



Kovada Gölü Alt Havza Sınırlarının Belirlenmesi

Aybike Ayfer KARADAĞ¹

Özet

Havza, suyun yüzeysel hareketini sürdürdüğü, doğal sınırını oluşturan, hidrolojik olarak birbirinden bağımsız karasal alandır. Suyun planlanması ve yönetilmesi sürecinde bu karasal alanların hiyerarşik yapısı (ana nehir havzası, havza, alt havza), sınırları ve özellikleri oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Kovada Gölü Havza sınırları, Arc Hydro Modülü ile belirlenmiştir. Yöntem, 10 aşamada (*DEM Yenileme, Boşlukları Doldurma, Akım Yönünü Belirleme, Kümülatif Akım Hesaplama, Nehir Tanımlama, Nehir Bölümleme, Su Toplama Alanı Oluşturma, Su Toplama Alanı Poligonlama, Drenaj Ağını Belirleme, Drenaj Noktasını Belirleme*), havza sınırlara ulaşmayı sağlamaktadır. Arc Hydro Modülüne ilişkin analiz sonuçları, Kovada Gölü ve Eğirdir Gölü'nün aynı alt havza sisteminde yer aldığını göstermiştir. Bu durumda Kovada Gölü Alt Havzası, Eğirdir Gölü'nün bir alt havzası olarak düşünülmelidir. Kovada Gölü Alt Havzası yaklaşık 184.410.000 m² alan, 214.800 m çevreye sahiptir. Ayrıca 13 su toplama alanı, 13 adet drenaj noktası bulunmaktadır. Drenaj ağlarının toplam uzunluğu 77.489 m'dir. Çalışmada kullanılan Arc Hydro Modülü, havzaya ilişkin temel verilerin (havza sınırı, drenaj sistemi, vb.) elde edilmesinde oldukça önemli sonuçlara ulaşmayı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Havza, Havza Sınırı, Arc Hydro Modülü, CBS, Kovada Gölü

Determining The Subwatershed Borders Of Kovada Lake

Abstract

Watershed is the territorial field which is separate from each other hydrologically, forming water's natural borders, on which, water continues its surficial movement. In the phase of planning and managing the water, the hierarchal structure (main river watershed, subwatershed), borders and qualities of these territorial fields are quite important. In this study, the borders of Kovada Lake Watershed were defined with the Arc Hydro Module. This method intends to reach the watershed borders in 10 phases (*DEM reconditioning, Fill sink, Flow direction, Flow Accumulation, Stream Defination, Stream Segmentaition, Catchment Grid Delineation, Catchment Polygon Processing, Drainage Line Processing, Drainage Point Processing*). The analysis results concerning the Arc Hydro Module shows that Kovada Lake and Eğirdir Lake are located in the same subwatersheds systems. In this case Kovada Lake Subwatershed should be considered as one of the subwatershed of Eğirdir Lake Subwatershed

Kovada Lake Subwatershed has approximately 184.410.000 m² area, 214.800 m circumference. It also has 13 water gathering areas, 13 drainage points. The total length of the drainage networks are 77.489 m. The Arc Hydro Module helped to reach quite important results in gaining the basic data (watershed border, drainage system, etc.) about the watershed.

Anahtar Kelimeler: Watershed, Watershed Border, Arc Hydro Module, GIS, Kovada Lake.

Giriş

Su, literatürlerde ekolojik dengenin sürdürülebilirliği, ekosistemlerin varlığı, canlı yaşamının devamı, insanlığın kalkınması, medeniyetlerin sürdürülebilirliği, sanayi ve teknolojik gelişim gibi birçok olgu ile birlikte yer almıştır. Farklı dallardaki bilimler (tıp, tarih, sosyoloji, vb.), suyun varlığı ve eksikliği sonucunda, yaşamın değişik noktalarında oluşan değişimleri incelemiştir. Sonuç olarak, daima suyun vazgeçilmezliği üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Dünya yaşamının temel taşlarından biri olan su, dünyada varlığını sürdüren, her varlık için vazgeçilmezdir.

Günümüzde, su kirliliğinin artması, kullanılabilir su miktarının azalması, bazı yerlerde su kıtlığı, bazı yerlerde ise su kaynaklı doğal afetler (sel, vb.) gibi suyun geleceğini gün geçtikçe daha da tehdit etmektedir. Bu durum, suyun korunarak kullanılması, geliştirilmesi ve

¹ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Konuralp Yerleşkesi, Düzce. ayferkaradag@duzce.edu.tr

sürdürülebilirliğine dair bilimsel araştırmaları ve politik kararları etkilemektedir. Bu etki suyu, doğal bir kaynak olarak tanıma ve anlama farkındalığını oluşturmuştur. Ayrıca, suyun ekonomik bir gelir kaynağı, meta gibi yönetilebileceği ve sınırsızca kullanılabilceği fikirlerinin neden olduğu, mevcut sorunların daha iyi ifade edilmesini ve etkili çözümler için yeni bakış açıları geliştirilmesini sağlamıştır.

Havza yönetimi, suyun doğal kaynak olarak kabul edildiği, suyu doğasına uygun olarak yönetmeyi ve planlanmayı hedefleyen bir yönetim sistemidir. Yönetim, havza sınırları çerçevesinde, su ve diğer doğal kaynakları koruma-kullanma dengesinde yöneten, ekolojik ve ekonomik kaygılar gözetilen, yeni ve güçlü teknolojiler desteğiyle stratejik plan ve programlar üreten, yatırımlar yapan bir çeşit doğal kaynak yönetimi olarak da tanımlanmaktadır (Karadağ 2007). Amerika, İspanya, Fransa, Hindistan, vb. ülkelerde su kaynakları yönetim sistemi olarak kabul görmüş ve başarılı sonuçlar sergilemiştir. Hatta Avrupa Birliği, 23.10.2000 tarih 2000/60/EC sayılı Su Çerçeve Direktifi ile üye ve üye olmak isteyen ülkelerin, su kaynaklarını “havza” ölçeğinde yönetmesi gerekliliğini bildirmiştir. Direktif suyun, “*ekolojik prensipler çerçevesinde, bütüncül olarak (yüzey ve yeraltı su kaynakları), havza sınırında, katılımcı bir mantıkla, etkili veri tabanları ve teknolojilerle*” yönetilmesini ve “*havza yönetim planlarının*” geliştirilmesini önermektedir (Anonymous 2012).

Havza, su kaynaklarının doğal sınırını oluşturan, suyun hareketini sürdürdüğü, hidrolojik bir birimdir ve hidrolojik olarak bağımsız alanların sınırlarını belirlemektedir (Mostaghimi et al. 1997). Havza, nehir, göl, körfez, baraj, okyanus vb. su kaynaklarına drene olan, karasal alanlar olarak da ifade edilmektedir (Anonymous 2007a). ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA), havza tanımını, su, sediment ve diğer materyallerin toplandığı, doğal sınırlar olarak tanımlamaktadır (Anonymous 2006a). Havzalar, ana drenaj ağlarına göre 3 hidrolojik birime ayrılmaktadır; *ana nehir havzaları, havzalar ve alt havzalar (mikro havzalar)*. Nehir havzaları, yer üstündeki bütün akıntılarının (nehir, göl, vb.) su güzergahındaki belli bir noktadan tek bir nehir ağzı, haliç ya da delta aracılığıyla denize aktığı alanlardır. Havzalar, belirli bir su kaynağını (nehir havzasını) besleyen birden fazla karasal alanlar olarak ifade edilmektedir. Alt havzalar (mikro havzalar) ise, havzalar ve nehir havzalarını besleyen çeşitli büyüklükteki drenaj ağlarına ilişkin su toplama alanları olarak tanımlanmaktadır (Anonymous 2005, Anonymous 2006b, Anonymous 2007b, Karadağ 2006). Havzalar, hidrolojik döngüyü (çevrimi) besleyen kaynaklardır. Hidrolojik döngü, havzadaki yüzeysel su kaynaklarının, atmosferdeki hareketidir. Bu hareketin devamlılığı da havzadaki suyun varlığına bağlıdır (Anonymous 2006c).

Türkiye’de, 25 Ana Nehir Havzası bulunmaktadır ve bu havzalara ilişkin sınırlar tanımlanmıştır. Ancak havzalar ve alt havzalara ilişkin sınırlar bilinmemekte, sadece araştırmalardan doğan gereksinimler çerçevesinde bu sınırlar belirlenmektedir. Havza sınırları, genellikle 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinden, su kaynakları, drenaj ağı ve su ayırım çizgilerinin belirlenmesi ile elde edilmektedir. Bu çalışma, Kovada Gölü Havza sınırlarının ve havzaya ilişkin bazı hidrolojik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

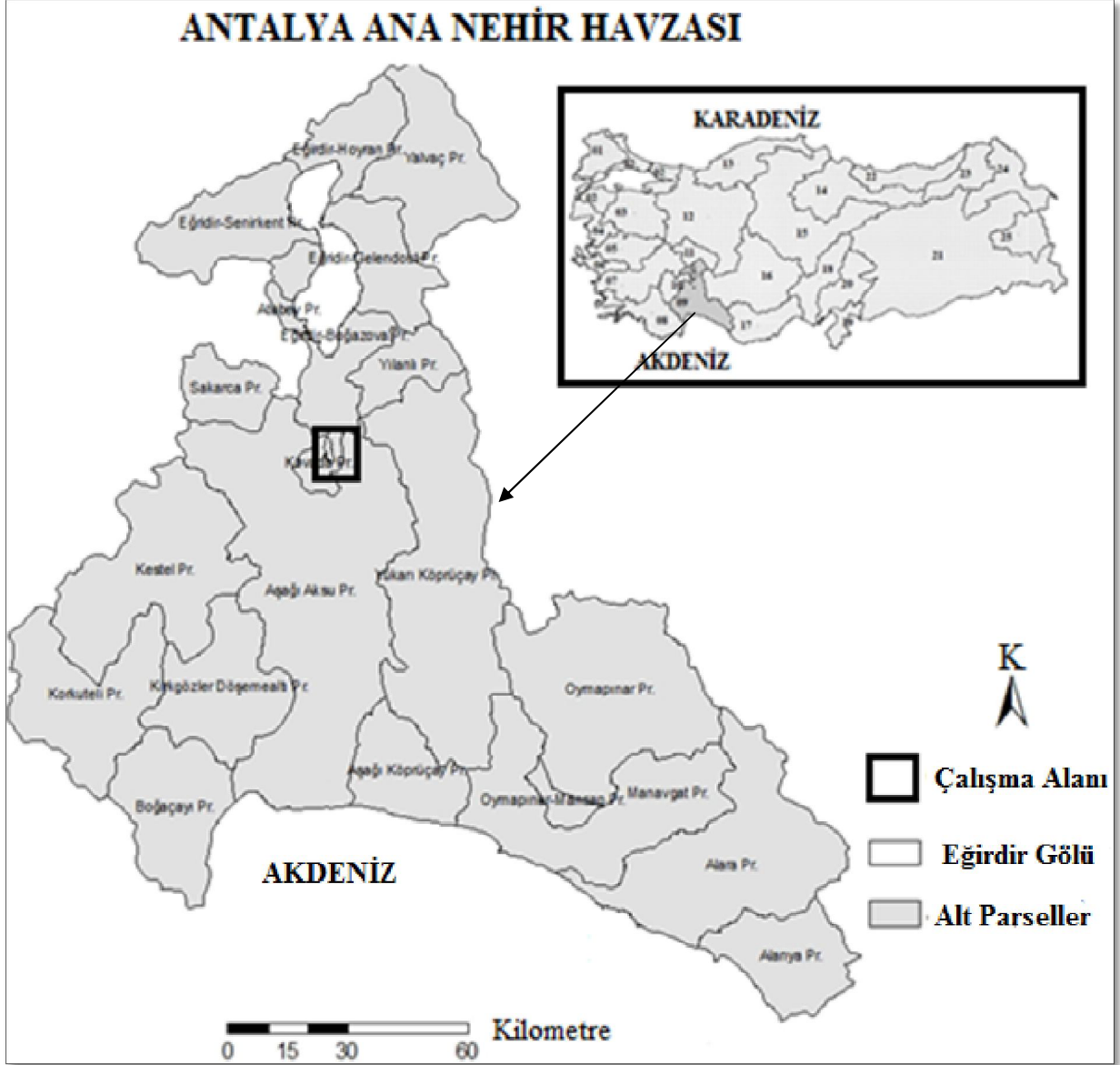
Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, Antalya (Orta Akdeniz) Ana Nehir Havzasının², alt havzalarından biri olan Kovada Gölü Havzası’nda yürütülmüştür (Şekil 1). Kovada Gölü, yaklaşık 7.917.700 m² alan

² Antalya Ana Nehir Havzası 203308441,3 m² alan ve 1041578,6 m çevreye sahiptir (Anonim 2010). Ana nehir havzası, Türkiye’nin yaklaşık %2,72’sini kaplamaktadır. Yıllık su potansiyeli 9.03x10⁹ m³’tür ve yıllık yağış miktarı ortalama 825 mm/yıldır (Anonim 2012a).

ve 18.626 m çevreye sahiptir (Anonim 2010). Araştırma alanındaki en önemli su kaynağı Kovada Kanalı'dır. Kanal, Eğirdir Gölü'nün fazla suları nedeniyle Boğazova'da (Eğirdir ve Kovada Gölü arasındaki vadi) oluşmuş 40 m² alana sahip sulak alanı kurutmak amacıyla, yapılmıştır. Kanal yapımında, Eğirdir (916 m) ve Kovada Gölü (926 m) arasındaki 10 metrelik kot farkından yararlanılmıştır. Kanal 15 km uzunluk, 4 m genişlik ve maksimum 25 m³/sn debiye sahiptir. Günümüzde kapaklarla kapatılsa da belirli zamanlarda açılan ve sürekli sızıntılar bulunan kanal, Kovada Gölü'nü besleyen yapay bir dere niteliğindedir (Karadağ 2007).



Şekil 1. Çalışma Alanının Yeri (Anonim 2010)

Çalışmada, “j25c10, j25c20, j25c30, j25c40, l25c30, l25c40, l25d30, l26d30, l26d40, m25a20, m25a30, m25b10, m25b20, m25b30, m25b40, m25c10, m25c20, m25c30, m25c40, m25d20, m25d30, m26a10, m26a20, m26a30, m26a40, m26d10, m26d20, m26d30, m26d40, n25a20, n25b10, n26a10, n26a20 ” pafta nolu sayısal topoğrafik haritalar (10 m aralıklı eş

Havza, DSİ veri sisteminde 9. havza olarak tanımlanmaktadır ve havza 21 alt parsele (Pr) ayrılmıştır (Anonim 2010).

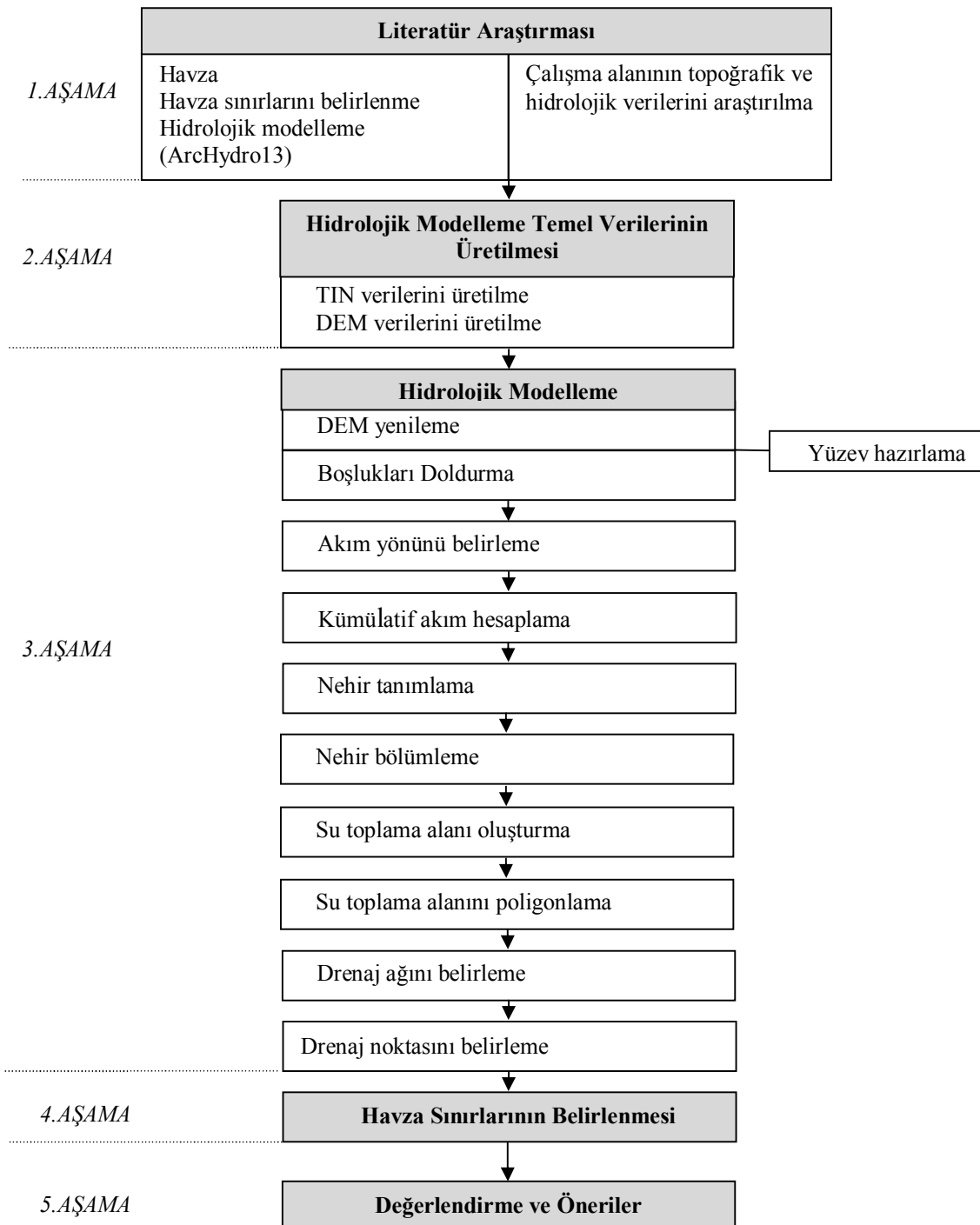
yükselti eğrileri) (Başayığıt 2012) ve DSİ sayısal Türkiye Ana Nehir Havzası ve Ana Nehir Ağı verileri kullanılmıştır.

Yöntem

Çalışma beş aşamada yürütülmüştür (Şekil 2).

Birinci aşamada, yöntem ve araştırma alanına ilişkin literatür incelenmiştir.

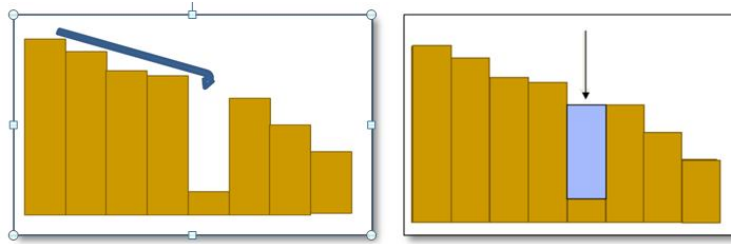
İkinci aşamada, ArcInfo 9.3, 3D Analiz Modülü ile çalışma alanını oluşturan sayısal topoğrafik haritalardan “Düzensiz Üçgen Ağı” (Triangulated Irregular Network, TIN) ve raster veri niteliğindeki “Sayısal Yükseklik Modeli” (Digital Elevation Model, DEM) verileri üretilmiştir (Booth 2000, Anonim 2004).



Şekil 2. Yöntem Akış Şeması

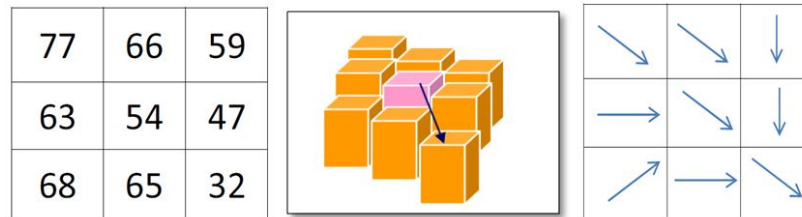
Üçüncü aşamada, havza sınırlarını belirlemek amacıyla, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelinde geliştirilmiş, Arc Hydro Modülü (Arc Hydro13) kullanılmıştır (Anonymous 1999, Cox and Madramootoo 1998, Maidment 2003). Modüle ilişkin, 10 analiz ile sınırlar tanımlanmıştır. Analiz aşaması aşağıda açıklanmıştır.

Arazi Verilerini Ön İşleme (Arc Hydro Terrain Preprocessing): Arazi verilerini ön işleme, Modüle güvenilir veri sağlamayı amaçlamaktadır. “DEM yenileme” (*DEM reconditioning*) ve “Boşlukları Doldurma” (*Fill sink-Fil*) olmak üzere 2 aşamadan oluşmaktadır. DEM yenileme, raster veri olan yükseklik değerlerinin (DEM), doğruluğu daha yüksek vektör veri niteliğindeki nehir ağları ile daha uyumlu olmasını sağlamaktadır. Kullanılacak nehir ağı verileri, nehre ait yükseklik değerlerini içeren, *feature class* veri tipinde olmalıdır. İşlem sonrası “*Agree DEM*” verisi elde edilecektir (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012). Boşlukları doldurma DEM’de yer alan boşluk hatalarının giderilmesini sağlamaktadır. Bir hücre daha fazla yükseklik değerine sahip olan hücrelerle çevrildiğinde, su yükseklik değeri az olan hücreye doğru akacak, boşluklar doldurulmadığı takdirde yüzey akışı olmayacaktır (Şekil 3). Model bu problemi çözmek amacıyla, bu aşama ile yükseklik değerini yeniden düzenlemektedir. Böylece drenaj ağlarının birbirinden kopuk, kesik kesik olması önlenmektedir. Bu aşamada, bir önceki aşamada üretilen “*Agree DEM*” verileri kullanılarak, “fil” verisi üretilmektedir (Anonim 2003, Anonymous 2009, Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).



Şekil 3. DEM veride oluşabilecek boşluklar ve doldurulması (Ayhan ve ark. 2012).

Akım yönünü belirleme (Flow direction-Fdr): Grid sistemi için akım yönünün hesaplandığı aşamadır. Her bir grid yükseklik değerine sahiptir ve su akışı, 8 grid içerisinde yükseklik değeri mukayese edilerek, en düşük olana doğru olacaktır (Şekil 4). Akış yönü bilgisayar ortamında, “8 yönlü akım modeli” kullanılarak ifade edilmektedir. Modülde gridin akım yönünü göstermek için yönlere bağlı olarak geliştirilen rakamsal değerler kullanılmaktadır (Şekil 5) (Örneğin, bir hücrede akımın Doğu yönünde olduğunu belirtmek için 1, Kuzeybatı yönünde olduğunu belirtmek için 32, vb. değerler kullanılmaktadır). Bu aşamada, bir önceki aşamada üretilen “fil” verisi kullanılarak, “fdr” verisi üretilmektedir (Anonim 2003, Djokic 2008, Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

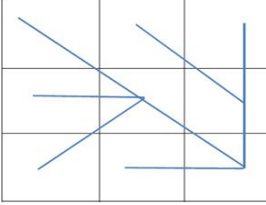


Şekil 4. Gridlerdeki su akış yönü (Ayhan ve ark. 2012)

32	64	128	KB	Kuzey	KD
16		1	Batı		Doğu
8	4	2	GB	Güney	GD

Şekil 5. Modülde, gridlerdeki su akış yönünün ifadesi (Ayhan ve ark. 2012)

Kümülatif akım hesaplama (*Flow Accumulation-Fac*): Her bir hücrenin su toplama alanında yer alan hücrelerin hesaplandığı aşamadır. Her bir hücrede 1 birim su bulunduğu varsayımından hareketle, en düşük kotta biriken su hesaplanmaktadır. Sistem, akımın oluşmayacağı hücrelerin değerini sıfır, suyun biriktiği hücreleri ise akımın olduğu hücre sayısı kadar rakam ile ifade etmektedir. Akım hesabı 8 hücre temel alınarak hesaplanmaktadır (Şekil 6). Bu aşamada, bir önceki aşamada üretilen “fdr” verisi kullanılarak, “fac” verisi üretilmektedir (Anonim 2003, Anonymous 2009, Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

	0	0	0
	0	3	2
	0	0	8

Şekil 6. Hüresel akım hesabı (Ayhan ve ark. 2012)

Nehir tanımlama (*Stream Defination-Str*): Sistemde çalışma alanına göre varsayılan eşik değeri alanına göre (örneğin 25 km², 26 km², vb.), dere tanımlamasının yapıldığı aşamadır. Eşik değerinin düşmesi nehir ağının yoğunluğu ve daha fazla sayıda su toplama alanını ifade etmektedir. Bu aşamada, bir önceki aşamada üretilen “fac” verisi kullanılarak, “Str” verisi üretilmektedir. Str verisinde nehrin yer aldığı tüm hücreler “1” değeri içermektedir (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

Nehir bölümlleme (*Stream Segmentaition-StrLnk*): Kendine özgü tanımlama numarasına sahip nehir bölümlerinin grid sisteminin oluşturulduğu aşamadır. Belirli bir bölümdeki, bütün hücreler, aynı grid koduna sahiptir ve bu kodlar o bölüme özgüdür. Her bir nehir kolu ayrı değere sahiptir. Bu aşamada, önceki aşamalarda üretilen “Fdr” ve “Str” verisi kullanılarak, “StrLnk” verisi üretilmektedir (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

Su toplama alanı oluşturma (*Catchment Grid Delineation-Cat*): Her bir hücre için, hücrenin ait olduğu alt su toplama alanını gösteren değere sahip grid sistemi oluşturulduğu aşamadır. Bu değer, nehir bölümlenmesinde tanımlanan alanın sahip olduğu değeri ifade etmektedir. Bu aşamada, önceki aşamalarda üretilen “Fdr” ve “StrLnk” verisi kullanılarak, “Cat” verisi üretilmektedir (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

Su toplama alanını poligonlama (*Catchment Polygon Processing-Catchment*): Su toplama alanına ilişkin üretilen raster verilerin, poligon özelliğine sahip vektör verilere dönüştürüldüğü aşamadır. Bu aşamada, bir önceki aşamalarda üretilen “cat” verisi kullanılarak, “Catchment” verisi üretilmektedir. Catchment haritasına ilişkin öz nitelik tablosu açıldığında; su toplama alanlarına ilişkin alan, çevre uzunluğu bilgilerine ulaşılmaktadır (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

Drenaj ağını belirleme (*Drainage Line Processing-DrainageLine*): Nehir bölümlleme süreci ile üretilen StrLnk gridinin, drenaj ağına (çizgisine) dönüştürüldüğü aşamadır. Drenaj ağında yer alan her bir çizgi, bu çizgiye ait su toplama alanının tanımlayıcısını içermektedir.

Bu aşamada, önceki aşamalarda üretilen “*StrLnk*” ve “*Fdr*” verisi kullanılarak, “*DrainageLine*” verisi üretilmektedir (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

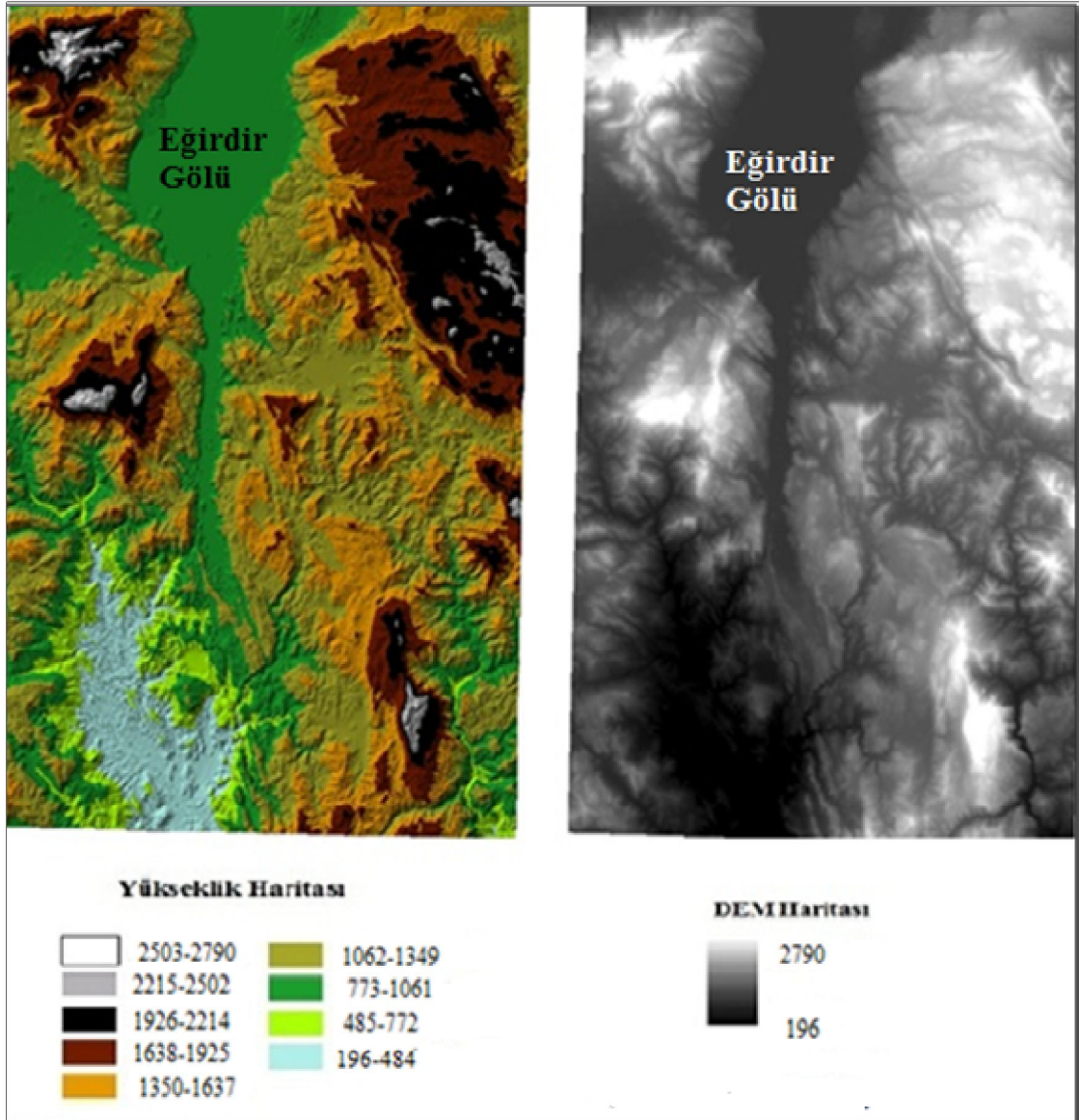
Drenaj noktasını belirleme (*Drainage Point Processing*): Belirlenen su toplama alanları için drenaj noktalarının belirlendiği aşamadır. Bu aşamada, önceki aşamalarda üretilen “*Fac*” “*Cat*” ve “*Catchment*” verisi kullanılarak, “*Drainagepoint*” verisi üretilmektedir (Mervade 2011, Ayhan ve ark. 2012).

4. aşamada, Drenaj Ağı, Drenaj Noktası, Su Toplama Alanı Poligon verileri ve DSİ Ana Nehir Havzası verilerinin değerlendirilmesi sonucunda Kovada Gölü’ne drene olan su toplama alanları ve bu çerçevede havza sınırları belirlenmiştir.

5. aşamada ise çalışmaya ilişkin değerlendirmeler ve öneriler geliştirilmiştir.

Bulgular

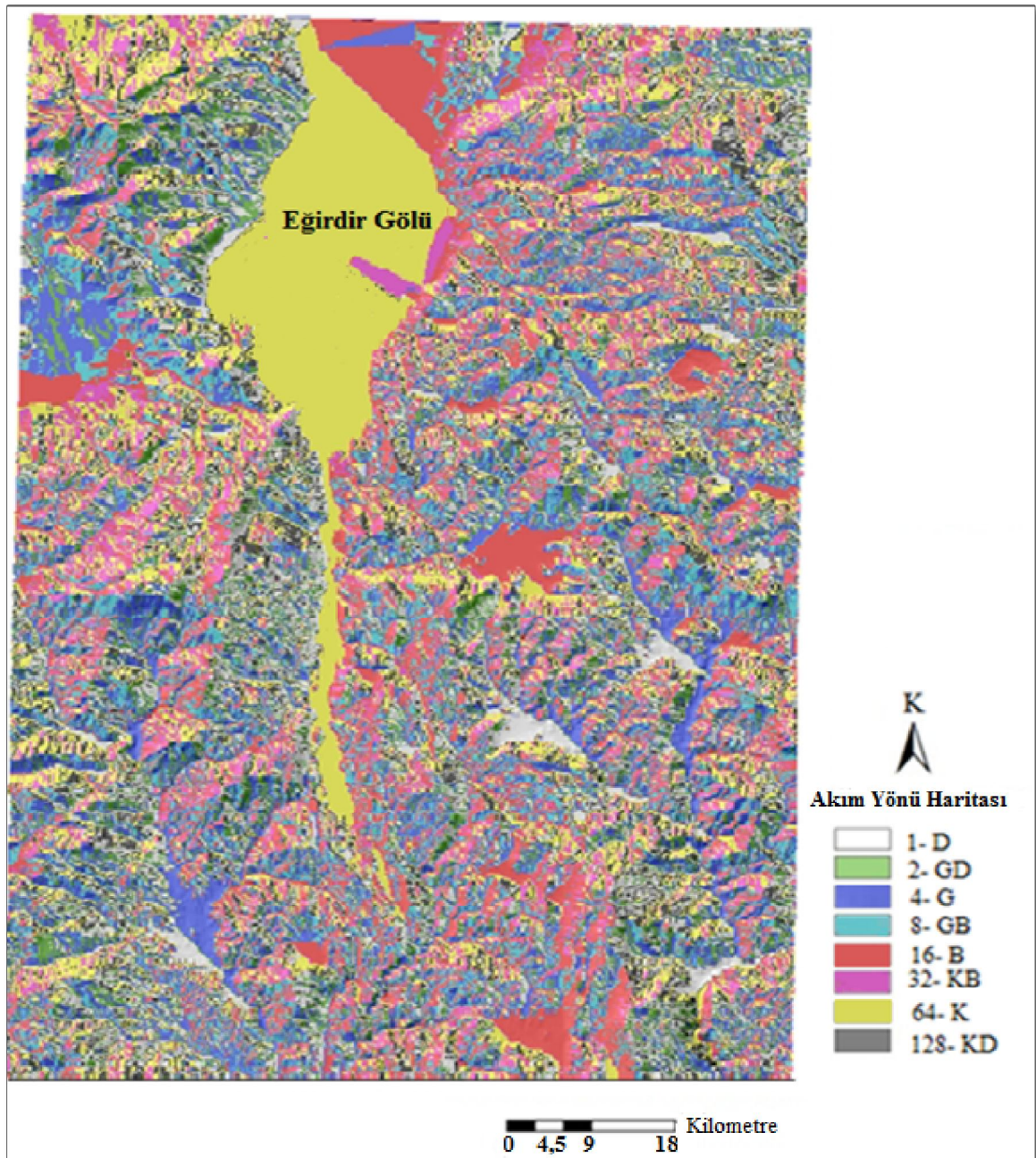
Arc Hydro Modülü, DEM verileriyle işlemektedir. Çalışma kapsamında, Modülü uygulayabilmek için, öncelikle mevcut sayısal topoğrafik haritalardan TIN ve DEM verileri elde edilmiştir (Şekil 7). Araştırma alanı, 2.790-196 m arasında değişen bir yüksekliğe sahiptir.



Şekil 7. Araştırma Alanı Yükseklik ve DEM Haritası (Karadağ 2012)

Modül çerçevesinde, ilk olarak yüzey hazırlama analizleri yapılmıştır. Analizin ilk aşamasında, üretilen DEM verileri ve DSİ nehir sistemleri sayısal verileri (Anonim 2010) kullanılarak, DEM yenileme işlemi yapılmıştır. Daha sonraki aşamada, bu veriler girdi olarak kullanılarak, boşlukları doldurma işlemi yapılmıştır. Böylece nehir ağlarına ilişkin daha doğru bir vektör veri oluşturacak veri elde edilirken, yüzey akışının sağlanması için verideki çok düşük kotlu hatalı hücrelerin yükseklik değerleri analiz için yeniden işlenmiştir.

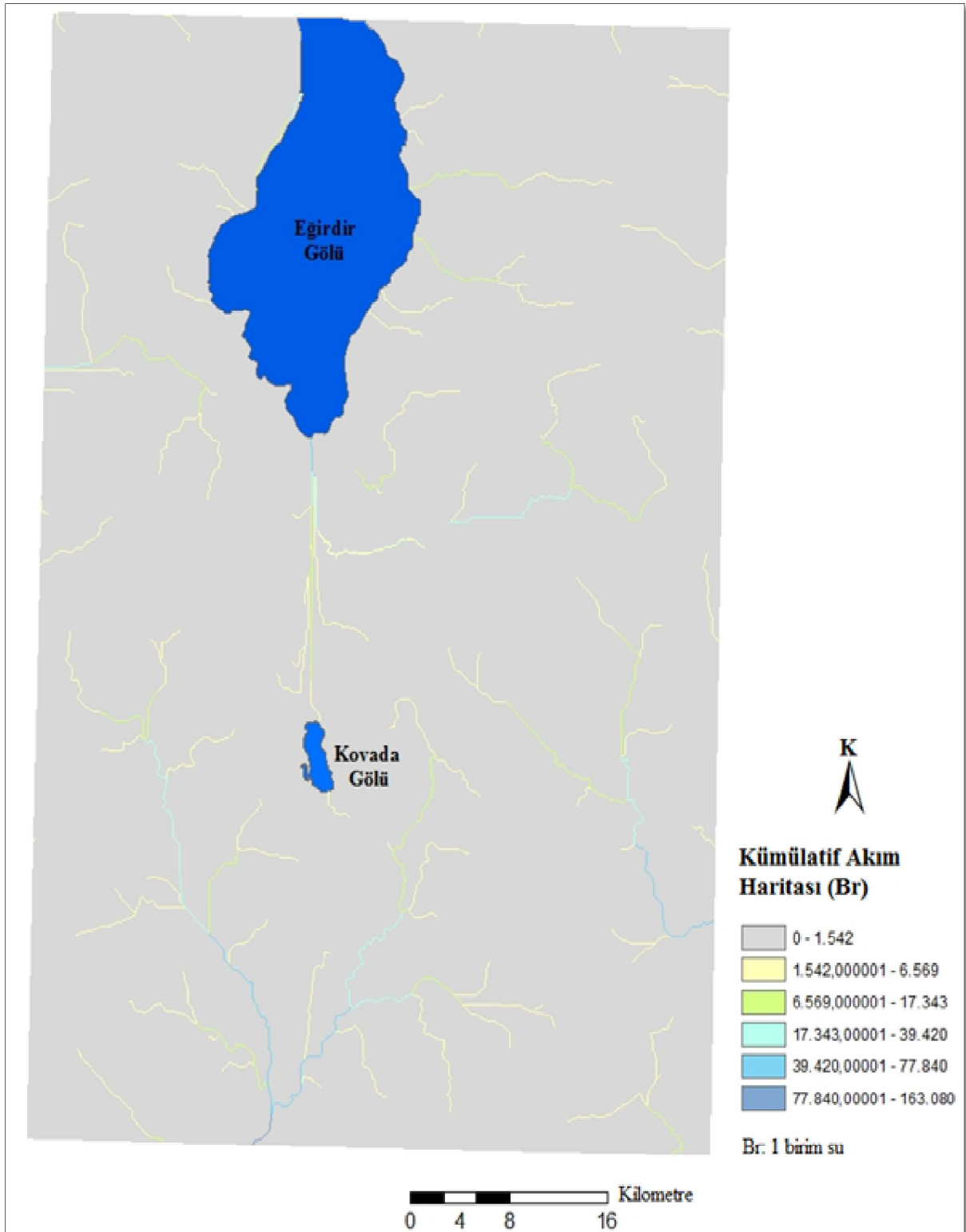
Düzeltilmiş veriler kullanılarak, “akım yönünü belirleme” işlemi çerçevesinde araştırma alanına ilişkin akım yönleri değerlendirilmiştir (Şekil 8). Akım yönü verisi incelendiğinde, hücrelerdeki akım yönü yoğunluğu “Kuzey(K), Batı(B), Güney(G), Doğu(D), Güneybatı(GB), Kuzeydoğu(KD), Güneydoğu(GD), Kuzeybatı(KB)” sıralamasına göre azalmaktadır.



Şekil 8. Araştırma Alanı Akım Yönü Haritası (Karadağ 2012)

Akım yönü verilerinin değerlendirildiği, “kümülatif akım hesaplama” işlemi ile araştırma alanına ilişkin kümülatif akım miktarları belirlenmiştir (Şekil 9). Kümülatif akım

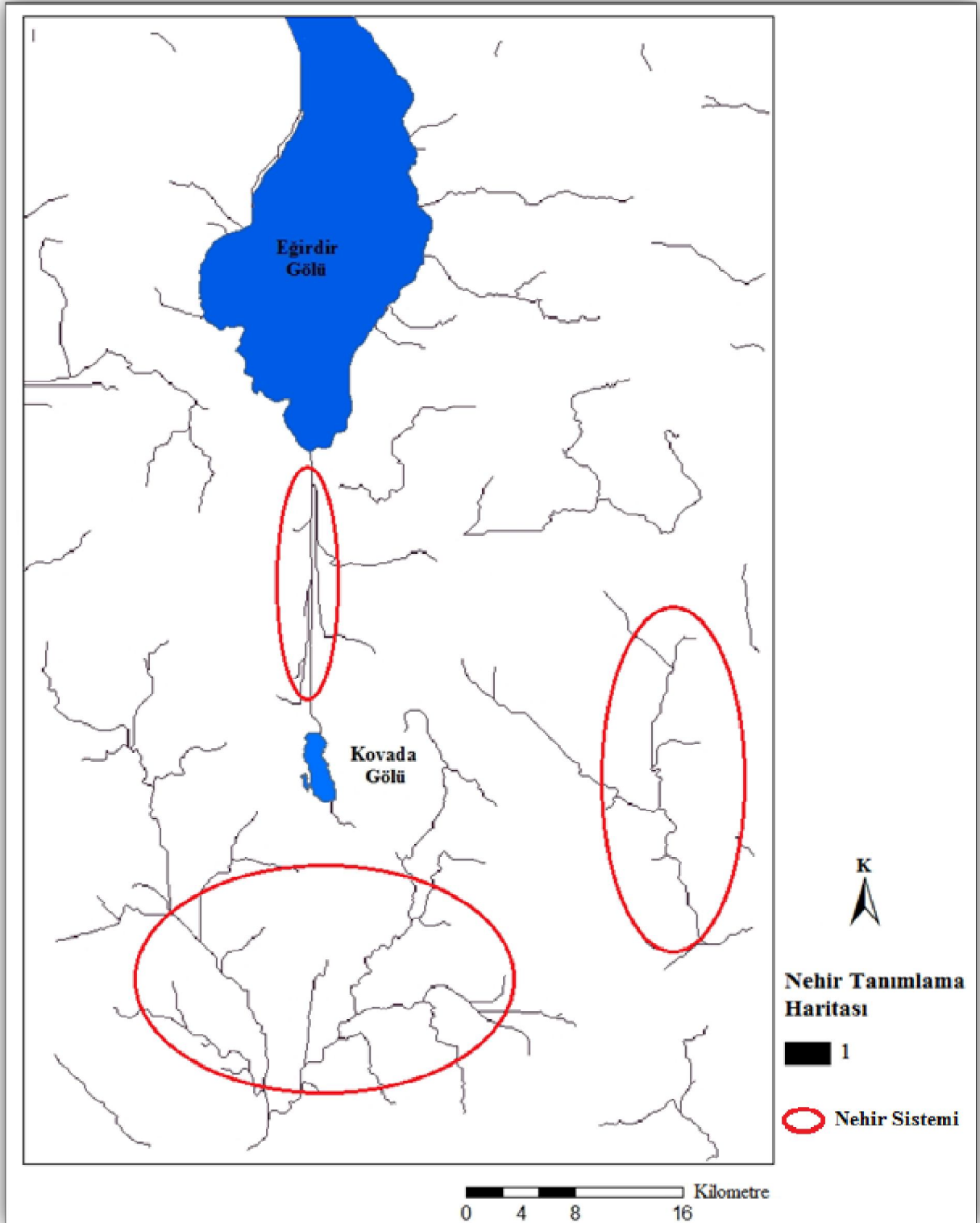
haritası incelendiğinde, biriken su miktarının mavi renge doğru arttığı görülmektedir. Aynı zamanda araştırma alanındaki su toplanma noktaları da belirlemeye başlamıştır.



Şekil 9. Araştırma Alanı Kümülatif Akış Haritası (Karadağ 2012)

Kümülatif akış haritasının değerlendirildiği, “nehir tanımlama” işlemi ile araştırma alanına ilişkin nehir sistemi belirlenmiştir (Şekil 10). Nehir sistemi belirlenirken, yaklaşık 16

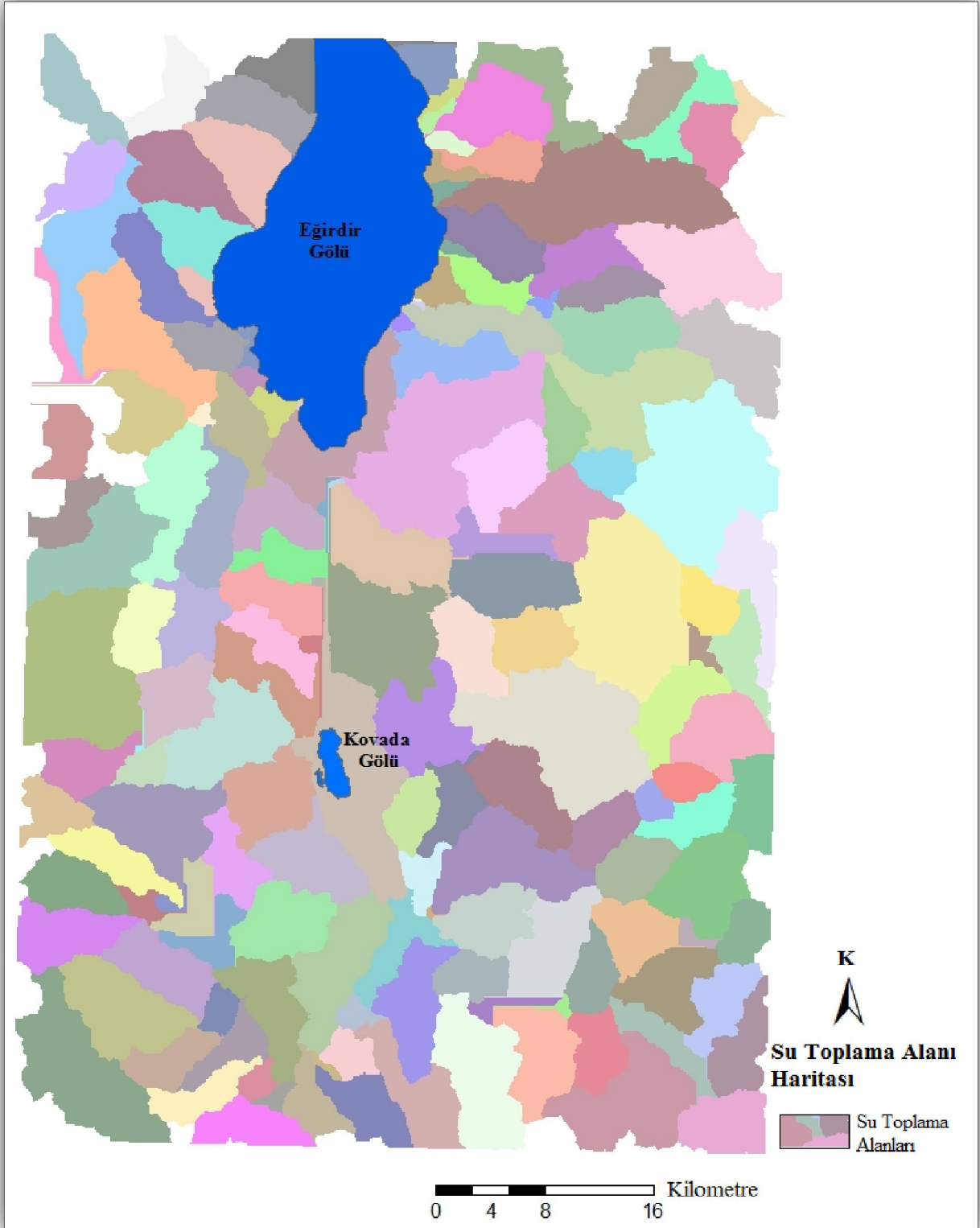
km² alan (su toplama alanı) dere oluşumu için sistemde eşik değer kabul edilmiştir. Nehir tanımlama haritası incelendiğinde, araştırma alanında 3 büyük nehir sistemi görülmüştür.



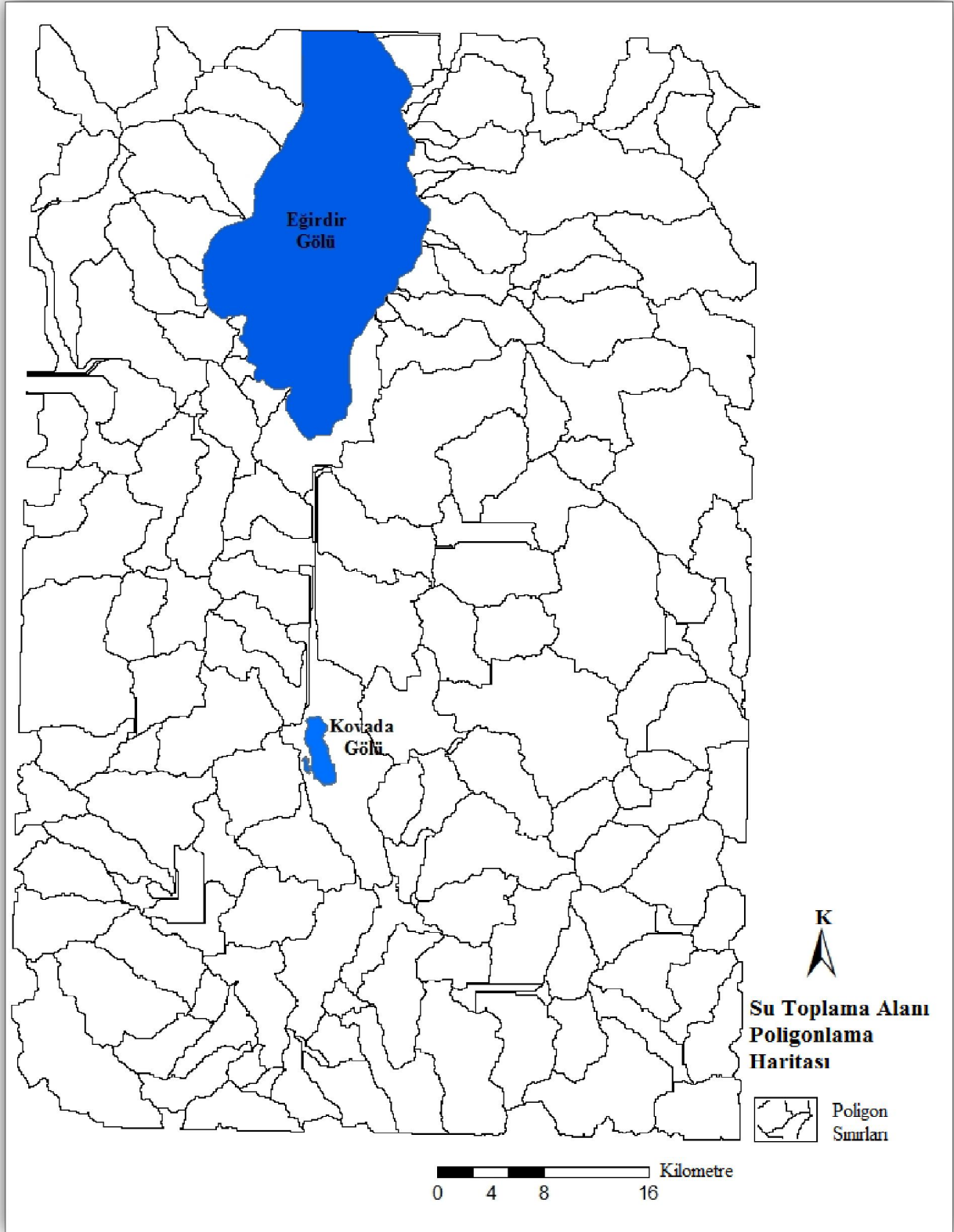
Şekil 10. Araştırma Alanı Nehir Haritası (Karadağ 2012)

Nehir tanımlama haritasının değerlendirildiği, “nehir bölümeleme” işlemi ile araştırma alanında 153 nehir kolu belirlenmiştir. 153 nehir kolunun lejant da ifadesi ve anlaşılması zor olacağı için bu çalışmada verilmemiştir. Daha sonraki aşamada nehir toplama alanı haritası

değerlendirildiği, “nehir toplama alanı oluşturma” işlemi ile 153 nehir kolunun ait olduğu, raster veri niteliğindeki su toplama alanı belirlenmiştir (Şekil 11). Daha sonra “su toplama alanını poligonlama” işlemi ile bu raster veriler, Şekil 12’deki poligonlara (vektör veri) dönüştürülmüştür. Su toplama alanlarına ilişkin alansal değer incelendiğinde, 310.000 m²-102.830.000 m² arasında değiştiği görülmüştür.

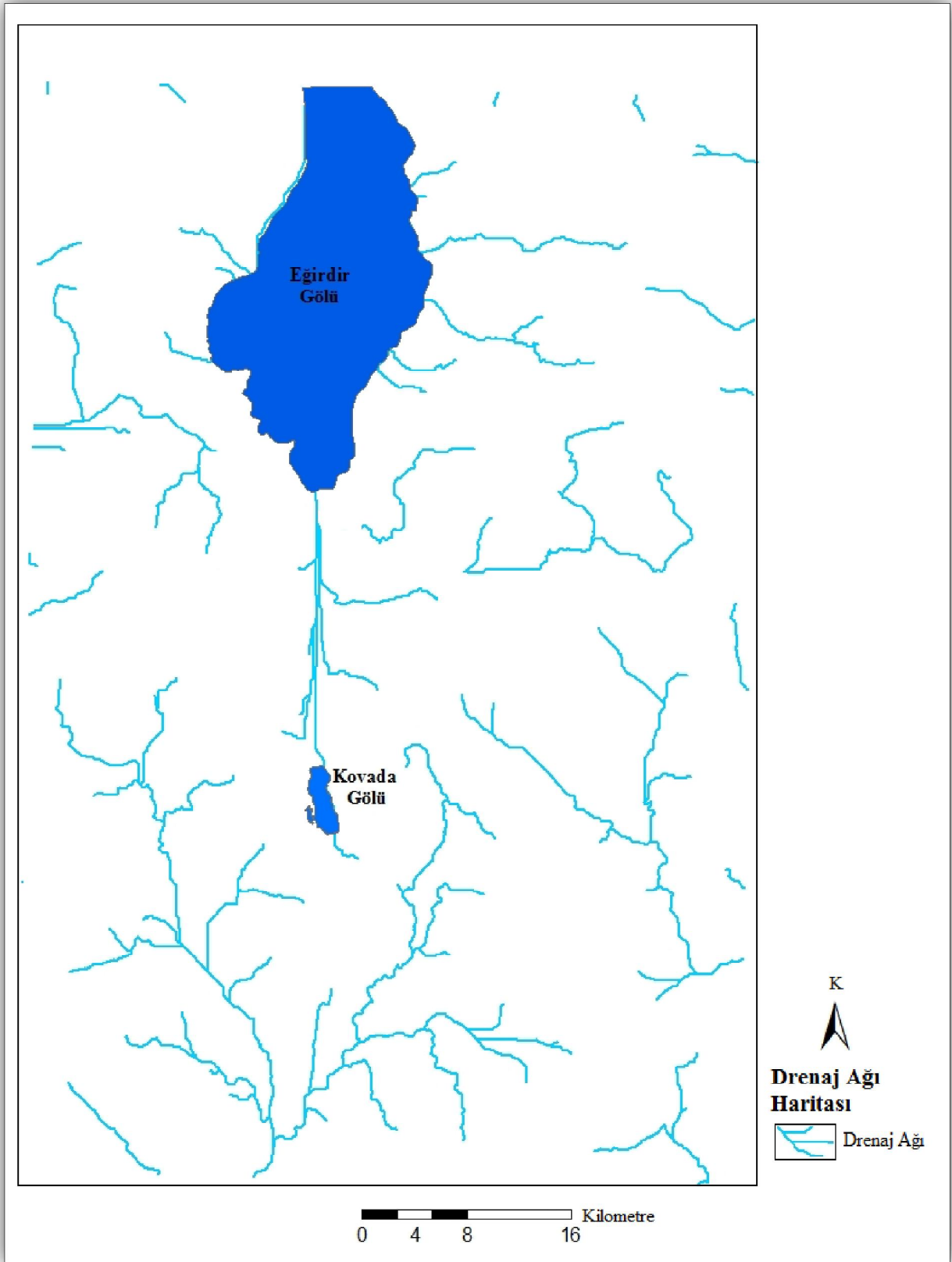


Şekil 11. Araştırma Alanı Su Toplama Alanı Haritası (Karadağ 2012)



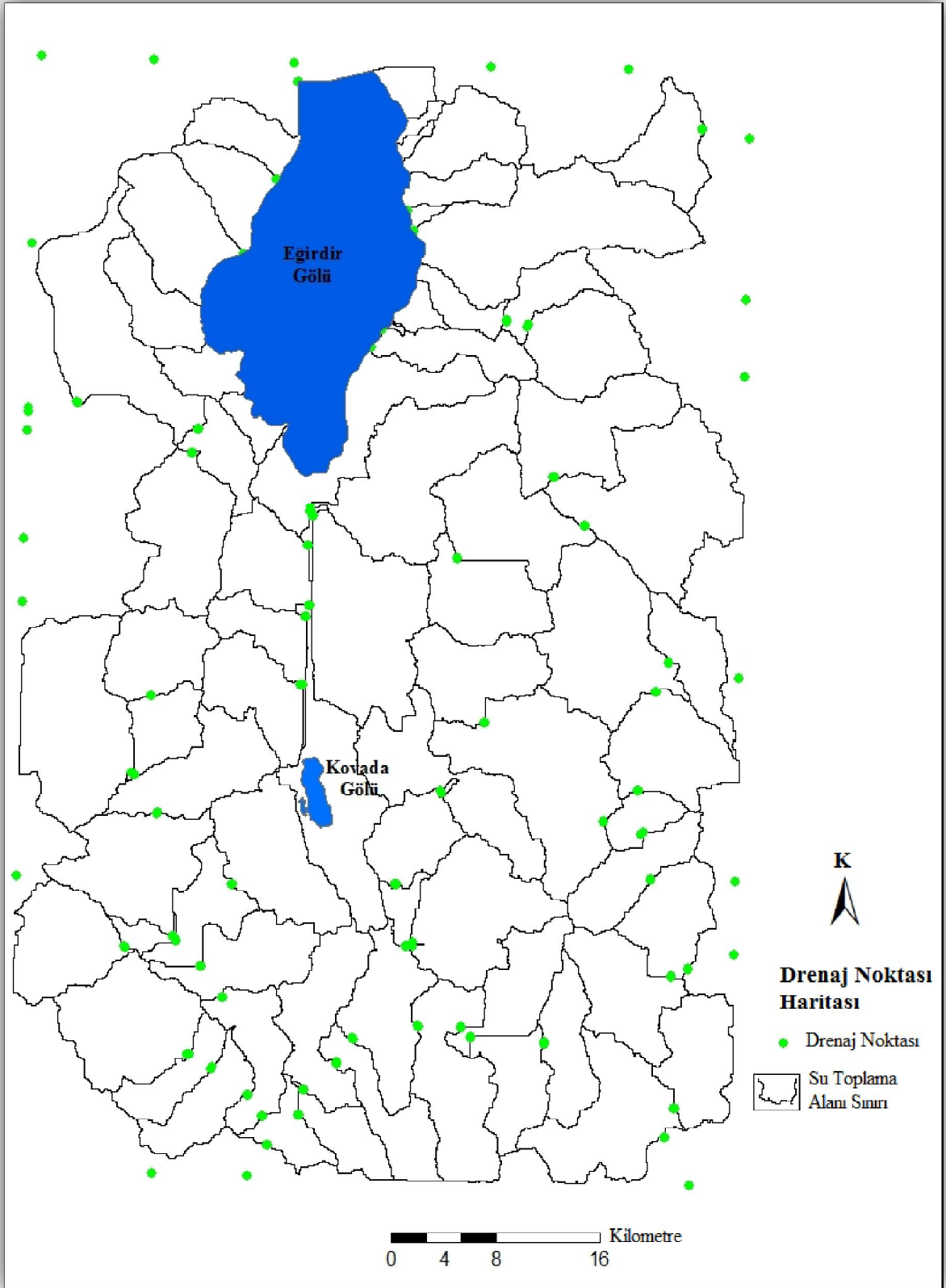
Şekil 12. Araştırma Alanı Su Toplama Alanı Poligonlama Haritası (Karadağ 2012)

Su toplama alanı poligonlama haritasının değerlendirildiği, “drenaj ağını belirleme” işlemi ile araştırma alanında, suyun toplandığı drenaj ağları belirlenmiştir (Şekil 13). Drenaj ağları incelendiğinde, drenaj ağı uzunluğunun 200 – 21.118 m arasında değiştiği, toplam drenaj ağına ise yaklaşık 824.867 m olduğu görülmüştür.



Şekil 13. Araştırma Alanı Drenaj Ağı Haritası (Karadağ 2012)

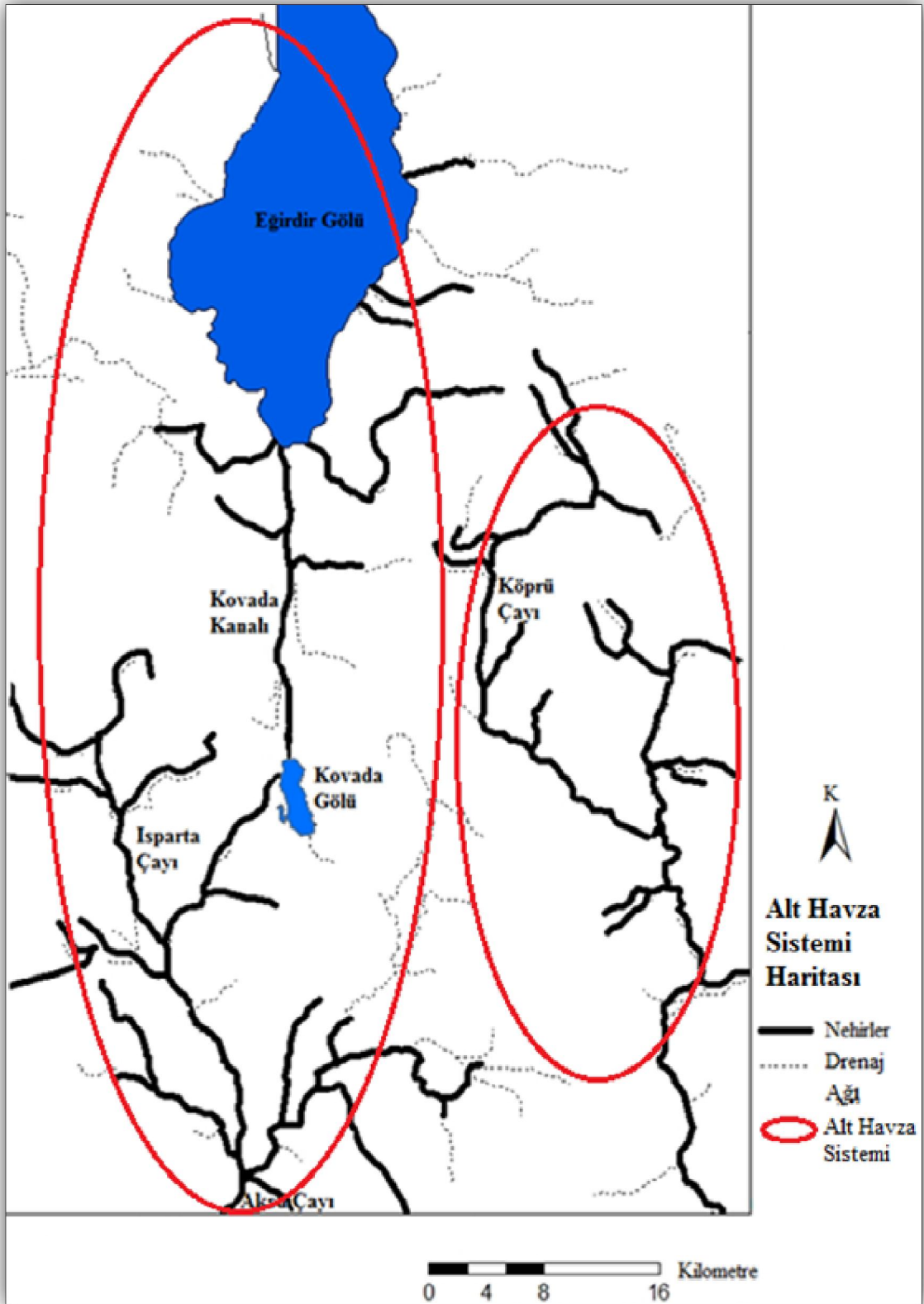
Kümülatif akım, su toplama alanı ve su toplama alanı poligonu verileri ile ana drenaj noktaları belirlenmiştir. Drenaj noktaları, drenaj ağlarıyla gelen suyun biriktiği noktalardır (Şekil 14).



Şekil 14. Araştırma Alanı Drenaj Noktası Haritası (Karadağ 2012)

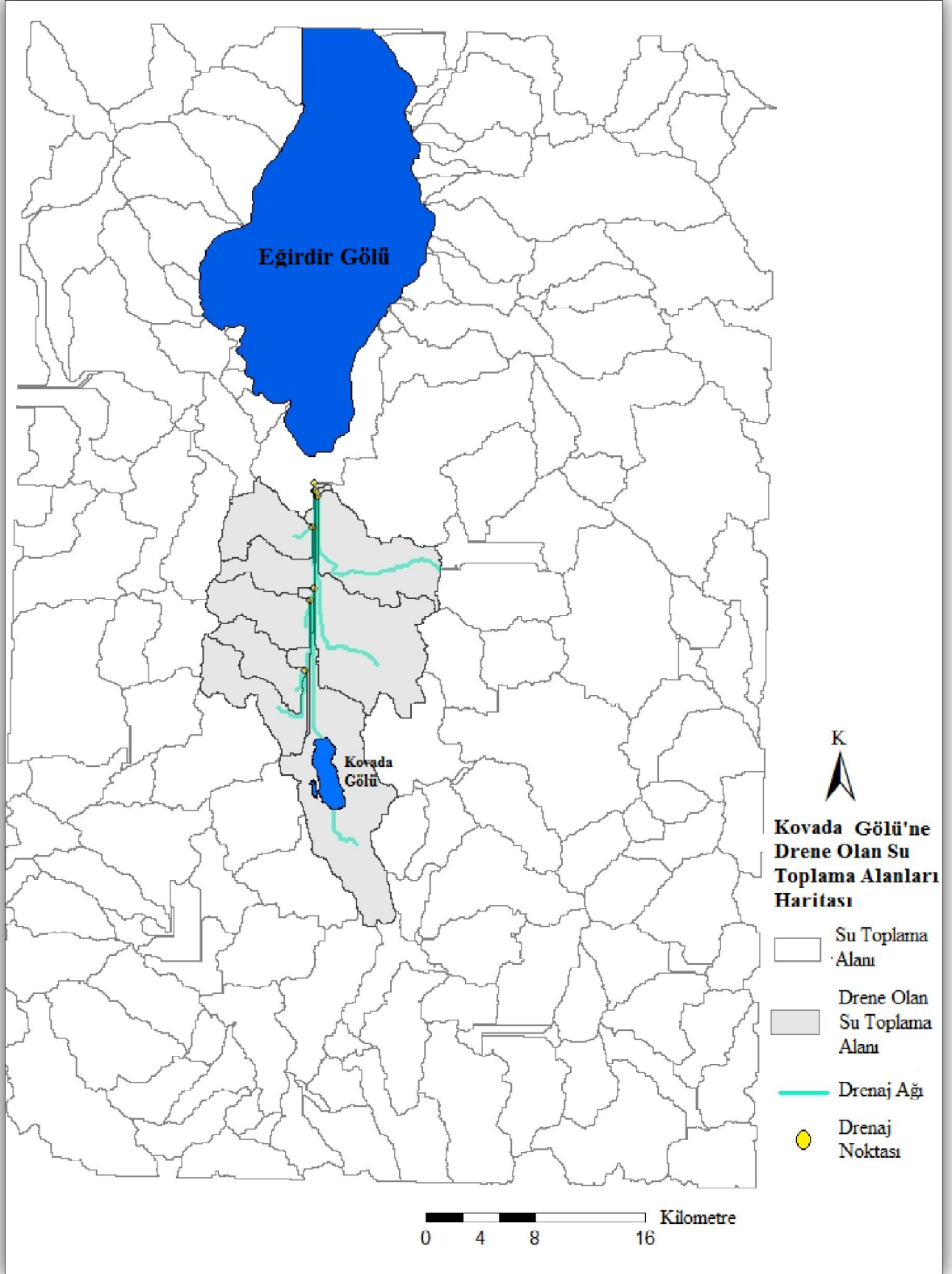
Araştırmanın bu aşamasında analizler sonucu ulaşılan drenaj ağı ve DSİ sayısal nehir ağı verileri karşılaştırılarak, alandaki yüzeysel akış sistemi değerlendirilmiştir (Şekil 15). Araştırma kapsamında değerlendirilen alanda, 2 alt havza sistemi tespit edilmiştir. Kovada

Gölu ve Eğirdir Gölu'nün, Akdeniz'e dökülen Aksu Çayı üzerinde yer aldığı görülmüştür. Bu durumda Eğirdir ve Kovada Gölu, Aksu Çayı Havzası'nda yer alan bir alt havzadır.



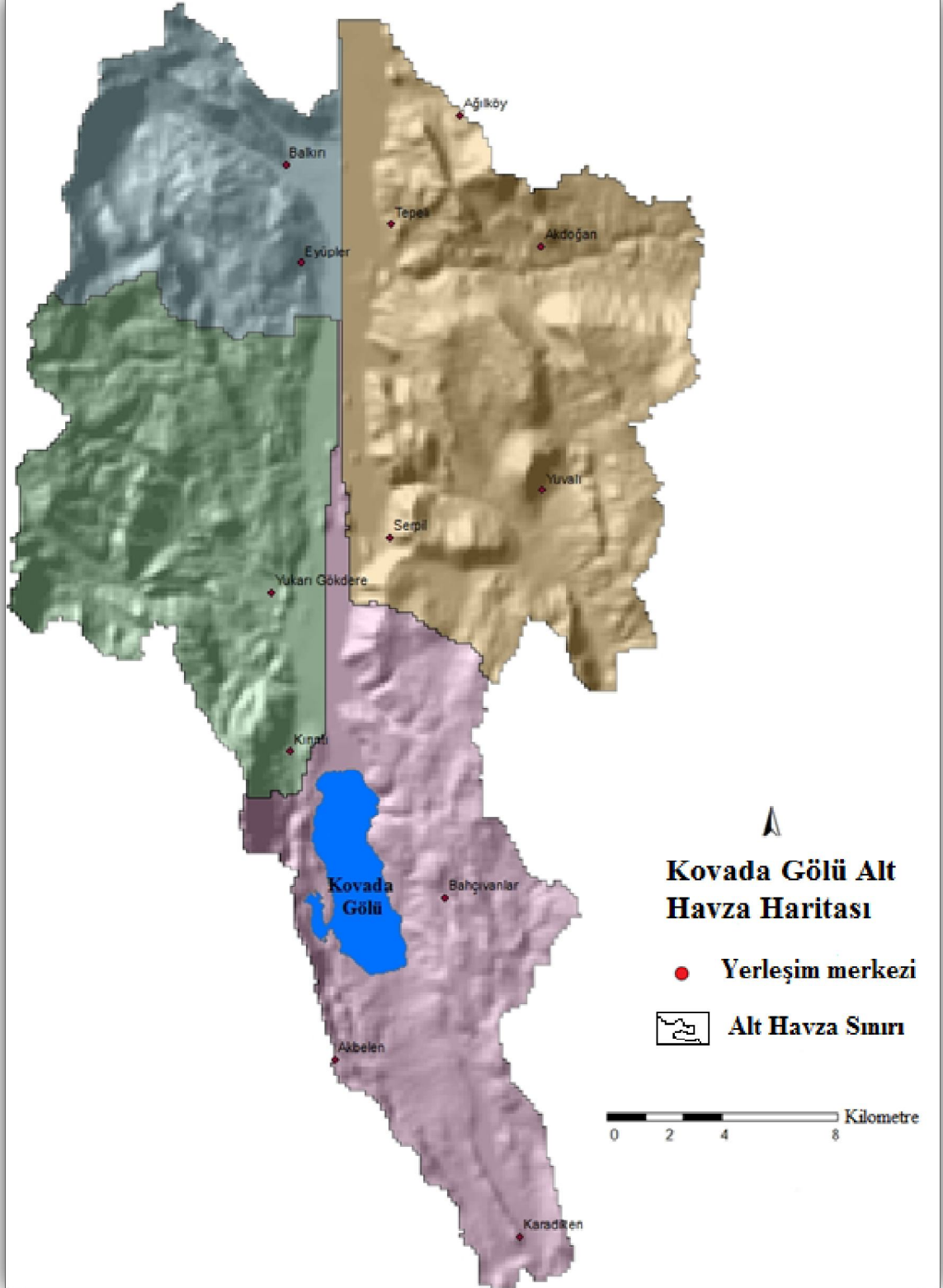
Şekil 15. Araştırma Alanı Alt Havza Sistemi Haritası (Anonim 2010, Karadağ 2012)

Analizler sonucu elde edilen Su Toplama Alanı Poligon Haritası, Drenaj Ağı Haritası, Drenaj Noktası Haritası ve Araştırma Alanı Alt Havza Sistemi haritasının çakıştırılması sonucunda Şekil 16’da verilen Kovada Gölü’ne drene olan su toplama alanlarına ulaşılmıştır.



Şekil 16. Kovada Gölü’ne Drene Olan Su Toplama Alanları Haritası (Karadağ 2012)

Kovada Gölü'ne drene olan su toplama alanları, Kovada Gölü Alt Havzası'nı oluşturmaktadır. Alt havza yaklaşık 184.410.000 m² alan ve 214.800 m çevreye sahiptir. Alt havzada 15 drenaj kolu bulunmaktadır ve drenaj kollarının toplam uzunluğu yaklaşık 77.489 m'dir. Ayrıca 13 su toplama alanı ve 13 drenaj noktası belirlenmiştir. Drenaj kollarına göre alt havza, 4 ana alt havzaya ayrılabilir (Şekil 17).



Şekil 17. Kovada Gölü Alt Havzası (Karadağ 2012)

Sonuç ve Öneriler

Arc Hydro analiz sonuçları, Kovada Gölü ve Eğirdir Gölü'nün tek bir alt havza sistemi içinde, bir bütün olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Çünkü sistem aynı nehir kolu üzerinde yer almakta ve Aksu Çayı'na bağlanmaktadır (Şekil 15). Aksu Çayı, Akdeniz'e dökülen, Antalya Ana Nehir Havzası'nın bir havzasıdır. Bu durumda, Eğirdir Gölü, Aksu Çayı Havzası'nın, bir alt havzasıdır; Kovada Gölü ise, Eğirdir Gölü Alt Havzası'nın, daha küçük bir alt havzasıdır.

Havza sınırlarının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Topoğrafik haritalardaki su ayırım çizgileri, tepe noktaları, su kaynakları ve dere yataklarının değerlendirilmesi sonucu, havza sınırlarının el ya da bilgisayar (sayısallaştırma) ile çizimi geleneksel yöntemlerdir. Geleneksel yöntemler, kullanıcılara göre farklı sonuçlara neden olabilmektedir. Ayrıca havzaya ilişkin drenaj ağ sistemi, drenaj noktaları ve drenaj uzunlukları gibi bilgilerin üretilmesi de zordur. CBS temelinde geliştirilmiş olan Arc Hydro Modülü, havza sınırlarının belirlenmesinde kullanılan yeni bir yöntemdir. Modül, arazi yapısı, mevcut nehir ağı, yüzey suyu akışı ve yüzey suyu kayıplarının (buharlaştırma, yeraltı suyunun beslenmesi, vb.) değerlendirilmesiyle kurgulanmış bir analiz sistemine sahiptir. Analizlerin başarısında, ilk girdi veri olarak kullanılacak DEM verileri ve mevcut nehir ağı verilerinin doğruluğu önemlidir. Rodger (2011), Modülde kullanılacak DEM verilerinin, en fazla 30 m aralığa sahip eşyüksele eğrilerinden üretilmesi gerektiğini ve eşyüksele eğrileri arasındaki mesafe düştükçe daha doğru verilerin elde edilebileceğini belirtmiştir.

Türkiye'de havza ölçeğinde yürütülen araştırmalarda, havza sınırı, sayısal topoğrafik haritaların pahalı olması ve sayısallaştırma işleminin zorluğu sebebiyle, asgari sayıda harita ve geleneksel yöntemlerin kullanılması ile belirlenmektedir. Bu durum, ana nehir havzasına bütün olarak bakmayı önleyerek, doğru havza ve alt havza sınırı elde edilmesini engellemekte ve çalışmaların hatalı bir alan üzerinde yürütülmesine neden olmaktadır. Bu sorunlar, Türkiye Ana Nehir Havzaları bütününde, Arc Hydro Modülünün kullanımı ile elde edilecek havza verileri (havza, alt havza, mikro havza), bu verilerin doğal kaynaklara ilişkin ulusal bir veri tabanında yer alması ve ortak kullanıma sunulması ile çözümlenebilir. Bu kapsamda, Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen sayısal topoğrafik haritalar, Modül için yeterli verilerdir. Ayrıca DSI tarafından üretilmiş sayısal "Ana Nehir Havzası" ve "Nehir Ağı" verileri, analiz sürecinde, DEM haritalarının doğruluğunu artırmak ve alan drenaj sistemini değerlendirmek için kullanılabilir yeterli miktardadır.

Türkiye'de, son zamanlarda oldukça sık gündeme gelen, havza yönetimi ve planlaması (Havza Koruma Eylem Planları) sürecinde, "*Türkiye havza hiyerarşik yapısının belirlenmesi ve havza temelli su kaynakları veri tabanının oluşturulması*" konularına, Arc Hydro Modülü ile elde edilecek sayısal "havza sınırları" çözüm sağlayacaktır. Özellikle CBS temelinde oluşturulacak bir veri tabanında, "havza" veri katmanı olarak kullanılabilir. Ayrıca Modül, çeşitli ara yüzlerle geliştirilerek, ihtiyaca göre farklı analizlerde (örneğin karstik havzalarda, jeolojik verilerde analiz sürecine dahil edilebilir, vb.) sağlayabilecek niteliktedir.

Sonuç olarak, CBS temelinde geliştirilen Arc Hydro Modülü, havza hiyerarşisinin belirlenmesinde, doğru ve yeterli veri kullanımı ile hızlı, kolay, doğru ve detaylı bilgi üretimi sağlamaktadır.

Kaynaklar

- Anonymous 1999. Watershed Management for the Harris Ranch Development Area Near Boise Idaho. Final Report. Gateway Mapping, Inc.-NASA Earth Science Enterprise Commercial Remote Sensing Program-Utah State University, USA.
- Anonymous. 2005. A User's Guide to Watershed Planning in Maryland Center for Watershed Protection, <http://www.cwp.org> Erişim Tarihi: 27.10.2005

- Anonymous. 2006a. Watershed Protection, <http://www.epa.gov/owow/watershed> Erişim Tarihi:11.02.2006
- Anonymous. 2006b. What is a Catchment, <http://www.epa.nsw.gov> Erişim Tarihi: 06.05.2006
- Anonymous. 2006c. Know Your Watershed, <http://www2.ctic.purdue.edu/kyw> Erişim Tarihi: 08.04.2007
- Anonymous. 2007a. Watershed Management Division, <http://www.forest.go.th> Erişim Tarihi: 08.04.2007
- Anonymous. 2007b. Watershed Management Division, <http://www.forest.go.th> Erişim Tarihi: 08.04.2007
- Anonymous 2009. Arc Hydro Tools Version 1.3-Tutorial. ESRI, New York, USA.
- Anonymous 2012. 2000/60/EC: Directive of The European Parliament and of The Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in The Field of Water Policy,<http://www.managenergy.net> (Erişim Tarihi: 17.08.2012).
- Anonim 2003. ArcGIS Spatial Analyst yazılımı. Kurs Notları. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Eğitim Ltd.Sti.Ankara.
- Anonim 2004. ArcGIS 9. Uygulama Dokümanı. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Eğitim Ltd. Sti. Ankara.
- Anonim 2010. Türkiye'nin Ana Nehir Havzası Sayısal Verileri. Orman Su İşleri Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürü, Ankara.
- Ayhan, N. G., Seyrek, K. Ve Sargın, A. H., 2012. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hidroloji Uygulamaları. Kurs Notları. İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Eğitim Ltd.Sti.Ankara.
- Başayığıt, L. 2012. Eğirdir Gölü Sayısal Topoğrafik Haritalar. Uzaktan Algılama ve CBS Laboratuvarları Dokümanları. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimleri ve Bitki Beslenme Bölümü, Isparta.
- Booth, B. 2000. Using ArcGIS 3D Analyst GIS by ESRI. Environmental Systems Research Institute, Inc, USA.
- Cox, C. and Madramootoo, C. 1998. Application Of Geographic Information System In Watershed Management Planning in St. Lucia. Computers And Electronics In Apriculture Journal, Issue 20, pp 229-250
- Dijokic, D. 2008. Comprehensive Terrain Preprocessing Using Arc Hydro Tools. ESRI, New York, USA.
- Karadağ, A. A. 2006. Avrupa Birliği Su Politikaları Çerçevesinde Türkiye'deki Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Karadağ, AA. 2007, Katılımcı Havza Yönetim Modelinin Oluşturulması: Kovada Gölü Örneği. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mervade, V. 2011. Watershed and Stream Network Delination. School of Civil Engineering, Purdue University ([www. web.ics.purdue.edu/~vmervade/education/terrain_processing.pdf](http://www.web.ics.purdue.edu/~vmervade/education/terrain_processing.pdf)) Erişim Tarihi: 20.11.2011
- Maidment, D. R. 2003. Arc Hydro GIS for Water Resources. Published by ESRI.USA.
- Mostaghimi, S., Park, S.W., Cooke, R.A. and Wang S. Y. 1997. Assesment Of Management Alternatives On A Small Agricultural Watershed. Journal of Water Resources, Vol 31, No 8, pp 1867-1997.
- Rodger, J. 2011. Watershed Analysis. Principles of GIS Lecture Notes. Summer School. Mississippi State University, Department of Geology, Mississippi, USA.