

## Gümüşhane katı atık toplama sahası ve yakın çevresinde ağır metal kirliliğine maruz bölgede yetişen civanperçemi (*Achillea millefolium* L.) bitkisinin element biriktirme kabiliyeti (Gümüşhane, KD Türkiye)

Alaaddin Vural <sup>\*1</sup> Abdullah Kaygusuz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye. ORCID: ID/0000-0002-0446-828X

<sup>2</sup>Jeoloji Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gümüşhane Üniversitesi, Türkiye. ORCID: ID/0000-0002-6277-6969

<sup>\*</sup>([alaaddinvural@hotmail.com](mailto:alaaddinvural@hotmail.com)) Başlıca yazarın mail adresi

**Özet** – Bu çalışmanın amacı, istilacı bir tür olan ve Gümüşhane yöresinde de çok yaygın olarak rastlanan civanperçemi (*Achillea millefolium* L.) bitkisinin ağır metallerce kirlenmiş bir bölgedeki element biriktirme kabiliyeti ve eğiliminin araştırılmasıdır. Bu amaçla Gümüşhane katı atık sahası ve yakın çevresinden civanperçemi (*Achillea millefolium* L.) bitki örnekleri toplanmıştır. Bitkinin atmosferik yollarla kirlenme özelliğinin de araştırılması amacıyla toplanan örneklerin bir kısmı ultra saf su ile yıkanmış, bir kısmı ise araziden toplandığı şekliyle değerlendirme yapmak için yıkama işlemi gerçekleştirilmeden gövde ve çiçek olarak ayrılmış ve doğal ortamda kurutulduktan sonra örnek hazırlama süreçleri akabinde İndüktif Eşleştirilmiş Atomik Emisyon/Kütle Spektrometresi (ICP-AES/MS) ile Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb elementleri için analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen konsantrasyonlar değişik istatistiksel metotlarla analiz edilerek bitkinin element biriktirme kabiliyeti ve eğilimi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, Gümüşhane katı atık alanı ve yakın çevresinde yetişen civanperçemi bitkisinin kirliliğe maruz kalmamış bölgelerde yetişen bitkilere göre özellikle Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd elementlerince daha yüksek konsantrasyonda ağır metal içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sahada yetişen bitkideki Zn, Se, Ag ve Cd elementlerinin ise atmosferik kirliliğe bağlı olarak daha yüksek konsantrasyonlara ulaştıkları da bu çalışma sonucunda belirlenmiştir. Civanperçemi çiçek ve gövdelerinin element biriktirme kabiliyeti yönünden Co, As, Ag ve Cd elementlerince bitki gövdesine yönünde daha yüksek konsantrasyonlar gösterdikleri de tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Civanperçemi (*Achillea millefolium* L.), Ağır metal kirliliği, Katı atık alanı, Biyojeokimya, Gümüşhane

### I. GİRİŞ

Biyojeokimya/biyokimya terimi literatürde ilk defa 1926 yılında Vladimir Vernadsky tarafından kullanılmıştır. Terim, bütün jeokimyasal tepkimelerin farklı yol ve süreçlerle canlı yaşam tarafından etkilendiğini ifade etmek amacıyla kullanılmıştır [1], [2]. İlk biyokimyasal çalışmalar topraktan bitkilere element geçişlerinin incelenmesi amacıyla sistematik olarak örneklenmiş ağaç çalılıklarının kimyasal analizlerinin yapılması ve bitkilerdeki morfolojik değişikliklerin araştırılmasıyla başlamıştır [3]. Jeokimya'nın önemli isimlerinden olan Victor Moritz

Goldschmidt (1888-1947) 1930'ların başlarında, metallerin çoğunun zenginleşmiş olduğu humusları incelemiş ve böylece humusun üzerindeki bitkilerin de aynı şekilde metallere açısından zengin olabileceğini ve ayrıca bu elementlerin fazla miktarda olmasının bitkiye zarar vererek morfolojiyi değiştirebileceğini düşünmüştür [3]. Bunun sonucunda da bitki materyali ve morfoloji analizinin metallere aranmasında yöntem olarak kullanılabileceğini ileri sürmüştür [4]. Bu anlayışla 1965 yılından sonra biyokimyasal yollarla kapsamlı maden arama çalışmalarına başlanmış ve 1973 yılına kadar, toprak, kayalık ve bitki örneklerindeki

çeşitli elementlerin analiz edilmesi ve bitkilerin morfolojilerindeki değişikliklerin tespiti ile 90 adet maden yatağı keşfedilmiştir [5]–[15]. Ancak; biyokimyasal aramalarda geniş bir şekilde bitkilerin kullanılmasından sonra; Kovalevsky “Bariyer Etkisi” kavramından bahsederek, her element için bütün bitkilerin rehber olamayacağını ileri sürmüştür. Gerçekten de yapılan birçok araştırmada bitki türlerinin sadece % 5’inin dokularındaki element içerikleriyle topraktaki element konsantrasyonu arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu ortaya çıkartılmıştır. Literatürde, dünyada en fazla Au olmak üzere, Ni, Cu, Fe, Mn, Pb, Co, Cr, Zn, Mo, Cd, Ti ve U gibi elementlerin belirtken bitkilerinin saptanmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır [4], [9], [16]–[20].

Bitkilerin, elementleri biriktirme potansiyelinden yararlanılarak madenlerin aranması kullanılmaları bir yöntem olmakla birlikte, bitkilerin metallerce kirlenmiş alanların ıslahında da kullanılabilir [16], [21]–[24].

Çevre kirliliği ve ilişkili sorunlar her geçen gün insanlığın gündeminde önemli bir yer tutmadır. İnsanların gelişmişlikleri bazen tükettikleri ile ölçülmekle birlikte, insanoğlunun bilinçsizce ve çılgınca tükettikleri günümüzde ciddi çevre sorunları oluşturmaktadır. İnsanların tükettiklerinin depolandığı katı atık alanları günümüzde ciddi ağır metal/iz element kirlilik potansiyeli taşıyan alanlardır. Atık alanlarında ağır metal kirliliği riski barındıran elementlerin başında Ni, Cu, Pb, Cr, Zn, Mo, Co, Cd ve As gibi ağır metaller gelmektedir. Uzun yıllardan beri kullanılan Gümüşhane Katı Atık alanı şehre göre yüksek bir rakımda bulunmakta olup, Ni, Cu, Pb, Cr, Zn, Mo, Co ve Cd elementlerince kirlenmiş bir alandır [25], [26]. Atık alanı konumu itibarıyla şehrin içinde bulunduğu Harşit havzası için ciddi bir kirlilik riski oluşturmaktadır. Böyle alanlardaki ağır metal/iz element kirlilikleri bu elementlere duyarlı bitkilerle ıslah edilebileceği gibi [17], bu elementlerin gösterge element olduğu maden yataklarının aranması çalışmalarında birçok bitkiden yararlanılabilmektedir [27]. Civanperçemi (*Achillea millefolium* L.) bitkisi Gümüşhane bölgesinde çok yaygın olarak rastlanan bitkilerin başında gelmektedir. İstilacı bir bitki türü olan civanperçemi aynı zamanda da tıbbi aromatik bitkiler arasındadır. Gümüşhane ve yakın çevresinde yapılan arazi çalışmaları sırasında Gümüşhane katı atık depolama alanında da yaygın olarak civanperçemi bitkisine

rastlanmış olup, ağır metal kirliliği taşıyan bir bölgede belirgin bir morfolojik bozukluk da göstermeden bitkinin yaygın olarak bulunuyor olması dikkat çekmiş ve element biriktirme kabiliyetinin belirlenmesine yönelik bir çalışmanın yapılmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla Gümüşhane katı atık alanından toplanan civanperçemi bitkisinin biyojeokimyasal özellikleri ağır mineral bağlamında irdelenmesi amaçlanmıştır.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### A. Çalışma Sahasının Coğrafi Özellikleri ve jeolojisi

Civanperçemi örneklerinin toplandığı Gümüşhane katı atık depolama alanı, KD Karadeniz bölgesinde bulunan Gümüşhane şehir merkezinin yaklaşık 3 km kuzey batısında yer almaktadır (Şekil 1). Bölge sarp bir topoğrafa ve derin vadilerden oluşmaktadır. Bölgenin topografyasının şekillenmesinde Türkiye’nin tektonik çatısının şekillenmesinde de etkili olan maruz kaldığı jeolojik ve jeotektonik süreçler etkili olmuştur.

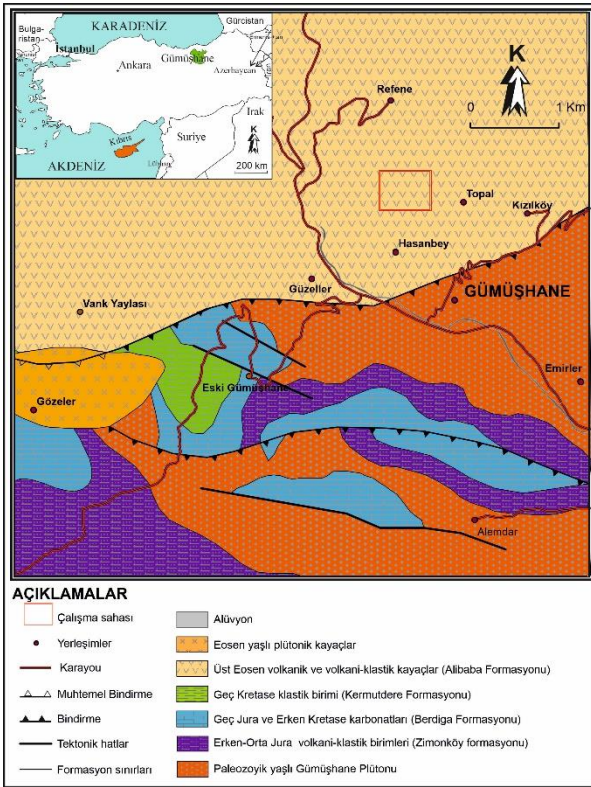
Bölgede karasal iklim hakim olup, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı bir rejime sahiptir. Yaz dönemi ortalama sıcaklıkları 20-25 °C aralığında iken kışları ise 0-10 °C aralığındadır. Bölgenin en yüksek sıcaklık gösterdiği aylar Temmuz ve Ağustos olup, ortalama 30.3 °C, en soğuk ay ise ortalama -0.1 °C sıcaklık ile Ocak’tır.

Bölgede yıllık yağış ortalaması 409.2 mm/yıldır. Atık alanının doğal toprak örtüsü kızılımsı kahverenkli olup, organik materyal açısından fakirdir. Toprağın pH’sı genel olarak <7 olup, asidik karakterdedir [26]. Rastlanan toprak kalınlığı topoğrafya özellikleri ve yükseklikle farklılık göstermekte olup, birkaç cm ile 1-2 m arasında değişmektedir.

İnceleme alanı Doğu Pontid güney zonunda yer alır. Çalışma alanı ve yakın civarındaki birimler Paleozoyikten Eosene kadar değişen yaşta olup, başlıca plütonik, volkanik ve tortul kayalardan oluşurlar (Şekil 1).

İnceleme alanı ve yakın civarının en yaşlı kayalarını Paleozoyik yaşlı kayalar oluşturur. Gümüşhane Plutonu [28]–[31] olarak da isimlendirilen bu kayalar genelde granit ve granodiyorit bileşimindedirler. Bu kayalar genelde ayrılmış olup, çatlak sistemleri yaygın olarak gözlenir. Gümüşhane Plütunu üzerine uyumsuz olarak Liyas yaşlı birimler gelir. Bu birimler bazalt,

andezit ve bunların piroklastiklerinden oluşmakta olup [32], bölgenin kuzeybatısında Torul Plütönu [33], [34] tarafından kesilmişlerdir. Liyaş yaşlı birimler üzerinde inceleme alanının hemen dışında ve kuzeybatı kesiminde Kermutdere yada Mescitli Formasyonu olarak da adlandırılan Geç Kretase yaşlı ve tortul ağırlıklı birimler yer alır [35], [36]. İnceleme alanı ve civarındaki en genç birimleri ise Eosen yaşlı [37]–[42] volkano-tortul kayalar oluşturur. Alibaba Formasyonu olarak da isimlendirilen bu kayalar başlıca andezit, bazalt ve bunların piroklastları ile yer yer tortul ara katkılardan oluşur. Piroklastik kayalar volkanik breş, aglomera ve tüflerden oluşur. Bu kayalar üzerine yapılan çalışmalarda [37], [39], [40] volkaniklerin yaşı 45-30 My olarak bulunmuştur. Tüm bu birimler Orta Eosen yaşlı plütönik kayalar tarafından kesilmişlerdir (Vural ve Kaygusuz, 2021). İnceleme alanının en genç birimlerini Kuvaterner yaşlı aluvyon ve yamaç molozları oluşturur.



Şekil 1. Gümüşhane çöp alanı ve yakın çevresi jeoloji haritası [43]'den değiştirilerek

### B. Analitik Süreçler

Çalışma örneklerinin analize hazırlanması işlemleri Gümüşhane Üniversitesi imkanları ile üniversite jeoloji mühendisliği bölümü örnek hazırlama laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bitkiler öncelikle ikiye ayrılmış, bir kısmı araziden

alındığı haliyle bırakılarak dış kaynaklı kirlilik unsurları da belirlenmek istenmiş, diğer kısmı ise ultra saf su ile yıkanmıştır. Bu süreç sonrasında bitkiler çiçek ve kök olarak bölümlerine ayrılmış ve doğal ortamda bir süre bekletilerek kurutulmuştur. Doğal ortamda kurutulan örnekler ise 80 °C'de 24 saat süreyle etüvde kurutulmuştur. Örneklerin en iyi temsil edilecek şekilde analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için örnekler öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz örneklerden alınan 0.8-1 gram arasında numuneler tartıldıktan sonra 500 C'te 4 saat süreyle mikrodalga fırında muamele edilerek çözüldürülmüştür. Çözüldürülmüş örnekler ise saf su ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Bitkinin element içerikleri ise ICP-AES ile tespit edilmiştir. Analiz detayları Bulut vd. [44], Vural [14], [15] ve Vural vd. [26]'de verilmiştir. Bitkinin yetiştiği bölgedeki toprakların analiz süreçleri Vural vd. [26], Vural ve Erdoğan [7] ve Vural ve Şahin [45]'te, element içerikleri ise Vural vd. [26]'de verilmiştir.

### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Civanperçemi bitkisinin çiçeklerinin yıkanmış ve yıkanmamış örneklerinin ağır metal analizleri, bitkinin gövde bölümlerinin ise yıkanmış örneklerinin ağır metal analizleri gerçekleştirilmiş ve tanımlayıcı istatistik sonuçları Tablo 1-3'de verilmiştir. Civanperçemi bitkisinin yıkanmış çiçek örneklerinin element içerikleri dikkate alındığında Fe içeriklerinin 268-1931 ppm, Co içeriklerinin 0.22-8.46 ppm, Ni içeriklerinin 0.80-5.02 ppm arasında, Cu içeriklerinin 14.10-28.60 ppm, Zn içeriklerinin 37.90-997.1 ppm, As içeriklerinin 0.09-1.08 ppm, Se içeriklerinin 0.20-33.50 ppm, Ag içeriklerinin 0.37-1.15 ppm Cd içeriklerinin 0.20-0.40 ppm, Ba içeriklerinin 3.80-45.90 ppm ve Pb içeriklerinin ise 0.62-5.30 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Civanperçemi bitkisi yıkanmış çiçeklerin element içerikleri (ppm olarak)

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Fe	11	268,00	1931,00	860,64	586,92
Co	11	0,22	8,46	1,24	2,41
Ni	11	0,80	5,02	2,18	1,61
Cu	11	14,10	28,60	18,61	4,90
Zn	11	37,90	997,10	184,30	271,24
As	11	0,09	1,08	0,40	0,26
Se	10	0,20	33,50	24,61	12,97
Ag	6	0,37	1,15	0,58	0,29
Cd	9	0,20	0,40	0,26	0,07
Ba	11	3,80	45,90	12,05	12,32
Pb	5	0,62	5,30	2,12	1,90

Çivanperçeminin yıkanmamış çiçeklerinin element içerikleri ise, Fe içeriklerinin 273-4822 ppm, Co içeriklerinin 0.39-8.94 ppm, Ni içeriklerinin 0.97-25.41 ppm, Cu içeriklerinin 14.10-88.00 ppm, Zn içeriklerinin 53.80-1026.40 ppm, As içeriklerinin 0.1-5.20 ppm, Se içeriklerinin 0.08-27.93 ppm, Ag içeriklerinin 0.13-1.27 ppm Cd içeriklerinin 0.29-1.36 ppm, Ba içeriklerinin 3.60-258.80 ppm ve Pb içeriklerinin ise 0.69-21.29 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 2).

Çivanperçemi yıkanmış gövdelerinin ağır metal içerikleri dikkate alındığında, Fe içeriklerinin 58-6769 ppm, Co içeriklerinin 0.69-6.21 ppm, Ni içeriklerinin 0.53-11.82 ppm, Cu içeriklerinin 13.00-57.60 ppm, Zn içeriklerinin 14.90-797.40 ppm, As içeriklerinin 0.03-3.28 ppm, Se içeriklerinin 0.11-44.26 ppm, Ag içeriklerinin 0.68-1.57 ppm Cd içeriklerinin 0.20-1.07 ppm, Ba içeriklerinin 1.70-141.00 ppm ve Pb içeriklerinin ise 0.15-12.69 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. Çivanperçemi bitkisi yıkanmamış çiçeklerin element içerikleri (ppm olarak)

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Fe	6	273,00	4822,00	1801,50	1722,09
Co	6	0,39	8,94	3,11	3,90
Ni	6	0,97	25,41	6,39	9,49
Cu	6	14,10	88,00	32,78	27,59
Zn	6	53,80	1026,40	380,88	379,72
As	6	0,10	5,20	1,35	1,92
Se	6	0,08	27,93	16,98	11,15
Ag	6	0,13	1,27	0,36	0,45
Cd	6	0,29	1,36	0,65	0,44
Ba	6	3,60	258,80	59,75	98,69
Pb	6	0,69	21,29	4,58	8,21

Tablo 3. Çivanperçemi bitkisi yıkanmış gövde element içerikleri (ppm olarak)

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Fe	9	58,00	6769,00	1916,78	2124,24
Co	7	0,69	6,21	2,17	2,04
Ni	8	0,53	11,82	5,17	4,18
Cu	9	13,00	57,60	27,60	14,82
Zn	9	14,90	797,40	210,68	242,01
As	9	0,03	3,28	1,02	1,00
Se	8	0,11	44,26	19,47	18,26
Ag	9	0,68	1,57	0,99	0,29
Cd	9	0,20	1,07	0,61	0,34
Ba	9	1,70	141,00	40,63	43,05
Pb	8	0,15	12,69	2,65	4,19

Çivanperçeminin yıkanmış ve yıkanmamış çiçeklerinde element birikimi açısından bir farklılık olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile analiz edilmiştir (Tablo 4). Mann-Whitney U testi testine göre sadece Zn, Se, Ag ve Cd elementlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 4. Çivanperçeminin yıkanmış ve yıkanmamış çiçek bölümünün element içeriklerinin Mann-Whitney U testi sonuçları

	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2-tailed)	Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]
Fe	35,00	0,27	,295 <sup>b</sup>
Co	11,00	0,01	,011 <sup>b</sup>
Ni	24,00	0,10	,109 <sup>b</sup>
Cu	29,00	0,12	,131 <sup>b</sup>
Zn	47,00	0,85	,882 <sup>b</sup>
As	26,00	0,07	,080 <sup>b</sup>
Se	38,00	0,86	,897 <sup>b</sup>
Ag	7,00	0,02	,018 <sup>b</sup>
Cd	11,50	0,01	,008 <sup>b</sup>
Ba	27,00	0,09	,095 <sup>b</sup>
Pb	17,00	0,66	,724 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Grup

b. Not corrected for ties

Yıkanmış örnekler baz alınarak bitkinin çiçek bölümünün element içeriklerinde anlamlı bir farklılık olup olmadığı da yine Mann-Whitney U testi ile analiz edilmiştir (Tablo 5). Mann-Whitney U testi'ne göre Co, As, Ag ve Cd elementlerince bitkinin bölümleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu, diğer elementler için ise böyle bir farklılığın söylenemeyeceği görülmüştür. Farklılık gösteren elementlerin Rank değerlerine göre ise gövde element içeriklerinin çiçekteki içeriklerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 5. Çivanperçemi bitkisi gövde ve çiçek bölümünün element içeriklerinin Mann-Whitney U testi sonuçları

	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2-tailed)	Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]
Fe	35	0,27	,295 <sup>b</sup>
Co	11	0,01	,011 <sup>b</sup>
Ni	24	0,1	,109 <sup>b</sup>
Cu	29	0,12	,131 <sup>b</sup>
Zn	47	0,85	,882 <sup>b</sup>
As	26	0,07	,080 <sup>b</sup>
Se	38	0,86	,897 <sup>b</sup>
Ag	7	0,02	,018 <sup>b</sup>
Cd	11,5	0,01	,008 <sup>b</sup>
Ba	27	0,09	,095 <sup>b</sup>
Pb	17	0,66	,724 <sup>b</sup>

Çalışmamızda Cu ortalaması sırasıyla (yıkanmış çiçek, yıkanmamış çiçek ve yıkanmış gövdede) 18.61, 32.78 ve 27.60 ppm iken Zharkova vd. [46]'de ise 2.5 ppm olarak verilmiştir. Dolayısıyla çöp sahasında yetişmiş çivanperçemi bitkisi dikkat çekici oranda yüksek Cu içeriğine sahip bulunmuştur. Aynı çalışmada Zn değerleri ise 9.9 ppm olarak verilmişken, bizim çalışmamızda ise sırasıyla (yıkanmış çiçek, yıkanmamış çiçek ve yıkanmış gövdede), 184.30, 1026.40 ve 797.40 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler de Cu gibi oldukça dikkat çekici oranda yüksek bulunmuştur. Semenova ve Anatov [47]

tarafından gerçekleştirilen çalışmada civanperçeminin toprak üstü ve toprak altında kalan bölümlerinin Fe, Mn, Pb ve Cd içerikleri araştırılmıştır. Bahse konu çalışmada element içerikleri sırasıyla (toprak üstü/toprak altı) Fe için 338/246, Mn için 36/44, Pb için 0.30/0.60 ve Cd için 0.03/0.02 ppm olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise aynı elementler için sırasıyla (yıkamış çiçek, yıkamamış çiçek ve yıkamış gövdede) Fe için 860, 1801 ve 1916 ppm, Pb için 2.12, 4.58, 2.65 ppm, Cd için ise 0.26, 0.65, 0.61 ppm olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elde edilen değerlerin Semenova ve Anatov [47] tarafından belirlenmiş değerlere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Pehoiu vd [48] tarafından yapılan çalışmada civanperçeminin Ni içeriklerinin 4.92-5-61 ppm aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise Ni değerleri (yıkamış çiçek, yıkamamış çiçek ve yıkamış gövdede) sırasıyla 2.18, 3.11, 5.17 ppm değerleri tespit edilmiş olup, Gümüşhane katı atık alanında yetişen civanperçemi bitkisine ait Ni içeriklerinin bahse konu çalışmaya göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Civanperçemi bitkisinin element içerikleri alındıkları bölgenin toprakları ile kıyaslandığında [26]-Tablo 2, (sırasıyla, Fe, Co, Cu, Zn, Cd, Pb; Fe %, diğerleri ppm olarak), 4.4, 4.1, 378.2, 686.9, 4.1, 251.9 olarak bilinmektedir. Civanperçeminin element içerikleri toprak değerlerine göre düşük olmakla birlikte rapor edilen bitki değerlerine göre ise dikkat çekici şekilde yüksek konsantrasyonlara sahip oldukları görülmüştür

#### IV. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında Gümüşhane katı atık alanı ve yakın civarında yetişen civanperçemi bitkisinin çiçek ve gövdelerindeki Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb içerikleri araştırılmıştır. Çalışmada bitkinin çiçek bölümünün dışsal koşullardan etkilenip etkilenmediğinin tespit edilmesi amacıyla çalışma yıkamış ve yıkamamış çiçek bölümleri için ayrı ayrı olarak da gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda civanperçemi bitkisinin yıkamış ve yıkamamış çiçeklerde element birikimi açısından sadece Zn, Se, Ag ve Cd elementlerince farklılık gösterdiği, diğer elementlerce ise farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Bitki çiçek ve gövdelerinin element içerikleri açısından ise Co, As, Ag ve Cd elementlerince bitki gövdesi lehinde anlamlı bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir.

Sahada yetişen bitkilerin başka bölgelerdeki bitki element içerikleri ile karşılaştırıldığında ise Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd elementlerince diğer çalışmalara göre daha yüksek konsantrasyonlara ulaşıldığı, Ni açısından ise nispeten düşük konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür.

#### KAYNAKLAR

- [1] W. H. Schlesinger, *Biogeochemistry An Analysis of Global Change*. Elsevier, 1991.
- [2] W. H. Schlesinger ve E. S. Bernhardt, *Biogeochemistry An Analysis of Global Change*, 4. baskı. Stanford University Press, 2020.
- [3] H. L. Cannon, "Botanical prospecting for ore deposits", *Science*, c. 132, sayı 3427, ss. 591-598, 1960, doi: 10.1126/science.132.3427.591.
- [4] D. P. Malyuga, *Biochemical Methods of Prospecting*. New York: Consultants Bureau, 1964.
- [5] A. Vural ve D. Aydal, "Soil geochemical prospecting at listvenite area, Bayramiç, (Çanakkale Turkey)", içinde *34th National and the 2nd International Geosciences Congress*, 2016.
- [6] A. Vural ve B. Cicek, "Evaluation of Gümüştüğ Antimonite (Torul , Gümüşhane/Türkiye) Mineralization with Soil Geochemistry and Multivariate Geostatistical Studies", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 11, sayı 2, ss. 2156-2170, 2022.
- [7] A. Vural ve M. Erdoğan, "Eski Gümüşhane Kırkpavli Alterasyon Sahasında Toprak Jeokimyası", *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 4, sayı 1, ss. 1-15, 2014.
- [8] A. Vural, "Evaluation of soil geochemistry data of Canca Area (Gümüşhane, Turkey) by means of Inverse Distance Weighting (IDW) and Kriging methods-preliminary findings", *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 158, ss. 195-216, Haz. 2019, doi: 10.19111/bulletinofmre.430531.
- [9] A. Vural, "Trace/heavy metal accumulation in soil and in the shoots of acacia tree, Gümüşhane-Turkey", *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, c. 148, ss. 85-106, 2014.
- [10] A. Vural ve D. Aydal, "Using soil geochemistry for gold exploration:Ayvacak (Çanakkale-Northwest Turkey)", içinde *34th National and the 2nd International Geosciences Congress*, 2016.
- [11] A. Vural, "Canca (Gümüşhane, Türkiye) toprak jeokimyası verilerinin Ters Mesafe Ağırlıklandırma (TMA) ve Krigleme enterpolasyon metotlarıyla değerlendirilmesi-ilk bulgular", *MTA Dergisi*, c. 158, ss. 197-219, 2019.
- [12] A. Vural ve M. Erdoğan, "İz Bulucu Elementlerden Yararlanarak Toprak Jeokimyası İle Altın Cevherleşmesinin Araştırılması: Kırkpavli, Gümüşhane-Türkiye", içinde *66. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 2013.
- [13] A. Vural ve F. Sipahi, "Demirören (Gümüşhane) Altın Zenginleşme Sahasında Toprak ve Bitki Jeokimyası Çalışması. Sonuç Raporu. Gümüşhane Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü (Proje No: 13.F511.02.2)", Gümüşhane, Türkiye, 2013.
- [14] A. Vural, "Toprak ve Akasya ağacı sürgünlerindeki

- iz/ağır metal dağılımı, Gümüşhane-Türkiye”, *MTA Dergisi*, c. 148, ss. 85–106, 2014.
- [15] A. Vural, “Canca (Gümüşhane) Alterasyon Sahasında Toprak ve Bitki Jeokimyası Çalışmaları ile Altın Potansiyelinin Araştırılması”, Ankara, Türkiye, 2014.
- [16] A. Vural ve S. Safari, “Phytoremediation ability of *Helichrysum arenarium* plant for Au and Ag: case study at Demirören village (Gümüşhane, Turkey)”, *Gold Bulletin*, c. 55, sayı 2, ss. 129–136, Eki. 2022, doi: 10.1007/s13404-022-00313-z.
- [17] A. Vural, “Relationship between the geological environment and element accumulation capacity of *Helichrysum arenarium*”, *Arabian Journal of Geosciences*, c. 11, sayı 11, s. 258, Haz. 2018, doi: 10.1007/s12517-018-3609-0.
- [18] A. Vural, “Gold and Silver Content of Plant *Helichrysum Arenarium*, Popularly Known as the Golden Flower, Growing in Gümüşhane, NE Turkey”, *Acta Physica Polonica A*, c. 132, sayı 3–II, ss. 978–980, Eyl. 2017, doi: 10.12693/APhysPolA.132.978.
- [19] A. Vural, “Biogeochemical characteristics of *Rosa canina* grown in hydrothermally contaminated soils of the Gümüşhane Province, Northeast Turkey”, *Environmental Monitoring and Assessment*, c. 187, sayı 8, s. 486, 2015, doi: 10.1007/s10661-015-4708-y.
- [20] A. Vural, “Sarıkantaron (*Hypericum perforatum*) Bitkisinin Biyojeokimyasal Özelliklerinin Araştırılması (Investigation of Biogeochemical properties of *Tutrix* (*Hypericum perforatum*)”, içinde *Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 2019, ss. 774–782.
- [21] F. B. Vural ve A. Vural, “Phytoremediation of Solid Waste Storage Areas: Case of Gümüşhane”, içinde *International Environmental Sciences Symposium of Van*, 2014, ss. 178–179.
- [22] A. Vural, “Assessment of Sessile Oak (*Quercus petraea* L.) Leaf as Bioindicator for Exploration Geochemistry”, *Acta Physica Polonica A*, c. 130, sayı 1, ss. 191–193, Tem. 2016, doi: 10.12693/APhysPolA.130.191.
- [23] A. Vural ve A. Kaygusuz, “*Helichrysum arenarium* bitkisinin element birikme kabiliyetinin biyojeokimyasal amaçlı araştırılması”, içinde *4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research*, 2021, ss. 15–32.
- [24] Z. Çakır ve A. Vural, “Titrek Kavak (*Populus Tremula*) Yapraklarının Element Biriktirme Kabiliyetine Dair”, içinde *1st International Conference on Trends in Advanced Research*, 2023.
- [25] A. Vural, “Assessment of Heavy Metal Accumulation in the Roadside Soil and Plants of *Robinia pseudoacacia*, in Gumushane, Northeastern Turkey”, *Ekoloji*, c. 22, sayı 89, ss. 1–10, 2013, doi: 10.5053/ekoloji.2013.891.
- [26] A. Vural, A. Gundogdu, I. Akpınar, ve C. Baltacı, “Environmental impact of Gümüşhane City, Turkey, waste area in terms of heavy metal pollution”, *Natural Hazards*, c. 88, sayı 2, ss. 867–890, Eyl. 2017, doi: 10.1007/s11069-017-2896-1.
- [27] D. Aydal, “Using Various Tree’s Leaves in Prospection of the Auriferous Quartz Veins and Sulphide Lodes (Hatay-Southern Turkey)”, *Bulletin of Mineral Research and Exploration*, c. 44, ss. 34–48, 2001.
- [28] G. Topuz vd., “Carboniferous high-potassium I-type granitoid magmatism in the Eastern Pontides: The Gümüşhane pluton (NE Turkey)”, *Lithos*, c. 116, sayı 1–2, ss. 92–110, Nis. 2010, doi: 10.1016/j.lithos.2010.01.003.
- [29] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 8, sayı 2, ss. 1216–1228, 2019.
- [30] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Paleozoyik Yaşlı Artabel Plütununun (Gümüşhane) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri”, içinde *3. Uluslararası GAP Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi*, 2019.
- [31] E. Atay, “Gülaçar (Gümüşhane) ve civarındaki Paleozoyik yaşlı plutonik kayaların petrografik, jeokimyasal ve petrolojik özelliklerinin incelenmesi”, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, 2022.
- [32] A. Kaygusuz, C. Şen, ve Z. Aslan, “Torul (Gümüşhane) Volkaniklerinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri (KD Türkiye); Fraksiyonel Kristallenme ve Magma Karışımına İlişkin Bulgular”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, c. 49, sayı 1, ss. 49–82, 2006.
- [33] A. Kaygusuz, W. Siebel, C. Şen, ve M. Satır, “Petrochemistry and petrology of I-type granitoids in an arc setting: The composite Torul pluton, Eastern Pontides, NE Turkey”, *International Journal of Earth Sciences*, c. 97, sayı 4, ss. 739–764, Tem. 2008, doi: 10.1007/s00531-007-0188-9.
- [34] A. Kaygusuz, W. Siebel, N. Ilbeyli, M. Arslan, M. Satır, ve C. Şen, “Insight into magma genesis at convergent plate margins – a case study from the eastern Pontides (NE Turkey)”, *Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen*, c. 187, sayı 3, ss. 265–287, 2010, doi: 10.1127/0077-7757/2010/0178.
- [35] A. Vural ve A. Kaygusuz, “Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliya (Gümüşhane, NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1796–1810, 2021.
- [36] A. Vural, İ. Akpınar, ve A. Kaygusuz, “Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 10, sayı 2, ss. 1828–1842, 2021.
- [37] A. Kaygusuz, A. Arslan, W. Siebel, ve C. Şen, “Geochemical and Sr-Nd Isotopic Characteristics of Post-Collisional Calc-Alkaline Volcanics in the Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Turkish Journal of Earth Sciences*, c. 20, sayı August 2010, ss. 137–159, 2011, doi: 10.3906/yer-1002-8.
- [38] A. Kaygusuz, Z. Merdan Tutar, ve C. Yücel, “Mineral chemistry, crystallization conditions and petrography of Cenozoic volcanic rocks in the Bahçecik (Torul/Gumushane) area, Eastern Pontides (NE Turkey)”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 6, sayı 2, ss. 641–651, 2017.
- [39] Z. Aslan, “U-Pb zircon SHRIMP age, geochemical and petrographical characteristics of tuffs within calc-alkaline Eocene volcanics around Gümüşhane (NE Turkey), Eastern Pontides”, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, c. 187, sayı 3, ss. 329–346,

2010, doi: 10.1127/0077-7757/2010/0181.

- [40] Z. Aslan, M. Arslan, İ. Temizel, ve A. Kaygusuz, “K-Ar dating, whole-rock and Sr-Nd isotope geochemistry of calc-alkaline volcanic rocks around the Gümüşhane area: Implications for post-collisional volcanism in the Eastern Pontides, Northeast Turkey”, *Mineralogy and Petrology*, c. 108, sayı 2, ss. 245–267, Nis. 2014, doi: 10.1007/s00710-013-0294-2.
- [41] A. Kaygusuz ve K. Sahin, “Petrographical , geochemical and petrological characteristics of Eocene volcanic rocks in the Mescitli area , Eastern Pontides ( NE Turkey )”, *Journal of Engineering Research and Applied Science*, c. 5, sayı 2 December, ss. 473–486, 2016.
- [42] A. Kaygusuz ve K. Şahin, “Mescitli (Torul / Gümüşhane) ve Çevresindeki Eosen Yaşlı Volkanik Kayaçların Petrografik, Jeokimyasal ve Petrolojik Özellikleri”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 6, sayı 2, s. 89, Tem. 2016, doi: 10.17714/gufbed.2016.06.010.
- [43] İ. H. Güven, *Doğu Pontidlerin 1/100.000 Ölçekli Kompilasyonu*. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü, 1993.
- [44] V. N. Bulut vd., “A multi-element solid-phase extraction method for trace metals determination in environmental samples on Amberlite XAD-2000”, *Journal of Hazardous Materials*, c. 146, sayı 1–2, ss. 155–163, 2007, doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.12.013.
- [45] A. Vural ve E. Şahin, “Gümüşhane Şehir Merkezinden Geçen Karayolunda Ağır Metal Kirliliğine Ait İlk Bulgular”, *Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 2, sayı 1, ss. 21–35, 2012.
- [46] N. N. Zharkova, “Biological accumulation of zinc and copper in the ‘soil-plant’ system in the conditions of the south of Western Siberia”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, c. 996, sayı 1, ss. 1–7, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/996/1/012010.
- [47] V. V. Semenova ve D. M. Anatov, “Accumulation of Heavy Metals in Plants of the Genus *Achillea* L. under Arid Conditions of the Plain Zone of Dagestan”, *Arid Ecosystems*, c. 12, sayı 1, ss. 85–92, 2022, doi: 10.1134/s2079096122010115.
- [48] G. Pehoiu vd., “Heavy metals accumulation and translocation in native plants grown on tailing dumps and human health risk”, *Plant and Soil*, c. 456, sayı 1–2, ss. 405–424, 2020, doi: 10.1007/s11104-020-04725-8.