

Araştırma Makalesi/Research Article (Original Paper)

İnebolu Havzası Topraklarının Erozyon Duyarlılık Durumları ve Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü ile Olan İlişkinin Belirlenmesi

Selim ERASLAN¹, Ali İMAMOĞLU^{2*}, Adem COŞKUN³
Fikret SAYGIN³, Orhan DENGİZ³

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun, Türkiye

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Nevşehir, Türkiye

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

*e-posta: aliimamoglu@nevsehir.edu.tr

Özet: Toprak ve su kaynaklarımızı tehdit eden doğal ve yapay birçok unsur bulunmaktadır. Özellikle yanlış arazi yönetimi ve kullanımlarından kaynaklanan bu tehditlerin en önemlilerinden bir tanesi de toprak erozyonudur. Erozyon risk durumlarının belirlenmesine yönelik toprak duyarlılık indekslerinin kullanılması, özellikle erozyon araştırmalarında önemli yer teşkil etmektedirler. Toprağın erozyona duyarlılığı, yağış veya yüzey akışla toprağın parçalanmaya direncidir. Bu çalışmanın amacı, İnebolu Havzası topraklarında toprakların erodibilite (K) faktörü ve dispersiyon oranları belirlenerek, arazi örtüsü/arazi kullanımı ile arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Bu çalışmada, İnebolu havzasında dağılım gösteren toprakların erozyona karşı gösterdiği direncin, bazı erozyona duyarlılık indeksleri kullanılarak, arazi kullanım durumuna bağlı değişimleri karşılaştırılmıştır. İnebolu Havzası Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümünde, Kastamonu ili sınırları içerisinde yer alır. Havzanın alanı yaklaşık 114 km² olarak ölçülmüş ve 6 alt havzadan oluşmaktadır. Araştırma sahasının ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği 621 m, en yüksek noktası 1360 m yükseltiye sahiptir. İnebolu Havzası arazi örtüsünün/arazi kullanımı belirlenmesinde 2013 yılına ait Spot uydu görüntüsü ve meşçere haritası kullanılmıştır. Havzada farklı arazi örtüsü/arazi kullanımları göz önünde bulundurularak random sistemde toprak örnekleme yapılmıştır. Belirlenen noktalarından üç farklı derinlikte (0-10, 10-20, 20-30 cm) toplam 690 adet toprak örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre havzanın erodibilite değerleri ortalama olarak 0.07 ile 0.093 t ha⁻¹.MJ.mm⁻¹ arasında değişmekte olup, derinlik artışına bağlı olarak K değeri azalmaktadır. Toprakların her üç derinlikteki dispersiyon oranları ise ortalama olarak 20.21 ile 22.28 arasında değişmekte olup, arazi örtüsü/arazi kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Anahtar kelimeler: Arazi kullanımı/arazi örtüsü, İnebolu Havzası, Toprak aşınabilirliği

Determination of Relationship Between Situation of Soil Erosion Sensitivity and Land Use/Land Cover in Inebolu Basin Soils

Abstract: Soil and water resources are under several threats stemming from artificial and natural factors in fragile ecosystem. One of these threats is soil erosion due to misuse or inappropriate land use planning. In order to determine erosion risk cases using soil erodibility indexes, they occupy important place particularly for erosion researches. Soil erodibility is the resistance of soil to detach by rainfall impact or surface flow force. The main aim of this research is determination of relationship between situation of soil erosion sensitivity and land use/land cover in Inebolu Basin soils. In this study, it was determined dispersion ratio and resistance case of different soils found in Inebolu Basin to erosion using some soil erodibilities index and to compare their variability each other based on land use and land cover. This research was performed in Inebolu Basin located in Kastamonu province belonging to west part of Black Sea Region of Turkey. The study area is about 114 km² and consists of 6 micro sub basins. Elevation of the study area locates between 0 m and 1360 m from sea level. In order to generate land use and land cover, satellite image dated 2013 and forest inventory map were used. Total 690 soil samples were collected from different depths (0-10, 10-20, 20-30 cm) by taking into consideration of land use/land cover pattern and topographic features. According to analysis results, erodibility mean values of the Basin varied between 0.07 and 0.093 t ha⁻¹.MJ.mm⁻¹ and K values are decreasing along with increasing soil depth. Dispersion ratio for each depth as mean values are changing between 20.21 and 22.28 on the other hand it was not found any statistical significance between dispersion ratio and land use/land cover (p>0.05).

Keywords: Land use/land cover, Inebolu Basin, Soil erodibility

Giriş

Tarım ve mera alanlarının sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi için, toprağın bozulmasına sebep olan faktörler incelenmelidir. Bu çalışmada toprağın bozulmasına sebep olan faktörlerden erozyon üzerinde inceleme yapılmıştır. Ülkemizdeki erozyon tehlikesinin boyutunun fazla olduğu ve uygulamaya yönelik her türlü bilimsel ve uzamsal koruma önlemleri alınmazsa, tehlike boyutlarının giderek artacağı ve özellikle toprak, topografya, su ve bitki örtüsü açısından geri-dönüşümsüz evrelere gelinebileceği açık bir şekilde bilinmektedir (Erpul ve Deviren Saygın 2012).

Geçmişten günümüze erozyon konusunda uygulamalı ve teorik birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda erozyona sebep olan birçok farklı etken üzerinde durulmuştur. Örneğin Lal, 1988 çalışmasında yağış miktarı, yağış anındaki toprak nem içeriği, sıcaklık, buharlaşma koşulları, damla büyüklük dağılımı, yağış yoğunluğu, yağış süresi, yağışın araziye düşme açısı, damlanın düşme hızı, vb. birçok etmenin toprak kaybına etki ettiğini belirtmiştir. Yine başka çalışmalarda “aşınımı etkileyen en önemli toprak özellikleri; toprağın bünyesi, toprağın strüktürü, hidrolik geçirgenliği, organik madde kapsamı olarak tanımlanmaktadır” (Antal 1994; Cebel ve ark. 2013).

Erozyona sebep olan etkenler ve erozyon miktarı ile ilgili ölçümsel değerler elde etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Toprakların aşınma duyarlılıklarının incelenmesinde araştırmacılar tarafından birçok duyarlılık indeksi geliştirilmiştir. Middleton (1930), Wallis ve Stewan (1961), Balcı ve Özyuvacı (1974), Sönmez (1982), Karagöktaş ve Yakupoğlu (2014), Kanar ve Dengiz (2015) dispersiyon oranı ile aşınım arasındaki ilişkiyi incelemişler ve çeşitli sonuçlar elde etmişlerdir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin gelişmesiyle daha hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir.

Yapılan bu çalışma ile İnebolu Havzasına ait toprakların dispersiyon oranı arazi örtüsü ve kapalılığı ile aşınabilirlik arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Materyal

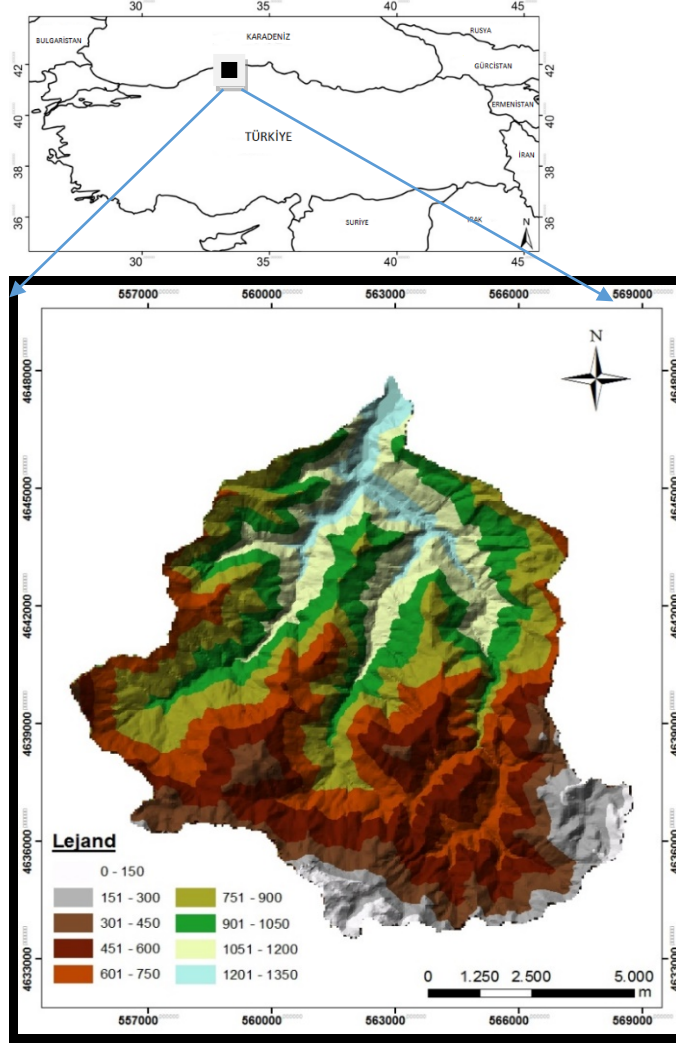
Araştırma Sahasının Yeri ve Sınırları

İnebolu Havzası Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümünde, Kastamonu ili sınırları içerisinde yer alır (Şekil 1). Havzanın alanı yaklaşık 114 km² olarak ölçülmüş ve 6 alt havzadan oluşmaktadır. Araştırma sahasının ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği 621 m, en yüksek noktası 1360 m yükseltiyedir.

Bu çalışmada İnebolu Meteoroloji İstasyonu uzun yıllara ait (1960-2012) ölçüm değerlerinden yararlanılmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde, Kastamonu-İnebolu ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 13,2°C, en soğuk ay 5,6°C değeri ile Şubat, en sıcak ay 21,9°C ile Temmuz ayıdır. Yıllık yağış miktarının ise 1022,2 mm olduğu en çok yağışın ise 142,8 mm ile Aralık ayında düştüğü görülmüştür.

Çizelge 1. İnebolu meteoroloji istasyonu ortalama sıcaklık ve yağış değerleri

AYLAR	Ocak	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Ara.	YILLIK
Sıcaklık (°C)	5,8	5,6	7	10,5	14,8	19,3	21,9	21,8	18,2	14,6	11	8,1	13,2
Yağış (mm)	110,9	87,2	77,1	49,1	52,3	48,2	45,9	60,1	89,1	133,4	126,1	142,8	1022,2



Şekil 1. Araştırma sahası lokasyon ve yükselti haritası

Yöntem

Erozyon Duyarlılığının Belirlenmesinde Kullanılan Bazı İndisler

K Faktörü: Toprağın aşınabilirlik (K) faktörü toprakların bünyesindeki çeşitli özelliklerden kaynaklanan aşındırıcı kuvvetlere karşı direncini ve erozyona uğrama oranını gösterir. Bu oran devamlı nadas halde %9 eğimli ve 22.1 metre uzunluğunda standart bir alan üzerinde ölçülen, toprak erozyonundan elde edilen indeks değeridir (Wischmeier ve Smith 1978; Fernandez ve Nunez 2011; Değerliyurt 2013).

$$K = \frac{1}{100} \left\{ 2.1 \times 10^{-4} \times (12 - OM) \times [SI \times (SA + SI)]^{1.4} + 2.5 \times (PE - 3) + 3.25 \times (ST - 2) \right\}$$

K= Toprağın erozyona duyarlılık faktörü ($t.h.ha^{-1}.MJ.mm^{-1}$), OM= Organik madde (%), SI= Silt içeriği (%), SA= Kum içeriği (%), PE= Hidrolik iletkenlik ($cm.h^{-1}$), ST= Strüktür sınıfı (Wischmeier ve Smith 1978).

Toprakların tane büyüklüğü dağılımı Gee ve Bauder (1986), hidrolik iletkenlik Klute ve Dirksen (1986), organik madde Jackson (1958) yöntemlerine göre belirlenmiştir. Erodibilite (K) sınıfları ve sınıflara ait değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Dispersiyon oranı (DO): Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen silt+kil % değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Lal 1988). Bu indeks topraktaki doğal

agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dağılma) derecesini gösteren bir göstergedir. Eğer topraktaki en küçük boyuta sahip agregatlar dahi suya dayanıklı ise, toprak erozyona dirençli olmaktadır (Kantar ve Dengiz 2015). Bu yüzden dispersiyon oranı toprağın erozyon duyarlılığının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Dispersiyon oranı büyüdükçe toprağın erozyona duyarlılığı artar. Dispersiyon oranı indeksine göre (Middleton 1930; Lal 1988; Kantar ve Dengiz 2015) toprakların erozyona dayanıklılık sınırı %15 olarak kabul edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Dispersiyon oranı erozyon eğilimi

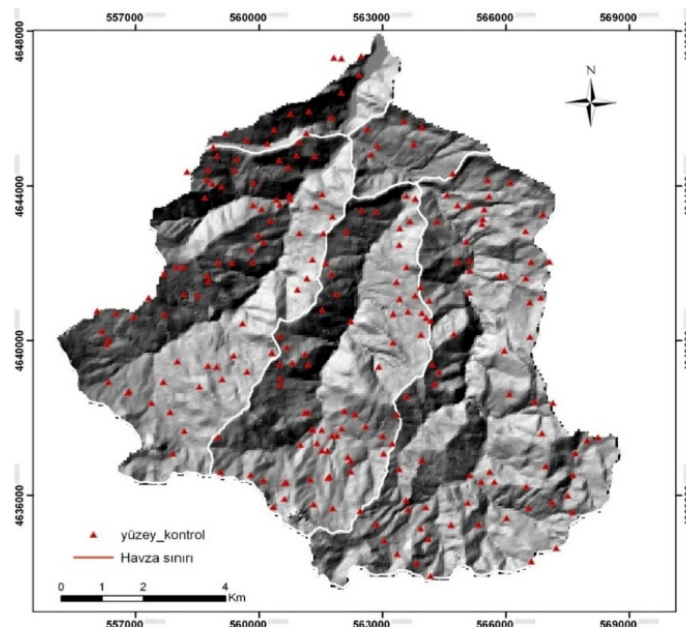
Dispersiyon Oranı %	Erozyon Eğilimi
> 15	Erozyon Dayanıksız
< 15	Erozyona Dayanıklı

Çizelge 2. Erodibilite (K) sınıfları ve değerleri (Wishmeier ve Smith 1978)

Tanım	Sınıf	Değer
Çok Az Aşınabilir	1	0.00-0.05
Az Aşınabilir	2	0.05-0.10
Orta Derece Aşınabilir	3	0.10-0.20
Yüksek Aşınabilir	4	0.20-0.40
Çok Yüksek Aşınabilir	5	0.40-0.60

Tanımsal ve jeostatistiksel yöntemler

Erodibilite faktörü, dispersiyon oranı ve toprak derinliği arasındaki interaksyonun belirlenmesi amacıyla Kolmogorov-Smirnov istatistik analizi, toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin tanımsal istatistikleri ve her noktanın K ve DO değerlerine ait dağılım haritalarını elde etmek için jeostatistiksel analizleri yapılmıştır. İnteraksiyon analizinde veriler tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre analiz edilmiştir. Varyans analizinin uygunluğunu test etmek için SPSS yazılımı ile Kolmogorov-Smirnov tek örnek testi yapılmıştır. Havza topraklarının erozyona duyarlılık indekslerin dağılım haritalarının belirlenmesi için araştırma sahasında toplam 230 ayrı noktadan örnek alınmıştır. Sadece yüzey yani 0-10 cm derinliğe ait toprakların taşınabilirlik hassasiyeti durumu belirlenmesiyle kalıncı, yüzey topraklarının taşınması sonrasında alt katmanlarda bulunan yani 10-20 ve 20-30 cm derinlikte yer alan toprakların hassasiyeti de belirlenmiştir. Bu amaçla, belirtilen üç ayrı derinlikte (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) alınan toplam örnek sayısı 690 adettir (Şekil 2). Alınan örneklerde arazi örtüsü, eğim gibi erodibiliteyi etkileyen faktörler dikkate alınarak örnekleme yapılmıştır. Her noktaya ait erodibilite ve dispersiyon oran değerleri jeostatistik modeller kullanılarak alansal dağılımı haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 2. Araştırma sahasından alınan yüzey örnek noktaları

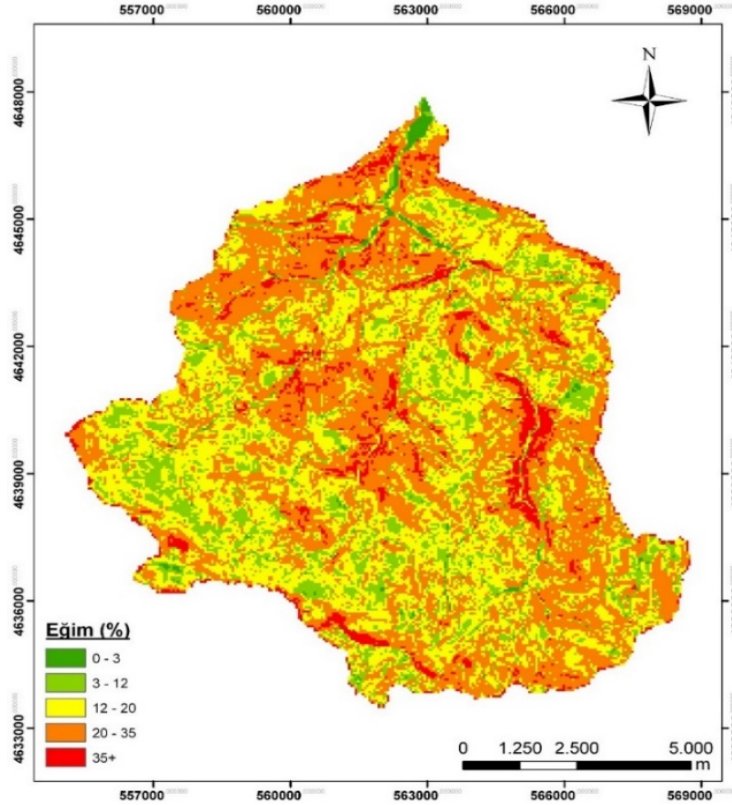
Verilerin analizinde SPSS 20.0 yazılımı, jeoistatistik alansal dağılım haritalarının elde edilmesinde ise ArcGIS 9.3v yazılımından yararlanılmıştır. Çalışmada, ayrıca 2013 yılına ait 30x30 m piksel çözünürlükte Landsat-2013 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Havzanın Topoğrafik Özellikleri

Ortalama yükseklik, özellikle yağış miktarı ve türü üzerinde etkili olmaktadır. Diğer taraftan orman ve bitki örtüsü yükselti ile doğrudan ilişkilidir. İnebolu Havzasında da yüksekliğin arttığı kısımlarda ormanların yoğun alan kapladığı görülmektedir. İnebolu havzasının ortalama yüksekliği 621 m'dir. Havzanın ortalama yüksekliği Türkiye'nin ortalama yüksekliğinden (1130 m) düşüktür. İnebolu havzasının en yüksek noktası 1360 m, en düşük noktası ise deniz seviyesindedir (Şekil 1).

Araştırma sahası eğim haritasına göre havzanın büyük bir çoğunluğunun dik ve çok dik değerler gösterdiği görülmektedir. Vadi tabanları ise eğim değerlerinin düz ve hafif dalgalı (%1,4) ve de orta (%11,2) derecede eğimli olduğu alanlardır (Çizelge 4). Eğim değerlerinin yüksek olduğu yerler genellikle akarsu vadisi yamaçlarıdır. Sahanın güneybatı ve kuzeydoğusunda eğim değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3).

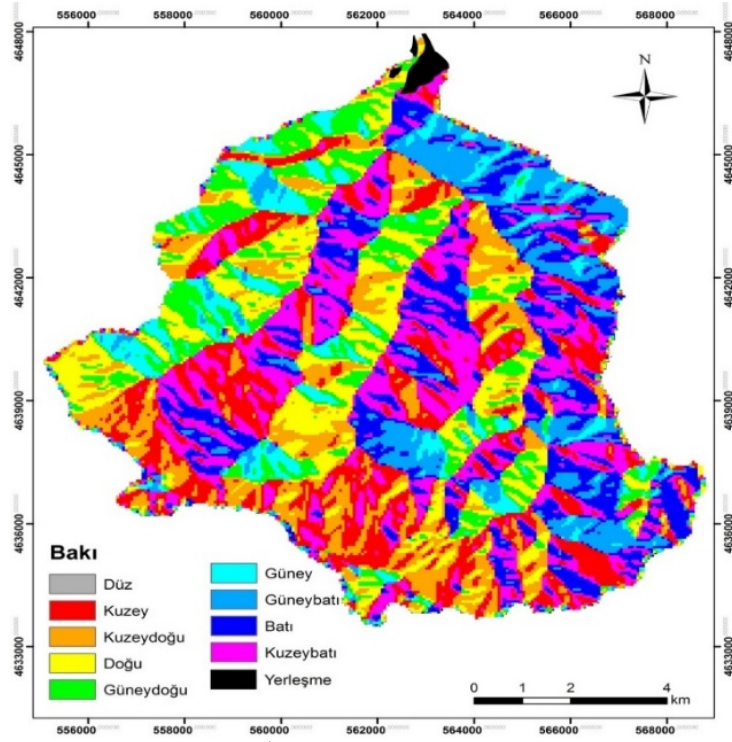


Şekil 3. Araştırma sahası eğim haritası

Çizelge 4. Araştırma sahası eğim sınıfları (ha,%)

Tanım	Sınıf	Alan (ha)	Yüzde (%)
Düz ve hafif dalgalı	0-3	156,0	1,4
Orta	3-12	1271,0	11,2
Dik	12-20	4318,2	37,9
Çok dik	20-35	4846,8	42,5
Aşırı	35+	807,0	7,1
Toplam		11399,0	100

İnebolu havzasında genel olarak doğu ve batı yönlü yamaçların ağırlık gösterdiği görülmüştür (Çizelge 5). Bunun önemli sebeplerinden birisi akarsuların uzanış yönüdür. Ayrıca bakı haritası sahanın akarsular tarafından bolca yarıldığını da göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 4. İnebolu havzası bakı haritası

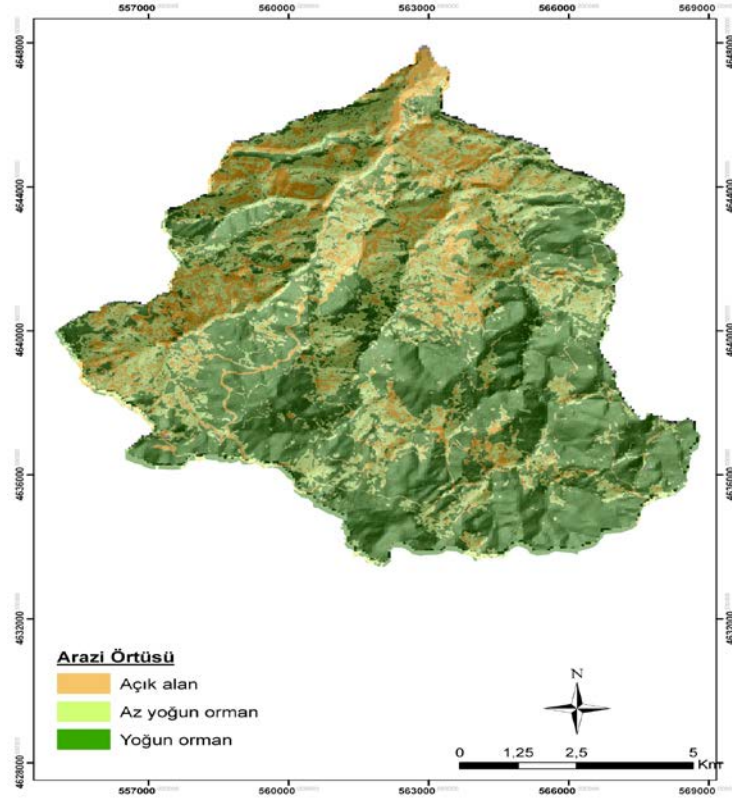
Çizelge 5. İnebolu Havzası bakı grupları ve alansal dağılımları (ha,%)

Tanım	Alan (ha)	Yüzde (%)
Düz alanlar	0,19	16,69
Kuzey	16,97	14,89
Doğu	28,82	25,28
Güney	18,32	16,07
Batı	30,86	27,07
Toplam	11400	100

Arazi kullanımı/arazi örtüsü dağılımı

Havza arazi örtü yoğunluğunun belirlenmesine yönelik bu çalışmada görüntü zenginleştirme algoritmalarından olan bitki örtüsü indekslerinden en yaygın kullanıma sahip Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılmıştır. Bitki örtüsü indeksi, bitki örtüsünün yakın kızılötesi ve görünür kırmızı bantlarda oldukça farklı yansıtımına dayanmaktadır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'nin algoritması yakın kızılötesi band ile kırmızı bandın farkının toplamına oranıdır. Üretilen NDVI görüntü üzerinden kontrollü sınıflandırma algoritması için kontrol alanları seçimi yapılarak yoğun oranda vejetasyon alanlarının belirlenmesi amaçlı kullanılmıştır. Havzanın bitki yoğunluğu açık alan, az yoğun orman ve yoğun orman şeklinde üç sınıf olarak belirlenmiş ve bu sınıfların havza içerisinde dağılımlarına ait alansal ve oransal dağılımları Çizelge 6 ve Şekil 5'te verilmiştir.

Çizelge 6'dan da görüleceği üzere havzanın yaklaşık yarısı yoğun ormanlar ile kaplı iken yalnızca %15,7'lik kısmını açık alanlar oluşturmaktadır. Ayrıca yaklaşık 35449 da alan ise az yoğun orman olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 5. Havzanın arazi örtü yoğunluk haritası

Çizelge 6. Havza arazi örtü yoğunluğunun alansal ve oransal dağılımı

Sınıf	Açıklama	Alan (da)	Oran (%)
1	Açık alan	17535,84	15,72
2	Az yoğun orman	35449,29	31,78
3	Yoğun orman	58348,87	52,49
Toplam		111399	100

İstatistiksel sonuçlar

Araştırma sahasından alınan toprak örneklerinde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (kil, silt, kum, organik madde, hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı, K faktörü ve dispersiyon oranı) incelenmiştir. Bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Toprak fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 7’de verilmiştir. Yüzeysel toprağında (0-10 cm) organik madde ortalama %4.78 iken bu oranın derinlik artışı ile azaldığı görülmektedir. Bu organik maddedeki azalış hacim ağırlığını da etkileyerek 0-10 cm’den 20-30 cm’e doğru artmasına neden olabilmektedir. Kil değerleri ise yüzeysel derine doğru artış göstermekte olup %26.8 ile %31.19 arasında değişmektedir. Toprakların erozyona duyarlılık faktörüne bakıldığında, derinlik artışı ile azaldığı bu durumun özellikle kil miktarındaki artıştan kaynakladığı düşünülmektedir. Dispersiyon oranı ise tüm derinliklerde oldukça birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Her bir noktaya ait üç derinliğin erodibilite faktörü ve dispersiyon oranlarına ait alansal dağılımların en iyi şekilde temsil edilebilmesi amacıyla 14 ayrı enterpolasyon modeli uygulanmış olup, bu modellerden hata kareler ortalaması (RMSE) en düşük olan değer seçilmiştir. Bu durumda IDW, RBF ve kriging arasında kriging ‘in küresel ve Gaussian modelinin en uygun (en düşük RMSE değeri) değeri verdiği belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 7. Araştırma sahası toprak analiz sonuçlarının tanımlayıcı istatistikleri

Tanımlayıcı istatistik	OM %	Bünye %			HA g/cm ³	Hİ cm/h	K Faktörü	DO %
		Kil	Silt	Kum				
Derinlik: 0-10 cm								
Ortalama	4,78	26,82	26,66	46,51	1,32	1,99	0,093	20,21
Standart Sapma	2,12	9,27	6,86	12,26	0,11	1,94	0,301	11,69
*Değişkenlik Katsayısı	44,33	34,56	25,74	26,36	8,99	97,49	323,66	57,86
Varyans (Örnek)	4,50	94,61	47,07	150,30	0,02	3,762	0,001	136,8
En Düşük Değer	0,22	1,84	5,61	17,24	1,02	0,04	0,01	2,78
En Yüksek Değer	11	55,46	43,09	91,93	1,62	16,32	0,16	100
**Çarpıklık	0,36	0,34	-0,37	0,31	-0,11	2,72	-0,56	1,82
Basıklık	-0,12	-0,13	0,34	0,15	-0,17	13	0,19	8,64
n (Örnek sayısı)	230	230	230	230	230	230	230	230
Derinlik: 10-20 cm								
Ortalama	2,95	28,91	26,37	44,706	1,412	2,95	0,08	20,92
Standart Sapma	1,417	9,825	7,035	12,513	0,089	1,417	0,033	13,41
*Değişkenlik Katsayısı	48,03	33,98	26,67	27,99	6,30	48,03	41,25	64,13
Varyans (Örnek)	2,006	96,92	49,49	156,57	0,008	2,01	0,001	179,98
En Düşük Değer	0,19	3,98	1,85	18,27	1,08	0,19	0,01	2,59
En Yüksek Değer	7,45	52,87	50,58	89,14	1,62	7,45	0,16	100
**Çarpıklık	0,59	0,21	0,02	0,5	-0,27	0,59	-0,12	1,61
Basıklık	0,18	-0,42	1,15	0,26	0,25	0,18	-0,74	5,38
n (Örnek sayısı)	230	230	230	230	230	230	226	230
Derinlik: 20-30 cm								
Ortalama	2,074	31,19	26,36	42,43	1,44	0,788	0,07	22,28
Standart Sapma	1,172	9,594	6,86	11,78	0,08	0,684	0,03	14,15
*Değişkenlik Katsayısı	56,51	30,75	26,03	27,77	5,67	86,80	42,86	63,53
Varyans (Örnek)	1,372	92,04	47,11	138,82	0,007	0,468	0,0009	200,35
En Düşük Değer	0,06	9,23	1,94	18,07	1,2	0,01	0,01	2,49
En Yüksek Değer	6,97	55,57	49,41	88,84	1,62	3,69	0,16	100
**Çarpıklık	0,91	0,29	-0,04	0,64	-0,03	1,57	0,23	1,81
Basıklık	1,13	-0,35	1,01	0,75	-0,54	2,64	-0,48	6,7
n (Örnek sayısı)	230	230	230	230	230	230	225	230

* Değişkenlik katsayısı, ** Çarpıklık

Varyans analizinin uygunluğunu test etmek için Kolmogorov-Smirnov tek örnek testine göre dağılımın normal sayılabileceği ($P>0.05$) ve Levene testi sonuçlarına göre varyansların homojen olduğu ($P>0.05$) belirlenmiştir. K faktörü için interaksiyon önemli bulunmuş olup DO oranı için interaksiyon önemsiz bulunmuştur, bu nedenle dispersiyon oranı için ana etkiler de incelenmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Derinlik, arazi örtüsü, K faktörü ve DO arasındaki Kolmogorov-Smirnov testi

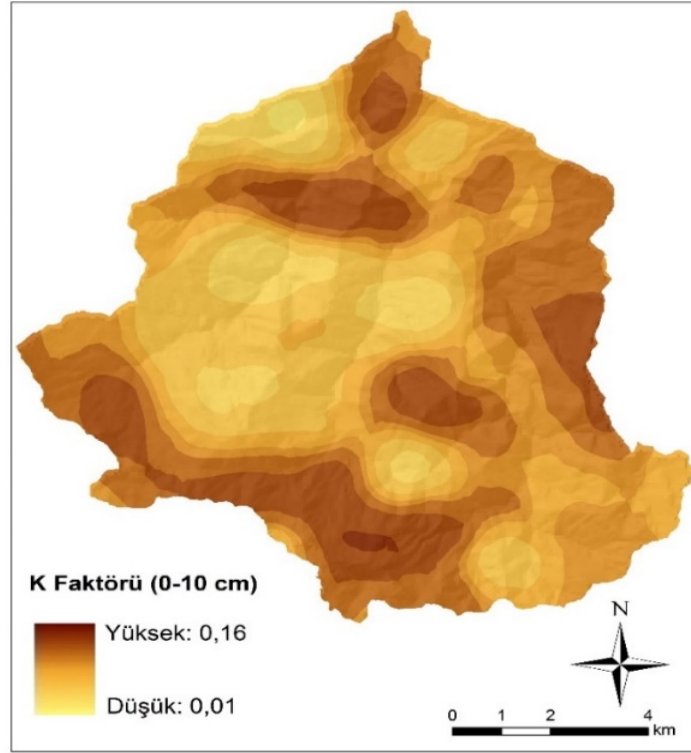
Derinlik cm	Arazi Örtüsü	K Faktörü	DO
0-10	Açık alan	0,021 ± 0,001d	20,64 ± 1,50
	Az yoğun orman	0,021 ± 0,001d	19,70 ± 1,10
	Yoğun orman	0,019 ± 0,001d	20,50 ± 1,45
10-20	Açık alan	0,068 ± 0,004bc	20,68 ± 1,75
	Az yoğun orman	0,080 ± 0,003a	21,71 ± 1,52
	Yoğun orman	0,084 ± 0,004a	20,22 ± 1,37
20-30	Açık alan	0,067 ± 0,004bc	22,11 ± 1,89
	Az yoğun orman	0,064 ± 0,003c	23,16 ± 1,74
	Yoğun orman	0,075 ± 0,003ab	21,45 ± 1,22
Önem		<0.001	0.810

Çizelge 9. Jeoistatistiksel modeller ve uygun RMSE değerleri

Jeoistatistiksel Yöntemler		K faktörü			DO			
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	
Ters Mesafe	1	0,03036	0,03336	0,03109	11,54	13,11	14,4	
Ağırlıklı	2	0,03131	0,03475	0,03219	11,79	13,82	14,92	
Enterpolasyon (IDW)	3	0,03262	0,03614	0,03356	12,19	14,67	15,66	
Radial Tabanlı Fonksiyon (RBF)	Düzeltilmiş Spline	0,03033	0,03333	0,03124	11,45	13,19	14,41	
	Thin Plate Spline	13,32	7,178	2,268	317,1	3730	2506	
Kriging	Doğal Kriging	Küresel	0,03133	0,03398	0,03091	11,6	12,84	14,35
		Üssel	0,03117	0,03395	0,0309	11,6	12,84	14,35
		Gaussian	0,03136	0,03399	0,03091	11,61	12,84	14,35
	Basit Kriging	Küresel	0,02998	0,03222	0,03062	11,28	12,79	14,3
		Üssel	0,03013	0,03237	0,03066	11,25	13,05	14,3
		Gaussian	0,02998	0,03205	0,03068	11,34	12,75	14,29
	Evrensel Kriging	Küresel	0,03133	0,03398	0,03091	11,6	12,84	14,35
		Üssel	0,03117	0,03395	0,0309	11,6	12,84	14,35
		Gaussian	0,03136	0,03399	0,03091	11,61	12,84	14,35

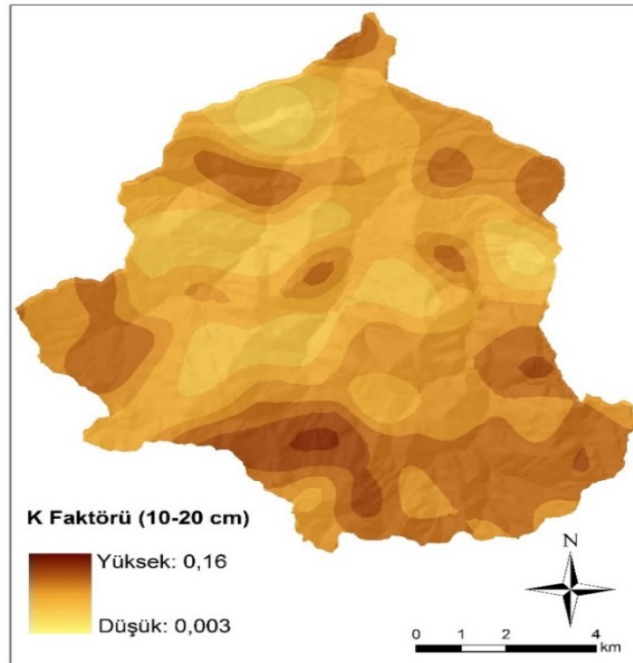
Toprakların erozyona duyarlılık faktörü (K)

Havzanın farklı arazi örtüsü ve toprak derinliklerine ait aşınabilirlik (erodobilite) özelliğinin belirlenmesinde çalışma alanından alınan toplam 690 adet toprak örneklerinde; toprak bünyesi, toprak geçirgenlik, organik madde, strüktür gibi parametreler kullanılarak Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen eşitlik kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen her bir toprak erodibilite değeri (K) jeoistatistik yardımıyla K dağılım haritası oluşturulmuştur. Başkan ve Dengiz (2008), Ankara'nın Soğulca Havzası'nda geleneksel ve jeoistatistik yöntemlerle toprağın aşınabilirlik (K faktörü) haritasını hazırlamışlardır. Araştırmacılar jeoistatistik yöntemle hazırlanan haritanın daha doğru tahminler verdiğini saptamışlardır. Çalışma alanında her üç derinliğe ait K dağılım haritaları Şekil 6, 7 ve 8'de verilmiştir. Yüzey topraklarının (0-10 cm) K faktörünün en düşük sınıf değeri olan 0.01 değeri ile en yüksek 0.16 sınıf değerlerinin olduğu belirlenmiştir. K faktörü sınıfları içerisinde havza toprakları çok az aşınabilir, az aşınabilir ve orta derece aşınabilir değerler göstermektedir. K değerinin yoğun orman olan alanlarda yüksek değerlerde belirlenmiş olması, ayrıca bölgenin yükselti ve eğim şartları dikkate alındığında bu alanlardan yüzey örtülerinde meydana gelebilecek tahribat veya azalma sonucu kolaylıkla taşınabileceğini göstermektedir.



Şekil 6. Araştırma sahası yüzey örnekleri (0-10 cm) K faktörü dağılımı

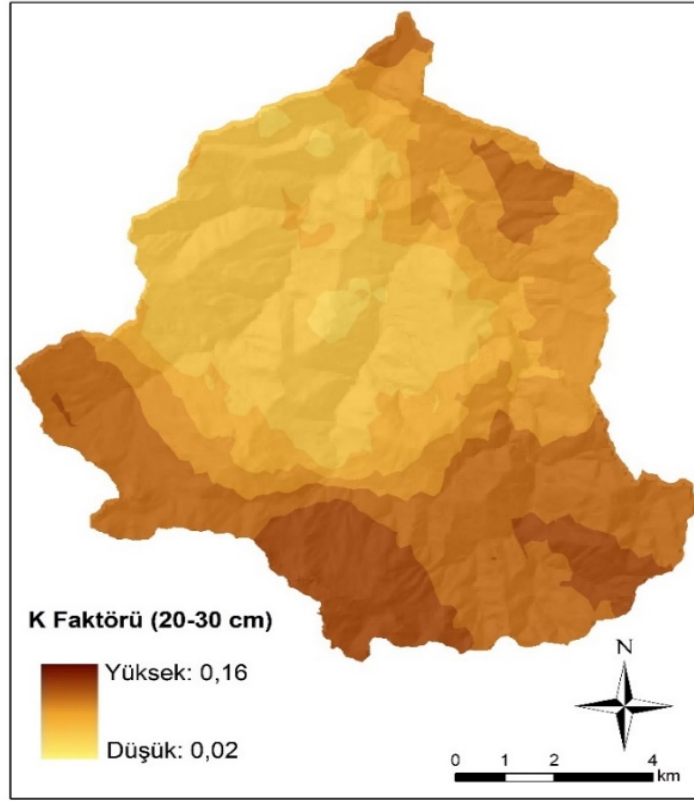
K değerleri 10-20 cm derinlikte ise, yükselti basamaklarıyla daha uyumlu bir dağılım sergilemektedir. Aşınabilirliğin yüksek olarak belirlendiği alanlar genellikle havzanın güney ve güney batısında dağılım göstermektedirler. Bu derinlikte en yüksek değer $0,16 \text{ t.h.ha}^{-1}.\text{MJ.mm}^{-1}$ iken en düşük değer ise $0,003 \text{ t.h.ha}^{-1}.\text{MJ.mm}^{-1}$ dir.



Şekil 7. Araştırma sahası yüzey örnekleri (10-20 cm) K faktörü dağılımı

Toprak derinliği 20-30 cm derinlikten alınan örneklerde K değerinin en yüksek değerinin (0,16) değişmediği en düşük değerinin ise 0,002 olduğu belirlenmiştir. Bu derinlikte K değerlerinin havza

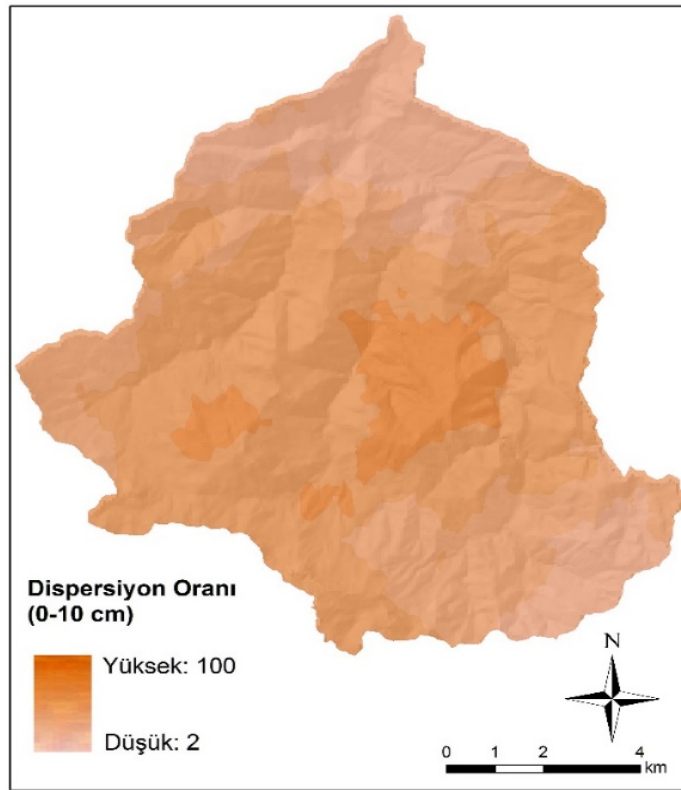
genelinde daha düşük değerler gösterdiği görülmektedir. Yüksek erodibilite görülen sahalara özellikle havzanın güneyinde bulunan alanlarda dağılım göstermektedir (Şekil 8).



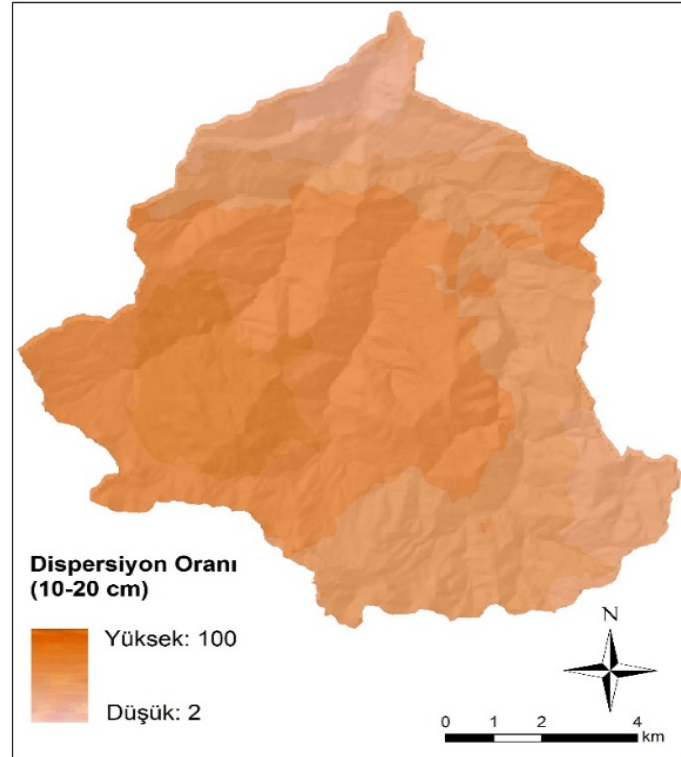
Şekil 8. Araştırma sahası yüzey örnekleri (20-30 cm) K faktörü dağılımı

Dispersiyon Oranı

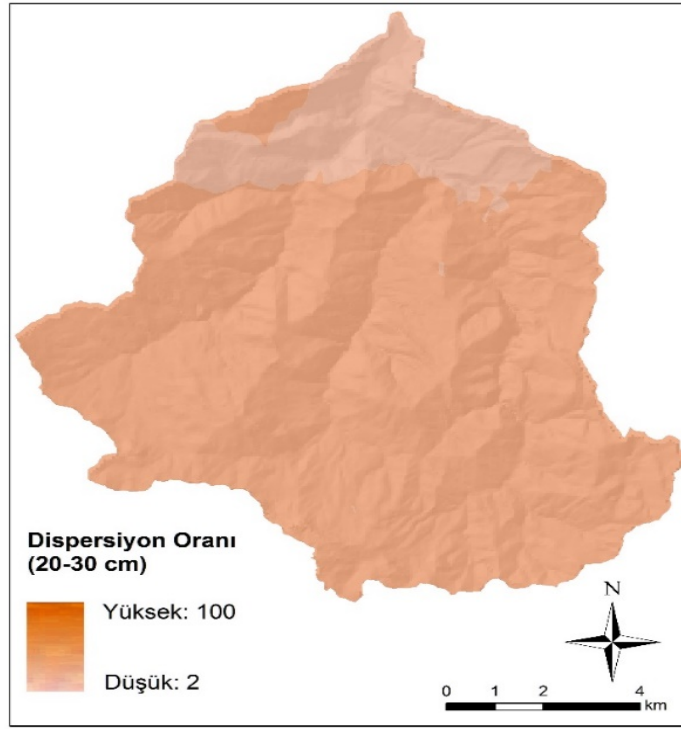
İnebolu havzası topraklarının dispersiyon oranları incelenmiŐ ve yüzey dağılım haritaları elde edilmiş ve Şekil 9, 10 ve 11’de verilmiştir. 0-10 cm toprak derinliği için yüzey dağılım haritasına baktığımızda en düşük 2,78 değeri gösterirken en yüksek değer 100 göstermektedir. Dispersiyon oranının en yüksek ve en düşük değerlerinin her üç derinlikte de aynı olduğu görülmektedir. Ortalama değerlerine bakıldığında ise dispersiyon oranının 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerde aynı olduğu en derinde ise (20-30 cm) daha yüksek olduğu görülmektedir. Dispersiyon oranları her üç derinlikte de düşük yükseltiye sahip alanlarda düşük çıkmıŐtır. nceki çalışmalarda kil oranı arttıkça dispersiyon oranının azaldığı grlmŐtir (Sönmez 1980; Uçgun 2007). İnebolu havzasında da aynı durum söz konusu olup kil miktarının yüksek olduğu kuzeydeki alanlarda dispersiyon oranı düşüktür. Dispersiyon oranları sınır değerlerine bakıldığında her üç derinlikte de toprakların yaklaşık %35’i erozyona dayanıklılık gösterirken, büyük çoğunluğu erozyona karşı dayanıklı değildir. Erozyon risk durumunun yüksek değerler gösterdiği dispersiyon oranına sahip alanlar ise eğim ve yükseltinin daha fazla olduğu alanlar olarak görülmektedir. Bu durum araştırma sahasında daha önce Dengiz ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışma sonucu ile de desteklenmekte olup, sahanın ICONA erozyon modeline göre risk sınıfları belirlenmiş ve araştırma sahasının %36,9’luk kısmında yüksek erozyon riski olduğu sonucuna ulaŐılmıŐtır.



Şekil 9. Araştırma sahası yüzey örnekleri (0-10 cm) dispersiyon oranı dağılımı



Şekil 10. Araştırma sahası yüzey örnekleri (10-20 cm) dispersiyon oranı dağılımı



Şekil 11. Araştırma sahası yüzey örnekleri (20-30 cm) dispersiyon oranı dağılımı

Sonuç

Araştırma sahasında 230 ayrı noktadan üç ayrı derinlikte (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) toplam 690 adet toprak örneği alınmıştır. Örnekleme işlemi arazi örtüsü ve topografik özellikler dikkate alınarak tesadüfi sistemde yapılmıştır. Örneklerde kil, silt, kum, organik madde, hidrolik iletkenlik, hacim ağırlığı, K faktörü ve dispersiyon oranı analizleri yapılmıştır. Ayrıca havzanın bitki örtüsü/kapalılığı belirlenmiştir. Örnek noktalarının 58 adeti açık alan, 85 adeti az yoğun orman ve 87 tanesi çok yoğun ormandan alınmıştır.

Havza topraklarının K değerleri çok az aşınabilir, az aşınabilir ve orta derece aşınabilir değerler göstermektedir. K değerinin yoğun orman olan alanlarda yüksek aşınabilir değerlere sahip olması kesinlikle alanın bitki örtüsünün korunması gerektiği, aksi takdirde bu alanların potansiyel erozyon riski tehlikesi taşımakta olduğu görülmektedir. Dispersiyon oranları sınır değerlerine bakıldığında her üç derinlikte de toprakların yaklaşık %35'i erozyona dayanıklılık gösterirken, büyük çoğunluğu erozyona karşı dayanıklı değildir. Dispersiyon oranının düşük olduğu kuzyedeki alanlarda kil miktarı yüksektir. Ayrıca kapalılığın düşük olduğu sahalarda erozyona dayanıklılığın da düşük olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, araştırma sahasında erozyon risk derecesini düşürmek için havzanın kapalılığının korunması gerekmektedir. Özellikle eğim derecelerinin yüksek olduğu yamaç sahalarda bitki örtüsü tahribatı önlenmeli, tarım alanları arazi ve toprak özellikleri dikkate alınarak yeteneklerine göre kullanılmalı, çayır ve mera arazilerinde ise erozyonu önleyici türlere önem verilmelidir.

Teşekkür

Katkılarından dolayı T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Antal J (1994). Erosion Factors. In: Soil Conservation and Silviculture (eds. Dvorak J, Novak L), Elsevier, Amsterdam, 39-77.

- Balcı N, Özyuvacı N (1974). Türkiye'nin iki farklı bölgesinde yer alan topraklarda erozyon eğiliminin ana materyal, bakı, arazi kullanma şekli ve örnekleme derinliğine bağlı olarak değişimi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 2: 79-107.
- Başkan O, Dengiz O (2008). Comparison of traditional and geostatistical methods to estimate soil erodibility factor. *Arid Land Research and Management*, 22: 29-45.
- Cebel H, Akgül S, Doğan O, Elbaşı F (2013). Türkiye büyük toprak gruplarının erozyona duyarlılık "K" faktörleri. *Toprak Su Dergisi*. 2(1): 30-45.
- Değerliyurt M (2013). Antakya şehri ve yakın çevresinde meydana gelen erozyonun coğrafi dağılışı ve analizi. *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*. 8(8): 1745-1764.
- Dengiz O, İmamoğlu A, Saygın F, Göl C, Ediş S ve Doğan A (2014). İnebolu Havzası'nın ICONA Erozyon Risk Modeli ile Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. *Anadolu Tarım Bil. Der.*, 29(2):136-142.
- Erpul G, Deviren-Saygin S (2012). Ülkemizdeki toprak erozyonu sorunu üzerine: ne yapmalı. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1): 26-32.
- Fernández Martin L and Nunez Martinez M (2011). An empirical approach to estimate soil erosion risk in Spain. *Science of the Total Environment* 409: 3114-3123.
- Gee G W, J W Bauder (1986). Particle-size analysis, pp. 383-409, in A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Jackson ML (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ.
- Kanar E, Dengiz O (2015). Madendere Havzası Topraklarında Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü ile Bazı Erozyon Duyarlılık İndeksleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2: 15.27.
- Karagöktaş D, Yakupoğlu T (2014). Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Bes. Derg.* 2(1): 6-12.
- Klute A ve C Dirksen (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity, pp. 687-732, in A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Lal R (1988). *Soil erosion research methods*. Soil and Water Conservation Society, Netherland.
- Middleton HE (1930). Properties of soils which influence erosion. *USDA Technical Bulletin* 178: 1-16.
- Sönmez K (1980). Atatürk Üniversitesi Elazığ Çiftliğinde Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Agregasyon Üzerine Tesirleri ile İlgili Araştırmalar. *Atatürk Üniversitesi Yayınları*, No: 531, Erzurum.
- Sönmez K (1982). Van Yöresi Topraklarında Fosforik Asit Triple Süperfosfat ve Ahır Gübresinin Agregasyon Agregat Stabilitesi ve Kırılma Değeri Üzerine Etkileri. Profesörlük takdim tezi (basılmamış), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Uçgun K (2007). Eğirdir-Boğazova Topraklarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Wallis JR, Stewan L (1961). Erodibility of some california Midlands soils related to their cations exchange capacity. *J. Geop. Res.*, 66: 1225-1230.
- Wischmeier WH and Smith DD (1978). Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. *Agricultural Handbook* 537. Science and Education Administration. US Dep. of Agriculture, Washington, DC,USA. p. 58.