

Sulama Amaçlı Rezervuarlarda İşletme Çalışması Yapılması ve Optimum Rezervuar Kapasitesinin Belirlenmesi

Taha Emre ERDİN

İnş. Yük. Müh., AKAR-SU Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti., Ankara, Türkiye,

Tel: (312) 473 50 00

E-Posta: emretaha55@gmail.com

A. Burcu ALTAN-SAKARYA

Prof. Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye,

Tel: (312) 210 2477

E-Posta: burcuas@metu.edu.tr

Öz

Tarımsal üretim insanlığın hayatta kalabilmesi için en temel gereksinimlerden biridir ve su tarım için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle insanoğlu tarih boyunca su kaynakları üzerinde çalışmış ve ona gerekli önemi vermiştir. Akarsulardaki rejim düzensizlikleri, kuraklıklar, iklim değişiklikleri gibi problemler insanlığın suyu daha verimli kullanma gereksinimlerini ortaya çıkarmış; nüfus artışı ise tarımsal su talebini artırmıştır. Günümüzde sulama amaçlı barajların inşası ile bu talepler daha verimli bir şekilde karşılanabilmektedir. Fakat barajların inşası büyük maliyetler gerektirdiğinden, bu gibi depolama tesislerinin optimum boyutlandırılması ve depolanan suyun en uygun şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmanın ana amacı, iki ayrı metot kullanılarak (Enumeration ve Generalized Reduced Gradient), sulama amaçlı bir barajın rezervuarını optimum bir şekilde işleterek boyutlandırabilmektir. Bu bağlamda, bilgisayar ortamında iki ayrı yöntem kullanılarak Microsoft Excelde bir bilgisayar programı yazılmıştır. Ayrıca kullanılan iki yöntem kıyaslanarak avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir. Planlama çalışmaları yapılmış olan bir barajın işletme çalışması verileri kullanılarak program doğrulanmış, kapasite ve sulama sahası optimizasyonları yapılmıştır. Bu çalışmada üç farklı optimizasyon problemi ele alınmıştır. Bu problemler rezervuar kapasitesi minimizasyonu, sulama alanı maksimizasyonu ve eş zamanlı olarak hem rezervuar kapasitesi minimizasyonu hem de sulama alanı maksimizasyonudur. Ayrıca eldeki bir barajın verileri kullanılarak geliştirilen program üzerinde uygulamalar yapılmıştır.

Anahtar sözcükler: Rezervuar İşletmesi, Optimizasyon, Sulama, Baraj, Depolama

Giriş

Barajların inşası için 4 ana amaç bulunmaktadır. Bunlar, içme, kullanma ve endüstriyel su ihtiyacını karşılamak, enerji ihtiyacını karşılamak, taşkın kontrolü ve tarımsal sulama ihtiyacını karşılamak olarak özetlenebilir. Bu ana amaçlardan sulama amaçlı barajlar

diğer 3 amaç gibi hayati öneme sahiptir. Her yıl hızlı bir şekilde artan nüfus, tarımsal besin ihtiyacını da artırmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için yeterli miktarda tarım yapılmalı ve bu ihtiyaç karşılanmalıdır. Bu da ancak yeterli ve uygun olarak yapılan tarımsal sulama ile mümkündür. Özellikle kurak bölgelerde yetersiz yağmur ve düzensiz nehir rejimleri, mevcut suyun verimli bir şekilde kullanılmasını daha önemli kılmaktadır. Bu noktada depolama tesisleri yani barajlar hayati önem taşımaktadır.

Rezervuar Depolamasının Belirlenmesi İçin Çeşitli Yaklaşımlar

Rezervuar depolaması belirlenebilmesi için 2 klasik metot vardır. Bunlar “toplam akımların birikimi metodu” (Ripple metot) ve “ardışık pik analiz metodu”dur.” Ripple metodu, grafiksel analiz metodudur ve bu metodun uygulanmasında kısaca kümülatif akımların zamana göre eğrisi çizilir. Çizilen bu eğri üzerinde rezervuardan talep edilen miktar kümülatif akım eğrisine teğet olacak şekilde çizilir. Teğet çizimler arasında kalan en büyük fark gerekli olan rezervuar depolaması olarak belirlenir. Bu metot yalnızca talep sabit olduğunda kullanılabilir. Ardışık pik analiz metodu ise Ripple metodunun gelişmiş versiyonudur. Bu metotta kümülatif toplam akımların ve taleplerin arasındaki fark zamana karşı çizilir. Başlangıçtaki tepe noktası ile ondan sonra gelen düşük nokta arasındaki düşey mesafe aktif depolama kapasitesi olarak belirlenir.

Bu iki metot da rezervuar kapasitesi belirlemek için kullanılabilir. Ama optimum rezervuar işletmesi yapmak, rezervuar kapasitesi belirlenmesinde daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Çünkü rezervuar kapasitesi belirlenmesi sırasında birçok hidrolojik parametre gözönüne alınmalıdır ve bu değerler sabit değildir. Hatta bu parametreler belirlenmemiş olan rezervuar depolamasının bir fonksiyonudur. Problemi çözümü için gerekli optimizasyon modelleri oluşturulmalı ve uygun metotlar seçilerek problem çözümlenmelidir.

Kaynak Taraması

Barajlar maliyetli yapılardır ve boyutları maliyette önemli rol oynar. Rezervuarın kapasitesi direk olarak barajın boyutları ile ilişkili olduğundan, optimum rezervuar kapasitesinin belirlenmesi önem teşkil etmektedir. Bu durumu sağlamak için de rezervuarı optimum şekilde işletmek gerekir. Nehir üzerindeki akım gözlemlerinin sayısı da optimum kapasitenin belirlenmesinde önemli bir etkidir. Chow'un (1964) belirttiği üzere, su kaynakları sistemlerini çözebilmek, reaksiyonları anlayabilmek için ve simüle edebilmek için çok miktarda hidrolojik veri gerekmektedir.

Maass ve diğ. (1966) belirttiği üzere belli bir rezervuar depolaması için deponun işletilmesi, basitçe yüzey ve yer altı sularından gelen suların rezervuarda depolanması ve rezervuardan salınması işleminin kurallarının belirlenmesidir.

Chow ve diğ. (1988) açıklamasına göre rezervuar depolamasının belirlenmesi yıllık ortalama akıma bağlıdır. Bunun için de kurak dönemde akım gözlem istasyonlarında ölçülmüş rezervuar su seviyesinin düştüğü ve yalnızca bir kez görüldüğü en alt seviye ile belirlenmez. Rezervuar optimizasyon problemini çözebilmek için firm debi rezervuar depolamasına bağlı olan önemli bir parametredir. Mays ve Tung'ın (1992)

belirttiği üzere, firm debi tüm periyotta nehirden güvenli bir şekilde alınabilecek maksimum akımdır.

Sattari ve diğ. (2008) de belirttiği üzere nehir üzerinde akım-depolama ilişkisini ve depolama ihtiyacını belirleyebilecek iki metot bulunmaktadır. Bunlar, Ripple Metodu (toplam akımların birikimi yöntemi) ve ardışık pik analiz metodudur. Bu iki yöntem talebin sabit ve belirli olduğu zamanlarda kullanılabilen klasik yöntemlerdir.

Çalışmanın Kapsamı

Ön inceleme ve planlama çalışmaları baraj tasarımı için önemli rol oynamaktadır. Her şeyden önce, topografik olarak ve nehir su potansiyeli açısından depolamanın uygunluğu araştırılmalıdır. Nehrin su potansiyelini anlayabilmek için geçmiş yıllara ait nehir üzerinde ölçülmüş akım değerleri gereklidir. Rezervuar depolamasının tasarımı gözlenmiş akım verileri ile direkt ilişkilidir. Veri ne kadar çok ve doğru ise yapılacak rezervuar işletme çalışması ve dolayısıyla rezervuar tasarımı da o kadar doğruyu yansıtacaktır.

Bu çalışmanın amacı sulama amaçlı optimum rezervuar işletmesi yaparak optimum rezervuar kapasitesini belirlemektir. Çalışma 3 ayrı optimizasyon problemini ele almaktadır. Bu üç problem sırasıyla, (1) net sulanacak alan biliniyorken optimum rezervuar kapasitesinin belirlenmesi, (2) belirli bir rezervuar kapasitesine göre maksimum net sulama sahasının bulunması ve son olarak (3) rezervuar kapasitesi ve net sulama sahası belli değilken, aynı anda hem optimum rezervuar kapasitesinin hem de optimum net sulama sahasının bulunmasıdır.

Bu çalışmada Excel Visual Basic (VBA) uygulaması kullanılmış ve çalışmaya uygun kod yazılmıştır. Çalışma “Generalized Reduced Gradient” (GRG) metodu ve “Enümerasyon” metodu olmak üzere 2 ayrı metot kullanılarak yapılmıştır.

Optimizasyon Probleminin Formülasyonu

Problemin Tanımı

Bu çalışmada, amaç fonksiyonu 3 ayrı şekilde tanımlanmıştır. Dolayısıyla 3 ayrı optimizasyon problemi çözülmüştür. Bunlar, kapasite minimizasyonu, sulama alanı maksimizasyonu ve aynı anda hem kapasite minimimizasyonu hem de sulama sahası maksimizasyonudur (Erdin, 2014).

Amaç Fonksiyonu olarak kapasite minimizasyonu,

$$\text{Min. } Ka + Kd \quad (1)$$

veya sulama alanı maksimizasyonu,

$$\text{Maks. } Ar \quad (2)$$

ya da hem kapasite minimimizasyonu hem de sulama sahası maksimizasyonu,

$$\text{Min. } Ka + Kd \text{ ve Maks. } Ar \quad (3)$$

kullanılmıştır.

Burada, Ka rezervuar kapasitesini (aktif hacim), Kd rezervuar ölü hacmini (minimum hacim) ve Ar toplam sulama sahasını göstermektedir. Optimizasyon problemi yukarıda tanımlanan 3 farklı amaç fonksiyonu için ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Optimizasyon problemi için en önemli kısıtlardan biri kütlenin korunumudur ve kütle her bir zaman periyodu için korunmalıdır. Diğer bir değişle süreklilik denklemi sağlanmalıdır. Bu denklem aşağıda gösterilmiştir.

$$S_{i+1} = S_i + I_i + (P_i \times As) - (Ev_i \times As) - (Q_i \times Ar) - In_i - Sp_i - D_i \quad i = 1, \dots, N \quad (4)$$

Burada, S_{i+1} , i zaman periyodunun sonundaki (ya da $i+1$ zaman periyodunun başındaki) rezervuar depolamasını, S_i , i zaman periyodunun başındaki rezervuar depolamasını, I_i , i zamanı boyunca akım gözlem istasyonlarından elde edilen giriş akımlarını, P_i , i zamanı boyunca rezervuara gelen yağış miktarını, Ev_i , i zamanı boyunca meteoroloji gözlem istasyonundan elde edilen buharlaşma miktarını, As , i zamanı boyunca ortalama rezervuar yüzey alanını (bu değer S_i 'nin fonksiyonudur), Q_i , i zamanı boyunca 1 hektar için gerekli bitki suyu ihtiyacını, In_i , i zamanı boyunca barajdan sızan su miktarını, Sp_i , i zamanı boyunca rezervuardan savaklanan su miktarını (bu değer S_i 'nin fonksiyonudur) ve D_i , i zamanı boyunca içme suyu ihtiyacı gibi diğer olabilecek talepleri gösterir. N optimizasyon probleminin çözüm periyodunu göstermektedir. Bu çalışmada da genellikle bütün rezervuar işletim çalışmalarında kullanıldığı gibi aylık işletim çözülmüş ve N değeri olarak periyoddaki toplam ay sayısı kullanılmıştır.

Denklem içindeki buharlaşma, Ev_i ve yağış, P_i parametreleri optimizasyon problemi doğrusal olmayan bir problem haline dönüştürmektedir. Bunun sebebi, bu iki parametrenin zamana göre değişen rezervuar depolamasının, S_i fonksiyonu olmasıdır. In_i ve P_i parametreleri görece olarak küçük olduğunda ihmal edilebilir ve denklemden çıkarılabilir. Güvenilir bir sonuç elde etmek, akım gözlemlerinin çokluğu ve doğruluğu ile orantılıdır.

Herhangi bir zaman periyodunda rezervuarda depolanan su miktarı rezervuar kapasitesinden büyük olamaz. Aşağıdaki denklemde bu matematiksel ifade ile gösterilmiştir.

$$S_i - Ka - Kd \leq 0 \quad i = 1, \dots, N \quad (5)$$

Son olarak herhangi bir zaman periyodunda rezervuar depolaması ölü hacimden büyük veya ölü hacme eşit olmalıdır. Aşağıdaki problemin 3. kısıt denklemi gösterilmiştir.

$$S_i - Kd \geq 0 \quad i = 1, \dots, N \quad (6)$$

Optimizasyon problemini doğru bir şekilde belirtebilmek için aşağıdaki verilen varsayımlar yapılmıştır.

- Rezervuar depolaması zaman periyodunun başında doludur. ($S_l = Ka + Kd$).
- 1 hektar için belirlenen bitki suyu ihtiyacı tüm sulama sahasına uniform olarak yer yıl için dağıtılmıştır.
- Süreklilik denkleminde her bir parametre metre-küp ay olarak tanımlanmıştır.
- Buharlaşma her bir zaman periyodu için aybaşı ve ay sonu depolamalarının ortalaması olarak alınmıştır.
- Rezervuar depolaması tüm zaman periyodu boyunca yalnızca 1 kez ölü hacmi görmelidir ve ölü hacmi gördükten sonra rezervuar tekrar dolu duruma gelmelidir.

Oluşturulan optimizasyon problemi 2 ayrı metot kullanılarak çözülmüştür. Bunlardan birincisi Enümerasyon metodu, ikincisi Generalized Reduced Gradient (GRG) metodudur. Enümerasyon Metodu sonucu garanti eden deterministik bir metottur. Metot temel olarak tüm olası sonuçları belirlenen artış değeri ile dener ve optimum olana ulaşır. Bu metot her ne kadar optimum sonucu garanti etse de optimum sonuca ulaşmak GRG metoduna göre daha fazla zaman alır. Ayrıca belirlenen artış değeri hassasiyeti de optimum sonuca ulaşmada önemli rol oynar. Generalized Reduced Gradient (GRG) metodu doğrusal olmayan optimizasyon problemleri için kullanılır. Değişkenler üzerinde doğrusal olmayan kısıt denklemlerine ve rastgele sınırlara izin vererek çözer. GRG metodu enümerasyon metoduna göre optimum sonuca çok daha hızlı ulaşır.

Bu çalışmada her 2 metot da Microsoft Excel Visual Basic uygulaması (VBA) kullanılarak uygulanmıştır. GRG metodu için Excelin çözücü motoru kullanılmıştır. Enümerasyon metodunda optimum çözüm değişkenlerin tüm olası değerleri tanımlanan artış değeri kullanılarak denemesi ile bulur. Kullanılan artış değeri problemin çözümlenme zamanında önemli rol oynar. Küçük artış değeri seçilmesi problemin çözümlenme zamanını artırırken aynı zamanda çözümün kesinliği de artmış olur. Diğer bir yandan tersi durumda da problemin çözüm zamanı azalırken çözümün kesinliği azalır. Bu çalışmada çözüm boyunca değişen (küçülen) artış değeri kullanılmıştır. Birinci amaç fonksiyonu için (kapasite minimizasyonu) başlangıç olarak artış değeri 500000 m³ seçilmiştir. Program çözümü yaparken optimum sonuca yaklaştığında artış değeri otomatik olarak küçülür ve 1000 m³ olur. İkinci amaç fonksiyonu içinse (sulama alanı maksimizasyonu) başlangıçta artış değeri 100 ha olarak belirlenmiş ve daha sonra program optimum sonuca yaklaştıkça 0,1 ha'lık artış değerine kadar düşülmüştür. Üçüncü optimizasyon problemi için de durum aynıdır. Diğer bir değişle artış katsayısı sabit değil değişkendir. Optimum sonuca yaklaştıkça küçülmekte ve daha doğru sonuç elde edilmektedir.

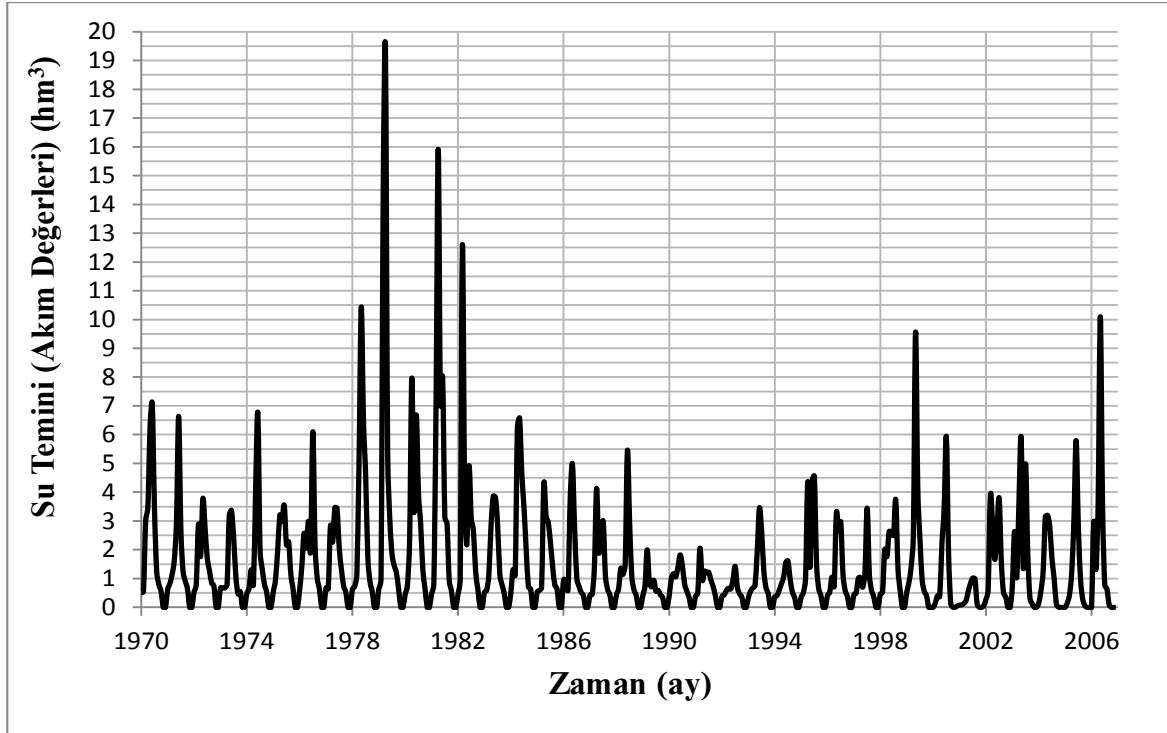
Geliştirilen kodda artış değeri problem için belirleyici bir girdi olsa da kodun detayına girilmedikçe değiştirilemez. Bunun yanında programı durdurma kriteri parametresi de program için önemlidir. Bu değer artırılması çözümü elde etmedeki kesinliği azaltırken, diğer bir yandan bu değer azaltılması da optimum sonuca ulaşılmasına sebep olabilir. Varsayılan değer olarak programda 2000 m³ kullanılmıştır. Problemin büyüklüğüne göre (projenin büyüklüğüne göre) optimum sonuç elde edilene kadar değiştirilebilir.

GRG metodunun Enümerasyon metoduna göre optimum sonuca çok daha hızlı ulaşmasının yanı sıra artış değeri ve durdurma kriteri kullanmaması bir diğer artıdır. GRG metodunda Excel çözücü motoru kullanılarak çözüm yapılmaktadır.

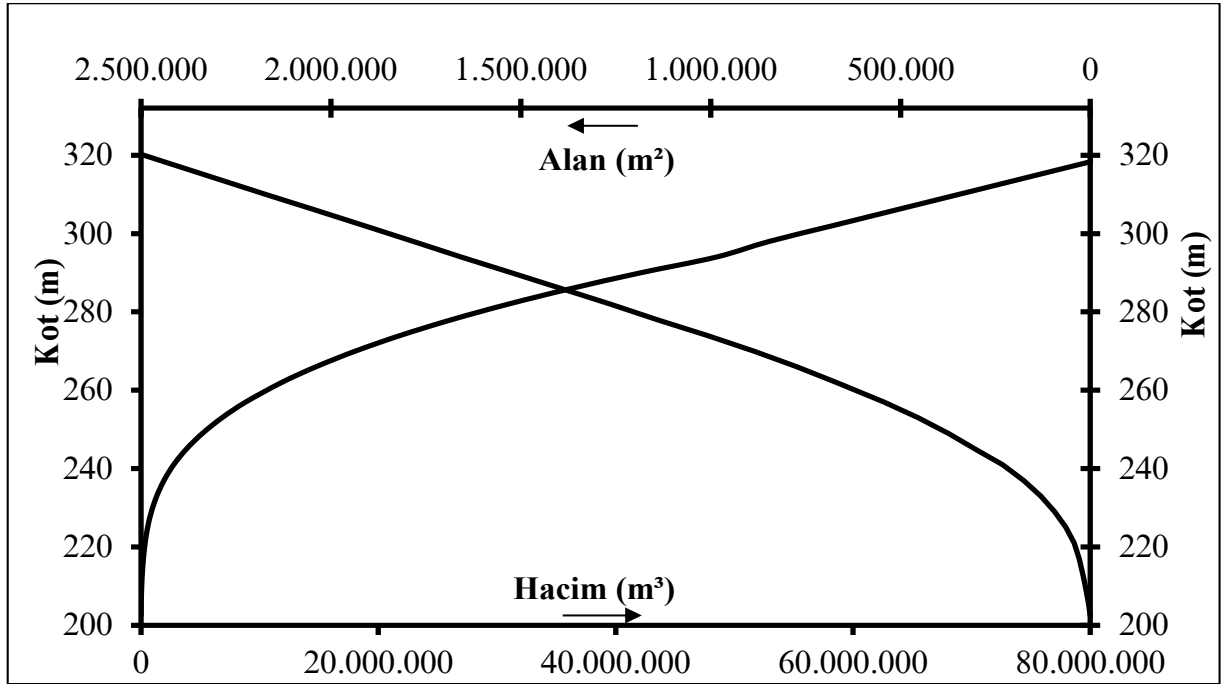
Kodun Doğrulanması ve Uygulamaları

Yeşilkavak Barajı Rezervuar İşletme Çalışması Girdileri

Kodun doğrulanması için Yeşilkavak Barajı Planlama Raporu verileri kullanılmış ve bu veriler kullanılarak uygulama çalışmaları yapılmıştır. 1970 ile 2006 yılları arasında yer alan 37 yıllık akım verisi kullanılarak işletme çalışması yapılmıştır. Bu çalışma için programa girilen tüm veriler Şekil 1 ve 2 ve Tablo 1’de gösterilmiştir. Şekil 1’de gözlenmiş akım değerleri, diğer bir değişle su temini değerleri grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 2’de kot alan hacim değerleri grafik olarak verilmiştir. Ayrıca Tablo 1’de de bitki suyu ihtiyacı, nehir canlı hayat suyu ihtiyacı ve buharlaşma değerleri gösterilmiştir. Yeşilkavak Barajı Rezervuarının ölü hacim değeri $0,75 \text{ hm}^3$ ’tür.



Şekil 1 Yeşilkavak Barajı 37 yıllık su temini değerleri (1970 ile 2006 arası)



Şekil 2 Yeşilkavak Barajı kot alan hacim eğrisi

Tablo 1 Yeşilkavak Barajı bitki suyu ihtiyacı, nehir canlı hayat suyu ihtiyacı ve buharlaşma değerleri

Ay	Bitki Suyu İhtiyacı (m ³ /ha)	Nehir Can Suyu İhtiyacı (m ³)	Buharlaşma (mm)
Ekim	161	140856	32,01
Kasım	0	136312	0,00
Aralık	0	140856	0,00
Ocak	0	140856	0,00
Şubat	0	127225	0,00
Mart	0	140856	0,00
Nisan	67	136312	0,00
Mayıs	410	140856	71,43
Haziran	1252	136312	129,72
Temmuz	1538	140856	157,24
Ağustos	1447	140856	150,20
Eylül	1027	136312	107,88

Yeşilkavak Barajı Rezervuar İşletme Çalışması Sonuçları

İlk olarak Yeşilkavak Planlama Raporu'ndan alınan değerler ve geliştirilen kod ile yapılmış işletme çalışması sonuçları kıyaslanmıştır. Planlama Raporu'nda net sulama sahası, A_r 17510,10 ha, normal hacim değer, $Ka+Kd$, 29,91 hm³ ve depolamanın yüksekliği 78,63 m'dir (AKAR-SU Müh. Müş. Ltd Şti., 2010).

Birinci amaç fonksiyonu kullanıldığında (kapasite minimizasyonu) 1750,10 ha'lık sulama sahası için Yeşilkavak Barajı rezervuar kapasitesi 29,89 hm³ ve depolamanın yüksekliği 78,61 m olmaktadır. Planlama Raporu'nda bulunmuş olan kapasite ile arasındaki fark sadece 0,02 hm³'tür.

İkinci amaç fonksiyonu sulama alanı maksimizasyonudur. 28,89 hm³ rezervuar kapasitesi için Yeşilkavak Barajı net sulama alanı 1750,10 ha olarak bulunmuştur. Depolamanın yüksekliği 78,61 m'dir. İlk durumda hesaplanan değerler ile tutarlılık göstermektedir. Diğer bir yandan, ikinci bir durum olarak rezervuar kapasitesi 29,91 hm³ alındığında (Planlama raporu değeri) net sulama sahası 1750,50 ha olarak bulunmaktadır.

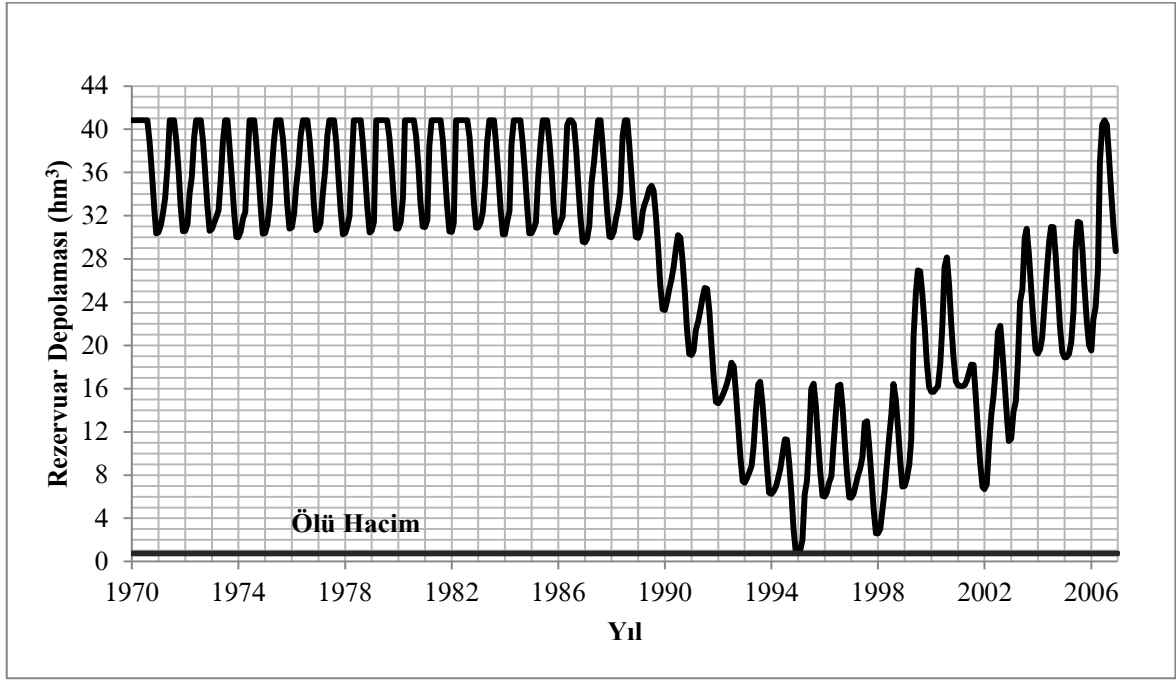
Üçüncü amaç fonksiyonu kullanıldığında rezervuar kapasitesi 40,85 hm³ ve net sulama sahası 2000 ha olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca depolamanın yüksekliği 86,63 m olarak bulunmuştur. Üçüncü amaç fonksiyonundan elde edilen sonuçlara göre rezervuar kapasitesi 40,85 hm³'ten ve sulanacak sulama sahası 2000 ha'dan büyük olamaz.

Birinci ve ikinci optimizasyon problemleri Enümerasyon metodu ve GRG metodu kullanılarak ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar birbiri ile aynı çıkmıştır. Farklı olarak optimizasyon problemi GRG metodu kullanılarak çözüldüğünde sonuç daha çabuk elde edilmektedir. Üçüncü amaç fonksiyonu için kullanılan metod yalnızca Enümerasyon metodudur. Programda GRG metodu kullanılarak üçüncü amaç fonksiyonu hesaplaması yapılmamaktadır.

Tablo 2'de tüm amaç fonksiyonlarından elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Tabloda programa girdi olarak kullanılan değerlerin altı çizilidir. Şekil 3'te de 2000 ha sulama alanı için bulunan işletme çalışması sonuç grafiği görülmektedir. Grafikte, optimizasyon programının çözdüğü 1970-2006 yıllarının her ayı için rezervuar depolaması değerleri verilmiştir. Çalışılan periyotta 1989 yılından sonra gelen akım değerlerinde ciddi azalmalar olduğu için rezervuar depolama seviyesinde düşüş gözlenmiştir. Grafiğin değerleri incelendiği takdirde görülebileceği gibi rezervuar depolaması periyodun başında 40,85 hm³'lük değerle dolu olarak işletmeye başlamış ve 1995 yılı Ekim ayında 0,75 hm³'lük ölü hacim değerine ulaşmıştır. 2006 yılının Nisan ayında da rezervuar tekrar dolu duruma ulaşmıştır.

Tablo 2 Yeşilkavak Barajı İşletme Çalışması Sonuçları

	<i>Ar</i> (ha)	<i>Ka+Kd</i> (hm ³)	Depolama Yüksekliği (m)
Planlama Raporu Sonuçları	1750,10	29,91	78,63
<i>Ka+Kd</i> minimizasyonu	<u>1750,10</u>	29,89	78,61
<i>Ar</i> maksimizasyonu (Durum 1)	1750,10	<u>29,89</u>	78,61
<i>Ar</i> maksimizasyonu (Durum 2)	1750,50	<u>29,91</u>	78,63
<i>Ka+Kd</i> minimizasyonu ve <i>Ar</i> maksimizasyonu	2000,00	40,85	86,63



Şekil 3 2000 ha net sulama sahası için işletme çalışması sonucu

Sonuçlar

Bu çalışmanın amacı sulama amaçlı barajlarda optimum rezervuar kapasitesi belirlenmesidir. Bu optimizasyon probleminde kullanılan amaç fonksiyonları kapasite minimizasyonu ve sulama alanı maksimizasyonudur.

Öncelikle bu çalışma için geçmişte yapılan çalışmalara yönelik kaynak araştırması yapılmıştır. Kaynak araştırması yapıldıktan sonra amaç fonksiyonları, değişkenler ve kısıtlar belirlenmiştir. Optimizasyon problemi ve formülasyonu tanımlandıktan sonra Excel Visual Basic (VBA) kullanılarak kod yazılmıştır. Problem için kod yazılıp program oluşturulduktan sonra da yapılan çalışmanın geçerliliğini göstermek için doğrulama yapılmıştır.

Optimizasyon probleminin çözümünde 2 ayrı metot kullanılmıştır. Bunlar Enümerasyon metodu ve GRG metodudur. Enümerasyon metodunu kullanabilmek için VBA'da kod yazılmış, GRG metodunu kullanabilmek için ayrıca Excelin çözücü motorundan yararlanılmıştır. Kod oluşturulduktan sonra doğrulama yapılmıştır. GRG metodu ile yapılan çözüm Enümerasyon metodu ile yapılan çözümden daha hızlı optimum sonuca ulaşıldığı görülmüştür.

Çalışmada geliştirilen kod ile üç adet amaç fonksiyonu kullanılarak Yeşilkavak Barajı verileriyle rezervuar optimizasyonu çalışması yapılmış ve sonuçlar kendi aralarında ve Yeşilkavak Planlama Raporu'ndan alınan değerlerle kıyaslanmıştır.

Bu çalışma için yazılmış olan kod istenildiği takdirde kolayca geliştirilebilir. Bu çalışma yalnızca sulama amaçlı baraj rezervuarları için yapılmış olsa da farklı amaçlar da çalışmaya eklenebilir. Kod geliştirilerek daha karmaşık problemler çözümü için kullanılabilir. Örneğin enerji amacı veya taşkın kontrol amacı da eklenebilir.

Kaynaklar

AKAR-SU Müh. Müş. Ltd Şti. (2010) Manisa Salihli Projesi Yeşilkavak Barajı ve Sulaması Planlama Raporu, DSİ

Chow, V. T. (1964). Handbook of Applied Hydrology. New York.

Chow, V. T., Maidment, D. R. and Mays, L.W. (1988). Applied Hydrology, McGraw Hill, Inc.

Erdin, T. E. (2014) Determination of Optimum Capacity and Operation of Reservoirs for Irrigation Purposes. MS. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Maass, A., Hufschmidt, M. M., Dorfman, R., Thomas, JR, H. A., Marglin, S. A., ve Fair, G. M. (1966). Design of Water Resource Systems. 2nd ed. Massachusetts.

Mays, L. W. and Tung, Y. (1992). Hydrosystems Engineering and Management, McGraw Hill, Inc.,

Sattari, M. T., Salmasi, F. and Öztürk, F. (2008). Sulama Amaçlı Hazne Kapasitesinin Belirlenmesinde Çeşitli Yöntemlerin Karşılaştırılması, Tarım Bilimleri Dergisi, 14(1) pp. 1-7.