

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ *FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞKIN HİDROGRAFININ ELDE EDİLMESİYLE İLGİLİ
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Oğuzhan ATALAY

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Ergün ÖZTÜRK

KOCAELİ, 2008

**TAŞKIN HİDROGRAFININ ELDE EDİLMESİ İLE İLGİLİ
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan ATALAY

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Mayıs 2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 21 Temmuz 2008

Tez Danışmanı

Prof.Dr. Ergün ÖZTÜRK

Üye

Yrd.Doç.Dr. Aydın KAVAK

Üye

Doç.Dr. Hafzullah AKSOY

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmada taşkın hidrografının elde edilmesiyle ilgili yöntemlerin karşılaştırılması incelenmiştir. Çalışmada hidrolik ve hidrolojik metotlar üzerinde durulmuştur. Ayrıca taşkın öteleme çalışmalarının faydaları, taşkın zararları ve çalışmada kullanılan Ceyhan Havzası anlatılmıştır. Çalışmada Kinematik Dalga Metodu ile Muskingum Modeli karşılaştırılmıştır. Her iki modeli akımlar cinsinden karşılaştırabilmek için k_q karşılaştırma indisi tanımlanmıştır. Bu karşılaştırma indisi bize hangi modelin daha iyi öteleme yaptığını göstermektedir. Çalışmada bana maddi manevi desteklerini esirgemeyen merhum Tez Danışmanı hocam Prf. Dr. Mahmut Sert'e, hocamızın vefatından sonra beni ortada bırakmayan tezimin bitiminde bana yardımcı olan Bölüm Başkanımız Prf. Dr. Ergün Öztürk'e, çalışmalarımnda teknik desteğini esirgemeyen Dr.Mücahit Opan'a ve maddi manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme ve bölümdeki arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER DİZİNİ	v
ÖZET	vii
İNGİLİZCE ÖZET	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Konunun Tanıtılması ve Önemi.....	1
1.2 Türkiye’de Taşkınlar	2
1.3 Taşkın Ötelemesi	3
1.4 Taşkın Öteleme Yöntemleri.....	6
1.4.1. Deneysel öteleme	6
1.4.2. Hidrolik öteleme	7
1.5. Çalışmanın Amacı ve İzlenen Yol	8
2. TAŞKIN ÖTELEME YÖNTEMLERİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR .	9
3. CEYHAN HAVZASI ÜZERİNDE TAŞKIN ÖTELEMESİ VE ÇÖZÜMLERİ ..	40
3.1 Akarsularda Taşkın Dalgaları ve Çözümleri	40
3.1.1 Serbest yüzeyli kararsız akım	40
3.1.1.1 Giriş	40
3.1.1.2 Temel denklemler.....	42
3.1.1.3 Süreklilik denklemi	43
3.1.1.4 Hareket denklemi	46
3.2 Hidrolik Metotlar	52
3.2.1 Difüzyon analogjisi	52
3.2.2 Kinematik dalga metodu.....	54
3.2.3 Muskingum-Cunge metodu	61
3.2.4 Dinamik dalga metodu	63
3.3 Hidrolojik Metotlar	63
3.3.1 Muskingum modeli	67
3.4 Havza Özellikleri	72
4. ELDE EDİLEN SONUÇLAR	74
4.1 Kinematik Dalga Modelinden Elde Edilen Sonuçlar	74
4.1.1 Modele giren veriler	74
4.1.2 Modelden çıkan veriler.....	75
4.2 Muskingum Modelinden Elde Edilen Sonuçlar.....	76
4.2.1 Modele giren veriler	76
4.2.2 Modelden çıkan veriler.....	80
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	82
6. KAYNAKLAR.....	83
EKLER.....	88
ÖZGEÇMİŞ.....	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Basınç ve hız dağılımı (Yüksel,2000)	41
Şekil 3.2 Şematik Tanım (Roberson vd., 1995)	43
Şekil 3.3 Düzensiz geometriye sahip kanal enkesiti(Mahmood ve Yevjevich,1975)	50
Şekil 3.4 Kinematik dalga metodunun çözümü için sonlu farklar gösterimi	57
Şekil 3.5 Dört noktalı tipik bir ağ	62
Şekil 3.6 Bir akarsu parçasına giren ve çıkan akımların hidrograflarından biriktirme hacminin hesabı	65
Şekil 3.7 Depolama ile giriş çıkış akımları arasındaki ilişki.....	68
Şekil 3.8 Akarsu parçasında depolama ile çıkan akım arasındaki bağlantının seviyenin alçalması ve yükselmesi hallerinde aldığı şekiller	68
Şekil 3.9 Ceyhan Havzası'nın şematik görünüşü	73
Şekil 4.1 Berke Barajı'ndan bırakılan akımın Aslantaş Barajı'na ulaşma değerinin eğrisi, denklemi ve regresyon değeri	75
Şekil 4.2 Berke Barajı'ndan bırakılan akımın Aslantaş Barajı'na ulaşma zamanının eğrisi, denklemi ve regresyon değeri	76
Şekil 4.3 $aI+(1-a)O-S$ grafiği	78
Şekil 4.4 Muskingum modeliyle elde edilen Ötelenen Akım-Giren Akım değerleri garfiği.....	80
Şekil 4.5 Akarsuya giren akımın öteleme sonucu ulaştığı değer grafiği.....	80
Şekil 4.6 Ötelenen akımın ulaşma zamanı grafiği	80

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 4.1 Barajlar arası akarsu kesitinin ve yatağının özellikleri	74
Tablo 4.2 a katsayılarının hesaplanması	77
Tablo 4.3 Ötelenerek çıkan akışın bulunması	79
Tablo 4.4 Muskingum Metodunda Karşılaştırma İndisi değeri	81
Tablo 4.5 Kinematik Dalga Metodunda Karşılaştırma İndisi değeri	81

SİMGELER DİZİNİ

V_w	Bir boyutlu akımlarda mutlak dalga hızı
V	Akım hızı
θ	Kanal tabanı ile yatay düzlem arasındaki açı
x	Yatay mesafe
y	Akım derinliği
γ	Akışkanın özgül ağırlığı
A	Enkesit alanı
B	Akım yüzeyi genişliği
t	Zaman
M	Kütle
D	Hidrolik derinlik
\bar{z}	Akışkan yüzeyinden ağırlık merkezine olan derinlik
F	Kuvvet
S_f	Enerji çizgisi eğimi
g	Yerçekimi ivmesi
S_0	Kanal taban eğimi
V_q	Yanal akımın mansabındaki hız
$\xi(z)$	Tabandan z kadar yükseklikteki yanal genişlik
c_v	Dalga yayılma hızı
D_d	Difüzyon katsayısı
Q	Debi
B_k	Kanal genişliği
$(Q+R)_i^B$	Barajdan akarsu yatağına bırakılan akım miktarı
(T_i)	Akım miktarı için öngörülen ulaşma zamanı
(F_i^{Ort})	Akarsu yatağındaki ortalama akım
(L_i)	Akarsu yatağının uzunluğu
(η_i)	Akarsu yatağındaki tabandaki sürtünme katsayısı
(b_i, h_i, d_i)	Akarsu yatağındaki ortalama kesitin özellikleri
(P_i)	Kesite göre elde edilen ıslak çevre
$(\beta=0,6)$	Kinematik dalga yaklaşımı akım parametresi
i	Barajlar arası numara
dt_{ek}	Seyahat zamanı
dx	Seyahat aralığı
c_d	Taşkın dalgasının hızı
$x_{sön}$	Ulaşım uzunluğu sonundaki sönümlenmenin bir ölçüsü
q	Birim kanal genişliğindeki su debisi
K	Geçiş parametresi
x_g	Ağırlık parametresi
C_0	Muskingum denklemi parametresi
C_1	Muskingum denklemi parametresi
C_2	Muskingum denklemi parametresi
I	Giren Akım
O	Çıkan Akım
S	Depolama
h	Su derinliği
b	Akarsu yüzeyinin ortalama su yüzeyi genişliği

R	Akarsu enkesitine ait hidrolik yarıçap
k_q	Karşılaştırma indisi
z	Düşey koordinat
ΔS	Depolamadaki değişim
Δx	Dikkate alınan kanalın uzunluğu

TAŞKIN HİDROGRAFINİN ELDE EDİLMESİYLE İLGİLİ YÖNTEMLERİN KARŞILIKLI OLARAK İNCELENMESİ

Oğuzhan ATALAY

Anahtar Kelimeler: Taşkın ötelemesi, Hidrolik Metotla, Hidrolojik Metotlar, Kinematik Dalga Metodu, Muskingum Metodu

Özet: Ülkemizde meydana gelen taşkınlar genellikle erozyonun meydana geldiği, üzerinde taşkın koruma yapılarının bulunmadığı ya da bitki örtüsü tahrip olmuş yerlerde görülmektedir. Coğrafik yapı olarak dik eğimli ve bitki örtüsünden yoksun arazilerde yağış sularının büyük bir bölümü yüzeysel akışa geçerek kısa sürede yüksek akış hızına ulaşmaktadır. Genellikle katı madde yüklü taşkınlar daha çok can ve mal kaybına neden olmaktadır. Ülkemizde taşkın felaketleri depremlerden sonra en çok görülen doğal afetlerdendir. Bu durumda çevresel faktörlerinde etkisi göz ardı edilemez. Akarsu taşkın yataklarında kentleşme, bitki örtüsüne verilen hasar, taşkınların meydana gelme olasılığını arttırmaktadır. Taşkın havzalarında yapılacak olan koruma yapılarından doğru bir şekilde faydalanabilmek için havza özelliklerini ve meydana gelen taşkın karakteristiklerini iyi etüt etmemiz gerekmektedir.

Taşkın dalgasının akarsu havzasında, biriktirme haznelerinde ilerlerken zamana ve konuma bağlı değişiminin matematiksel olarak ifade edilmesine taşkın ötelemesi denir. Taşkın öteleme metotları hidrolik metotlar ve hidrolojik metotlar olmak üzere ikiye ayrılır. Hidrolik metotlar hem momentum korumu kanununa hem de kütlenin korunumu prensibine dayanmakta, hidrolojik metotlar ise sadece kütlenin korunumu prensibine dayanır. Hesaplarda, Kinematik Dalga Metodu'nda Ceyhan Havza'sı verilerinden, Muskingum Modeli'nde ise Ceyhan Havzası için türetilen değerler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde iki metot içinde karşılaştırma indisi tanımlanmış ve bu iki metot birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçta Kinematik Dalga Metodu daha iyi öteleme yaptığı anlaşılmaktadır.

COMPARISON OF THE METHODOLOGIES REGARDING THE ACQUISITION OF FLOOD HYDROGRAPH

Oğuzhan ATALAY

Key Words: Flood routing, Hydraulic methods, Hydrologic methods, Kinematic Wave Methods, Muskingum Methods.

Abstract: Floods are usually occurs at the places that under erosion effects and rivers which do not have flood protection facilities and places don't have or destroyed plant cover, in our country. Geographically vertical sloped areas or places lacking of plant cover, the rainfall start to run on the surface in a very short time and it reaches high speed. Life and property loses usually becomes from the surface flood which accomodates sediment. In our country the floods causes disasters and floods the most important disasters after the earthquakes. On that reason we must care all the environmental factors. Urbanization, damaging the plant cover at the river flood drainage areas, rises the probability and the damages of the flood disasters. We must analyse the river basins characteristics very well to take advantages of the flood protection facilities.

While the flood wave moving in the accumulation reservoirs at the river basins, based on the time and place that called flood routing. Flood routing methods clasified into two groups which are hydraulic and Hydrologic methods. Hydraulic methods based on the momentum and the mass conservation, Hydrologic methods based on only the mass conservation. Kinematic Wave Methods based on the Ceyhan River Basin's values and the Muskingum Method based on the values derived from the Ceyhan River Basin, at the computations. The result of the computations, we define a comparision subscript of the Kinematic Wave method ,which has been defined as a hydraulic method, bigger than the Muskingum method that has been defined as a Hydrologic method. Hence, we understand that the Kinematic Wave Method gives us the better flood routing.

1.GİRİŞ

1.1 Konunun Tanıtılması ve Önemi

Yağıştan dolayı başlayan akımların ilk evresi havzada başlar. Havza alanını kaplayan bir su tabakasının akması olayına havza akışı denir. Herhangi bir yağıştan ya da kar erimesinden havzada akış meydana gelebilir, kar erimelerinden doğan veya şiddetli yağışlardan meydana gelen havza akışları genellikle büyük debiler ortaya çıkarır. Bunun sonucunda özellikle ova kesimlerinde sular geniş bölgelere yayılır ve büyük hızlarla akar. Akarsu havzalarında debinin akarsu yatak kapasitesini aşması halinde sular yatak dışına taşar ve bu olay taşkın olarak nitelendirilir. Taşkınları oluşturan ve büyük debilerin oluşmasına sebep olan bu yağışlar çoğunlukla bahar aylarında görülür. Taşkınlar, sudan meydana gelebilecek felaketlerden korunmak ve suyun potansiyelinden yararlanmak açısından ve su kaynakları çalışmalarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşır.(Ağırlioğlu,1981).

Taşkınlar: tarım alanlarının, kentsel bölgelerin sular altında kalmasına, birçok yapının hasara uğramasına ya da yıkılmasına sebep olabilir. Taşkınlar, yüksek su seviyesi, yüksek debiler ve büyük hızlar ile tanımlandığından, akarsu havzaları ve akarsu üzerinde inşa edilen tüm yapılar için taşkın debilerinin bilinmesi ve bunların zararsız hale getirilmesi gerekir. Özellikle baraj, bağlama ve su kuvveti tesislerinde taşkın debilerinin bilinmesi büyük önem taşır. Bütün bu sebeplerden dolayı değişik amaçlarla kullanılacak taşkın hidrografının elde edilebilmesi için taşkınların meydana geliş mekanizmasının iyice anlaşılması ve mekanizmayı doğru ve iyi temsil eden matematik modellerin tanımlanması ve kurulması gerekmektedir.(Ağırlioğlu, 1981).

1.2 Türkiye’de Taşkınlar

Mevcut coğrafi konumu nedeniyle taşkınlar Türkiye’de önemli doğal afetlerden biri olmuştur. Türkiye’de iklim yarı kurak olmakla birlikte yıllık yağış Doğu Karadeniz Bölgesi’nde 300 cm ile Güney Doğu’da 25 cm arasında değişim gösterir. Akarsularda akım zaman içinde büyük değişimler gösterir. Kış mevsiminin sona ermesiyle birlikte kar erimesi ve şiddetli bahar yağışları büyük taşkınlara yol açar. Yaz aylarındaki ani yağışlar taşkınla sonuçlanabilir. Taşkın olayının en çok görüldüğü aylar Mart-Temmuz arasındır. Karadeniz, Akdeniz ve Ege Denizi kıyılarında orografik yağışlar taşkınlara yol açar. Orta Anadolu’da da konvektif yağış ile kar erimesi büyük taşkınlar oluşturabilir.

Son dönemlerde orman arazilerinin ve bitki örtüsünün yok edilmesi, akarsu taşkın yataklarındaki arazilerde yerleşim yüzünden yüzeysel akışlar artmıştır. Erozyon ve sediment taşınımı da büyük zararlara neden olmaktadır. Taşkın altında kalan alanlara yerleşilmesi, taşkın durumunda meydana gelecek zarar potansiyelini de arttırmaktadır.

Taşkın zararlarını önlemek ya da azaltmak için akarsu havzalarında baraj, sel kapanı, sedde gibi taşkın kontrol yapıları yapılabileceği gibi akarsu yatağında ya da havzada bir takım düzenlemelerde yapılabilir. 1953 yılında Türkiye çapında su yapılarının planlanması, tasarımı, inşası ve işletmesini yürütmek için kurulmuş olan Devlet Su İşleri (DSİ)’nin önemli görevlerinden biri de taşkınlara karşı koruma yapıları inşa ederek taşkın zararlarını en aza indirmek hatta önüne geçmektir.

Taşkınlarda can kaybı en çok, taşkın etkisindeki akarsu yataklarının yakınlarında kurulan gecekondular bölgesinde olmaktadır. Bunun en iyi örneği 1995 Kasım’ında İzmir’de meydana gelen taşkındır. Bir günde meydana gelen 11 cm’lik yağış yüksekliği sonunda küçük derelerin evleri basmasıyla altmış bir kişi hayatını kaybetmiş, bin kadar ev yıkılmış, toplam zarar da bir milyar doların üstünde olmuştur. 1995 Temmuz’unda Senirkent’te 15 dakikada 16 mm yağış düşmesiyle oluşan sellerde vadilerde oturan 74 kişi hayatını kaybetmiş, kırk iki kişi de yaralanmıştır. Eğimleri %40’ı bulan derelerdeki erozyon ve sediment hareketi zararı

arttırmıştır. Eğimlerin çok dik olduğu Doğu Karadeniz Bölgesinde ani taşkınlar ve toprak kaymaları sık sık can kaybına neden olur. Yağış çok şiddetli olmadığı halde, taşkın alanlarındaki yerleşimler yüzünden büyük zararların ve can kaybının olduğu taşkınlara son yıllarda meydana gelen taşkınlar örnek olarak verilebilir. 1974 Kasım'ında Dicle'de bir köprünün tıkanmasıyla olmuştur. 1979 Ağustos'unda dönüş aralığı 500 yıl olarak tahmin edilen bir taşkın Yeşilirmak havzasında altmış bir can almıştır. Seyhan nehrinde 1980 Mart taşkınında bin iki yüz ev yıkılmış, 47000 hektar tarım arazisi sular altında kalmış, taşkın koruma seddeleri çökmüştür. 1995 yılı Kasım ayında Sütçüler-Aksu taşkınında 12 saatte düşen 43 cm yağış 200000 hektar arazinin su altında kalmasına ve dört can kaybına sebep olmuştur.

Taşkınların neden olduğu kayıpları önlemek amacıyla, taşkın özelliklerinin bilinmesi büyük önem taşır. Taşkınların yerleşim yerlerine gelmeden önce haber verilmesi, yerleşim yerlerinin boşaltılması ve barajların işletilmesi bakımından aynı derecede önem taşır. Nitekim 1999 Ocak ayında şiddetli yağışlar Oymapınar ve Manavgat Barajlarının kontrol ettiği Manavgat Akarsuyunda debiyi arttırınca, suyun barajların üzerinden aşmasını önlemek için büyük miktarda su boşaltılması aşağı havzalarda taşkına neden olmuştur. İnsanlar zamanında uyarılmış, fakat tarım arazileri ve evler sular altında kalmış, yollar kapanmış yinede ciddi maddi kayıplara neden olmuştur. 1999 Temmuz'unda İzmit yakınlarındaki su temini maksatlı Kirazdere (Yuvacık) Barajında baraj kapaklarının zamanında açılmayışı nedeniyle su yatak kapasitesini aşmış ve bulunduğu havzayı su altında bırakmıştır. Her iki durumda barajların taşkın kontrolü düşünülerek işletilmesi gerekliliği bakımından önemlidir. (Beyazıt, 2002).

Ülkemizde taşkınlar, depremlerin ardından en çok can ve mal yol açan doğal afetlerdir. Bu nedenle taşkın zararlarını minimuma indirmek için taşkın kontrol çalışmalarına büyük önem verilmelidir.

1.3 Taşkın Ötelemesi

Taşkın dalgası, akarsuyun belirli bir kesiminde veya bir hazneye girmesiyle su seviyesinin yükselmesine neden olur. Suyun bir bölümü bu şekilde geri giderken diğer kısmı çıkış kesitinden mansaba geçer. Giren ve çıkan taşkın hidrografları

karşılaştırıldığında giren taşkın dalgasının yayılmış olarak çıkış kesitinden geçtiği görülür. Taşkın dalgası geçişi sırasında zamana göre bir miktar ötelendiği için bu olaya “Taşkın Ötelemesi” olarak adlandırılır. Taşkın ötelenmesi, havza boyunca ilerleyen taşkın dalgasının zamana bağlı olarak değişiminin hesaplanmasıdır. Diğer bir deyişle ise taşkın ötelemesi ile belirli bir akarsu kesitine giren taşkın dalgasının bu kesitin sonundaki değişimi belirlenir. Taşkın ötelenmesi en büyük debinin değerinde azalma ve en büyük debinin meydana geliş zamanında gecikme olarak iki önemli netice elde etmemizi sağlar. Problem başlı başına, taşkın dalga probleminin kendine has özelliklerini göz önünde bulundurarak, açık kanallarda karasız akım şartlarının bir uygulamasıdır. Bir taşkın dalgasının hareketi, düzensiz açık kanal denklemi, kütle korunumu ve momentum denklemi ile incelenir. Süreklilik denklemleri, kütle korunumu, hareketin denklemi de momentum denklemlerini içerir. Bu denklemler henüz analitik çözümü tamamlanmamış, yarı doğrusal kısmi tekniklerin gelişimiyle birlikte taşkın öteleme problemlerinin kapalı çözümlerine gelişimini anlatmaya yarayan, iki fiziksel parametre vardır. Bunlar; Taşkın dalgasının dikkate alınan yol boyunca hızı, seviyedeki azalmanın hızı ya da taşkın dalgasının sönümlenmesi.

Taşkın dalgasının sönümlenmesini de kontrol eden iki durum vardır; Depolamanın etkisi, Etki eden kuvvetlerin dengesi. Depolamaya bağlı sönümlenmeyi en iyi, bir taşkın dalgasının hazne ya da gölden geçiş sırasında en büyük değerindeki azalma örnekler. Depolama etkileri olmadığında, prizmatik bir kanalda öteleme gibi, taşkın dalgasının sönümlenmesi yerçekimi, sürtünme, atalet ve kuvvet etkilerinin bir araya gelmesi ortaya çıkar. Depolamanın mekanizması, sürtünme ve atalet durumlarında, baskısına; hazne ya da gölden geçen taşkın dalgasında olduğu gibi, kuvvetlerin dengesine bakılmaksızın, öteleme problemi, süreklilik denklemiyle çözülür. Bu sadeleştirme, bir göl ya da nehirdeki taşkın ötelemesi probleminin çözümünü, hazne ötelenmesi diye bilinen bir cebirsel ifade ile yapar. Hareket denklemi ise yerçekimi, sürtünme, basınç ve atalet kuvvetlerinin dengesini belirtir. Problem tamamen denge durumunda her bir terimin birbirine göre önemi olarak karşımıza çıkar. Eğer bir ya da fazla terim diğerlerine göre ihmal edilebilir durumda ise o terimler sıfır olarak kabul edilebilir. İhmal edilen terimlerin çözüme büyük bir katkısının olmadığı durumlar, dalga modeli yaklaşımlarını artırır.

Hidroloji ve hidrolik mühendisliğinde taşkınların ötelenmesi, modellenmesi oldukça geniş bir yer tutar. Ana problem, verilenler mimbada giriş hidrografi ve kanalın karakteristikleri olduğu halde, akarsu boyunca seçilen noktalardaki hidrografların bulunması, akarsu boyunca akım karakterinin belirlenmesi ve kanal ya da akarsuya ait özelliklerin bulunması şeklinde sıralanabilir. (Hydrologic Engineering Center,1990b).

Akarsu havzalarındaki akış olayına birçok etken etki etmektedir. Bu etkenlerden bazıları; yağışın şekli, zamana bağlı dağılımı, diğer bir deyişle şiddeti, süresi, zamanla değişimi ve bir önceki yağıştan sonra geçen süre, yağışın havza içindeki dağılımı, rüzgâr, sıcaklık gibi meteorolojik faktörler, zeminin cinsine bağlı olarak geçirimsizlik oranı ve suya doygunluk derecesi gibi jeolojik faktörler, havzanın geometrisi, uzunluğu, alanı, eğimi gibi topoğrafik etkenlerdir. Diğer taraftan bitki örtüsünün çeşidi ve havzadaki dağılımı, kapladığı alan, yüksekliği, büyüme hızı ile birlikte yerleşim alanlarının durumu, yol ve benzeri alt yapıların varlığı, toprağın kullanılma şekli gibi etkenler de akışın durumunu etkilemektedir. Bütün etkenler birbirlerinden bağımsız değildir ve birbirleriyle karşılıklı etkileşim içindedir. Ayrıca uzun zaman zarfında bu etkenlerin, tabiat olayları, insanlar ve hayvanlar tarafından değiştirilmesi de söz konusudur. Bu nedenle bu değişik etkenlerin etkisi altında ortaya çıkan akış, yağıştan yağışa, havzadan havzaya, aynı havzada noktadan noktaya değişmekte ve hatta aynı yağış koşullarında, aynı havzanın aynı noktasında zamandan, farklı olmaktadır. Bu bakımdan akışın meydana geliş şekli farklı havzalarda birbirine benzemekle beraber, bir akarsu havzasının bir yağıştan sonraki davranışı, en doğru şekilde ancak kendisine özgü bilgilerden bulunabilir.

Havzanın akışı laboratuvar modeli ile incelenebilir. Fakat bu tip bir modelde akış karakteristiklerini, özellikle yağışı ve bitki örtüsünü, prototipe benzetmek oldukça güçtür. Ayrıca bütün havza faktörlerini modele yansıtılmamak, sonuçların gerçekten çok uzaklaşmasına neden olabilir. Bununla birlikte model kurmanın zaman ve maddiyat açısından da dikkate alınması gerekmektedir. Bu etkenler taşkın hesaplarının matematik modellerle yapılması istenir. (Ağırlioğlu, 1981).

Taşkın öteleme hesapları için kullanılan matematiksel modele göre gereken temel veriler kanal karakteristikleri olmak üzere ikiye ayrılır, kanala karakteristiklerinde; akarsuyun yada rezervuarın topoğrafyası, rezervuarda yada akarsu vadisindeki depolama hacmi, kanal taban eğimi S_0 , kanalın en kesit alanı, kanalın sürtünme karakteristikleri (Manning'in n , Chezy'nin C katsayıları gibi), akım karakteristiklerinde ise; seviye-depolama, seviye-debi ve debi-depolama ilişkilerini kurabilmek için gerekli olan geçmiş taşkın kayıtları, kanal boyunca kanala giriş yapacak yersel yüzey akışın ölçümleri ya da tahminleri, yağış kayıtları, toprak özellikleri, akış karakteristikleri, drenaj alanları ve yağış-akış ilişkisini belirleyen diğer veriler, giren akım hacminin zamanın bir fonksiyonu olarak tahmin yada ölçümü, kullanılan tekniğe bağlı olarak zamana karşılık seviye veya zamana karşılık debi yada seviye eğrisine karşılık debinin belirlenmesi, geçmiş taşkınlardan belirlenen seviye-zaman yada debi-zaman verileri yer alır (Miller ve Cunge,1975).

1.4 Taşkın Öteleme Yöntemleri

Taşkın öteleme yöntemleri metotlara göre deneysel, hidrolojik ve hidrolik olmak üzere üçe ayrılabilir,

1.4.1. Deneysel öteleme

Deneysel taşkın öteleme metotları, katsayıların kullanımını içerir. Bu katsayılar tecrübeye ve geçmiş taşkın olaylarının deneysel olarak gözlenmesiyle ayarlanır. Giriş ve çıkış akımları arasındaki ilişkinin modellenmesi için akarsuda gereken sayıda giriş ve çıkış akımlarının ölçülmüş olması gerekmektedir. Yeterli sayıda ölçülen veri kalibrasyonu daha kolay hale getirecektir.

1.4.2. Hidrolik öteleme

Kütle ve momentum denklemlerini dikkate alan ötelemedir. Problem, süreklilik ve hareket denklemlerinden ya da alternatif olarak konvektif difüzyon yönteminden formüle edilir.

Muskingum-Cunge Öteleme Modeli, doğrusal olmayan katsayılı bir hidrolik çözümdür. Giriş hidrografiyle, kanalın fiziksel özelliklerine dayanan hidrograf ötelemesini hesaplar. Bu yüzden bir hidrolik bir model olarak sınıflandırılır.

Kinematik Dalga Metodu, hareket denklemindeki basınç ve atalet terimlerini ihmal ederek iyi bir sonuca varmaktadır. Kinematik Dalga Metodunda momentum ve süreklilik denklemleri mevcuttur. Bu ihmal konvektif difüzyon denklemine birinci dereceden yol gösterir.

Difüzyon Dalga Metodu, direnç, yerçekimi ve basınç terimleri mevcuttur, hareket denklemindeki atalet terimi ihmal edilmiştir.

Dinamik Dalga Öteleme Modeli, tüm hareket denklemini hesaba katan, taşkın ötelenmesinde en genel modeldir (Hydrologic Engineering Center,1990b).

1.4.3. Hidrolojik öteleme

Etki eden kuvvetlerin dengesi dikkate alınmaksızın su hacminin ötelenmesidir. Model yalnız süreklilik denkleminde formüle edilir.

Hazneden geçen taşkını öteleyen Plus Metodu, küçük taban eğimli kanallarda tedrici değişen akımların ötelenmesinde ve kontrolsüz haznelerdeki taşkın dalgalarının etkilerini değerlendirmede kullanılır.

Değişken Değerler Metodu, Plus metodu ile Muskingum modellerinden her ikisinin birleştirilmiş bir versiyonu sayılabilir. Kama depolamasını hesaplayan Plus metodu ya da değişken geçiş zamanlı Muskingum Modeli olarak adlandırılabilir.

Muskingum Modeli, giriş, çıkış ve depolama arasında lineer bir matematiksel ilişki olduğunu varsayar. Lineer fonksiyonun parametreleri ölçülmüş dataların kalibrasyonundan saptanır. Elbette metodun gelişimi deneysel esaslara dayanır model ayrıca konvektif-difüzyon denkleminin bir benzeri olarak da gösterilebilir.

En uygun modeli seçmek kolay değildir. Bu çalışmanın prensibi doğal akarsularda farklı öteleme modellerini teorik olarak karşılaştırmak ve bu modellerden Hidrolik bir metot Kinematik Dalga Metodu ile Hidrolojik bir metot olan Muskingum Modelini Ceyhan havzası için uygulayarak örneklemelemektedir.

1.5. Çalışmanın Amacı ve İzlenen Yol

Meydana gelen taşkın olaylarını genel olarak incelediğimizde; taşkınlar, erozyona maruz kalan, bitki örtüsü az ve ya yok olmuş havzalarda ve de herhangi taşkın kontrolü yapılmamış havzalarda ortaya çıkmaktadır. Eğimli ve çıplak arazilerde yağılar genellikle karşımıza yüzeysel akış olarak çıkmaktadır. Yüzeysel akışlarda akış hızı yüksektir. Akışa erozyon nedeniyle katı madde katılmasıyla, taşkınlar daha yıkıcı hale gelmekte ve daha büyük maddi zarara ve can kaybına neden olurlar. Bu sebeple taşkınlar ülkemizde göz ardı etmemiz gereken doğal afetlerin başında gelir.

Taşkın zararlarını minimuma indirebilmek için taşkın kontrolü çalışmalarına yeterli önemi vermeliyiz. Bu sayede milli servetimiz olan ülke topraklarımızın da kaybını azaltmış. Vatandaşlarımızın doğal afetler sonucu mal ve can kaybını en aza indirmiş oluruz.

Çalışmalarda, Ceyhan havzası ile ilgili bilgiler kullanılmıştır. Öncelikle Kinematik Dalga Metodu kullanılarak Ceyhan Havzasında öteleme yapılmıştır. Daha sonra Muskingum Modeli için veriler türetilerek öteleme yapılmış ve bu iki metot karşılaştırma indisi aracılığıyla karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Daha sonra elde edilen indise göre sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. TAŞKIN ÖTELEME YÖNTEMLERİ İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Mozayney ve Song (1969), yarı sonsuz düzgün dikdörtgen açık kanalın membasında verilen bir sürede, sinüsoidal değişime bağlı olan geçiş akımlarına ait süreklilik ve momentum denklemlerini karakteristikler metodunu kullanarak çözmüşlerdir. Memba kesiminde, sinüsoidal değişimlere bağlı, farklı kısımlardaki kararsız akımların anahtar eğrileri üzerinde çalışmalarının sebebini sonuç taşkın hidrografının, birim hidrograf metoduna benzer bir metot olan fourier serilerinin benzeştirilmesi şeklinde kurulmuş herhangi bir verilen giriş hidrografına bağlı olan esas hidrograf gibi tanımlanabilmesi olarak vermişler, giren akım şiddetini, Manning sürtünme katsayısı ve kanal eğimini değiştirerek, taşkın dalgasının sonuç dağılımını hesaplamışlardır. Pik seviyenin ve hareket eden taşkın pik debisinin yavaşlaması üzerinde detaylı olarak çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda, sönümlenme katsayılarının başlangıç şiddetinin, Manning sürtünme katsayısının ve kanal eğiminin bir ilişkisi olduğunu, bunda taşkın dalgası esasında doğrusal olmayan bir olay olduğunu, bundan dolayı da birim hidrograf metodunun dikkatli kullanılmasının gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte; pik seviyeye ve pik debinin ilk olduğunu bulmuşlar, her ikisinin de kanal eğimi, Manning sürtünme katsayısı, belirlemişlerdir. Diğer taraftan doğrusallık katsayılarının büyük uzunluktaki mesafe için sabite yaklaşır görüldüğüne dikkat çekmişlerdir ki; bunun da anlamı, sonsuz bir kanalda hidrografın doğrusallaşmasıdır.

Ponce vd. (1978), Kinematik ve difüzyon modellerinin uygulanabilirliği, difüzyon, Kinematik ve Dinamik Modeller için kararlı üniform akımlarının sinüsoidal karşılıklarını, yayılım karakteristiklerini karşılaştırmak suretiyle değerlendirmişlerdir. Doğrusallaştırılmış denklemleri alıp, homojen doğrusal denklem sistemine götüren bir sinüsoidal formda çözüm aramışlardır. Buna ilave olarak Kinematik ve difüzyon dalga modellerine göre logaritmik azalmayı ve dalga yayılma hızını da hesaplamışlardır. Bu teoriden, bulunan sonuçların dalga yayılma hızı ve

logaritmik azalmanın orijinal Saint Venant denklemleri ile kıyaslanmasıyla bu yaklaşık modellerin uygulanabilirliğine ait limitleri bulmada kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Yaptıkları karşılaştırma, Kinematik ya da difüzyon modellerin doğruluklu bir şekilde fiziksel olayı benzeştirip, benzeştiremeyeceğini belirleyen eşitsizlik kriterinin belirlenmesine yardımcı olmuştur. Büyük yatak eğimleri veya büyük dalga periyotlarının eşitsizlik kriterini belirleyeceğini, uygulamada yüzeysel akışın büyük yatak eğimleri ve dalga periyotlarının tedrici yükselen taşkın dalgalarına ait olduğunu ortaya koymuşlardır. Her iki modelin de başarısız olduğu yerlerde fiziksel olduğu sadece dinamik dalga modelinin benzeştirebileceği, fakat Dinamik Modelin de önemli derecede farklı eğimlere sahip olduğu sonuç olarak belirtmiştir.

Ponce ve Yevjevich (1978), geleneksel Muskingum Modelinde, Muskingum denklemleri K ve x parametrelerinin ölçülmüş giriş ve çıkış hidrografları kullanılarak kalibrasyonla belirlenmesini, bununla birlikte Muskingum Cunge versiyonunda ise Cunge tarafından verilmiş denklemlerle hesaplanmasını göz önünde bulundurarak, çalışmada Muskingum Cunge Modeli kullanılarak yapılan deneyleri açıklamışlardır. Burada parametrelerin hesaplanmasında tüm modellerin doğruluğu üzerinde kesin bir ifade ortaya koymuşlardır. Sabit parametrelili Muskingum Cunge Modeli ile sonuçların, sabit parametreleri değerlendirmek üzere seçilen taban artmasına ve taşkın dalgasındaki alçalmanın is azalmasına neden olduğunu ve hesaplanan çıkış hidrografının ilk sinüsoidal şekilden ihmal edilebilir bir sapma noktalı ve tekrarlamalı bir dört noktalı yaklaşımın taşkın dalgalarının doğru benzeşimini yapmada yeterli olduğunu, iki noktalı bir yaklaşımın ise pik debi ve geçmiş zaman hesabında yanlış sonuç verdiğini göstermişlerdir. Bununla birlikte iki noktalı metodun büyük bir kütle kaybına neden olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ponce (1979), sadeleşmiş Muskingum ötelenme modeli üzerinde çalışmıştır. Geleneksel olarak K ve x parametreleri ölçülmüş giriş çıkış hidrografi kullanılarak kalibrasyonla belirlenmiştir. K ve x parametrelerinin fiziksel problemle alakalı olabileceğın gösteren Cunge tarafından geliştirilen bir versiyonla birlikte kalibrasyondaki deneme yanılmayı yok etmiş, aynı zamanda metodun tahmin yeteneğini arttırmıştır. Cunge'un bulduklarının yardımıyla hesapları ya sadeliğinden

dolayı büyük avantajı olan döngülü parametre metodunda ya da değişken parametrelili moda başlatmıştır. Zaman ve mesafe aralıklarının hesaplanmasında; doğal prizmatik olmayan kanallar için; kanal sürtünmesi ve kesit alanı şeklini, debi alan ilişkisini kullanarak elde etmiş, model testi, hipotetik testi ve gerçek veri testlerini Goldsboro ve Kinston eyaletleri arasındaki 72 km uzunluğuna sahip Neuse nehrine ait verileri kullanarak yapmıştır. Çalışma sonucunda hiçbir metodun Kinston'da ölçülen hidrografi tam olarak yansıtmadığını, sadeleştirilmiş Muskingum ötelenme modelinde Δx mesafe ve Δt zaman aralıklarının $x=0$ ve $K= \Delta t$ olarak belirlediğini ve bu durumda ötelenme denklemlerinin basit bir ortalama hesabına indirgenmiş olduğunu ortaya koymuştur.

Ponce (1979), konvektif denklemin stabilitesini ve açık sayısal şemanın yakınsama özellikleri ile birlikte bu çalışmada konvektif hesaplamalarda mutlak stabilitenin tayiniyle ilgili olarak birleştirilmiş teorik işleyişi sunmuşlardır. Mutlak stabilitenin nasıl olduğunu ve açık şemanın iskeleti dâhilinde her ikisi için ikinci dereceden doğruluğun mümkün olduğunu göstermek için Von Neumann ve Hirt analizlerini kullanmışlardır. Saf konvektif denklemin açık şemasının sayısal özelliklerinin birleştirilmiş kurumsal yönteminin verildiği bu çalışmada, yavaş değişen Courant sayısının bulunduğu durumlar için teorinin, mutlak stabilizeyi ve açık formülasyonun iskeleti dâhilinde ikinci derece doğruluğa ulaşabileceğini ortaya koymuşlardır.

Strupczewski ve Kundzewicz (1980), Muskingum Modeli varsayımları, model parametrelerinin değişkenliği ve doğasıyla ilgilenen hidrologistlerin düşüncelerini yeniden gözden geçirmişlerdir. Çalışmayı; sistem yaklaşımı, Muskingum model sonuçları ile doğrusal dinamik dalga modeli sonuçlarının karşılaştırılması, mesafenin hem giriş hem de çıkışların ortak döngülerde yer alması ve mesafe boyunca su tablasında oluşacak doğrusal değişimler varsayımları altında dikdörtgen enkesiti üniform kanallar için geliştirilen doğrusal olmayan denklemin analizi başlıkları altında toparlamışlardır. Bu metodun bağlı olduğu sistemin fiziksel karakteristikleri ve akım değişimleri üzerine çalışmışlar, Muskingum Modeli için karakteristiklerin uygulama mesafesi ve buna göre x parametresinin değerlerini hesaplamışlardır. x parametresine bağlı fiziksel sistemde meydana gelen gecikmenin etkisi üzerinde çalışmış, doğrusal olmayan depolama denklemine dayanarak Muskingum modeli

giriş ve çıkış değerlerine bağlı olan parametrelerin güvenilirliğini irdelemişlerdir. Sonuç olarak, karma depolama için kısa mesafelerde x 'in negatif değerlerinin, uzun mesafelerde ise pozitif değerlerinin kullanılması gerektiğini ortaya koymuşlar, bu prensibi Muskingum modelinin etki-tepki ilişkisi ile dinamik dalga modeline ait momentlerin eşitlenmesiyle elde ettikleri formülasyonla da onaylamışlardır. x 'in negatif değerlerinin geçiş prosedürü ile ilgili olarak model performansının yeterliliği azalttığını ortaya koymuşlar. Muskingum modelde en iyi yarı çevrinti özelliklerinin $x=0,5$ değeri için elde edilebileceğini belirlemişlerdir.

Ponce ve Theurer (1982), ötelenme parametrelerinin kanal ve ağ karakteristiklerine bağlı olduğu Muskingum modelinin bir analizinin yapmışlardır. Yaptıkları sayısal deneyler yardımıyla mesafe adımına bir üst sınır getirmek için ortaya konulan kriterlere yeni bir bakış açısı kazandırmışlardır. Muskingum difüzyon modelindeki mesafe ve zaman çözümlerine dair mevcut katkıları gözden geçirmek ve test etmek, modeldeki doğruluğu korumak için mesafe çözümlerine ait bir kriter geliştirmek amaçları doğrultusunda çalışmada mesafe adımları için Δx , c ve D katsayılarını tespit etmişler, sayısal deneyleri Courant sayısı ve adım Reynolds sayısına bağlı olarak değerlendirmişlerdir. Δx 'in büyük değerlerinde D ve c katsayılarının düşük değerlerinin elde edildiği, doğruluk korunmak ve x gerçel bir sayı olmak üzere; $c > x$ olduğu duruma dikkat çekerek pratik uygulamalar için $x=0.33$ değerini sonuç olarak önermişlerdir. Bununla birlikte k doğruluk parametresinin en uygun değeri için pratik uygun değeri için pratik uygulamalarda $K=2.00$ 'yi önermişlerdir.

Tingsanchali ve Manandhar (1985), durgun su etkileri ile yan dere akımlarını hesaba katan bir taşkın ötelenmesi için analitik difüzyon modeli geliştirmişlerdir. Modeli, hipotetik düzgün bir dikdörtgen kanalda değişik memba, mansap ve yan dere sınır şartları ile taşkın ötelenme çalışmalarına uygulamışlardır ve Kuzey Tayland'daki Lowermun akarsuyuna ait 1980–1981 yıllarındaki akım şartları ile benzeştirmişlerdir. Temel difüzyon denklemini, ortalama bir derinlik değeri etrafında doğrusallaştırmışlar ve durgun su etkileri ile yanal akımları da hesaba katan sınır şartları kullanarak çözmüşlerdir. Modelin uygunluğunu akım ivmesinin ihmal edilebildiği tedrici yükselen taşkınlarla sınırlamışlar, su derinliğinin çözümünü sınır şartlarına uyan bir dizi histogramla yaklaştıran bir formda ifade etmişlerdir. Chezy, c

ve kanal düzensizliklerine bağlı difüzyon hızına ait K değerini kullanmışlar ve parametreleri modelin kalibrasyonu sırasında deneme-yanılma yoluyla bulmuşlardır. $K=0$ olan hipotetik dikdörtgen kanaldaki uygulama sonucu elde edilen çıktıları ($\Delta t=1$ saat, $\Delta x=1$ km) alınan ve Saint Venant denklemlerine dayanan kapalı sonlu fark modeli sonuçları ile kıyaslamışlardır. Sonuç olarak modelin, en kesit alanının detaylı verisi ya da akarsu yatağının geometrisini kapsamadığı, sadece onların ortalama değerlerine ihtiyaç duyduğunu, modelin, sınır şartlarının tek ya da tüm etkilerinin analizlerini sağladığını ve belirli şartlarda hesap için daha az zamana ihtiyaç duyduğunu belirlemişlerdir.

Aldama(1990), arazi verilerindeki eksiklikler nedeniyle, doğal akarsularda taşkın ötelenmesinde Saint Venant denkleminin kullanımını engellemesi, sonuçta Muskingum Modeli gibi Yaklaşık tekniklerin uygulanmasını göz önünde bulundurarak, önemli bir yönün model parametrelerinin kalibrasyonu olan bu çalışmada Muskingum ötelenmesi için mevcut en küçük karelerle parametre tahmin tekniklerini araştırmış, Gill; Heggen ve O'Donnell tarafından çeşitli yıllarda sunulmuş Muskingum taşkın ötelenme parametrelerinin en küçük kareler yöntemiyle bulunmuş sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. O'Donnell'in metodu diğer iki teknikle karşılaştırabilecek şekilde değiştirmiş. Gill'in metodu ve O'Donnell'in değiştirilmiş metodu için taşkın öteleme hesaplarında açık ifadeler elde etmiştir. Heggen'in metodunun en büyük dezavantajının global minimumda temsil etmesi gerekmeyen, köke giden matematiksel denklemin iterasyon sonucunu gerektirdiği, ayrıca tahmin aşamasında K ve x 'i doğrudan uygulayan hiçbir test edilmiş prosedürün olmadığını, bu parametrelere karşılık tamamının optimum olduğunu ortaya koymuştur. Gill'in K ve x üzerine olan tahminlerinin Heggen ve O'Donnell'in değiştirilmiş metodundan tahmin amaçlarına daha iyi uyduğunu sayısal deneylerle göstermiştir. Diğer taraftan doğrusal debi, depolama ilişkisi ile momentum denklemi yaklaşımına dayanan uygulamaları akarsu boyunca giriş hidrografına cevap veren Muskingum Modeli ile tahmin edilmesi, Gill'in yönteminin bu açıdan tutarlı olduğu ve bu yüzden ötelenme parametreleri için kullanılan kalibrasyondan farklı olarak bir akarsuyun giriş hidrografına vereceği yanıtı tahmin için en yeterli model olduğunu ortaya koymuştur.

Schmid (1990), birbiri ardına gelen iki yüzey üzerinde, sabit etkili yağış şiddeti varsayımı ve şok dalgaların etkisi dahil edilerek Kinematik dalga denkleminin çözümünü ve sürekli olmayan çözümlerin kapsandığı durumlara özel dikkat göstererek Muskingum Cunge Modelinin verimliliğini, yarı analitik çözümlerde sayısal sonuçların karşılaştırılmasıyla ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışmanın birinci kısmında uygulanmış, kaydedilmiş ve hesaplanmış niceliklerin (yağış, su derinliği gibi) Muskingum Cunge ötelenme modelinin, Kinematik kaskatlara uygulanabilir en uygun model olduğunu göstermiş, modeli geçerliliği çok az sayıdaki durumlarda söz konusu olduğundan konuyu tamamlamak için Muskingum Cunge model performansının daha detaylı bir analizi gerektiği, bu yüzden yarı analitik bir taban modelin yardımıyla beraber yönetilen bir analize uğramıştır. Şok dalga şekilleri üzerinde çalışmıştır. Çalışma sonunda iki düzlemli bir kaskatta Kinematik akımın yarı analitik ve Muskingum Cunge modeline dayanan metot arasında tüm bir karşılaştırma yapabilmek için geniş bir dizi benzeştirme ile hem güçlü dalgalarla hem de bu tür dalgalar olmaksızın türbülanslı akım durumları için Muskingum Cunge ötelenmesinin yeterli sonuçlar ürettiğini ortaya koymuştur. Şok dalgasız laminer akımlar için iyi sonuçlar elde etmiş ancak şok dalga etkili laminer Kinematik akımları, Muskingum-Cunge Modelinin uygulanabilirlik sınırlarının dışında tutmuştur.

Ponce (1991), Kinematik ve difüzyon dalgalarının doğallığı ve uygulamaları üzerindeki tartışmaları dikkate alarak kinematik dalgalar üzerinde çalışmış, Kinematik Dalga Modelinin yapısı ve uygulanabilirliği ile ilgili olarak, Kinematik dalga difüzyonunun açıklanabilirliği ve Kinematik şokun uygulamadaki hesaplamalarda dikkate alındığı biçimde olup olmadığı sorularının ışığında Kinematik Dalga kavramını yeniden gözden geçirmiş, uygulamadaki hesaplamalarda dikkate alındığı biçimde olup olmadığı sorularının ışığında Kinematik Dalga kavramını yeniden gözden geçirmiş, uygulamada alanların belirlenmesine ve tüm modelleme kriterlerini kontrol etmeye çalışmıştır. Lokal ivme, konvektif ivme ve hareket denkleminin temel terimleri momentum ihmal edilerek akarsu ve kanal akımları için difüzyon dalga denklemi ve benzer bir yaklaşımla D, hidrolik yayılımı kullanarak yüzey akışı için bir denklem oluşturmuş, denklemi, parabolik denklemler için sayısal tasarım yardımıyla hem analitik hem sayısal olarak çözmüştür. Düzgün

bir kinematik dalga, düşük bir taban/pik akım oranı, hidrolik açıdan geniş ve yeterli uzunlukta bir kanal ve Froude sayısı yüksek olan akım şartlarında Kinematik şok oluşturduğunu ortaya koymuştur. Yapay sayısal etkileri ve ağ boyutu küçültüldüğünde yok olma eğilimindeki sayısal etki çözümleri dikkate alındığında sonlu farkları kullanan Kinematik dalga çözümlerinin, sonlu ağ boyutunun bir sonucu olarak sayısal difüzyon ve dağıtımın gerçek miktarına sahip olduğunu göstermiştir. Yüzeysel akış Kinematik dalga çözümlerinin ağa bağlı olduğu; yani oldukça önemli miktarda sayısal difüzyonla dağıtımın rol oynadığı tipik bir çözümle birlikte sonuçların ağ boyutunun bir ilişkisi olduğunu, pratik akış hesaplamalarında Kinematik dalga metodunun 2.5 km^2 'den küçük özellikle fiziksel detayların, modelin deterministik yapısıyla uzlaşmadan çözülebildiği durumlarda, birim hidrograf metodunun ise 2.5 km^2 'den büyük 1000 km^2 'den küçük orta ölçekli havzalarda kullanılmasının uygun olduğunu ortaya koymuştur. Kinematik ve difüzyon dalga teorilerine doğru dinamik bir genişleme ile bu tip bir modellemenin kanal ve akım şartlarının Verdernikov sayısının sıfırdan farklı olduğu durumlarda; örneğin sel rejimine yakın ve sel rejimli akımlarda uygulanabilirliğini sonuç olarak elde etmiştir.

Perumal (1992), kullandığı çoklu doğrusal modellemede, zaman dağıtım planına dayanan bir taşkın dalgasını göz önünde bulundurarak, hâlihazırdaki çoklu doğrusal modellerin sınırlamalarını ve eksik yönlerini ortadan kaldırmak için çalışmıştır. Hesaplamalarda dikkate alınan Muskingum Modelini, doğrusal bir alt model şeklinde kullanmıştır. Önerilen bu metodun, giriş hidrografının ötelenme için sabit tutulan parametrelerin yer aldığı mevcut haldeki çoklu doğrusal modellere hiç benzemeyen bir yönünün her ötelenme zaman adımında değişmesi olarak belirtmiş, bunun, taşkın dalga hareketinin doğrusal olmayan davranışının daha iyi modellenmesini sağladığı ve verilen bir giriş hidrografını ötelenmede kullanılan akım bölgelerinin sayısına karar vermedeki göreceliliğini ortadan kaldırdığını açıklamıştır. Yanal debisiz düzgün geniş dikdörtgen kanallarda taşkın ötelenme için kullanılan bu metodun uygunluğu üzerinde kuramsal verileri kullanarak çalışmış, önerilen metodun, dar döngülü bir eğri etrafında karakterize edilen bir taşkın hidrografının sonucu olarak açık kanallarda taşkın dalga hareketini tanımayabileceği ortaya koymuştur. Taşkın dalga yayılımının çoklu doğrusal modellenmesinde, ötelenme zaman aralıklarının eşit sabit zamanlı bloklara bölerek başarıyla sonuçlandığı çalışmada, ağırlık

parametresinin değişimi, giriş hidrografi kararlı bir hız eğrisi etrafında karakterize edildiğinde ise ağırlık parametresinin değerini 0.5 olarak tahmin etmiştir. Burada yapılan tüm öteleme çalışmalarında geçiş zamanı K oldukça büyüktür. Giriş hidrografi, geniş döngülü bir eğri ile karakterize edildiğinde daha uzun bir geçiş süresi ile daha geniş bir oran gerektiğini, ağırlık parametresinin tahmininde Froude sayısını, hesaplamada kullanmayan bir eşitliğin kullanılmasının daha uygun olacağını sonuç olarak söylemiştir.

Perumal (1994), zaman dağılım şemasına dayalı bir doğrusal modelleme kullanarak, sabit kanal yatakları üzerinde taşkın ötelenmesi metodu çalışmış, parametreleri, bir zaman eşleştirme tekniği ile kanal ve akım karakteristiklerini ilişkilendiren farklı kademeli modelini doğrusal alt model şeklinde kullanmıştır. Kullandığı iki parametrelili alt modelin en önemli avantajını ötelenmenin başlangıcında, çıkış hidrografını batık ya da artık debi olarak ortaya koyan Muskingum Modelinden daha gerçekçi bir biçimde benzeştirmesi olarak belirlemiştir. Çalışmada Perumal, düzgün dikdörtgen kanallarda taşkın ötelenmesinde modelin uygunluğunu, matematiksel olarak ifade edilmiş giriş hidrografının ötelenmesi olarak incelemiştir. 25 m genişliğindeki farklı eğim ve Manning pürüzlülüğüne sahip 3 kanal tipi üzerinde çalışmış, dikdörtgen kesite sahip bu kanalda giriş kesitinden 20 km, 40 km, 60 km, 80 km, 100 km ve 120 km mesafelerde hidrograf ötelenmeleri yapmıştır. Saint Venant kapalı çözümü kullanılarak deneme yanılma ile tahmin edilen ve taban debinin hesaplanmasında kullanılan a katsayısı değerini 0.4 olarak almış e tüm çalışma boyunca ötelenme süresini 15 dakika olarak göz önüne almıştır. Çalışmada anahtar eğrisinin, kanal kesitinin daraldığı yerlerde tanımlanan giriş hidrografının yerini aldığı zaman, ilgili çoklu doğrusal modelin, Saint Venant çözümlerine çok yakın sonuçları tekrar ortaya koyduğunu, metodun kullanımı sonucu giriş hidrografını doğrusal alt modellerin uygulanışında bölgelere ayırmakta kullanılan akış oranlarının belirlenmesinde öznelliğin göz ardı edileceğini, ele alınan kanal boyunca tek bir ötelenme için kanal pürüzlülüğünün azalması, yatak eğiminin artmasıyla n_d parametresinin değişim ve şiddetinin artacağını, kanaldaki anahtar eğrisi verilen giriş hidrografına göre daha geniş bir döngü ile karakterize edildiğinde geniş bir oran gerektiğini, çıkış hidrografi verilen model tarafından giriş hidrografi

zaman değişimli birim hidrografa dönüştürülerek elde edildiğinden kütlenin korunumu prensibinin bozulmayacağını göstermiştir.

Ponce (1994), değişken parametrelili Muskingum Cunge Modelini yeniden değerlendirmiştir. Modelin doğrusal ve doğrusal olmayan biçimlerine ait özellikleri vermiş, doğrusal moda hesaplamaların başında ötelenme parametrelerinin hesabında ortalama akım değerlerini kullanmış ve bunları hesaplama zamanı boyunca sabit tutmuştur. Doğrusal olmayan modda ise bölgesel akım değerlerinin bir ilişki gibi ötelenme parametrelerini her hesaplama adımı için yeniden hesaplamıştır. İlk defa uygulanan değiştirilmiş üç noktali direkt ve dört noktali iterasyonlu değişken parametreler metodu ile yapılan sayısal deneylerle pik debiler geniş bir aralıkta denendiğinde kütle kaybının küçük fakat anlaşılabilir olduğunu belirlemiş, uygulamada, değişken parametre metodu ile test edilen küçük bir kütle kaybının çok fazla dezavantaj oluşturmadığını belirlemiştir. Muskingum Cunge modelinin hidrolojik verilerinin (akarsu akım verilerinin) olmadığı, hidrolik verilerinin (enine kesit alanı, kanal eğimi v.s.) daha kolay belirlendiği durumlarda klasik Muskingum modelinin, büyük veri gereksinimleri olan daha karmaşık dinamik dalga modelinin de bir alternatifi olduğunu ortaya koymuştur.

Ponce ve Huston (1994), taşkın dalgalarına ait konveksiyon-difüzyon ve dağılımın boyutsuz kısmi diferansiyel denkleminde ait katsayılar üzerinde çalışarak konveksiyon difüzyon dağılım denkleminde yeni bir bakış açısı kazandırmışlardır. Çalışmada mevcut denklem sistemine ulaşılması için Hayami, Dooge, Ponce ve Ferrick tarafından yapılan çalışmaların teorik özelliklerine yer vererek, literatürden elde edilen c , konvektif dalga yayılım hızı veya taşkın dalga hızı, hidrolik geniş kanallarda Chezy sürtünmesi için D difüzyon katsayısı veya hidrolik difüzivite, F Froude katsayısı ve η dispersiyon katsayısı veya hidrolik dağılıma ait formülasyon ile Ponce tarafında Froude ve Verdernikov sayılarına bağlı olarak değiştirilmiş değerlere ait formülasyonu vermişler, konveksiyon-difüzyon-dağılım denkleminin boyutsuzluğunu ortaya koymuşlardır. Froude sayısının, esas hızın rölatif dinamik denkleminde bir oranı, Verdernikov sayısının ise rölatif Kinematik dalga yayılım hızının, rölatif dinamik dalga yayılım hızına bir oranı olduğunu göstermişlerdir. Hem difüzyon hem de yayılımın büyük olduğu kısımlarda taşkın yayılım problemlerinin

analizinde üçüncü dereceden konvektif difüzyon dağılım denklemini kullanmışlar, sonuç olarak; taşkın dalgalarının konvektif difüzyon dağılımının kısmi diferansiyel denkleminin katsayılarının sadece Verdernikov ve Froude sayılarının bir ilişkisi olduğunu göstermişlerdir.

Bajracharya ve Barry (1995), doğrusal olmayan dengeli bir Freundlich izoterme bağlı olan bir boyutlu eriyik geçişi için sayısal çözümleri, Muskingum-Cunge Yaklaşımı ile hızlı ve doğru bir biçimde çözülebileceğini göstermek amacıyla, doğrusal olmayan kimyasal madde taşınım problemi genel sonlu fark şemasından başlayarak irdelemişlerdir. Freundlich izoterminin seçilmesinin amacının, toprağa olan kimyasal tutunmayı açıklayan bir model bakımından geniş bir kullanıma sahip olduğunu belirtmişler, Muskingum Cunge modelinde sonucun zayıf olduğu ve hiçbir zaman doğru sonuç vermeyen mesafe ve zaman adım ölçülerinin birleşimi ile oluşan belirsiz bir sayının varlığını göz önünde bulundurarak, aynı yaklaşımı, doğrusal olmayan reaktif eriyik geçişi problemini çözmek için uyarlamışlardır. Optimize edilmiş bir Muskingum Cunge şemasını önererek test etmişler ve Crank-Nicolson gibi var olan standart sayısal bir çözümle karşılaştırdıklarında basit ve etkili bulmuşlardır. Optimize edilen prensipleri gecikme kolonu ve sayısal işlemlerden doğan yuvarlanma hatasının minimizasyonu olarak belirlemişler, verilen şartların doğru çözümlerinin ispatı için sayısal örneklere yer ermişlerdir. Çıkarılan şartların topraktaki reaktif kimyasal geçişinin Freundlich tipinin yumuşak doğrusal olmayan etkileri olduğunu, uygulamada toprak profilin uzunluğunun mesafe adımlarının integral sayısına benzemediğini sonuç olarak ortaya koymuşlardır.

Barry ve Bajracharya (1995), 1930'da Ohio'da Muskingum akarsuyunun havzasında taşkın kontrolü için geliştirilen, iki parametre içeren, giriş ve çıkış arasında doğrusal bir ilişki şeklinde ifade edilen, depolamanın diferansiyel denklemine dayanan Muskingum modeli ve bu modelin parametrelerinin hesaplanış yönteminin zaman alması ile tahmin yeteneğinden yoksun olmasından ötürü Cunge tarafından değiştirilip Muskingum Cunge Modeli adını alan model detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışmada Dinamik Dalga modelleri, Difüzyon Dalga modelleri, Kinematik Dalga Modelleri ile bunlara ait formülasyonu vererek sonlu fark çözümünü yapmışlar, uygunluk analiziyle birlikte sayısal çözümleri grafiksel olarak

ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmanın esas amacı açık şartlar sunulduğunda Muskingum Cunge yaklaşımını takip eden Difüzyon Dalga denkleminin her zaman doğru sonuçlar verip vermediğini göstermektir. Hidrolik ötelenme şemalarında genişçe kullanılan yuvarlanma hataları Courant sayısının $C=1/2$ olduğunu böylece bu şartların hem mesafe hem de zaman adımlarını sabitlediği sonucuna ulaşmışlardır.

Kshirsagar vd. (1995), Hindistan'daki Godavari akarsu kesitinde kontrolsüz yanal akışlar için Muskingum taşkın ötelenme modelini, yağış-akış etki-tepki (impuls-response) ilişki modeli ile birleştirerek, 1 veya 2 memba noktasında verilen akış hidrografından akarsu mansabındaki bir nokta akış hidrografını ve kontrolsüz havza için yağış hiyetografını belirlemişlerdir. Modelin verilerini geçmiş verilerden belirlemek için sınırlandırılmış doğrusal olamayan (ardışık ikinci dereceden) program algoritması kullanılmıştır. Çalışmada K sönümlenme katsayısı ve x , kontrolsüz havzalar da akım hızının etki parametreleri için ilk değerler gözlenmiş debi hidrograflarına, diğer parametreler ise geçmiş deneylere dayandırılmıştır. Durum 1: yanal akışsız yapay veri belirlenmesi, durum 2: yanal akışlı yapay veri belirlenmesi, durum 3: yanal akışlı gerçek veri belirlenmesi şeklinde 3.durum için taşkın hidrograflarını, K, x ve diğer katsayıları belirlemişler, sonuçları grafiksel olarak vermişlerdir. 1. ve 2. durumda belirli kabullere dayalı çalışmışlar, 3. durumda ise Hindistan'ın büyük akarsularından biri olan Godavari de Haziran-Ekim ayları arasında yapılan gözlemleri kullanmışlardır. 93 km uzunluğundaki kesitin memba ve mansabı arasındaki havza genişliği 3035 km olarak verilmiştir. Havzadaki toplam günlük yağışı yerleşik kontrollü 7 istasyondan 24 saatte, 1 saatlik olarak toplanan verilerle Thiessen Poligon Metodu kullanılarak belirlemişler, bu verileri kullanarak kontrolsüz havza için toplam saatlik yağış dağılımını elde ederek diğer katsayıları tespit etmişlerdir. Bu üç çalışmadan tahmin edilen kontrolsüz yanal akışlarla birlikte ötelenen ve gözlenmiş hidrografları elde etmişler, ötelenen ve gözlenen çıkış hidrografları arasında kabul edilebilir bir uyumu belirlemişlerdir.

Nguyen ve Kawano (1995), döngüsüz açık kanal ağlarındaki Dinamik Dalga Taşkın Ötelenmesinin eş zamanlı çözümleri için bir "çift tarama" algoritması sunmuşlardır. Vietnam su kaynakları planlaması ve yönetimi ulusal enstitüsünden elde edilen Kuzey Vietnam'daki en büyük sistem olan Red River sistemine ait verileri

kullanarak yürüttükleri çalışmada birleştirilmemiş denklemin geleneksel çözümünde ihtiyaç duyulan aşırı miktardaki bilgisayar belleği kapasitesinin ortaya çıkardığı zorluğu her tip kanal kesiti için yazılmış tekrarlamalı denklem kümeleri kullanarak yok etmişler, n girdili sistemin toplam düğümleri olmak şartıyla katsayılar matrisinin boyutunu $2n \times 2n$ 'den $2n \times 4$ 'e düşürmüşlerdir. Bu sayede uygulama süresini büyük ölçüde kısaltmışlardır. Uzaysal koordinat yönünün seçimindeki esneklikle birlikte, tüm kanal kavşaklarının aynı şekilde davranabildiğini ve tüm döngüsüz kanal şebekelerinin doğrusal çok kollu şebekelermiş gibi düşünülebileceğini ortaya koymuşlar, modelin herhangi bir kanal koluna yerleşmiş tek döngüyü içeren şebekeler için, üstteki ve alttaki matrislerin katsayılar matrisinden bozulmasının genelleşmeyi daha kolay kıldığından, basit bir algoritmanın gelişimini de olası hale getireceğini belirlemişlerdir. Çalışmada sunulan formülasyonun sadece maksimum dört kollu kavşakları ihtiva eden döngüsüz kanal şebekelerine uygulanabileceği, dörtten fazla kolun birleştiği şebekeler için formülasyonun değiştirilmesi gerektiği sonuç olarak belirtilmiştir.

Rashid ve Chaudry (1995), taşkın yatağı ile birlikte kanlarda kararsız akımlar üzerine deneysel verilerin laboratuvar deneyleri ile elde edilmesini sunmuşlardır. Kanalın membasındaki taşkın akımı, besleme borusuna yerleştirilen, elektrikle çalışan bir kelebek valf ile elde etmişler, su seviyesi değişimlerini dokuz istasyonda kapasitans milleri ve bir hesap verisi elde etme sistemi kullanarak kaydetmişlerdir. Testleri, çeşitli başlangıç şartları, değişik süre ve taşkın dalgalarının çeşitli pikleri için uygulanmışlar, sayısal modellemede kullanılacak iki test için tüm verileri sunmuşlardır. Taşkın akımını benzeştirmek için, Saint Venant denklemini Preissmann'ın dört noktalı kapalı sonlu fark şeması kullanarak çözen bir boyutlu sayısal bir model geliştirmişler, kanal enine kesit alan yaklaşımı için iki metodun uygunluğunu araştırmışlardır: I. Metot taşkın yatağının sadece depo gibi davranması ve momentum transferine katkıda bulunması, II. metot ise başlangıç kanal kesitinin momentum akışına katkıda bulunması. I. yaklaşımın akımın pik derinliğini deneysel pikten %3.6'lık bir sapma ile benzeştirdiğini, II. yaklaşım kullanıldığında bu değer %7.5 olduğunu, doğal bir kanalda giriş verilerini etkileyen belirsizliklerle karşılaştırıldığında bu iki yaklaşım arasındaki sonuç farkının öneminin olmadığını, ancak I.yaklaşımın modellemede zaman ve paradan tasarruf sağladığını sonuç olarak

belirlemiştirlerdir. I.yaklaşımı, ana kanalla taşkın yatağı derinlik ve genişlik oranlarının aynı olduğu istasyonlarda maksimum derinliği belirlemede tavsiye etmişlerdir.

Moussa ve Bocquillon (1996a), Difüzyon Dalga Denkleminin değiştirilmiş bir formunu, geliştirilmiş ve karmaşık bir akarsu ağında taşkın ötelenmesine daha iyi uyum sağlayabilen yeni bir çözüm algoritmasını önermişlerdir. Yeni metodun doğruluğunu sayısal deneyler yaparak, geleneksel sayısal şemalarla karşılaştırmışlar ve daha sonra Gerolon d'Anduze havzası üzerindeki taşkın öteleme modellenmesi için test etmişlerdir. Denklemin iki parametresi olan dalga yayılım hızı ve difüzyon hızının, debinin fonksiyonları olarak alınabildiğini ve çözüm algoritmasının yanıl akımın yerel ve zamana bağlı herhangi bir dağılımın kullanılmasına olanak sağladığını ortaya koymuşlar, memba sınır şartlarından oluşan giriş sinyalinin neden olduğu stabilitesizliğe dikkat çekmişlerdir. Parabolik Difüzyon Dalga Denkleminin çözümünde Crank-Nicholson sonlu fark yaklaşımının kullanılmışlardır. Sayısal metotların değerlendirilmesinde üç hata kriteri-maksimum debi, zamanda maksimum pozisyon v giriş sinyali tarafından oluşturulan stabilitesizlik-seçmişler, her üç algoritmada da testlerden olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Sonuçlar aynı zamanda x aksı yönündeki durumun rotasyonla değiştirilmesi halinde yeni algoritmaların etkisinin önemli ölçüde gelişebildiğini ortaya koymuştur.

Moussa ve Bocquillon (1996b), akarsularda oluşan dalgaların ifade edilmesinde Saint Venant denklemlerinin kullanılması, genel olarak taşkın ötelenmesinde Saint Venant sisteminin sonlu fark algoritması kullanarak çözüm yapan difüzyon dalga denklemini kısalttığı, sayısal bir metotta kullanılacak mesafe ve zaman aralıklarının seçimi esas olarak taşkın hidrografının biçimi ve akarsuyun hidrolik özelliklerine bağlı olduğunu göz önüne alarak bu alanlar üzerinde çalışmışlar ve iki kriter önermişlerdir. Birini kriter, ilk analizin sürtünme ve ivme terimleri arasında dengelenen akarsu dalga davranışı kavramına dayandığı, difüzyon dalga modelinde olduğu gibi, her dalga biçimini temsil eden parametre oranlarını bulup ardından sayısal algoritma seçimi için uygun mesafe, zaman adımlarıyla kriteri belirlemek şeklinde ifade edilmiştir. Taşkın dalgasının zamana bağlı karakteristiklerinin şiddeti ile ilgili sonuçları, kararlı üniform akımlardaki Froude sayısının ve hareketin kararsız ögesinin boyutsuz bir dalga sayısı olarak ifade etmişlerdir. İkinci kriteri ise, olayın

difüzyon dalga problemi ve kararsızlığı ile ilgili olan parçasının incelenmesi olarak ifade etmişler, sayısal algoritma seçiminde kullanıcılara rehber olabilecek ve sayısal metotlarla ortaya çıkan hataları belirleyen bir teknik önermişlerdir. Önerdikleri bu tekniği Fransa'daki Loire akarsuyundaki verileri kullanarak taşkın ötelenme kullanmışlardır. Bununla birlikte iki sonlu fark algoritmasını, verilen analitik metot sonuçları ile kıyaslanmıştır. Önerilen tekniğin üç hata kriteri ile iki algoritmaya (cnx ve cnt)'ye uygulanabilirliği ayrıca aynı metodun bir dizi parametreyle diğer algoritmalarla da kullanılabilirliği sonuç olarak söylenmiştir.

Ponce vd. (1996), uzun yıllardan beri taşkın modellenmesinde e tahmininde başarıyla uygulanan Muskingum Cunge Modelinde ve Cunge tarafından çıkarılan ve aralık fonksiyonun Taylor serisi açılımıyla elde edilen yaklaşım hatasına dayanarak Muskingum Cunge Modelini analitik olarak türemiş dalga yayılım hızı ile pik sönümlemeyi, bu modelin gerçek sayısal uygulamaları kullanarak elde ettikleri değerlerle karşılaştırarak test etmişlerdir. Analitik ve sayısal sonuçların uyuşmasının, model uygulamada gerçek taşkınların ötelenmesinde kullanıldığında, potansiyel doğruluğun bir göstergesi olduğunu ortaya koymuşlardır. Ponce ve Yevjevich, Muskingum Cunge modelinin boyutsuz Courant ve Hücrese Reynolds Sayısını ifade ederek geliştirmişlerdir. Burada Courant sayısı fiziksel ve sayısal dalga hızlarının bir oranını, Hücrese Reynolds sayısı da fiziksel ve sayısal dağılma gücünün bir oranını ifade etmiştir. Muskingum ötelenme parametrelerinin ardından C_1 , C_2 , C_3 ötelenme katsayılarını da Courant ve hücrese Reynolds sayılarına bağlı olarak tanımlamışlardır. Ponce tarafında verilen kullanım ve limitler dâhilinde Ponce ve Simons'ın bir seri sinüsoidal hidrograf için çıkış piki ile ulaşım zamanının analitik hesabının sonuçları ile Muskingum Cunge sayısal çözümü kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, bunun temelinde Muskingum Cunge ötelenmesinin taşkın dalga yayılımını doğru benzeştirdiği sonucuna varmışlardır. 12 testte uygulamada rastlanabilecek şartları geniş bir biçimde kapsamış, sayısal çıkış pikinin analitik çıkış pikine oranı 0.991 ile 1.003 arasında değişmiş, sayısal geçiş zamanı ile analitik geçiş zamanının oranının da 0.987 ile 1.021 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Bajracharya ve Barry (1997), çalışmada doğrusallaştırılmış difüzyon ötelenme problemi için doğruluk kriterlerini belirlemeye çalışmışlardır. Kinematik dalga

denklemini çözümede kullanılan genel sonlu fark şemasının yuvarlanma hatasından başlamak üzere doğrusallaştırılmış difüzyon denkleminin türetildiği 2., 3. ve 4. dereceden doğru sonuçları elde etmek için Wye nehrinin verileri kullanılmıştır. 2.ve 3. dereceden çözümlerin bağımsızca seçilen mesafe adımlarıyla mümkün olduğu, 2. dereceden doğru şemanın en iyi çözümlerine ulaşmak için yuvarlama hata kriteri gecikme kavramından oluşan bir durumla birleştirilerek, bu birleşmenin 3. ve 4. dereceden doğru şemaninkine benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Çalışmanın esas amacının doğrusallaştırılmış difüzyon dalga denklemi için genel açık sonlu fark şemasından başlayarak en uygun çözümleri elde etmek olması sebebiyle Cunge ve Ponce tarafından ifade edilen yuvarlama hatası terimleri, Taylor serisi açılımından sonuçlanan zamana bağlı ve sabit türevleri yok etmek için Kinematik Dalga denklemi tekrarlandığı zaman kanıtlamıştır. Çeşitli çözümlerin verimliliklerini gerçekçi sürekli sınır şartlarına dayanan örnekler kullanılarak bir Crank Nicolson çözümü ve doğrusal difüzyon denklemi ile karşılaştırılarak çalışmanın sonunda doğruluk kriteri de göz önüne alınarak kullanımı uygun olan ve olmayan formülasyonları vermişlerdir.

Keskin ve Ağırlioğlu (1997), sabit genişliğe sahip dikdörtgen kanallarda taşkın ötelenmesinde kullanılan Saint Venant denklemlerinin çözümü için momentum denkleminin yeni bir formunu geliştirmişlerdir. Yeni formülasyonda momentum denklemini enine kesit alanı ve kanal debisi ile ilişkili iki parametreye sahip kısmi diferansiyel denkleme dönüştürmüşler, modeli açık sonlu fark şeması kullanarak çözmüşler, modelde basit bir kademeli tipine ait sayısal algoritma kullanılmışlardır. Elde ettikleri sonuçları literatürden seçtikleri genel Dinamik Model çözümleriyle karşılaştırmışlar, bunun sonucunda kullanılan Dinamik Modelle ait sonuçların diğer genel Dinamik Model sonuçlarıyla iyi uyduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak sadeleştirilmiş modelin formüle edilmesi diğerlerine göre daha basit ve hesaplama süresinin daha kısa olduğunu, modelin Kinematik Modelle karşılaştırılmasından daha düşük pik debi ve zaman elde ettikleri sönümlenme giriş hidrografının, hidrografın geometrik formu ve akımın piki gibi bazı karakteristiklerine dayanırken, Kinematik Model kullanarak elde edilen sönümlenme giriş hidrografının biçimine bağlı olmadığı, bu durumda Kinematik Modelin uygun olmadığı hallerde sadeleştirilmiş Dinamik Modelin kullanımının uygun olacağı gösterilmişlerdir.

Jin ve Fread (1997), doğal nehirlerin bir boyutlu kararsız akım modellenmesi için karakteristiklere dayalı açık bir şema geliştirmişler ve US (NWS)' nin geliştirdiği Fldwav modeli orijinal kapalı dört noktalı şema ile birleştirerek uygulamışlardır. Bununla birlikte; kritik akımların meydana geldiği kontrol noktalarını belirleyerek, giriş ötelenme mesafesini er zaman aralığı için nehir sel alt bölgelerine ayırmayı ve mümkün sel ya da nehir çözüm algoritmalarıyla birlikte uygun iç ve dış sınır şartlarını kullanarak her alt havzayı ayrıca hesaplamayı amaçlayan karışık rejimli bir akım tekniği geliştirmişlerdir. Bu teknikte, doğru sayısal karakteristik iletim yönü, nehir rejimli akımlar bir çift tarama yöntemiyle çözülürken, sel rejimli akımların mansap ilerleme yönünde çözüldüğü bir çözüm yönteminde korumuşlar, kontrol noktalarının ya da kanal eğiminin birden selden nehre (ya da tersi durum) değiştiği noktalar veya hidrolik sıçramanın oluştuğu, Froude sayısının memba ve mansapta büyük değişimler gösterdiği, noktaların tanımlanması ve yerinin belirlenmesinin kolay olduğu durumlarda iyi sonuçlar veren bir teknik kullanmışlardır sonuç olarak sunulan açık-kapalı çok yönlü ötelenmeler için Fldwav modelinin uygulanmasıyla birlikte her iki şema kullanımının da avantajlarını kapsayan bir teknikle; açık şemasının özellikle baraj yıkılmasıyla oluşan dalgalar ve kritik akım rejimleri ile diğer kararsız akımlar gibi bazı durumlarda gelişmiş çok yönlülük ve doğruluk sağladığını göstermişlerdir.

Mohan (1997), Muskingum modelinin doğasında var olan kanal depolanması ile ağırlıklı akım arasında doğrusal bir ilişki varsayımından dolayı modelin akarsu ve kanal taşkın ötelenmelerine uygulanışının zorluklarını ve Muskingum modelinin doğrusal olmayan formları ile birlikte, kalibrasyonda parametre tahmini için etkili bir metodun eksikliğini göz önünde bulundurarak çalışmada iki doğrusal olmayan Muskingum ötelenme modelinin parametre tahmini için genetik algoritmanın nesnel bir yaklaşımını sunmuştur. Bu yaklaşımın verimini seçilmiş bir problemde değişik kriterlere sahip olan literatürdeki diğer metotlarla karşılaştırmıştır. Yaklaşımın uygulanışının sonuçları depolama ağırlıklı akım arasındaki yüksek doğrusal olmayan örnekler ve doğrusal olmayan parametrelerinin tahminde algoritmanın etkili olduğunu belirlemiştir. İlave olarak genetik algoritmanın herhangi bir parametrenin tahminini gerektirmediği, böylelikle özneliğin ve geleneksel tahmin metotlarındaki

hesaplama zamanının göz ardı edilebileceğini söylemiştir. Birçok yönden genetik algoritmanın, 3' nolu model için kullanılan diğer doğrusal olmayan model tekniklerinden daha iyi sonuçlar verdiğini, 4' nolu doğrusal olmayan model tipinde genetik algoritma doğrusal olmayan modellerdeki değerleri geliştirerek sonuçlandığını belirlemiştir. Genetik algoritmadan faydalanılarak bulunan ötelenme model parametrelerinin hassaslık analizi, herhangi bir ötelenme probleminde bir dizi parametrenin küçük bir hata ile bulunduğunu göstermiştir. Seçilen veriler için, genetik algoritma çıkış hidrografının ötelenmesinde kullanılan ve daha iyi tahminlerle sonuçlanan parametreleri mantıklı bir doğrulukla belirlenmekte olduğunu sonuç olarak ifade etmiştir.

Singh vd. (1997), bazı hidrolojik problemlerin çözümleri için gerekli olan taşkın ötelenme teknikleri ve bu tekniklerin en genel biçiminin dinamik taşkın ötelenme tekniği olması, dinamik taşkın ötelenme tekniğinin mansap sınır şartlarından dolayı genellikle döngülü bir anahtar eğrisi olmasına rağmen tek bir anahtar eğrisi varsayımına dayanması ilkelerinin ışığında memba bölgesi için hesaplanan sonuçlarda büyük hatalarla karşılaşılardan tek bir anahtar eğrisinin mümkün olduğu mansap kontrol kesitinin bölge seçimi için bir kriter sunmuşlardır. Önerdikleri kriteri ipotetik hidrografın taşkın havzası ile beraber ve ayrı, bir dört nokta merkezli açık şema kullanarak ötelenmesiyle elde edilen sonuçların esası üzerine geliştirmişlerdir. Yapılan bu çalışma göz önünde tutulan bölgelerde doğru sonuçlara ulaşabilmek için uzatılması gereken kanal uzunluğunun ne olması gerektiğine sair kriterlere bir bakış açısı sağlamıştır. Taşkın havzaları ve kanallarda ana kanalla taşkın havzasındaki pürüzlülük katsayısının aynı olduğu varsayımıyla mansap kontrol bölgesinin etkilerini ortaya koymak için bir dizi hipotetik hidrograf setleri mesafe boyunca öteleyerek karakteristiklerine geniş oranda değişimler gösteren kanallar kullanılarak hesaplamaları yapmışlar ve akarsu mansabında kontrol kesiti için optimum mesafenin belirlenmesi amacıyla yaptıkları analizlerde ise iki denklem geliştirerek, optimum mesafenin hesaplanmasında kanal karakteristiklerinin bilinmesinin gerekliliğini ortaya koymuşlardır.

Birkhead ve James (1998), akarsulardaki çevresel su ihtiyacının belirlenebilmesi için debinin hidrolik şartlarda açıklanabilmesi gerektiğini, araştırılan kısımdaki anahtar

eğrileri temel bir gereksinim olmasına karşılık konvansiyonel metotlar kullanarak derlenmesinin zor ve zaman alıcı olduğunu, akarsu seviyelerinin bir dereye kadar kolayca izlenebildiği ve taşkın ötelenme teknikleriyle aynı akarsu üzerindeki değişik lokasyonlarda izlenen debi ile ilişkilendirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Eş zamanlı, kısa süreli yerel eviye ve uzak debi kayıtlarını doğrusal olmayan Muskingum modelinde kullanarak yerel alandaki tahmin fonksiyonunun parametrelerini uygun şekle getirmişlerdir. Yaklaşımı varsayıma dayalı bir kanaldaki daha titiz bir ötelenmede kullanılan tahmin değerlendirme ilişkisini yeniden düzenleyip dinamik akarsu depolamasını da hesaba katarak Güney Afrika'da Sabie nehri üzerinde izlenen alana uygulamışlar ve doğruluğunu belirlemişlerdir.

Molls ve Molls (1998), Chang tarafından açılanmış yeni bir sayısal tekniği, bir boyutlu ve iki boyutlu Saint Venant denklemlerinin çözümünde kullanmışlardır. Bu yeni teknik, sonlu fark, sonlu kütle, sonlu eleman, spektral metotlar gibi diğer geleneksel metotlardan farklıdır. Chang'ın metodu; mesafe ve zaman aynı adımda işler, böylece mesafe ve zaman birleşmiş, yeni bir anahtar karakteristiği oluşturmuştur. Açık bir metot olan bu metotta, şaşırtmalı bir ağ kullanmışlar, zamanla mesafede akım korunumunu uygulamışlardır. Akış ayrılması, akış sınırlaması ile öz değer hesaplanmasına ya da ilave bir yapay viskoziteye gerek olmadığını, bununla birlikte şemanın sade, uygulamasının kolay ve daha büyük boyutlara genişletilebilir olduğunu belirlemişlerdir. Chang tarafından geliştirilen modelin Saint Venant denklemlerine uygulanmasının etkisini örneklemek için düzgün dikdörtgen bir kanalda idealize edilmiş bir baraj yıkılmasını ve hidroloji sıçrama modellemişlerdir. Green'in teoreminin ilgili denklemlerin integrasyon formuna uygulanması ile geliştirilen yeni şemayı Strang'ın 2D problemini 1D'ye indirgeyen ayrışma metodunu kullanarak bu tür problemleri çözecek şekilde genişletmişlerdir. Tipik olarak bu türdeki metotların sür eksizliklerin yakınında çevrıntiler oluşturduğunu, bunları azaltmak için yapay viskozite kullanıldığını ancak yeni şemanın süreksizliklerde yüksek doğruluklu sonuçlar ürettiğini ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte şaşırtmalı ağ kullanımının bazı şemalardaki adım sınırları için enterpolasyon gereksinimini ortadan kaldırdığını belirlemişlerdir.

Camacho ve Lees (1999), kanal ötelenmesi için iki parametrelili çoklu doğrusal farklı kademeli modelinin uzantısını sunmuşlardır. Uzantılı üç parametrelili modelin doğrusal alt ögesi bir zaman, gecikme parametresi tarafından karakterize edilen farklı kavramsal bir doğrusal kanal elemanı ile farklı bir kademeli şekilde birleşmiştir. Bu adveksiyon, zaman gecikmesinin eklenmesi modeli özellikle tahmin uygulamalarında uygundur. Değişken zamanlı parametrelerin herhangi bir şekil ve sürtünme yasasına sahip üniform bir kanalın genelleşmiş doğrusal etkisini kullanan momentum metodu ile birlikte fiziksel kanal karakteristikleri ile ilgili olduğunu belirlemişler, genişletilmiş modelin faydasını çeşitli hidrolik şartlar ve kanal geometrisi için çoklu doğrusal model sonuçları ile tam Saint Venant denklemlerinin karşılaştırılması suretiyle test etmişlerdir. Sonuçlar, modelin sadeliği bozmadan, genişletilmiş modelin ilave serbestlik derecesi denklemlerle açıklanan taşkın dalga dağılımının daha iyi tahminlerine olanak sağladığını, ilave olarak önerilen matematiksel modelin doğrusal yaklaşımlarının kısa mesafelerde yeterli doğru tahminleri verdiği göstermiştir. Mansap ve memba sınırları içinde açık döngülü anahtar eğrileri tarafından karakterize edilen üniform kanallarda uygun sonuçlar elde etmişler, fakat Manning denkleminde dayanan mansap sınır şartları düşünüldüğünde, bu kısımdaki hidrolik yapıların ya da fiziksel kanalda değişimlerin meydana gelmediği yerlerde veya gelgitlere, yan dereler ve kritik kontrol kısımlarına bağlı durgun su etkilerinin sınırda hidrolik şartları etkilemediği durumlarda geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuç olarak; çoklu doğrusal yaklaşım taşkın dalgasının doğrusal olmayan etkilerini benzeştirmekte etkili olduğunu, taşkın dalgası geçiş oluşumunun önemli bir oranı farklı kanallarda açık zaman gecikmesi ile açıklandığını, integral yaklaşımı ve çoklu doğrusal şemanın sonunda kütle korunumunda herhangi bir eksiklik oluşturmadığını ortaya koymuşlardır.

Jin ve Fread (1999), National Weather Service (NWS)'nin bir boyutlu taşkın ötelenme modeli olan FLDWAV'da Saint Venant denklemlerinden momentum denkleminde, içsel viskoz kayma sürtünmesiyle, içsel tane temas sürtünmesini temsil eden J_i sürtünme terimi ilave ederek çamur ya da katı atıklı akımların da modellenmesini içerecek şekilde bir model geliştirmişlerdir. Sürtünme davranışının sınır türbülans kayma gerilmesine bağlı olduğu ve bu yüzden momentum transfer mekanizmasıyla, enerji dağılımının genel olduğu saf suya ait bir

açık kanal akımı ile karşılaştırıldığında, katı atıklı akımlara ait sürtünme davranışının; 1.kanal sınır pürüzlülüğüne bağlı türbülans kayma gerilmesi, 2. katı-sıvı karışımının viskozitesi ile akma gerilmesi, 3. aynı seviyedeki akışkan karışımının sürtünmeye bağlı ayırıcı gerilmesi, 4. akışkan karışımının içindeki katı parçacıkların elastik olmayan çarpışması gibi bazı kaynaklara bağlı olduğunu bulmuşlar, bu özel sürtünme davranışını modellemek için üç teknik geliştirmişlerdir; 1. çamur akımların modellenmesinde viskoplastik bir teknik, 2.katı atıklı akımların modellenmesi için granüler bir kayma tekniği, 3. katı atıklı veya çamur akımların modellenmesi için birleştirilmiş bir sürtünme katsayısı tekniği, tüm bu teknikler arazi verileri ve deneysel verilerle test edilmiş, sonuçların modeli yansıttığı görülmüştür.

Langevd. (1999), 1400 km²'lik Nahal Zin (İsrail) kurak havzası için dağıtılmış, alana dayalı bir yağış akış modeli geliştirmişlerdir. Kalibre edilmemiş, ölçülmüş verilerle çalışmışlar ve modelde hidrolojik yüzey karakteristiklerine bağlı olarak değişik yersel alanlara ayrılmış bir havzaya uygulanan yağış radar verilerini kullanmışlardır. Her bir tip için, mevcut arazi çalışmalarından elde edilen birinci kayıp ve zamana bağlı infiltrasyon azalması değerleri kullanılarak horton yüzey akış oluşumunu parametrelendirmişlerdir. Model elemanlarından kanala birleşik kısımlara akışın dağılımı, şekil olarak benzer bir havzadan deneysel biçimde belirlenen bir yaklaşık sonuç ilişkisinin uygulanmasıyla zamanlandırılmıştır. Lange, vd.'lerinin kanal ağı içinde kanal boyutları ve pürüzlülüğünü dikkate alarak, akım ötelenmesinde Muskingum-Cunge tekniğinin MVP3C3 metodunu kullandıkları bu çalışmada her bir kanal bölümünde iletim kaybını hesaplamak üzere sabit bir infiltrasyon oranını uygulamışlar, nemliliğin alüvyonal depolamanın en alt noktasına ulaşmasıyla çalışmayı sonuçlandırmışlardır. Sonuç olarak parametrelendirmenin yerel bir akış-ölçüm istasyonundan alınmamasından dolayı modelin ölçüm yapılmamış havzalara uygulanabileceği, genel olarak bu çalışmanın veri tabanı oluşumu üzerinde uygulandığı, akış kaybı az veri kayıtlarıyla kuraklığın yüksek olduğu olaylarda kalibrasyon sorununu ortadan kaldırmaya çalışan bir hidrolojik modele dahil edilebileceği söylenmiştir.

Moramarco vd. (1999), yayılı hidrolojik modellerin em yamaç akışını hem de kanaldaki ilerlemeyi tanımladığını, çok sayıdaki yamaç akışı varlığının bir kanal ağı

boyunca taşkın ötelenme metodunun etkin hesaplanmasını ve yamaç veya yanal akışları hesaba katması gerektiğini dikkate alarak; kanal boyunca üniform yayılmış yanal akışlı doğrusallaştırılmış Saint Venant denklemi için analitik bir çözüm sunmuşlardır. Verdikleri iki ilişkinin toplamı şeklindeki çözümlerden birincisi mambadan giriş akımının tepkisini temsil etmesi, ikinci ilişkisi ise yanal ya da yamaç giriş debisinden gelen katkıyı temsil ettiği şeklinde belirtmişler, ikincisini basit bir kanalda test etmişler ve sonuçları kanallar için detaylı sayısal bir modelle karşılaştırmışlardır. Bunun yanında, ikinci çözümü bir sonlu fark modeli ile test ederek, tahmin edilen pik debi, pik zaman, değişik kanal eğimleri için debi; doğrusallaştırma için taban hız ve Manning pürüzlülük katsayısındaki hataları sunmuşlardır. Yaptıkları karşılaştırma sonucu, analitik çözümün eğimi 0.01'den 0.0001'e değişen kanallar için pik hidrografını yeter derecede yeniden oluşturduğunu, düşük eğimli kanallar için düzgün bir taban debisinin seçimine dikkat edilmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır. Dik eğimli kanallar içinse sonuçlar seçilen taban debisine daha az hassastır. Bu sebepten dolayı, metodun di eğimli kanalların genel olarak bulunduğu hidrolojik havza modellerinde daha gerçekçi olduğunu, sayısal ve analitik çözümler arasında yaptıkları zamanı karşılaştırılmasından, ikincisinin daha verimli hesaplanabildiğini ve yayılımlı yağış-akış modelleri için ideal olduğunu sonuç olarak ortaya koymuşlardır.

Ping ve Xiaofang (1999), çok kollu akarsular için çit tarama metodu kullanarak imajiner bir kanal vasıtasıyla hidrolik bir taşkın ötelenme metodu üzerinde çalışmışlardır. Metodu, hidrolik metotlarla elde edilmesi mümkün olmayan çözümleri olan taşkın ötelenme problemlerini çözen ve kanal akımlarının hareketlerini açıklayan Saint Venant denklemlerine dayandırmışlardır. Çok kollu akarsulardaki taşkın ötelenmesinin akarsu ağlarındakinden daha kolay olması sebebiyle çift tarama metoduna dayanarak, çok kollu akarsudaki taşkın ötelenmesinde çıkan düzensiz matris sonuçlarını çalışmada ayali bir kanal boyu gibi kabul ederek; taşkın hareketi üzerine savak kontrolünün etkisi de bu hayali kanala göre ele almışlardır. Çalışmada geliştirdikleri çok kollu akarsular için taşkın ötelenme metodunu 143 km uzunluğundaki, 6 yan deresi olan Çin'deki Chu nehrine uygulamışlar, yan dere noktalarının etkilerini, hayali kanal boyu ile birlikte test ederek, taşkın ötelenme metodunu daha basit e uygulanabilir bir hale getirmişlerdir.

Modelin, taşkın ötelenme problemlerini ele almada ve taşkın hareketinin savak kontrol problemini işlemede etkili bir yöntem sağladığını, mansap kaynaklarındaki geri dönüş suyu etkilerinin sonuçlarını ele almada mevcut hidrolojik taşkın ötelenme metotlarından daha fazla esnek olduğunu, bu nedenle geliştirilmeye ve uygulamadaki uygulamalarda kullanılmaya daha uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tang vd. (1999a), büyük taşkın ovalarına sahip prizmatik birleşik kanallarda varsayım dayalı birkaç taşkın hidrografi kullanarak taşkın ötelenmesinde değişken parametrelili Muskingum Cunge Modelinin (VPMC) özelliklerini araştırmışlardır. Bu araştırmaya sebep olan en önemli etkenleri; VPMC modelinin değişken ağ çözümlerinde tutarlı sonuçlar vermesi, Difüzyon Dalga Ötelenmesi ile karşılaştırılabilirliği, doğrusal olmayan bir model olup dalga dikliğini benzeştirebilmesi, küçük ancak fark edilebilir kütle kaybı ve uç cidarda oluşan batıklıktan dolayı yetersizliği olarak belirtmişlerdir. VPMC modelinin genel özelliklerini sergilemek üzere birleşik kanallardaki taşkın ötelenmelerine uygulanan bir dizi sayısal deneyler yapmışlar, bu deneylerin sonucunda depolamanın hidrograf yayılımı üzerine önemli etkisi olduğunu gösteren çıkış hidrografının yükselme kolunda düzleşme, yassılaşıma, şeklinde büyük deformasyonlar olduğunu ortaya koymuşlardır. VPMC metodunun iki değişik varyasyonu olan VPMC3 ve VPMC4-1 metotları ile batıklık ve çalkantıları yok etmek için uygun mesafe ve zaman adımlarını seçmede yeni bir durum elde etmişlerdir. D e c ötelenme parametreleri ile birlikte boyuna hidrostatik basınç teriminin etkisini hesaba katan yeni bir model ilk VPMC modelleriyle karşılaştırmışlar, buna göre kütle kaybında bir gelişme sergilediğini göstermiştir. Çalışmada sonuç olarak; sayısal deneylerin çıkış hidrograflarında hem MVP3 modelinin hem de VPMC4-1 modelinin kütle kaybı nedeniyle yetersiz kaldığını, özellikle VPMC4-1 modelinde, batıklık olmadığı zaman ötelenmiş debinin farklı Δx ve Δt değerlerinden etkilenmediğini, her iki giriş hidrograf şekillerinde pik ve pike ulaşma zamanı benzer olmasına rağmen kütle kaybı giriş hidrograflarındaki simetriklikten daha az simetrik olduğunu, giriş pikinin sönümlenmesi genellikle, daha düşük yatak eğimiyle ve taşkın havzasının pürüzlülüğünün artması ile arttığı; dolayısıyla bunun yatak eğimi ile pürüzlü havzanın taşkın dalga difüzyonuna önemli oranda katkıda bulunduğunu, VPMC için

c-O eğrilerinin değişik tahmin metotlarının ötelenmiş sonuçlar üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Tang vd. (1999b), taşkın ötelenmesinde basit değişken parametrelili Muskingum Cunge (VPMC) modelinin hala sıklıkla kullanıldığını, bununla beraber ötelenme parametrelerinin değerlendirilmesinde, uygun taban debisinin seçiminde meydana gelen küçük kütle kayıplarından dolayı ortaya çıkan zorlukları göz önünde bulundurarak değişken parametrelili Muskingum Cunge Modelindeki kütle korunumunu incelemişlerdir. Yaptıkları deneylerde VPMC metodu için genellikle kullanılan şema özelliklerinin detaylarının da inceleyerek özellikle iki yeni şemayı değişik kanal yatak eğimleri ve mesafe adımı ile zaman adımının farklı çözümleri ile beraber bir dizi sayısal deneyler yapmışlardır. Deneylerde 4 noktalı şemanın 3 noktalı şemadan daha uygun sonuçlar verdiğini, özellikle VPMC4-1 biçiminde adlandırılan şemanın en uygun şema olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu şemayı boyuna hidrostatik basınç gradyanının ($\delta h/\delta x$), c,D ötelenme parametreleri üzerine etkilerini hesaplamak amacıyla modifiye etmişlerdir. Sayısal deneylere dayanarak kütle kaybı yüzdesi ile yatak eğimi arasında VPMC4-1 metodunun pratik uygulamalarında kılavuz görevi gören deneysel bir ilişki elde etmişlerdir. Sonuç olarak, VPMC metodu için tüm şemalarda aynı pike ulaşma zamanını, t_p 'yi elde etmişler, $t_p \Delta x/L$ seçiminden etkilenmekle birlikte sınırlı ölçüde de olsa $\Delta t/t_p$ değerinden etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Akım dalgasının difüzyona katkıda bulunan ana faktör olan yatak eğimi azaldıkça pik akımın sönümlenmesinin azaldığını, sabit parametrelili Muskingum Cunge Modelinin yatak eğimi ve Δx , Δt çözümü ne olursa olsun daima hacmi koruduğunu, VPMC metodunun ise yatak eğimine bağlı olarak belli bir miktarda kütle kaybını ortaya çıkardığını belirlemişlerdir.

Yen ve Tsai (2000), çalışmada, taşkın ötelenmesindeki yanlış tanımlamaları belirlemek amacıyla Saint Venant denklemi veya bunun yaklaşımlarının kullanıldığı kanallardaki kararsız akım çözümleri; Kinematik dalga; ivmesizlik dalgası, ağırlık ve yarı kararlı dinamik dalgayı ele almışlar, geçmişte yapılan literatürdeki çalışmalar da yer alan tanımlamaları, formülasyonu sunmuşlardır. Konuyu daha detaylandırmak için dalgaları matematiksel olarak formüle etmişler ve fiziksel olarak açıklamışlardır.

Matematik formülasyonları oluştururken doğrusal dalga, doğrusal olmayan dalga, Kinematik ve ivmesizlik dalgası perspektiflerini kullanmışlar, difüzyon dalgasının dalga yayılım hız ve hidrolik difüzyon hızının sabit olduğu varsayımıyla sığ su dalga yayılımının değişik seviyelerinden matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermişlerdir. Dalgaların hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yönlerini ve ivmesiz dalganın difüzyon dalga modelinin özel durumlarından biri olduğu sonucu ortaya koymuşlardır. Bir başka deyişle ivmesiz dalgayı, ivme terimlerinin basınç gradyanı, yerçekimi ve sürtünme eğimi terimleri ile kıyaslandığında önemsiz olduğu düşünüldüğü dinamik dalga modelinin fiziksel bir sadeleştirilmesi olarak tanımlamışlar, çeşitli dalga yaklaşımları arasındaki farkların, kendi fiziksel mekanizmalarından e dalga yayılım hızı ile hidrolik difüzyon katsayısından yansıyan matematik yapıdan kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Moussa ve Bocquillon (2001), fractional step (kesir adımı) tekniğe dayanarak yanal akışlı difüzyon dalga probleminin çözümünde, difüzyon dalga problemini konveksiyon ve difüzyon için farklı denklemleri kullanarak iki ayrı probleme dönüştüren bir hesap modeli sunmuşlardır. Bu nedenle;

$$\text{Konveksiyon için } (D=0) \delta Q/\delta t = -C(\delta Q/\delta x) + Cq \quad (2.1)$$

Difüzyon için $(c=0) \delta Q/\delta t = D(\delta^2 Q/\delta x^2)$ denklemleri ile çalışmıştır. Bu iki denklem de c ve D parametrelili kısmi diferansiyel denklemlerdir ve başlangıç sınır şartları ile yanal akımın zamana ve yere göre dağılımına bağlıdır. Bu çeşitli kısmi diferansiyel niceliklerle yer değiştirir ve denklemleri çözmede kullanılan şemaya göre türevler diferansiyel niceliklerle yer değiştirir ve denklem diferansiyel denkleme dönüşür. Kesir adım metodunun doğruluğunu analiz etmek için ilk önce networkdeki bir P noktası etrafında Taylor serisi kullanılarak genel difüzyon dalga denkleminin matematiksel özellikleri araştırılmış ardından sayısal çözüme dayalı hataları analiz etmek e metodun stabilitesini belirlemek için sayısal uygulamalar yapılmıştır.

Sonuçlar konveksiyon ve difüzyon için ayrı denklem kullanımının yayılı hidrolojik modelleri iyi yansıttığını, metodun difüzyon dalga denkleminin mesafe e zaman

adımlarında özel şartlarda yanal akımın zamana e yere bağılı dağılımı için özel şartları altında etkili ve doğru sonuç verdiğini göstermiştir.

Ponce ve Lugo (2001), Muskingum Cunge taşkın ötelenme modelinin döngülü eğrilerin alanına doğru genişlemesi ve geleneksel dört noktalı modelin değiştirilip, hidrolik difüzyon ifadesindeki su yüzü eğimi ile Verdernikov sayısında kullanımını dikkate alarak Muskingum Cunge ötelenmesinde döngülü anahtar eğrilerinin modellenmesi üzerinde çalışmışlardır. Geliştirilmiş bu modelin geniş bir orandaki kinematik ya da difüzyon kararsız akım şartları altında döngülü eğrilerin oluşumunda uygun olduğunu, modelin denenmesi için sayısal deneylerin uygulandığını ortaya koymuş, döngü kalınlığı, kütle korunumunun yüzdesini belirlemek üzere çözüm seviyesinin, taşkın dalgası periyodunun, baz akışı ve giriş-çıkış akımlarının pik oranının değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmadaki döngülü eğriler, dinamik dalga modeli kullanılarak hesaplanan eğrilerle karşılaştırılmıştır. Çalışmadaki doğrusal olmayan modelde ötelenme parametreleri her bir adımdaki q ve c 'nin ortalama değerlerine dayanmış, her bir hesap adımındaki kanal eğimi değişmeden kalmıştır. Muskingum Cunge ile oluşturulan döngülü anahtar eğrileri, Saint Venant denklemlerine dayanan dinamik bir dalga modelinden oluşan anahtar eğrileri ile karşılaştırmışlar, her iki modelinde anahtar eğrileri oluşturmada yetenekli olduğunu ve çıkış hidrograflarını doğrulukla karşılaştırabildiğini göstermişlerdir. Çalışmada geliştirdikleri modelin, Muskingum Cunge modelinin geniş uygulanabilirliği ile geniş bir Kinematik/Difüzyon kararsız akım şartları altında döngülü eğrilerin oluşturulmasında başarılı olduğunu sonuç olarak söylemişlerdir.

Szymkiewicz (2001), çalışmada tıpkı doğrusal rezervuarlarda olduğu gibi Muskingum modeli için de alternatif bir anlık birim hidrograf sunmuştur. Bu yaklaşımın iki model tarafından da verilen sonuçların dengesine dayandığını, bu yolla elde edilen anlık birim hidrografın klasik olan modellerle türetilenlerle kıyaslandığında daha iyi özelliklere sahip olduğunu, Muskingum model için olan IUH'nin, difüzyon dalga modeli için olan Anlık Birim Hidrograf (IUH) formunu alabildiğini ortaya koymuştur. Kanalın mansabında herhangi bir negatif debi oluşturmayan taşkın dalgasının bir kanal boyunca geçişini ve sönümlenmesini eş zamanlı olarak yeniden oluşturabilmiştir. Sonuç olarak klasik ani birim

hidrografların mesafe yaklaşımsal olarak Kinematik dalga modelinden türetilmesi nedeniyle genel bir karakteri olmadığı, bu nedenle bu hidrografların sayısal difüzyon mekanizmasına dolaylı olarak dahil edildiğini ortaya koymuştur. Bu gerçeği kullanarak, hidrolojik toplu modelleri direkt olarak süreklilik ve üniform düzgün akım denkleminde çıkarmıştır. Giriş ve çıkış akımlarıyla ilgili ilave bir formülasyonun uygulanması, depolamanın sayısal integrasyonu ile düzgün kararlı akım denkleminin bir uygulanmasının sonucu olarak yorumlanabileceğini göstermiştir. Doğrusal difüzyon dalga için Hayami tarafından önerilmiş IUH'ye dayanan bu modeli, tek bir doğrusal rezervuar, doğrusal rezervuarların kademeli modeli ve Muskingum ile Kinematik modelleri için geçerli olması sebebiyle daha genel bir karaktere sahip olduğunu, bununla birlikte zamanında dalga geçişi ve sönümlenmesi gibi aynı anda çok önemli etkileri sağlayabildiği, önerilen IUH'ın yağış-akış gelişiminin modellenmesinde de bu denklemin kullanılmasının mümkün olduğunu ortaya koymuştur.

Tseng vd. (2001), kanal ötelenmesi hesaplarında sayısal modellerin kullanımının yaygın ancak yetersizliğinden dolayı kritik akımları tahminindeki başarısızlıkları dikkate alarak, çalışmada şok dalgalı açık kanal akımlarında kanal ötelenmesi ile ilgili olarak; hızlı değişken açık kanal akımlarında iki ileri çözüm ve 1 boyutlu benzeşim için şok dalga tutucu şemalar sunmuşlardır. Kararsız kanal akımlarında 1 boyut için, gaz dinamiğindeki Euler denklemlerinin hidrolik benzeri olan Saint Venant denklemleri ile birlikte taban eğimleri ve sürtünme etkisini de dahil etmek için Strang tipi ayırma operatörü kullanmışlardır. Kullanılan şemaların doğrulanmasında hem kararlı hem de kararsız akımlar için analitik çözümlerle mevcut deneysel verileri karşılaştırmışlar, ilave olarak kararlı ötelenme kullanımının risklerini örneklemek amacıyla kararlı bir ötelenme ile dinamik taşkın ötelenmesi arasında da bir karşılaştırma yapmışlardır. Sunulan modellerin, prizmatik ve prizmatik olmayan kanallarda, taşkın ötelenmesinde çok önemli olan taban eğimleri ve sürtünme terimleri ile beraber kanal akımlarını hesaplayabildiği, bu modellerin kullanılmasıyla elde edilen şemanın sonuçlarının güçlü şok dalgaları ve sağlam stabilite sergilediğini bununla beraber taşkın periyodu sırasında kararlı ötelenmenin akarsu planlaması ile hidrolik yapıların güvensiz dizaynı şeklinde sonuçlanabildiğini belirlemişlerdir.

Birkhead ve James (2002), Muskingum modelini, kanal akımı değişken hidrolik kondüktiviteye bağlı olarak geçirimli kıyılarına sahip akarsulardaki kıyı depolanması arasındaki etkileşimi daha açık bir şekilde değerlendirmişlerdir. Muskingum geleneksel modelinin sadece kanal depolamasını hesapladığını, model parametrelerinin tipik olarak, kanal boyunda toplam depolama ile değişimlerin ilişkisi sağlayan, ölçülmüş giriş-çıkış debi hidrograflarının kalibrasyonundan çıkarıldığı göz önünde bulundurarak, daha önce Güney Afrika'daki Sabie akarsuyuna ait seviye hidrograflarına ve nehrin uzak bir bölgesindeki debi hidrograflarına dayanan anahtar eğrisi ilişkisini sentezlediği sırada değiştirmişler, bu çalışmada ise herhangi bir hidrolik kondüktiviteye sahip geçirimli akarsu kıyıları ile beraber akarsulardaki kanal ve kıyı depolanması arasındaki etkileşimi hesaplamak üzere daha da geliştirilmiştir. Kıyı depolamasını açık ve kapalı bir şekilde hesaplamının, ölçülmüş debi hidrograflarından doğrusal olmayan Muskingum ötelenme parametrelerinin tahmini üzerinde etkileri de incelemişlerdir. Genişletilmiş modelleri geçirimli kıyıları olan bir kanalda taşkın ötelenmesi ile kıyaslayarak doğrulamışlardır. Sonuçlar hem depolamanın hem de kalibrasyon parametrelerinin doğru temsilinin geliştirilmiş iki modelde de kıyı depolamasının açıkça hesaplanmasıyla sağlandığını göstermiştir. Giriş ve çıkış debi hidrograflarını kullanılan kıyı depolamasını ihmal eden geleneksel Muskingum modelinin, anahtar eğrisi katsayılarına dair doğru olmayan tahminlerle sonuçlandığını, depo ağırlık faktörü değerini düşürdüğü fakat zaman bağlı toplam depolamayı iyi temsil ettiğini, bundan dolayı ilk modelin anahtar eğrisi katsayılarını değerlendirmede, ikinci modelin ise akarsu kanalları boyunca debinin ötelenmesinde güçlü bir çözüm sağladığını belirlemişlerdir. Sabie nehri için kıyı depolanmasında modellenmiş varyasyonu, akım olay sırasında gözlenmiş değişimlerle de karşılaştırmışlar, bu uygulamanın, kıyı depolamasının, toplam depolamanın %40'ı olduğunu, Sabie nehri boyunca bu depolamanın ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Szél ve Gáspár (2002), Muskingum Cunge Modelinin bir boyutlu kararsız adveksiyon-difüzyon denkleminin uygulanmasını araştırmışlardır. Sayısal difüzyonu yok etmek için şemanın katsayılarını, Courant ve Peclet sayılarından başka ağırlık katsayılarını açıkça içermeyen şema yoluyla tanımlamışlardır. Kinematik dalga denkleminin, sonlu fark metodu ile çözümünde kullanılan Muskingum dalga

modelinde genellikle negatif ağırlık parametreleri de tanımlanır, fakat negatif parametrelerin uygun yaklaşımları verdiği bazı durumlar söz konusudur. Çalışmada şemanın en son formunda ağırlık parametrelerinin bir rolü olmadığı ve bunların yerine sadece Courant ve Peclet sayıları tarafından karakterize edilen şema özelliklerinden arasında basit bir ilişkinin tanımlanması ile sayısal kararsızlığın yok edilebileceğini belirtmişler, güçlü bir stabilite için yeterli durum ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte sayısal yayılım elimine edilmesi ve Muskingum Cunge şemasının zayıf ve güçlü stabiliteleri için yaklaşımlarla birlikte sayısal örneklere yer vermişlerdir. Sonuç olarak ağırlık parametrelerini ayırıp 0-1 arasında tamamlanmasına ihtiyaç duymayan formülasyonu, Peclet ve Courant sayılarından başka ağırlık parametresi içermeyen formülasyonu belirlemişlerdir. Bu durumun ancak adveksiyonun baskın olduğu, daha kesin olarak $pe^2 > 3$ olduğu durumda geçerli olduğunu, adveksiyon hızı pozitif ise şemanın sürekli zayıf hassasiyette bile stabil ortaya koymuşlardır.

Zhang vd. (2002), doğrusal bir ötelenme yapısını içeren ve depolama etkilerinin fiziksel doğruluklu bir dağılımını sağlayan bir akış modeli (LSRM) geliştirmişlerdir. Fiziksel gerçekçi depolama etkileri ile modeli, parametre uyumluluğu ya da kalibrasyon gerektirmeden gözlenmiş geniş taşkınları tutarlı bir biçimde oluşturmayı ve modelin performansını iki klasik model şemasıyla (RORB, WBNM) karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Yağış akış performansını karşılaştırmada geleneksel biçimde uygulanan hata kriterlerini kullanmışlar, mümkün olan kısımlarda bu modelin oluşturduğu PMF'yi de ayrıca kıyaslamışlardır. Önerilen modelin diğer iki modelle şemasına göre yetersi kaldığı durumlarda sonuçları buna özdeşleştirmişler, Kuzeydoğu Avustralya'daki üç havzanın uygulama sonuçlarının temsilini izleyen Çin'de bir havzada yapılan uygulamayı açıklamışlar, ele aldıkları sekiz havzadaki üç modelin geniş bir dizi taşkın olayına uygulanmasının sonuçlarını da kıyaslamışlardır. Önerilen modelin, direkt optimizasyonuna ya da deneme-yanılma parametre uyumluluğuna ihtiyaç duymaksızın gözlenmiş büyük taşkınların yeniden oluşturulabileceğini, bu yeni modelin büyük taşkınların dizaynında kullanılabilceğini belirlemişlerdir. Gözlenen jeomorfolojik gelişimi diğer modellerden daha gerçekçi temsil ettiğinden ve gözlenmiş büyük taşkınları bu çalışmada yer alan en az diğer modeller kadar iyi oluşturduğundan önerilen kütle

yasasını kullanan doğrusal modeli dizayn taşkınının tahmini için tavsiye etmişler, model performanslarının karşılaştırılması var olan taşkınları benzeştirmede LSRM'nin RORB ve WBNM gibi doğrusal olmayan modellerden daha iyi olduğunu gösterse de doğrusal olmayan modellerin aşırı taşkınları ve pik debileri tahmin etme eğilimi gösterdiklerini sonuç olarak ortaya koymuşlardır.

Tsai, C. W., (2005). Hafif eğimli akarsularda kararsız akım ile derece derece değişen akımların, derinlikteki değişimlerine mansaptaki durgun suyun etkisinin olduğunu teoriksel olarak keşfetmişlerdir. St. Venant denklemleri ve diğer öteleme modelleri, taban akışı için doğrusallaştırılmıştır, M1 ve M2 su yüzeyi profilleriyle birlikte kritik altı akımın kararlı ve boyutsal değişimini yönetmişlerdir. Dalga hacminin yükselmesi ya da azalmasıyla ilgili fiziksel mekanizmaların çalışmalarında lineer stabilitenin, akım boyutlarının değişim gösterdiğini kabul etmişlerdir. Dalga sayılarını, tüm aralıklardaki kanal özelliklerine göre ifade etmişlerdir, dalga hızı ve dalga sönümlenme faktörü gibi yayılım karakteristiklerinin analitik tanımlarıyla üniform akım, Froude sayısı tanımlanamayan dalga sayısını, taban akış derinliği ve yatak eğimi olarak tanımlamışlardır. Mansaptaki durgun suyun dalga karakteristiklerine olan etkilerini geniş taşkın öteleme modellerinde konu etmişlerdir.

Tewold, MH., Smithers, JC. (2006). Hidrolik yapıların boyutlandırılması için akarsu yatağı özellikleri ve akım oranlarını bilmek gerekir. Herhangi bir boyutlandırmanın mümkün olmadığı özel bölgelerde, akımın şiddetini tahmin edebilmek için bir çok akarsuda ölçüm istasyonlarından faydalanmışlar, metodolojiye ihtiyaç duymuşlardır. Taşkın öteleme teknikleri, akarsu yatağında taşkın dalgasının dağılımını, suyun yükselme derecesini, akımın hızını tahmin etmek için kullanmışlardır. Modelleri ölçüm istasyonu olmayan akarsular ve bunların eğim, yüzey genişliği, yatak uzunluğu gibi fiziksel parametreleriyle ilişkili karakteristikleri aynı havzada uygulamışlardır. Çalışmalarında yatay akışın olduğu ve olmadığı durumda Muskingum-Cunge metoduyla ölçümler olmadan havzadan türetilmiş değerleri tayin etmişlerdir. KwanZulu – Natal'daki Thukela havzasından çıkan 3 akım, Güney Afrika'da analiz için seçilmiştir, akarsu uzunlukları 4,21 ve 54 km'dir. Akarsu eğimleri dijital olarak modellenmiş modelde, akarsu uzunluklarından belirlemişlerdir. Manning pürüzlülük katsayısı mevcut gözlemlerden tahmin

edilmiştir. Hız, hidrolik yarıçap gibi akım değişkenleri akarsu kesitinden kararlaştırılan ampirik formüllerle seçmişlerdir. Uzun akarsularda yatay akımları St. Venant denklemlerinden bulmuşlardır. Metodun performansını değerlendirebilmek için grafiksel ve istatistiksel olarak elde ettikleri hidrografların karşılaştırılması gerekmektedir. Çalışmalarının sonucunda, taşkın hidrograflarının Muskingum-Cunge metoduyla elde edilebildiğini, ampirik ilişkiler yada farazi akarsu kesitlerini kullanarak tahmin edilen verileri kullanarak çıkış hidrograflarını hacme bağlı olarak hesaplandığını görmüşlerdir. Bu çalışmada Thukela havzasındaki türetilmiş verilerden ölçüm imkanı olmayan havzalarda uygulanabileceğini göstermişler ve bu metot Güney Afrika'da ölçüm olmadan taşkın öteleme yapmaya elverişli olduğuna karar vermişlerdir.

Al-Humoud, J., Esen, İ., (2006). Taşkın öteleme metotlarından biri olan Muskingum metodunda a ve K katsayılarını belirlemek için çeşitli teknikleri incelemişlerdir. Tek ana sorun, aynı akarsu üzerinde meydana gelebilecek akımların olması ve bu durumun parametrelerin neden olmasıdır. İstatistiksel analizlerle bu parametrelerin büyük değişimler gösterebildiğini göstermişlerdir. Hesaplarda kesin sonuçlar isteniyorsa, sonuçları elde ederken a ve K katsayıları için doğruluk derecesi önemli olmayabilir. Bu katsayıların kolayca nasıl tahmin ettiklerini iki metotla anlatmışlardır. İlk metot, giren ve çıkan hidrograflarının kesiştiği noktalardaki eğiminin hesabını ve maksimum depolama kapasitesinin bulunması esasına dayalı olduğunu belirtmişlerdir. İkinci metot giriş ve çıkış hidrograflarının iki özel noktadan hesaplanmasını içerir. 3 adımlı çalışmalarda, hidrografların lineer karakteristiklerinden türetilen geleneksel tahmin prosedürüyle kıyaslanabilir hale getirildiğini göstermişlerdir.

Choudhury, P., (2007). Muskingum modelini, taşkın öteleme şartlarının iki boyutlu basit kanallarda yatay akış olmadan kabul etmişlerdir. Muskingum modeli, sınırlı bir zaman aralığı ve mevcut akıma bağlı olarak mansaptaki akımı kararlaştırabilmek için tahmini bir form oluşturmuştur. Farklı havzalardan çıkıp mansapta birleşen giriş akımlarını, tek bir çıkış akımı olarak kombine edebilmek için uyguladığı Muskingum şartı, giren akımlara denk tek bir giriş akımı seçilerek ideal bir Muskingum modeli oluşturmuştur. Çalışmasında Muskingum modeliyle birden fazla giriş akımının

hesaplanmasını anlatmaktadır; ayrıca bu model parametreleri olmayan akarsularda kullanılabilir olduğunu söylemiştir. Bu yeni model, Muskingum yaklaşımında birden fazla giriş ve çıkış akımını uygun bir şekilde tek bir giriş ve tek bir çıkış akımı olarak tanımlayabilir; bir Muskingum-Cunge modeliyle çok akımlı bir tahmini modelle benzer bir şekilde tanımlama yapmıştır. Birden fazla giren akım olması durumunda tek çıkış akımlı tahmini modellerde hesaplar daha basittir ve sınırlı zamanda mansaptaki çıkış akımının önceden tahmini böylece mümkün kılmıştır ve aynı zamana rastlayan akım değerleri ölçüm istasyonunda gözlemlenmiştir. Bu modelin sonuçlarını ve performansını kinematik dalga modeliyle karşılaştırmıştır. Hindistan'daki Normada Havzası'ndaki taşkınlarla bu modeli uygulamış ve sonuçlarda başarıya ulaşmıştır.

H.R. Moradi, M. Vafakhah, A. A. Baviel, (2007). Kanal, baraj veya drenaj yapılarında bir ya da birden çok noktada taşkın dalgasının hızı, büyüklüğündeki değişim ve taşkın dalgasının cinsi taşkın ötelemesini tanımlayan matematiksel bir süreç olduğunu göz önünde bulundurmışlardır. Hidrolik ve hidrolojik metotları taşkın ötelemesinin çözümünde kullanmışlardır. Hidrolojik metotların çözüm adımlarında, hidrolik metotlara göre daha basit olduğunu fakat hidrolik metotların daha iyi sonuçlar verdiğini bu metotları taşkın kontrolü ve tasarımında kullanarak karar vermişlerdir. Çalışmalarını Azerbaycan'a 12 km uzaklıktaki Lighvan akarsuyunda, Lighvan ve Hervy hidrometrik istasyonları arasında yapmışlardır. Akımın dönüş periyodunu mabadaki istasyondan elde ettikleri verileri kullanarak bulmuşlardır (2, 10, 20, 50 ve 100 yıl). Daha sonra her bir dönüş periyodu Muskingum ve Muskingum-Cunge modelleriyle çalışmışlardır. Sonuçlar iki metodun sonuçları Hervy istasyonundan dönüş periyoduna bağlı olarak önemli bir fark olduğunu göstermiştir. Bu farkın birçok nedeni vardır, örneğin dağlık bölgede olan bu alan iki istasyon arasındaki su akımını etkilemektedir.

3. CEYHAN HAVZASI ÜZERİNDE TAŞKIN ÖTELEMESİ VE ÇÖZÜMLERİ

3.1 Akarsularda Taşkın Dalgaları ve Çözümleri

3.1.1 Serbest yüzeyli kararsız akım

3.1.1.1 Giriş

Bir noktadaki akım hızı zamanla değişiyorsa akımlara kararsız akım denir. Bu akımın doğal veya insan yapımı kanallarda su seviyesindeki değişiklikler ile giriş ve çıkış akımları arasındaki oranın değişmesi ile oluşabilir. Kararsız akımlara taşkın, hidroelektrik santrallerdeki kabarma, nehir ağzındaki gelgit, sulama kanallarındaki kararsız akım örnek olarak gösterilebilir. Açık kanal akımlarının en önemli özelliği serbest yüzeyin şekil değiştirebilme yeteneğidir. Bu nedenle bir açık kanal akımında yaratılan herhangi bir rahatsızlık serbest yüzeyin kolaylıkla değişmesine neden olur. Serbest yüzeyde meydana gelen bu oluşumu karakterize eden “dalga”; akım derinliğinin veya debisinin veya debisinin konuma ve zamana bağlı değişimi olarak tanımlanır (Yüksel, 2000).

Dalgalar, su derinliğinin dalga boyuna olan oranına göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre;

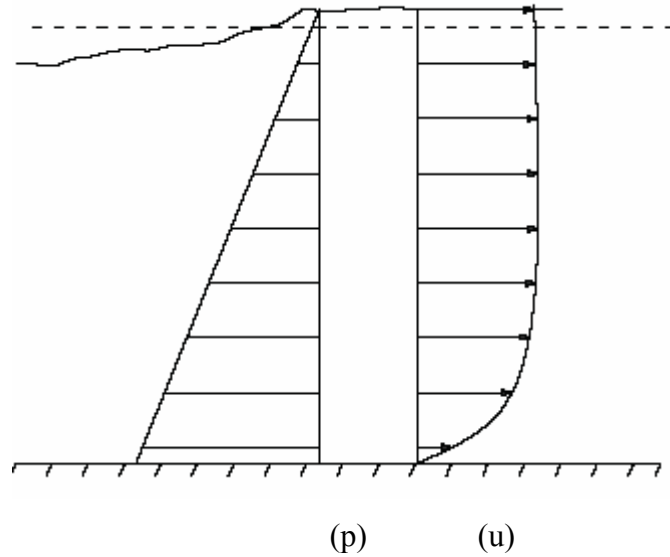
$L > 20 d$ ise uzun dalga

$L < 20 d$ ise kısa dalga ‘dır.

Bu çalışmada uzun dalgalar üzerinde durulacaktır. Bu dalgalara örnek verecek olursak; akarsularda taşkın dalgaları, denizler ve okyanuslardaki gel-git dalgaları, kabarma veya tsunami gibi ötelenme dalgaları ile liman içlerinde çalkantı yaratan duran dalgalar verilebilir. Kararlı akımlarda olduğu gibi, derinlikteki değişim oranın

bağlı olarak kararsız akımlar da tedrici değişen (taşkın dalgası) ve ani değişen (kabarma dalgası) olarak ikiye ayrılır. Bu sınıflandırma hareket denklemindeki farklı terimlerin birbirlerine göre rölatif olarak, önemine bağlı olarak yapılmaktadır. Düşeydeki momentum dengesi esas alındığında temel ayırım düşey ivmenin ihmal edilebilecek mertebede olup olmamasıdır.

Tedrici değişken akımlarda hızdaki değişim miktarı mesafeye bağlı olarak çok küçüktür. Diğer bir değişle düşey planda akım çizgilerinin eğrilik yarıçapları su derinliği ile karşılaştırıldığında çok büyüktür. Bu düşey ivmenin etkin olmadığını gösterir ve basınç dağılımının hidrostatik basınç dağılımına yaklaşık olarak uyduğu kabul edilir. Böylece düşey eksen boyunca dalgadan dolayı meydana gelen dinamik basınç üniform alınabilir. Ayrıca düşeydeki hız dağılımı da yeterince üniformdur (Şekil 3.1) Ani değişen akımlarda bu durumun tam tersi söz konusudur, akım derinliğinde süreksizlikler meydana gelebilir. Bu süreksizlikler şok veya bore akışlarına yol açabilir (Yüksel,2000).



Şekil 3.1 Basınç ve hız dağılımı (Yüksel,2000)

Dalga yayılma hızı c ile gösterilir. Bir boyutlu akımlarda mutlak dalga hızı, V_w aşağıdaki gibi gösterilmiştir;

$$V_w = V \pm c \quad (3.1)$$

Burada V , akım hızıdır. Akım yönü mansaba doğru pozitif kabul edilirse; dalga akım yönündeyken artı işareti, dalga akıma ters yöndeyken eksi işareti kullanılır. Birbirini takip eden iki tepe arasında mesafe olan dalga boyu, akım derinliğinin yirmi katından fazla olursa $L > 20d$, sığ su dalgası yirmi katından az olursa $L < 20d$, derin su dalgası olarak adlandırılır. Dalga boyu ile akım derinliği arasındaki oran dalganın tipini belirler. Yani sığ sudaki bir dalgacık derin su dalgası olabilir ya da okyanustaki gelgit dalgası sığ su dalgasına dönüşebilir. Bu dalga türleri arasındaki ayırım çok önemlidir, çünkü her iki dalganın da ayrı karakteristik özellikleri vardır ve bu özelliklere göre ifadeler belirlenir. Akarsularda oluşan dalgalar genellikle sığ su dalgasıdır, ancak denizlerde gerek sığ su gerekse derin su dalgası meydana gelir. Denizlerde oluşan rüzgâr dalgaları ise kısa dalga tipindedir, bu dalgalar periyodik karakterde olup ilerleyen dalgalar grubundadır.

3.1.1.2 Temel denklemler

Serbest yüzeyle kararsız akım, süreklilik ve hareket denklemleri ile tanımlanır. Bu denklemlerin yazılmasında aşağıdaki kabuller göz önüne alınır;

Akım yüzeyinde fazla değişim gözlenmiyorsa basınç dağılımı hidrostatiktir.

Kanal taban eğimi çok küçük olduğunda ölçülen akım derinliği kanal tabanının normaline eşit olup, $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$ 'dır. Burada θ , kanal tabanı ile yatay düzlem arasındaki açı olarak kabul edilir.

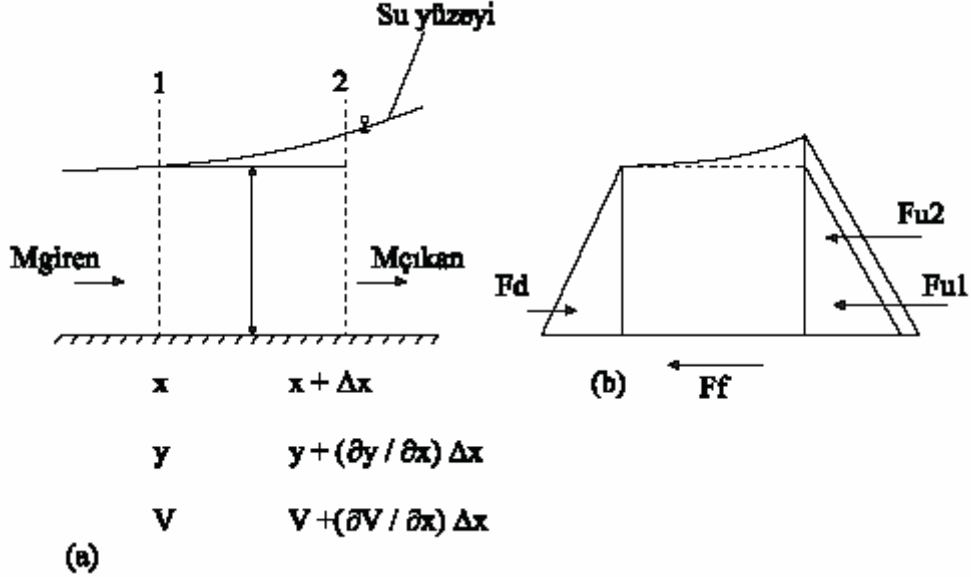
Kanal enkesitindeki hız dağılımı üniformdur.

Taban eğimi ile enkesit akış yolu boyunca değişmediği için kanal prizmatiktir.

Kararsız akımdaki sürtünme kayıpları, kararlı akımdaki ampirik ifadeler kullanılarak hesaplanır.

Şekil 3.2 'de görülen x ve $x + \Delta x$ mesafesindeki enine kesitleri incelersek. Mansaba olan akım yönünü pozitif alıp, akım derinliğini dik olarak ölçersek. x noktasındaki

akım derinliğine y , akım hızına V dersek; $x + \Delta x$ mesafesindeki değerleri $y + (\partial y / \partial x) \Delta x$, hız $V + (\partial V / \partial x) \Delta x$



Şekil 3.2 Şematik Tanım (Roberson vd., 1995)

3.1.1.3 Süreklilik denklemi

Kütlenin korunumu prensibi, serbest yüzeyli akım denklemlerinin birincisinin esasını oluşturur ve bu denklem süreklilik denklemi olarak bilinir. Kütlenin prensibi temel olarak;

Kontrol hacmine giren akım kütlesi ile kontrol hacminden çıkan akım kütlesi arasındaki farkın göz önüne alınan kontrol hacim içerisindeki kütlenin zamanla değişimine eşit olduğudur (Cunge vd., 1990).

Süreklilik denklemi yazarken, Şekil 3.2 (a)'da gösterildiği gibi 1 kesitinden 2 kesitine ilerleyen bir akımda Δx uzunluğunda bir kontrol hacmi ele alınmıştır. Süreklilik denkleminin elde edilmesinde; x , yatay mesafe olup mansap yönüne doğru pozitif kabul edilmiştir. γ , akışkanın özgül ağırlığı; g yerçekimi ivmesi; y , akım derinliği; A , enkesit alanı; V , enkesitteki ortalama hız; B , akım yüzeyi genişliğidir (Roberson vd., 1995).

1 kesitindeki akım derinliği, y ve 2 kesitindeki akım derinliği $y + (\partial y / \partial x)\Delta x$ şeklinde ifade edilmiştir. Benzer şekilde 1 kesitindeki enkesit alanı, A ve 2 kesitindeki enkesit alanı $A + (\partial A / \partial x)\Delta x$ olarak yazılabilir, 1 kesitindeki ortalama hız, V ve 2 kesitindeki ortalama hız, $V + (\partial V / \partial x)\Delta x$ olur. Δt zamanında giren kütle;

$$M_{giren} = (\gamma/g)AV\Delta t \quad (3.2)$$

dir. Çıkan kütle ise;

$$M_{çıkan} = (\gamma/g)[A + (\partial A / \partial x)\Delta x] [V + (\partial V / \partial x)\Delta x] \Delta t \quad (3.3)$$

dir. Buradan net kütle taşınımı;

$$M_{net} = M_{giren} - M_{çıkan} = - (\gamma/g) [V(\partial A / \partial x) + A (\partial V / \partial x)] \Delta x \Delta t \quad (3.4)$$

olarak bulunur. Burada yüksek mertebeden terimler ihmal edilmiştir.

Δt zamanında kontrol hacmindeki kütle artışı;

$$=(\gamma/g) (\partial A/\partial t) \Delta x \Delta t \quad (3.5)$$

olur. Kontrol hacmindeki net kütle taşınımını Δt zamanındaki kütle artışına eşitlersek ve her iki tarafı $(\gamma/g) \Delta x \Delta t$ ye bölersek. Bu durumda;

$$\partial A/\partial t + V(\partial A/\partial x) + A(\partial V/\partial x) = 0 \quad (3.6)$$

$$\partial A/\partial t + [\partial(AV)/\partial x] = 0 \quad (3.7)$$

olur. Bu denklem kütle korunumundan elde edilen “süreklilik denklemi” olarak adlandırılmaktadır.

Eğer kontrol hacminde q , birim genişlikten geçen yanal akım dikkate alınırsa bu duruma ait süreklilik denklemi (Mahmood ve Yevjevich, 1975);

Δt zamanında giren kütle;

$$M_{giren} = (\gamma/g) (AV + q\Delta x) \Delta t \quad (3.8)$$

dir. Çıkan kütle ise;

$$M_{çıkan} = (\gamma/g) [A + (\partial A / \partial x) \Delta x] [V + (\partial V / \partial x) \Delta x] \quad (3.9)$$

dir. Buradan net kütle taşınımı;

$$M_{net} = M_{giren} - M_{çıkan} = - (\gamma/g) q \Delta x \Delta t - (\gamma/g) [V(\partial A / \partial x) + A (\partial V / \partial x)] \Delta x \Delta t \quad (3.10)$$

olarak bulunur. Burada da yüksek mertebeden terimler ihmal edilmiştir.

Δt zamanında kontrol hacim içindeki kütle artışı;

$$= (\gamma/g) (\partial A / \partial x) \Delta x \Delta t \quad (3.11)$$

olur. Kontrol hacmindeki net kütle taşınımını Δt zamanındaki kütle artışına eşitlersek ve her iki tarafı $(\gamma/g) \Delta x \Delta t$ 'ye bölersek. Bu durumda;

$$(\partial A / \partial t) + V(\partial A / \partial x) + A(\partial v / \partial x) = q \quad (3.12)$$

$$(\partial A / \partial t) + \partial(AV) / \partial x = q \quad (3.13)$$

olur.(3.7) ve (3.13) denklemleri prizmatik veya prizmatik olmayan kanallar için geçerli olan sürelilik denklemdir. Kanalın prizmatik olması durumunda A'nın değişimini x ve t cinsinden yazalım;

$$(\partial A / \partial x) = (dA/dy)(\partial y / \partial x) = B \partial y / \partial x \quad (3.14)$$

$$(\partial A / \partial t) = (dA/dy)(\partial y / \partial t) = B \partial y / \partial t \quad (3.15)$$

(3.14) ve (3.15) denklemlerini (3.7) ve (3.13) denklemlerinde yerine koyarsak;
sırasıyla;

$$\partial y/\partial t + D\partial V/\partial x + V \partial y/\partial x = 0 \quad (3.16)$$

$$\partial y/\partial t + D\partial V/\partial x + V \partial y/\partial x = q/B \quad (3.17)$$

elde edilir. Burada $D= A/B$, hidrolik derinlik olarak tanımlanır.

Bununla beraber kanalın prizmatik olmaması durumunda A 'nın değişimini x ve t cinsinden yazalım;

$$\partial A/\partial x = (\partial A/\partial x)_y + B(\partial y/\partial x) \quad (3.18)$$

burada ilk terim, y sabit tutularak x 'e göre alanın değişim oranını göstermektedir.

$$\partial A/\partial t = (dA/dy)(\partial y/\partial t) = B(\partial y/\partial t) \quad (3.19)$$

(3.18) ve (3.19) denklemlerini (3.7) ve (3.13) denklemlerinde yerine koyarsak;
sırasıyla;

$$(\partial y/\partial t) + D(\partial V/\partial x) + V/B(\partial y A/\partial x)_y + V(\partial y/\partial x) = 0 \quad (3.20)$$

$$(\partial y/\partial t) + D(\partial V/\partial x) + V/B(\partial y A/\partial x)_y + V(\partial y/\partial x) = q/B \quad (3.21)$$

elde edilir.

3.1.1.4 Hareket denklemi

Serbest yüzeyli akım denklemlerinin ikincisi ise hareket denklemdir. Bu denklem momentumun korunumu prensibine dayanmaktadır. Newton'un ikinci hareket kanununa bağlı olarak momentumun korunumu prensibinde; momentum

değişiminin, tanımlanan kontrol hacmine uygulanan dış kuvvetin bileşkesine eşit olması gerekmektedir. Hareket denklemini oluşturabilmek amacıyla 1 ve 2 kesitleri arasında momentumun korunumu prensibini uygulayalım (Roberson vd., 1995).

Mensa yüzüne etkili basınç kuvveti;

$$F_{u1} = \gamma A \bar{z} \quad (3.22)$$

burada \bar{z} , akışkan yüzeyinden ağırlık merkezine olan derinliktir.

Benzer olarak, mansap yüzeyine etkili basınç kuvvetlerinin birinci kısmı için;

$$F_{u1} = \gamma A \bar{z} \quad (3.23)$$

yazılır. Yüksek mertebeden terimler ihmal edilirse mansap yüzüne etkili basınç kuvvetinin ikinci kısmı;

$$F_{u2} = \gamma A (\partial y / \partial x) \Delta x \quad (3.24)$$

dir. Eğer S_f , enerji çizgisi eğimi ise sürtünme nedeniyle etkili olan direnç kuvveti F_f şu şekilde yazılır;

$$F_f = \gamma A S_f \Delta x \quad (3.25)$$

Bu kuvvet akıntıya ters yönde etki eder. S_f , Manning veya Chezy formüllerinden hesaplanabilir.

$$\text{Kontrol hacminin ağırlığı} = \gamma A \Delta x \quad (3.26)$$

Kanal taban eğimi çok küçük kabul edildiğinden $\sin \theta = S_0$ 'dır. Bu nedenle akışkan ağırlığı F_w 'nin mansap yönündeki bileşeni;

$$F_w = \gamma A \Delta x S_0 \quad (3.27)$$

olur. Kontrol hacmine etkiyen toplam kuvvet F_r ;

$$F_r = F_d - F_{u1} - F_{u2} + F_w \quad (3.28)$$

dir. (3.28) denklemine değişik kuvvetlerin değerlerini koyarsak;

$$F_r = \gamma A [-(\partial y/\partial x) - S_f + S_0] \Delta x \quad (3.29)$$

Elde edilir. Kontrol hacmine giren kütlenin momentumu;

$$M_{giren} = (\gamma/g) A V^2 \quad (3.30)$$

Çıkan kütlenin momentumu;

$$M_{çıkan} = (\gamma/g) [A V^2 + \partial/\partial x (A V^2) \Delta x] \quad (3.31)$$

olur. Kontrol hacmindeki net momentumun miktarı;

$$M_{net} = M_{giren} - M_{çıkan} = (\gamma/g) [\partial/\partial x (A V^2)] \Delta x \quad (3.32)$$

dir. Momentumun zamanla değişimi;

$$= \partial/\partial t [(\gamma/g) A V \Delta x] \quad (3.33)$$

dir. Momentumun zamanla değişimi;

= Kontrol hacimdeki net momentum miktarı + Toplam kuvvet olarak belirtilmiştir. (3.29), (3.32) ve (3.33) denklemlerinin yukarıdaki eşitliğe göre yazılması ve $(\gamma/g)\Delta x$ 'e bölünmesi ile;

$$\partial/\partial t(A V) + \partial/\partial x (A V^2) + gA (\partial y/\partial x) = g A (S_0 - S_f) \quad (3.34)$$

denklemini elde edilir. Her iki tarafı A'ya bölüp, düzenlersek;

$$g\partial y/\partial x + V(\partial V/\partial x) + \partial V/\partial t + [(\partial A/\partial t) + V (\partial A/\partial x) + A (\partial V/\partial x)] = g(S_0 - S_f) \quad (3.35)$$

elde edilir. (3.6)denklemine göre parantez içindeki ifade sifıra eşittir. Böylece (3.35) denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$g\partial y/\partial x + \partial V/\partial t + V (\partial V/\partial x) = g(S_0-S_f) \quad (3.36)$$

Bu denklem momentumun korunumundan elde edilen “hareket denklemi” adını alır ve şu şekilde yazılır;

$$S_f = S_0 - \partial y/\partial x - (V/g) (\partial V/\partial x) - (1/g)(\partial V/\partial t) \quad (3.37)$$

Kararlı üniform akım $S_f = S_0$

Kararlı üniform olmayan akım $S_f = S_0 - \partial y/\partial x - (V/g) (\partial V/\partial x)$

Kararsız üniform olmayan akım $S_f = S_0 - \partial y/\partial x - (V/g) (\partial V/\partial x) - (1/g)(\partial V/\partial t)$

(3.37) denklemindeki bir terim akımın tipi hakkında bilgi vermektedir.(Yüksel 2000) Eğer kontrol hacimde q, birim genişlikten geçen yanal akım dikkate alınırsa bu duruma ait hareket denkleminde hem kontrol hacme giren momentum ifadesine hem de kontrol hacimden çıkan momentum ifadesine eklenen terimler bulunur. Giren momentum denkleminde (3.30) eklenen terim, $(\gamma/g)q V_q \Delta x$ ‘dir. Burada V_q , giren yanal akımın mansabındaki hız bileşenidir. Buna bağlı olarak eklenen akışkanın hızı, kontrol hacim çıkışında kanaldaki akım hızı ile aynı olmaktadır, bu yüzden çıkan momentum denkleminde (3.31) eklenen terim $(\gamma/g)q V \Delta x$ ‘ dir.

(3.30) ve (3.31) denklemlerine yukarıda belirtilen terimler eklenerek işlemlere devam edildiğinde elde edilen hareket denklemi (Mahmood ve Yevjevich, 1975);

$$\partial/\partial t(AV) + \partial/\partial x(AV^2) + gA(\partial y/\partial x) = gA(S_0-S_f) + q(V_q-V) \quad (3.38)$$

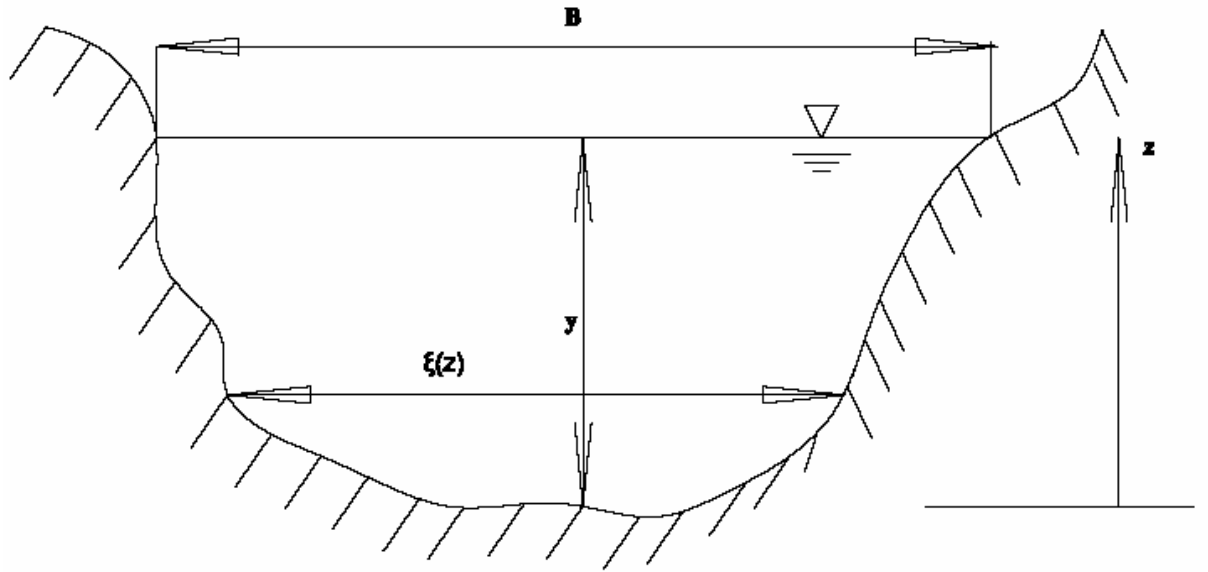
olur. Her iki tarafı A’ya bölüp, düzenlersek;

$$g(\partial y/\partial x)+V(\partial V/\partial x)+(\partial V/\partial t)+(V/A)[(\partial A/\partial t)+V(\partial A/\partial x)+A(\partial V/\partial x)]=gA(S_0-S_f)+(q/A)(V_q-V) \quad (3.39)$$

elde edilir. (3.6) denkleminde göre parantez içindeki ifade sıfır eşittir. Böylece (3.39) denklemi aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$g(\partial y/\partial x)+\partial V/\partial t+V(\partial V/\partial x)=gA(S_0-S_f)+(q/A)(V_q-V) \quad (3.40)$$

Genel şekildeki bir kanalı incelersek, bu kanalda hareket denklemini yazarken dikdörtgen kesitli bir kanaldan farklı olarak hidrostatik kuvvet terimi dışındaki terimlerde y yerine kesit alanı yazılmalıdır. Çünkü düzensiz enkesitte genişlik derinlik boyunca sabit değildir ve alan hesabı, derinlikle birlikte genişliğinde fonksiyonu olmaktadır.



Şekil 3.3 Düzensiz geometriye sahip kanal enkesiti (Mahmood ve Yevjevich,1975)

$$\partial/\partial t(A V) + \partial/\partial x (A V^2) + f_p = g A(S_0 - S_f) \quad (3.41)$$

Düzensiz geometriye sahip kanalda basınç kuvveti;

$$F_p = \int_0^y \gamma(y-z)\xi(z)dz \quad (3.42)$$

Burada $\xi(z)$, tabandan z kadar yükseklikteki kanal genişliğidir. x yönü mambadan mansaba pozitif olarak düşünülürse, net kuvvet ;

$$F_p - [F_p + (\partial F_p / \partial x) \Delta x] = - \partial F_p / \partial \Delta x = - \partial / \partial x \int_0^y \gamma (y-z) \xi(z) dz \Delta x \quad (3.43)$$

$$-\partial / \partial x \int_0^y \gamma (y-z) \xi(z) dz \Delta x = -\gamma \int_0^y \partial / \partial x [(y-z) \xi(z)] dz = -\gamma [(\partial y / \partial x) \int_0^y \xi(z) dz + \int_0^y (y-z) (\partial \xi(z) / \partial x) dz] \quad (3.44)$$

olur. Yukarıdaki birinci integralin sağ tarafı basitçe enkesit alanını ifade etmektedir. Eğer kanal prizmatik bir kanal olarak varsayılırsa, ikinci terim $(\partial \xi(z) / \partial x)$ sıfır olacaktır. Böylece gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$F_p = g A (\partial y / \partial x) \quad (3.45)$$

olur ve bu durumda momentum denklemini;

$$\partial / \partial t (A V) + \partial / \partial x (A V^2) + g A (\partial y / \partial x) = g A (S_0 - S_f) \quad (3.46)$$

dir. Süreklilik denklemini de kullanıldıktan sonra;

$$g(\partial y / \partial x) + (\partial V / \partial t) + V(\partial V / \partial x) = g (S_0 - S_f) \quad (3.47)$$

olur. Eğer kanal prizmatik kanal değilse yani kanal mansap yönünde genişletilir ya da daraltılırsa ek basınç kuvveti oluşacaktır ve bu hareket denklemine eklenmelidir. Bu kuvvet;

$$\delta F_p = \int_0^y \gamma (y-z) (\partial \xi(z) / \partial x) dz \quad (3.48)$$

dir. (3.44) denklemine (3.48) denklemini eklendiğinde, (3.44) denkleminin son terimi ile eklenen terimin toplamı sıfır olacaktır, bu yüzden $(\partial \xi(z) / \partial x)$ 'i sıfır olarak kabul

etmeye gerek yoktur. Prizmatik olmayan kanallar için de (3.47) denklemi olarak geçerlidir.

3.2 Hidrolik Metotlar

St.Venant denklemlerini üç farklı yöntemle çözmek mümkündür. Denklemlerin çözümünde kullanılan modeller hareket denklemlerindeki bazı ifadelerin ihmal edilmesiyle elde edilmektedir. Bu modeller şunlardır;

Difüzyon Analojisi (Difüziv Dalga)

Kinematik Dalga Metodu

Muskingum Cunge Modeli

Dinamik Dalga Modeli

3.2.1 Difüzyon analojisi

Difüzyon analojisi, hareket denklemindeki atalet teriminin, sürtünme, yerçekimi ve basınç kuvveti terimleri ile karşılaştırılınca ihmal edilebilir olduğu varsayımına dayanır. Difüzyon dalga denklemleri, Hayami Lighthill ve Whitham tarafından atalet terimlerinin ihmal edilebileceği her durumda taşkın dalga hareketini tanımlayan iyi bir yaklaşım olarak sunulmuştur. Bu modelde sürtünme eğimi, su yüzü eğimi ile dengelenmiştir. Difüzyon modeli kinematik modelden farklı olarak konveksiyona ve difüzyona izin verir. Difüzyon denklemi debi cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\partial Q/\partial t + c_v(\partial Q/\partial x) = D_d (\partial^2 Q/\partial x^2) \quad (3.49)$$

Burada c_v , dalga yayılım hızını, D de difüzyon katsayısını gösterir.

Difüzyon modellerin başarısı büyük oranda, akarsu karakteristiklerinden c_v ve D_d parametrelerinin iyi belirlenmesinde bağlıdır. $D_d=0$ için c_v geçiş hızı kinematik dalga hızına eşit olur ve $c = dQ/dA$ 'dan hesaplanabilir. Difüzyon katsayısı D_d ise;

$$D_d = Q / (2 B_k S_0) \quad (3.50)$$

Şeklindedir. Burada Q debiyi, B_k kanal genişliğini, S_0 kanal taban eğimini gösterir.

Sürtünme eğiminin kanal yatak eğimi yerine su yüzü eğimi ile dengelenmesi difüzyon dalga modelini bir tür kinematik dalga yaklaşımına indirger, böylece uygulanabilirlik oranı artar. Fakat atalet terimlerinin önem kazandığı ve ihmalinin doğru olmadığı durumlarda model başarısız kalır (Hydrologic Engineering Center, 1990b).

Difüzyon modelinin 3 değişik formu vardır, doğrusal difüzyon modeli, yarı doğrusal bir model, değişken parametrelili difüzyon modeli. Doğrusal difüzyon modelinde hem c_v hem D_d sabit olurken, yarı doğrusal modelde c_v sabit D_d , debi ile orantılıdır. Değişken parametrelili difüzyon modelinde ise c_v ile D_d parametreleri sabit olmayıp, debinin bir fonksiyonu şeklindedir.

Doğrusal difüzyon denklemi, analitik ya da sayısal metotlarla çözülebilir. Diğer metotlarsa, belirli bir zaman adımında katsayıları doğrusallaştırırken, yani iterasyon yaklaşımını kullanırken, bir zaman parametresine ihtiyaç duyar. Doğrusal ve yarı doğrusal difüzyon modellerinde c_v ve D_d parametreleri temsili bir Q_0 debisi için hesaplanır. Fakat değişken parametrelili difüzyon modelinin uygulandığı düzgün olmayan kanallar için, Hayami (1951) aynı etkileri yapacak ikinci bir difüzyon katsayısının eklenmesini önermiştir.

Price'ın araştırmaları I. ve II. Metotlar arasında küçük bir fark olduğunu fakat III. metotta beklendiği üzere, akarsu sistemindeki doğrusal olmayan özelliklerin daha iyi sonuçlandırıldığını görmüştür.(Weinmann, 1977).

3.2.2. Kinematik dalga metodu

Kinematik Dalga Yaklaşımının Tanımlanması:

Kısa süreli ve gerçek zamanlı işletme modelinde, akımların baraj akısına taşınması için kinematik dalga yaklaşımı kullanılmaktadır. Kinematik dalga yaklaşımında, St. Venant denklemlerinde, süreklilik denklemi

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (3.51)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Momentum denklemi,

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial(\beta Q^2 / A)}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_o - S_f) = 0 \quad (3.52)$$

şeklinde olup, kinematik dalga yaklaşımı için ivme ve basınç terimleri çıkarıldığında, momentum denklemi aşağıdaki ifadeye dönüşmektedir,

$$S_o = S_f \quad (3.53)$$

Momentum denklemi aşağıdaki şekilde de gösterilmektedir,

$$A = \alpha Q^\beta \quad (3.54)$$

Burada α ile β değerlerini belirlemek amacıyla $S_o = S_f$ ve $R = \frac{A}{P}$ olarak Manning

Denklemini yazıldığında, akarsudaki debi,

$$Q = \frac{S_o^{1/2}}{nP^{2/3}} A^{5/3} \quad (3.55)$$

olmakta ve akarsu kesit alanı

$$A = \left(\frac{nP^{2/3}}{S^{1/2}} \right)^{3/5} Q^{3/5} \quad (3.56)$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada,

$$\alpha = \left(\frac{nP^{2/3}}{S_o^{1/2}} \right)^{0.6} \quad (3.57)$$

şeklinde olup $\beta=0.6$ olarak bulunmaktadır. Burada kesit alanının zamana göre diferansiyeli yazıldığında,

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \alpha \beta Q^{\beta-1} \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right) \quad (3.58)$$

şeklinde elde edilmektedir. Buradan elde edilen ifadeler süreklilik denkleminde yerine konduğunda ise,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha \beta Q^{\beta-1} \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q \quad (3.59)$$

ifade oluşmaktadır. Kinematik dalgalar debideki değişimlerden oluşmaktadır. Bu değişim dQ olarak gösterilirse,

$$dQ = \frac{\partial Q}{\partial x} dx + \frac{\partial Q}{\partial t} dt \quad (3.60)$$

olarak ifade edilebilir. Eşitliğin her iki tarafını dx ile bölüp denklem düzenlendiğinde;

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{dt}{dx} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (3.61)$$

bulunmaktadır. Burada;

$$\frac{dQ}{dx} = q \quad (3.62)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{\alpha\beta Q^{\beta-1}} \quad (3.63)$$

ile ifade edilirse, o zaman denklem

$$\frac{dQ}{dA} = \frac{1}{\alpha\beta Q^{\beta-1}} \quad (3.64)$$

şeklini almaktadır. Burada

$$\frac{dQ}{dA} = \frac{dx}{dt} \quad (3.65)$$

olmaktadır. Buna göre kinematik dalga hızı

$$c_k = \frac{dQ}{dA} = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\alpha\beta Q^{\beta-1}} \quad (3.66)$$

şeklinde elde edilmektedir.

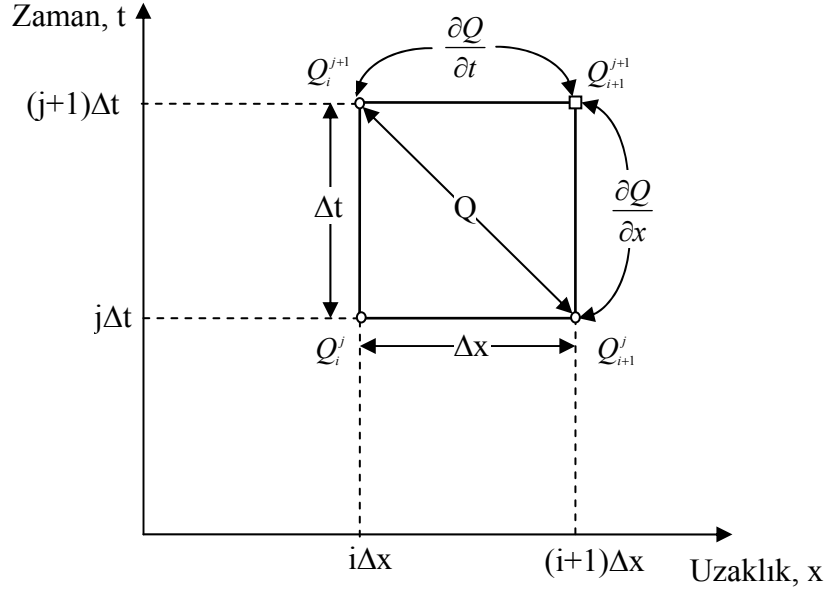
Kinematik Dalga Yaklaşımında Sayısal Analiz:

Denklem (2.51)' de gösterildiği gibi kinematik dalga için süreklilik ve momentum denklemleri debiye bağlı olarak,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \alpha\beta Q^{\beta-1} \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \right) = q \quad (3.67)$$

ifade edilmektedir.

Sayısal çözümün amacı yanal akış, başlangıç ve sınır şartları, alfa ve beta gibi kanal parametrelerinin verildiği, zaman-konum koordinatları üzerindeki her bir noktada bu denklemi çözmektir. Aslında, çözümün amacı çıkış hidrografını elde etmektir. Kinematik dalga denkleminin sayısal çözümü analitik çözümden daha uygulanabiliridir.



Şekil 3.4: Kinematik dalga denkleminin çözümü için sonlu farklar gösterimi

Denklem (3.62)' u sayısal olarak çözmek için, Q nun zaman ve konum türevleri, Şekil 3.4' de gösterildiği gibi zaman-konum koordinatları üzerinde yaklaşıklardır. Bilinmeyen değer Q_{i+1}^{j+1} 'dir. İlk olarak j -zamandaki Q 'nun değerleri, daha sonrada $j+1$ zamandaki Q 'nun değerleri belirlenmektedir. Sonlu farklar denklemi kullanılarak üretilen geriye doğru fark metodu ile bilinmeyen Q_{i+1}^{j+1} değeri bulunmaktadır. Geriye doğru fark metodu doğrusal bir yaklaşımdır.

Burada, Q_{i+1} 'nun konum türevinin sonlu farklar formu

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_i^{j+1}}{\Delta x} \quad (3.68)$$

gibi olmaktadır. Benzer şekilde Q_{i+1} 'nun zaman türevinin sonlu farklar formu

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j}{\Delta t} \quad (3.69)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Eğer, Q_{i+1}^{j+1} 'nin değeri denklem $\alpha\beta Q^{\beta-1}$ terimindeki Q'ya göre kullanılırsa, sonuç denklem Q_{i+1}^{j+1} 'de doğrusal olmayabilir. Doğrusal bir denklem üretmek için, aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir,

$$Q = \frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \quad (3.70)$$

Benzer şekilde, yanal akış

$$q = \frac{q_{i+1}^j + q_i^{j+1}}{2} \quad (3.71)$$

şeklinindedir. Elde edilen bu değerler Denklem (3.51)'de yerine konulduğunda, denklem,

$$\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j}{\Delta x} + \alpha\beta \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \left(\frac{Q_{i+1}^{j+1} - Q_{i+1}^j}{\Delta t} \right) = \frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \quad (3.72)$$

şeklini almaktadır. Burada bilinmeyen Q_{i+1}^{j+1} değeri eşitliğin bir tarafında bırakıldığında, Q_{i+1}^{j+1}

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_{i+1}^{j+1} + \alpha\beta Q_{i+1}^j \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} + \Delta t \left(\frac{q_{i+1}^{j+1} + q_{i+1}^j}{2} \right) \right]}{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha\beta \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]} \quad (3.73)$$

olarak elde edilmektedir.

Yanal akışın olmadığı durumda ise, Q_{i+1}^{j+1}

$$Q_{i+1}^{j+1} = \frac{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} Q_i^{j+1} + \alpha \beta Q_{i+1}^j \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]}{\left[\frac{\Delta t}{\Delta x} + \alpha \beta \left(\frac{Q_{i+1}^j + Q_i^{j+1}}{2} \right)^{\beta-1} \right]} \quad (3.74)$$

şeklindedir.

Kinematik Dalga Modelinin Çözümlemesi:

Kinematik dalga modelinde, modele giren veriler:

1. Barajdan akarsu yatağına bırakılan akım miktarı, $(Q + R)_i^B$
2. Akım miktarı için öngörülen ulaşma zamanı, (T_i)
3. Akarsu yatağındaki ortalama akım, (F_i^{Ort})
4. Akarsu yatağının uzunluğu, (L_i)
5. Akarsu yatağının eğimi, (S_o)
6. Akarsu yatağındaki tabandaki sürtünme katsayısı, (n_i)
7. Akarsu yatağındaki ortalama kesit özellikleri, $(b_i, h_i, \text{dikdörtgen kesitli})$
8. Kesite göre elde edilen ıslak çevre, (P_i)
9. Kinematik dalga yaklaşımı akım parametresi, $(\beta = 0,6)$

şeklindedir. Burada, $i=1,2,3,4$ olarak barajlar arası numarayı göstermektedir. Buradan, barajdan bırakılan akımların akarsu yatağında ötelenerek taşınması ve diğer barajda havzadan gelen akım üzerine ilave edilmesi süreci aşağıda verilmektedir.

1. Belirli bir zaman aralığı (dt_{Q+R}) ve konum aralığı (dx) seçilmektedir.
2. Kinematik dalga yaklaşımında α_i akım parametresinin bulunmaktadır. Burada, bu akım parametresi,

$$\alpha_i = \left(\frac{n_i \cdot P_i^{2/3}}{S_o^{1/2}} \right)^{\beta_i} \quad (3.75)$$

elde edilmektedir.

3. Bu α_i ve β_i akım parametreleri kullanılarak, dalga hızı hesaplanmaktadır. Dalga hızı;

$$c_k = \left(\frac{1}{\alpha_i \cdot \beta_i \cdot (Q + R)_i^B} \right)^{\beta_i - 1} \quad (3.76)$$

şeklinde bulunmaktadır.

4. Dalga hızı, konum aralığına bölünerek, dalganın seyahat zamanı, dt_{c_k} belirlenmektedir. Yani, dx aralığındaki dalganın seyahat zamanı,

$$dt_{c_k} = dx / c_k \quad (3.77)$$

hesaplanmaktadır. (Opan 2007)

Kinematik modelin esas avantajı, dinamik denklem çözümlerinden daha kolay olmasıdır. Bir boyutlu tedrici değişen akım sıklıkla analitik çözümlerle çözülebilir. Tüm sadeleştirilmiş modellerde olduğu gibi, kinematik ötelenmenin de dezavantajı, model çözümler ile fiziksel geçerlilik arasındaki belirsizliktir. Bu belirsizliğin derecesi sadeleştirilmenin artmasıyla süreklilik ve momentumun tüm bir boyutlu denklemlerinin düzgün kullanımı, sadece süreklilik denklemi ile momentum denkleminin bir yaklaşımını kullanan kinematik dalga teorisinden elde edilenlerle aynı doğruluktadır. Kinematik metodun kullanımının, hesapları sadeleştirilmesi gibi bir avantajı vardır. Fakat kinematik dalga denklemlerini çözmek için geniş kapasiteli bilgisayarlara duyulan ihtiyaç, kinematik modelin avantajını bir miktar azaltır. (Miller ve Cunge, 1975).

3.2.3 Muskingum-Cunge modeli

Muskingum Cunge modeli, doğrusal katsayılı olmayan bir ötelenme tekniğidir. Giriş hidrografiyle kanalın fiziksel özelliklerine dayanan taşkın ötelenmesini hesapladığı için hidrolik bir model olarak kabul edilebilir. Bu model için gereken nitelikli ve detaylı arazi verileri diğer hidrolik metotlar için gerekenden daha azdır. Muskingum Cunge Modeli, St. Venant denklemlerinin difüzyon formuna dayanır. Bölüm 3.2.1. 'de anlatıldığı gibi, difüzyon dalga modelleri basınç, ağırlık ve sürtünme kuvvetlerinin bir fonksiyonu olup atalet terimleri ihmal edilmektedir. Taşkın dalgası mansaba doğru ilerlerken taşkını sönmüleyen, kanalın fiziksel şartlarına ve akımın özelliklerine bağlı olarak iki ağırlık parametresi akımın bir fonksiyonu gibi değiştiğinden Muskingum-Cunge metodu doğrusal katsayılı olmayan bir modeldir.

Bu konu, Muskingum formülasyonu ile birinci dereceden difüzyon denklemine benzeyen bir sonlu fark ifadesini kullanarak birbirlerine eşit olduğunu gösteren Cunge tarafından açıklığa kavuşturulmuştur. Buradan Muskingum metodunun geliştirilmiş şeklini “Muskingum Cunge Metodu” adlandırılmıştır.

Muskingum Cunge metodunda taşkın dalgasının yayılım zamanını ifade eden K_v parametresi şöyle tanımlanır;

$$K_v = (\Delta x/c) \quad (3.78)$$

Burada Δx taşkın dalgasının ulaşım uzunluğu, c ise taşkın dalgasının hızıdır. $x_{sön}$ ise ulaşım uzunluğu sonunda ki nümerik sönmülenmenin bir ölçüsüdür ve şöyle tanımlanır.

$$x_{sön} = \frac{1}{2} [1 - (q_0/S_0 c \Delta x)] \quad (3.79)$$

3.79 denkleminde q_0 birim kanal genişliğindeki su debisi ve S_0 de kanal yatak eğimidir. Muskingum-Cunge öteleme metodu sonlu fark sayısal tekniğin açık formundan yararlanır ve dört noktalı kapalı şema yaklaşımını kullanarak ötelemeyi

inceler. Bu sistem dört noktalı ağ şebekesine dayanan bir hesap hücresi kullanır bu ağ sisteminin şematik bir diyagramı Şekil 3.5’da verilmiştir.



Şekil 3.5 Dört noktalı tipik bir ağ

Burada (j, n), (j+1, n), (j, n+1) noktalarındaki debi değerleri bilinmekte (j+1, n+1) noktasındaki debi değerleri aranmaktadır.

$$Q_{j+1}^{n+1} = C_0 Q_j^n + C_1 Q_j^{n+1} + C_2 Q_{j+1}^n \quad (3.80)$$

Burada Δt ötelenme periyodu, K geçiş parametresi, x ağırlık parametresi olmak üzere;

C_0, C_1, C_2 katsayıları şöyle tanımlanır;

$$C_0 = [(2 Kx + \Delta t)] / [(2K(1-x) + \Delta t)] \quad (3.81)$$

$$C_1 = [(\Delta t - 2Kx)] / [(2K(1-x) + \Delta t)] \quad (3.82)$$

$$C_2 = [[(2K(1-x) - \Delta t) / 2K (1-x)\Delta t] \quad (3.83)$$

Mühendislik uygulamalarında Muskingum Cunge Modeli geniş yer almaktadır. Geçmiş tecrübeler, uzun süreli taşkınlar için metodun uygulanabilir olduğunu

göstermektedir. Model aynı ortak teorik esaslara dayanan difüzyon dalga modeli ile eşit düzeyde uygulanabilirliğe sahiptir (Shultz, 1992).

3.2.4 Dinamik dalga metodu

Dinamik dalgalar süreklilik hem de momentum denklemleri barındıran büyük dalgalar olarak nitelendirilir. Momentum denkleminin ifade edilebilmesi dalga hareketinin tanımına bağlıdır. Yani dinamik dalgalar membaya ya da mansaba doğru hareket halinde olabilirler. $c_d = V + \sqrt{gh}$ hızıyla mansap yönünde, $c_d' = V - \sqrt{gh}$ hızıyla memba yönünde yayılabilirler.

Bir boyutlu dinamik dalga metodu St. Venant denklemindeki tüm verileri göz önünde bulundurur. Hesaba kattığı bu parametreler ağırlık, sürtünme, hidrostatik basınç ve atalet kuvvetleridir. Dinamik dalga modeliyle pek çok akım durumu ve kanal karakteristiklerini modelleyebiliriz. Tahmin edilmesi gereken sadece Manning'in pürüzlülük katsayısıdır. Bu değeri kanalın karakteristiksel araştırmasını yaparak bulabiliriz.

Dinamik dalga metoduyla modelleme yapabilmek için gerekli olan parametreler şöyledir; akım hidrografları, kanal uzunluğu, kanalın en kesit alanı, Mannings'in pürüzlülük katsayısı, başlangıç ve sınır şartları.

3.3 Hidrolojik Metotlar

Taşkın ötelenmesi ile ilgili pek çok mühendislik metodu, bir taşkın dalgasının akarsuyun membasından mansaba doğru hareketinin gözlenmesine ve aynı akarsudaki geçmiş gözlenen verilerinden bulunacak hıza bağlıdır. Bu metotlar sadece süreklilik denklemini kullanır. Hidrolojik akım ötelenmesine aynı zamanda toplu akım ötelenme modelleri de denir. Toplu akım ötelenme modelleri zamanın bir fonksiyonudur. Ve hem kütlenin korunumu kavramına hem de mesafe boyunca çıkış akımı ile depolama arasında yaklaşık bir ilişkiye dayanır. Pek çok taşkın ötelenme prosedüründe kullanılan süreklilik denklemi, verilen bir zaman aralığında Δx

mesafesine giriş akımıyla (I), Δx mesafesinden çıkış akımı (O) arasındaki fark Δx mesafesi boyunca depolamadaki (S) değişimine eşit olduğunu ifade eder.

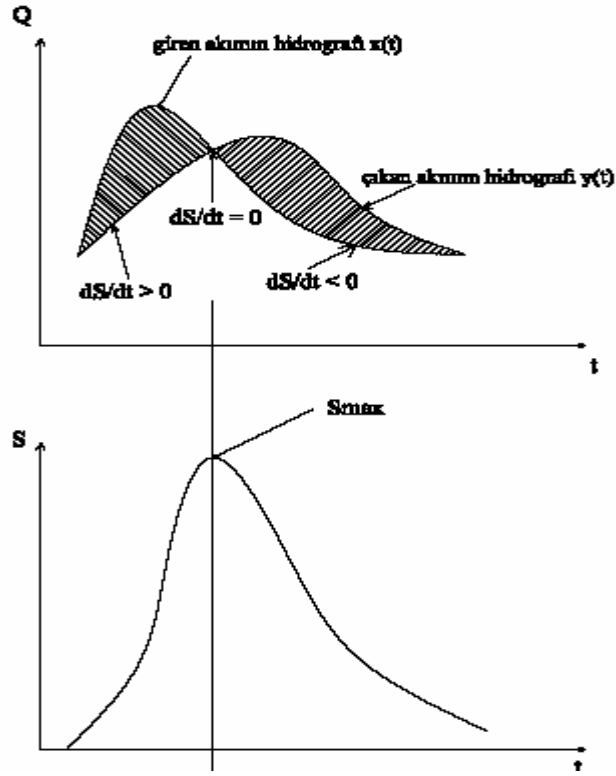
Depolamanın matematiksel ifadesi;

$$I-O = \Delta S/\Delta t \quad (3.84)$$

3.84 kararsız akımların depolama denklemi çıkış akımı(I), giriş akımı (O), depolama (S), zaman (t) şeklinde dört değişkene dayanır.

Doğrusal olmayan fiziksel akım, matematiksel olarak doğrusal olmadığından fiziksel davranışın beklentisi, ancak denklemdeki doğrusal olmayan terimlerin çok küçük olmasıyla mümkündür. Yani daha kararlı taşkın akımı durumlarında, yalnız kütlenin korunumu prensibinden meydana gelen depolama diferansiyel denklemini kullanan taşkın ötelemesi daha iyi sonuç verir. Sadece süreklilik denklemine dayanan akarsu akımının doğrusal matematiksel modelleri, kavşaklar, barajlar ya da kanal en kesitindeki düzensizlikler gibi dalganın membadan geçişini hesaba katamazlar. Hidrolojik ötelenme süreklilik denklemi ve depolama ile çıkış arasında ya analitik ya da varsayılan herhangi bir ilişkinin kullanımını gerektirir. Depolama giriş ve çıkış akımlarının fonksiyonudur. Tek bilinen değişken giriş hidrografıdır. Depolama, giriş ve çıkış debileri arasında, çıkış debisi ve depolama değerleri bilinmediğinden, bir depolama fonksiyon ilişkisi gerekmektedir. Bu olay iki denklemin iki bilinmeyenli şekilde çözümünü mümkün kılar.

Hidrolojik ötelenmedeki varsayımlar şunlardır; konvektif ivme terimi ihmal edilebilir ve verilen bir kanal kesitinde akım, derinliğin tek değerli bir fonksiyonudur. Hidrolojik ötelenme metotlarının geniş çeşitliliği, depolama denkleminin giriş ya da çıkış akımına veya bunların ikisine birden bağlı olması durumuyla ilgilidir. 3.84 no' lu depolama denklemi nümerik, grafik ya da analitik olarak integre edilebilir. Şekil 3,6, 3.84 denklemini örneklemetedir.



Şekil3.6 Bir akarsu parçasına giren ve çıkan akımların hidrograflarından biriktirme hacminin hesabı.

Taşkın dalgası bir nehir boyunca ilerlerken, genellikle çıkış hidrografının aldığı en büyük değeri depolama kapasitesi ve kanal direncine bağlı olarak ertelenir ve sönümlenir. Kanal sonuna yaklaşan şekilsiz bir depolama düşünülerek, giriş ve çıkış hidrografları arasındaki fark Şekil 3.6 ' de taralı alanla belirtilen, 3,84 denklemin gösterilen kanal boyunca oluşan depolamadaki değişim hızına eşittir. Depolama artarken süreklilik denkleminde ki $\Delta S/\Delta t$ değeri pozitifdir ve depolama düşerken negatiftir.

Burada depolama S zamanın bir fonksiyonu olarak çizilebilir. 3,84 denklemi sonlu arklar formuyla 3.85 'deki gibi yazılabilir, burada Δt ötelenme zamanı periyodunu, 1 ve 2 alt indisleri ise periyodun başlangıç ve bitiş zamanını belirtir.

$$[(I_1+I_2)/2] - [(O_1+O_2)]/2 = (S_2-S_1)/ \Delta t \quad (3.85)$$

Hidrolojik akım ötelenme modelleri ya fiziksel ya da fiziksel olmayan temellere dayanır. Fiziksel temele dayalı modeller, akarsu boyunca ötelenmenin fiziksel

temsiline dayanır. Fiziksel esasa dayalı olmayan modellerse katsayılar kullanır. Depolama ile çıkış debisi arasındaki ilişkinin doğruluğu tabii ki sınırlıdır. Bir akarsuda su yüzü her zaman yatak eğimine paralel olmaz. Akarsu yükselirken ortalama su yüzü eğimi nehir seviyesinin düşük olduğu zamanlardaki yatak eğiminden yüksek olur. Bu çeşitli akarsu seviyeleri için çeşitli depolama çıkış debisi ilişkilerine neden olur. Fakat genelde hidrolojik metotların kullanımı daha kolaydır. Sürtünme eğiminin nerdeyse yatak eğimine eşit olduğu dik eğimli akarsularda taşkın öteleme çalışmaları için uygundur. Sadece, bir taşkın dalgasının mansaba doğru doğal yayılımını belirlemede diğer modeller kadar etkili olmayabilirler. Haznelerden salınan suyunu neden olduğu kuyruksuyu ve kabarma etkileri, hidrolojik ötelenme metotlarının içinde açıklanamaz(Miller ve Cunge, 1975; Linsley vd., 1975)

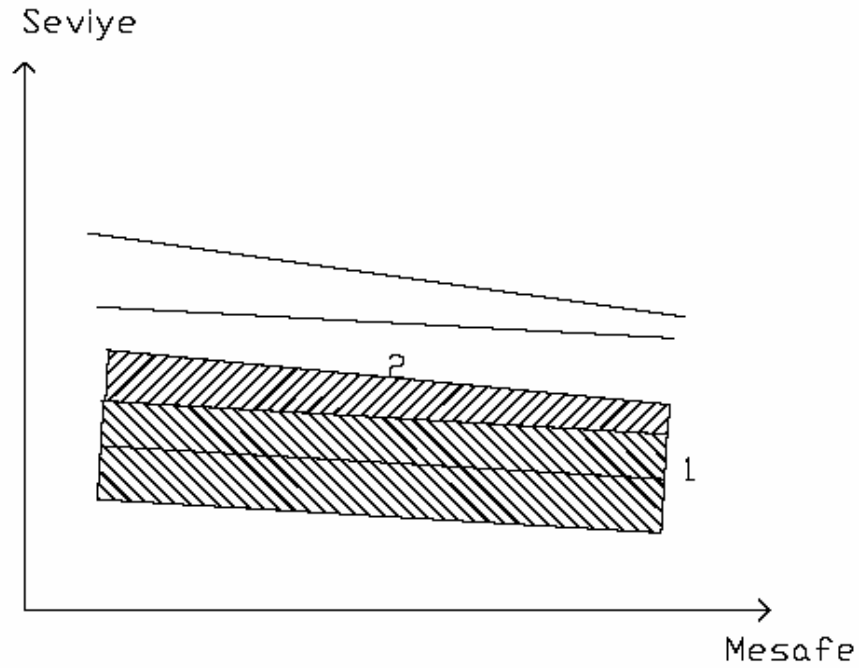
Taşkın ötelenmesindeki can sıkıcı bir problem, giriş, çıkış istasyonları arasında kanala giren yanal debilerdir. Eğer membanın sonunda kanal giriş yapıyorsa, bu yanal akım toplam giriş akımına eklenir. Büyük bir kavşakta ise giriş istasyonu, membada kalmalıdır. Eğer yanal giriş akımı kanalın sonunda meydana geliyorsa, depolama hesaplanmadan önce giriş akımından çıkartılır. Bu arada ana kanaldaki akım akarsu boyunca ötelenir ve ötelenme bittikten sonra, yanal giriş akımı eklenir. Bu iki olasılık arasında pek çok olasılık olabilir. Eğer yanal giriş akımı, ana kanalla kıyaslandığında küçükse makul bir artış yeterli olacaktır, büyükse kanal boyunun azalması yönünde bir düşünce doğar. Ölçümü yapılmayan yanal giriş akımın toplam hacmi, aynı düşük akımda başlangıç ve bitiş periyotları arasında çıkış debisinden giriş debisinin çıkartılıp $\Delta S = 0$ alınmasıyla bulunur. Ölçülmemiş yanal giriş akımının zaman dağılımının, aynı karakter ve aynı ölçüde küçük bir yan derede ölçülmüş akımlarla aynı olduğu kabul edilir. Bu yöntem, akım ölçümlerindeki tüm hataları ölçülmemiş giriş akımına atar ve sonuç akımları hepsi birden mantıklı olmayabilir. Eğer sızıntı büyükse, hesaplanan yanal giriş akımı negatif bile olabilir (Linsley vd., 197).

Bu bölüm içinde hidrolojik metotlardan Muskingum Modeli anlatılacaktır.

3.3.1 Muskingum modeli

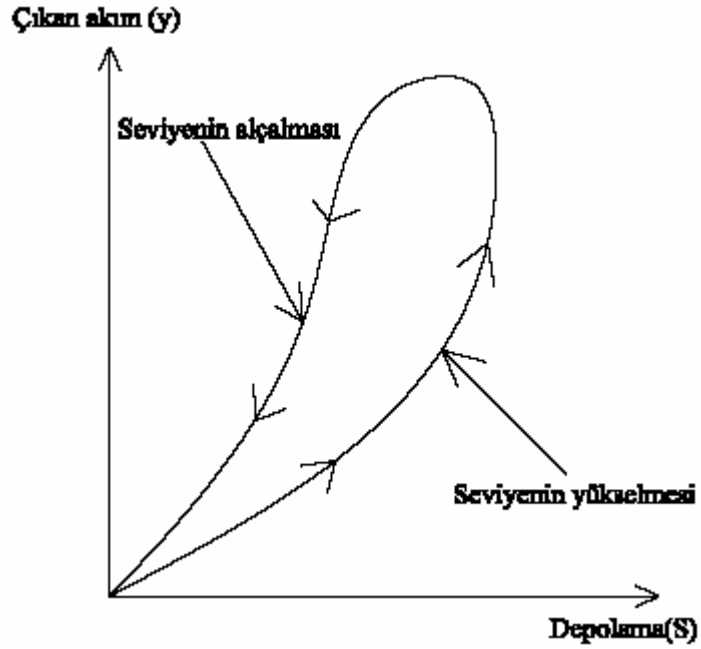
1934–1935 yıllarında Ohio'daki Muskingum akarsu havzasındaki taşkınların kontrolü için ilk kez U.S Army Corps of Engineers ve McCarthy tarafından geliştirilen Muskingum Modeli en iyi bilinen ve geniş kullanım alanına sahip bir katsayılar modelidir. Modelin temelinde süreklilik denklemi vardır ve dinamik denklemler ihmal edilir. Muskingum Modeli kanaldaki depolamayı iki bölüme ayırır; prizma depolama ve kama depolama. Prizma depolama sürekli akım şartlarında oluşan depolamadır ve sadece çıkış akımına bağlı olarak Δx mesafesi boyunca su hacminde meydana gelen değişimdir. Şekil 3.7 bu kavramları açıklamaktadır. Kama depolama ise giriş ve çıkış akımları arasındaki değişikliklere bağlı olarak daimi su yüzeyi profili ile gerçek su yüzeyi profilleri arasında kalan depolamadır. Bir taşkın dalgası için seviye yükseldiği zaman, kama depolama pozitifdir ve prizma depolamaya eklenir. Seviye düştüğü zamanlarda da, prizma depolamadan çıkartılır, giriş debisi çıkış debisinden daha küçük olduğundan kama depolama negatif olur. Böylelikle akarsu ve kanallardaki hidrolojik ötelenme kama depolamaya izin veren bir depolama bağıntısını gerektirir. Bu ise ancak depolamanın hem giriş hem de çıkış debilerinin fonksiyonu olmasına olanak veren taşkın öteleme metodu Muskingum da başarıya ulaşmıştır. Muskingum Modeli kama depolamayı hesaplayan hem süreklilik, hem de depolama ve giriş, çıkış akımları arasında lineer bir ilişki varsayımına dayanan hidrolojik bir ötelenme tekniğidir (Şekil 3.8).

Herhangi bir anda giriş ve çıkış enkesitlerine ait hidrografların eksenleri arasındaki fark, o anda hacimdeki değişimin ölçüsünü gösterir. Bu denklem bize $I-O = \Delta S/\Delta t$ süreklilik denklemin verir ve belirtildiği üzere hidrolojik metotlar ve dolayısıyla Muskingum modeli bu denkleme dayanır.



Şekil 3.7 Depolama ile giriş çıkış akımları arasındaki ilişki

Şekil 3.7’de 1 taralı bölgesi prizma biçiminde depolamayı gösterirken, 2 depolama bölgesi de kama biçimde depolamayı gösterir.



Şekil 3.8 Akarsu parçasında depolama ile çıkan akım arasındaki bağıntının seviyenin alçalması ve yükselmesi hallerinde aldığı şekiller

Meydana gelen hacim birikmesi esas olarak giriş ve çıkış hidrograflarıyla yatağın geometrik ve hidrolik karakteristiklerine ve mevcut kontrol yapılarına bağlıdır.

Debi-Derinlik ve Hacim-Derinlik bağıntılarından;

$$I(t) = p.h^n \quad (3.86)$$

$$S_I = r.h^m \quad (3.87)$$

$$O(t) = p.h^n \quad (3.88)$$

$$S_O = r.h^m \quad (3.89)$$

Yazılabilir. Burada p , n , enkesitlerin debi-derinlik karakteristiklerini; r , m , enkesitlerin hacim-derinlik karakteristiklerini göstermektedir. 3.86 ve 3.87 bağıntılarından h derinliği yok edilirse;

$$S_I = r.(I/P)^{m/n} \quad (3.90)$$

3.88 ve 3.89 bağıntılarından da aynı şekilde h derinliği yok edilirse;

$$S_O = r. (O/P)^{m/n} \quad (3.91)$$

elde edilir. Bundan sonra memba ve mansap enkesitlerine ait $I(t)$ ve $O(t)$ hidrograflarının birikmeye olan katkılarını belirten bir parametre “ a ” ile gösterildiği takdirde, toplam birikmenin

$$S = aS_I + (1-a)S_O \quad (3.92)$$

bağıntısıyla belirlenebilir. Bu ifade yazılırken memba ve mansap enkesitlerine ait hacimlerin toplam birikmeye katkılarının lineer olacağı düşünülmüştür. 3.90 ve 3.91 denklemleri 3.92 bağıntısına yerleştirilirse

$$S = a.r(I/P)^{m/n} + (1-a) r (O/P)^{m/n} \quad (3.93)$$

denklemini elde edilir.

$$i = m/n \quad (3.94)$$

ve

$$K = r/p \quad (3.95)$$

tanımlamaları yapılır. Buradaki a parametresi derinliğin etkisini gösterir, K ise biriktirme katsayısı olarak adlandırılır. 3.94 ve 3.95 tanımları 3.93 denkleminde yerine konursa

$$S = K [aI^i + (1-a) O^i] \quad (3.96)$$

bulunur.

Geniş, dikdörtgen kanallarda Strickler bağıntısı kullanıldığı takdirde, debiler derinliklerin $5/3$ 'üncü kuvvetiyle orantılı olduklarından $m=1$ olur; buna göre geniş dikdörtgen enkesitler için $i = m/n=0,6$ elde edilir, basitlik için $i=1$ alınır. K , taşkın dalgasının göz önüne alınan parçada geçiş süresini göstermektedir. 3.96 denkleminde i yerine "1" yazılırsa bağıntı ;

$$S=K[aI +(1-a)O] \quad (3.97)$$

şeklini alır. O^{n-1} ve $I^{n+1}(t+\Delta t)$ zamanındaki çıkış ve giriş akımlarını, O^n , I^n ise (t) zamanındaki çıkış ve giriş akımlarını göstermek üzere,

$$dS/dt = (S^{n+1} - S^n) / \Delta t \quad (3.98)$$

$$I(t) \approx \frac{1}{2} (I^{n+1} + I^n) \quad (3.99)$$

$$O(t) \approx \frac{1}{2} (O^{n+1} + O^n) \quad (3.100)$$

$$S^{n+1} = K [aI^{n+1} + (1-a)O^{n+1}] \quad (3.101)$$

$$S = K [aI^n + (1-a) O^n] \quad (3.102)$$

3.98,99,100,101,102 eşitlikleri denklem 3.97 'da yerine yazılırsa;

$$O^{n+1} = C_0 I^{n+1} + C_1 I^n + C_2 O^n \quad (3.103)$$

denklemini bulunur. Burada c_1 , c_2 , c_3 Muskingum katsayılarıdır ve aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$C_0 = [(-aK) + (0,5\Delta t)] / [K - (aK) + (0,5\Delta t)] \quad (3.104)$$

$$C_1 = [(aK) + (0,5\Delta t)] / [K - (aK) + (0,5\Delta t)] \quad (3.105)$$

$$C_2 = 1 - C_0 - C_1 \quad (3.106)$$

Muskingum modeli tüm akımlar için K ve a değerlerinin sabit olduğunu varsayar. Pek çok durumda bu yeterli ve doğrudur fakat bazı durumlarda depolama ve akım ilişkisi doğrusal değildir. Bu da bazı akım şartları için denklemin hatalı çıkış akımları vermesine yol açar. K ve a katsayılarının değişik kanal şartlarına göre değiştirilmesi gerekebilir. (Chow,1959;Ünsal,1978;Shultz,1992).

K geçiş zamanı ve a ağırlık parametresi, gözlenmiş giriş ve çıkış hidrograflarından belirlenir. Geçiş zamanı, hidrograf pikleri arasındaki zamandan tahmin edilebilir. Ağırlık katsayısı a ise deneme, yanılma yoluyla elde edilir. Geçiş zamanı da gözlenmiş hidrograflarla, ötelenmiş hidrograf birbirine uyacak şekilde olmalıdır (Shultz, 1992).

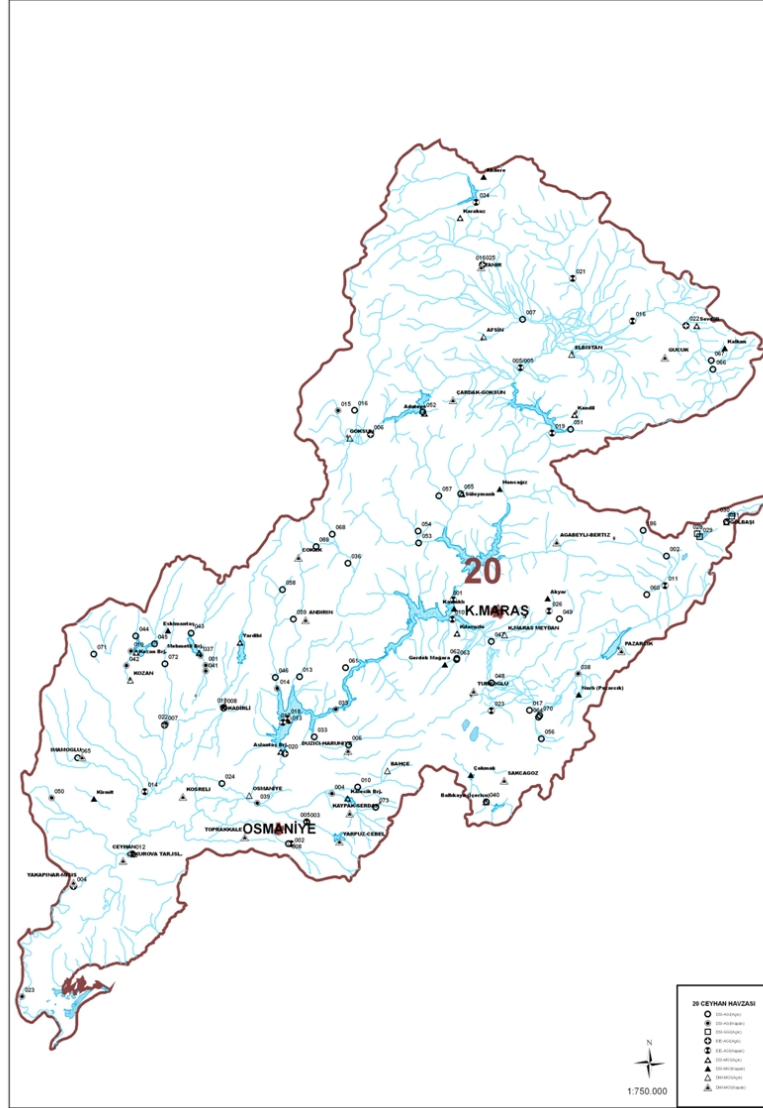
Aslında Muskingum Modeli giriş, çıkış hidrograflarına sahip akarsu havzalarıyla sınırlıdır. Muskingum modelini geçersiz kılan bir durum ise ölçüm yapılmayan havzalardır. Bu tip havzalarda depolama-debi ilişkisinin elde edilememesi Muskingum modelini kullanışsız kılar.

3.4. Havza Özellikleri

Ülkemizin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Ceyhan Havzası, batıda Seyhan, doğuda Asi ve Fırat, kuzeyde Kızılırmak havzaları, güneyde ise Akdeniz ile çevrili konumda bulunmaktadır.

Ceyhan havzasının güneybatı kısımlarında tipik Akdeniz iklimi, memba kısımlarında ise karasal iklim hâkimdir. Havzanın kuzeyinde, Afşin-Elbistan ovaları kesiminde, yıllık ortalama yağış 400–700 mm iken, Orta Ceyhan Kahramanmaraş-Narlı ovaları kesiminde 700–1000 mm ve Ceyhan ovasının güneyinde 1000–2000 mm olmak üzere membadan mansaba doğru artmaktadır. Ceyhan Nehri'nin mansapta yıllık ortalama akımı 7,180 milyar m³ olarak belirlenmiştir. Ülkemizde bulunan 26 havzanın toplam ortalama yıllık akımı 186 milyar m³ olduğuna göre, Ceyhan Nehri bu su potansiyelinin yaklaşık % 4' ünü karşılamaktadır.

Ceyhan Nehri, membasında, Afşin-Elbistan ovası sularını toplamaktadır. Bu ova, batıda Göksun Çayı, kuzeybatıdan Human Çayı, kuzeyde Sarsap Çayı ve kuzey batıdan Söğütlü Çayı kollarıyla beslenmektedir. Göksun Çayı, kuzeyde, Binboğa ve Işık Dağları arasından doğmakta, Göksun İlçesi içerisinde güneyden gelen Çınar, Pınar Dağından doğan Tokatdere kolunu alarak batıya yönelmekte, diğer yan kolları ile birleştikten sonra Elbistan ovasına ulaşmaktadır. Human Çayı, kuzeyde Tahtalı Dağları'ndan doğmaktadır. Birçok yan kol ile birleştikten sonra Elbistan ovasına ulaşmaktadır. Söğütlü Çayı, kuzeydoğusundaki Nurhak Dağı'ndan doğmakta, bir çok kol ile birleşerek kuzeyden gelen Sarsap suyunu almaktadır. Human Çayı ile Söğütlü Çayı birleştikten sonra Ceyhan Nehri adını almaktadır. Ceyhan Havzası'nın görünüşü, ana ve tali kolları, bu kollar üzerinde bulunan barajlar, akım gözlem istasyonlarının bulunduğu yerler, Şekil 3.9' da gösterilmektedir.



Şekil 3.9: Ceyhan Havzası'nın şematik görünüşü

Ceyhan Nehri ana kolu ve tali kolları üzerinde birçok baraj bulunmaktadır. Ana kolu üzerinde birbirine seri olarak bağlı bulunan barajlar, sırasıyla, Menzelet, Kılavuzlu, Sır, Berke ve Aslantaş barajlarıdır. Bu barajlardan Menzelet ve Kılavuzlu, enerji ve sulama amaçlı, Sır ve Berke enerji amaçlı ve Aslantaş ise enerji, sulama, içme suyu ve taşkından koruma amaçlı olarak planlanmışlardır.

4. ELDE EDİLEN SONUÇLAR

4.1. Kinematik Dalga Modelinden Elde Edilen Sonuçlar

4.1.1 Modele giren veriler

Burada elde edilen değerler ile barajlar arasındaki akarsuya ait hidrolik eğim hesaplanmıştır. Akarsu yatağına ait ortalama bir sürtünme katsayısı (Manning katsayısı, n) ve ortalama bir kesit büyüklüğü (dikdörtgen kesit için, b , h) seçilerek akarsuyun taşıdığı ortalama debi(Q), Manning denklemi kullanılarak elde edilmiştir. Burada, barajlar arası akarsu kesitinin ve yatağının özellikleri ile ilgili veriler, Tablo 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1: Barajlar arası akarsu kesitinin ve yatağının özellikleri

Barajlar	L	H	S	n	b	h	A	P	R	Q _{ort}
Berke-Aslantaş	45610	186	0.0041	0.025	2	40	80	44	1.82	304

Burada,

L :Uzunluğu (m),

H :Kotu (m),

S :Hidrolik eğimi,

n :Ortalama Manning katsayısını,

b :Akarsu kesitinin ortalama su yüzeyi genişliğini (m),

h :Akarsu kesitinde ortalama su yüksekliğini (m),

A :Akarsu kesit alanını (m^2),

P :Akarsu kesitinde ıslak çevreyi (m),

R :Akarsu kesitine ait hidrolik yarıçapı (m),

Q_{ort} :Akarsuyun ortalama debisini (m^3/s) göstermektedir.

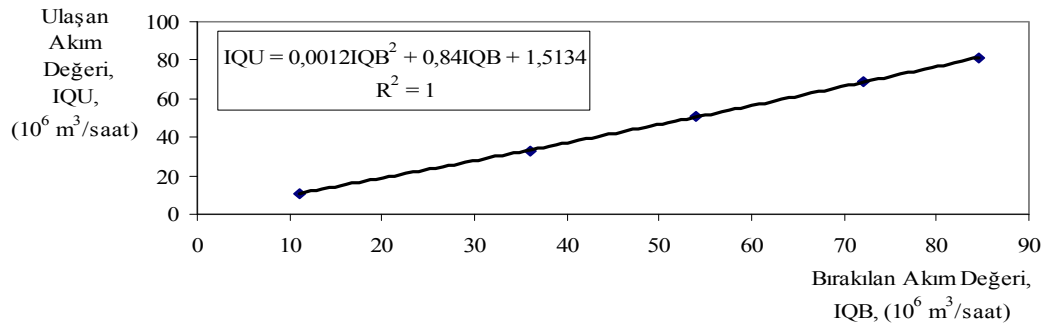
Tablo 4.1' de elde edilen ortalama debilere bakıldığında, her bir baraj arası için ortalama debi yaklaşık 300 m³/s olarak alınabilir.

4.1.2 Modelden çıkan veriler

Kinematik dalga modeli ile elde edilen sonuçlar:

Şekil 4.1' de, Berke Barajı'ndan bırakılan akımın Aslantaş Barajı'na ulaşma değerinin eğrisi, denklemi ve regresyon değeri, Şekil 4.2' de, Berke Barajı'ndan bırakılan akımın Aslantaş Barajı'na ulaşma zamanının eğrisi, denklemi ve regresyon değeri, şeklinde verilmektedir.

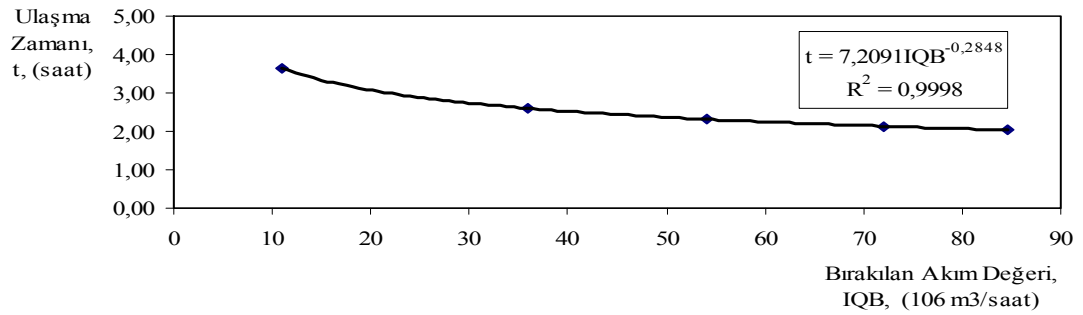
Barajdan akarsu yatağındaki ortalama akım üzerine bırakılan akımın değeri, diğer baraja seyahati esnasında azalarak ulaşmaktadır. Bu ulaşma değeri, barajlar arası mesafeye, akarsu yatağındaki sürtünmeye ve kesit özelliklerine, akarsuyun debisine bağlı olarak değişebilmektedir. Barajlar arasında, kinematik dalga modeli kullanılarak barajdan bırakılan akımın diğer baraja ulaşma değerinin eğrileri, denklemleri ve regresyon değerleri elde edilmiştir. Şekil 4.1'de ise, barajdan bırakılan akım, diğer baraja azalarak ötelenmiştir. Buradan, barajlar arası mesafe ne kadar artarsa barajdan bırakılan akım değeri, diğer baraja o kadar azalarak seyahat etmektedir. Ayrıca barajlar arası mesafe çok küçük ise, barajdan bırakılan akım değeri, diğer baraja değişmeden ulaştığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.1: Berke Barajı'ndan bırakılan akımın Aslantaş Barajı'na ulaşma değerinin eğrisi, denklemi ve regresyon değeri

Barajdan akarsu yatağındaki ortalama akım üzerine bırakılan akımın diğer baraja ulaşma zamanı, barajlar arası mesafeye, akarsu yatağındaki sürtünmeye ve kesit özelliklerine, akarsuyun debisine bağlı olarak değişmektedir. Barajlar arasında,

kinematik dalga modeli kullanılarak barajdan bırakılan akımın diğer baraja ulaşma zamanının eğrileri, denklemleri ve regresyon değerleri elde edilmiştir. Şekil 4,2' de, barajdan bırakılan akım miktarı büyüdüğü zaman ulaşma zamanı küçüldüğü görülmüştür. Şekil 4,2'deki ulaşma zamanı değerleri birbirinden farklı olmuştur. Bu farkın nedeni barajlar arası mesafeden kaynaklanmaktadır. Barajlar arası mesafe artıkça ulaşma zamanı artmakta, mesafe azaldıkça azalmaktadır.



Şekil 4.2: Berke Barajı'ndan bırakılan akımın Aslantaş Barajı'na ulaşma zamanının eğrisi, denklemi ve regresyon değeri

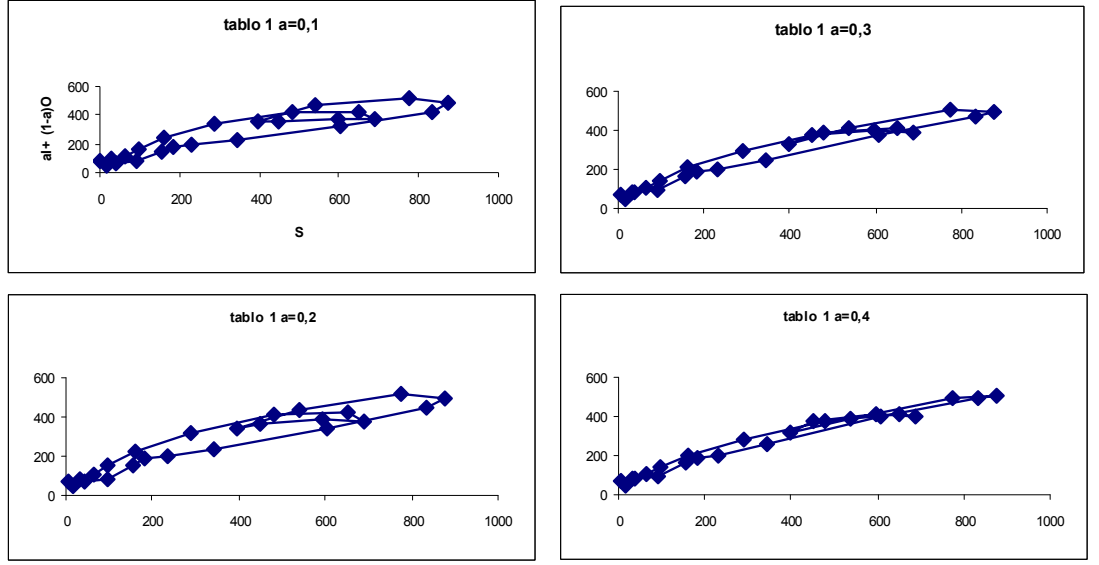
4.2 Muskingum Modelinden Elde Edilen Sonuçlar

4.2.1 Modele giren veriler

Havzaya giren akım ve çıkan akım verileri bellidir (Tablo 4,2). Bu verilere göre Tablo 4.2'de a katsayıları seçilerek $aI+(1-a)O - S$ grafiği (Şekil 4.3) çizildikten sonra doğruya en yakın grafiğin eğiminden K katsayısı kararlaştırılır. Buradan C_0, C_1, C_2 katsayıları bulunur ve $O_2=C_0.I_2+C_1.I_1+C_2O_1$ değerleri bulunarak Şekil 4,4 elde edilir. Bu değerleri kinematik dalga metoduyla karşılaştırabilmek için bu işlemler birkaç ere daha farklı değerlerle yapılmıştır ve Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 elde edilmiştir. Yani giren akımın ötelendikten sonra ulaştığı değer grafiği ve ulaştığı değer ulaşma zamanı grafikleri elde edilmiştir. Böylece Kinematik Dalga ve Muskingum modellerini karşılaştırabileceğiz.

Tablo 4.2 a katsayılarının hesaplanması.

Zaman (gün)	Giren akış I(m ³ /s)	Çıkan akış O(m ³ /s)	S (m ³ /s - saat)	aI+(1-a)O			
				a=0,1	a=0,2	a=0,3	a=0,4
1	58,7	41,8	16,9	43,49	45,18	46,87	48,56
2	93,1	69,7	40,3	72,04	74,38	76,72	79,06
3	129	75,6	93,7	80,94	86,28	91,62	96,96
4	205	142	156,7	148,3	154,6	160,9	167,2
5	210	183	183,7	185,7	188,4	191,1	193,8
6	234	185	232,7	189,9	194,8	199,7	204,6
7	325	213	344,7	224,2	235,4	246,6	257,8
8	554	293	605,7	319,1	345,2	371,3	397,4
9	627	397	835,7	420	443	466	489
10	526	487	874,7	490,9	494,8	498,7	502,6
11	432	533	773,7	522,9	512,8	502,7	492,6
12	252	487	538,7	463,5	440	416,5	393
13	228	371	395,7	356,7	342,4	328,1	313,8
14	412	358	449,7	363,4	368,8	374,2	379,6
15	504	358	595,7	372,6	387,2	401,8	416,4
16	453	358	690,7	367,5	377	386,5	396
17	388	427	651,7	423,1	419,2	415,3	411,4
18	270	441	480,7	423,9	406,8	389,7	372,6
19	162	354	288,7	334,8	315,6	296,4	277,2
20	124	252	160,7	239,2	226,4	213,6	200,8
21	102	164	98,7	157,8	151,6	145,4	139,2
22	80,8	115	64,5	111,58	108,16	104,74	101,32
23	60,1	93,8	30,8	90,43	87,06	83,69	80,32
24	50,5	78,6	2,7	75,79	72,98	70,17	67,36



Şekil 4.3 aI+(1-a)O-S grafiği.

Burada doğruya en yakın olan grafiğin eğiminden K katsayısı bulunur. K taşkın dalgasının göz önüne alınan akarsu parçasından geçiş süresini gösterir. K=2 saat, a=0,3, $\Delta t = 1$ saat olarak seçilmiştir.

$$C_0 = [(-aK) + (0,5\Delta t)] / [K - (aK) + (0,5\Delta t)] \quad C_0 = -0,05263$$

$$C_1 = [(aK) + (0,5\Delta t)] / [K(aK) + (0,5\Delta t)] \quad C_1 = 0,578947$$

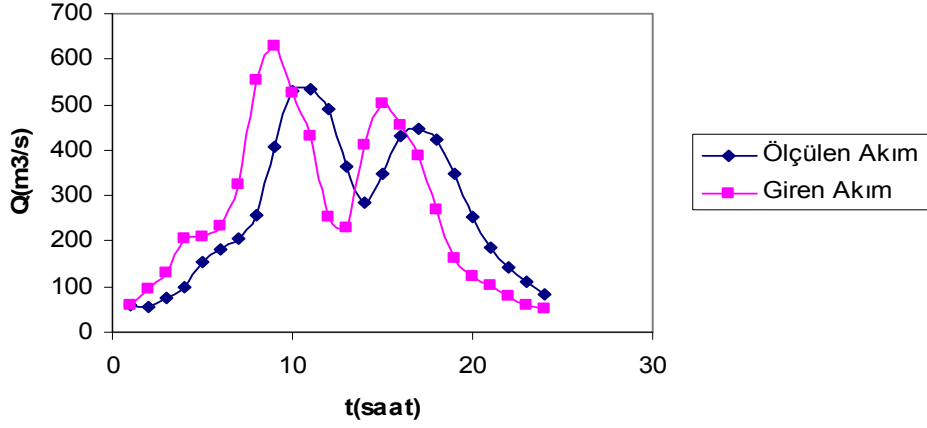
$$C_2 = 1 - C_0 - C_1 \quad C_2 = 0,473684$$

$$O = C_0 \cdot I_2 + C_1 \cdot I_1 + C_2 \cdot O_1$$

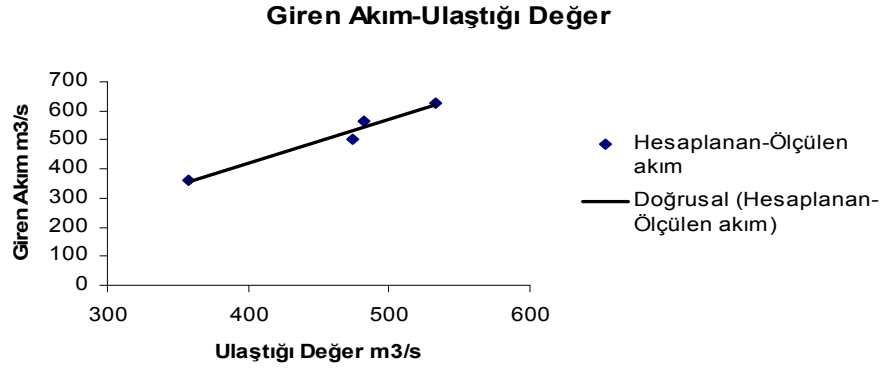
Tablo 4.3 Ötelenerek çıkan akışın bulunması

Zaman t(saatt)	Giren akış I(m ³ /s)	C ₀ .I ₂ (m ³ /s)	C ₁ .I ₁ (m ³ /s)	C ₂ .O ₁ (m ³ /s)	Çıkan akış O(m ³ /s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	58,7	0	0	0	58,7
2	93,1	-4,9	34,0	27,8	56,88
3	129	-6,8	53,9	26,9	74,05
4	205	-10,8	74,7	35,1	98,97
5	210	-11,1	118,7	46,9	154,51
6	234	-12,3	121,6	73,2	182,45
7	325	-17,1	135,5	86,4	204,79
8	554	-29,2	188,2	97,0	256,00
9	627	-33,0	320,7	121,3	409,00
10	526	-27,7	363,0	193,7	529,05
11	432	-22,7	304,5	250,6	532,39
12	252	-13,3	250,1	252,2	489,02
13	228	-12,0	145,9	231,6	365,53
14	412	-21,7	132,0	173,2	283,46
15	504	-26,5	238,5	134,3	346,27
16	453	-23,8	291,8	164,0	431,97
17	388	-20,4	262,3	204,6	446,46
18	270	-14,2	224,6	211,5	421,90
19	162	-8,5	156,3	199,8	347,63
20	124	-6,5	93,8	164,7	251,93
21	102	-5,4	71,8	119,3	185,75
22	80,8	-4,3	59,1	88,0	142,79
23	60,1	-3,2	46,8	67,6	111,25
24	50,5	-2,7	34,8	52,7	84,83

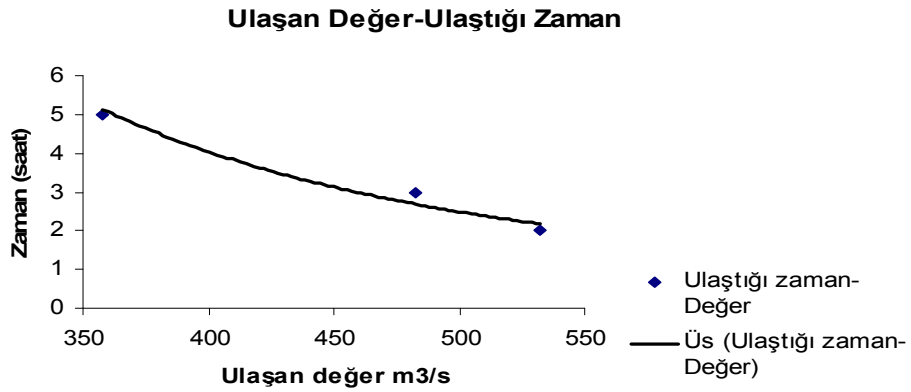
4.2.2 Modelden çıkan veriler



Şekil 4.4 Muskingum modeliyle elde edilen Ötelenen Akım-Giren Akım değerleri grafiği



Şekil 4.5 Akarsuya Giren akımın öteleme sonucu ulaştığı değer grafiği



Şekil 4.6 Ötelenen akımın ulaşma zamanı grafiği

Ceyhan Havzasında meydana gelen taşkına ait piklerin matematiksel olarak modellenmesinde hidrolojik modellerden biri olan Muskingum Modeli, hidrolik metotlardan biri olan Kinematik Dalga Metodu kullanılmıştır. Bu iki yöntemden elde edilen sonuçları karşılaştırmak için akım değeri bakımından karşılaştırma indisi

tanımlamak gerekmektedir. Bu karşılaştırma indisi bırakılan akım değerinin, ulaşan akım değerine bölünerek elde edilebilir. Karşılaştırma indisi;

$$k_q = \text{Bırakılan Akım değeri} / \text{Ulaşan Akım değeri} \quad (4.1)$$

dir. Buna göre Muskingum Metodunda karşılaştırma indisi değerleri, Tablo 4,4’de verildiği gibidir. Buradan Muskingum Modeli için ortalama karşılaştırma indisi değeri 1,105252’dir. Kinematik Dalga metoduna göre karşılaştırma değerleri Tablo 4,5’da verildiği gibidir. Buradan Kinematik Dalga metodu için ortalama karşılaştırma indisi 1,10585’dir.

Tablo 4.4 Muskingum Metodunda karşılaştırma indisi değeri

Giren Akım	Hesaplanan Akım	
627	532,39	1,177708
567	482,47	1,175203
502	473,85	1,059407
361	357,89	1,00869
	$k_q =$	1,105252

Tablo 4.5 Kinematik Dalga Metodunda karşılaştırma indisi değeri

Bırakılan akım	Ulaşan Değer	
12	10	1,2
37	35	1,057143
54	49	1,102041
72	65	1,107692
85	80	1,0625
	$k_q =$	1,105875

Muskingum modelinin karşılaştırma indisi Kinematik Dalga Metodunun karşılaştırma indisine yakın çıktığı görülmüştür. Sonuç olarak Kinematik Dalga Metodunun, Muskingum Metoduna göre daha iyi öteleme yaptığı görülmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Taşkın öteleme metotları hidrolik ve hidrolojik metotlar olarak tek tek ele alınıp, irdelendikten sonra, kinematik dalga metodu için kurulan model ve muskingum modeli için elle yapılan çözüm karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır. Bunlar;

1. Kinematik dalga metodunda bırakılan akım-ulaşan akım grafiği elde edilmesi
2. Muskingum metodu için bırakılan akım- ulaşan akım grafiği elde edilmesi
3. Kinematik dalga metodunda ulaşan değer- ulaştığı zaman grafiği elde edilmesi
4. Muskingum metodunda ulaşan değer- ulaştığı zaman grafiği elde edilmesi

şeklinde olup, burada mambadan bırakılan büyük akımlar daha kısa sürede mansaba ulaşmakta, küçük akımlar daha uzun sürede ulaşmaktadır.

5. Her iki metot için karşılaştırma indisi tanımlanmıştır. Kinematik dalga metodunda karşılaştırma indisi daha büyük çıkmıştır. Buradan, bu sonuca göre kinematik dalga metodunun daha iyi öteleme yaptığı söylenebilir.
6. Akarsu yatağında taşkın durumunda alınması gereken önlemler bakımından karşılaştırma indisinin küçük olduğu yaklaşım tercih edilmelidir. Bunun sebebi, karşılaştırma indisinin küçük olduğu durumda mambadan bırakılan akımın mansaba daha az sönümlenerek ulaşmasıdır.

İleri ki çalışmalara öneri olarak, muskingum metodu için Ceyhan Havzası'ndan deneysel veriler toplanabilir. Muskingum için matematiksel model kurulabilir. Diğer hidrolik ve hidrolojik öteleme yöntemleri ile de çözüm yapılabilir. Yapay sinir ağları, genetik algoritma gibi(yapay zekâ) yaklaşımlar kullanılarak çözümlenebilir. Hidrolik metotlar (dinamik ile kinematik...) kendi içlerinde de karşılaştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

Ağırlioğlu, N., “Akarsu Havzaları İçin Birleşik Bir Akış Modeli”. Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 125s, İstanbul (1981).

Al-Humoud, J., Esen, İ., “Approximate methods for the Estimation of Muskingum Flood Routing Parameters”. *Water Resources Management*, Vol.20 , No:6, pp. 979-990. (2006).

Aldama, A. A., “Least Squares Parameter Estimation for Muskingum Flood Routing”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 116, No: 4, p580-586 (1990).

Bajracharya, K., Barry, D. A., “Optimized Muskingum- Cunge Solution Method for Solute Transport with Equilibrium Freundlich Reactions”, *Journal of Contaminant Hydrology*, 18, p.221-238 (1995).

Bajracharya, K., Barry, D. A., “Accuracy Criteria for Linearised Diffusion Wave Routing” . *Journal of Hydrology*,195, p 200–217. (1997).

Barry, D. A., Bajracharya, K., “On the Muskingum-Cunge Flood Routing Method”, *Environment International*, Vol. 21, No:5, p. 485-490. (1995).

Bayazıt M., “Türkiye’de Taşkınlar ve Taşkın Kontrol Yönetimi”. *Türkiye Mühendislik Haberleri*,418, 27-2. (2002).

Birkhead, A. L., James C. S., “Synthesis of Rating Curves from Local Stage and Remote Discharge Monitoring Using Nonlinear Muskingum Routing”. *Journal of Hydrology*, 205, p.113-132. (1998).

Camacho, L. A., Lees, M. J., “Multilinear Discrete Lag-Cascade Model for Channel Routing”. *Journal of Hydrology* 226, p. 30-47. (1999).

Choudhury, P., “Multiple Inflows Muskingum Routing Model”. *Journal of Hydrologic Engineering*. Vol.12. Issue 5, pp. 473-481(September/October2007)

Chow, V. T., “Open Channel Hydraulics”.. *McGraw-Hill Book Company*, New York. 680p. USA. (1959).

Erkek, C., Ağırlioğlu N., “Su Kaynakları Mühendisliği”. *Beta BasınYayın Dağıtım, Üçüncü Baskı*, İstanbul. 360s. (1993).

H. R. Moradi, M.Vafakhah and A. Akbari Baviel, “ Comparison of Flood Routing by Muskingum and Muskingum- Cunge Methods of Lighvan River”. *J.Sci. & Technol. Agric & Natur Resour.*, Vol 11, No. 42 (b), Isf Univ. Technol., Isf., Iran. (2007).

Hydrologic Engineering Center., “HEC-1 Flood Hydrograph Package User’s Manal”. *U.S. Army Corps Of Engineers*, 412 p . Davis, California USA. 1990a.

Hydrologic Engineering Center., “River Routing With HEC-1 and HEC-2 Training Document No:30”, *U.S. Army Corps Of Engineers*, 146 p. Davis, California USA. (1990b).

Jin, M., Fread, D.L., “Dynamic Flood Routing with Explicit and Implicit Numerical Solution Schemes”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 123, No:3, p.168-179. (1997).

Keskin, M. E., Ağırlioğlu N., “A Simplified Dynamic Model for Flood Routing in Rectangular Channels”. *Journal of Hydrology*. 202,p.302-314. (1997).

Keskin, M. E., “Farklı Enkesitli Akarsularda Kinematik Modelle Taşkın Ötelenmesi”. Y.Lisans Tezi(yayınlanmamış), *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 83s, (1989).

Kshirsagar, M. M., Rjagopalan, B., Lall, U., “Optimal Parameter Estimation for Muskingum Routing with Ungauged Lateral Inflow”, *Journal of Hydrology*, 169, p 25-35. (1995).

Ligget, J., “Basic Equations of Unsteady Flow”, *Unsteady Flow in Open Channel, Vol. I(Mahmood, K., Yevjevich, V., -eds.)*,26-62, Colorado, USA. (1975).

Linsley, R. K., Kohler, M. A., Paulhus J. L. H., “Hydrology for Engineers“. *McGraw-Hill Book Company*, 482p. New York USA. (1975).

Miller, W. A., Cunge, J. A., “Simplified Equatinos of Unsteady Flow”. *Unsteady Flow in Open Channel*, Vol. I, (Mahmood, K., Yevjevich , V., -eds.), 183-257. (1975).

Molls, T., Molls, F., “Space-time Convarsation Method Applied to Saint Venant Equations” . *Journal of Hydralic Enineering*, Vol. 124, No:5 , p 501-508. (1998).

Moramarco, T., Fan, Y., Bras, R. L., “Analytical Solution for Channel Routing with Uniform Lateral Inflow”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 125, No:7, p. 707-712. (1999).

Moussa, R., Bocquillon, C., “Algorithms for Solving the Diffususive Wave Flood Routing Equation”. *Hydrological Processes*, Vol. 10, p. 105-123. (1996).

Moussa, R., Bocquillon, C., “Criteria for the Choice of Flood Routing Methods in Natural Channel”, *Journal of Hydrology* 186, p. 1-30. (1996).

- Moussa, R., Bocquillon, C., “Fractional-Step Method Solution of Diffusive Wave Equation”. *Journal of Hydrologic Engineering*, Vol.,6, No:1, p, 11-19. (2001).
- Mozayeny, B., Song, C. S., “Propagation of Flood Waves in Open Channels”. *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 95, No: HY3,p 877-892 (1969).
- Nguyen, Q. K., Kawano, H., “Simultaneous Solution for Flood Routing in Channel Networks”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 121, No:10,p 744-750 (1994).
- Opan. M., “Çok Barajlı Sistemlerde Çok Amaçlı Optimal İşletme” Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 233s, (2007).
- Perumal, M., “Multilinear Discrete Cascade Model for Channel Routing”. *Journal of Hydrology* .158, p. 135-150. (1992).
- Perumal, M., “Multilinear Muskingum Flood Routing Method”, *Journal of Hydrology*, 133, p. 259-272. (1992).
- Perumal, M., “Multilinear Muskingum Flood Routing Method”. *Journal of Hydrology*, 133, p.259-272. (1992).
- Perumal, M., “Multilinear Discrete Cascade Model for Channel Routing”. *Journal of Hydrology* 158, p.135-150. (1994).
- Ping, F., Xiaofang ., “Method of Routing for Multibranch Rivers”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 125, No:3, p. 271-276. (1999).
- Ponce, V. M., “The Kinematic Wave Controversy”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 117, No: 4, p. 511-525. (1991).
- Ponce, V. M., “Simplified Muskingum Routing Equation. *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 105, No:HY1, p.85–91. (1979).
- Ponce, V. M., Chaganti, P. V., “Variable Parameter Muskingum-Cunge Method Revisited”. *Journal of Hydrology*, 162,p.433-439. (1994).
- Ponce,V. M., Chen, Y. H., Simons, D. B., “Unconditional Stability in Convection Computations”. *Journal of Hydraulic Division* , Vol. 105, No: HY9 , p. 1079-1086. (1979).
- Ponce, V. M., Huston, P. T., “New Perspective on the Convection-Diffusion-Dispersion Equation”.*Water Resources Research*,Vol. 30,No:5,p.1619-1620.(1994).
- Ponce, V. M., Li, R., Simons, D. B., “Applicability of Kinematic and Diffusion Models”. *Journal of Hydraulics Division*, Vol.104, No: HY3, p. 353-36.1. (1978).
- Ponce, V. M., Lohani, A. K.; Scheyhing, C., “Analytical Vertification of Muskingum-Cunge Routing”. *Journal of Hydrology*, 174, p.235-241. (1996).

- Ponce, V. M., Lugo, A. K., “Modeling Looped Ratings in Muskingum-Cunge Routing”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 6, No: 2, p.119-124. (2001).
- Ponce, V. M., Theurer F. D.; “Accuracy Criteria in Diffusion Routing”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 117, No:4, p.511–525. (1982).
- Ponce, V. M., Theurer F. D., “Accuracy Criteria in Diffusion Routing”. *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 108 , No:HY6, p.747-757. (1982).
- Ponce, V. M., Yevjevich, V., “Applicability of Kinematic and Diffusion Models”. *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 104, No:HY12, p.1663-1667. (1978).
- Ponce, V. M., Yevjevich, V., “Muskingum- Cunge Method with Variable Parameters”. *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 104, No: HY12, p. 1663-1667. (1978).
- Rashid, R. S. M. M., Chaudhry, M. H., “Flood Routing in Channels With Flood Plains”. *Journal of Hydrology*, 171,p.75-91. (1995).
- Shultz M. J., “Comparision of Flood Routing Methods for a Rapidly Rising Hydrograph Routed Through a Very Wide Channel” *Texas Arlington University, M. S., Thesis*, USA, 146p, (1992).
- Strupczewski, W., Kundzewicz, Z., “Muskingum Method Revisited”. *Journal of Hydrology*, 48, p. 327-342. (1980).
- Szel, S., Gaspar, C., “On the Negative Weighting Factor in the Muskingum –Cunge Scheme”. *Journal of Hydraulic Research*, Vol.38, No:4, p.299-306. (2001).
- Szymkiewichz, R., An Alternative IUH for the Hydrological Lumped Models. *Journal of Hydrology*, 259, p 246-253. (2002).
- Tewold, M. H., Smithers, J. C., “Flood routing in ungauged catchments using Muskingum Models”. *Water SA*. Vol.32(3) pp.379–388. (2006).
- Thang, X., Knight, D., “Variable Parameter Muskingum-Cunge Method for Flood Routing in a Compound Channel”. *Journal of Hydraulic Research*, Vol.37, p.591-614. (1999a).
- Thang, X., Knight, D. W., Samuels, P. G., “Volume Conservation in Variable Parameter Muskingum-Cunge Method”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol.125, No:6, p.610-620. (1999b).
- Tingsanchali, T., Manandhar, S. K., “Analytical Diffusion Model for Flood Routing”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 111, No:3, p. 435-453. (1985).

Tsai, C. W., "Flood routing in mild-sloped rivers wave characteristics and downstream backwater effects". Department of *Civil Structural and Environmental Engineering, Journal of Hydrology*, Vol.308 No:1/4 pp.151-167. Amsterdam,(2005).

Tseng, M. H., Hsu, C. A., Chu, C. R., "Channel Routing in Open Channel Flows with Surges". *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 127, No:2, p. 115-122. (2001).

Ünsal, İ, "Değişken Akımların Hidroliği". *Matbaa Teknisyenleri Basımevi*. 286s. İstanbul. (1978).

Weinmann, P. E., "Comparison of Flood Routing Methods for Natural Rivers". PhD Thesis, (Unpublished). *Civil Engineering Research Reports Monash University*, USA, 181p,. (1977).

Yen, B. C., Tsai, C. W., "On Noninertia Wave Versus Diffusion Wave in Flood Routing". *Journal of Hydrology*, 244, p. 97-104. (2001).

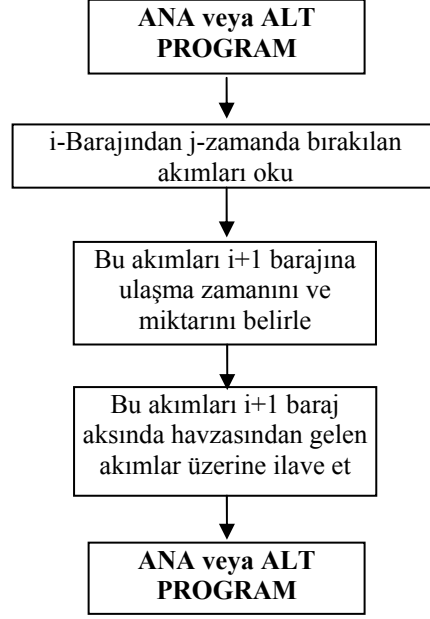
Zhang, S., Cordery, I., Sharma, A., "Appliation of an Improved Linear Storage Routing Model for the Estimation of Large Floods". *Journal of Hydrology*, 258, p.58-68. (2002).

EK A BIRAKILAN AKIMLARIN AKARSU YATAĞINA GÖRE ÖTELENMESİNİN HESABI

A.1. Kindlg (Alt Program)

Bu program dolu savak ve enerji üretimi kapasitesine göre bırakılan akımların akarsu yatağı özelliklerine bağlı olarak ötelenmesini hesaplamakta, diğer taraftan da bu ötelenen akımların diğer baraj aksında, barajın havzasından gelen akımlar üzerine ilave etmektedir.

Bu programda yapılan işlemler şu şekildedir. İlk olarak dolu savak ve enerji üretimi kapasitelerinin oluşturduğu toplama kapasite ile karşılaştırmaktadır. Burada bırakılan akım, bu kapasiteden küçük ise, bırakılma zamanı, akımın diğer baraja ulaşma zamanını belirleyen denklemden elde edilen zamanın üzerine ilave edilmekte ve diğer baraja ulaşma değerini belirleyen denklemler ile akımın ötelenmesi gerçekleştirilmektedir. Bırakılan akım bu kapasiteden büyük ise, kapasiteye aşmayacak şekilde öngörülen bırakılma hidrografı ile, akımın diğer baraja ulaşma zamanı ve değerini belirlenmektedir. Bu elde edilen değerler diğer baraj aksında, barajın havzasından gelen akımlar üzerine, ilgili zaman durumuna göre ilave edilmektedir. Böylece akımlar diğer baraj aksına taşınmaktadır.



Şekil A.1: Alt program KINDLG için geliştirilmiş akış şeması

ÖZGEÇMİŞ

Oğuzhan Atalay 21 Kasım 1983’de Kocaeli’nde doğdu. İlk ve ortaöğretimini İzmit’te tamamladı. 2001 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünü 2005 yılında bitirdi. Met Yapı Denetim A.Ş. kuruluşunda yardımcı kontrol elemanı olarak görev aldı, Kubilay Urhan İnşaat Ltd. Şti. kuruluşunda şantiye şefi olarak görev aldı, Doka İskele ve Kalıp San. Tic. A.Ş. kuruluşunda Teknik Ofis’te görev aldı.