Artvin Çoruh Üniversitesi
Orman Fakültesi Dergisi
ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X
Yıl: 2022, Cilt: 23, Sayı:1, Sayfa:23-34

Artvin Coruh University
Journal of Forestry Faculty
ISSN:2146-1880, e-ISSN: 2146-698X
Year: 2022, Vol: 23, Issue: 1, Pages:23-34

ofd.artvin.edu.tr

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı sedimentlerinde solunum oranlarının belirlenmesi

Determination of sediment respiration ratios of Çoruh River, Melet River and Harşit Stream

Murat KODAT[1], Yalçın TEPE[1]
[1]Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü 28200 Giresun

Eser Bilgisi / *Article Info*
Araştırma makalesi / *Research article*
DOI: 17474/artvinofd.935076

Sorumlu yazar / *Corresponding author*
Murat KODAT
e-mail: kodatmurat@hotmail.com

Geliş tarihi / *Received*
09.05.2021
Düzeltme tarihi / *Received in revised form*
21.12.2021
Kabul Tarihi / Accepted
01.01.2022
Elektronik erişim / *Online available*
15.05.2022

Anahtar kelimeler:
Sediment solunumu
Mikrobial aktivite
Çoruh Nehri
Melet Irmağı
Harşit Çayı

Keywords:
Sediment respiration
Microbial activity
Coruh River
Melet River
Harşit Stream

Özet

Bu çalışmada, Artvin ili Borçka ilçe merkezinden Gürcistan'a geçip Batum şehrinden Karadeniz'e dökülen Çoruh Nehri, Ordu il merkezinden Karadeniz'e dökülen Melet Irmağı ve Giresun ili Tirebolu ilçe merkezinden Karadeniz'e dökülen Harşit Çayı'nda sediment solunum oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sediment solunumu su ortamındaki organik materyal ve kirletici unsurların taban çamuruna çökelmesiyle oluşan sedimantasyona bağlı olarak artacağından iyi bir kirlilik göstergesidir. Çalışmada örneklemeye Şubat 2015 tarihinde başlanmış ve saha çalışması aynı mevsim içerisinde tamamlanmıştır. Bu çalışma anılan su kaynaklarının sediment solunumun kapasitelerini değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla planlanmış olup, sediment solunum çemberlerinin kullanıldığı laboratuvar çalışmalarıyla değerlendirilmiştir. Çalışma için Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı'ndan belirlenen noktalardan üst 5 cm'lik sediment tabakası örneklenmiştir. Alınan her sediment segmentindeki mikrobiyal ayrışma bir solunum çemberi içinde 25°C'de, karanlıkta kuluçka edilmiş ve 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 36. günlerdeki sediment solunumu ölçülmüştür. Ortalama sediment solunum değerleri (mg CO2/g) Çoruh Nehri'nde 2.54, Melet Irmağı'nda 2.48 ve Harşit Çayı'nda ise 1.97 şeklinde bulunmuştur. Sediment solunum değerleri ile birlikte sediment örneklerinden pH ve organik madde miktarı tespit edilerek istatistiki analizleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu ortalama sediment pH değerleri Çoruh Nehri'nde 8.59; Melet Irmağı'nda 8.39 ve Harşit Çayı'nda 8.00 olarak tespit edilmiştir. Nehir sedimentlerinde ölçülen ortalama organik madde miktarları (%) sırasıyla Çoruh Nehri'nde 4.05, Melet Irmağı'nda 6.67 ve Harşit Çayı'nda 4.51 olarak tespit edilmiştir.

Abstract

In this study, the sediment respiration ratios were aimed to determine in the Coruh River flowing from the city of Artvin to Georgia and flowing into the Black Sea from Batumi, Melet River flowing into the Black Sea from the city center of Ordu and the Harşit Stream flowing into the Black Sea from Giresun province Tirebolu district center. "Sediment respiration" is a good indicator of pollution which was increased due to sedimentation caused by organic substances in the water environment and precipitation of contaminant elements in the mud floor. Sampling in the study started in February 2015 and the field study was completed in the same season. The study is planned to evaluate the respiration capacities of sediment and compare the mentioned water resources, and it was evaluated by laboratory studies using soil respiration circle. For the study, the samples from the top 5 cm of sediment layers were collected from Coruh River; Melet River and Harsit Stream. The microbial decomposition was monitored in each sediment segment by the respiratory circle incubated in the dark at 25 ° C and sediment respiration was measured in 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 36. days. The mean sediment respiration values (mg CO2/g) were found as; 2.54 in Coruh River, 2.48 in Melet River and 1.97 in Harşit Stream. Together with sediment respiration values, the pH and amount of organic matter from sediment samples were determined and their statistical analysis was performed. As an average result of the measurements, the pH values of the sediment were 8.59 in the Coruh River, 8.39 in the Melet River and 8.00 in the Harşit Stream. The amount of organic matter (%) measured in the river sediments were found as 4.05, in Coruh River, 6.67 in Melet River; and 4.51 in Harşit Stream, respectively.

GİRİŞ

Sediment solunumu, akarsularda meydana gelen ayrışma süreçlerinin önemli bir ölçüsüdür. Ancak nehirlerdeki sediment solunum mekanizması ve özellikle solunumu etkileyen faktörler iyi anlaşılamamıştır. Sediment, sucul ekosistemlerin işlevlerini gerçekleştirebilmeleri için gerekli olan fiziksel, kimyasal, biyolojik koşullar arasındaki uyumu sağlayan ortam olup mikroorganizmaların ve bitki köklerinin solunumu sonucunda sedimentteki CO_2 (Karbondioksit) oranı artmaktadır (Çolak 1995). Sedimentteki mikrobiyal faaliyetler çoğunlukla hetetrof mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmekte olup, ayrıştırma amaçlı salgıladıkları enzimlerle organik besinleri mineralizasyona uğratırlar (Kara ve Bolat 2007). Çeşitli Avrupa ülkelerinde, toprağı takip eden

çalışmalarda farklı mikrobiyal göstergeler kullanılmakta olup çoğunlukla mikrobiyal biyokütle ve sediment solunumu tercih edilmektedir (Nielsen ve Winding 2002). Sediment mikroorganizmalarının metabolik faaliyetleri ya CO_2 üretiminin ya da O_2 tüketiminin ölçülmesiyle değerlendirilir (Nielsen ve Winding 2002). Sediment solunumu mikroorganizmalar başta olmak üzere aerobik canlılar tarafından organik maddenin biyolojik oksidasyonu sonucunda CO_2 açığa çıkması şeklinde ifade edilebilir. Sediment solunumu yoluyla karbonun (C) tekrar atmosfere dönüşü sağlanır (Nielsen ve Winding 2002). Sediment solunumu döngüsel mevsim değişiklikleri ile iklim faktörlerinin etkisi altında olup mikroorganizma yoğunluğuna paralel olarak kışın minimuma düşmekte, yazın ise artmaktadır. Sediment solunumu numunelerin belirli bir süre kapalı kavanozda, kapalı petri kabında veya farklı tipte şişede inkübasyona tabi tutulmasıyla belirlenir. İnkübasyon sonucu açığa çıkan CO_2, sodyum hidroksit (NaOH) ile yakalanır ve hidrojen klorür (HCl) ile geri titrasyona tabi edilir (Alef ve Nannipieri 1995, Kieft ve Rosacker 1991). Araştırmacılar su tabanlarındaki mikrobiyal aktiviteyi belirleyebilmek için dünya genelinde sediment solunumunu sıklıkla kullanmaktadır. Sediment solunumunun, sediment kirliliği ve bozulması gibi çeşitli çevresel süreçlerin veya bu süreçlerin en son noktasındaki durumlarının izlenmesinde kullanılan ölçülebilir gösterge olduğu belirtilmektedir. Sedimentin yapısını inorganik maddeler, ayrışmış organik maddeler, canlılar (mikroorganizmalar) ve gazlar oluşturmakta olup ortamdaki metabolik faaliyetler mikroorganizmalar tarafından yürütülmektedir. Bu faaliyetler sırasında organik bileşikler inorganik forma dönüştürülür (Kara ve Bolat 2007). Bu inorganik formlar içinde oluşan CO_2 karbonun temel yapı taşı olduğunu ve yeryüzündeki yaşam süreçlerinin temelinde yer aldığı bilinmektedir (Gregorich ve ark. 1994). Sediment kalitesi/sağlığı hakkında yapılacak çalışmalarda tek bir gösterge sağlıklı olmayacaktır (Pankhurst ve ark. 1997). Araştırmacılar tarafından sedimentteki mikrobiyal aktiviteyi belirleyebilmek için sediment solunumunu sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışılan nehirlerin sediment kirliliğinin izlenmesi üzerine daha öncesinde ağır metal ve organik madde yükünün tespiti yönünde çalışmalar mevcuttur (Ustaoğlu ve ark. 2021, Ustaoğlu ve Tepe 2019, Tepe ve Aydın 2018, Tepe ve ark. 2004).

Dael ve arkadaşları tarafından sediment solunumunun fosfat salınımına etkilerinin araştırıldığı 10 farklı nehir için yapılan sediment solunumu ölçümlerinde 15 gün sonucunda (1.4-26.5 mmol CO_2 m^{-2} day^{-1}) olarak ölçülmüş olup bu çalışmada yer alan bazı nehirlerin sonuçları mevcut çalışma ile (1.77-2.99 mg CO_2/g) benzerlik göstermektedir (Dael ve ark. 2020).

LUO ve XING iki farklı sulak alanın sediment solunumunun özellikleri ve bunu etkileyen faktörler üzerine yaptıkları çalışmada solunum değerlerinin Mayıs'ta 1.06 µmol·m^{-2} ·s^{-1} ve Kasım'da 0.24 µmol·m^{-2}·s^{-1} olduğu tespit etmişlerdir (LUO ve XING, 2010). Naishun Bu ve arkadaşları tarafından sulak alan ekosistemlerinde bitki istilasının sediment solunumu üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında; Yangtze Nehri ağzında Spartina alterniflora istilasının sediment solunumunu artırdığını tespit etmişlerdir (Bu ve ark. 2015). Yangtze Nehri'nde farklı bir çalışmada ise nehir ağzındaki iki farklı bitki ayrışma sürecinin sediment solunumu ve karbon tutma verimliliği üzerindeki etkilerinin araştırılmış ve çalışma neticesinde düşük azot içeriği ve yüksek lignin oranına sahip ortamda düşük sediment solunumu olduğu tespit edilmiştir (Duan ve ark. 2018). CHEN Quan-Sheng ve arkadaşları tarafından Moğolistan'ın Xilin Nehir havzasındaki ortam sıcaklığı ve nemin sediment solunum hızı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada büyüme mevsimindeki kuraklığın düşük sediment solunum hızına neden olduğu belirtilmiştir (CHEN ve ark. 2003). Çin, Jiulong Nehri halicindeki sulak alanı (mangrove) sediment solunumunun günlük ve mevsimsel değişimlerinin incelendiği çalışmada temmuz ayında en yüksek orana (6,18 µ mol CO_2 m^{-2} s^{-1}) ve aralık ayında ise en düşük orana (0,36 µ mol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) sahip olduğu görülmüştür (Liang ve ark. 2013). Yang ve arkadaşları tarafından artan tuzluluğun, sulak alanlarında sediment solunumunu nasıl etkilediği ile ilgili çalışmada, yüksek tuzluluk uygulamalarının (5‰ ve 10‰) düşük tuzluluk uygulamalarına göre (tatlı su ve 3‰) sediment solunum oranlarını %45-57 oranında azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca yine bu çalışmada ortamda bulunan Proteobacteria populasyonu zenginliğinin negatif yönde ve Clostridia popülasyonunun pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir (Yang ve ark. 2018). Tepe ve Ateş (2004) tarafından Sazan Balığı yetiştirilen havuz sedimentleri örneklenip, solunum

çemberlerini kullanılarak yaptıkları çalışmada, sedimentlere farklı oranlarda zeolite katarak olası iyileştirme durumlarını test etmişlerdir. Zeolite miktarındaki artışa paralel olarak havuzlardaki taban sedimenti solunumunda artış olduğu belirlenmiştir. Zeolite uygulanmamış sedimentlerde ortalama solunum oranları 3.51 mg CO_2/g iken, zeolite ile 3 g/L muamele edilen sedimentlerde solunum değeri ortalama 4.44 mg CO_2/g ölçülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, farklı havzalardan seçilen Doğu Karadeniz'in üç büyük akarsuyunda oluşan sedimentlerde solunum oranlarının tespit edilmesidir. Çoruh Nehri, Harşit Çayı ve Melet Irmağı, uzun bir akış seyri izlemekte olup geniş su toplama havzalarına ve yoğun sedimentasyon birikimine sahiptir. Sediment solunum oranlarının tespit edilmesi ile nehir havzalarından suda birikim ve çökelime giden organik madde miktarları hakkında dolaylı yoldan bilgi sahibi olunacaktır. Organik madde ve pH ölçümleri de yapılarak bölgesel farklılıklar ortaya konulması hedeflenmiştir.

MATERYAL YÖNTEM

Çalışma sahası olarak kaynaklarını Doğu Karadeniz Dağları'nın gerisinden alan Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı üzerinde 6 farklı istasyon belirlenmiştir. Bu üç akarsuyun seçilme nedenlerinin başında akış havzalarının farklı illeri içeriyor olmalarıdır. İkinci bir neden ise bu akarsulardan Çoruh'un uzunluk ve debi olarak diğer ikisinden çok daha fazla olmasıdır. Her ne kadar akarsu adlarında nehir, ırmak ve çay gibi isimlendirmeler kullanılmışsa da bu akarsu büyüklüklerinin sınıflandırılması gibi algılanmamalıdır. Bu isimlendirmeler halk arasında tercih edilen bölgesel adlandırmalar olup büyüklük ölçütü göz ardı edilerek verilmiştir. Benzer iki debi ve uzunluğa sahip Melet ve Harşit akarsularının Çoruh Nehri gibi daha uzun ve akış hızı yüksek bir akarsu ile mukayese edilmesi hedeflenmiştir. Melet ve Harşit akarsularının benzer uzunluk ve debilere sahip olmalarına rağmen farklı illerden köken almaları ve farklı güzergâhlar izleyerek neticede her üç akarsuyunda Karadeniz'e dökülmeleri çalışmamızın ilgi odağı olmuştur.

Saha Çalışması

Çoruh Nehri kaynağını Erzurum sınırları içerisindeki Mescid Dağı'nın (3255 m) batı yüzünden alıp Bayburt ili sonrasında İspir ilçesinden (Erzurum) geçtikten sonra bir yay çizerek Artvin il sınırlarına girer. Toplam uzunluğu 431 km olan Çoruh Nehri Artvin ilini geçerek Gürcistan sınırları içerisinde son 20 km. kat ederek Karadeniz'e dökülür. Çoruh'un debisi 278 m^3/s, yıllık ortalama su taşıma kapasitesi 6.3 milyar m^3'tür (Sucu ve Dinç 2008). Harşit Çayı, kaynağını kıyı dağlarının gerisinden, Gümüşhane'nin güneydoğusundaki Vauk Dağı çevresinden alır (Uzun 2007). Uzunluğu 160 km olup debisi 28 m^3/sn 'dir. Gümüşhane İl Merkezi, Torul, Kürtün ve Doğankent'i geçip Tirebolu'nun 1,5 km doğusundan Karadeniz'e dökülür. Kalkanlı ve Gümüşhane Dağlarından beslenen kollar aracılığı ile yaklaşık olarak 3280 km^2'lik bir alanın suyunu toplar. Yukarı ve özellikle Torul-Doğankent arasını kapsayan orta çığırında yer yer dar ve derin boğaz vadiler içinde akıp; 160 km kadar yol kat ettikten sonra, küçük bir delta oluşturarak denize dökülür. Giresun il merkezinin 40 km doğusunda Tirebolu ilçe merkezinde denize ulaşır (Nişancı 1990). Melet Irmağı kaynağını Sivas Koyulhisar ilçesinden alır, Ordu il merkezinden Karadeniz'e dökülür. Uzunluğu 160 km olup debisi 29 m^3/sn 'dir. Melet Irmağı, Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Karadeniz'e ulaştığı noktada üzerine Ordu merkezinin yerleştiği küçük deltayı oluşturur. Melet Irmağı'nın geçtiği Ordu ilinin jeolojik konumu göz önüne alındığında, maden yataklarınca zengin bir bölge olmasının yanı sıra, bölgede volkanik kayaçların da yaygın olduğu bildirilmektedir. Çalışmamızdaki üç akarsu; 431 km uzunluk, 278 m^3/s debiye sahip Çoruh Nehri; 160 km uzunluk, 29 m^3/sn debiye sahip Melet Irmağı ve 160 km olup uzunluk, 28 m^3/sn debiye sahip Harşit Çayı kaynaklarını Doğu Karadeniz Dağları'nın gerisinden almaktadırlar. Harşit Çayı ve Melet Irmağı yakın uzunluk ve debiye sahipken, Çoruh Nehri yüksek bir debiye ve uzunluğa sahiptir (Özbucak ve ark. 2018, Kontaş 2018). Sediment örneklerinin temini için seçilmiş istasyonlar toplu halde Şekil 1'de gösterilmiştir. Çoruh Nehri'nin Artvin ili Deriner Barajı girişi döküldüğü bölge İstasyon 1 ve Çoruh Nehri'nin Artvin- Borçka karayolu 9. km noktası İstasyon 2 (Şekil 2), Harşit Çayı'nın Giresun ili Doğankent çıkış bölgesi İstasyon

3 ve Harşit Çayı'nın Giresun ili Tirebolu ilçesindeki Karadeniz'e dökülen bölgesi İstasyon 4 (Şekil 3), Melet Irmağı'nın Ulubey ilçesi güney sınırında yer alan HES santral inşaat alanı İstasyon 5 ve Melet Irmağı'nın Ordu şehir merkezi yakınındaki Karadeniz'e döküldüğü bölgesi İstasyon 6 (Şekil 4) olarak belirlenmiştir.



Şekil 1: İstasyonların genel gösterimi

Erzurum-Bayburt-İspir-Artvin güzergâhı boyunca evsel atıkların (özellikle kanalizasyon) dökülmesi ve bölgenin sık sık erozyon nedeniyle alüvyon taşınması Çoruh Nehri'nin seçilmesinde etkili olmuştur. Harşit Çayı'nın tercih edilmesinde bölgede yapılan barajlar, Doğankent-Tirebolu arasında bulunan taş ocakları, çöp döküm alanları bulunması belirleyici olurken, Melet Irmağı'nın seçiminde ise taş ocakları, evsel-endüstriyel atıkların dökülmesi belirleyici olmuştur.



Şekil 2: İstasyon 1-2, Deriner Barajı Girişi (İstasyon 1) ve Borçka Barajı Girişi (İstasyon 2)

Şekil 2 deki 1 ve 2 nolu istasyonların yer aldığı Çoruh Nehri, ülkemizin kuzeydoğusunda güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanmakta olup, 390 km.'lik uzunluk ile Erzurum Dağlarından doğmakta olup, Kaçkar dağlarını aşarak Doğu Karadeniz'den Gürcistan'a ulaşıp, sonrasında 20 km. akıp Karadeniz'e dökülmektedir (Küçükbaşol 2015). Çoruh Nehri dünyanın en hızlı akan nehirlerinden biri olup katı atık ve erozyon kaynaklı kirlilik çevresindeki barajları etkilemektedir (Boztuğ ve ark. 2012). Çoruh Nehri Cankurtaran Geçidi'nden gelen nemli hava ile hem Karadeniz'in etkisi altında bulunmakta hem de yüksek bir arazi yapısına sahip olduğu için sık sık yağış görmektedir (Yüksek ve Ölmez 2002).



Şekil 3: İstasyon 3-4 (solda), İstasyon 3 Doğankent (ortada) ve İstasyon 4 Tirebolu (sağda)

Şekil 3 de yer alan 3 ve 4 nolu istasyonların bulunduğu Harşit Çayı 160 km uzunluğunda olup, Trabzon ve Gümüşhane dağlarından çıkan derelerin birleşmesiyle oluşur. Giresun ili Tirebolu ilçesinin doğusundan Karadeniz'e dökülür (Bayram ve ark. 2011, Bayram ve ark. 2010). Sanayi, kentsel ve tarımsal atıklar havzayı tehdit etmektedir. Harşit Havzası adeta organize sanayi bölgesini andırmaktadır.



Şekil 4: İstasyon 5-6 (solda), İstasyon 5 Ulubey (ortada) ve İstasyon 6 Ordu (sağda)

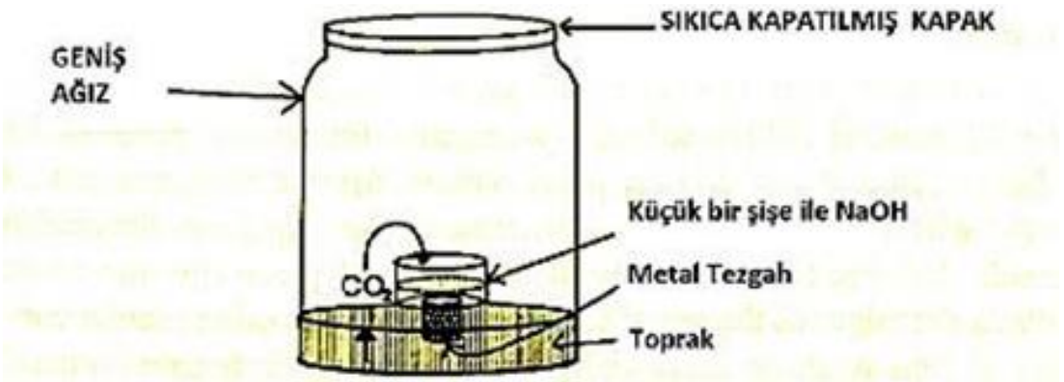
Şekil 4 de görülen 5 ve 6 nolu istasyonların yer aldığı Melet Irmağı Ordu ile Sivas illerinin ortak yaylalarından başlayıp Canik Dağlarını derin bir vadi ile aştıktan sonra Karadeniz'e ulaşmaktadır. Melet Irmağına atıkların düzensiz depolama yapılması ve evsel katı atıkların dökülmesi nedeniyle kirlilik yükü artmıştır (Taş ve ark. 2015).

Sediment Örneklerinin Temini ve Hazırlık Süreci

Araştırmada sahaya çıkmadan bir gün önce sırası ile asit banyosu (%1-2 HCl) ve saf sudan geçirilerek kullanılan numune kapları daha sonra saf su ile çalkalanarak etüvde kurutulmaya bırakılmıştır (Boyd ve Tucker 1992). Belirtilen istasyonların farklı noktalarındaki taban çamurunun üst 5 cm'lik tabakasından alınan sediment örnekleri bir kap içinde karıştırılarak tek bir toplu örnek elde edilmiş ve aynı gün laboratuvara getirilerek 105°C'de etüvde 24-48 saat süre tutularak kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda dövülerek 40 numara elekten geçebilecek şekle getirilmiştir. Bu örnekler üzerinde 1:1 oranında saf su ve sediment örneği karışımı hazırlanıp pH metre yardımıyla sediment pH'ı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca % organik madde tayini 350°C de 8 saat yakma fırınında tutularak hesaplanmıştır (Boyd ve Tucker 1992).

Sediment Solunumu Ölçüm Süreci

Şekil 5'te görüldüğü gibi bu metot; hava almayan kavanozlara petri kabı içinde yerleştirilmiş 1N NaOH ile sedimentte ait mikrobiyal solunumdan açığa çıkan CO_2'i tutmaya dayanmaktadır (Boyd ve Tucker 1992).



Şekil 5: Laboratuvar Ortamında Sediment Solunum Ölçümü İçin Hazırlanan Kavanoz

Sediment solunumu ve sedimentte organik madde miktarı ölçümleri standart yöntemler takip edilerek yapılmıştır (Tepe ve Boyd 2002). Toplanan sediment örnekleri denemeye tabi tutulmadan önce mikroorganizmalarca aşılanması amacıyla günlük olarak karıştırılarak bir hafta havayla temasa maruz bırakılmıştır. Sediment solunum ölçümü yapılacak kavanozlara konulacak yaş sediment miktarı 25 g kuru sediment esasına göre sediment özkütlesi hesap edilerek bulunmuştur. Her solunum kavanozundaki sediment üzerine CO_2 geçişini engellememesi amacıyla delikli yapıda platform yerleştirilmiştir. Platform üzerine 10 ml NaOH içeren kap yerleştirilmiştir. Ayrıca sedimentsiz boş solunum kavanozları metot boyunca kontrol olarak taşınmıştır. 25°C'de karanlıkta inkübe edilen solunum kavanozları içerisindeki alkali solüsyon içeren kaplar cımbız ile dışarı çıkarılmıştır. Kaptaki çökelti üstünde kalan solüsyon puar yardımıyla alınıp santfrüj tüplerine aktarılmıştır. Sodyum karbonat (Na_2CO_3) içeren alkali solüsyon 3 N baryum klorit ($BaCl_2$) ile 25 ml'lik santrifüj tüpünde çökeltilmiştir. Kalan NaOH, çökeltiden 2500 rpm'de santrifüj edilerek ayrılmıştır. Artan alkali standart 1.00 N HCl ile titrasyona tabi tutulmuştur. Gerçekleşen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:

$CO_2 + 2NaOH > Na_2CO_3 + H_2O$,
$Na_2CO_3 + BaCl_2 > 2NaCl + BaCO_3$

Sediment solunumu ile oluşan CO_2 aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

CO_2 (mg/g) = (B-V). N. 22 / W

Formülde, B=Kontrol grubu için kullanılan NaOH (ml), V=Titrasyonda kullanılan NaOH (ml), N = HCl'in normalitesi (1.00 N), 22 = CO_2'nin eşdeğer ağırlığı, W = Deneme kavanozuna konulan çamurun kuru toprağa eş ağırlığıdır (g).

İstatistiksel Hesaplamalar

Birden çok değişkenin ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmesi durumunda değişkenler arasındaki ilişkiler dikkate alınmamaktadır. Ancak gözlemlenen çok sayıda değişken arasında az veya çok bir ilişkinin olması beklenmektedir. Bu amaçla "Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri" geliştirilmiştir (Arslan ve Yıldırım 2011). Farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinin solunum değerleri için istatiksel analiz çeşitlerinden One Way ANOVA, Faktör, Korelasyon ve Cluster analizleri yapılmıştır. Tüm ortalamaların istatistik farklılıkları Tukey post testi kullanılarak 0.05 olasılık seviyesinde incelenmiştir. Elde edilen verilerin İstatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 22.00 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

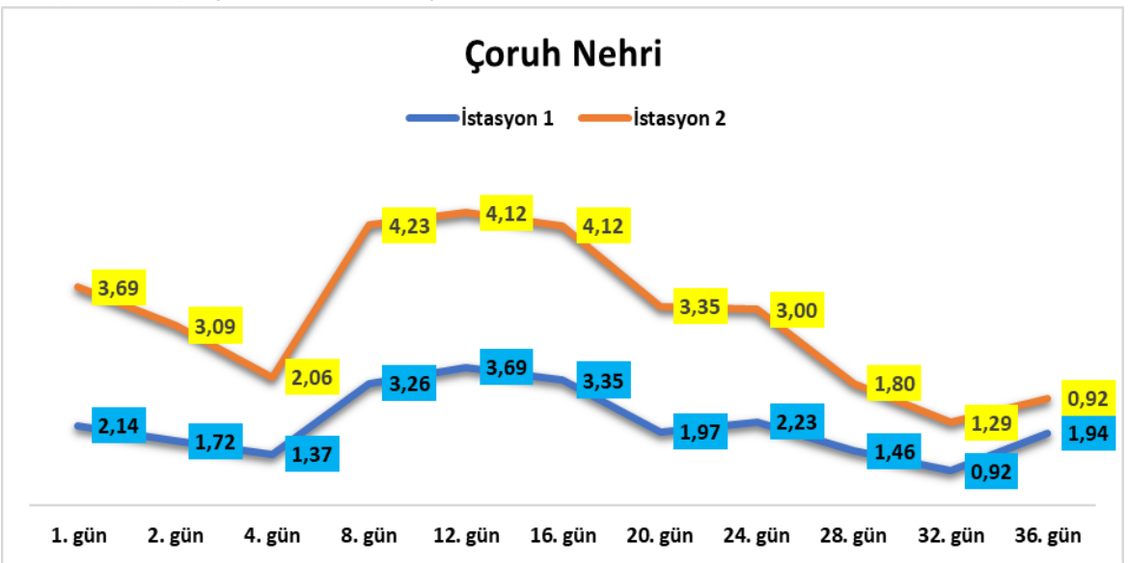
İstasyonlara ait Sediment Solunum Değerleri

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyona ait sediment solunum değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı Solunum Değerleri (mg CO_2/g)

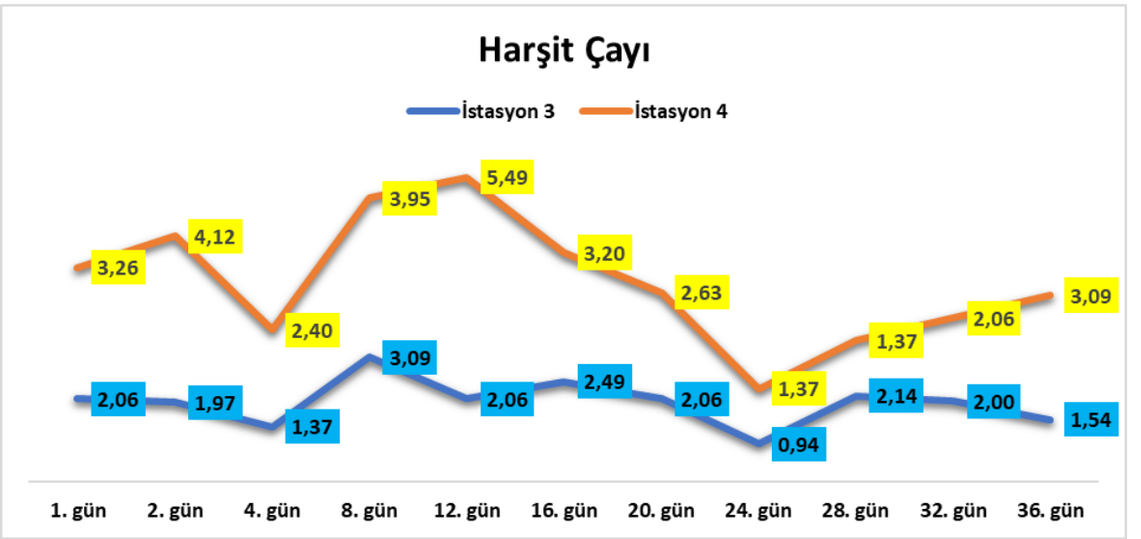
Ölçüm	Çoruh Nehri İstasyon 1	Çoruh Nehri İstasyon 2	Harşit Çayı İstasyon 3	Harşit Çayı İstasyon 4	Melet Irmağı İstasyon 5	Melet Irmağı İstasyon 6
1. gün	2,14	3,69	2,06	3,26	2,92	2,23
2. gün	1,72	3,09	1,97	4,12	1,94	2,66
4. gün	1,37	2,06	1,37	2,40	1,03	3,17
8. gün	3,26	4,23	3,09	3,95	1,72	2,92
12. gün	3,69	4,12	2,06	5,49	2,40	2,29
16. gün	3,35	4,12	2,49	3,20	1,54	2,86
20. gün	1,97	3,35	2,06	2,63	1,29	1,03
24. gün	2,23	3,00	0,94	1,37	1,63	2,83
28. gün	1,46	1,80	2,14	1,37	1,72	0,92
32. gün	0,92	1,29	2,00	2,06	1,20	1,89
36. gün	1,94	0,92	1,54	3,09	2,06	1,03
Ortalama	**2,19**	**2,88**	**1,97**	**2,99**	**1,77**	**2,17**

Çoruh Nehri üzerinde seçilen 1 ve 2 nolu istasyonların solunum değerlerinin ilk 4 gün düşme eğilimi gösterdiği, 4. günden itibaren her iki istasyonda yükseldiği, 16. günden itibaren tekrar solunum değerlerinin düşme eğilimi gösterdiği,1 nolu istasyonun 32. gün ve 2 nolu istasyonun 36. gün en düşük değere ulaştığı görülmektedir (Şekil 6). Çalışmanın sonunda yani 36. günde solunum değerleri ortalamaları karşılaştırıldığında 2 nolu istasyonun solunum değerinin %31.5 fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın oluşmasında 1 nolu istasyonun debisinin yüksek olmasının ve 1 nolu istasyona göre 5 km geride bulunan Artvin barajının etkili olduğu görülmektedir.



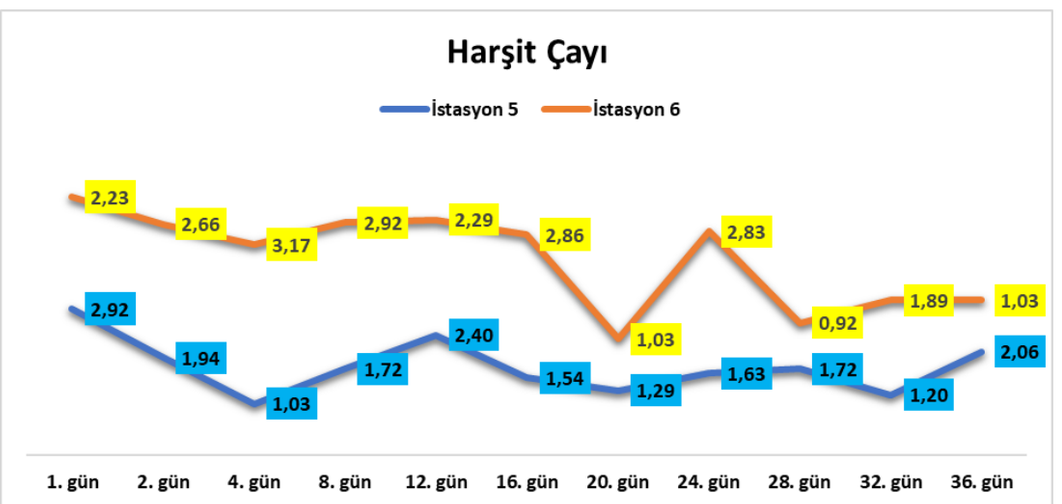
Şekil 6: Çoruh Nehri 1 ve 2 nolu İstasyonlarının Solunum Değerleri (mg CO_2/g)

Harşit Çayı üzerinde seçilen 3 ve 4 nolu istasyonların ilk 4 gün 3 nolu istasyonda sediment solunumunun düşme eğilimi gösterdiği ancak 4 nolu istasyonda 2. gün artış olduğu görülmüştür (Şekil 7). 4. günden itibaren her iki istasyonda yükselme eğilimi görülmektedir. 12. gün 4 nolu istasyonun sediment solunum değeri en yüksek değerine ulaşırken, 8. gün 3 nolu istasyonda en yüksek değerine ulaşmıştır. 12. günden itibaren her iki istasyonun değerlerinin düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde; 3 ve 4 nolu istasyonların 36. gün sonunda solunum değerleri ortalamaları karşılaştırıldığında 4 nolu istasyonun %51.7 fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın 3 nolu istasyonun debisinin yüksek olmasından ve Doğankent ilçesindeki HES bölgesinin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 7: Harşit Çayı 3 ve 4 nolu İstasyonlarının Solunum Değerleri (mg CO_2/g)

Melet Irmağı üzerinde seçilen 5 ve 6 nolu istasyonların sediment solunum değerleri ilk 4 gün incelendiğinde 5 nolu istasyonda düşme eğilimi gösterdiği ancak 6 nolu istasyonda artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 8). 5 nolu istasyonda 12. güne kadar artış görülmekte ve daha sonraki günlerde düşme eğilimde olduğu görülmektedir. 6 nolu istasyonun 16. ve 24. günlerde sediment solunum değerlerinin artış gösterdiği, 20. ve 28. günlerde ise düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde; 5 ve 6 nolu istasyonların 36. gün sonunda solunum değerleri ortalamaları karşılaştırıldığında 6 nolu istasyonun solunum değerinin %22.51 fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın oluşmasında 5 nolu istasyonun debisinin yüksek olmasının ve Mesudiye ilçesinde bulunan Topçam barajının etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 8: Melet Irmağı 5 ve 6 nolu İstasyonlarının Solunum Değerleri (mg CO_2/g)

Sodyum nitrat uygulamasının, havuzlarda taban sedimentlerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada sediment solunumu ölçülmüştür. Ölçümlerin 25°C de, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 46. günlerde yapılmış olması ve laboratuvar ortamında sediment solunum çemberlerinin kullanılması yönüyle benzerlik arz etmektedir (Tepe 2005). Bu çalışmanın sediment solunumu sonuçları 6.55 mg CO_2/g ile mevcut çalışmamızın sonuçlarından oldukça fazla çıkmıştır. Balık yetiştirme havuzlarının durağan su ortamı olması ve aşırı

yemlemeyle stoklama oranlarının artan organik madde yüküne neden olduğu değerlendirilmiştir. Nehirlerde ise su daimî akış ile yenilenmekte ve sürekli sediment taşınımına neden olmaktadır. Özellikle Karadeniz havzasında yağışın nispeten daha bol olması bölgemiz nehirlerindeki sediment taşınımını artırmaktadır.

Sediment Örneklerine Ait pH Ölçüm Sonuçları

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinden elde edilen pH ölçüm sonuçları Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2: İstasyonlara ait pH Ölçüm Sonuçları

İstasyon adı	pH
İstasyon 1 (Çoruh Nehri)	**8,69**
İstasyon 2 (Çoruh Nehri)	**8,48**
İstasyon 3 (Harşit Çayı)	**8,01**
İstasyon 4 (Harşit Çayı)	**7,99**
İstasyon 5 (Melet Irmağı)	**8,46**
İstasyon 6 (Melet Irmağı)	**8,31**

Bu sonuçlar incelendiğinde 4 nolu istasyonun pH değerinin en düşük, 1 nolu istasyonun pH değerinin en yüksek olduğu görülmüştür. Evsel ve endüstriyel atıkların döküldüğü bölgelerden sonrasına ait olan 2, 4 ve 6 nolu istasyonların pH değerlerinin aynı bölgedeki diğer istasyona göre daha düşük olduğu görülmüştür. Sediment solunum değerlerinin yüksek görüldüğü bölgelerde pH değerinin daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Sediment Örneklerine ait Organik Madde Analiz Sonuçları

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinden elde edilen organik madde analiz sonuçları Çizelge 3'de gösterilmektedir.

Çizelge 3: Organik Madde Miktarları (%)

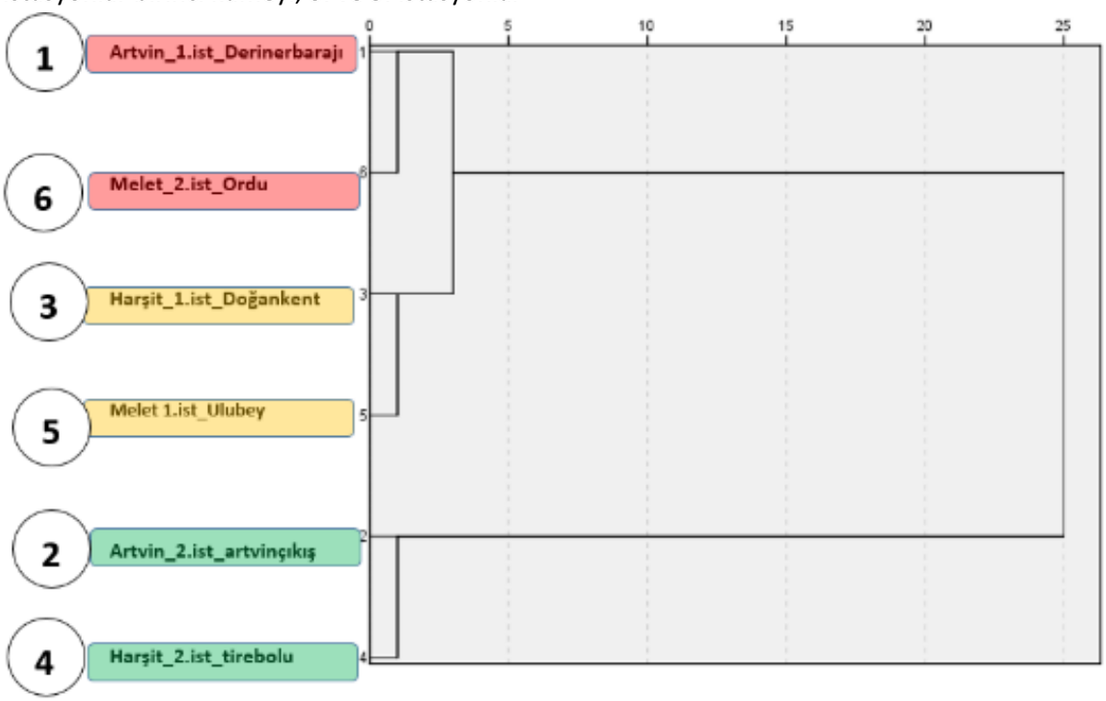
İstasyon Adı	Örnek Ağırlığı(g)	Organik Madde (%)
İstasyon 1 (Artvin Deriner Barajı)	**2.000**	**4.12**
İstasyon 2 (Artvin Borçka Barajı)	**2.007**	**3.89**
İstasyon 3 (Harşit Çayı-Doğanket)	**2.012**	**4.87**
İstasyon 4 (Harşit Çayı-Tirebolu)	**2.007**	**4.16**
İstasyon 5 (Melet Irmağı-Ulubey)	**2.002**	**6.90**
İstasyon 6 (Melet Irmağı-Ordu Sahil)	**2.012**	**6.44**

Bu sonuçlar incelendiğinde 5 nolu İstasyonun organik madde değerinin en yüksek, 2 nolu İstasyonun en düşük olduğu görülmüştür. Çoruh Nehri üzerindeki debisi düşük olan istasyon 2'nin istasyon 1'e göre; Harşit Çayı üzerindeki debisi düşük olan İstasyon 4'ün İstasyon 3'e göre; Melet Irmağı üzerindeki debisi düşük olan İstasyon 6'nın İstasyon 5'e göre daha az oranda organik madde içerdiği görülmüştür.

İstatiksel Analiz Sonuçları

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinin solunum değerleri için istatiksel analiz çeşitlerinden One Way ANOVA, Faktör, Korelasyon ve Kümeleme analizleri yapılmıştır. Altı farklı istasyon noktası arasında sediment solunumu değerleri arasındaki farklılıklarını belirlemek amacıyla yapılan One Way Anova analizine göre %95 güven aralığında 4. istasyon ile 5. istasyon noktalarında $p<0.05$ olduğu için istatistiksel olarak homojen bir dağılım gösterilmediği ve anlamlı bir farkın olduğu anlaşılmıştır. Bu farkın ortaya çıkmasında Melet Irmağı 5 nolu istasyon olan Ulubey'den alınan örneğin bölgenin debisinin yüksek olması ve Mesudiye ilçesi Topçam Barajındaki sediment oluşumu nedeniyle düşük olduğu düşünülmektedir. 2., 4. ve 6. istasyonlar yoğun miktarda organik atık içerdiği için sediment solunum değerleri 1., 3. ve 5. istasyonlara göre daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları değerlendirilirken Korelasyon değeri 1'e ne kadar yakın ise ilişkinin kuvvetli olduğu kabul edilir. 16.gün ile 8.gün arasında pozitif yönde (0.929) ve 20.gün ile 8.gün arasında pozitif yönde (0.842) kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Faktör analizi, veriler arasındaki ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı ve

özet bir biçimde sunulmasını sağlayan çok değişkenli bir istatistiksel analiz türüdür. Faktör analizi sonucunda, öz değeri >1 olan ve her birinin toplam varyansa oranı gittikçe azalan 4 faktör belirlenmiştir. İlk faktör (F_1) toplam varyansın %41.824'ünü, ikinci faktör (F_2)'de toplam varyansın %22.076'sını, üçüncü faktör %19.257 ve dördüncü faktör %10.423 oluşturmuştur. Çalışma sonunda parametrelerin çoğunun 1.faktörde toplanması, organik atık miktarı ile sediment solunumu arasında ilişkiyi göstermektedir. Çizgi eğim grafiği, temel veri yapısının bileşen sayısını belirlemek için kullanılır. Grafikte dikey eksen öz değeri yatay eksen ise faktörleri gösterir. Grafik faktörlerin öz değerleriyle eşleştirilmesi sonucunda bulunan noktaların birleştirilmesiyle elde edilir. Grafikte yüksek ivmeli hızlı düşüşlerin yaşandığı faktör önemli faktör sayısını verir. Yatay çizgiler faktörlerin getirdikleri ek varyansların katkılarının birbirine yakın olduğunu gösterir. Öz değeri>1 olan 4 bileşen görülmüştür. Seçilen 6 farklı istasyonun 36 gün süresince yapılan 11 ölçüm sonucunda sediment solunum değerleri kullanılarak kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Kümeleme analiziyle aynı küme içerisinde yer alan istasyonların benzer kaynaklardan etkilendiği anlaşılmaktır. Çalışmamızda yaptığımız kümeleme analizinde görüldüğü gibi 1. ve 6. istasyonlar birinci kümeyi, 3. ve 5. istasyonlar ikinci kümeyi ve 2. ve 4. istasyonlar üçüncü kümeyi oluşturmuştur. Bu bağlamda oluşan birinci küme (1. ve 6. İstasyon) ve ikinci küme (3. ve 5. İstasyon) birbirine yakın özellikler gösterdiği için bir üst kümeyi oluşturmuştur. Üçüncü küme (2. ve 4. İstasyon) ayrı bir küme olarak ele alınmıştır. Bu durum birinci ve ikinci kümenin organik atık yükü bakımından birbirine yakınlığını göstermektedir. 1 nolu istasyon Çoruh Nehri'nin getirmiş olduğu atıkların oluşturduğu sedimenti taşımakta; 6 nolu istasyon Melet Irmağı'nın taşımış olduğu yoğun kanalizasyon atıklarının oluşturduğu sedimenti taşımakta olup bu özellikleriyle 1 ile 6 nolu istasyonlar yakın özellik gösterdiğinden bir küme kabul edilmiştir. 3 nolu istasyon Harşit Çayı Doğankent bölgesi ile 5 nolu istasyon Melet Irmağı Ulubey bölgesinin sediment açısından fakir olması ve her iki nehrin debisinin yüksek olması dolayısıyla düşük oranda sediment solunum değeri gösterdiği ve bir küme oluşturduğu görülmektedir. 2 nolu istasyon Artvin şehir merkezinden 10 km ileri bir noktada bulunmakta olup, 4 nolu istasyon Harşit Çayı'nın denize döküldüğü Tirebolu şehir merkezindeki bir noktadır. 2 nolu istasyon Artvin iline ait atıkları ve 4 nolu istasyonun Tirebolu ilçesine ait atıkları yoğun biçimde içermeleri nedeniyle aynı kümede yer aldığı görülmektedir.



Şekil 9: İstasyonların Kümeleme (Cluster) Analizi Sonuçları

Çin'de sediment solunumunun fosfat salınımı üzerine etkileri üzerine yapılan bir araştırmada 10 farklı nehirden sediment solunumu ölçümleri yapılmıştır. Araştırmada sediment solunumlarının 15 günün sonunda 1.4-26.5 mmol CO_2 m^{-2} day^{-1} aralığında olduğu bulunmuştur. Bu araştırmada yer alan bazı nehirlerin sonuçları mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir (Dael ve ark. 2020).

Sinegani ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada arıtılmış belediye atık sularının tahliye edildiği sulak alanı sediment solunum değerinin diğer bölgelere göre yüksek olduğu görülmüştür. Sediment solunum değeri olarak tespit edilen 3.688 mg CO_2 g^{-1} ortalama değeri mevcut çalışmada yer alan ve kirlilik yükü yüksek olan 2 nolu istasyon (Çoruh) ve 4 nolu istasyonun (Melet) sediment solunum değerleriyle benzerlik göstermektedir (Sinegani ve ark. 2020).

Hao Duan ve arkadaşları tarafından Yangtze Nehri ağzındaki iki farklı bitki ayrışma sürecinin sediment solunumu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada düşük azot içeriği ve yüksek lignin oranına sahip ortamda düşük sediment solunumu olduğu tespit edilmiştir (Duan ve ark. 2018). Çalışmamızda kirlilik yükü fazla olan Çoruh nehri ve Melet ırmağının şehir merkezlerinin evsel atıkları nedeniyle kirlilik yükünün fazlalığının yüksek sediment solunumu değerlerine neden olması benzerlik göstermektedir.

Kore'nin kıyı sularında organik karbon (OC) ve besin döngüleri üzerine su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinin değerlendirilmesi amacıyla istiridye ve balık çiftliklerinden sediment örnekleri alınarak sediment solunumları ölçülmüştür. Çalışma sonunda kayıt edilen sediment solunum değerleri balık çiftlikleri için ortalama 77 istiridye çiftlikleri için ise 84 mmol m^{-2} d^{-1} ölçülmüştür. Bu değerler yetiştiricilik yapılmayan alandan kontrol amacı ile alınan sedimentlerdeki ortalama solunum değeri olan 60 mmol m^{-2} d^{-1} ile mukayese edildiğinde aşırı yemleme ile stoklama oranlarının artan organik madde yüküne neden olduğu gerçeğini ortaya koymuştur. Çalışmamızda yer alan akarsuların şehir merkezlerinden geçiyor olması sonucu kanalizasyon ve evsel devamlı bir organik yüke maruz kalmaları bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, belirlenen istasyonlardaki su kaynaklarının tabanından alınan sediment örneklerinin sediment solunumu değerleri (mg CO_2/g) Çoruh Nehri'nde; 2.54, Melet Irmağı'nda; 2.48 ve Harşit Çayı'nda ise 1.97 şeklinde bulunmuştur. Ölçümler sonucu sediment pH değerleri Çoruh Nehri'nde; 8.59, Melet Irmağı'nda; 8.39 ve Harşit Çayı'nda ise 8.00 olarak tespit edilmiştir. Nehir sedimentlerinde ölçülen organik madde miktarları (%) sırasıyla Çoruh Nehri'nde 4.05, Melet Irmağı'nda 6.67 ve Harşit Çayı'nda 4.51 olarak tespit edilmiştir. Çoruh Nehri üzerindeki 2 nolu istasyonun 1 nolu istasyona göre; Melet Irmağı üzerindeki 4 nolu istasyonun 3 nolu istasyona göre ve Harşit Çayı 6 nolu istasyonun 5 nolu istasyona göre sediment solunumu ölçüm sonuçlarının fazla olmasının kirlilik yükünün yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışmamız bu nehirlerde sediment solunum oranının tespiti üzerine yapılan ilk çalışma olmuştur. Bu nedenle çalışmamız ileride yapılacak olan benzer çalışmalar açısından referans teşkil edecektir.

KAYNAKLAR

Alef K, Nannipieri P (1995) Methods in applied soil microbiology and biochemistry. (No. 631.46 M592ma). Academic press, pp 576

Arslan H, Yıldırım D (2011) Water quality assessment of the drainage canals in bafra plain using multivariate statistical analysis. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University. 28(2), 61-71

Bayram A, Kankal M, Önsoy H, Bulut VN (2010) Harşit Çayı Hidrolik Yapılarının Askı Madde Hareketine Etkileri, VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, Denizli, Bildiriler Kitabı, pp 873-882

Bayram A, Önsoy H, Bulut VN, Tüfekçi M (2011) Evsel Atık Su Deşarjının Yüzeysel Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi: Harşit Çayı Örneği (Gümüşhane), 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Antalya, Bildiriler Kitabı pp 427-438

Boyd CE, Tucker C S (1992) Water quality and pond soil analyses for Aquaculture Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA,180s

Boztuğ D, Dere T, Tayhan N, Yıldırım N, Danabaş D, Yıldırım NC, Önal AÖ, Danabaş S, Ergin C, Uslu G, Ünlü E (2012) Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi; 2 (2), 93-106

Bu N, Qu J, Li Z, Li G, Zhao H, Zhao B et al. (2015) Effects of Spartina altemiflora Invasion on Soil Respiration in the Yangtze River Estuary, China. PLoS ONE 10(3): e0121571. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121571

Chen Q S, LI L H, Han X G, Yan Z D, Wang Y F, Yuan Z Y (2003) Influence of temperature and soil moisture on soil respiration of a degraded steppe community in the Xilin river basin of Inner Mongolia. Chinese Journal of Plant Ecology, 27(2), 202.

Çolak AK (1995) Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 98, Adana

Duan H, Wang L, Zhang Y, Fu X, Tsang Y, Wu J, Le Y (2018) Variable decomposition of two plant litters and their effects on the carbon sequestration ability of wetland soil in the Yangtze River estuary. Geoderma, 319, 230-238.

Gregorich EG, Carter MR, Angers DA, Monreal CM, Ellert BH (1994) Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian Journal of Soil Science, 74:367–385

Kara Ö, Bolat İ (2007) Impact of alkaline dust pollution on soil microbial biomass carbon.Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31 (3): 181–187

Kieft TL, Rosacker LL (1991) Application of respiration-and adenylate-based soil microbiological assays to deep subsurface terrestrial sediments. Soil Biology and Biochemistry 23.6: 563-568

Kim SH, Lee JS, Kim KT, Kim HC, Lee WC, Choi D, Choi SH, Choi JH, Lee HJ, Shin JH (2021) Aquaculture Farming Effect on Benthic Respiration and Nutrient Flux in Semi-Enclosed Coastal Waters of Korea. Journal of Marine Science and Engineering. 9(5):554. https://doi.org/10.3390/jmse9050554

Kontaş S (2018) Melet Irmağı Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Genotoksik Etkilerinin Araştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Küçükbaşol Y (2015) Çoruh Nehri ve Yusufeli Barajı Toplumsal, Ekonomik ve Çevresel Etkileri Bakımından Bir Baraj İncelemesi. Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi, 5(2), 133-158.

Liang J I N, Chang-Yi L U, Yong Y E, Gong-Fu Y E (2013) Soil respiration in a subtropical mangrove wetland in the Jiulong River Estuary, China. Pedosphere, 23(5), 678-685.

Luo X X, Xing Z Q (2010) Comparative study on characteristics and influencing factors of soil respiration of reed wetlands in Yellow River Estuary and Liaohe River Estuary. Procedia Environmental Sciences, 2, 888-895.

Nielsen MN, Winding A (2002) Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute, Denmark. Technical Report No. 388

Nişancı A (1990) Torul-Kürtün Orta Harşit vadi ve yöresi heyelanları. 13-17 Haziran 1990 Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu Bildiriler Kitabı.

Özbucak TB, Kutbay HG (2008) The flora of lower parts of Melet River (Ordu). International Journal of Natural and Sciences, 2(3):79-89.

Pankhurst CE, Doube BM and Gupta VVSR (1997) Biological indicators of soil health:Synthesis. In: Biological Indicators of Soil Health. Eds. CE Pankhurst, BM Doube,and VVSR Gupta, CAB International, pp. 419–435

Safari Sinegani M, Safari Sinegan A A, Banijamali S M, Hadipour M, Azadi P (2020) The study of biological properties of soils in joining places of surface water-inflows in Meyghan playa in Arak. Applied Soil Research, 8(1), 108-120.

Sucu S, Dinç T (2008) Coruh havzasi projeleri. TMMOB, 2, 33-38.

Taş B, Yılmaz Ö, Kurt I (2015) Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) nda Su Kalitesinin Göstergesi Olan Epipelik Diyatomeler. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(7), 610-616

Tepe Y (2005) Sodyum Nitrat Uygulamasının Toprak Havuzlardaki Taban Sedimentlerine Etkileri, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 21, 3-4: 239-242

Tepe Y, Ateş A (2004) Zeolite Uygulamasının Sediment Solunumuna Etkisi Türk Sucul Yaşam Dergisi, 2, 3: 287-291

Tepe Y, Aydin H (2017) Water quality assessment of an urban water, Batlama Creek (Giresun), Turkey by applying multivariate statistical techniques. Fresenius Environ Bull, 26, 6413-6420

Tepe Y, Boyd C E (2002) Sediment quality in Arkansas bait minnow ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 33-3: 221-232

Ustaoğlu F, Kutlu B, Tepe Y, Aydın H (2021) Dissemination of heavy metal contamination in surface sediments of batlama stream, Giresun, Turkey. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences, 39(1), 13-23.

Ustaoğlu F, Tepe Y (2019) Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. International Soil and Water Conservation Research, 7(1), 47-56

Uzun A (2007) Doğu Karadeniz kıyı kuşağında coğrafi yapı ve sel ilişkisi. 5-7 Aralık 2007 TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı.

Van Dael T, De Cooman T, Verbeeck M, Smolders, E (2020) Sediment respiration contributes to phosphate release in lowland surface waters. Water research, 168, 115168.

Yang J, Zhan C, Li Y, Zhou D, Yu Y, Yu J (2018) Effect of salinity on soil respiration in relation to dissolved organic carbon and microbial characteristics of a wetland in the Liaohe River estuary, Northeast China. Science of the total environment, 642, 946-953.

Yüksek T, Ölmez Z (2002) Artvin Yöresinin İklim, Toprak Yapısı, Orman Alanları, Ağaç Serveti ve Ormancılık Çalışmalarıyla İlgili Genel Bir Değerlendirme, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 2002:1 s.50-62.