HİDRO ELEKTRİK SANTRALLERİNİN BAZI EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN HARİTALANMASI

Onur ŞATIR¹, Sevim Tuğçe YELER²

¹Doç. Dr. Van Yüzüncü yıl Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 65080 Tuşba/ Van, osatir@yyu.edu.tr

²Öğr.Gör. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Muradiye MYO. Peyzaj ve Süs Bitkileri programı, 65080 Kampüs/Van, tugceyeler@yyu.edu.tr

ÖZET

Geçmişten günümüze hızla artmakta olan kentleşme ve insan etkileri doğa üzerinde büyük bir tahribata yol açmaktadır. Plansız olarak kullanılan doğal kaynaklar ve gelişen alan kullanımları, ekosistemler üzerinde büyük değişimler oluşturur. Bu durum doğal faydalar olarak tanımlanan Ekosistem Servisleri (ES) üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ulaşım ve enerjiye duyulan ihtiyaç artmaktadır. Türkiye hızla artan nüfusu, gelişen sanayisi ve jeopolitik konumu sonucu transit geçiş yolları üzerinde bulunması sebebiyle yatırım planlarının büyük bir kısmını ulaşım ve enerji sektörlerine ayırmaktadır. Bu da ekosistemler üzerindeki baskıyı arttırmakta ve servislerin sürdürülebilirliğini tehlikeye sokabilmektedir. Çalışmada Türkiye'deki Hidro Elektrik Santrallerinin (HES) bazı ES' ler üzerine etkilerinin Adana Yedigöze HES ve yakın çevresi örneğinde haritalanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, erozyon kontrolündeki değişiklikler, hava temizleme – sirkülasyon yapısına etkiler ve yüzey sıcaklığına olan etkiler HES bölgesi ve yakın çevresinde değerlendirilmiştir. Erozyon değerlerinin hesaplanmasında, çok zamanlı Landsat 5 – 7 ve 8 verilerinden üretilen Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) değerleriyle hesaplanmış bitki kapallılığı verileri, çeşitli fiziksel değişkenler kullanan ICONA erozyon risk analiziyle HES inşaatı öncesi 3 yıllık ve HES inşaatı sonrası 3 yıllık zaman dilimleri için hesaplanmıştır. Aynı dönemler için, ekosistemin temiz hava temini değerlerindeki değişiklikleri tanımlamada Klorofil Vejetasyon İndisi (CVI) ve yüzey sıcaklığındaki değişiklikleri saptamak için de çok zamanlı MODIS termal verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, HES alanı içerisinde, bitki örtüsündeki kayıplar nedeniyle erozyonda artışlar meydana gelmiştir. Yine aynı nedenden dolayı HES ve çevresindeki ekosistemin temiz hava temin yeteneği azalmıştır. Gündüz ve gece sıcaklıklarının ayrı olarak analiz edildiği bölgede, genel ortalama 2 - 3 °C' lik bir soğuma olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak hesaplanan ES kayıpları, sürekli ve kategorik olarak haritalanmıştır. Kategorik derecelendirmelere göre; ES kayıplarının büyük bir bölümünün orta %17 ve az %68 oranlarında olduğu, çok yüksek kayıpların alansal olarak yaklaşık %2.5 civarında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: ekosistem servisleri, HES, uzaktan algılama, peyzaj değişimi, çevresel etki değerlendirmesi

ABSTRACT

MAPPING THE EFFECTS OF HYDRO ELECTRIC POWER PLANTS ON SOME ECOSYSTEM SERVICES

Urbanization and human effects, which have been increased from past to current time, have been caused damage on nature. Unplanned natural source usage and developing land uses are created big changes on ecosystems. This situation is caused a big threat on ecosystem services which is described as natural benefits. Transportation and energy needs are increased in developing countries. Turkey is designed its investment policy on transportation and energy due to geo-politic location, fast developing population and industries. Therefore, pressure on ecosystem services are increased and sustainability of the services can be under the risk. The purpose of the research was to map the effects of the hydroelectric power plant (HPP) on some ecosystem services in the case of the Adana Yedigöze HPP and surrounding area in Turkey. In this extent, effects on the erosion control, air cleaning and circulation and land surface temperature were evaluated in HPP and surrounding area. Erosion risk values were calculated using long term Landsat 5-7 and 8 producing soil adjusted vegetation index (SAVI) for plant cover and ICONA model that was used various physical dataset using three year period data before and after the construction. For the same period, chlorophyll vegetation index (CVI) was obtained to define the clean air providing and long term land surface temperature (LST) was calculated using MODIS LST dataset. According to the results, erosion was decreased because of the loss of plant cover in research area. Clean air providing ability of the ecosystem was decreased due to the same reason. Surface temperature analyses for day and night time showed that it is around 2-3 °C colder than before in the study area in general. Calculated ES losses were mapped to be continuous and categorical. Major ES losses were about 2.5% and middle and low losses around 17% and 68% respectively based on the categorical assessments in the study area.

Keywords: ecosystem services, HPP, remote sensing, landscape change, environmental impact assessment

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme özellikle hızlı gelişen ülkelerde yeni enerji yatırımlarını da gerekli hâle getirmektedir. Bu durum, ekosistemlerde verimlilik kaybına yol açmaktadır. Ekosistem Servisleri (ES) nin bir çok farklı tanımı vardır ancak temel olarak ekosistem işlevlerinin toplumsal insan yaşantısına doğrudan ve dolaylı bir şekilde sağladığı faydalar (Costanza ve ark., 1997) olarak özetlenebilir. Diğer bir ifadeyle doğanın insanoğluna sağladığı faydalardır.

Ekosistemler, mikroorganizmalar başta olmak üzere fauna ve flora gibi canlı varlıklar ile cansız doğa etkileşimindeki potansiyel ve güçlü etkileşimlerden oluşan uygulanabilir bir kısımdır. ES de bu ekosistemler ile insanlara sağlanan olanaklardır. Bu olanaklar tedarik hizmetleri, düzenleyici hizmetler, kültürel hizmetler ve destekleyici hizmetlerden oluşmaktadır (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Ekosistemin su temini, erozyon kontrolü, temiz hava temini ve yiyecek temini gibi birçok fonksiyonu vardır ve bu fonksiyonların sayısal olarak ifade edilmesinde çeşitli indikatörler kullanılmaktadır. Örneğin; bir ormanın kesin olarak oksijen temini potansiyelini tespit etmek çok zordur. Bununla birlikte, ormanların klorofil miktarları çeşitli uzaktan algılama indisleri yardımıyla belirlenebilir.

Teknik bakımdan incelendiği zaman UA yöntemleri, tabiatla ortaya çıkan birçok yeniliği zamanında, düzgün ve hızlı bir şekilde tespit etme olanağı sağlayan ileri düzey teknolojilerdir. En önemlileri arazi kullanımında ki değişimler, bitki dokusu, tarımsal uygunluk alanları tahmini, ormanlık alan, meralar, erozyon durumları, toprak bilgisi ve jeoloji konularının esas bilgi ihtiyacında ve arazi örtüsü ya da arazinin kullanımının tespit edilerek tematik haritalarının ortaya konulmasında geniş olarak kullanımı görülmektedir. Ayrıca, UA teknikleri, zamandan, insan gücünden ve maliyetten tasarruf sağlayan kullanışlı bir bilim dalıdır (Çölkesen 2009, Şatır ve Berberoğlu 2012).

Bu çalışmanın amacı, ekosistemin erozyon kontrolü, temiz hava temini ve iklim düzenleyici fonksiyonlarının HES projelerinden etkilenme düzeylerini ortaya koymaktır. Bu kapsamda, yakın zamanda tamamlanan Adana Yedigöze HES proje alanı örnek olarak çalışılmıştır.

2. MATERYAL

Çalışmada kullanılan materyaller genel olarak optik uydu verileri, sayısal yükseklik verisi ve toprak aşınma derecesi haritası olarak 3 farklı konumsal veri kullanılmıştır.

Çalışmada ana materyal olarak, erozyon analizleri ve bitki klorofil miktarlarının belirlenmesinde, HES inşaatı öncesi ve sonrası dönemleri kapsayan Landsat 5-7 ve 8 verileri kullanılmıştır. Bu veriler, havza ölçeğindeki çalışmalarda (30m) yeterli yersel çözünürlüğe sahip olup, çalışmada kullanılan indislerin üretilmesinde de etkin olarak kullanılabilmektedir. Yüzey sıcaklığındaki değişimlerin analizi çalışmalarında ise MODIS LST ürünü kullanılmıştır. Bu ürün, birkaç basit işlemle DN verilerinin yüzey sıcaklığına dönüştürülmesi için kullanılabilmektedir. HES inşaatı öncesi ve sonrasındaki 3'er yıllık dönemin aylık olarak 1 km yersel çözünürlükteki gündüz ve gece kompozit MODIS verileri kullanılmıştır.

Bunlarla birlikte, HES proje alanı sınırı, alanın 30m yersel çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli ASTER küresel DEM verisinden elde edilmiştir. Basit topografik düzeltme yapılarak, eğim analizlerinde kullanılmıştır.

Toprak aşınma faktörü (k verisi) (Çilek 2013) verileri de ayrıca temin edilip kullanılmıştır. Bu veride 250m yersel çözünürlüktedir.

3. YÖNTEM

Çalışmanın yöntemi 2 temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, geçmiş ve güncel ES değerleri belirlenmektedir. İkinci aşamada ise erozyon kontrolü, hava sirkülasyon kaybı ve iklim kontrolü etkilerindeki kayıplar hesaplanmaktadır (Şekil 1).

Erozyon riskinin hesaplanmasında ICONA adı verilen ve toprak ve bitki örtüsü temelli bir model kullanılmıştır. ICONA (Institut National pour la Conservation de la Nature) yöntemi incelendiği zaman erozyonun risk oranlarının tespit edilmesi yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Ortaya çıkarılarak geliştirilmesi İspanya Doğal Kaynakları Koruma Genel Müdürlüğü (DGCONA) tarafından yapılmış olup; hâlen faydalanmayı sürdürmektedirler. Ortaya çıkarılan bu metod sonrasında, erozyon düzeylerinde ve sonuç haritalarında ortalamanın tutturulması adına UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) bünyesinde bütünleştirilmiştir (Jordan, Zavala ve Bellinfante, 2000). Bu model, bitki örtüsü ve eğimi temel olarak toprak koruma ve toprağın aşınabilirliğini hesaplayıp erozyon riskinin ortaya konmasını sağlamaktadır.

Yaprak klorofil konsantrasyonunun tahmini için klasik NDVI' da olduğu gibi kırmızı bir bant yerine yeşil bir bant kullanan "Yeşil NDVI" önerilmiştir. Benzer şekilde, yeşil basit oran, klasik basit oranda olduğu gibi, kırmızı bir banttan daha yeşil bir bant kullanan NIR ve yeşil parçalardaki yansımaların oranı pigment içerik tahlilinde dikkate alınabilir. Yaprak klorofil içeriğine duyarlılığı artırılmış ve yaprak alanı endeksi (LAI) varyasyonuna duysız yeşil bandın spektral bilgisini içeren geniş bant VI elde etmek için klorofil bitki örtüsü indeksini geliştirmiştir (Vincini ve ark. 2007). Kullanılan eşitlik ise şu şekildedir:

$$CVI = (PNIR / PGREEN) \cdot (PRED / PGREEN) \quad (1)$$

PNIR: Kızılötesi Bant

PRED: Kırmızı Bant

PGREEN: Yeşil Bant

Bu çalışmada klorofil vejetasyon indeksi pilot alanlardaki geçmiş ve günümüz arasındaki klorofil miktarındaki değişim belirlenerek alanlardaki hava sirkülasyon kaybı hesaplanmaya çalışılmıştır. Ayrıca NDVI ve birçok vejetasyon indisinin karşılaştırıldığı Vincini ve ark. (2007) araştırmasına göre, bitkinin klorofil içeriğiyle en iyi şekilde uyum gösteren indis CVI olarak belirlenmiştir.

İki farklı işlemden geçirilen MODIS termal verileri radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmiştir. İlk işlem, harita projeksiyonunun mevcut çalışma alanlarına uygun hâle getirilmesidir. MODIS'e özgü bir sistem olan ISIN (Integriated Sinusoidal) projeksiyon sisteminde ham MODIS verileri yer almaktadır. EOS tarafından geliştirilen yazılım yardımıyla MODIS verilerinin birbirleriyle koordinat uyumunu gerçekleştirmek için projeksiyon sistemi dönüşümü yapılmıştır. MRT (MODIS projeksiyonu yenileme aracı, Reprojection Tool) yazılımı, MODIS ile yapılacak çalışmalarda, kullanıcıya MODIS projeksiyonunu genel olarak kabul görmüş projeksiyon sistemlerine dönüştürmeye yardımcı olması için geliştirilmiştir. Yazılım HDF (Hiyerarşik veri formatı, Hierarchical Data Format) olarak depolanan MODIS verilerini, ham-ikilik sisteme (raw-binary) veya GEOTIFF (yarsel konumlandırılmış tiff görüntüsü) formatına çevirebilmektedir. Bunun yanında kullanıcı gerek görürse görüntülerin belirli bir kısmını ve/veya belirli bant kombinasyonlarını seçebilmektedir (Şatır, 2013).

İkinci işlem ise orijinal MODIS termal verilerinin celsius sıcaklık birimine dönüştürülmesidir. Mevcut orijinal veriler ölçeklendirilmiş biçimde kaydedilmektedir. Bu veriler aşağıdaki formül uygulanarak celsius sıcaklık birimine çevrilmiştir (Hutchinson, 2006).

$$LST_g = (LST_0 \cdot 0.02) - 273 \quad (2)$$

LST_g: Gerçek yüzey sıcaklığı Co

LST₀: Ölçeklendirilmiş yüzey sıcaklığı (orijinal veri)

Şekil 1. Çalışmanın yöntem akış şeması.

Hava sirkülasyonu kaybı klorofil vejetasyon indisi (CVI) ile bitki klorofil içeriklerindeki değişimlerin çok yıllık verilerle saptanması sonucu elde edilmektedir. Bir diğer sonuç olan yüzey sıcaklığı değişimleri ise MODIS LST ürününün bir dizi ön işlemeden geçirilmesiyle elde edilmektedir.

4. BULGULAR

Çalışmada, erozyon kontrol kaybı, hava temizleme kaybı ve iklimsel düzenleme kayıpları uzman görüşleri de alınarak ağırlıklandırılıp, toplam ES kayıpları hesaplanmıştır. Buna göre; en büyük kayıpların sonradan su yüzeyine dönüşen alanlardaki ormanlık bölgelerde olduğu, genel itibarıyla HES alanının çevresinden uzaklaştıkça ekosistemdeki kayıpların azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak HES bölgesi içerisinde klorofil miktarı azalırken, HES bölgesi çevresinde bitkilerin gelişimleri ve nem artışından kaynaklı artmalar belirlenmiştir. Ayrıca erozyon miktarında da artış saptanmıştır. Yüzey sıcaklıkları HES inşaatı bölgesinde 3 °C civarında azalmıştır (Şekil 2).

ES kayıplarının hesaplanmasında erozyon, oksijen temini ve yüzey sıcaklığının etkileri, insana sağlanan fayda temelinde düşünülerek ağırlıklandırılmıştır. Bu kapsamda toplamda 12 uzman bilim insanına çoklu değerlendirmeleri içeren sorular yöneltilmiştir. Yapılan değerlendirmede, en önemli faktörler sırasıyla; oksijen temini, erozyon kontrolü ve ısı adası etkisinin azaltılması olarak saptanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ekosistem servis kayıpları önem dereceleri.

Ekosistem Servisleri	Katsayı
Oksijen Temini (Hava Sirkülasyonu)	0,36
Erozyon	0,33
Isı Adası Etkisi	0,31

Şekil 2. (a) Toplam ES kaybı, (b) Erozyon değişimi, (c) Oransal O₂ üretim değişimi, (d) Yüzey sıcaklık farkı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’deki Ulaşım ve HES politikalarının ekosistem servisleri üzerindeki etkileri Adana Yedigöze Sanibey Barajı ve HES proje alanı üzerinde incelenmiştir. Bu alanlardaki hava sirkülasyonu kaybı, ısı adası etkisi ve erozyon gibi ekosistem servisleri UA ve CBS analiz araçları kullanılarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu veriler projelerin yapımından önceki dönem ve proje ortaya çıktıktan sonraki dönem için ayrı olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu geçmiş ve güncel dönem verileri arasındaki fark tespit edilerek ekosistem servislerindeki değişimin ne yönde olduğu belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen bu fark verileri kullanılarak pilot alanlardaki ekosistem servis kayıpları hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken önceki çalışmalardan faydalanılarak en uygun yöntemler kullanılmaya çalışılmıştır.

Yüzey sıcaklık verisi artma ve azalma yönünde değişim göstermiştir. Alandaki değişim miktarı minimum -3.06 C°, maksimum 0,57 C°’dir. Genel eğilim su etkisinden dolayı soğuma yönünde olmuştur. Göl çevresinde de nem etkisinin artması nedeniyle gece-gündüz sıcaklık farkları azalmıştır.

Oransal O₂ Üretim Değişikliği verisi %-40 azalma, %43 artma yönünde değişim göstermiştir. Azalma göl alanındaki ağaçların sular altında kalmasından kaynaklanmaktadır. Artışlar ise hali hazırda var olan orman alanlarının doğal süreçlerinden dolayı kapalılıklarının artması sonucu ortaya çıkmıştır.

Erozyon risk artış-azalış oranları verisi incelendiğinde değişim artma ve azalma yönünde verilmiştir. Alanın genelinde erozyon riskindeki yoğun değişim artma yönündedir. Yeni bir su alanının oluşması özellikle göl çevresi ve alanındaki erozyonu tetiklemiştir.

ES kaybı verisi incelendiğinde kayıp miktarı minimum 0.22, maksimum 0.86 olarak belirlenmiştir. Genel itibarıyla ES kaybının orta ve az düzeylerde olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Costanza, R., Ralph, A., Rudolf, G., Stephen, F., Monica, G., Bruce, H., Karin, L., Shahid, N., Robert, V., Jose, P., Robert, G., Raskin, P., Sutton. & Marjan van den Belt., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387: 253 – 260.

Çilek, A., 2013. Konumsal Bilgi Sistemleri Yardımıyla Türkiye’nin Erozyon Modellemesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.

Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırılması ve Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze İleri teknoloji Ens.

Jordan, A., Martinez-Zavala, L. ve Bellinfante, N., 2000. Assessment of the Erosion Risk in Humid Mediterranean Areas Workshop on Technologies for and Management of Erosion and Desertification Control in The Mediterranean Region, Priority Actions Programme, UNEP, Malta, pp. 1-13.

Hutchinson, J.M.S., Vought, T.J., Hutchinson, S.L. 2006. Continuous soil moisture mapping using MODIS NDVI and LST products, *Papers Of The Applied Geography Conferences*, 29: 140 – 149.

Board, Millennium Ecosystem Assessment., 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 2005 World Resources Institute. 474: 359-375.

Şatır, O., Berberoğlu, S., 2012. Land use/cover classification techniques using optical remotely sensed data in Landscape planning. In: Özyavuz, M. (Ed.), *Landscape Planning*. Intech, Croatia, 21–54.

Şatır, O., 2013. Aşağı Seyhan Ovası’nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi ", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Peyzaj Mim. ABD.

Vincini, M., Frazzi, E., D’Alessio, P., 2007. A broad-band leaf chlorophyll vegetation index at the canopy scale. *Precision Agriculture*, 9 (5): 303 – 319.