

HALIÇ ISLAH PROJESİNDE KAĞITHANE ve ALİBEYKÖY DERELERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yalçın YÜKSEL
Hayrullah AĞAÇCIOĞLU
Ali COŞAR
Yeşim ÇELİKOĞLU
Serbüent GÜRER

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Böl.
80750, Yıldız, İSTANBUL

ÖZET

Bu çalışmada,, Alibeyköy ve Kağıthane derelerinin Haliç'e taşıdığı katı madde miktarlarının belirlenmesine çalışılmıştır. Önce, hidrolojik çalışma yapılarak metotların havzaya uygunluğu araştırılmış ve dereler ait havzalar belirlenerek her bir dereye ait birim hidrograflar elde edilmiştir. Elde edilen birim hidrograflara muhtelif tekerrürlü yağış-akış ve artım akış katsayıları uygulanarak değişik tekerrürlü taşkın hidrografları bulunmuş ve değişik tekerrürlerde derelerde meydana gelebilecek debiler belirlenmiştir. Daha sonra derelerin taşıdığı katı maddeler ile ilgili granülometrik değerlendirme yapılarak derelerde değişik tekerrür aralıklarında oluşacak debiler yardımıyla Haliç'e taşıdıkları katı madde miktarları belirlenmiştir. Sonuçta, Haliç'e taşınacak katı maddelerin Haliç'te meydana getirecekleri dolma ve ekolojik problemler belirlenmiştir.

1.GİRİŞ

Akarsularda bir hidrolik yapının inşası için yapılacak olan projede, taşkın piklerinin yanı sıra taşkın hacmi de önemli olabilmektedir. Taşkın hesapları genel olarak aşağıdaki metotlarla yapılmaktadır.

- a) Taşkınların gözlemlerle hesabı,
- b) Taşkınların formüllerle hesabı,
- c) Taşkınların akım verileri ile hesabı,
- d) Taşkınların birim hidrograflarla bulunması.

Metotlardan ilk ikisi sadece taşkın pikini vermektedir. Ancak her zaman taşkın pik değeri yeterli olmamaktadır. Taşkın hacmi ve tekerrürü de önem kazanmaktadır.

Gözlemlerle taşkın hesabında aynı havza içinde veya civardaki benzer havzaların akım gözlemlerinden faydalanılmaktadır. Bu yöntemde önce ölçüm yapılan benzer havzanın akış katsayısı bulunmakta ve daha sonra hesabı yapılacak havza için bu katsayı kullanılarak havzaya ait taşkın pik değeri elde edilmektedir. Taşkınların gözlemlerle hesabı için çeşitli formüller geliştirilmiştir. Bunlar Hafbauer, Myers ve Kresnik formülleridir.

Akım verileri ile taşkınların hesabında, taşkın tekerrürü önemlidir ve ayrıca istatistiksel metotlardan da faydalanılır. Bu metotlar için Fuller, Foster, Hazan, Slade, Gumbel, Neiss Nomogramı, Normal Dağılım, Log-normal Dağılım, Gama Dağılımı ve Log-Pearson Tip III gibi istatistiksel metotlar sıralanabilir. Bu metotlardan her biri için homojenlik ve uygunluk testi yapılmalıdır.

Birim hidrograf metodu ise daha çok 5000 km²'ye kadar büyüklüğe sahip havzalarda kullanılmaktadır. Metot için iki farklı yol izlenmektedir.

- a) Akım gözlemlerinden birim hidrografi elde etmek,
- b) Sentetik olarak birim hidrografi bulmak.

Gözlemlerle birim hidrografi bulmak için havzada limnigrafli akım gözlem istasyonu bulunmalı, havza alanı 5000 km²'den küçük olmalı ve havza içinde yeterli sıklıkta yağış istasyonu bulunmalıdır.

Havzada akım gözlem istasyonu bulunmadığı takdirde ise birim hidrograf çeşitli metotlarla sentetik olarak elde edilmektedir. Bunun için kullanılan bazı sentetik yöntemler

- a) DSİ sentetik birim hidrograf yöntemi
- b) MOCKUS sentetik birim hidrograf yöntemi
- a) SNYDER sentetik birim hidrograf yöntemi

olarak sıralanabilir.

DSİ sentetik birim hidrograf metodu 1000 km²'ye kadar olan drenaj alanları için kullanılmaktadır. Daha büyük alanlara sahip havzalar, küçük alanlara ayrılarak her biri için ayrı hidrograf çizilir ve drenaj alanından ayrılmış olan kesite göre geciktirilen hidrograflar süperpoze edilerek bütün drenaj alanına ait hidrograf elde edilir.

Mockus metodu hesabının pratikliği ve üçgen hidrografın çizim kolaylığı bakımından tercih edilmektedir. Mockus metodu toplanma zamanı (T_c), 30 saate kadar olan drenaj alanları için uygulanmakta, daha büyük alanlarda DSİ sentetik metotta olduğu gibi, drenaj alanı tali parçalara ayrılarak her biri için çizilecek hidrograflar geciktirme zamanlarına göre süperpoze edilmektedir.

Bu metotlardan başka Rasyonel metotla da hidrografların hesabı en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu metot da COMMONS'un boyutsuz hidrograflarından yararlanılmakta ve havza alanının 5 km²'ye kadar olması halinde uygun görülmektedir.

2. ALİBEYKÖY, KÜÇÜKKÖY VE KAĞITHANE DERELERİNİN TAŞKIN DEBİLERİNİN BELİRLENMESİ

2.1. Alibeyköy ve Küçükköy Derelerinin Taşkın Debilerinin Rasyonel Metotla Hesabı

Bilindiği gibi rasyonel metot, drenaj alanının 0.5 km^2 'nin altında olması halinde emniyetle kullanılabilen, 5 km^2 'ye kadar kullanılması uygun görülmekte, çok ucuz tesislerde ise bu alan 15 km^2 'ye kadar çıkabilmektedir. Rasyonel metot 1 saatlik sağanaklara göre düzenlendiğinden hidrograf hacminin önemli olduğu durumlarda kullanılması doğru değildir. Bu çalışmada, Küçükköy ve Alibeyköy derelerinin (baraj mansap kısmı) İSKİ dere ıslah projesinde belirtilen 25 yıl tekerrürlü pik debileri incelendiğinde Küçükköy havzasının tek bir drenaj alanı olarak gözönüne alındığı ve derenin 25 yıl tekerrürlü taşkın debisinin $30 \text{ m}^3/\text{sn}$ olduğu tespit edilmiştir. Alibeyköy barajı mansap kısmının 25 yıl tekerrürlü taşkın debisinin ise $42.60 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Buna göre Alibeyköy ve Küçükköy derelerinin toplam debisi $72.60 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

Kağıthane deresi drenaj alanı büyüklüğünün rasyonel metot uygulama sınırlarının çok üstünde kalması nedeniyle bu metotta göz önüne alınmamıştır.

2.2. Alibeyköy, Küçükköy ve Kağıthane Derelerinin Birim Hidrograflarının DSİ Sentetik Birim Hidrograf Metodu ile Belirlenmesi

DSİ sentetik birim hidrograf metodu 1000 km^2 'ye kadar olan drenaj alanları için uygun olarak kullanılmaktadır. Bunun için derelere ait $1/25000$ ölçekli haritalar (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2) kullanılmış ve derelere ait birim hidrograflar elde edilmiştir.

2.2.1. Küçükköy deresi DSİ sentetik birim hidrografi

Küçükköy deresi için harita üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler kullanılarak hesaplar yapılmış ve birim hidrografa ait Q_p ile T_p değerleri bulunmuştur. Küçükköy deresi için $Q_p=1.509 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$, $T_p=2.47$ saat olarak elde edilmiştir.

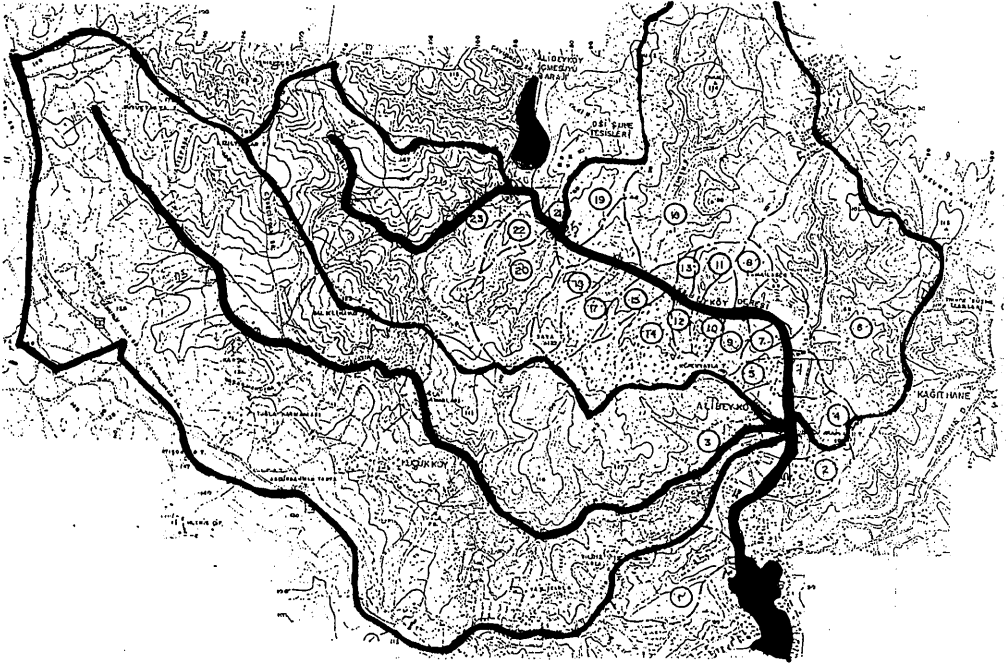
2.2.2. Alibeyköy deresi DSİ sentetik birim hidrografi

Alibeyköy deresi için harita üzerinde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler kullanılarak hesaplar yapılmış ve birim hidrografa ait Q_p ile T_p değerleri bulunmuştur. Alibeyköy deresi için $Q_p=1.411 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$, $T_p=2.2$ saat olarak elde edilmiştir.

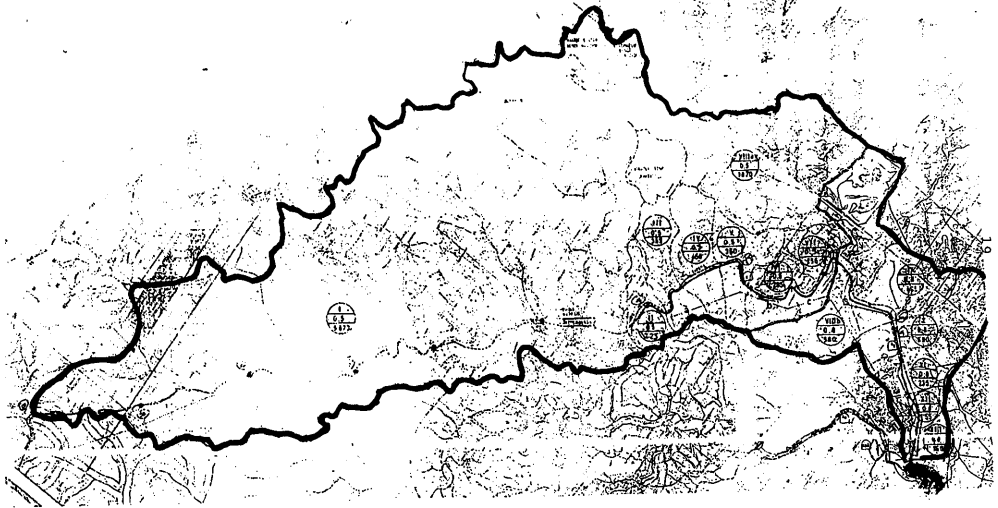
2.2.3. Kağıthane deresi DSİ sentetik birim hidrografi

Alibeyköy deresi için de aynı işlemler yapılarak $Q_p=5.04 \text{ m}^3/\text{sn}/\text{mm}$ ve $T_p=7.24$ saat olarak elde edilmiştir.

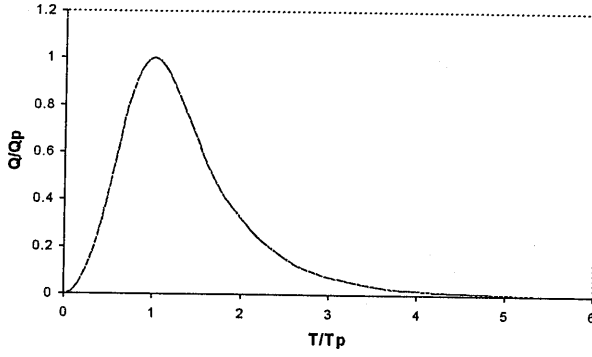
Birim hidrografların elde edilmesinde kullanılan DSİ sentetik metot boyutsuz birim hidrografi Şekil 2.3 de verilmiştir. Her bir dere için elde edilen Q_p ile T_p değerleri boyutsuz birim hidrograf koordinatları ile çarpılarak o dereye ait DSİ sentetik birim hidrografının koordinatları hesaplanmış ve elde edilen birim hidrograflar Küçükköy (Şekil 2.4), Alibeyköy (Şekil 2.5) ve Kağıthane (Şekil 2.6) dereleri için ayrı ayrı verilmiştir.



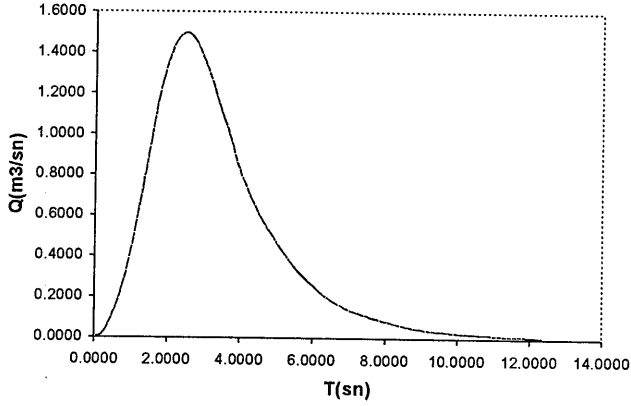
Şekil 2.1. Alibeyköy ve Küçükköy Dereleri Su Toplama Havzaları (Ölçeksiz).



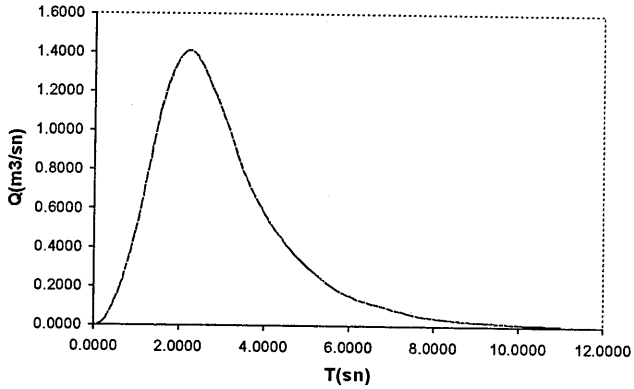
Şekil 2.2. Kağıthane Deresi Su Toplama Havzası (Ölçeksiz).



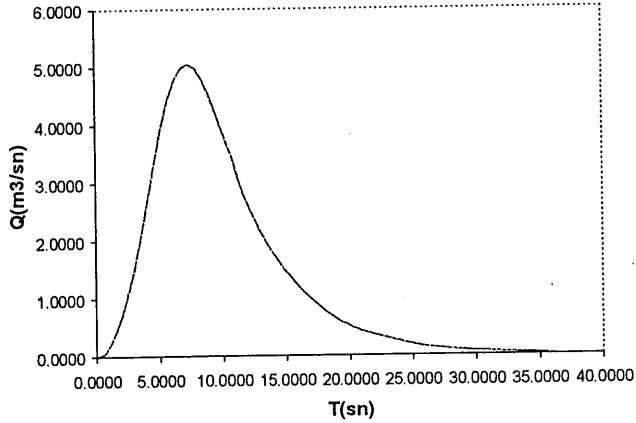
Şekil 2.3. DSİ Sentetik Metot Boyutsuz Birim Hidrografi



Şekil 2.4. Küçükköy Deresi DSİ Sentetik Birim Hidrografi.



Şekil 2.5. Alibeyköy Deresi DSİ Sentetik Birim Hidrografi.



Şekil 2.6. Kağıthane Deresi DSİ Sentetik Birim Hidrografı.

2.3. Muhtelif Tekerrürlü Taşkın Debilerinin DSİ Sentetik Metotla Hesabı ve Hidrografının Çizilmesi

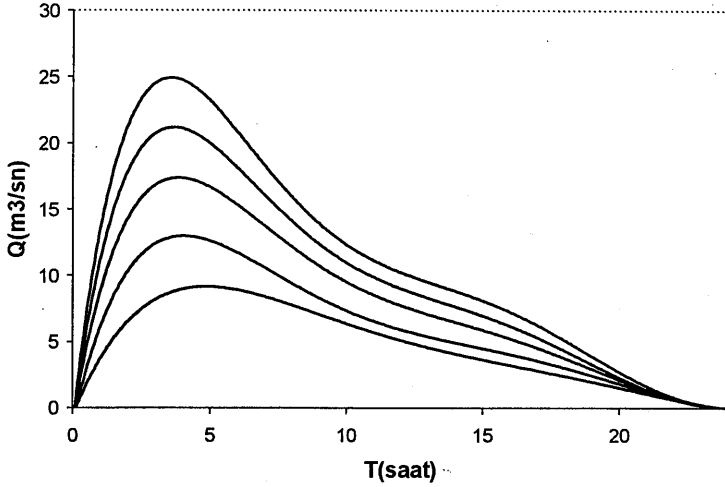
Tablo 2.1’de Alibeyköy drenaj alanında (Özdemir, 1978) tarafından verilen muhtelif tekerrürlü yağış-akış ve artım akışları görülmektedir. Yazar yağış analizinde Alibeyköy havzasında yeterli yağış ölçümleri bulunmadığından Terkos, Halkalı ve Bahçeköy yağış istasyonlarının verilerinden muhtelif tekerrürlü yağış yüksekliklerini tespit etmiştir. Bu çalışmada Alibeyköy havzasına bitişik havzalar olması nedeniyle Kağıthane ve Küçükköy derelerinin muhtelif tekerrürlü yağış-akış ve artım akışları da aynı alınmıştır.

Tablo 2.1. Alibeyköy Barajı Drenaj Alanı Muhtelif Tekerrürlü Yağış-Akış ve Artım Akışı

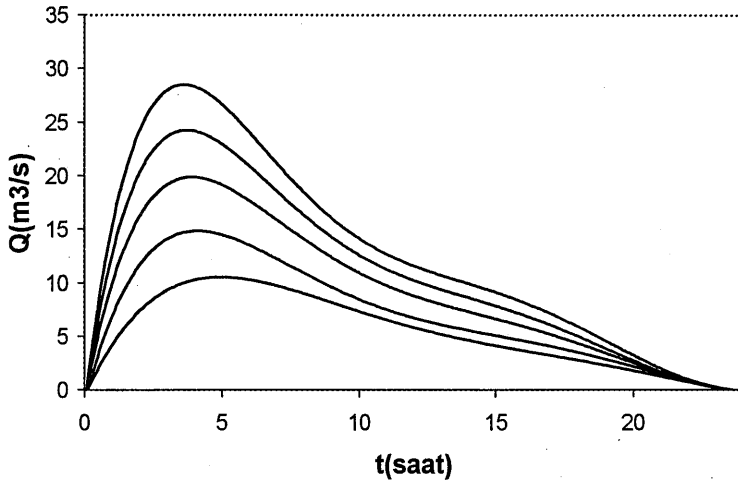
TEKERRÜR	Süre (saat)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
Yağışın zaman dağılım oranı	0,46	0,64	0,71	0,80	0,85	0,90	0,94	0,97	1,00	
5	Drenaj alanı yağışı	32,90	43,60	50,80	57,20	60,80	64,40	67,20	69,40	71,50
	Akış	5,50	11,40	15,80	20,00	22,00	25,20	27,00	28,80	30,30
	Artım akış	5,50	5,90	4,40	4,20	2,80	2,40	1,80	1,80	1,50
10	Drenaj alanı yağışı	38,70	53,10	59,70	67,30	71,50	75,70	79,10	81,60	84,10
	Akış	8,40	17,40	22,20	27,00	30,20	33,00	35,60	37,50	39,40
	Artım akış	8,40	9,00	4,80	4,80	3,20	2,80	2,60	1,90	1,90
25	Drenaj alanı yağışı	46,10	61,10	71,10	80,20	85,20	90,20	94,20	97,20	100,2
	Akış	13,00	22,80	29,80	36,50	40,30	44,00	47,20	49,80	52,00
	Artım akış	13,00	9,80	7,00	6,70	3,80	3,70	3,20	2,60	2,20
50	Drenaj alanı yağışı	51,60	68,40	79,60	89,70	95,30	100,9	105,4	108,7	112,1
	Akış	16,50	28,00	36,00	43,80	40,30	52,50	56,50	59,30	61,80
	Artım akış	16,50	11,50	8,00	7,80	4,50	4,20	4,00	2,80	2,50
100	Drenaj alanı yağışı	56,80	75,30	87,60	98,70	104,9	111,1	116,0	119,7	123,4
	Akış	20,00	33,00	42,00	50,80	56,00	61,00	65,20	68,50	71,70
	Artım akış	20,00	13,00	9,00	8,80	5,20	5,00	4,20	3,30	3,20

Buna göre, DSİ sentetik metoda göre elde edilen Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'daki birim hidrograf koordinatları, Tablo 2.1'de verilen çeşitli tekerrürlü artım akışlarla çarpılmasıyla çeşitli tekerrürlü taşkın hidrograferının koordinatları elde edilmiştir.

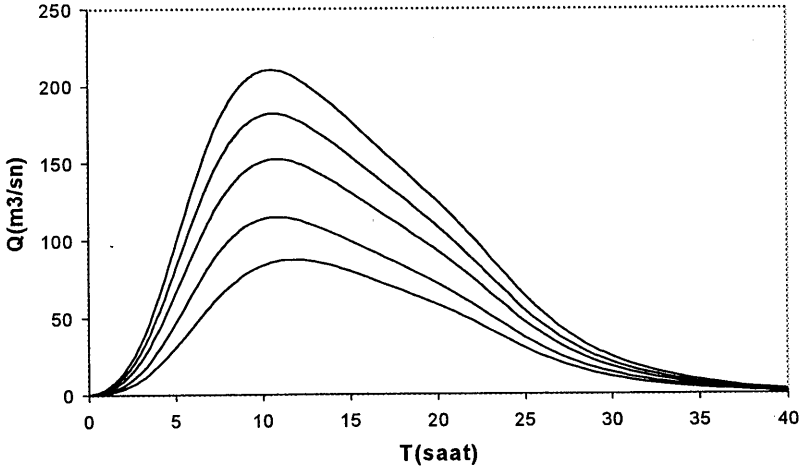
Derelerin 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın hidrograferının koordinatları Tablo 2.1 kullanılarak hesaplanmış ve bunlara ait hidrografer Küçükköy deresi için Şekil 2.7'de, Alibeyköy deresi için Şekil 2.8'de ve Kağıthane deresi için Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.7. Küçükköy Deresinin Muhtelif Tekerrürlü Taşkın Hidrograferı



Şekil 2.8. Alibeyköy Deresinin Muhtelif Tekerrürlü Taşkın Hidrograferı



Şekil 2.9. Kağıthane Deresinin Muhtelif Tekerrürlü Taşkın Hidrografları

Küçükköy deresinin 25 yıl tekerrürlü taşkın pik debisi $24 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak elde edilmiştir. Aynı havzanın rasyonel metotla bulunan aynı tekerrürlü taşkın debisi $30 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Bu rasyonel metodun büyük havzalarda uygun sonuç vermediğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Alibeyköy deresinin 25 yıllık debisi $21 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Alibeyköy havzasının akarsu geciktirmesi göz önüne alınmadığı takdirde rasyonel metodun 25 yıllık debisi $37.8 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

Kağıthane deresinin ise 100 yıl tekerrürlü taşkın piki $210 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır. DSİ XIV. Bölge Müdürlüğü'nün 1973 yılındaki 24 saatlik 133.80 mm 'lik yağış sırasında dere üzerinde yaptığı ölçümlerde debi $201 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak ölçülmüştür. Bu debinin 100 yılda bir gelen taşkın olduğu DSİ tarafından belirtilmiştir. Bu da DSİ sentetik birim hidrograf metodunun oldukça iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

2.4. Derelerin Yıllık Ortalama Debilerinin Belirlenmesi

Katı madde debisi olarak anlık değerlerden ziyade yıllık toplam katı madde debisinin bilinmesi de istendiğinden, akarsulardaki yıllık ortalama debiler belirlenmiştir. Debilerin belirlenmesinde havza içinde bulunan Alibeyköy yağış istasyonu verilerinden 22 yıllık toplam yağış değerleri kullanılmıştır. Buradan elde edilen değerler Tablo 2.2'de görülmektedir.

Tablo 2.2. Yıllık Ortalama Debiler

Dereler	$Q_{\text{ort}} (\text{m}^3/\text{sn})$
Kağıthane	4.559
Alibeyköy	0.400
Küçükköy	0.470

3. KATI MADDE DEBİLERİNİN HESABI

Akarsuların tabanlarındaki taneler, bu tanelerin boyutlarına ve akım şartlarına bağlı olarak harekete geçerler. Bir akarsuda taşınan katı madde miktarının belirlenmesi oldukça zordur. Çünkü bir katı tanenin hareketi üzerine etkili olan parametrelerin çokluğu ve belirsizliği katı madde miktarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple birçok araştırmacı katı madde debisinin belirlenmesi için çeşitli metotlar önermişlerdir.

Akarsu tabanında bulunan tanelerin hareketi mekanizmasına göre iki kısma ayrılır;

1- Sürüntü malzemesi; Taneler akarsu tabanı ile ilişkili olarak yuvarlanma, kayma, sıçrama gibi hareketler yaparak akım tarafından taşınırlar.

2- Askı malzemesi; Tanelerin hareketi tabanla ilişkili olmaksızın akım içindedir. Tanelerin çökmeye karşı eğilimleri sürekli olarak türbülans difüzyonu ile karşılanmaktadır.

Katı madde malzemesi orijinine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

1- Taban erozyonu; Tanelerin akarsu yatağından sökülmesiyle meydana gelir, yani malzemenin orijini akarsu yatağıdır. Sürüntü ve askı malzemesinin ana kaynağıdır.

2- Yüzey erozyonu; Akarsuyun su toplama havzasından akarsuya taşınan malzemedir. Oldukça ince malzemeden oluştuğu için askı malzemesinin en önemli kaynağını bu malzeme meydana getirmektedir.

Sürüntü hareketi ile ilgili olarak;

- 1- Du Bois Metodu
- 2- Kalinske Metodu
- 3- Meyer-Peter-Müller Metodu
- 4- Einstein Metodu
- 5- Van Rijn Metodu

gibi araştırmacılar kendi adlarıyla anılan metotlar teklif etmişlerdir.

Askı malzemesi hız ve konsantrasyon ölçümlerinden elde edilebilir, askı debisi

$$Q_s = \int_0^h C(z)U(z) dz \quad (3.1)$$

integrasyonundan elde edilir, burada z akarsu tabanından itibaren düşey eksen, C(z) askı malzemesi konsantrasyonunu, U(z) hız dağılımını, h su derinliğini göstermektedir.

Askı malzemesi debisinin hesaplanması oldukça güç olduğundan çoğunlukla araştırmacılar toplam katı madde taşınımı için hesaplama yöntemleri geliştirmişlerdir. Eğer toplam ve sürüntü debileri belirlenirse askı debisi bunların farkından kolaylıkla elde edilebilmektedir. Toplam katı madde debisi için literatürde bahsedilen metotlar ise;

- 1- Shinohara-Tsubaki Metodu
- 2- Garde-Albertson Metodu
- 3- Colby Metodu
- 4- Engelund-Hansen Metodu
- 5- Ackers-White Metodu
- 6- Van Rijn Metodu

olarak sıralanabilir. Ancak gerek sürüntü gerekse toplam katı madde debileri için teklif edilen metotların hepsi her zaman uygulanabilir anlamına gelmez. Çünkü metotlar aynı zamanda katı madde ve akım şartlarına bağlı olarak bazı sınırlamalara sahiptirler.

3.1. Kağıthane, Alibeyköy ve Küçükköy Derelerinin Katı Madde Debilerinin Belirlenmesi.

Öncelikle bu derelerin taşıdığı katı madde özelliklerinin belirlenmesi amacıyla dere yataklarından katı madde numuneleri alınarak granülometri testi yapılmıştır. Bu derelere ait katı madde özellikleri aynı jeolojik yapının içinde bulunmaları nedeniyle birbirine benzemektedir. Elde edilen granülometrik değerler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Granülometrik Karakteristikler

Karakteristik Çap	d ₁₆ (mm)	d ₂₅ (mm)	d ₃₅ (mm)	d ₅₀ (mm)	d ₆₀ (mm)	d ₇₅ (mm)	d ₈₄ (mm)	d ₉₀ (mm)	d _m (mm)	σ (-)
	0.21	0.27	0.31	0.37	0.41	0.47	0.61	0.96	0.72	1.71

Derelere ait özellikler göz önüne alındığında derelerin taşıdığı toplam katı madde debileri aşağıdaki metotlarla hesaplanmıştır.

Ackers-White Metodu: Bu metotta $d_{84}/d_{16} < 5$ olması istenmektedir. Bu çalışmada $0.61/0.21=2.9 < 5$ olduğundan metodu uygulama sınırlarına uygundur.

Engelund-Hansen Metodu : Araştırmacıların vermiş oldukları ifadeler $d_{50} < 1$ mm olması halinde geçerlidir. Burada $d_{50}=0.37$ mm < 1mm olduğundan bu metot emniyetle uygulanabilir.

Sürüntü debisi için de Meyer-Peter-Müller Metodu kullanılacaktır.

Genelde etkin katı madde taşınımı askı modundadır, özellikle ince malzemeye sahip akarsularda katı madde taşınımı hemen hemen askı halindedir.

Bu projede mevcut derelerin ortalama taban eğimleri; Kağıthane ve Alibeyköy için $I=0.001$, Küçükköy için ise $I=0.002$ olarak dikkate alınmıştır.

Gerek Kağıthane deresi gerekse Alibeyköy deresi ve bu dereye mansabında katılan Küçükköy deresi, durgun konumda bulunan Haliç'e sularını boşaltmaktadır ve askıda taşıdıkları katı madde Haliç'in tabanına bir rezervuar sedimentasyonu gibi çökelmektedir.

Haliçlerin bilinen en önemli karakteristik özelliği tatlı su girişi ile denizden tuzlu su girişi arasındaki hidrodinamik durumuna bağlı olarak ortaya çıkan girişimin meydana getirdiği sirkülasyondur. Bu oluşum haliçlerin doğal denge karakteristiklerini ve bunun sonucu olarak su kalitesini kontrol etmektir. Tatlı su-tuzlu su doğal dengesinin yapay etkenlerle bozulması haliçte yeni dengeler oluşuncaya kadar devam etmektedir. Ancak İstanbul Haliç'inde bugün meydana gelen sorunların temelinde bu dengenin uzun yıllardan bu yana bozulmuş olması yatmaktadır. İstanbul Haliç'i için aşağıdaki genel tespitlere ulaşılmıştır (Kınacı ve diğ., 1995).

1- Haliç'e gelen tatlı su miktarı özellikle Alibeyköy barajı inşaatı ile başlayan süreçte azalmıştır.

2- Haliç'e tuzlu su girişi mevcut köprülerin dubaları ile engellenmektedir. İstanbul Boğazı'nda kuvvetli lodosta su seviyesinin 50 cm kadar yükseldiği bilinmektedir. Buna karşılık kuvvetli poyrazda Sarayburnu ile Salacak arasında ≈25 cm su kotu farkı meydana gelmektedir. Bu olaylar Haliç'e deniz suyunun girişine yol açabilecek iken mevcut dubalar hidrolik eğimin azalmasına neden olarak yeterli su girişini engellemektedir.

3- Haliç'deki mevcut tersane, ölü bölgelerin oluşumuna neden olmaktadır.

4- Sıralanan sebepler; tatlı ve tuzlu su kamalarının neden olacağı yoğunluk akımlarını, dolayısıyla Haliç'in sularının yenilenmesini ve hareketliliğini önleyerek bir rezervuar gibi davranmasına neden olmaktadır.

Mevcut sebeplerle Kağıthane deresi ve Alibeyköy deresi ile buna bağlı Küçükköy deresinin getirdiği katı maddeler çökerek Haliç'in dolmasına neden olmaktadır. Buradaki hesaplamalar Alibeyköy deresi ile Küçükköy derelerinin drenaj alanları ayrı ayrı düşünülerek yapılmıştır. Alibeyköy deresinin Haliç'e deşarjındaki katı madde debileri bu iki derenin getirdiği katı maddenin toplamıdır. Bu çalışmada Meyer-Peter-Müller, Ackers-White ve Van Rijn metotları kullanılmıştır.

Tablo 3.2'den de görüldüğü gibi derelerin Haliç'e taşıdığı katı madde debileri öncelikle farklı tekerrür aralıklı taşkın pik debilerine göre hesaplanmış, ayrıca taşkın süresince ortalama akışlar bulunarak, taşkın süresince taşınacak ortalama katı madde miktarları belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Haliç Derelerinin Katı Madde Debileri

	Kağıthane Deresi		Alibeyköy Deresi		Küçükköy Deresi	
	Sürüntü Debisi (Q _s) (ton/gün)	TKMD (Q _T) (ton/gün)	Sürüntü Debisi (Q _s) (ton/gün)	TKMD (Q _T) (ton/gün)	Sürüntü Debisi (Q _s) (ton/gün)	TKMD (Q _T) (ton/gün)
Q ₁₀₀	7627.95	82802	4890	19691	2589	34285
Q _{ort100}	3027.87	22864	1123.40	7891	1217.97	12221
Q ₅₀	6679.70	68162	4239	16126	2226	28156
Q _{ort50}	2919	21786	757.27	4715	1096	10666
Q ₂₅	5617.59	53709	3540	12667	1841	21706
Q _{ort25}	2475	17304	746.90	4432	886	7949
Q ₁₀	4213.39	36149	2929	9667	1476	16041
Q _{ort10}	1909	11896	567	3054	661	5565
Q ₅	3251.97	25176	1952	5555	979	9134
Q _{ort5}	1243	6677	417.95	1978	514	3758

Tablo 3.3'de ise Kağıthane, Alibeyköy ve Küçükköy derelerine ait yıllık ortalama debilerine karşılık katı madde debileri hesaplanarak gösterilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi bu derelerin Haliç'e getirecekleri toplam katı madde miktarı 560 ton/gün'dür, bu değer yıllık 204400 ton/yıl veya 77000 m³/yıl olmaktadır. Bu bölge için daha önce yapılan çalışmalara göre Haliç'e gelen toplam katı madde miktarları Çekirge (1976) tarafından 508 ton/gün (70000 m³/yıl), Öztürk ve diğ. (1995) tarafından ise 437

ton/gün ($59100 \text{ m}^3/\text{yıl}$) olarak bulunmuştur. Ancak bu araştırmacılar katı maddeleri hangi yöntemleri kullanarak hesapladıklarını belirtmemişlerdir. Cumali ve diğ. (1995) ise iki farklı yöntem kullanmış ve bu çalışmaya göre Egiazaroff metodu 374 ton/gün ($51612 \text{ m}^3/\text{yıl}$), diğer bir yaklaşık metot ise 620 ton/gün ($85000 \text{ m}^3/\text{yıl}$) olarak elde edilmiştir.

Tablo 3.3. Yıllık Ortalama Debilere Göre Katı Madde Miktarları

Dere	Yıllık Ortalama Debi $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	Sürüntü Debisi $Q_s \text{ (ton/gün)}$	Toplam Debi $Q_T \text{ (ton/gün)}$
Kağıthane	4.559	99.35	420.17
Alibeyköy	0.400	24.75	75.99
Küçükköy	0.470	23.61	66.03
		TOPLAM	562.19

Yapılan bu çalışmalardan da anlaşılacağı üzere Haliç'e deşarjı olan derelerin taşıdıkları katı madde miktarları günde toplam 550 ton , yılda 200000 ton (veya 75000 m^3) civarındadır.

Ancak Tablo 3.2'den görüleceği gibi belirli tekerrür aralıklarında taşkınlar sırasında derelerin taşıyacakları ortalama katı madde miktarları yıllık ortalama değerlerle karşılaştırıldığında çok büyüktür. Örneğin beş yılda gelmesi muhtemel bir taşkında Kağıthane deresinin taşıyacağı toplam katı madde miktarı yıllık ortalama katı madde miktarının 16 katı olmaktadır, bu on yıl için 28 katıdır.

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, Kağıthane, Alibeyköy ve Küçükköy havzaları ayrı ayrı dikkate alınarak hidrojik analizleri yapılmış ve daha sonra katı madde debileri tahmin edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirilerek aşağıda özetlenen sonuçlara ulaşılmıştır.

1- 25 yıllık yağış kayıtları kullanılarak derelerden geçmesi muhtemel taşkın debileri (5, 10, 25, 50 ve 100 yıl) sentetik hidrograf yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca derelere ait yıllık ortalama debiler de bulunmuştur. Elde edilen değerler aynı havzalara ait rasyonel metot ile hesaplanmış debilerle mukayese edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan metot havza büyüklük ve özelliklerine göre daha gerçekçi sonuçlar veren DSİ sentetik hidrograf yöntemidir. Yöntemin Küçükköy ve Alibeyköy'e ait daha önce rasyonel metoda göre belirlenen debilerle karşılaştırıldığında, daha uygun sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır. Kağıthane deresi için, daha önce DSİ XVI. Bölge Müdürlüğü'nün yapmış olduğu ölçüm verileri ile karşılaştırılan sonuçlar, belirlenen debilerin oldukça gerçekçi olduğunu göstermiştir. Küçükköy ve Alibeyköy derelerinde bir yağış esnasında taşkın pikine 4 saat sonra, buna karşın Kağıthane deresinde taşkın pikine 11 saat sonra ulaşılmaktadır.

2- Derelere ait katı madde miktarları, taşkın ve ortalama akışlara göre ayrı ayrı uygun katı madde hesaplama yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde derelerin Haliç'e günde getireceği toplam katı madde miktarı 550 ton/gün 'dür. Bu değer yılda 200000 ton/yıl ya da $75000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dir. Elde edilen sonuç bu konuda daha önce yapılmış diğer çalışmalarla uyum içindedir.

Ancak derelerin bir yağış sırasında geçirdiği akım miktarının artmasıyla birlikte, sürüklenme güçleri de artmakta böylece taban ve yüzey erozyonundan getirilen katı madde debisi çok büyümektedir. Bu durumda taşınacak katı madde debilerinin belirlenmesi amacıyla taşkın esnasında geçecek ortalama su hacimleri bulunmuştur. Böylece taşkın sırasında taşınacak ortalama katı madde miktarları bulunmuştur. Değerler Tablo 3.2, 3.3 ve 3.4'de verilmiştir. Örneğin beş yılda bir gelmesi muhtemel bir taşkın sırasında Haliç'e toplam 12413 ton/gün katı madde taşınmaktadır, bu değer ortalamanın 22 katıdır. Yüksel ve diğ. (1997)'nin dereler üzerinde yapmış olduğu ölçümler dikkate alındığında yağışlı bir havada derelerin ortalama debinin üzerinde debi taşınması sırasında, 16/12/1997 tarihli ölçümler göz önüne alındığında, Haliç'e toplam 2836 ton/gün katı madde girmiştir. Bu değer ortalama katı madde ile karşılaştırıldığında ortalamanın 5 katı kadardır. Yine 9/12/1997 tarihinde yağış sonrası yapılan ölçümlerde taşınan toplam katı madde 2579 ton/gün'dür, bu değere göre ortalamanın yaklaşık 4.5 katı bir katı madde Haliç'e taşınmıştır.

3- Haliç'e dereler vasıtasıyla taşınan bu katı maddenin tutulması için, yağış sularının derelerin giriş yerlerinde teşkil edilecek geciktirme haznelere geçirilmesi gerekmektedir. Yağışlı havalardan sonra geciktirme haznelere birikecek katı madde temizlenerek uygun bir yere (örneğin; düzenli depolama alanları) dökülmesi gerekecektir.

Kağıthane ve Alibeyköy derelerinin mansap bölgelerinde belirlenecek kesitlerde teşkil edilecek regülatör gibi yapılar yardımıyla, derelerden gelecek askıdaki katı maddenin büyük ölçüde çöktürülmesi sağlanabilir. Teşkil edilecek bu tip bir yapı hem derelerde taşkın düzenleme hem de katı madde taşınımı açısından Haliç ve bölgesinde yaşanan problemlere kalıcı çözüm getirmiş olacaktır.

Alibeyköy ve bunun büyük kolu olan Küçükköy dereleri ıslah edilmelidir. Kağıthane deresinin mansabı ıslah edilmiş olmasına rağmen kesitin çok geniş seçilmiş olması, büyük eğrilikli kıvrımların oluşturulmuş olması, derede arzu edilen akış şartlarının oluşmamasına neden olmaktadır. Bu derenin tabanında biriken katı maddenin belirli dönemlerde alınarak uzaklaştırılması gerekmektedir. Ancak seçilen kesitin bu işlemi de zorlaştırdığı anlaşılmaktadır.

Derelere bağlanan (özellikle Küçükköy deresi) kanalizasyonlar önemli miktarda organik madde girişine neden olmaktadır, bunun kollektörlerle toplanarak uzaklaştırılması gerekmektedir.

4- Haliç'in yüzey erozyonundan gelen malzeme ile dolmasını önlemek amacıyla, su toplama havzalarının mümkün olduğunca ağaçlandırılması ve teraslamanın teşkil edilmesi gerekmektedir. Kağıthane deresinin menbasında da ıslah çalışmaları yapılmalıdır, menba bölgesinde daha basit akarsu düzenleme yapıları teşkil edilerek (mahmuz gibi) dere düzenlenebilir ve katı maddenin mansaba taşınmadan tutulması da sağlanabilir. Bu önlemler diğer derelerin ıslahında da düşünülmelidir.

5- Derelerin ıslahı ve katı madde taşınımının engellenmesinin yanı sıra Haliç'te su sirkülasyonu mümkün olduğunca artırılmalıdır. Özellikle eski Galata Köprüsü kaldırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- BREUSERS, H.N.C., (1984), Lecture Notes on Sediment Transport, IHE, Delft.
- ÇEKİRGE, A., (1976), İstanbul Haliç'inin Yağmur Suyu Drenajı Hakkında Öneriler, Haliç Sorunları ve Çözüm Yolları Ulusal Sempozyumu, B.Ü., İstanbul
- GARDE, R.J., RANGA RAJU, K.G., (1977), Mechanics of Sediment Transportation And Alluvial Stream Problems, Wiley.
- KINACI, C., KAPTAŞLI, S., MERİÇ, S., SEVİMLİ, F., ÇOKGÖR, Ş., ARIKAN, O.A., (1995), Haliç Islah Projesi, İstanbul Büyük Şehir Belediyesi.
- NOVAK, P., MOFFAT, A.I.B., NALLURİ, C., NARAYANAN, R., (1997), Hydraulic Structure, 2. Ed., E. and FN Spon, Chapman and Hall, London.
- ÖZDEMİR, H., (1978), Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü.
- ÖZTÜRK, İ., YAYLA, N., ÖZAYDIN, K., KARPUZCU, M., KINACI, C., ALP, K., HAYRIEREN, R., ALTAY, A., BAYHAN, H., SEVİMCİ, M.F., (1995), Haliç Islah Projesi Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) Raporu, İstanbul Büyük Şehir Belediyesi.
- RAUDKİVİ, A.J., (1990), Loose Boundary Hydraulics.
- YÜKSEL, Y., KAPDAŞLI, S., KAPTAŞLI, I., AĞAÇCIOĞLU, H., ÜNAL, E., MUTLU, T., ASAR, Y., COŞAR, A., GÜRER, S., GAKKO, A., (1997), Kağıthane, Alibeyköy ve Küçükköy Dereleri Hidrometrik Ölçüm ve Değerlendirme Raporu, YTÜ.

ABSTRACT

This work has been carried out for the determination of the sediment rates that has been transported by the Alibeyköy and Kağıthane rivers to the Golden Horn. First of all, a hydrological study has been performed to research the compatibility of the methods for the basins and unit hydrographs has been obtained after the determination of the basins of the rivers. By applying various rain fall-flow and residual flow constants to the obtained unit hydrographs, flood hydrographs with various repeat periods and the discharges that can run with various repeat periods are determined. Then the sediment rates that can be transported to the Golden Horn by the various discharges are determined by performing a granulometric research to the sediment. In the conclusion the accretion and ecological problems due to the sediment transport to the Golden Horn has been determined.