



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hatice Betül UMARUSMAN

**BİLEŞİK KESİTLİ KANALLARDA
DEBİ HESABI**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANIYE – 2018

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ORTAK
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

BİLEŞİK KESİTLİ KANALLARDA DEBİ HESABI

Hatice Betül UMARUSMAN

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
HAZİRAN-2018**

TEZ ONAYI

BİLEŞİK KESİTLİ KANALLARDA DEBİ HESABI

Hatice Betül UMARUSMAN tarafından Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İSTE

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Tarık BARAN
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Doç. Dr. Cahit BİLİM
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, MEÜ

.....

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

.....

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

(İmza)

Hatice Betül UMARUSMAN



ÖZET

BİLEŞİK KESİTLİ KANALLARDA DEBİ HESABI

Hatice Betül UMARUSMAN
Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN

Haziran 2018, 55 sayfa

Ana kanal ve taşkın yataklarından oluşan bileşik kesitli kanallarda birçok debi hesaplama yöntemi mevcuttur. Bu çalışmada, klasik yöntemlerden olan SCM (Tek Kanal Metodu), DCM (Bölünmüş Kanal Metodu) ve MDCM (Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Metodu) yöntemleri kullanılarak debi hesaplaması yapılmıştır. Literatürde verilen bileşik kesitli bir kanala uygulanan bu yöntemler ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen hesap debileriyle deneysel debi değerleri karşılaştırılmış ve bu klasik yöntemlerin geçerliliği incelenmiştir. Sonuç olarak bu üç yöntemden en az hata oranı veren yöntem belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bileşik kesitli kanal, SCM, DCM, MDCM

ABSTRACT

THE COMPUTATION OF DISCHARGE CAPACITY IN COMPOUND CHANNELS

Hatice Betül UMARUSMAN
M.Sc., Department of Civil Engineering
Supervisor: Associate Professor Selahattin KOCAMAN

June 2018, 55 pages

There are many computation methods for the discharge capacity of compound channels consisting of the main channel and its floodplains. In this study, the discharge computation is carried out using Single Channel Method (SCM), Divided Channel Method (DCM) and Modified Divided Channel Method (MDCM) known as classical methods. These methods have been applied to a compound channel given in the literature. The computed discharge values were compared with the experimental discharge values, and the validity of these classical methods is investigated.

Key Words: Compound channel, SCM, DCM, MDCM



Çok kıymetli canım aileme...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütölmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Selahattin KOCAMAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bölümdeki çalışmalarım süresince beni destekleyen diğer bölüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İTHAF.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	17
3.1 Bileşik Kesitli Kanallarda Debi Hesaplanma Yöntemleri.....	17
3.1.1 Tek Kanal Metodu (SCM).....	17
3.1.2 Bölünmüş Kanal Metodu (DCM).....	19
3.1.3 Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Metodu (MDCM).....	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	24
4.1 Kullanılan Deney Düzeneği Ve Deney Verileri.....	24
4.1.1 Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar Kanalı (10,75 m) ve Deney Verileri.....	24
4.2 Deney Verilerinin Analizi.....	26
4.2.1 Tek Kanal Metodu (SCM) İle Debi Hesabı.....	26
4.2.2 Bölünmüş Kanal Metodu (DCM) İle Debi Hesabı.....	28
4.2.3 Modifiye Edilmiş Kanal Metodu (MDCM) İle Debi Hesabı.....	35
4.2.4 Ortalama Hata Değerleri ve Grafikler.....	41
5. SONUÇLAR.....	47
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar kanal deney verileri	25
Çizelge 4.2. Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar kanal deney verileri	26
Çizelge 4.3. SCM ile hesaplanmış debi değerleri	27
Çizelge 4.4. SCM ile hesaplanmış debi değerleri (devamı).....	28
Çizelge 4.5. DCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri	29
Çizelge 4.6. DCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	30
Çizelge 4.7. DCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	30
Çizelge 4.8. DCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	31
Çizelge 4.9. DCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri	31
Çizelge 4.10. DCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	32
Çizelge 4.11. DCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	32
Çizelge 4.12. DCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	33
Çizelge 4.13. DCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	33
Çizelge 4.14. DCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	34
Çizelge 4.15. DCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	34
Çizelge 4.16. DCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	35
Çizelge 4.17. MDCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	36
Çizelge 4.18. MDCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	36

Çizelge 4.19. MDCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	37
Çizelge 4.20. MDCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	37
Çizelge 4.21. MDCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	38
Çizelge 4.22. MDCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	38
Çizelge 4.23. MDCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	39
Çizelge 4.24. MDCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	39
Çizelge 4.25. MDCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	40
Çizelge 4.26. MDCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	40
Çizelge 4.27. MDCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri.....	41
Çizelge 4.28. MDCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)	41
Çizelge 4.29. SCM ortalama hata değerleri (%)	42
Çizelge 4.30 DCM ortalama hata değerleri (%)	42
Çizelge 4.31. MDCM ortalama hata değerleri (%)	43
Çizelge 4.32. SCM, DCM ve MDCM hata değerleri (%).....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bileşik kanal geometrisi.....	2
Şekil 3.1. Bileşik kanal geometrisi.....	17
Şekil 3.2. Bölünmüş Kanal Metodu (DCM)	21
Şekil 4.1. Londra Üniversitesindeki laboratuvar kanalı kesiti (10,75 m)	24
Şekil 4.2. A serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri.....	44
Şekil 4.3. B serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri.....	44
Şekil 4.4. C serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri.....	45
Şekil 4.5. D serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri.....	45



SİMGELER ve KISALTMALAR

B	Taşkın yatağının ana kanala en uzak noktası ile ana kanal orta noktası arasındaki mesafe	(m)
b	Taşkın yatağının ana kanala en yakın noktası ile ana kanal orta noktası arasındaki mesafe	(m)
H	Kanal tabanı üzerindeki su derinliği	(m)
h	Ana kanal üst kotunun üzerindeki su derinliği	(m)
n	Manning pürüzlülük katsayısı	(-)
R	En kesit hidrolik yarıçapı (kesit alanı A 'nın ıslak çevre P 'ye oranı)	(m)
S_o	Kanal taban eğimi	(-)
U	Ortalama akım hızı	(m/s)
$\frac{1}{n}$	Kanal taban ve cidar bileşimine dayanan bir sabit	(-)
Q	Debi	(m ³ /s)
X_{fp}	Taşkın yatağının etkileşim uzunluğu olarak adlandırılan ıslatılmış çevresinden çıkarılacak arabirim uzunluğu	(m)
X_{mc}	Ana kanal ıslatılmış çevre içerisine eklenmesi için ara yüz uzunluğu	(m)
$\%S_{fp}$	Taşkın ovalarında kesme kuvvetinin yüzdesi	(-)
n_{fp}	Taşkın yatağı alt bölümlerinin Manning katsayısı	(-)
n_{mc}	Ana kanalın Manning katsayısı	(-)
α	Genişlik oranı (B / b)	(-)
β	Bağıl derinlik ($(H - h)/H$)	(-)

1. GİRİŞ

Canlılığın varoluşundan buyana su her dönemde insanlığın kaderini belirleyen en önemli varlık olmuştur. Su ihtiyacının karşılanması için insanlar su yataklarına; nehirlere, göllere, denizlere yakın yerlerde konuşlanmışlardır. İnsanların nüfusu arttıkça, suya duyulan ihtiyaç da artmıştır. Zaman zaman su yatakları taşkınlara sebep olmuştur. Buna rağmen insanlar taşkın yataklarından uzakta kalamamışlardır.

Nüfus artışıyla birlikte toprak alanlarının kullanımındaki artış ve iklimdeki değişiklikler ilerde meydana gelebilecek taşkınların en önemli faktörlerindedir. Nüfus artışı, kıyılardaki veya nehir taşkın yataklarında meydana gelen şehirlere doğru göçleri artırmış ve bu sebeple de oluşabilecek taşkın riskini artırmıştır. İklim değişikliği ise, ileride meydana gelebilecek taşkınların oluşmasında önemli faktör olan yağış miktarını ve deniz seviyesini etkilemektedir [1].

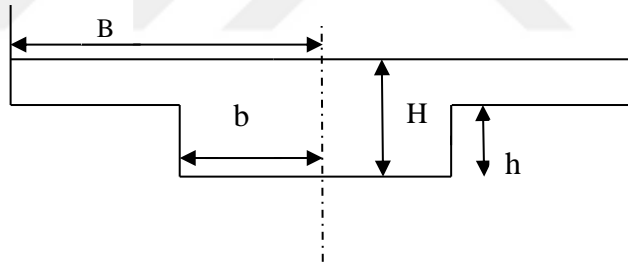
Hidrolik mühendislerinin taşkın etkilerini azaltmaları için gün geçtikçe daha fazla talep olmaktadır. Başlarda taşkın kontrolü için seddeler ve geciktirme havuzları gibi büyük çalışmalar gelmekteydi. Günümüzde ise tercihen daha fazla güçlendirilebilir çözümler kabul görmektedir. Sadece mevsimler arası kullanım veya yerleşim alanlarından uzaklaşılması, seddelerin geri çekilmesiyle nehirler için daha fazla boşluk bırakılması ve nehirlerin kendi doğal taşkın yataklarının yeniden oluşturulması veya nehirlerin sahip oldukları doğal taşkın yataklarının oluşturmalarına müdahale edilmemesi bu çözümler arasında sayılabilir [2].

Taşkın modellemesinde mühendislerin karşılaştığı sorunlar, temelde nehir tabanının ve havza topografyasının bir özelliği olarak maksimum su seviyesinin ve taşkın ilerleme hızlarının tahmin edilmesinden oluşmaktadır. Ancak küresel iklim değişiklikleri sonucu meydana gelmesi muhtemel sağanak yağışlar ve artan kentleşme sebebiyle taşkın hesaplama güçlüklerinin çoğalmasına neden olmaktadır. Başka bir yünden, hidrolik modellerle verilen bir debideki ulaşılacak su seviyesini, taşkınların morfolojik sonuçlarını ve taşkın yayılımını açıklamaktadır. Ancak buradaki esas zorlayıcı durum, nehrin ana yatağından taşkın yatağına geçmiş akımın karmaşıklığıdır [3].

Tek kesitli kanallarda verilen debiye karşılık su seviyesinin hesaplanması oldukça kolay bir problem olsa da suyun ana kanaldan taşkın yataklarına geçmesiyle problem oldukça karmaşık olmaktadır. Taşkın yatakları geciktirme havuzları olarak görev yapmalarının yanı sıra aynı zamanda debi taşımalarından dolayı akımın karmaşıklığına neden olmaktadır [4].

Bileşik kesitli kanallar, bir ana yatak ve bir veya daha fazla taşkın yataklarından oluşan önemli su yapılarıdır. Taşkın sırasında meydana gelebilecek zararları önlemesi bu yapıların önemini arttırmaktadır. Taşkın yatakları ana kanalların taşıma kapasitesini arttırmasına yardımcı olurlar [5].

Bir ana kanal ve taşkın yataklarından meydana gelen bir bileşik kanalın geometrisi Şekil 1.1’de görülmektedir. Burada H , kanal tabanı üzerindeki su derinliğini; h , ana kanal üst kotunun üzerindeki su derinliğini; B , taşkın yatağının ana kanala en uzak noktası ile ana kanal orta noktası arasındaki mesafeyi ve b , taşkın yatağının ana kanala en yakın noktası ile ana kanal orta noktası arasındaki mesafeyi göstermektedir [5].



Şekil 1.1. Bileşik kanal geometrisi [5]

Bu çalışmada, Tek Kanal Yöntemi (SCM), ana kanal ile taşkın yatakları arasında farklı ara yüzeyli düzlemlerine sahip Bölünmüş Kanal Yöntemi (DCM) ve Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Yöntemi (MDCM) literatürde verilmiş olan bileşik kanal kesitine uygulanmıştır. Yöntemlerin ortalama mutlak hata değerleri incelenmiş ve seviye-debi ilişkileri grafik olarak sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Pek çok araştırmacı, bileşik kesitli kanallar için pek çok deneysel ve teorik çalışmalar yapmışlardır. Bu bölümde bileşik kesitli kanallarla ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar özetlenmiştir.

Seçkin [6], laboratuvarındaki geniş ve küçük ölçekli kanallardan ve prototip bir bileşik nehir kanalından (Main River) elde edilen verilere bir boyutlu Tek Kanal Metodu (SCM), Bölünmüş Kanal Metodu (DCM), Ackers Metodu (COHM) ve Debi Değişim Metodu (EDM) yöntemlerini uygulamıştır. Bu çalışmalarda, taşkın yatakları için düz veya pürüzlü yüzeyler ve ana kanal için rijit veya hareketli yüzeyler incelenmiştir.

Rice [7], Posey [8] bileşik kesitli kanal debi hesaplamaları üzerine geleneksel yöntemleri kullanmışlardır. Bileşik kanaldaki kesiti, farklı hayali ara yüzey düzlemler (düşey, yatay, diyagonal) kullanarak homojen bölgelere bölmüşlerdir. Her bir bölgenin debisini ayrı ayrı hesaplamışlar ve sonrasında toplam debiyi bulmuşlardır. Bu çalışmayı gerçekleştirirken momentum transfer mekanizması varlığını ihmal etmişler ve bu yöntemlere ilişkin hataları tek tek hesaplamışlardır.

Brown ve James [9], belli şekil özelliklerine sahip kanalın ilgili sınır pürüzlülüğüne dayanarak Manning denklemi için basit bir düzeltme faktörü belirlemişlerdir. Yöntemlerini, “modifiye edilmiş tek kanal” yaklaşımı olarak isimlendirmişler ve hesaplamış oldukları debilerin deneylerde gözlenen debilere çok yakın olduğunu bulmuşlardır.

Myers [10], ana kanal ve taşkın yatağı akımlarının doğru bir şekilde modellenmesinin zorluklarını içeren bileşik kanallarda debi hesaplama problemlerini araştırmıştır. Teorik hesaplamalar, bileşik kesitli kanalda ana kanal hızı ve debisinin taşkın yatağı hızı ve debisine oranlarının, taban eğiminden bağımsız olduğunu ve sadece derinlik ve kanal geometrisinden etkilendiğini göstermiştir. Bu teorik hesaplamaların deneysel sonuçlarla doğrulanmasını, üç simetrik bileşik kesitli kanal düzeneğinden elde edilen verileri kullanarak gerçekleştirmiştir. Myers, bileşik kanaldaki ana kanal ile taşkın yatakları arasındaki etkileşimi ihmal eden geleneksel yöntemler sonucu elde edilmiş

değerlerle ölçülmüş debilerin karşılaştırmalarını yapmış ve karşılaştırma sonunda oluşan hataları çalışmasında vermiştir.

Tokyay [11], kanaldaki düşey ara yüzeyler için bir Manning pürüzlülük katsayısı elde etmiş ve sonrasında ana kanal için eşdeğer bir pürüzlülük katsayısı oluşturmuştur. Eşdeğer pürüzlülük katsayısının belirlenmesiyle, kanaldaki pürüzlü taşkın yatakları için SIV (düşey dâhil edilmiş kesit) performansını geliştirmiştir.

Strum ve Sadiq [12], bir bileşik kanaldaki birden fazla kritik derinliğin oluşumunu deneysel olarak araştırmışlardır.

Myers, vd. [13], kanaldaki taşkın yatağının pürüzlü veya pürüzsüz olması durumu ile birlikte ana kanalın sabit/hareketli yüzeylere sahip olduğu durumdaki deney sonuçlarını incelemişlerdir. Çalışmada, matematiksel bir modele dayanan, ana kanaldan savaklanan akımlarda debinin belirlenmesinde yardımcı olacak olan hız ve debi oran eşitliklerini sunmuşlar ve bu sonuçları ilk örnek olarak doğal bir bileşik kesitli nehir kanalından aldıkları verilerle karşılaştırmışlardır.

Kanaldaki ana kanal ve taşkın yatağı hız ve debi oranlarının, laboratuvar sonuçları için logaritmik bir dağılım, doğal nehir verileri için ise lineer bir dağılıma sahip olduğunu göstermişlerdir. Bölünmüş Kanal Metodunun (DCM), tüm durumlarda debiyi olması gerekenden daha fazla tahmin ettiği üzerinde durmuşlardır. Çalışmada pürüzsüz taşkın yatağına sahip kanal verilerine uygulandığında makul sonuçlar sergilediğini, ancak pürüzlü taşkın yatağına sahip kanallarda ise hata miktarının %35'lere çıktığını, nehir verilerinde ise hatanın %27'ye kadar ulaştığını göstermişlerdir. SCM'nun, düşük akım derinliklerinde tüm durumlarda bileşik kanal debisini olduğundan daha düşük tahmin ederken yüksek akım derinliklerinde ise nehir verilerinin yanında pürüzsüz yüzeye sahip laboratuvar kanal sonuçları için daha gerçekçi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Knight ve Atabay [14], simetrik bileşik kanal kesitindeki bazı seviye debi eşitliklerini vermişlerdir. Kanaldaki taşkın yatağı genişliği ve ana kanal en/boy oranının seviye debi ilişkisine etkisini araştırmışlardır. Seviye–toplam debi arasında ve seviye–yerel debi arasında, üniform pürüzlülük ve taşkın yatağı genişlik oranının değişmesi

durumları için basit deneysel eşitlikler sunmuşlardır. Taşkın yatağındaki genişlik oranının sonucu olarak seviye–debi ilişkisindeki etkilerini araştırmışlardır.

Cebe [15], çalışmasında farklı girişim alanları yaklaşımına göre taşkın yatağına sahip bileşik kesitli kanallardaki debi hesap metodlarını incelemiştir. Bileşik kanal debi hesaplamalarında kullanılan yaklaşımlar için düşey, yatay ve diyagonal girişim yüzeylerinde oluşan kayma gerilmelerinin ana kanal ortalama ve taban kayma gerilmelerine oranını hesaplamıştır. Hesaplamalar sonucunda yapılan debi hesaplarına dayanarak bileşik kesitlerde debi hesabı için farklı girişim yüzeyi kabullerini de içeren birçok öneri sunmuştur.

Özbek, vd. [16], değişken taşkın yatağına sahip simetrik bileşik kesitli kanallarda, debi ve kayma gerilmesini hesaplamak amacıyla sınırlı miktarda veri kullanmışlardır. Ana kanal ve taşkın yatakları arasındaki ara yüzeyde meydana gelen kayma gerilmelerini hesaplamak için ana kanal ve taşkın yatakları arasında üç ara yüzey düzlemini (düşey, yatay ve diyagonal) göz önüne almışlardır. Her bir alt bölge için ve toplam kesit için debileri belirlemişlerdir. Hesaplama yönteminin performansını, kayma gerilmesini doğru bir şekilde tahmin edebilmesine dayandırmışlardır. Diyagonal ve yatay bölme düzlemlili metodların düşey bölme düzlemlili metottan daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir. En iyi sonucu ise diyagonal düzleme sahip yöntemin olduğunu belirtmişlerdir.

Sellin [17] ve Zheleznyakov [18], bileşik kesitli kanallarda ana kanal ile taşkın yatağı arasındaki momentum transferini araştıran ilk araştırmacılarıdır. Momentum transferini hesaba katan bir boyutlu metodlar, bu araştırmacılarıdan sonra birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir.

Rajaratnam ve Ahmadi [19], pürüzsüz ve simetrik bir taşkın yatağına sahip bileşik kesitli bir kanalda, ana kanal ile taşkın yatağı akımları arasındaki etkileşimi deneysel olarak belirlemeye çalışmışlardır. Onların sonuçları, ana kanaldan taşkın yataklarına doğru boyuna momentum taşınımı olduğunu göstermektedir. Rahatsız edilmemiş taşkın yatağı hızına göre karşılaştırıldığında taşkın yatağı seviyesinin yukarısında, ana kanaldaki ve taşkın yataklarındaki hız profillerinin yaklaşık olarak benzer olduğunu

bulmuşlardır. Hız ve uzunluk ölçekleri için deneysel ifadeler kurmuşlardır. Etkileşimden dolayı bileşik kesitli kanalların akım kapasitesindeki kaybı tahmin etmek için uygun bir yöntem vermişlerdir.

Wormleaton, Allen ve Hadjipanos [20], bileşik kesitli bir kanaldaki sınır kayma gerilmesini ölçmek için bir dizi laboratuvar testi gerçekleştirmişlerdir. Bu sonuçlardan, varsayılan üç farklı ana kanal–taşkın yatağı ara yüzey düzlemi (düşey, yatay ve diyagonal) boyunca kayma gerilmelerini hesaplamışlardır. Çoklu lineer regresyon yaparak, kayma gerilmesini, model kanalın geometrik ve hidrolik karakteristiklerinin bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir.

Knight, vd. [21, 22], ana kanal/taşkın yatağı ara yüzeyinde oluşan kayma kuvveti ve taşkın yatağı sınır kayma kuvveti hesaplamaları için bir grup ampirik denklemler önermişlerdir. Sınır kayma gerilmesi verilerini kullanarak bileşik bir kanal üzerinde kabul ettikleri düzlemler üzerindeki kayma kuvvetini hesaplamışlardır. Aynı zamanda düşey, yatay, diyagonal olarak geçirdikleri bu düzlemler yardımı ile ana kanal ve taşkın yatağındaki debileri ayrı ayrı hesapladıktan sonra buradan toplam debiyi elde ederek sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

Shiono ve Knight [23] bileşik kesitli kanallarda ortalama derinliğe bağlı yanal hız değişimini tahmin etmek için Navier–Stokes denklemleri için analitik bir çözüm geliştirmişlerdir. İkincil akımların katkısını ihmal ederek ve türbülans viskozite yaklaşımına dayanan hem sabit hem de değişken derinlikli bileşik kesitli kanallar için yanal hız dağılımlarını veren denklemler önermişlerdir. Daha sonra Shiono ve Knight [24], ikincil akımların etkisini de hesaba katarak daha önce önerdikleri denklemleri analitik olarak tekrar çözmüşlerdir.

Knight, vd. [25], geliştirmiş oldukları matematik modeli İngiltere’deki Severn nehrine uygulayarak bu akarsuyun debisini ve ortalama hızını bulmaya çalışmışlardır.

Ackers [26, 27], ana kanal ile taşkın yatağı arasındaki etkileşim etkilerini hesaba katarak düz bileşik kesitli kanallar için bir tasarım formülü vermiştir. Ana kanal ile taşkın yatağı hidrolik koşulları arasındaki koheransı temsil eden bir parametre

önermiştir. Önermiş olduğu metodu, değişik kesitli geometriler içeren geniş ölçekli laboratuvar çalışmalarında test etmiştir.

Omran, vd. [28], taşkın yataklı dikdörtgen kesitli bir kanaldaki akım özelliklerini ortalama derinlik akım modeliyle sınır şartlarını incelemişlerdir. Bu özelliklerin düşey duvar üzerindeki kayma gerilmesinin bir fonksiyonu ve taşkın yatağı boyunca etkili olduğunu belirtmişlerdir. SKM metodu ve önerilen modelle cilalı ve pürüzlü taşkın yataklı kanallarda hız ve kayma gerilmesi dağılımının elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Chlebek [29], heterojen pürüzlü basit kanallarda akımın sayısal olarak modellenmesini ve eğri taşkın yataklı bileşik kanalların fiziksel olarak modellenmesini çalışmıştır. Çalışmasında, Shiono–Knight Metodunu (SKM), homojen ve heterojen olarak pürüzlendirilmiş kanallara uygulamıştır. SKM 'nin, her iki pürüzlülük durumları için ortalama derinliğe bağlı yanal hız ve yanal sınır kayma gerilmesi dağılımlarını doğru olarak tahmin edebileceğini göstermiştir. Ayrıca, bir kanal duvarındaki kayma kuvveti oranının her iki pürüzlülük durumu için doğru olarak elde edildiğini belirtmiştir.

Bileşik kesitli kanallarda debi hesaplamasında ikincil akımların etkisi Abril ve Knight [30] tarafından önerilen denklemler göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Birsoy [31], bileşik kanallarda su yüzü profilleri hesaplarında kullanılabilir gelişmeleri bir araya getirip kullanmak amacını hedeflemektedir. Bu amaçla, bir bileşik kanal Froude sayısı tanımlanıp enerji ve momentum eşitlikleri ile birleştirilmiştir. Hesapları yapmak için C++ ile yazılmış bir bilgisayar programı (CCWASP) geliştirilmiştir. Programa aynı zamanda esneklik kazandırması amacı ile farklı kesit ayırıcı metotları ve sürtünme eğimi hesaplama yöntemleri eklenmiştir.

M2 profili elde edilebilen bir laboratuvar kanalında programı test etmek için deneyler yapılmıştır. Hesapların sonucunda deney sonuçlarına yakın ancak kullanılan metotlara bağlı olarak değişen, deney sonuçlarından elde edilenden daha yüksek su profilleri elde edilmiştir. Bunun nedeni temel su profili eşitlikleri bulunurken yapılan varsayımlardan ileri gelmektedir.

Öztürk [32], geometrik içerikli bileşik kanallarda, ana yatağın şev değerinin farklı olması durumunda, kapasite tayini ile ilgili farklı hesap yöntemleri, SERC-FCF deney sonuçlarıyla bulunan değerlere göre irdelenmiş ve en uygun hesap yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, ana yatak şev değerinin, taşkın yatak ile ana yatak arasındaki girişim alanı direnç katsayısına olan etkisi de araştırılmıştır. Deney serilerinin kapasiteleri; ayırık kanal yöntemi, alan yöntemi (DVWK, Prinos-Townsend ve Wormleaton-Allen-Hadjipanos yaklaşımlarıyla) ve girişim alanları yöntemi (DVWK, Prinos-Townsend ve Wormleaton-Allen-Hadjipanos yaklaşımlarıyla) kullanılarak hesaplanmış ve SERC-FCF deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Baduna [33], taşkın hesaplarında önemli bir konu olan debi hesabı için SERC-FCF deney sonuçları ile ayırık kanal, alan ve girişim alanları yöntemleri (DVWK Merkblätter 220 ve Prinos-Townsend doğrultusunda) sonuçları karşılaştırılmış ve geometrik içerikli bileşik kesitlerin debi hesabı için öneriler getirilmiştir.

Özbek, vd. [34], çalışmasında bitki örtüsü içermeyen bileşik kesitlerdeki debi hesabı için ayırık kanal, alan ve girişim alanı yöntemlerini kullanmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada farklı relatif su derinliklerinde (h_A/h_T), taşkın yatağı genişlikleri için ise (B_T/B_A) ve farklı şev eğimi değerlerinde (m) bahsedilen yaklaşımların hangi oranda doğru sonuçları verdiği İngiltere’de gerçekleştirilmiş olan SERC-FCF modeli deney sonuçlarıyla karşılaştırılarak saptamışlardır. Hata oranları belirlenerek yapılan bu çalışmada DVWK girişim alanı yönteminin diğer yöntemlere oranla daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Seçkin, vd. [35], pürüzsüz bir ana yatak ve pürüzlü iki taşkın yatağından oluşan simetrik bileşik kesitli bir deney düzeneği üzerinde, seviye-debi ve seviye-direnç ilişkisini araştırmak amacıyla bir dizi deney yapmışlardır. Çalışmada hem ana yatak akımı hem de taşkın akımını incelemiştirler. Sonuçlarını daha önce aynı deney düzeneği üzerinde çalışma yapan diğer araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Her bir durum için seviye-debi ilişkisini veren ve deneysel bulgulara dayanan basit bir üstel regresyon modeli önermişlerdir.

Sahu, vd. [36], çalışmalarında yapay sinir ağları (YSA) ile bileşik kanallardaki toplam deşarjı tahmin etmek ve Tek Kanal Yöntemi (SCM), Bölünmüş Kanal Yöntemi (DCM), Tutarlılık Yöntemi (COHM) ve değişim deşarj yöntemi (EDM) modelleriyle karşılaştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yapay sinir ağları ile ortalama mutlak yüzdesel hata, diğer modellere kıyasla düşük bulunmuştur.

Altun [37], çalışması kapsamında, direnç katsayılarının hesaplanması için en yaygın olarak bilinen Mertens, Pasche ve Nuding yaklaşımları hakkında bilgi vermiş, taşkın yatağı bitki örtüsü içeren bileşik kesitlerin tasıma kapasitesi hesabına yönelik yeni bir yaklaşım önermiştir. Bu çalışmada ana yatak kesit şekline ek olarak, taşkın yatağının kesit şeklini araştırmıştır ve ana yatak şev eğiminin de girişim direnci ile ilişkisini araştırmıştır. Hazırlanan hidrolik modelde, dört farklı ana yatak kesiti için deneyler yürütülmüş, elde edilen deney sonuçlarına göre Mertens, Pasche ve önerilen yaklaşım ile yapılmış hesaplar irdelenerek, en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

Al-Khatip, vd. [38], çalışmalarında asimetrik dikdörtgen bileşik kanallarda overbank akışını sunmak için bir dizi laboratuvar denemesi yapmışlardır. Bu amaçla, dikdörtgen bileşik enine kesitli iki farklı asimetrik model seti, geniş bir deşarj aralığı için test edilmiştir. Ortalama akış ölçümleri, taşkın yatağının üzerindeki derinliğin ana kanal yatağının üzerindeki derinliğe oranı olarak tanımlanan görelî derinlik olarak adlandırılan boyutsuz bir parametreyle ilişkilendirilmiştir. Üç ana hatlı ortalama akışın varyasyonları ve etkileşimleri, görelî derinliğe göre incelenmiştir. Tek değişkenli regresyon modelleri, tek bağımsız değişken olarak nispi derinliği kullanarak üç ortalama akış tipini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Birçok değişkenli regresyon modeli seti, oluşturulmuş asimetrik bileşik kanalın genişlik boyutlarını hesaba katan iki ek boyutsuz parametre kullanılarak türetilmiştir. Birkaç temel istatistik ve doğrulama işlemlerinin uygulanması ile geliştirilen ortalama modellerin üç ortalama akış türünü tahmin etmede yüksek önem ve güvenilir olduğunu göstermişlerdir.

Zahiri ve Azamathulla [39], lineer genetik programlama (LGP) ve M5 ağacı karar modeli olarak bilinen iki yeni ve verimli algoritma kullanmışlardır. Laboratuvarlardan ve 30 adet bileşik kanaldan 394 aşamalı deşarj verilerini derleyerek, akış iletim kapasitesini tahmin etmek için türetilmiş denklemler uygulanmıştır. LGP ve M5'ten

ölçülen ve hesaplanmış akış deşarjlarının karşılaştırılması, önerilen algoritmaların her ikisinde de önemli bir doğruluğa sahip olmasına rağmen, $R^2 = 0.98$ ve $RMSE = 0.32$ ile LGP modelinin çok iyi bir performansa sahip olduğunu ortaya çıkarmışlardır.

Özbek, vd. [40], İngiltere'nin Wallingford kentinde bulunan Hidrolik Araştırmalar' daki kanaldan elde edilen bazı deneysel sonuçları, değişen taşkın genişlikleri ile simetrik bileşik kanallarda görünür kesme gerilmesi ve deşarjının hesaplanması için kullanmışlardır. Ana kanal ile taşkın yatağı alt bölümleri arasında üç tane varsayılan ara yüz düzlemi (düşey, yatay ve diyagonal) göz önünde bulundurulmuştur. Bu ara yüzler boyunca görünen kayma gerilmeleri hesaplanmış ve bu gerilmelerin ortalama ana kanal kesme gerilmelerine oranları belirlenmiştir. Daha sonra alt bölümlerde ve kesitin tümünde deşarj değerleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bu hesaplama yöntemlerinin performansının, görünen kayma gerilmesini doğru bir şekilde tahmin etme yeteneklerine bağlı olduğunu göstermiştir. Diyagonal ve yatay bölme yöntemleri, düşey bölme yönteminden daha iyi sonuç vermiştir.

Spada, vd. [41], dikey ortalama hız hesaplaması için iki yeni yöntem sunulmuş, onaylanmış ve diğer mevcut formüller ile karşılaştırmıştır. Sunulan yöntemlerdeki formüller, laboratuvar deneysel verileri, gerçek bir bölgede ölçülen debi hidrografları ve sürtünme faktörü iki farklı nehir kesitinde kaydedilen su seviyelerinin kararsız durum analizinden tahmin edilmiş ve elde edilen 3-D çözeltisi ile doğrulanmıştır.

Lee, vd. [42], çalışmalarında, bileşik kanallar için bazı kritik derinlik tahmin yöntemlerinin geçerliliğini araştırmışlardır. Bileşik kanallardaki akışın, prizmatik kanallarda olduğu gibi keskin bir kritik akış durumundan geçmediğini bulmuşlardır. Bunun yerine, tam alt kritik ve tamamen süper kritik arasındaki değişim, bir derinlik aralığı üzerinde gerçekleşmekte, burada enine kesitteki farklı bölgeler ya alt ya da süper kritik olabilmektedir. Bu durum araştırmacılar tarafından 'karma akışlı' bölge olarak adlandırılmıştır. Asgari özgül enerji, bu karma akış geçişinin başlangıcı veya bitişi ile uyuşmamakta, bu tahminleri etkisiz kılmaktadır. Bileşik bir kanalda kritik derinliği belirlemek için yeni bir yöntem sunulmuştur ve diğer tahmin teknikleri ile karşılaştırılmıştır. Momentum etkileşim etkilerini dâhil eden yöntemler, kanal içindeki

hız profiline tahminini geliştirmek ve karışık akış geçiş bölgesini bulmak için kullanılmıştır.

Dash ve Swetha [43], çalışmalarında menderesli bileşik kanallar boyunca akış debi dağılımlarını incelemiş ve yüzde debisini öngörmek için rasyonel bir ilişki elde etmişlerdir. Makalede sunulan denklemler istenilen değerlerde makul bir girişim olarak kabul edilir. Ana kanal ve taşkın düz akışı arasındaki etkileşimin tanımlanması, hidrolik akışların sayısal modellemesine katılanlar için özellikle yararlı olacaktır.

Seçkin, vd. [44], düz bileşik kanalların debi kapasitesini tahmin etmek için iki boyutlu (2-D) formülleri gözden geçirmişler, düz, sabit ve hareketli yataklı bileşik kanallardaki aşırı akım akışlarına uygulamışlardır. Bu formüllerin öngörü yetenekleri, University of Birmingham'da bulunan kk ölçekli bir kanaldan elde edilen deneysel veriler kullanılarak değerlendirilmiştir. 2-D formülleri, geleneksel 1-D yöntemleri, yani Tek Kanal Yöntemi (SCM) ve Bölünmüş Kanal Yöntemi (DCM) ile karşılaştırıldığında incelenen veri kümelerinin çoğu için iyi tahminler vermiştir.

Chatila ve Townsend [45], kararlı bileşik kanal akışlarında sel baskınlarının taşınmasının hesaba katılması için çeşitli alternatifleri değerlendirmişlerdir. Açık kanallarda bilgi işlem için altı ara yüz ve iki diğer standart yöntem karşılaştırılmıştır. Genel olarak, test edilen yöntemler arasında, dışa bakan diyagonal ara yüzey düzlemi yöntemi ve dikey ara yüzey düzlemi yöntemi en doğru simülasyonları üretmiştir.

Hosseini [46], homojen sertliğe sahip düz bileşik kanallardaki deşarj karakteristikleri üzerinde çalışmış ve bir Birleşik Krallık sel kanalı tesisinin (UK-FCF) bazı deneysel sonuçlarını analiz ederek, bu kanallarda deşarj hesaplaması için bir yöntem sunmuştur. Yaklaşımda, ana kanal ve taşkın yataklarında ortalama hızların daha doğru değerlerini bulmak için geleneksel dikey bölme yöntemiyle tahmin edilen bileşen ortalama hızlarına uygulanan iki düzeltme katsayısı, a ve b kullanılmıştır. a ve b'nin, kanalın iki boyutsuz parametresi, tutarlılık ve nispi derinlik (taşkın yatağının derinliğinin toplam derinliğe oranı) cinsinden ifade edilebildiği bulunmuştur. Bu çalışmada geliştirilen prosedür, UK-FCF'den elde edilen verilere dayanmakla birlikte, Lambert ve Myers tarafından geliştirilen bölünmüş kanal yöntemi olarak adlandırılan bağımsız veri setine

uygulandığında, son zamanlarda geliştirilen yönteme kıyasla basittir ve tatmin edici sonuçlar vermektedir.

Mohanty ve Khatua [47], ana kanal ve taşkın ova bölgelerindeki akış dağılımını tahmin etmek için ayrı formüller önerilmiştir. Önerilen metot ve sonuçları, önceki araştırmacıların yayınlanan küçük ölçekli veri serileri ile EPSRC-FCF (A-Serisi) bileşik kanal deneylerinden elde edilen bazı büyük ölçekli veri serileriyle birlikte geçerlilikleri açısından test edilmiş, toplam akış için ölçülen değerler ve tahmini değerler ile akışın bölgesel dağılımı çok iyi bir uyuşma gözlemlenmiştir. Metodoloji, literatürde yayınlanan bazı bileşik nehir kesit verilerine de uygulanmakta ve gerçek uygulamalarında akışı tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Bu yeni yöntem, tüm veri kümelerini dikkate alarak, bileşik kanallardaki aşama-deşarj ilişkisini tahmin etmek için kullanılan bazı iyi bilinen yöntemlerle karşılaştırıldığında,deşarj tahmininde en az RMS (karesel hata) değerini vermektedir.

Hamidifar, vd. [48], bitkisel ve bitkisel olmayan taşkın yatağı ile asimetrik bileşik kanalın akış kapasitesi için deneysel sonuçlar sunmuştur. Tek Kanal Metodu (SCM), Bölünmüş Kanal Yöntemleri (DCM' ler), Tutarlılık Yöntemi (COHM) ve Shiono ve Şövalye Metodu (SKM) dâhil olmak üzere farklı 1-D ve 2D yöntemleriyledeşarjın hesaplanması için bir girişimde bulunulmuştur. Sonuçlar daha sonra deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, SKM modelinin, mevcut çalışmada çalışılan diğer modellere göre debi tahmininde daha doğru sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ayrıca DCM-ID modelinin debi tahmininde, düz veya kaba taşkın yatağına sahip bileşik kanallardaki doğruluğunun daha az olduğu sonucuna varılmıştır.

Khatib, vd. [49], ana kanal ve taşkın yatağı alt bölümleri arasında üç tane varsayılan ara yüz düzlemi (düşey, yatay ve diyagonal) dikkate almışlardır. Daha sonra alt bölümlerdeki ve kesitin tümündedeşarj değerleri değerlendirilmiştir. Kullanılan ayrı kanal metotlarından hiçbiri, ölçülendeşarjları, taşkın yatağının toplam aralığı için araştırılan ana kanal derinlik oranını (Y_f / Y_{mc}) doğru olarak tahmin edememektedir. Y_f / Y_{mc} oranlarının geçerlilik aralığına sahip en iyideşarj tahmin yöntemleri sunulmuştur.

Naik, vd. [50], yakınsama taşkınları ile ilgili bileşik kanallarda bazı deneysel sonuçları tarif etmişler ve bu sonuçları karşılaştırmışlardır. Farklı yakınsama açlarına sahip prizmatik ve prizmatik olmayan taşkın yatakları için akış özelliklerinin varyasyonlarını analiz etmişlerdir.

Azamathulla ve Zahirî [51], LGP (lineer genetik programlama) kullanarak sel deşarjının tahmini için kesin boyutsuz bir denklem elde etmiştir. Önerilen model, 394 laboratuvar aşama-deşarj veri setleri için derlenmiş ve 30 bileşik kanal alanı için yayınlanmış veriler kullanılarak geliştirilmiştir. Sonuçlar, LGP modelinin mevcut modellerden daha iyi bir performansa sahip olduğunu göstermiştir.

Mohanta [52], doğru kanal akış davranışını tahmin etmek için overbank akımları sayısal olarak LES kullanılarak simüle etmiştir. LES sonuçları akış özelliklerinin, özellikle hem overbank kanallarında hem de simetrik olarak yakınsayan taşkın bölümlerde değişen derinlik ve genişlik oranlarında overbank kanallarının ikincil dolaşımının dağılımını doğru bir şekilde tahmin ettiği göstermiştir.

Al-Khatib [53], yaptıkları testlerde modellerinin orta kısmında, kesitin üstündeki hız dağılımlarında, taban kayma gerilmesi dağılımlarında ve modelin toplam uzunluğu boyunca su yüzü profilini ölçmüştür. Bu gözlemlerden giriş kanalının en iyi konfigürasyonu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, ortalama akış hızları, ortalama kayma gerilmeleri ve ana kanal ve taşkın yatakları için deşarjlar belirlenmiştir.

Kayatürk [54], debinin mümkün olduğunca doğru bir şekilde tahmin edilmesi için yeni bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem literatürde mevcut olan veriler kullanılarak, en güvenilir yöntem olarak kabul edilmiş yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Parsaie ve Haghıabı [55], yaptıkları işlemlerin sonuçlarındaki 0,76 (R^2) katsayısı ve 0,162'lik kök ortalama kare hatası (RMSE) değeri olan bölünmüş kanal yönteminin, test edilen çeşitli analitik yöntemler arasında en iyi performansa sahip olduğunu belirtmişlerdir. Uygulanan yumuşak hesaplama modellerinin $R^2 = 0,97$ ve $RMSE = 0,03$ performans sonuçlarının analitik yaklaşımlardan daha doğru olduğunu bulunmuştur. Geliştirilmiş uyumluluk oranı (DDR) indeksi açısından MARS' nin YSA modeli ile

karşılaştırılması, MARS modelinin doğruluğunun MLP modeline göre daha iyi olduğunu sonucuna varılmıştır. Elde edilen MARS modelinin yapısının gözden geçirilmesi, kanalın (S) boyuna doğrultudaki eğiminin, nispi akış derinliğinin (H_r) ve nispi alanın (A_r) COC' lerin deşarj kapasitesinin modellenmesi ve tahmin edilmesi üzerinde yüksek bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Das, vd. [56], çalışmalarında hem prizmatik hem de prizmatik olmayan taşkın yatakları için bileşik kanalda derinlik ortalama hızı ve sınır kayma gerilmesi dağılımının hesaplanmasında Yanal Dağılım Yöntemi (LDM) ve modifikasyonlarının kullanımını incelemişlerdir. Çalışmada, taşkın yatakları farklı olan prizmatik ve prizmatik olmayan bileşik kanalların, LDM ile İletim ve Etkileşim Tahmini sistemi gibi diğer sayısal yaklaşımlara göre Modifiye LDM' nin etkisini değerlendirmişlerdir.

Parsaie, vd. [57], adaptif nöro bulanık çıkarım sistemini (ANFIS), bileşik açık kanalda akış debisinin modellenmesi ve tahmin edilmesi için kullanmışlardır. Sonuçların karşılaştırılması, analiz katsayıları arasında yatay bölme katsayısı ile tayin katsayısı (0,76) ve kök ortalama kare hatası (0,162) olan, bölünmüş kanal yönteminin doğru olduğunu göstermiştir. Test aşaması için tespit katsayısı (0,98) ve kök ortalama kare hatası (0,029) olan ANFIS modeli, bileşik açık kanalda akış boşaltımını tahmin etmek için uygun performansa sahiptir. ANFIS modelinin geliştirilmesi sırasında, görelî derinlik, hidrolik yarıçap oranı ve alanın ANFIS modeli tarafından debi tahmininde etkili parametreler olduğu bulunmuştur.

Parsaie, vd. [58], bileşik açık kanaldaki debiyi tahmin etmek için ortak analiz yaklaşımları olarak tek kanallı yöntem (SCM), tutarlılık yöntemi (COHM) ve bölünmüş kanal yöntemi (DCM) kullanmışlardır. Akış debi tahmininde daha fazla doğruluk elde etmek için, radyan temelli sinir ağı (RBF) geliştirilmiştir. RBF performansı, sinir ağı nöronlarının diğer transfer fonksiyon tipleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, determinant korelasyonu olan ($R^2 = 0,76$) alt bölümler arasında yatay olarak ayrılmış olan DCM'nin analitik yaklaşımlarla doğru olduğunu göstermiştir. MLP modelinin sonuçlarının değerlendirilmesi, bu modelin ($R^2 = 0,95$) RBF ($R^2 = 0,85$) ve analitik yaklaşımlardan biraz daha doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Khatua, vd. [59], düz bir bileşik kanal kesiti için yatay bölme yönteminin, düşük akış derinliği için daha iyi debi sonuçları sağladığını ve çapraz bölünme yönteminin ise yüksek akış derinliği için daha iyi sonuçlar verdiğine ulaşmışlardır. Ayrıca bir menderesli bileşik kanal kesitindeki en iyi debi sonuçlarının diyagonal bölme yöntemi ile elde edildiği sonucuna varmışlardır.

Padhi ve Patra [60], yeni geliştirilen bir IDCM yönteminin yanı sıra, geleneksel yaklaşımlar aracılığıyla debi hesaplaması yapmışlardır. Momentum transferinin debi tahminine etkisini araştırmışlardır. Diğer araştırmacılar tarafından rapor edilen deneysel veriler ve deney serilerinden elde edilen veriler, debi kestirim yaklaşımlarını değerlendirmek için DCM ve IDCM aracılığıyla kullanılmıştır.

Parsaie, vd. [61], SCM, DCM ve Koherens yöntemi de dahil olmak üzere bu yöntemlerin ampirik yaklaşımlarının doğruluğunu ve heterojen bileşik kanal pürüzlülüğündeki akış debisini tahmin etmek için değerlendirmişlerdir. Bu amaçla Tahran Üniversitesi Hidrolik Laboratuvarında bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Bileşik kanaldaki debi hesabı ile ilgili 396 veri toplanmış ve elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla karşılaştırılmış ve uygulanan yöntemlerin performansını değerlendirmek amacıyla bu veriler kullanılmıştır. Sonuçlar, DCM'nin sanal olarak dikey çizgiyi kabul ettiğini göstermiştir. 0,90'dan daha fazla olan katsayıya sahip alt-bölümler (ana kanal ve taşkın yatağı) arasındaki hat, ampirik yaklaşımlarla uygun performansa sahiptir ve pratik çalışmalar için kullanılabilir.

Conway, vd. [62], düz bileşik kanallarda tek tip akış aşaması-deşarj ilişkileri ve hız dağılımlarını tahmin etmek ve üç boyutlu (3D) hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modellerinin uygulanması için geliştirilmiş bir yaklaşım sunmuşlardır. Önerilen yaklaşım, bu metotlar üzerinde bir ilerlemeyi temsil etmektedir. Fiziksel olarak direnç katsayısı ile birlikte akışın belirlendiği bir kestirim kapasitesinde k-ε türbülans yöntemi ile bir 3 boyutlu CFD modeli kullanmaktadır. Yaklaşım, büyük ölçekli UK Flood Channel Facility' den elde edilen deneysel verilerle doğrulanmış ve bölünmüş kanal yöntemlerinden elde edilen tahminlerle karşılaştırılmıştır.

Yonesi, vd. [63], taşkın yataklarının, prizmatik olmayan taşkın yatakları ile birlikte bileşik kanallardaki taşkın yataklarının hidrolik aşırı akım akışı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneyler, taşkın yatağında üç sapma açısı ve üç pürüzlülük boyutu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kayma gerilmesi, derinlik-ortalama hız, pürüzlülük katsayısı, türbülans parametreleri ve ana kanal ile taşkın yatağı arasındaki bölünmüş debi değerleri ile ilgili deneysel veriler kullanılarak su yüzeyi eğimi değerlendirilmiştir. Ayrıca bu sonuçlar prizmatik bileşik kanal ve Shiono-Knight yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Khuntia, vd. [64], farklı geometrilerin kanallarındaki kesit üzerinde lokal sürtünme faktörünün varyasyonu üzerine deneysel olarak araştırma yapmışlardır. Sürtünme faktörü varyasyonunun, en boy oranına bağımlılığı, diğer araştırmacıların ve doğal nehir verilerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

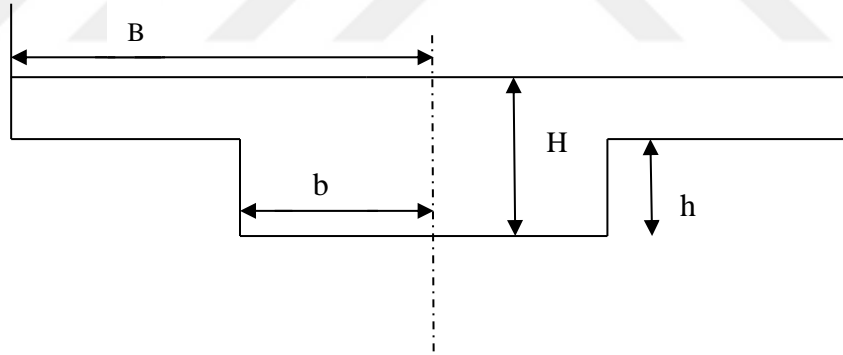
Durmuşoğlu [65], bir bileşik kanaldaki hız ve cidar kayma gerilmesi dağılımını, deney yaparak incelemiştir. Kanalin sahip olduğu pürüzlülüğün, hıza ve cidar kayma gerilmesine etkisini sekiz farklı ana kanal ve taşkın kanalında pürüzlülük düzenlemesi yaparak araştırmıştır. Taşkın yatağı pürüzlülük katsayısının değişimi, momentum transferi üzerine etkisinde ana kanalın pürüzlülük katsayısı değişiminden çok daha önemli etki göstermiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. BİLEŞİK KESİTLİ KANALLARDA DEBİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Bileşik kesitli kanallarda debi hesabı için geliştirilen yöntemler gittikçe artmaktadır. Bu bölümde, yaygın bir şekilde kullanılan klasik metotlardan Tek Kanal Metodu (SCM), Bölünmüş Kanal Metodu (DCM) ve Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Metodu (MDCM)'ndan bahsedilecektir. Çalışmada kullanılmış olan bu yöntemlerle ilgili daha ayrıntılı bilgi verilecektir.

Çalışmada kullanılan ana kanal ve taşkın yataklarından meydana gelen bileşik kanal kesit geometrisi Şekil 3.1'de görülmektedir. Burada H , kanal tabanı üzerindeki su derinliğini; h , ana kanal üst kotunun üzerindeki su derinliğini; B , taşkın yatağının ana kanala en uzak noktası ile ana kanal orta noktası arasındaki mesafeyi ve b , taşkın yatağının ana kanala en yakın noktası ile ana kanal orta noktası arasındaki mesafeyi göstermektedir. [5]



Şekil 3.1. Bileşik kanal geometrisi [5]

3.1.1. Tek Kanal Metodu (SCM)

Kanal en kesitinde seviye-debi ilişkisi tahmininde birçok mühendis araştırma yapmışlardır. Debi hesaplamaları için sayısal formül öneren ilk kişiler, 1775 senesinde Antoine de Chézy ve 1779 senesinde Pierre Louis Georges Du Buat'tır [66]. Manning [67], yaptığı araştırmalar sonucunda ortalama akım U için denklem 3.1'de gösterilen formülü önermiştir:

$$U = \frac{R^{2/3} S_0^{1/2}}{n} \quad (3.1)$$

Buradaki, U ortalama akım hızını; R , en kesit hidrolik yarıçapını (kesit alanı A 'nın ıslak çevre P 'ye oranı); S_0 , kanal taban eğimini, $\frac{1}{n}$, kanal taban ve cidar yüzeyine dayanan bir sabiti belirtmektedir.

Belli bir seviyedeki debinin hesaplanabilmesi için verilen formül ise denklem 3.2'de gösterilmiştir.

$$Q = A \cdot U = A \frac{R^{2/3} S_0^{1/2}}{n} \quad (3.2)$$

Burada Q , debi ve n , Manning pürüzlülük katsayısını göstermektedir. Kanaldaki taban malzemesi durumuna göre Manning pürüzlülük katsayısı neredeyse tüm açık kanal hidrolik kitaplarında verilmiştir [68].

Bütün en kesit için belirlenmiş olan tek bir ortalama pürüzlülük değeri gerekmektedir. Ortalama pürüzlülük formülü denklem 3.3'te gösterilmiştir.

$$n_{ort} = \frac{n_1 \times A_1 + n_2 \times A_2 + n_3 \times A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (3.3)$$

Denklem (3.2)'nin kullanımı, kanal genişliği boyunca üniform hız dağılımına sahip kanallar ile sınırlandırılmalıdır. Denklem, kanalı tek bir parça olarak göz önüne almaktadır. Bu sebepten ötürü, tüm en kesit için belirlenmiş olan tek bir pürüzlülük değeri gerekmektedir. Dolayısıyla; SCM, hız dağılımı genelde üniform olmayan bileşik kanal debi hesabı için uygun değildir. Bileşik kanallardaki, ana kanal ortalama hızı; daha derin kesit ve daha düşük pürüzlülük sebebiyle taşkın yataklarındaki ortalama hızdan daha büyüktür. Ek olarak SCM, ana kanal ve taşkın yatakları arasındaki herhangi bir momentum transferini hesaba katmamaktadır ve genelde debiyi daha düşük hesaplamaktadır. Ayrıca; SCM, tüm en kesit için tek bir eşdeğer

pürüzlülük değeri kullanmadığı sürece, ana kanaldan daha pürüzlü bir taşkın yatağına sahip kesit debisinin hesaplanmasında uygun değildir [69].

SCM' nin zayıflığı, özellikle su seviyesi arttığında ve akış taşkın yataklarını kapladığında, taşıma kapasitesinin hesaplanmasında ıslak çevre önceki ıslak çevreye göre arttığından hesaplanan taşıma kapasitesi ölçülen verilerden daha az olur ve bunun sonucunda SCM ile hesaplanan akış debisi gerçek değerden daha az hesaplanmış olur. Taşkın yatakları üzerindeki akış derinliğini artırarak SCM' nin doğruluğu artırılmıştır [70].

Su, taşkın yatağı üzerinde akmaya başladığında, kesit alanında küçük bir artış olmasına karşılık ıslak çeperde ani bir artış olur ve dolayısıyla hidrolik yarıçap azalır ve düşük bir debi hesaplanmasına sebep olur. Dolayısıyla, Lotter [71] gibi birçok araştırmacı kanal en kesitinde, hızların daha homojen olduğu alt bölgelere bölünmesini önermiştir.

3.1.2. Bölünmüş Kanal Metodu (DCM)

Adından da anlaşıldığı üzere DCM, kanalın birden fazla alana bölünmesiyle meydana gelir. Bölünmüş olan bu alanların debileri tek tek hesaplanmakta ve tüm kesit debisi, denklem 3.4'te verildiği üzere debiler toplanarak elde edilmektedir [5].

$$Q = \sum Q_i = \sum \frac{A_i R_i^{2/3} S_o^{1/2}}{n_i} \quad (3.4)$$

Şekil 3.2 'de verildiği gibi alt kesitler arasındaki bölme hatları ilk başlarda düşey, yatay veya diyagonal olarak düşünülmüştür. Şekil 3.2 (a), ana kanal ve taşkın yatakları arasında düşey bölme hatları kullanılarak kanalın alt bölgelere bölünmesinden oluşan birincil yaklaşım gösterilmektedir. Bu hatlar, aynı zamanda, ana kanalı taşkın yataklarından ayıran düşey bağlantı noktası ile çakışmaktadır. Bu düşey birleşme hattında maksimum momentum transferinin oluştuğu varsayılmaktadır [5].

Sellin [17], bölünmüş kanal yönteminin, ana kanaldaki akımı azaltmada taşkın yataklarındaki akımı ise hızlandırmada yanal momentum değişimini hesaba katmamasından ötürü bileşik kanallardaki debiyi olduğundan fazla tahmin ettiğini

göstermiştir. Ana kanaldaki akımın geciktirici etkilerini hesaba katmak için, ıslak çeper bazen düşey bölme hatlarının dâhil edilmesiyle değiştirilir.

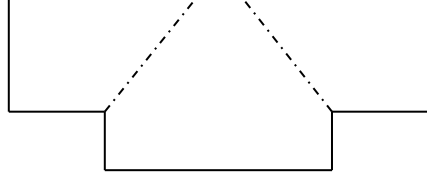
Dikey bölünmüş kanal yöntemi, mühendislik araçları ve yazılımlarında (Örneğin, HEC-RAS, MIKE11, ISIS, SOBEC, vb.) en geçerli yöntemdir. Bu yöntem, saha ve laboratuvar bileşik kanal kesitlerinde debi hesap tahmininde oldukça doğru sonuçlara ulaşma özelliğine sahiptir [26].

Yen ve Overton [72], Şekil 3.2 (b)'de gösterildiği üzere en ideal bölme hattının kayma gerilmesinin sıfır olduğu yerde olduğunu önermişlerdir. Eş hız eğrilerinden alınan veriler bazında sıfır kayma hatlarının diyagonal hat üzerinde olduğunu bulmuşlardır. Bu sıfır kayma hatları, momentum alışverişinin minimum olduğu yerlere karşılık gelmektedir. Bu özel bölme yönteminin dezavantajı, sıfır kayma hatlarının her su derinliği için ayrı ayrı belirlenmesinden ötürü ek bir parametre olarak diyagonal açısının mevcut olmasıdır.

Myers [73], Şekil 3.2 (c)'de tanımlandığı gibi her bir alt bölgenin momentum denge analizini gerçekleştirmiştir. Bir “fiktif kayma gerilmesi” formunda yatay bölme hattında, taşkın yatağı ve ana kanal arasında momentum transferini ifade etmiştir. Fiktif kayma gerilmesini ifade etmek için çeşitli deneyler sonucunda formüller geliştirilmiştir. Fakat Knight ve Shiono [74]'ya göre, her bir formül belirli geometri için geçerlidir ve bu yüzden bu formülleri farklı geometrilere uygulamak zordur.



a) Düşey Bölme Hatları



b) Diyagonal Bölme Hatları



c) Yatay Bölme Hattı

Şekil 3.2. Bölünmüş Kanal Metodu (DCM) [5, 72, 73]

Knight, vd. [75], DCM'nin belli bir derinlikteki debiyi oldukça iyi tahmin edebilmesine rağmen taşkın yatağında ve ana kanaldaki toplam debi yüzdesinin doğru olamayabileceğini belirtmişlerdir. Wormleaton ve Hadjipanos [76], hesaplanan kesit debilerindeki hatanın %60 gibi yüksek bir değere ulaşabileceğini göstermişlerdir.

3.1.3. Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Metodu (MDCM)

Bu yöntemde, Khatua vd. [77], aşama debi tahminini geliştirmek için birçok modifiye bölme kanalı yöntemini sunmuşlardır. Burada, Khatua tarafından önerilen yöntemde, bir kanaldaki ana kanal ve taşkın yatağı arasındaki ara yüz kesme gerilmesinin yeni bir parametreye dayanan sınır kayma dağılımını ifade etmişlerdir.

Wormleaton vd. [20], taşkın yatağındaki akıştan ötürü ana kanal akışı üzerindeki toplam sürükleme kuvveti ve debi tahmininin zorlaşmasına sebep olan momentumun transferinin ana kanala geçişi nedeniyle taşkın yatağı üzerindeki akışın, hızlanma kuvvetine eşit olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, kuvvetin dengelenmesi için

burada ana kanal sınırının artırılması ve taşkın yatağının ana kanal ve taşkın yatağı akış etkileşimini hesaba katmak için uygun şekilde azaltılması gerekmiştir. X_{mc} , ana kanal ıslatılmış çevre içerisine eklenmesi için ara yüz uzunluğu ve X_{fp} , taşkın yatağının etkileşim uzunluğu olarak adlandırılan ıslatılmış çevresinden çıkarılacak arabirim uzunluğu olsun. Bu parametrelerin bu yönteme göre, X_{mc} , X_{fp} ' nin değeri denklem 3.5 ve denklem 3.6'ten elde edilmiştir.

$$X_{mc} = \frac{100P_{mc}}{(100-\%S_{fp})[1+(\alpha-1)\beta]} - P_{mc} \quad (3.5)$$

$$X_{fp} = P_{fp} - \frac{100(\alpha-1)\beta}{(\%S_{fp})[1+(\alpha-1)\beta]} P_{fp} \quad (3.6)$$

Burada $\alpha = B / b$ =genişlik oranı; $\beta = (H - h)/H$ =bağlı derinlik, b = ana kanal alt genişliği; B = bileşik kanalın toplam genişliği; h = su derinliği ve H = toplam akış derinliğini ifade etmektedir. $\%S_{fp}$ = Taşkın ovalarında kesme kuvveti yüzdesini göstermektedir.

$\%S_{fp}$ ve kanal geometrisi bilinirse, ara yüz uzunlukları X_{mc} ve X_{fp} bulunabilir. Daha sonra, ana kanal ve taşkın yatağı için debiler Manning denklemi kullanılarak hesaplanır ve toplam debi değeri için birlikte eklenir. Bu çözüm denklem 3.7'da gösterilmiştir.

$$Q = \sqrt{S_o} \left[\frac{1}{n_{mc}} A_{mc}^{\frac{5}{3}} (P_{mc} + X_{mc})^{\frac{2}{3}} + \frac{1}{n_{fp}} A_{fp}^{\frac{5}{3}} (P_{fp} + X_{fp})^{\frac{2}{3}} \right] \quad (3.7)$$

Burada, S_o = hem ana kanalın hem de taşkın yatağının yatak eğimini ve n_{mc} , n_{fp} sırasıyla ana kanal ve taşkın yatağının Manning pürüzlülük katsayılarını ifade etmektedir. Homojen sertliğe sahip dikdörtgen kanal ve taşkınlar için (yani Manning' in n değeri hem ana kanal hem de taşkınlar için eşittir). $\%S_{fp}$, Khatua ve Patra tarafından geliştirilen denklem 3.8'den hesaplanmıştır. [77]

$$\%S_{fp} = 4.105 \left[\frac{100\beta(\alpha-1)}{1+\beta(\alpha-1)} \right]^{0,6917} \quad (3.8)$$

Böylece, % S_{fp} değeri X_{mc} , X_{fp} denkleminde yerine yazarak X_{mc} ve X_{fp} 'nin değeri hesaplanabilir. Arabirim uzunluğunun değerlerini belirledikten sonra düz bileşik kanalın debisi tahmin edilebilir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

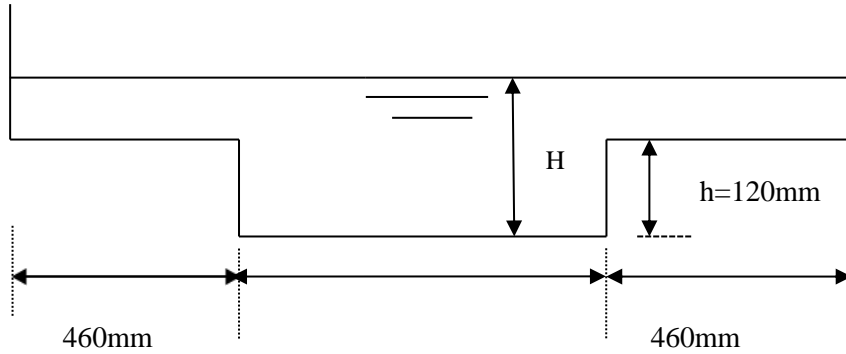
4.1. Kullanılan Deney Düzenegi ve Deney Verileri

Bu kısımda yöntemlerin karşılaştırılmasında kullanılan, literatürdeki yayınlanmış deney düzenegi ve deney verilerinden bahsedilecektir.

4.1.1. Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar Kanalı (10,75 m) ve Deney Verileri

Kullanılan kanal, 10,75 m uzunluğunda ve her bir genişliği 0,46 m olan iki adet taşkın yatağından ve 0,29 m genişliğine sahip ana kanaldan oluşmaktadır. Toplamda kanal genişliği 1,21 m'dir (Şekil 4.1) [5].

Kanaldaki su seviyesi, kanal mansabındaki keskin kenarlı dikdörtgen savak kullanılarak ayarlanmaktadır. Kanaldaki su derinliği, kanal boyunca hareket edebilen sayaçlar ile ölçülmektedir. Debi ise bir dall tüpü kullanılarak belirlenmektedir. Hız dağılımını belirlemek için; enine hız profilleri, kesit boyunca 10 mm aralıklarla yerleştirilmiş minyatür pervaneli akımölçerlerle elde edilmiştir [20].



Şekil 4.1. Londra Üniversitesindeki laboratuvar kanalı kesiti (10,75 m) [20]

Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar kanalından elde edilmiş olan deney verileri Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir. Bu deney verileri bileşik kanal üzerinde dört farklı pürüzlülük (seri A, B, C, D) durumlarında uygulanmıştır [5]. A, B, C ve D serileri için taşkın yataklarında farklı Manning pürüzlülük katsayı değerleri kullanılmıştır ve bu değerler sırasıyla 0,011, 0,014, 0,017 ve 0,021'dir.

Çizelge 4.1. Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar kanal deney verileri [20]

Seri No	Q (m ³ /sn)	H (m)	h (m)	B/b	b (m)	n _{mc}	n _{fp}	S _o (×10 ⁴)
A1	0,0134	0,135	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A2	0,0160	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A3	0,0205	0,150	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A4	0,0260	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A5	0,0310	0,170	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A6	0,0370	0,180	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A7	0,0435	0,190	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	4,3
A8	0,0172	0,135	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	9,4
A9	0,0257	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	9,4
A10	0,0292	0,145	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	9,4
A11	0,0352	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	10,1
A12	0,0310	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,011	18,0
B1	0,0170	0,151	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,014	4,3
B2	0,0205	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,014	4,3
B3	0,0260	0,170	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,014	4,3
B4	0,0310	0,180	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,014	4,3
B5	0,0380	0,190	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,014	4,3
B6	0,0480	0,210	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,014	4,3
C1	0,0115	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C2	0,0150	0,150	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C3	0,0180	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C4	0,0225	0,170	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C5	0,0280	0,180	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C6	0,0305	0,190	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C7	0,0370	0,200	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3
C8	0,0430	0,210	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,017	4,3

Çizelge 4.2. Londra Üniversitesi Hidrolik Laboratuvar kanal deney verileri [20]

Seri No	Q (m ³ /sn)	H (m)	h (m)	B/b	b (m)	n _{mc}	n _{fp}	S _o (x10 ⁻⁴)
D1	0,0090	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D2	0,0120	0,150	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D3	0,0150	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D4	0,0175	0,170	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D5	0,0240	0,180	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D6	0,0275	0,190	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D7	0,0330	0,200	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D8	0,0380	0,210	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	4,3
D9	0,0125	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	9,4
D10	0,0215	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	9,4
D11	0,0355	0,180	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	9,4
D12	0,0150	0,140	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	13,2
D13	0,0255	0,160	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	13,2
D14	0,0420	0,180	0,120	4,17	0,145	0,0099	0,021	13,2

4.2. Deney Verilerinin Analizi

Bu çalışmada, Londra Üniversitesi deney verileri kullanılarak sabit bir kanal taban eğiminde çözümlenecek şekilde kanal taban eğimi $4,3 \times 10^{-4}$ olan eğimli seriler seçilmiştir. Alınan bu veriler Tek Kanal Metodu (SCM), Bölünmüş Kanal Metodu (DCM) ve Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Metodu (MDCM) yöntemleriyle analiz edilmiş ve ilgili başlıklar altında verilmiştir.

4.2.1. Tek Kanal Metodu (SCM) İle Debi Hesabı

Bu kısımda, SCM metodu $b=0,144\text{m}$, $B=0,604\text{m}$ ve $h=0,12\text{m}$ boyutlarına sahip bir bileşik kanal üzerinde dört farklı pürüzlülük (seri A, B, C, D) durumlarında uygulanmıştır [5]. A, B, C ve D serileri için taşkın yataklarında farklı Manning n değerleri kullanılmıştır ve bu değerler sırasıyla 0,011, 0,014, 0,017 ve 0,021'dir.

Bu yöntemde bileşik kesitli kanal ana yatağı ve iki taşkın yatağı bir bütün olarak düşünülmüş ve debi hesabı bu şekilde yapılmıştır. Hesaplama işlemleri Ms Excel yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan debi değerleri için hata payı (%) aşağıda gösterilen denklem 4.1 ile hesaplanmıştır [5]:

$$Hata Payı = 100 \times \left[\frac{Q_{hesap} - Q_{deney}}{Q_{deney}} \right] \quad (4.1)$$

SCM metodu uygulanan deney verileri sonucundaki en küçük hata miktarı %1,5 ile B serisinde, en büyük hata miktarı %8,5 ile A serisinde hesaplanmıştır. Seriler arasındaki ortalama hata miktarı ise %5,1'dir.

Deney verilerine ait SCM ile hesaplanmış debi değerleri Çizelge 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. SCM ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,010	fl=	0,46					
A	mf=	0,011	ml=	0,288					
B	mf=	0,014	h=	0,12					
C	mf=	0,017	S=	0,00043					
D	mf=	0,021							
A Serisi									
	H	H-h	A(toplam)	P(toplam)	n	Q(toplam)	Q(lt/s)	Qdeney	Hata oranı
A1	0,135	0,015	0,05268	1,478	0,0102	0,0116	11,6	13,4	13,3
A2	0,140	0,02	0,05872	1,488	0,0102	0,0138	13,8	16,0	13,9
A3	0,150	0,03	0,07080	1,508	0,0103	0,0185	18,5	20,5	9,8
A4	0,160	0,04	0,08288	1,528	0,0104	0,0237	23,7	26,0	8,8
A5	0,170	0,05	0,09496	1,548	0,0104	0,0294	29,4	31,0	5,3
A6	0,180	0,06	0,10704	1,568	0,0105	0,0354	35,4	37,0	4,3
A7	0,190	0,07	0,11912	1,588	0,0105	0,0419	41,9	43,5	3,8
									8,5 Ort.Hata
B Serisi									
B1	0,151	0,031	0,07201	1,51	0,0115	0,0170	17,0	17,0	0,2
B2	0,160	0,040	0,08288	1,528	0,0117	0,0210	21,0	20,5	2,5
B3	0,170	0,050	0,09496	1,548	0,0119	0,0258	25,8	26,0	0,9
B4	0,180	0,060	0,10704	1,568	0,0120	0,0309	30,9	31,0	0,5
B5	0,190	0,070	0,11912	1,588	0,0121	0,0363	36,3	38,0	4,6
B6	0,210	0,090	0,14328	1,628	0,0123	0,0479	47,9	48,0	0,2
									1,5 Ort.Hata

Cizelge 4.4. SCM ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

	C Serisi									
C1	0,140	0,020	0,05872	1,488	0,0121	0,0116	11,6	11,5	1,2	
C2	0,150	0,030	0,07080	1,508	0,0127	0,0151	15,1	15,0	0,6	
C3	0,160	0,040	0,08288	1,528	0,0131	0,0189	18,9	18,0	4,8	
C4	0,170	0,050	0,09496	1,548	0,0133	0,0230	23,0	22,5	2,0	
C5	0,180	0,060	0,10704	1,568	0,0136	0,0273	27,3	28,0	2,4	
C6	0,190	0,070	0,11912	1,588	0,0137	0,0320	32,0	30,5	4,9	
C7	0,200	0,080	0,13120	1,608	0,0139	0,0369	36,9	37,0	0,4	
C8	0,210	0,090	0,14328	1,628	0,0140	0,0420	42,0	43,0	2,4	
										2,3 Ort.Hata
	D Serisi									
D1	0,140	0,020	0,05872	1,488	0,0134	0,0105	10,5	9,0	17,2	
D2	0,150	0,030	0,07080	1,508	0,0142	0,0134	13,4	12,0	11,9	
D3	0,160	0,040	0,08288	1,528	0,0148	0,0166	16,6	15,0	10,7	
D4	0,170	0,050	0,09496	1,548	0,0153	0,0200	20,0	17,5	14,6	
D5	0,180	0,060	0,10704	1,568	0,0156	0,0237	23,7	24,0	1,1	
D6	0,190	0,070	0,11912	1,588	0,0159	0,0276	27,6	27,5	0,5	
D7	0,200	0,080	0,13120	1,608	0,0161	0,0317	31,7	33,0	3,8	
D8	0,210	0,090	0,14328	1,628	0,0163	0,0360	36,0	38,0	5,2	
										8,1 Ort.Hata

4.2.2. Bölünmüş Kanal Metodu (DCM) İle Debi Hesabı

Bu metotla bileşik kesitli kanaldaki bir ana yatak ve iki taşkın yatağı, Düşey Bölme Hatları (V), Diyagonal Bölme Hatları (D) ve Yatay Bölme Hatları (H) dâhil edilerek ve dâhil edilmeden debiler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Dâhil edilen bölme hatları alt indis i, dahil edilmeyen bölme hatları ise alt indis e ile gösterilmiştir. Hesaplama işlemleri Ms Excel yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan debi değerleri için hata payı (%) yukarıda verilen Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

Bileşik kanal kesitine DCM yöntemi uygulanarak hesap debileri elde edilmiştir. Bu debilerle deneysel debiler karşılaştırılarak, en az hata değerini veren yöntemin He (yatay bölme hatları dahil edilmeyen) olduğu görülmüştür [5]. He seriler arasındaki ortalama hata miktarı ise %8,9 olarak bulunmuştur.

Deney verilerine ait DCM (Vi (düşey bölme hatları dâhil edilen), Ve (düşey bölme hatları dâhil edilmeyen), Hi (yatay bölme hatları dâhil edilen), He (yatay bölme hatları dâhil edilmeyen), Di (diyagonal bölme hatları dâhil edilen), De (diyagonal bölme

hatları dâhil edilmeyen)) ile hesaplanmış debi değerleri Çizelge 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16 'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. DCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46						
A	mf=	0,011		ml=	0,288						
B	mf=	0,014		h=	0,12						
C	mf=	0,017		S=	0,00043						
D	mf=	0,021									
A Serisi											
	H	H-h	A1	P1	A2	P2	Q1	Q2	Q(toplam)	Qdeney	Hata oranı
A1	0,135	0,015	0,0069	0,49	0,03888	0,558	0,000759	0,013790	15,3	13,4	14,2
A2	0,140	0,02	0,0092	0,5	0,04032	0,568	0,001209	0,014479	16,9	16,0	5,6
A3	0,150	0,03	0,0138	0,52	0,0432	0,588	0,002315	0,015873	20,5	20,5	0,0
A4	0,160	0,04	0,0184	0,54	0,04608	0,608	0,003646	0,017286	24,6	26,0	5,5
A5	0,170	0,05	0,023	0,56	0,04896	0,628	0,005161	0,018715	29,0	31,0	6,3
A6	0,180	0,06	0,0276	0,58	0,05184	0,648	0,006832	0,020160	33,8	37,0	8,6
A7	0,190	0,07	0,0322	0,6	0,05472	0,668	0,008636	0,021618	38,9	43,5	10,6
										Ort.Hata	7,3
B Serisi											
B1	0,151	0,031	0,01426	0,522	0,043488	0,59	0,001916	0,016013	19,8	17,0	16,7
B2	0,160	0,040	0,0184	0,54	0,04608	0,608	0,002864	0,017286	23,0	20,5	12,3
B3	0,170	0,050	0,023	0,56	0,04896	0,628	0,004055	0,018715	26,8	26,0	3,2
B4	0,180	0,060	0,0276	0,58	0,05184	0,648	0,005368	0,020160	30,9	31,0	0,3
B5	0,190	0,070	0,0322	0,6	0,05472	0,668	0,006786	0,021618	35,2	38,0	7,4
B6	0,210	0,090	0,0414	0,64	0,06048	0,708	0,009881	0,024571	44,3	48,0	7,6
										Ort.Hata	7,9

Çizelge 4.6. DCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

	C Serisi										
C1	0,140	0,020	0,0092	0,5	0,04032	0,568	0,000782	0,014479	16,0	11,5	39,5
C2	0,150	0,030	0,0138	0,52	0,0432	0,588	0,001498	0,015873	18,9	15,0	25,8
C3	0,160	0,040	0,0184	0,54	0,04608	0,608	0,002359	0,017286	22,0	18,0	22,2
C4	0,170	0,050	0,023	0,56	0,04896	0,628	0,00334	0,018715	25,4	22,5	12,9
C5	0,180	0,060	0,0276	0,58	0,05184	0,648	0,004421	0,020160	29,0	28,0	3,6
C6	0,190	0,070	0,0322	0,6	0,05472	0,668	0,005588	0,021618	32,8	30,5	7,5
C7	0,200	0,080	0,0368	0,62	0,0576	0,688	0,00683	0,023089	36,7	37,0	0,7
C8	0,210	0,090	0,0414	0,64	0,06048	0,708	0,008138	0,024571	40,8	43,0	5,0
									Ort.Hata		14,6
	D Serisi										
D1	0,140	0,020	0,0092	0,5	0,04032	0,568	0,000633	0,014479	15,7	9,0	74,9
D2	0,150	0,030	0,0138	0,52	0,0432	0,588	0,001212	0,015873	18,3	12,0	52,5
D3	0,160	0,040	0,0184	0,54	0,04608	0,608	0,00191	0,017286	21,1	15,0	40,7
D4	0,170	0,050	0,023	0,56	0,04896	0,628	0,002704	0,018715	24,1	17,5	37,8
D5	0,180	0,060	0,0276	0,58	0,05184	0,648	0,003579	0,020160	27,3	24,0	13,8
D6	0,190	0,070	0,0322	0,6	0,05472	0,668	0,004524	0,021618	30,7	27,5	11,5
D7	0,200	0,080	0,0368	0,62	0,0576	0,688	0,005529	0,023089	34,1	33,0	3,5
D8	0,210	0,090	0,0414	0,64	0,06048	0,708	0,006588	0,024571	37,7	38,0	0,7
									Ort.Hata		29,4

Çizelge 4.7. DCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099	fl=	0,46							
A	nf=	0,011	ml=	0,288							
B	nf=	0,014	h=	0,12							
C	nf=	0,017	S=	0,00043							
D	nf=	0,021									
	A Serisi										
	H	H-h	A1	P1	A2	P2	Q1	Q2	Q(toplam)	Qdeney	Hata oran
A1	0,135	0,015	0,0069	0,475	0,03888	0,528	0,000774	0,014307	15,9	13,4	18,3
A2	0,140	0,02	0,0092	0,48	0,04032	0,528	0,001242	0,015201	17,7	16,0	10,5
A3	0,150	0,03	0,0138	0,49	0,0432	0,528	0,002408	0,017054	21,9	20,5	6,7
A4	0,160	0,04	0,0184	0,5	0,04608	0,528	0,003838	0,018990	26,7	26,0	2,6
A5	0,170	0,05	0,023	0,51	0,04896	0,528	0,005493	0,021009	32,0	31,0	3,2
A6	0,180	0,06	0,0276	0,52	0,05184	0,528	0,007348	0,023109	37,8	37,0	2,2
A7	0,190	0,07	0,0322	0,53	0,05472	0,528	0,009381	0,025288	44,1	43,5	1,3
									Ort.Hata		6,4
	B Serisi										
B1	0,151	0,031	0,01426	0,491	0,043488	0,528	0,001996	0,017244	21,2	17,0	24,9
B2	0,160	0,040	0,0184	0,5	0,04608	0,528	0,003015	0,018990	25,0	20,5	22,1
B3	0,170	0,050	0,023	0,51	0,04896	0,528	0,004316	0,021009	29,6	26,0	14,0
B4	0,180	0,060	0,0276	0,52	0,05184	0,528	0,005774	0,023109	34,7	31,0	11,8
B5	0,190	0,070	0,0322	0,53	0,05472	0,528	0,007371	0,025288	40,0	38,0	5,3
B6	0,210	0,090	0,0414	0,55	0,06048	0,528	0,010932	0,029879	51,7	48,0	7,8
									Ort.Hata		14,3

Çizelge 4.8. DCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

	C Serisi											
C1	0,140	0,020	0,0092	0,48	0,04032	0,528	0,000804	0,015201	16,8	11,5	46,2	
C2	0,150	0,030	0,0138	0,49	0,0432	0,528	0,001558	0,017054	20,2	15,0	34,5	
C3	0,160	0,040	0,0184	0,5	0,04608	0,528	0,002483	0,018990	24,0	18,0	33,1	
C4	0,170	0,050	0,023	0,51	0,04896	0,528	0,003555	0,021009	28,1	22,5	25,0	
C5	0,180	0,060	0,0276	0,52	0,05184	0,528	0,004755	0,023109	32,6	28,0	16,5	
C6	0,190	0,070	0,0322	0,53	0,05472	0,528	0,00607	0,025288	37,4	30,5	22,7	
C7	0,200	0,080	0,0368	0,54	0,0576	0,528	0,007489	0,027545	42,5	37,0	14,9	
C8	0,210	0,090	0,0414	0,55	0,06048	0,528	0,009003	0,029879	47,9	43,0	11,4	
										Ort.Hata	25,5	
	D Serisi											
D1	0,140	0,020	0,0092	0,48	0,04032	0,528	0,000651	0,015201	16,5	9,0	83,4	
D2	0,150	0,030	0,0138	0,49	0,0432	0,528	0,001261	0,017054	19,6	12,0	63,1	
D3	0,160	0,040	0,0184	0,5	0,04608	0,528	0,00201	0,018990	23,0	15,0	53,4	
D4	0,170	0,050	0,023	0,51	0,04896	0,528	0,002877	0,021009	26,8	17,5	52,9	
D5	0,180	0,060	0,0276	0,52	0,05184	0,528	0,003849	0,023109	30,8	24,0	28,4	
D6	0,190	0,070	0,0322	0,53	0,05472	0,528	0,004914	0,025288	35,1	27,5	27,7	
D7	0,200	0,080	0,0368	0,54	0,0576	0,528	0,006063	0,027545	39,7	33,0	20,2	
D8	0,210	0,090	0,0414	0,55	0,06048	0,528	0,007288	0,029879	44,5	38,0	17,0	
										Ort.Hata	43,3	

Çizelge 4.9. DCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099	fl=	0,46							
A	nf=	0,011	ml=	0,288							
B	nf=	0,014	h=	0,12							
C	nf=	0,017	S=	0,00043							
D	nf=	0,021									
	A Serisi										
	H	H-h	A1	P1	A2	P2	Q1	Q2	Q(toplam)	Qdeney	Hata oran
A1	0,135	0,015	0,01812	1,238	0,03456	0,528	0,002044	0,011757	13,8	13,4	3,0
A2	0,140	0,02	0,02416	1,248	0,03456	0,528	0,003284	0,011757	15,0	16,0	6,0
A3	0,150	0,03	0,03624	1,268	0,03456	0,528	0,006386	0,011757	18,1	20,5	11,5
A4	0,160	0,04	0,04832	1,288	0,03456	0,528	0,010208	0,011757	22,0	26,0	15,5
A5	0,170	0,05	0,0604	1,308	0,03456	0,528	0,014655	0,011757	26,4	31,0	14,8
A6	0,180	0,06	0,07248	1,328	0,03456	0,528	0,01966	0,011757	31,4	37,0	15,1
A7	0,190	0,07	0,08456	1,348	0,03456	0,528	0,025167	0,011757	36,9	43,5	15,1
										Ort.Hata	11,6
	B Serisi										
B1	0,151	0,031	0,037448	1,27	0,03456	0,528	0,005294	0,011757	17,1	17,0	0,3
B2	0,160	0,040	0,04832	1,288	0,03456	0,528	0,008021	0,011757	19,8	20,5	3,5
B3	0,170	0,050	0,0604	1,308	0,03456	0,528	0,011515	0,011757	23,3	26,0	10,5
B4	0,180	0,060	0,07248	1,328	0,03456	0,528	0,015447	0,011757	27,2	31,0	12,2
B5	0,190	0,070	0,08456	1,348	0,03456	0,528	0,019774	0,011757	31,5	38,0	17,0
B6	0,210	0,090	0,10872	1,388	0,03456	0,528	0,02948	0,011757	41,2	48,0	14,1
										Ort.Hata	9,6

Çizelge 4.10. DCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi											
C1	0,140	0,020	0,02416	1,248	0,03456	0,528	0,002125	0,011757	13,9	11,5	20,7
C2	0,150	0,030	0,03624	1,268	0,03456	0,528	0,004132	0,011757	15,9	15,0	5,9
C3	0,160	0,040	0,04832	1,288	0,03456	0,528	0,006605	0,011757	18,4	18,0	2,0
C4	0,170	0,050	0,0604	1,308	0,03456	0,528	0,009483	0,011757	21,2	22,5	5,6
C5	0,180	0,060	0,07248	1,328	0,03456	0,528	0,012721	0,011757	24,5	28,0	12,6
C6	0,190	0,070	0,08456	1,348	0,03456	0,528	0,016284	0,011757	28,0	30,5	8,1
C7	0,200	0,080	0,09664	1,368	0,03456	0,528	0,020144	0,011757	31,9	37,0	13,8
C8	0,210	0,090	0,10872	1,388	0,03456	0,528	0,024278	0,011757	36,0	43,0	16,2
										Ort.Hata	10,6
D Serisi											
D1	0,140	0,020	0,02416	1,248	0,03456	0,528	0,00172	0,011757	13,5	9,0	49,7
D2	0,150	0,030	0,03624	1,268	0,03456	0,528	0,003345	0,011757	15,1	12,0	25,9
D3	0,160	0,040	0,04832	1,288	0,03456	0,528	0,005347	0,011757	17,1	15,0	14,0
D4	0,170	0,050	0,0604	1,308	0,03456	0,528	0,007677	0,011757	19,4	17,5	11,0
D5	0,180	0,060	0,07248	1,328	0,03456	0,528	0,010298	0,011757	22,1	24,0	8,1
D6	0,190	0,070	0,08456	1,348	0,03456	0,528	0,013182	0,011757	24,9	27,5	9,3
D7	0,200	0,080	0,09664	1,368	0,03456	0,528	0,016307	0,011757	28,1	33,0	15,0
D8	0,210	0,090	0,10872	1,388	0,03456	0,528	0,019653	0,011757	31,4	38,0	17,3
										Ort.Hata	18,8

Çizelge 4.11. DCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099	fl=	0,46							
A	nf=	0,011	ml=	0,288							
B	nf=	0,014	h=	0,12							
C	nf=	0,017	S=	0,00043							
D	nf=	0,021									
A Serisi											
	H	H-h	A1	P1	A2	P2	Q1	Q2	Q(toplam)	Qdeney	Hata oranı
A1	0,135	0,015	0,01812	0,95	0,03456	0,528	0,002439	0,011757	14,2	13,4	5,9
A2	0,140	0,02	0,02416	0,96	0,03456	0,528	0,003911	0,011757	15,7	16,0	2,1
A3	0,150	0,03	0,03624	0,98	0,03456	0,528	0,007583	0,011757	19,3	20,5	5,7
A4	0,160	0,04	0,04832	1	0,03456	0,528	0,012084	0,011757	23,8	26,0	8,3
A5	0,170	0,05	0,0604	1,02	0,03456	0,528	0,017298	0,011757	29,1	31,0	6,3
A6	0,180	0,06	0,07248	1,04	0,03456	0,528	0,023139	0,011757	34,9	37,0	5,7
A7	0,190	0,07	0,08456	1,06	0,03456	0,528	0,02954	0,011757	41,3	43,5	5,1
										Ort.Hata	5,6
B Serisi											
B1	0,151	0,031	0,037448	0,982	0,03456	0,528	0,006284	0,011757	18,0	17,0	6,1
B2	0,160	0,040	0,04832	1	0,03456	0,528	0,009495	0,011757	21,3	20,5	3,7
B3	0,170	0,050	0,0604	1,02	0,03456	0,528	0,013592	0,011757	25,3	26,0	2,5
B4	0,180	0,060	0,07248	1,04	0,03456	0,528	0,018181	0,011757	29,9	31,0	3,4
B5	0,190	0,070	0,08456	1,06	0,03456	0,528	0,02321	0,011757	35,0	38,0	8,0
B6	0,210	0,090	0,10872	1,1	0,03456	0,528	0,034424	0,011757	46,2	48,0	3,8
										Ort.Hata	4,6

Çizelge 4.12. DCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi											
C1	0,140	0,020	0,02416	0,96	0,03456	0,528	0,002531	0,011757	14,3	11,5	24,2
C2	0,150	0,030	0,03624	0,98	0,03456	0,528	0,004907	0,011757	16,7	15,0	11,1
C3	0,160	0,040	0,04832	1	0,03456	0,528	0,007819	0,011757	19,6	18,0	8,8
C4	0,170	0,050	0,0604	1,02	0,03456	0,528	0,011193	0,011757	23,0	22,5	2,0
C5	0,180	0,060	0,07248	1,04	0,03456	0,528	0,014972	0,011757	26,7	28,0	4,5
C6	0,190	0,070	0,08456	1,06	0,03456	0,528	0,019114	0,011757	30,9	30,5	1,2
C7	0,200	0,080	0,09664	1,08	0,03456	0,528	0,023583	0,011757	35,3	37,0	4,5
C8	0,210	0,090	0,10872	1,1	0,03456	0,528	0,028349	0,011757	40,1	43,0	6,7
										Ort.Hata	7,9
D Serisi											
D1	0,140	0,020	0,02416	0,96	0,03456	0,528	0,002049	0,011757	13,8	9,0	53,4
D2	0,150	0,030	0,03624	0,98	0,03456	0,528	0,003972	0,011757	15,7	12,0	31,1
D3	0,160	0,040	0,04832	1	0,03456	0,528	0,00633	0,011757	18,1	15,0	20,6
D4	0,170	0,050	0,0604	1,02	0,03456	0,528	0,009061	0,011757	20,8	17,5	19,0
D5	0,180	0,060	0,07248	1,04	0,03456	0,528	0,012121	0,011757	23,9	24,0	0,5
D6	0,190	0,070	0,08456	1,06	0,03456	0,528	0,015473	0,011757	27,2	27,5	1,0
D7	0,200	0,080	0,09664	1,08	0,03456	0,528	0,019091	0,011757	30,8	33,0	6,5
D8	0,210	0,090	0,10872	1,1	0,03456	0,528	0,022949	0,011757	34,7	38,0	8,7
										Ort.Hata	17,6

Çizelge 4.13. DCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46						
A	nf=	0,011		ml=	0,288						
B	nf=	0,014		h=	0,12						
C	nf=	0,017		S=	0,00043						
D	nf=	0,021									
A Serisi											
	H	H-h	A1	P1	A2	P2	Q1	Q2	Q(toplam)	Qdeney	Hata oran
A1	0,135	0,015	0,00798	0,6198	0,03672	0,817558	0,000826	0,009718	11,4	13,4	15,1
A2	0,140	0,02	0,01064	0,6254	0,03744	0,818765	0,001327	0,010028	12,7	16,0	20,7
A3	0,150	0,03	0,01596	0,6371	0,03888	0,822184	0,002576	0,010650	15,8	20,5	22,9
A4	0,160	0,04	0,02128	0,6495	0,04032	0,826905	0,004108	0,011272	19,5	26,0	25,0
A5	0,170	0,05	0,0266	0,6624	0,04176	0,832867	0,00588	0,011894	23,7	31,0	23,7
A6	0,180	0,06	0,03192	0,6760	0,0432	0,84	0,007861	0,012514	28,2	37,0	23,7
A7	0,190	0,07	0,03724	0,6901	0,04464	0,848225	0,010025	0,013131	33,2	43,5	23,7
										Ort.Hata	22,1
B Serisi											
B1	0,151	0,031	0,016492	0,638	0,039024	0,8226	0,002135	0,010712	15,0	17,0	11,9
B2	0,160	0,040	0,02128	0,650	0,04032	0,827	0,003227	0,011271	17,7	20,5	13,5
B3	0,170	0,050	0,0266	0,662	0,04176	0,8328	0,00462	0,011894	21,1	26,0	18,7
B4	0,180	0,060	0,03192	0,676	0,0432	0,84	0,006177	0,012514	24,9	31,0	19,8
B5	0,190	0,070	0,03724	0,690	0,04464	0,8482	0,007877	0,013131	28,9	38,0	24,0
B6	0,210	0,090	0,04788	0,720	0,04752	0,8676	0,011643	0,014355	37,6	48,0	21,6
										Ort.Hata	18,2

Çizelge 4.14. DCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

	C Serisi											
C1	0,140	0,020	0,01064	0,625	0,03744	0,8188	0,000859	0,010028	11,7	11,5	2,1	
C2	0,150	0,030	0,01596	0,637	0,03888	0,8222	0,001667	0,010649	14,0	15,0	6,8	
C3	0,160	0,040	0,02128	0,650	0,04032	0,827	0,002658	0,011271	16,6	18,0	7,9	
C4	0,170	0,050	0,0266	0,662	0,04176	0,8328	0,003805	0,011894	19,5	22,5	13,3	
C5	0,180	0,060	0,03192	0,676	0,0432	0,84	0,005087	0,012514	22,7	28,0	19,0	
C6	0,190	0,070	0,03724	0,690	0,04464	0,8482	0,006487	0,013131	26,1	30,5	14,4	
C7	0,200	0,080	0,04256	0,705	0,04608	0,8574	0,007991	0,013746	29,7	37,0	19,7	
C8	0,210	0,090	0,04788	0,720	0,04752	0,8676	0,009588	0,014355	33,5	43,0	22,0	
										Ort.Hata	13,1	
	D Serisi											
D1	0,140	0,020	0,01064	0,625	0,03744	0,8188	0,000695	0,010028	11,4	9,0	26,9	
D2	0,150	0,030	0,01596	0,637	0,03888	0,8222	0,001349	0,010649	13,3	12,0	11,2	
D3	0,160	0,040	0,02128	0,650	0,04032	0,827	0,002152	0,011271	15,6	15,0	3,8	
D4	0,170	0,050	0,0266	0,662	0,04176	0,8328	0,00308	0,011894	18,1	17,5	3,2	
D5	0,180	0,060	0,03192	0,676	0,0432	0,84	0,004118	0,012514	20,7	24,0	13,5	
D6	0,190	0,070	0,03724	0,690	0,04464	0,8482	0,005251	0,013131	23,6	27,5	14,1	
D7	0,200	0,080	0,04256	0,705	0,04608	0,8574	0,006469	0,013746	26,7	33,0	19,1	
D8	0,210	0,090	0,04788	0,720	0,04752	0,8676	0,007762	0,014355	29,9	38,0	21,4	
										Ort.Hata	14,2	

Çizelge 4.15. DCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099	fl=	0,46							
A	nf=	0,011	ml=	0,288							
B	nf=	0,014	h=	0,12							
C	nf=	0,017	S=	0,00043							
D	nf=	0,021									
	A Serisi										
	H	H-h	A1	P1	A2	P2	Q1	Q2	Q(toplam)	Qdeney	Hata oranı
A1	0,135	0,015	0,00798	0,475	0,036720	0,528	0,000987	0,013007	15,0	13,4	11,8
A2	0,140	0,02	0,01064	0,48	0,037440	0,528	0,001583	0,013435	16,6	16,0	3,8
A3	0,150	0,03	0,01596	0,49	0,038880	0,528	0,003069	0,014307	20,4	20,5	0,3
A4	0,160	0,04	0,02128	0,5	0,040320	0,528	0,00489	0,015201	25,0	26,0	3,9
A5	0,170	0,05	0,0266	0,51	0,041760	0,528	0,007	0,016117	30,1	31,0	2,8
A6	0,180	0,06	0,03192	0,52	0,043200	0,528	0,009364	0,017054	35,8	37,0	3,3
A7	0,190	0,07	0,03724	0,53	0,044640	0,528	0,011954	0,018012	41,9	43,5	3,6
										Ort.Hata	4,2
	B Serisi										
B1	0,151	0,031	0,016492	0,491	0,039024	0,528	0,002543	0,014396	19,5	17,0	14,6
B2	0,160	0,040	0,02128	0,5	0,040320	0,528	0,003842	0,015201	22,9	20,5	11,6
B3	0,170	0,050	0,0266	0,51	0,041760	0,528	0,0055	0,016117	27,1	26,0	4,3
B4	0,180	0,060	0,03192	0,52	0,043200	0,528	0,007357	0,017054	31,8	31,0	2,5
B5	0,190	0,070	0,03724	0,53	0,044640	0,528	0,009392	0,018012	36,8	38,0	3,2
B6	0,210	0,090	0,04788	0,55	0,047520	0,528	0,01393	0,019990	47,8	48,0	0,3
										Ort.Hata	6,1

Çizelge 4.16. DCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

	C Serisi											
C1	0,140	0,020	0,01064	0,48	0,037440	0,528	0,001024	0,013435	15,5	11,5	34,6	
C2	0,150	0,030	0,01596	0,49	0,038880	0,528	0,001986	0,014307	18,3	15,0	21,9	
C3	0,160	0,040	0,02128	0,5	0,040320	0,528	0,003164	0,015201	21,5	18,0	19,6	
C4	0,170	0,050	0,0266	0,51	0,041760	0,528	0,004529	0,016117	25,2	22,5	11,9	
C5	0,180	0,060	0,03192	0,52	0,043200	0,528	0,006059	0,017054	29,2	28,0	4,2	
C6	0,190	0,070	0,03724	0,53	0,044640	0,528	0,007735	0,018012	33,5	30,5	9,8	
C7	0,200	0,080	0,04256	0,54	0,046080	0,528	0,009543	0,018990	38,1	37,0	2,9	
C8	0,210	0,090	0,04788	0,55	0,047520	0,528	0,011472	0,019990	42,9	43,0	0,2	
										Ort.Hata	13,1	
	D Serisi											
D1	0,140	0,020	0,01064	0,48	0,037440	0,528	0,000829	0,013435	15,1	9,0	67,7	
D2	0,150	0,030	0,01596	0,49	0,038880	0,528	0,001607	0,014307	17,5	12,0	46,0	
D3	0,160	0,040	0,02128	0,5	0,040320	0,528	0,002561	0,015201	20,3	15,0	35,5	
D4	0,170	0,050	0,0266	0,51	0,041760	0,528	0,003667	0,016117	23,5	17,5	34,0	
D5	0,180	0,060	0,03192	0,52	0,043200	0,528	0,004905	0,017054	26,9	24,0	11,9	
D6	0,190	0,070	0,03724	0,53	0,044640	0,528	0,006262	0,018012	30,5	27,5	11,0	
D7	0,200	0,080	0,04256	0,54	0,046080	0,528	0,007725	0,018990	34,4	33,0	4,4	
D8	0,210	0,090	0,04788	0,55	0,047520	0,528	0,009287	0,019990	38,6	38,0	1,5	
										Ort.Hata	26,5	

4.2.3. Modifiye Edilmiş Kanal Metodu (MDCM) İle Debi Hesabı

Bu metotla bileşik kesitli kanaldaki bir ana yatak ve iki taşkın yatağı, Düşey Bölme Hatları (V), Diyagonal Bölme Hatları (D) ve Yatay Bölme Hatları (H) dâhil edilerek ve dâhil edilmeden debiler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama işlemleri Ms Excel yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Hesaplanan debi değerleri için hata payı (%) yukarıda verilen Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır.

Bileşik kanal kesitine, MDCM yönteminde Khatua, Patra [77], Wormleaton ve diğerleri [20] tarafından verilen formüllere, deney verileri uygulanarak hesap debileri elde edilmiş ve bu debilerle deneysel debiler karşılaştırılarak hata oranları değerlendirilmiştir.

Deney verilerine MDCM'nun uygulanması sonucu elde edilen hesaplanmış debi değerleri Çizelge 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, 4.26, 4.27 ve 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. MDCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46												
A	mf=	0,011		ml=	0,288												
B	mf=	0,014		h=	0,12												
C	mf=	0,017		S=	0,00043												
D	mf=	0,021															
A Serisi																	
	H	H-h	a	b	b(a-1)	%Sfp	Pmc	Pfp	Xmc	Xfp	Amc	Afp	Q	Qdeney	Hata oran		
A1	0,135	0,015	4,1944	0,1111	0,3549	39,2921	0,56	0,49	0,1204	0,1633	0,0389	0,0069	13,4	13,4	0,3		
A2	0,140	0,02	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,57	0,50	0,1344	0,1477	0,0403	0,0092	15,6	16,0	2,4		
A3	0,150	0,03	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,59	0,52	0,1552	0,1281	0,0432	0,0138	19,2	20,5	6,5		
A4	0,160	0,04	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,61	0,54	0,1709	0,1164	0,0461	0,0184	23,2	26,0	10,7		
A5	0,170	0,05	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,63	0,56	0,1838	0,1087	0,0490	0,0230	27,7	31,0	10,7		
A6	0,180	0,06	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,65	0,58	0,1950	0,1035	0,0518	0,0276	32,5	37,0	12,2		
A7	0,190	0,07	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,67	0,60	0,2052	0,0999	0,0547	0,0322	37,6	43,5	13,6		
																Ort.Hata	8,0
B Serisi																	
B1	0,151	0,031	4,1944	0,2053	0,6558	52,2986	0,59	0,52	0,1570	0,1267	0,0435	0,0143	17,0	17,0	0,0		
B2	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,61	0,54	0,1709	0,1164	0,0461	0,0184	19,7	20,5	4,0		
B3	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,63	0,56	0,1838	0,1087	0,0490	0,0230	23,0	26,0	11,6		
B4	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,65	0,58	0,1950	0,1035	0,0518	0,0276	26,5	31,0	14,4		
B5	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,67	0,60	0,2052	0,0999	0,0547	0,0322	30,3	38,0	20,2		
B6	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,71	0,64	0,2235	0,0954	0,0605	0,0414	38,5	48,0	19,8		
																Ort.Hata	11,7

Çizelge 4.18. MDCM-Vi (düşey bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi																	
C1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,57	0,50	0,1344	0,1477	0,0403	0,0092	13,9	11,5	20,7		
C2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,59	0,52	0,1552	0,1281	0,0432	0,0138	16,2	15,0	7,8		
C3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,61	0,54	0,1709	0,1164	0,0461	0,0184	18,8	18,0	4,4		
C4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,63	0,56	0,1838	0,1087	0,0490	0,0230	21,7	22,5	3,5		
C5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,65	0,58	0,1950	0,1035	0,0518	0,0276	24,8	28,0	11,3		
C6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,67	0,60	0,2052	0,0999	0,0547	0,0322	28,2	30,5	7,6		
C7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,69	0,62	0,2146	0,0973	0,0576	0,0368	31,7	37,0	14,4		
C8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,71	0,64	0,2235	0,0954	0,0605	0,0414	35,3	43,0	17,9		
																Ort.Hata	11,0
D Serisi																	
D1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,57	0,50	0,1344	0,1477	0,0403	0,0092	13,6	9,0	51,5		
D2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,59	0,52	0,1552	0,1281	0,0432	0,0138	15,7	12,0	30,6		
D3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,61	0,54	0,1709	0,1164	0,0461	0,0184	18,0	15,0	20,1		
D4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,63	0,56	0,1838	0,1087	0,0490	0,0230	20,6	17,5	17,6		
D5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,65	0,58	0,1950	0,1035	0,0518	0,0276	23,3	24,0	2,8		
D6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,67	0,60	0,2052	0,0999	0,0547	0,0322	26,2	27,5	4,6		
D7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,69	0,62	0,2146	0,0973	0,0576	0,0368	29,3	33,0	11,2		
D8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,71	0,64	0,2235	0,0954	0,0605	0,0414	32,5	38,0	14,5		
																Ort.Hata	19,1

Çizelge 4.19. MDCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46											
A	nf=	0,011		ml=	0,288											
B	nf=	0,014		h=	0,12											
C	nf=	0,017		S=	0,00043											
D	nf=	0,021														
A Serisi																
	H	H-h	a	b	b(a-1)	%Sfp	Pmc	Pfp	Xmc	Xfp	Amc	Afp	Q	Qdeney	Hata oran	
A1	0,135	0,015	4,1944	0,1111	0,3549	39,2921	0,53	0,48	0,1139	0,1583	0,0389	0,0069	13,8	13,4	3,3	
A2	0,140	0,02	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0403	0,0092	16,3	16,0	2,1	
A3	0,150	0,03	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0432	0,0138	20,4	20,5	0,5	
A4	0,160	0,04	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0461	0,0184	25,1	26,0	3,4	
A5	0,170	0,05	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0490	0,0230	30,4	31,0	2,0	
A6	0,180	0,06	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0518	0,0276	36,1	37,0	2,3	
A7	0,190	0,07	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0547	0,0322	42,3	43,5	2,7	
														Ort.Hata	2,3	
B Serisi																
B1	0,151	0,031	4,1944	0,2053	0,6558	52,2986	0,53	0,49	0,1405	0,1192	0,0435	0,0143	18,2	17,0	7,0	
B2	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0461	0,0184	21,4	20,5	4,4	
B3	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0490	0,0230	25,4	26,0	2,4	
B4	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0518	0,0276	29,7	31,0	4,1	
B5	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0547	0,0322	34,5	38,0	9,3	
B6	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0605	0,0414	44,8	48,0	6,6	
														Ort.Hata	5,6	

Çizelge 4.20. MDCM-Ve (düşey bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi																
C1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0403	0,0092	14,5	11,5	26,5	
C2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0432	0,0138	17,3	15,0	15,2	
C3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0461	0,0184	20,5	18,0	13,7	
C4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0490	0,0230	24,0	22,5	6,8	
C5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0518	0,0276	27,9	28,0	0,3	
C6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0547	0,0322	32,1	30,5	5,3	
C7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	0,54	0,1647	0,0847	0,0576	0,0368	36,6	37,0	1,1	
C8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0605	0,0414	41,3	43,0	4,0	
														Ort.Hata	9,1	
D Serisi																
D1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0403	0,0092	14,3	9,0	58,8	
D2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0432	0,0138	16,8	12,0	39,7	
D3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0461	0,0184	19,6	15,0	30,9	
D4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0490	0,0230	22,8	17,5	30,4	
D5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0518	0,0276	26,3	24,0	9,5	
D6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0547	0,0322	30,0	27,5	9,2	
D7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	0,54	0,1647	0,0847	0,0576	0,0368	34,0	33,0	3,0	
D8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0605	0,0414	38,2	38,0	0,4	
														Ort.Hata	22,7	

Çizelge 4.21. MDCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46											
A	mf=	0,011		ml=	0,288											
B	nf=	0,014		h=	0,12											
C	nf=	0,017		S=	0,00043											
D	nf=	0,021														
A Serisi																
	H	H-h	a	b	b(a-1)	%Sfp	Pmc	Pfp	Xmc	Xfp	Amc	Afp	Q	Qdeney	Hata oram	
A1	0,135	0,015	4,1944	0,1111	0,3549	39,2921	0,53	1,24	0,1139	0,4126	0,0346	0,0181	13,7	13,4	2,2	
A2	0,140	0,02	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	1,25	0,1250	0,3687	0,0346	0,0242	18,5	16,0	15,6	
A3	0,150	0,03	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	1,27	0,1394	0,3124	0,0346	0,0362	25,5	20,5	24,3	
A4	0,160	0,04	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	1,29	0,1484	0,2776	0,0346	0,0483	34,0	26,0	30,7	
A5	0,170	0,05	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	1,31	0,1545	0,2540	0,0346	0,0604	43,8	31,0	41,1	
A6	0,180	0,06	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	1,33	0,1589	0,2370	0,0346	0,0725	54,7	37,0	47,8	
A7	0,190	0,07	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	1,35	0,1622	0,2244	0,0346	0,0846	66,7	43,5	53,2	
																Ort.Hata
																30,7
B Serisi																
B1	0,151	0,031	4,1944	0,2053	0,6558	52,2986	0,53	1,27	0,1405	0,3082	0,0346	0,0374	19,2	17,0	13,0	
B2	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	1,29	0,1484	0,2776	0,0346	0,0483	24,1	20,5	17,3	
B3	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	1,31	0,1545	0,2540	0,0346	0,0604	30,4	26,0	16,8	
B4	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	1,33	0,1589	0,2370	0,0346	0,0725	37,6	31,0	21,1	
B5	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	1,35	0,1622	0,2244	0,0346	0,0846	45,5	38,0	19,8	
B6	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	1,39	0,1667	0,2070	0,0346	0,1087	63,5	48,0	32,4	
																Ort.Hata
																20,1

Çizelge 4.22. MDCM-Hi (yatay bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi																
C1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	1,25	0,1250	0,3687	0,0346	0,0242	13,8	11,5	19,8	
C2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	1,27	0,1394	0,3124	0,0346	0,0362	17,2	15,0	14,6	
C3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	1,29	0,1484	0,2776	0,0346	0,0483	21,6	18,0	19,8	
C4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	1,31	0,1545	0,2540	0,0346	0,0604	26,8	22,5	18,9	
C5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	1,33	0,1589	0,2370	0,0346	0,0725	32,7	28,0	16,7	
C6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	1,35	0,1622	0,2244	0,0346	0,0846	39,2	30,5	28,6	
C7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	1,37	0,1647	0,2146	0,0346	0,0966	46,4	37,0	25,3	
C8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	1,39	0,1667	0,2070	0,0346	0,1087	54,0	43,0	25,7	
																Ort.Hata
																21,2
D Serisi																
D1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	1,25	0,1250	0,3687	0,0346	0,0242	13,1	9,0	45,6	
D2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	1,27	0,1394	0,3124	0,0346	0,0362	15,8	12,0	31,9	
D3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	1,29	0,1484	0,2776	0,0346	0,0483	19,4	15,0	29,0	
D4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	1,31	0,1545	0,2540	0,0346	0,0604	23,5	17,5	34,6	
D5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	1,33	0,1589	0,2370	0,0346	0,0725	28,3	24,0	18,0	
D6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	1,35	0,1622	0,2244	0,0346	0,0846	33,6	27,5	22,3	
D7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	1,37	0,1647	0,2146	0,0346	0,0966	39,4	33,0	19,4	
D8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	1,39	0,1667	0,2070	0,0346	0,1087	45,6	38,0	20,1	
																Ort.Hata
																27,6

Çizelge 4.23. MDCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46											
A	nf=	0,011		ml=	0,288											
B	nf=	0,014		h=	0,12											
C	nf=	0,017		S=	0,00043											
D	nf=	0,021														
A Serisi																
	H	H-h	a	b	b(a-1)	%Sfp	Pmc	Pfp	Xmc	Xfp	Amc	Afp	Q	Qdeney	Hata oran	
A1	0,135	0,015	4,1944	0,1111	0,3549	39,2921	0,53	0,48	0,1139	0,1583	0,0346	0,0181	16,7	13,4	24,7	
A2	0,140	0,02	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0346	0,0242	25,9	16,0	61,8	
A3	0,150	0,03	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0346	0,0362	39,1	20,5	90,9	
A4	0,160	0,04	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0346	0,0483	55,1	26,0	111,8	
A5	0,170	0,05	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0346	0,0604	73,3	31,0	136,5	
A6	0,180	0,06	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0346	0,0725	93,6	37,0	153,0	
A7	0,190	0,07	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0346	0,0846	115,7	43,5	166,0	
														Ort.Hata	106,4	
B Serisi																
B1	0,151	0,031	4,1944	0,2053	0,6558	52,2986	0,53	0,49	0,1405	0,1192	0,0346	0,0374	27,3	17,0	60,6	
B2	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0346	0,0483	36,4	20,5	77,7	
B3	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0346	0,0604	48,2	26,0	85,6	
B4	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0346	0,0725	61,6	31,0	98,7	
B5	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0346	0,0846	76,3	38,0	100,9	
B6	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0346	0,1087	109,4	48,0	127,9	
														Ort.Hata	91,9	

Çizelge 4.24. MDCM-He (yatay bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi																
C1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0346	0,0242	17,0	11,5	47,5	
C2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0346	0,0362	23,5	15,0	56,7	
C3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0346	0,0483	31,8	18,0	76,5	
C4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0346	0,0604	41,5	22,5	84,3	
C5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0346	0,0725	52,5	28,0	87,4	
C6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0346	0,0846	64,6	30,5	111,8	
C7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	0,54	0,1647	0,0847	0,0346	0,0966	77,7	37,0	110,1	
C8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0346	0,1087	91,8	43,0	113,6	
														Ort.Hata	86,0	
D Serisi																
D1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0346	0,0242	15,7	9,0	74,2	
D2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0346	0,0362	20,9	12,0	74,5	
D3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0346	0,0483	27,6	15,0	84,1	
D4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0346	0,0604	35,5	17,5	102,7	
D5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0346	0,0725	44,4	24,0	84,8	
D6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0346	0,0846	54,2	27,5	97,0	
D7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	0,54	0,1647	0,0847	0,0346	0,0966	64,8	33,0	96,4	
D8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0346	0,1087	76,2	38,0	100,5	
														Ort.Hata	89,3	

Çizelge 4.25. MDCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri

	mm=	0,0099		fl=	0,46												
A	mf=	0,011		ml=	0,288												
B	mf=	0,014		h=	0,12												
C	mf=	0,017		S=	0,00043												
D	mf=	0,021															
A Serisi																	
	H	H-h	a	b	b(a-1)	%Sfp	Pmc	Pfp	Xmc	Xfp	Amc	Afp	Q	Qdeney	Hata oranı		
A1	0,135	0,015	4,1944	0,1111	0,3549	39,2921	0,82	0,62	0,1764	0,2066	0,0367	0,0080	9,9	13,4	26,1		
A2	0,140	0,02	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,82	0,63	0,1938	0,1848	0,0374	0,0106	12,1	16,0	24,7		
A3	0,150	0,03	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,82	0,64	0,2171	0,1570	0,0389	0,0160	15,3	20,5	25,2		
A4	0,160	0,04	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,83	0,65	0,2324	0,1400	0,0403	0,0213	19,2	26,0	26,1		
A5	0,170	0,05	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,83	0,66	0,2437	0,1286	0,0418	0,0266	23,6	31,0	23,9		
A6	0,180	0,06	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,84	0,68	0,2528	0,1207	0,0432	0,0319	28,4	37,0	23,2		
A7	0,190	0,07	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,85	0,69	0,2605	0,1149	0,0446	0,0372	33,6	43,5	22,7		
																Ort.Hata	24,6
B Serisi																	
B1	0,151	0,031	4,1944	0,2053	0,6558	52,2986	0,82	0,64	0,2189	0,1549	0,0390	0,0165	12,8	17,0	24,4		
B2	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,83	0,65	0,2324	0,1400	0,0403	0,0213	15,2	20,5	25,7		
B3	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,83	0,66	0,2437	0,1286	0,0418	0,0266	18,2	26,0	29,9		
B4	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,84	0,68	0,2528	0,1207	0,0432	0,0319	21,6	31,0	30,4		
B5	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,85	0,69	0,2605	0,1149	0,0446	0,0372	25,2	38,0	33,7		
B6	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,87	0,72	0,2739	0,1073	0,0475	0,0479	33,2	48,0	30,9		
																Ort.Hata	29,2

Çizelge 4.26. MDCM-Di (diyagonal bölme dâhil edilen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi																	
C1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,82	0,63	0,1938	0,1848	0,0374	0,0106	10,1	11,5	11,7		
C2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,82	0,64	0,2171	0,1570	0,0389	0,0160	12,0	15,0	20,1		
C3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,83	0,65	0,2324	0,1400	0,0403	0,0213	14,2	18,0	21,0		
C4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,83	0,66	0,2437	0,1286	0,0418	0,0266	16,8	22,5	25,4		
C5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,84	0,68	0,2528	0,1207	0,0432	0,0319	19,6	28,0	29,9		
C6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,85	0,69	0,2605	0,1149	0,0446	0,0372	22,7	30,5	25,6		
C7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,86	0,70	0,2675	0,1106	0,0461	0,0426	26,0	37,0	29,8		
C8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,87	0,72	0,2739	0,1073	0,0475	0,0479	29,4	43,0	31,5		
																Ort.Hata	24,4
D Serisi																	
D1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,82	0,63	0,1938	0,1848	0,0374	0,0106	9,9	9,0	9,7		
D2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,82	0,64	0,2171	0,1570	0,0389	0,0160	11,4	12,0	4,7		
D3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,83	0,65	0,2324	0,1400	0,0403	0,0213	13,3	15,0	11,1		
D4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,83	0,66	0,2437	0,1286	0,0418	0,0266	15,5	17,5	11,5		
D5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,84	0,68	0,2528	0,1207	0,0432	0,0319	17,9	24,0	25,5		
D6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,85	0,69	0,2605	0,1149	0,0446	0,0372	20,5	27,5	25,6		
D7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,86	0,70	0,2675	0,1106	0,0461	0,0426	23,2	33,0	29,7		
D8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,87	0,72	0,2739	0,1073	0,0475	0,0479	26,1	38,0	31,3		
																Ort.Hata	18,6

Çizelge 4.27. MDCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri

	nm=	0,0099		fl=	0,46													
A	mf=	0,011		ml=	0,288													
B	mf=	0,014		h=	0,12													
C	mf=	0,017		S=	0,00043													
D	mf=	0,021																
A Serisi																		
	H	H-h	a	b	b(a-1)	%Sfp	Pmc	Pfp	Xmc	Xfp	Amc	Afp	Q	Qdeney	Hata oran			
A1	0,135	0,015	4,1944	0,1111	0,3549	39,2921	0,53	0,48	0,1139	0,1583	0,0367	0,0080	13,0	13,4	2,6			
A2	0,140	0,02	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0374	0,0106	15,7	16,0	2,1			
A3	0,150	0,03	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0389	0,0160	19,6	20,5	4,2			
A4	0,160	0,04	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0403	0,0213	24,4	26,0	6,2			
A5	0,170	0,05	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0418	0,0266	29,7	31,0	4,0			
A6	0,180	0,06	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0432	0,0319	35,7	37,0	3,6			
A7	0,190	0,07	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0446	0,0372	42,1	43,5	3,3			
															Ort.Hata	3,7		
B Serisi																		
B1	0,151	0,031	4,1944	0,2053	0,6558	52,2986	0,53	0,49	0,1405	0,1192	0,0390	0,0165	16,7	17,0	1,8			
B2	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0403	0,0213	19,6	20,5	4,2			
B3	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0418	0,0266	23,4	26,0	10,2			
B4	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0432	0,0319	27,5	31,0	11,3			
B5	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0446	0,0372	32,0	38,0	15,7			
B6	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0475	0,0479	42,0	48,0	12,4			
															Ort.Hata	9,3		

Çizelge 4.28. MDCM-De (diyagonal bölme dâhil edilmeyen) ile hesaplanmış debi değerleri (devamı)

C Serisi																		
C1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0374	0,0106	13,4	11,5	16,4			
C2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0389	0,0160	15,7	15,0	4,4			
C3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0403	0,0213	18,4	18,0	2,5			
C4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0418	0,0266	21,6	22,5	3,9			
C5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0432	0,0319	25,2	28,0	10,1			
C6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0446	0,0372	29,0	30,5	4,8			
C7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	0,54	0,1647	0,0847	0,0461	0,0426	33,2	37,0	10,4			
C8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0475	0,0479	37,6	43,0	12,6			
															Ort.Hata	8,1		
D Serisi																		
D1	0,140	0,020	4,1944	0,1429	0,4563	44,4752	0,53	0,48	0,1250	0,1418	0,0374	0,0106	13,1	9,0	45,1			
D2	0,150	0,030	4,1944	0,2000	0,6389	51,7276	0,53	0,49	0,1394	0,1207	0,0389	0,0160	15,0	12,0	25,1			
D3	0,160	0,040	4,1944	0,2500	0,7986	56,6003	0,53	0,50	0,1484	0,1078	0,0403	0,0213	17,4	15,0	15,9			
D4	0,170	0,050	4,1944	0,2941	0,9395	60,1143	0,53	0,51	0,1545	0,0990	0,0418	0,0266	20,1	17,5	14,8			
D5	0,180	0,060	4,1944	0,3333	1,0648	62,7734	0,53	0,52	0,1589	0,0928	0,0432	0,0319	23,1	24,0	3,7			
D6	0,190	0,070	4,1944	0,3684	1,1769	64,8576	0,53	0,53	0,1622	0,0882	0,0446	0,0372	26,4	27,5	4,1			
D7	0,200	0,080	4,1944	0,4000	1,2778	66,5362	0,53	0,54	0,1647	0,0847	0,0461	0,0426	29,9	33,0	9,5			
D8	0,210	0,090	4,1944	0,4286	1,3690	67,9174	0,53	0,55	0,1667	0,0820	0,0475	0,0479	33,6	38,0	11,6			
															Ort.Hata	16,2		

4.2.4. Ortalama Hata Değerleri ve Grafikler

SCM yöntemi ile bileşik kesitli kanaldaki debiler ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen hata oranları Çizelge 4.29’da verilmiştir [5].

Çizelge 4.29. SCM ortalama hata değerleri (%) [5]

Seri	SCM
A	8,5
B	1,5
C	2,3
D	8,1
Ortalama Hata	5,1

DCM (Bölünmüş Kanal Metodu) yöntemi kullanılarak bileşik kesitli kanala Düşey Bölme Hatları (V), Diyagonal Bölme Hatları (D) ve Yatay Bölme Hatları (H) dâhil edilerek ve dâhil edilmeden debiler ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen hata oranları Çizelge 4.30’da verilmiştir. Dâhil edilen hatlar alt indis i, edilmeyen hatlar ise alt indis e ile gösterilmiştir [5].

Çizelge 4.30. DCM ortalama hata değerleri (%) [5]

Seri	Vi	Ve	Hi	He	Di	De
A	7,3	6,4	11,6	5,6	22,1	4,2
B	7,9	14,3	9,6	4,6	18,2	6,1
C	14,6	25,5	10,6	7,9	13,1	13,1
D	29,4	43,3	18,8	17,6	14,2	26,5
Ort. Hata	14,8	22,38	12,65	8,93	16,9	12,48

Bileşik kanal kesitine DCM yöntemi kullanılarak hesap debileri elde edilmiş ve bu debilerle deneysel debiler karşılaştırılarak en az hata oranını veren yöntem He (yatay bölme hatları dâhil edilmeyen) olduğu görülmüştür [5].

MDCM (Bölünmüş Kanal Metodu) yöntemi de bileşik kesitli kanalda Düşey Bölme Hatlarını (V), Diyagonal Bölme Hatlarını (D) ve Yatay Bölme Hatlarını (H) dâhil edilerek ve dâhil edilmeden debiler ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen hata oranları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Dâhil edilen hatlar alt indis i, dâhil edilmeyen hatlar ise alt indis e ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. MDCM ortalama hata değerleri (%)

Seri	Vi	Ve	Hi	He	Di	De
A	8,0	2,3	30,7	106,4	24,26	3,7
B	11,7	5,6	20,1	91,9	29,2	9,3
C	11,0	9,1	21,2	86,0	24,4	8,1
D	19,1	22,7	27,6	89,3	18,6	16,2
Ort. Hata	12,45	9,93	24,9	93,40	24,2	9,33

Bileşik kanal kesitine MDCM yöntemi uygulanarak hesap debileri elde edilmiş ve bu debilerle deneysel debiler karşılaştırılarak en az hata değerini veren yöntemin De (diyagonal bölme hatları dâhil edilmeyen) olduğu görülmüştür.

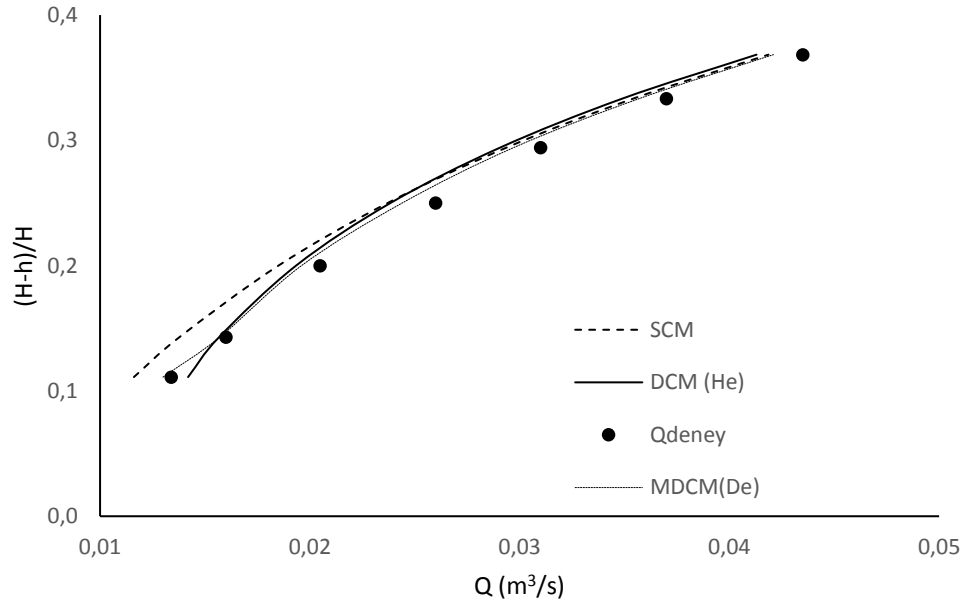
Bileşik kesite, MDCM-De, SCM ve DCM-He 'nin uygulanması sonucunda elde edilmiş hesap debileriyle deneysel debiler karşılaştırılmış ve hata değerleri hesaplanmıştır. MDCM-De, SCM ve DCM-He yöntemleri ile bulunan hata değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. SCM, DCM ve MDCM hata değerleri (%)

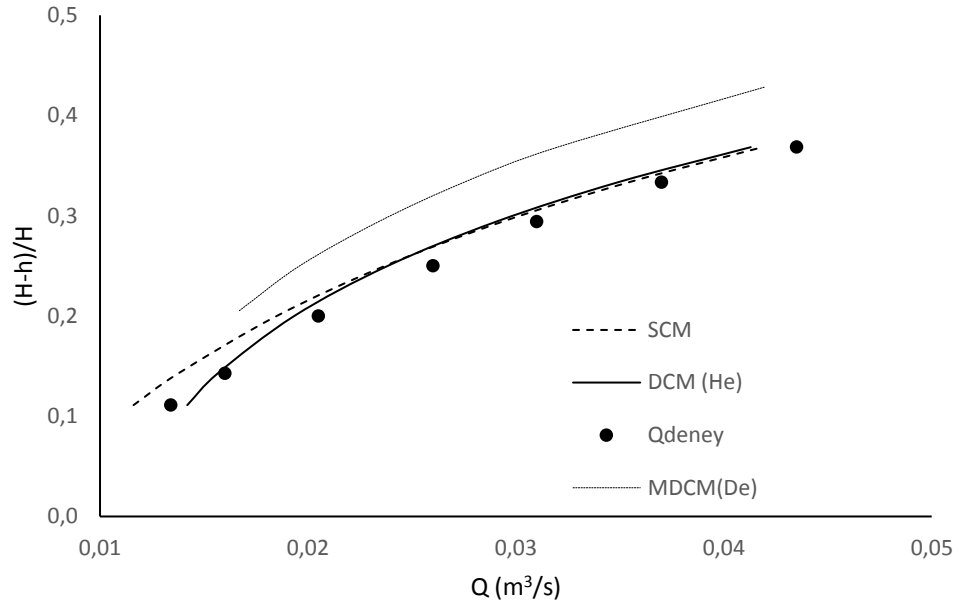
Seri	SCM	DCM(He)	MDCM(De)
A	8,5	5,6	3,7
B	1,5	4,6	9,3
C	2,3	7,9	8,1
D	8,1	17,6	16,2
Ortalama Hata	5,1	8,9	9,33

Çizelge 4.32'de görüldüğü üzere SCM yöntemiyle elde edilen ortalama hata oranı DCM-He ve MDCM-De yöntemiyle elde edilen hata oranlarından daha azdır.

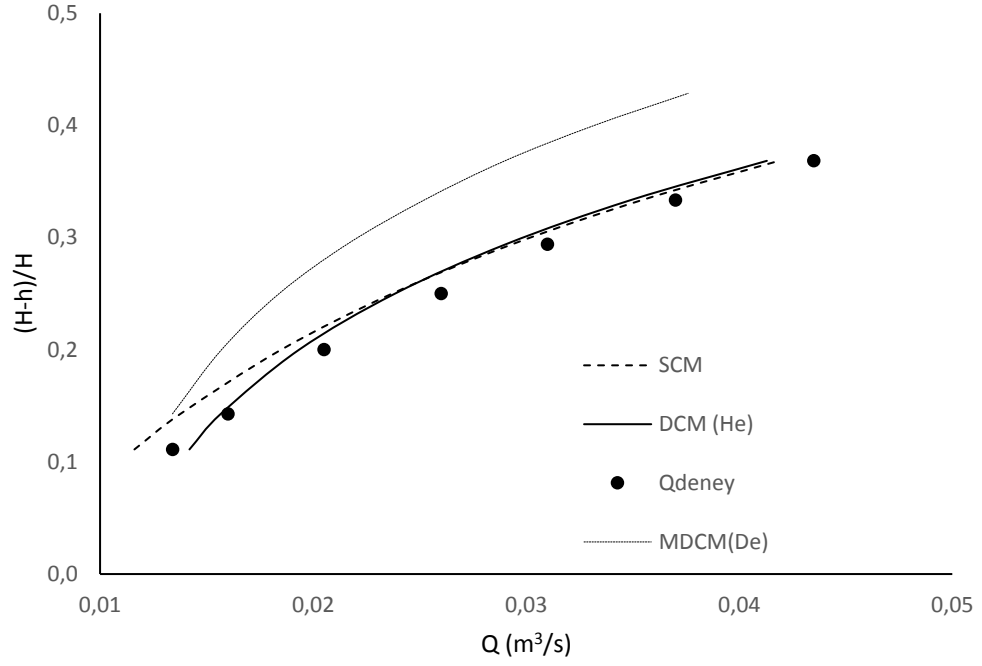
SCM, DCM-He ve MDCM-De yöntemlerinin yukarıdaki bahsedilen bileşik kesite uygulanması sonucu elde edilen seviye-debi ilişkileri grafik olarak Şekil 4.2-4.5'te sunulmuştur.



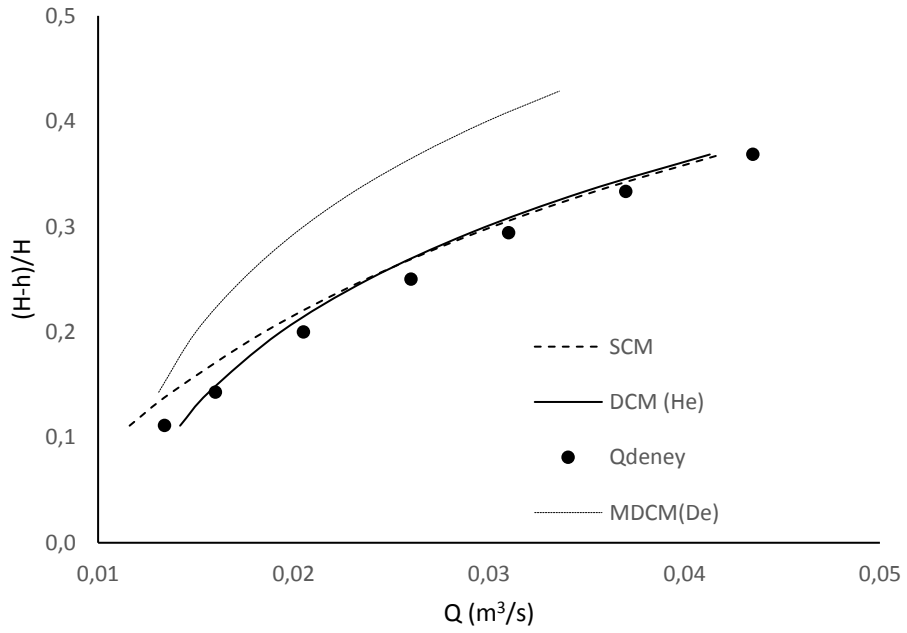
Şekil 4.2. A serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri



Şekil 4.3. B serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri



Şekil 4.4. C serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri



Şekil 4.5. D serisi için hesaplanan ve deneysel debi değerleri

Genel olarak grafiklerden, MDCM yönteminin bileşik kesitli kanala uygulanması sonucunda elde edilen hesap debilerinin deneysel debi değerlerinden oldukça uzak

kalması sebebiyle bu çalışmadaki veriler dahilinde bileşik kesitli kanalların debi hesabında kullanılmasının uygun olmadığı yorumu çıkarılabilir.



5. SONUÇLAR

Bileşik kesitli kanalda debi hesabının belirlenmesi için Tek Kanal Metodu (SCM), Bölünmüş Kanal Metodu (DCM) ve Modifiye Edilmiş Bölünmüş Kanal Metodu (MDCM) yöntemleri literatürde yayınlanmış olan deney verileri kullanılarak incelenmiştir. Bu yöntemlerle hesap debileri deneysel debi değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Ele alınan bileşik kesitli kanalda DCM metodunda He yöntemi, V (düşey) ve D (diyagonal) yöntemlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. MDCM metodunda ise De yöntemi, V (düşey) ve H (horizontal) yöntemlerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Bununla birlikte SCM metodunun DCM ve MDCM metoduna göre daha az hata oranı vermiştir. Bu sonuca ulaşılmasının sebebi olarak SCM yönteminde diğer yöntemlerden farklı olarak ortak bir pürüzlülük katsayısı değerinin kullanılmış olduğu düşüncesidir. Ayrıca hesaplamalar yapılırken ana kanal ile taşkın yatakları arasındaki momentum transferinin ihmal edilmiş olması da belirtilmelidir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara dayanarak SCM, DCM ve MDCM yöntemlerine nispeten daha az hata vermesi sebebiyle bu çalışmadaki veriler dahilinde bileşik kesitli kanalların debi hesabında kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Ancak grafiklere bakıldığında DCM yönteminin de deneysel debi değerlerine oldukça yakın görünmesi sebebiyle SCM ile birlikte DCM yönteminin de bileşik kesitli kanalların debi hesabında kullanılabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Knight, D.W. and Shameseldin, A., River basin modelling for flood risk mitigation, Taylor & Francis, Nederland, 2006.
- [2] Bhattacharyya, N.N. and Bora, A.K., Floods of the Brahmaputra river in India, Water International, IWRA, 22 (4), 222–229, 1997.
- [3] Bousmar, D., Flow modelling in compound channels–momentum transfer between main channel and prismatic or non–prismatic floodplains, PhD Thesis, Universite Catholique de Louvain, 2002.
- [4] Ünal, B., Bileşik kesitli akarsu yataklarında taşıma kapasitesinin tayini, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 250, 2011.
- [5] Mamak, M., Kaya, Y., Z., Umarusman, H. B., Bileşik kesitli kanallarda debi hesabı, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(2), 45-51, 2017.
- [6] Seçkin, G., A comparison of one–dimensional methods for estimating discharge capacity of straight compound channels, Canadian Journal of Civil Engineering, 31(4), 619–631, 2004.
- [7] Rice, C.E., Hydraulics of main channel floodplain flows research project technical completion report, Oklahoma State University, USA, 1974.
- [8] Posey, C.J.F., Computations of discharge including overbank flow, Civil Engineering, ASCE, 37 (4), 62–63, 1967.
- [9] James, M., Brown, B.J., Geometric parameters that influence floodplain flow us army engineers waterways experiment station, Vicksburg, MS, 1977.
- [10] Myers, W.R.C., Velocity and discharge in compound channels, Journal of Hydraulic Engineering–ASCE, 113(6), 753–766, 1987.
- [11] Tokyay, N.D., Computation of discharge and critical depth in compound channels, 2nd international conference on river flood hydraulics, 22–25 March, York, England, 1994.
- [12] Sturm, T.W., Sadiq, A., Water surface profiles in compound channel with multiple critical depths, Journal of Hydraulic Engineering–ASCE, 122(12), 703–709, 1996.

- [13] Myers, W.R.C., Lyness, J.F., Cassells, J., Influence of boundary roughness on velocity and discharge in compound river channels, *Journal of Hydraulic Research*, 39(3), 311–319, 2001.
- [14] Atabay, S.A., Knight, D.W., The influence of floodplain width on the stage–discharge relationship for compound channels, *River Flow, Proceeding of International Conference on Fluvial Hydraulics*, Louvain-la-Neuve, Belgium, Balkema, 1, 197–204, 2002.
- [15] Cebe, K., Farklı girişim alanları yaklaşımlarına göre taşkın yatağı bulunduran bileşik kesitli kanallarda debi hesap yöntemlerinin irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2002.
- [16] Özbek, T., Koçyiğit, M.B., Koçyiğit, Ö., Cebe, K., Comparison of methods for predicting discharge in straight compound channels using the apparent shear stress Concept, *Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 28(2), 101–109, 2004.
- [17] Sellin, R.H.J., A laboratory investigation into the interaction between the flow in the channel of a river and that over its flood plain, *La Houille Blanche*, 19(7), 793–802, 1964.
- [18] Zheleznyakov, G.V., Interaction of channel and floodplain streams, *Proceeding 14th Congress of IAHR*, 5, Paris, France, 144–148, 1965.
- [19] Rajaratnam, N. and Ahmadi, R., Interaction between main channel and floodplain flows, *Journal of Hydraulics Division*, 105(5), 573–588, 1979.
- [20] Wormleaton, P.R., Allen, J. and Hadjipanous, P., Discharge assessment in compound channel flow, *Journal of the Hydraulics Division–ASCE*, 108(9), 975–994, 1982.
- [21] Knight, D.W. and Demetriou, J.D., Flood–plain and main channel flow interaction, *Journal of Hydraulic Engineering–ASCE*, 109(8), 1073–1092, 1983.
- [22] Knight, D.W. and Hamed, M.E., Boundary shear in symmetrical compound channels, *Journal of Hydraulic Engineering–ASCE*, 110(10), 1412–1430, 1984.
- [23] Shiono, K. and Knight, D.W., Two dimensional analytical solution compound channel, *Proceeding of 3rd International Symposium on refined flow modeling and turbulence measurements*, Universal Academy Press, 591–599, 1989.
- [24] Shiono, K. and Knight, D.W., Turbulent open–channel flows with variable depth across the channel, *Journal of Fluid Mechanics*, 222, 617–646, 1991.

- [25] Knight, D.W., Shiono, K. and PIRT, J., Prediction of depth mean velocity and discharge in natural rivers with overbank flow, Proceedings of the Conference on Hydraulics and Environmental Modelling of Coastal, Estuarine and River Waters, eds. Falconer, R.A., Goodwin, P. and Matthew, R.G.S., Gower Publishing, 419–428, 1989.
- [26] Ackers, P., Hydraulic design of 2–stage channels, Proceedings of the Institution of Civil Engineers–Water Maritime and Energy, 96(4), 247–257, 1992.
- [27] Ackers, P., Flow formulas for straight 2–stage channels, Journal of Hydraulic Research, 31(4), 509–531, 1993.
- [28] Omran, M., New developments in predicting stage–discharge curves velocity and boundary shear stress distributions in open channel flow, Water and Environment Journal, 22, 131–136, 2008.
- [29] Chlebek, J., Modelling of simple prismatic channels with varying roughness using the skm and a study of flows in smooth non–prismatic channels with skewed floodplains, PhD thesis, University of Birmingham, Birmingham, UK, 2009.
- [30] Abril, J.B. and Knight, D.W., Stabilizing the paute river in Ecuador, Civil Engineers, Institute of Civil Engineers, London, 157, 32–38, 2004.
- [31] Birsoy, O., Bileşik kanallarda su yüzü profilleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 88, 2002.
- [32] Öztürk, F.Z., Geometrik içerikli bileşik kesitlerde şevin farklı olması durumunda kapasite tayini ile ilgili yaklaşımların SERC-FCF deney sonuçlarına göre irdelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 198, 1998.
- [33] Baduna, M., Geometrik içerikli bileşik kesitlerin debi hesabı ile ilgili yaklaşımların SERC deney sonuçlarına göre irdelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 129, 1995.
- [34] Özbek, T., Baduna, Koçyiğit, M., Taşkın yataklı bitki örtüsü içermeyen bileşik kanallarda debi hesabı, Türkiye İnşaat Mühendisliği 14. Teknik Kongresi, 675-690, İzmir-Türkiye, 23-25 Ekim.
- [35] Seçkin, G., Atabay, S., Taşkın yataklı kesitlerde seviye-debi ilişkisinin deneysel analizi, İMO Teknik Dergi, Yazı 200, 2997-3007, 2003.
- [36] Sahu, M., Khatua, K., K., Mahapatra, S., S., A Neural network approach for prediction of discharge in straight compound open channel flow, Flow Measurement and Instrumentation, 22 (2011) 438–446, 2011.

- [37] Altun, Ö., Bitki örtüsü içeren bileşik kanallarda kapasite tayini yaklaşımlarının model deneylerine göre irdelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 139, 2007.
- [38] Al-Khatip, I., A., Hassan, H., A., Abaza, K., A., Application and validation of regression analysis in the prediction of discharge in asymmetric compound channels, *Journal Of Irrigation and Drainage Engineering*, (7), 542-550, 2013.
- [39] Zahiri, A., Azamathulla, H., Md., Comparison between linear genetic programming and M5 tree models to predict flow discharge in compound channels, *Neural Comput & Applic*, 24, 413–420, 2014.
- [40] Özbek, T., Koçyiğit, B., M., Koçyiğit, Ö., Comparison of methods for predicting discharge in straight compound channels using the apparent shear stress concept, *Turkish Journal Of Engineering and Environmental Sciences*, 28(2004), 101-109, 2003.
- [41] Spada, E., Tucciarelli, T., Sinagra, M., Sammartano, V., Corato, G., Computation of vertically averaged velocities in irregular sections of straight channels, *Hydrology and Earth System Sciences*, 19, 3857–3873, 2015.
- [42] Lee, P., J., Lambert, M., F., Simpson, A., R., Critical depth prediction in straight compound channels, *Water and Maritime Engineering*, 154(4), 317–332, 2002.
- [43] Dash, S., Swetha, N., Discharge distributions in meandering compound channels, Rourkela National Institute of Technology, Rourkela, 2008.
- [44] Seçkin, G., Mamak, M., Atabay, S., Omran, M., Discharge estimation in compound channels with fixed and mobile bed, *Sādhanā*, 34(6), 923–945, 2009.
- [45] Chatila, J., G., Townsend, R., D., Discharge estimation methods for steady compound channel flows, *Canadian Water Resources Journal*, 21(2), 131-137, 1996.
- [46] Hosseini, S., M., Equations for discharge calculation in compound channels having homogeneous roughness, *Iranian Journal of Science & Technology*, 28(B5), 537-546, 2004.
- [47] Mohanty, P., K., Khatua, K., K., Estimation of discharge and its distribution in compound channels, *Journal of Hydrodynamics*, 26(1), 144-154, 2014.
- [48] Hamidifar, H., Keshavarzi, A., Omid, M., H., Evaluation of 1-D and 2-D models for discharge prediction in straight compound channels with smooth and rough floodplain, *Flow Measurement and Instrumentation*, 49, 63-69, 2016.

- [49] Al-Khatip, I., A., Dweik, A., A., Gogus, M., Evaluation of separate channel methods for discharge computation in asymmetric compound channels, *Flow Measurement and Instrumentation*, 24, 19-25, 2012.
- [50] Naik, B., Khatua, K., K., Sahoo, R., Satapathy, S., S., Flow analysis for a converging compound channel, *International Journal of Applied Engineering Research*, 9(2), 133-138, 2014.
- [51] Azamathulla, H., Md., Zahiri, A., Flow discharge prediction in compound channels using linear genetic programming, *Journal of Hydrology*, 454, 203-207, 2012.
- [52] Mohanta, A., Flow modelling of a non prismatic compound channel by using c. f. d, Rourkela Technology National Institute, Master Thesis, Rourkela, 102, 2014.
- [53] Al-Khatib, I., A., Hydraulic characteristics and optimum design of symmetrical compound channels for flow measurements, Middle East Technical University Institute Of Science, A Ph.D. Thesis, Ankara, 413, 1993.
- [54] Kayatürk, U., Interface Manning roughness coefficient for compound channels, Middle East Technical University Institute Of Science, Master Thesis, Ankara, 139, 1998.
- [55] Parsaie, A., Haghiabi, A., H., Mathematical expression of discharge capacity of compound open channels using MARS technique, *Journal of Earth System Science*, 126(20), 2017.
- [56] Das, B., S., Khatua, K., K., Devi, K., Numerical solution of depth-averaged velocity and boundary shear stress distribution in converging compound channels, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 42(3), 1305–1319, 2016.
- [57] Parsaie, A., Yonesi, H., Najafian, S., Prediction of flow discharge in compound open channels using adaptive neuro fuzzy inference system method, *Flow Measurement and Instrumentation*, 54, 288-297, 2017.
- [58] Parsaie, A., Najafian, S., Shamsi, Z., Predictive modeling of discharge of flow in compound open channel using radial basis neural network, *Modeling Earth Systems and Environment*, 150(2), 2016.
- [59] Khatua, K., K., Patra, K., C., Mohanty, P., K., Sahu, M., Selection of interface for discharge prediction in a compound channel flow, *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 8(2), 214–230, 2013.

- [60] Padhi, E., Patra, K., C., Stage discharge prediction in a prismatic compound channel, *International Journal of Civil Engineering Research*, 5(3), 227-232, 2014.
- [61] Parsaie, A., Najafian, S., Omid, M., H., Yonesi, H., Stage discharge prediction in heterogeneous compound open channel roughness, *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 23(1), 49-56, 2016.
- [62] Conway, P., O'Sullivan, J., J., Lambert, M., F., Stage-discharge prediction in straight compound channels using 3D numerical models, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Water Management*, 166(1), 3-15, 2012.
- [63] Yonesi, H., A., Omid, M., H., Ayyoubzadeh, S., A., The hydraulics of flow in non-prismatic compound channels, *Journal of Civil Engineering and Urbanism*, 3(6), 342-356, 2013.
- [64] Khuntia, J., R., Devi, K., Khatua, K., K., Variation of local friction factor in an open channel flow, *Indian Journal of Science and Technology*, 9(46), 2016.
- [65] Durmuşoğlu, M., M., Velocity and wall shear stress distribution in compound channels, Middle East Technical University Institute Of Science, Master Thesis, Ankara, 160, 1999.
- [66] Rouse, H., and Ince, S., *History of hydraulics*, La Houille Blanche, supplément, Paris, 1954.
- [67] Manning, R., On the flow of water in open channels and pipes, *Trans. Institution of Civil Engineers of Ireland*, 20, 161–207, 1889.
- [68] Yen, B.C., Dimensionally homogeneous manning formula, *Journal of Hydraulic Engineering–ASCE*, 118, 1326–1332, 1992.
- [69] Yuen, K.W.H., A Study of boundary shear stress, flow resistance and momentum transfer in open channels with simple and compound trapezoidal cross sections, PhD thesis, The University of Birmingham, UK, 1989.
- [70] Yang, K., Liu, X., Cao, S., and Huang, E., Stage-discharge prediction in compound channels, *J. Hydraul. Eng.*, 140(4), 06014001, 2014.
- [71] Lotter, G.K., Considerations on hydraulic design of channels with different roughness of walls, *Trans. All Union Scientific Research, Institute of Hydraulic Engineering, Leningrad*, 238–241, 1933.
- [72] Yen, C.L., Overton, D.E., Shape effects on resistance in flood plain channels, *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, 99 (1), 219–238, 1973.

- [73] Myers, W.R.C., Momentum transfer in a compound channel, *Journal of Hydraulic Research, IAHR*, 16 (2). 139–150, 1978.
- [74] Knight, D. W., Shiono, K., River channel and floodplain hydraulics, *Floodplain Processes*, (Eds Anderson, Walling and Bates), Chapter 5, J. Wiley, 139–181, 1996.
- [75] Knight, D.W., Yuen, K.W.H., Al-hamid, A.A.I., Boundary shear stress distributions in open channel flow, *Mixing and Transport in the Environment*, John Wiley & Sons, 1994.
- [76] Wormleaton, P.R., Hadjipanos, P., Flow distribution in compound channels, *Journal of Hydraulic Engineering–ASCE*, 111, 357– 361, 1985.
- [77] Khatua, K.K., Patra, K.C., and Mohanty, P.K., Stage-discharge prediction for straight and smooth compound channels with wide floodplains, *J. Hydraul. Eng. ASCE* 138 (1), 93-99, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

1. Adı Soyadı : Hatice Betül UMARUSMAN

2. Doğum Tarihi : 09/06/1993

3. Ünvanı : Araştırma Görevlisi

4. Öğrenim Durumu : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Bayburt Üniversitesi	2015
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi	2018

5. Akademik Ünvanlar:

Görevi	Bölümü	Kurumu	Yıl
Araştırma Görevlisi	İnşaat Mühendisliği	Karabük Üniversitesi	2018

6. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Araştırma Görevlisi	Karabük Üniversitesi	2018

7. Yayınlar:

Mamak, M., Kaya, Y., Z., Umarusman, H. B., Bileşik kesitli kanallarda debi hesabı, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(2), 45-51, 2017.

8. Projeler: Bu tez Tübitak 2209/a nolu proje olarak desteklenmiştir.

Umarusman, H., B., Polimer ile modifiye edilmiş hafif beton kaplama elemanı üretiminde Bayburt taşı atıklarının kullanılabilirliği üzerine bir araştırma, Lisans Bitirme Tezi, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, 2015.