

IX. OTURUM



GELGİT VE RÜZGAR ETKİSİYLE OLUŞAN KIYI AKINTILARININ AĞSIZ NÜMERİK YÖNTEMLERLE ÇÖZÜMÜ

Osman S. BÖREKÇİ
Boğaziçi Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
İstanbul, Türkiye

Yavuz TOKMAK
Boğaziçi Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Kıyı akıntılarının hesaplanmasında kullanılan derinlik üzerinde ortalananmış süreklilik ve momentum denklemlerinin çözümü için çözüm ağı gerektirmeyen radyal baz fonksiyonları (RBF) yöntemi tanıtılarak analitik çözümü bilinen akıntı problemlerine uygulanmıştır. Yöntemin algoritmaya dönüştürülmesindeki kolaylık ve elde edilen sonuçların doğruluğu RBF yönteminin üzerinde durulmaya değer bir yöntem olduğunu göstermiştir.

GİRİŞ VE AMAÇ

Kıyılarda gelgit, Coriolis kuvveti ve rüzgar etkisiyle oluşan su yüzeyinin ve akıntıların hesaplanması nümerik modellerle yapılmaktadır. Bu modeller sonlu farklar, sonlu hacimler veya sonlu elemanlar gibi metodlar kullanılarak geliştirilmektedir. Bahsedilen metodlar birçok bakımdan birbirlerinden farklılıklar içermekle beraber, hepsinin formülasyonları çözüm alanı içerisindeki düğüm noktalarının oluşturduğu bir ağ üzerinde yapılmaktadır. Karmaşık sınır geometrileri ve çözüm alanı içerisindeki ada gibi kara parçalarının bulunması bu metodların gereksinim duyduğu şekilde bir ağın oluşturulmasını zorlaştırmakta ve bazı hallerde ağ oluşturmak için harcanan zaman problemin çözümü süresinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Formülasyonu için belirli kurallara göre oluşturulan bir ağa gereksinim duymayan metodlar son yıllarda giderek popüler

olmaktadır. Bunların örneklerine sonlu elemanlar ve sınır elemanları literatüründe rastlamak mümkündür (Nicolazzi v.d., 1997a,b).

Kansa'nın (1990a, 1990b, 1992) ile Kansa ve Carlson'un (1992) çalışmaları radyal baz fonksiyonlarından olan ve rasgele dağılmış verilerin tanımlanmasında kullanılan 'multi-quadric' (MQ) fonksiyonunun ($f = \sqrt{r^2 + c^2}$) kısmi diferansiyel denklemlerin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılabildiğini göstermiştir. Daha sonraki çalışmalarda Golberg v.d. (1996) MQ fonksiyonundaki c sabitinin optimum değerini bulmak için bir yöntem geliştirmişlerdir. Hon v.d.(1999) ise Kansa'nın yöntemini derinlik üzerinde ortalaması alınmış süreklilik ve momentum denklemlerinin çözümünde kullanmışlardır. Önerdikleri yöntemin doğrulanması için Hon v.d.(1999) momentum ve süreklilik denklemlerini lineer hale getirip, derinliği sabit, düşey bir kıyı duvarıyla son bulan, planda dikdörtgen bir körfez seçmişler ve bir gelgit etkisinde oluşan su yüzeyini ve akım hızlarını hesaplamışlardır.

Buradaki çalışmanın amacı, yöntemin formülasyonunu yaptıktan sonra doğrulanmasını analitik çözümü bilinen benzer problemlerle genişletmektir. Değişken su derinliği olan, planda dikdörtgen veya daralan körfezlerde, gelgit ve rüzgar etkisiyle oluşan su yüzeyi ve akım hızı hesaplamaları sunulacaktır.

RBF İLE PROBLEMİN FORMÜLASYONU

Radyal baz fonksiyonları rasgele aralıklarla toplanmış verileri yaklaşık olarak ifade etmekte kullanılan fonksiyonlardır. Bu fonksiyonların iki boyutlularına bazı örnekler Partridge (1997) tarafından verilmiştir : $f = 1 + r$, $f = 1 + r^3$ gibi polinomlar, 'thin plate spline function' (TPS) olarak bilinen $f = r^2 \ln r$, Gauss fonksiyonu $f = \exp(-r^2/c^2)$ ve MQ fonksiyonu $f = \sqrt{r^2 + c^2}$. Bu örneklerde c bir sabit, r ise iki düğüm noktası arasındaki uzaklıktır. Verilerin dağılımı gerektirdiğinde, RBF global fonksiyonlarla beraber de kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan bir global fonksiyon Pascal üçgeninin ilk iki sırasından elde edilen $f = 1 + x + y$ fonksiyonudur.

Derinlik üzerinde ortalaması alınmış süreklilik ve momentum denklemleri

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial[(\eta + h)u]}{\partial x} + \frac{\partial[(\eta + h)v]}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - f_c v &= -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x^s - \tau_x^b}{\rho(\eta + h)} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + f_c u &= -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y^s - \tau_y^b}{\rho(\eta + h)} \end{aligned} \quad (1)$$

olarak verilebilir. Bu denklemlerde, η su yüzeyinin durgun su yüzeyinden değişimini, u ve v sırasıyla x ve y yönlerindeki ortalama hızları, f_c Coriolis parametresini, h tabandan durgun su seviyesine kadar olan derinliğini, t zamanı, ρ su yoğunluğunu, g yerçekimi ivmesini, τ_i^s ve τ_i^b de sırasıyla yüzeyde ve tabanda i yönündeki kayma gerilmelerini göstermektedir. Yüzeyde rüzgarın oluşturduğu kayma gerilmeleri için literatürde çeşitli ampirik ifade mevcuttur. Burada Garrat (1977) tarafından verilen $\tau_x^s = C_{10}\rho_a\sqrt{W_x^2 + W_y^2}W_x$ ve $\tau_y^s = C_{10}\rho_a\sqrt{W_x^2 + W_y^2}W_y$ ifadeleri kullanılmıştır. Bu ifadelerde ρ_a havanın yoğunluğunu, W_x ve W_y rüzgarın x ve y yönlerindeki hızlarını göstermektedir. Rüzgar sürtünme katsayısı C_{10} ise $C_{10} = (0.75 + 0.067W) \times 10^{-3}$ ifadesinden hesaplanabilir. Deniz tabanındaki kayma gerilmeleri Chezy sürtünme katsayısı C kullanılarak $\tau_x^b = \rho g u \sqrt{u^2 + v^2} / C^2$ ve $\tau_y^b = \rho g v \sqrt{u^2 + v^2} / C^2$ olarak yazılabilir. Coriolis parametresi de, dünyanın açısal dönüş hızı ω ve hesaplama yapılan noktanın enlemi ϕ cinsinden, $f_c = 2\omega \sin \phi$ olarak yazılabilir.

RBF kullanımı ile yapılacak çözümde esas, çözüm alanının ve sınırlarının N adet düğüm noktası ile gösterilmesi ve denklemlerde geçen değişkenlerin RBF yardımıyla yaklaşık ifadesidir. Buna göre herhangi bir s değişkeninin i düğüm noktasındaki değeri

$$s_i(x, y, t) = f_{ij}(x, y) a_j^s(t), \quad i, j = 1, K, N \quad (2)$$

olarak yazılabilir. Burada a^s lar katsayıları, f ise radyal baz fonksiyonunu göstermektedir. s değişkenin düğüm noktalarındaki türevleri, (2) denklemden

$$\frac{\partial s_i}{\partial x} = \frac{\partial f_{ij}}{\partial x} a_j^s, \quad \frac{\partial s_i}{\partial y} = \frac{\partial f_{ij}}{\partial y} a_j^s, \quad \frac{ds_i}{dt} = f_{ij} \frac{da_j^s}{dt}, \quad i, j = 1, K, N \quad (3)$$

olarak elde edilebilir. (2) ve (3) denklemlerini matris denklemleri olarak

$$\{s\} = [F] \{a^s\} \quad \left\{ \frac{\partial s}{\partial x} \right\} = [F^x] \{a^s\} \quad \left\{ \frac{\partial s}{\partial y} \right\} = [F^y] \{a^s\} \quad \left\{ \frac{ds}{dt} \right\} = [F] \left\{ \frac{da^s}{dt} \right\} \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir. Burada

$$[F] = [f_{ij}] \quad [F^x] = \left[\frac{\partial f_{ij}}{\partial x} \right] \quad [F^y] = \left[\frac{\partial f_{ij}}{\partial y} \right] \quad (5)$$

$N \times N$ matrislerdir. Denklem (4)'teki vektörler de N elemandan oluşmaktadır. Süreklilik ve momentum denklemlerini (1), bilinmeyen u , v ve η 'yı (2)-(5) yaklaşık ifadelerinden yararlanarak ve $d = \eta + h$ tanımını yaparak,

$$\begin{aligned} F_{ij} \frac{da_j^\eta}{dt} &= -d_{(i)} (F_{(i)j}^x a_j^u + F_{(i)j}^y a_j^v) - u_{(i)} (F_{(i)j}^x a_j^d) - v_{(i)} (F_{(i)j}^y a_j^d) \\ F_{ij} \frac{da_j^u}{dt} &= -u_{(i)} F_{(i)j}^x a_j^u - v_{(i)} F_{(i)j}^y a_j^u - g F_{ij}^x a_j^\eta + f_c v_i + (\tau_x / \rho d)_i - g \left(u \sqrt{u^2 + v^2} / C^2 d \right)_i \\ F_{ij} \frac{da_j^v}{dt} &= -u_{(i)} F_{(i)j}^x a_j^v - v_{(i)} F_{(i)j}^y a_j^v - g F_{ij}^y a_j^\eta - f_c u_i + (\tau_y / \rho d)_i - g \left(v \sqrt{u^2 + v^2} / C^2 d \right)_i \end{aligned} \quad (6)$$

şeklinde yazabiliriz. a katsayılarının bulunabilmesi için denklem (6) F -matrisinin tersi F^{-1} ile çarpılarak elde edilen ifadenin zaman üzerinden integrali alınır. Zaman integrasyonunda Hon v.d.(1999) tarafından kullanılan dördüncü derece Runge-Kutta yöntemi kullanılmıştır. Herhangi bir zaman adımında bilinmeyenler $u_i = f_{ij} a_j^u$, $v_i = f_{ij} a_j^v$ ve $\eta_i = f_{ij} a_j^\eta$ ifadelerinden hesaplanabilir. Formulasyonun tamamlanabilmesi için başlangıç ve sınır koşulları gereklidir. Kara sınırlarında kıyı çizgisine dik yöndeki akıntı hızının sıfır olması koşulu geçerlidir. Açık deniz sınırlarında ise zamana bağlı gelgit su yüksekliği $\eta^s(t)$ sınır şartı olarak verilebilir. Başlangıç koşulu olarak tüm iç noktalarda akıntı hızları ve su yüzeyi yükseklikleri sıfır olarak alınabilir. Denklem (6)'nın integrasyonu sırasında zaman adım büyüklüğü Courant şartına göre seçilmeli ve her zaman adımında sınır koşulları göz önüne alınarak sınırlarda güncelleştirme yapılmalıdır.

NÜMERİK DENEYLER

Yukarıda özetlenen yöntemin doğrulanması için geliştirilen modellerle bir seri nümerik deney yapılmıştır. İlk deney Hon v.d.(1999) tarafından da verilmiştir. Model sonuçların karşılaştırılması için Lynch ve Gray (1978) ile van Rijn (1990) tarafından verilen analitik çözümler kullanılmıştır. Bu çözümler, yer darlığı nedeniyle burada verilememiştir. Analitik çözümlerde (1) denklemlerindeki lineer olmayan terimler ihmal edildiğinden bu terimler nümerik modellerde de kullanılmamıştır. Deneylerin bazılarında MQ fonksiyonuna ilaveten TPS fonksiyonu da kullanılmıştır. MQ fonksiyonunda kullanılan c^2 sabiti yaklaşımlarda herhangi bir noktadaki fonksiyon değerinin diğer noktalardaki değerlerden ne derece

etkileneneğini kontrol etmekte kullanılmaktadır (Hon v.d, 1999). c^2 'nin çok küçük olması durumunda $(f_{ij} \approx r_{ij})$ herhangi bir noktanın değeri, diğer noktaların değerlerinden hiç etkilenmemekte ve yaklaşım noktalar arası lineer parçalardan oluşmaktadır. c^2 çok büyük seçildiğinde ise $(f_{ij} \approx c)$ F -matrisinin elemanları birbirlerinden ayırt edilemez hale gelmekte ve bu matrisin tersinin alınması imkansız olmaktadır. Golberg v.d.(1996) c^2 'nin optimum değerini bulmak için bir yöntem geliştirmişlerdir. İstatistiksel bazı hesaplamalara dayanan bu yöntemin yerine buradaki deneylerde Hardy(1971) tarafından önerilen ve Hon v.d.(1999) tarafından da kullanılan $c = 0.815 r_{ort}$ ifadesi (r_{ort} = hesaplama noktaları arasındaki ortalama uzaklık) bir alt sınır değerini tayin etmekte kullanılmıştır.

Deney 1 : Düşey bir kıyı duvarıyla son bulan tek boyutlu, su derinliği sabit ($h = 40$ m) bir körfezde gelgit (periyot $T = 43200$ s, genlik $a_0 = 0.5$ m) zorlamasıyla oluşan su yüzeyi ve akıntı modellenmiştir. Tam bir dalga boyunun sığması amacıyla körfez uzunluğu $L = T\sqrt{gh}$ olarak alınmıştır. Modelde $\eta = h$ kabul edilmiş, taban kayma gerilmeleri ve Coriolis kuvveti ihmal edilmiştir. Bu kabullerle problemin süreklilik ve momentum denklemleri (6),

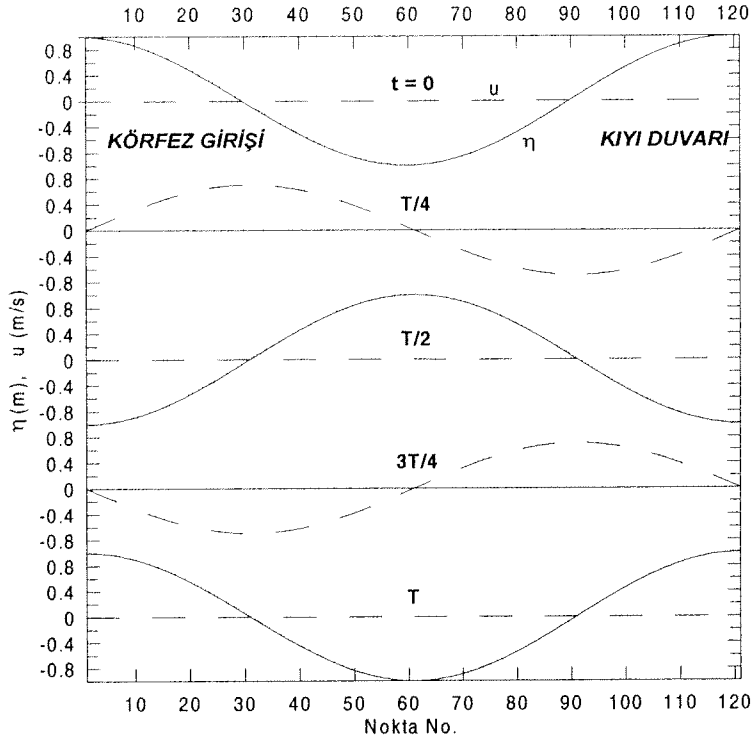
$$\frac{da_i^n}{dt} = -h(F_{ij}^{-1}F_{jk}^x a_k^n) \quad \frac{da_i^u}{dt} = -g(F_{ij}^{-1}F_{jk}^x a_j^n) \quad (7)$$

olarak yazılabilir.

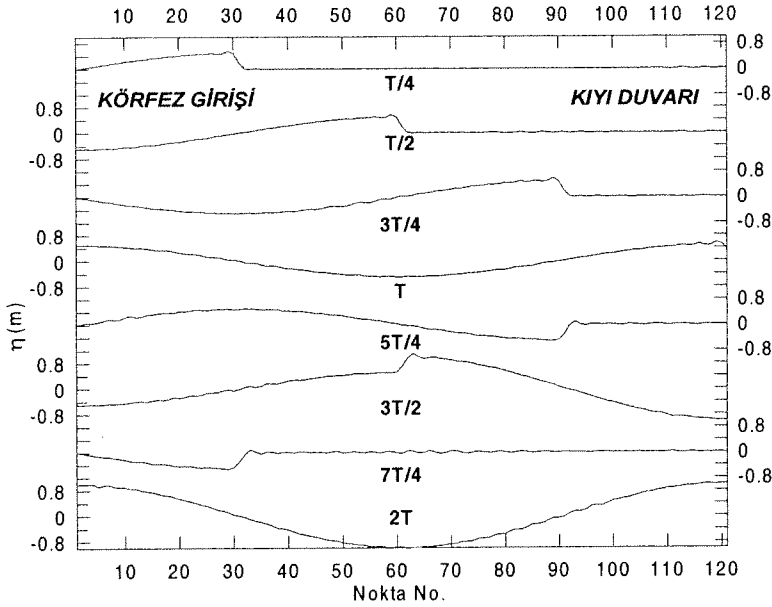
$$u|_{x=L} = 0 \quad (8)$$

ise kıyı duvarındaki sınır şartıdır. Körfez girişindeki sınır şartı ve iç noktalardaki başlangıç koşulları iki farklı şekilde seçilebilir. Bu deneyde, $2a_0$ genliği ve T periyodu olan duran dalga körfeze başlangıç koşulu olarak yerleştirilmiş ve körfez girişindeki sınır şartı $\eta^s(t)$ 'de buna uygun olarak değiştirilmiştir. Deney sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Deney 2 : Bu deney, Deney 1'den sadece başlangıç koşulları bakımından farklıdır. Başlangıçta tüm iç noktalarda ve kıyı duvarında su yüzeyi sıfırlanmıştır. Körfez girişinde ise a_0 genliği ve T periyodu olan bir gelgit kosinüs dalgası şeklinde sınır şartı olarak verilmiştir. Şekil 2'de su yüzeyindeki değişimin körfezde ilerleyişi, T zamanda duvardan yansıması ve en nihayet $2T$ zamanda oluşan $2a_0$ genliğindeki duran dalga görülmektedir.



Şekil 1. Deney 1 için η ve u . RBF : MQ, $c^2 = 165 \times 10^6$, $N = 121$, $dx = 5042.57$ m, $dt = 2$ s.



Şekil 2. Deney 2 için η . RBF : MQ, $c^2 = 165 \times 10^6$, $N = 121$, $dx = 5042.57$ m, $dt = 0.5$ s.

Deney 3 : Bu deneyde 2-boyutlu modelleme kullanılmıştır. Önceki deneylerde kullanılan süreklilik ve momentum denklemleri (7), y-yönündeki momentum denkleminin ilavesiyle

$$\frac{da_i^n}{dt} = -h \left(F_{ij}^{-1} F_{jk}^x a_k^u + F_{ij}^{-1} F_{jk}^y a_k^v \right) \quad \frac{da_i^u}{dt} = -g \left(F_{ij}^{-1} F_{jk}^x a_k^n \right) \quad \frac{da_i^v}{dt} = -g \left(F_{ij}^{-1} F_{jk}^y a_k^n \right) \quad (9)$$

olarak yazılabilir. Deneyde, planda dikdörtgen (x -yönünde $L = T\sqrt{gh}$ uzunluğunda, y -yönünde $W = 50\text{km}$ eninde), su derinliği sabit bir körfez seçilmiştir. Su derinliği ve gelgit özellikleri Deney 1'deki gibi alınmıştır. Hesaplamalarda her iki yönde de eşit aralıklı 121'er aks kullanılmıştır. Körfez kara sınırlarında sınır şartları olarak

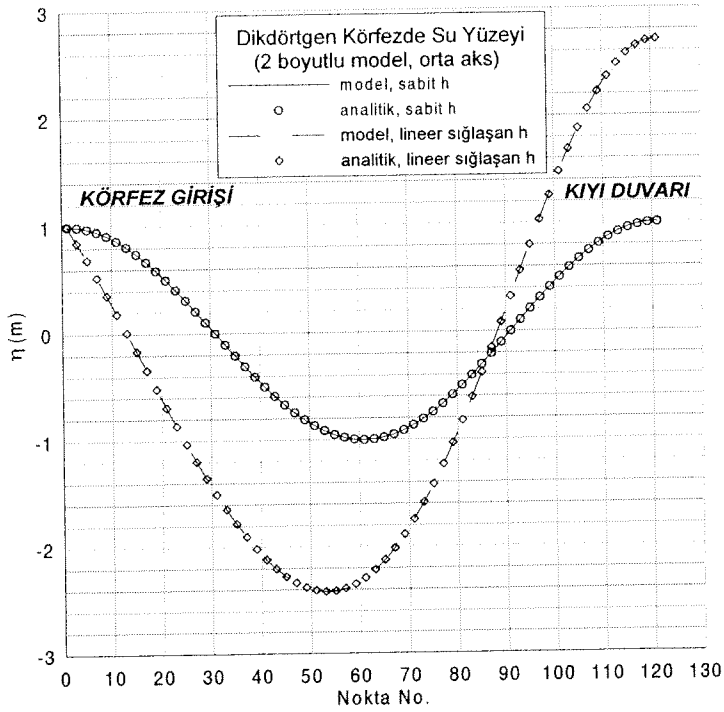
$$u|_{x=L} = 0 \quad v|_{y=0} = 0 \quad v|_{y=W} = 0 \quad (10)$$

alınmıştır. Başlangıç koşulları Deney 1'deki gibi seçilmiş ve gelgit x -yönünde alınmıştır. Deney sonucunda, sıfır olması beklenen v hızlarının değerleri nümerik gürültü mertebesinde kalmış, x -yönündeki akslarda su yüzeyi profilleri aynı çıkmıştır. Körfezin simetri eksenini üzerindeki su yüzeyi profili Şekil 3'te analitik profile beraber verilmiştir. Elde edilen su yüzeyi profili Şekil 1'de $t = 0$ veya $t = T$ 'de verilen profile aynıdır.

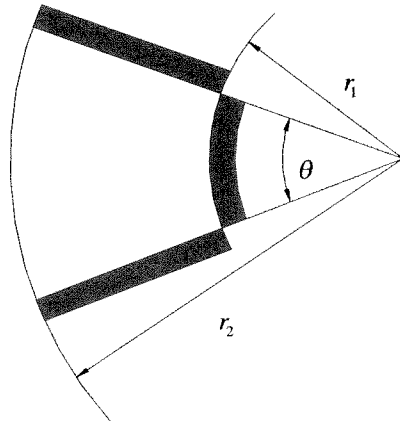
Deney 4 : Bu deneyde, yine Deney 3'teki körfez geometrisi kullanılmış ancak su derinliği x -yönünde, körfez girişinde 40 m'den kıyı duvarında 20 m'ye lineer olarak değiştirilmiştir. Tabanın eğimli olması nedeniyle süreklilik denkleminde eğimi içeren terimler ilave edilmesi gereklidir. Bu değişiklik, süreklilik ve momentum denklemleri

$$\begin{aligned} \frac{da_i^n}{dt} &= -h_{(i)} \left(F_{(i)j}^{-1} F_{jk}^x a_k^u + F_{(i)j}^{-1} F_{jk}^y a_k^v \right) - F_{ij}^{-1} u_{(j)} h_{(j)}^x - F_{ij}^{-1} v_{(j)} h_{(j)}^y \\ \frac{da_i^u}{dt} &= -g \left(F_{ij}^{-1} F_{jk}^x a_k^n \right) \quad \frac{da_i^v}{dt} = -g \left(F_{ij}^{-1} F_{jk}^y a_k^n \right) \end{aligned} \quad (11)$$

olarak yazılabilir. Başlangıç koşulu olarak $t = 0$ 'daki analitik su yüzeyi profili kullanılmıştır. Model, Denklem (10)'da verilen sınır şartları ve $dt = 5\text{sn}$ zaman aralığı ile çalıştırılmıştır. Beklendiği gibi v hızları yine nümerik gürültü mertebesinde çıkmış ve körfez boyunca su yüzeyi profilleri aynı bulunmuştur. Körfezin simetri eksenini üzerindeki su yüzeyi profili Şekil 3'te analitik profile beraber verilmiştir.



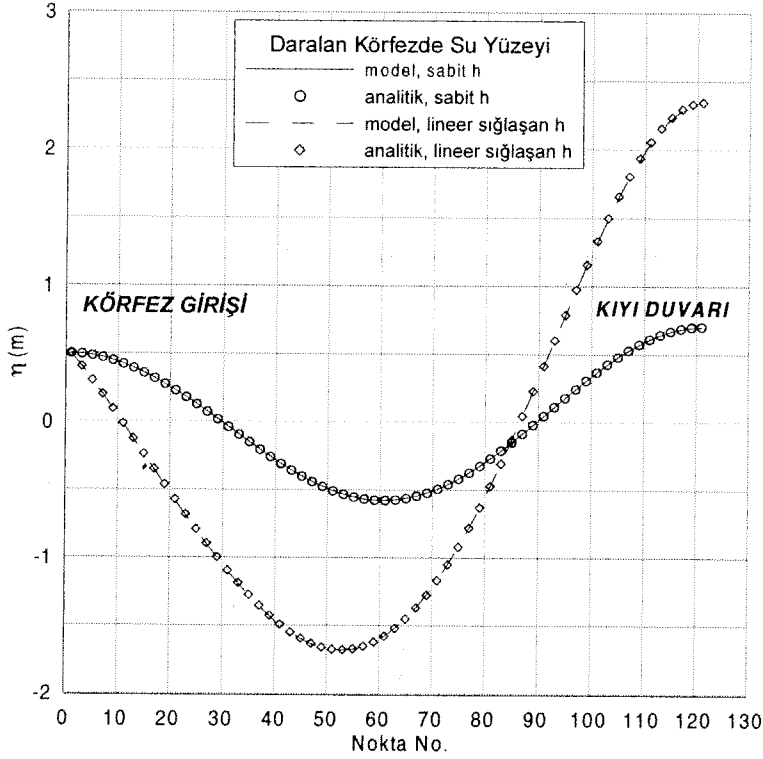
Şekil 3. Deney 3 ve 4 için zaman $t=T$ 'de η . RBF : MQ, $c^2 = 165 \times 10^6$, $dx = 5042.57$ m, $dy = 416.67$ m $dt = 5$ sn.



Şekil 4. Planda daralan körfez.

Deney 5 : Bu deneyde Şekil 4'te görülen planda daralan, 40m derinliğide körfez geometrisi kullanılmıştır. Tepe açısı $\theta = 2.5^\circ$, $r_1 = L$ ve $r_2 = 2L$ alınmıştır. Eşit açısal aralıklı 5 radyal hat üzerindeki eşit aralıklı 121 noktada, 2-boyutlu modelle hesap yapılmıştır. Gelgit genliği $a_0 = 0.25$ m alınmıştır. Körfezin simetri eksenindeki su yüzeyi profili Şekil 5'te analitik profille beraber verilmiştir. Kara sınırlarında, sınır şartı olarak kıyıya dik yönde

akım sıfır alınmış ancak kıyıya paralel yönde akıma izin verilmiştir. Başlangıç koşulu olarak $t = 0$ 'daki analitik su yüzeyi profili kullanılmıştır.



Şekil 5. Deney 5 ve 6 için zaman $t = T$ 'de η . RBF : MQ, $c^2 = 165 \times 10^6$, $dt = 5$ sn.

Deney 6 : Bu deneyde, Deney 5'teki daralan körfez geometrisi kullanılmış ancak su derinliği radyal yönde, körfez girişinde 40m'den kıyı duvarında 20m'ye lineer olarak değiştirilmiştir. Gelgit, sınır koşulları ve başlangıç koşullarında değişiklik yapılmamıştır. Körfezin simetri ekseninde su yüzeyi profili Şekil 5'te analitik profile beraber verilmiştir.

RÜZGAR ETKİSİYLE OLUŞAN YÜZEY KABARMASININ MODELLENMESİ

Tek boyutlu olarak geliştirilen modelde su derinliğinin ve rüzgar hızının sabit olduğu kabul edilmiş, lineer olmayan terimler ve Coriolis kuvveti ihmal edilmiştir. Ayrıca tabandaki kayma gerilmelerinin, yüzey kayma gerilmelerinin bir α katsayısıyla çarpımından elde edilebileceği varsayılmıştır. Denklem (1)'de verilen süreklilik denkleminin zaman

türevinin x -yönündeki momentum denkleminde kullanılması ve sonuçta elde edilen denklemdeki zaman türevlerinin sıfır olduğunun göz önüne alınması ile su yüzeyi için

$$\nabla \cdot [(h + \eta) \nabla \eta] = 0 \quad (12)$$

denklemini elde edilebilir. Burada $\nabla = \partial/\partial x$. $\eta = h$ varsayılması durumunda, Denklem (12) lineer olan Laplace denkleminde dönüşecektir. Burada önerilen çözüm metodunun lineer olmayan denklemlere uygulamasını göstermek amacıyla bu varsayım yapılmayacaktır. Denklem (12)'yi açıp lineer olmayan terimleri eşitliğin sağ tarafında toplarsak

$$h \nabla^2 \eta = \nabla \eta \cdot \nabla \eta + \eta \nabla^2 \eta \quad (13)$$

elde edilir. Rüzgarın L boyundaki bir körfez üzerinde sabit hızla esmesi durumunda problemin sınır şartları

$$\eta|_{x=0} = 0 \quad \left. \frac{\partial \eta}{\partial x} \right|_{x=L} = \frac{\alpha \tau_x^s}{\gamma (h + \eta)} \quad (14)$$

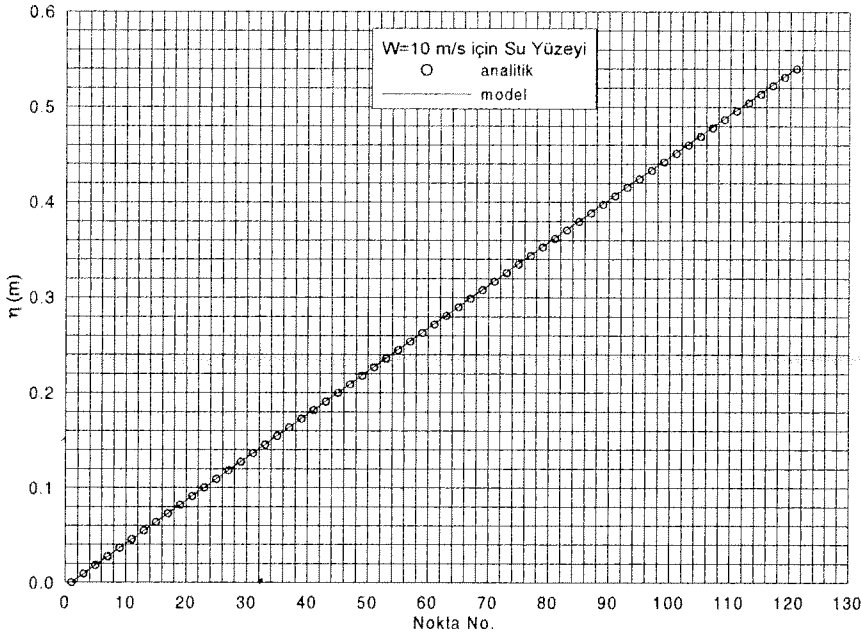
olarak verilebilir. Problemin formülasyonunda geçen $\nabla^2 \eta$ 'nin hesaplanabilmesi için RBF'nin ikinci türevi olan $F_{ij}^{xx} = \partial^2 f_{ij} / \partial x^2$ de kullanılarak Denklem (13),

$$h F_{ij}^{xx} F_{jk}^{-1} \eta_k = F_{(i)j}^x F_{jk}^{-1} \eta_k F_{(i)l}^x F_{lm}^{-1} \eta_m + \eta_{(i)} F_{(i)j}^{xx} F_{jk}^{-1} \eta_k \quad i, j, k, l, m = 1, K, N \quad (15)$$

şeklinde yazılabilir. İlk hesaplama noktasını $x=0$ 'da alırsak, buradaki sınır şartı $\eta_i = 0$ olarak yazılabilir. $x=L$ 'deki sınır şartı da

$$b_{Ni} \eta_i = \beta_N = \frac{\alpha \tau_x^s}{\rho g (h + \eta_N)} \quad (16)$$

burada b_{Ni} , $F_{ij}^x F_{jk}^{-1}$ -matrisinin N 'inci sırasının elemanlarıdır. İteratif olarak çözülmesi gereken denklem takımını Denklem (15) ve sınır şartlarından



Şekil 6. 10 m/s hızındaki rüzgar etkisiyle 20m derinlikteki suyun yüzeyinde oluşan kabarma.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & L & 0 \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \varphi_{24} & L & \varphi_{2N} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} & \varphi_{34} & L & \varphi_{3N} \\ M & M & M & M & M & M \\ \varphi_{N-1,1} & \varphi_{N-1,2} & \varphi_{N-1,3} & \varphi_{N-1,4} & L & \varphi_{N-1,N} \\ b_{N1} & b_{N2} & b_{N3} & b_{N4} & L & b_{NN} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \\ M \\ \eta_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ R_2 \\ R_3 \\ M \\ R_{N-1} \\ \beta_N \end{pmatrix} \quad (17)$$

şeklinde oluşturabiliriz. Burada φ_{ij} 'ler Denklem (15)'in sol tarafındaki terimlerin katsayıları, R_i 'ler de aynı denklemin sağ tarafından verilen η 'lar kullanılarak hesaplanan sayılardır. Denklem takımının çözümü için iterasyonlar N adet η 'nın tahmini değerleriyle başlatılabilir. Bunlar Denklem (17)'de kullanılır ve yeni η 'lar hesaplanır. Eski ve yeni η 'lar karşılaştırılıp iterasyonlara devam edip edilmeyeceğine karar verilir. Eğer devam edilecekse yeni η 'larla Denklem (17)'ye dönülür. Model sabit 20m derinlikte L uzunluğunda deniz alanı için çalıştırılmış ve van Rijn (1990) tarafından verilen

$$\frac{\eta}{h} = -1 + \left(1 + \frac{2\alpha\tau_x^s}{\rho gh^2} x \right)^{1/2} \quad (18)$$

analitik ifade ile karşılaştırılmıştır. Model yedi iterasyonda η 'lar arasında 10^{-13} farkla yakınsamıştır. Sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir.

SONUÇ

RBF kullanılarak geliştirilen modellerin sonuçlarının analitik model sonuçlarıyla karşılaştırması sonucunda metodun gayet iyi netice verdiği ve serbest su yüzeyi yüksekliklerindeki hatanın mm mertebesinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu hatanın iki gelgit periyodu boyunca (86400 sn), 121 noktada 2sn zaman aralıklarıyla yapılan 43200 integrasyon sonucunda olduğu göz önüne alınırsa metodun kıyı hidrodinamiği problemlerinin çözümünde kullanılabilecek bir metod olduğu görülmektedir. Hatanın daha sık iç nokta ve daha küçük zaman aralıkları kullanımı ile azaldığı görülmüştür. Gelgit ve rüzgar zorlamalarının ayrı ayrı modellenmesi durumunda metodun kolaylıkla problemin gereksinimlere göre uyarlanabildiği gösterilmiştir. Özellikle, rüzgar zorlaması ile oluşan kabarmanın modellenmesinde ortaya çıkan, lineer olmayan bir denklem takımının basit, iteratif bir algoritmayla çözülebilmesi metodun üzerinde durulması gereken bir metod olduğu kanısını uyandırmıştır. Burada sunulan tüm deneylerde akıntı hızları da hesaplanmış ve Lynch ve Gray (1978) tarafından verilen analitik sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda hızlardaki hataların en fazla 10^{-4} m/s seviyesinde olduğu görülmüştür.

Burada yer verilemeyen başka nümerik deneyler de yapılmıştır. RBF olarak MQ yerine TPS denenmiş ve burada sunulanlarla aynı doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir. İntegrasyon metodu olarak altıncı derece Runge-Kutta metodu da denenmiş sonuçlarda kayda değer bir fark görülmediği için kullanılmasına gerek görülmemiştir.

KAYNAKLAR

Golberg, M.A., Chen, C.S., Karur, S.R.(1996).“Improved multiquadric approximation for partial differential equations”, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 18, 9-17

Hardy, R.L. (1971).“Multiquadric equations of topography and other irregular surfaces”, *Journal of Geophysical Research*, 76(26), 1905-1915.

Hon, Y., Cheung, K.F., Mao, X., Kansa, E.J. (1999). "Multiquadric solution for shallow water equations", *J. Hyd. Eng.*, 125(5), 524-533.

Kansa, E.J. (1990a). "Multiquadrics- a scattered data approximation scheme with applications to fluid dynamics-II", *Comput. Math. Appl.* 19(8/9), 127-145.

Kansa, E.J. (1990b). "Multiquadrics- a scattered data approximation scheme with applications to fluid dynamics-II", *Comput. Math. Appl.* 19(8/9), 147-161.

Kansa, E.J. (1992). "A strictly conservative spatial approximation scheme for the governing engineering and physics equations over irregular regions and inhomogeneously scattered nodes", *Comput. Math. Appl.* 24(5/6), 169-190.

Kansa, E.J.; Carlson, R.E. (1992). "Improved accuracy of multiquadric interpolation using variable shape parameters", *Comput. Math. Appl.* 24(12), 99-120.

Lynch, D.R., Gray, W.G. (1978). "Analytic solutions for flow model testing", *ASCE Journal of the Hydraulics Division*, (104)HY10, 1409-1428.

Nicolazzi, L.C., Duarte, C.A., Fancello, E.A., de Barcellos, C.S. (1997a). "hp-Clouds – a meshless method in boundary elements – Part I : Formulation", *Int. J. of Boundary Element Methods – Communications*, 8(2), 83-85.

Nicolazzi, L.C., Duarte, C.A., Fancello, E.A., de Barcellos, C.S. (1997b). "hp-Clouds – a meshless method in boundary elements – Part I : Implementation", *Int. J. of Boundary Element Methods – Communications*, 8(2), 86-88.

Partridge, P.W. (1997). "Approximation functions in the dual reciprocity method", *Int. J. of Boundary Element Methods – Communications*, 8(1), 1-4.

Garrat, J.R. (1977). "Review of wind drag coefficients over oceans and continents", *Mon. Weather Rev.*, 7(105), 915-929.

Van Rijn, L.C. (1990). Principles of fluid flow and surface waves in rivers, estuaries, seas and oceans, Aqua Publications, the Netherlands.

A MESHLESS NUMERICAL METHOD IN THE COMPUTATION OF TIDE AND WIND INDUCED COASTAL CURRENTS

Osman S. BÖREKÇİ
Boğaziçi Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
İstanbul, Türkiye

Yavuz TOKMAK
Boğaziçi Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
İstanbul, Türkiye

The solution of the shallow water equations using the meshless multiquadric method was demonstrated and applied to a study in the Hong Kong Harbor by Hon et al(1999). The purpose of the study here is to further the verification of the method using known analytical solutions of the linearized version of the shallow water equations and to demonstrate the usage of the method to compute the steady state wind setup. In all cases the method was applied to, the results were almost identical to the analytical solutions. Coupled with the facts that the method is easy to understand and to program, the usage of the multiquadric method was found to be a method worthy of future consideration.

DALGA VE AKINTI ETKİSİNDE NEHİR AĞZI DEĞİŞİMİNİN ÜÇ BOYUTLU FİZİKSEL MODEL İLE İNCELENMESİ

Alpaslan AYDINGAKKO

Yük. Müh.

İ.T.Ü. , İnşaat Fakültesi,

Hidrolik A.B. Dalı 80626,

Maslak, İstanbul, TURKEY

0 212 285 3733

agakko@ins.itu.edu.tr

M. Sedat KABDAŞLI

Prof. Dr.

İ.T.Ü. , İnşaat Fakültesi

Hidrolik A.B. Dalı 80626,

Maslak, İstanbul, TURKEY

0 212 285 3733

skabdasli@ins.itu.edu.tr

Kemal GÜNAYDIN

Yrd. Doç. Dr

Osmangazi Üniversitesi,

Müh. Mim. Fakültesi

Eskişehir, Turkey

0 222 239 2840-3332

kgunaydi@ogu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde artan çevre bilincinin etkisiyle nehir ağzlarını korumak ve kirliliğin büyük miktarlarda görüldüğü bu bölgelerde çeşitli çözümler üretmek amacıyla pek çok çalışma yapılmaktadır. Nehir ağzları kıyı ve kumsallardaki sedimentin ana kaynağı oldukları için kıyı mühendislerinin de ilgisini çekmektedir. Özellikle kumsal ve kıyı yapılarının korunmasında, üzerinde çalışılan bölgedeki nehir ağzının hidrolik özelliklerinin belirlenmesi kıyı mühendisliğinin önemli problemlerinden biridir. Nehir ağzı oluşumunda, oşinografik ve nehir etkileri olmak üzere iki temel unsur önemli rol oynamaktadır. Bu etkenler nehir ağzında bir takım morfolojik değişimlere neden olmaktadır.

Bu çalışmada nehir ağzının özellikleri ve morfolojik değişim tipleri deneysel olarak araştırılmış ve sonuçları yorumlanmıştır. Bu amaçla İ.T.Ü, İnşaat Fakültesi, Hidrolik Laboratuvarı'nda üç boyutlu dalga-nehir ağzı modeli hazırlanmıştır. Deneyler sırasında

1:30 ve 1:20 iki farklı şev eğimi kullanılmıştır. Her bir şev eğimi için 181 ve 438 lt/sn' lik iki farklı nehir debisi ve farklı özelliklerdeki dalga etkileri altında oluşan nehir ağzı tipleri analiz edilmiştir. Deneyler neticesinde oluşan ve kum dili, batık kum dili ve delta olarak tanımlanan nehir ağzı tiplerini ifade eden çeşitli sınır değerler önerilmiştir.

GİRİŞ

Nehir ağzıları canlı yaşamı için gerekli her türlü koşulların bulunduğu bölgelerdir. Bu nedenle bu bölgelerde doğal dengenin korunması sosyo-ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Özellikle ana atık maddelerin taşındığı nehirlerdeki kirliliğin artması sonucu, nehir ağzılarında kirlilik problemiyle karşılaşmaktadır. Ayrıca nehir ağzıları kıyı ve kumsallardaki sedimentin ana kaynağını oluştururlar. Bu nedenle nehirlerdeki sediment dengesinde oluşan değişimlerin nehir ağzılarında meydana getirdikleri denge bozuklukları kıyı bölgesinde önemli ve kalıcı problemlere neden olmaktadır.

Nehir ağzı morfolojisi ile ilgili olarak, Govindaraju ve diğ. (1999) yaptığı çalışmada nehir ağzılarında sediment taşınım yönleri için lineer ve lineer olmayan teori modellerinin uygulanabileceğini göstermiştir [1]. Mohd-Lokman ve diğ. (1998) 14-18 km uzunluğundaki kıyı boyunca oluşan erozyonu ve iki nehir arasındaki sediment etkileşimini incelemişler; neticede küçük genlikli gelgit etkisi altındaki kıyılarda katı madde taşınımı için McLoren modelinin kullanılabileceğini ifade etmişlerdir [2]. Van Senden ve diğ. (1997) nehir ağzı girişindeki katı madde taşınımını incelemişler ve elde ettikleri değerleri kullanarak oluşturdukları bir nümerik model yardımıyla tüm bölgenin katı madde taşınım miktarını analiz etmişlerdir. Barros (1996) Tajo nehir ağzındaki erozyon ve depolama mekanizmalarını incelemiş ve uzun dönemli batimetrik değişimleri tanımlamaya çalışmıştır [3]. Fitzgerald ve diğ. (2000) yaptığı çalışmada görülen gelgit altı büyük bar kompleksi oluşumu tanımlamıştır [4]. Bu bar kompleksinin her dokuz yılda bir oluştuğunu daha sonra da kıyı boyu katı madde taşınımı ile ilerleyerek yok olduğunu belirlemiştir. Kocataş (1993) eğimi fazla olan kıyılarda kıyı boyu katı madde taşınımı az olduğundan nehirde gelen katı maddenin derine doğru gitmesi nedeniyle birikinti konileri oluşturduğunu ifade etmiştir [5]. Erol (1994) gelgit olayının görüldüğü bölgelerde katı

maddenin gelgit etkisiyle açığa taşındığı için oluşan deltaların beklenenden az olduğunu vurgulamıştır[6].

Bu çalışmada değişik dalga koşullarında, farklı nehir debileri ve kıyı eğimleri kullanılarak nehir ağzında meydana gelen morfolojik değişimler araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde kum dili, batık kum dili ve delta olarak ifade üç farklı nehir ağzı tipi belirlenmiştir. Bu tipler için değişik dalga parametreleri kullanılarak bazı sınır değerler tanımlanmıştır.

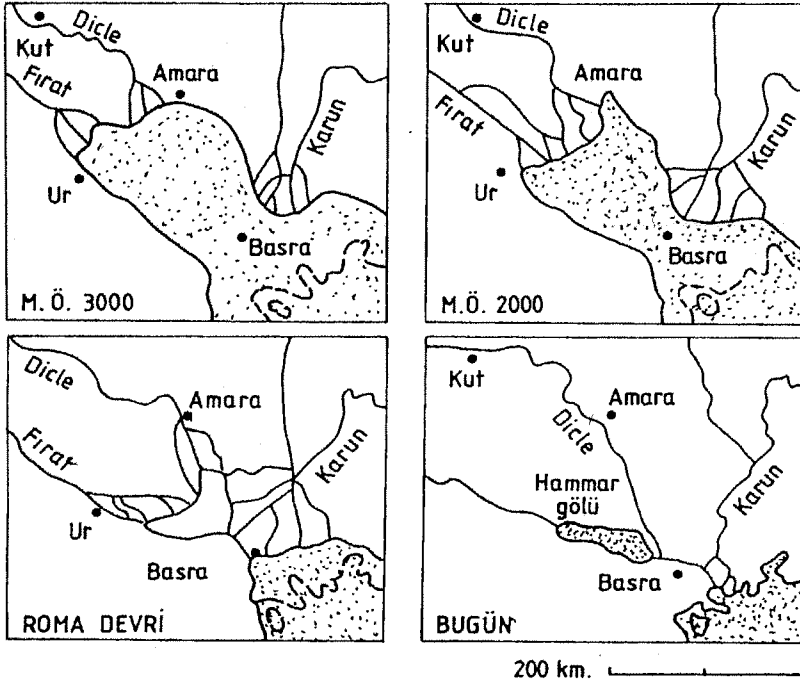
NEHİR AĞZI OLUŞUMU VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Nehirlerin denizlere döküldükleri yerler nehir ağzı olarak tanımlanır. Bu bölgelerde nehirlerin getirdikleri katı madde miktarına bağlı olarak büyük boyutlarda katı madde hareketi gözlenir. Ayrıca uzun yıllar boyunca oluşan katı madde birikintileri nedeniyle kıyı bölgelerinde büyük ölçekli değişimler meydana gelebilir. Şekil 1' de Basra Körfezin' deki uzun yıllar sonunda oluşan morfolojik değişimler görülmektedir.

Nehir ağzı oluşumunda oşinografik ve nehir etkileri iki temel faktördür. Bu etkenler nehir ağzında bir takım morfolojik değişimlere neden olur. Oluşan bu değişimler; gelen dalga özelliklerine, nehir sediment miktarına, kıyı eğimine, nehir ağzıyla kıyı çizgisi arasındaki açıya, denizdeki sedimentin özelliklerine, nehir debisine, nehir ağzı kesitine, nehir suyunun hızına, kıyı eğimine ve gelgit miktarına bağlıdır.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmaların tamamı İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Hidrolik Laboratuvarında yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 2' de görülen, 24 m boyunda, 28.5 m genişliğinde ve 0.7 m derinliğinde dikdörtgen şekle sahip üç boyutlu dalga-nehir ağzı modeli hazırlanmıştır. Deneyler sırasında 0.35 mm çapında ve 2.63 g/cm^3 birim hacim ağırlığına sahip doğal plaj kumu kullanılmıştır. Serilen plaj malzemesi dalga paleti ile 25° açı yapacak şekilde yerleştirilmiştir. Basen içindeki maksimum su derinliği 0.5 m olarak sabit tutulmuştur.



Şekil 1. Basra körfezinde 5000 yıllık morfolojik değişim

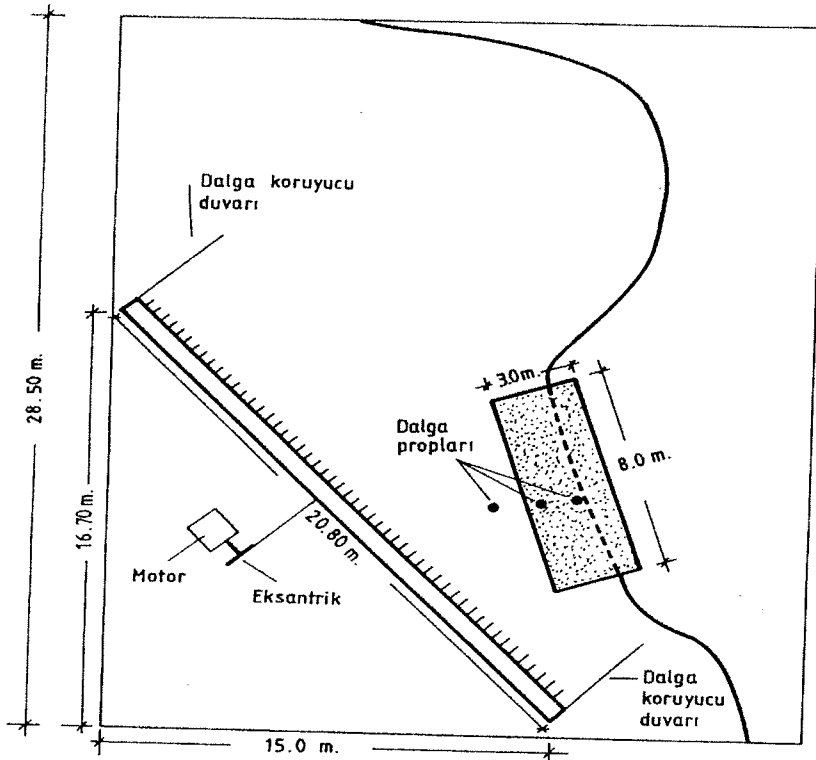
Dalga kayıtlarının alınması için basen içinde üç farklı yere rezistans tip dalga elektrotu yerleştirilmiştir. Bunlardan birincisi 35 cm derinliğinde açık denize, ikincisi doğal plaj kumdan oluşturulan şevin başına ve yaklaşık 8 cm su derinliğinde, üçüncüsü de nehir ağzının olduğu ve yaklaşık 3 cm su derinliğine sahip bölgeye yerleştirilmiştir. Deneyler sırasında 1/30 ve 1/20 iki farklı şev eğimi kullanılmıştır. Her bir eğim için 0.7, 0.9, 1.1 sn periyotlu üç farklı dalga tipi ve 181, 438 lt/sn' lik iki farklı nehir debisi kullanılarak nehir ağzında meydana gelen değişimler analiz edilmiştir.

DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

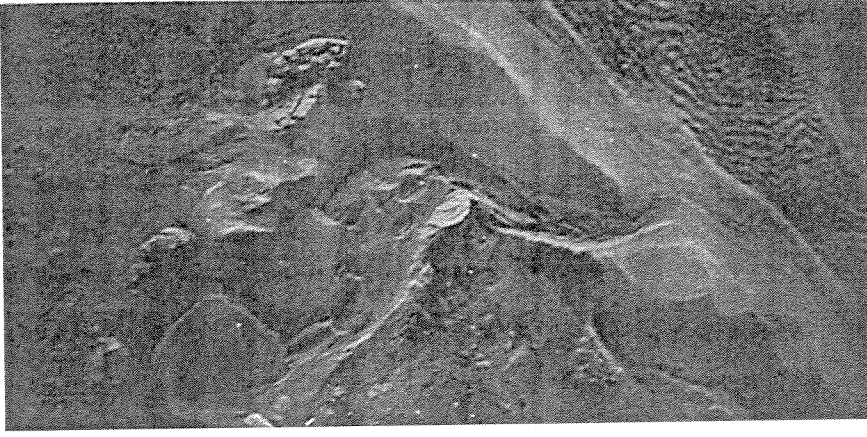
Nehir Ağzı Oluşumda Ekin Parametreler

Bölüm 2' de nehir ağzı oluşumunun genel özellikleri ve bu oluşuma etkisi olan parametreler belirlenmiştir. Bu bölümde deney sonuçlarının değerlendirilmesi sırasında nehir ağzı oluşumunda etkin parametreler analiz edilmiştir. Bu parametreler aşağıda verilmiştir.

- Dalga özellikleri: Dalga yüksekliği (H_s), dalga periyodu (T_s).
- Sediment özellikleri: Sediment çapı (D_{n50}), sedimentin birim hacim ağırlığı (γ_s).
- Nehir özellikleri: Nehir debisi (Q).
- Şev özellikleri: Şev eğimi (α).



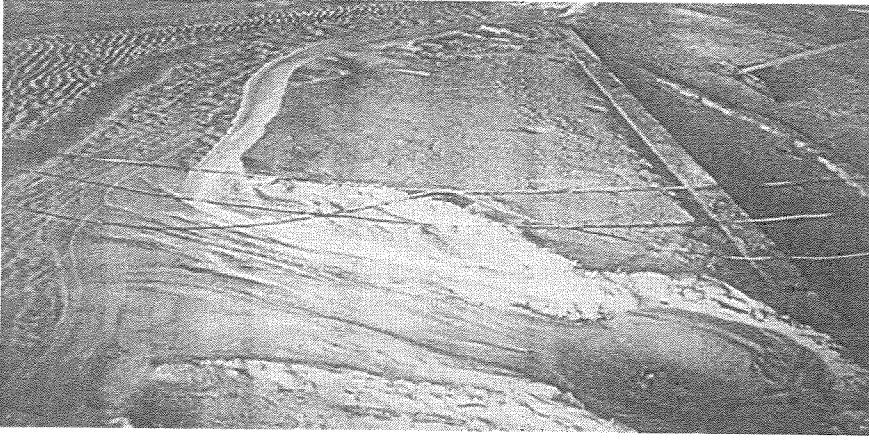
Deneyisel çalışmalar sırasında bu parametrelerden H_s , T_s , Q ve α değişken olarak alınmış ve söz konusu parametrelerin farklı özellikleri için oluşan nehir ağzı tipleri belirlenmiştir. Bu nehir ağzı tipleri kum dili, batık kum dili ve delta olarak sınıflandırılmıştır. Şekil 3, 4 ve 5'te deneylerden elde edilen nehir ağzı tipleri fotoğraflarla gösterilmiştir.



Şekil 3. Kum dili tipi nehir ağzı



Şekil 4. Batık kum dili tipi nehir ağzı



Şekil 5. Delta tipi nehir ağzı

Dalga Dikliğinin Etkisi

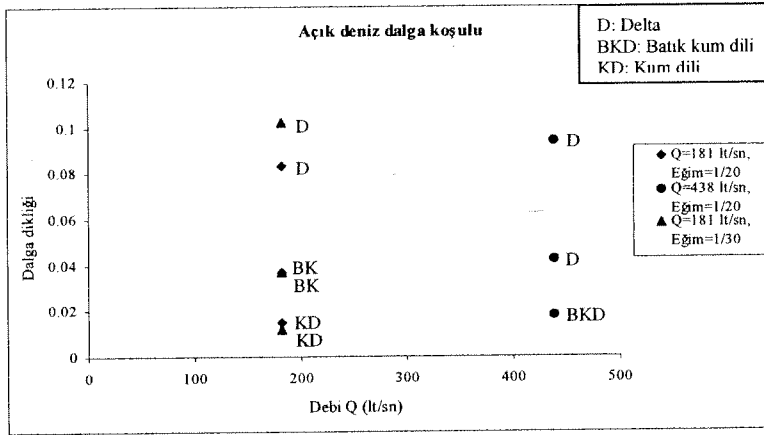
Nehir ağzı oluşumunda etkili dalga özellikleri, dalga yüksekliği ve dalga periyodu kullanılarak tanımlanabilir. Bu çalışmada deney sonuçları değerlendirilirken belirgin dalga yüksekliği (H_s) ve belirgin dalga periyodu (T_s) kullanılmıştır. Dalga periyodu $L_s = g \cdot T^2 / 2\pi$ bağıntısı kullanılarak dalga boyu şeklinde yazılabilir. Dalga yüksekliği ile dalga boyu arasında dalga dikliği olarak ifade edilen ve $S = H_s / L_s$ bağıntısı ile belirlenen bir ilişki kurulabilir. Dolayısıyla dalga dikliği kullanılarak hem dalga yüksekliği hem de dalga periyodu tanımlanabilir [7].

Şekil 6, 7 ve 8' de sırasıyla açık deniz, orta ve sahil probundan alınan dalga kayıtları kullanılarak, farklı şev eğimi ve nehir debisinde dalga dikliğinin oluşan nehir ağzı tiplerine etkileri görülmektedir. Dalga ölçümlerinin açık denizden alındığı Şekil 6 incelendiğinde, aynı nehir debisi ve aynı şev eğiminde dalga dikliği arttıkça kum dilinden delta tipine doğru nehir ağzı morfolojisi oluşmuştur. Başka bir deyişle dalga dikliğinin küçük değerlerinde kum dili, büyük değerlerinde delta bu iki değer arasında ise batık kum dili tipi nehir ağzı formu meydana gelmiştir. Nehir ağzı oluşumunda gözlenen bu sıra farklı şev eğimi ve farklı nehir debileri içinde aynı eğilimi göstermiştir. Şekil 7 ve 8 incelendiğinde de dalga dikliğindeki artış ile benzer nehir ağzı oluşumları gözlenmiştir.

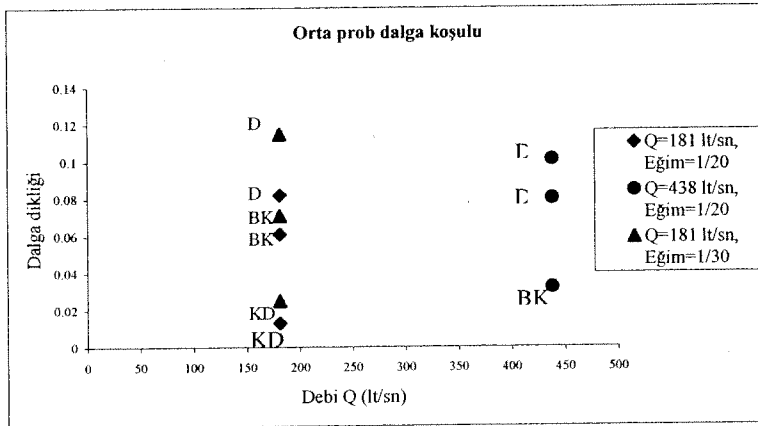
Aynı nehir debisinde farklı şev eğimleri kullanıldığında meydana gelen nehir ağzı tipleri

1:20 şev eğiminde, 1:30 şev eğimine göre daha düşük dalga dikliklerinde meydana gelmiştir. Fakat burada görülen eğimin etkisi çok belirgin değildir. Aynı şev eğiminde farklı nehir debileri kullanıldığında debinin artması halinde; nehirden gelen debinin etkisi gözlenmektedir. Debinin fazla olması halinde nehir debisinin etkisiyle; aynı dalga diklik değerleri için debinin az olduğu nehir ağzında kum dili oluşurken fazla olduğu nehir ağzında batık kum dili oluşumu meydana gelmiştir.

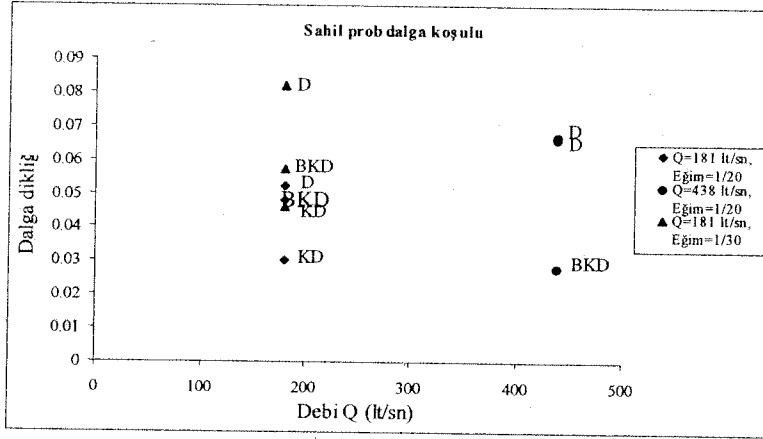
Şekil 6' ya göre dalga dikliğinin 0.015' ten küçük değerleri için kum dili, 0.015 ile 0.037 arasında batık kum dili, 0.042' den büyük değerler için delta oluşumu meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 6. Açık deniz dalga koşullarında dalga dikliği ile morfolojik değişim ilişkisi



Şekil 7. Orta prob dalga koşullarında dalga dikliği ile morfolojik değişim ilişkisi



Şekil 8. Sahil prob dalga koşullarında dalga dikliği ile morfolojik değişim ilişkisi

Şekil 7 incelendiğinde Şekil 6 ile benzer değişim görülmektedir. Burada gelen dalganın özellikleri akıntı ve taban etkisiyle değiştiğinden aynı seri deneyler için elde edilen dalga diklik değeri Şekil 6'ya göre daha büyüktür.

Dalga ölçümlerinin nehir ağzına çok yakın bölgeden alındığı Şekil 8 incelendiğinde ise dalga diklik değerlerinin Şekil 6 ve 7'den daha büyük olduğu görülür. Bu grafikte dalga dikliğindeki artışla kum dilinden delta tipi kıyı oluşumuna doğru gözlenen nehir ağzı formları aynı nehir debisi ve şev eğimi için görülmekle beraber, aynı nehir debisinde 1:20 eğimde batık kum dili oluşurken 1:30 eğimde delta oluşumu gözlenmiştir. Benzer şekilde aynı şev eğiminde 181 lt/sn'lik nehir debisinde kum dili oluşumu gözlenirken 438 lt/sn'lik nehir debisinde katık kum dili oluşumu gözlenmiştir.

Surf Benzerlik Parametresinin Etkisi

Iribarren (1950) dalga dikliği ve şev eğiminin fonksiyonu olan surf benzerlik parametresini tanımlamıştır ($\xi = \tan \alpha / \sqrt{S}$) [7]. Şekil 9, 10 ve 11 de sırasıyla açık deniz, orta ve sahil problemlerinden alınan ölçümler kullanılarak, dalga yüksekliği, dalga periyodu ve şev eğimini fonksiyonu olan surf benzerlik parametresi ile farklı nehir debilerin, nehir ağzı oluşumuna etkileri görülmektedir. Söz konusu şekillerde görüldüğü gibi surf parametresini artmasıyla dalga dikliğinin tersine delta formundan kum dili formuna doğru gidiş gözlenmektedir. Yani surf benzerlik parametresinin küçük değerleri için delta, büyük

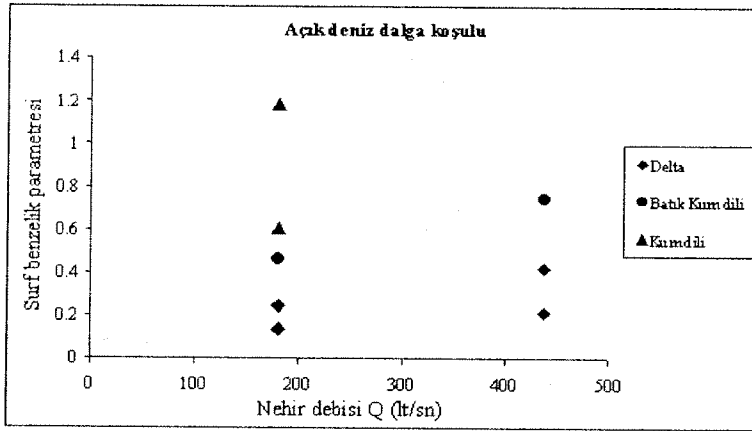
değerleri için kum dili, bu iki değerin arasında olması halinde ise batık kum dili oluşumu gözlenmektedir. Surf benzerlik parametresinin değeri aynı seri deneyler için açık deniz dalga koşullarında, orta ve sahil prob dalga koşulları koşullarına göre nehir ve taban etkileri nedeniyle daha küçüktür. Ancak yukarıda ifade edilen nehir ağzı morfolojisinde oluşumun gidişi değişmemektedir.

Şekil 9 incelendiğinde nehir debisindeki değişimin oluşan nehir ağzı profiline etkisi görülmektedir. Nehir debinin düşük olduğu durumda aynı surf benzerlik parametresi değeri için kum dili oluşumu gözlenirken nehir debisi yüksekken batık kum dili oluşumu gözlenmiştir. Çünkü artan nehir debisi nedeniyle nehir ağzı oluşumuna nehir koşulları daha etkindir. Şekil 10' da görüldüğü gibi orta probdan alınan dalga kayıtları kullanılarak elde edilen nehir ağzı profilleri incelendiğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yani, aynı surf benzerlik parametresi değerlerinde nehir debisini az olması durumunda batık kum dili oluşumu gözlenirken nehir debisinin fazla olması halinde delta oluşumu gözlenmiştir.

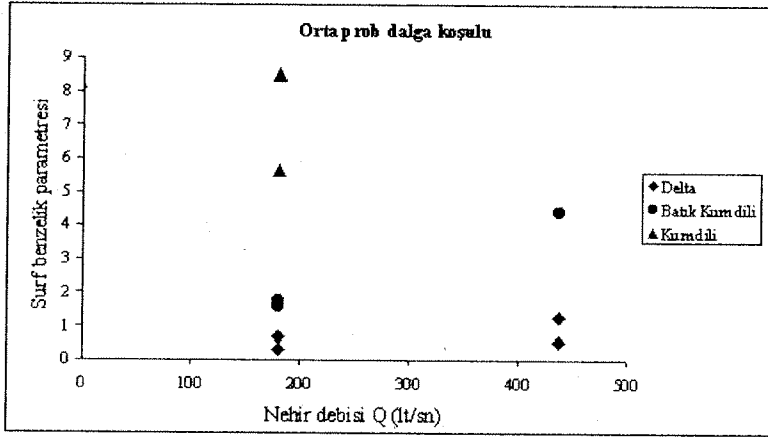
SONUÇ

Bu çalışmada dalga ve akıntı etkisi altındaki nehir ağzında oluşan morfolojik değişimler deneysel olarak irdelenmiştir. Bu amaçla kurulan fiziksel model deneylerinde farklı dalga özellikleri, şev eğimleri ve nehir debileri kullanılarak oluşan nehir ağzı tipleri analiz edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde kum dili, batık kum dili ve delta olarak adlandırılan nehir ağzı oluşumları gözlenmiştir.

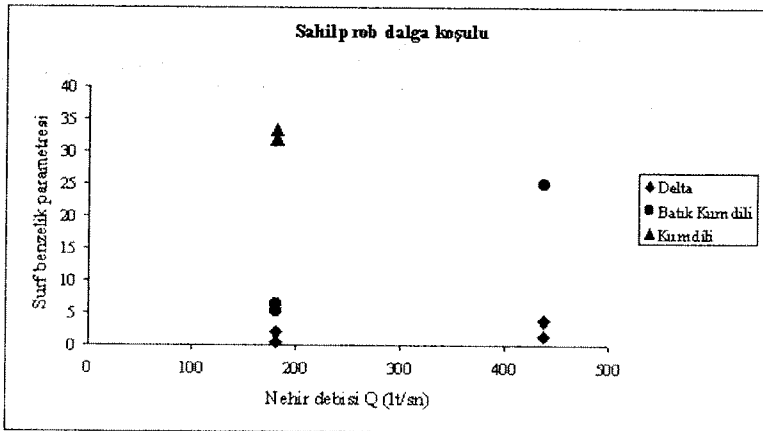
Üç farklı noktadan alınan dalga kayıtları kullanılarak elde edilen dalga diklik değerleri ile nehir ağzı tipleri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Neticede aynı şev eğimi ve nehir debisinde dalga dikliğindeki artışla kum dilinden deltaya doğru değişen bir oluşum gözlenmiştir. Yani dalga dikliğinin fazla olduğu değerlerde nehir ağzında dalganın özellikleri hakim olmakta; nehirden gelen katı madde dalga etkisiyle açığa doğru taşınmakta ve delta oluşumu meydana gelmektedir. Dalga dikliğinin az olduğu değerlerde ise nehir etkileri daha etkin olmakta; nehirden gelen katı madde akıntının etkisinin azaldığı nokta derine doğru çökmekte ve gelen dalga özellikleri katı maddeyi açığa taşıyamadığı için kum dili ve batık kum dili oluşumu meydana gelmektedir. Yaklaşık eşit dalga dikliği



Şekil 9. Açık deniz dalga koşullarında surf parametresi ile morfolojik değişim ilişkisi



Şekil 10. Orta prob dalga koşullarında surf parametresi ile morfolojik değişim ilişkisi



Şekil 11. Sahil prob dalga koşullarında surf parametresi ile morfolojik değişim ilişkisi

ve şev eğiminde nehir debisi arttığında gelen katı maddenin miktarında da artış meydana geldiği için nehir debisinin az olması halinde batık kum dili, fazla olması halinde ise delta oluşumu gözlenmiştir.

Dalga dikliği ve şev eğiminin fonksiyonu olan surf benzerlik parametresi kullanılarak oluşan nehir ağzı tipleri analiz edildiğinde, aynı nehir debisinde dalga dikliğinin tersine bu parametrenin değerindeki artış ile deltadan kum diline doğru bir değişim gözlenmiştir. Yani surf parametresinin küçük değerleri için delta, büyük değerleri için kum dili oluşumu meydana gelmiştir. Gelen debisinin nehir ağzı değişimine etkisi incelendiğinde ise aynı surf parametresi değeri için debinin az olması halinde batık kum dili oluşurken fazla olması halinde nehirden gelen katı madde miktarındaki artış nedeniyle delta oluşumu meydana gelmiştir.

KAYNAKLAR

1. Govindaraju, R.S., Ramireddygar SR, Sherestha PL, Roig LC, "Continuum bed model for estuarine sediments based on nonlinear consolidation theory", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 125(3), 1999, pp 300-304.
2. Mohd-Lokman, H., Rosman Y., Ejria S., Shazili NAM, Kassim KKY, "Deducing Sediment Transport Direction and the Relative Importance of Rivers on Atropical Microtidal Beach Using the "McLoren model"", Environmental Geology, vol. 34(2-3), May 1998, pp. 128-134.
3. Barros, A.P., "An Evaluation of Model Parameterizations of Sediment Pathways: A Case Study for the Tejo Estuary", Continental Shelf Research, Vol. 1, No:13, 1996, pp. 1725-1749.
4. FitcGerald D.M., Buynevich, I.V., Fenster , M.S., McKinlay, "Sand Dynamics at the Mouth of a Rock-Bound, Tide Dominated Estuary", Sedimentary Geology, 131, 2000, pp. 25-49.
5. Kocataş, A., Oseonoloji., 1993.
6. Erol, O., "Kıyı Morfolojisi Ders Notları", 1993.
7. Kabdaşlı, M.S., "Kıyı Mühendisliği", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1992.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF 3-D PHYSICAL MODELLING OF ESTUARY DYNAMICS UNDER COMBINED EFFECT OF WAVES AND CURRENTS

With the result that the environmental conscious has grown, a lot of studies are performed to protect the estuaries and to determine some solutions of the areas where a large amount of pollution is seen. Since the estuaries are the main source of the sediment of the shores and beaches, these areas arouse the coastal engineer's interest. Especially, determination of the hydraulic characteristics of studied estuary areas is one of the most important problems of the coastal engineers in order to protect the beach and coastal structures. Two basic components, which are oceanographic effects and river effects, have dominant roles on the morphology of the estuaries. These effects cause to some morphological changes on the estuaries.

In this study, characteristics of estuary, and morphological changing types are investigated experimentally and the results of the investigations are explained. For these propose, a 3-D wave-estuary model was set up in the Istanbul Technical University, Civil Engineering Faculty, Hydraulic Laboratory. Two different beach slopes of 1:30 and 1:20 were used during tests. The estuary types are analysed under the effect of two different river discharge of 181 and 438 lt/sn for each slope, and different characteristics of waves. As a result of experimental study some boundary values are proposed to determine estuary types defined as sand spit, submerged sand spit, and delta.



KIZILIRMAK DELTASI KIYI EROZYONUNUN SAYISAL MODELLENMESİ

Selahaddin SAVRAN
İnş.Müh.
savran@boun.edu.tr
Boğaziçi Üniversitesi
İstanbul

Emre N. OTAY
Yard.Doç.Dr.
otay@boun.edu.tr
Boğaziçi Üniversitesi
İstanbul

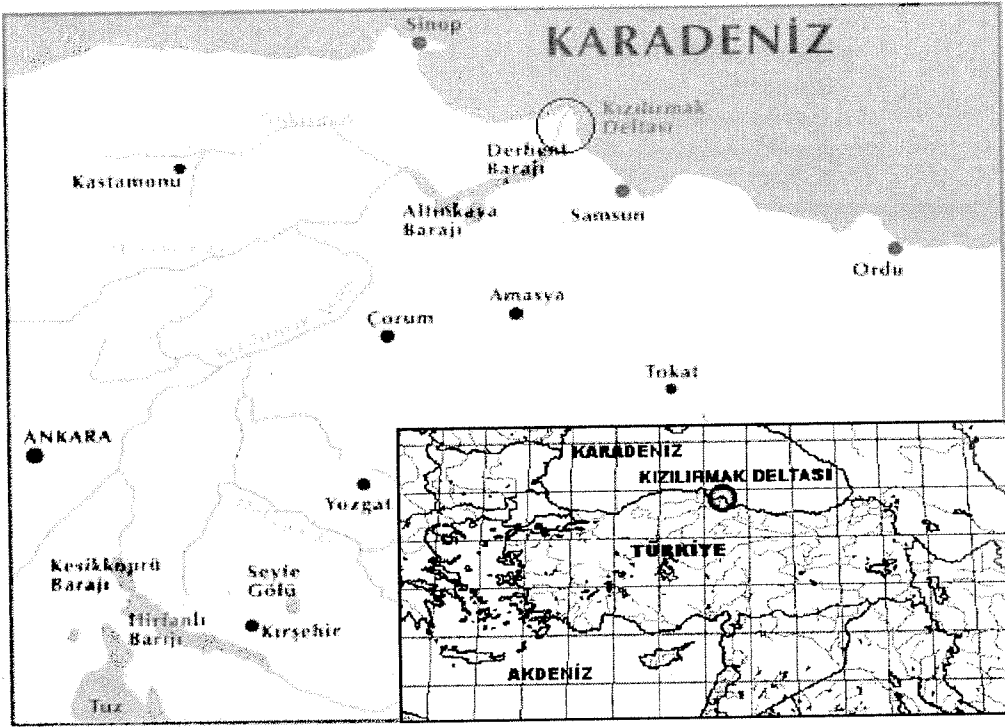
ÖZET

Kızılırmak üzerinde yapılan Altinkaya ve Derbent Barajları'nın işletmeye açılmasıyla nehirde denize dökülen çökelti kütleinde % 98'e varan bir azalma gözlenmiştir. Binyıllar boyunca deltayı oluşturan çökelti kaynağının azalmasıyla delta boyunca kıyı çizgisi gerilemeye başlamıştır. Nehir ağzının yaklaşık 1 km. güneydoğusunda bulunan kıyı yapılarını erozyondan korumak amacıyla kıyıya iki adet Y-mahmuz ve bir adet I-mahmuz yapılmıştır. Eldeki 27 yıllık rüzgar verilerinin Jonswap dalga spektrumuna dayalı analizi yapılarak belirgin dalga yükseklikleri hesaplanmıştır. Elektrik İşleri Etüd İdaresi verileri kullanarak, nehir çökelti miktarlarının barajların etkisiyle değişimi hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında nehir alüvyonlarının delta oluşumuna etkisi analitik olarak, mahmuzların kıyı değişimine etkisi ise sayısal modelleme yoluyla incelenmiştir. Sayısal modellemelerde nehrin getirdiği çökeltilerin ve sonradan yapılan mahmuzların etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Kızılırmak'tan denize dökülen çökelti malzemesi kaynak terimi olarak ele alınmış ve mahmuz noktasında sıfır çökelti geçişi sınır şartı kabul edilmiştir.

GİRİŞ

Kızılırmak Deltası; Orta Karadeniz'de nehir ağzında oluşan üçgenimsi bir deltadır. Bafra Ovası olarak ta bilinen bu delta; Samsun şehir merkezinin yaklaşık 50 km. batısında,

41°30' - 41°45' Kuzey enlemleri ile 35°43' - 36°06' Doğu boylamları arasında yer alır(Şekil 1).



Şekil 1. Kızılırmak Deltası(www.cevre.gov.tr/genelbilgiler/sulakalan/kizilirmak.htm).

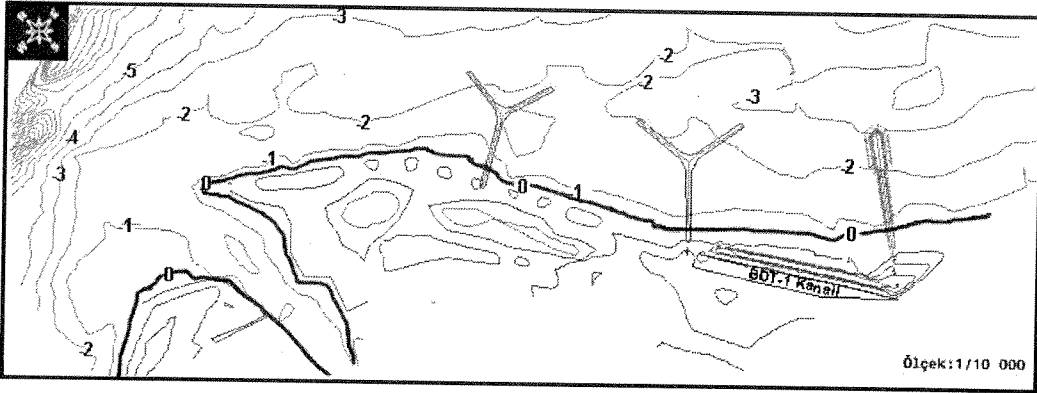
Kızılırmak Deltası, bin yıllar boyunca Kızılırmak'ın taşıdığı çökeltilerin nehrin denize çıkış ağzında çökmesiyle oluşmuştur. Son yıllarda hidroelektrik ve taşkın kontrolü amaçlarıyla nehrin denize döküldüğü noktadan yaklaşık 40 ve 30 km. yukarıya yapılan Altınkaya ve Derbent Barajları'yla birlikte Kızılırmak'ın doğal çökelti akısında önemli değişiklikler gözlenmiştir[Ergun v.d., 1995].

Kızılırmak, 1.355 km. uzunluğunda olup 78.646 km²'lik bir drenaj alanına sahiptir. Yukarıda bahsedilen barajlar yapılmadan önce ortalama çökelti akısı 23,1 milyon ton/yıl iken Altınkaya ve Derbent Barajları'nın işletmeye açılmasıyla çökelti akısında büyük bir azalma gözlenmiş ve bu değer 0,46 milyon ton/yıl'a kadar düşmüştür[Hay, 1994]. Yüzyıllar boyunca deltayı oluşturan çökelti kaynağının azalmasıyla delta boyunca kıyı çizgisinin yeniden şekillenmesi kaçınılmaz bir sonuçtur. Büyük hacimlerdeki çökeltileri kıyıya taşıyan nehirlerin üzerine barajlar yapmak suretiyle akışlarının kesilmesi sonucu

kıyının yavaş fakat sürekli bir erozyona maruz kalması dünyanın bir çok yerinde gözlenmiştir[Norris, 1964]. Kızılırmak'ın da çökelti bütçesi son 10 yılda nehir üzerine yapılan barajların etkisiyle bozularak çıkış ağzı ve çevresinde kıyı erozyona neden olmuştur[Güler, 2000].

YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Kızılırmak Deltası'nda oluşan kıyı erozyonu, deltanın güneydoğusunda bulunan BDT-1 Nolu Drenaj Kanalı için tehlike oluşturduğundan, Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol(TAKK) Dairesi Başkanlığı ve Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. tarafından ortak bir çalışma başlatılmıştır. Çalışma kapsamında; DSİ tarafından proje alanında 1 km. genişlikte ve bu genişlikteki kıyı kesiminden denize doğru -5 metre derinliğe kadar olan bölgenin batimetrik haritası çıkartılmıştır(Şekil 2).



Şekil 2. Yakın Kıyı Batimetrisi(Güler, 1999)

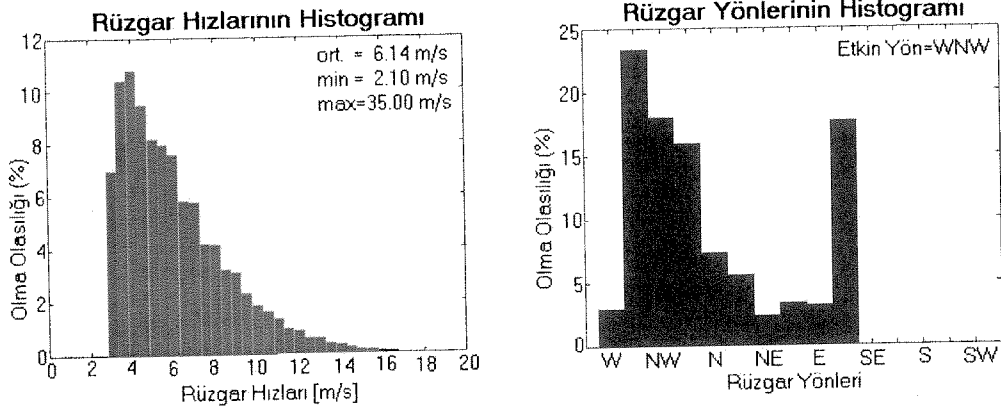
Sinop Meteoroloji İstasyonu tarafından ölçülen saatlik rüzgarların yönlerini ve şiddetlerini veren rüzgar cetvelleri analiz edilerek istatistiki dalga yüksekliği, dalga yönü ve periyodu bulunmuştur.

Bu veriler eşliğinde DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı bünyesindeki Hidrolik Model Laboratuvarı'nda fiziksel model çalışmaları yapılmıştır[Kökpınar v.d., 2000]. Laboratuvarda 3 değişik mahmuz düzeneği ele alınmıştır. Birinci seçenekte 3 adet düz mahmuz kullanılarak 5 saat sonunda kıyı stabilizesi sağlanamamıştır. Daha sonra 2 adet düz ve 1 adet Y-mahmuz ve son olarak ta 1 adet düz ve 2 adet Y-mahmuz seçeneği denenmiş ve

olumlu sonuçlar alınmıştır. Önerilen 1 adet düz ve 2 adet Y-mahmuz sistemi inşaatı 1999 yılında gerçekleştirilmiştir[Kökpınar v.d., 2000].

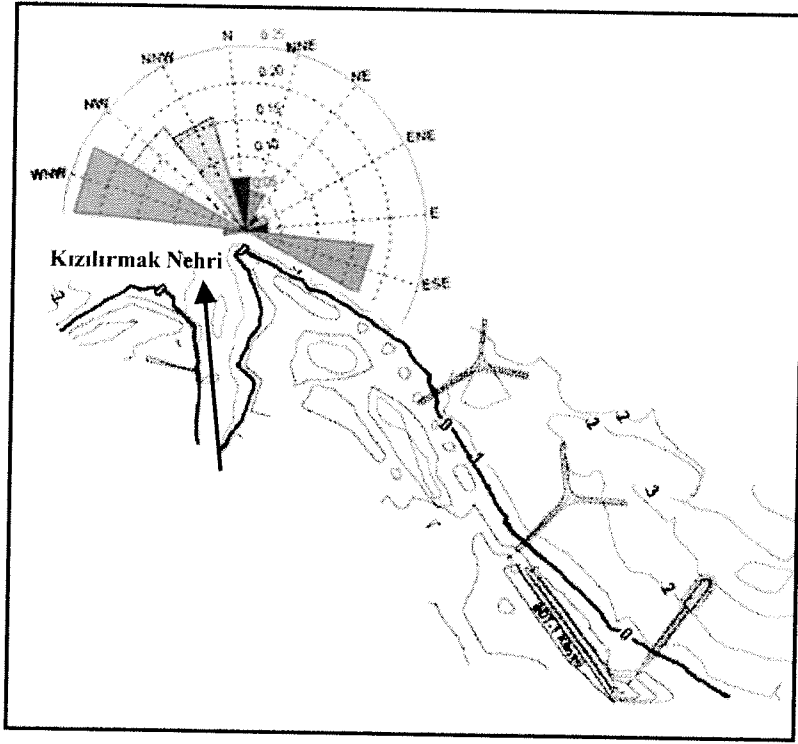
RÜZGAR VERİLERİNİN ANALİZİ

Bu çalışma kapsamında yapılan kaynak taraması sonucunda, Türkiye'nin bu kıyılarında düzenli dalga ölçümleri olmadığı için Sinop Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen 1959-1985 yılları arasındaki uzun dönem rüzgar verileri kullanılmıştır. Bu rüzgar verilerinin analizleri yapılarak rüzgar hızlarının ve yönlerinin histogramları çizilmiştir(Şekil 3).



Şekil 3. Rüzgar Hızlarının ve Yönlerinin Histogramları.

Kıyıya göre en etkili rüzgar yönlerini saptamak için rüzgar yönlerinin polar histogramı çizilmiştir(Şekil 4).



Şekil 4. Rüzgar Yönlerinin Polar Histogramı.

Sinop Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen 27 yıllık rüzgar verilerinin analizi sonucunda ortalama rüzgar hızı 6.14 m/s olarak hesaplanmış ve en etkili rüzgarların da Batı-Kuzeybatı yönünden geldiği saptanmıştır. Kıyıya paralel akımlara en çok etkili olan rüzgarlar kıyıya paralel esen rüzgarlardır. Bu yüzden kıyıya etkileyen Doğu-Güneydoğu rüzgarlarını da gözardı etmemek gereklidir. Şekil 4'te de görüldüğü gibi, bölgeyi etkileyen rüzgarlar Batı-Kuzeybatı ve Doğu-Güneydoğu olmak üzere iki farklı grupta incelenebilir.

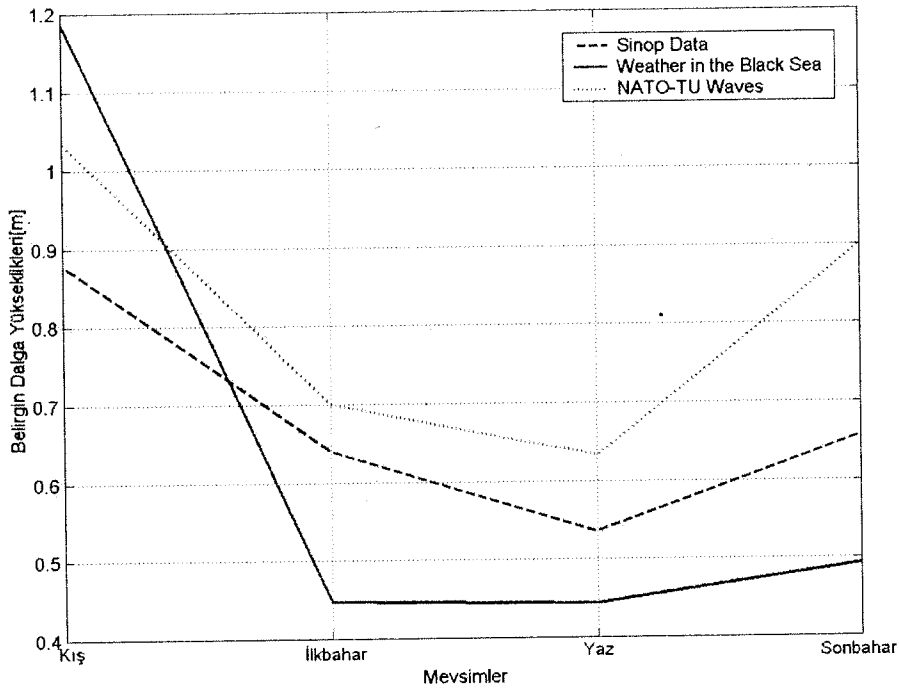
DALGA İKLİMİ

Dalga iklimi analizlerinde 3 tip veri kullanılmıştır. Bunlar Sinop Meteoroloji İstasyonu'ndan uzun dönem rüzgar verileri, Weather in the Black Sea[6] ve NATO-TU Waves (Özhan ve Abdalla, 1999)'dir. Sinop Meteoroloji İstasyonu'ndaki verilerin spectral analizi sonucunda belirgin dalga yüksekliği 0.68 metre olarak bulunmuştur. Weather in the Black Sea spektral analizleri 42°- 43° Kuzey, 34°- 36° Doğu konumunun verilerine göre yapılmıştır. Weather in the Black Sea, deniz üzerindeki rüzgar hızlarının oluşma frekansları

ile yönlerinin yüzdelerini vermektedir. Buna göre yapılan spektral analizler sonucunda belirgin dalga yüksekliği 0.64 metre olarak hesaplanmıştır. Son olarak da 7 yıllık rüzgar ve dalga istatistiklerini içeren NATO-TU Waves projesi (Özhan ve Abdalla, 1999) verileri kullanılmıştır. Her 3 veri için belirgin dalga yüksekliklerinin mevsimlere göre dağılımı karşılaştırıldığında, NATO-TU Waves değerleri Sinop Meteoroloji İstasyonu ve Weather in the Black Sea verilerine göre biraz yüksek çıkmaktadır(Tablo 1 ve Şekil 5).

Tablo 1: Belirgin Dalga Yüksekliklerinin Mevsimsel Dağılımları(metre cinsinden)

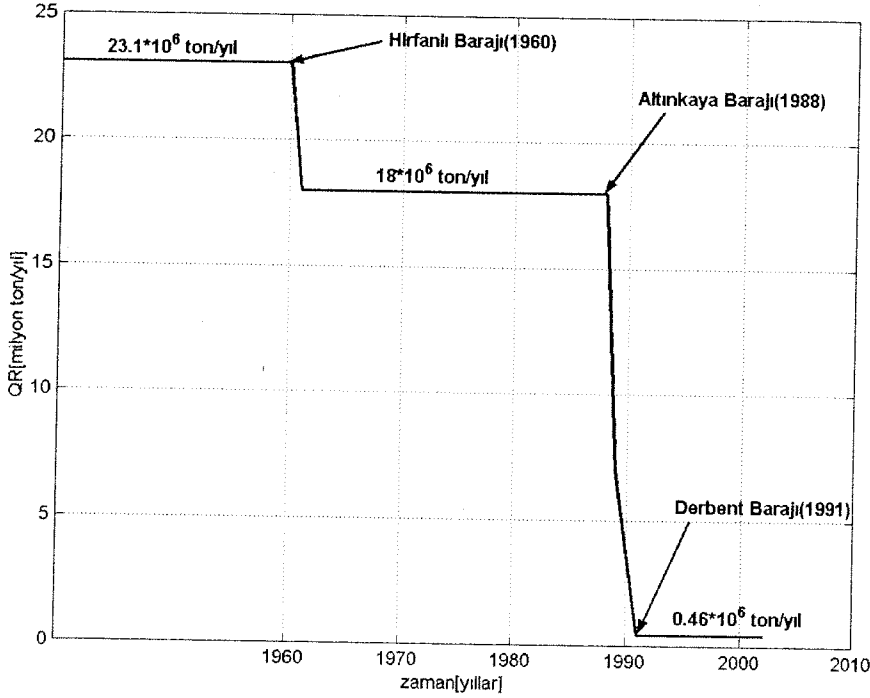
	<i>Kış</i>	<i>İlkbahar</i>	<i>Yaz</i>	<i>Sonbahar</i>	<i>Ortalama</i>
Sinop Meteoroloji İstasyonu	0.88	0.64	0.54	0.66	0.68
Weather in the Black Sea	1.19	0.45	0.44	0.49	0.64
NATO-TU Waves	1.03	0.70	0.63	0.90	0.82



Şekil 5. Belirgin Dalga Yüksekliklerinin Karşılaştırılması.

KIZILIRMAK'IN TAŞIDIĞI ÇÖKELTİ MİKTARLARI

Analitik ve sayısal model çalışmalarında kullanılmak üzere, Kızılırmak'ın kıyıya getirdiği çökelti akısı EİE(1993 ve 2000) çökelti yıllıklarından incelenmiştir. Hay'ın 1994 yılında EİE yıllıklarını kullanarak yapmış olduğu çalışmaya göre, Hirfanlı Barajı yapıldığı 1960 yılına kadar ortalama çökelti akısı 23,1 milyon ton/yıl iken bu barajın yapılmasının ardından çökelti akısı önce 18 milyon ton/yıl'a, daha sonra 1988 ve 1991 Altinkaya ve Derbent Barajlarının işletmeye açılmasıyla çökelti akısında büyük bir azalma gözlenmiş ve bu değer 0,46 milyon ton/yıl'a kadar düşmüştür[Hay, 1994](Şekil 6).



Şekil 6. Barajların Kızılırmak Nehri Ağzındaki Tahmini Çökelti Miktarlarına Etkisi(Veriler;Hay, 1994).

Erozyonun meydana geldiği bölgeden temin edilen kum örneklerinin analizi sonucunda medyan dane çapı $d_{50}=0,23$ mm. ve dane özgül ağırlığı $\gamma_s=2690$ kg/m³ olarak bulunmuştur[Kökpınar v.d., 2000].

MORFODİNAMİK MODEL

Morfodinamik model iki ayrı çözümün süperpozisi olarak düşünülebilir. Bunlardan birincisi, delta değişiminin hiç mahmuz yokmuş gibi tek çizgi modeli çözümü, diğeri ise kıyı çizgisi değişiminin yalnızca mahmuzların olması durumundaki tek çizgi modeli ile çözümüdür. Bu iki çözüm hem analitik, hem de sayısal olarak süperpoze edilebilir çünkü çözüm doğrusal bir bağıntıdır.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = G \frac{\partial^2 y}{\partial^2 x} \quad (1)$$

Burada G yayılma katsayısı, y kıyıya paralel uzaklık, x kıyıya dik uzaklık, t ise zamandır.

a) Delta Oluşum Modeli

Delta büyümesi ya da küçülmesini etkileyen en önemli faktör nehrin kıyıya getirdiği çökelti miktarıdır. Nehrin getirdiği çökelti miktarı sayesinde delta oluşumuna devam eder, eğer bu çökelti miktarında azalma olursa denge bozulacağından kıyıda büyümenin tam tersine bir geri çekilme olacaktır. Delta oluşumunun analitik çözümü denklem (2) ile gösterilir[Larson v.d., 1987].

$$y_1(x, t) = \frac{q_R t}{h_c} \left[1 - 2i^2 \operatorname{erfc} \left(\frac{a-x}{2\sqrt{Gt}} \right) - 2i^2 \operatorname{erfc} \left(\frac{a+x}{2\sqrt{Gt}} \right) \right] \quad 0 \leq x \leq a, \quad t > 0 \quad (2)$$

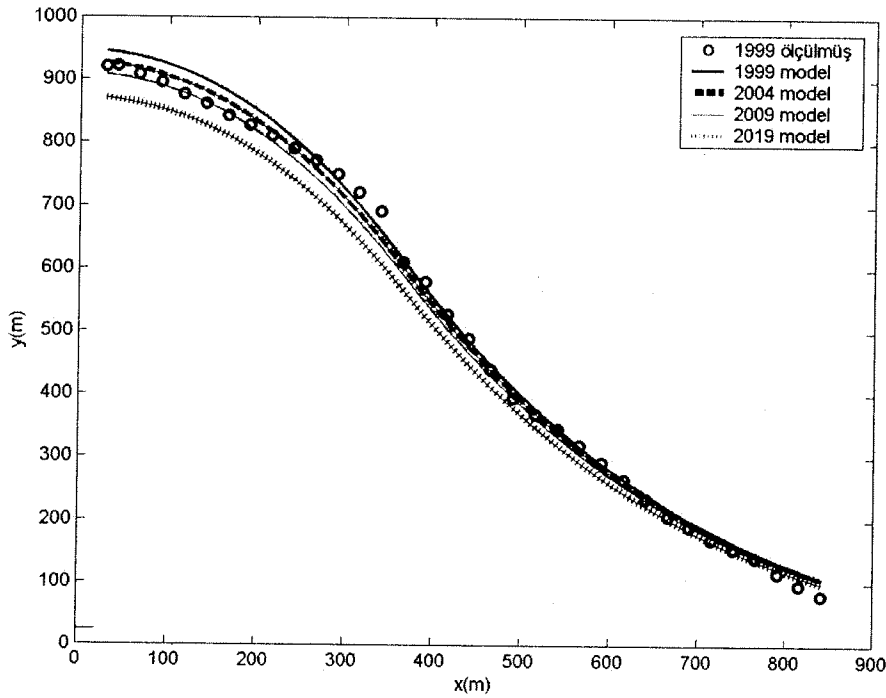
ve

$$y_2(x, t) = \frac{2q_R t}{h_c} \left[i^2 \operatorname{erfc} \left(\frac{x-a}{2\sqrt{Gt}} \right) - i^2 \operatorname{erfc} \left(\frac{x+a}{2\sqrt{Gt}} \right) \right] \quad x > a, \quad t > 0 \quad (3)$$

Burada; $2a$ nehir ağzı genişliği, h_c sınır derinlik, q_R nehrin kıyıya taşıdığı çökelti miktarıdır. $ierfc$ fonksiyonu denklem (4)'de tanımlandığı gibidir ve i 'nin üzerindeki 2 çift integral demektir.

$$2n i^n erfc x = i^{n-2} erfc x - 2x i^{n-1} erfc x \quad (4)$$

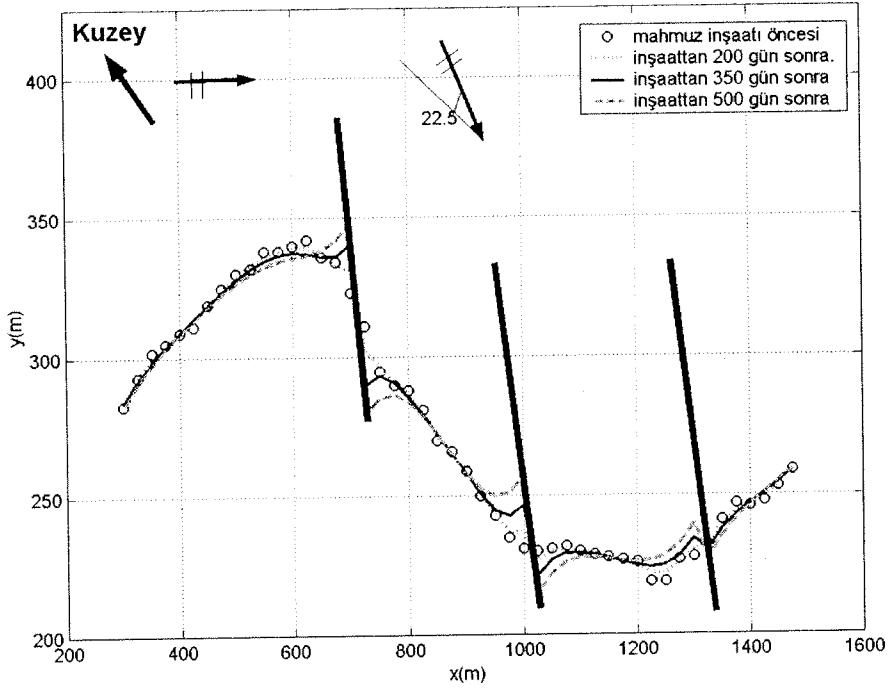
Bölgedeki kıyı değişiminin analitik modelini yapmak için öncelikle deltanın başlangıcından bugüne oluşma zamanı ve başlangıç noktası bilinmesi gerekiyordu. Bu parametreler en küçük kareler yöntemi ve çoklu doğrusal olmayan gerileme analizleriyle hesaplandı. Bu parametrelerin analitik çözüme girilmesi sonucunda elde edilen kıyı çizgileri Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Delta Oluşumu ve Deltanın 5, 10 ve 20 yıl Sonraki Değişimleri.

b) Mahmuz Modeli

Mahmuzlar kıyıdaki çökelti akısını keserler ve buradaki çökelti geçiş oranı sıfırdır($Q=0$). Şu an 3 mahmuzun da I-mahmuz olması kabulüne göre kıyı çizgisi değişimi tek çizgi modeline göre yapılmıştır. Çalışmanın ileri aşamasında yapılan Y-mahmuzlar normal bir mahmuz etkisine ilave olarak kıyıda geniş bir alanda yarattığı dalga gölgelenmesi etkisi açıktaki bir dalgakıran modeliyle incelenecektir. Proje alanında uygulanan 3 mahmuzun da I-mahmuz olması durumundaki kıyı çizgisi değişimi Şekil 8’de görülmektedir. Model; NATO-TU Waves (Özhan ve Abdalla, 1999) projesine göre, dalgaların Kuzeybatıdan belirgin dalga yüksekliği $H_S=1,21$ m ile yılda %25,87 olasılıkla ve Kuzey-Kuzeydoğudan belirgin dalga yüksekliği $H_S=1,43$ m ile yılda %28,99 olasılıkla geldiği kabulüne göre yapılmıştır.



Şekil 8. Kıyı Çizgisi Değişimi (yalnızca mahmuzların olması durumunda).

SONUÇ

Büyük hacimlerdeki çökeltileri kıyıya taşıyan nehirlerin üzerine barajlar yapmak suretiyle akışlarının kesilmesi sonucu kıyının yavaş fakat sürekli bir erozyona maruz kalması dünyanın bir çok yerinde gözlenmiştir. Kızılırmak Deltası'nda da bu durum açıkça görülmektedir. Deltanın oluşması ve çökelti akısının kesilmesiyle geri çekilmesi uzun zaman sürecinde olmaktadır. Buna karşın mahmuzların kıyı çizgisine etkisi ise kısa zaman sürecinde meydana gelmektedir. Bu çalışma sonucunda;

- Daha önce yapılan bir proje tüm verileriyle tekrar mercek altına alındı.
- Kıyı erozyonunun başlıca nedeni olan nehrin taşıdığı çökelti miktarındaki azalma incelendi, azalma miktarları tesbit edildi ve delta değişimi analitik olarak modellendi.
- Mahmuzların üçünün de I-mahmuz olması halinde nehrin etkisi olmadan kıyı şeridi değişimi incelendi.
- Eldeki yöresel dalga ve batimetri verileri, nehrin taşıdığı çökelti miktarları ve mahmuz geometrileri kullanılarak, kıyı değişiminin sayısal modellemesi yapılmıştır.

Gelecek Çalışmalar:

- Y-mahmuzlar ise mahmuzun açıkta kalan kıyıya paralel parçasının dalgayı kesmesi sonucu kıyıda oluşan gölge etkisi esas alınarak modellenecektir. I-mahmuz modellemesinde sıfır çökelti geçişi sınır şartı kabulü yapılacaktır.
- Modelleme sırasında nehrin getirdiği çökeltilerin ve sonradan yapılan mahmuzların etkisi ayrı ayrı incelenecek ve çökelti taşınımını kontrol eden doğrusal yayılma teoremine dayanarak sonuçlar daha sonra süperpoze edilecektir.
- Model sonuçları daha sonra kıyı çizgisi ölçümleri ile karşılaştırılacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, model çalışmaları için gerekli rüzgar ve batimetri verilerini sağlayan ve mahmuz projeleri ile ilgili bilgileri sunan Dr. Işıkhhan Güler ve Yüksel Proje Uluslararası A.Ş.'ye teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

1. EİE, Elektrik İşleri Etüd İdaresi, (1993), Türkiye Akarsularında Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları, Yayın 93-59, Ankara, 615 sayfa.
2. EİE, Elektrik İşleri Etüd İdaresi, (2000), Türkiye Akarsularında Süspanse Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınım Miktarları, Yayın 20-17, Ankara, 615 sayfa.
3. Ergun, O.N., Büyükgüngör, H., Orhan, Y., (1995), "Effects of Urbanization and Agricultural Activities in the Lagoons of Kızılırmak Delta, Turkey", Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST95, October 24-27, 1995, Tarragona, Spain, 945-952. (İngilizce)
4. Güler, I., (1999), Batı Kanalı Kıyı Koruma Mahmuz Planı, B-KK-003, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., Ankara.
5. Hay, B.J., (1994), "Sediment and Water Discharge Rates of Turkish Black Sea Rivers Before and After Hydropower Dam Construction", Environmental Geology, 23:276-283.
6. Her Majesty's Stationery Office, (1963), Weather in the Black Sea, Phototype Ltd., London. (İngilizce)
7. Kökpınar, M.A., Güler, I., Drama, Y., (2000), "Bafra Ovası Kızılırmak- Karadeniz Birleşimindeki Kıyı Erozyonun İncelenmesi", 3. Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 507-524, Çanakkale.
8. Larson, M., Hanson, H., Kraus, N.C., (1987), Analytical Solutions of the One-Line Model of Shoreline Change, Technical Report, CERC-87-15, US Army Corps of Engineers. (İngilizce), 72 sayfa.
9. Norris, R.M., (1964), "Dams and Beach Sand Supply in Southern California in Miller R. L.(ed.) ", Papers in Marine Geology, 154-171, New York. (İngilizce)
10. Özhan, E. ve Abdalla, S. (1999). "Wind and Wave Climatology of the Turkish Coast and the Black Sea: An Overview of the NATO TU-WAVES Project", Proc. Int. MEDCOAST Conf. on Wind and Wave Climate of Mediterranean and Black Sea, Ankara, Turkey, 1-20. (İngilizce)
11. www.cevre.gov.tr/genelbilgiler/sulakalan/kizilirmak.htm

ABSTRACT

After the Altinkaya and Derbent Dams had been built on the Kızılırmak, the total sediment discharge of the river has dropped by 98% of its original value. As a result of the shortage in sediment supply which has been forming the delta for thousands of years, the adjacent shorelines started to erode. In order to protect coastal structures located 1 km. southeast of the river mouth, two Y-groins and an I-groin were constructed on the coast. Analysis of 27-years wind data based on Jonswap formulation, significant wave heights were calculated. Based on data from the State Electrical Power Agency (EIE), changes in sediment discharge rates due to construction of water dams were tabulated for Kızılırmak. Delta evolution was investigated analytically using a nonlinear regression analysis. Shoreline change after the construction of groins was modelled numerically using local wave conditions and measured shoreline data. The effect of river discharge and the groins on shoreline change were investigated separately based on the assumption of the linearity of the governing diffusivity equation. The river sediments were regarded as a source term in the numerical model. I-groin was modeled as a no-flow boundary condition.



KIYI ALANLARI YÖNETİMİNDE BİLGİSAYAR DESTEKLİ EĞİTİM ÇALIŞMALARINA YENİ BİR YAKLAŞIM: COASTLEARN

Ayça ERDEM, Habib MUHAMMETOĞLU,
Ayşe MUHAMMETOĞLU, Bülent TOPKAYA
Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
Antalya, Türkiye
E-mail: muhammetoglu@usa.net

Irene LUCIUS, Alan PICKAVER
EUCC
(Avrupa Birliği Kıyı Koruma)
Leiden, Hollanda

ÖZET

Doğu Avrupa'da Bütünleşik Kıyı Yönetimi (BKY) konularının uygulanması amacıyla önerilen ve kabul edilen uzaktan eğitim paketi COASTLEARN, Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir. Bu eğitim paketi, internet, bilgisayar disketleri ve CD-ROM gibi elektronik medya ile bilgi ulaşımını hedeflemektedir. COASTLEARN, yerel ve ulusal olarak, kıyı alanlarının yönetimi konusunda görevli kişiler, planlamacılar ve Doğu Avrupa ülkelerindeki öğrenciler ile sivil toplum örgütlerine yönelik bir çalışma programıdır. Proje; Avrupa Birliği Kıyı Koruması - Kıyı Birliği (EUCC-Coastal Union, Hollanda) ile koordinasyonlu olarak Hollanda, İngiltere, Yunanistan, Türkiye, Polonya, Slovenya ve Romanya'dan, Bütünleşik Kıyı Alanı Yönetimi (BKAY) uzmanları tarafından yürütülmektedir. COASTLEARN, BKY ile ilgili bilgilerin sürekli yenilenmesi için internet bazlı bilgileri içermektedir. Doğu Avrupa ülkeleri olarak Türkiye, Polonya, Slovenya ve Romanya'da BKY eğitime ihtiyaç olduğu belirlenmiş ve COASTLEARN ile birleştirilmiştir. Bu projenin birinci aşaması Temmuz 2002'de bitmektedir.

AMAÇ

Kıyı çevresi; doğal kaynakları ve zengin biyoçeşitliliği gibi önemli özellikleri nedeniyle ülke ekonomisinde hayati bir rol oynar. Kıyı bölgelerinin insan faaliyetlerine maruz kalması, kıyı ekosisteminin büyük oranda tahrip ve tehdit edilmesine neden olmaktadır.

Sonuç olarak; kıyı çevresi ve kaynakları hızla bozulmakta ve dünya genelini etkilemektedir.

Kıyı kaynaklarının yönetimine ilişkin güncel yaklaşımlar pek çok durumda sürdürülebilir kalkınma ilkeleri ile örtüşmektedir. BKY, kıyı bölgelerinde sürdürülebilir kalkınma ile biyolojik ve manzara çeşitliliğinin korunması için en iyi yaklaşım olarak görülmektedir.

1997'de Avrupa Birliği (AB) BKY uygulamaları için bir program hazırlamıştır. Bu programın sonuçları değerlendirildiğinde yalnız AB ülkeleri için değil, AB'ye girecek ülkeler için de önemli bir uygulama sağladığı görülmüştür.

Uzaktan mesleki eğitim programı, elektronik medyanın örneğin internet, bilgisayar disketleri ve CD-ROM kullanımının sağlanması bakımından özellikle AB'ye katılım sürecinde olan ülkeler için önemli bir araçtır. Programın, uygulanabilir ve ekonomik olmasının yanında mekan ve zaman bakımından bağımsız, fiziksel çalışma veya uzmanların seyahatine gerek duyulmaması gibi avantajları vardır.

Program, EUCC (Avrupa Birliği Kıyı Koruması) ve AB Leonardo da Vinci (Mesleki Eğitim Programı Komitesi) tarafından finanse edilmektedir. Program; Hollanda, İngiltere, Yunanistan, Türkiye, Polonya, Slovenya ve Romanya'dan katılan uzmanların oluşturduğu bir ekip tarafından idare edilmektedir. Programın adı COASTLEARN olarak belirlenmiştir ve internetteki web sayfasından izlenebilmektedir. "<http://www.COASTLEARN.org>"

COASTLEARN Projesinin Tanıtımı

Projenin amacı, katılımcıların ve eğitimcilerin BKY konularında sürekli bilgilendirilebilmesi, internet erişiminin sağlanması, e-mail, disket ve CD-ROM gibi elektronik araçlar yardımıyla bilgiye ulaşmalarını kolaylaştırmaktır. Programa destek için BKY eğitimcileri ve AB organizasyonlarında çalışan uzmanlar görev almakta ve Leiden, EUCC ofisinin deneyimli çalışanları tarafından Yardım Ünitesi oluşturulmuştur. Program katılımcıları, e-mail ve internet aracılığıyla birbirlerine yardımcı olabilmekte, bilgi alışverişinde bulunabilmekte ve yeni yöntemler üzerinde tartışıp geliştirebilmektedirler.

Dil sorunun minimize edilebilmesi için gerekli materyaller tercüme edilmektedir. Program şimdilik Polonya diline çevrilmiş, bir yıl içerisinde ise Türkçe ve Rusça'ya çevrilecektir. Yeni kurulacak olan ağ, mevcut BKY ağına elektronik olarak bağlanacak ve böylelikle Avrupa'daki bağlantı güçlenecek ve uyum sürecinde olan katılımcı ülkelere daha kolay destek verilebilecektir. Atölye çalışmaları düzenlenerek katılımcı ülkelerin karşı karşıya kaldıkları yöresel sorunlar tartışılmakta ve çözüm önerileri getirilmektedir. Elektronik format, genel bir format (örneğin, pdf formatı) olarak düzenlenerek pahalı yazılım programlardan bağımsız olarak çalıştırılabilmektedir (EUCC, 2000-a).

COASTLEARN Katılımcıları

COASTLEARN Projesi EUCC-Kıyı Birliği, Hollanda, İngiltere, Yunanistan ile Doğu Avrupa ülkelerinden Türkiye, Polonya, Slovenya ve Romanya tarafından yürütülmektedir. Tablo 1'de projenin katılımcıları verilmiştir.

Tablo 1. COASTLEARN Projesi katılımcıları

ÜLKE	ORGANİZASYON	İSİM
Hollanda	EUCC- Avrupa Birliği Kıyı Koruması	Alan Pickaver Irene Lucius Carolina Perez Erik Devilee Daniela van Elburg
Hollanda	Kıyı Alanları Yönetim Merkezi RIKZ-CZMC	Hugo Niesing Carla Bennink Robert Misdorp
Hollanda	IHE Delft	Mick van der Wegen
Hollanda	Bosch Eco Consult	Rieks Bosch
Hırvatistan	MAP Bölgesel Temsilciliği	Ivica Trumbic
Yunanistan	NAGREF Balıkçılık Araştırma Enstitüsü	Manos Koutrakis
Polonya	Szczecin Deniz Bilimleri Enstitüsü	Kazimierz Furmanczyk
Romanya	Ulusal Deniz Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü	Claudia Coman
Slovenya	Entegre Gelişim ve Çevre Enstitüsü	Marta Vahtar
Türkiye	Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü	Habib Muhammetoğlu
İngiltere	Southampton Enstitüsü	Steve Fletcher David Johnson

Hollanda, Leiden'da bulunan EUCC Sekreteryası, katılımcı ülkelerde yürütülen BKY bağlantılı projelerin düzenlenmesinde kullanılacak eğitim paketinin içeriğine katkıda

bulunmakta ve internet bazlı iletişim aracının geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Yine Hollanda'da bulunan Ulusal Kıyı ve Deniz Yönetimi, Kıyı Alanları Yönetimi Merkezi (RIKZ-CZMC), BKY konularının uluslararası düzeyde duyurulması ve bu konu üzerinde çalışan uzaktan eğitim katılımcılarını deneyimleri ile desteklemektedirler. Merkezi Hollanda, Delft'te bulunan IHE (Uluslararası Altyapı, Hidrolik ve Çevre Mühendisliği Enstitüsü) ve İngiltere'de bulunan Southampton Enstitüsü uzmanları BKY eğitimi konusunda destek vermektedir. Yunanistan'da bulunan NAGREF (Balıkçılık Araştırma Enstitüsü), BKY uygulamaları için örnek çalışmalar ile Avrupa genelinde uygulanabilir projeleri seçmektedir. Katılımcı ülkelerden (Türkiye, Slovenya, Romanya, Polonya) gelen uzmanlar, ülkelerinde BKY'nin neden gerekli olduğu, BKY'nin iyi ve kötü uygulamaları hakkında bilgi verirken aynı zamanda modern uzaktan eğitim teknikleri hakkında bilgilerini yenilemektedir. Ayrıca programın kendi ülkelerine ve bölgelerine yayılmasına yardımcı olacaklardır.

Doğu Avrupa Ülkelerinde BKY Uygulama Gerekliliği

Şubat 2001'de Hague'da yapılan atölye çalışmasında, COASTLEARN'ün orta ve doğu Avrupa'daki katılımcılarının (Türkiye, Polonya, Slovenya, Romanya) BKY eğitim ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu ihtiyaçlar COASTLEARN eğitim aracının gelişimi için rehber amaçlı kullanılmaktadır. BKY ihtiyaçları iki farklı kategoride belirlenmiştir.

Katılımcıları İlgilendiren Genel BKY Başlıkları

Katılımcı ülkelerdeki genel sorunlar; yasal idari sistemlerin yeterli olmaması ile koordinasyon eksikliği ve BKY prosesinin yeterince anlaşılabilmesidir (Özhan 93, Dipova ve Muhammetoğlu 97, EUCC 2000 a). COASTLEARN'ün amacı lokal ve bölgesel bazda karar vericilerin eğitilmesi, BKY yararlarının öneminin ve ana başlıklarının belirlenmesidir. Bu başlıklar şu şekilde sıralanabilir;

- Ana Başlıklar: Sürdürülebilir gelişme, bütünleşik kıyı alanları yönetimi, kıyı kaynakları, kıyı kullanımı, kullanım çatışması, dikey bütünleşme, yatay bütünleşme, halkın katılımı, sürdürülebilir turizm, deniz seviyesi yükselmesi, sulak alanların önemi, çevresel etki değerlendirme vb.
- Kıyı Yönetimlerinin Yasal Durumu: Kamu mülkiyeti, kıyı şeridi, koruma alanlarının kullanılması

- Yukardan-Aşağıya Yaklaşımı: Bilinçlendirme ve yerel toplulukların kapasitelerinin yapılandırılması, yerel planlama, teknikler ve iyi örneklerle BKY uygulamaları
- Halkın katılımı ve kapasite yapılandırılması
- BKY Araçları: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) vb.
- Sürdürülebilir Gelişme İndikatörleri
- Sürdürülebilir Turizm Gelişmeleri İçin Taşıma Kapasitesi: Ölçütler
- Sürdürülebilir Gelişme İçin Ekonomik Araçlar: Gelir getiren teknikler ve olanaklar
- Çabuk Değerlendirme İçin Ekonomik Değerlendirme Teknikleri: Araçlar
- Stratejik Çevresel Etki Değerlendirme
- Doğal prosesler, erozyon ve sel zararları veya kısa dönemdeki yöresel ekonomik ihtiyaçlar
- Toprak ve Su Kirliliği
- Sürdürülebilir Gelişme İçin Özel-Kamu Ortaklığı
- İçme Suyu Yönetimi: Alternatif kaynaklardan - tuzsuzlaştırma, geri dönüşüm vb-yeterli miktarlarda su temin etmek
- Kullanma Suyu ve Deniz Suyunun Gerekli Kalitesinin Sağlanması: Yasal araçlar vb.

Hedeflenen Alanlar/ Katılımcıların Yerel BKY Konuları

Polonya/ Szczecin Lagünü	: Su Kalitesi. Endüstriyel ve evsel atıksular ile tarım alanlarından gelen sular lagünü kirletmekte, lagünün biyolojik çeşitliliğini, yerel balıkçılığını ve turizm gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir.
Slovenya	: Slovenya kıyıları yaklaşık 46 km uzunluğundadır. Doğal ve kültürel alanların korunması, yapay adaların inşası ile kıyı çizgisinin genişletilmesi önemli konulardır.
Türkiye	: Koordinasyon ve yaptırımın yetersiz olması, kıyı şeridinin net bir tanımının olmaması önemli sorunlardır. Uzaktan algılama ve CBS'nin uygulanması gerekmektedir.

Teknik İhtiyaçlar

BKY uygulamaları bakımından teknik ve insan gücü değerlendirildiğinde, orta ve doğu Avrupa ülkelerinin yetersiz olduğu görülmektedir. Teknik araçlar; donanım ve yazılım örneğin, gelişmiş özellikleri olan bilgisayar, tarayıcı, sayısallaştırıcı, uydu fotoğrafları, uzaktan algılama ve CBS verileri, bilgisayar modeli benzetimleri ve internete kolay erişim gibi özellikleri içermelidir. Buna paralel olarak bu teknolojiyi kullanabilecek eğitimli insan gücü gerekmektedir (WCC, 1993).

Bu nedenle COASTLEARN Programı basit bir araç olup, gelişmiş bilgisayar kullanımına gerek yoktur, ancak bazı katılımcıların programı çalıştırabilmeleri ve geliştirebilmeleri için donanımlarını yenilemeleri gerekmektedir. Ayrıca programın, katılımcı ülkelerin kendi yerel dillerine tercüme edilmesi ile, bilgi ve materyallere ulaşma kolaylığı sağlanmalıdır.

COASTLEARN Programının Amacı

Öncelikli hedef grup, AB üyesi olmayan ülkelerde kıyı alanları ile ilgili planlama ve yönetim konularında görev alan kişilerdir. İkinci hedef grup ise AB üye ülkelerinde BKY veya bağlantılı konularda örneğin, çevresel planlama veya yönetimi kursları veren mesleki eğitimcilerdir. COASTLEARN programının ana amaçları şöyledir;

1. Avrupa'da uygulanmış çalışmaları ve deneyimleri, doğu Akdeniz, Karadeniz ve Baltık Denizi'nde bulunan konu ile ilgili meslek gruplarına ulaştırmak ve kıyıların sürdürülebilir gelişimi ve bütünleşik yönetimi konularında uzmanlar yetiştirmektir. Böylelikle, AB'ye üye olmayan ülkelerde BKY uygulamaları ve gelişmeleri artacak ve üyelik süreci hızlanacaktır.
2. Bu ve benzeri projeler için yeni bilgi teknolojisi (IT) tabanlı eğitim modülleri test etmek ve geliştirmek.
3. Uzaktan eğitim teknikleri konularında üyelik sürecinde olan ülkelerin BKY eğitimcilerini eğitmek ve bu konu üzerinde gelecekte işbirliğine olanak sağlayıcı çalışmalar yapmak.

COASTLEARN Programının Gelişimi

Proje başlangıcından itibaren, tüm COASTLEARN üyelerinin katılımıyla Hollanda ve Rusya'da toplam dört adet atölye çalışması gerçekleştirilmiştir ve 2002 yılı Ekim ayı içinde bir atölye çalışması daha yapılması planlanmaktadır. Atölye çalışmalarında, COASTLEARN Programının yerel, bölgesel ve ulusal bazda görev yapan kıyı planlamacılarına, yöneticilere, üniversite öğrencilerine ve sivil toplum örgütlerine hitap etmesi kabul edilmiştir. COASTLEARN Programı içerisinde konular ve sorunlar ile ilgili bir yardım ünitesi oluşturulmuş, böylece kullanıcıların program hakkında değerlendirmelerini göndermeleri sağlanmıştır. COASTLEARN Programı aşağıda verilen özellikleri içermektedir;

- (i) Program içerisinde toplam beş adet modül bulunmaktadır. Bu modüllerin başlıkları sırası ile *Bütünleşik Kıyı Alan Yönetiminin Esasları, Politika Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Planlama ve Çevresel Risk Değerlendirme*'dir.
- (ii) Birinci bölüm olan *Bütünleşik Kıyı Alan Yönetiminin Esasları* modülünde, BKY'nin ana kavramları ve ilkeleri, sürdürülebilir gelişme, tanımlar, BKY'nin öncelikli zorunlulukları ve faydaları, BKY prosedürlerini belirleme aşamaları ile gerçek örnekler verilmektedir. Diğer sitelere, programlara ve dokümanlara bağlantılar konularak, bu bilgilere ulaşmak isteyen kişilere ayrıntılı bilgiler sunulmaktadır.
- (iii) Modüller içinde kıyı alanlarında meydana gelen doğal prosesler, planlama, işbirliği ve BKY için birleşme, BKY'nin unsurları, yasal analiz ve diğer başlıkları içeren konular açıklanmaktadır. Ayrıca daha önceden yapılan çalışmalar verilerek konular desteklenmektedir.
- (iv) Kirlenme, sürdürülebilir gelişme/ turizm vb., çevre korunması ve problem çözümü gibi konularda mevcut olan iyi ve kötü örnekler verilmektedir. Bu örnekler doğu Avrupa ülkelerinde olması muhtemel son derece önemli problemleri tanımlamaktadır. Doğu Avrupa ülkelerine ait örnekler öncelik verilirken diğer ülkelere ait örnekler de eklenebilecektir. Bölümler olabildiğince çok örnekler ile desteklenmektedir. Problemlere ait açıklamalar ve tartışmalar için bağlantılar konulmuş ve bu bağlantılar metin içinde verilmiştir.

- (v) Programın hedefe tam anlamıyla ulaşmasını sağlamak amacıyla kısa testler yapılmaktadır. Testlerin cevapları yine örnekler kullanılarak verilmekte, cevap seçimindeki yanlış ve doğrular açıklanmaktadır.
- (vi) Hedef grubu farklı disiplinlerde meslek gruplarını içermesinden dolayı programda geçen terimler sözlük içinde açıklanmaktadır.

COASTLEARN programı her bir doğu Avrupa ülkesinden üç uzman ve bir denetçi tarafından kontrol edilmiştir. Değerlendirmenin sonucuna göre programlarda gerekli modifikasyonlar yapılmıştır. Ayrıca her bir doğu Avrupa ülkesinden en az 30 kullanıcı COASTLEARN programını bir anket yardımıyla değerlendirmiştir. COASTLEARN programı giriş, modüller, örnekler ve katılımcıların tanıtıldığı bölümlerden oluşmakta ve www.COASTLEARN.org adresinden izlenebilmektedir.

COASTLEARN programına iki adet yeni modülün eklenmesi için gerekli proje desteği de sağlanmıştır. *Halkın Katılımı* ve *Biyoçeşitlilik* konularında hazırlanan iki yeni modülün hazırlanması için gerekli çalışmalar Hollanda'da yürütülen MATRA ve PIN-MATRA programlarından desteklenecektir. Ayrıca *Liman Planlaması* konusunda başka bir modülün eklenmesi de planlanmaktadır. Tüm bu çalışmalara ek olarak, COASTLEARN programının katılımcı ülkeler içinde ulusal olarak tanıtımı için faaliyetlerin planlaması da yapılmaktadır. COASTLEARN programı şu anda Polonya diline tercüme edilmiştir. Önümüzdeki bir yıl içinde COASTLEARN paket programının tümünün Rusça ve Türkçe'ye tercümesi tamamlanmış olacaktır.

TARTIŞMA

Uzaktan eğitim programları zamandan tasarruf sağlaması, ekonomik ve kolay ulaşılabilir olması nedeniyle günümüzde tercih edilen bir eğitim aracıdır. Ayrıca uzaktan eğitim ömür boyu eğitim sağlamak ve yeni yaklaşımlar ile sürekli güncellenebilmektedir. Doğu Avrupa ülkelerinde faaliyet gösteren ve kıyı yönetimi ve yasal düzenlemeleri ile ilgili konularda çalışan kurumların, sınırlı fonlarının bulunması nedeniyle uzaktan eğitim programları oldukça önemlidir.

COASTLEARN programının bütünleşik planlama ve yönetim konularında uzaktan ve ömür boyu eğitim tekniklerinin uygulanabilmesi amacıyla doğu Akdeniz ülkeleri pilot ülkeler olarak seçilmiştir. Bu projenin tamamlanması, pek çok doğu Avrupa ülkesinde BKY politikalarının kurulmasında önemli bir adım olacaktır.

Katılımcı ülkelerin kıyı otoriteleri BKY proseslerinin başlatılması ve hazırlanması için harekete geçirilecek ve yetki verilecektir. Batı Avrupa, özellikle Hollanda ile işbirliği yapılarak deneyimlerinden yararlanılabilecek ve katılımcı ülkelerin konuya kolay adapte olmaları sağlanabilecektir. Ayrıca bu işbirliği ile uzaktan ve ömür boyu eğitim teknikleri geliştirilmesi konusunda ilerleme sağlanabilecek ve katılımcı ülkelerin Avrupa'daki eğitmenleri eğitilecektir. COASTLEARN programı Avrupa'daki BKY uygulayıcıları ve eğitmenlerinin birbirleriyle bağlantılı olmalarını teşvik edecektir. Ayrıca program sektörel dialogun ilerletilmesine de olanak sağlayacaktır.

SONUÇ

COASTLEARN, kıyı alanlarının yönetimi konusunda Doğu Avrupa ülkelerinde uygulanabilecek bir paket programdır. Programdan, bilgisayar ve İnternet olanakları (örneğin, e-posta- CD-ROM ve disketler) kullanılarak yararlanılmaktadır. COASTLEARN, kolay ulaşılabilir ve ekonomik olması nedeniyle, özellikle doğu Avrupa ülkeleri tarafından kullanılması düşünülen oldukça önemli bir eğitim aracıdır. COASTLEARN, Batı Avrupa'nın deneyimini ve çalışmalarını doğu Avrupa ülkelerine tanıtması ve yararlanmalarına olanak sağlaması, BKY proseslerinin doğu Avrupa ülkelerindeki uygulamalarının artırılması açısından önemlidir. Bunun yanında COASTLEARN, yeni bilgi teknolojilerinin kullanılmasına ve geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Dipova, N., Muhammetoglu, H, "Some ICZM Issues in Konyaali Coastal Area (Antalya-Turkey)", MEDCOAST 97, p.p. 501-511, Malta, 1997.

2. EUCC, Application form for the project *Multimedia distance training package for eastern Europe on Integrated Coastal Management*, Leonardo Da Vinci, Community Vocational Training Action Programme, 2000 (a).
3. EUCC, *Policy instruments for ICZM in nine selected European countries*, Final Study Report, 2000 (b).
4. Özhan, E, Uras, A, Aktas, E, "Turkish legislation pertinent to coastal zone management", MEDCOAST 93, p.p 333-346, Turkey, 1993.
5. World Coast Conference (WCC), *preparing to meet the coastal challenges of the 21st century*, Conference report, The Netherlands, 1993.

COASTLEARN: A Distance Training Package on Integrated Coastal Management

Ayça ERDEM, Habib MUHAMMETOĞLU,

Ayşe MUHAMMETOĞLU, Bülent TOPKAYA

Akdeniz Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Antalya, Türkiye

E-mail: muhammetoglu@usa.net

Irene LUCIUS, Alan PICKAVER

EUCC

(Avrupa Birliği Kıyı Koruma)

Leiden, Hollanda

Abstract

A multimedia distance training package for eastern Europe on Integrated Coastal Management (COASTLEARN) was proposed and accepted for funding by the European Commission. The package depends on electronic media such as the Internet, computer diskettes, and CD-ROM. COASTLEARN addresses coastal managers and planners on local and sub-national/national level, university students and NGOs in the eastern European countries (EEC). The project is led by EUCC – The Coastal Union, The Netherlands, in cooperation with vocational training and ICZM experts from The Netherlands, the United Kingdom, Greece, Turkey, Poland, Slovenia and Romania. COASTLEARN contains Internet based information for continuous update of knowledge on Integrated Coastal Management (ICM). The ICM training needs in the EEC – primarily in Turkey, Poland, Slovenia and Romania – were identified and incorporated in COASTLEARN. The package is planned to be ready by July 2002.

