




Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Relief Morfometrisi

Relief Morphometry of the North Anatolian Fault Zone and Kızılırmak Basin (Çorum) in the South

Mustafa ARIKAN¹
Tevfik ERKAL²
Topçu Ahmet ERTEK³

¹İbrahim Ethem Kız Anadolu İmam Hatip Lisesi, Konya, Türkiye
²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı, Türkiye
³İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Kuzey Anadolu Fay (KAF) Zonu ve güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) jeomorfolojik karakterinin relief analizleri ile ortaya konulmasını, relief özellikleriyle zeminin litolojik ve tektonik durumu arasındaki ilgiyi açıklamayı amaçlayan bu çalışmada Topografik Pozisyon İndeksi, Mutlak Yükseklik, Hipsometrik Eğri ve İntegral (HE-HI), Göreli Yükseklik, Bakı, Topografik Açıklık, Eğim, Yamaç Uzunluğu, Yamaç Şekli, Yüzey Engebelleliği, Havza Reliifi, Relief Oranı, Engebellelik Değeri, analizlerinden faydalanılmıştır. Bu analizler 30 metre çözünürlüklü ALOS SYM verisi kullanılarak Arc GIS ve Saga GIS yazılımlarının yüzey analizleri modülleri ve bazı algoritmalar yardımıyla elde edilmiş, haritalanmıştır. Morfometrik parametreler kuzeyde Kargı ve Osmancık çevresinde relief özelliklerini belirleyen unsurların özellikle KAF'nin yüksek tektonik aktivitesi ve zeminin aşınma karşı dayanımlı litolojik unsurlarıyla ilgili olduğunu göstermektedir. Güneyde ise Uğurludağ çevresine doğru litolojik ve tektonik yönden değişen şartlar ve erken kurulmuş drenaj sistemleri daha basık ve olgun bir topografyanın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu iki farklı kesimi birbirinden ayıran güneyde Salur, kuzeyde Hacıhamza boğazları çevresinin genç bir topografyaya özgü morfometrik parametreler göstermesi KAF Zonu ile güneyindeki Orta Anadolu Neojen gölleri arasında drenaj ilişkisinin oldukça yakın bir jeolojik geçmişte kurulduğunu işaret etmektedir. Genel olarak havzalarda akış enerjisini artıran Yüzey Engebellelik İndeksi'nin, Havza Reliifi'nin, Relief Oranı'nın ve Engebellelik değerinin en yüksek olduğu kesimlere Köş Dağı, Ilgaz Dağı, Çal Dağı ve Saraycık Dağı gibi dağlık alanlardan KAF Zonu'na veya Hacıhamza Fay Zonu'na akaçlanan alt havzalarda rastlanmış olması sahanın relief özellikleri üzerinde tektonik etkinin en belirgin unsur olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Jeomorfolojik analiz, Kızılırmak Havzası, Kuzey Anadolu Fay Zonu, relief morfometrisi

ABSTRACT

This study aims to explain the relief characteristics of the Kızılırmak Basin south of the North Anatolian Fault Zone. For this purpose, the topographic position index, absolute height, hypsometric curve and integral, relative height, aspect, topographic openness, slope, slope length, slope form, terrain ruggedness, basin relief, relief ratio, and ruggedness number analyses were applied. It is also understood from morphometric parameters that the elements that determine the relief characteristics in the north of the study area are the high tectonic activity and lithological elements of the North Anatolian Fault. In the south, lithological and tectonically changing conditions and early established drainage systems toward the vicinity of Uğurludağ have led to the emergence of a more flattened and mature topography. The fact that the area around the Salur Strait in the south and the Hacıhamza Strait in the north, which separate these two different sections, shows some morphometric parameters related to a young topography indicates that the drainage relationship between the North Anatolian Fault Zone and the Central Anatolian Neogene lakes in the south was established in a very young geological past. Generally, the flow energy of the river basins is increased by the high values of terrain ruggedness index, basin relief, relief ratio, and ruggedness number. The highest of these parameters are found in the basins from Köş, Ilgaz, Çal, and Saraycık mountains to the North Anatolian Fault Zone and Hacıhamza Fault Zone. All these suggest that tectonic influence on the relief properties of the work area is the most obvious factor.

Keywords: Geomorphometric analysis, Kızılırmak Basin, North Anatolian Fault Zone, relief morphometry

Geliş Tarihi/Received: 09.04.2022

Kabul Tarihi/Accepted: 07.09.2022

Yayın Tarihi/Publication Date: 10.03.2023

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Mustafa ARIKAN

E-mail: arikan.must@gmail.com

Cite this article as: Arıkan, M., Erkal, T., & Ertek, T. A. (2023). Relief morphometry of the North Anatolian Fault Zone and Kızılırmak Basin (Çorum) in the South. *Eastern Geographical Review*, 28(49), 8-27.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

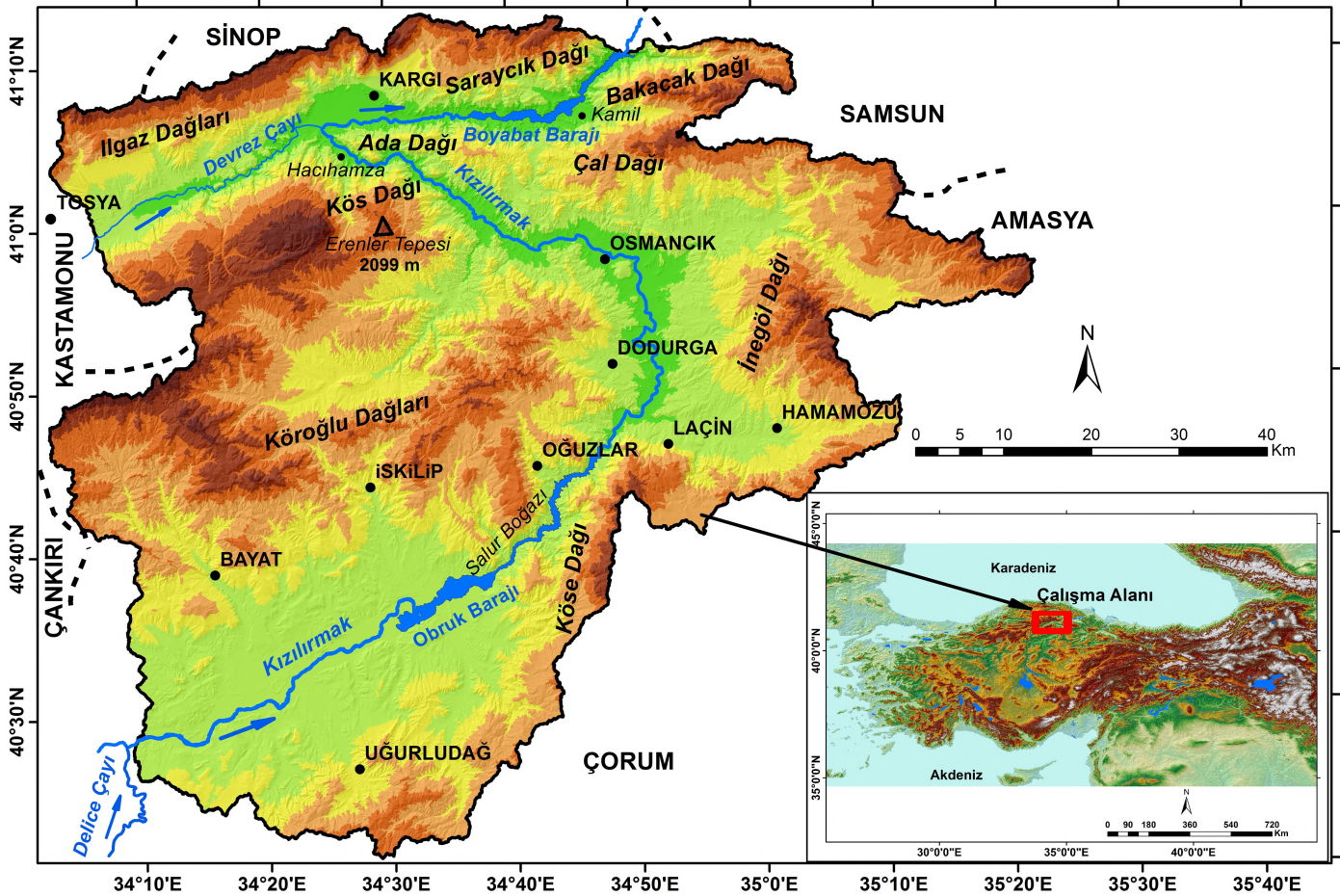
Giriş

Orta Anadolu'nun kuzeyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) içine yerleşmiş olan Kızılırmak'ın, Orta Anadolu'nun Neojen göl- sel serilerinden oluşan düzlüklerinden Kuzey Anadolu Dağları'na ve KAF Zonu'nu geçerek Bafra Deltası'nda Karadeniz'e ulaşması Anadolu'da Neotektonik hareketlerin flüviyal süreçler üzerindeki etkisini ortaya koyabilmek açısından önemli bir yere sahiptir. Litolojik, tektonik ve jeomorfolojik özellikler bakımından farklılıklar gösteren bu geçiş sahasında Kızılırmak Havzası'nın relief karakterinin bu unsurlardan ne düzeyde etkilendiğinin ortaya konulmasının amaçlanması çalışılan lokalitenin de belirlenmesinde etkili olmuştur. Bu lokalite kuzeyde KAF Zonu içerisinde Devrez Çayı ile Kızılırmak'ın birleşim yeri çevresinden, güneyde Uğurludağ yakınlarındaki Delice Çayı'nın Kızılırmak ile birleşim yeri arasında kalan sahadır (Şekil 1). Sahanın jeomorfolojik karakterinin farklı relief analizleri ile ortaya konulmasında, Topografik Pozisyon İndeksi (*Topographic Position Index*), Mutlak Yükseklik (*Absolute Height*), Hipsometrik Eğri ve İntegral (*HE-HI*), Görelî Yükseklik (*Relative Height*), Bakı (*Aspect*), Topografik Açıklık (*Topographic Openness*), Eğim (*Slope*) Yamaç Uzunluğu (*Slope Length*), Yamaç Şekli (*Slope Form*), Yüzey Engebelliği, Havza Reliefi (*Basin Relief*), Relief Oranı (*Relief Ratio*), Engebellik Değeri (*Ruggedness Number*) analizlerinden yararlanılmıştır.

Sahanın güney kesimlerini oluşturan Çankırı Havzası'nda Neotetis Okyanusu Maastrichtiyen'de (Geç Kretase) kapanmış, bölgenin Tersiyer tektoniği, bu okyanusal ortamın kapanmasını sağlayan ve sonra da devam eden kompresyonel rejim tarafından kontrol edilmiştir (Tüysüz & Dellaloğlu, 1994). Eosen'de sahada Okyanus kapanımını izleyen magmatik bir dönem başlamıştır. Aynı süreçte deforme olmuş Pontid-Anatolid kenet kuşağı çoğunlukla Eosen'in sığ denizel veya karasal çökelleriyle örtülmüş (Şengör & Yılmaz, 1983; Tokay, 1973) havzada çökelim Oligosen'de karasal bir nitelik kazanmıştır (Tüysüz & Dellaloğlu, 1994). Orta-Geç Miyosen'de Kuzey Anadolu Fayı ve kollarının meydana getirdiği yanal atımlı fay sistemleri etkili olmaya başlamış, Geç Miyosen'de bölge yükselerek bir aşınım alanı haline gelmiştir (Şengör & Yılmaz, 1983; Tüysüz & Dellaloğlu, 1994).

Çalışma alanı, güney kısmını oluşturan Tersiyer çökelti havzasında Erken Eosen'den Pliyosen'e kadar denizel ve göl- sel çökeller, kalın, katmanlı istifler oluşturmuştur. Bu katmanlı istifler, meydana gelen tektonik hareketlerden yaş ve konumlarına göre farklı şiddette etkilenmişlerdir. Bu durum sahada yatay, monoklinal, kıvrımlı ve faylı yapıların ve bu yapılarla özgülüşmüş gelişimini sağlamıştır (Arıkan, 2020).

Sahanın kuzeyindeki yükseltiler Sakarya Zonu'nun temele ait kayaçlarından meydana gelmektedir. Bu kayaçlar genel olarak,



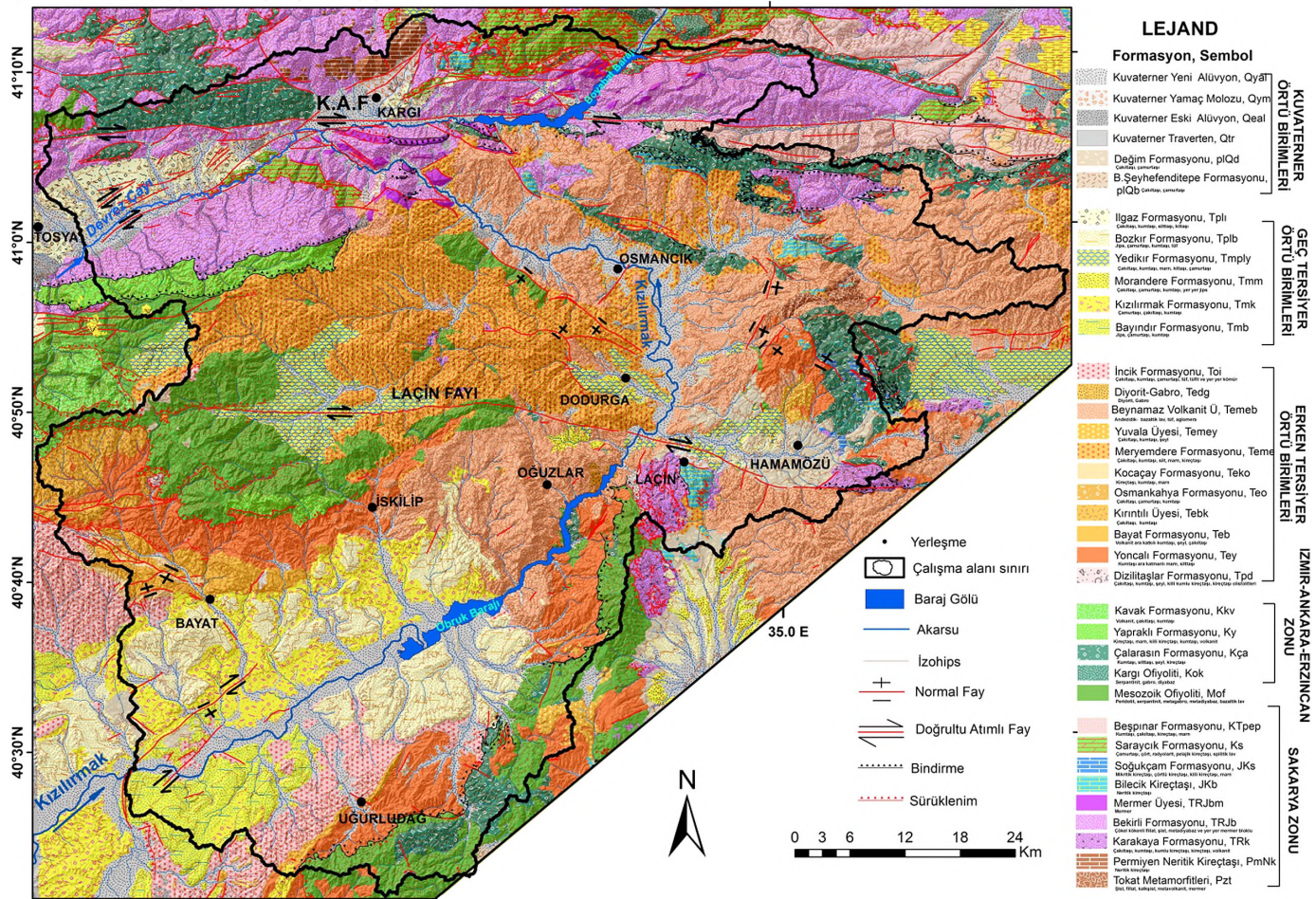
Şekil 1. Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Lokasyon Haritası.

metamorfik şist, fillat ve kristalize kireçtaşlarıdır. Güneydeki yükselteler ise, Kızılırmak'ın gidişine paralel GB-KD doğrultusunda uzanan ve Ankara Melanjı olarak adlandırılan İzmir-Ankara-Erzincan Zonu'na ait Geç Kretase yaşlı ofiyolitik kayalardan oluşur. Bu yükselteler arasındaki çökelti havzalarında Kretase ve Erken Tersiyer'de denizel fişler ve karbonatlı kayalar meydana gelmiştir. Erken Tersiyer aynı zamanda volkanik faaliyetlerin etkili olduğu bir dönem olması nedeniyle sahada derinlik ve yüzey kayaları da yaygın olarak yüzeylenmektedir. Geç Tersiyer'de ise çalışma alanının özellikle güney ve orta kesimlerinde göl ve akarsu ortamlarına ilişkin çökeller depolanmıştır. Kuvaterner litolojisi ise tümüyle flüviyal sistem çökellerinden oluşmaktadır (Şekil 2).

KAF'ın buradaki varlığı özellikle Neotektonik Dönem hareketlerinin ayrıntılı incelenmesini (Erturaç 2009; Hubert-Ferrari ve ark., 2009; Kozacı ve ark., 2007; Örneğin Şengör ve ark., 2005; Reilinger ve ark., 2006; Yavaşoğlu 2009; Yıldırım 2008) sağlamıştır. Kuzey Anadolu Fayı'nın Orta ve Batı Anadolu'da çeşitli yerlerde kollara ayrıldığı bilinmektedir. Bu kolların en önemlilerinden birisi sahanın güneyindeki Sungurlu Fayı'dır. Doğru atımlı fay sistemlerinde fayların sıçrama ve bükümlerinde gelişen, pull-apart havza özelliği gösteren Kargı Depresyonu ise sahanın kuzey kesimini oluşturmaktadır. Kuzeyde ve güneyde tektonik açıdan önemli iki etkin alan arasında kalan Kızılırmak Havzası'nın relief özellikleri de çevresindeki tektonik hareketlerden belirgin bir

şekilde etkilenmiştir. Morfometrik analizlerde bu etkinin güneyden kuzeye doğru arttığı anlaşılmaktadır.

Sahada jeomorfolojik gelişim ve özellikler ile ilgili yapılmış çalışmalar tektonik ve litolojik araştırmalara göre daha azdır. Bu konudaki araştırmaların başlıcaları; Akkan (1970), Akkuş (1980), Arıkan (2020), Arıkan ve Ertek (2019, 2021), Gürgöze (2020), Köle (2016), Tüysüz ve Erturaç (2005) tarafından yapılmıştır. Kuzeyde Tosya-Kargı-Kamil arasında görülen jeomorfolojik birimler KAF Zonu'nun etkisinde şekillenmiştir. Bunlar KAF Zonu'nu oluşturan fayların tektonik gelişim ve hareket özelliklerine bağlı olarak ana faya paralel gelişen ikincil fay çizgisellikleri, fayın uzanımına uyan drenaj sistemi, fay vadileri, farklı litolojik birimlerin karşı karşıya gelmesi, ötelenmiş akarsular, kapmalar, basınç sırtları, traverten oluşumları, tektonik kökenli heyelanlar, birleşik alüvyon yelpazeleri ve ötelenmiş yelpazeler olup aynı zamanda aktif tektonizmanın jeomorfolojik kanıtlarını oluşturmaktadır. Çalışma alanı güneyi ise Erken Miyosen-Erken Pliyosen süresince flüviyal ve gölsel sedimanların çökeldiği dağarası bir havza özelliğinde olup drenaj sistemi buna bağlı, merkezi bir göle dönük (sentripetal) olarak şekillenmiştir. Sahadan göllerin çekilip tümüyle flüviyal sistemin yerleşmesiyle, yeni ortaya çıkan yüzeyin eğim şartlarına ve yeni yerel kaide seviyesi oluşturan ana akarsuyun (Kızılırmak) konumuna bağlı olarak paleodrenaj sistemi Kuvaterner'in güncel drenajına evrilmiştir (Arıkan & Ertek, 2019).



Şekil 2.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Jeoloji Haritası (MTA Genel Müdürlüğü'nün Jeoloji Haritaları'ndan Derlenmiştir).

Yöntem

Yeryüzü reliefi matematiksel olarak tanımlanamayacak üç boyutlu düzensiz şekillerden meydana gelmektedir (Alp, 1998; Erdoğan & Toz, 2009). Relief yeryüzeyine ait üç boyutlu şekiller olarak da ifade edilir (Hoşgören, 2014). Sayısal yükselti modellerini oluşturan piksel kümelerinin çeşitli algoritmalar yardımıyla analiz edilerek düzensiz bir geometri sunan reliefi anlamlı hale getirme çabası modern relief analizi ve relief morfometrisini ortaya çıkarmıştır. Havzaların "relief morfometrisi" Özdemir (2011) tarafından havzaların eğim ve yükseklik değerinin de içinde bulunduğu üçüncü boyut özellikleri olarak tanımlanmaktadır. Relief analizlerinin temelini oluşturan SYM kavramsal olarak 1950'li yıllarda Miller ve Laflamme (1958) tarafından ortaya atılmıştır. Kısaca, yüzeyin sayısal gösterimi olarak tanımlanan SYM'ler birçok farklı veri kaynağından elde edilmektedir (Öztürk & Koçak, 2007). Bu kaynaklar mevcut topografik haritalar, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, aktif algılayıcılar (LİDAR, SAR verileri) ve yersel ölçme tekniklerinden oluşmaktadır (Esirtgen, 2010). Son dönemlerde sayısal yükseklik modelleri jeomorfometrik analiz ve veri üretimlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan 30 metre çözünürlüklü ALOS SYM verisi, havza relief analizlerinde genellikle tercih edilmektedir. 30 m ALOS SYM verisi Japon Uzay Ajansı tarafından 2016 yılında üretilmeye başlanmış, 2017 yılında STRM, 2018 yılında SRTM ve GSI, 2019 yılında ArcticDEM ve AsterGDEM, 2020 yılında ise AsterGDEM ve TDXDEM verilerinden faydalanarak eksiklikler giderilip güncellenmiş, ücretsiz, açık veri sağlayıcısıdır (Tokaku ve ark., 2020). Yapılan karşılaştırmalı bazı çalışmalarda açık kaynak verilerinden 30 m ALOS SYM verisinin, karşılaştırılan diğer verilere göre daha yüksek kalitede olduğu saptanmıştır (Çabuk ve ark., 2017).

Litolojik birimlerin özellikleri 1/100,000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları'nın F32, F33, F34, G32, G33, G34, H32, H33 paftalarından, tektonik unsurlar ise 1/250,000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları'nın NK 36-11, NK 36-12, NK 36-15, NK 36-16 paftalarından faydalanılarak haritalanmıştır. Relief analizlerinde ve haritalamada ArcGIS ve Saga GIS yazılımları kullanılmıştır.

Relief özelliklerinin açıklanmasında Topografik Pozisyon İndeksi, Mutlak Yükseklik, Hipsometrik Eğri ve İntegral, Görelî Yükseklik, Bakı, Topografik Açıklık, Yamaç Eğimi, Yamaç Uzunluğu, Yamaç Şekli, Yüzey Engebelleliği, Havza Reliifi, Reliifi Oranı ve Engebellelik Değeri analizlerinden faydalanılmıştır.

Bulgular

Topografik Pozisyon İndeksi (Topographic Position Index)

Topografik Pozisyon İndeksi (TPI), Guisan ve ark. (1999) tarafından kullanılmış, Weiss (2001) ve Jenness (2006)'in çalışmalarında geliştirilmiştir. TPI, Sayısal Yükseklik Modelindeki her bir hücrenin mutlak yükseltisinin o hücre etrafında belli bir alandaki ortalama yükseltiden farkı ile belirlenir (Jennes, 2006; Weiss, 2001).

$$TPI = Z_0 - Z$$

Z_0 : Merkez noktadaki yükselti

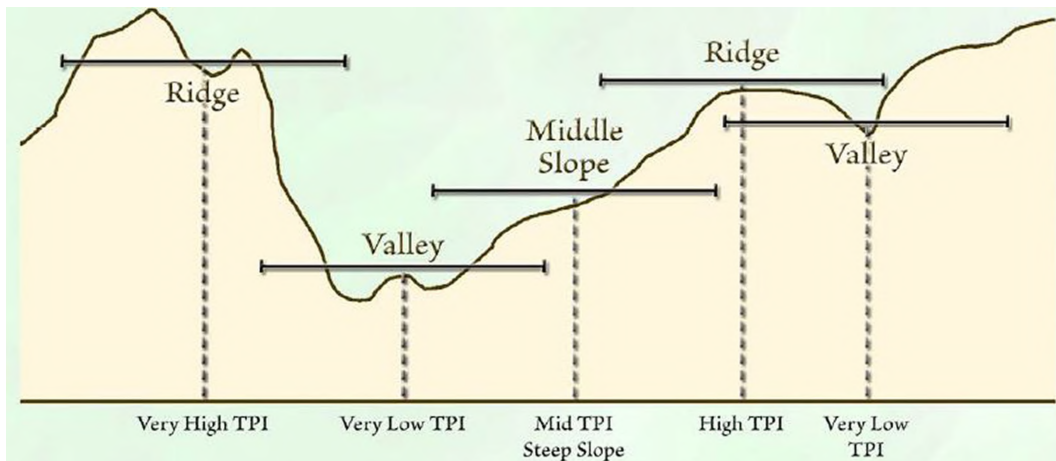
Z : Önceden belirlenmiş bir yarıçap içindeki ortalama yükselti

Topografik Pozisyon İndeksi'ne göre Pozitif TPI değerleri sırtları, negatif TPI değerleri vadileri ifade eder. TPI de düz ve düze yakın araziler sıfır ve sıfıra yakın değerlerle temsil edilir (Şekil 3).

Çalışma alanında yapılan TPI sınıflama haritasında ova, plato ve vadi tabanına ait düz yüzeyler belirgin olarak görülmektedir. Bununla birlikte vadilerin yoğunlaştığı alanlar, özellikle genç yarılımlar ön plana çıkmıştır. Renk skalasında keskin sırtlar koyu kahve ve aşınmış sırtlar açık kahve olarak ayırt edilmektedir. Özellikle çalışma alanının kuzey ve kuzeybatı kesiminde yoğun bir renk karşıtlığı görülmektedir. Bu durum, bu kesimde engebelleliği ifade etmektedir. Çalışma alanının güneyi ise renk kontrastı yönünden daha sade bir morfolojinin varlığını gösterir (Şekil 4).

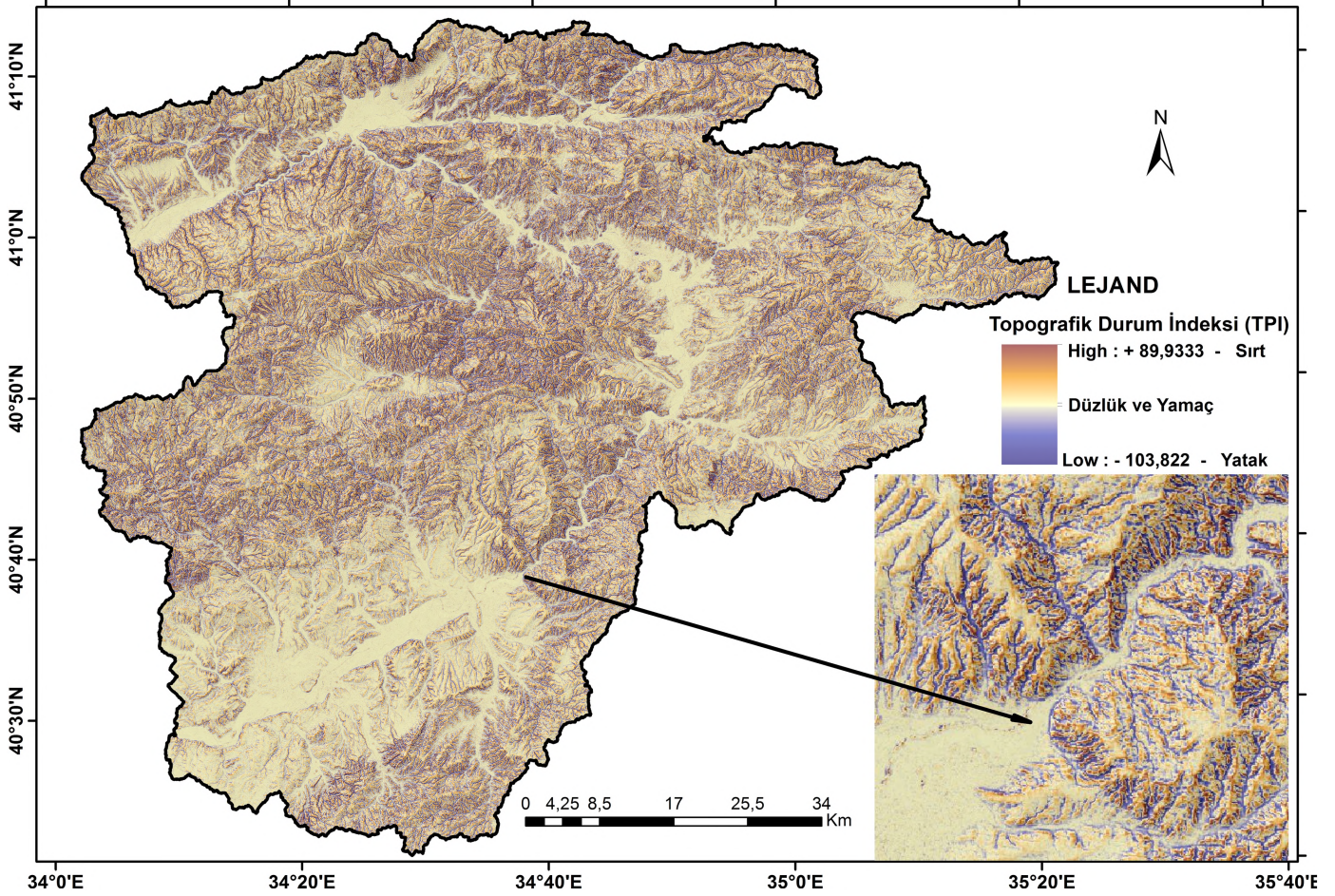
Topografik Pozisyon İndeksine göre Saga GIS'in yüzey analizleri (*Terrain Analysis*) aracı ile üretilen bir diğer harita ise ana yerşekli (*Landform*) haritasıdır. Bu harita, otomatik çok sayıda yüzey sınıflaması verir. Bunun yanında arazi gözlemleri ve Google Earth görüntülerinden yararlanılarak otomatik üretilen haritaların sınıflamasında bazı düzeltmeler yapıp farklı yüzey şekilleri katagorize edilebilir. Bu harita ana jeomorfolojik ünitelerin ortaya konulması bakımından önemli yere sahiptir. Otomatik yöntemlerle elde edilen ana yerşekilleri haritası (TPI Landform haritası) ile kabartma haritası karşılaştırılarak topografik durum belirginleştirilebilir. Bu çalışmada sözkonusu araç ve yöntemden jeomorfoloji haritası üretiminde yararlanılmıştır (Şekil 5).

Topografik Pozisyon İndeksinden de yararlanarak elde edilen Jeomorfoloji haritasına göre güneyde Uğurludağ-Bayat çevresinde, orta kesimde Osmancık çevresi ve Çomu Çayı Vadisi'nde, kuzeyde Kargı Depresyonu ve Tosya yakınlarında düzlüklerin geniş yer



Şekil 3.

Topografik Pozisyon İndeksi (Topographic Position Index, Jenness 2006'dan alınmıştır).



Şekil 4.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Topografik Pozisyon İndeksi haritası.

kapladığı görülmektedir. Kızılırmak'ın çoğunlukla dağlar arasında derin vadi tabanında aktığı, kuzeyde Hacıhamza ve güneyde Salur Köyü civarında dar boğazlardan geçtiği, Kargı-Kamil arasında tümüyle Kuzey Anadolu Fayı'nın kontrolünde olduğu dikkati çekmektedir. Yine bu haritalarda engebe ve yükseltinin Mesozoik'e ait metamorfik unsurların yaygın olduğu Kös Dağı çevresinde arttığı görülmektedir. Genel olarak kuzeyde KAF Zonu çevresinde metamorfik unsurların ve tektonik etkinin sonucu olarak topografik engebelenlik, çizgisel uzanışlı yerçekilleri (sırtlar, vadiler) ve dikkat çekici bir yükselti amplitüdü göze çarpmaktadır. Güneyde Kızılırmak vadi tabanına yakın kesimlerde Neojen göllerinin az deforme olmuş, çoğunlukla yatay duruşlu çökellerin etkisi ile yapısal düzlükler geniş yer kaplamaktadır (Şekil 6).

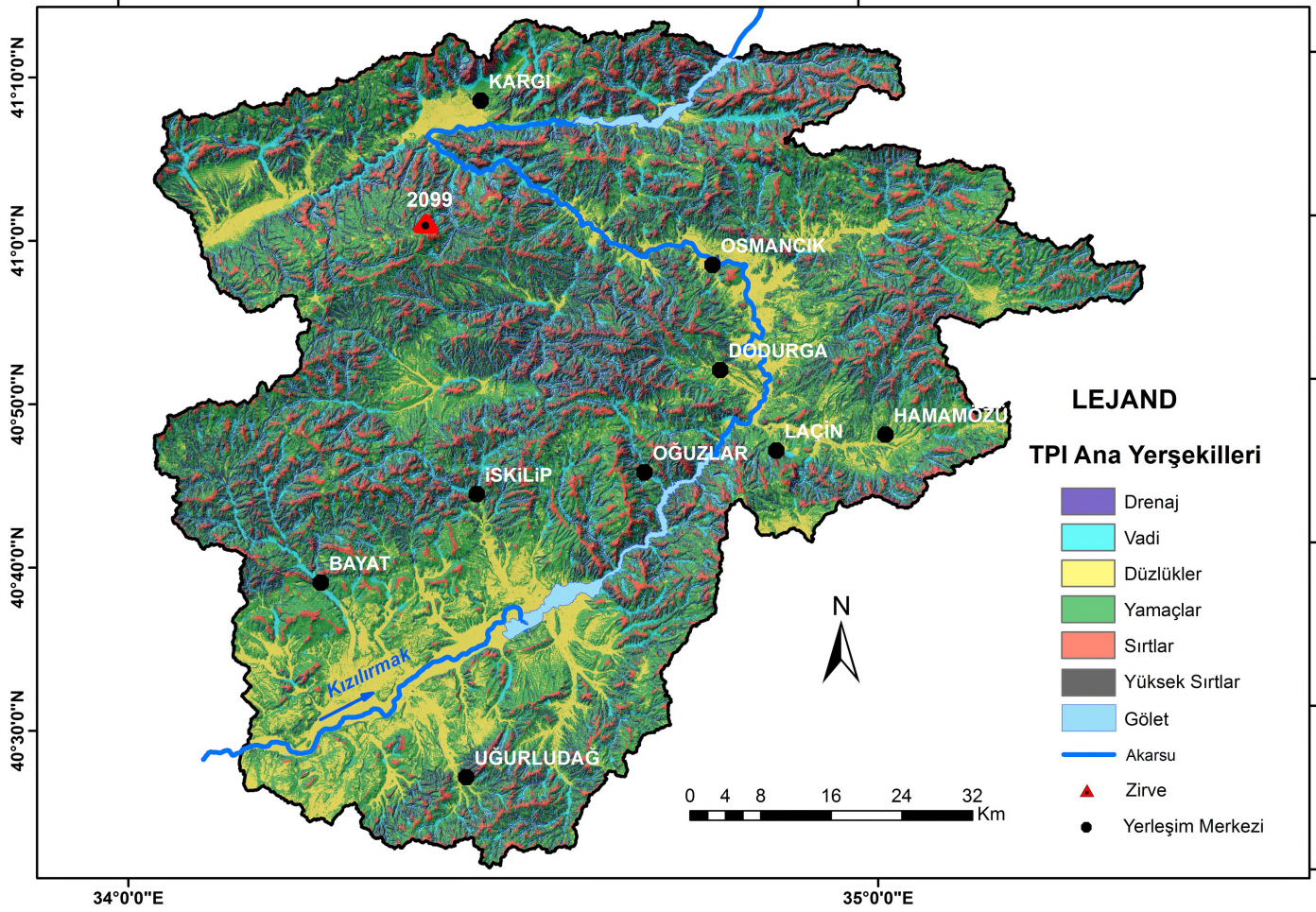
Mutlak Yükseklik (Absolute Height)

Sayısal yükseklik modelleri (DEM), bir coğrafi koordinat sistemine yatay olarak referans verilen düzenli aralıklı yükseklik değerlerinin bir grid sisteminde gösterimidir (usgs.gov). Sayısal yükseklik modelinde her grid (piksel) bir yükseklik değerine sahiptir. Gridin çözünürlüğü, komşu gridler arasındaki mesafeye karşılık gelir. Sayısal yükselti modeli (DEM) mutlak yüksekliktir. Çalışma sahasında mutlak yükseklik değerleri 256 metre ile 2099 metre arasında değişmektedir. En alçak yer, çalışma alanı kuzeyinde Aşağızeytin Köyü önlerinde Kızılırmak'ın vadi tabanı iken; en

yüksek yer Hacıhamza Köyü gerisinde Kös Dağı yükseliminin doğu ucundaki Erenler Tepesidir (Şekil 6).

Havza analizlerinde günümüzde yaygın olarak kullanılan SYM'ler SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) ve ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) verilerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada ALOS DEM 30 metre verisi kullanılmıştır. Bu veriden elde edilen analizlerde çalışma alanında en geniş alan kaplayan yükselti kademesinin 500–750 metre aralığı olduğu anlaşılmaktadır. Yine 750–1000 metre aralığı ve 1000–1250 metre aralığı sırasıyla en fazla alan kaplayan yükselti kademeleridir (ALOS World 3D 30M, 2020).

Yükseltinin en fazla olduğu yerler orta ve batı kesimde Kös Dağı ve Köroğlu Dağları üzerindedir. Burası aynı zamanda Çomu Çayı ve Bayat Çayı'nın su bölümü hattı çevresidir. Osmancık ve Dodurga'nın doğusundaki bu dağlık alanda mutlak yükselti 2000 metreyi aşar. Mutlak yükselti maksimumu Kargı güneybatısında Kös Dağı Erenler Tepesi (2099 metre)'dir. Salur Boğazı gerisinde İskilip-Uğurludağ-Bayat çevresinde Kızılırmak ve ona ulaşan büyük yan kolların aşağı mecralarında alüvyal dolgu düzlüklerinden meydana gelen vadi tabanlarında mutlak yükselti 500–600 metre aralığındadır. En alçak yerler ise Kargı doğusundaki Kızılırmak vadi tabanıdır. Burada yükselti, özellikle Kamil ile



Şekil 5. KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) TPI Ana Yerşekilleri Haritası.

Aşağızeytin arasında Kızılırmak vadi tabanında 250–260 metreler civarına iner. Ancak bu kesim günümüzde Boyabat Barajı'nın suları altında kalmıştır. Güneyde ise geniş alanlar kaplayan Neojen'e ait çökellerden oluşan ve Kızılırmak ve kolları tarafından yarılmış olan yüksek düzlükler 600–700 metre mutlak yükselti aralığındadır (Şekil 7).

Hipsometrik İntegral ve Eğri (HI–HE)

Hipsometrik eğri, dünya üzerindeki bir sahanın tamamının ya da belli bir kısmının yükseklik dağılımını ifade eder. Bu dağılım aynı zamanda sahanın yükseklik-alan ilişkisini tanımlar. Hipsometrik integral değeri ise hipsometrik eğri grafiğinin altında kalan alanın oransal ifadesidir (Strahler, 1952). Bir başka ifade ile yarılım öncesinde 1 olarak kabul edilen kütlelin yarılım sonrasında, aşınımdan artı kalan güncel oranıdır. Hipsometrik integral değeri şu formülle elde edilir.

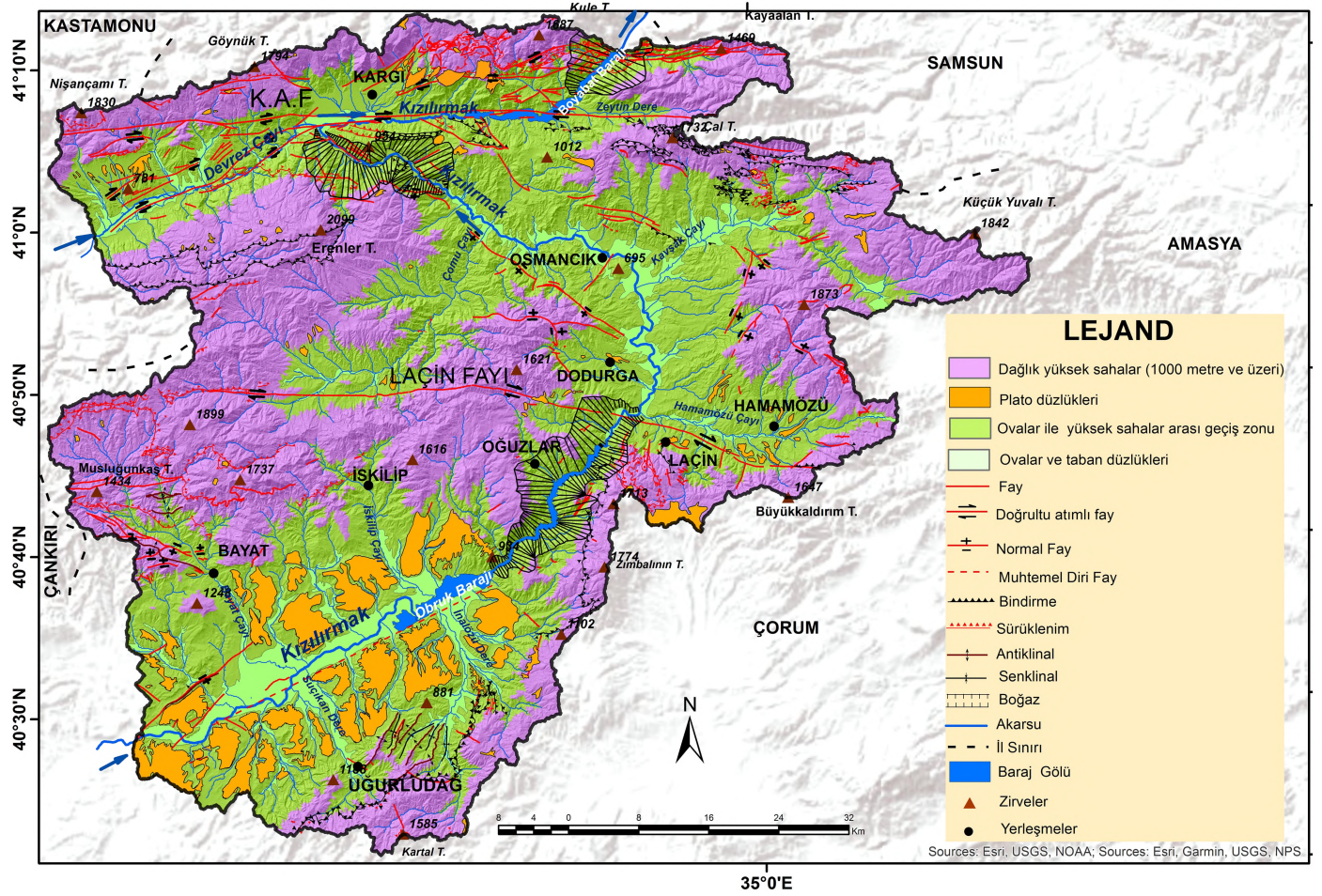
$$HI = \frac{H \text{ mean} - H \text{ min.}}{H \text{ Max.} - H \text{ min.}}$$

Hipsometrik integralin 0,5 ten büyüklüğü genellikle Hipsometrik Eğrinin dışbükeyliğini ve jeomorfolojik gelişim açısından aşınının gençlik evresini temsil eder. Bu durum bazen olgun bir

topografyada aşınının canlanmasına veya hızlanmasına neden olan faktörlerin varlığına işaret eder. Gençleşmeye neden olan bu faktörler tektonik, östatik veya statik kökenli olabilir. Hipsometrik integralin 0,5 ten küçüklüğü çoğunlukla Hipsometrik eğrinin içbükeyliğini ifade ederken, jeomorfolojik gelişim açısından aşınının yaşlılık evresini temsil eder. Bu arazilerde genellikle olgunlaşmış yapısal jeomorfolojik unsurlar yaygındır. Hipsometrik integralin 0,5 e yakın olması, Hipsometrik eğrinin doğrusallığını ifade eder ve jeomorfolojik gelişim açısından aşınımda olgunluk evresini temsil eder (Arıkan, 2020). HI değeri tektonik hareketler yönünden aktif ve inaktif sahaların ayırımında önemli bir göstergedir. El Hamdouni ve ark. (2008)'nin hipsometrik integral değerini (HI) tektonik aktivite derecelerine göre sınıflamasında aşağıdaki eşik değerlerini esas alınmıştır.

1. Sınıf: HI > 0, 51
2. Sınıf: HI = 0, 40 – 0, 50
3. Sınıf: HI < 0, 39

Çalışma sahasının geniş bir alan kaplaması ve farklı litolojik, tektonik, paleocoğrafik gelişim özelliklerine sahip bölümlerden meydana gelmesi nedeniyle seçilen 50 adet alt havzanın da hipsometrik integral değerleri hesaplanmış, alt havzalarda en düşük hipsometrik integral değeri 0,26 ile İskilip yakınlarındaki Kayaağzı



Şekil 6.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Jeomorfoloji Haritası.

Dere alt havzasında bulunmuştur. Bu alt havzaya komşu havzalarda da düşük HI değerlerine rastlanmıştır, dolayısıyla bu durum sahada erken kurulmuş bir drenajı, tektonik açıdan inaktifliği ve ihtiyarlık evresinde olgun bir topografya işaret eder. En yüksek hipsometrik integral değeri ise KAF'ın güney blokundaki Kös Dağı'ndan Devrez Çayı'na ulaşan Geyikli Dere'de Havzası'nda 0,68 olarak bulunmuştur. Çevresindeki tüm komşu alt havzalarda da benzer şekilde yüksek HI değerlerine rastlanmıştır. Bu değerler KAF'ın güney blokunda yer alan Kös Dağı'nın yüksek tektonik aktivitesini ve hızlı gençleşme eğilimini işaret etmektedir (Şekil 8).

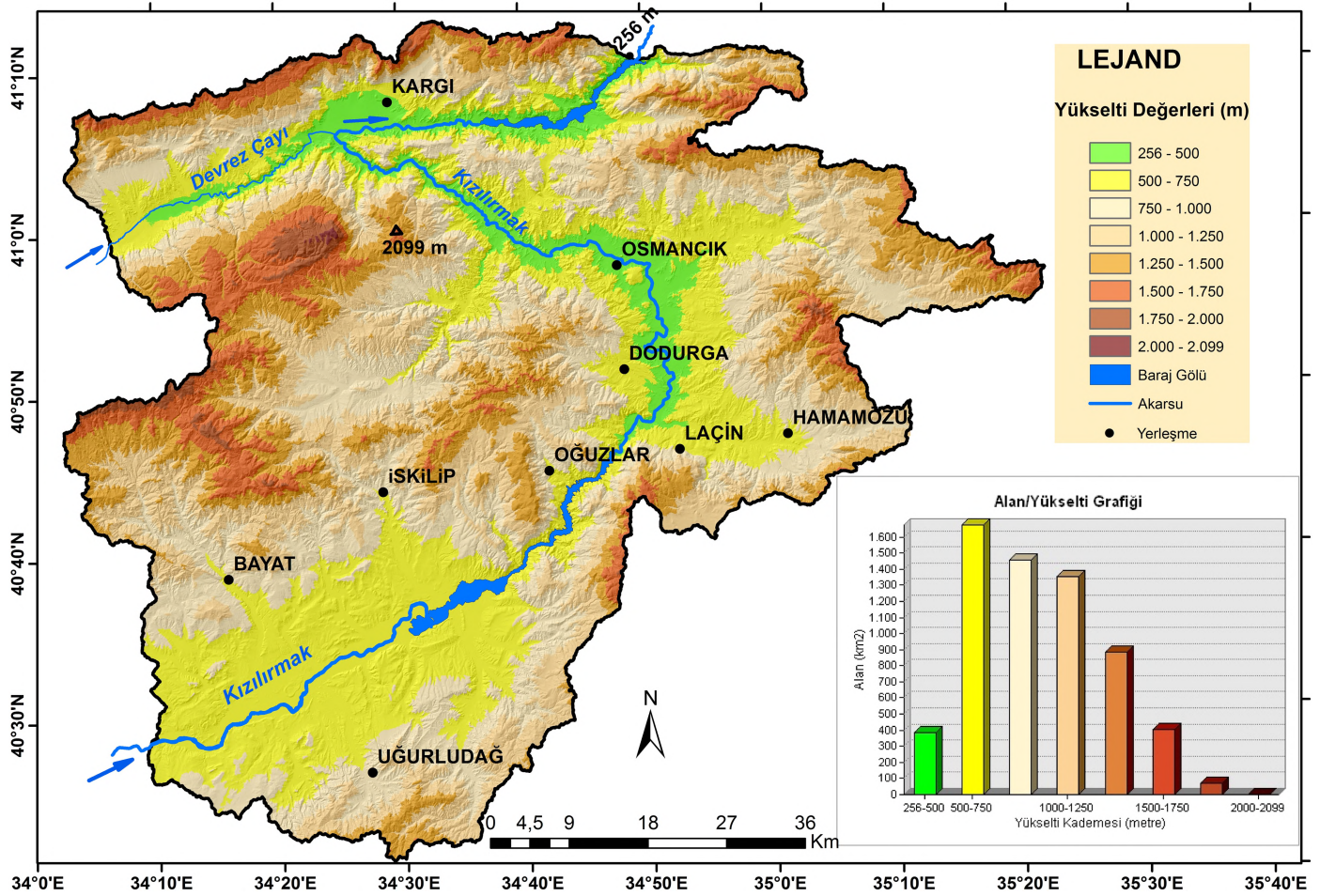
HI analizi yapılan 50 alt havzanın 19'unda yüksek HI değerine rastlanmıştır. Bunlardan 11 i KAF Zonu içinde, 5 tanesi Dodurga-Hacıhamza arasında, 3 tanesi Salur Boğazı'nda yer alır. Güneyde Uğurludağ çevresindeki tüm alt havzalarda düşük HI değerlerine rastlanılmıştır. Bu bakımdan sahada güneyden kuzeye doğru flüviyal sistemin gençleşme eğiliminin arttığı anlaşılmaktadır.

Görelî Yükseklik (Relative Height)

Görelî yükseklik (*relative height*) bir yerin çevresi ile ilişkili yüksekliği anlamına gelir. Saga GIS'in Terrain Analysis aracı ile üretilen görelî yükseklik deniz seviyesine göre değil, belli bir yarıçap içerisindeki mutlak yükseklik ortalamasına göre

değerlendirilir. Görelî yükseltiyi elde etmek için öncelikle belli bir yarıçap (500 veya 1000 metre gibi) esas alınarak görelî yükseklik haritaları üretilmektedir. Burada yarıçap büyüdükçe hesaplama, çevresindeki yükseltilere göre olacağı için maksimum ve minimum değerler farklı çıkmaktadır. Çalışma alanı genişliği ve elde edilmek istenen ayrıntıya göre farklı yarıçaplar tercih edilebilir. Bu amaçla vadi tabanları kaide seviyesi kabul edilerek üretilen Görelî Yamaç Yüksekliği Haritası elde edilmiştir.

Görelî Yamaç Yüksekliği Haritası'na göre, görelî yüksekliğin arttığı iki önemli alan göze çarpar. Birincisi Osmancık-Kargı, Kargı-Kamil ve Kamil Aşağı Zeytin arasındaki dağlık kesimdir. Bu durumun meydana gelmesinde Kuzey Anadolu Fay sisteminin doğru atım tektoniği ile birlikte Orta Pontidler'in hızlı yükselimi en belirleyici unsurlar olmuştur. Bu nedenle burada Görelî Yamaç Yüksekliği'nin fazla olması tektonik gençleşmenin neticesi olarak yorumlanmıştır İkincisi ise Kızılırmak'ın Salur Boğazı'na girdiği alandan Hamamözü Çayı kavşağına kadar olan, Kızılırmak'ın dar ve derin boğaz içerisinde aktığı kesim olup bu alan Köroğlu Dağları ve Köse Dağı'nın yamaçlarıdır. Bu kesimde boğazın güncel alüvyonlar dışında Neojen ve Kuvaterner'e ait çökeller içermemesi genç bir yarılım olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte boğazda KD yönünde akan Kızılırmak'a bağlanan alt havzaların vadi yönelimlerinin başlangıçta güneyde bir havzaya akaçlandığını işaret



Şekil 7.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Mutlak Yükselti Haritası.

etmesi de bu gençleşmenin bir başka kanıtıdır. Bu nedenle Salur boğazı çevresindeki Görelî Yamaç Yüksekliği'nin fazla olması statik gençleşme ürünü olarak yorumlanmıştır (Şekil 9).

Görelî yüksekliğin analiz edilmesi amacıyla hazırlanan bir başka harita da Görelî Vadi Derinliği Haritası'dır. Bu haritada da vadi derinliği belli bir alanda maksimum yükseklikler baz alınarak bu yükseltinin altında kalan derinliklerin sınıflandırılması sonucu elde edilmiştir. Görelî vadi derinliğinin en fazla olduğu yerler genel olarak genç yarılım alanlarına ve tektonik aktivitenin yüksek olduğu yerlere karşılık gelir. Bu durum sahada statik ve tektonik kökenli gençleşme göstergeleri olarak değerlendirilmiştir.

Görelî vadi derinliğinin en fazla olduğu başlıca alanlar Kızılırmak Vadisi'nin Osmacık-Kargı arasındaki kesimi ile Kargı-Kamil arasındaki kesimi, Salur Boğazı ve Kavşak Çayı Vadisi'dir. Kavşak Çayı Vadisi çevresinde fayların enine kestiği diğer küçük vadilerde de durum benzerdir (Şekil 10). Bu alanda derine ve geriye aşınımına ivme kazandıran bir etkinin varlığı anlaşılmaktadır.

Topografik Açıklık (Topographic Openness)

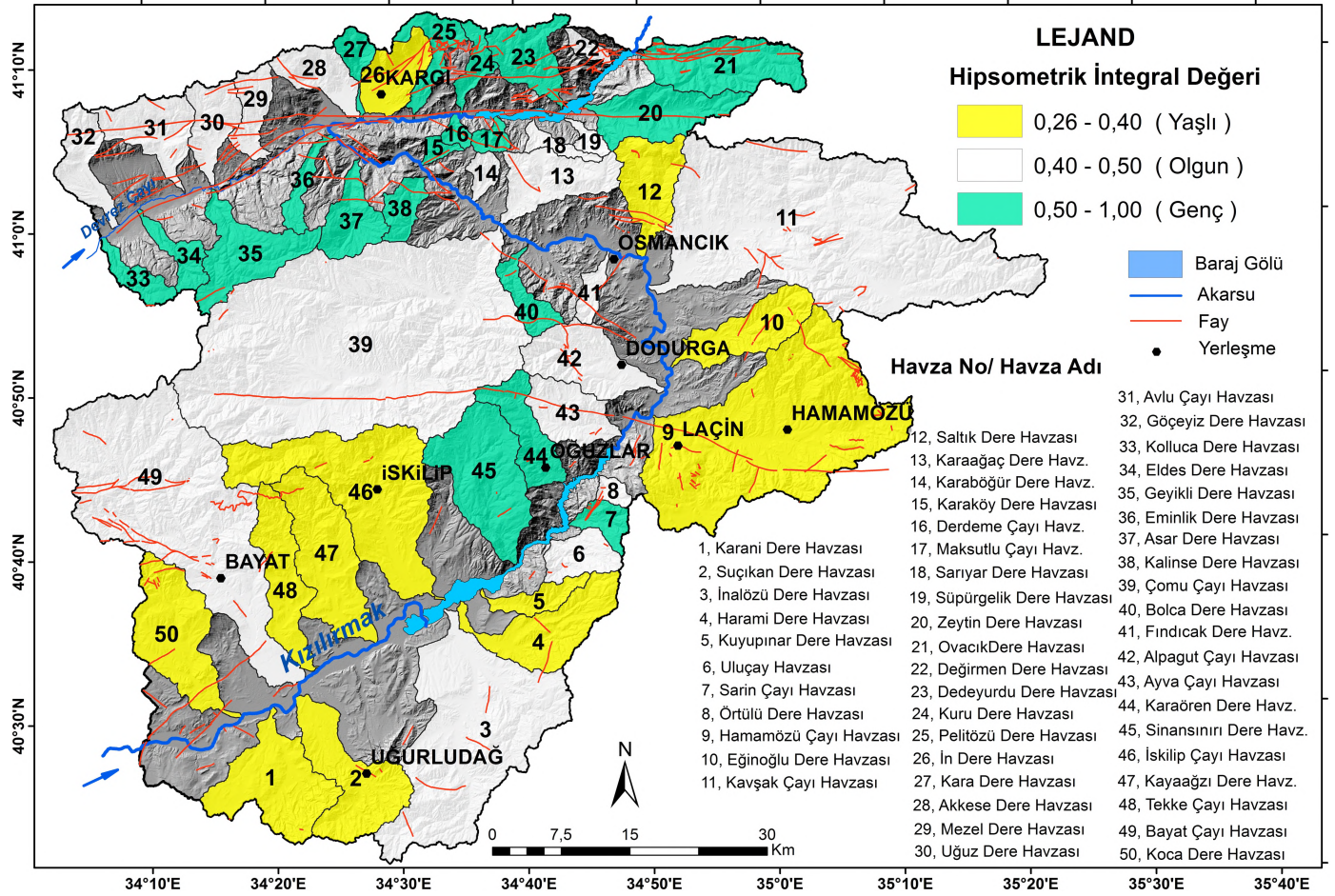
Topografik açıklık (görünürlük) bir konumun bir merkez pikselden sekiz farklı yöndeki açıklık derecesine göre hesaplanır (Yokoyama ve ark., 1999, 2002). Bu hesaplama pozitif ve negatif görünürlük olarak hesaplanabilmektedir. Görelî yüksekliğin arttığı alanlarda

ve sırtlarda pozitif açıklık; drenaj hatlarında ve vadi tabanlarında negatif açıklık değerleri yüksek çıkmaktadır (Şekil 11).

Yokoyama ve ark. (2002) topografik açıklık değerlerini enerji akışına açıklık yönünden, Samy ve ark. (2010) anakaya üzerindeki kırık-çatlak hatlarının tespitinde ve Kılıç Gül (2018) yerçekillerinin jeomorfometrik yöntemlerle otomatik belirlenmesinde bir parametre olarak kullanmışlardır. Topografik açıklık jeomorfolojik araştırmalarda erozif etkiye açıklık düzeyinin belirlenmesinde, aşınım veya birikim alanlarının tespitinde kullanılabilir.

Pozitif görünürlük değeri (*positive openness*) aynı zamanda yüksek enerji akışına, negatif görünürlük değeri de (*negative openness*) düşük enerji akışına karşılık gelir. Bu nedenle bu iki haritanın benzer sonuç ortaya koyduğu söylenebilir. Bu haritalardan ulaşılan sonuca göre çalışma alanının özellikle batı-kuzeybatı kesimi, KAF Zonu'nun doğu kesimi, Salur Boğazı çevresi ve genel olarak akarsu havzalarının su bölümü çizgisine yakın kesimleri yüksek pozitif açıklık değerine ve dolayısıyla yüksek enerji akışına sahip aşınım alanlarıdır (Şekil 12).

Negatif açıklığa sahip kesimler aynı zamanda aşınım etkinliği bakımından düşük enerjili alanlar olduğundan, bu alanların vadi tabanlarındaki birikim alanlarına karşılık geldiği görülür. Kızılırmak



Şekil 8.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Alt Havzaların Hipsometrik İntegral Sınıfı Haritası.

vadi tabanı başta olmak üzere, Devrez Çayı vadi tabanı, Hamamözü Çayı vadi tabanı ile çalışma alanındaki özellikle büyük yan derelerin aşağıdan, orta mecraya kadar olan kesimlerindeki vadi tabanları negatif açıklık değeri gösteren alanlardır (Şekil 13). Bu kesimlerin hemen hepsinin Neojen ve Kuvaterner birikim alanı olması dikkat çekici olup yöntemin güvenilirliğini ifade eder. Bu nedenle pozitif ve negatif görünürlük değerleri çalışma alanında aşınım ve birikim alanlarının belirlenmesinde kullanılabilir önemli parametrelerdir. Sonuç olarak pozitif görünürlüğün aşınım alanlarına, negatif görünürlüğün ise birikim alanlarına karşılık geldiği söylenebilir.

Eğim (Slope)

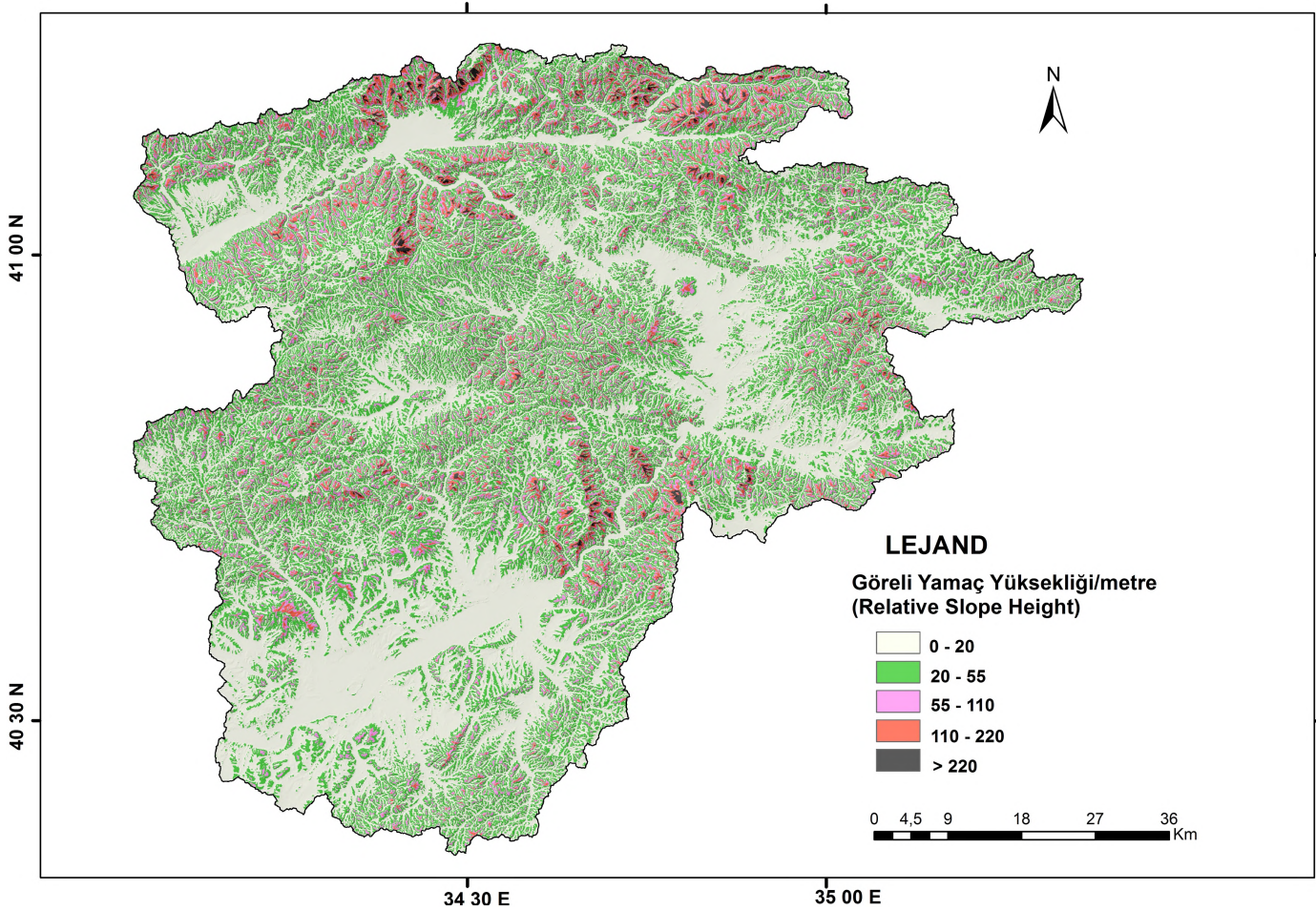
Topografik yüzeyin eğimi, her bir hücrenin komşu hücreye kadar olan yükseltisindeki maksimum değişimin yatay mesafeye oranıdır (Burrough & McDonell, 1998). Sayısal Yükselti Modelinde bu hesaplama her bir hücrenin 8 adet komşu hücrelerine göre açısız veya oransal olarak yapılır. Çalışma alanında esas alınan eğim yüzde (%) olarak hesaplanmış olup sınıflamada kullanılan eşik değerler aşağıdaki gibidir.

- 0-2% : Düz ve düze yakın
- 2-7% : Hafif eğimli
- 7-13% : Eğimli
- 13-20% : Orta derecede eğimli

- 20-55% : Dik
- 55-140% : Çok dik
- > 140% : Aşırı dik

Eğim değeri yüzde olarak hesaplanarak yedi sınıfa ayrılmıştır. Eğimin en düşük olduğu %0-2 değere sahip alanlar, Kızılırmak vadi tabanı ile ona bağlanan büyük yan kolların aşağı ve orta çığırındaki taban arazileridir. Bu kolların oluşturduğu başlıca alt havzalar, Devrez Çayı, Kavşak Çayı, Hamamözü Çayı, İskilip Çayı, Bayat Çayı ve İnalözü Çayı havzalarıdır. Bu alt havzalarda akarsular yataklarını aşağı ve orta mecralarda yerel kaide seviyesi olan Kızılırmak vadi tabanına yaklaştırmışlardır. Bu sınıflama ve haritalama ile birlikte Kızılırmak vadi tabanının genişleyerek ova karakteri kazandığı yerler ortaya çıkmıştır. Özellikle güneyde Uğurludağ-Bayat-İskilip arasında, Osmancık yakınlarında ve Kargı çevresinde vadi tabanları genişleyerek ova görünümü almıştır (Şekil 14).

Görelî yükseltinin fazla olduğu batı ve kuzey kesimlerde eğim değerleri çok yüksektir. Bu kesimde ve saha genelinde en geniş alan kaplayan eğim sınıfı %20-55 arasındaki dik ve çok dik eğime sahip yerlerdir. Genelde güneyden kuzeye doğru ve vadi tabanlarından uzaklaştıkça eğim değerleri artmaktadır. Bu duruma güney kesimin Neojen'de göllerle kaplı olması, gölsel serilerin çok az tektonik deformasyona maruz kalması, yatay ve



Şekil 9.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Görel Yamaç Yüksekliği Haritası.

yataya yakın katmanlarda eğim değerinin düşük olması neden olmuştur. Kuzeyde ise eğim artışı, KAF Zonu ve bu fay zonu ile ilişkili yapıların yatay ve düşey yönlü tektonik aktivitelerinin flüviyal sistemde meydana getirdiği gençleşme ile ilgilidir. Genel olarak sahanın temelindeki ofiyolitik ve metamorfik unsurlardan oluşan kütleler, fay zonları ve genç yarılımlarda eğim değerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşın Neojen ve Kuvaterner çökellerin depolandığı eski göl tabanları ve akarsu vadi tabanları eğimin düşük olduğu sahalara karşılık gelmektedir.

Bakı (Aspect)

Bakı, herhangi bir yerdeki maksimum eğim açısında bir yüzeyin gösterdiği pusula yönüdür (Rolf ve ark., 2001). Bakı yönü, kuzeyden saat yönünde ölçülen 0,01 ila 359,9 değer aralığında pozitif derece cinsinden ifade edilir. Sıfır eğimli düz olan giriş rasterindeki hücrelere -1 yönü verilir. Yüzeylerin bakı yönü tayininde esas alınan açılal değer sınıfları haritada verilmiştir (Şekil 15). Bir yamacın yüzeylendiği açıklık yönü, rüzgâra ve güneşlenmeye açık yönleri, buna bağlı olarak sıcaklığı, kimyasal ve fiziksel ayrışma şiddetini, buharlaşma şiddetini, yağış miktarını, yüzeysel akış yönü bitki türü ve yoğunluğunu ve bunlara bağlı olarak erozyon derecesini etkiler. Bakı yönü ile ilgili bütün bu özellikler aynı zamanda sahanın jeomorfolojik gelişimi üzerinde de etkili olan unsurlardır.

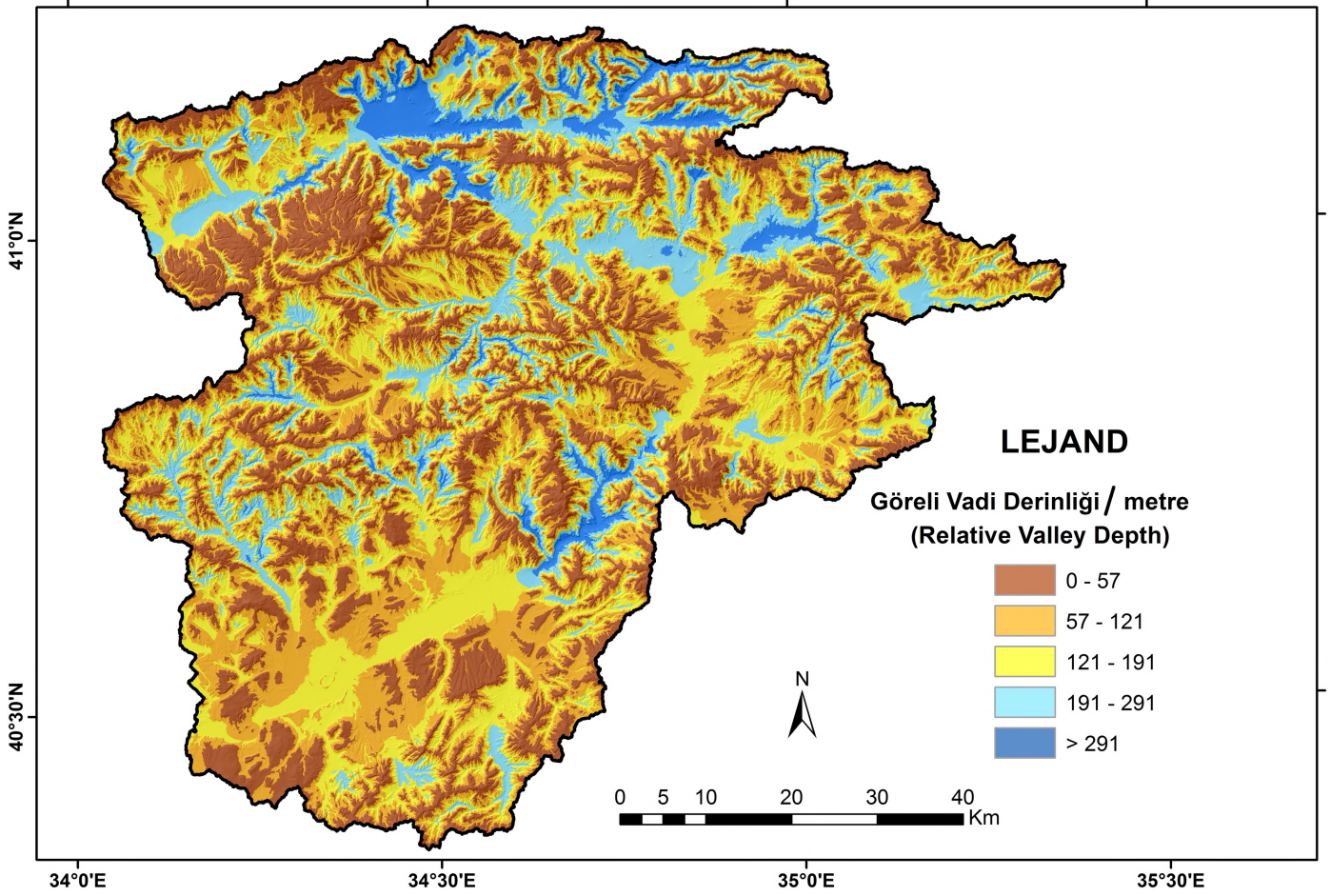
Sahada yüzeylerin gösterdiği bakı yönlerinde kuzey ve güneye yüzeylenme oranı yüksektir. En geniş yüzeylenme yönü kuzey ana ve ara yönlerde (% 38,9), daha sonra güney, ana ve ara yönlerde (% 26,8) dir. Doğu (%12, 2) ve batı (%10,5) yönlerde ise daha düşüktür. Bu durum ana morfolojik birimlerin uzanış doğrultuları ile ilgilidir. 1. Derece hâkim açıklık yönünün kuzey olması ve güneye bakan yüzeylerin yüksek oranlar göstermesi dağların uzanış doğrultuları ve tektonik hatların genel uzanış istikâmetleri ile uyumludur (Tablo 1).

Yamaç Uzunluğu (LS Factor)

LS Faktörü (*Slope Length and Steepness Factor*) aşındırıcı güç olarak suyun kinetik enerjisinin yüksek olduğu ve yüksek aşınım potansiyeline sahip olan alanların ayırımında kullanılabilecek bir parametredir. LS Faktörünü başlangıçta Wishmeier ve Smith (1978) erozyonla toprak kaybının hesaplanmasında, toprak kaybının, yamaçların eğimi ve uzunluğu ile olan ilişkisini açıklamada kullanmıştır. Daha sonra bazı araştırmacılar (Boehner & Selige, 2006; Desmet & Govers, 1996; Örneğin Moore ve ark., 1991) Wishmeier ve Smith'in algoritmasını geliştirmişlerdir. Desmet ve Govers (1996) algoritmasına göre LS Faktörün hesaplaması aşağıdaki gibidir.

$$L_j = [(A_{ij} + D^2)_{m+1} - (A_j)_{m+1}] / [X_{j,m} D_m + 2. (22,13)_{m,j}]$$

L_j = Grid sistemindeki hücreler için eğim uzunluğu



Şekil 10.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Görelî Vadi Derinliği Haritası.

A_j = Grid sistemindeki hücrenin alanı (m^2)

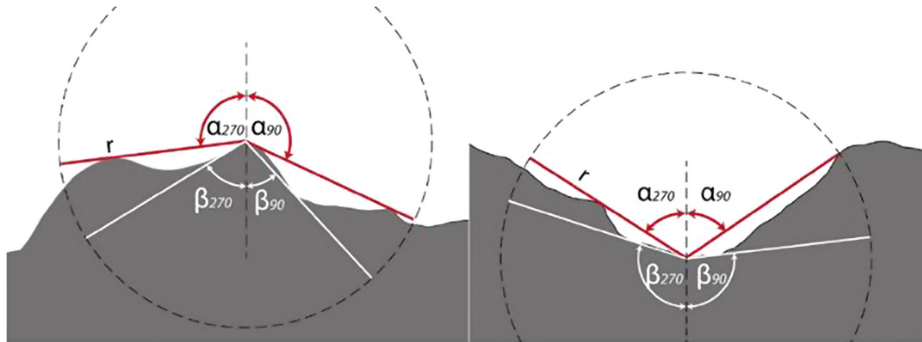
D = Grid boyutu (m)

X_j = Grid hücrelerini dışı akış yönü

m = Eğim katsayısı

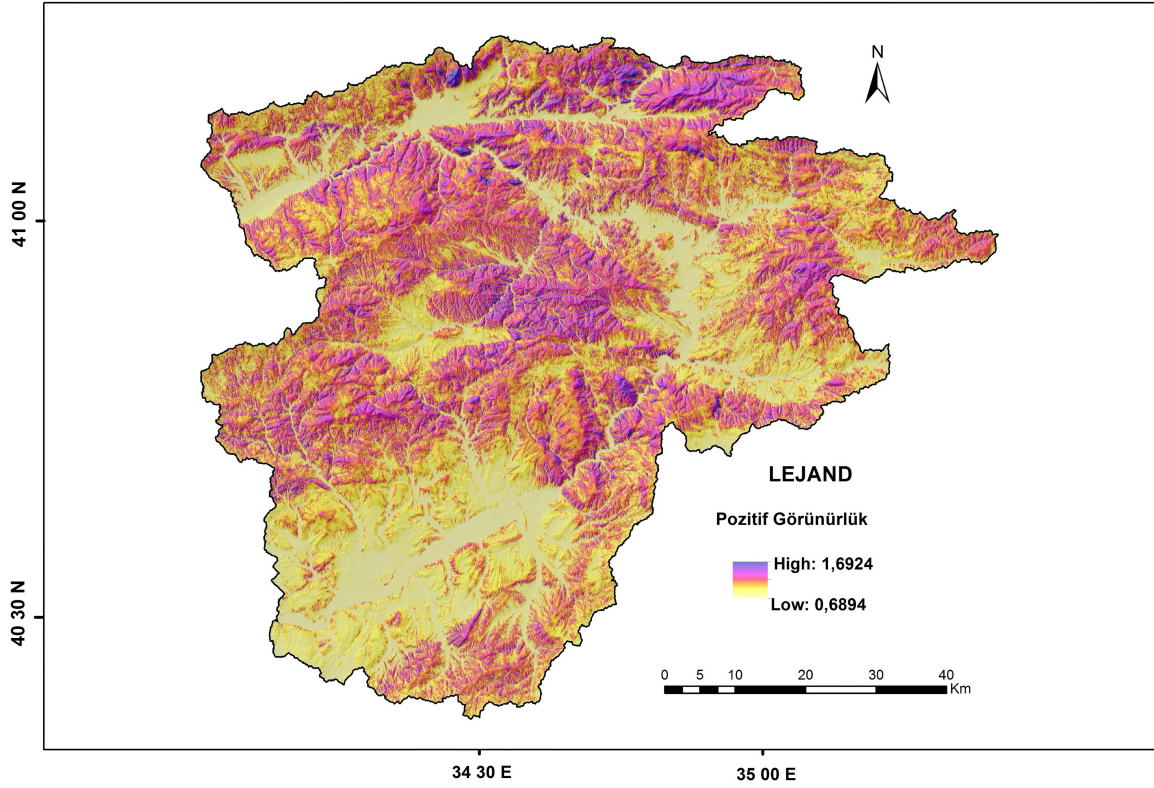
LS Faktörü, yamaç eğiminin uzunluğunu verir. Yamaç eğiminin uzunluğu da aşınımı denetlediğinden bu unsurun haritalanması

özellikle erozyon çalışmalarında önem arz eder. Belli bir yamaçtaki segment uzunluğuna göre aşınım hesaplanabilir. LS Faktörünün artması erozyonun artması ve yamaçtaki toprak ya da malzeme kaybının artması anlamına gelir. Yamaç dikliği ne kadar uzun ve devamlı ise LS Faktörü o kadar yüksektir, dolayısıyla erozyon da o kadar hızlı olur. LS faktörü aynı zamanda eğim haritası ile de benzerlik gösterir. Yamaçların işleme hızının maksimum düzeyde



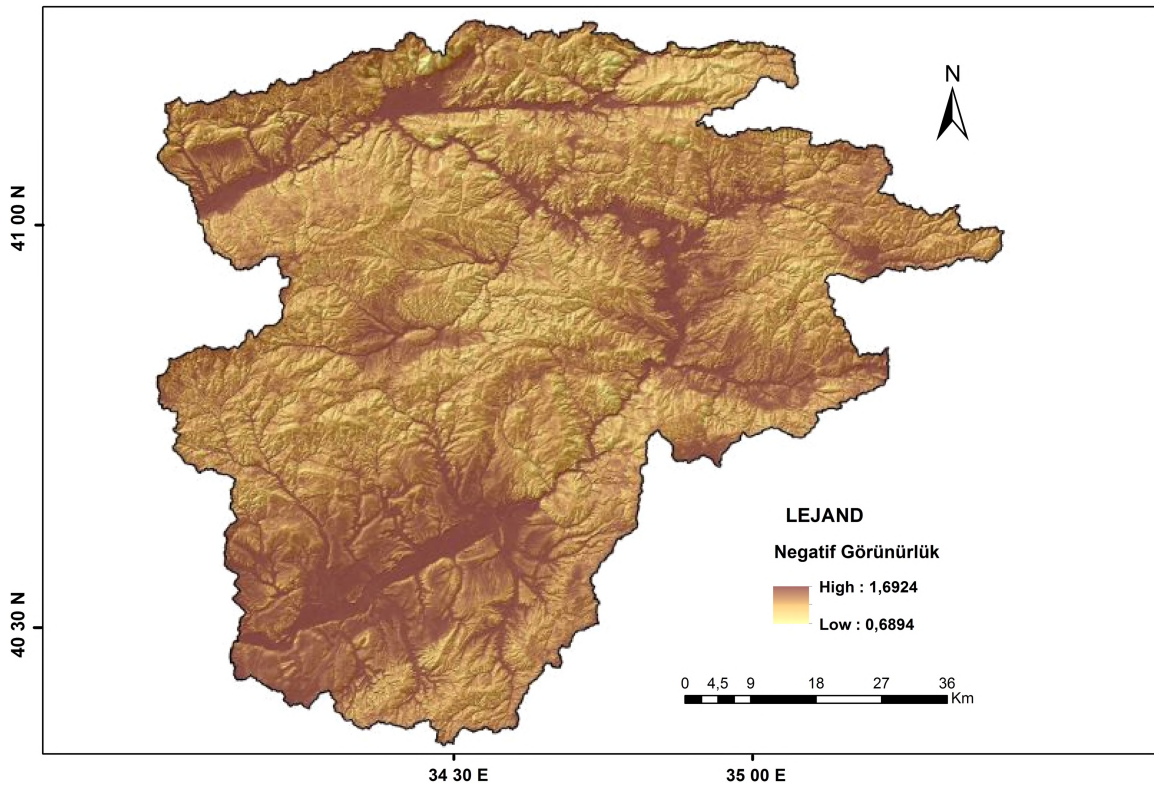
Şekil 11.

Topografik Açıklık / İki Farklı Profilde Doğu ($\alpha 90, \beta 90$) ve Batı ($\alpha 270, \beta 270$) Yön Boyunca Pozitif (α) ve Negatif (β) Açıklığın İki Farklı Bir Radyal Mesafe (r) İçinde Hesaplanması (Doneus, 2013'ten alınmıştır).



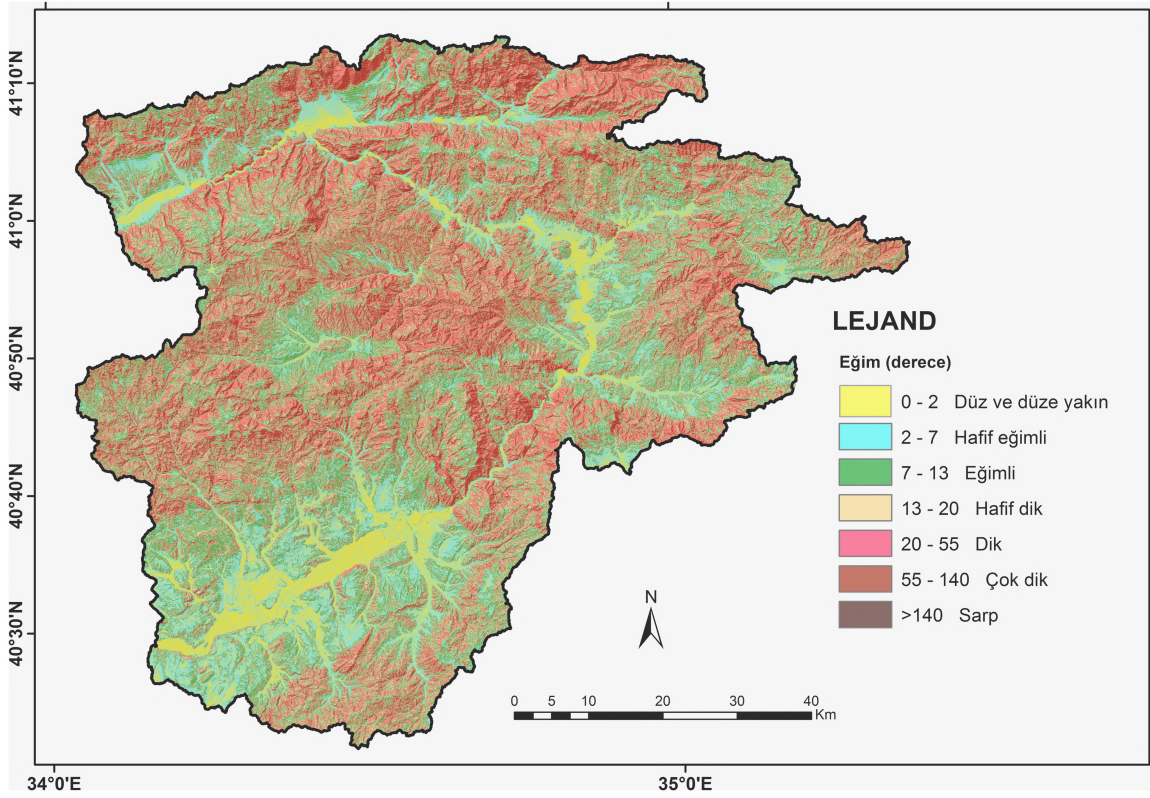
Şekil 12.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Pozitif Topografik Görünürlük Haritası.

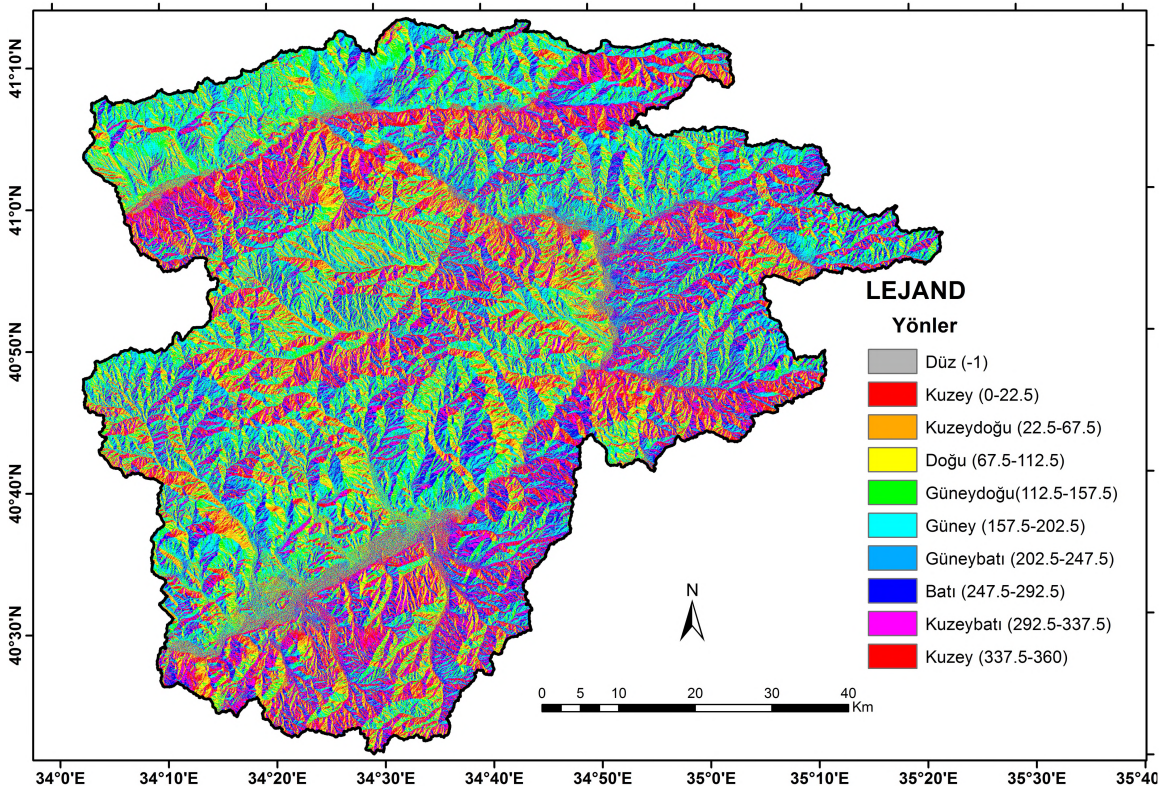


Şekil 13.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Negatif Topografik Görünürlük Haritası.



Şekil 14.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Eğim Sınıfları Haritası.



Şekil 15.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Bakı Haritası.

Tablo 1.

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nda (Çorum) Yüzeylerin Gösterdiği Bakı Yönleri ve Kapladığı Alanın Oransal Dağılımı

Yönler	Kapladığı Alan %
Düz	13,0
Kuzey	14,1
Kuzeydoğu	12,1
Doğu	12,1
Güneydoğu	1,8
Güney	11,6
Güneybatı	13,1
Batı	10,4
Kuzeybatı	12,4

olduğu aşınım alanlarının ayırt edilmesinde oldukça kullanışlıdır. Ayrıca minimum LS değerlerinin de birikim alanlarını temsil ettiği söylenebilir.

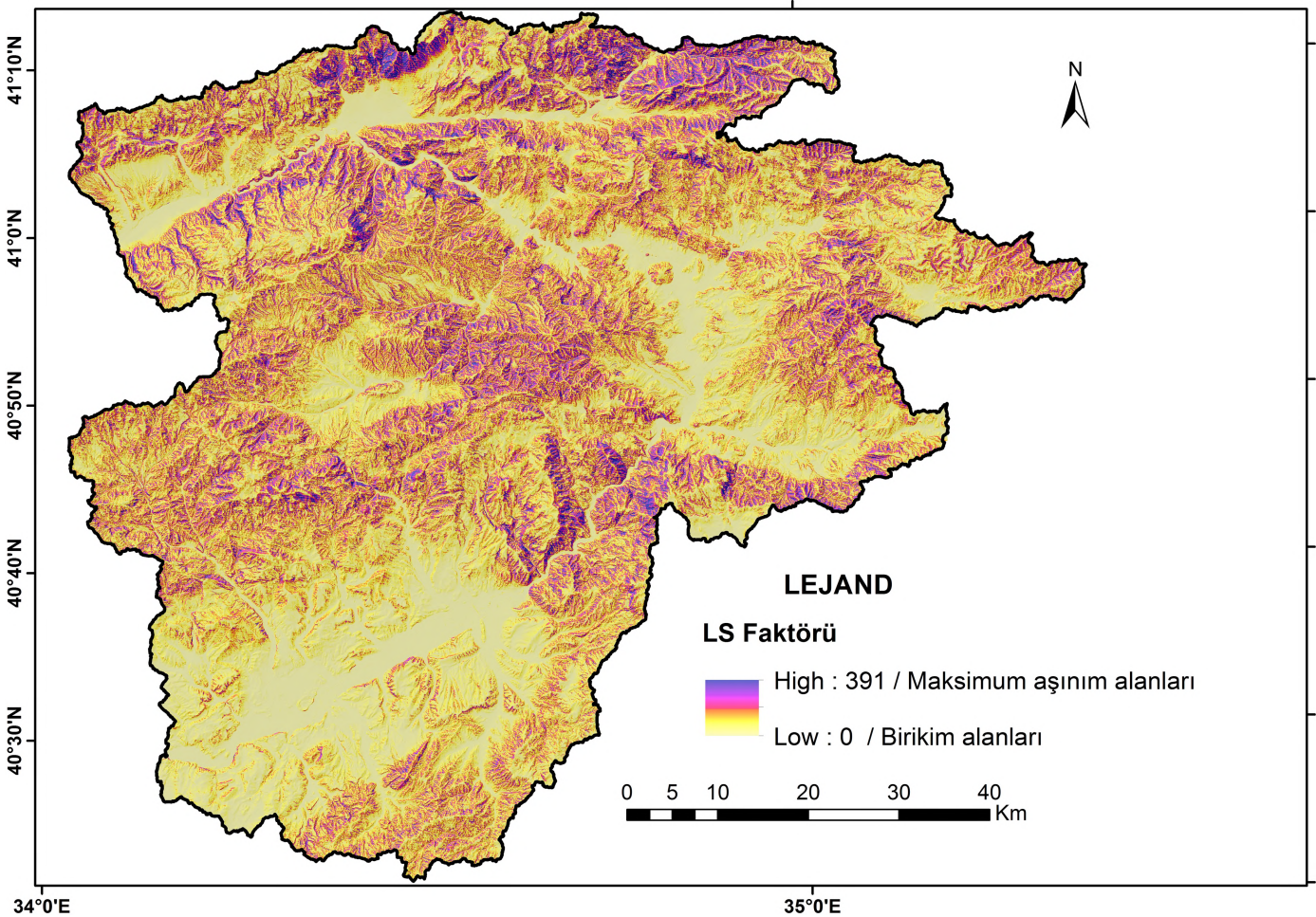
Çalışma alanında LS Faktörü Kızılırmak'ın Salur Boğazı geçişinde, batıdaki dağlık sahada ve KAF Zonu çevresinde yüksektir. LS Faktörünün en düşük olduğu alanlar ise Salur Boğazı gerisindeki İskilip-Bayat-Uğurludağ arasında, Kızılırmak'ın Orta Anadolu

düzlüklerinden aktığı sahada yer alır. Çalışma alanı genelinde LS faktörü genel olarak kuzeyde KAF Zonu'na yaklaştıkça artar. Güneyde ise genç yarlımlar olan boğaz vadiler ve dağlık sahalarda artış göstermektedir (Şekil 16).

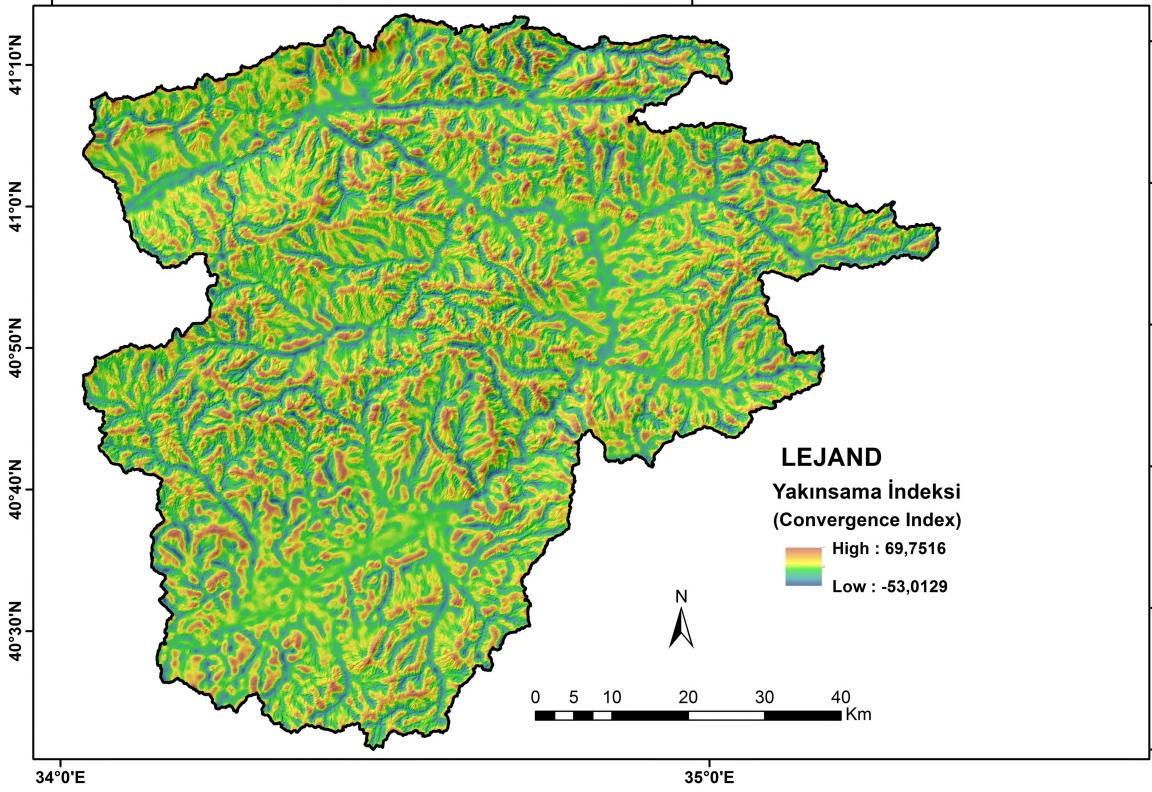
Yamaç Şekli (Slope Form)

Yamaç şekli, yani yüzeyin sırt, vadi ya da düzlüğe karşılık gelme durumunu ifade eder. Yamaç şekli Yakınsama İndeksi (Convergence Index) ile değerlendirilebilmektedir. Basit ve kullanışlı olan bu indeks Köthe ve Lehmeier (1996) tarafından geliştirilmiştir. İndeks bitişik hücrelerin eğim yönleri ve değerlerini esas alarak düz, yakınsak (vadi) ve ıraksak (sırt) hatları ortaya çıkarır. Sırtların ve kanalların belirlenmesinde, bunların meydana getirdiği hatların uzanım yönlerinin, çizgiselliklerinin ve bunların devamlılığının belirlenmesinde kullanılabilir. Özellikle vadilerin birleşim şekillerinin belirlenmesi için de kullanışlıdır. Çalışma alanının büyüklüğü veya elde edilecek haritanın kullanım amacına göre farklı yarıçaplar içerisinde bu analiz yapılabilir. Çalışma alanında hücre yarıçapı 30 ve 50 metre olarak belirlenen iki farklı harita üretilmiştir (Şekil 17 ve 18).

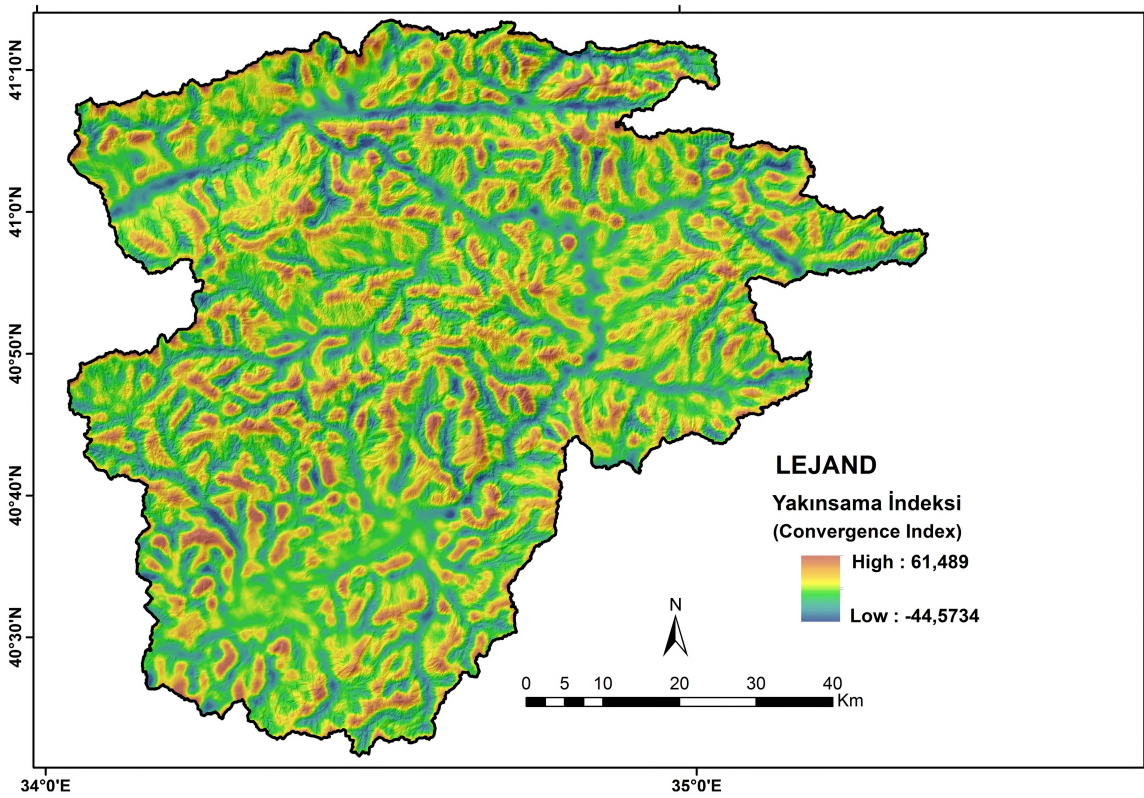
Belirlenen yarıçapa göre genelleme oranlarının değişiklik gösterdiği bu haritalarda detaylar da farklılık göstermektedir. Hücre yarıçapı 30 metre olarak üretilen haritadaki yamaçlarda belirgin olan yakınsayan kanallar yarıçap büyüdükçe

**Şekil 16.**

KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Yamaç Eğim Uzunluğu (LS Faktörü) Haritası.



Şekil 17.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Yakınsama İndeksi Haritası, Hücre Yarıçapı 30 Metredir.



Şekil 18.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Yakınsama İndeksi Haritası, Hücre Yarıçapı 50 Metredir.

-1,-1	0,-1	1,-1
-1,0	0,0	1,0
-1,1	0,1	1,1

Şekil 19.
Grid Sistem. (Riley ve ark., 1999)

genelleme arttığı için ortadan kalkmıştır. Genelleme arttıkça engebeliğin arttığı yerlerde küçük yakınsayan kanallar ihmal edildiği için sırtlar daha belirgin olarak karakterize olmuştur.

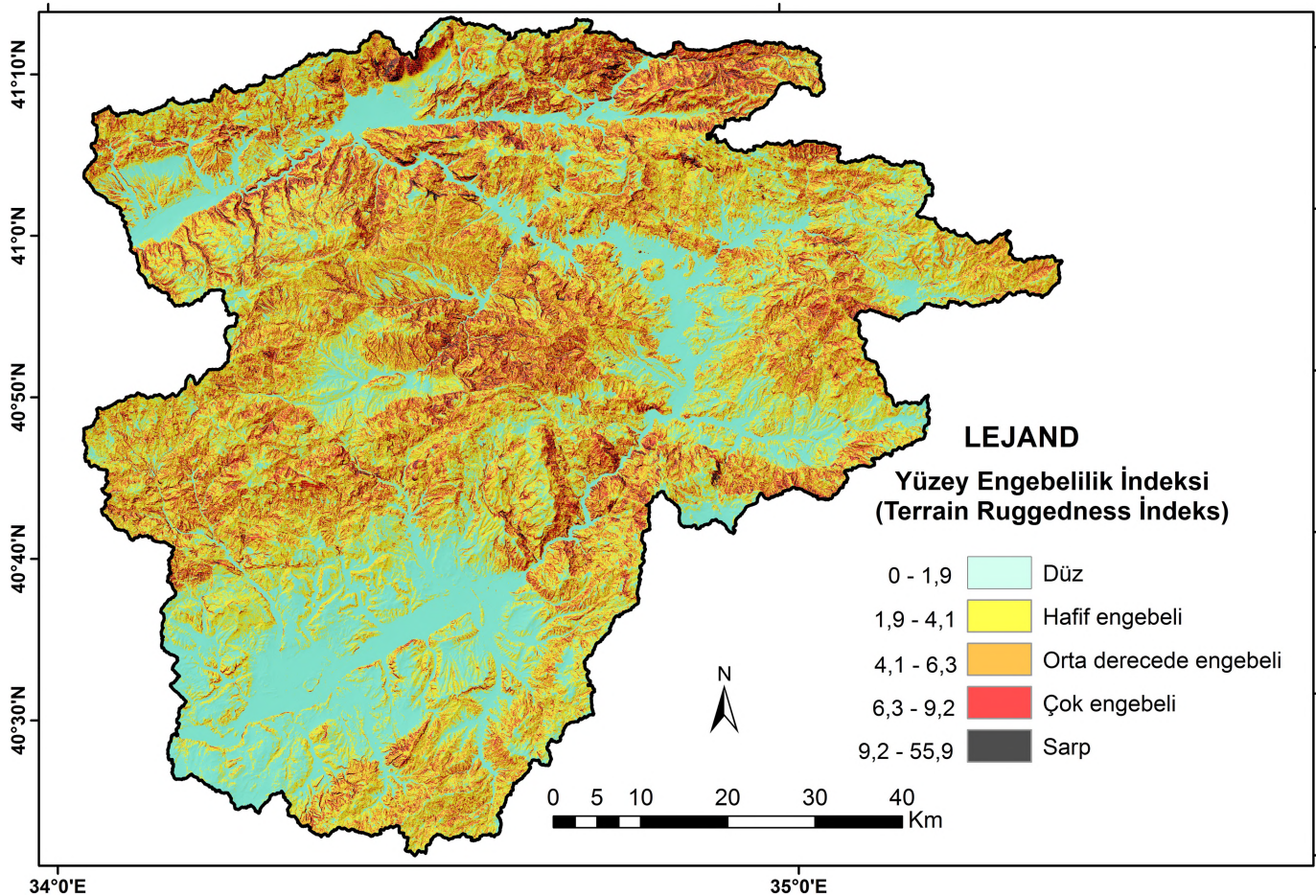
Hücre yarıçapının artmasına paralel olarak vadi yamaçlarında, düz alanlara geçişi sağlayan kesimlerdeki engebellik durumu belirginleşmiştir.

Bu haritalarda sırtların ve kanalların uzanım yönleri ve devamlılıkları ortaya çıkmıştır. KAF Zonu'na yaklaştıkça kanalların çizgiselliği dikkat çekmektedir. Dodurga-Hacıhamza Fay Zonu, Kızılırmak Fayı, Devrez Fayı ve Laçın Fayı'nın indekse etkileri belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Laçın-Doduraga ve Hamamözü hattının kuzeyinde kalan morfolojik sistemin fay kontrolünde geliştiği bu haritalardan da anlaşılmaktadır.

Yüzey Engebelliği (Terrain Ruggedness Index)

Çalışma alanında topografik engebelliğin açıklanmasında Yüzey Engebellik İndeksi (Terrain Ruggedness Index / TRI) kullanılmıştır. TRI, Riley ve ark. (1999) tarafından bitişik hücrelerin nisbi yükseklik değişiminden, topografik heterojenliğin ortaya konulması amacıyla geliştirilmiştir (Şekil 19). Riley ve ark. (1999)'ne göre, Sayısal Yükseklik Modelinde her piksel grid sisteminde bir hücreye karşılık geliyorsa Yüzey Engebellik İndeksi'nin elde edilmesinde aşağıdaki formül kullanılmalıdır.

$$TRI = \frac{[abs \{grid (0,0) - grid (-1,-1)\} + abs \{grid (0,0) - grid (0,-1)\} + abs \{grid (0,0) - grid (1,-1)\} + abs \{grid (0,0) - grid (1,0)\} + abs \{grid (0,0) - grid (-1,1)\} + abs \{grid (0,0) - grid (0,1)\} + abs \{grid (0,0) - grid (-1,0)\} + abs \{grid (0,0) - grid (1,1)\}] / 8}$$



Şekil 20.
KAF Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzası'nın (Çorum) Yüzey Engebellik İndeksi Haritası.

Tablo 2.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzasında Seçilen Alt Havzaların Havza Reliifi

Seçilen Havza No	Havza Adı	Havza Reliifi (Bh)	Seçilen Havza No	Havza Adı	Havza Reliifi (Bh)
2	Suçikan Dere Havzası	838	50	Bayat Çayı Havzası	1538
6	Uluçay Dere Havzası	1279	46	Sinansınırı Dere Havzası	1116
13	Karaağaç Dere Havzası	941	40	Çomu Çayı Havzası	1616
31	Avlu Çayı Havzası	1409	30	Uğuz Dere Havzası	1435
23	Dedeyurdu Dere Havzası	1387	20	Zeytindere Havzası	1455

abs=mutlak değer; grid=verilen grid konumunda pikselin değeri

Yüzey Engelibelik İndeksi arazinin girinti, çıkıntı ve düzlüklerinin ortaya konulmasında yükseklik değişim oranının elde edilmesinde kullanışlı bir indekstir. İndeksin verdiği sonuçlara göre vadi tabanları, sırtlar, yamaçlar, yüksek ve alçak düzlükler kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Sahada TRI değerlerinden düz, hafif engebeli ve orta düzeyde engebeli alanlar ile sarp araziler ayırt edilmiştir. Analizler sonucunda engebelik düzeyinin genel olarak güneyden kuzeye doğru arttığı gözlenmektedir. Engebenin düşük olduğu alanlara, dağlar arasındaki Neojen çökel havzalarında, erken kurulmuş ve flüviyal olgunluğa ulaşmış vadilerin taban düzlüklerinde rastlanılmaktadır. Bu haritada yüksek düzlüklerin parçalandığı ve oldukça dar alanlar kapladığı görülmektedir. Engelibelliğin en fazla olduğu yerler ise Kızılırmak Vadisi'nin Salur Boğazı kesiminde, İskilip kuzeydoğusunda Küre Dağları'nın doğu uzantılarında ve KAF Zonu'nda Kargı-Kamil hattının kuzeyindeki dağlık sahalardır (Şekil 20).

Havza Reliifi (Basin Relief)

Havza reliifi, Schumm (1956) a göre havzadaki minimum ve maksimum yükseltiler arasındaki farktır.

$$B_h = H_{max} - H_{min}$$

H_{max} = Havzadaki en büyük yükselti değeri

H_{min} = Havzadaki en küçük yükselti değeri

Havza relief değeri arttıkça havza genelinin potansiyel enerjisi de artmaktadır. Çalışma alanında bu değer yüksek olması aşınım etkinliğinin de yüksek düzeyde olduğunu gösterir. Bu durum aynı zamanda yüzeysel akışı arttıran bir neden olduğundan şiddetli yağışlarda derelerin pik değerine kısa sürede ulaşmasına ve taşkınların meydana gelmesine neden olabilir (Özdemir, 2011) Yüksek havza reliifi erozyonun ve dolaylı olarak akarsu yatağına

Tablo 3.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzasında Seçilen Alt Havzaların Relief Oranı

Seçilen Havza No	Havza Adı	Relief Oranı (Rh)	Seçilen Havza No	Havza Adı	Relief Oranı (Rh)
2	Suçikan Dere Havzası	0,04	50	Bayat Çayı Havzası	0,03
6	Uluçay Dere Havzası	0,14	46	Sinansınırı Dere Havzası	0,05
13	Karaağaç Dere Havzası	0,06	40	Çomu Çayı Havzası	0,03
31	Avlu Çayı Havzası	0,11	30	Uğuz Dere Havzası	0,12
23	Dedeyurdu Dere Havzası	0,12	20	Zeytindere Havzası	0,07

taşınan malzemenin artmasına da neden olmaktadır. Bu süreç sonrasında taşınan malzemenin akarsu yatağında birikmesiyle, yatak hacmi küçülmekte ve taşkına neden olmaktadır (Avcı & Sunkar, 2015) Çalışma alanında belirlenen alt havzalar içerisinde en yüksek Havza Reliifi güneyde Bayat Çayı Havzası'nda (Bh 1538), orta kesimde Çomu Çayı Havzası'nda (Bh 1616) ve kuzeyde Zeytindere Havzası'nda (Bh 1455) elde edilmiştir. Bu havzalar Geçmiş Dağı, Köse Dağı ve Çaldağı gibi yüksek dağlık alanlardan Kızılırmak'a akaçlanan akarsu havzalarıdır. Güneyde Köse Dağı'ndan (Suçikandere Havzası), kuzeyde ise Ada Dağı'ndan Kızılırmak'a akaçlanan (Karaağaçdere Havzası) akarsu havzalarında ise düşük Havza Reliifi elde edilmiştir (Tablo 2).

Relief Oranı (Relief Ratio)

Relief Oranı (Rh) maksimum havza reliifinin ana akarsuya paralel olan maksimum havza uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Shumm, 1956).

$$R_h = H/L$$

H: Maksimum havza reliifi (metre)

L: Ana akarsuya paralel maksimum havza uzunluğu (metre)

Relief Oranı arazinin göreceli dikliğini verir. Bu değer yüksek olması erozif etkiyi ve taşkın riskini artırır (Avcı & Sunkar, 2018). Yapılan bazı çalışmalarda litolojik olarak homojen havzalarda akarsu dizin sayısının artışı ile Relief Oranı arasında ters orantı olduğu anlaşılmıştır (Özdemir, 2011). Çalışma alanında düşük relief oranı özellikle erken kurulmuş drenaj sistemine sahip akarsularda ana akarsuya paralel havza uzunluğunun yüksek olmasıyla ilgili iken genç boğaz vadilere akaçlanan ve ana akarsuya paralel havza uzunluğunun düşük olduğu sahalarda daha yüksek Relief Oranı ortaya çıkmıştır. Çalışma alanında belirlenen alt havzalar içerisinde Relief Oranı en yüksek havzalar Salur Boğazı'nda Uluçay Dere, KAF Zonu'nda Avlu Çayı, Uğuz Dere ve Dedeyurdu Dere havzalarıdır. Bayat Çayı ve Çomu Çayı gibi

Tablo 4.

Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Güneyindeki Kızılırmak Havzasında Seçilen Alt Havzaların Engelibelik Değeri

Seçilen Alt Havza No	Havza Adı	Engelibelik Değeri (Rn)	Seçilen Alt Havza No	Havza Adı	Engelibelik Değeri (Rn)
2	Suçikan Dere Havzası	3,79	50	Bayat Çayı Havzası	6,10
6	Uluçay Dere Havzası	6,30	46	Sinansınırı Dere Havzası	4,91
13	Karaağaç Dere Havzası	4,10	40	Çomu Çayı Havzası	7,04
31	Avlu Çayı Havzası	7,70	30	Uğuz Dere Havzası	6,18
23	Dedeyurdu Dere Havzası	6,20	20	Zeytindere Havzası	3,44

havza uzunluğunun fazla olduğu kesimlerde Relief Oranı düşük çıkmıştır (Tablo 3).

Engebelilik Değeri (Ruggedness Number)

Melton (1957)'a göre Engebelilik Değeri, havza reliefinin drenaj yoğunluğuna çarpımı ile bulunur.

$$R_n = B_n \times D_d$$

Bh: Havza reliefi (km),

Dd: Drenaj yoğunluğu (km/km²) dur.

Engebelilik değeri, relief ve yarılmının etkileşimi ile ortaya çıktığından yüksek yarılıma sahip havzalar alçak relief özelliklerini gösterir, daha az yarılmış ve engebeli olan (genç) havzalar ise yüksek relief özelliği gösterir. Havzanın engebelilik değeri arttıkça, pik akımlarda da artma meydana gelir ve havzadaki erozif etkinlik hız kazanır (Özdemir, 2011). Çalışma alanında belirlenen alt havzalar içerisinde Engebelilik Değeri genel olarak yüksek çıkmıştır. Sahada güneyden kuzeye doğru artan tektonik gençleşme ve yükselti artışı ile birlikte yüksek mukavemetli ve sızma kapasitesi düşük litolojik unsurların artışı KAF Zonu çevresindeki havzalarda akarsu havzalarında drenaj yoğunluğunu da artırmıştır. Bu durum havzaların Engebelilik Değeri'ni artırmıştır (Tablo 4)

Sonuç ve Öneriler

Çalışma alanı kuzeyine Tosya-Kargı-Kamil hattına, Anadolu Levhası'nın batıya kaymasını sağlayan sağ yanal doğrultu atımlı KAF Zonu'nu oluşturan fayların yerleşmesiyle birlikte sahanın jeomorfolojik gelişiminde genç tektonik hareketler etkin olmuştur. Bu kesimde, kuzeyde faylı yapılara özgü yerşekilleri yaygın olup aktif tektonizmanın etkinliğini gösteren ötelenmiş akarsularla birlikte fay diklikleri, fay düzlemlerinde görülebilecek fay çizikleri, çentikler, breşler ve alüvyon yelpazelerinin ötelediği akarsu yatakları ve aktivitenin tetiklediği kütle hareketleri gibi pekçok doğrultu atımlı fay morfolojisi kanıtları saptanmıştır. Neotektonik dönem hareketlerinin yatayda ve düşeyde meydana getirdiği etki, kuzeyde KAF Zonu'ndan güneyde Uğurludağ-Bayat çevresine yaklaşıldıkça azalır. Bu etkinin güneyde daha sınırlı olması, Neojen'de görsel jipsli serilerin oluşturduğu yatay yapıların ilksel duruşunun büyük ölçüde korunmasından anlaşılmaktadır. Uğurludağ çevresindeki bu yapısal düzlükler üzerine Pliyo-Kuvaterner'de yerleşen akarsu drenajı zemin özelliklerinin de etkisiyle derin ve dik yamaçlı vadi yarımları meydana getirmiştir. Güney ve kuzeydeki birbirinden farklı bu iki saha arasında çeşitli metamorfik unsurlar ve çökel kayalardan meydana gelen, Paleotektonik dönem oluşumları, Kuzey Anadolu Dağları'nın uzantıları yer alır.

Genç tektonik hareketlerin, litolojik özelliklerin ve paleocoğrafik ortam şartlarının yeryüzünün şekillenmesinde belirgin izler bıraktığı bu sahada jeomorfolojik özellikleri ve jeomorfolojik gelişimi açıklamaya yardımcı olabilecek modern jeomorfoloji yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bunların başlıcaları Topografik Pozisyon İndeksi, Mutlak Yükseklik, Hipsometrik Eğri ve İntegral, Görelî Yükseklik, Bakı, Topografik Açıklık, Eğim, Yamaç Uzunluğu, Yamaç Şekli, Yüzey Engebeliliği, Havza Reliefi, Relief Oranı ve Engebelilik Değeri analizleridir. Bu analizler ile sahanın içbükey, dışbükey ve düz yüzeylerini, vadi ve sırtlarını, eğim sınıflarını, görelî ve mutlak yükseltilerini, erozif etkiye açıklık düzeylerini temsil eden yüksek ve düşük enerjili sahalarını, aşınım ve birikim alanlarını, aşınımın evrelerini, topografik görünürlük ve engebelilik düzeylerini ortaya koymaya katkı sağlamıştır. Ayrıca çalışılan alana ilişkin ayrıntılı bir jeomorfoloji haritası da oluşturulmuştur.

Relief analizleri kuzeyde Kargı ve Osmançık çevresinde KAF'ın tektonik aktivitesinin ve zeminin aşınımına karşı dayanımlı litolojik unsurlarının jeomorfolojik parametreler üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Güneyde Uğurludağ-İskilip arasında elde edilen veriler tektonik etkinin sınırlı olduğu olgun bir topografya özelliklerini yansıtmaktadır. Güneyden kuzeye doğru giderek artan bu tektonik etki, iki farklı kesimde jeomorfolojik özelliklerin ve görünümün farklılaşmasına neden olmuştur. Kuzeyde şiddetli yanal ve düşey yönlü tektonik aktivitenin ve metamorfik unsurların etkisiyle eğimin ve görelî yükseltinin arttığı engebeli ve dışbükey yüzeylerin geniş yer kapladığı genç bir topografya hâkimdir. Güneyde ise zayıf tektonik aktivitenin ve yatay yapılı görsel serilerin etkisiyle meydana gelen geniş, düz yüzeyler, tabanlı vadiler, içbükey vadi yamaçları ve plato düzlüklerinden oluşan basık, olgun bir topografya hâkimdir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir – M.A.; Tasarım – M.A.; Denetim – T.E., T.A.E.; Kaynaklar – M.A.; Malzemeler – M.A.; Veri Toplama ve/veya İşleme – M.A.; Analiz ve/veya Yorum – M.A.; Literatür Taraması – M.A.; Yazıyı Yazan – M.A.; Eleştirel İnceleme – T.E., T.A.E.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – M.A.; Design – M.A.; Supervision – T.E., T.A.E.; Resources – M.A.; Materials – M.A.; Data Collection and/or Processing – M.A.; Analysis and/or Interpretation – M.A.; Literature Search – M.A.; Writing Manuscript – M.A.; Critical Review – T.A., T.A.E.

Declaration of Interests: The authors declare that they have no competing interest.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

Kaynaklar

- Akkan, E. (1970). *Bafra burnu-delice kavşağı arasında Kızılırmak Vadisi'nin Jeomorfolojisi* (vol. 191). Ankara Üniv. DTCF yay.
- Akkuş, A. (1980). *Devrez Çayı Vadisi'nin Jeomorfolojisi* (vol. 24). Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- ALOS World 3D 30M (2020). https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d30/aw3d30_e.htm
- Alp, O. (1998). *Sayısal arazi modeli üzerine bir inceleme*. (Tez No: 75100) [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İ. T. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arikan, M. (2020). *Kızılırmak Havzası'nın Uğurludağ-Bayat-Kargı-Osmançık Arasındaki Kesiminin Jeomorfolojisi (Çorum)* (Tez No: 636766) [Yayımlanmamış Doktora Tezi] (s. 410). İst. Üniv. Sos. Bil. Enst.
- Arikan, M., & Ertek, T. A. (2019). *Kuzey Anadolu Fay (KAF) Zonu çevresinde Kızılırmak drenajının kuruluşu ve gelişimini denetleyen unsurlar [The factor check the drainage and formation of Kızılırmak River around the Zone of North Anatolian Fault (NAF)]* (B. Gönençgil, T. A. Ertek, İ. Akova, & E. Elbaşı, Çev.) (vol. 1, ss. 771-775). İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi. Tam Metin Bildiri Kitabı-Proceedings.
- Arikan, M., & Ertek, T. A. (2021). Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Tosya-Kargı-Kamil arasındaki kesiminde akarsu havzalarının rölatif tektonik

- aktivite düzeylerinin jeomorfometrik yöntemlerle belirlenmesi. *Journal of Geography*, (42), 211–228. [\[CrossRef\]](#)
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu Çayı ve Batlama Deresi havzalarının morfolojik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, Sayı, 30, 91–119.
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2018). Bulancak'ta (Giresun), sel ve taşkın olaylarına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin, morfolojik analizleri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 28(2), 15–41.
- Boehner, J., & Selige, T. (2006). Spatial prediction of soil attributes using terrain analysis and climate regionalisation. In J. Boehner, K. R. McCloy & J. Strobl (Eds.), *SAGA - Analysis and modelling applications* (vol. 115, pp. 13–27). Goettinger Geographische Abhandlungen.
- Burrough, P. A., & McDonell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.
- Çabuk, S., Ardiç, H., Kiracı, A. C., Eker, O., & Okul, A. (2017). Eş yükseklik eğrilerinin üretiminde açık kaynaklardan elde edilen sayısal yükseklik modellerinin kullanılabilirliği konusunda bir çalışma ALOS ve SRTM verilerinin karşılaştırılması, TUFUAB IX. Sempozyumu Bildiri Özetler (s. 48). Afyonkarahisar.
- Desmet, P. J. J., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51, 427–433.
- Doneus, M. (2013). Openness as visualization technique for interpretative mapping of airborne lidar derived digital terrain models, in remote sensing, 5, 6429.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., & Olgun, Ş. (2011a). 1:250.000 Ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Çorum (NK 36–16) Paftası, Seri no: 30. MadenTetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., & Elmacı (2011b). 1:250.000 Ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Çankırı (NK 36–15) Paftası, Seri no: 24. MadenTetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Emre, Ö., Özalp, S., & Duman, T. Y. (2012a). 1:250.000 Ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Kastamonu (NK 36–11) Paftası. Seri No: 23. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Emre, Ö., Özalp, S., Duman, T. Y., & Kondo, H. (2012b). 1:250.000 Ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Sinop (NK 36–12) ve Samsun (NK 37–9) Paftaları. Seri No: 29. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Erdoğan, M., & Toz, G. (2009). *Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) doğruluk ve üretim maliyetleri*. TUFUAB 2009 Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Sempozyumu Bildirileri (s. 4). tufuab.org.tr_ erişim 01.02.2021.
- Erturaç, K. (2009). *Amasya ve çevresinin morfolojik evrimi* (Tez No: 266235) [Yayımlanmamış Doktora Tezi] (s. 347). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Esirtgen, F. (2010). *Farklı veri kaynakları ile elde edilen sayısal yükseklik modellerinin doğruluk analizi ve kalite değerlendirmesi* (Tez No: 295707) [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi] (s. 68). YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Guisan, A., Weiss, S. B., & Weiss, A. D. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology*, 143(1), 107–122. [\[CrossRef\]](#)
- Gürgöze, S. (2020). *Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kızılırmak ile Tersakan Çayı (Yeşilirmak) Arasındaki Kesiminin Tektonik Jeomorfolojisi* (Tez No: 656941) [Yayımlanmamış Doktora Tezi] (s. 215). 19 Mayıs Üniversitesi, Sos. Bil. Enst.
- Hoşgören, M. Y. (2014). *Jeomorfoloji terimleri sözlüğü* (Genişletilmiş 2. Baskı). Çantay Kitabevi.
- Hubert-Ferrari, A., King, G., Woerd, Jvd, Villa, I., Altunel, E., & Armijo, R. (2009). *Long-term evolution of the north Anatolian fault: New constraints from its eastern termination* (vol. 311, pp. 133–154). Geological Society, Special Publications. [\[CrossRef\]](#)
- Jenness, J. (2006). *Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3a*. Jenness Enterprises.
- Kale, M. M. (2016). Devrez Çayı Vadisi'nin tektonik özelliklerinin morfolojik indisler ile araştırılması. *Coğrafya Dergisi*. *Journal of Geography*, 33, 21–23.
- Kılıç, G. F. (2018). Jeomorfometri-yeryüzü şekillerinin otomatik belirlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, 36, 15–26.
- Köthe, R., & Lehmeier, F. (1996). *SARA system zur automatischen relief-analyse*. Benutzerhandbuch, Department of Geography, University of Göttingen.
- Kozacı, Ö., Dolan, J., Finkel, R., & Hartleb, R. (2007). Late Holocene slip rate for the north Anatolian fault, Turkey, from cosmogenic ³⁶Cl geochronology: Implications for the constancy of fault loading and strain release rates. *Geology*, 35(10), 867–870. [\[CrossRef\]](#)
- Melton, M. (1957). *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology* (p. 102). Department of Geology, Columbia University. Technical Report 11, Project NR 389–042. Office of Navy Research.
- Miller, C. L., & Leflamme, R. A. (1958). The digital terrain model-theory and application. *Photogrammetric Engineering*, 24, 433–442.
- Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological and biological applications. *Hydrological Processes*, 5(1), 3–30. [\[CrossRef\]](#)
- Özdemir, H. (2011). *Havza Morfolojisi ve Taşkınlar. Fiziki Coğrafya Araştırmaları, Sistematik ve Bölgesel* (vol. 5, pp. 507–526). Türk Coğrafya Kurumu Yayınları.
- Öztürk, E., & Koçak, E. (2007). Farklı kaynaklardan değişik yöntem ve ölçeklerde üretilen sayısal yükseklik modellerinin doğruluk araştırması *Harita Dergisi*. (137), 25–41.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, İ., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., Ararajeh, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., et al. (2006). GPS Constraints on Continental Deformation in the Africa-Arabia-Eurasia Continental Collision Zone and implications for the Dynamics of Plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.
- Riley, S. J., de Gloria, S. D., & Elliot, R. (1999). A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5, 1–4.
- Rolf, A., Knippers, R. A., Sun, Y., Ellis, M. C., Kraak, M.-J., Weir, M. J. C., Georgiadi, Yola, Radwan, M. M., Van Westen, C. J., Kainz, W., & Sides, E. J. (2001). *Principles of geographic information systems* (p. 490). ITC Educational Textbook Series 1.
- Samy, I. E., Shattri, M., Bujang, B. K., & Ahmad, R. M. (2010). Topographic openness algorithm for characterizing geologic fractures of Kuala Lumpur limestone bedrock using DEM. *Journal of Geomatics*, 4, 60–68.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597–646. [\[CrossRef\]](#)
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakaç, M., Eridoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., & Rangin, C. (2005). The north Anatolian fault: A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33(1), 37–112. [\[CrossRef\]](#)
- Şengör, A. M. C., & Yılmaz, Y. (1983). *Türkiye'de Tetis'in Evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım*. TJK Yerbilimleri Özel Dizisi 1.
- Sevin, M., & Uğuz, M. F. (2011). 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları [No 148, G 32 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Sevin, M., & Uğuz, M. F. (2013 a). 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları [No 183, G 33 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Sevin, M., & Uğuz, M. F. (2013 b). 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları [No 184, G 34 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Sevin, M., Uğuz, M. F., & Sarıfakioğlu, E. (2014). 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları [No 205, H 33 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Sevin, M., Uğuz, M. F., & Sarıfakioğlu, E. (2016). 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları [No 225, H 32 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area–altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63(11), 1117–1142. [\[CrossRef\]](#)
- Takaku, J., Tadono, T., Doutsu, M., Ohgushi, F., & Kai, H. (2020). *Updates of AW3D30 ALOS global digital surface model with other open access datasets* (vol. XLIII-B4-2020, pp. 183–189). International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS.

- Tokay, M. (1973). Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu* (ss. 12–29). Ankara: Mta Enstitüsü Yayını.
- Tüysüz, O., & Dellaloğlu, A. A. (1994). *Orta Anadolu'da Çankırı Havzası ve çevresinin erken Tersiyer'deki paleocoğrafik evrimi* (ss. 56–75). Petrol Kongresi Bildiriler Kitabı.
- Tüysüz, O., & Erturaç, M. K. (2005). *Kuzey Anadolu Fayı'nın Devrez Çayı ile Soruk Çayı arasındaki kesiminin özellikleri ve fayın morfolojik gelişimindeki etkileri* (ss. 26–40). Türkiye Kuvaterner Sempozyumu TURQUA-V.
- Uğuz, M. F., & Sevin, M. (2009a). *1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları* [No 114, F 32 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Uğuz, M. F., & Sevin, M. (2009b). *1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları* [No 115, F 33 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Uğuz, M. F., & Sevin, M. (2009c). *1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları* [No 116, F 34 Paftası]. MTA Jeoloji Etütleri Dairesi.
- United States Geological Survey (2020). <https://www.usgs.gov>
- Weiss, A. (2001). Topographic position and landforms analysis [Poster Presentation]. ESRI User Conference. San Diego, CA.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *A guide to conservation planning with universal soil loss equation (USLE) agriculture handbook*. Department of Agriculture.
- Yavaşoğlu, H. (2009). *Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümündeki güncel tektonik aktivitenin jeodezik yöntemler ve elastik yarı uzay modelleme ile belirlenmesi* (Tez No: 293719) [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yıldırım, C. (2008). *Almacık Bloku ve yakın çevresinin morfolojik ve morfolojik yapıları* (Tez No: 232161) [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.
- Yokoyama, R., Sirasawa, M., & Kikuchi, Y. (1999). Representation of topographical features by openesses [in Japanese with English Abstract]. *Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, 38(4), 26–34. [CrossRef]
- Yokoyama, R., Sirasawa, M., & Pike, R. J. (2002). Visualizing topography by openness: A new application of image processing to elevation models. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(3), 257–265.