

BOLU İLİNDE TOPLANAN LİKEN ÖRNEKLERİNDE ELEMENTLERİN KONSANTRASYONLARI VE KİRLİLİK HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

Hatice KARADENİZ^{1(*)}, Uğur SAKLANGIÇ¹, Serpil YENİSOY-KARAKAŞ¹

¹Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Gölköy Kampüsü, Bolu

ÖZET

Bu çalışmada, Bolu ovası 1×1 km'lik gridlere ayrılarak liken örnekleri toplanmış ve içerdikleri element konsantrasyonları belirlenmiştir. Bolu'da en yaygın olarak bulunan liken türü Xanthoria parietina'dır. Örnekleme Kasım 2012'de yapılmıştır. Haziran 2013'de mevsimsel değişimleri gözlemlemek için tekrarlanmıştır. Toprağından ve kabuğundan arındırılan likenler homojenize edilerek mikrodalga fırında asitte çözündürülmüş ve hazırlanan örnekler ICP-MS'de analiz edilmiştir. Örnekler ilk önce istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Her iki mevsimde de en yüksek aritmetik ortalamalar sırasıyla Ca, Al, Mg, Fe, K'a aittir. Ayrıca, aritmetik ortalama ve medyan değerleri arasında mevsimsel bir değişim gözlenmemiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildikten sonra seçilen bazı elementler için kirlilik haritaları çizdirilmiştir. Alüminyum ve Mg elementlerine ait kirlilik haritalarında Bolu'da faaliyet gösteren kum ocaklarına yakın yerlerdeki liken konsantrasyonları diğer örneklerdekinden yüksek çıkmıştır. Bu elementlerin kirlilik haritalarında mevsimsel bir fark da gözlenmemiştir. Bölge mevsim normallerinden düşük sıcaklara sahip olduğundan sürekli evsel ısınma faaliyetleri yapılmaktadır. Ayrıca tarımsal faaliyetlerin yoğunlaştığı aylarda köyde nüfus yoğunluğu artmaktadır. Bu nedenle, köylerin yoğun olarak bulunduğu yerleşim yerlerindeki likenlerde As ve K konsantrasyonları ısınma faaliyetlerinden dolayı haziran ayında kış mevsiminden daha yüksek bulunmuştur. Genellikle Bolu'da likenlerin element konsantrasyonlarını trafik, odun-kömür yakımı ve taş ocakları faaliyetlerinin etkilediği belirlenmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Likenler, Elementler, Kaynak belirleme, Mevsimsel değişim, Kirlilik haritası

ABSTRACT

In this study, Bolu plain was divided into 1 × 1 km grid and lichen samples were collected and the concentrations of the elements were determined. The most common lichen species in Bolu is Xanthoria parietina. Sampling was realized in November 2012. It was repeated to observe seasonal changes in June 2013. The lichens were separated from soil and tree bark, homogenized, acid digested and were analyzed by ICP-MS. Firstly, the samples were statistically evaluated. The highest arithmetic mean in both seasons is decreasing order Ca, Al, Mg, Fe, K. In addition, there was not any seasonal variation between arithmetic mean and median values. After the results were evaluated statistically, pollution maps were drawn for some selected elements. In the pollution maps of the elements of Al and Mg, the concentrations of lichen near the sand mines operating in

(*) haticekaradeniz@ibu.edu.tr

Bolu were higher than the other samples. There was no seasonal difference in pollution maps of these elements. Since the region has low temperatures than the seasonal norms, the continuous domestic heating activities are being carried out. In addition, during the months when agricultural activities are intense, the population density in the villages get higher. As a result, the concentrations of As and K were higher in June than in winter due to warming activities in lichens in the area where the density of villages were higher. Generally, it has been determined that the concentration of the elements of lichens in Bolu is influenced by traffic, wood-coal burning and quarrying activities.

KEYWORDS

Lichens, Elements, Source identification, Seasonal change, Pollution map

1. GİRİŞ

Kimyasalların atmosferik depolanması uzun vadede doğal ekosistemleri etkilediği gibi biyolojik türleri de etkiler. Likenler, koruyucu kütikül tabakasının olmamasından dolayı özellikle antropojenik bozukluklara hassas organizmalar olarak kabul edilirler (Bajpai vd., 2010; Conti ve Cecchetti, 2001). Liken çeşitliliğinin kaybı, biyosferdeki atmosferik kirliliğin başlıca belirteçlerinden birini oluşturur (Agnan vd, 2017). Ayrıca, biyoizleme yöntemi ile lokal antropojenik kaynaklar hakkında daha kesin bilgi verir (Bargagli ve Mikhailova, 2002, Root vd., 2015).

Likenlerde element emilimi birçok çevresel faktörden etkilenir. Bu faktörler asidik çökme, coğrafik koşullar, zamansal değişiklikler, toprak tozu, yerel kirlilik kaynakları ve kirliliğin uzun mesafeli taşınması düşünülebilir. Bu nedenle belirli bir bölgedeki liken türlerinin bireysel olarak örneklenerek bu örneklerdeki konsantrasyonların kullanılarak haritalandırılması önemlidir (Conti ve Cecchetti, 2001). Ek olarak, birikim oranları liken türleri arasında değişiklik gösterebilir (Karakaş ve Tuncel, 2004). Bu nedenle örnekleme de kullanılan likenlerin yetkin kişiler tarafından tür tayini yapılarak toplanması önem arz etmektedir.

Bu bilgiler ışığında Bolu Ovası farklı noktalarından toplanan Xanthoria parietina liken türündeki element konsantrasyonları belirlenmiş ve sonuçlar istatistiksel ve mevsimsel olarak değerlendirilmiştir. Ek olarak veriler haritalandırılıp mekânsal değişimleri gözlenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örnekleme alanı ve örnekleme:

Bolu ili Batı Karadeniz bölümünde 30° 322 ve 32° 362 doğu meridyenleri ve 40° 062 ve 41° 012 kuzey meridyenleri arasında bulunmaktadır. Zonguldak, Karabük, Çankırı, Ankara, Bilecik, Eskişehir, Düzce ve Sakarya illerine komşudur. Bu ilde evsel ısınma, sanayileşme, tarım faaliyetleri ve trafik gibi birçok kirlilik kaynağı hava kalitesini etkilemektedir. Örneklemeden önce Bolu ovası 1x1 km'lik gridlere ayrılarak her gridden bir örnek alınacak şekilde örnekleme gerçekleştirilmiştir. Örnekleme alanında en fazla Xanthoria parietina liken türü bulunmaktadır. Kış örneklemeinde toplam 101 örnek toplanmıştır. Bazı gridlerde örnek bulunamadığından yaz örneklemeinde örnekleme alanı 3x3 km'lik gridlere ayrılmış ve toplam 64 örnek toplanmıştır.

Farklı büyüklükteki örnekler, ağaçların yerden 1-2 m seviyesinden toplanmasına özen gösterilmiştir. Eğer yeterli miktarlarda örnek bulunamazsa bu yükseklikten aşağıdaki örnekler de toplanmıştır. Örnekler polietilen poşetlerde muhafaza edilerek temizlenene kadar (+4°C)'de saklanmıştır. Toplanan örnekler 30 saniye suda bekletilerek ağaç kabuklarından ve topraktan temizlenmiş ve analiz için ayrılmıştır (Yenisoy-Karakaş, 2000).

2.2. Örneklerin analize hazırlanması ve analiz:

Temizlendikten sonra kurutulan örneklerden 0,5 g tartılıp teflon kaplara alınmıştır. Üzerine 0.5 mL ultrasaf 48%'lik HF (Merck) ve 5 mL %60'lık ultrasaf HNO₃ ve 1 mL %31'lik H₂O₂ eklenmiştir. BERGHOF Speedwave® marka mikrodalga fırında asitte çözülen örnekler ICP-MS'de analiz edilene kadar buzdolabında saklanmıştır. Örnekler 55 element (Li, Be, Na, K, Mg, Al, P, Ca, Ba, Ti, V, Cr, Sc, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, Rb, Sr, Y, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Eu, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, W, Pb, Hg, Bi, Tl, Th ve U) için analiz edilmiştir. Perkin Elmer ICP-MS sonuçların doğruluğu SRM IAEA-336 (Trace and Minor elements in Lichen) standardı kullanılarak kontrol edilmiştir. Civa, Sb ve Zn haricindeki bütün elementlerin geri kazanımları % 70'den büyük bulunmuştur.

3. SONUÇLAR

Kasım 2012 ve Haziran 2013'de Bolu ovasında gerçekleştirilen örneklemede toplanan Xanthoria parietina liken örneklerinde 55 element analiz edilmiştir. Toplanan örnekler mevsimsel olarak değerlendirilmiştir (Tablo 3.1. ve 3.2). Kış örneklerinde toplam 101 örnek toplanmıştır. Örneklerde en yüksek aritmetik ortalamaya sırasıyla K, Ca, Al, P, Mg ve Fe' e aittir. İki örnekte Se konsantrasyonları dedeksiyon limitlerinin altındadır. Aritmetik ortalama, medyan ve geometrik ortalama arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Yaz örneklerinde de K, Ca, Al, P, Mg ve Fe en yüksek aritmetik ortalamaya sahiptir. As, Cu, Cd, Se konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması kış örneklerinde, K, Mo, Rb, Bi, Sc, Mg, Cr, Ge konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması ise yaz örneklerinde daha yüksek bulunmuştur.

4. SONUÇ DEĞERLENDİRME

Kış ve yaz mevsiminde toplanan örneklerin konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması alınarak her element için Kış/Yaz oranı bulunmuştur. Bu oran 1,23 ile 0,27 arasında değişmektedir (Şekil 4.1). Arsenik, Cu, Cd, Se Th, Sb, U, Ba ve Tl en yüksek orana sahiptir. Örnekleme yapıldığı 2012-2013 dönemde ilde evsel ısınma için kömür kullanılmaktaydı. Türkiye'deki kömürün iz elementi olarak bilinen As (Yenisoy Karakaş, 2004), kış mevsiminde toplanan örneklerdeki aritmetik ortalamasının daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yaylacılık faaliyetlerinin artmasıyla yaz mevsiminde kırsal alanda nüfus yoğunluğu artmaktadır ve bu alanlarda ısınma kaynağı olarak odun kullanılmaktadır. Biyokütle yakılması sonucu salınan K elementinin (Christian vd., 2010) konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması yaz örneklerinde daha yüksek bulunmuştur. Trafik kaynaklı olduğu bilinen Pb, Ba, La, Ce, Pr oran birden yüksek bulunurken, toprak kaynaklı Sm, Sc, Tb, Gd, Eu gibi elementler için bu oran 1'den küçük bulunmuştur.

Tablo 1. Kış örneklerinin istatistiksel değerlendirilmesi

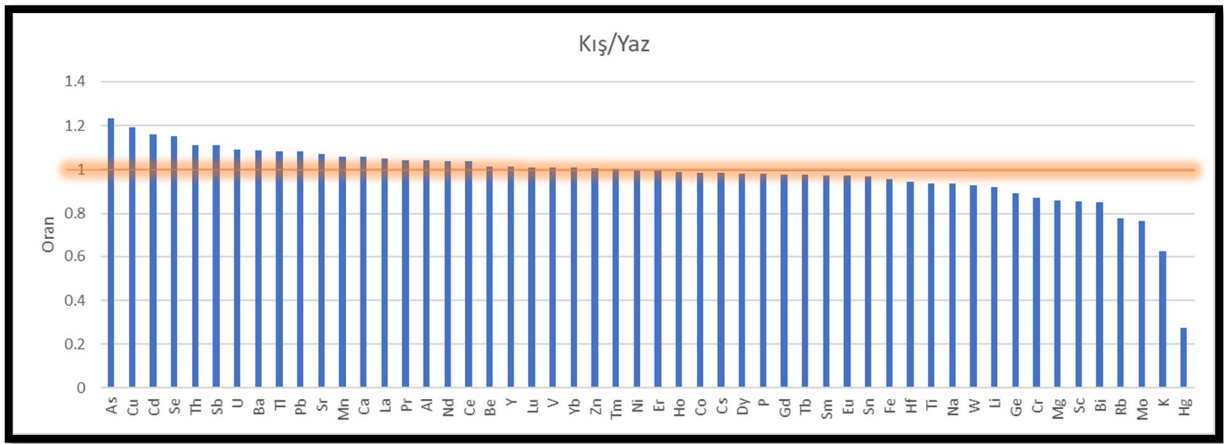
	N	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Ortanca	Geometrik Ortalama	Maks.	Min.		N	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Ortanca	Geometrik Ortalama	Maks.	Min.
Li	101	0.977	0.388	0.930	0.912	2.690	0.262	Sn	101	0.127	0.0750	0.109	0.117	0.736	0.0523
Be	101	0.0304	0.0137	0.0279	0.0275	0.0882	0.0038	Sb	101	0.151	0.133	0.123	0.127	1.163	0.0492
Na	101	189	103	168	171	916	43	Cs	101	0.176	0.0853	0.157	0.159	0.506	0.0508
Mg	101	992	275	954	956	1833	516	Ba	101	11.6	4.49	10.5	10.7	25.2	2.34
Al	101	1530	626	1411	1427	4280	521	La	101	0.618	0.221	0.586	0.584	1.66	0.182
P	101	1240	387	1218	1181	2380	505	Ce	101	1.22	0.436	1.16	1.15	3.26	0.348
K	101	2816	1589	2465	2432	7898	629	Pr	101	0.143	0.0517	0.137	0.135	0.369	0.0420
Ca	101	2278	1428	1756	1971	7782	768	Nd	101	0.548	0.200	0.525	0.516	1.406	0.159
Sc	101	0.785	0.308	0.741	0.732	1.92	0.311	Sm	101	0.0956	0.0337	0.0900	0.0904	0.242	0.0306
Ti	101	108	42.8	98.5	101	307	23.2	Eu	101	0.0237	0.0086	0.0221	0.0223	0.0595	0.00722
V	101	3.04	1.29	2.77	2.81	7.70	0.962	Gd	101	0.0943	0.0337	0.0909	0.0890	0.247	0.0290
Cr	101	3.35	1.33	3.15	3.12	8.34	1.09	Tb	101	0.0133	0.00480	0.0125	0.0125	0.0350	0.00439
Fe	101	976	362	908	917	2270	340	Dy	101	0.0778	0.0281	0.0733	0.0734	0.206	0.0263
Mn	101	29.3	9.77	27.3	27.9	73.0	10.8	Ho	101	0.0149	0.00551	0.0139	0.0140	0.0404	0.00500
Co	101	0.557	0.224	0.506	0.516	1.30	0.167	Er	101	0.0447	0.0163	0.0417	0.0421	0.119	0.0154
Ni	101	1.97	0.829	1.77	1.82	5.62	0.573	Tm	101	0.006	0.0023	0.006	0.00596	0.0167	0.00220
Cu	101	5.4	3.40	4.90	4.97	34.30	2.40	Yb	101	0.041	0.015	0.0392	0.0389	0.110	0.0144
Zn	101	19.0	7.89	18.2	17.7	63.7	5.6	Lu	101	0.006	0.002	0.006	0.0057	0.0162	0.00207
Ge	101	0.209	0.0746	0.200	0.197	0.495	0.079	Hf	101	0.068	0.027	0.0638	0.0632	0.209	0.0239
As	101	1.47	0.776	1.29	1.33	5.83	0.506	W	101	0.038	0.018	0.0348	0.0340	0.123	0.00132
Se	99	0.0426	0.0272	0.0367	0.0332	0.170	0.000362	Th	101	0.169	0.064	0.161	0.159	0.487	0.0550
Rb	101	5.45	4.08	4.160	4.501	24.3	0.800	Bi	101	0.015	0.008	0.0132	0.0138	0.049	0.00426
Sr	101	8.34	3.82	7.75	7.60	23.4	3.45	Hg	101	0.024	0.016	0.0210	0.0192	0.092	0.00520
Y	101	0.465	0.173	0.431	0.437	1.22	0.155	Tl	101	0.058	0.066	0.0350	0.0404	0.389	0.00833
Mo	101	0.0948	0.0738	0.0764	0.0837	0.585	0.0360	Pb	101	1.211	0.451	1.13	1.15	3.678	0.616
Cd	101	0.0978	0.0527	0.0870	0.0879	0.408	0.0314	U	101	0.065	0.025	0.0586	0.0604	0.181	0.0209

Tablo 2. Yaz örneklerinin istatistiksel değerlendirilmesi

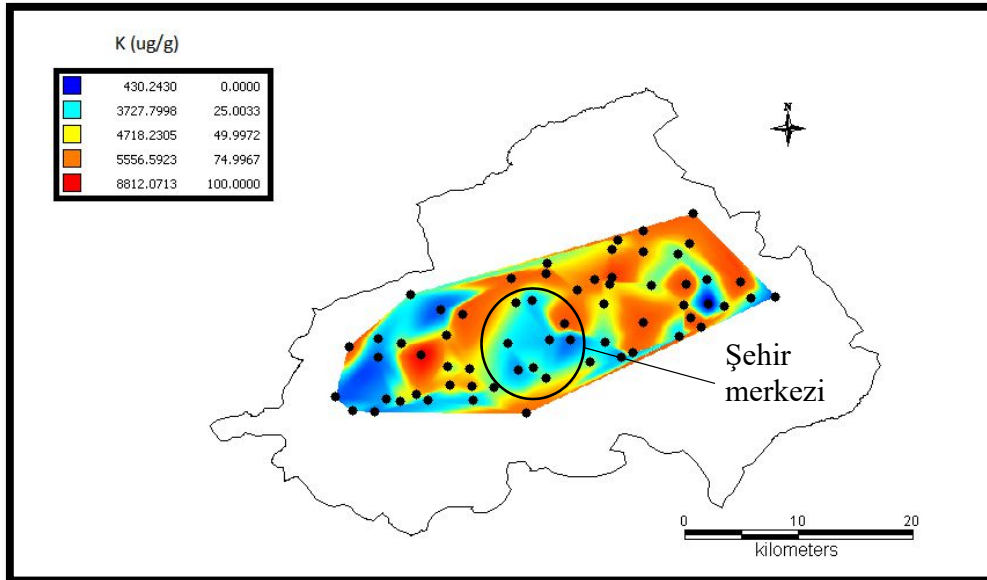
	N	Aritmetik ortalama	Standard sapma	Ortanca	Geometrik Ortalama	Maks.	Min.			N	Aritmetik ortalama	Standard sapma	Ortanca	Geometrik Ortalama	Maks.	Min.
Li	64	1.06	0.464	0.934	0.970	2.46	0.386	Sn	64	0.131	0.0556	0.119	0.122	0.344	0.0572	
Be	64	0.0300	0.0144	0.0264	0.0268	0.0741	0.00757	Sb	64	0.136	0.123	0.112	0.114	0.969	0.0392	
Na	64	202	102	161	182	546	77.4	Cs	64	0.179	0.128	0.146	0.152	0.814	0.052	
Mg	64	1155	450	1111	1067	3062	321	Ba	64	10.6	4.53	9.60	9.72	23.8	3.62	
Al	64	1471	777	1295	1272	3615	315	La	64	0.589	0.262	0.524	0.538	1.46	0.194	
P	64	1266	363	1236	1211	2688	303	Ce	64	1.18	0.510	1.04	1.08	2.74	0.387	
K	64	4530	1631	4417	4149	8711	472	Pr	64	0.137	0.0606	0.122	0.125	0.333	0.045	
Ca	64	2156	2097	1497	1720	14198	650	Nd	64	0.527	0.232	0.469	0.482	1.27	0.172	
Sc	64	0.918	0.427	0.794	0.830	2.21	0.311	Sm	64	0.0981	0.0441	0.0885	0.0892	0.233	0.0315	
Ti	64	115	54.4	93.5	105	307	40.4	Eu	64	0.0243	0.0109	0.0225	0.0222	0.0570	0.00821	
V	64	3.01	1.46	2.52	2.71	7.79	1.03	Gd	64	0.0963	0.0428	0.0886	0.0877	0.225	0.0324	
Cr	64	3.85	2.08	3.19	3.36	8.89	1.10	Tb	64	0.0136	0.00605	0.0122	0.0123	0.0311	0.00459	
Fe	64	1020	490	868	917	2592	362	Dy	64	0.0793	0.0355	0.0705	0.0721	0.180	0.0271	
Mn	64	27.7	8.99	25.1	26.4	54.9	11.5	Ho	64	0.0150	0.00678	0.0132	0.0137	0.0341	0.00509	
Co	64	0.565	0.296	0.482	0.503	1.494	0.175	Er	64	0.0449	0.0201	0.039	0.0408	0.102	0.0157	
Ni	64	1.97	1.01	1.68	1.76	4.68	0.673	Tm	64	0.00632	0.00282	0.006	0.00576	0.0143	0.0024	
Cu	64	4.51	1.38	4.29	4.33	9.32	2.16	Yb	64	0.0409	0.0185	0.036	0.0372	0.0941	0.0148	
Zn	64	18.9	13.0	16.3	17.0	106	8.80	Lu	64	0.00605	0.00274	0.005	0.0055	0.0138	0.0020	
Ge	64	0.235	0.0928	0.209	0.218	0.493	0.0967	Hf	64	0.0715	0.0275	0.065	0.067	0.144	0.028	
As	64	1.19	0.661	1.04	1.03	2.92	0.280	W	64	0.0408	0.0218	0.033	0.036	0.119	0.013	
Se	61	0.0370	0.016	0.035	0.032	0.074	0.001	Th	64	0.152	0.0642	0.137	0.139	0.324	0.030	
Rb	64	7.00	3.93	5.65	6.02	16.6	2.10	Bi	64	0.0181	0.0259	0.0117	0.0129	0.203	0.00285	
Sr	64	7.80	3.95	6.65	7.03	20.9	2.80	Hg	64	0.0881	0.0255	0.0827	0.0845	0.150	0.0372	
Y	64	0.458	0.214	0.417	0.414	1.12	0.161	Tl	64	0.0532	0.0638	0.032	0.0367	0.355	0.008	
Mo	64	0.124	0.114	0.096	0.103	0.651	0.041	Pb	64	1.12	0.509	0.984	1.01	2.63	0.289	
Cd	64	0.0843	0.0513	0.0696	0.0733	0.288	0.0257	U	64	0.0592	0.0242	0.0547	0.0545	0.119	0.0191	

Bu çalışmada mevsimsel farklılıkların yanında Mapinfo 8.5 programı kullanılarak veriler haritalandırılmış ve mekânsal farklılıklar da gözlenmiştir. Kış ve yaz örneklemelerindeki konsantrasyon değerleri karşılaştırarak mevsimsel farklılıklar tespit edilmiştir.

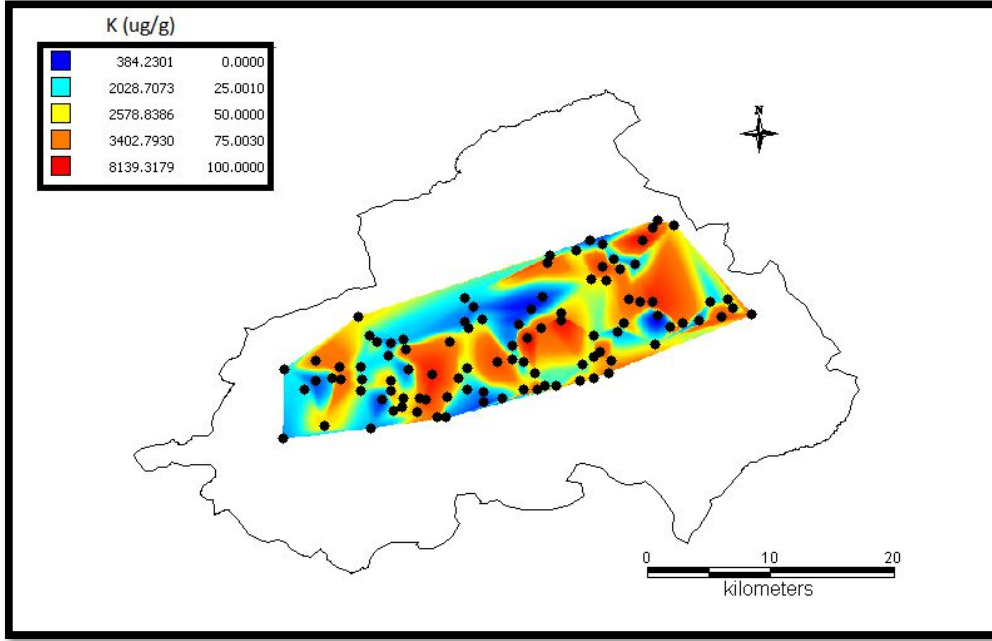
Bolu ili Karadeniz bölgesinin özelliklerini taşımaktadır (Bolu İli Çevre Durum Raporu, 2010) ve diğer illere göre düşük mevsim sıcaklıklarına sahip olduğundan sürekli evsel ısınma faaliyetleri gözlenmektedir. Ayrıca özellikle rakımı yüksek yerlerde, yaylacılığın yoğun olduğu ilde, odun gibi biokütle yakımı da artmaktadır. Bu nedenle, köylerin yoğun olarak bulunduğu yerleşim yerlerindeki likenlerde K konsantrasyonları ısınma faaliyetlerinden dolayı haziran ayında kış mevsiminden daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).



Şekil 1. Kış örneklerinin aritmetik ortalamasının yaz örneklerinin aritmetik ortalamasına oranı

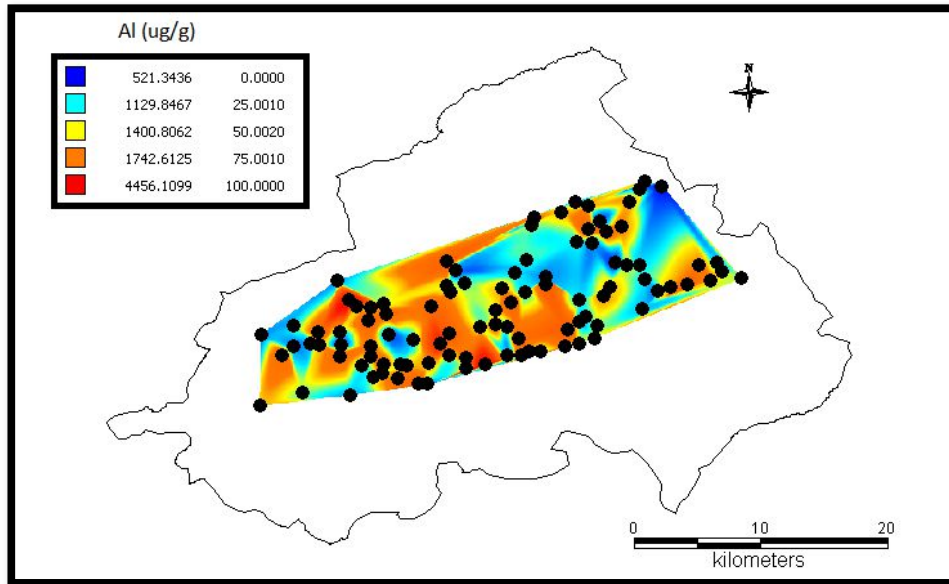


Şekil 2. Yaz örneklerinde K konsantrasyonlarının mekânsal değişimi

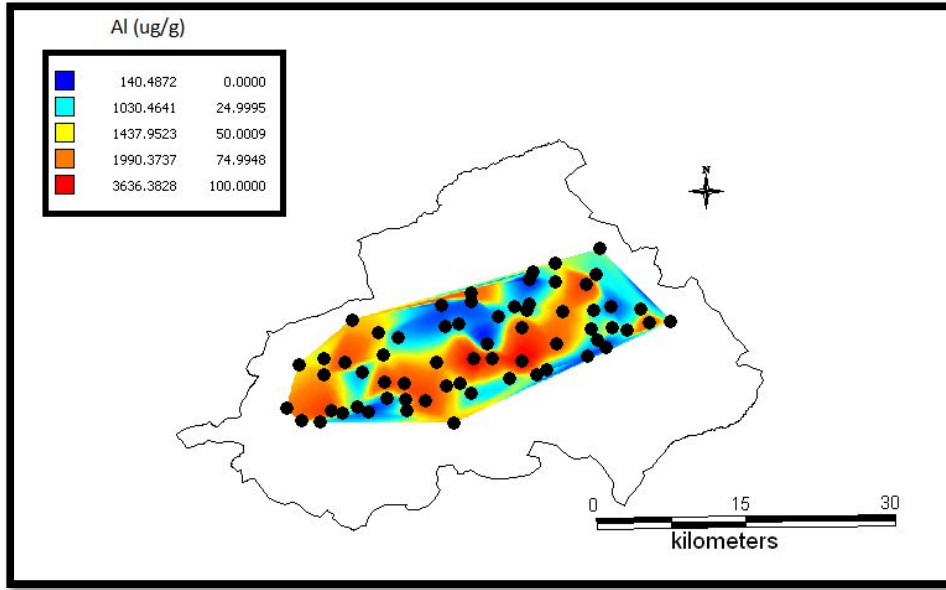


Şekil 3. Kış örneklerinde K konsantrasyonlarının mekânsal değişimi

Toprak kaynaklı elementlerin konsantrasyonlarının özellikle kum ocaklarının yoğun olduğu yerlerde yaz ve kış örneklerinde yüksek olduğu bulunmuştur (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Bolu'da kum ocaklarının bulunduğu yerlerde partikül madde kirliliğinin olduğu bilinmektedir (Bolu İli Çevre Durum Raporu, 2010).

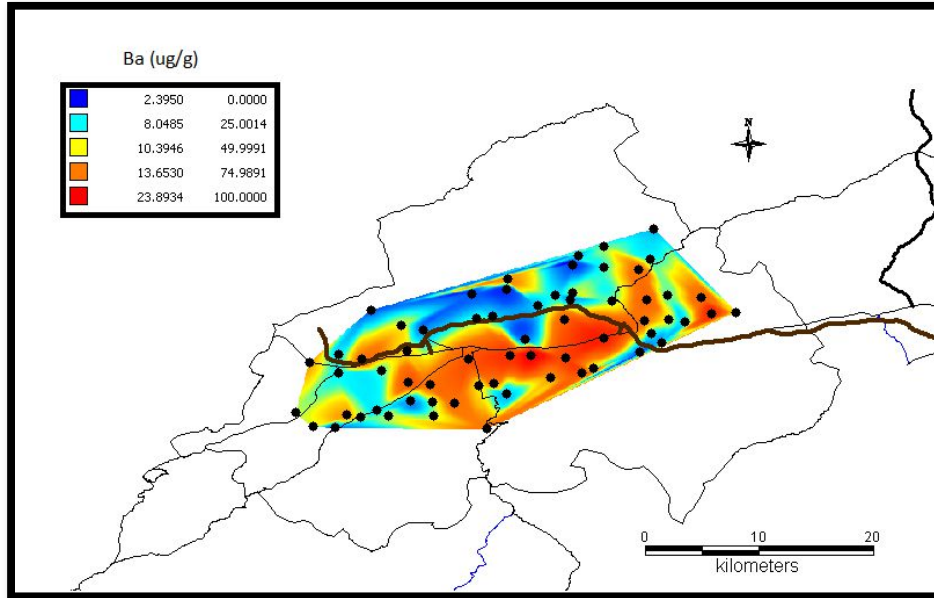


Şekil 4. Kış örneklerinde Al konsantrasyonlarının mekânsal değişimi

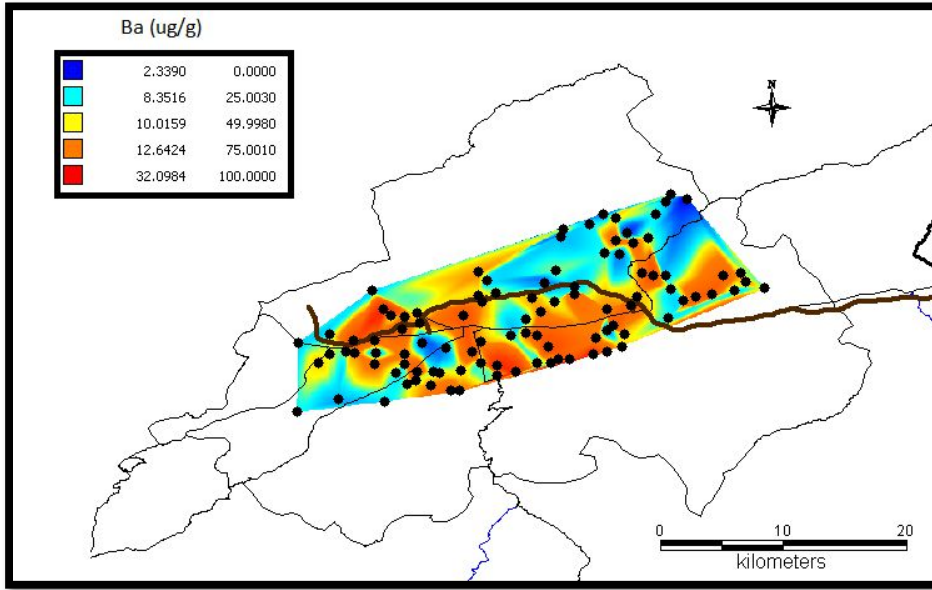


Şekil 5. Yaz örneklerinde Al konsantrasyonlarının mekânsal değişimi

Trafiğin yoğun olduğu D-100 karayoluna yakın yerleşim yerlerinden toplanan liken örneklerinde Ba, Cd, La, Ce, Pr gibi trafik kaynaklı elementlerin konsantrasyonlarının yüksek olduğu gözlenmiştir (Calvo vd, 2013). Yaz ve kış aylarında Ba elementi konsantrasyonlarının mekânsal değişimini gösteren örnek harita Şekil 4.6 ve 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Yaz örneklerinde Ba konsantrasyonlarının mekânsal değişimi



Şekil 7. Kış örneklerinde Ba konsantrasyonlarının mekânsal değişimi

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma Bolu ilinde yapılan ilk çalışmadır. Biyoizleme yöntemiyle yapılabilecek daha kapsamlı çalışmalar bölgedeki kirliliğin tespitinde yararlı olacaktır. Daha ileriki çalışmalarda analiz edilen kirleticilerin çeşitliliği (organik kirleticiler gibi) ve örnekleme alanının mümkün oldukça genişletilmesi bölge için önemli bir yer tutabilir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma finansal olarak Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu 112Y037 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Agnan, Y., Probst, A., Séjalon-Delmas N., 2017. Evaluation of lichen species resistance to atmospheric metal pollution by coupling diversity and bioaccumulation approaches: A new bioindication scale for French forested areas. *Ecological Indicators* 72, 99–110.
- Bajpai, R., Upreti, D.K., Nayaka, S., Kumari, B., 2010. Biodiversity, bioaccumulation and physiological changes in lichens growing in the vicinity of coal-based thermal power plant of Raebareli district, north India. *Journal of Hazardous Materials* 174, 429–436.
- Bargagli, R., 2016. Moss and lichen biomonitoring of atmospheric mercury: a review. *Sci. Total Environ.* 572, 216–231.
- Bolu ili Çevre Durum Raporu, 2010. Bolu Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.

- Calvo, A.I., Alves, C., Castro A., Pont V., Vicente A.M., Fraile R., 2013. Research on aerosol sources and chemical composition: Past, current, and emerging issue. *Atmospheric Research*, 120-121, 1-28.
- Christian T.J., Yokelson, R.J., Cárdenas B., Molina L.T., Engling G., Hsu S.C., 2010. Trace gas and particle emissions from domestic and industrial biofuel use and garbage burning in central Mexico. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10:565–584.
- Conti, M.E., Cecchetti, G., 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. *Environmental Pollution* 114, 471–492.
- Yenisoy-Karakaş, S., Tuncel, S.G., 2004. Comparison of accumulation capacities of two lichen species analyzed by instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 259, 113–118.
- Root, H.T., Geiser, L.H., Fenn, M.E., Jovan, S., Hutten, M.A., Ahuja, S., Dillman, K., Schirokauer, D., Berryman, S., McMurray, J.A., 2013. A simple tool for estimating throughfall nitrogen deposition in forests of western North America causing lichens. *Forensic Ecological. Management*, 306, 1–8.
- Yenisoy-Karakaş S (2000) Biomonitoring of atmospheric pollutants at western anatolia, Doctor of Philosophy thesis, the department of chemistry, Middle East Technical University, Ankara.
- Yenisoy-Karakaş S and Tuncel SG (2004) “Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean region of Turkey indicated by the lichen, *Xanthoria parietina* (L.)”, *Science of The Total Environment* 329, 43-60.
- Yenisoy-Karakaş, S., Tuncel, S.G., 2004. Comparison of accumulation capacities of two lichen species analyzed by instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 259, 113–118.