



# Bozok Journal of Engineering and Architecture

e-ISSN: XXXX-XXXX

Araştırma Makalesi/Research Article

## Yozgat ili topoğrafik ıslaklık indeksinin (TWI) coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi

Ömer Faruk KARACA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi

Kabul tarihi

Yayın tarihi

Anahtar Kelimeler:

CBS  
DEM  
TWI  
Topoğrafik  
Yozgat

### ÖZET

Topoğrafik ıslaklık indeksi (TWI), topoğrafik anlamda suya doymun alanların mekânsal dağılımlarının ve boyutlarının ifade edilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yüksek TWI, belirli bir alanda daha fazla nemin olduğunu ve su hareketinin aşağı doğru eğilimini, dolayısıyla taşkın olaylarına daha yatkın olduğunu gösterir. Bu çalışmada amaç, son zamanlarda yaygın olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile bölge TWI haritasının oluşturulmasıdır. Bu amaçla SRTM DEM adresinden elde edilen 30 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli ile suya doymun olan veya sulu alanlarının mekânsal dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçta, topoğrafyanın zemin nemliliği üzerindeki ve eğimin hidrolojik süreçler üzerindeki etkisini ortaya konulmuştur. Çalışma alanı eğim değerleri 0-70°, yükselti ise 580 - 2360 m arasında değişiklik göstermektedir. Eğim açısından bakıldığında, en fazla eğim yüzdesi (%50.74) 0°-5° değere sahip yerlerde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak eğim derecesi arttıkça kapladığı alan yüzdesinde de azalış olduğu tespit edilmiştir. Bakı değerlerinde ise Güneydoğu, güney ve güneybatı yönleri toplam arazinin yaklaşık %41.38; kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri %29.77'lik kısmını kapsamaktadır. Akış birikimine göre, en yüksek değer ve alanın güney (%16.66) yönünde olduğu belirlenmiştir. En az yer kaplayan yön ise %8.99 ile kuzeydoğu yönü olmuştur. Değerlerin büyük bir çoğunluğu %10-16 arasında değişiklik göstermektedir. TWI haritasına göre kurun alanlarda toplamda en yüksek değere 1084.31 km<sup>2</sup> ile Merkez ilçede, en düşük değere 58,84 km<sup>2</sup> ile Yenifakılı ilçesinde rastlanmıştır. Islak alanın toplamda en fazla 1128.65 km<sup>2</sup> ile Boğazlıyan ilçesinde, en düşük ise 144.29 km<sup>2</sup> ile Çandır ilçesinde olduğu belirlenmiştir.

## Determination of topographic wetness index (TWI) of Yozgat province using geographic information systems

### ARTICLE INFO

Article history:

Received

Accepted

Published

Keywords:

GIS  
DEM  
TWI  
Topographic  
Yozgat

### ABSTRACT

The topographic wetness index (TWI) is widely used to express the spatial distribution and dimensions of water-saturated areas in the topographic sense. A high TWI indicates that there is more moisture in a certain area and that water movement tends downward, thus being more prone to flood events. The aim of this study is to create a regional TWI map with Geographic Information Systems (GIS), which has been widely used recently. For this purpose, the spatial distribution of water-saturated or irrigated areas was tried to be determined with the digital elevation model with 30 m resolution obtained from SRTM DEM address. As a result, the effect of topography on soil moisture and slope on hydrological processes was revealed. The slope values of the study area vary between 0°-70° and the elevation between 580 - 2360 m. When examined in terms of slope, it was determined that the highest slope percentage (50.74%) was in places with 0°-5° values. Accordingly, it was determined that as the slope degree increased, the percentage of the area it covered decreased. In terms of aspect values, the southeast, south and southwest directions cover approximately 41.38% of the total land; the north, northeast and northwest directions cover 29.77%. According to flow accumulation, the highest value and area was determined to be in the south (16.66%) direction. The direction covering the least area was the northeast direction with 8.99%. The majority of the values vary between 10-16%. According to the TWI map, the highest value in total dry area was found in the Central District with 1084.31 km<sup>2</sup>, and the lowest value was found in the Yenifakılı District with 58.84 km<sup>2</sup>. It was determined that the total wet area was the highest in Boğazlıyan district with 1128.65 km<sup>2</sup>, and the lowest in Çandır district with 144.29 km<sup>2</sup>.

ORCID ID: Yazari: 0000-0002-6302-9738

\*Sorumlu yazar(lar)/Corresponding author(s): <sup>1</sup>Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye  
Tel:+90 542 844 01 04.  
Fax: +90 0 354 242 10 94 7 4456.  
E-mail: omerf.karaca@yobu.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article: Karaca, Ö.F., "Yozgat ili topoğrafik ıslaklık indeksinin (TWI) coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi". Bozok Journal of Engineering and Architecture 2024; 3 (2), 87-98

## 1. GİRİŞ

Topoğrafik ıslaklık indeksi (TWI), bileşik topoğrafik indeksi (CTI) olarak da bilinir, sabit durum ıslaklık indeksidir. İlk defa [1] tarafından ortaya atılmıştır. Topoğrafik anlamda suya doymuş alanların mekânsal dağılımlarının ve boyutlarının ifade edilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2,3,4]. Arazinin eğimi ve akış birikimi kullanılarak hesaplanır ve çoğunlukla arazinin yüksek veya düşük toprak nem içeriğine sahip alanlarını belirlemede kullanılmaktadır. Topoğrafyanın zemin nemliliği üzerindeki ve eğimin hidrolojik süreçler üzerindeki etkisini ortaya koyar. Aynı zamanda bu etki akış halinde olan suyun yerelde ne kadar yer değiştirdiğini ifade etmesinin yanı sıra kaynak alanlarda gömlenen suyun ve karın topoğrafik koşullara bağlı gelişiminin de ifadesidir. TWI, hassas tarımla doğrudan ilgili birçok çalışmada önemli bir parametre olarak ele alınmıştır [5,6].

Toprak nemi boşluktaki suyu basıncına neden olur ve özellikle şev kırılmasını kontrol eden toprak direncini düşürür [7]. Belirli bir havza açısından TWI, belirli bir noktada biriken su eğilimini açıklar ve yerel eğimde yerçekimi kuvvetlerinin su hareketi üzerindeki etkisini de göstermektedir [8]. Elde edilen yüksek TWI değerleri, topoğrafyaya da bağlı olacak şekilde genellikle yüksek toprak neminin olduğu alanları ifade etmektedir [9].

TWI değerleri düşük olan yerlerde geçirgenlik düşük, yüksek olan yerlerde ise geçirgenlik de yüksektir. Düşük TWI değeri, su birikiminin daha az değişimini ve daha yüksek su hareketini gösterir. Yüksek TWI değerleri ile taşkın olayları arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. TWI arttıkça belirli bir alandaki nem miktarı da artar ve su hareketi yerçekimi etkisiyle aşağı doğru hareket etmeye başlar. Bu durum, o bölgenin sahip olduğu yüksek doymuşluk seviyesi nedeniyle taşkın olaylarına da daha yatkın olduğunu göstermektedir [10].

Bu yaklaşımda homojen ve izotrop bir ortam ile tek tip zemin koşulu varsayımlarını dikkate alınarak aşağıda verilen Denklem 1 ile ifade edilmiştir.

$$TWI = \ln \left( \frac{A_s}{\tan \beta} \right) \quad (1)$$

Burada;

$A_s$  = Kullanılan harita biriminin alanı ( $m^2m^{-1}$ )

$\beta$  = Yamaç Eğimi ( $^\circ$ )

TWI değerleri heyelan oluşumunu da etkilemektedir [5,11,12]. Yüzeysel akışa bağlı olarak topoğrafyanın ne derece ıslak olduğunu ifade eden bağıl topoğrafik ıslaklık indeksi arazinin nemli, kuru ve ıslak olup olmadığı konusunda bilgilendirmektedir. Arazide ıslaklık durumu arttığı özellikle yamaçlarda, eğer diğer durumlar da uygunsa, toprak kayması daha hızlı ve kolay olmaktadır [13].

TWI, özellikle hidrolojik süreçlerdeki topoğrafik kontrolü ölçmek için kullanılan bir ölçüttür [14]. Hem eğimin hem de akış yönüne dik birim genişlik başına katkıda bulunan alanın bir fonksiyonudur. İndeks, yamaç katenaları için tasarlanmıştır. Düz alanlardaki birikim sayıları çok büyük olacağından, TWI ilgili bir değişken olmayacaktır. İndeks, ufuk derinliği, silt yüzdesi, organik madde içeriği ve fosfor gibi çeşitli toprak nitelikleriyle yüksek oranda ilişkilidir [15]. Bu indeksi hesaplama yöntemleri, öncelikle yamaç yukarı katkıda bulunan alanın hesaplanma biçiminde farklılık göstermektedir.

TWI kavramı, zamanla değişme olasılığı daha yüksek olan oldukça tanımsız akış yönleri nedeniyle düz alanlarda daha az uygundur. Sayısal yükseklik modeline (DEM) ek olarak meteorolojik ve hidrolojik verilerin mevcut olduğu durumlarda, daha dinamik bir yaklaşım yararlı olabilmektedir. Dikey DEM hassasiyeti ve doğruluğuna ek olarak, TWI'nin DEM hücre boyutu, akış yönü algoritması, eğim algoritması ve ilgili toprak özelliklerinin dahil edilmesi gibi birçok başka faktöre duyarlı olduğunu göstermektedir [14,16].

TWI'nin doğruluğu, herhangi bir hidrolojik modelde olduğu gibi, yüzey topoğrafyasına da bağlıdır. Yüksek mekansal çözünürlüğe sahip bir DEM'in varlığı, kentsel bir havza için ayrıntılı bir mekansal hidrolojik modelin daha doğru bir şekilde uygulanmasını sağlar. Bu nedenle, uygun bir TWI geliştirmek ve taşkın eğilimli (ıslak) bir alanın sınırlarını belirlemek için hidrolojik olarak sağlam bir DEM'e ihtiyaç vardır [8].

LANDSAT TM; LANDSAT ETM +; AVHRR; MODIS ve ASTER gibi uyduların her biri çok sayıda dijital ürün sunmakta ve elektromanyetik spektrumun belirli bir dalga boyunda radyan enerjisi tespit etmektedir [31]. Farklı çözünürlüklere sahip DEM'ler ile oluşturulan TWI yardımıyla su baskını süreçlerinin daha iyi bir doğrulukla simüle edilebilmektedir [17]. DEM verileri hidrolojik çalışmalarda; su akış yönlerinin belirlenmesi, drenaj ağlarının çıkartılması, havza ve alt havza sınırlarının belirlenmesi, havza karakteristik özelliklerinin belirlenmesi, sediment taşınımına yönelik araştırmalar, topoğrafik nemlilik indeksi vb. birçok çalışmada etkin bir biçimde kullanılabilir. DEM'in çözünürlüğü arttıkça elde edilebilecek sonuçlar da daha başarılı olacaktır.

TWI, belirli bir noktaya doğru akan suyun bir ölçüsü olarak eğim yukarı alanını, yeraltı yanal geçirgenliğinin bir ölçüsü olan yerel eğime ilişkilendirir [1]. TWI kavramı birçok popüler hidrolojik modele [18,19] ve kirlilik risk endekslerine [20,21,22,23] entegre edilmiştir.

TWI çoğunlukla hidrolojik süreçler üzerindeki mekansal ölçekli etkileri incelemek ve jeo-kimyasal modelleme için hidrolojik akış yollarını belirlemek, ayrıca yıllık net birincil üretim, bitki örtüsü desenleri ve orman alanı kalitesi gibi biyolojik süreçleri karakterize etmek için kullanılmıştır. Çiftçilere drenaj, sulama, ürün seçimi ve koruma yönetimi uygulamalarını optimize etmeleri için değerli bilgiler sağlayabilir ve bu da tarımsal üretkenliği ve sürdürülebilirliği iyileştirmeye yardımcı olabilmektedir.

Drenaj yönetimi açısından TWI, çiftçilerin tarlalarının su basmasına eğilimli olan alanlarını belirlemelerine yardımcı olabilir; bu da ürün veriminin azalmasına veya hatta ürün başarısızlığına yol açabilir. Çiftçiler tarlalarının farklı kısımlarındaki toprağın ıslaklığını anlayarak, drenaj ağları oluşturmak veya suyu hassas alanlardan uzağa yönlendiren kanallar oluşturmak gibi drenaj yönetimi uygulamaları hakkında kararlar alabilirler.

Sulama yönetimi açısından TWI, tarlanın sulamaya daha fazla veya daha az ihtiyaç duyma olasılığı olan alanlarını belirlemek için de kullanılabilir. Çiftçiler, sulama işlemini düşük TWI değerlerine sahip alanlara odaklayarak su kullanım verimliliğini optimize edebilir ve aşırı sulama riskini azaltabilirler.

Ürün seçimi açısından TWI, çiftçilerin tarlalarının farklı kısımları için en uygun ürünleri seçmelerine yardımcı olabilir. Islak topraklara dayanıklı ürünler yüksek TWI değerlerine sahip alanlar için daha uygun olabilirken, iyi drene edilmiş toprak gerektiren ürünler düşük TWI değerlerine sahip alanlar için daha uygun olabilir.

Koruma yönetimi açısından TWI, erozyona veya tortulaşmaya eğilimli arazi alanlarını belirlemek için de kullanılabilir. Çiftçiler, örtü bitkileri veya azaltılmış toprak işleme gibi koruma uygulamalarına odaklanarak, toprak verimliliğini korumaya ve yakındaki su yollarına besin akışını azaltmaya yardımcı olabilir.

Bu çalışmada amaç, son zamanlarda yaygın olarak kullanılan CBS ile bölge TWI haritasının oluşturulmasıdır. Bu amaçla SRTM DEM adresinden elde edilen 30 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli ile suya doygun olan veya sulu alanlarının mekânsal dağılımları belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçta, topoğrafyanın zemin nemliliği üzerindeki ve eğimin hidrolojik süreçler üzerindeki etkisini ortaya konulmuştur.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma alanı

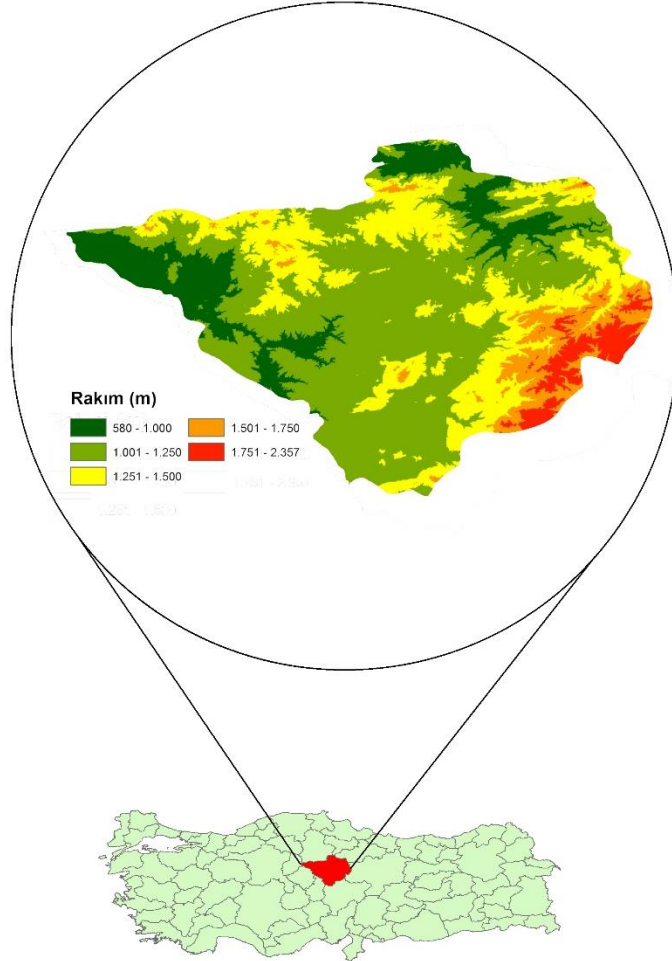
Yozgat ili, Orta Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak bölümünde Bozok Platosu üzerinde yer almaktadır. Yozgat, doğuda Çorum, Amasya, Tokat, Sivas, güneyde Kayseri, Nevşehir, batıda Kırşehir ve Kırıkkale illeriyle çevrilidir. Türkiye'nin merkezinde bulunan bir ildir. İlin denizden yüksekliği 1300 m olup, iz düşüm alanı 13.690 km<sup>2</sup> ve toplam alanı ise 14037 km<sup>2</sup>'dir. Toprak genişliği açısından 81 il arasında 15. Sırada yer almaktadır.

İklimsel olarak kışlar daha soğuk ve sert geçmesine karşın yazları kurak ve daha sıcaktır. İle ait uzun yıllar iklim değerleri tablo 1'de verilmiştir. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos'tur. Sert iklim koşulları, Yeşilirmak havzasına giren Çekerek Vadisi'nde biraz yumuşamakta, az da olsa Karadeniz ardi ikliminin etkileri görülmektedir [24]. İlin büyük bir kısmı (%51.4) platolarla kaplıdır. Dağlar yeryüzü şekillerinin %37.7'sini oluşturur. İl yüzölçümünün %10.9'unu kaplayan ovalar, genellikle, Yeşilirmak Havzası'na giren Çekerek Vadisi'nde toplanmıştır. İlde hububat ekiminin yanı sıra nadas uygulamasının yerine nohut ve mercimek ekimi yapılabilmektedir. Hayvancılığın geliştirilmesi için yem bitkileri tarımına ve çayır-mera kültürüne önem verilmektedir.

Türkiye ölçeğinde Yozgat ili yeşil mercimek üretiminde 1. sırada, şekerpancarı üretiminde 2. sırada ve buğday üretiminde 5. Sırada yer almaktadır. Toplam alanın yaklaşık %42 kadarı tarla arazisi, %1 kadarı ise bağ-bahçe arazisi olarak kullanılmaktadır. Patates ve soğan gibi ürünlerin yanında elma, armut, ayva, üzüm, kayısı ve zerdali gibi meyve türleri de yetiştirilmektedir.

**Tablo 1.** Yozgat ili uzun yıllar ortalama iklim değerleri [25]

| YOZGAT                     | Ocak  | Şubat | Mart  | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Yıllık |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|--------|
| Ölçüm Periyodu (1929-2023) |       |       |       |       |       |         |        |         |       |      |       |        |        |
| Ort. Sıc. (°C)             | -1.7  | -0.6  | 3     | 8.5   | 13.1  | 16.7    | 19.6   | 19.8    | 15.9  | 10.8 | 5.1   | 0.7    | 9.2    |
| Ort. Maks. Sıc. (°C)       | 2.2   | 3.7   | 8.1   | 14    | 18.9  | 22.7    | 26     | 26.5    | 22.7  | 17   | 10.4  | 4.6    | 14.7   |
| Ort. Min. Sıc. (°C)        | -5.3  | -4.6  | -1.5  | 3.2   | 7.4   | 10.5    | 12.9   | 13.1    | 9.5   | 5.4  | 0.7   | -2.6   | 4.1    |
| Ort. Güneş. (saat)         | 3     | 4.1   | 5.1   | 6.3   | 7.9   | 9.7     | 10.8   | 10.5    | 8.8   | 6.5  | 4.7   | 3      | 6.7    |
| Ort. Yağışlı Gün Sayısı    | 13.51 | 12.7  | 13.5  | 12.81 | 13.46 | 9.24    | 2.99   | 2.3     | 3.87  | 7.19 | 8.91  | 13.29  | 113.8  |
| Aylık Top. Yağış Ort.(mm)  | 68    | 59.5  | 69.4  | 58.3  | 66    | 45.9    | 12.5   | 11.2    | 18.1  | 33.2 | 54    | 75.3   | 571.4  |
| Ölçüm Periyodu (1929-2023) |       |       |       |       |       |         |        |         |       |      |       |        |        |
| Maks. Sıc. (°C)            | 15.4  | 18.5  | 25    | 29.5  | 31.4  | 33.4    | 38.8   | 37.4    | 35.4  | 30.1 | 22.9  | 18.2   | 38.8   |
| Min. Sıc. (°C)             | -23.7 | -24.4 | -20.6 | -12.6 | -3    | -0.4    | 3      | 3.7     | -2.4  | -6.8 | -18.5 | -20.2  | -24.4  |

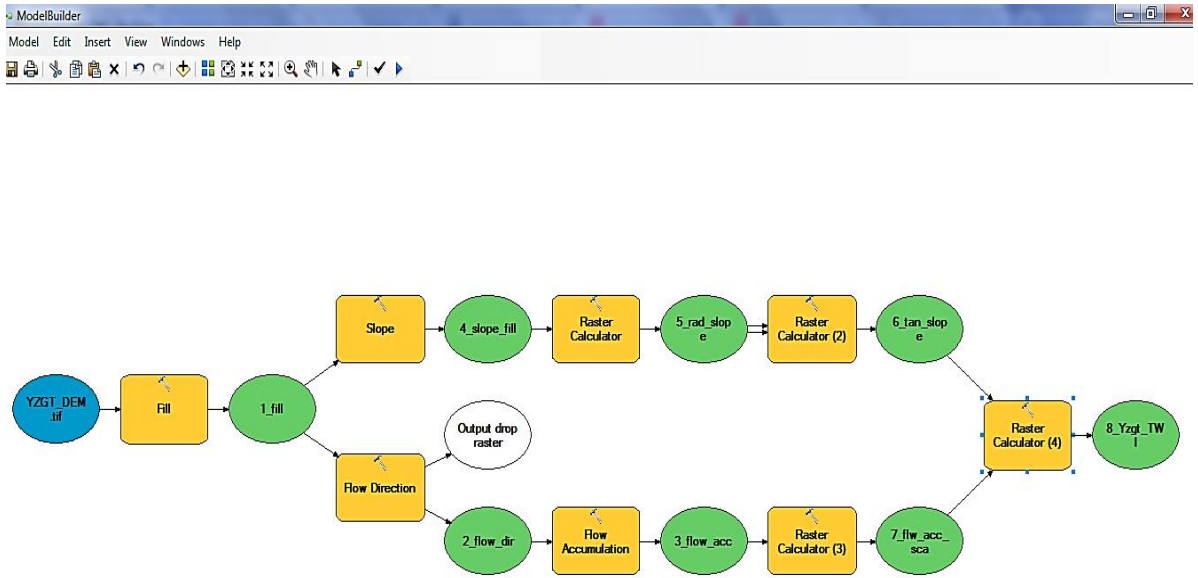
**Şekil 1.** Çalışma alanı lokasyon haritası

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Topoğrafik haritalar

İl sınırını belirleyen .shp uzantılı sayısal haritalar, Harita Genel Komutanlığı (HGK) adresinden temin edilmiştir [26]. Dem verileri ise, Shuttle Radar Topoğrafya Misyonu (SRTM) DEM adresinden elde edildi. SRTM, yükseklik haritalarının en kapsamlılarından biridir, NASA'nın SRTM, Dünya yüzeyinin çoğunlukla %80'ini kaplar ve küresel çözünürlüğü 30 m'dir [27] [28].

İlk olarak elde edilen DEM haritasının boşluk kısımlarının doldurulması, akış yönü ve akış birikim parametrelerinin belirlenmesi amacıyla ArcGIS programında Spatial Analyst - Hydrology sekmesinden gerekli komutlar kullanılmıştır. Gerekli eğim haritaları DEM haritasından Spatial Analyst - Surface içerisindeki slope komutunun kullanılması ile elde edilmiştir. Eğim haritaları yüzdeler olarak değil de derece cinsinden oluşturulmuştur. Diğer hesaplamalar ise yine Spatial Analyst içerisindeki map algebra komutunun kullanılması ile elde edilmiştir. Kullanılan tüm parametreler model builder aracı ile oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan işlem sırası Şekil 2'de verilmiştir.

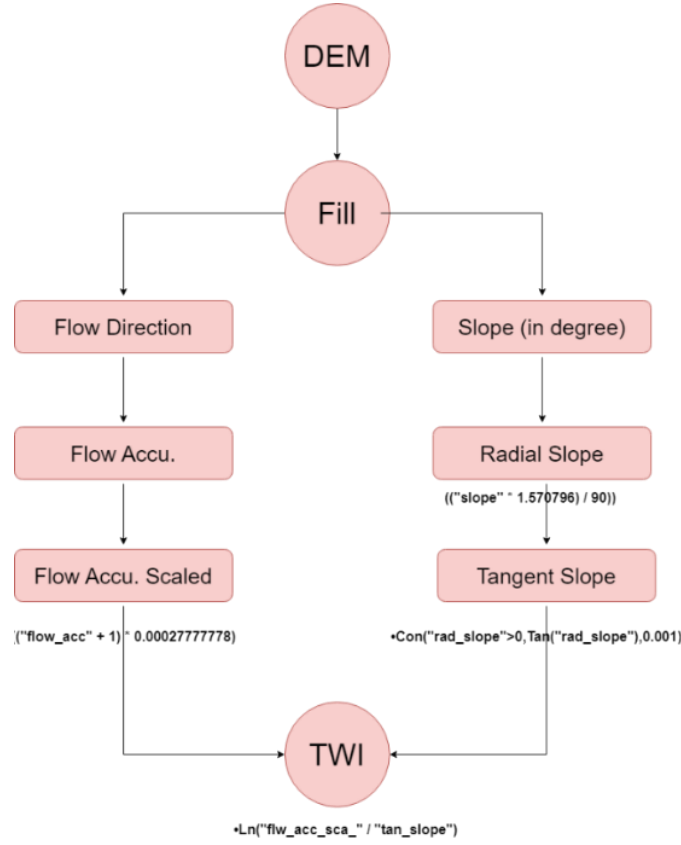


Şekil 2. Model builder içerisinde oluşturulmuş işlem sırası

Son olarak elde edilen TWI haritası alt sınıflara bölünerek, en yüksek ve en düşük ıslaklık içeriğine sahip alanlar Yozgat ili düzeyinde belirlenmeye çalışılmıştır.

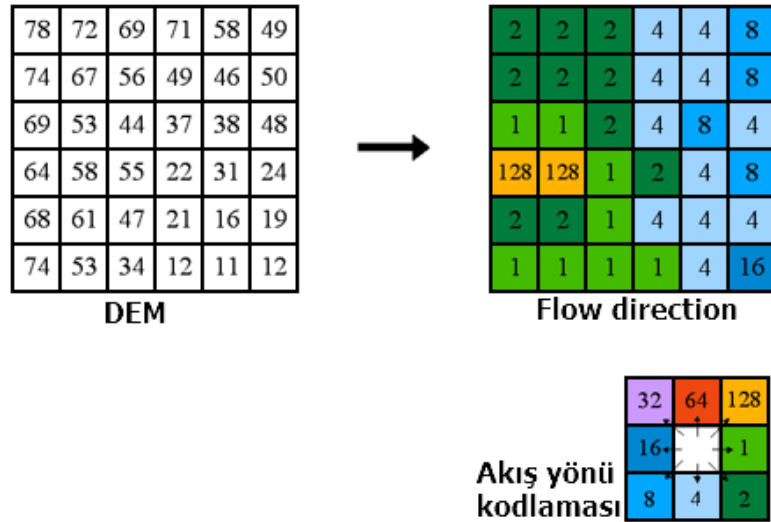
### 2.2.2. Topoğrafik ıslaklık indeksi (TWI)

SRTM DEM 30 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modelinin ArcGIS yazılımında işlenmesinde boş alanların doldurulması amacıyla fill; akış yönü tespitinde flow direction; akış bitikiminde flow accumulation; eğim, radyan ve tanjantı tespitinde slope komutları ile elde edilen diğer haritalarında kendi aralarında sayısal işlemlerinde ise map algebra komutları kullanılmıştır. Tüm bu işlemleri gösterir formül ve akış şeması ise Şekil 3'te verilmiştir.



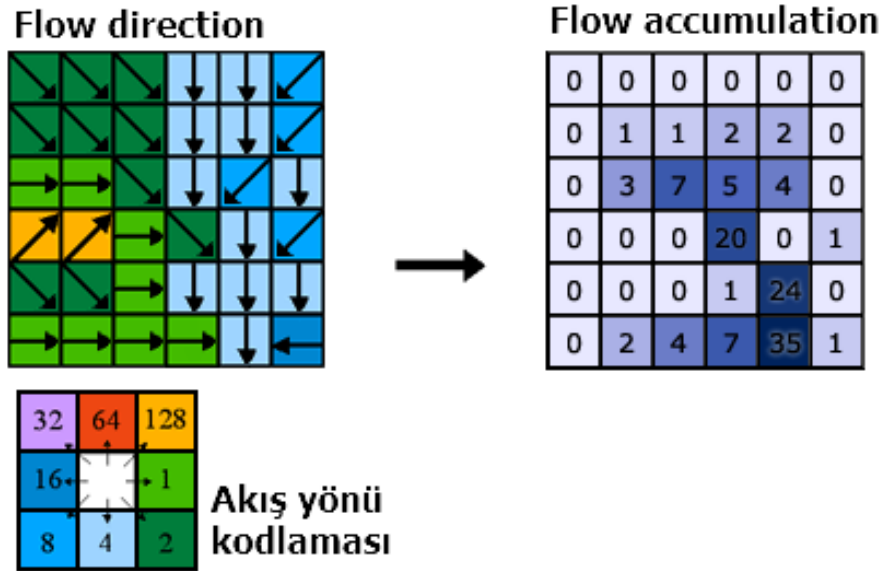
Şekil 3. TWI eldesinde kullanılan formül akış şeması

Akış yönü aracı, DEM verisinde her bir hücrenin (pixel) hangi komşu hücreye doğru en dik eğime sahip olacağını hesaplamaktadır. DEM verisindeki herhangi bir noktaya düşen yağmur damlasının hangi yöne doğru akışa geçeceğini belirlemektedir. Daha sonra belirlenen yönler göre her bir piksel'e o yöne ait bir kod atamaktadır. Verideki pikselde akış yönüne göre hücrelere atanan değerler ise sırasıyla: Doğu = 1, Güneydoğu = 2, Güney = 4, Güneybatı = 8, Batı = 16, Kuzeybatı = 32, Kuzey = 64, Kuzeydoğu = 128'dir [29] (Şekil 4).



Şekil 4. Akış yönüne göre hücrelere atanan değerlerin gösterimi

Akış birikimi aracı, her bir hücrenin akış yönüne göre gerçekleştirdiği hesaplama sonucunda, çalışma sahasındaki yüksek alanlara tekabül eden raster hücrelerine düşük değer, akışın birikeceği çukur alanları ifade eden raster hücrelerine ise yüksek değer vererek, drenaj ağını oluşturmaktadır [29] (Şekil 5).

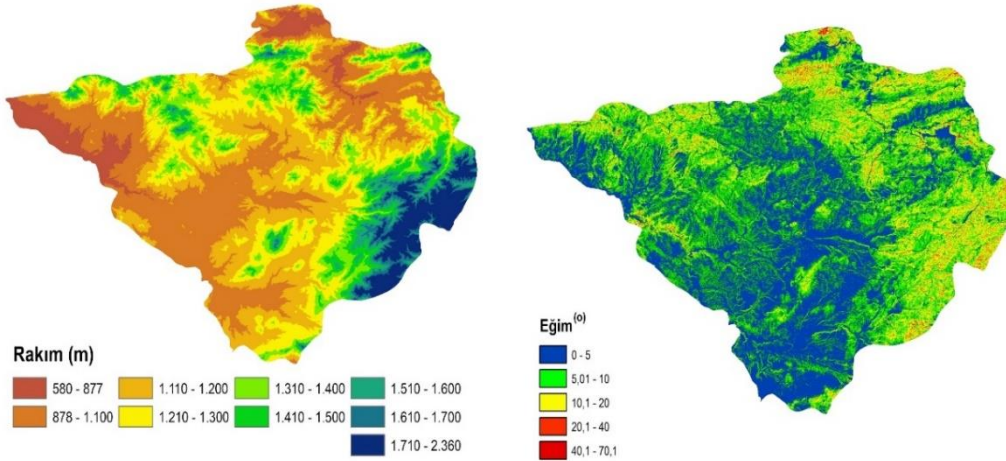


Şekil 5. Akış yönünden oluşturulan akış birikim grafiği gösterim

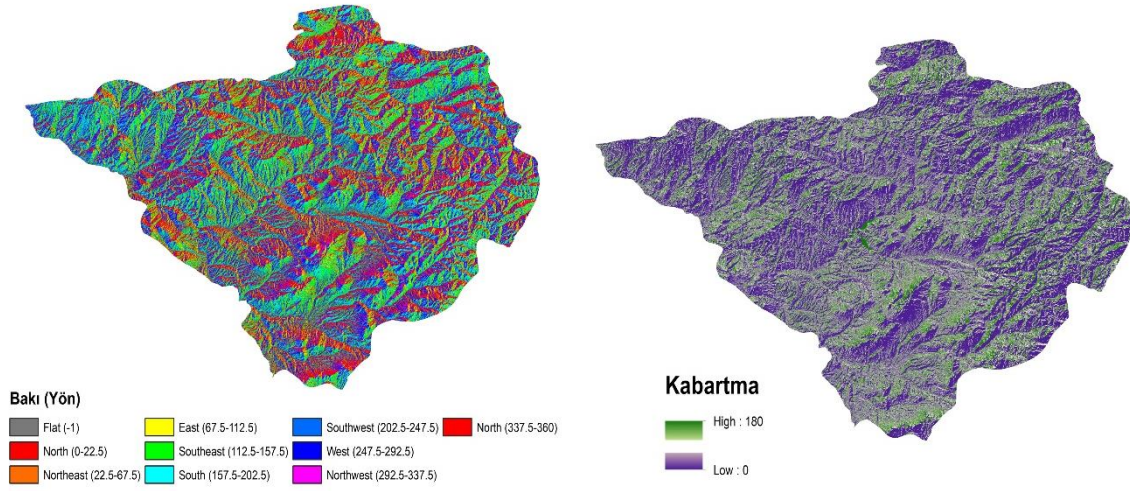
### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Topoğrafik Haritalar

SRTM DEM uydusundan elde edilen DEM haritasından eğim haritası türetilmiştir. Elde edilen DEM ve eğim haritaları Şekil 6, bakı ve kabartma haritaları ise Şekil 7’de verilmiştir. Haritaların çözümlenmesi ve sayısallaştırılması ile elde edilen sınıf ve yüzde değerleri ise Tablo 2’de verilmiştir. Şekil 6’da görüldüğü üzere il genelinde yükseklik değerleri 580 - 2380 m arasında değişiklik göstermektedir. Eğim değerleri ise  $0^{\circ}$  -  $70.1^{\circ}$  arasında değişiklik göstermektedir.



Şekil 6. Yozgat ili DEM ve eğim haritaları



Şekil 7. Yozgat ili bakı ve kabartma haritaları

Tablo 2’de görüldüğü üzere il genelinde kapladığı alan açısından 1101 - 1200 m yükseltiye sahip yerler toplam alanın %22.91’lik, 1601-1700 m yükseltiye sahip alanlar ise toplam alanın %2.60’lık bir kısmını kaplamaktadır. İl genelinde 878 - 1400 m yükseltiye sahip bölgeler toplam alanın yaklaşık %69.26’sını oluşturmaktadır. Eğim açısından bakıldığında, en fazla eğim yüzdesinin (%50.74) 0° - 5° değere sahip yerlerde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak eğim derecesi arttıkça kapladığı alan yüzdesinde de azalış olduğu tespit edilmiştir. Eğimi 20° - 68.3° olan alanlar ise toplam alanın yaklaşık %2.14’lük gibi çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bakı değerlerinde Güneydoğu, güney ve güneybatı yönleri toplam arazinin yaklaşık %41.38; kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri %29.77’lik kısmını kapsamaktadır. Bu durumda ilin güney yön eğiliminin diğer yönlere göre daha fazla olduğu söylenebilmektedir.

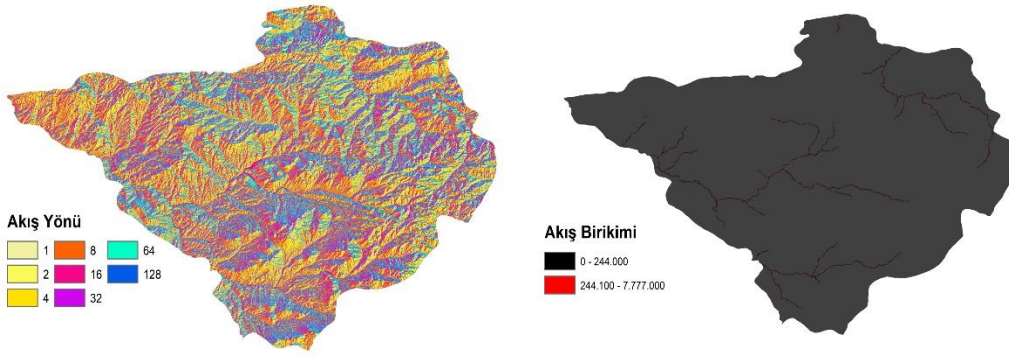
Tablo 2. Yozgat ili DEM, eğim ve bakı haritalarının kapladığı alan ve yüzde değerleri

| DEM       |         | Eğim       |         | Bakı        |         | Yön       |
|-----------|---------|------------|---------|-------------|---------|-----------|
| Aralık    | Yüzdesi | Aralık     | Yüzdesi | Aralık      | Yüzdesi |           |
| 0-576     | 5.52    | 0-5        | 50.74   | -1          | 1.88    | Düz       |
| 577-877   | 8.76    | 5.01-10    | 28.80   | 0-22.5      | 6.03    | Kuzey     |
| 878-1100  | 17.34   | 10.01-15   | 13.10   | 22.5-67.5   | 10.05   | Kuzeydoğu |
| 1101-1200 | 22.91   | 15.01-20   | 5.22    | 67.5-112.5  | 8.82    | Doğu      |
| 1201-1300 | 18.32   | 20.01-25   | 1.56    | 112.5-157.5 | 12.62   | Güneydoğu |
| 1301-1400 | 10.69   | 25.01-30   | 0.36    | 157.5-202.5 | 15.81   | Güney     |
| 1401-1500 | 5.78    | 30.01-35   | 0.09    | 202.5-247.5 | 12.95   | Güneybatı |
| 1501-1600 | 3.23    | 35.01-40   | 0.05    | 247.5-292.5 | 11.21   | Batı      |
| 1601-1700 | 2.60    | 40.01-45   | 0.04    | 292.5-337.5 | 13.69   | Kuzeybatı |
| 1701-2360 | 4.85    | 45.01-68.3 | 0.04    | 337.5-360   | 6.93    | Kuzey     |

### 3.2. Topoğrafik Islaklık İndeksi (TWI)

SRTM DEM 30 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modelinin ArcGIS yazılımında Şekil 5’te verilen akış şemasının uygulanması ile elde edilen akış yönü ve akış birikimi sonuçları Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 9’da ise DEM haritasından oluşturulan eğim derece haritası ile bu eğimden türetilen radyan ve tanjant eğim haritaları verilmiştir.



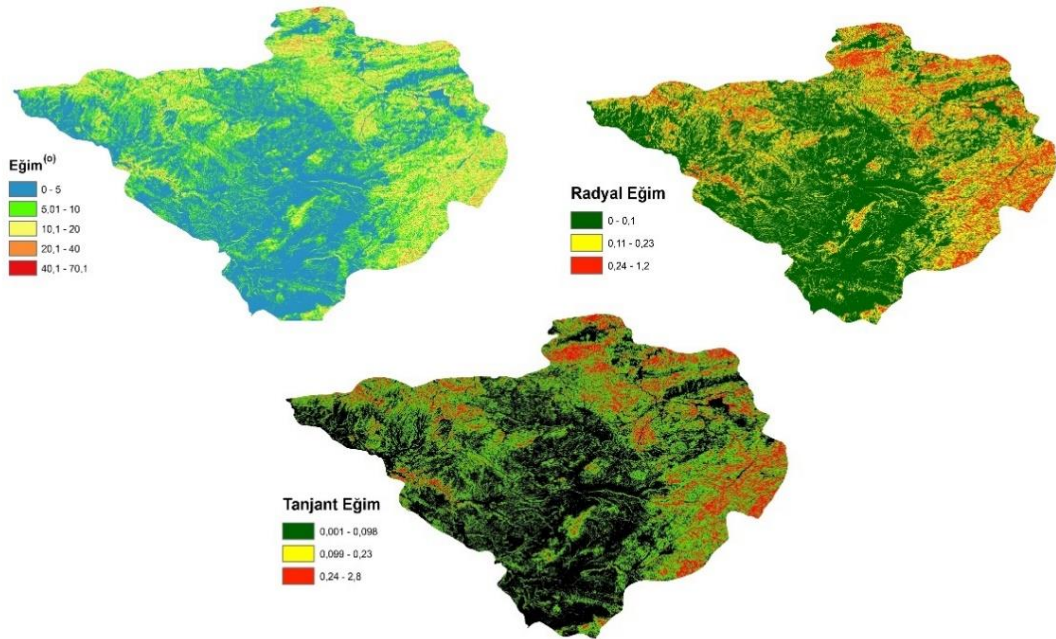


Şekil 8. DEM'den türetilen akış yönü ve akış birikimi haritası

Akış birikiminde sayısal değere sahip pixel'lerin sayısallaştırılması sonucu elde edilen nehir çizgileri aynı zamanda sahaya ait drenaj ağını da temsil etmektedir. Buradan çalışma alanında suyun birikebileceği yerler de kolaylıkla tahmin edilebilmektedir. Akış yönü haritasının sayısallaştırılması sonucu elde edilen yönler ve yüzde değerleri ise Tablo 3'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi, akışlarda en yüksek değer ve alanın güney (%16.66) yönünde olduğu belirlenmiştir. En az yer kaplayan yön ise %8.99 ile kuzeydoğu yönü olmuştur. Değerlerin büyük bir çoğunluğu %10-16 arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 3. Akış yönü haritasında pixel hücrelerde akış yönüne göre hücrelere atana değerler

| Değeri | Yönler    | Alan (km <sup>2</sup> ) | Yüzde |
|--------|-----------|-------------------------|-------|
| 1      | Doğu      | 1294.63                 | 9.46  |
| 2      | Güneydoğu | 1501.50                 | 10.97 |
| 4      | Güney     | 2281.26                 | 16.66 |
| 8      | Güneybatı | 1650.09                 | 12.05 |
| 16     | Batı      | 2011.23                 | 14.69 |
| 32     | Kuzeybatı | 1654.85                 | 12.09 |
| 64     | Kuzey     | 2065.99                 | 15.09 |
| 128    | Kuzeydoğu | 1230.45                 | 8.99  |

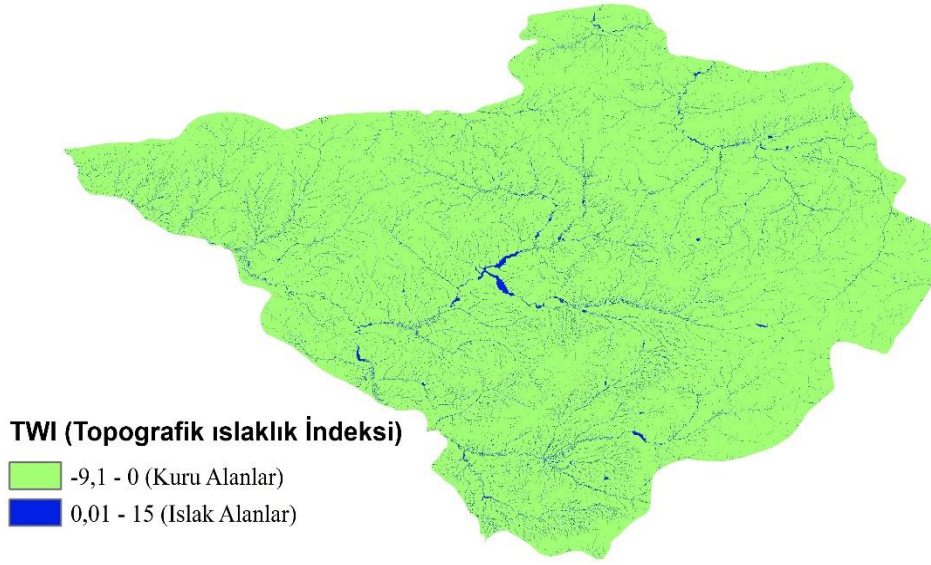


Şekil 9. DEM'den türetilen Yozgat ili eğim, radyal eğim ve tanjant eğim haritaları

Tablo 4'te ise DEM verisinden türetilmiş TWI haritası yardımıyla ilçelere göre elde edilen ıslak ve kuru alan miktarları verilmiştir. Elde edilen TWI haritası ise Şekil 10'da verilmiştir. Toplamda en yüksek kuru alan değeri Merkez ilçede 1084.31 km<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En düşük kuru alanın, 58.84 km<sup>2</sup> ile Yenifakılı ilçesinde olduğu belirlenmiştir. ıslak alana toplamda en fazla 1128.65 km<sup>2</sup> ile Boğazlıyan ilçesinde, en düşük değere ise 144.29 km<sup>2</sup> ile Çandır ilçesinde rastlanmıştır.

**Tablo 4.** İlçelere göre ıslak ve kuru alan miktarları

| İlçe Adı    | Toplam Alan (km <sup>2</sup> ) |             |
|-------------|--------------------------------|-------------|
|             | Kuru Bölge                     | Islak Bölge |
| Akdağmadeni | 1038.609                       | 771.324     |
| Aydıncık    | 168.902                        | 169.098     |
| Boğazlıyan  | 386.348                        | 1128.652    |
| Çandır      | 60.712                         | 144.288     |
| Çayıralan   | 565.722                        | 429.278     |
| Çekerek     | 410.654                        | 379.346     |
| Kadıışehri  | 287.040                        | 184.960     |
| Merkez      | 1084.314                       | 939.686     |
| Saraykent   | 167.270                        | 151.730     |
| Sarıkaya    | 417.459                        | 600.541     |
| Sorgun      | 1053.812                       | 714.188     |
| Şefaati     | 409.794                        | 472.206     |
| Yenifakılı  | 58.840                         | 331.160     |
| Yerköy      | 644.469                        | 519.531     |

**Şekil 10.** Yozgat ili TWI değişim haritası

#### 4. SONUÇLAR

CBS yardımıyla Yozgat ili STRM DEM 30 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli ile suya doymun olan veya nemli alanlarının mekânsal dağılımlarının belirlenmesi bünyesinde TWI haritasının oluşturulması amaçlanan bu çalışma sonucunda, il genelinde yükseklik değerlerinin 580 - 2380 m arasında, eğim değerlerinde 0°-70.1° arasında değiştiği tespit edilmiştir.

İl genelinde 878 - 1400 m yükseltiye sahip bölgeler toplam alanın yaklaşık %69.26'sını oluşturmaktadır. Eğim açısından bakıldığında, en fazla eğim yüzdesinin (%50.74) 0°-5° değere sahip yerlerde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak eğim derecesi arttıkça kapladığı alan yüzdesinde de azalış olduğu tespit edilmiştir. Eğimi 20° - 68.3° olan alanlar ise toplam alanın yaklaşık %2.14'lük gibi çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bakı değerlerinde Güneydoğu, güney ve güneybatı yönleri toplam arazinin yaklaşık %41.38; kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönleri %29.77'lik kısmını kapsamaktadır. Bu durumda ilin güney yön eğiliminin diğer yönlere göre daha fazla olduğu söylenebilmektedir.

Akış birikiminde en az yer kaplayan yön ise %8.99 ile kuzeydoğu yönü olmuştur. Değerlerin büyük bir çoğunluğu %10-16 arasında değişiklik göstermektedir. Toplamda en yüksek kuru alan değeri Merkez ilçede 1084.31 km<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. En düşük kuru alanın, 58.84 km<sup>2</sup> ile Yenifakılı ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Islak alana toplamda en fazla 1128.65 km<sup>2</sup> ile Boğazlıyan ilçesinde, en düşük değere ise 144.29 km<sup>2</sup> ile Çandır ilçesinde rastlanmıştır.

## YAZAR KATKILARI

Ömer Faruk KARACA1: %100

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## ETİK

Bu makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] K. Beven and M. J. Kirkby, “A physically based, variable contributing area model of basin hydrology”, *Hydrological Science Bulletin*, vol. 24, no. 1, p. 43–69, 1979.
- [2] V. Karakaş, “Karabük Bölgesinin FR ve AHP Yöntemleri Kullanılarak CBS Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesi”, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 2018.
- [3] E. O’Loughlin, “Prediction of surface saturation zones in natural catchments by topographic analysis,” *Water Resources Research*, vol. 22, pp. 794-804, 1986.
- [4] R. Barling, I. Moore and R. Grayson, “A quasi-dynamic wetness index for characterizing the spatial distribution of zones of surface saturation and soil water content,” *Water Resources Research*, vol. 30, pp. 1029-1044, 1994.
- [5] H. A. Nefeslioğlu, T. Y. Duman and S. Durmaz, “Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey),” *Geomorphology*, vol. 94, no. 3-4, pp. 401-418, 2008.
- [6] C. Gökçeoğlu, H. Sönmez, H. Nefeslioğlu, T. Duman and T. Can, “Kuzulu landslide (Sivas, Turkey) and landslide susceptibility map of its close vicinity,” *Engineering Geology*, vol. 81, no. 65-83, 2005.
- [7] S. Alqadhi, J. Mallick, S. Talukdar, A. A. Bindajam, N. Van Hong and T. Saha, “Selecting optimal conditioning parameters for landslide susceptibility: experimental research on Aqabat Al-Sulbat, Saudi Arabia,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 3, pp. 3743-3762, 2022.
- [8] S. Pourali, C. Arrowsmith, N. Chrisman, A. Matkan and D. Mitchell, “Topography Wetness Index Application in Flood-Risk-Based Land Use Planning,” *Appl. Spatial Analysis*, vol. 9, pp. 39-54, 2016.
- [9] I. Moore, R. Grayson and A. Ladson, “Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications,” *Hydrological Processes*, vol. 5, pp. 3-30, 1991.
- [10] S. Ghosh, S. Soumik and B. Biswajit, “Flood Susceptibility Zonation Using Advanced Ensemble Machine Learning Models within Himalayan Foreland Basin,” *Natural Hazards Research*, vol. 2, no. 4, pp. 363-374, 2022.
- [11] C. Conoscenti, C. Di Maggio and E. Rotiglian O, “GIS analysis to assess landslide susceptibility in a fluvial basin of NW Sicily (Italy),” *Geomorphology*, vol. 94, pp. 325- 339, 2008.
- [12] E. Özşahin, “Tekirdağ İlinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Süreci kullanarak heyelan duyarlılık analizi,” *Humanitas-Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, vol. 3, pp. 167-186, 2014.
- [13] Ş. Tağıl, “Kazdağı Milli Parkı’nda arazi örtüsü organizasyonunu kontrol eden jeomorfometrik faktörler: Bir CBS yaklaşımı,” *Coğrafi Bilimler Dergisi*, vol. 4, no. 2, pp. 37-47, 2006.
- [14] R. Sørensen, U. Zinko and J. Seibert, “On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods based on field observations,” *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 10, no. 1, p. 101–112, 2006.
- [15] I. Moore, P. Gessler and G. Nielson, “Soil Attribute Prediction using Terrain Analysis,” *Soil Science Society of America Journal*, vol. 57, pp. 443-452, 1993.
- [16] A. Güntner, J. Seibert and S. Uhlenbrook, “Modeling spatial patterns of saturated areas: An evaluation of different terrain indices,” *Water Resour. Res.*, vol. 40, 2004.
- [17] D. Wolock and G. McCabe, “Differences in topographic characteristics computed from 100- and 1000-m resolution digitalelevation model data,” *Hydrological Processes*, vol. 14, pp. 987-1002, 2000.

- [18] E. M. Schneiderman, T. S. Steenhuis, D. J. Thongs, Z. M. Easton, M. S. Zion, A. L. Neal, G. F. Mendoza and M. T. and Walter, "Incorporating variable source area hydrology into a curve number-based watershed model," *Hydrological Process*, vol. 3430, p. 3420–3430, 2007.
- [19] Z. Easton, D. Fuka, M. Walter, D. Cowan, E. M. Schneiderman and T. Steenhuis, "Re-conceptualizing the soil and water assessment tool (SWAT) model to predict runoff from variable source areas," *Journal of Hydrology*, vol. 348, pp. 279-291, 2008.
- [20] L.J. Agnew, S. Lyon, P. Gérard-Marchant, V. B. Collins, A. J. Lembo, T. S. Steenhuis ve M. T. and Walter, "Identifying hydrologically sensitive areas: bridging the gap between science and application," *J. Environ. Management*, vol. 78, pp. 63-76, 2006.
- [21] S. M. Reaney, S. N. Lane, A. L. Heathwaite and L. Dugdale, "Risk-based modelling of diffuse land use impacts from rural landscapes upon salmonid fry abundance," *Ecol. Modell*, vol. 222, p. 1016–1029, 2011.
- [22] R. Marjerison, H. Dahlke, Z. Easton, S. Seifert ve M. and Walter, "A Phosphorus Index transport factor based on variable source area hydrology for New York State," *J. Soil Water Conserv.*, vol. 66, pp. 149-157, 2011.
- [23] B. Buchanan, Variable source area hydrology, artificial drainage and non-point source pollution in northeastern U.S. agricultural landscapes, Ph.D. thesis, Department of Natural Resources, Cornell University, Ithaca, New York, 2013.
- [24] Yozgat, "Yozgat Valiliği - Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Müdürlüğü.", <https://yozgat.csb.gov.tr/ilimiz-cografyasi-i-2341>. [Erişim tarihi: 24-Ekim-2024].
- [25] MGM, "Meteoroloji Genel Müdürlüğü.", <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=YOZGAT>. [Erişim Tarihi: 25-Ekim-2024].
- [26] HGK, "Harita Genel Komutanlığı.", <https://www.harita.gov.tr/index>. [Erişim Tarihi: 21-Ekim-2024].
- [27] M. Werner, "Shuttle Radar Topography Mission. Mission overview," *Journal of Telecommunication*, vol. 55, pp. 75-79, 2001.
- [28] T. Farr, P. Rosen, E. Caro, R. Crippen, R. Duren, S. Hensley, M. Kobrick, M. Paller, E. Rodriguez, L. Roth, D. Seal, S. Shaffer, J. Shimada, J. Umland, M. Werner, M. Oskin, D. Burbank and D. Alsdorf, "The Shuttle Radar Topography Mission. Rev.," *Geophys*, vol. 45, 2007.
- [29] ESRI, "ESRI Türkiye - DEM Verilerini Kullanarak Drenaj Ağı Çıkarmak.", <https://blog.esri.com.tr/dem-verilerini-kullanarak-drenaj-agi-cikarmak/>. [Erişim Tarihi: 23-Ekim-2024].
- [30] J. Wilson and J. Gallant, *Terrain Analyses: Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [31] B. N. Saka ve İ. Atmaca, "Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Kentsel Yüzey Sıcaklıklarının Haritalanması, Yozgat Kenti Örneği," *Bozok Journal of Engineering and Architecture (BJEA)*, cilt 2, sayı 2, s. 38-43, 2023.