

Basınçlı Sulama Sistemlerinin COPAM Yazılımı ile Performans Analizi: Burdur Çavdır-Küçükalan Örneği

Can ÖZKAYA¹, Yusuf UÇAR²

Özet: Bu çalışmada, Burdur Çavdır Küçükalan basınçlı sulama sisteminin performans analizini yapmak için COPAM (Sınıflandırılmış Karakteristik Eğriler Modeli) bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım yardımıyla debi – su kaynağı kotu, bağıl basınç açısından yetersiz hidrantların tespiti, hidrant güvenilirliği, farklı kaynak yüksekliklerinde hidrantların yeterliliği, mevcut koşullarda boru çaplarının yeniden belirlenmesi, hesaplanan boru çaplarına göre sulama sisteminin eski ve yeni maliyetinin karşılaştırılması gibi analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda, sulama sisteminin mevcut koşullarda %90'lık bir verim ile çalışabileceği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, sistemde bulunan 42 adet hidrantın 2'sinde hem bağıl basınç açısından yetersizlik olduğu hem de güvenilirlik değerlerinin -0- olduğu saptanmıştır. Mevcut koşullarda boru çapları açısından yapılan değerlendirmede ise 26 boru hattında (6 815.50 m) daha küçük çaplı borular kullanılması gerekirken 2 hatta (491.40 m) ise daha büyük çaplı boruların kullanılması gerektiği saptanmıştır. COPAM yazılımıyla hesaplanan boru çaplarının kullanılması durumunda, bağıl basınç eksikliği olan hidrant sayısı 1'e düşmüştür. Yapılan maliyet analizinde ise COPAM yazılımı ile belirlenen boru çaplarının kullanılması durumunda proje maliyetinden 57 262.49 \$ tasarruf edilebileceği saptanmıştır. Sonuç olarak, basınçlı sulama sistemlerinin performans analizinde COPAM programının kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır. COPAM veya benzeri programların kullanılması durumunda, projelerin yatırım maliyetlerini düşürerek verimliliklerini yükseltmek mümkün olacaktır. Bu nedenle COPAM veya benzeri programların basınçlı sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla ilgili kurumlar tarafından kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Burdur, Güvenilirlik, Hidrant analizi, Sulama sistemi maliyet analizi, Sulama sistem performansı

Performance Analysis of Pressurized Irrigation Systems with COPAM Software: A Case of Burdur-Çavdır-Küçükalan

Abstract: In this study, COPAM (Classified Characteristic Curves Model) computer software was used to analyze the performance of the Burdur Çavdır Küçükalan pressurized irrigation system. With the help of COPAM, analyses such as flow rate – water source elevation, detection of hydrants insufficient in terms of relative pressure, hydrant dependability, the sufficiency of hydrants at different water source elevations, re-calculation of pipe diameters in current conditions, comparison of old and new cost of the irrigation system according to calculated pipe diameters were made. At the end of the study, it was determined that the irrigation system could work with an efficiency of 90 % under current conditions. In the study, it was also determined that 2 of the 42 hydrants in the system were insufficient in terms of relative pressure and their reliability values were -0-. In the evaluation made in terms of pipe diameters under current conditions, it was determined that while smaller diameter pipes should be used in 26 pipelines (6 818.50 m), larger diameter pipes should be used in 2 pipelines (491.40 m). In the case of using pipe diameters calculated with COPAM, hydrants numbers with relative pressure deficiency decreased to 1. In the cost analysis, it was determined that if the pipe diameters determined by the COPAM are used, 57 262.49 \$ can be saved from the project cost. As a result, it has been concluded that the COPAM can be used in the performance analysis of pressurized irrigation systems. If COPAM or similar programs are used, it will be possible to increase the efficiency of the projects by reducing their investment costs. For this reason, it is thought that COPAM or similar programs should be used by relevant institutions for the evaluation of pressurized irrigation systems.

Keywords: Burdur, Dependability, Hydrant analysis, Irrigation system cost analysis, Irrigation system performance

*Sorumlu yazar (Corresponding author)
canozkaya15@gmail.com

Alınış (Received): 23/03/2023
Kabul (Accepted): 18/05/2023

¹Burdur İl Özel İdaresi, Burdur, Türkiye
²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve
Sulama Bölümü, Isparta, Türkiye

1. Giriş

Sulu tarımda en çok karşılaşılan sorunlardan biri, kaynaktan alınan birim suya karşılık elde edilen verimin yeterince artırılamamasıdır. Bu sorunun çözümüne katkı sağlayacak, su kullanım etkinliği yüksek bitkilerin kullanılması, yetiştiricilik tekniklerinin geliştirilmesi ve yüksek teknolojiye sahip sulama sistemlerinin kullanılması gibi birçok bileşen olmasına karşın; asıl çözüm sulama şebekelerindeki kayıp ve kaçakların önlenmesi ve suyun uygulanması esnasında oluşan kayıpların azaltılmasıdır. Bu ancak suyun daha iyi kontrol edilebildiği toplu basınçlı sulama sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılmasıyla mümkündür. Basınçlı sulama sistemleri sağladıkları su tasarrufu sayesinde daha fazla alanın sulanabilmesi, topografyaya kolayca uyum sağlamaları, suyun kolayca ölçülebilmesi sayesinde hacim bazlı fiyatlandırmada kolaylık sağlamaları ve bunun sonucunda da üreticilerin daha az su ücreti ödemeleri nedeniyle net gelirlerinde artış sağlamaları, işletme, bakım ve yönetim işlemlerinin daha teknik fakat daha kolay olması gibi birçok avantajları bulunmaktadır (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000).

Açık kanal sulama sistemlerinin işletilmesi dört farklı yöntemle yapılmaktadır. Bunlar; a) Serbest istek yöntemi, b) Koşullu istek yöntemi, c) Rotasyon yöntemi ve d) Birim alan birim su yöntemidir (Labye vd., 1988; Kara, 2005). Serbest istek yönteminde sulama sisteminin bütün birimlerinde sürekli su bulundurulur ve çiftçi istediği zaman suyu kullanabilir. Koşullu istek yönteminde de sulama sisteminin tüm birimlerinde su bulundurulmasına karşın çiftçi prizleri arasında nöbetleşme yapılır. Bu yönüyle aşırı su kullanımının önüne geçilmeye çalışılır. Rotasyon yöntemi bu iki yöntemden oldukça farklıdır. Bu yöntemde sulama alanının her birisi belirli sayıda sekonder ve tersiyer kanalı kapsayacak şekilde birimlere ayrılır ve ana kanaldaki suyun tamamı belirli bir süreliğine bir birime verildiği ve birimler arasında nöbetleşmenin yapıldığı su dağıtım sistemidir (Kara, 2005). İstek yöntemi sulama sahasında sürekli su olmasını esas alan bir işletim yöntemidir. Sulama yapmak isteyen su kullanıcısı istediği zaman, kapalı sulama sisteminde hidrantlarda, açık sulama sisteminde su alma prizinde suyun hazır bulundurulduğu bir işletme şeklidir. Su kullanıcıları bu yöntem ile işletilen sistemlerde çok büyük rahatlığa sahiptir ve istedikleri anda parsellerini sulama imkanları vardır (Kara, 2005; Akyol, 2012). Bunun yanında, sistem kapasitesinin yüksek olması ve su kullanıcılarını fazla su kullanımına teşvik etmesi gibi olumsuzlukları da söz konusudur (Kara, 2005). Serbest istek sistemi toplu basınçlı sulama sistemlerinin projelendirilmesinde en çok tercih edilen yöntemdir. Toplu basınçlı sulama sistemlerinde serbest istek sisteminde yukarıda belirtilen faydaların sağlanabilmesi için, hidrantlarda, debi sınırlandırıcı, su sayacı, basınç kontrol ve çıkış vanaları yer almalı ve sistemin pik dönemde talep edilen debiyi

minimum basınçla sürekli olarak iletebilmesi gerekir (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000).

Toplu basınçlı sulama sistemlerinde hidrant planlamasında karşılaşılan en önemli zorluklarından birisi hidrant kapasitesinin hesaplanmasıdır. Bunun nedeni çiftçi davranışlarındaki değişkenliktir. Sistemin her noktasında su bulunması nedeniyle hangi çiftçilerin hangi hidranttardan ne zaman su alacağı kestirilememektedir. Bu nedenle aynı anda çalışacak hidrant sayısı ancak bazı formüllerle tahmin edilebilmektedir. Bu sebeple, sulama sistemin herhangi bir yerinde bulunan hidrant, diğer hidrantların pozisyonuna ve anlık debilerine bağlı olarak minimum basınçla ihtiyaç olan debiyi sağlayabilmelidir. Ayrıca, sulama sisteminin işletilmesi esnasında yıllar içerisinde değişen piyasa koşulları, gelişen teknoloji ve çiftçi tercihlerine bağlı olarak bitki deseniindeki değişimler de hidranttardan alınacak su miktarında dolayısıyla hidrant kapasitesinde değişikliğe yol açacak bir durumdur (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000). İstek yöntemi ile işletilen sulama sistemlerinde herhangi bir hidranttardan ne kadar süreyle su alınacağı ve sulamanın ne zaman yapılacağı kestirilememesi ve tüm hidrantların aynı dönemde kullanılabilme ihtimali olduğundan basınçlı sulama sistemlerinde performans analizi yapmak diğer sulama sistemlerine göre daha fazla önem taşımaktadır. Serbest istek sistemlerinde performans analizi yapmak ve akış modellerinin geliştirilmesi için kullanılan yöntemlerden biri de birinci ve ikinci Clément (1966) formülleridir (Lamaddalena, 1997).

Serbest istek yöntemi ile işletilen sulama sistemlerinin performans analizini yapmak için ICARE (CTGREF, 1979; Bethery, 1990), COPAM (Lamaddalena, 1997), AKLA (Lamaddalena, 1997; Lamaddalena ve Sagardoy, 2000), EPANET (Rossman, 2000), GESTAR (Estrada vd., 2009), DESIDS (Fouial vd., 2016) ve NIREUS (Stefopoulou ve Dercas, 2017) gibi bilgisayar yazılımları bulunmaktadır. Bu yazılımların her biri kendine özgü modelleme ilkelerine dayanmaktadır. Bu yazılımlardan COPAM (Sınıflandırılmış Karakteristik Eğriler Modeli) FAO tarafından ücretsiz olarak kullanıma açılmış bir programdır. Yazılım aracılığı ile, hidrant bazında performans analizi yapılabilen, sistemde kullanılan boru çapları, debileri ve sistemin ekonomikliğine ilişkin değerlendirmelerde bulunulabilmektedir. Ülkemizde COPAM yazılımı kullanılarak basınçlı sulama sistemlerinin değerlendirilmesiyle ilgili ilk çalışmalardan biri Kurtulmuş vd. (2018) tarafından Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi sulama sisteminin analiziyle ilgili çalışmadır. Araştırmacılar, sulama şebekesine ait sistem güvenilirliğini, kaynak yüksekliğini, debiyi, boru çaplarını ve hidrant basınç yüklerini COPAM ile analiz etmişler ve sulama sisteminde hidrant düzeyinde herhangi bir performans eksikliğine rastlanılmadığını, alternatif senaryolarla belirlenen yeni boru çaplarının mevcut boru çaplarından daha küçük

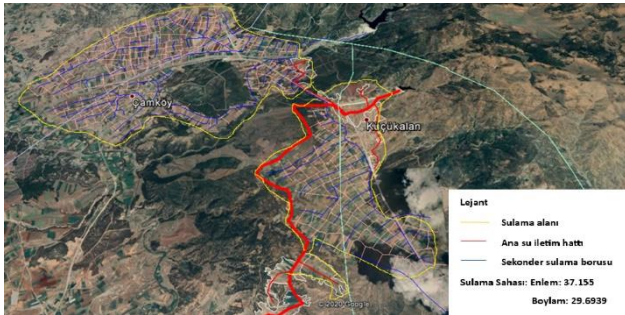
olmasına karşın, sulama sistem performansında büyük bir farklılığın olmadığını saptamışlardır.

Bu çalışmada, basınçlı sulama sistemlerinin sistem performansını ortaya koymak ve optimum projelendirme olanaklarını saptamak amacıyla Lamaddalena ve Sagardoy (2000) tarafından geliştirilen COPAM yazılımı, istek yöntemiyle işletilen Burdur Çavdır Küçükalan Göleti Basınçlı Sulama Tesisine uygulanmıştır. Araştırma sonucunda sulama sisteminin; hidrantlarda bulunan basınç yükü, sistemin debisi ve sistemde kullanılan boru çapları açısından tespit ve yorumlamalar yapılarak sistemin hidrolik ve ekonomik açıdan performansı değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanının tanıtılması

Çalışmada, Burdur ili Çavdır ilçesinde bulunan Küçükalan Göleti Basınçlı Sulama Şebekesi materyal olarak kullanılmıştır. Küçükalan Göleti Basınçlı Sulama Sistemi, Burdur il merkezine 105 km, Çavdır ilçesine ise 15 km uzaklıktadır. Denizden yüksekliği 1150-1080 m arasında olan çalışma alanı, geçiş bölgesinde olması nedeniyle iklimi oldukça değişkenlik göstermektedir. Genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlıdır. Burdur meteoroloji istasyonuna ait verilere göre yıllık ortalama sıcaklık 13.2 °C iken, maksimum sıcaklık ortalaması 19.4 °C, minimum sıcaklık ortalaması 7.5 °C, uzun yıllar yıllık yağış ortalaması ise 428.1 mm'dir (Anonim, 2020). Devlet Su İşleri tarafından 2020 yılında sulamaya açılan araştırma sahasının tarım arazileri, Hıdırlar Tepesi ve Maden Tepesi eteklerinde yer alan ve eğimi %2-10 arasında değişen yamaç arazilerden meydana gelmektedir (Şekil 1) (DSİ, 2010).



Şekil 1. Sulama sahasının görünümü

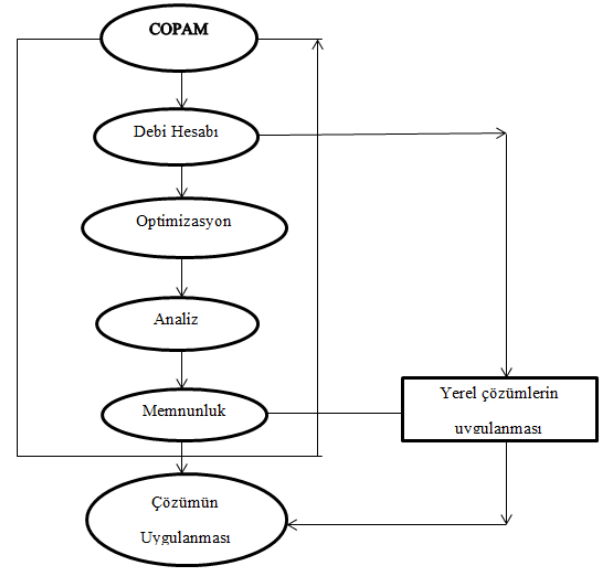
2.2. Sulama sistemine ilişkin bazı özellikler

Küçükalan Basınçlı Sulama Şebekesinde sulanabilir alan 94 ha'dır. Üst toprakların %43.62'si ağır bünye (41 ha), %50'si orta bünye (47 ha) ve %6.38'i hafif bünyelidir (6 ha) (DSİ, 2010). Proje sahasında ortalama infiltrasyon hızı 2.80 cm/h'dir. DSİ tarafından yapılan 2010-2013 yılları arasında yapılan debi ölçüm sonuçlarına göre yıllık akım

ortalaması 1.09 hm³'tür. Sulama sisteminin su kaynağı olan Kırackuyu deresinin su kalitesi, tuzluluk açısından ikinci sınıf sodyum açısından ise birinci sınıf (C2S1) olup sulama için uygundur. Sulama sisteminde çapları 110-450 mm arasında değişen toplam 16 433.60 m uzunluğunda boru hattı ve suyun dağıtımında kullanılan 42 adet hidrant bulunmaktadır.

2.3. Yöntem

Sulama sisteminin analizinde teorik temelleri Lamaddalena (1997) tarafından geliştirilen ve yazılımı Lamaddalena ve Sagardoy (2000) tarafından yapılan COPAM programı kullanılmıştır. COPAM ile, hidrant bazında performans analizi yapılabilmenin yanında sistemde kullanılan boru çapları, debileri ve sistemin ekonomikliğine ilişkin değerlendirmeler de yapılabilmektedir. Yazılım ile ayrıca hem tasarım halindeki bir projede hem de mevcut işletme halindeki bir sulama sistemi için analiz/değerlendirme yapılabilmektedir. Programın akış diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. COPAM programı akış diyagramı (Lamaddalena ve Sagardoy, 2000)

Sulama sistemine ilişkin analizin yapılabilmesi için öncelikle her bir boru bölümüne ait başlangıç bitiş numaraları, alan, debi, boru uzunluğu, deniz seviyesinden yükseklik ve boru çapı bilgileri programa girilmiştir. İstek yöntemi kullanılarak işletilen sulama sistemlerinde en önemli problem sistem debisinin hesaplanmasıdır. Sistem debisi, bitki deseni, meteorolojik veriler, sulama randımanı ve çiftçi isteklerine göre değişkenlik gösterir. Debi hesabı için birçok formülasyon bulunmakta olup bu çalışmada kullanılan COPAM yazılımında debi hesabı için; Clément modeli debi hesabı ve rastgele debi hesabı yapan model (random generation) kullanılmıştır.

Sistemin hidrolik açıdan analizinin yapılabilmesi amacıyla 100 ve 280 l/s arasında değişen sistem debilerine göre eş zamanlı olarak çalışan 1000 rastgele hidrant konfigürasyonu belirlenmiştir. Konfigürasyon sayısının fazla olması istek eğrilerinin doğruluğunu artırmaktadır. Analiz için gerekli olan verilerden su kaynağının denizden yüksekliği (999 m) ve sistemde bulunan hidrantlarda istenen en düşük basınç (25 m) modele girilmiştir. Ayrıca, sulama sistemindeki tüm hidrantların deniz seviyesinden olan yükseklikleri, başlangıç noktasına olan uzaklıkları ve birbirleri arasındaki uzaklıklar belirlenmiştir. Analiz yapılan borulara ilişkin çaplar ve o çapa ait boru uzunluğu, borunun et kalınlığı ve birim boru maliyeti gibi analizde kullanılan teknik bilgiler, programın ilgili modülüne girilmiştir. Analize esas sulama sistemindeki grafiklerin (eğrilerinin) belirlenebilmesi için, sistem üzerinde bulunan tüm hidrantların konumlarına göre borularda oluşan yük kayıpları, program tarafından muhtemel her bir debi değeri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sulama sisteminin tasarımında herhangi bir değişimin gerekli olup olmadığını saptamak amacıyla AKLA Model kullanılmış, programın Graph menüsünde bulunan "Yetersiz Hidrant Analizi" butonu (PUH curves) seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir.

Alternatif senaryoya göre mevcut ve yeniden hesaplanan boru çaplarına göre sistemde kullanılan boru maliyetindeki değişimi belirlemek için ekonomik bir analiz yapılmıştır. Bu amaçla sulama sisteminin hem mevcut hem de yeniden hesaplanan (COPAM ile) boru çapları ve uzunlukları kullanılmıştır. Boruların birim maliyetleri piyasa araştırmasıyla belirlenmiştir. Değişiklik olan her bir boru bölümünün mevcut ve yeniden hesaplanan boru çapları için birim maliyetler elde edilmiş ve ilgili bölümdaki boru uzunluklarıyla çarpılarak toplam boru maliyeti tahmin edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Sistemin hidrolik açıdan analizi

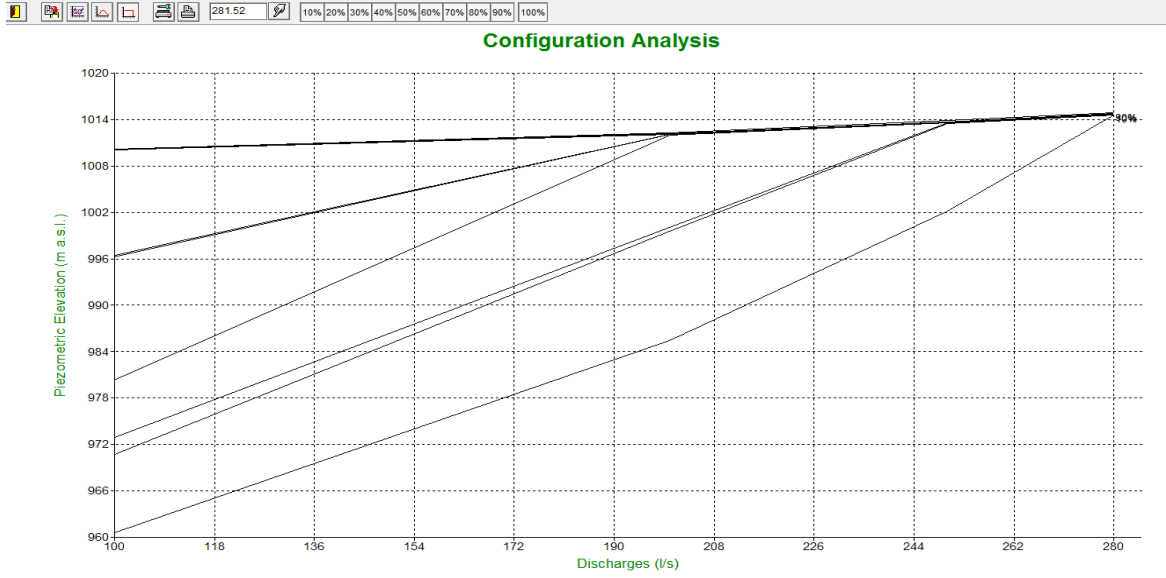
Sulama sistemi, farklı debiler (100, 200, 250, 280 l/s) ve farklı yükseklikler (995, 999, 1000, 1005 m) için oluşturulan konfigürasyonların, yeterlilik açısından oransal olarak ne kadarını karşıladığını belirlemek amacıyla test edilmiştir. Sulama sisteminin konfigürasyon analiz eğrileri Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu eğriler mevcut sistem debisi olan 280 l/s'ye karşılık gelen kaynak yüksekliği 999 m kullanılarak çizdirilmiştir. Sistemdeki verilere göre kesişim noktasının %90'lık karakteristik eğrinin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bu durumda, sistem debisinin oluşturulan konfigürasyonların %90'nını karşılandığını söylemek mümkündür. Yapılan analiz sonucunda elde edilen olasılık eğrileri kaynağın debisine karşılık gelen yetersiz hidrantların oranıyla ilişkilidir. Bu grafik üzerinde oluşan eğriler, sulama sisteminin debisi ile %10'luk bir olasılık değeri göz önüne alındığında tasarım

debisine karşılık yetersiz hidrantların oranını göstermektedir (Şekil 4). Yapılan analiz sonucunda sulama sisteminde yetersiz hidrant tespit edilmiş olup, yetersiz hidrantların olasılık eğrilerinin %10 ve daha altında olduğu görülmektedir. Bu işlemden sonra yetersiz hidrantların hangisi/hangileri olduğunun belirlenebilmesi için analize devam edilmiş ve analiz sonucunda, sistemdeki 3 ve 32 numaralı hidrantların yetersiz basınca maruz kaldığı saptanmıştır (Şekil 5). Hidrant numaralarına karşılık gelen bağıl basınç değerlerinin belirlenmesi için programda Graph menüsünde Hydrants Deficit (envelope curves) seçeneği ile yapılan analizde bağıl basınç değeri sıfırın altında olan 3 ve 32 numaralı hidrantların yetersiz basınca maruz kaldıkları doğrulanmıştır (Şekil 6). Açık sulama sistemlerinde olduğu gibi basınçlı sulama sistemlerinde de güvenilirlik açısından değerlendirme yapılabilmektedir. Sulama sistemlerinde güvenilirlik değeri -0- ila -1- arasında değişkenlik gösteren bir değerdir ve hidrantların güvenilirlik değerinin -1- ve -1-'e yakın olması istenmektedir. Hidrantların güvenilirliğine ilişkin yapılan analizde ise bağıl basınç açısından da yetersiz olan 3 ve 32 numaralı hidrantların güvenilirlik değeri -0- bulunmuş olup dolayısıyla bu hidrantların su dağıtımı açısından güvenilir olmadıkları anlaşılmıştır (Şekil 7). Yeterli işletme basıncı elde edilemeyen bu iki hidrant düşük basınç altında yeterli suyu sağlayamayacaklarından su dağıtımı açısından da güvenilirlikleri düşük düzeyde kalmıştır. Diğer tüm hidrantlar ise -1- değerini aldıkları görülmüştür. Dolayısıyla bu hidrantların su dağıtımı açısından güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

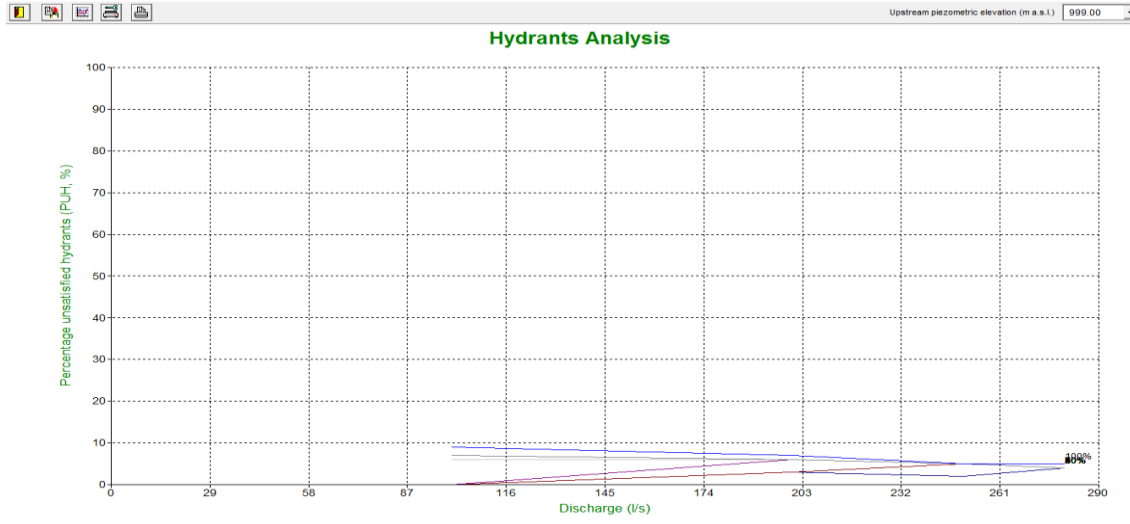
3.2. Alternatif senaryo oluşturulması ve maliyet analizi

Farklı su kaynağı yükseklikleri için sistemin analizini yapabilmek amacıyla öncelikle programa 995 m'den 1005 m'ye kadar farklı su kaynağı kotları girilmiştir. Su kaynağının debisi 280 l/s 1005 m'lik deniz seviyesi yüksekliğinde yetersiz hidrantların oranının %5 dolayında olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Bu durum sistemde basınç artışının yetersiz hidrantların oranına etkisinin çok fazla olmayacağını göstermektedir. Alternatif senaryo için program tarafından seçilen yeni boru çaplarına göre yapılan hidrant analizi sonuçları ise Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterilmiştir. Yeni boru çaplarına göre yapılan analizde şebekede bağıl basınç değerleri -0-a düşen 1 adet hidrant (32 numaralı hidrant) tespit edilmiştir. Mevcut durumda bağıl basınç açısından yetersiz olan 32 numaralı hidrantın bağılı olduğu boru çapı artmasına rağmen yeni durumda da güvenilirlik açısından -1-'in altında olduğu görülmektedir. Diğer hidrantların hem bağıl basınç değeri açısından iyi durumda oldukları hem de su dağıtımı açısından güvenilirliklerinin iyi durumda oldukları belirlenmiştir.

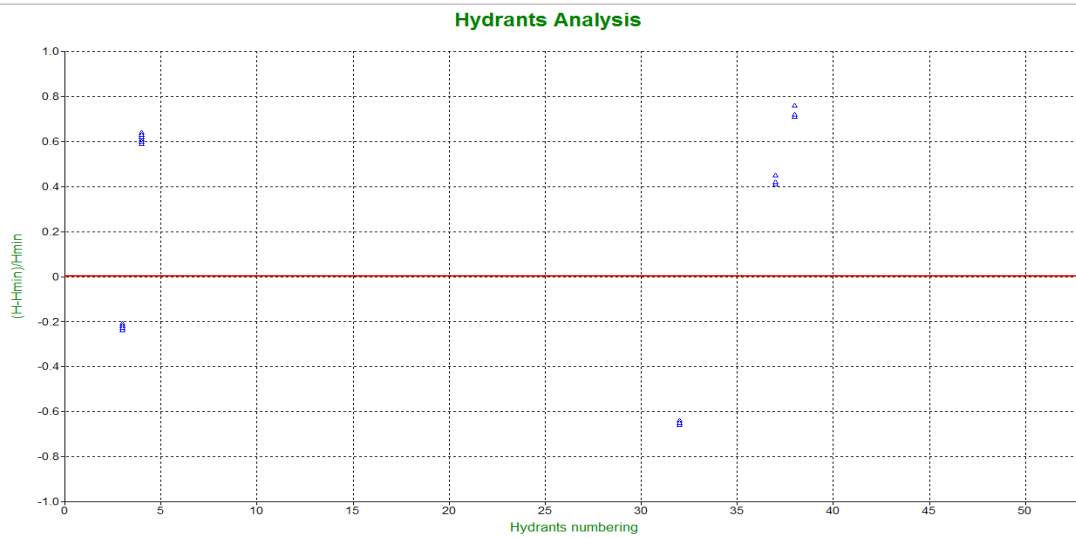
Sahada uygulaması yapılmış olan projedeki boru çapları ile mevcut koşullar (Kaynak debisi, Su kaynağının kotu, Boru hatlarının güzergahları) dikkate alınarak programa hesaplatılan boru çapları Tablo 1'de gösterilmiştir.



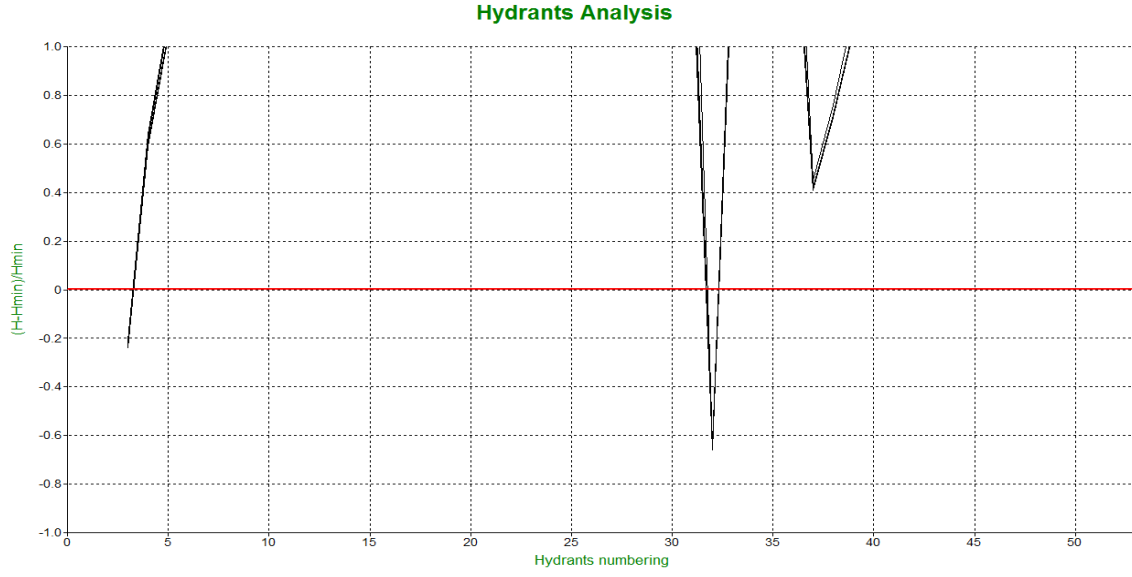
Şekil 3. Sulama sistemindeki yetersiz hidrantların yüzde olarak gösteren eğri



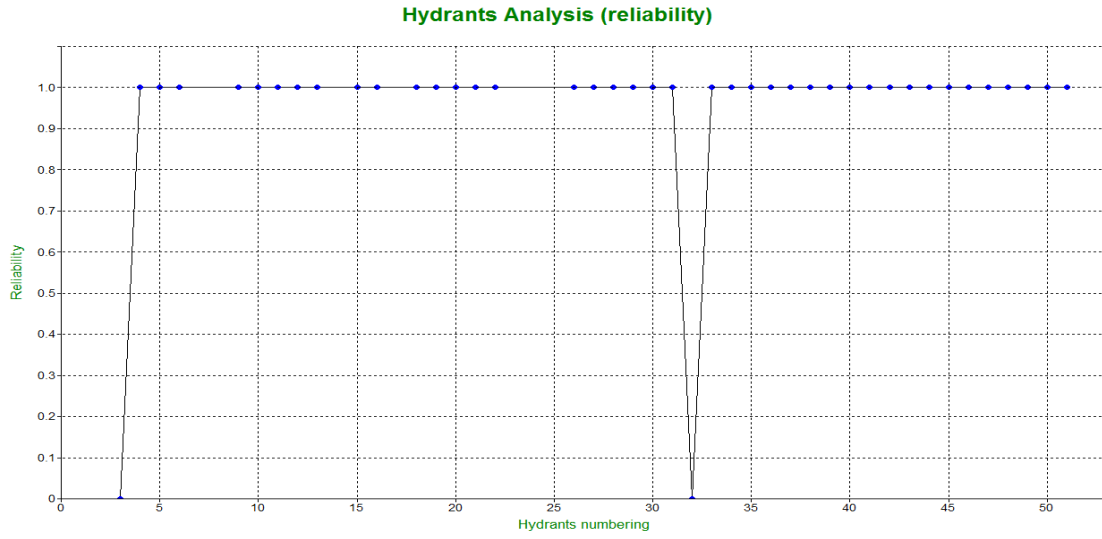
Şekil 4. Hidrantlarda bağlı basınç eksiklik analizi



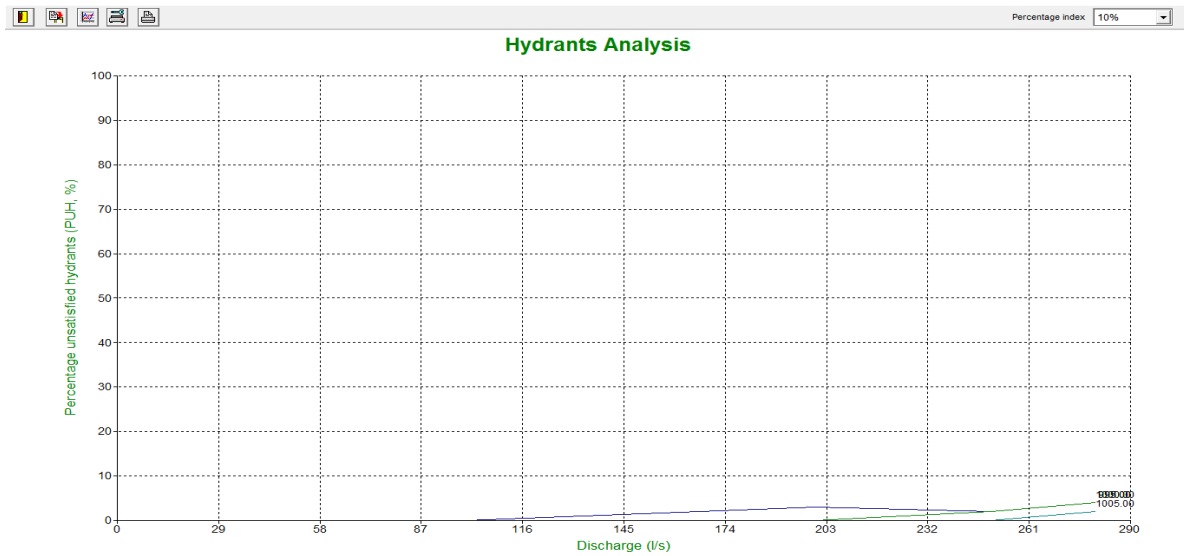
Şekil 5. Hidrantlardaki bağlı basınç eksiklikleri eğrileri



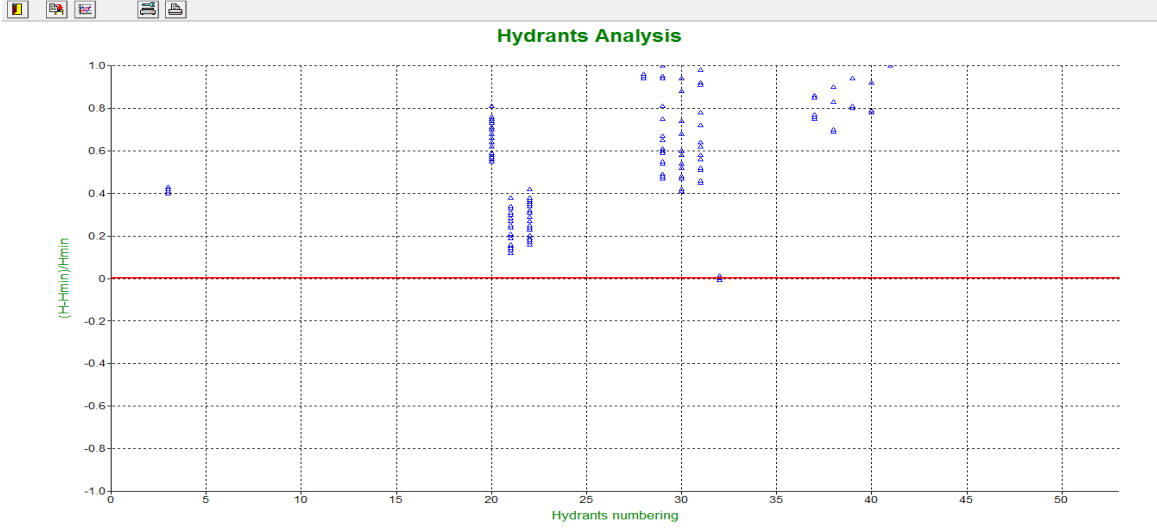
Şekil 6. Hidrantaarda güvenilirlik testi



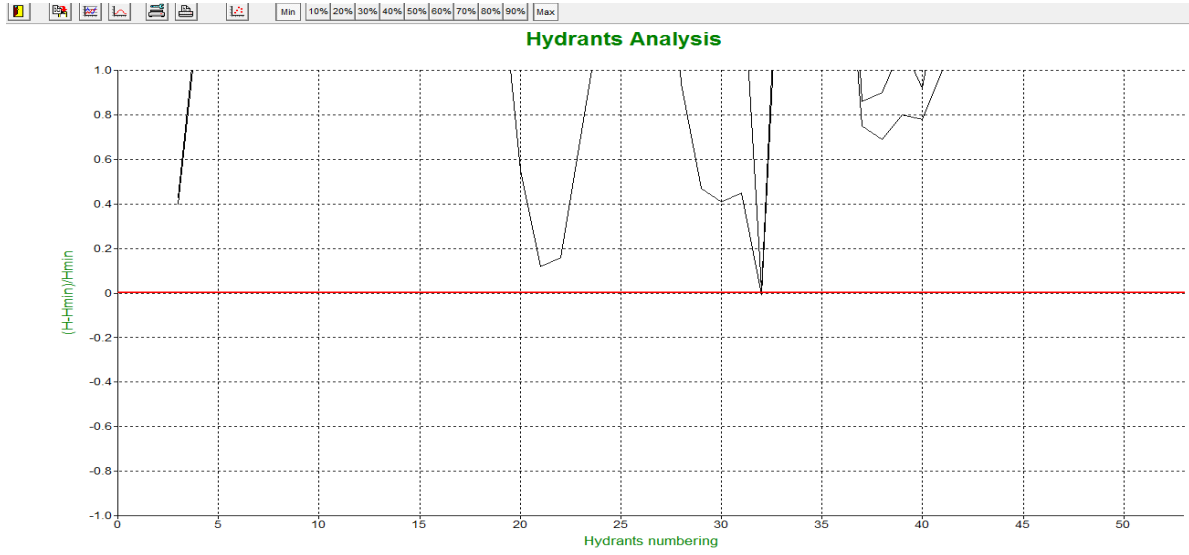
Şekil 7. Farklı su kaynağı yükseklikleri ve farklı debi koşullarında olası yetersiz hidrant oranlarının belirlenmesi



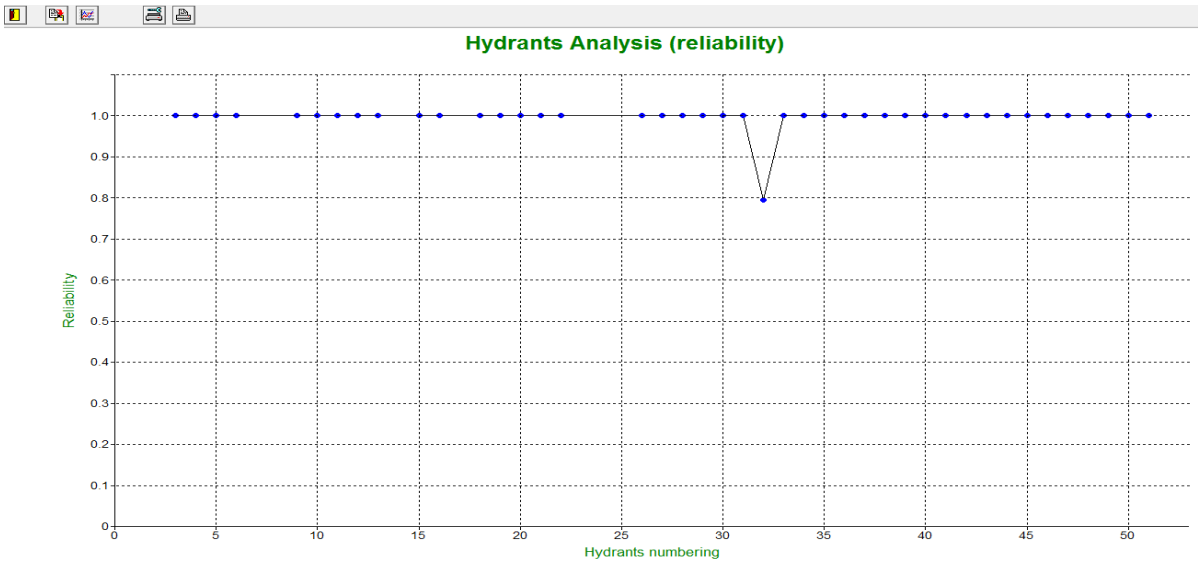
Şekil 8. Farklı su kaynağı yükseklikleri ve farklı debi koşullarında olası yetersiz hidrant oranlarının belirlenmesi



Şekil 9. Alternatif senaryodaki hidrantlardaki bağıl basınç eksiklikleri



Şekil 10. Alternatif senaryodaki hidrant bağıl basınç analizi



Şekil 11. Alternatif senaryodaki güvenilirlik testi

Tablo 1. Alternatif senaryo maliyet analizi

No	Uzunluk (m)	Mevcut boru çapları ve maliyetleri			Alternatif boru çapları ve maliyetleri			Maliyet farkı (\$)
		Çap (mm)	Birim maliyet (\$/m)	Toplam maliyet (\$)	Alternatif boru çapı (mm)	Birim maliyet(\$/m)	Toplam maliyet (\$)	
1	533.30	450	94.00	50 130.20	450	94.00	50 130.20	0
2	39.60	450	94.00	3 722.40	450	94.00	3 722.40	0
3	230.50	355	58.50	13 484.30	355	58.50	13 484.25	0
4	519.60	355	58.50	30 396.60	355	58.50	30 396.60	0
5	438.50	355	58.50	25 652.30	355	58.50	25 652.25	0
6	276.60	355	58.50	16 181.10	355	58.50	16 181.10	0
7	260.30	355	58.50	15 227.60	355	58.50	15 227.55	0
8	251.60	355	58.50	14 718.60	355	58.50	14 718.60	0
9	145.50	355	58.50	8 511.75	355	58.50	8 511.75	0
10	696.90	355	58.50	40 768.70	355	58.50	40 768.65	0
11	542.90	355	58.50	31759.70	355	58.50	31 759.65	0
12	532.00	355	58.50	31 122.00	355	58.50	31 122.00	0
13	487.50	355	58.50	28 518.80	355	58.50	28 518.75	0
14	921.20	355	58.50	53 890.20	355	58.50	53 890.20	0
15	167.30	250	29.00	4 851.70	225	23.50	3 931.55	-920.15
16	58.10	250	29.00	1 684.90	225	23.50	1 365.35	-319.55
17	73.90	250	29.00	2 143.10	225	3.50	1 736.65	-406.45
18	614.40	225	23.50	14 438.40	160	12.00	7 372.80	-7 065.60
19	419.30	200	19.00	7 966.70	140	9.00	3 773.70	-4 193.00
20	211.80	160	12.00	2 541.60	110	5.50	1 164.90	-1 376.70
21	238.80	160	12.00	2 865.60	110	5.50	1 313.40	-1 552.20
22	230.00	110	5.50	1 265.00	110	5.50	1 265.00	0
23	165.00	450	94.00	15 510.00	355	58.50	9 652.50	-5 857.50
24	463.20	225	23.50	10 885.20	200	19.00	8 800.80	-2 084.40
25	419.10	225	23.50	9 848.85	200	19.00	7 962.90	-1 885.95
26	477.30	225	23.50	11 216.60	180	15.00	7 159.50	-4 057.05
27	631.00	225	23.50	14 828.50	160	12.00	7 572.00	-7 256.50
28	680.40	160	12.00	8 164.80	160	12.00	8 164.80	0
29	360.30	160	12.00	4 323.60	140	9.00	3 242.70	-1 080.90
30	155.40	125	7.90	1 227.66	140	9.00	1 398.60	+170.94
31	218.80	125	7.90	1 728.52	110	5.50	1 203.40	-525.12
32	336.00	125	7.90	2 654.40	140	9.00	3 024.00	+369.60
33	454.30	110	5.50	2 498.65	110	5.50	2 498.65	0
34	206.50	110	5.50	1 135.75	110	5.50	1 135.75	0
35	381.90	110	5.50	2 100.45	110	5.50	2 100.45	0
36	202.30	110	5.50	1 112.65	110	5.50	1 112.65	0
37	361.30	225	23.50	8 490.55	180	15.00	5 419.50	-3 071.05
38	271.70	225	23.50	6 384.95	160	12.00	3 260.40	-3 124.55
39	183.20	180	15.00	2 748.00	140	9.00	1 648.80	-1 099.20
40	90.40	160	12.00	1 084.80	110	5.50	497.20	-587.60
41	193.90	110	5.50	1 066.45	110	5.50	1 066.45	0
42	506.00	110	5.50	2 783.00	110	5.50	2 783.00	0
43	61.10	250	29.00	1 771.90	180	15.00	916.50	-855.40
44	103.40	250	29.00	2 998.60	180	15.00	1 551.00	-1 447.60
45	84.80	225	23.50	1 992.80	160	12.00	1 017.60	-975.20
46	241.90	225	23.50	5 684.65	140	9.00	2 177.10	-3 507.55
47	196.10	180	15.00	2 941.50	125	7.90	1 549.19	-1 392.31
48	251.60	160	12.00	3 019.20	110	5.50	1 383.80	-1 635.40
49	131.40	160	12.00	1 576.80	140	9.00	1 182.60	-394.20
50	323.30	140	9.00	2 909.70	110	5.50	1 778.15	-1 131.55
51	392.40	110	5.50	2 158.20	110	5.50	2 158.20	0
Σ				53 6687.98			47 9425.49	-57 262.49

Alternatif senaryo için otomatik olarak program tarafından seçilen boru çapları incelendiğinde yeni

durumda 26 boru hattında boru çaplarının küçüldüğü (6 818.50 m), 2 boru hattında (491.40 m) ise boru çaplarının

büyüdüğü saptanmıştır. Ayrıca, yazılım tarafından sistemin tüm hidrolik opsiyonları göz önüne alınarak otomatik olarak seçilen alternatif boru çaplarının sulama şebekesinde kullanılması durumunda sulama sisteminde sadece boru maliyetindeki artma ve azalmaya ilişkin maliyet analizi yapılmıştır. Sulama sisteminde alternatif boru çaplarının kullanılması durumunda sadece boru maliyetindeki azalma 57 262.49 \$'dır. Boruların proje sahasındaki tesisi, kazı masrafları vb. düşünüldüğünde proje keşif bedeli üzerindeki azalmanın daha yüksek olacağı söylenebilir.

4. Sonuç

COPAM ve benzeri programlarla yapılacak analizler sayesinde basınçlı sulama sistemlerinde projelendirme aşamasında meydana gelebilecek hataların önlenilebileceği ve olası maliyet artışlarının önüne geçilebileceği anlaşılmıştır. Bu nedenle, COPAM ve benzeri programlar kullanılarak sistem performansının iyileştirilmesine yönelik önlemler alınması mümkün olduğundan bu benzer programların bu amaçlarla ilgili kurumlar tarafından kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma birinci yazar tarafından hazırlanan "Burdur-Çavdır-Küçükalan Basınçlı Sulama Sisteminin Copam Yazılımı ile Performans Analizi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

Kaynakça

- Akyol, A. (2012). Basınçlı Sulama Şebekesinde Proje Debisi Hesaplamasına İlişkin Yöntem Karşılaştırması. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim, (2020). Burdur Meteorolojik Parametreleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURDUR> (Son erişim tarihi: 01.10.2020)
- Bethery, J. (1990). Réseaux Collectifs D'irrigation Ramifiés Sous Pression Calcul Et Fonctionnement. CEMAGREF Études.

- Clément, R. (1966). Calcul des débits dans les réseaux d'irrigation fonctionnant à la demande. La Houille Blanche, 5, 553-575. doi:10.1051/lhb/1966034
- CTGREF, (1979). Programme ICARE—Calcul des Caractéristiques Indicées. Note Technique 6, CTGREF Division Irrigation, Aix-en-Provence.
- DSİ, (2010). DSİ 18. Bölge Müdürlüğü Burdur Çavdır Küçükalan Göleti Planlama Raporu.
- Estrada, C., Gonzalez, C., Aliod, R., & Pano, J. (2009). Improved pressurized pipe network hydraulic solver for applications in irrigation systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135(4), 421-430.
- Fouial, A., Khadra, R., Daccache, A., & Lamaddalena, N. (2016). Modelling the impact of climate change on pressurised irrigation distribution systems: use of a new tool for adaptation strategy implementation. Biosystems engineering, 150, 182-190. doi:10.1016/j.biosystemseng.2016.08.010
- Kara, M. (2005). Sulama ve Sulama Tesisleri. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya.
- Kurtulmuş, E., Büyükcangaz, H., Kuşcu, H. & Demir, A. (2018). The hydraulic and economic performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems: a case study in Turkey. Journal of Agricultural Sciences, 24(1), 42-49.
- Labye, Y., Olson, M.A., Galand, A., & Tsiouris, N. (1988). Design and optimization of irrigation distribution networks. FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 44, Rome, 1988.
- Lamaddalena, N. (1997). Integrated Simulation Modeling for Design and Performance Analysis of On-Demand Pressurized Irrigation Systems. (Ph.D, Dissertation, Technical University of Lisbon)
- Lamaddalena, N., & Sagardoy, J.A. (2000) Performance Analysis of on Demand Pressurized Irrigation Systems. FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 59, Rome, 2000.
- Rossman, L. (2000). Epanet 2 User's Manual. United States Environmental Protection Agency.
- Stefopoulou, A. & Dercas, N. (2017). NIREUS: A new software for the analysis of on-demand pressurized collective irrigation networks. Computers and Electronics in Agriculture, 140, 58-69.