısal Yükseklik Modelinde akış yönleri tespit edilmeden önce çukur ve düz alanlara ait grid hücre değerlerinin düzeltilmesi gerekmektedir. Havza sınırı belirlenirken düzeltme işlemlerinin yapılmaması halinde çukur ve düz alanlar etrafında bulunan grid hücreler kendi aralarında kapalı alanlar oluşturup havzayı temsil etmeyecektir (Smemoe, 1997). Modelin bu problemini çözmek için yükseklik değeri yeniden düzenlenmektedir. Üretilen "Agree DEM" verileri kullanılarak, "fill" verisi belirlenmekte ve bu şekilde drenaj ağlarının birbirinden kopuk ve

kesik kesik olması önlenmektedir (Anonim, 2003; Anonymous, 2009; Mervade, 2011; Ayhan et al., 2012).

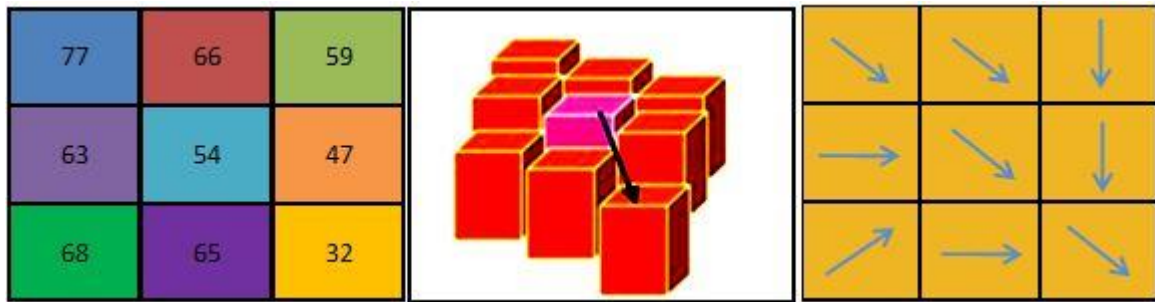


Şekil 2. Sayısal Yükseklik Modeli Üzerinde Oluşabilecek Boşlukların Doldurulması


Su Akış Yönlerinin Belirlenmesi

ArcHydro yazılımı kullanılarak havza içerisindeki akarsuların su akış yönleri belirlenmektedir (Maidment & ark., 2002). Sayısal Yükseklik Modeline bağlı bir şekilde akış yönleri kullanılarak hidrolojide su kanalları ve sediment taşınma hareketleri hesaplanmaktadır (Tarboton, 1997). Her bir grid hücresi Sayısal Yükseklik Modeli üzerinde belirli bir yükseklik değerine sahiptir. Hücrelerde akış yönü, yükseklik değeri kendisinden daha düşük olan komşu hücrelerden yalnızca birine doğru olabilmektedir (Şekil 3).

Grid sisteminde bulunan her bir hücre için aşağı, yukarı, sağa, sola, yukarı sağ, yukarı sol, aşağı sağ ve aşağı sol olmak üzere 8 olası yön vardır. Akış yönü bilgisayar ortamında, “8 yönlü akım modeli” şeklinde ifade edilmektedir. Bu akım modelinde gridin akış yönünü göstermek için yönlere bağlı bir şekilde geliştirilen rakamsal değerler kullanılmaktadır (Şekil 4). Su akış yönlerinin belirlenmesinde üretilmiş olan “fill” verisi kullanılarak, “fdr” verisi belirlenmektedir (Anonim, 2003; Djokic, 2008; Mervade, 2011; Ayhan et al., 2012).



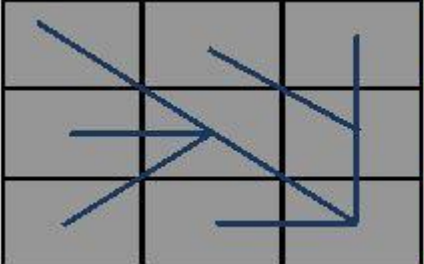
Şekil 3. Akış Yönleri (Güreşçi & ark., 2012)

32	64	128	KuzeyBatı	Kuzey	KuzeyDoğu
16		1	Batı		Doğu
8	4	2	GüneyBatı	Güney	GüneyDoğu

Şekil 4. Su Akış Yönleri ve Tanımlanması (Güreşçi & ark., 2012)

Akış Toplanma Gridlerinin Hesaplanması

Bir grid hücrenin suyun toplandığı yerlerdeki hücre sayısı hesaplanarak nehir kolları belirlenmektedir. Üretilen “fdr” verisi kullanılarak, “fac” verisi belirlenmektedir (Anonim, 2003; Anonymous, 2009; Mervade, 2011; Ayhan et al., 2012). Su akışı ilişkileri bakımından akış olma durumlarına göre a, b, c, d, g ve h hücrelerine doğru akış bulunmadığından bu hücrelere 0 değeri girilmiştir. Bununla birlikte akış oluşturan e hücrelerine 3 ve f hücrelerine ise 2 değeri verilmiştir. Yükseklik değeri en düşük i hücresi olduğu için 8 hücreden gelen akış bu hücrede toplanmaktadır (Güreşçi et al., 2012) (Şekil 5).

	a	b	c	0	0	0
	d	e	f	0	3	2
	g	h	i	0	0	8

Şekil 5. Su Akışı Toplanma Yönü

Nehirlerin Tanımlanması ve Bölümlenmesi

Nehir tanımlama işlemi, sistemde araştırma alanına göre bulunan eşik değerlerin oluşturduğu kısımlar dikkate alınarak dere tanımlamalarının yapıldığı aşamadır. Belirlenmiş olan “fac” verisi kullanılarak, “Str” verisi üretilmektedir. Str verisinde nehrin yer aldığı tüm hücreler “1” değeri içermektedir (Mervade, 2011; Ayhan et al., 2012). Nehir ağı yoğunluğunun daha fazla olması eşik değerin düşmesinden kaynaklanmaktadır. Nehir bölümlenmesinde belirli bir bölümde bulunan bütün hücreler aynı grid kodu içererek o bölgeyi temsil etmektedir. Her bir nehir kolunda farklı değer bulunmaktadır (Karadağ, 2012). Nehir kollarının her biri ayrı değere sahiptir. Üretilen “Fdr” ve “Str” verisi kullanılarak, “StrLnk” verisi belirlenmektedir (Mervade, 2011; Ayhan et al., 2012).

Drenaj Ağlarının ve Drenaj Noktasının Belirlenmesi

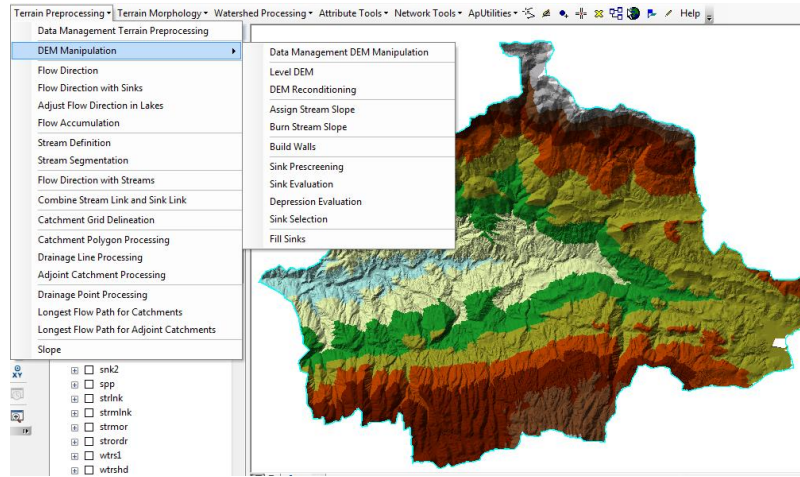
Nehir bölümlenme de üretilen verinin drenaj ağına dönüştürüldüğü aşamadır. Önceden belirlenen “StrLnk” ve “Fdr” verisi kullanılarak, “DrainageLine” verisi üretilmektedir. Drenaj noktalarının oluşturulmasında üretilen “Fac” “Cat” ve “Catchment” verisi kullanılarak, “Drainagepoint” verisi tespit edilmektedir (Mervade, 2011; Ayhan et al., 2012).

Alt Havza Sınırlarının Belirlenmesi

Havza sınırlarının belirlenmesinden farklı olarak oluşturulan alt havza sınırları akış yönleri modeli ile birlikte modellenmiş olan drenaj ağını da kullanmaktadır. Drenaj ağının oluşmasında her bir kol kesişim noktalarından parçalara bölünerek her bir kola ait su akış alanları tespit edilmektedir. Böylelikle parçalara ayrılarak oluşmuş her bir alan alt havzayı temsil etmektedir (Turcotte et al., 2001).

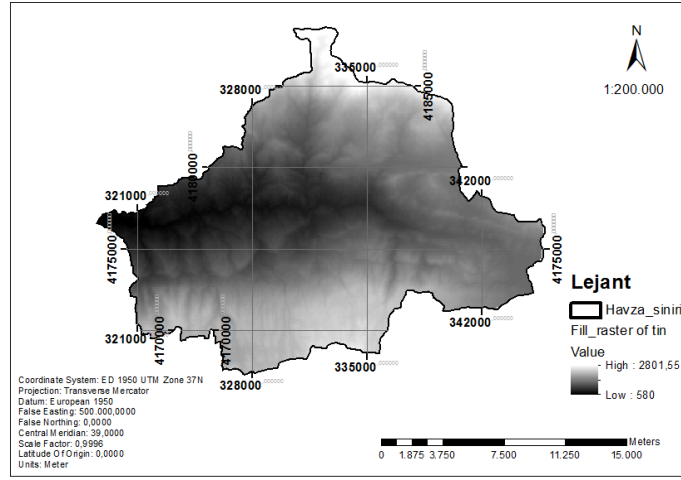
BULGULAR

ArcHydro menüsünde DEM verileri kullanılarak hidrolojik özellikler değerlendirilmektedir. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinden ArcHydro yazılımı kullanılarak havza alanın hidrolojik özellikleri belirlenmiştir (Şekil 6). Harita üzerinde su ayırım çizgileri kullanılarak çizilen belirgin hat ile havzanın sınırları belirlenmiştir. Sonrasında CBS kullanılarak gerekli olan sayısallaştırmalar yapılmış ve havza alanı belirlenmiştir (ESRI, 2010). Havza alanının modellenmesinde D8 yöntemi kullanılmıştır (Jenson & Domingue, 1988). Sayısal Yüksek Modeli kullanılarak su akış yönleri, akış toplanma gridlerinin hesaplanması ile drenaj ağları ve alt havza sınırları oluşturulmuştur. CBS'nin bileşeni olan ArcHydro yazılımı ile zamana bağlı veriler mekânsal özelliklerle anlamlandırılarak yeryüzünde suyun hareketi belirlenebilmektedir.

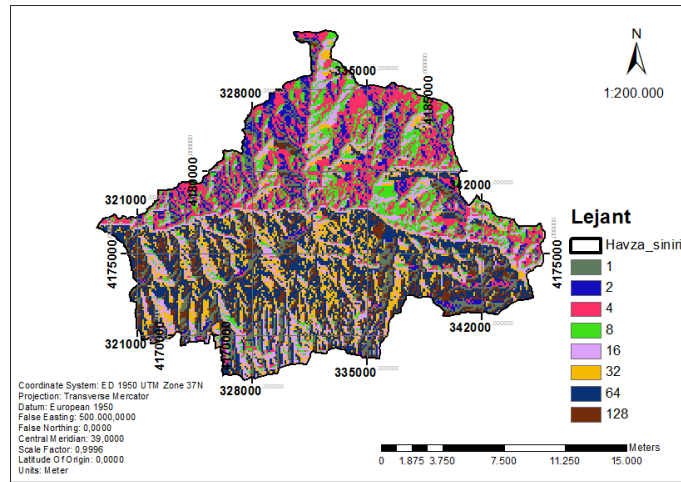


Şekil 6. Archydro Menüsü

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nde su akış yönleri tespit edilmeden önce çukur ve düz alanlara ait grid hücre değerlerinde oluşan boşluklar düzeltilmiştir (Şekil 7). Akış yönlerinin belirlenmesinde grid sisteminde bulunan her hücredeki akım yönü bir araya getirilerek havzanın drenaj yönleri belirlenmiştir (Dindaroğlu et al., 2011). Havzada 8 tane akış yönü tespit edilmiştir (Şekil 8). D8 modeli herhangi bir hücredeki akımın aralarında eğimi en fazla olan düşük kottaki komşusuna doğru olduğunu varsayan tek akım yönlü bir algoritmadır (O'Callaghan & Mark, 1984). Bu algoritmada kenarda bulunan hücrelerin dışında her hücrenin Doğu, Kuzeydoğu, Kuzey, Kuzeybatı, Batı, Güneybatı, Güney ve Güneydoğu olarak kodlanmış sekiz komşusu vardır. Bir başka yöntem olarak Dinf yaklaşımında (Tarboton, 1997), üçgen petekler kullanılmakta ve eğimin en fazla olduğu yönde akış olduğu kabul edilmektedir.

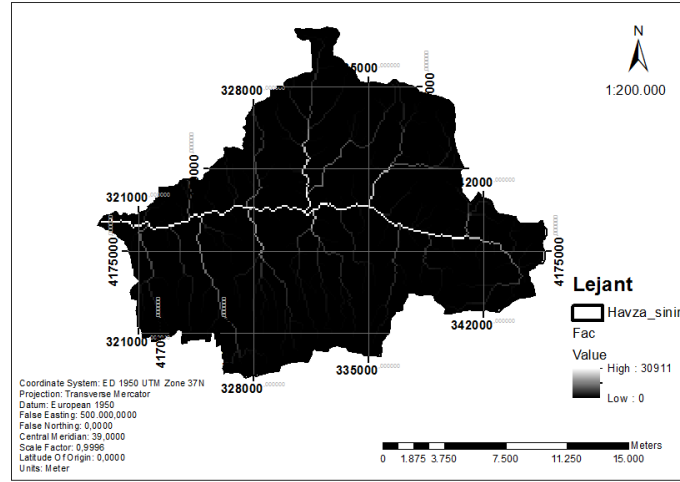


Şekil 7. Boşlukları doldurulmuş SYM



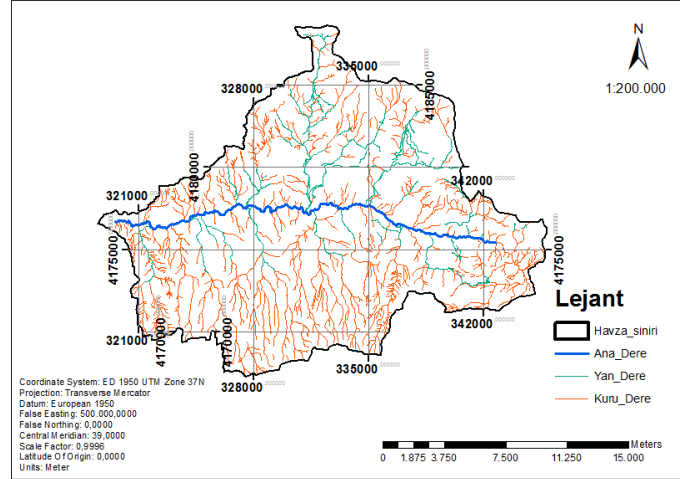
Şekil 8. Akış Yönleri Haritası

Havza sınırlarının belirlenmesinde Sayısal Yükseklik Modelinden yararlanılmış ve bu model üzerinde D8 yaklaşımıyla belirlenen su akış yönleri kullanılarak akış toplanma modeli oluşturulmuştur. Grid değeri sıfır olan hücreler siyah renk alırken, grid değerinin yükselmesi ile hücrelerin rengi daha açık olmuştur. En büyük grid değeri 30911 olarak tespit edilmiştir. Bu değerin bulunduğu nokta en açık renge sahip olmakla birlikte en fazla akışın toplandığı yer olarak belirlenmiştir (Şekil 9).



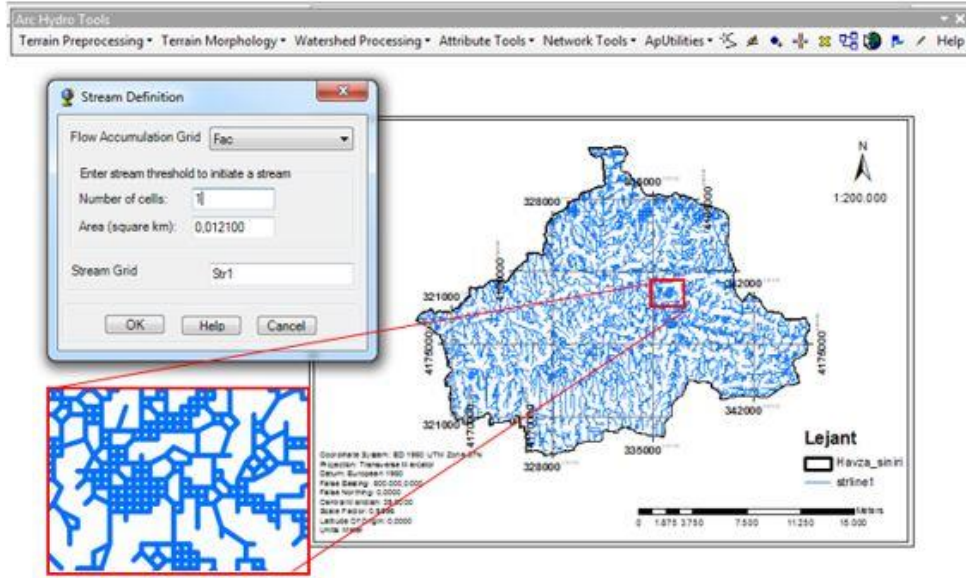
Şekil 9. Akış Toplanma Modeli Haritası

Tanımlanan akış toplanma modeli üzerinde alt sınır değer 0 (sıfır) ve sıfır üstü aktif değerlere sahip noktalar kullanılarak çalışma alanına yönelik drenaj ağı belirlenmiştir. Havzada gerçek drenaj ağının toplam uzunluğunu ana dere (29.26 km), yan dereler (147.13 km) ve kuru dereler (608 km) oluşturmuş ve toplamda 784.39 km olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte havzanın gerçek drenaj ağında toplamda 1484 tane drenaj ağı kolu belirlenmiştir (Şekil 10). Maksimum akış toplanma noktasını beslemekte olan drenaj ağı ve alanı bu noktalara ait değerler dikkate alınarak tespit edilmiştir. Havza bölümlenmesinde akarsu ağı tespit edildikten sonra her akarsu bölümü için alt havzalar veya drenaj alanları belirlenmiştir (Dindaroğlu et al., 2011).

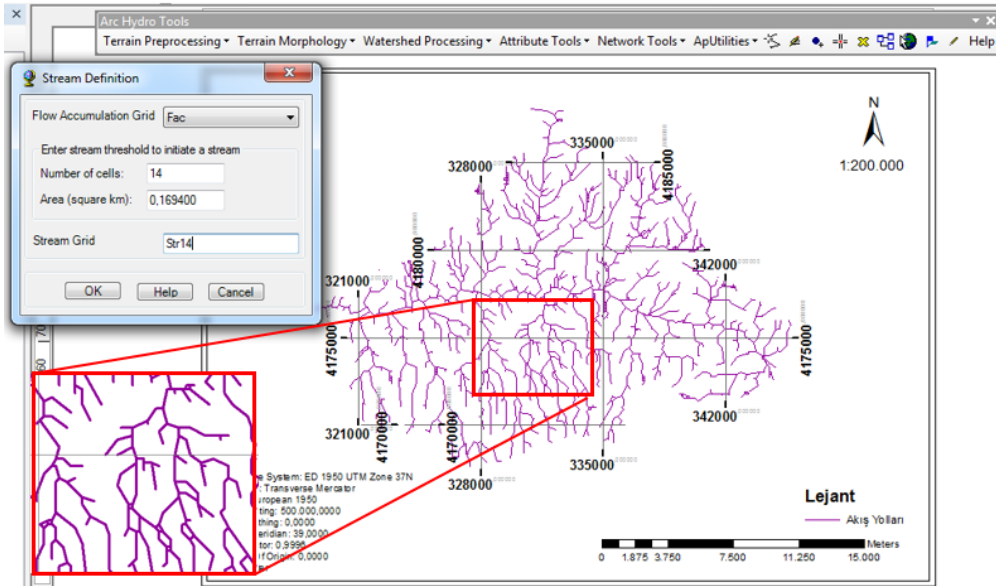


Şekil 10. Gerçek Drenaj Ağları Haritası

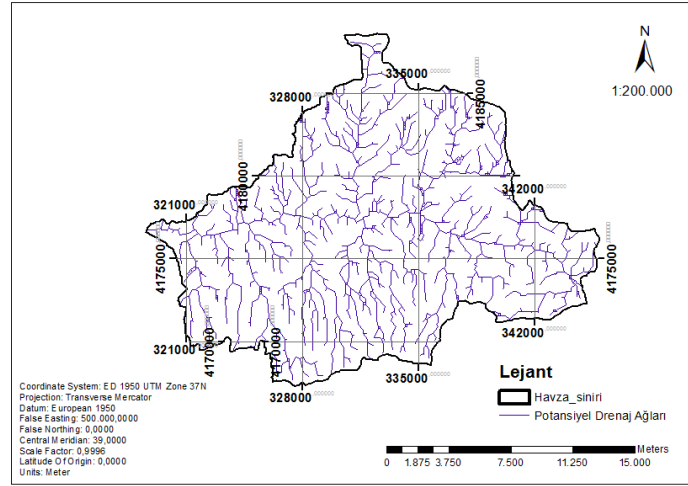
Havzanın drenaj sistemi oluşturulmuş ve akış tanımlamaları yapılmıştır. Drenaj ağları bakımından yazılıma hücre sayısı en düşük değer olarak 1 girildiğinde akış tanımlamalarında hatalar belirlenmiştir (Şekil 11). Hücre sayısını yükselttiğimizde (hücre sayısı=14) akış tanımlamalarındaki hatalar düzeltilmiş ve potansiyel su akış ağları elde edilmiştir (Şekil 12 ve 13).



Şekil 11. Akış Tanımlama (Hücre=1)



Şekil 12. Akış Tanımlama (Hücre=14)



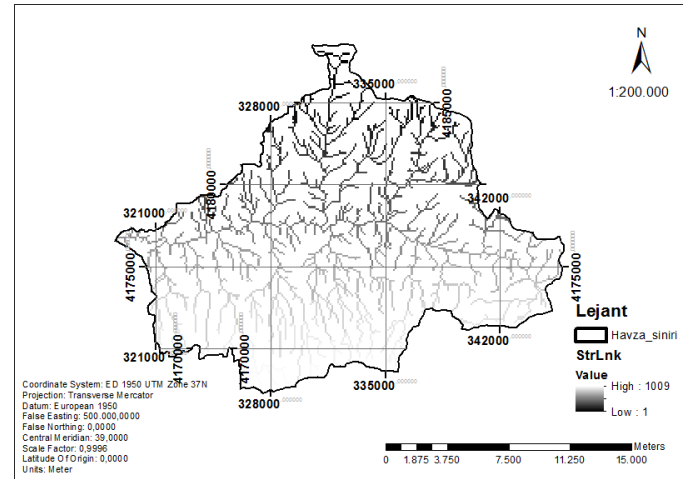
Şekil 13. Potansiyel Drenaj Ağları Haritası

Havzanın drenaj ağlarını potansiyel olarak yansıtmakta olan üzerinde çalıştığımız hücre sayısı önemlidir. Potansiyel drenaj ağları bakımından yazılıma hücre sayısı olarak 14 olarak belirlenmiş ve toplam uzunlukları sırasıyla 647.04 km drenaj ağlarını oluşturan nehir kolu sayısı toplamda 1586 adet olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Gerçek ve Potansiyel Drenaj Ağları

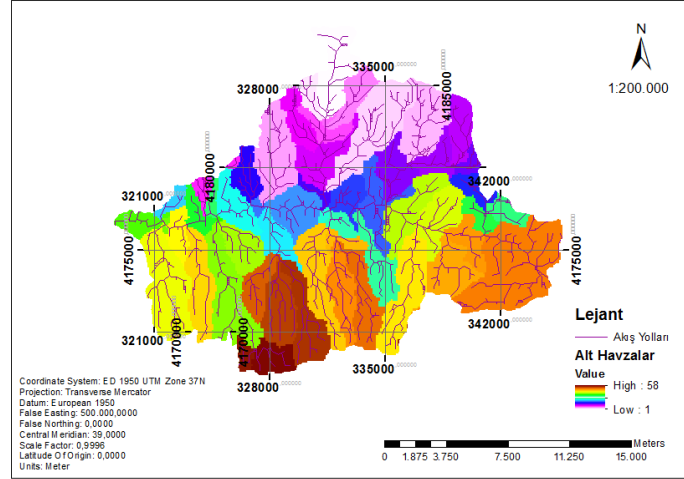
	Gerçek Drenaj Ağları		Potansiyel Drenaj Ağları	
	Adet	Uzunluk (km)	Adet	Uzunluk (km)
Toplam	1484	784.39	1586	647.04

Akış tanımlamaları değerlendirildiğinde, yazılımda belirli bir yerde bulunan hücrelerin hepsi aynı grid kodu değerinde bulunması ve her drenaj kolunun ayrı grid kodu değeri alması, akış bölümlenmesini oluşturmuştur. Böylelikle havzanın akış bölümlenme haritası elde edilmiştir (Şekil 14).



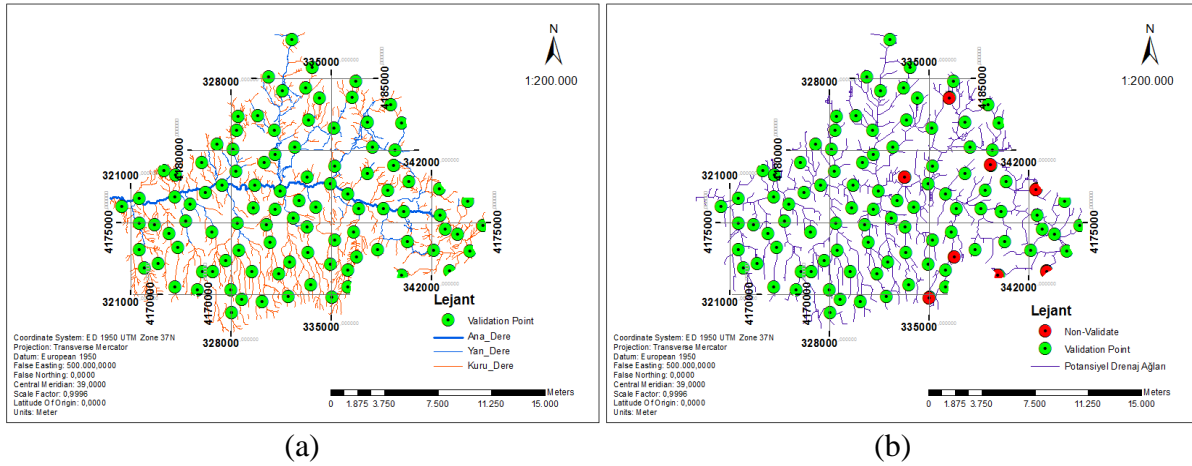
Şekil 14. Akış Bölümlenme Haritası

Drenaj ağını oluşturan su kollarının keşiştiği noktalardan parçalara ayrılan her bir alan alt havzaları oluşturmuştur. Araştırma alanında toplamda 57 adet alt mikro havza belirlenmiştir. Bu alt havzaların her biri farklı renk tonlarında verilmiştir (Şekil 15). ArcHydro yazılımı ile oluşturulan alt havza haritası dikkate alınarak çalışma alanının fiziksel özellikleri belirlenip planlama ve uygulama aşamasında gerekli olan temel altlık veriyi sağlamaktadır.



Şekil 15. Alt Havza Sınırları Haritası

Havzanın gerçek drenaj ağları ve yazılımla belirlenen potansiyel drenaj ağlarını doğruluğunu değerlendirmek için mekansal doğruluk analizi yapılmıştır. Drenaj ağlarını yersel olarak tahmin etmede gerçek validasyon ile potansiyel validasyon karşılaştırıldığında doğruluk oranı % 92 olarak bulunmuştur (Şekil 16).



Şekil 16. Validasyon Gerçek Drenaj Ağları (a) ve Potansiyel Drenaj Ağları (b)

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ArcHydro yazılımı kullanılarak araştırma alanına ait su akış yönleri, akış birikim gridleri, drenaj ağları ve alt mikro havza sınırları belirlenmiştir. Havzanın gerçekte drenaj ağları toplam uzunluğu 784.39 km tespit edilmiş ve bu drenaj ağlarını oluşturan toplamda 1484 tane drenaj ağı kolu belirlenmiştir. Potansiyel drenaj ağları bakımından 647.04 km drenaj ağlarını oluşturan nehir kolu sayısı 1586 adet bulunmuştur. Araştırma

alanın alt havza sınırları oluşturulmuş ve toplamda 57 adet alt havza tespit edilmiştir. Drenaj ağlarını yersel olarak tahmin etmede gerçek validasyon ile potansiyel validasyon karşılaştırıldığında doğruluk oranı % 92 olarak bulunmuştur. Araştırma alanında yapılacak olan havza çalışmalarında elde edilen bu veriler havza özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

Havzalarda planlama ve uygulama çalışmaları öncelikle su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla yapılmalıdır. Havzanın özelliklerini belirlemek, su kaynaklarında oluşabilecek sorunların çözülmesine temel veri sağlayacaktır. Bu kapsamda en temel veriler havza sınırlarının belirlenmesi ve suyun havza içerisindeki hareketi ile elde edilmektedir. ArcHydro vb. yazılımlar havza planlama çalışmalarında işlemlerin daha pratik ve güvenilir bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır.

YAZAR KATKILARI

Ahmet Reis: Araştırma alanının ve makale konusunun belirlenmesi, uygulanacak olan yöntemlere karar verilmesi, sayısal yükseklik modeli oluşturularak gerekli haritaların ve verilerin üretilmesi, üretilen verilerin yorumlanması, makale yazımına katkı sağlama. **Turgay Dindaroğlu:** Uygulanacak olan yöntemin kararında katkı sağlama, üretilen haritalara doğruluk analizinin yapılması, haritaların düzeltilip güncellenmesi, makale yazımına katkı sağlama.

KAYNAKLAR

- Anonim (2003) ArcGIS Spatial Analysis yazılımı, Kurs Notları, İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Eğitim Ltd. Sti., Ankara.
- Anonymous (2009) Arc Hydro Tools Version 1.3-Tutorial, ESRI, New York, USA.
- Ayhan, N.G., Seyrek, K., & Sargın, A.H., (2012) Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hidroloji Uygulamaları, Kurs Notları, İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Eğitim Ltd. Sti., Ankara.
- Berekatođlu, K., & Bahçeci, İ., (2005) Harran Ovası'nda drenaj kanal sularının sulamada kullanılması olanakları, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3), 43-52.
- Cüce, H., & Bakan, G., (2009) Sürdürülebilir su kaynaklar yönetimi açısından Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin önemi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım, İzmir.
- Dindaroğlu T., (2011) "Kuzgun Baraj Gölü ve Çevresinde Doğal Kaynak Envanterinin Tespiti ile Toprak ve Su Kalitesi Yönünden Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi", Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- Djokic D., (2008) Comprehensive Terrain Preprocessing Using Arc Hydro Tools. ESRI, New York, USA.
- DMİ (2010) Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md., K.Maraş Meteoroloji İl Müdürlüğü, K.Maraş Meteoroloji İstasyonu Verileri, 1975-2010, Kahramanmaraş.
- ESRI, & Burns, C., (2010) GIS Supports Complex Mining Workflow, GIS Mine Post.
- ESRI (2011) Arc Hydro Tools - Tutorial, Version 2.0, 35-37.
- Garbrecht, J., & Martz, L.W., (1999) Digital Elevation Model Issues In Water Resources Modelling. 19th ESRI International User Conference, Environmental Systems Research Institute, July 26-30, San Diego, California.

- Güreşçi, G.G., Seyrek, K., & Sargın A.H., (2012) Coğrafi Bilgi Sistemleri ile hidroloji uygulamaları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, CBS Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Jenson, S.K., & Domingue, J.O., (1988) Extracting topographic structure from digital elevation data for geographical information system analysis. *Photogrammetric Engng Remote Sensing* 54, 1593-1600.
- Karadağ A.A., (2012) Kovada Gölü alt havza sınırlarının belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 8(1), 58-76.
- Maidment, D.R., Morehouse S., & Grise S., (2002) Arc Hydro framework. In: Arc Hydro.
- Mervade V., (2011) Watershed and Stream Network Delineation. School of Civil Engineering, Purdue University. www.web.ics.purdue.edu/merwade/education/terrain_processing.pdf
- Mostaghimi, S., Park, S.W., Cooke R.A., & Wang S.Y., (1997) Assesment of management alternatives on a small agricultural watershed. *Journal of Water Resources*, 31(8), 1867-1997.
- Li Z., (2014) Watershed modeling using archydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed, *Environmental Systems Research*, 3(11), 1-12.
- O'Callaghan, J.F., & Mark, D.M., (1984) The extraction of drainage networks from digital elevation data, *Computer Vision, Graphics And Image Processing*, 28, 328-344.
- Smemoe C.M., (1997) Linking Gis Data To Hydrologic Models. [Http://emrl.byu.edu/chris/documents/watervis.pdf](http://emrl.byu.edu/chris/documents/watervis.pdf)
- Tarboton D.G., (1997) A New method for the determination of flow directions and contributing areas in grid digital elevation models, *Water Resources Research*, 33(2), 309-319.
- Tribe A., (1992) Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. *J. Hydrol.* 139, 263-293.
- Turcotte, R., Fotin, J.P., Rousseau, A.N., Massicotte, M., & Villeneuve, J.P., (2001) Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. *Journal of Hydrology*. 240, 225-242.
- Usta Ö, (2011) Kahramanmaraş'ta Coğrafi Konum. http://www.k-maras.com/a_dos/c_konum.htm
- Venkatachalam, P., Mohan, B.K., Kotwal, A., Mishra, V., Muthuramakrishnan, V., & Pandya M., (2001) Automatic Delineation of Watersheds for Hydrological Applications, 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November, Singapore. Vol: 2, pp: 1096-1101.
- Yazıcı, N., Babalık, A.A., & Dursun, İ., (2019) Havza Yönetiminde CBS ve Uzaktan Algılamanın Önemi. International Marmara Sciences Congress, Tam Metin Kitabı (*Natural and Applied Sciences*) (ISBN: 978-605-69509-6-4), 01-03 Kasım, 256-261, Kocaeli.