

## *Kıyı Mühendisliği Açısından Lagünlerin Önemi*

*Sedat Kapdaşlı, Tarkan Mutlu, İlker Fer ve Alpaslan Aydın Gakko*

*İTÜ İnşaat Fakültesi, Hidrolik Anabilim Dalı, Maslak, İstanbul*

### Öz

Lagünler genelde deniz gibi daha büyük su kütlelerine bağlantılı sığ göllerdir. Lagünler çevreyle ve karışık şekillerde bağlandığı deniz ile doğal denge çevresinde etkileşim içinde olan değişik faktörlerin etkisi altında oluşmakta, bu nedenle doğal hayatın en karmaşık ve o derecede de hassas parçalarından birini oluşturmaktadır. Bir lagünün en önemli karakteristik özelliği açık deniz ile olan bağlantısıdır. Bu bağlantı uzun bir kanal, bir bataklık, rüzgarla oluşmuş kum tepesi formasyonu, bir akarsu veya sadece bir dar ağız şeklinde olabilir. Bu bağlantı şekli lagünün doğal formasyonuna, sahil şeridinin morfolojik ve ekolojik durumuna etki eder. Bağlantı bölgesinde akıntı mevsimsel olarak tatlı su kaynaklarının azalıp çoğalmasına ve denizdeki dalga koşullarına bağlı olmak koşulu ile her iki yönde de olabilmektedir. Lagündeki tuzluluk konsantrasyonunun değişimi de akım yönüne bağlı olarak değişmektedir. Bu açıdan lagün suları deniz su kalitesinin veya tam tersinin etkisi altındadır. Bu çalışma kapsamında sözkonusu özellikler açısından karakteristik bölgelerde yersel çalışmalar yürütülerek lagün-deniz etkileşimini kontrol eden etkenler doğal koşullar altında incelenmiş ve doğal denge karakteristikleri ile ilgili bazı sonuçlar elde edilmiştir.

### 1. Giriş

Lagünler rölatif olarak sığ suya sahip, çökeltme sonucu oluşan bariyerler nedeniyle denizden kısmen veya tamamen tecrit olabilen yüzeysel su alanlarıdır. Bunlar genellikle kıyıların arkasında alçak topoğrafik yapıya sahip bölgelerde oluşurlar. Kayalık veya dik yamaçlı kıyıları ile sediment hareketi sonucu yığılmaların fazla olduğu kıyılarda görülebilir (Bird, E.C.F., 1984).

İnsanoğlu lagün çevresini balıkçılık, ulaştırma, mesire yeri ve endüstriyel faaliyetler açısından her zaman oldukça önemli görmüştür (Zarillo ve diğ., 1993). Lagün ve lagün kanallarında inşa edilebilecek yeterince iyi etüd edilmemiş mühendislik yapıları, kum elde edilmesi için dip taraması, arazi ıslahı, kentsel, tarımsal ve endüstriyel atık tahliyelerine bağlı olarak meydana gelebilecek ekolojik dengedeki değişimler bu hassas sistemin dengesinin bozulmasına neden olur ve lagündeki değişimleri hızlandırabilir (Di Silvio, G., 1989). Lagün morfolojisindeki bu değişimlerin insan aktiviteleri üzerinde olabilecek olumsuz etkileri unutulmamalıdır (Silva, P. ve Mol, A., 1992). Bu nedenle lagün sisteminin anlaşılması, yukarıda anlatılan olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması, ekolojik dengeyi bozmadan doğanın bu bölgelerinin sınırlı insan faaliyetlerine açılması (Sustainable Development), ki sınırların belirlenmesi başlıca bir araştırma konusudur, büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı tarafından yürütülen bu çalışma ile Büyükçekmece, Köyceğiz, Küçükçekmece, Ölüdeniz ve Dalaman nehir ağızları ve lagünlerinde saha araştırmaları yapılmıştır.

## 2. Yersel Çalışmalar

Lagün deniz etkileşiminin doğal koşullarda izlenmesi amacıyla yersel çalışmalar sıklıkla kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Bu çalışmada da Büyükçekmece Lagünü, Köyceğiz Lagünü ve Dalyan Sulakalanı, Küçükçekmece Lagünü, Ölüdeniz Lagünü Dalaman Nehir Ağızı ve Lagünlerinde yersel çalışmalar gerçekleştirilmiş ve kapsamı içinde pilot bölgelerde çözünmüş oksijen miktarı (oximetre), tuzluluk (conductivity meter), sıcaklık, bulanıklık (secchi disk), derinlik (echo sounder) ve konumlar (GPS) ölçülmüştür (Kapdaşlı S. ve diğ. 1996)

### 2.1. Büyükçekmece Lagünü

Büyükçekmece lagünü İstanbul'a 40 km, Çatalca ilçesine ise 17 km uzaklıkta İstanbul-Edirne karayolu üzerinde bulunmaktadır. Doğusunda bulunan Küçükçekmece lagünü bundan biraz daha büyüktür. 11 km<sup>2</sup> yüzölçümü olan gölün ortalama genişliği 2km uzunluğu ise 7 km'dir. Çatalca yöresinden güneye doğru inen derenin (Karasu, Delice çayı) mansabında kalan yatak kısmının yükselen deniz seviyesi altında kalmasıyla koy halinde oluşmuştur. Daha sonra önü koyu orta kısmında çakıl, kum ve kil gibi maddelerin meydana getirdiği bir dil ile tıkanmıştır. Bu dil üzerinde gölü denize bağlayan bir kesinti çoğunlukla olmuştur. Bunun üzerinden çok gözlü bir köprü geçer ve İstanbul-Edirne yolu bu yapının güneyinde yer alır. Bahsedilen kesintiden zaman zaman tuzlu su girmesi ile göl tuzunu büsbütün kaybetmemiştir. Bu nedenle oldukça büyük bir lagün yapısı göstermiş ve oldukça sığ bir batimetriye sahip olmuştur. Yakın kıyı bölgesi oldukça sığ, kırılma ve refraksiyon sonucu dalga etkileri oldukça kısıtlı ve tuzluluğunda şu anki duruma göre daha fazla olmuştur.

Mevcut durumda ise gölde tamamen tatlı su vardır (tuzluluk yok) Lagün kesimi çok küçük olup lagüne giren tatlı su miktarı oldukça azalmıştır. Denizden lagüne doğru oldukça kuvvetli, lagünden denize ise oldukça zayıf bir akım vardır. Ayrıca lagüne doğrudan atıksu deşarjı yapılmaktadır.

Sonuç olarak su kalitesi sürekli daha kötüye gitmekte, tuzluluk deniz suyu ile hemen hemen aynı olmaktadır. Doğal koşullarda lagünde bir sirkülasyon mümkün değildir. Lagünün büyük bir kısmında yüksek oranda kirlenmiş sediment birikimleri mevcuttur. Buradaki olay lagündeki ve bağlantı kanallarındaki hidrodinamik durumun değiştirilmesidir.

### 2.2. Köyceğiz Lagünü ve Dalyan Sulakalanı

Güney-Batı Anadolu'da, Menteşe yöresi kıyısında, Muğla'nın kuş uçuşu 20 km Güney-Doğusunda bulunan lagün 52 km<sup>2</sup> yüzey alana sahiptir. Yükselen deniz seviyesinin bir vadi boyunca karanın içine sokulması ile meydana gelmiş eski bir körfezin sonradan alevüyonlarla ve bir kıyı seti ile denizden ayrılması sonucunda oluşmuştur ve bu nedenle alüvyal set gölü grubuna girer. Lagün kıyısı sığ olmakla birlikte en derin yeri -30 m'yi bulur. Arkeolojik değeri olan bir bölgedir (Kaunos şehri kalıntıları). Turizm ve balıkçılık aktiviteleri mevcuttur. Lagün fazla sularını Dalyan sulakalanı vasıtasıyla Akdenize boşaltır. Bulanıklık oldukça yüksek olup görüş derinliği azdır. Hemen hemen homojen bir

yapısı vardır (tuzluluk, oksijen içeriği). Türkiye Cumhuriyeti Devleti tarafından özel olarak koruma altına alınmıştır. Lagün yaklaşık olarak kıyıdan uzaklığı ~ 6 km olup mükemmel sulak alanlar mevcuttur. Sıcak su kaynakları ve lagünün deniz tarafında ise deniz kaplumbağalarının (Caretta-Caretta) yumurta bıraktığı İztuzu kumsalları mevcuttur. Deniz kıyısı ve deniz tabanı ince kumdan oluştuğu için kıyıboyu bar formasyonu görülmüştür. Küçük bir ada ile doğal olarak korunmuş bir giriş ağızı vardır (Özhan, E., 1988).

Sonuç olarak, lagünün deniz ile bağlandığı oldukça sığ ağız kesimi nedeni ile lagüne giren tuzlu su miktarı sınırlı olmaktadır. Sulakalanın su kalitesi ise lagün ve bağlantı kanallarının yapısı ile doğrudan etkilenmektedir. Buradaki olay sözkonusu ağzın yüksek dinamik stabilitesi, kompleks doğal hidrodinamik durumun korunması ve lagün ile sulakalanın doğal iyi durumda olmasıdır.

### **2.3. Küçükçekmece Lagünü**

Marmara bölgesinde yer alan lagün, İstanbul'un 15 km batısında deniz seviyesindedir. Yüzölçümü 16 km<sup>2</sup> olup Kuzey-Güney uzunluğu 6 km'dir. Lagüne kuzeyden Nakkaş deresi, Sazlı dere ve Ekşinoz deresi suları karışmış ve derelerin birleşerek mansap bölgesinin deniz tarafından kaplanması ile meydana gelen halicin önünün tıkanması ile lagün halini almıştır. Denizden, kıyı boyunca taşınan kum ve çakılların meydana getirdiği sığ bir dil ile ayrılmıştır.

Günümüzde ise lagün kirlenmiş, deşarj kapasitesi oldukça düşmüş ve herangi bir sirkulasyon imkansız hale gelmiştir. Lagüne doğrudan, katı atıklar dahil olmak üzere, atıksu deşarjı vardır. Lagüne düşük oranda tatlı su girişi vardır. Kıyı kesimi ve deniz tabanı ince kumdan oluşmaktadır. Kıyıboyu ve kıyıya dik katımadde hareketi mevcut olup lagünün bağlantı kanallarında çok yüksek oranda siltlenme vardır.

Sonuç olarak, çözüm hemen hemen imkansız olup yalnızca belli oranda iyileştirme yapılabilir. Uzun dönemde lagün tamamen kirlenmiş bir göle dönüşebilir. Buradaki olay bağlantı kanallarının hidrodinamik durumunun bozulması ve bununda mevcut problemi doğuran temel parametre olmasıdır (Kapdaşlı, S., 1993).

### **2.4. Ölüdeniz Lagünü**

Güney-Batı Anadolu'da Akdeniz kıyısında, Fethiye'nin kuşucuşu 8 km güneyinde bulunan bir lagündür. Dik yamaçlar ile çevrili bir vadinin mansabında, yükselen deniz suları altında kalması ile oluşmuş küçük bir koyun ağız kısmının, dalgaların ve akıntıların sürükleyerek çökelttiği bir kum ve çakıl seti ile kapanması ile meydana gelmiştir. Set üzerindeki sınırlı açıklık ile denize bağlantılıdır. Ormanlık çevresi mavinin türlü tonlarındaki durgun suları ve sakin atmosferi ile Türkiye'nin en unlu turizm yörelerinden biri durumuna gelmiştir. İnce kum bulunması nedeni ile dune formlarına rastlanır. Bir burun ile lagün ağızı doğal olarak korunmuştur. Lagün ağzının önünde derin bir körfez olup yüksek oranda katımadde taşınımına yol açan güçlü kıyı boyu akıntılar mevcuttur. Körfez içinde doğal sirkulasyon paternleri vardır ve ava kapatılmıştır.

Sonuç olarak, lagün suyu kalitesini deniz suyu kalitesi belirlemektedir. Deniz-lagün etkileşimi dalga iklimi tarafından belirlenmektedir. Tatlı su girişi oldukça düşük olup lagün ağız dinamik stabil bir yapıya sahiptir (Bruun, P., 1978). Buradaki olay lagünün stabil hidrodinamik durumunun yine lagünü doğal durumunda bulunmasıdır.

### 2.5. Dalaman Nehir Ağız ve Lagünleri

Akdeniz bölgesinin Menteşe ve Teke yöreleri arasındaki nehir Fethiye'nin Kuzey-Doğusunda Batı Toroslar'ın Göktepe, Yaylacık dağı gibi doruklarından inen kolların birleşmesi ile oluşur. Toros sıraları arasında dar ve derin bir vadi içerisinde akar, kıyıda geniş bir taşkın ovası yaparak Ortaca'nın 8 km güneyinde denize dökülür. Düzensiz bir rejim gösterir. Oldukça büyük olan nehir 200 km üzerinde uzunluğa sahiptir. Sahil kesimi çok ince kumdan oluşurken, güçlü kıyı boyu ve kıyıya dik katımadde taşınımı vardır. Lagün ağzının yapısına bağlı olarak küçük bir lagün formu ve sahil arkasında küçük göller vardır. Nehirde renk kirliliği ve çıkış ağzından denize deşarj olan tatlı su bulutu kolayca görülebilmektedir.

Sonuç olarak, sürekli değişen geçici bir lagün formu ve dolayısı ile kısa dönemde değişken koşullar söz konusudur. Renk kirliliği problem olmaktadır. Buradaki olay ise, oldukça dinamik deniz-nehir etkileşimi ve değişken lagün formudur.

### Sonuç

Lagünlerin deniz ile olan su alış-verişleri büyük ölçüde su seviyeleri arasındaki farka bağlı olmakla birlikte, bu farkın büyüklüğüne göre aynı koşulların devam etmesine karşılık lagünde su seviyesi salınunlarının oluştuğu yapılan ölçmeler sonucunda elde edilmiştir. Hidrodinamik yapıya bağlı olarak lagünde örneğin tuzluluk gibi diğer parametreler de hidrodinamik değişime paralel farklılıklar göstermektedirler. Lagünlerde su kalitesi parametrelerinin değişimlerinin lagün ağız morfolojisi ve buna bağlı hidrodinamiği tarafından büyük ölçüde kontrol edildiği görülmektedir. Yersel çalışma sonuçları lagünlerin doğal dengesinin; lagün ağzının doğal yapısının korunduğu yerlerde kararlı denge durumunu sürdürdüğü, aksi durumlarda tamamiyle bozulmaya uğradığı belirlenmiştir. Başka bir ifade ile lagünlerin doğal dengesinin korunması doğrudan lagün ağzının morfolojik yapısının korunmasına bağlıdır.

Lagün ağzının morfolojik yapısı lagün ağız su sirkülasyonunun bir fonksiyonu olarak dinamik denge halindedir. Bu nedenle lagün ağız su sirkülasyonunu etkileyen herhangi bir yapay oluşumun doğrudan lagün ağız morfolojisini değiştirerek tüm lagün üzerinde etki yapacağını söylemek mümkündür. Örnek olarak, lagüne yapılabilecek herhangi bir temiz su deşarjı dahi sadece deşarjın yapıldığı bölge ile sınırlı bir etkiye sahip olmayacak, lagün ağız karakteristik özelliklerinin de rastgeleliğini ( doğallığı ) ortadan kaldırıp sürekli bir bileşen yaratacağından lagün ağzının doğal dinamik dengesini etkileyebilecektir. Bu nedenle tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de gündeme gelen, lagünlere arıtma tesisi çıkış suyunun deşarj edilmesi, lagünlerde balık üretim tesisleri kurulması ve lagün ağzlarının mühendislik yapıları ile düzenlenerek sürekli açık hale getirilmesi ile tekne girişinde devamlılık sağlanması gibi çalışmaların lagünlerin doğal dengesini son derece

kötü bir şekilde etkileyerek bu bölgelerin uzun dönemde doğal yapılarını kaybedeceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada da görülmüştür ki, lagünler gerçekten hidrodinamik açıdan olağanüstü ve çok hassas bir yapıya sahiptirler ve akışkanlar mekaniğinin tüm olaylarını aynı anda ortaya koymaktadırlar. Lagünler bir bütün olarak doğal hayatın tüm bileşenlerinin tam bir ahenk içerisinde buldukları bir bölgeyi oluşturmaktadırlar.

### **Kaynaklar**

Bird, E.C.F., Coasts, 3<sup>rd</sup> ed., Blackwell, Oxford, 1984.

Bruun,P., Stability of Tidal Inlets- Theory and Engineering, Elsevier Publ. Co., 1978.

Di Silvio,G., Modelling the Morphological Evaluation of Tidal Lagoons and Their Equilibrium Configurations, 23rd IAHR Congress, Ottawa, Canada, 1989.

Kapdaşlı, S., Lagoon Management Problems: A Case Study, The 1<sup>st</sup> International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 93, Antalya, Türkiye, 1993.

Kapdaşlı,S., Maktav,D., Yüksel Y., Mutlu, T., Fer,İ., Ünal,E., Kırdaglı,M. ve Aydın Gakko A. Lagün-Deniz Etkileşiminin Hidrodinamik Özelliklerinin ve Doğal Denge Karakteristiklerinin Belirlenmesi TÜBİTAK, Proje No: YDABÇAG: 93, İstanbul, Eylül, 1996.

Marchi, E. ve Adami, A., Water Flow Modelling of the Venice Lagoon, Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Coastal Engineering V.2, Publ. by ASCE, NewYork, NY, USA, p. 1869-1878, 1993.

Özhan, E., Flow Regimes and Dynamic Equilibrium of Morphological Changes at Köyceğiz Lake Inlet Turkey, Coastal Engineering, 12, Holland, 1988.

Silva, P. ve Mol, A., Development of the Venice Morphological System, Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Coastal Engineering, Venice, Italy, 1992.

Vollenweider, R., Eutrophication of Waters Monitoring, Assessment and Control Organization for Co-Operation and Development, Paris, France, 1982.

Zarillo, Gary A., Liu, James T., Surak, Clem, Comprehensive Analysis of Physical Processes in a Coastal lagoon: New Insights for Estuarine Management, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Symposium on Coastal and Ocean Management, V.1, Publ. by ASCE, New York, NY, USA, p. 1108-1122, 1993.

