

## Korkuteli Çayı Havzasında Erozyon Materyallerinin Taşınım Süreçleri

*The processes of erosion materials transport in Korkuteli Stream Basin Area*

Seçkin Çakmak<sup>1</sup>, Tuncer Demir<sup>\*2</sup>, Ahmet Serdar Aytaç<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Bölümü, Antalya

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Antalya

<sup>3</sup>Harran Üniversitesi, Fen- Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Şanlıurfa

**Öz:** Dünya'da tarım arazilerinin yıllık ortalama 24 milyar tonu toprak erozyonu sebebi ile yok olurken, günümüzde erozyon sebebiyle birçok ülke çölleşme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Erozyon, toprağın aşınmasını önleyen bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu, koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın su, rüzgâr veya yerçekimi etkisiyle aşınması ve taşınması olayıdır. Akarsu havzada meydana gelen erozyonla bağlı olarak taşınan her türde sedimanların, barajlarda birikerek barajların su tutma kapasiteleri ve dolayısı ile ömürlerini azaltabildiği gibi özellikle, başta tarım olmak üzere sanayi ve diğer birçok alanlarda süspans halinde erozyon materyali kirliliğe neden olmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Antalya ili sınırları içerisinde yer alan Korkuteli Çayı havzasında yatak yükü, süspans ve eriyik olarak taşınan erozyon materyalinin oran ve miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla bir yıl süre ile akarsu üzerinde su seviye değişimleri ve debi ölçümleri yapılmış, alınan su numuneleri içerisindeki süspans ve eriyik madde miktarları belirlenmiş, belirlenen bu miktarlar havzada meydana gelen yağış ve akarsu debisi ile ilişkilendirilmiştir. Ön bulgular, ölçüm yapılan dönem içerisinde akarsudaki akım değerlerinin 0-19.05 m<sup>3</sup>/s arasında değiştiğini, toplam sedimant konsantrasyonunun ise 0-149449.797 mg/l olduğunu ortaya koymuştur. Bu değerler içerisinde süspans sedimant konsantrasyonu 0 ile 144026.94 mg/l arasında değişirken, eriyik sedimant konsantrasyonu ise 0 ile 5084.4 mg/l arasında olmuştur. Debi miktarlarının genelde artış gösterdiği kış dönemlerinde süspans sedimant miktarları ile akarsu debisi arasında doğru bir ilişki görülürken, taşınan eriyik madde miktarı ile debi arasında benzer bir ilişki tespit edilememiştir. Genellikle akım değerlerinin düşük olduğu sıcak dönemlerde akarsuda taşınan eriyik madde miktarlarının süspans madde miktarlarına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak Korkuteli Çayı'ndan Korkuteli Barajı'na ölçüm yapılan yaklaşık bir yıllık süre içerisinde ortalama 158.541 ton/gün toplam sedimant taşınırken bu değer 144.822 ton/gün süspans sedimantı, 13.719 ton/gün değeri ise eriyik sedimandan oluştuğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Korkuteli Çayı, Süspans Sedimant, Akarsu Erozyonu, Sedimant, Baraj sedimantasyonu.

**Abstract:** While an average of 24 billion tonnes of agricultural land annually disappear due to soil erosion in the world, many countries are facing the danger of desertification due to erosion today. Erosion is the result of the destruction of the vegetation cover which prevents the erosion of the soil by the effect of water, wind or gravity. All kinds of sediments transported due to erosion in the river basin can accumulate in the dams and decrease the water holding capacities and hence their lifetimes of the dams. Especially in agriculture and industry and many other areas, erosion material in suspension forms pollution. Within the scope of this study, it was tried to determine the ratio and amount of erosion material transported as bed load, suspension and melt in the Korkuteli Brook located in the borders of Antalya province. For this purpose, water level changes and flow measurements were made on the river for one year, and the amounts of suspended and dissolved solids in the water samples were determined and these determined amounts were related to rainfall and river runoff in the basin. Preliminary findings revealed that the flow values in the stream during the measurement period varied between 0-19.05 m<sup>3</sup>/s and the total sediment concentration was 0-149449.797 mg/L. Among these values, the suspended sediment concentration ranged from 0 to 144026.94 mg/L, while the dissolved sediment

\* İletişim Yazarı: Tuncer Demir, e-posta: tuncerdemir@akdeniz.edu.tr

*concentration ranged from 0 to 5084.4 mg/L. During the winter periods, where flow rates are generally increased, there is a direct relationship between suspended sediment concentration and river flow, and a similar relationship between the amount of molten matter carried and the flow rate can not be determined. It has been found that the amount of molten material transported in the stream is higher than the amount of suspended matter in hot periods where the current values are generally low. In general, it was determined that Korkuteli Dam from Korkuteli Stream transported a total of 158.541 tons/day sediment in approximately one year period while this value was 144.822 tons/day suspended sediment and 13.719 tons/day value was melt sediment.*

**Keywords:** *Korkuteli Stream, Suspended Sediment, Stream Erosion, Sediment, Dam sedimentation.*

## 1. Giriş

Erozyon kavramı arazide etkili olan yağış, akış, bitki türü ve yoğunluğu, eğim, aktif tektonik süreçler gibi doğal süreçler tarafından kontrol edilmektedir. Ancak günümüzde hızlı nüfus artışı ile beraber arazi kullanımı, tarım, yerleşme, baraj yapımı gibi insan aktiviteleri sonucunda erozyon miktarı ve şiddeti büyük oranda değişmektedir (Sun vd., 2016). Özellikle günümüzde kurak, yarı kurak sahalarda şiddetli olan erozyon sürecinde toprağın üst kısmındaki verimli alan taşınmakla beraber bu materyallerin biriktiği sahalarda da sedimentasyon sorunu ortaya çıkmaktadır. Uzun yıllık dönemde oluşan toprak tabakası ile taşınma süreci arasındaki denge büyük oranda bozulmaktadır.

Erozyon sonucunda akarsuya ulaşan sedimanlar, eriyik sediman ve katı sediman olarak ikiye ayrılmaktadır. Eriyik sedimanın kaynağının büyük bir çoğunluğunu sahadaki kayaç erimelerini oluştururken geriye kalan bölümünü ise atmosferik yağışlar oluşturmaktadır. Taşınan katı sediman ise süspanse sediman ve yatak yükü olarak sınıflandırılmaktadır. Süspanse sediman akarsudaki kil, silt ve mil boyutundaki partiküllerin türbülanslı akıma bağlı olarak çökelmeden asılı halde taşınma sürecini kapsamaktadır (Knighton, 1998). Diğer taraftan yatak yükü ise kaba taneli materyallerden oluşmaktadır. Daha iri malzemeden oluşan yatak yükü akarsu yatağındaki yüksek akım koşullarında yatak boyunca kayma, yuvarlanma, sıçrama şeklinde hareket ederler (Demir, 2000).

Akarsularda taşınan sediman miktarının belirlenmesi birçok açıdan çok önemlidir. Akarsulardaki sediment veriminin ve miktarının değişmesi yatak morfolojisini ve nehir ekosistemini büyük oranda değiştirmektedir. Dolayısıyla sediman süreçlerinin anlaşılması kaynak planlanması ve havza yönetimi açısından gereklidir (Griffiths ve Topping, 2017).

Taşınım süreçleri ekonomik açıdan da büyük bir rol oynamaktadır (Zarfl ve Anna, 2018). Akarsudan barajlara taşınan sediman miktarının fazla olması baraj rezervuarlarının kapasiteleri azaltmaktadır. Nitekim tüm dünyadaki rezervuarlar, rezervuara boşalan nehirlerin taşıdığı sürüntü malzemelerinin birikimi sonucu, depolama kapasitelerini her sene yaklaşık %1 oranında (yaklaşık 50 km<sup>3</sup>) yitirmektedir. Oluşan bu kaybın maliyeti kabaca yılda 130 milyar \$ olduğu belirtilmiştir. Sediman taşınımı ve birikiminden dolayı da dünyadaki rezervuarların ortalama hizmet süresi yaklaşık 22 yıl olarak ileri sürülmüştür (Mahmood, 1987). Ülkemizden ise örnek verecek olursak; Rezervuara taşınan sediman nedeniyle, Çubuk-I Barajı'nın 54 yılda %70, Seyhan Barajı'nın 37 yılda %40, Kartalkaya Barajı'nın 25 yılda %30, Altınapa Göleti'nin 18 yılda %30 ve Güvenç Göleti'nin rezervuarının 8 yılda %30 oranında sediman dolduğu yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilmektedir (Akıncı, 2002).

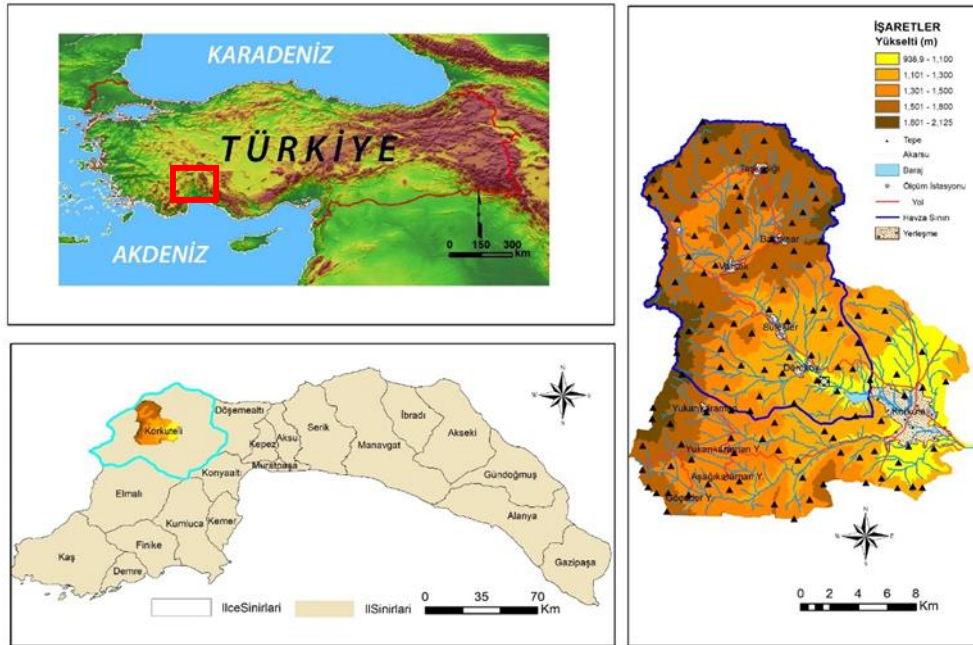
Dünya genelinde coğrafyacılar tarafından 1950'lerden sonra önem kazanmaya başlayan akım ve sediman taşınımı konusu belirli bir süreci kapsayan hala güncel bir sorundur (Petss, 1983: 23). Akarsulardaki taşınan sediman miktarını akımın türbülanslılığı, yatak eğimi, yatak şekli, sedimanın şekil ve boyut özellikleri, havzanın iklim, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri gibi birçok parametre etkilemektedir. Havzadan gelen

sediman miktarını ve konsantrasyonunu belirlemek için formüllere dayalı birçok yöntem ve modelleme geliştirilmiştir. Akarsulardaki taşınan sediment miktarı, akarsularda yapılan doğrudan ölçümler, sediman anahtar eğrisi, esnek modelleme yöntemleri ve ampirik çalışmalara dayanan yaklaşımlar gibi farklı yöntemlerle belirlenebilmektedir. Her ne kadar akarsuda yapılan doğrudan ölçümler zahmetli ve pahalı olmasına rağmen tahminlere oranla verilerin güvenilirliği için büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmada Korkuteli Çayı'ndan Korkuteli Barajı'na taşınan süspanse sediman, eriyik sediman ve toplam akarsu yükünün belirlenmesi ve akım ile sediman arasındaki ilişkinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Taşınan sediman miktarının havzanın iklim, jeoloji ve jeomorfolojik özellikleri ile ilişkisi irdelenmiştir.

## 2. Çalışma Alanının Yeri, Sınırları ve Fiziki Coğrafya Özellikleri

Korkuteli ilçesi Türkiye'nin güneybatısında Antalya ili sınırları içerisinde yer almaktadır ve merkez ilçeye yaklaşık 63 km uzaklıktadır. İlçenin batısında Muğla'nın Fethiye İlçesi ve Burdur'un Çavdır ve Gölhisar ilçeleri, güneyinde Antalya'nın Elmalı ve Kumluca ilçeleri, kuzeyinde Burdur ili, doğusunda ise Antalya'nın Döşemealtı ilçesi bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma sahasının lokasyonu

429.38 km<sup>2</sup>'lik alana sahip Korkuteli Çayı Havzası'nın ortalama yükseltisi 1565 metredir. Çalışma havzası içerisinde yer alan Korkuteli Barajı'ndan Korkuteli Çayı'nın kaynağını aldığı Taşkesiği yerleşmesine kadar olan kısım ise çalışma sınırını oluşturmaktadır. 238.5 km<sup>2</sup>'lik alana sahip çalışma sınırında yer alan Korkuteli Çayı mevsimlik akarsu özelliğindedir. 1973 yılında içme ve sulama suyu temin etme amaçlı yapılan Korkuteli Barajı'nın rezervuar alanı ise 2.2 km<sup>2</sup>'dir.

### 2.1. Jeolojik Özellikleri

Çalışma sahasında en yaygın olarak Mezozoik ve Tersiyer dönemine ait neritik kireçtaşı, kırıntılılar ve karbonatlar bulunmaktadır. Bunların yanı sıra Kuvaterner yaşlı alüvyon (Q), yamaç molozu (Qb), eski akarsu taraça dolguları (Q1) ile eski alüvyon ve yamaç molozları hakimdir. Kuvaterner yaşlı bu yapılar daha çok Korkuteli Çayı'nın ve Korkuteli İlçe merkezinin bulunduğu sahalarda yaygındır.

Korkuteli Çayı Havzası'nda otokton konumlu birimler yer almaktadır. Bu birimler Beydağları otoktonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyon, yamaç molozu, eski akarsu taraça dolguları ile eski alüvyon ve yamaç molozlarıdır. Beydağları otoktonuna ait alt birimler ise, Jura- Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan Beydağları formasyonudur (k2) (akt. Varol ve Şekerci, 2018). Bu yapılar daha çok Korkuteli ilçe merkezinin güney ve güneydoğusunda yaygın olarak bulunurken orta-kalın tabakalı dolomitik kireçtaşı düzeylerini kapsar. Mikro fauna bakımından zengin olan bu tabakada alg ve mercan yığılımları görülmektedir (Keser, 2004). Korkuteli Çayı'nın orta çığırında Salamur Boğazı civarında ise Üst Lütesiyen- Priaboniyen yaşlı karbonat ara düzeyli marn, kil taşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan Küçükköy formasyonu (e2-3) yer almaktadır. Sahada az yer kaplayan ve Korkuteli Barajı civarında ve havzanın güneyinde az yer alan Karabayır Formasyonu (m1a) alglı kireçtaşından oluşmaktadır (akt. Varol ve Şekerci, 2018). Bu formasyon Bey dağlarının batı kıyısındaki kireçtaşı serilerinin tipik bir seviyesini oluşturur. Miyosen tabanında yer alan formasyonda sığ suda tortullaştığı düşünülen kırmızı alglı kireçtaşı fasiyesi hakimdir (Poisson, 1973). Korkuteli Çayı'nın aşağı çığırında ve ölçüm istasyonunun çevresinde geniş yer kaplayan Karakuştepe Formasyonu (m1) ise Burdigaliyen yaşlı kumtaşı, kil taşı, silt taşı araldanmasından oluşmuştur (akt. Varol ve Şekerci, 2018). Üst Burdigaliyen-Alt Langiyen yaşlı kumtaşı, konglomera, kil taşı ve silt taşı araldanmasından oluşan Kasaba formasyonu (m2) ise litolojileriyle karstik olmayan kayalar içermektedir ve daha çok Korkuteli Çayı'nın orta çığırında yer almaktadır (Keser, 2004).

## 2.2. Eğim Özellikleri

Çalışma havzanın eğim özellikleri, akarsuda taşınan sediman miktarını ve konsantrasyonunu büyük oranda etkilemektedir. Akarsuya ulaşan sedimanın kaynağını büyük oranda havza yamaçları oluşturmaktadır. İklimin etkisiyle beraber yamaçlardaki eğimin artması, gevşek yapıli malzemenin kolaylıkla taşınmasını ve akarsuya ulaşmasını sağlamaktadır.

Havza boyunca eğimin alansal dağılışı incelendiğinde ise, havza genelinde hesaplanan Korkuteli Barajı'nın güney ve güneydoğu kısmında yer alan Korkuteli ilçe merkezini de kapsayan alanda eğim değerleri %0 -5 aralığındadır. İlçe merkezinin bulunduğu lokasyonla birlikte aynı eğim aralığına sahip alanlar, Korkuteli Çayı'nın yukarı çığı ve kaynak bölgesi ile havzanın kuzey batısında yer alan, yayla özelliği gösteren Varsak mevkiindedir. %0-5 aralığındaki eğim derecesine sahip bu sahalar toplam arazinin %27.55'lik kısmını oluşturmaktadır. Bu alan toplam arazinin 121 km<sup>2</sup>'lik kısmını oluşturarak en geniş kısmına karşılık gelmektedir. Havzada %5-10 arası eğime sahip alanların havza yüzölçümüne oranı %24.05'tir. Aynı zamanda %10- 20 arası eğime sahip alanlar ise havza yüzölçümünün %22'lik oranına tekabül etmektedir. Havzadaki yüksek eğimli sahaları gösteren %20- 40 arası eğime sahip yerler ise havzanın %17.57'sini oluşturmaktadır. En fazla eğimli sahaların yer aldığı ve %40'dan %82'ye kadar değişen geniş bir aralıkta yer alan eğime sahip bölgeler ise toplam havza alanının %7.44'ünü oluşturmaktadır.

## 3. Materyal ve Yöntem

Akarsuda taşınan sediman miktarını belirlemek için Korkuteli Çayı'nın Korkuteli Barajı ile birleştiği Dereköy'ün Kovalık mevkiinde (37°5'38.08"K, 30°7'24.38"D) kontrol kesit belirlenmiştir. Bu kesitte 08.11.2017-31.07.2018 tarihler arasında su seviyesi ölçümleri ve muhtelif tarihlerde de akım (debi) ölçümleri yapılmıştır. Yapılan çalışma su seviyesi ölçümleri, akım ölçümleri ve sediman örnekleme olarak üç bölüme ayrılmıştır.

### 3.1. Su seviyesi Ölçümleri

Korkuteli Çayı üzerindeki kontrol kesitte su seviyesi ölçüm istasyonu kurulmuştur. İstasyondaki ölçümler için Mesens (MPS580 Serisi) marka daldırma tipi seviye sensörü akarsu kesitine sabitlenmiştir. GSM/GPRS terminali, anakart gibi çeşitli bileşenler sensöre eklenerek ölçümlerin otomatik yapılması

sağlanmıştır. Takılan Anakartın programlanmasıyla beraber 5'er dakikalık periyotlarla su seviyesi ölçüm sonuçları elde edilmiştir. Kurulan internet sitesi sayesinde ise seviye verileri sürekli olarak takip edilmiş ve kayıt altına alınmıştır.



**Foto 1:** Korkuteli Çayı'nın Dereköy mevkiinde kurulan otomatik su seviyesi ölçüm istasyonu

Çalışma süresince anlık su seviyesinin takip edilmesi ve kayıt altına alınması büyük öneme sahiptir. Hem cihazların güvenliğini kontrol etmek açısından hem de yapılan arazi çalışması dönemlerinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla yağışlı dönemlerde su seviyesinin yüksek olmasıyla daha sık arazi çalışması yapılmıştır. Aynı zamandan belirli aralıklarla muhtelif dönemlerde ölçülen akım değerleri ile sürekli ölçülen seviye değerleri arasında oluşturulan korelasyonlarda büyük öneme sahiptir.

### 3.2. Akım Ölçümleri

Akarsularda taşınan sediman miktarının ve konsantrasyonun ortaya konulmasında akım ölçümleri büyük önem taşımaktadır. Akımın arttığı yağışlı dönemlerde taşınan sediman miktarı ile kurak dönemde akımın azaldığı koşullardaki taşınan sediman miktarı önemli oranda farklılık göstermektedir.

Akarsu kesitinden birim zamanda geçen su miktarı olan akım, yatak eğiminden, yapısından ve yatak pürüzlülüğünden büyük oranda etkilenmektedir ve dolayısıyla akımın belirlenmesinde akarsu yatağının morfolojik özellikleri bilinmesi gerekmektedir (Petss, 1983: 70).

Akarsulardaki akım, en kesit alanının ve akımdaki ortalama hızın birleşimi olarak tanımlanmaktadır (Petss, 1983: 70). Dolayısıyla ölçüm yapılacak kesitte öncelikle hız ölçümü yapılır ve bu hızın en kesit alanıyla çarpılması akım değerini vermektedir.

$$Q = A \times V$$

$$Q = \text{Akım (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Su kütlelerinin enine kesitinin alanı (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Su kütlelerinin enine kesitinden geçen hızı (m/s)}$$

Akım ölçümlerinde suyun hızının belirlenmesinde yüzer cisimlerle, kimyasal yollarla, boyama tekniğiyle ve muline aleti kullanımı gibi çok çeşitli yöntemler vardır. Özellikle akarsu gibi açık kanallarda daha çok muline aleti ile hız ölçümü tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çalışma süresince akarsuyun hızını belirlemede muline aleti kullanılmıştır. Ölçüm esnasında akarsu kesiti belirli aralıklarla küçük kesitlere bölünmüştür ve her bir küçük kesitin alanı hesaplanmıştır. Muline aletinde yer alan pervanenin dönme sayısı akarsuyun hızıyla doğru orantılıdır. Sırasıyla küçük kesitlerde suyun içerisindeki birim zamanda pervanenin dönme sayısı not edilmiştir ve muline hız formülüyle akış hızı belirlenmiştir.

$$V = a + b \cdot n \text{ 'dir.}$$

$$V = \text{Hız (m/s)}$$

n = bir dakikadaki dönme sayısı

a ve b ise yapımcı firma tarafından verilen alete ait katsayılarıdır.

Akarsudaki hızın belirlenmesiyle bu değer küçük en kesit alanlarıyla çarpılarak akım değeri bulunur. Genel en kesitin akım değeri ise küçük en kesitlerdeki belirlenen akım değerlerinin toplamına karşılık gelmektedir (Petss, 1983: 81).

### 3.3. Sediman Ölçümleri

Taşınan sediman miktarını belirlemek formüllere dayalı birçok yöntem geliştirilmiştir. Ancak zor ve pahalı olmasına rağmen akarsuda yapılan doğrudan ölçümler hem sürecin daha iyi anlaşılması hem de verilerin güvenilirliği için önemlidir.

Bu çalışmada ise Amerika Jeoloji Araştırma Kurumunun "United States Geological Survey" yayınlarındaki standartlara göre sediman gözlemleri yapılmıştır (DSİ; 2005). Gözlem süresi boyunca havzadaki kurak ve yağışlı dönemler dikkate alınarak yapılan arazi çalışmasında sediman örnekleme işlemi yapılmıştır. Bu işlem sırasında DH-48 kodlu sediman numune alıcı aleti kullanılmıştır.



**Foto 2:** Sediman örnekleme işleminde kullanılan dh-48 kodlu sediman numune alıcı aleti

Daha çok akarsuya girilerek alınan sediman örneklerinde tercih edilen DH-48 kodlu cihaz ile örnekleme aşamasında derinlik entegrasyon yöntemi kullanılmıştır. Akarsuyun dikey kesitinde derinlik arttıkça suyun hızı azalırken sediman konsantrasyonu artmaktadır. Dolayısıyla bu yöntem sayesinde örnek alma aşamasında akımın ölçüldüğü küçük kesitlerde cihaz aynı hızla suyun içerisinde hem iniş hem de çıkış esnasında örnekleme işlemi yapılmıştır (DSİ; 2005).



**Foto 3:** Korkuteli Çayı'nda sediman örnekleme işlemi

Arazi çalışması sonucunda alınan örneklere laboratuvar ortamında filtrasyon yöntemi uygulanmıştır. Analiz süreci boyunca 1.5 mikron metrelik filtre kâğıdı kullanılmıştır ve 0.5 litrelik örnek hacmi ile çalışılmıştır. Bu yöntem ile sediman konsantrasyon değerleri ppm ya da  $MgL^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bu eşitlik ise;

$$\text{Sediman Konsantrasyonu (C),ppm} = \frac{\text{Net Sediman (kum+ kil+ silt) Ağırlığı} \times 10^6}{\text{Sediman Örnek (su + sediment) Ağırlığı}}$$



**Foto 4:** Alınan Sediman Örneklerine Filtrasyon Yönteminin Uygulanması

Korkuteli Çayı'ndan alınan sediman örneklerinin konsantrasyon değerleri ile örnek alma esnasındaki anlık akım değerlerinden yararlanılarak günde ton cinsinden geçen sediman miktarı bulunmuştur.

$$Q_s = Q \times C \times T$$

Eşitlikte:

$Q_s$  = Akarsudan geçen günlük sediment miktarı, ton/gün,

$Q$  = Sediment örneği alındığı anda ölçülen akım, m<sup>3</sup>/s,

$C$  = Laboratuvarda hesaplanan sediment konsantrasyonu, ppm,

$T$  = Zaman, (0,0864), s (DSİ; 2005).

#### **4. Bulgular ve Analiz**

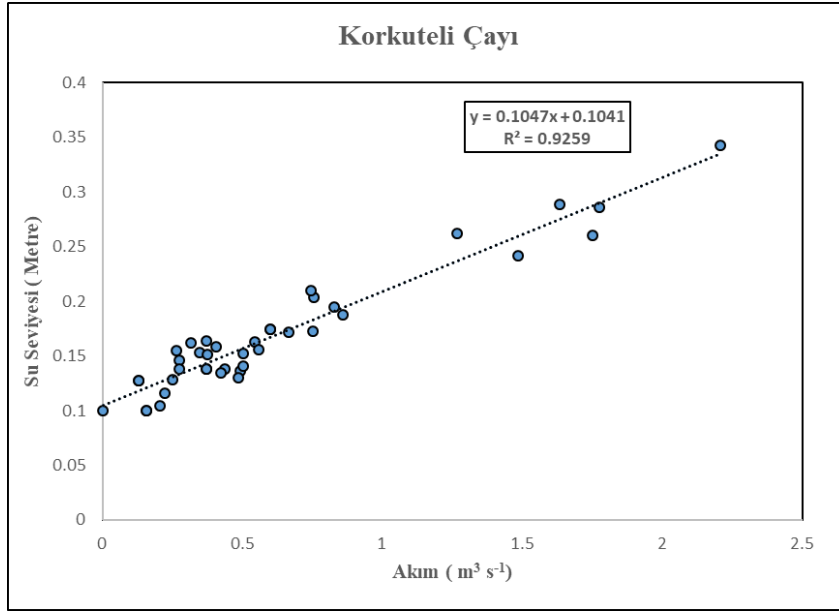
Bu çalışmada metodoloji bölümünde yer alan cihaz ve yöntemlerin kullanılmasıyla 08.11.2017-31.08.2018 tarihleri arasında su seviyesi, akım ve sediman ölçümleri yapılmıştır. Özellikle ölçüm dönemleri kurak dönemi takip eden yağışlı günlerde daha sık araziye gidilmiştir. Muhtelif dönemlerde yapılan ölçümler sonucunda su seviyesi, akım ve sediman değerleri arasındaki korelasyon belirlenmiştir.

##### **4.1. Su Seviyesi, Yağış ve Akım arasındaki İlişki**

Gözlem süresi boyunca (08.10.2017-31.08.2018) Korkuteli Çayı'nın Dereköy mevkiinde anlık su seviyesi ölçülmüştür. İstasyonun yer aldığı akarsu kesitinde bu süre içerisinde kurak ve yağışlı dönemler dikkate alınarak yapılan arazi çalışmasında 22 kez akım ölçümü yapılmıştır. Ayrıca havzaya ait günlük toplam yağış verileri ise gerekli kurum ve kuruluşlardan temin edilmiştir.

Çalışma süresi boyunca ölçülen anlık su seviyeleri ile akım arasında doğrusal pozitif güçlü bir ilişki vardır (Şekil 1.). Havzaya düşen yağışla birlikte akım değerleri de büyük oranda artmıştır.





Şekil 1: Korkuteli Çayı'nın Dereköy mevkiinde ölçülen su seviyesi – akım anahtar eğrisi

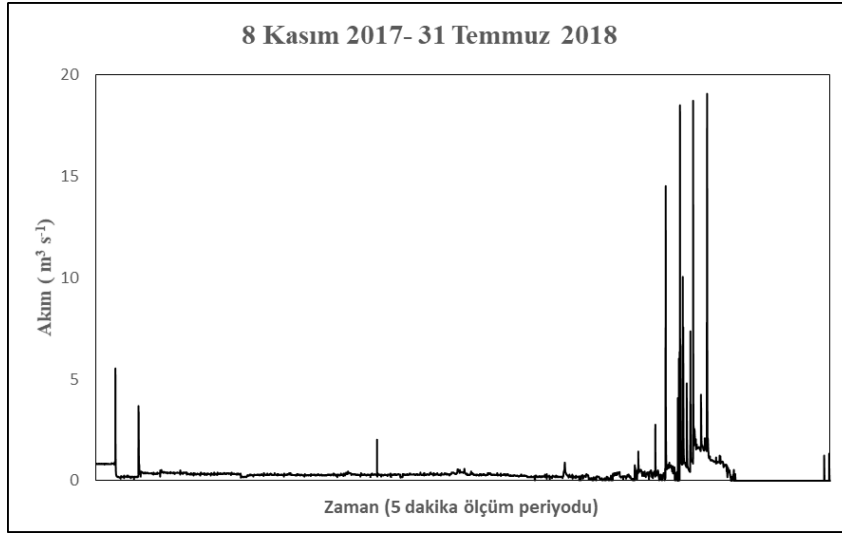
Şekil 2 çalışma süresince anlık akım değerlerinin 5'er dakikalık periyotlarla değişimini göstermektedir. Kış dönemindeki akım değerleri daha stabil iken yaz döneminde ise kısa sürede dalgalanma daha fazladır. Birden fazla pik evrenin yaşandığı ilkbahardan yaza geçildiği dönemde ise piklerin şiddeti de çok daha yüksektir. Bu durumun oluşmasında ise kış döneminde cephesel yağışların hâkim olması, yaz döneminde ise konvektif yükselmeye birlikte sağanak karakterli yağışların etkili olduğu düşünülmektedir.

Korkuteli Çayı'ndaki kontrol kesitte belirlenen anlık akım değerleri 0 ila 19.05 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Mevsimlik akarsu özelliğindeki Korkuteli Çayı Nisan ayı sonunda, Haziran ayının belirli günlerinde ve Temmuz ayında ise 29 günlük sürede tamamen kurumuştur. Aksine yine Haziran ayı içerisinde meydana gelen kısa süreli sağanak yağışlarla beraber akım değerleri maksimum seviyelere ulaşmıştır.

Gözlem süresi boyunca genel ortalama akım değeri ise 0.400 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>'dir. Haziran ve Kasım ayı ortalama akımı, genel ortalama değer üzerindeyken kalan diğer aylardaki ortalama akımlar ise genel ortalamanın altındadır. En yüksek ortalama akım değerine sahip olan ay Haziran'dır (1.377 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>). Bu ay içerisinde 25 Haziran tarihinde maksimum anlık akım değeri 19,05 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Sağanak yağışların etkili olduğu Haziran ayında 32 farklı dönemlerde akım değeri 10 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> değerini aşmıştır.

Havzada cephesel yağışların etkili olduğu kış dönemindeki aylarda ise ortalama akım değerleri birbirine yakındır. Aralık ayında ortalama akım 0.323 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, Ocak ayında 0.295 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, Şubat ayında ise 0.321 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>'dir. Bu dönemde anlık maksimum akım değerleri ile ortalama akım değerleri arasında ise fark azdır (Şekil 2). Yaz dönemine göre ise akım değerlerinin anlık değişimleri daha az ve pik değerlerinin şiddeti ise daha düşüktür. Her ne kadar kış döneminde yağışlı gün sayısı daha fazla olsa da oluşan yağışların süresi daha uzundur. Dolayısıyla gün içerisinde dengeli yayılan bu yağışların akarsu akımına etkisi daha uzun sürede kendini gösterir ve gün içerisindeki dalgalanmayı da azaltmaktadır.

Çalışma süresi boyunca en düşük aylık ortalama akım değerine sahip ay ise Temmuz'dur (0.041 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>). 2.4 mm yağışın düştüğü Temmuz ayında Korkuteli Çayı 29 gün boyunca tamamen kurumuştur. Yağışın azlığı ve evapotranspirasyon süreçlerinin etkili olması Korkuteli Çayı'nda sediman taşınmasından çok biriktirme süreçlerinin daha aktif olmasına neden olmuştur.

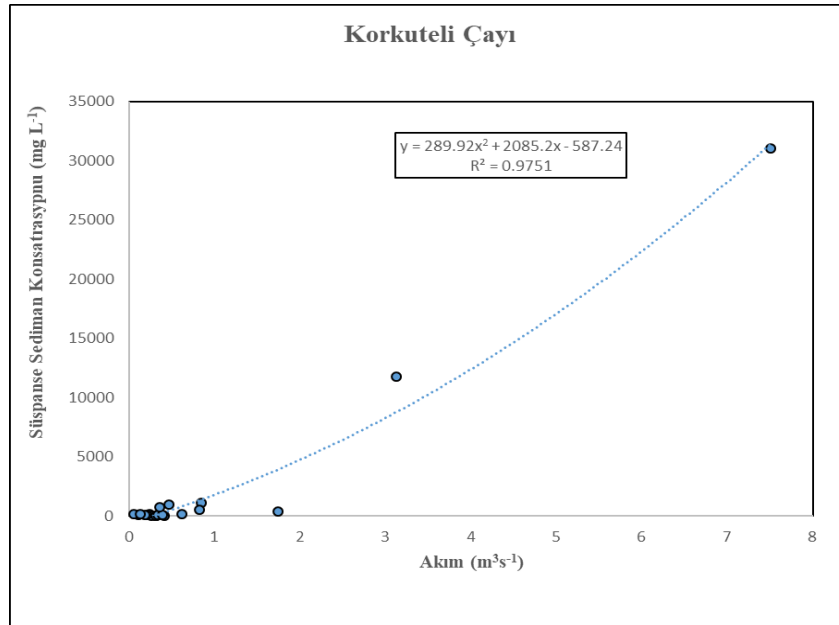


Şekil 2: Gözlem süresi boyunca 5 dakika aralıklarla akım değerlerinin değişimi

#### 4.2. Akım ile Süspansed Sediman Arasındaki İlişki

Akarsularda taşınan kil, silt ve mil boyutundaki partiküllerden oluşan süspansed sedimanlar, bölgeden bölgeye değişmekle beraber genellikle akarsu yükünün %80-90'ını oluşturduğu için büyük öneme sahiptir. Bu sedimanların akarsuda taşınmasını denetleyen ana süreç ise akımın türbülanslılığıdır.

08.10.2017-31.07.2018 tarihleri arasında alınan süspansed sediman örnekleri konsantrasyon değerleri ile akım arasında polinomsal pozitif güçlü bir ilişki vardır (Şekil 3). Akımdaki ani artmaya bağlı olarak taşınan süspansed sediman konsantrasyonu ise katlanarak artış göstermiştir.



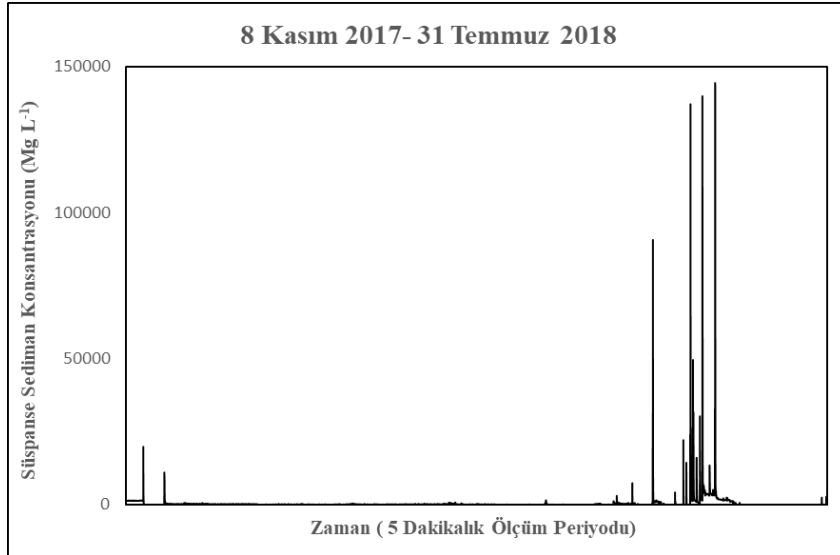
Şekil 3: Korkuteli Çayı'nın Dereköy mevkiindeki akım - süspansed sediman anahtar eğrisi

Şekil 4 belirlenen kontrol kesitten geçen anlık süspansed sediman konsantrasyon değerlerini göstermektedir. Akıma paralel olarak artan süspansed sediman değerleri 0 ila 144026.9457 MgL<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. Kış döneminde anlık değişimler daha az iken yaz döneminde ise etkili olan sağanak yağışlar ile ani dalgalanmalar göze çarpmaktadır.

Gözlem süresi boyunca genel ortalama süspansed sediman konsantrasyonu 407.029 MgL<sup>-1</sup>'dir. Kasım ve Haziran ayında belirlenen ortalama süspansed sediman konsantrasyon değerleri genel ortalamanın üzerindedir. Kış ve ilkbahar dönemindeki aylarda ise aylık ortalama konsantrasyon değerleri genel ortalamanın altındadır.

Tüm aylar içerisinde en düşük ortalama süspansed sediman konsantrasyonu ise 26.193 MgL<sup>-1</sup> ile Nisan ayıdır. Her ne kadar ortalama akım değeri Temmuz ayından daha fazla olsa bile ay içerisindeki maksimum akım değerleri daha azdır ve bu da akıma bağlı olarak katlanarak artan süspansed sediman konsantrasyon değerlerinin düşük olmasına neden olmuştur.

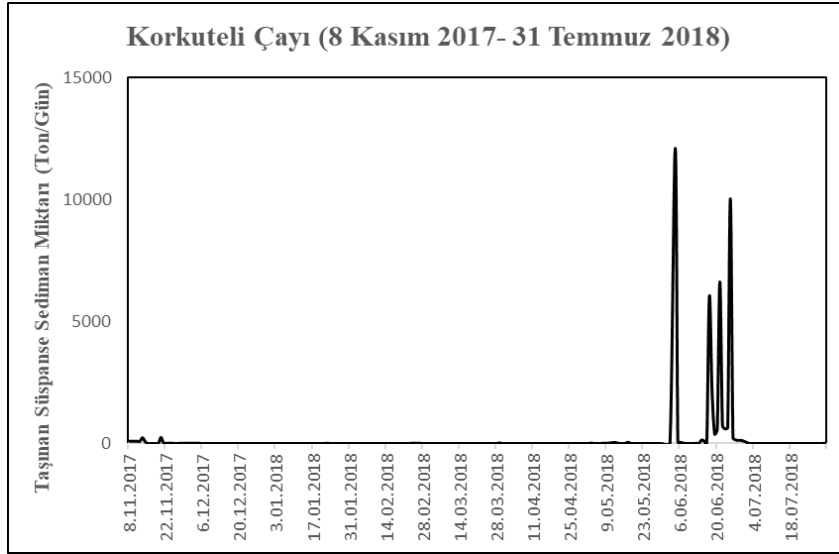
Çalışma süresinde aylar arasındaki ortalama ve maksimum süspansed sediman konsantrasyon değeri en yüksek olan ay ise Haziran'dır. Bu ay içerisinde ortalama konsantrasyon değeri 2539.80 MgL<sup>-1</sup> iken maksimum süspansed sediman konsantrasyon ise 144365.39 MgL<sup>-1</sup>'dir. Haziran ayı içerisinde fazla sayıda pik değeri vardır ve konsantrasyon değerlerindeki dalgalanma da oldukça yüksektir. 25 Haziran tarihinde su seviyesi 2.0988 metre, akım değeri 19.051 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>'ye ulaşmıştır ve buna bağlı olarak da süspansed sediman konsantrasyonu ise tüm dönemler içerisinde maksimum seviyededir (144365.39 MgL<sup>-1</sup>).



Şekil 4: Gözlem süresi boyunca 5 dakika aralıklarla süspansed sediman konsantrasyon değerleri

Şekil 5 Korkuteli Çayı'ndan taşınan günlük ortalama süspansed sediman miktarını göstermektedir. Günlük ortalama taşınan sediman değerleri Korkuteli Çayı'nın tamamen kuruduğu günlerde 0 Ton ila günlük ortalama su seviyesinin ve akımın en yüksek olduğu dönemde ise 12093.339 Tondur (Şekil 5). Yaz döneminde akarsuda sediman taşınma ve biriktirme süreçleri ardalanma şeklinde yaşanmıştır. Haziran ayında buharlaşmanın fazla, yağışın az olduğu günlerde süspansed sediman taşınımı olmazken kurak dönemin ardından gelen kısa süreli sağanaklar ile akım ve süspansed sediman değerleri hızla artmıştır.

Korkuteli Çayı'nda taşınan günlük ortalama süspansed sediman miktarı ise 144.822 Tondur. Aylar içerisinde en yüksek günlük ortalama taşınımına sahip ay Haziran'dır (1229.890 Ton). Bu ay içerisinde oluşan sağanaklar ile akım değerleri ani olarak yükselmiş ve taşınan süspansed sediman miktarı büyük oranda artmıştır. Günlük ortalama süspansed sediman taşınımının en düşük olduğu ay ise Nisan'dır (0.527 Ton). 24 Nisan – 30 Nisan 2018 tarihleri arasında Korkuteli Çayı tamamen kurumuş ve sediman taşınımı olmamıştır. Aynı zamanda Nisan ayı boyunca akımdaki piklerin şiddetinin düşük olması da ortalama süspansed sediman miktarını azaltmıştır.

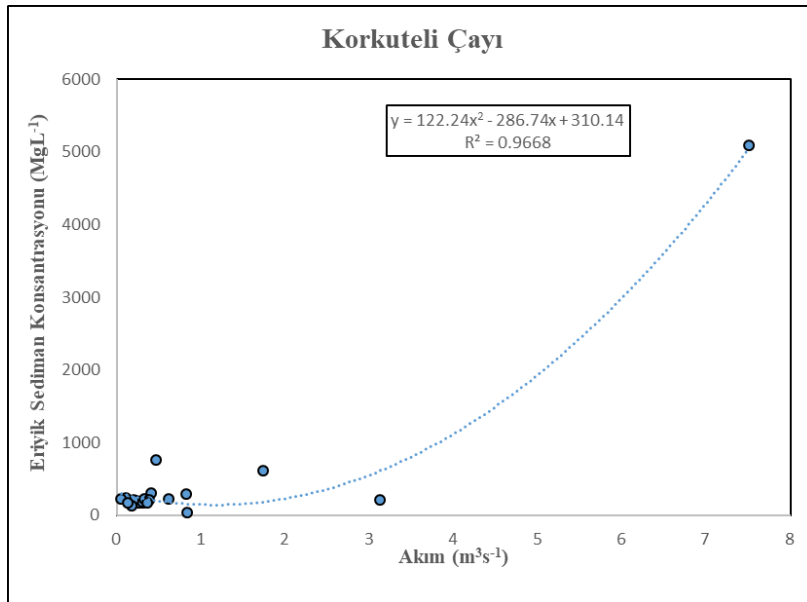


Şekil 5: Korkuteli Çayı'nda ton cinsinden taşınan günlük ortalama süspansediman miktarları

### 4.3. Akım ile Eriyik Sediman Arasındaki İlişki

Akarsularda taşınan organik ve inorganik eriyik sedimanların belirlenebilmesi için kurak ve yağışlı dönemler dikkate alınarak 22 farklı dönemde sediman örneği alınmıştır. Farklı akım değerlerinde alınan eriyik sediman numunelerinden konsantrasyon ve günlük ton cinsinden taşınan sediman miktarı belirlenmiştir.

08.10.2017-31.07.2018 tarihleri arasında muhtelif sürelerde ölçülen akım ve eriyik sediman konsantrasyonu arasında polinomsal pozitif güçlü bir ilişki vardır (Şekil 6). Akımın pik yaptığı dönemlerde taşınan eriyik sediman katlanarak artış göstermiştir.



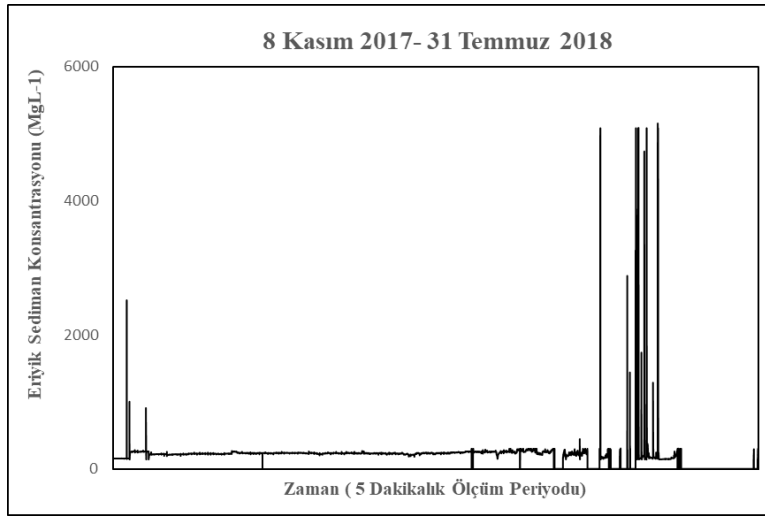
Şekil 6: Eriyik sediman ile akım arasındaki ilişki

Şekil 7 gözlem süresi boyunca eriyik sediman konsantrasyonunun 5'er dakikalık periyotlarla anlık değerlerini göstermektedir. Anlık akım değerlerine uyumlu olarak değişim gösteren eriyik sediman konsantrasyonları kış döneminde daha durağanken yaz dönemine gelindiğinde ise piklerin sayısı ve şiddeti

büyük oranda artmıştır. Bu artış ise süspansediman değerlerinde olduğu gibi yaz döneminde etkili olan kısa süreli şiddetli sağanaklar olduğu düşünülmektedir.

Gözlem süresi boyunca anlık eriyik sediman konsantrasyonları maksimum seviyeye çıktığı 5084.4  $\text{MgL}^{-1}$ 'e ulaşırken, en düşük konsantrasyon ise Korkuteli Çayı'nın tamamen kurduğu dönemde 0  $\text{MgL}^{-1}$ 'ye kadar azalmıştır. Genel ortalama eriyik sediman konsantrasyonu ise 195.512  $\text{MgL}^{-1}$ 'dir ve akarsuda taşınan süspansedimana oranla çok daha düşük seviyelerdedir.

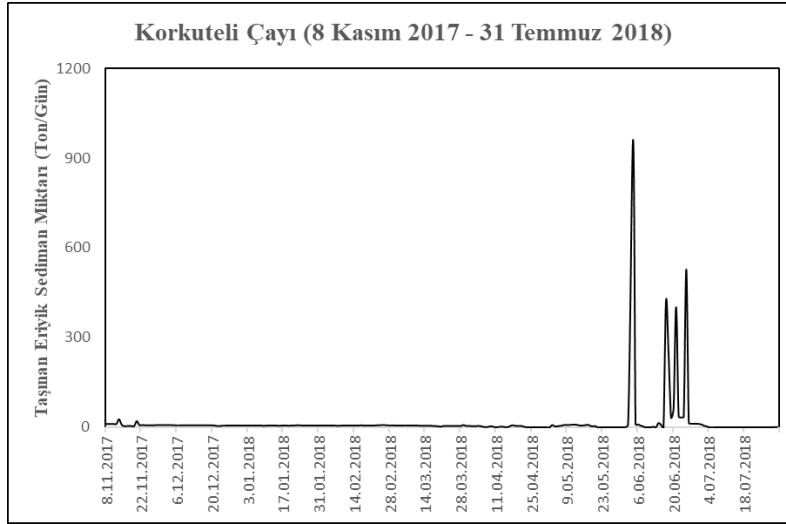
Eriyik sediman konsantrasyon değerleri her ne kadar akım ile doğru bir orantıya sahip olsa da daha çok erime süreçlerini etkileyen yağış karakteri, sahanın jeolojik yapısı ve bitki yoğunluğu ile büyük oranda ilişkidir. Nitekim aylar içerisinde  $1.3779 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  ile ortalama akım değerinin en yüksek olduğu Haziran ayında eriyik sediman konsantrasyon değeri ise  $212.113 \text{ MgL}^{-1}$  iken  $0.168 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  akım değeri ile en düşük ortalama akım değerine sahip olan Nisan ayında ise ortalama eriyik sediman konsantrasyonu  $225.841 \text{ MgL}^{-1}$ 'dir. Akım değerlerinin genel ortalamasının altında olduğu kış döneminde ise eriyik sediman konsantrasyonları ortalamadan daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 7. Gözlem süresi boyunca anlık eriyik sediman konsantrasyon değerleri

Şekil 8 Korkuteli Çayı'ndan taşınan günlük ortalama eriyik sediman miktarlarını göstermektedir. Genel olarak taşınan eriyik sediman miktarı Haziran ve diğer aylar olarak belirgin bir şekilde ayrılmıştır. En yüksek taşınımın gerçekleştiği Haziran ayında günde ortalama 82.936 Ton eriyik sediman taşınırken en düşük taşınım ise süspansedimandan farklı olarak Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Çalışma süresince günde taşınan genel ortalama eriyik sediman miktarı ise 13.719 Tondur. Aylara göre büyük oranda farklılık gösteren eriyik sediman miktarı, Aralık ayında günde ortalama 6.392 Ton, Ocak ayında 6.017 Ton ve Şubat ayında ise 6.363 Tondur. Her ne kadar ortalamasının altında taşınımına sahip olsa da Kış döneminde taşınan sedimanın büyük bir çoğunluğunu eriyik sediman oluşturmuştur. Özellikle bu dönemde yeraltı suyu seviyesinin yükselmesi ve Korkuteli Çayı'nı beslemesi eriyik sediman miktarını arttırmıştır. İlkbahar döneminde ise taşınan eriyik sediman miktarı kış dönemine oranla daha düşüktür. Genel olarak da Kış döneminde toplamda 562.588 Ton eriyik sediman taşınırken İlkbahar döneminde ise 323.242 Ton eriyik sediman taşınmıştır. Temmuz ve Haziran aylarında taşınan eriyik sediman miktarının toplamı ise 2921.361 Ton olmasına rağmen taşınan sedimanın büyük bir çoğunluğu ise süspansediman oluşturmaktadır.



Şekil 8. Ton cinsinden taşınan günlük ortalama eriyik sediman miktarı

## 5. Sonuçlar

Korkuteli Çayı'nın Dereköy mevkiinde kurulan ölçüm istasyonundan alınan eriyik ve süspansediman miktarları ile akım arasında polinomsal güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Gözlem süresi boyunca akım ve sediman değerleri aylara göre büyük oranda değişim göstermiştir. Bu değişimin ana sebepleri ise yağış miktarı, süresi, karakteri, kurak dönemin uzunluğu, havzanın jeolojik özellikleridir.

Yarı kurak iklim sınıfına giren Korkuteli Çayı Havzası'nda kış döneminde cephesel yağışlar etkilidir. Yağışın gün içerisinde dengeli dağılmıştır ve yağış süresi yaz dönemine göre daha uzundur. Nemli hava koşullarının hâkim olduğu bu dönemde bitki örtüsü yoğunluğu da daha fazladır. Dolayısıyla havza yamaçlarında termoklastik süreçlerden çok kimyasal ayrışma süreçleri aktiftir ve süspansedimanın kaynağını oluşturan döküntü malzeme oluşumu yavaştır. Bu dönemde sağanak karakterli olmayan yağışlar sonucunda yeryüzüne inen suların bir kısmı bitkiler tarafından tutulmaktadır. Geriye kalan bölümü ise sahanın karstik yapıya sahip olması nedeniyle sızma özelliği göstererek yeraltı sularını beslemektedir. Bu dönemde yeraltı sularının seviyesi yükselir ve eriyik sedimanın ana kaynağını oluşturan kayaç erimeleri hız kazanmaktadır. Yüze inen suların geriye kalan bölümü ise yüzeysel akışa geçmektedir ancak bu oran yaz dönemine göre daha azdır. Yamaçlardaki eğim boyunca hareket eden sular havzadaki döküntü malzemelerini akarsuya ulaştırmaktadır; ancak fiziksel ayrışmanın az olduğu kış döneminde bu oran çok daha azdır. Nitekim Kış dönemi boyunca taşınan 840.76 Ton sedimanın 562.57 Tonu eriyik sedimandan oluşmaktadır.

Yaz dönemine gelindiğinde ise havzada sıcaklık daha yüksek, buharlaşma daha şiddetlidir ve genel olarak kurak dönem koşulları hakimdir. Bu dönemde havza yamaçların bitki örtüsü yoğunluğu daha azdır ve fiziksel ayrışmanın hız kazanmasıyla döküntü malzeme oluşumu fazladır. Özellikle Haziran ayında etkili olan sağanak yağışların konvektif yükselme sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Sağanak yağışlarla yüze inen suların büyük bir kısmı yüzeysel akışa geçer ve yamaçlardaki döküntü malzemeler eğim boyunca taşınarak önemli bir bölümü akarsuya ulaşmaktadır. Dolayısıyla bu dönemde süspansedimanın kaynağını oluşturan tabaka erozyonu hız kazanmıştır ve akarsuda taşınan süspansediman miktarı büyük oranda artmıştır. Nitekim gözlem süresi boyunca taşınan 42868.65 Ton süspansedimanın 41105.95 Tonu yalnızca Haziran ayında taşınmıştır.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışmayı destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca cihazların otomatik hale getirilmesini sağlayan Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği'nde görev yapmakta olan Dr. Öğr. Üyesi Türkan Ocanak'a ve analizler için laboratuvarların kullanılmasına izin veren Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne de teşekkürlerimi sunarım.

## Referanslar

- Akıncı, M. (2002). Su Toplama Havzalarında Sedimentasyon Sorunu , KHGM Yayınları, Ankara'02.
- Demir, T. (2000). *The influence of particle shape on bedload transport in coarse-bed river channels*, Durham theses, Durham University.
- Griffiths, R.E., Topping, D.J. (2017). *Importance of measuring discharge and sediment transport in lesser tributaries when closing sediment budgets*, *Geomorphology*, 296 (2017) 59–73.
- Keser, N. (2004). Saribelen (Sidek) polyesi ve Katran Dağı'nın karst jeomorfolojisi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 5, 20-52.
- Knighton, D., 1998, *Fluvial form and processes*, Wiley, London, 383.
- Mahmood, K. (1987). *Reservoir Sedimentation: Impact, Extent, Mitigation*, World Bank Technical Report, No. 71, Washington, D.C.
- Petts, G. E., (1983). Sources and methods in geography, Butterworths ve Co Ltd. British.
- Poisson, A., (1977). Recherches geoloque dans les Taurides occidentales (Turquie): These, l'universite de Paris-Sud, Orsay, 795 s.
- Sun, X., Li, C., Kuiper, K.F., Zhang, Z., Gao, J., Wijbrans, J.R. (2016). *Human impact on erosion patterns and sediment transport in the Yangtze River*, *Global and Planetary Change*, 143 (2016) 88–99.
- Varol, S., Şekerci, M. (2018). *Korkuteli (Antalya) su kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri ve kullanılabilirliğinin belirlenmesi*, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 39 (1), 1-18
- Zarfl, C., Lucia, A., (2018). *The connectivity between soil erosion and sediment entrapment in reservoirs*, *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5:53–59.