

KARADENİZ KIYI SULARINDA ASKIDA KATI MADDE DAĞILIMININ HARİTALANMASI

Mustafa Dihkan¹, Fevzi Karsli¹, Abdulaziz Güneroğlu²

¹KTÜ, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Müh.Bölümü, 61080, Trabzon, {mdihkan, fkarsli}@ktu.edu.tr

²KTÜ, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma ve İşletme Müh. Bölümü, 61600, Sürmene, Trabzon, guneroglu@ktu.edu.tr

ÖZET

Kıyusal ve açık deniz ekosistemleri için su kalitesi önemli bir kriterdir. Özellikle kıyusal sularda su kalitesinin kantitatif olarak belirlenmesi ve bu alanların sürekli izlenmesi; kıyusal ekosistem, kıyusal alanın rekreasyonel, ticari ve ekonomik kullanımı yönünden büyük önem taşımaktadır. Askıda Katı Madde (AKM) su kalitesine ve suyun optik yapısına önemli düzeyde etkiyen bir parametredir. Bu sebeple bu parametrenin doğru ve hızlı bir biçimde belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada Karadeniz kıyusal sularına yönelik olarak AKM konsantrasyonu ve dağılımını belirlemek amacıyla uzaktan algılama tekniklerinden faydalanılarak istatistiksel bir algoritma geliştirilmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen istatistiksel modelin görüntülere uygulanması ile 2-25 g/m³ aralığında değişen AKM konsantrasyonları belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Karadeniz, AKM, Su Kalitesi, Landsat TM.

ABSTRACT

MAPPING DISTRIBUTION OF TOTAL SUSPENDED MATTER CONCENTRATION IN COASTAL BLACK SEA WATERS

Water quality is an important criteria for coastal and open sea ecosystems. Especially in the coastal waters, quantitative determination of the water quality and observation of these areas have a great importance in terms of the coastal ecosystem and coastal areas used for economic and commercial activities. Total Suspended Matter (TSM) is an important parameter that is significantly affecting the quality and optical characteristics of the water body. Therefore, accurate and quick determination of this parameter has a great importance in terms of aquatic coastal systems. In this study, a statistical algorithm was developed by using Remote Sensing techniques in order to determine concentrations and distributions of TSM. Finally, the mapped TSM concentrations were found ranging between 2-25 g/m³ for studied areas.

Keywords: Remote Sensing, Black Sea, TSM, Water Quality, Landsat TM.

1. GİRİŞ

Su tüm canlılar için büyük bir öneme sahiptir ve neredeyse tüm canlılar yaşamak için temiz suya ihtiyaç duymaktadırlar. Çeşitli askıda katı ve çözülmemiş maddeler, türbid bölgeleri oluşturarak yüzey sularının kalitesini etkilemektedirler. Bu maddelerin miktarındaki artış genelde düşük su kalitesini işaret etmektedir. Bazı maddeler doğal, bazıları ise insan kaynaklı etkiler sonucu oluşmaktadır. Toprak kaymaları, kıyusal erozyonlar, atmosferik girdiler, dalgalar ve gelgit olayları vasıtası ile dip çamurlarının yüzeye çıkması gibi olaylar doğal kaynaklı etkilere örnek olarak verilebilir. Kıyı alanlarındaki tarımsal faaliyetler, balık yetiştiriciliği, endüstriyel faaliyetler sebebi ile meydana gelen ötrifikasyon antropojenik etkilere örnek verilebilir.

Askıda Katı Madde (AKM) miktarı su kalitesi gözlemlerinde oldukça önemli bir faktördür. Kıyusal sulardaki AKM değişimleri; kıyı erozyonları, sahil şeridi değişimi, liman havzalarındaki değişimler ve deniz ekosisteminin bozulması gibi problemlerin göstergesi olabilmektedir. Yüksek AKM yoğunluğu su içinde yaşayan sucul bitki örtüsü için mevcut ışık miktarını azaltmakta, organik ve inorganik maddelerin yüzeyde taşınımını sağlayarak biyokimyasal süreci etkilemektedir (Doerffer vd., 1989; Rivera, 2009). Ayrıca sedimentler ve AKM, çözülmemiş ağır metalleri ve mikro kirleticileri su yüzeyinde barındırarak akuatik ortamın fiziksel ve kimyasal yapısının değişmesine yol açmaktadırlar (Onderka vd., 2008). Bu sebepler dikkate alındığında AKM ile su kalitesi arasında oldukça yüksek bir ilişkinin mevcut olduğu ortaya çıkmaktadır.

Su kalitesi gözlemlerinde bu denli önemli bir parametre olan AKM yoğunluğunun sık periyotlarda ve büyük su kitlelerinde gözlemlenmesi gerekmektedir. Geleneksel olarak AKM miktarı *in-situ (yerse)* örneklerin alınması yoluyla tespit edilmektedir. Ancak bu oldukça zaman alıcı ve pahalı bir yöntemdir. Zaman ve maliyet gibi kısıtlayıcı etkenler sebebi ile büyük su kitlelerinde yeterli sayıda örnekleme yapabilmek oldukça zor bir işittir. Çoğu zaman alınan *in-situ (yerse)* örneklerinin sayısı ve dağılımı su kitesini temsil etmekte yeterli olamamaktadır. Bu durum gerçekçi ve başarılı su kalitesi gözlemleri ve tahminleri yapılmasına engel olabilmektedir (Dihkan vd., 2011).

Günümüzde Uzaktan Algılama (UA) teknolojisinden kıyı, nehir ve göl sularının eşzamanlı gözlemlenmesi amacıyla faydalanılabilmektedir. UA tekniğinin en önemli avantajı oldukça büyük su kitlelerine ilişkin jeofiziksel özelliklerin, eş zamanlı olarak kısa süre içinde ve oldukça sık aralıklarla gözlemlenmesine olanak tanınmasıdır. Suyun renginde (optik yapısında) meydana gelen değişimlerin suda bulunan çözünmüş ve askıdaki maddelerin miktarına bağlı olduğu uzun zaman önce ortaya koyulmuştur (Morel ve Prieur 1977). Oldukça iyi bilinmektedir ki bazı su kalitesi parametreleri suyun optik özelliklerini değiştirmekte ve bu durum UA alıcısı tarafından kaydedilen sinyalin spektral karakteristiğini etkilemektedir (Ritchie ve Cooper 1991; Lathrop vd., 1991). Deniz suyunda bazı su kalitesi parametreleri UA teknolojisi yardımıyla tahmin edilebilmektedir.

Literatürde, su kalitesi ile sudan yansıyan ışınların spektral karakteristiğini büyük ölçüde etkileyen AKM, Klorofil-a ve CDOM (colored dissolved organic matter) konsantrasyonları arasında yüksek korelasyonlu ilişkiler kurulmuştur (Carpenter ve Carpenter 1983; Lindell vd., 1985; Doerffer vd., 1989; Lathrop vd., 1986). Bununla birlikte, yapılan araştırmalar sonucunda kıyısularda AKM ve CDOM konsantrasyonlarının su kalitesi üzerinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Bu tip sularda özellikle AKM konsantrasyonunun ve dağılımının etkisinin oldukça fazla olduğu bilinmektedir (Morel and Prieur 1977). Ayrıca UA algılama yönü ile incelendiğinde AKM parametresinin konsantrasyon ve dağılım tahminlerinde en başarılı sonuçlar elde edilebilen parametre olduğu görülmektedir. Bu durum AKM'nin küçük partiküler yapısı sebebi ile ışığı önemli oranda yakın kızılötesi bölgede saçıcı özellik taşımasından kaynaklanmaktadır.

UA teknikleri ile AKM parametresinin tespitine yönelik olarak analitik ve istatistiksel olmak üzere iki metot kullanılmaktadır. Analitik metotta suyun iç optik parametreleri ile elektromanyetik ışınlar arasındaki etkileşimleri içeren oldukça karmaşık biyo-optik modeller kullanılmaktadır. Analitik metotların temel avantajı farklı havzalar ve farklı sensörler için kullanılabilir oluşlarıdır. Ancak çalışma alanına ve suya ilişkin çok sayıda değişkenin model içine sokularak çözümün yapılması gerekmektedir. Bu metotta değişkenler hatalı veya eksik modellendiği zaman sonuçlarda oldukça büyük hatalar oluşması kaçınılmazdır. Bu durum zaman ve maliyet yönüyle de olumsuz bir etki meydana getirmektedir.

İstatistiksel metotlarda ise AKM konsantrasyonu ve dağılımı, eş zamanlı alınan *in-situ* örnekleri ile suyun optik özellikleri arasında kurulan istatistiksel modeller yardımıyla belirlenmektedir (Doxaran vd., 2002). Bu metodun en önemli dezavantajı ise uydu tarafından kaydedilen görüntü ile eş zamanlı *in-situ* örneğinin elde edilmesinin oldukça güç olmasıdır. Bunun yanı sıra bu metot ile geliştirilen istatistiksel algoritma *in-situ* örneklerinin alındığı havza ile aynı ya da benzer su karakteristiğine sahip olan bölgelerde, bölgesel olarak uygulanabilir. Literatürde istatistiksel ve analitik metotlar kullanılarak AKM konsantrasyon ve dağılımı tespitine yönelik birçok araştırma yapılmıştır (Dekker vd., 1999; Dekker vd., 2001; Dekker vd., 2002; Binding vd., 2003).

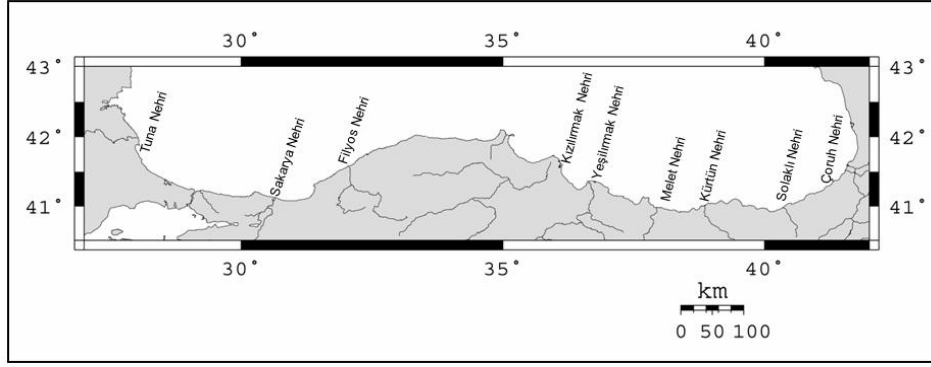
Birçok araştırmacı suyun optik yapısına etkileyen parametrelere ilişkin Rr_s (uzaktan algılanmış reflektans (yansıtım)) değerleri ile bu parametrelerin konsantrasyonları arasında ilişki kurmuştur. Rr_s (Gordon vd., 1984) tarafından nadir yönünde yukarı yönlü radyans değerlerinin aşağı yönlü irradyans değerlerine oranı olarak tanımlanmıştır. Bu iki değişken de uzaktan algılama platformlarınınca ölçülebilmektedir (Bukata, 2005). Özellikle kıyısularda veya benzer karakteristik taşıyan su kitlelerinde Rr_s kullanılması sayesinde daha yüksek korelasyonlu istatistiksel modeller kurulabilmiştir. Rr_s değerleri üzerinde çeşitli radyometrik ve atmosferik etkiler giderildikten sonra Rr_s değerleri yüzey reflektanslarına (Rr_{sw}) dönüştürülmekte ve bu sayede yapılan regresyon analizlerinde en doğru kestirim modeli en yüksek korelasyon değerleri ile elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye Karadeniz kıyılarına yönelik su kalitesi gözlemlerinde büyük önem taşıyan AKM konsantrasyonunun ve dağılımının Landsat TM sensörü ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak ortaya koyulması amaçlanmaktadır. Çalışmada bu amaca yönelik olarak Rr_s değerleri ve AKM konsantrasyonları arasında Karadeniz kıyısularda yönelik istatistiksel metoda dayalı bir algoritma geliştirilmiş ve AKM haritaları üretilmiştir. Karadeniz havzasında yoğun miktarlarda sediment nehirler tarafından içbölgelerden kıyısulara taşınmaktadır. AKM Karadeniz kıyısularda ekosistemi, üretkenliği ve kıyısuların rekreasyonel amaçlı kullanımını önemli düzeyde etkilemektedir. Bu durum havzadaki AKM değişimlerinin sürekli gözlemlenmesini gerektirmektedir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışmada, Karadeniz'in güneyinde tüm Türkiye kıyısını kapsayan kıyısularda çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu kıyı şeridi yaklaşık 1700 km uzunluğundadır (Şekil 1). Karadeniz kıyı bölgesinin topografyası incelendiğinde dağların kıyıya yakın bölgelerden ve kıyıya paralel olarak yükseldiği bir yapı ile karşılaşmaktadır. Topografya insanların bölgedeki yerleşim tarzını da etkilemekte ve nüfusun özellikle kıyıya çok yakın bölgelerde yoğunlaştığı bir yerleşim düzeni ortaya çıkarmaktadır. Bu durum kıyıları üzerindeki antropojenik etkilerinin önemli oranda artmasına neden olmaktadır. Karadeniz kıyı şeridinden denize boşalan Çoruh, Kızılırmak (1355 km), Yeşilirmak (519 km), Sakarya (228 km), Filyos (228 km), Melet (165 km), Melen (149 km), Bartın (107 km) ve bunların dışında daha birçok küçük nehir AKM konsantrasyonunu büyük oranda etkileyen ve arttıran nehirlerdir. Özellikle Çoruh, Kızılırmak, Yeşilirmak ve

Sakarya nehirleri hem debileri hem de güzergâhlarının oldukça uzun olması sebebiyle, kıyılara yoğun miktarda AKM taşımaktadır.



Şekil 1: Çalışma alanı (Dihkan vd., 2011)

Bölge iklimi incelendiğinde ise havadaki yüksek nem miktarının yoğunlaşması sonucu yazları ve kışları yüksek oranlarda yağışlı ve nemli bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle doğu bölümü bu yönüyle Türkiye'nin en yoğun yağış miktarlarına sahip bölgesidir. Bu sebeplerden dolayı bölgede sıklıkla sel ve toprak kayması gibi olaylar meydana gelebilmektedir. Özellikle kıyılarda ve nehir kenarlarında meydana gelen bu olaylar bölgede kıyısulardaki AKM yoğunluğu üzerinde etkili olmaktadır.

Çalışmada kıyı bölgesini kapsayan dokuz adet çok bantlı Landsat TM görüntüsü kullanılmıştır (Tablo 1). Görüntüler 30 m konumsal çözünürlükte olup, UTM sisteminde referanslı ve DN (digital number) formatındadır.

Tablo 1: Uygulamada kullanılan görüntüler (*eşzamanlı *in-situ* verisi bulunan bölgeler)

No	Görüntü Adı	Alınma Tarihi	Alıcı
1	172r31	1987/08/16	TM
2	173r31	1987/09/24	TM
3*	174r31	1988/08/24	TM
4	175r31	1987/10/08	TM
5	176r31	1987/07/27	TM
6	177r31	1987/07/02	TM
7*	178r31	1987/07/25	TM
8*	179r31	1987/09/18	TM
9*	180r31	1987/09/25	TM

Çalışmada dört farklı görüntü üzerinde bulunan 27 adet örnekten elde edilmiş *in-situ* verileri kullanılmıştır. Kullanılan veriler yakın zamanlı olarak elde edilmiş yerinde ölçüm verileri olup uluslararası proje kapsamında hazırlanan veritabanından alınmıştır (Vladimirov vd.,1998; 1999).

3. UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN İŞLENMESİ VE İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmanın bu bölümünde uydu görüntüleri görüntü işleme algoritmaları kullanılarak işlenmiş ve istatistik analizler gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme bölümü üç aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle çalışmada kullanılacak tüm görüntülerdeki kalibre edilmiş DN değerleri alıcı tarafından kaydedilen spektral radyans ($W/m^2sr^1\mu m^1$) değerlerine dönüştürülmüştür. Bu amaçla Chander vd., (2009) tarafından Landsat TM alıcısı için ortaya koyulan dönüşüm parametreleri ve eşitlikleri (1) kullanılmıştır. Bu işlemin yapılmasındaki temel amaç görüntü verisinin farklı platformlarda ve özellikle akuatik çalışmalarda kullanılan literatürle uyumlu olması ve genel manada bir fiziksel ölçüm birimi olan radyans değerlerinin kullanılmak istenilmesidir.

$$L_{\lambda} = G_{rescale} \cdot Q_{cal} + B_{rescale} \quad (1)$$

Eşitlikte; L_{λ} alıcı tarafından kaydedilen spektral radyans değeri, $G_{rescale}$ bant için özel gain faktörü ($W/m^2sr^1\mu m^1/DN$) ve $B_{rescale}$ ise bant için özel bias faktördür ($W/m^2sr^1\mu m^1$).

Bu işlemin ardından elde edilen radyans görüntüleri (2) eşitliği yardımıyla Rr_{TOA} (Rr_s) değerlerine dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm ile değişik alıcılar tarafından algılanan radyans değerleri arasında farklı zenit açılarından kaynaklanan kosinüs etkisi, yine farklı spektral bant aralıklarından dolayı ortaya çıkan farklı ekzoatmosferik solar irradyans değerlerinin etkisi ve farklı alıcıların alıcı radyans kaydı esnasındaki farklı dünya-güneş uzaklığından meydana gelen hatanın etkisi giderilmiş olur (Chander vd., 2009). Bu esnada kullanılan $ESUN_{\lambda}$, d ve θ_s parametreleri her görüntü ve her bant için ilgili tanım dosyasından alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$Rr_{TOA} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{ESUN_{\lambda} \cos \theta_s} \quad (2)$$

Eşitlikte; Rr_{TOA} TOA reflektansı, d astronomik birimde dünya-güneş arası mesafeyi, $ESUN_{\lambda}$ ortalama ekzoatmosferik solar irradyans değerini ve θ_s solar zenit açısını ifade etmektedir.

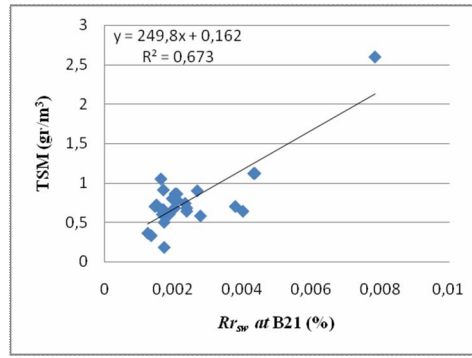
Elde edilen Rr_{TOA} görüntüleri üzerinde atmosferik saçılmalardan ve diğer etkenlerden kaynaklanan bazı etkiler mevcuttur. Yüzey reflektansına geçiş için bu etkilerin görüntü üzerinden giderilmesi gerekmektedir. Bu amaçla son aşamada, Wang vd. (2007) tarafından DOS atmosferik düzeltme metodundan türetilmiş olan TZB5 metodu kullanılarak görüntüler üzerindeki atmosferik etkiler giderilmiş ve Rr_{sw} görüntüleri elde edilmiştir. Tüm görüntü işleme aşamaları Matlab 2010a programı ortamında geliştirilen yazılım yardımı ile yapılmıştır.

Rr_{sw} görüntüleri elde edildikten sonra yazılım yardımı ile yersel *in-situ* verileri UTM sisteminde referanslandırılmıştır. Otomatik olarak konumsal eşleşme işlemi yapıldıktan sonra ilgili görüntü üzerinde her örneğe karşılık gelen piksel için görüntünün 1-5 bantlarına ait Rr_{sw} değerleri kaydedilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan bant kombinasyonları

Kombinasyon No	Formül
B1	TM2/TM1
B2	TM2/TM3
B3	TM3/TM1
B4	TM4/TM1
B5	TM4/TM2
B6	TM4/TM3
B7	(TM1+TM2+TM3+TM4)/4
B8	(TM1+TM2+TM3)/3
B9	(TM1+TM3)/2
B10	(TM2+TM3)/2
B11	(TM3+TM4)/2
B12	(TM2+TM4)/2
B13	(TM1+TM4)/2
B14	(TM2-TM4)/(TM2+TM4)
B15	(TM3-TM4)/(TM3+TM4)
B16	(TM1*TM3) ^{1/2}
B17	(TM3*TM4) ^{1/2}
B18	(TM2*TM4) ^{1/2}
B19	TM1 ²
B20	TM2 ²
B21	TM3 ²
B22	TM4 ²
B23	(TM1*TM4) ^{1/2}

İstatistiksel model kurulması aşamasında ise en yüksek korelasyon düzeyin ulaşabilmek amacıyla uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan bant kombinasyonu işlemlerinden faydalanılmıştır. Bu amaçla 23 adet bant kombinasyonu geliştirilmiş ve regresyon analizlerinde bu kombinasyonlardan da faydalanılmıştır. İlgili bant kombinasyonları Tablo 2 de görülmektedir. *In-situ* örnekleri ile eşleştirilen Rr_{sw} görüntülerinin ilk dört bant değerleri ve bu bantların 23 farklı kombinasyonu arasında doğrusal regresyon analizleri yapılmış ve en yüksek korelasyonlu eşitlik B21 kombinasyonu ile elde edilmiştir (Şekil 2). Eşitlikte AKM düzeyi bağımlı değişken ilgili Rr_{sw} değeri ise bağımsız değişkeni ifade etmektedir.



Şekil 2: Rr_{sw} değerleri ile AKM konsantrasyonları arasındaki ilişki.

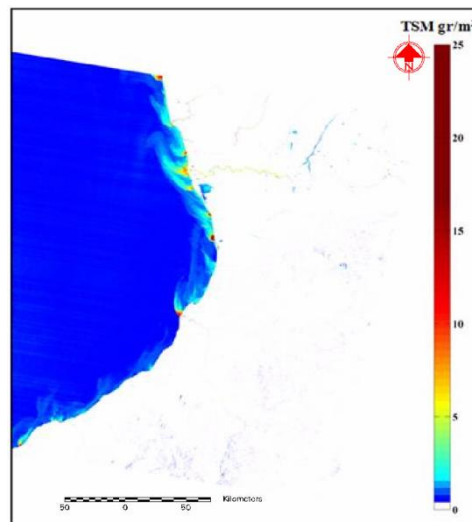
En güçlü istatistiksel ilişki tespit edilen regresif model ($R^2 = 0,67$) 9 görüntünün tamamına uygulanmış ve tüm Karadeniz Türkiye kıyısı için AKM haritaları üretilmiştir. Bu görüntüler üzerinden karasal bölgeler çeşitli görüntü işleme teknikleri yardımıyla maskelenerek AKM konsantrasyon ve dağılım haritaları ortaya koyulmuştur. Görüntülerin kaydedildiği tarihlerde tüm görüntüler üzerinde yeterli AKM yoğunluğu gözlemlenememiştir. Bu sebeple sadece yeterli AKM yoğunluğu ihtiva eden kıyısız bölgelere ilişkin görüntüler şekil 3, 4, 5 ve 6'da gösterilmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada Karadeniz kıyısız sularında bulunan AKM parametresinin güncel, doğru ve hızlı bir biçimde belirlenebilmesine yönelik olarak bir istatistiksel model geliştirilmiştir. Geliştirilen model sayesinde bölgede AKM konsantrasyon ve dağılım haritaları yeni yersel ölçüme gerek duyulmadan belirlenmiştir. Eşzamanlı veri eksikliği sebebiyle istatistiksel model kurulurken tüm görüntüler kullanılamamıştır. Buna rağmen eldeki *in-situ* verilerinin Doğu, Orta ve Batı Karadeniz kıyıları üzerinde algılanmış görüntüler üzerinde mevcut olması, modelde kullanılan görüntülerin bölgenin bütün kıyısız özelliğini temsil edebilmesine olanak sağlamaktadır.

Elde edilen AKM haritaları genel olarak incelendiğinde kıyısız sulardaki AKM konsantrasyonlarının Çoruh, Kızılırmak ve Tuna gibi büyük nehirlerin kıyısız sulara yoğun AKM taşıması ve bu bölgelerde türbid bölgeleri meydana getirmesi sonucu arttığı ortaya çıkmaktadır. Özellikle Karadeniz havzasında yılın dört mevsimi yoğun yağış alan doğu kıyılarında; yüksek yağış oranları sebebi ile meydana gelen heyelanlar, toprak kaymaları, sel ve taşkınlar gibi doğa olaylarının da etkisi ile akarsular ile taşınan AKM yoğunluğu en üst değerlere ulaşmaktadır. Bu durum AKM dağılımının bölgenin meteorolojik hidro-jeolojik yapısından yoğun olarak etkilendiğini ortaya çıkarmaktadır.

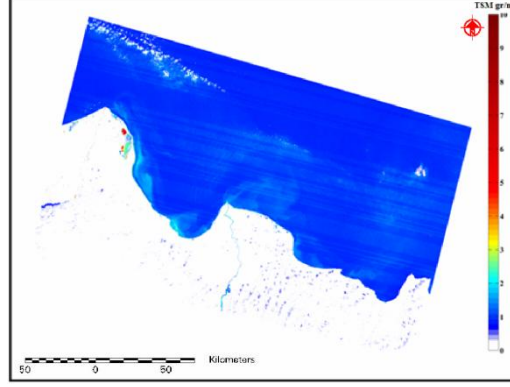
Havzada kıyılarına yoğun miktarda AKM taşıyan belli başlı nehirler incelendiğinde; Doğu Karadeniz kıyısız sularında Şekil 3'de görüldüğü üzere Çoruh nehri ve civarındaki daha küçük nehirler üzerinde ve denize boşaldıkları kıyısız bölgelerde, yer yer 20 – 25 gr/m^3 gibi oldukça yüksek AKM konsantrasyon değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 3: Doğu Karadeniz kıyıları ve Çoruh nehrine ilişkin AKM haritası

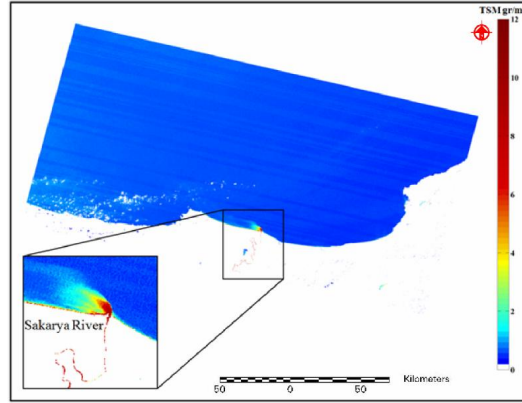
Orta Karadeniz kıyısız sularına ilişkin AKM konsantrasyonları incelendiğinde Kızılırmak nehrinin oluşturduğu türbiditenin önemli oranda etkisi olduğu görülmektedir. Nehir üzerinde ve denize boşaldığı kıyısız sularda AKM

konsantrasyonları incelendiğinde yer yer 3 – 8 gr/m³ konsantrasyon değerleri gözlemlenmektedir (Şekil 4). Güneroğlu (2007) tarafından Kızılırmak nehri üzerinde evvelce yersel yöntemler kullanılarak yapılmış olan AKM ölçümlerinde 2 – 13.5 gr/m³ aralığında konsantrasyon değerleri elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen AKM konsantrasyonlarının bu düzeye yakın seyretmesi algoritmanın büyük oranda tutarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

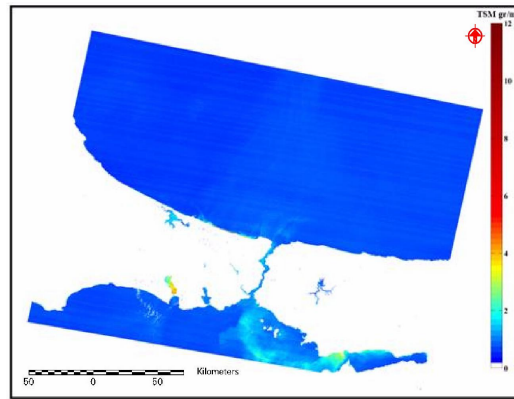


Şekil 4: Kızılırmak, Yeşilirmak nehirleri ve ilgili kıyısularda ilişkin AKM haritası

Batı Karadeniz bölümünde ise Sakarya, Bartın nehirleri ile Ayancık ve Türkeli Yılanlı çaylarının kıyılarda AKM yoğunluğu üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Sakarya kıyı bölgesi boyunca ve Sakarya nehri üzerinde 7 – 10 gr/m³ düzeylerinde AKM konsantrasyonları tespit edilmiştir (Şekil 5). İstanbul – Sakarya arasındaki kıyı bölgelerde kıyıda 1 km mesafe açığa kadar bu etki devam etmekte ve 1 – 10 gr/m³ düzeylerinde değişen AKM konsantrasyonlarına rastlanmaktadır (Şekil 6).



Şekil 5: Sakarya nehri ve Batı Karadeniz kıyılarına ilişkin AKM haritası



Şekil 6: İstanbul Boğazı ve Marmara Denizi kıyılarına ilişkin AKM haritası

Sonuç olarak Landsat TM/ETM+ alıcısına yönelik olarak Karadeniz havzası için çalışmada geliştirilen istatistiksel model sayesinde geçmiş ve geleceğe yönelik AKM konsantrasyonları ve dağılımları belirlenebileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca elde edilen AKM haritaları sayesinde türbid bölgelerin siklonik veya antisiklonik yönelimlerinde analiz edilebilmektedir.

İleride yapılacak çalışmalarda AKM'nin uzaktan algılanması ile ilgili olarak *in-situ* spektrometrik verilerinde ölçüldüğü ve analitik bir atmosferik düzeltme modelinin kullanıldığı bir analitik veya yarı-analitik algoritma ile daha başarılı sonuçlar alınabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Binding, C.E., Bowers, D.G. and Mitchelson-Jacob, E.G., 2003. *An Algorithm for the retrieval Of Suspended Sediment Concentrations in the Irish Sea from SeaWiFS Ocean Color Satellite Imagery*, International Journal of Remote Sensing, 24, 3791 - 3806.
- Carpenter, D.J. and Carpenter, S.M., 1983. *Modeling Inland Water Quality Using Landsat Data*, Remote Sensing of Environment, 13, 345-352.
- Chander, G., Markham, B.L. and Helder, D.L., 2009. *Summary of Current Radiometric Calibration Coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors*, Remote Sensing of Environment, 113, 893-903.
- Dekker, A. G., Vos, R. J. and Peters, S. W. M., 2001. *Comparison of Remote Sensing Data, Model Results and In Situ Data for the Southern Frisian Lakes*, Science of the Total Environment, 268, 197 - 214.
- Dekker, A.G., Vos R.C. and Peters S.W.M., 2002. *Analytical Algorithms for Lake Water TSM Estimation for Retrospective Analyses of TM and SPOT Sensor Data*, International Journal of Remote Sensing, 23, 15-35.
- Dihkan, M., Karsli, F. and Guneroglu, A., 2011. *Mapping Total Suspended Matter Concentrations in the Black Sea Using Landsat TM Multispectral Satellite Imagery*, Fresenius Environmental Bulletin, 20(1), 262-269.
- Doerffer, R., Fischer, J., Stössel, M., Brockmann, C. and Grassl, H., 1989. *Analysis of Thematic Mapper Data for Studying the Suspended Matter Distribution in the Coastal Area of the German Bight (North Sea)*, Remote Sensing of Environment, 28, 61-73.
- Doxaran, D., Froidefond, J.M., Lavender, S. and Castaing, P., 2002. *Spectral Signature of Highly Turbid Waters Application with SPOT Data to Quantify Suspended Particulate Matter Concentrations*, Remote Sensing of Environment, 81, 149-161.
- Gordon, H.R., Smith, R.C., and Zaneveld, J.R.V., 1984. *Introduction to ocean optics*, SPIE: Ocean Optics VII, 489, 2-41.
- Lathrop, R.G. and Lillesand, T.M., 1986. *Use of Thematic Mapper data to assess water quality in Green Bay and central Lake Michigan*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52, 671-680.
- Lathrop, R.G., Lillesand, T.M. and Yandell, B.S., 1991. *Testing the Utility of Simple Multi-Date Thematic Mapper Calibration Algorithms for Monitoring Turbid Inland Waters*, International Journal of Remote Sensing, 10, 2045-2063.
- Lindell, L.T., Steinvall, O., Jonsson, M. and Claesson, T.H., 1985. *Mapping of Coastal Water Turbidity Using Landsat Imagery*, International Journal of Remote Sensing, 6, 629-642.
- Morel, A. and Prieur, L., 1977. *Analysis of Variations in Ocean color*, Limnology and Oceanography, 22, 709-722.
- Onderka, M. and Pekárová, P., 2008. *Retrieval of suspended particulate matter concentrations in the Danube River from Landsat ETM data*, Science of the Total Environment, 397, 238-243.
- Ritchie, J.C. and Cooper, C.M., 1991. *An Algorithm for Estimation Surface Suspended Sediment Concentration with Landsat MSS Digital Data*, Water Resources Bulletin, 27, 373-379.
- Wang, J., XiXi L. and Zhou Y., 2007. *Retrieval of Suspended Sediment Concentrations in the Turbid Water of the Upper Yangtze River Using Landsat ETM+*, Chinese Science Bulletin, 52, 273 - 280.
- Vladimirov, V.L., Besiktepe, S.T. and Aubrey, D.G., 1998. *Database and Database Management System of the TU-Black Sea Project*, In: *Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea (Ivanov, L.I., Oguz, T., Eds.)*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1, 1-10.

Vladimirov, V.L., Besiktepe, S.T. and Aubrey, D.G., 1999. *Database and Database Management System of the TU-Black Sea Project*, In: *Environmental degradation of the Black Sea: Challenges and Remedies*, (Besiktepe, S.T., Unluata, U. ve Bologna, A.S., Eds.), Kluwer Academic Publishers, 291-301.

Bukata, R.P., 2005. *Satellite Monitoring of Inland and Coastal Water Quality: Retrospection, Introspection, Future Direction*, CRC Press, 246p., USA.

Dekker, A. G., Moen, J. P., Kootwijk, E. J., van Rossum, G., Hoogenboom, H. J., Belfroid, A. C. and Claassen, T. H. L., 1999. *The Quality of Several Frisian Inland Waters as Measured with Airborne Remote Sensing* (August 1997) (in Dutch). Netherlands Remote Sensing Board Report NRSP-2 99-22, Rijkswaterstaat Survey Department, Delft, The Netherlands.

Güneroğlu, A., 2007. *Karadeniz Oşinografisinin Yerinde Ölçüm ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması*, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 103p.

Rivera P.L., 2009. *Mapping Suspended Sediment Concentrations Using the Diffuse Attenuation Coefficient (K_d) and Multispectral and Spatiotemporal Images in Caribbean Coastal Waters of Colombia*, Msc Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, Netherlands, 46p.