ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BASINÇLI SULAMA HATLARINDA BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANALARA ALTERNATİF OLARAK MİNİ-HİDROELEKTRİK TÜRBİNLERİN KULLANIM OLANAKLARININ BELİRLENMESİ

Ender DAĞDELEN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ANKARA

2019

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Ender DAĞDELEN tarafından hazırlanan **"Basınçlı Sulama Hatlarında Basınç Düşürücü Vanalara Alternatif Olarak Mini-Hidroelektrik Türbinlerin Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi"** adlı tez çalışması 08.08.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Halit APAYDIN
Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri:

Başkan : Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK
Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Halit APAYDIN
Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğr. Üy. Hakan POLATCI
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Müh. A.B.D.

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Özlem YILDIRIM

Enstitü Müdür V.

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgileri doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

08.08.2019

Ender DAĞDELEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BASINÇLI SULAMA HATLARINDA BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANALARA ALTERNATİF OLARAK MİNİ-HİDROELEKTRİK TÜRBİNLERİN KULLANIM OLANAKLARININ BELİRLENMESİ

Ender DAĞDELEN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Halit APAYDIN

Günümüz bilişim çağında en öne çıkan husus bilginin yayımı ise ikinci konu enerjidir. Sulama amaçlı baraj ve basınçlı sulama tesislerinde su kaynağı ile sulama sahası arasındaki yükseklik farkından dolayı oluşan yüksek basınç, basınç kırıcı vanalar yardımı ile azaltılarak, basıncın düşük kotlarda iletim ve dağıtım hattına zarar vermesi engellenmektedir. Burada sönümlenen kinetik enerji herhangi bir şekilde kullanılmaz ve boşa gider. Bu noktadan hareketle; sulama tesislerinde basınç kırıcı vana yerine mini-hidroelektrik türbin veya santrifüj pompa kullanma olanağı Yozgat Kadışehri Halıköy Göletinde araştırılmıştır.

Çalışmada, türbin ve pompa olarak iki farklı tesis tipi, 10 farklı ekim dikim oranı ve iki farklı bugüne getirme faiz oranı alternatifleri dikkate alınmıştır. İlk olarak faiz oranı DSİ nin kabul ettiği % 9.5 alınarak yapılan hesaplarda ekim dikim oranı % 100, % 90, % 80, % 70 ve % 10 olduğu zamanlarda fayda masraf oranı 1 ve 1'in üzerinde sonuç vermiş ve bu koşullar altında proje değerlendirilebilir olarak sınıflandırılmıştır.

İkinci adım olarak eknomik analizler, kamu bankalarının güncel yıllık faiz olan % 2.85 değerine göre tekrar yapılmıştır. Enerji üretiminde türbin yerine pompa kullanılması durumunda gelirler daha yüksek bir oranla yükselerek % 10 - % 100 ekim dikim oranları arasında hesaplanan fayda masraf oranları, 1.23 ile 1.74 değerleri arasında kalmıştır. Bütün ekim dikim oranlarında 1'den yüksek çıkan fayda masraf oranları, projeyi ekonomik açıdan olumsuzdan, ekonomik açıdan değerlendirilebilir sınıfına sokmaktadır.

Türbin kullanımı için de hesaplar hem % 9.5 hem de % 2.85 faiz oranı kullanılarak yenilenmiştir. Düşük faiz oranında her ne kadar indirgenmiş gelir değerlerinde artış gözlenmiş olsa da 0.39 ve 0.47 arasında kalan fayda masraf oranları, türbin kullanımının bu faiz oranının kullanıldığı durumlarda dahi ekonomik olmadığı sonucuna varılmıştır.

Gelecekte enerjiye olan talep ve enerji fiyatlarının artması, enerji üretim verimlerinin yükselmesi, devlet teşviğinin artması gibi yaşanacak durumlarda pompa kullanarak elektrik üretiminin her ekim dikim oranı için ekonomik olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Ağustos 2019, 99 sayfa

Anahtar Kelimeler: Basınçlı iletim boruları, basınç kırıcı vana, mini-hidroelektrik türbin, türbin yerine santrifüj pompa kullanılması, PAT(Pumps As Turbines-Turbin Yerine Kullanılan Pompalar)

ABSTRACT

Masters Thesis

DETERMINATION OF USAGE POSSIBILITIES OF MINI-HYDROELECTRIC TURBINES AS AN ALTERNATIVE TO PRESSURE REDUCING VALVES IN PRESSURIZED IRRIGATION LINES

Ender DAGDELEN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Halit APAYDIN

In present information era, the prominent subject is carrying out information and second important subject is energy. The exceed pressure caused by the elevation difference between irrigation purposed dams, water sources and the irrigated area, is to be reduced via pressure reducing valves, to prevent exceed pressure to damage the conduit and water distribution systems. The kinetic energy which is absorbed here, has no use and being wasted. From this viewpoint, the differential of investment and annual expenses in Yozgat Kadışehri Halıköy Small Dam is investigated, in case of replacing and connecting in parallel the pressure reducing valves with mini-hydro turbine and pumps as turbines.

In this study, as two types of component PAT and turbine, ten different ratios of cultivation of the irrigation area and two different economical ratio were taken into consideration. First, the calculations completed with the interest ratio 9.5% acknowledged by DSİ, the investment is found economically positive and expenses/income ratio is over and equal to 1, when the irrigation ratios are equal 100 %, 90 %, 80 %, 70 %, 10 % or between those values, when a PAT is installed.

As the second step of the calculations are revised with government banks annual currency interest rate, 2.85%. When the calculations are done for the PAT installation scenario the income has increased and expenses/income ratio is now between 1.23 and 1.74 for all 10% - 100% irrigation ratios. Expenses/incomes ratios which are all aver 1 for every irrigation ration between 10% and 100 %, enhanced our project to assessable from unavailable.

Economical analyses are conducted for turbine installation scenario, too. Even with low interest ratios, income has increased but even than the expenses/income ratios are floating between 0.39 and 0.47. Although this low interest ratio scenario, turbine installation is not economically convenient for our project.

Research show that, energy generation with PATs will be an economical investment for all irrigation ratios in the future if any advancements like increase of demand for energy and energy prices and government decides to pay incentives for green energy occurs.

Ağustos 2019, 99 pages

Keywords: Pressurized conduits, water distribution network, pressure reducing valve, mini-hydroelectric turbine, pumps as turbine, PAT(Pumps As Turbines).

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatımın her anında benimle beraber olan ve destekleyen aileme, bu tez çalışmasında sağladıkları her türlü teknik destekleri için Canyon Hydro ve Standard Pompa firmalarına, yüksek lisans süresi boyunca bana her türlü kolaylığı ve teknik desteği sağlayan halihazırda çalışmakta olduğum Hidro Dizayn firması ve Sn. M. Denizhan Bütün'e teşekkürlerimi sunarım.

Hem yüksek lisans eğitimi gördüğüm süre boyunca derslerimde, hem de bu tezin yazılmasında ve tamamlanmasında bana her konuda destek olan, tezin her sayfasında emeği bulunan, en dar zamanımda ihtiyaç duyduğum motivasyonu sağlayan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Halit APAYDIN'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Ender DAĞDELEN

Ankara, 08/ 2019

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK……...……İ

ÖZET…….……ii

ABSTRACT…….....iii

TEŞEKKÜR……..……...iv

KISALTMALAR DİZİNİ……...…….……..xii

ŞEKİLLER DİZİNİ…...…...……...…….…….……xiii

ÇİZELGELER DİZİNİ…….……..…...ix

1. GİRİŞ 1

2. KAYNAK ÖZETLERİ 5

3. MATERYAL VE METOT 14

3.1 Materyal 14

3.1.1 Yozgat Kadışehri Halıköy Göleti sulaması 14

3.1.1.1 Araştırma alanının tarımsal yapısı ve üretimi 14

3.1.1.2 Araştırma alanının iklim özellikleri 15

3.1.1.3 Araştırma alanının toprak özellikleri 19

3.1.1.4 Araştırma alanının ekonomik özellikleri 20

3.1.1.5 Araştırma alanının jeolojisi 20

3.1.1.6 Araştırma alanının nüfusu 21

3.1.1.7 Gölete ait karakteristikler 21

3.1.1.8 Sulama Suyu İhtiyacı 26

3.1.2 Basınç kırıcı vana ekipmanı 28

3.1.3 Türbin ekipmanı 31

3.1.4 Santrifüj pompa ekipmanı 33

3.1.5 Türbin yerine santrifüj pompa kullanılması 34

3.2 Yöntem 39

3.2.1 Günlük sulama süresinin tayini 41

3.2.2 Aylık tüketilecek suyun belirlenmesi 41

3.2.3 Debi hesabı 41

3.2.4 Güç hesabı 41

3.2.5 Enerji üretiminde kullanılacak suya ait kabul 42

3.2.6 Enerji üretimi formülasyonu 42

3.2.7 Enerji fiyatlandırılması 43

3.2.8 PAT ile üretilebilecek enerji hesaplamaları 43
3.2.9 Türbin kullanılarak üretilebilecek enerji hesaplamaları 43
3.2.10 Ekonomik analiz 43
3.2.10.1 Bugünkü değer yöntemi / Fayda masraf oranı 44
3.2.10.2 Net bugünkü değer yöntemi 44
3.2.10.3 İç karlılık yöntemi 45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI 47
4.1 Sulama ve Elektrik Enerjisi Üretimine İlişkin Bulgular 47
4.1.1 Günlük sulama süresi 47
4.1.2 Aylık tüketilecek su miktarı 48
4.1.3 Debi hesabı 49
4.1.4 PAT ile üretilebilecek enerji hesaplamaları 50
4.1.5 Türbin kullanılarak üretilebilecek enerji hesaplamaları 62
4.2 Ekonomik Analiz 74
4.2.1 Bugünkü değer yöntemi / Fayda masraf oranı 74
4.2.1.1 PAT kullanılması durumunda fayda masraf oranı 74
4.2.1.2 Türbin kullanılması durumunda fayda masraf oranı 77
4.2.2 İç karlılık yöntemi 80
4.2.2.1 PAT iç karlılık oranı 80
4.2.2.2 Türbin kullanımı ile enerji üretilmesine ait iç karlılık oranı 83
4.2.3 Güncel faiz değerleri ile bugünkü değer ve iç karlılık oranları 86
5. SONUÇ VE TARTIŞMA 91
KAYNAKLAR 96
ÖZGEÇMİŞ 99

KISALTMALAR DİZİNİ

DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı
ha	Hektar
TRGM	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü
STK	Standart Topografik Kadastral
ST	Standart Kadastral
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
SPSS	Statistics Programme for Social Scientists
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
m^3	Metreküp
l	Litre
s	Saniye
kW	KiloWatt
h	Saat
PAT	Türbin olarak kullanılan pompa (Pumps As Turbines)
f	Faiz oranı (%)
F/M	Fayda/Masraf
R	Rantabilite
F	Karşılaştırma Periyodunda Proje Faydalarının Bugünkü Değeri
M	Karşılaştırma Periyodunda Proje Masrafların Bugünkü Değeri
P	Güç (Watt)
p	Suyun yoğunluğunu temsil etmektedir. Bu değer 1 kg/litre'dir.
H	Net düşüyü (m) temsil etmektedir.
η	Hidroelektrik santralin genel veriminin yüzdelik ifadesidir.
Q	Debi (m^3/s) ya da litre/saniye (lt/s) olarak ifade edilir
g	Yerçekimi ivmesini temsil etmektedir. Değeri 9.81 m/s^2 'dir.
Ik	Projenin iç karlılık oranı
fD	Seçilen indirgeme oranından düşük olanı
fY	Seçilen indirgeme oranından yüksek olanı
ND	Düşük indirgeme oranının, toplam nakit akımı
NY	Yüksek indirgeme oranının, toplam nakit akımı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Halıköy Göleti yinelemeli taşkın hidrografları 19
Şekil 3.2 Gölet Gövde Yerleşimi 22
Şekil 3.3 Halıköy Göleti Uydu Görüntüsü 23
Şekil 3.4 Halıköy Göleti Sulama Alanı ve Şebekesi 25
Şekil 3.5 Bir sulama hattına yerleştirilmiş basınç kırıcı vana ve ek parçalar 29
Şekil 3.6 Basınç kırıcı hattın sonuna yerleştirilen tahliye hattı 30
Şekil 3.7 Canyon Hydro firmasınca proje için önerilen ekipman 32
Şekil 3.8 Canyon Hydro firmasının gerçekleştirmiş olduğu uygulamaya ait görsel 33
Şekil 3.9 PAT-Santrifüj pompa akışkan hareketi (Standart Pompa) 35
Şekil 3.10 Bir PAT uygulama alanına ait görsel 35
Şekil 3.11 Türbin olarak kullanılan bir santrifüj pompaya ait performans eğrisi 36
Şekil 3.12 Türbine ait düşü/debi/verim abağı 37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Tokat Zile meteoroloji istasyonu ortalama sıcaklık değerleri (^{o}C) 16

Çizelge 3.2 Tokat-Zile Boztepe meteoroloji istasyonu aylık toplam yağış değerleri (mm) 17

Çizelge 3.3 Tokat-Zile Boztepe meteoroloji istasyonu aylık ortalama rüzgar hızı (bofor) değerleri 18

Çizelge 3.4 Tokat-Zile Boztepe meteoroloji istasyonu aylık ortalama nispi nem (%) değerleri 18

Çizelge 3.5 Blanney-Criddle yöntemiyle hesaplanmış sulama suyu miktarları..... 27

Çizelge 3.6 PAT Debi/Verim tablosu 37

Çizelge 3.7 Türbin verimi ve birimlerin dönüştürülmüş halleri 38

Çizelge 3.8 Çalışma sırasında dikkate alınan alternatifler 40

Çizelge 4.1 Temmuz ve Ağustos ayları için hesaplanan yeni günlük sulama süreleri 47

Çizelge 4.2 Her ay için tüketilmesi öngörülen su hacmi 48

Çizelge 4.3 Aylık ortalama debi değerleri hesap tablosu..... 49

Çizelge 4.4 Ekim - Dikim oranının sulama sahasına eşit olduğu durumda enerji üretimi..... 51

Çizelge 4.5 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %90'ı olduğu durumda enerji üretimi.... 52

Çizelge 4.6 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %80'i olduğu durumda enerji üretimi.... 53

Çizelge 4.7 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %70'i olduğu durumda enerji üretimi.... 54

Çizelge 4.8 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %60'ı olduğu durumda enerji üretimi.... 55

Çizelge 4.9 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %50'si olduğu durumda enerji üretimi .. 56

Çizelge 4.10 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %40'ı olduğu durumda enerji üretimi.. 57

Çizelge 4.11 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %30'u olduğu durumda enerji üretimi . 58

Çizelge 4.12 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %20'si olduğu durumda enerji üretimi 59

Çizelge 4.13 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %10'u olduğu durumda enerji üretimi . 60

Çizelge 4.14 PAT kullanılarak üretilebilecek enerjinin parasal karşılığı..... 62

Çizelge 4.15 Ekim - Dikim oranının sulama sahasına eşit olduğu durumda enerji üretimi..... 63

Çizelge 4.16 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %90'ı olduğu durumda enerji üretimi.. 64

Çizelge 4.17 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %80'i olduğu durumda enerji üretimi.. 65

Çizelge 4.18 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %70'i olduğu durumda enerji üretimi .. 66

Çizelge 4.19 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %60'ı olduğu durumda enerji üretimi ... 67

Çizelge 4.20 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %50'si olduğu durumda enerji üretimi 68

Çizelge 4.21 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %40'ı olduğu durumda enerji üretimi .. 69

Çizelge 4.22 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %30'u olduğu durumda enerji üretimi . 70

Çizelge 4.23 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %20'si olduğu durumda enerji üretimi 71

Çizelge 4.24 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %10'u olduğu durumda enerji üretimi . 72

Çizelge 4.25 Türbin kullanılarak üretilebilecek enerjinin parasal karşılığı 73

Çizelge 4.26 Yüzde 100 Ekim-Dikim oranında PAT Fayda/Masraf hesap tablosu..... 75

Çizelge 4.27 Bütün ekim-dikim oranlarına göre hazırlanan Fayda / Masraf oranları özet tablosu (PAT) 76

Çizelge 4.28 % 100 Ekim-Dikim oranında Türbin Fayda / Masraf hesap tablosu 78

Çizelge 4.29 Bütün Ekim-Dikim Oranlarına göre hazırlanan Fayda / Masraf oranları özet tablosu (Türbin) 79

Çizelge 4.30 PAT kullanımı içkarlılık oranı hesabı örnek tablosu 81

Çizelge 4.31 Enerji üretimi amacıyla PAT kullanımı içkarlılık oranı hesapları özet tablosu..... 82

Çizelge 4.32 Türbin kullanımın içkarlılık oranı hesabı örnek tablosu..... 84

Çizelge 4.33 Enerji üretimi amacıyla türbin kullanımı içkarlılık oranı hesapları özet tablosu... 85

Çizelge 4.34 PAT ekipmanı bugünkü değer ve iç karlılık oranının % 2.85 değerine göre yapılan hesaplarına dair özet tablosu 87

Çizelge 4.35 Türbin ekipmanı bugünkü değer ve iç karlılık oranının % 2.85 değerine göre yapılan hesaplarına dair özet tablosu 89

1. GİRİŞ

Enerji basit olarak iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmakta olup, pek çok farklı iddia olmakla beraber yaklaşık 200 000 bin yıl önce ilk insanın en çok ihtiyaç duyduğu enerji türü ısıdır. Gelişen teknoloji ile beraber potansiyel, kinetik, ışık, kimyasal, nükleer, ses enerjisi gibi alternatifleri arasında en çok elektrik enerjisi talep edilir duruma gelmiştir. Günümüz itibariyle ülkemizde hane veya işyerlerinde enerji tüketimi, artan endüstriyelleşme ve kişisel teknoloji kullanımı doğrultusunda tarihin en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Kullanılan elektriğin, 2017 yılı itibariyle üretim kaynağına göre sınıflandırılması yapılırsa % 37 doğal gaz, % 33 kömür, % 20 hidroelektrik, % 6 rüzgar ve % 2'si ise jeotermal olarak sıralanır (Anonim, 2019). Maalesef en büyük paya sahip enerji kaynağı olan doğalgazda dışarıya bağımlı durumdayız. İkinci büyük kaynağımız olan kömür işleyen termik santraller ise her ne kadar ileri teknolojiyle kurulsalar da çevreyi kirletme potansiyeline sahiptirler. Kısaca, bu iki enerji üretim şekli arttırılmak yerine tam tersine azaltılmalıdır. Diğer yenilenebilir kaynakları konusunda da ciddi bir ilerleme katedilmelidir. Avrupa Birliği yenilenebilir enerji direktifi kapsamında, 2020 yılı itibariyle Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan enerji kaynaklarının % 20'sinin yenilenebilir enerji kaynakları olması kararlaştırılmıştır. Bütün AB ülkeleri tarafından hedeflenen orana ulaşmak için izleyecekleri yolları ifade eden hareket planları ortaya koyulmuştur. Avrupa Birliğinin enerji ihtiyacının karşılanabilmesi açısından 2020 yılından sonra da yenilenebilir enerji kullanımı toplam enerji kaynakları içerisinde büyük pay sahibi olacaktır. Bu kapsamda 2014 yılında yapılan görüşmelerde 2030 yılı itibariyle, toplam enerji kaynakları içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı için konulan hedef % 27 olarak belirlenmiştir. Ancak 2018 yılında tekrarlanan görüşmelerle, toplam enerji kaynakları içerisinde hedeflenen yenilenebilir enerji kaynaklarının payı % 27'den % 32'ye, 2023 yılında tekrar gözden geçirilmek üzere yükseltilmiştir (Anonim 2018).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Türkiye'nin enerjide 2020 yılı itibariyle % 70 oranında dışa bağımlı olacağını öngörmektedir. Bu nedenle ülke olarak takip edilebilecek en doğru yol, yenilenebilir enerji kaynaklarının tam olarak kullanabildiği alternatifler olacaktır. Bu gelişme ile hem ülkemizin dışa olan bağımlılığını azaltacak hem de doğanın korunmasına yönelik çok önemli bir adım atılmış olacaktır.

Son yıllarda ülkemizde bu doğrultuda yeni enerji üretim yolları aranmakta, mevcut yöntemler ise geliştirilmek istenmektedir. Buradaki amaç, doğaya zarar vermeden enerji üreten tesislere rüzgar, güneş, su gücü gibi enerji üretilebilen girdiler sağlayarak enerji ihtiyacını karşılamaktır. Hidroelektrik enerji de bu amaca olabildiğince uygun, ilk tesis masrafı sonrasında işletim masrafları düşük ve karlı bir enerji üretim şeklidir. Üzerinde kurulduğu su kaynağının rejiminin değişmemesi koşuluyla Hidroelektrik santraller (HES) çok uzun ömürlü tesislerdir. Teorik olarak 49 yıl olan HES ekonomik ömrü, elektromekanik parçaların değişimi ile bu sürenin 2 katından daha uzun süreye erişebilmektedir. Bu enerji üretim şekli, sunduğu avantajlarla tüm dünya için vazgeçilmez bir yöntemdir. Türkiye'nin enerji üretimi 32 229 000 ton eşdeğer petrol (TEP), hidroelektrik enerji üretimi 4 501 000 TEP'tir. 114 480 000 TEP tüketimin % 3.9'u hidroelektrikten sağlanmaktadır. Ülkemizin hidroelektrik enerji potansiyeli, dünyanın % 5'ine, Avrupa'nın % 16'sına karşılık gelmektedir. Hidrolik potansiyel açısından Avrupa'da Norveç ilk sırada olup 47 947 MW/yıl ile Türkiye ikinci sıradadır. 19 619 MW/yıl'lık bölümü (% 41.3) işletme halindedir. Yapılmakta olan 8 343 MW/yıl kapasiteli 256 hidroelektrik santralin devreye girmesi ile potansiyelin kullanımı % 58.9'a çıkacaktır (Doğan 2015).

Ülkemiz tarım alanlarında her geçen yıl daha fazla alan sulamaya açılmaktadır. Bu alanların bir kısmı barajlardan cazibe ile bir kısmı ise pompaj tesisleri ile sulanmakta ancak pompaj sulamaların bir kısmı enerji masrafları nedeniyle işletilememektedir. Her iki durumda da terfi ettirilen suyun, yer yer kot farkının ve buna bağlı olarak basıncın artması ve iletim hatlarına zarar verebileceği gerekçesiyle basınç kırıcı vana veya tesisler vasıtasıyla basıncı kırılmaktadır. Basınç kırıcı tesisten geçen suyun debisi ve basıncına göre değişkenlik gösteren hidroelektrik enerji potansiyeli, HES'lerden çok daha düşük maliyete sahip yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmek yerine, bu tesislerde boşa harcanmaktadır. Ülkemiz gibi yenilenebilir enerji kaynakları konusunda titiz davranması gereken bir ülke için, iletim hatlarında ortaya çıkan bu hidroelektrik potansiyel kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır. Çoğu durumda küçük kapasiteli bir HES kadar enerji üretilemeyecek olsa dahi, bir HES kurmak için gereken maliyetin çok altında bir bedel ile bu hidroelektrik potansiyeli kullanılabilecektir. Bu ihtimal basınç kırıcı tesislerin enerji üreten tesislere dönüştürülmesinin yeni HES kurulması seçeneğinden daha önce dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Bu

kapsamda önerilen çözüm yolu, hem doğa dostu hem de ilk yatırım maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda çok rekabetçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Ülkemizde kullanılmakta olan yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük orana sahip olan hidroelektrik, beraberinde birçok tartışmaya yol açmıştır. Bu noktada içme suyu ve sulama ile birlikte elektrik üretimi yapan depolama tesisleri yerine, su alma yapıları yardımıyla suyun temin edilip cebri borular yardımıyla taşınan suyun, düşük kotlarda inşa edilmiş santrallerde enerji üreten HES'lerle alakalı tartışmalara değinilmelidir. Çünkü tez içeriğinde önerilen mini-hidroelektrik türbinler ile daha benzer yapı göstermektedirler. Bu tip HES'lerde tartışmalar genellikle doğaya verilen zararla ilgilidir. Çünkü su akarsu yatağının bir noktasından alınır ve enerji üretmekte kullanıldıktan sonra düşük kotta bir noktadan yine dere yatağına bırakılır. Bu aşamada her ne kadar mansap su hakları raporları ve can suyu raporları hazırlanmış olsa da, suyun alındığı ve bırakıldığı noktalar arasındaki fauna ve floranın dere yatağındaki suyun miktarının azalmasından etkilendiği görülmektedir. Doğaya olan etkisinin yanında HES yapıları çok büyük yatırım gerektiren yapılarıdır. Bu tezin amaçlarından birisi de önerilen türbinin doğa dostu olup olmadığı ve fayda/masraf oranının belirlenmesidir. Böylelikle HES'lere karşı bir rakip değil, ülkemizin sınırlı olan HES potansiyeline bir katkıda bulunarak, alternatif bir yol sunabilmektir.

Tezin ana amacı sulama tesislerinde basınç kırıcı vana yerine mini-hidroelektrik türbin kullanarak başka hiçbir ek tesis veya masrafa gerek kalmaksızın elektrik üretimi sonucu sistem ilk yatırım ve işletme masraflarındaki değişimi araştırmaktır. Enerji üretimi, halihazırda kurulu olan iletim hatları üzerinde yer alan basınç kırıcı vanalar yerine veya by pass hat üzerine, hat içi türbin-jeneratör kombinasyonu entegre ederek, basınç kırıcılar yardımıyla sönümlenen ve boşa giden kinetik enerjiyi, türbin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürmek suretiyle mümkün olacaktır. Görüldüğü üzere aslı itibariyle herhangi bir HES tesisinden farkı bulunmamaktadır. Ancak çok büyük bir avantaj olarak kurulacağı yer ve elektrik üretimi için kullanacağı su ve basınç farkı zaten basınç kırıcı tesis içerisinde hazırdır. Planlama aşamasında veya inşaat sonrasında bile projeye dahil edilebilecek olan bu fikir, basınç (yükseklik) farkı oluşturmak için büyük emek, zaman ve maliyetle yapılan baraj ve iletim hattında oluşan basıncın, basınç kırıcı tesislerde heba edilmesi yerine, HES yapım maliyetlerinin çok daha azına elektrik üretebilen tesislerin oluşmasını sağlayabilecektir.

Elektrik üretebilen tertibatın kullanılmasının, basınç kırıcı tesis masraflarına ek olarak yatırım masrafları incelenecektir. Tesisin etrafında enerjinin kullanılabileceği bir yerleşim biriminin olması, ekonomik analize nasıl etki etmelidir. Tesisin kurulduğu sulama sistemi, bir sulama birliği tarafından işletiliyorsa, üretilen enerji birlik ihtiyaçları doğrultusunda mı kullanılmalı yoksa, kurumlara satılıp toplam sulama birliğindeki çiftçilerin ödediği ücretlerden mi düşülmelidir. Tesisin kullanım hakları kimlere devredilmelidir gibi sorulara yanıt aranacaktır.

Bu çalışma neredeyse sınırlarına ulaştığımız hidroelektrik potansiyelimize az da olsa katkı sağlayacak bir çözüm önerisi sunmaktadır. Bu üretim şekli benzer enerji üretim yöntemlerinin çevreye verdiği zararların hiçbirine yol açmamaktadır. Zaten halihazırda yer alan veya yapılacak olan tesisler içerisine konumlandırılacağı ve cebri boru yerine iletim boruları kullanılacağı için maliyeti normal HES maliyetlerinden çok daha düşük olması beklenmektedir. Günümüzde yenilenebilir enerji çeşitlerine öncelik verilmektedir. Bu çalışma ile yeni bir buluş aramaya gerek kalmadan, hemen yanımızda çokça bulunan ancak kullanılmayan bir kaynağın kullanılabilmesini sağlayacaktır. Tesislerdeki basınç farkının kullanılmadan heba edilmesi yerine, bu basınç farkını kullanarak hidroelektrik üretimi ile sektöre yeni ve yenilikçi bir çözüm katılması hedeflenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Anonim (1992)'e göre endüstriyel kirlenmenin sınırlandırılabilmesi için, bölge özellikleri ve enerji potansiyellerini; özellikle güvenli enerji kaynaklarını ve daha az çevreyi kirleten, efektif teknoloji ve endüstriyel süreçlerin desteklenmesi gereklidir.

Phocaides (2007)'a göre su, her türlü sosyo ekonomik gelişme ve sağlıklı bir ekosistemin varlığı için çok önemlidir. Nüfusun artmasıyla birlikte suyun yerleşim yerlerinde, tarımsal üretim ve endüstriyel sektörlerde daha fazla kullanılması, yer altı ve yer üstü suları üzerindeki baskının artmasına, kullanıcılar arasında çıkar çatışmalarına ve çevre üzerinde ise aşırı bir yük oluşmasına neden olmaktadır. Tatlı su kaynakları üzerinde gelişen nüfus ihtiyaçlarının yarattığı artan talep dünya genelinde çok ciddi bir kaygıya sebep olmaktadır. Artan su verimi gelecekte su kıtlığı ile mücadelede anahtar rolü oynayacaktır. Günümüzde küresel çapta kullanılan suyun % 70'i, gelişmekte olan ülkelerde ise % 95'e kadarı tarım sektöründe kullanılmaktadır. Suyun çevresel hizmetlerin devamlılığı konusundaki büyük etkisinin farkındalığının artması, tarımda kullanılan su üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Su kullanımı etkinliğinin arttırılması ve suyun tarımın her kademesiyle beraber bütün üretim zincirinde verimli bir şekilde kullanılması her geçen gün ülkeler için bir öncelik haline gelmiştir.

Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Direktifi, Avrupa Birliğinin enerji üretim ve tüketimi konusundaki yönetim politikasıdır. Bu politikanın içerisindeki ayrıntılardan biri ise, Avrupa Birliği sınırları içerisinde yer alan ülkelerin toplam enerji üretimlerinin % 20'sinin 2020 yılı itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması gerekliliğidir. Bu hedef, ülkelerin o anki toplam yenilenebilir enerji üretiminin ve sahip oldukları potansiyel enerji göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Direktife göre, merkezi olmayan yenilenebilir enerji fazının uygulanması ve tanıtılmasını desteklemek uygun olacaktır. Merkezi olmayan enerji üretiminin, yerel enerji kaynaklarının kullanılması, yerel enerji tedarik güvenliğinin artması, daha kısa iletim hatları sayesinde enerji iletimi esnasında oluşan kayıpların indirgenmesi gibi birçok faydası vardır. Bu şekilde bir merkezden bağımsızlık, toplumun gelişmesini ve gelir kapıları açılarak yeni iş imkanlarının oluşmasını sağlar (Anonim, 2009).

Bucur et al. (2009) türbin yerine pompa kullanımının, hem maliyet hem de ulaşılabilirliğinin daha kolay olması, takması ve kullanımının da çok basit olmasından ötürü çok avantajlı olduğu belirtilmiştir. Pompa firmalarının santrifüj pompalara ait performans değerlendirmesi ve eğrilerini sadece pompa olarak kullanımları doğrultusunda hazırladığı, türbin olarak kullanabilme durumuna uygun performans ve karakteristik eğrilerini vermemeleri, birçok araştırmacıyı, türbin şeklinde kullanılan pompaların farklı metodlarla performans eğri grafiklerini hazırlamaya yöneltmiştir. Burada da araştırmacılar pompa performans eğrileri ellerinde olan bir santrifüj pompayı farklı debi ve basınç altında çalıştırarak performans eğrilerini elde etmişlerdir. Bu çalışma ışığında santrifüj pompanın en verimli noktasında geçirdiği debi, türbin olarak kullanıldığında geçirdiği debinin iki katı, türbin olarak kullanan pompanın en verimli olduğu basınç, pompa olarak kullanıldığındaki en verimli olduğu noktanın üç katı olarak bulunmuştur.

Su dağıtım şebekeleri içerisine dahil olan parçalardan birisi de su depolama tesisleridir ve bu tesisler düzenli olarak boşalır ve dolar. Bu konuda Van Vuren (2010), Queenswood bölgesinde bir birine bağlı rezervuarlar üzerinde bir çalışma yapmıştır. Bölgede ana su kaynağından alınan su ilk olarak yerçekimi etkisiyle ilk rezervuara, oradan da ikinci rezervuara akmaktadır. İki rezervuar arasında 123.4 metre statik, 95.4 metre de dinamik basınç farkı bulunmaktadır. İkinci rezervuara su taşıyan 500 mm çapındaki boru, rezervuar girişinde yer alan basınç kırıcı tesiste farklı çaplara ayrılmaktadır. Bu borular üzerinde ise basınç kırıcılar kullanılarak suyun basıncı düşürülmekte ve tesisin çıkışında tekrar bu borular birleşerek tek bir hatta dönüşerek rezervuarı beslemektedir. Bu borulardan maksimum debisi 51 l/s olan boru için çalışma yapılmış ve 15 dakikalık ölçümlerle borudan ne kadar su geçtiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda minimum debi 6 l/s, ortalama 26.6 l/s ve maksimum debinin ise 39 l/s olduğu görülmüştür. Ön çalışmalar ışığında maksimum debi ile üretilebilecek enerji miktarı 37.1 kW olarak hesaplanmış, % 40 verim ile çarpılarak 15 kW sonucuna ulaşılmıştır.

Agarwal (2012) tarafından yapılan çalışmada, pompaların türbin olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Pompa verimlerinin, türbin olarak kullanıldıkları durumdaki verimlerinden daha yüksek olduğu belirtilmektedir. Türbinlerde sürtünme gibi kayıplar

akışkanın enerjisini azaltmaktadır. Ancak pompalarda yaşanan kayıplar mekanik olup suyun enerjisini herhangi bir şekilde etkilememektedir. Bu nedenle de santrifüj pompalarda verim, türbin olarak kullanımlarından çok daha yüksek çıkmaktadır. Çalışma sonucunda mikro-hidro enerji üretimi için türbin yerine kullanılacak santrifüj pompaların çok iyi bir seçenek olduğu belirtilmektedir. Hem ilk yatırım maliyetlerinin düştüğü hem de türbin yerine kullanılan pompanın veriminin doğru pompa seçimiyle iyileştirilebileceği belirtilmiştir. Bunlarla beraber, kesin bir pompa verimi değerinin belirlenmesinin şimdiye kadar gerçekleştirilen çalışmalarla mümkün olmadığı da belirtilmiştir.

Çalışmada türbin ve jeneratör kullanımı yerine, pompa ve motor kullanılmıştır. Örnek uygulama alanı olarak ana hattında basınç kırıcı vananın yer aldığı bir pivot sulama sistemi seçilmiştir. Uygulamanın yapılacağı bölgede su kaynağı kotu 457.2 metre, tesisin kurulacağı zeminin kotu 378.87 metre, pivot sulama sisteminin merkezi ise 340.16 metrede yer almaktadır. İkişer adet pompa ve motor kullanılmıştır. Sonuç olarak; 31.5/63 m yüksekliğine denk basınç kırılmış ve karşılığında ise maksimum 21 kW, yılda ise toplam 37800 kW güç elde edilmiştir (Anonim 2013).

Chen et al. (2013), kurulu olan su dağıtım tesislerinin genellikle eski olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda eski hatlar sızdırma yapabilmekte, hatta yapıldıkları maddeler nedeniyle bir süre sonra suyun kalitesinde bozulmaya sebep olabilmektedir. Araştırmacılar, su dağıtım ağlarındaki sızma miktarlarını tespit etmek için su dağıtım ağında belirli yerlere yerleştirilmiş elektronik ölçüm cihazlarından gelen verilere ihtiyaç duymaktadırlar. Sızma hesaplamalarının hatasız yapılabilmesi için kullanılacak olan verilerin uzun süreli ve hiç kesinti olmadan elde edilmiş olması gerekmektedir. Ancak bu ölçüm cihazlarının bataryaları ortalama 21 günde tükendiği için bazen batarya değişim işleminde gecikmeler yaşanabildiği ve elde edilen verilerde kesinti yaşanabildiği belirtiliyor. Chen ve arkadaşları batarya kullanımına alternatif oluşturabilmek adına dik eksenli bir türbin geliştirmişlerdir. Sonuç olarak; 100 mm çaplı boru içinde sadece 5 m basınç kaybı ile bütün sensor, ölçüm ve gözlemleme cihazlarını çalıştırabilecek kapasitede bir enerji üretimi sağlayabilmişlerdir.

Raman et al. (2013) yüksek maliyetlerden dolayı kaçınılan mikro su gücü ile elektrik üretilmesinin maliyetini düşürebilmek adına, türbin yerine pompa kullanımı olanağını

araştırmışlardır. Laboratuvarda kurulan bir düzenekte normal santrifüj pompayı türbin yerine koyarak, çalışıp çalışmadığını test etmişlerdir. Kurulan düzenekte bir veya iki adet santrifüj pompa, bir adet su tankı ve birçok kontrol ve izleme cihazı kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda birden fazla sonuç elde edilmiştir. İlk olarak düzeneğin çalıştırılması sonucunda pompaların türbin olarak kullanılmasının fiziksel olarak mümkün olduğu, herhangi bir sorun yaşanmadığı görülmüştür. Türbin olarak kullanılan pompanın veriminin belirli bir noktaya kadar arttığı, sonrasında ise debi ve basınç artsa dahi verim değerinin gerilediği belirlenmiştir. Elde edilen bir başka sonuçta ise, türbin olarak kullanılan pompanın, pompa olarak kullanıldığından daha yüksek debi ve basınçla çalışabildiğidir. Bununla beraber pompanın normal çalıştırıldığı zaman verimi % 58 iken, türbin olarak çalıştırıldığında veriminin % 38'e düştüğü tespit edilmiştir.

Bogdanovic-Jovanovic et al. (2014) türbin yerine pompa kullanılan enerji geri dönüşüm tesisleri için pompa seçiminde, pompaların en iyi çalışabildiği en verimli noktanın (BEP-Best Efficiency Point) bilinmesinin önemi vurgulamışlardır. Bu kapsamda BEP tespitinde daha önceden türetilmiş olan NMHP, Williams, Sharma, Stepanoff, McClaskey, BUTU ve Krivichenko ampirik tahmin yöntemleri ile test sonuçları karşılaştırılmıştır. Gerçek test sonuçları ile tespit edilen BEP noktası ile ampirik yöntemle öngörülen BEP noktaları arasında ciddi farklar tespit edilmiştir. Ampirik yöntemlerden Sharma, NHMP ve McClaskey diğer yöntemlerden daha iyi sonuç vermiş, ancak yine de test sonuçları ile aralarında % 10 civarında bir farklılık gözlemlenmiştir. Bu aşamada araştırmacılar CFD (Computational Fluid Dynamics) yönteminin kullanılmasının hem zaman bakımından hem uygulama bakımından daha uygun olduğunu vurgulamaktadır. Pompaların içerisinde bulunan salyangoz kısmındaki hareketli parçaların dahi analizini yapabilen bu yöntem ile yapılan çalışmada, test sonuçları ile sadece % 3'lük bir fark olduğu görülmüştür. Bu aşamada araştırmacılar en uygun pompa seçimi kısmında CFD analizi yöntemiyle BEP tayinini, ampirik yöntemlerden daha üstün gördüklerini belirtmişlerdir.

Chacon et al. (2018)'e göre su kaynaklarını kullanan sektörler arasında tarım sektörü önemli yere sahiptir ve bir çok ülke sulama altyapılarını açık kanal sistemlerden modern sistemlere dönüştürmüştür. Kullanılan suyun miktarının düşmesine karşın, bu ülkelerde

sulama için gerekli olan enerji tüketiminde artış yaşanmıştır. Artan enerji maliyetleri gibi negatif sonuçlar, basınçlı modern sulama sistemleri ile ilişkilendirilmiştir. Bir alternatif ise geri dönüşüm kaynağı olarak kullanılabilecek olan sulama ağındaki fazla basınçtır. Birçok çalışmacı yerleşim yerlerine su ileten iletim ağlarındaki fazla basıncın mikro su gücü türbinleri ile geri dönüştürülerek kullanılması konusunda makaleler yayınladığı belirtilmiştir. Özellikle düşük enerji potansiyeline sahip noktalarda, hem basınç kontrolü hem de fazla basıncın enerjiye dönüştürülmesi konusunda pompaların türbin olarak kullanılmasının, aynı yerde türbin kullanılmasına göre maliyeti % 90 düşürdüğü görülmüştür.

Prophet (2015)'e göre, enerjiye olan talep küresel seviyede artmaktadır. Zararlı gaz salınımlarının da artışıyla, bu salınımların azaltılması ve enerji talebinin, yenilenebilir enerji kullanımını arttırılarak karşılanması, uluslararası enerji piyasasının önceliği konumuna gelmiştir. Yazar, karbon salınımı yapmayan enerji üretiminin, ulusal ve uluslararası düzeyde devletler ve uluslararası komisyonlarca teşvik edilmekte olduğunu belirtmiş, ayrıca yenilenebilir enerjinin evlerde ve küçük kamu binalarında (düşük karbon salınımlı sürdürülebilir enerji) kullanımına olanak sağlanarak, iklim değişikliği karşısında da olumlu bir gelişme teşkil edeceğini ifade etmiştir.

Perez-Sanchez et al. (2016) örnek bir sulama sisteminde enerjiye çevirilebilecek olan potansiyel enerji miktarını, sulama hatları boyunca herhangi bir noktadaki debi ve basınç değişimlerini, sulama alışkanlıkları baz alarak belirlemeye çalışmışlardır. Bu avantaj (anlık debi ve basınç değerlerinin bilinmesi), sulama ağındaki herhangi bir noktada enerji dönüşümü analizi yapılabilmesine olanak sağlar. Metodoloji, çalışılan bölgedeki debi ve basınç değerlerini, çalışılacak alanlarda kullanıldığı varsayılan, cihazlardan elde eder. Araştırmacılar, yapılan çalışmayla, rezervuar kotu 399 metre olan, 378 ve 248 metre kotları arasındaki 290.2 ha alan için, 137.3 t/yıl karbondioksit salınımına sebep olacak geri dönüştürülemez enerji kaynağı (gaz ve kömür) kullanımını önleyecek, 188.23 MWh/yıl potansiyel enerji hesaplamışlardır.

Nicotra et al. (2016)'a göre tarımda yenilenebilir enerji üretiminin arttırılabilmesi açısından toplu sulama sistemlerindeki suyun hareketinden faydalanmak önemli avantaj sağlayabilmektedir. Bu amaç doğrultusunda, halihazırdaki sulama tesisleri üzerine

entegre edilecek Küçük Su Enerjisi (Small Hydro Power-SHP) yapılarının üreteceği elektrik enerjisi miktarını tahmin edebilecek yeni basitleştirilmiş bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem su dağıtım ağını (boru ağı), "eşdeğer sistem" olarak; homojen çapta ve malzemeden oluşmuş tek bir boru hattı, olarak sistemi yeniden düzenliyor. Sunulan metot, herhangi bir boru ağında bulunabilecek bütün bağlantılar, üretim malzemesi ve çaplar yerine, sadece girdi olarak kotlar ve sulanan arazilerin haritalarına ihtiyaç duyuyor. Basitleştirilmiş metod, aynı araştırmacılar tarafından kullanılan SHP elektrik enerjisi üretim potansiyelini tahmin etme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, yapılan tahminlerin % 20'sinde, % 50'ye kadar bir farklılık ile tahminde bulunmuştur. Basitleştirilmiş metot, SHP elektrik enerjisi üretimi tahmininde 150-175 kW üretim kapasitesinin altındaki küçük tip SHP'lerde en doğru elektrik enerji üretimi değerini tahmin edebildiğini kanıtlamıştır. Bu sonuçlar teklif edilen modelin yapılacak çalışmalarda veya daha büyük SHP uygulamalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Lima et al. (2016)'a göre basınç kırıcı vanalar su iletim ve dağıtım tesislerinin düzgün olarak çalışmasını sağlayan belli başlı karakteristiklerden biri olan sistem basıncını ayarladığı için, bütün sistem için önemli bir parçadır. Bu bakımdan, enerji kazanmak amacıyla türbin yerine pompalar yerleştirildiği zaman, yerleştirilen yeni ekipmanların sistem basıncını istenilen değerler arasında tutmak zorunluluğu bulunmaktadır. Yani enerji üretmek amaçlanırken sistemin işleyişi tehlikeye atılmamalıdır. Türbin yerine pompa kullanmanın daha ekonomik olduğunu düşünen araştırmacılar tarafından farazi bir sistem üzerinde pompaların en ekonomik çalışabileceği aralıkların bulunmasına çalışılmıştır. Bu kapsamda hazırlanan simülasyonlarda hattan maksimum su geçişi esnasında türbin yerine kullanılan pompalar ile basınç kırıcı vanaların suyun basıncını azaltmada birbirine yakın başarı gösterebileceği belirtilmiştir. Ancak düşük debilerde hem enerji üretimi olmamış hem de türbin yerine koyulan pompalar arzu edilenden daha fazla basınç düşüşüne sebep olmuşlardır. Bu veriler ışığında araştırmacıların vardığı bir diğer sonuç, türbin yerine kullanılan pompaların basınç kırıcı vanaların sağladığı basınç düşüşünü yakalamasının kesin olmadığı, bu nedenle basınç kırıcı vanalar yerine pompa kullanılmak isteniyorsa emniyet için iki adet pompa kullanılmasının gerektiği olmuştur.

Samora et al. (2016) tarafından şehir su dağıtım şebekesi içerisinde bulunan geri dönüştürülebilecek yüksek basıncı hesaplamak ve bu basıncı enerjiye dönüştürebilmek için en uygun türbin noktalarını belirlemek amacıyla bir algoritma geliştirilmiştir. Çalışmaya konu olan Fribourg şehrinde hali hazırda 9 adet basınç kırıcı tesis, 4 adet pompa istasyonu ve yükleme havuzları mevcuttur. Kullanılması düşünülen enerji dönüştürücü yapı ise jeneratöre bağlı 5 yapraklı boru içi çarktır (5 Blade Tubular Propeller-5BTP). Algoritma sonucunda seçilen noktalardaki enerji potansiyeli ve basınç kırıcı noktalarındaki toplam enerji potansiyeli sırayla 168 MWh/yıl ve 430 MWh/yıl'dır. İletim hattında optimum noktalarda ard arda monte edilecek türbinlerin toplam potansiyel enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürme yüzdesi bir türbin için % 10, iki türbin için % 20, üç türbin için % 22 ve dört türbin içinse % 23'tür. Türbin kullanımına göre artışın dengesiz ve az olmasının sebebi ise türbinlerin suyun akışını engellemesidir. Çalışmada ayrıca su dağıtım şebekelerinden enerji elde edilmesiyle ilgili benzer örnekler de bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Pompei de 2-5 l/s debili, 35-90 m arasında düşü farkları olan su şebekesinden 20 ile 90 MWh/yıl üretilmektedir. Portland Oregon'da bir basınç kırıcı 250 mm çapında bir türbinle değiştirilmiş ve 150 MWh/yıl enerji üretmektedir. Hong Kong içme suyu şebekesine dahil edilecek 8 yapraklı küresel çarklı bir türbin kullanımından 700 kWh enerji üretilmesi beklenmektedir. Irlanda Kildare'de kullanılacak olan bir türbin sistemiyle 0.2 m^3/s debi ile yılda 237 MWh enerji üretilebilecektir.

Damatew (2016)'a göre kırsal alanlarda küçük-çaplı hidro elektrik üretimi finansal olarak en iyi fiyat performans oranına sahiptir. Ayrıca Avrupa'da hidro elektrik enerji üretiminin de yeni formu olarak görülmektedir. Çünkü büyük su kaynakları üzerinde çok fazla tesis inşa edilmiş, inşa edilmemiş yerlerde ise büyük çevresel etkiler söz konusudur. Küçük çaplı hidro elektrik tesisleri ise hem uzun ömürlü hem de doğaya en az zarar veren yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Günümüzde hala küçük hidro enerji tanımının uluslararası bir sınırlaması bulunmamaktadır. Enerji üretimi bakımından alt sınır için 2.5 MW ve üst sınır için de 25 MW gibi kapasitelerden bahsedilse de, 10 MW değeri genel kanı olarak küçük hidro enerji sınıflandırmasının üst sınırı olarak kabul görmektedir.

Araştırmacı bir içme suyu deposunun altında yer alan basınç kırıcı vanaya alternatif olarak bir santrifüj pompa kullanılması ile enerji üretilip üretilemeyeceği konusunda bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu kapsamda 165 mm çapında bir santrifüj pompa kullanılarak 9585 kWh/yıl elektrik enerjisi üretilmiştir. Elde edilen bu geri dönüşüm enerjisi sayesinde yılda 3.14 ton karbondioksit gazının salınımının önüne geçilebilmektedir. Araştırmacı, gelecekte bu alanda yapılabilecek çalışmalarda, türbin yerine seçilecek pompanın seçiminde rol alacak bir algoritma geliştirilmesinin olası olduğunu belirmiştir (Novara, 2016).

Venturini et al. (2017) su dağıtım ağlarında yaşanan sızma kayıplarını miktarının hatlarda oluşan fazla basınç ile orantılı olduğunu belirtmişlerdir. Bu basıncın sönümlenmesinde ise basınç kırıcı vanalardan ziyade elektrik üretebilecek düzeneğin kullanılmasının daha iyi bir seçenek olduğu düşünülmektedir. Su dağıtım şebekeleri bazında daha önceden yapılan araştırmalara dayanarak Almanya'da 4.7 MWh, İngiltere'de ise 17 MWh bir enerji potansiyeli olduğu raporda belirtilmektedir. Ayrıca su dağıtım ağlarında enerji üretiminin tutarlı olabilmesi için, enerji üreten yapıların su akışının devamlı değiştiği küçük çaplı dağıtım noktaları yerine ana dağıtım hatlarında kullanımının daha avantajlı olduğu belirtilmiştir. Pompaların türbin olarak kullanımının değerlendirilebilmesi amacıyla 250 mm iç çaplı 4 adet pompa 4 farklı hat üzerinde konumlandırılarak bir deney gerçekleştirilmiştir. Pompaların yerleştirildiği yerde bir yıl boyunca her 15 dakikada bir basınç ve debi ölçülmüştür. Varılan sonuca göre su iletim ağlarındaki su potansiyelinin büyük çoğunluğu, suyun miktarındaki değişim nedeniyle, enerjiye dönüşümü gerçekleşmemektedir. 4 adet pompadan sadece bir tanesinde % 39'luk dönüşüm değeri yakalanmıştır. Araştırmacılar, pompanın yerleştirileceği su dağıtım şebekesinin karakteristiklerinin dikkate alınarak pompa seçimine özen gösterilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar.

Morillo (2018), İspanya'da 1950 yılından 2007 yılına kadar sulanan 3.5 milyon hektar arazinin 1 milyon hektarında sulama sistemleri açık kanal sulama yöntemlerinden kapalı sulama yöntemlerine geçildiğini belirtmektedir. Bu modernizasyonla beraber su tüketiminde % 21 oranında tasarruf sağlanırken harcanan enerjide % 657 oranında artış meydana gelmiştir. Enerji kullanımda yaşanan bu artışın ana sebebi modern tekniklerin

ihtiyaç duyduğu basınçlı su için pompaların kullanılmış olmasıdır. Enerji tüketimini düşürebilmek amacıyla kullanılmaya başlanan değişken hızlı pompalar (Variable Speed Drive), pompaj giderlerini % 26 oranında düşürmüştür. Tüketimi düşürebilmek adına yüksek basınç yaşanan hat noktalarından da enerji geri dönüşümü sağlayan türbinler yerine pompalar kullanılmıştır. Türbin kullanımının finansal geri dönüşümü 10 yıldan fazla sürdüğü için çok mantıklı bir seçim olarak görülmemiş, onun yerine finansal geri dönüşü 6 yıl olan pompalar kullanılmıştır. Belirlenen noktalardan birinde 160-180 l/s debide 20 metreden fazla olan düşü için hesaplamalar yapılmış ve tüm sulama sezonu için 56800 kW enerji geri dönüştürülebileceği ve bu miktarla kurulum için ödenen tutarın geri dönüş süresi 5.4 yıl olarak bulunmuştur.

REDAWN projesi Carravetta et al. (2018) tarafından su iletim şebekelerinde enerji tüketiminin düşürülmesi olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar; amaçlarını, düşük maliyetli mikro su türbinleri kullanarak şebekelerde yüksek basınç meydana gelen noktalarda hem şebekelerin etkinliğini arttırmak hem de enerji geri dönüşümü yaratmak olarak tanımlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda seçilen bir içme suyu şebekesi, basınçlı sulama sistemi ve kağıt işleme fabrikasında mikro su türbini uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalardan sonra, su şebekelerinde meydana gelen fazla basınç noktalarından mikro türbinlerle enerji elde edilmesi gelecek vaat eden bir yöntem olarak belirtilmiştir.

Chacon et al (2019)'a göre basınçlı su ağlarında kullanılan enerji miktarı, küresel seviyedeki enerji tüketiminin % 2-3'ünü oluşturmaktadır. Amerika'da su sektöründe kullanılan enerjinin 2020 itibariyle % 23, 2050 itibariyle de % 63 oranında artacağı öngörülmektedir. Sulama sistemlerinde enerji ücretleri de toplam sulama maliyetlerinin % 40'ını oluşturmaktadır. Araştırmacılar sulama şebekelerinin yüksek basınç oluşan noktalarındaki fazla basıncın geri dönüştürülebileceği ve pompaların enerji dönüşümü konusunda düşük verimli olduğu belirtilmiştir. Öyle ki pompaların verimi değişken olan debi ile iyice düşmektedir. Örnek olarak debi, optimum debinin % 20'sine düştüğü zaman pompaların enerji verimleri % 70'e kadar gerilemektedir. Ancak bu verilere rağmen araştırmacılar türbin masrafları çok yüksek olduğu için türbin yerine pompa kullanımını önermektedirler.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Tez kapsamında üzerinde inceleme yapmak amacıyla, DSİ tarafından yaptırılmış olan Yozgat Kadışehri Halıköy Göleti sulaması seçilmiştir.

3.1.1 Yozgat Kadışehri Halıköy Göleti sulaması

Proje, DSİ 12. Bölge Müdürlüğü alanında olup Yozgat'ın Kadışehri ilçesine bağlı Halıköy kasabasındadır. Harita üzerinde yeri Çorum H35c3, Yozgat İ35-b2 paftalarındadır. Proje İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeydoğusunda Yeşilırmak Havzasında yer almaktadır. Projenin su kaynağı Sümbül Deresi'dir. Sümbül Deresi, Çekerek Irmağına dökülmektedir. Göletin aks yeri Halıköy kasabasının kuzeyinde 1 205 m yüksekliğindedir. Proje alanında gölet ve göl alanı; 40^o 01' 31'' - 40^o 02' 14'' kuzey enlemleri ile 35^o 54' 41'' - 35^o 55' 03'' doğu boylamları arasında, sulama sahası ise; 39^o 58' 51'' - 40^o 00' 37'' kuzey enlemleri ile 35^o 53' 09'' - 35^o 55' 04'' doğu boylamları arasındadır (DSİ 2011).

3.1.1.1 Araştırma alanının tarımsal yapısı ve üretimi

DSİ tarafından arazide yaptırılan çalışmalar ve anketler doğrultusunda bölgede üretimi yapılan bitkiler ve oranları belirlenmiştir. Bu kapsamda hububat % 46 (% 40 kuru-% 6 yetersiz sulama), % 15 nohut, % 10 fiğ ayrıca da yetersiz sulanan bölgede % 6 hububat, % 5 şeker pancarı, % 1 soğan, % 1 dane fasulye ve % 3 de bağcılık yapılmaktadır. Proje sahasının % 19'u nadasa bırakılmaktadır (DSİ 2011).

3.1.1.2 Araştırma alanının iklim özellikleri

Proje alanının bulunduğu bölge İç Anadolu Bölgesi'nin karasal ikliminin etkisi altındadır. Kışlar soğuk, ayazlı ve genellikle de karlı geçer. Yazları ise yağışlar az ve sıcaktır. Bölgeyi temsil edebilecek en uygun meteoroloji istasyonu olan Zile (Çizelge 3.1) istasyonundan alınan veriler ve yapılan sıcaklık düzeltmeleri ile gölet sahasına ait ortalama sıcaklık 10.2 ^{o}C, en yüksek 20.6 ^{o}C ve en düşük ortalama sıcaklık ise -0.9 ^{o}C olarak belirlenmiştir. Drenaj alanı ise büyük oranda Kadışehri istasyonu kapsamında kalmaktadır. Ortalama toplam yıllık yağış 454.4 mm'dir (Çizelge 3.2). Aylar bazında en yüksek yağış 60.9 mm ile Nisan ayında, en düşük yağış ise 5.4 mm olarak Ağustos ayında düşmektedir. Aylık ortalama rüzgar hızı Çizelge 3.3'te verilmiş olup yıllık ortalaması 1.1 m/s, aylık nispi nem değerleri de Çizelge 3.4'te verilmiş olup yıllık ortalaması % 70.1'dir (DSİ 2011).

Çizelge 3.1 Tokat Zile meteoroloji istasyonu ortalama sıcaklık değerleri (^{o}C)

RASAT TABLOSU													
İSTASYON İSMİ			ZİLE					İŞLT. İDARE		DMİ		RAKIM	700
İSTASYON NO						17681		BÖLGE		KARADENİZ			
İL VE İLÇESİ			TOKAT					ENLM-BYLAM		40° 18' - 35° 53'			
RASAT TÜRÜ			ORTALAMA SICAKLIK °C										
YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZRN	TEMMZ	AĞSTS	EYLÜL	EKİM	KASM	ARALK	YILLIK
1964	-3,8	0,8	6,8	10	14,5	18,9	20,9	20,5	16,9	13,6	7,7	4,8	11
1965	2,3	1	7,4	10,5	14,9	19,8	21,3	21,6	17,8	9,3	7,5	4,7	11,5
1966	4,9	6,7	7,7	12,9	15,3	19,1	22,6	23	17	15,6	11,3	4,6	13,4
1967	-0,3	-3	3,5	10,4	15,6	17,7	19,9	21	16,9	13,6	6,5	4,8	10,6
1968	0	2,8	5,2	12,8	17,8	18,4	21,6	20,6	18,7	12,7	9,2	4,5	12
1969	1,1	2,2	6,8	8,7	16,7	21,2	20,7	22,5	18,2	11,7	7	5,7	11,9
1970	4,5	6	8,4	14,4	16,2	19,7	23,9	20,8	17,2	11	8,1	2,3	12,7
1971	3,8	3	8,4	10,2	16,5	18	21,7	21,7	19	10,6	7,8	2	11,9
1972	-6,1	-2,1	5,3	14,4	15,9	19,7	23,4	23	18,5	13,3	5,8	-1	10,8
1973	-2,2	5,9	4,6	12,6	15	18,4	22,3	19,7	17,3	13,4	4,9	0,1	11
1974	-3	1,5	7,3	9,1	16,1	21,6	21,7	21,1	17,1	18	7,5	1,9	11,7
1975	-0,6	0,7	7,8	13,6	15,5	20,5	23,3	21,9	18	11,8	5,6	-0,9	11,4
1976	-2,7	-2,6	4,4	10,9	14,6	17,6	21,2	19,7	16,5	13	7,3	1,8	10,1
1977	-0,7	6,8	5	10,6	15,5	18,4	21,3	22	17,9	8,7	8,5	0	11,2
1978	0,1	5,7	7,6	9,5	15,6	18,9	21,4	20	17,8	13,7	4,4	3,5	11,5
1979	2,4	4,6	8,5	11,7	17,6	20,3	20,9	23,7	18	12,1	8,2	2,9	12,6
1980	-1	1	5,9	10,8	16,3	20,9	24,2	21,7	17,2	13,4	9	4,7	12
1981	4,5	4,8	8,1	10,6	14	20,4	23,4	22,2	18,6	15,1	5,1	7,4	12,9
1982	0,8	-0,7	4	12,3	15,5	18,6	19,1	20,4	17,5	11,5	4,8	2,6	10,5
1983	-2,7	0,1	5,6	12,7	16,2	18,5	22,3	20,1	17,5	11,3	7	2,3	10,9
1984	4,4	3,7	7,6	10,2	15,8	18,8	20,6	18,5	19,5	12,4	7,9	-3,2	11,4
1985	2,7	-2,5	2,3	13,3	18,4	19,8	20	23,5	17,6	10,4	8,7	2,4	11,4
1986	2,3	4	6,7	13,6	12,2	18,9	22,3	24	19,4	11,3	4	1,5	11,7
1987	2,7	3,9	1,6	9,4	15,7	18,2	21,8	20,2	17,3	11,3	5,5	2,8	10,9
1988	1	2,1	5,6	11,7	15,9	19,3	22,2	22,2	17,8	12	3,9	3,1	11,4
1989	-3,6	-0,6	8,2	16,3	16	19,7	21,3	23,1	18,3	11,3	5,6	-1,4	11,2
1990	-3,4	0,8	5	9,4	12,8	17,8	20,9	19	16,7	11,6	8,3	3,3	10,2
1991	0,3	-1,2	6,9	12,1	14,9	19,6	23,3	22,7	18,3	14,7	6,7	0,6	11,6
1992	-2,5	-3,5	5,3	11,4	14,1	18,6	19,7	21,5	16	14,8	5,6	-0,7	10
1993	-2,9	-0,6	6,6	11,4	15,8	18,5	20,2	21,5	17,7	13,3	3,7	4,5	10,8
1994	4,5	1,5	6,4	15	16,4	19,3	22,1	21,6	21,5	15,6	5,9	0,3	12,5
1995	3,8	5,3	8,3	10,2	16,9	20,9	20,4	22,2	18,6	11,2	5	3,3	12,2
1996	3,4	5,5	4,3	9,6	18,4	18,2	22,9	22,5	18,3	12,5	7,7	7,7	12,6
1997	2,5	0,2	3,3	9,7	17,4	19,2	22,5	21,8	14,9	13,8	7,6	4,4	11,4
1998	2,3	2,2	4,9	14,1	16,2	20,6	23,8	23,4	19,2	14,3	9,3	4,1	12,9
1999	3,6	5,1	7,2	12,1	15,7	20,3	23,8	23	18,7	13,6	6,7	4,5	12,9
2000	-1,7	-0,8	4,7	14,1	14,6	18,3	24,4	22,2	18,6	11,9	7,3	3,9	11,5
2001	3,2	4,7	11,4	13	14,3	21,2	24,9	24,3	20,8	12,9	7,7	4,5	13,6
2002	-3,6	4,9	9,8	11,1	16,4	19,6	24,8	22,5	20	14,8	8,4	-0,9	12,3
2003	5,3	1,6	3,3	11,2	18,8	20,8	22,7	22,2	17,3	14,2	7	2,9	12,3
2004	1,4	3,2	7,1	11,7	15,4	19,1	21,6	23	18	14,4	6,5	1,2	11,9
2005	3,2	3	6,2	12,2	15,8	18,8	23,8	24,1	18,3	11,4	5,6	3	12,1
2006	-0,9	2	8,1	11,9	15,5	21,3	21,1	26,1	18,2	13,8	5,2	-0,3	11,8
2007	2,2	1,4	6,7	8,5	19,4	21,1	23,7	24,4	19,5	14,6	6,3	2,2	12,5
2008	-4,3	-2,8	10	13,9	14,5	19	22,7	23,9	18,8	13,1	7,7	0,3	11,4
2009	1,7	4,9	5,8	10,2	14,8	20,4	21,9	20,2	17	16	6,8	5,7	12,1
2010	3,6	7,2	8	11,1	17,3	21,3	24,3	25,6	20,8	12,4	9,1	5,8	13,9
ORT	0,69	2,14	6,37	11,64	15,84	19,47	22,14	22,05	18,1	12,91	6,87	2,64	11,74

Çizelge 3.2 Tokat-Zile Boztepe meteoroloji istasyonu aylık toplam yağış değerleri (mm)

RASAT TABLOSU													
İSTASYON İSMİ			BOZTEPE						İŞLT. İDARE		DMİ	RAKIM	750
İSTASYON NO							2582		BÖLGE		KARADENİZ		
İL VE İLÇESİ			TOKAT-ZİLE						ENLM-BYLAN		40° 11' - 35° 53'		
RASAT TÜRÜ			AYLIK TOPLAM YAĞIŞ (mm)										
YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZRN	TEMMZ	AĞSTS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALK	YILLIK
1970	-	-	-	14,9	25,8	64	1,2	0	19	57	36,7	66,3	-
1971	9,5	21,8	34	109,9	76,5	34,7	18,3	8,4	9,1	38,7	24,2	39,6	424,7
1972	24,6	19,6	7,1	68,5	49,4	94,9	39,4	6,6	22,8	43,5	19,3	8,1	403,8
1973	7	17,5	38	41,1	63,1	17,2	5,8	2,3	7,7	0,8	31,4	43,1	275
1974	20,3	13,7	32,3	52,8	45,8	7,5	6,3	19,4	45,6	3,9	19,9	79,8	347,3
1975	15,2	34	44,9	88,8	97,7	62,2	0,9	3,4	0	16	20	38,3	421,4
1976	70,2	24,8	10,3	38,5	45,3	20,9	11	0,3	12,2	48,8	33	37,4	352,7
1977	16,8	26,3	68,5	81,6	90,6	49,1	5,8	.	6,1	36	17,1	34,6	432,5
1978	67,5	25,2	48,3	77,5	9,3	24,8	1,4	0,6	27,2	-	-	-	-
1979	-	-	-	-	-	19,4	58,2	11,7	36,4	18,9	52	23,5	-
1980	64	22,1	65,3	45,3	84,3	12,1	3	0	5,3	24,9	70,6	41,9	438,8
1981	47,5	22,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,9	42,2	-
1983	25	79,4	13,7	41,3	118,7	15,2	67,8	16,8	16,6	106,8	122,3	23,2	646,8
1984	29,7	16,3	43,5	80,5	34,9	17,9	46,7	24,5	1	1	7,3	55,6	358,9
1985	57,2	77,5	31,4	44,4	41,1	25,4	1,6	14,7	1,3	148,8	39,8	48,7	531,9
1986	50,1	32,6	3,4	72,6	64,1	44,8	.	.	17,7	1,3	59,6	62,7	408,9
1987	62,8	32,3	55,8	54,5	32,3	111	20,6	18,3	.	50,2	69,7	85,7	593,2
1988	23,8	53,7	59,4	36,8	65,4	68,8	62,6	.	0,3	98,7	62,9	20,7	553,1
1989	29,5	17,2	25,3	61,6	57,3	69,4	0,8	0	24,9	34,7	107,6	29,4	457,7
1990	36,8	16	18,3	94,2	114,3	52,2	14,5	0,5	35,5	13,7	32,9	31	459,9
1991	32,3	57,9	51,8	94,2	107,4	42,8	5	.	10,5	48,9	42,9	71,7	565,4
1992	9,2	43,7	35,6	59	47,8	66,4	23,3	0,9	11,1	34,7	93,1	81,8	506,6
1993	14,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ort.	**32,4**	**33,7**	**35,5**	**64,8**	**68,7**	**45,1**	**18,5**	**6,5**	**12,7**	**41,7**	**48,5**	**46,3**	**454,4**

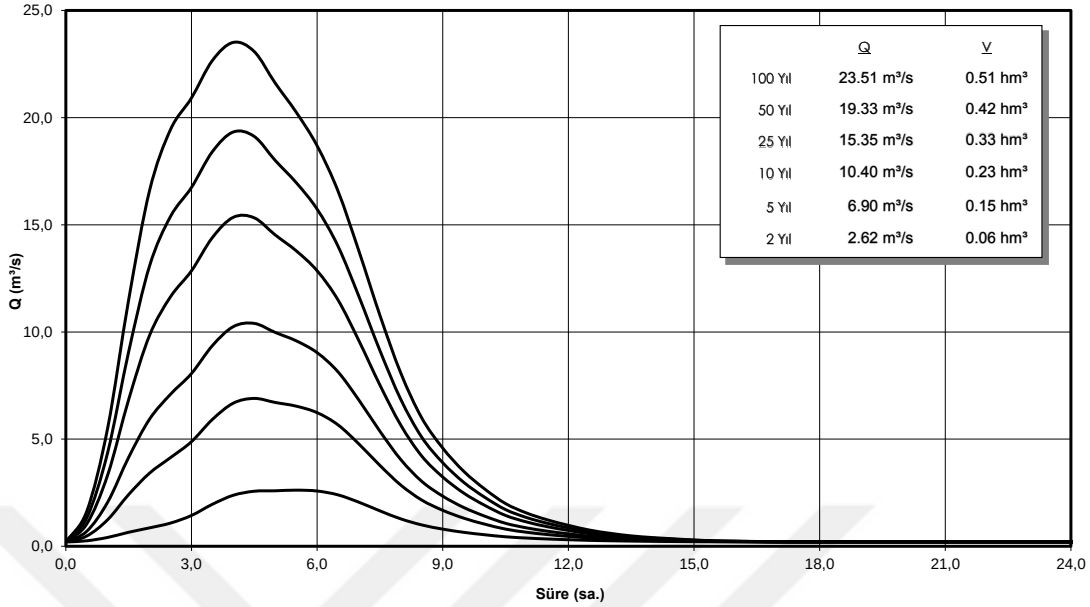
Çizelge 3.3 Tokat-Zile Boztepe meteoroloji istasyonu aylık ortalama rüzgar hızı (bofor) değerleri

YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZRN	TEMMZ	AĞSTS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALK	YILLIK
1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2	1,2	1,6	-
1987	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	1	1,2	1,4	1,1	1	0,9	0,6	0,7	0,8	0,8	1,1	1,1	1
1989	1,2	1	0,8	0,8	0,7	1	1,3	1,4	1	1,1	1,6	1,3	1,1
1990	1,2	2	1,5	1,2	1,3	1,1	1,3	0,9	0,9	1,2	1,1	1,1	1,2
1991	1	1,5	1,4	1,1	1,4	0,9	0,7	0,9	0,8	0,9	0,5	1,3	1
1992	1,5	1,2	1	0,9	1	0,7	1	1	0,6	0,9	0,9	0,5	0,9
1993	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORT.	**1,1**	**1,4**	**1,2**	**1**	**1,1**	**0,9**	**1**	**1**	**0,8**	**1**	**1,1**	**1,2**	**1,1**

Çizelge 3.4 Tokat-Zile Boztepe meteoroloji istasyonu aylık ortalama nispi nem (%) değerleri

YIL	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZRN	TEMMZ	AĞSTS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALK	YILLIK
1986	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	82	79	-
1987	80	79	79	78	80	86	81	81	81	80	86	87	81
1988	87	86	81	80	80	82	80	77	75	83	82	83	81
1989	78	80	76	67	66	71	74	72	68	73	69	75	72
1990	73	70	52	63	66	61	55	52	52	58	62	63	61
1991	64	-	61	61	56	54	52	52	50	55	66	64	-
1992	52	49	52	42	52	59	55	51	58	57	66	64	55
1993	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORT.	**70,2**	**72,8**	**66,9**	**65,1**	**66,6**	**68,7**	**66,2**	**64,1**	**64**	**68**	**73,3**	**73,6**	**70,1**

Halıköy Göleti yinelenmeli taşkın hidrografları Şekil 3.1. de verilmiştir (DSİ birim hidrografı kullanılarak çizilmiştir).



Şekil 3.1 Halıköy Göleti yinelemeli taşkın hidrografları

3.1.1.3 Araştırma alanının toprak özellikleri

DSİ tarafından toplam 617 ha arazide toprak etüt çalışması gerçekleştirilmiştir. Etüt çalışmasının gerçekleştirildiği bölge 1050-1150 m yüksekliği arasında yer almaktadır. Yapılan arazi sınıflandırma ve drenaj etütleri sonucunda, genel alanın % 83.95'i sulanabilir, % 16.05.'i de sulanamaz olarak değerlendirilmiştir. İkinci sınıf arazilerden genel alanın; % 11.83'ü olan 73 ha alan toprak yetersizliğinden (2s), % 6.65'i olan 41 ha alan toprak ve topoğrafya yetersizliğinden (2st) ve % 6.97'si olan 43 ha alan topografya yetersizliğinden (2t) alt sınıfında değerlendirilmiştir. Üçüncü sınıf arazilerden genel alanın, % 58.51'i olan 361 ha alan toprak ve topografya yetersizliğinden (3st) alt sınıfında değerlendirilmiştir. Sulanamaz araziler genel alanın; % 16.05'i olan 99 ha alandan (yerleşim, 6. sınıf vb) olarak değerlendirilmiştir.

3.1.1.4 Araştırma alanının ekonomik özellikleri

Projeye ait sulama sahası içerisinde 151 adet tarım işletmesi mevcuttur ve ortalama işletme büyüklüğü 31.2 dekar dır. Bölgede kiracılık ve ortakçılık yaygın değildir. Yörede geçim kaynağı tamamen tarım ve işlenmiş tarım ürünleridir. Etüt alanında tarımda genel anlamda aile tüketimine yönelik olarak küçük ölçekli bir üretim geçerlidir. Aile gereksinimi dışındaki üretilen değerlerin pazarlanması yöre ekonomisinin temel unsuru olarak görülmektedir. Proje sahasında ağırlıklı olarak hububat tarımı yapılmaktadır. Ailelerin başlıca uğraşılarını ve geçim kaynaklarını tarımsal faaliyetleri sonucu elde ettikleri ürünler oluşturmaktadır. Fakat tarımsal faaliyetlerin temel koşulu olan toprak ve bunun tamamlayıcı unsuru olan iklimin olumlu olmasına karşılık, en önemli unsur olan sulama suyunun yetersiz oluşu nedeniyle verimler düşüktür.

3.1.1.5 Araştırma alanının jeolojisi

Proje alanı ve çevresinde;

Alüvyon	: Kuvaterner
Orta Eosen	: Baraklı Formasyonu
Kretase	: Kireçtaşı
Kretase	: Artova Ofiyolit Karışığı
Paleozoyik	: Kalkşist

birimleri yayılım göstermektedir. İnceleme alanının temel kayacı Paleozoyik yaşlı kalkşistlerdir. Bu birim şistozite düzlemleri boyunca kıvrımlanmıştır. Üst Kretasede Artova ofiyolit karışığı bindirme fayı ile kalkşistler üzerine yerleşmiştir. Yersel olarak gözlenen bu yapı birimlerde yer yer ezilme zonlarının oluşumuna yol açmıştır. Üst Kretasenin sonlarına doğru ise kireçtaşları ofiyolit karışığı üzerine sürüklenmiştir. Bu faylanma ile özellikle kireçtaşlarının alt seviyelerinde ezilme zonları gelişmiştir. Orta Eosende karasal ve sığ deniz ortamında alt kesimlerde, kum boyutundan blok boyutuna kadar değişen metamorfik, bazalt ve granit çakıllarını içeren çakıltaşı seviyesi ile üst

kesimlerde zayıf çimentolu kumtaşı, çamurtaşı, çakıltaşı ardalanmasından oluşan Baraklı formasyonu çökelmiştir. Katmanlanma genel olarak belirgin değildir.

3.1.1.6 Araştırma alanının nüfusu

2000, 2007 ve 2010 yıllarına ait olan nüfus verileri sırasıyla 2246, 2077 ve 1409'dur. Yıllara göre nüfusta görülen azalışın nedeni tarımsal gelirin düşük olması, mevcut koşulların ekonomik ve sosyal ihtiyaçları karşılayamaması, tarım arazilerinin günün şartlarına göre artan nüfusa yetmemesi, özellikle genç nüfusun daha nitelikli ve yaygın eğitim ve öğrenim gereksinimleri, daha iyi yaşam koşullarını arama arzusudur. Etüt alanında toplu iskân görülmektedir. Evler iyi ve nitelikli durumda, büyük bir bölümü şehir evlerini anımsatmakta olup, modern donanımları yerindedir. Elektrik, içme suyu ve telefon bulunmaktadır.

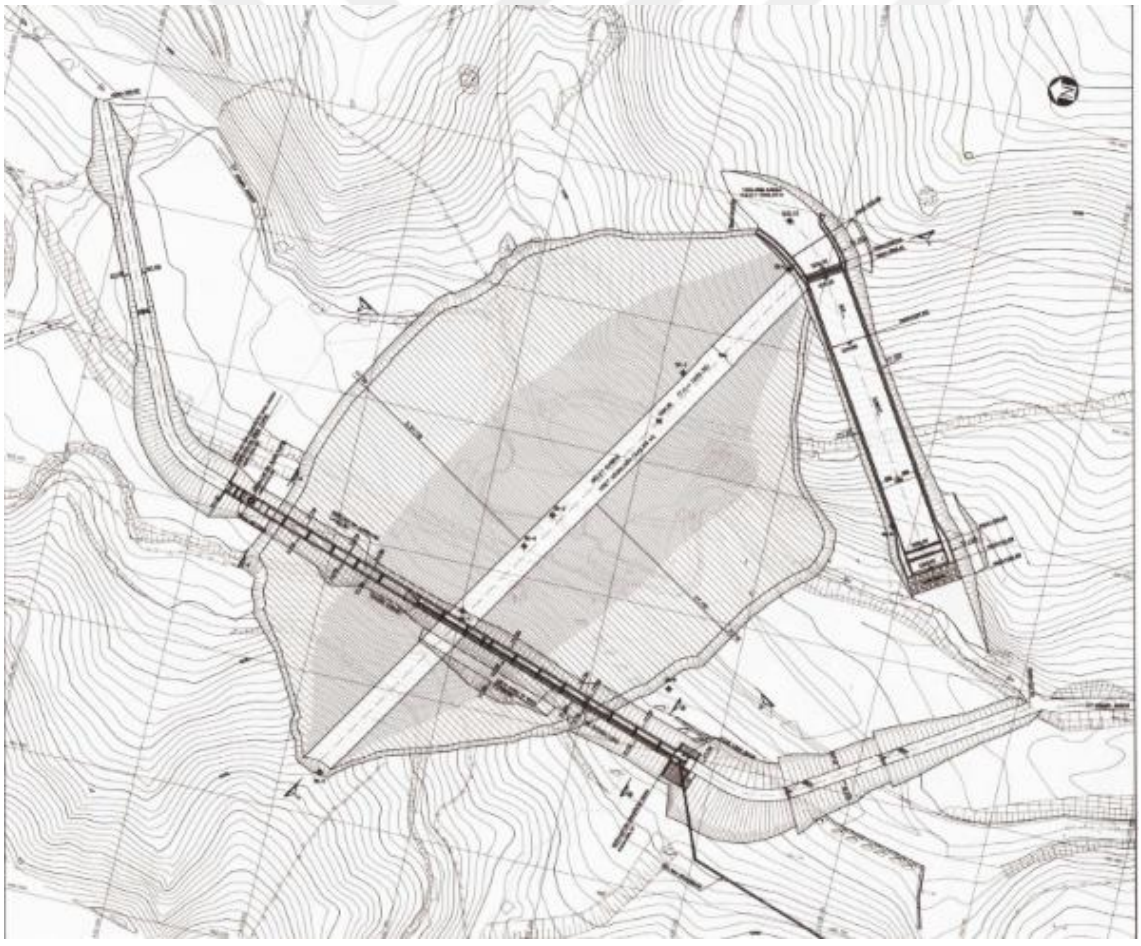
3.1.1.7 Gölete ait karakteristikler

Amacı	: Sulama
Yağış Alanı	: 27.70 km^2
Yıllık Ortalama Akım	: 1.856 hm^3

Gövde

Tipi	: Kil çekirdekli kaya dolgu
Talveg kotu	: 1 205.35 m
Minimum su seviyesi	: 1 219.84 m
Normal su seviyesi	: 1 232.33 m
Maksimum su seviyesi	: 1 233.64 m
Ölü Hacim (Sediment Hacmi)	: 0.346 hm^3
Minimum su seviyesinde hazne hacmi	: 0.346 hm^3
Normal su seviyesinde hazne hacmi	: 2.202 hm^3
Aktif hacim	: 1.856 hm^3
Minimum göl alanı	: 0.0745 km^2
Maksimum göl alanı	: 0.260 km^2
Sulamaya verilen yıllık ortalama su	: 1.722 hm^3

Regülasyon oranı	: % 92.78
Sulama suyu azami debisi	: 0.360 m^3/s
Gölet kret kotu	: 1 234.90 m
Gölet yüksekliği (talvegden)	: 29.55 m
Gölet yüksekliği (temelden)	: 46.05 m
Kret uzunluğu ve genişliği	: 245.00 m; 10.00 m
Baraj memba ve mansap şevleri	: 2.5/1 ; 2/1
Gövde dolgu hacmi	: 402 449 m^3



Şekil 3.2 Gölet Gövde Yerleşimi



Şekil 3.3 Halıköy Göleti Uydu Görüntüsü

Dolusavak

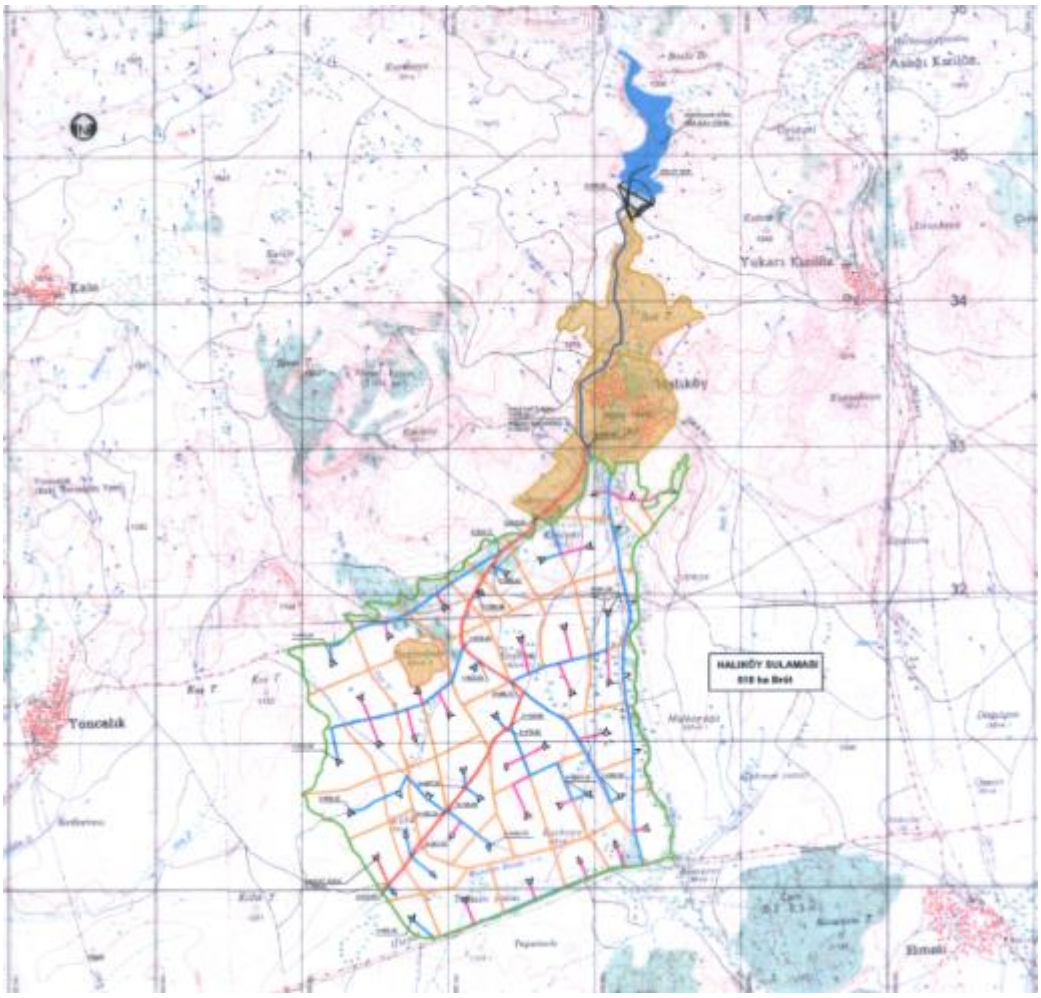
Dolusavak yeri	: Sol sahilde
Dolusavak tipi	: Karşıdan alışlı, kontrolsüz
Dolusavak eşik kret kotu	: 1 232.33 m
Dolusavak eşik genişliği	: 13.00 m
Dolusavak su yükü	: 1.31 m
Dolusavak uzunluğu	: 111.33 m (eğik düzlem)
Dolusavak düşü havuzu uzunluğu	: 8.00 m
Dolusavak taşkın debisi ($Q_{10\,000}$)	: 49.50 m^3/s
Dolusavak deşarj debisi	: 40.83 m^3/s

Derivasyon-Dipsavak

Derivasyon taşkın debisi (Q_{50})	: 19.33 m^3/s
Derivasyon deşarj debisi	: 24.40 m^3/s
Derivasyon tipi ve yeri	: İçi dairesel kesitli kondüvi, sağ sahilde
Derivasyon kondüvisi uzunluğu	: 185.60 m
Derivasyon kondüvisi çapı	: 2.30 m
Su alma yapısı üst kotu	: 1 219.84 m
Su alma yapısı tipi	: Dikey şaft
Şaft uzunluğu	: 8.21 m
Dipsavak uzunluğu	: 106.50 m
Dipsavak çapı	: 0.60 m
Cebri boru çıkışı taban kotu	: 1 204.93 m

Sulama Tesisi

Sulama alanı	: 518 ha (brüt) , 466 ha (net)
Sulama modulü	: 0.50 l/s/ha
Sulama suyu ihtiyacı	: 3 694.45 m3//ha/yıl
Sulama sistemi	:Basınçlıborulu (Damla+Yağmurlama)
Toplam boru uzunluğu	: 23 422.00 m
Kırılması Gereken Basınç	:71.43 m



Şekil 3.4 Halıköy Göleti Sulama Alanı ve Şebekesi

Proje ekonomisi (2011)

Keşif bedeli	: 18 305 639 TL
Tesis bedeli	: 21 051 485 TL
Proje bedeli	: 24 502 391 TL
Yatırım bedeli	: 26 111 272 TL
a) Yıllık Gider Yöntemi	
Toplam yıllık gider	: 1 670 452 TL
Toplam yıllık gelir	: 3 583 949 TL
Proje yıllık net faydası	: 1 913 497 TL
Fayda/masraf oranı	: 2.15
b) Bugünkü Değerler Yöntemi	
Toplam yıllık gider	: 27 163 833 TL
Toplam yıllık gelir	: 59 345 397 TL
Proje toplam net fayda	: 32 181 564 TL
Rantabilite	: 2.185
Dahili karlılık oranı (%)	: 12.71

3.1.1.8 Sulama Suyu İhtiyacı

Gölete ait sulama suyu ihtiyacı Blaney-Criddle yöntemiyle hesaplanmış olup kullanılan meteorolojik veriler ve sulama suyu ihtiyaç değerleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Çizelge 3.5 incelendiği zaman yılın 6 ayı olan Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında sulamaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Sulama ihtiyacının en düşük olduğu ay Ekim, en yüksek olduğu ay ise Temmuz olarak hesaplanmış olup, Ekim ayı için sulama modülü 0.01 l/s/ha, Temmuz ayı içinse 0.5 l/s/ha'dır.

Blanney-Criddle Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemi

ET $\longrightarrow$ $u=k.f$

$k=k_c.k_t$

$k_t=0.031t + 0.24$

$f=(45.7 \times t + 813)P/100$

u= Aylık bitki su tüketimi, mm/ay

k=Aylık su tüketimi katsayısı

f=Aylık su tüketimi faktörü

k_c=Bitki gelişme katsayısı

k_t=İkliöm katsayısı

t=Aylık sıcaklık ortalaması

P= Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı

Çizelge 3.5 Blanney-Criddle yöntemiyle hesaplanmış sulama suyu miktarları

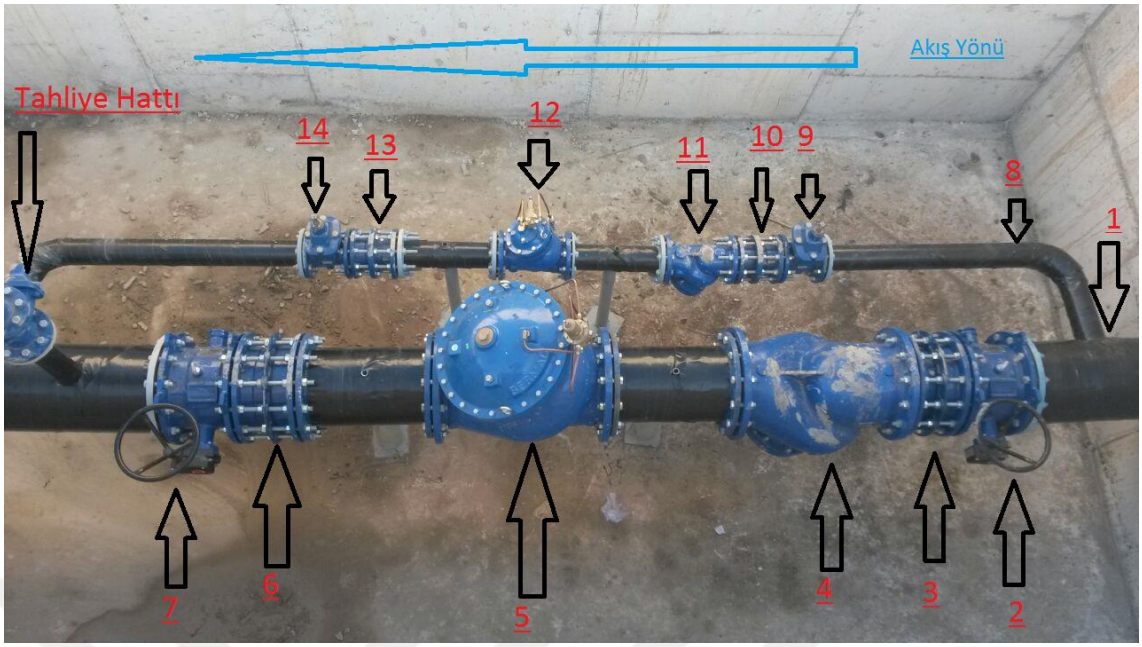
	BİTKİ SULAMA İHTİYACI (mm)	**ÇİFTLİK İHTİYACI (mm) RANDIMAN 0,86**	**ÇİFTLİK İHTİYACI (m3/ha) RANDIMAN 0,86**	**SULAMA SUYU İHTİYACI (mm) RANDIMAN 0,98**	**SULAMA SUYU İHTİYACI (m3/ha) RANDIMAN 0,98**	**MODÜL (l / s / ha)**
OCAK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ŞUBAT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MART	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NİSAN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAYIS	7,65	8,90	88,96	9,08	90,78	0,03
HAZİRAN	41,92	48,75	487,49	49,74	497,44	0,19
TEMMUZ	113,89	132,43	1 324,26	135,13	1 351,29	0,50
AGUSTOS	108,02	125,60	1 255,99	128,16	1 281,62	0,48
EYLÜL	37,12	43,16	431,59	44,04	440,40	0,17
EKİM	2,77	3,23	32,26	3,29	32,92	0,01
KASIM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ARALIK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOPLAM	**311,37**	**362,06**	**3 620,56**	**369,44**	**3 694,45**	

3.1.2 Basınç kırıcı vana ekipmanı

Sulama, içme suyu veya atık suların iletimi esnasında, iletim ve dağıtım ağının belirli noktalarında veya hat güzergahı boyunca yüksek basınç oluşabilir. Bu oluşan basınç hem su dağıtım ağını oluşturan borularda hem de kullanılan ekipmanlarda tahribata yol açabilir ve sisteme büyük hasarlar verebilir. Hattın bir noktasının patlaması gibi kendini gösterebilen bu yüksek basınç ayrıca su dağıtım ağında meydana gelen istenmeyen su sızıntılarının da artmasının en büyük etmenidir.

Vanaların açılıp kapanması veya dağıtım ağının bir kısmının tüketiminin durmasının yol açabileceği ani basınç farklılıkları ile mücadele etmekten ziyade basınç kırıcı vanalar, dağıtım ağının planlanmasından itibaren öngörülen basınçları kontrol altına almak için tesisin inşasıyla beraber su dağıtım ağına dahil edilen ekipmanlardır. Çalışma prensibi olarak hesaplanan basıncın düşürülerek, basınç kırıcıdan sonra tesisin optimum çalışabileceği basınca ayarlanması işini gerçekleştirir. Basınç kırıcılar üzerlerindeki ayarlama ile farklı basınçlarda suyun vanadan çıkış yapması sağlanabilir. Yani hesaplamalarda biraz hata yapmış ve yüksek noktalarda yer alan hidrantlara düşük basınç nedeniyle su ulaşamamışsa, eğitimli teknik personel tarafından basınç kırıcı vanaya yeni kalibrasyon yapılabilir.

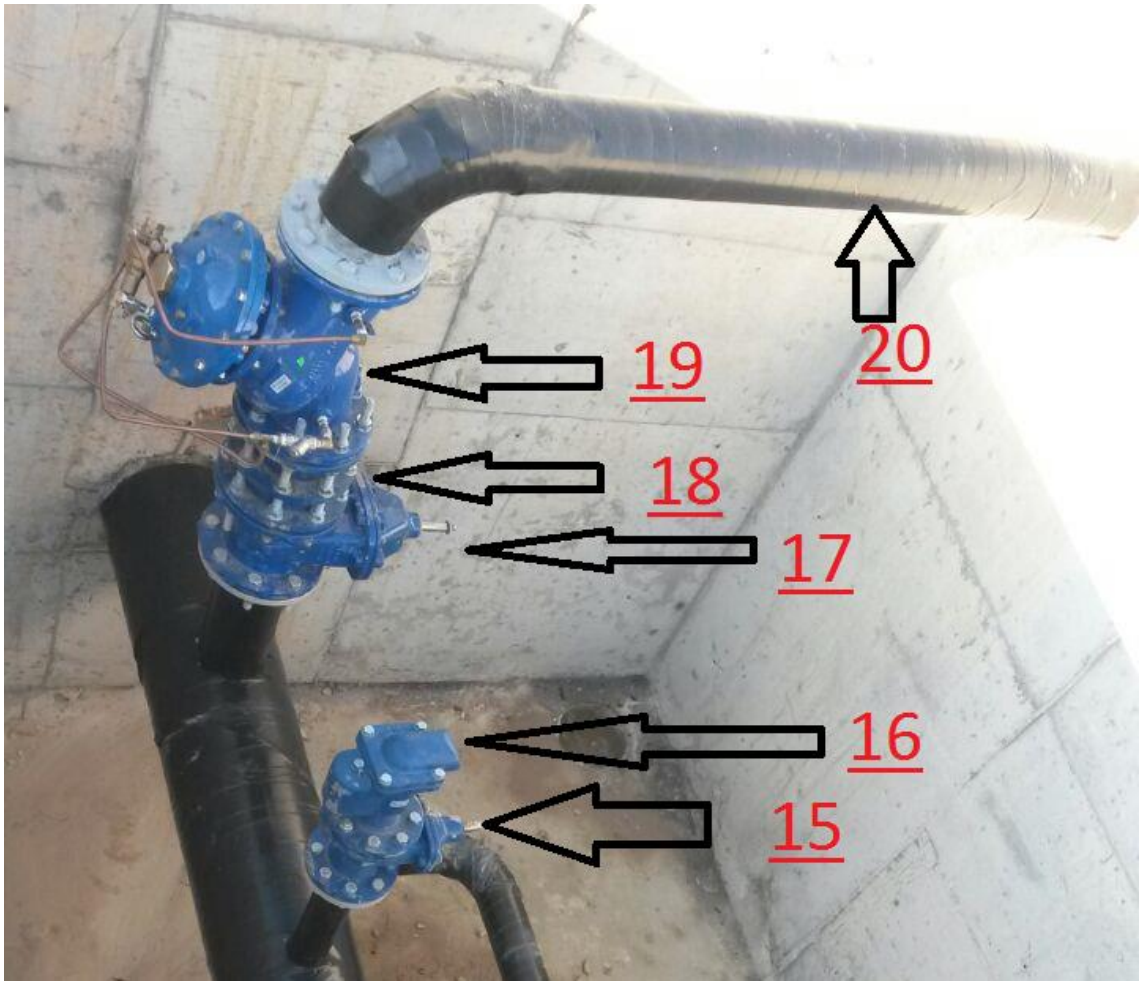
Basınç kırıcı vanaların hat üzerine yerleştirilmesi, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Bir sulama hattına yerleştirilmiş basınç kırıcı vana ve ek parçalar

1: Tesise gelen hatta Tee hat ayrım parçası veya çelik boruya kaynak yaparak by-pass hat, 2:Kelebek vana, 3:Demontaj parçası, 4:Pislik tutucu,

5:Basınç kırıcı vana, 6:Demontaj parçası, 7: Kelebek vana, 8: By-pass hattı (Ana hattın 1/3 çapında ayrıca bu hat üzerindeki bütün ekipmanlar da yine ana hattın 1/3 çapında), 9:Elastomer veya metal yataklı sürgülü vana, 10:Demontaj parçası, 11:Pislik tutucu, 12:Basınç kırıcı vana, 13:Demontaj parçası, 14:Elastomer veya metal yataklı sürgülü vana



Şekil 3.6 Basınç kırıcı hattın sonuna yerleştirilen tahliye hattı

15: Selenoid veya metal yataklı sürgülü vana, 16:Ani tahliye vanası, 17:Selenoid veya sürgülü vana, 18:Demontaj parçası, 19:Basınç kırıcı vana, 20:Tahliye hattı

Fotoğraflarda görüldüğü gibi basınç kırıcı vana ve diğer hidrolik ekipmanlar basınç kırıcı tesis adı altında bir yapı içerisinde muhafaza edilir. Bu yapının cinsine göre de tavana bir adet vinç koyulabileceği gibi yapının tavanı kapaklı yapılarak dışarıdan bir mobil vinç yardımıyla da ekipmanların hareketi sağlanabilir. Bazı durumlarda yine iki adet basınç kırıcı vana aynı hat üzerinde sıralı olarak yerleştirilebilir.

3.1.3 Türbin ekipmanı

Hidroelektrik tesislerde suyun enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren tesis elemanlarıdır. Türbin ekipmanı; türbin, jeneratör ve kontrol biriminden oluşmaktadır. Hidroelektirik santralinin tipine, suyun basınç ve debisine göre farklı tipte türbinler üretilmektedir. Büyük hidroelektrik tesislerinde türbinlerin özel olarak sipariş üzerine üretildiği için teslimatları uzun zaman almaktadır. Daha küçük olan ve tezde materyal olarak kullanılan gölet gibi tesislerde ise teslimat süresi 28-40 haftayı bulabilmektedir. Türbinler enerji dönüşümü konusunda çok verimlidir. Ayarlanabilir difüzör yardımıyla da değişkenlik gösteren basınç ve debi değerlerine göre daha iyi kontrol edilebilir. Ancak bahsedildiği gibi teslim süreleri uzun, fiyatları ise çok pahalıdır. Bahsi geçen proje için teklif edilen ekipmanın fotoğrafı Şekil 3.7'te, uygulanmış arazi fotoğrafı ise Şekil 3.8'te görülmektedir.



Şekil 3.7 Canyon Hydro firmasınca proje için önerilen ekipman



Şekil 3.8 Canyon Hydro firmasının gerçekleştirmiş olduğu uygulamaya ait görsel

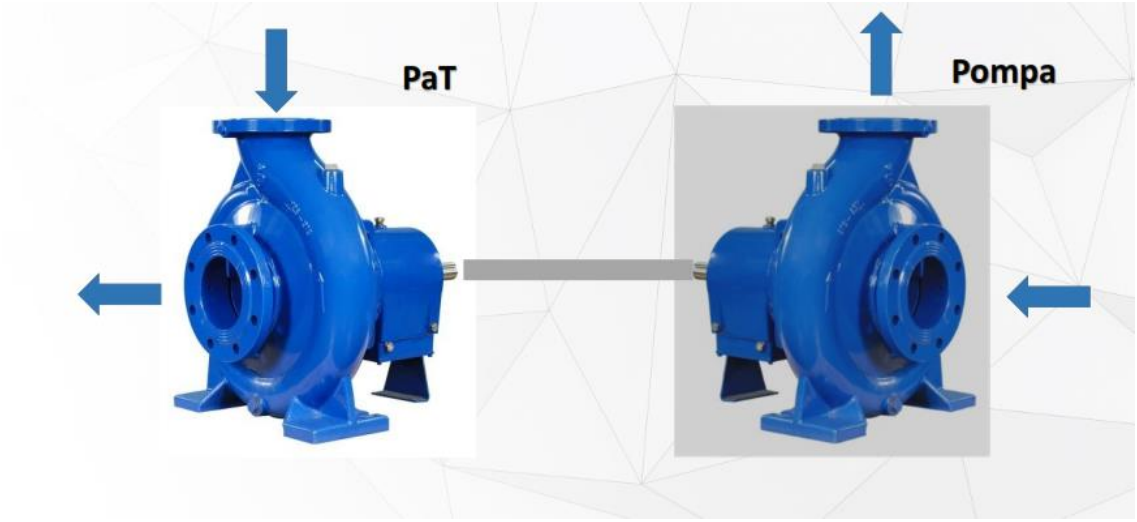
3.1.4 Santrifüj pompa ekipmanı

Santrifüj pompalar, ağır endüstri tesislerinden, sulama alanlarına kadar sıvıların bir yerden bir yere aktarılması amacıyla çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Genelde üretilen bir pompaya bir elektrik motorunun bağlanması şeklinde çalışırlar. Düşük debilerde tek bir santrifüj pompa kullanılır. Ancak pompalanacak olan debinin artışıyla, firmalar genellikle daha büyük pompalar üretmek yerine, sistem debisinden daha küçük pompalar seri bir şekilde bağlayarak, istenilen debinin sisteme verilmesini sağlarlar. Genel olarak çok sayıda ve çok uç noktalarda kullanılmak üzere pompa istenmiyorsa, firmaların ellerinde santrifüj pompalar halihazırda bulunur. Halihazırda bulunmadığı koşullarda sipariş edilse bile türbinlerden daha basit yapıya sahip oldukları için, teslimat süreleri yine türbinlerin teslimat sürelerinden daha kısa olacaktır. Santrifüj pompaların verimleri, çalışmaları için hesap edilen devirden düşük olursa, hızla değişerek düşer. Bu nedenle de hatlarda sıralı bir şekilde pompa kullanımı, hem pompaların değişik debilerde dahi optimum verimle çalışmasına, hem de tek pompa olduğu zaman düşük

debilerde yüksek enerji tüketimiyle düşük verimlerde çalışacak bir sistemin kurulmasının da önüne geçer.

3.1.5 Türbin yerine santrifüj pompa kullanılması

Son yıllarda yenilenebilir enerji kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda, daha önceden değerlendirmeye gerek duyulmayan bir çok enerji kaynağı da göz önüne alınmaya başlanmıştır. Bunlardan bir tanesi de atık su ve içme suyu gibi kapalı su iletim - dağıtım şebekelerinde meydana gelen yüksek basınçtır. Şimdiye kadar şebekede meydana gelen istenmeyen basıncın, şebekeye zarar vermesini engellemek ve sızma ile meydana gelen su kayıplarının önüne geçebilmek amacıyla kontrolü, basınç kırıcı vanalar kullanılarak yapılmıştır. Yapılan son çalışmalar kapsamında ise bu basınç farklılıklarının meydana geldiği noktalarda basınç kırıcı vanalar yerine, türbinlerin kullanılması fikri öne atılmıştır. Yıllardır süren bu çalışmalarda, türbinlerin çok pahalı yapılar olduğu ve bu çeşit, debisi standart olmayan tesisler için ekonomik olarak uygun olmadıkları görülmüştür. Bu boşluğu değerlendiren kimi pompa firmaları ise santrifüj pompaları üzerinde yaptıkları küçük değişiklikler ile santrifüj pompalarını, türbin yerine kullanılabilecek hale (PAT-Pumps As Turbines-Türbin Yerine Kullanılan Pompa) getirmişlerdir. Tabi türbinlerden elde edilebilen verimlere ulaşılamamıştır, ancak fiyatları ve işletme bakım masrafları türbinlerle kıyaslandığı zaman küçük su işlerinde kullanılmaları gayet mantıklı hale gelmiştir. Bugün bir türbinin verimi % 95 seviyelerine çıkabilirken, PAT verimi % 60 - % 70 değerleri arasında kalmaktadır. Günümüzde, ülkemizde ve ülke dışında bir çok noktada PAT tesisatları çeşitli sistemlere entegre edilmiştir. Şekil 3.9'de PAT ve santrifüj pompalara ait görsel, Şekil 3.10'de ise bir uygulama alanına ait fotoğraf yer almaktadır.



Şekil 3.9 PAT-Santrifüj pompa akışkan hareketi (Standart Pompa)

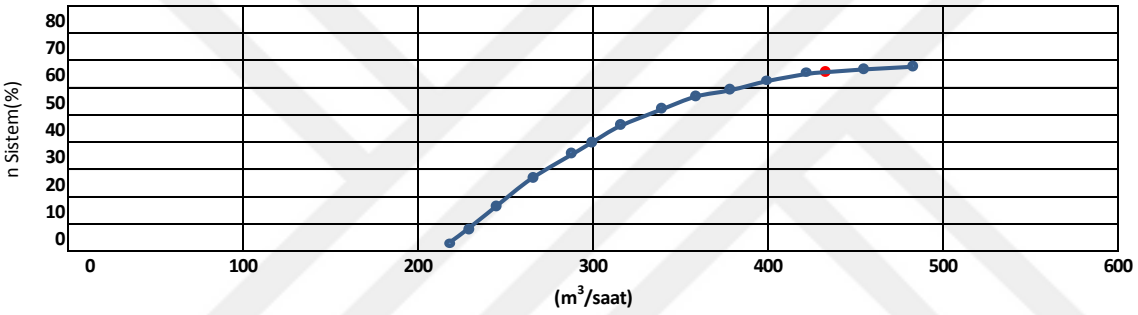


Şekil 3.10 Bir PAT uygulama alanına ait görsel

PAT'lar ile ilgili günümüzdeki en büyük eksiklik, firmaların PAT'lara ait performans eğrilerini sağlayamamasıdır. Firmalar genellikle daha önceden ürettikleri PAT'lara ait,

laboratuvar ortamında testlerle gerçekleştirdikleri performans eğrilerini verebilirken, yeni sipariş edilecek ürünler için sadece optimum koşullarda elde edebileceğiniz verim değerini paylaşabilmektedirler. Ayrıca PAT'lara ait performans eğrilerini elde etmek için birçok araştırmacı da araştırmalarını yürütmektedir. Ancak en doğru verim değerleri tabi ki firmaların testler ile gerçekleştirdiği çalışmalarla elde edilen değerlerdir.

Tez çalışması kapsamında birden çok PAT üretici firma ile iletişime geçilmiş ancak sadece bir adet PAT'a ait performans eğrisi elde edilebilmiştir. 130 kWh enerji üretme kapasitesine sahip bir PAT'a ait debi/verim eğrisi Şekil 3.11'te görülebilmektedir. Yatay eksen m^3/saat değerini göstermektedir.



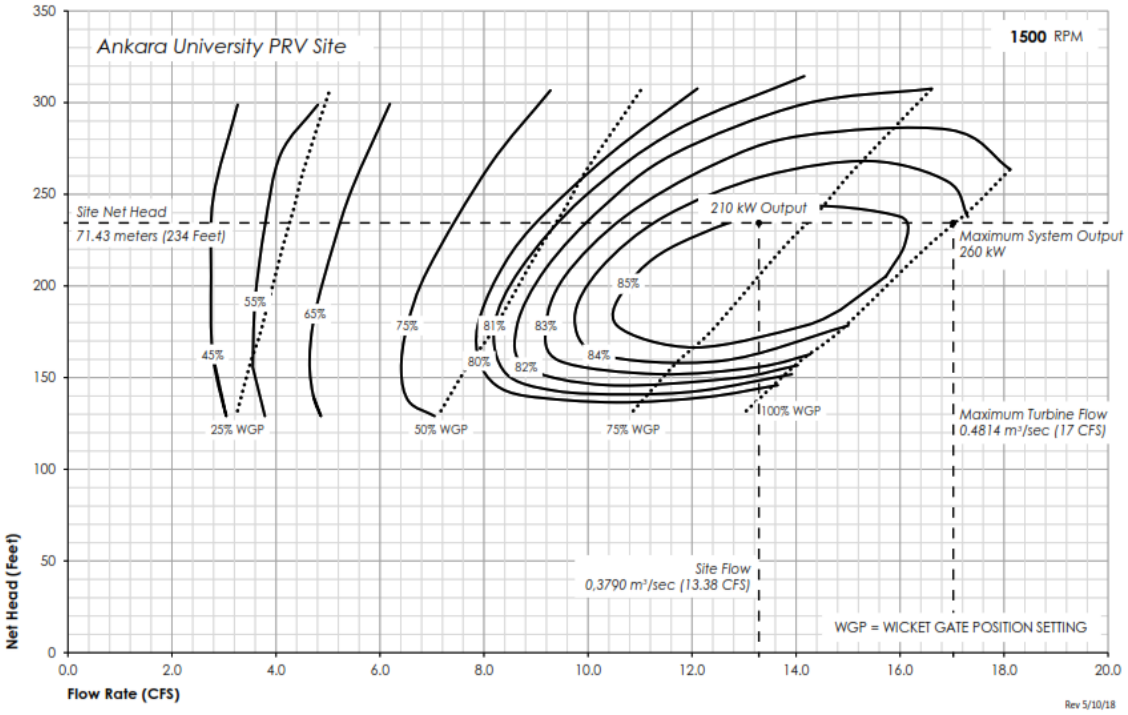
Şekil 3.11 Türbin olarak kullanılan bir santrifüj pompaya ait performans eğrisi

Grafikte yatay ekseninin birimi m^3/saniyeye çevrilirse Çizelge 3.6 elde edilir.

Çizelge 3.6 PAT Debi/Verim tablosu

PAT Debi/Verim Değerleri			
m^3/h	m^3/s	η(verim)	Debi/Maks Debi
230	0.064	0.10	0.4608
250	0.069	0.20	0.5
275	0.076	0.30	0.55
300	0.083	0.40	0.6
325	0.090	0.47	0.65
350	0.097	0.51	0.7
375	0.104	0.60	0.75
400	0.111	0.62	0.8
425	0.118	0.65	0.85
450	0.125	0.66	0.9
475	0.132	0.68	0.95
500	0.139	0.69	1

Bu grafiği doğru bir şekilde inceleyebilmek ve karşılaştırma yapabilme amacıyla türbin firmasının bizim proje sahamıza özel seçmiş olduğu türbinin verim eğrisine de ihtiyaç vardır.



Şekil 3.12 Türbine ait düşü/debi/verim abağı

Şekil 3.12 incelendiğinde X ve Y değerlerinin birimleri CFS-Cubic Foot Per Second ve Feet olarak görülüyor. Bu değerlerden CFS'yi m^3/s ye çevrildiğinde Çizelge 3.7 elde edilir.

Çizelge 3.7 Türbin verimi ve birimlerin dönüştürülmüş halleri

Türbin verimi			Birleşik Verim	Debi/Maks Debi
CFS	Lt/s	Verim		
2	56.63	0.4	0.372	0.15
3	84.95	0.45	0.4185	0.22
4	113.27	0.56	0.5208	0.30
5	141.58	0.65	0.6045	0.37
6	169.90	0.7	0.651	0.45
7	198.22	0.74	0.6882	0.52
8	226.53	0.77	0.7161	0.60
9	254.85	0.8	0.744	0.67
10	283.17	0.82	0.7626	0.75
11	311.49	0.84	0.7812	0.82
12	339.80	0.84	0.7812	0.90
13.38	378.88	0.85	0.7905	1.00
m^3/CFS		28.32		
Jeneratör Verim:		0.93		

İki grafik ve tablo kıyaslandığında dikkat edilmesi gereken en önemli fark, türbinin düşük debilerde PAT'a göre çok daha kullanışlı olduğudur. Türbinde debi, optimum debinin % 15'ine düştüğünde dahi türbinin verimi % 40, birleşik verim ise % 37.2 olarak hesaplanmıştır. PAT ekipmanında ise debi optimum debinin % 46'sına düştüğü zaman verim % 10 seviyelerine gerilemektedir. Kısaca debi miktarının dalgalı olduğu durumlarda, sistem debisini karşılayabilecek tek bir PAT yerine, düşük debilerde yüksek verimle çalışabilecek yarı kapasiteli bir adet PAT'ın da sisteme bağlanması, düşük debilerden de enerji üretilebilmesini sağlayarak sistemi daha etkin hale getirecektir.

Bu projede üretici firma tarafından proje için tavsiye edilen türbin ekipmanının optimum debi miktarının 480 lt/s olması nedeniyle, proje debisi olan 0.360 lt/s debi ile sistem çalıştırıldığında elde edilen verim değeri 0.85'de kalmaktadır. Bu değer, 0.93 olan jeneratör verim değeri ile çarpıldığında bütün tesisin verimi 0.79 olmaktadır. PAT ekipmanında ise durum daha farklı olarak yine bütün sistemin maksimum verimi 0.69 olarak üretici firma tarafından bildirilmiştir.

3.2 Yöntem

Türkiye'de küçük su işleri olarak geçen 1000 ha altı tarım arazilerinin sulanmasında faydalanılan su kaynağı genel olarak göletlerdir. Sulanabilecek alanın seçimi için önemli 3 adet parametre vardır. İlk parametre gölette yağışlar vasıtasıyla oluşan yüzey akışların oluşturacağı aktif su hacmi, ikinci parametre sulanabilecek arazi varlığı, üçüncü parametre ise gölet yeri jeolojisi ve topoğrafik yapıdır. Eğer sınırsız denilebilecek bir tarım arazisi varsa sulanabilecek araziyi aktif hacim belirlerken, aktif hacimi ve dolayısıyla da gölet gövdesini de jeoloji ve topoğrafik yapı sınırlandırır. Kısaca bu üç parametre bir birleriyle sıkı ilişki içerisindedir. Planlamacı, bu üç parametrenin çakışacağı optimum noktayı bulmakla yükümlüdür.

Göletlerde sulama sezonu boyunca istek yöntemine göre su yönetimi sağlanmaktadır. Yani sulama sahasında herhangi bir hidrantta su devamlı hazır vaziyette olup çiftçiler istedikleri zaman suya erişebilirler. Bu durum ise çok büyük bir belirsizliği ortaya çıkarmaktadır. Bu belirsizlik hangi hidrantın ne zaman ve kaç saat çalışacağını bilememektir. Bu bilinmez ise sistem debisini belirlemeyi zorlaştırmakta, en yüksek talebin olacağı kabulüyle boyut belirlenmesi durumunda ise maliyet çok artmaktadır.

Göletlerin planlama aşamasında tarımsal ekonomi uzmanları, gölet sulama sahasını etkileyen meteorolojik verileri, iklimi, gelenekleri ve sosyo ekonomik etmenleri göz önünde bulundurarak sulanacak arazi için uygun bir bitki deseni oluştururlar. Sonrasında ise bu bitki desenine göre, sulama sahasını temsil eden sulama suyu ihtiyacı hesaplanır. DSİ, 2018-2019 yılları itibariyle Blanney-Criddle yöntemini terk ederek kademeli olarak Penman-Monteith sulama suyu hesaplama yönteminin kullanılmasına geçmektedir. Tez konusu olan Halıköy Göleti bölgesinde sulama suyu hesabı Blanney-Criddle yöntemiyle yapılmıştır.

Çizelge 3.8 Çalışma sırasında dikkate alınan alternatifler

Kullanılan Cihazlar	**Hesaplamalarda Kullanılan Ekim Dikim Oranı(%)**	**Ekonomik Analizde Kullanılan Yöntemler**	**Ekonomik Analizlerde Kullanılan Iskonto Oranları**		**Öngörülen kW/h Satış Fiyatları**	
Türbin	10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100	Bugünkü Değer Metotdu	HES Sosyal Iskonto Oranı	% 9,5	HES Planlamalarında Kullanılan Ücret	0,073 $
Türbin Yerine Kullanılan Santrifüj Pompa(PAT)		İç Karlılık Metodu	Kamu Bankalarınca Dolara Uygulanan Yıllık Faiz Oranı	% 2,85	HES Planlamalarında Kullanılan Ücret + 0.01 $ Yerli Eletromekanik Teçhizat ve 0.013 Yerli Türbin Kullanımı Teşviği	0,096 $

3.2.1 Günlük sulama süresinin tayini

Ülkemizde genel olarak sulama işleri özellikle yaz aylarında sabah erken saatlerde başlayıp öğle vaktine kadar ve de akşam, güneş ışınları etkisini kaybettikten sonra yapılır. Bu nedenle tez çalışmasında günlük sulama süresi 6 saat sabah ve 6 saat de akşam olmak üzere toplam 12 saat olarak kabul edilmiştir. Bu kabul ile projede hesaplanmış olan aylık sulama miktarını dikkate alınarak debi miktarı hesaplanmıştır.

3.2.2 Aylık tüketilecek suyun belirlenmesi

Sulama için kullanılacak olan su, sistem debisini oluşturmaktadır. Bu kapsamda da aylara göre değişen su ihtiyacı doğrultusunda her ay için öngörülen debi miktarlarında farklılık gözlemlenmektedir. Sulamanın en yoğun olduğu zamanlar ise yaz aylarıdır ve sistem debisi ve boru çapları da bu aylarda gerçekleşecek olan sulama modülü göz önünde bulundurularak hesaplanıp boyutlandırılır.

Türbin veya PAT kullanımlarında elde edilecek enerji getirisini etkileyecek en önemli faktörlerden biri olan debi miktarı da çiftçilerin suyu kullanma yoğunluğuna göre değişim gösterir. Debinin değişmesi ise doğrudan kullanılan elektromekanik teçhizatın veriminin düşmesine veya artmasına etki eder. Bu nedenden dolayı da debinin belirlenmesi ve ona göre verim değerlerinin saptanması, yapılacak olan hesaplamaların doğruluğu açısından büyük önem taşır.

3.2.3 Debi hesabı

Blanney-Criddle yönteminin sonuçları kullanılarak elde edilen her bir ay için ihtiyaç duyulan su hacmi, o ay içerisindeki sulama süresine bölünerek, sistemden geçecek olan debi hesaplanacaktır.

3.2.4 Güç hesabı

Hidroelektrik güç potansiyelinin hesaplanmasında;

$$P = \rho \times \mathcal{H} \times \pi \times Q \times g$$

formülü kullanılmıştır. Bu formülde;

P= Güç (Watt)

ρ= Suyun yoğunluğunu temsil etmektedir. Bu değer 1 kg/litre ‘ dir.

H= Net düşüyü (m) temsil etmektedir.

η= Hidroelektrik santralin genel veriminin yüzdelik ifadesidir.

Q= Debi (m^3/s) ya da litre/saniye (l/s) olarak ifade edilir

g= Yerçekimi ivmesini temsil etmektedir. Değeri 9.81 m/s^2 ‘dir.

3.2.5 Enerji üretiminde kullanılacak suya ait kabul

DSİ bölge müdürlükleri, kendi sorumluluk sınırları içerisinde yer alan sulama sahalarıyla ilgili olarak mahsul sayım sonuçları adı altında bir rehber hazırlamaktadır. Bu rehberde, sulama sahasında yer alan tarım ürünleri ve ne kadar alan kapsadıkları görülebilmektedir. Ne yazık ki ekim dikim alanları bazı sulama tesislerinde, sulanabilen tarım sahasından az olmaktadır. Sulama sahalarının tam olarak sulanamaması ise aktif hacmin, öngörüldüğü gibi kullanılmamasına ve yeni gelen yağışların depolanamadan dolu savak vasıtasıyla atılmasına sebep olmaktadır.

Bu durum ise doğrudan şebeke debisini, dolaylı olarak da PAT ve türbin verimlerini ve elde edilebilecek enerji miktarını etkilemektedir. Sulama sahalarında yaşanabilen bu duruma karşı bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem, gölet rezervuarında arta kalan aktif hacmin, enerji üretici tesisten geçirilmesi ve kurulacak bir by-pass hattı yardımıyla da enerji üretiminde kullanılan suyun dere yatağına bırakılmasıdır. Bu yöntemle her yıl kullanılması öngörülen fakat tüketilmeyen aktif hacmin, enerji üretiminde kullanılarak, sulama sezonu boyunca üretilen enerjiye katkı sağlaması hedeflenmektedir. Böylece dolu savaktan su atılmasının da önüne geçilebilecektir.

3.2.6 Enerji üretimi formülasyonu

Sulama sahalarının çeşitli sebeplerle tamamıyla kullanılmamasından kaynaklı olarak üretilen enerji miktarında bir düşüş yaşanacaktır. Bu düşüşün yaratacağı enerji kaybını öngörebilmek adına, sulama sahasının % 10 doluluktan % 100 doluluğa kadar % 10 ar artış ile ekili-dikili olması durumu ve sulama sezonunda kullanılmayan suyun, sulama

sezonu sonunda enerji üretici tesiste kullanılması durumları beraber değerlendirilerek üretilebilecek enerji hesapları yapılacaktır.

3.2.7 Enerji fiyatlandırılması

Üretilecek enerjinin satış fiyatları olarak T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün belirlediği fiyatlar kullanılmıştır. Bu kapsamda yabancı menşeili türbin ekipmanı vasıtasıyla yapılan üretim için fiyat 0.073 $ /kWh'tir. Yerli üretim PAT ekipmanı içinse fiyat 0.073 $ + 0.013 $ (Yerli Türbin Kullanımı Katkı Payı) + 0.01 $ (Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği Kullanma Katkı Payı) olmak üzere 0.096$ / kWh alınmıştır.

3.2.8 PAT ile üretilebilecek enerji hesaplamaları

PAT verimi, debi ile çok dramatik şekilde değişmektedir. Elimizdeki performans eğrisine göre debinin % 54 düşmesiyle beraber PAT verimi % 10 değerlerine gerilemektedir. Bu nedenle sistemde 2 adet PAT kullanılması öngörülmüştür. Düşük debileri değerlendirmek amacıyla bir adet 110 kW kapasiteli PAT ve yüksek debiler için 250 kW kapasiteli bir PAT'ın kullanılmasına karar verilmiştir.

3.2.9 Türbin kullanılarak üretilebilecek enerji hesaplamaları

Her ne kadar türbin verim değerleri PAT'a nazaran yüksek olsa da burada türbin için en büyük handikap, PAT ekipmanının yerli olmasından kaynaklanan + 0.023 $ değerindeki katkı payıdır. PAT için değerlendirilen bütün koşullar aynı şekilde türbin ile enerji üretimi için de geçerli tutularak, farklı debi değerlerinde farklı verim değerleri kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirilecektir.

3.2.10 Ekonomik analiz

Türbin ve PAT ekipmanının ekonomik durumu net bir şekilde ortaya konacaktır. Bunun için proje de basınç kırıcı vana, PAT ve mini-hidroelektrik türbin kullanılması durumunda enerji üretimi hesaplanacaktır. Projenin ekonomik analizi gelir, gider ve

üretim değerlendirmesi üzerinden esas olarak Balaban (1986)'da verilen ilkelere göre her bir alternatifin kullanılması durumunda bugünkü değer üzerinden tesis masrafları, yıllık sabit ve değişken masraflar hesaplanarak yapılacaktır.

3.2.10.1 Bugünkü değer yöntemi / Fayda masraf oranı

Su kaynaklarının geliştirilmesinde ekonomik elverişliliğin göstergesi olarak kullanılan parametrelerden biri olup, projenin karşılaştırma periyodu boyunca elde edilecek faydaların bugünkü değeri, aynı periyod boyunca yapılan toplam masrafların (yatırım masrafları + işletme, bakım ve onarım masrafları) bugünkü değerine bölünerek fayda-masraf oranı bulunur. Bugünkü değere indirgemede genellikle karşılaştırma periyodunun başlangıcı olarak; projenin ilk yılının başlangıcı esas alınır.

R=F/M

R: Fayda-Masraf Oranı (Rantabilite)

F: Karşılaştırma periyodunda proje faydalarının bugünkü değeri

M: Karşılaştırma periyodunda proje masraflarının bugünkü değeri

Bu parametre projenin ekonomik elverişliliğini gösterdiği için çok popülerdir. Fayda-masraf oranı <1 ise, ekonomik açıdan proje elverişsiz, R=5-10 ise çok elverişlidir. Fayda-masraf oranı büyük ölçüde, kullanılan faiz oranına bağlıdır. Uygulanan faiz oranı düştükçe fayda masraf oranı yükselir, yükselirse fayda masraf oranı düşer (Alparslan, 1985).

3.2.10.2 Net bugünkü değer yöntemi

Bir su kaynağı projesinin ekonomik değerlendirmesinde kullanılan ikinci parametre, projenin net bugünkü değeri ya da net faydasıdır. Net bugünkü değer projenin karşılaştırma periyodunun başlangıcına indirgenmiş toplam faydadan, indirgenmiş toplam masrafın çıkartılması ile bulunur.

FN=F-N

FN: Projenin net bugünkü faydası

F: Karşılaştırma periyodunda proje faydalarının bugünkü değeri

M: Karşılaştırma periyodunda proje masraflarının bugünkü değeri

Özellikle küçük su kaynaklarını geliştirme projelerindeki yıllık fayda ve masrafların karşılaştırma periyodu boyunca sabit olduğu durumlarda, yıllık net fayda, yıllık fayda ve masraf farkı olarak da hesaplanabilir. Uygulamada bugünkü değer olarak en büyük net faydayı sağlayan alternatif, en uygun proje olarak seçilir. Uygulanan faiz oranının düzeyi de bu parametreye etkilidir. Bu yöntemin uygulanmasında her alternatif için fayda masraf akış diyagramı hazırlandıktan sonra, net faydaların bugünkü değeri hesaplanmalı, negatif değer veren seçenekler atılmalıdır.

3.2.10.3 İç karlılık yöntemi

Bu parametre karşılaştırma periyodunda net faydaların bugünkü değerlerini sıfır yapan indirgeme ya da faiz oranı olarak tanımlanabilir. Karşılaştırma periyodunda projenin yıllık faydaları ve masrafları sabitse, hesaplar yıllık baz üzerinden yapılabilir. Eğer yıllık fayda ve masraflar sabit değil ise, tüm faydalar ve masraflar toplamının bugünkü değerini sıfır yapan indirgeme oranı deneme-yanılma ile bulunur.

Karşılaştırma periyodunun her yılında gerçekleşen yıllık yatırım masrafları, yıllık işletme masrafları, projeli ve projesiz durumdaki yıllık gelir göz önüne alınarak her yıl için hesaplanan yıllık nakit akımları, seçilen iki indirgeme oranında, indirgenerek bugünkü değere indirgenmiş nakit akımına dönüştürülür. İndirgenme oranlarının seçimlerinde tatonman yöntemi uygulanır. Oranlardan düşük olanı toplam indirgenmiş nakit akımını pozitif, yüksek olanı ise toplam indirgenmiş nakit akımını negatif yapacak şekilde seçilir. Projenin gerçek iç karlılık oranı bu sınır değerleri arasında olup, enterpolasyonla aşağıdaki eşitlik ile bulunur:

$$I_k = f_D + (f_Y - f_D)\frac{N_D}{N_D - N_Y} \qquad (3)$$

Ik: Projenin iç karlılık oranı

fD: Seçilen indirgeme oranından düşük olanı

fY: Seçilen indirgeme oranından yüksek olanı

ND: Düşük indirgeme oranının, toplam nakit akımı

NY: Yüksek indirgeme oranının, toplam nakit akımı

Bu parametre uygulanan faiz oranından etkilenmemektedir. Gerçekte, hesaplanan söz konusu projenin iç faiz oranı olduğundan, parametre dış faiz oranından bağımsızdır. Hesaplanan verim (iç karlılık) değerinin, kabul edilebilecek bir sosyal indirgeme oranından (iskonto) büyük olması gerekir. İç karlılık oranı, sermayenin başka yatırım alanlarında kullanılması halinde sağlayacağı gelir olan sermayenin fırsat maliyetinden küçük olduğu zaman söz konusu projeyi ekonomik yönden olumsuz, en az onun kadar ya da daha fazla olduğu zaman olumlu bulunur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

PAT ve türbin ekipmanının, basınç kırıcı vanaların yerine kullanılması halinde, üretilebilecek enerji miktarları ve getirisine ait yapılan hesaplamalar ve çalışmalar bu bölüm içerisinde yer almaktadır.

4.1 Sulama ve Elektrik Enerjisi Üretimine İlişkin Bulgular

4.1.1 Günlük sulama süresi

Günlük sulaması süresi olarak 12 saat kabul edilmiş olması Temmuz ve Ağustos ayları için sulama sahası ekim dikim oranları % 100, % 90 ve % 80 değerlerine gerçekleştiğinde, hesaplanan debinin sistem azami debisinin üzerine çıkmasına sebep olmaktadır. Hesaplanan yüksek debiyi, maksimum sistem debisinin altında veya eşit tutmak amacıyla, tersten hesaplama yapılarak, gün içerisinde kaç saat sulama yapılırsa sistem kapasitesinin aşılmayacağı hesaplanmıştır. Bu sayede sistem azami debisinden yüksek çıkan debi miktarları, 0.36 m^3/s olan sistem azami debisini geçmeyecek şekilde düzenlenmiştir. İlgili hesaplamalara ilişkin yeni günlük sulama sürelerine ait sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Temmuz ve Ağustos ayları için hesaplanan yeni günlük sulama süreleri

Ekim-Dikim Oranları		100%		90%		80%	
Aylar	Kabul Edilen Sulama Süresi	Debi (m3/s)	Yeni Hesap. Sulama Süresi (Saat)	Debi (m3/s)	Yeni Hesap. Sulama Süresi (Saat)	Debi (m3/s)	Yeni Hesap. Sulama Süresi (Saat)
Mayıs	12	0,03159	12,00	0,02843	12,00	0,02527	12,00
Haziran	12	0,17886	12,00	0,16098	12,00	0,14309	12,00
Temmuz	12	0,47021	15,67	0,42319	14,11	0,37617	12,54
Ağustos	12	0,44596	14,87	0,40137	13,38	0,35677	11,89
Eylül	12	0,15835	12,00	0,14252	12,00	0,12668	12,00
Ekim	12	0,01146	12,00	0,01031	12,00	0,00916	12,00

4.1.2 Aylık tüketilecek su miktarı

Bu çalışma kapsamında aylık su tüketimi miktarları, Blanney-Criddle sulama suyu ihtiyacı hesaplama yönteminin vermiş olduğu değerler kullanılarak yapılmıştır. Blanney-Criddle yöntemi, aylık olarak bir ha alanın sulanması için gerekli olan su miktarını vermektedir. Bu miktarın sulama alanı ile çarpılması ile ilgili ay içerisinde kullanılması öngörülen toplam suyun hacmi elde edilir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Her ay için tüketilmesi öngörülen su hacmi

1	2	3	4
Sulama Yapılan Aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/ha)	Sulama Modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 466 ha)
Mayıs	90.78	0.03	42 303.48
Haziran	497.44	0.19	231 807.04
Temmuz	1 351.29	0.50	629 701.14
Ağustos	1 281.62	0.48	597 234.92
Eylül	440.40	0.17	205 226.40
Ekim	32.92	0.01	15 340.72
	3 694.45		1 721 613.70

Çizelge 4.2'de görüldüğü üzere aylık olarak hesaplanmış olan sulama suyu ihtiyaçları ile Halıköy Göleti sulama alanı olan 466 hektarın çarpılması ile her ay için sulamada kullanılacak olan toplam su hacmi hesaplanmıştır.

4.1.3 Debi hesabı

Blanney-Criddle yönteminin sonuçları kullanılarak elde edilen her bir ay için ihtiyaç duyulan su hacmi, o ay içerisindeki sulama süresine bölünerek, sistemden geçecek olan debi hesaplanmıştır. Çizelge 4.3 Temmuz ve Ağustos ayları için 12 saatlik sulama sürelerindeki debileri incelediği zaman, 0.47 m^3/s ve 0.44 m^3/s debi değerlerinin, 0.36 m^3/s olan sistem azami debisinden fazla olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3 Aylık ortalama debi değerleri hesap tablosu

1	2	3	4	5	6	7	8
Sulama yapılan aylar	m^3/ha	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 466 ha) (m3)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı			
				Günde sulama yapılacak saat	12 saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları
Mayıs	90,78	0,03	42 303,48	12	0,03159	12,00	0,03159
Haziran	497,44	0,19	231 807,04	12	0,17886	12,00	0,17886
Temmuz	1 351,29	0,50	629 701,14	12	0,47021	15,67	0,36000
Ağustos	1 281,62	0,48	597 234,92	12	0,44596	14,87	0,36000
Eylül	440,40	0,17	205 226,40	12	0,15835	12,00	0,15835
Ekim	32,92	0,01	15 340,72	12	0,01146	12,00	0,01146
	3 694,45	1,38	1 721 613,70				

Ortaya çıkan fazla debiyi düşürebilmek için tersten hesaplama yapılarak Temmuz ve Ağustos ayları için sulama sahası % 100 ekili dikiliyken, gün içi sulama süreleri 15.67 ve 14.87 saat olarak tekrar hesaplanmıştır. Hesaplanan yeni değerler ile birlikte aylık toplam sulama süreleri saniyeye çevrilmiştir ve ay içerisinde tüketilecek su miktarı bu süreye bölünerek debi miktarları belirlenmiştir. 6 numaralı sütunda günlük sulama süresi 12 saat alındığında ortaya çıkan debi miktarları, 8 numaralı sütunda ise yüksek olan debilerin sistem azami debisi göz önünde bulundurularak düzenlenen ve hesaplarda kullanılan debi miktarları görülmektedir.

4.1.4 PAT ile üretilebilecek enerji hesaplamaları

Farklı aylarda sistemden geçecek olan düşük debileri değerlendirmek amacıyla bir adet 110 kW kapasiteli PAT ve yüksek debiler için 250 kW kapasiteli bir PAT'ın kullanılmasına karar verilmiştir. 110 kw kapasiteli PAT için 130 kW kapasiteli PAT'a ait performans eğrisi kullanılmıştır. 250 kW kapasiteli PAT için debi oranlaması yapılarak yine 130 kW kapasiteli PAT'a ait performans eğrisi kullanılmıştır. Haziran ve Eylül aylarında 110 kW kapasiteli PAT çalışacak olup, Mayıs ve Ekim aylarında debinin düşük olması yüzünden herhangi bir üretim öngörülmemektedir. Bu kapsamda yapılan hesaplar Çizelge 4.4 - Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Ekim - Dikim oranının sulama sahasına eşit olduğu durumda enerji üretimi

Optimum İşletme Koşullarında PAT İle Üretilebilecek Enerji											
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı			Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri			kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	42 303,48	12	0,03159	12,00	0,03159	0,69	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	231 807,04	12	0,17886	12,00	0,17886	0,69	86,48	1 037,77	31 133,14
Temmuz	1 351,29	0,50	629 701,14	12	0,47021	15,67	0,36000	0,69	174,06	2 728,15	84 572,80
Ağustos	1 281,62	0,48	597 234,92	12	0,44596	14,87	0,36000	0,69	174,06	2 587,50	80 212,39
Eylül	440,40	0,17	205 226,40	12	0,15835	12,00	0,15835	0,69	76,56	918,77	27 563,19
Ekim	32,92	0,01	15 340,72	12	0,01146	12,00	0,01146	0,69	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	1 721 613,70						511,17	7 272,20	223 481,52
Elde Edilen Enerji Geliri									**$49,07**	**$698,13**	**$21 454,23**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Maksimum Değer Olan 0,69 alınmıştır.

Çizelge 4.5 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %90'ı olduğu durumda enerji üretimi

% 90 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	38 073,13	12	0,02843	12,00	0,02843	0,69	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	208 626,34	12	0,16098	12,00	0,16098	0,69	77,83	933,99	28 019,82
Temmuz	1 351,29	0,50	566 731,03	12	0,42319	14,11	0,36000	0,69	174,06	2 455,34	76 115,52
Ağustos	1 281,62	0,48	537 511,43	12	0,40137	13,38	0,36000	0,69	174,06	2 328,75	72 191,15
Eylül	440,40	0,17	184 703,76	12	0,14252	12,00	0,14252	0,69	68,91	826,90	24 806,87
Ekim	32,92	0,01	13 806,65	12	0,01031	12,00	0,01031	0,69	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	1 549 452,33						494,86	6 544,98	201 133,36
Elde Edilen Enerji Geliri									**$47,51**	**$628,32**	**$19 308,80**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
172 161,37	**0,36000**	**174,06**	**132,84**	**23122,35**	**$2 219,75**
Toplam					**$21 528,55**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Çizelge 4.6 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %80'i olduğu durumda enerji üretimi

% 80 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613.7	m3	0.9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90.78	0.03	33 842.78	12	0.02527	12.00	0.02527	0.00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497.44	0.19	185 445.63	12	0.14309	12.00	0.14309	0.69	69.18	830.22	24 906.51
Temmuz	1 351.29	0.50	503 760.91	12	0.37617	12.54	0.36000	0.69	174.06	2 182.52	67 658.24
Ağustos	1 281.62	0.48	477 787.94	12	0.35677	12.00	0.36000	0.69	174.06	2 088.73	64 169.91
Eylül	440.40	0.17	164 181.12	12	0.12668	12.00	0.12668	0.66	58.59	703.06	21 091.83
Ekim	32.92	0.01	12 272.58	12	0.00916	12.00	0.00916	0.00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694.45	1.38	1 377 290.96						475.89	5 804.53	177 826.49
Elde Edilen Enerji Geliri									**$45.69**	**$557.24**	**$17 071.34**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
344 322.74	**0.36000**	**174.06**	**265.68**	**46244.70**	**$4 439.49**
			Toplam		**$21 510.83**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Çizelge 4.7 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %70'i olduğu durumda enerji üretimi

% 70 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	29 612,44	12	0,02211	12,00	0,02211	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	162 264,93	12	0,12520	12,00	0,12520	0,66	57,90	694,86	20 845,66
Temmuz	1 351,29	0,50	440 790,80	12	0,32914	10,97	0,36000	0,66	152,22	1 670,12	51 773,58
Ağustos	1 281,62	0,48	418 064,44	12	0,31217	10,41	0,36000	0,66	144,37	1 502,34	46 572,51
Eylül	440,40	0,17	143 658,48	12	0,11085	12,00	0,11085	0,62	48,16	577,89	17 336,85
Ekim	32,92	0,01	10 738,50	12	0,00802	12,00	0,00802	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	1 205 129,59						402,66	4 445,20	136 528,60
Elde Edilen Enerji Geliri									**$38,66**	**$426,74**	**$13 106,75**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
516 484,11	**0,36000**	**174,06**	**398,52**	**69366,69**	**$6 659,20**
			Toplam		**$19 765,95**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Çizelge 4.8 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %60'ı olduğu durumda enerji üretimi

% 60 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	25 382,09	12	0,01895	12,00	0,01895	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	139 084,22	12	0,10732	12,00	0,10732	0,60	45,12	541,45	16 243,38
Temmuz	1 351,29	0,50	377 820,68	12	0,28212	9,40	0,36000	0,60	118,62	1 115,48	34 579,76
Ağustos	1 281,62	0,48	358 340,95	12	0,26758	8,92	0,36000	0,60	112,50	1 003,42	31 105,94
Eylül	440,40	0,17	123 135,84	12	0,09501	12,00	0,09501	0,51	33,95	407,46	12 223,68
Ekim	32,92	0,01	9 204,43	12	0,00687	12,00	0,00687	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	1 032 968,22						310,19	3 067,80	94 152,75
Elde Edilen Enerji Geliri									**$29,78**	**$294,51**	**$9 038,66**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
688 645,48	**0,36000**	**174,06**	**531,36**	**92488,91**	**$8 878,94**
			Toplam		**$17 917,60**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Çizelge 4.9 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %50'si olduğu durumda enerji üretimi

% 50 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	21 151,74	12	0,01579	12,00	0,01579	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	115 903,52	12	0,08943	12,00	0,08943	0,47	29,45	353,44	10 603,31
Temmuz	1 351,29	0,50	314 850,57	12	0,23510	7,84	0,36000	0,47	77,43	606,80	18 810,75
Ağustos	1 281,62	0,48	298 617,46	12	0,22298	7,43	0,36000	0,47	73,44	545,84	16 921,06
Eylül	440,40	0,17	102 613,20	12	0,07918	12,00	0,07918	0,40	22,19	266,31	7 989,33
Ekim	32,92	0,01	7 670,36	12	0,00573	12,00	0,00573	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	860 806,85						202,51	1 772,39	54 324,45
Elde Edilen Enerji Geliri									**$19,44**	**$170,15**	**$5 215,15**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
860 806,85	**0,36000**	**174,06**	**664,20**	**115611,14**	**$11 098,67**
			Toplam		**$16 313,82**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Çizelge 4.10 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %40'ı olduğu durumda enerji üretimi

% 40 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	16 921,39	12	0,01264	12,00	0,01264	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	92 722,82	12	0,07155	12,00	0,07155	0,20	10,03	120,32	3 609,64
Temmuz	1 351,29	0,50	251 880,46	12	0,18808	6,27	0,36000	0,30	39,54	247,88	7 684,39
Ağustos	1 281,62	0,48	238 893,97	12	0,17839	5,95	0,36000	0,30	37,50	222,98	6 912,43
Eylül	440,40	0,17	82 090,56	12	0,06334	12,00	0,06334	0,10	4,44	53,26	1 597,87
Ekim	32,92	0,01	6 136,29	12	0,00458	12,00	0,00458	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	688 645,48						91,50	644,45	19 804,33
Elde Edilen Enerji Geliri									**$8,78**	**$61,87**	**$1 901,22**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 032 968,22	**0,36000**	**174,06**	**797,04**	**138733,37**	**$13 318,40**
			Toplam		**$15 219,62**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Çizelge 4.11 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %30'u olduğu durumda enerji üretimi

% 30 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	12 691,04	12	0,00948	12,00	0,00948	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	69 542,11	12	0,05366	12,00	0,05366	0,00	0,00	0,00	0,00
Temmuz	1 351,29	0,50	188 910,34	12	0,14106	4,70	0,36000	0,69	68,20	320,70	9 941,68
Ağustos	1 281,62	0,48	179 170,48	12	0,13379	4,46	0,36000	0,69	64,69	288,48	8 942,96
Eylül	440,40	0,17	61 567,92	12	0,04751	12,00	0,04751	0,00	0,00	0,00	0,00
Ekim	32,92	0,01	4 602,22	12	0,00344	12,00	0,00344	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	516 484,11						132,89	609,18	18 884,64
Elde Edilen Enerji Geliri									**$12,76**	**$58,48**	**$1 812,93**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 205 129,59	**0,36000**	**174,06**	**929,88**	**161855,60**	**$15 538,14**
			Toplam		**$17 351,06**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Debi 250 kW kapasiteli PAT için çok düşük olduğu için, 110 kW kapasiteli PAT'a geçilerek daha yüksek verim değerinde üretim sağlanıyor.

Çizelge 4.12 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %20'si olduğu durumda enerji üretimi

% 20 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	8 460,70	12	0,00632	12,00	0,00632	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	46 361,41	12	0,03577	12,00	0,03577	0,00	0,00	0,00	0,00
Temmuz	1 351,29	0,50	125 940,23	12	0,09404	3,13	0,36000	0,47	30,97	97,09	3 009,72
Ağustos	1 281,62	0,48	119 446,98	12	0,08919	2,97	0,36000	0,47	29,37	87,33	2 707,37
Eylül	440,40	0,17	41 045,28	12	0,03167	12,00	0,03167	0,00	0,00	0,00	0,00
Ekim	32,92	0,01	3 068,14	12	0,00229	12,00	0,00229	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	344 322,74						60,35	184,42	5 717,09
Elde Edilen Enerji Geliri									**$5,79**	**$17,70**	**$548,84**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 377 290,96	**0,36000**	**174,06**	**1062,72**	**184977,83**	**$17 757,87**
			Toplam		**$18 306,71**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Debi 250 kW kapasiteli PAT için çok düşük olduğu için, 110 kW kapasiteli PAT'a geçilerek daha yüksek verim değerinde üretim sağlanıyor.

Çizelge 4.13 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %10'u olduğu durumda enerji üretimi

% 10 Ekilen Sulama Alanına Göre PAT İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü (l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi (m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	PAT verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	4 230,35	12	0,00316	12,00	0,00316	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
Haziran	497,44	0,19	23 180,70	12	0,01789	12,00	0,01789	0,00	0,00	0,00	0,00
Temmuz	1 351,29	0,50	62 970,11	12	0,04702	1,57	0,36000	0,00	0,00	0,00	0,00
Ağustos	1 281,62	0,48	59 723,49	12	0,04460	1,49	0,36000	0,00	0,00	0,00	0,00
Eylül	440,40	0,17	20 522,64	12	0,01584	12,00	0,01584	0,00	0,00	0,00	0,00
Ekim	32,92	0,01	1 534,07	12	0,00115	12,00	0,00115	0,00	Bu Debilerde Pat Verimi 0,00		
	3 694,45	1,38	172 161,37						0,00	0,00	0,00
Elde Edilen Enerji Geliri									**$0,00**	**$0,00**	**$0,00**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat						
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**		
1 549 452,33	**0,36000**	**174,06**	**1195,57**	**208100,06**	**$19 977,61**	
Toplam					**$19 977,61**	

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücreti, Yerli Türbin (0,013 $) ve Yerli Jeneratör ve Güç Elektroniği(0,01 $) Yerli Katkı İlavesi eklenerek, 0,096 $ olarak alınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

PAT Verimi Firmanın 130 kW Kapasiteli PAT İçin Tedarik Ettiği Grafikten Yola Çıkarak, Enterpolasyonla Farklı Debiler İçin Farklı Farklı Değerler Yazılmıştır.

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda ortaya çıkan üretilen enerjinin parasal değeri Çizelge 4.14'te özetlenmiştir. Bu hesaplamalara göre en düşük enerji üretimi sulama sahasının % 40'ı ekli-dikili olduğu durumda meydana gelirken, en yüksek enerji üretimi ise sulama sahasının % 90'ının ekili dikili olduğu durumda gerçekleşmektedir. % 90 ekim-dikim oranından % 40 ekim dikim oranına doğru enerji üretiminde gerileme yaşanırken, % 40 ekim-dikim oranından % 10 ekim-dikim oranına doğru gidildikçe bu durumda üretilen enerji miktarının arttığı görülebilmektedir.

PAT ile enerji üretiminin en büyük handikapı hem veriminin türbinlere nazaran düşük olması, hem de değişen debi ile veriminin çok sert bir şekilde değişiyor olmasıdır. Çizelge 4.4 - Çizelge 4.13 incelendiğinde debi ile birlikte PAT veriminin çok fazla bir şekilde düştüğü net bir şekilde görülebilmektedir. Verim değerini maksimumda tutabilmek amacıyla % 100 - % 40 ekim dikim oranı olan zamanlarda (Haziran ve Mayıs ayları) 110 kW kapasiteli PAT kullanılarak düşük debilerde maksimum verimden faydalanılmıştır. Ayrıca % 30 ve % 20 ekim dikim oranlarında debinin 250 kW kapasiteli PAT için çok düşük olması nedeniyle, Temmuz ve Ağustos aylarında dahi 110 kW PAT'ın kullanılmasına karar verilmiştir. Bu sayede ise 250 kW PAT ile ulaşılamayacak verimler 110 kW PAT ile elde edilmiştir.

Düşünüldüğünde yılda aynı miktarda suyun PAT'tan geçirilmesine karşı, farklı değerler elde edilmesinin iki nedeni vardır. İlk neden PAT'ın debi ile verimin çok fazla düşmesi, ikinci neden ise sezon sonunda PAT'ta kullanılması düşünülen sulama ile tüketilmemiş gölet aktif hacminin, optimum debi ile PAT'ta kullanılmasıdır. Bu nedenlerden ötürü % 70 ekili-dikili durumunda öngörülen enerji üretimi ile % 10 ekili dikili durumda üretilen enerji birbirine bu kadar yakındır. Aynı zamanda % 40 ekili dikili durumda en düşük üretimin gerçekleşmesinin sebebi ise suyun debisinin düşmesinden kaynaklı olarak, PAT veriminin de minimum seviyeye gelmesidir. Öyle ki geri kalan % 60'lık aktif hacim kullanıldıktan sonra dahi toplam üretim, tablodaki en düşük değeri oluşturmuştur.

Çizelge 4.14 PAT kullanılarak üretilebilecek enerjinin parasal karşılığı

Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun PAT'ta değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,69)	PAT toplam gelir
100	$21 454,23	$0,00	$21 454,23
90	$19 308,80	$2 219,75	$21 528,55
80	$17 071,34	$4 439,49	$21 510,83
70	$13 106,75	$6 659,20	$19 765,95
60	$9 038,66	$8 878,94	$17 917,60
50	$5 215,15	$11 098,67	$16 313,82
40	$1 901,22	$13 318,40	$15 219,62
30	$1 812,93	$15 538,14	$17 351,06
20	$548,84	$17 757,87	$18 306,71
10	$0,00	$19 977,61	$19 977,61

4.1.5 Türbin kullanılarak üretilebilecek enerji hesaplamaları

Her ne kadar türbin verim değerleri PAT'a nazaran yüksek olsa da burada türbin için en büyük handikap, PAT ekipmanının yerli olmasından kaynaklanan + 0.023 $ değerindeki katkı payıdır. Türbin kullanılarak üretilebilecek enerji ve değeri Çizelge 4.15 - Çizelge 4.24'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.15 Ekim - Dikim oranının sulama sahasına eşit olduğu durumda enerji üretimi

Optimum İşletme Koşullarında Türbin İle Üretilebilecek Enerji											
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı			Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri			kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	42 303,48	12	0,03159	12,00	0,03159	0,30	6,64	79,69	2 470,27
Haziran	497,44	0,19	231 807,04	12	0,17886	12,00	0,17886	0,67	83,97	1 007,69	30 230,73
Temmuz	1 351,29	0,50	629 701,14	12	0,47021	15,67	0,36000	0,79	199,29	3 123,54	96 829,73
Ağustos	1 281,62	0,48	597 234,92	12	0,44596	14,87	0,36000	0,79	199,29	2 962,50	91 837,37
Eylül	440,40	0,17	205 226,40	12	0,15835	12,00	0,15835	0,63	69,91	838,88	25 166,39
Ekim	32,92	0,01	15 340,72	12	0,01146	12,00	0,01146	0,10	0,80	9,63	298,60
	3 694,45	1,38	1 721 613,70						553,26	7 942,24	246 833,09
Elde Edilen Enerji Geliri									**$40,39**	**$579,78**	**$18 018,82**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.16 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %90'ı olduğu durumda enerji üretimi

% 90 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Süresi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jeneratör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	38 073,13	12	0,02843	12,00	0,02843	0,30	5,98	71,72	2 223,24
Haziran	497,44	0,19	208 626,34	12	0,16098	12,00	0,16098	0,63	71,06	852,78	25 583,32
Temmuz	1 351,29	0,50	566 731,03	12	0,42319	14,11	0,36000	0,79	199,29	2 811,19	87 146,76
Ağustos	1 281,62	0,48	537 511,43	12	0,40137	13,38	0,36000	0,79	199,29	2 666,25	82 653,63
Eylül	440,40	0,17	184 703,76	12	0,14252	12,00	0,14252	0,60	59,92	719,04	21 571,19
Ekim	32,92	0,01	13 806,65	12	0,01031	12,00	0,01031	0,10	0,72	8,67	260,07
	3 694,45	1,38	1 549 452,33						530,28	7 057,92	217 214,97
Elde Edilen Enerji Geliri									**$38,71**	**$515,23**	**$15 856,69**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
172 161,37	**0,36000**	**199,29**	**132,84**	**26473,41**	**$1 932,56**
			Toplam		**$17 789,25**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.17 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %80'i olduğu durumda enerji üretimi

% 80 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613.7	m3	0.9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90.78	0.03	33 842.78	12	0.02527	12.00	0.02527	0.27	4.78	57.37	1 721.22
Haziran	497.44	0.19	185 445.63	12	0.14309	12.00	0.14309	0.60	60.16	721.93	21 657.83
Temmuz	1 351.29	0.50	503 760.91	12	0.37617	12.54	0.36000	0.79	199.29	2 498.83	77 463.79
Ağustos	1 281.62	0.48	477 787.94	12	0.35677	12.00	0.36000	0.79	199.29	2 391.45	73 469.90
Eylül	440.40	0.17	164 181.12	12	0.12668	12.00	0.12668	0.55	48.82	585.88	17 576.53
Ekim	32.92	0.01	12 272.58	12	0.00916	12.00	0.00916	0.00	0.00	0.00	0.00
	3 694.45	1.38	1 377 290.96						507.56	6 198.09	191 889.26
Elde Edilen Enerji Geliri									**$37.05**	**$452.46**	**$14 007.92**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
344 322.74	**0.36000**	**199.29**	**265.68**	**52946.83**	**$3 865.12**
			Toplam		**$17 873.03**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.18 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %70'i olduğu durumda enerji üretimi

% 70 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	29 612,44	12	0,02211	12,00	0,02211	0,23	3,56	42,76	1 282,95
Haziran	497,44	0,19	162 264,93	12	0,12520	12,00	0,12520	0,54	47,38	568,52	17 055,54
Temmuz	1 351,29	0,50	440 790,80	12	0,32914	10,97	0,36000	0,78	179,90	1 973,77	61 186,96
Ağustos	1 281,62	0,48	418 064,44	12	0,31217	10,41	0,36000	0,78	170,62	1 775,49	55 040,24
Eylül	440,40	0,17	143 658,48	12	0,11085	12,00	0,11085	0,52	40,39	484,69	14 540,58
Ekim	32,92	0,01	10 738,50	12	0,00802	12,00	0,00802	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	1 205 129,59						438,29	4 802,47	149 106,27
Elde Edilen Enerji Geliri									**$32,00**	**$350,58**	**$10 884,76**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
516 484,11	**0,36000**	**199,29**	**398,52**	**79420,24**	**$5 797,68**
			Toplam		**$16 682,44**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.19 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %60'ı olduğu durumda enerji üretimi

% 60 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	25 382,09	12	0,01895	12,00	0,01895	0,20	2,66	31,87	956,23
Haziran	497,44	0,19	139 084,22	12	0,10732	12,00	0,10732	0,50	37,60	451,20	13 536,15
Temmuz	1 351,29	0,50	377 820,68	12	0,28212	9,40	0,36000	0,76	150,25	1 412,94	43 801,02
Ağustos	1 281,62	0,48	358 340,95	12	0,26758	8,92	0,36000	0,75	140,62	1 254,27	38 882,43
Eylül	440,40	0,17	123 135,84	12	0,09501	12,00	0,09501	0,46	30,63	367,51	11 025,28
Ekim	32,92	0,01	9 204,43	12	0,00687	12,00	0,00687	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	1 032 968,22						359,10	3 485,92	108 201,11
Elde Edilen Enerji Geliri									**$26,21**	**$254,47**	**$7 898,68**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
688 645,48	**0,36000**	**199,29**	**531,36**	**105893,66**	**$7 730,24**
			Toplam		**$15 628,92**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.20 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %50'si olduğu durumda enerji üretimi

% 50 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	21 151,74	12	0,01579	12,00	0,01579	0,15	1,66	19,92	597,65
Haziran	497,44	0,19	115 903,52	12	0,08943	12,00	0,08943	0,43	26,95	323,36	9 700,90
Temmuz	1 351,29	0,50	314 850,57	12	0,23510	7,84	0,36000	0,72	118,62	929,56	28 816,46
Ağustos	1 281,62	0,48	298 617,46	12	0,22298	7,43	0,36000	0,71	110,94	824,57	25 561,60
Eylül	440,40	0,17	102 613,20	12	0,07918	12,00	0,07918	0,40	22,19	266,31	7 989,33
Ekim	32,92	0,01	7 670,36	12	0,00573	12,00	0,00573	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	860 806,85						278,69	2 343,81	72 665,94
Elde Edilen Enerji Geliri									**$20,34**	**$171,10**	**$5 304,61**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
860 806,85	**0,36000**	**199,29**	**664,20**	**132367,07**	**$9 662,80**
			Toplam		**$14 967,41**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.21 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %40'ı olduğu durumda enerji üretimi

% 40 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	16 921,39	12	0,01264	12,00	0,01264	0,10	0,89	10,62	318,74
Haziran	497,44	0,19	92 722,82	12	0,07155	12,00	0,07155	0,40	20,05	240,64	7 219,28
Temmuz	1 351,29	0,50	251 880,46	12	0,18808	6,27	0,36000	0,67	88,30	553,61	17 161,80
Ağustos	1 281,62	0,48	238 893,97	12	0,17839	5,95	0,36000	0,66	82,50	490,56	15 207,35
Eylül	440,40	0,17	82 090,56	12	0,06334	12,00	0,06334	0,38	16,87	202,40	6 071,89
Ekim	32,92	0,01	6 136,29	12	0,00458	12,00	0,00458	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	688 645,48						207,72	1 487,21	45 979,07
Elde Edilen Enerji Geliri									**$15,16**	**$108,57**	**$3 356,47**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 032 968,22	**0,36000**	**199,29**	**797,04**	**158840,49**	**$11 595,36**
			Toplam		**$14 951,83**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.22 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %30'u olduğu durumda enerji üretimi

% 30 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	12 691,04	12	0,00948	12,00	0,00948	0,00	0,00	0,00	0,00
Haziran	497,44	0,19	69 542,11	12	0,05366	12,00	0,05366	0,36	13,54	162,43	4 873,01
Temmuz	1 351,29	0,50	188 910,34	12	0,14106	4,70	0,36000	0,60	59,31	278,87	8 644,94
Ağustos	1 281,62	0,48	179 170,48	12	0,13379	4,46	0,36000	0,56	52,50	234,13	7 258,05
Eylül	440,40	0,17	61 567,92	12	0,04751	12,00	0,04751	0,33	10,99	131,82	3 954,72
Ekim	32,92	0,01	4 602,22	12	0,00344	12,00	0,00344	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	516 484,11						136,33	807,26	24 730,72
Elde Edilen Enerji Geliri									**$9,95**	**$58,93**	**$1 805,34**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 205 129,59	**0,36000**	**199,29**	**929,88**	**185313,90**	**$13 527,91**
			Toplam		**$15 333,26**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.23 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %20'si olduğu durumda enerji üretimi

% 20 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	8 460,70	12	0,00632	12,00	0,00632	0,00	0,00	0,00	0,00
Haziran	497,44	0,19	46 361,41	12	0,03577	12,00	0,03577	0,32	8,02	96,26	2 887,71
Temmuz	1 351,29	0,50	125 940,23	12	0,09404	3,13	0,36000	0,45	29,65	92,96	2 881,65
Ağustos	1 281,62	0,48	119 446,98	12	0,08919	2,97	0,36000	0,43	26,87	79,90	2 476,95
Eylül	440,40	0,17	41 045,28	12	0,03167	12,00	0,03167	0,30	6,66	79,89	2 396,80
Ekim	32,92	0,01	3 068,14	12	0,00229	12,00	0,00229	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	344 322,74						71,21	349,01	10 643,11
Elde Edilen Enerji Geliri									**$5,20**	**$25,48**	**$776,95**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 377 290,96	**0,36000**	**199,29**	**1062,72**	**211787,32**	**$15 460,47**
			Toplam		**$16 237,42**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Çizelge 4.24 Ekim - Dikim oranının sulama sahasının %10'u olduğu durumda enerji üretimi

% 10 Ekilen Sulama Alanına Göre Türbin+Jeneratör İle Üretilebilecek Enerji							Aktif Acim:		1721613,7	m3	0,9
Sulama yapılan aylar	Sulama suyu ihtiyacı (m^3/s)	Sulama modülü(l/s/ha)	Alan X SSİ ((2) x 419,4 ha)	Günlük Sulama Sürelesi Hesabı					Saatlik / Günlük / Sezonluk (kW)		
				Günde sulama yapılacak saat	12 Saate göre debi(m^3/s)	Max debi 0,36 m^3/s'ye göre sulama süreleri	Revize debi miktarları (m^3/s)	Türbin+jenerat ör verimi	kW/Saat	kW/Gun	kW/Sezon
Mayıs	90,78	0,03	4 230,35	12	0,00316	12,00	0,00316	0,00	0,00	0,00	0,00
Haziran	497,44	0,19	23 180,70	12	0,01789	12,00	0,01789	0,10	1,25	15,04	451,20
Temmuz	1 351,29	0,50	62 970,11	12	0,04702	1,57	0,36000	0,36	11,86	18,59	576,33
Ağustos	1 281,62	0,48	59 723,49	12	0,04460	1,49	0,36000	0,35	10,94	16,26	504,03
Eylül	440,40	0,17	20 522,64	12	0,01584	12,00	0,01584	0,10	1,11	13,32	399,47
Ekim	32,92	0,01	1 534,07	12	0,00115	12,00	0,00115	0,00	0,00	0,00	0,00
	3 694,45	1,38	172 161,37						25,16	63,21	1 931,03
Elde Edilen Enerji Geliri									**$1,84**	**$4,61**	**$140,97**

Arta kalan Suyun Kullanımı İle Elde Edilecek Olan Güç ve Getirisi:Geri Kalan Su Miktarı/Maks.Debi/3600*kW Saat					
Geriye Kalan Su	**Maks.Kapasite**	**kW Saat**	**Suyun Kaç Saatte Boşalacağı**	**Elde Edilen kW**	
1 549 452,33	**0,36000**	**199,29**	**1195,57**	**238260,73**	**$17 393,03**
			Toplam		**$17 534,00**

Not: 0,073 $ olan kW/h Ücretialınmıştır. (29/12/2010 tarihli ve 6094 sayılı Kanunun hükmüdür. YEKDEM Baz Fiyatları Cetvel 1 ve Yerli Aksamlar Cetvel 2)

Türbin+Generatör Verimi Firmanın Tedarik Ettiği Grafikten Değişik Debiler İçin Farklı Farklı Okunarak Alınmıştır.

Türbin kullanmayla elde edilebilecek enerjinin maddi karşılığı Çizelge 4.25'te verilmiştir. Bu kapsamda ekim-dikim oranı % 100'den % 10'a kadar olan sulama sahalarında üretilebilecek enerji hesaplanmıştır.

Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere PAT yerli üretim olduğu için üretilen elektriğin kW satış fiyatı 0.096 $ iken, ithal olan türbin de satış fiyatı 0.073 $'dır. Bu durum verim değerleri karşılaştırıldığında aradaki kW ücret farkının çok yüksek olduğunu göstermektedir. Türbin ile üretimin (optimum koşullarda ve elimizdeki türbin değerleri doğrultusunda) hem verim değeri bakımında PAT'ın 1.145 katı olması (0.69 PAT-0.79 Türbin+Jeneratör) hem de türbin ile üretilen enerjinin % 24 daha ucuza satılabilmesi, değerlendirilen proje için, PAT ve türbin ile üretilebilen enerji miktarlarının ve satışından elde edilebilecek gelir miktarları arasındaki farkı azaltmıştır.

Çizelge 4.25 Türbin kullanılarak üretilebilecek enerjinin parasal karşılığı

Sulanan Saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun türbinde değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,79)	Türbin toplam geliri (kw Bedeli 0,073$)	Türbin toplam geliri (kw Bedeli 0,096$)
100	$18 018,82	$0,00	$18 018,82	$23 695,98
90	$15 856,69	$1 932,56	$17 789,25	$23 394,09
80	$14 007,92	$3 865,12	$17 873,03	$23 504,26
70	$10 884,76	$5 797,68	$16 682,44	$21 938,54
60	$7 898,68	$7 730,24	$15 628,92	$20 553,10
50	$5 304,61	$9 662,80	$14 967,41	$19 683,17
40	$3 356,47	$11 595,36	$14 951,83	$19 662,68
30	$1 805,34	$13 527,91	$15 333,26	$20 164,28
20	$776,95	$15 460,47	$16 237,42	$21 353,32
10	$140,97	$17 393,03	$17 534,00	$23 058,41

4.2 Ekonomik Analiz

4.2.1 Bugünkü değer yöntemi / Fayda masraf oranı

Projenin kabul edilen ekonomik ömrü boyunca, bütün getirileri ve masrafları hesaplanmış ve fayda masraf oranı belirlenmiştir. Bu kapsamda faiz oranı 0.095, yıllık işletme bakım masrafı 0.015 olarak alınmıştır (Alparslan, 1985).

Sulama aranı ekim-dikim oranı % 10'dan % 100'e kadar bütün sulama oranları için yapılacak bütün masraf ve getiriler bugüne indirgenerek, fayda masraf oranları hesaplanmıştır.

4.2.1.1 PAT kullanılması durumunda fayda masraf oranı

Projede kullanılması öngörülen PAT fiyatları, teknik destek, montaj ve bütün elektronik kontrol üniteleri ile birlikte 110 kW kapasite için 60 000 Euro (68 026 $, 26.06.2019 Euro/Dolar=1.137727) ve 250 kW kapasite için 90 000 Euro (102 040 $, 26.06.2019 Euro/Dolar=1.137727)'dur. Toplam 170 659 $ olan bu fiyat % 5 bilinmeyen masraflarla birlikte 179 192 $ olmaktadır. Tesisin (PAT ömrü 25 yıl, gölet ekonomik ömrü ise 50 yıl alınmıştır) ekonomik ömrü 25 yıl olarak alınmıştır. Bu kapsamda % 100 ekim dikim oranına göre yapılan fayda masraf hesap tablosu Çizelge 4.26'da örnek olarak verilmiştir. Diğer ekim dikim oranları için de aynı tablo tekrardan verilmemiş ancak her oran için hazırlanan özet değerler Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.26 Yüzde 100 Ekim-Dikim oranında PAT Fayda/Masraf hesap tablosu

Yıl	Giderler			Enerji Gelirleri	Bugünkü Değer	
	Proje Bedeli (ABD $)	İşletme ve Bakım (ABD $)	Toplam (ABD $)	(ABD $)	Giderler (ABD $)	Gelirler (ABD $)
	(1)	**(2)**	**(3)=(1)+(2)**	**(4)**	**(3)/1.095^n**	**(4)/1.095^n**
1	179 192		179 192	21 454	163 646	19 593
2	0	2 688	2 688	21 454	2 242	17 893
3	0	2 688	2 688	21 454	2 047	16 341
4	0	2 688	2 688	21 454	1 870	14 923
5	0	2 688	2 688	21 454	1 707	13 628
6	0	2 688	2 688	21 454	1 559	12 446
7	0	2 688	2 688	21 454	1 424	11 366
8	0	2 688	2 688	21 454	1 300	10 380
9	0	2 688	2 688	21 454	1 188	9 480
10	0	2 688	2 688	21 454	1 085	8 657
11	0	2 688	2 688	21 454	991	7 906
12	0	2 688	2 688	21 454	905	7 220
13	0	2 688	2 688	21 454	826	6 594
14	0	2 688	2 688	21 454	754	6 022
15	0	2 688	2 688	21 454	689	5 499
16	0	2 688	2 688	21 454	629	5 022
17	0	2 688	2 688	21 454	575	4 586
18	0	2 688	2 688	21 454	525	4 189
19	0	2 688	2 688	21 454	479	3 825
20	0	2 688	2 688	21 454	438	3 493
21	0	2 688	2 688	21 454	400	3 190
22	0	2 688	2 688	21 454	365	2 913
23	0	2 688	2 688	21 454	333	2 661
24	0	2 688	2 688	21 454	304	2 430
25	0	2 688	2 688	21 454	278	2 219
26	179 192	0	179 192	21 454	16 926	2 026
27	0	2 688	2 688	21 454	232	1 851
28	0	2 688	2 688	21 454	212	1 690
29	0	2 688	2 688	21 454	193	1 543
30	0	2 688	2 688	21 454	177	1 410
31	0	2 688	2 688	21 454	161	1 287
32	0	2 688	2 688	21 454	147	1 176
33	0	2 688	2 688	21 454	135	1 074
34	0	2 688	2 688	21 454	123	980
35	0	2 688	2 688	21 454	112	895
36	0	2 688	2 688	21 454	102	818
37	0	2 688	2 688	21 454	94	747
38	0	2 688	2 688	21 454	85	682
39	0	2 688	2 688	21 454	78	623
40	0	2 688	2 688	21 454	71	569
41	0	2 688	2 688	21 454	65	519
42	0	2 688	2 688	21 454	59	474
43	0	2 688	2 688	21 454	54	433
44	0	2 688	2 688	21 454	50	396
45	0	2 688	2 688	21 454	45	361
46	0	2 688	2 688	21 454	41	330
47	0	2 688	2 688	21 454	38	301
48	0	2 688	2 688	21 454	34	275
49	0	2 688	2 688	21 454	31	251
50	0	2 688	2 688	21 454	29	230
51	0		0		0	0
52	0		0		0	0
53	0		0		0	0
					205 854	**223 418**

Toplam Gelir/Toplam Gider = 1,085

Çizelge 4.27 Bütün ekim-dikim oranlarına göre hazırlanan Fayda / Masraf oranları özet tablosu (PAT)

				Bugünkü Değer Yöntemi f=%9,5		
Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun PAT'ta değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,69)	PAT toplam gelir	İndirgenmiş giderler	İndirgenmiş gelirler	Fayda / Masraf oranı
100	$21 454,23	$0,00	$21 454,23	$205 854,00	$223 418,00	**1,085**
90	$19 308,80	$2 219,75	$21 528,55	$205 854,00	$224 854,00	**1,092**
80	$17 071,34	$4 439,49	$21 510,83	$205 854,00	$224 008,00	**1,088**
70	$13 106,75	$6 659,20	$19 765,95	$205 854,00	$205 837,00	**1,000**
60	$9 038,66	$8 878,94	$17 917,60	$205 854,00	$186 589,00	0,906
50	$5 215,15	$11 098,67	$16 313,82	$205 854,00	$169 887,00	0,825
40	$1 901,22	$13 318,40	$15 219,62	$205 854,00	$158 493,00	0,770
30	$1 812,93	$15 538,14	$17 351,06	$205 854,00	$180 689,00	0,878
20	$548,84	$17 757,87	$18 306,71	$205 854,00	$190 641,00	0,926
10	$0,00	$19 977,61	$19 977,61	$205 854,00	$208 041,00	**1,011**

Yatırımlar, fayda masraf oranı 5 ile 10 arasında olduğu zaman çok karlı, 1'in üzerinde olduğu zaman da değerlendirilebilir olarak nitelendirilebilirler. Çizelge 4.27, göletlerde basınç kırıcı vana yerine PAT kullanılması durumunda yapılan yatırımın ekonomik analiz sonuçlarını göstermektedir. Varılan sonuçlara göre fayda-masraf oranı 1 ve 1'in üzerinde gerçekleşen % 100, % 90, % 80, % 70 ve % 10 ekim dikim oranlarında proje değerlendirilebilir olarak görülmektedir.

4.2.1.2 Türbin kullanılması durumunda fayda masraf oranı

Projede kullanılması öngörülen türbin fiyatı, teknik destek, montaj ve bütün elektronik kontrol üniteleri ile birlikte 533 000 $ tutarındadır. Bu fiyat % 5 bilinmeyen masraflarla birlikte 559 650 $ olmaktadır. Tesisin ekonomik ömrü 25 (Türbin ekipmanları ömrü 25 yıl, gölet ekonomik ömrü ise 50 yıl alınmıştır) yıl olarak alınmıştır. Bu kapsamda % 100 ekim dikim oranına göre yapılan fayda masraf hesap tablosu Çizelge 4.28'da örnek olarak verilmiştir. Diğer ekim dikim oranları için de aynı tablo tekrardan verilmemiş ancak her oran için hazırlanan özet değerler Çizelge 4.29'de verilmiştir.

Çizelge 4.28 % 100 Ekim-Dikim oranında Türbin Fayda / Masraf hesap tablosu

Yıl	Giderler			Enerji Gelirleri	Bugünkü Değer	
	Proje Bedeli (ABD $)	İşletme ve Bakım (ABD $)	Toplam (ABD $)	(ABD $)	Giderler (ABD $)	Gelirler (ABD $)
	(1)	**(2)**	**(3)=(1)+(2)**	**(4)**	**(3)/1.095^n**	**(4)/1.095^n**
1	559 650		559 650	18 019	511 096	16 456
2	0	8 395	8 395	18 019	7 001	15 028
3	0	8 395	8 395	18 019	6 394	13 724
4	0	8 395	8 395	18 019	5 839	12 533
5	0	8 395	8 395	18 019	5 333	11 446
6	0	8 395	8 395	18 019	4 870	10 453
7	0	8 395	8 395	18 019	4 447	9 546
8	0	8 395	8 395	18 019	4 062	8 718
9	0	8 395	8 395	18 019	3 709	7 962
10	0	8 395	8 395	18 019	3 387	7 271
11	0	8 395	8 395	18 019	3 094	6 640
12	0	8 395	8 395	18 019	2 825	6 064
13	0	8 395	8 395	18 019	2 580	5 538
14	0	8 395	8 395	18 019	2 356	5 057
15	0	8 395	8 395	18 019	2 152	4 619
16	0	8 395	8 395	18 019	1 965	4 218
17	0	8 395	8 395	18 019	1 795	3 852
18	0	8 395	8 395	18 019	1 639	3 518
19	0	8 395	8 395	18 019	1 497	3 213
20	0	8 395	8 395	18 019	1 367	2 934
21	0	8 395	8 395	18 019	1 248	2 679
22	0	8 395	8 395	18 019	1 140	2 447
23	0	8 395	8 395	18 019	1 041	2 235
24	0	8 395	8 395	18 019	951	2 041
25	0	8 395	8 395	18 019	868	1 864
26	559 650	0	559 650	18 019	52 863	1 702
27	0	8 395	8 395	18 019	724	1 554
28	0	8 395	8 395	18 019	661	1 419
29	0	8 395	8 395	18 019	604	1 296
30	0	8 395	8 395	18 019	552	1 184
31	0	8 395	8 395	18 019	504	1 081
32	0	8 395	8 395	18 019	460	987
33	0	8 395	8 395	18 019	420	902
34	0	8 395	8 395	18 019	384	823
35	0	8 395	8 395	18 019	350	752
36	0	8 395	8 395	18 019	320	687
37	0	8 395	8 395	18 019	292	627
38	0	8 395	8 395	18 019	267	573
39	0	8 395	8 395	18 019	244	523
40	0	8 395	8 395	18 019	223	478
41	0	8 395	8 395	18 019	203	436
42	0	8 395	8 395	18 019	186	398
43	0	8 395	8 395	18 019	170	364
44	0	8 395	8 395	18 019	155	332
45	0	8 395	8 395	18 019	141	303
46	0	8 395	8 395	18 019	129	277
47	0	8 395	8 395	18 019	118	253
48	0	8 395	8 395	18 019	108	231
49	0	8 395	8 395	18 019	98	211
50	0	8 395	8 395	18 019	90	193
51	0		0		0	0
52	0		0		0	0
53	0		0		0	0
					642 920	**187 643**

Toplam Gelir/Toplam Gider = 0,292

Çizelge 4.29 Bütün Ekim-Dikim Oranlarına göre hazırlanan Fayda / Masraf oranları özet tablosu (Türbin)

				Bugünkü Değer Yöntemi f=%9,5		
Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun türbinde değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,79)	Türbin toplam gelir	İndirgenmiş giderler	İndirgenmiş gelirler	Fayda / Masraf oranı
100	$18 018,82	$0,00	$18 018,82	$642 920,00	$187 643,00	0,2919
90	$15 856,69	$1 932,56	$17 789,25	$642 920,00	$185 252,00	0,2881
80	$14 007,92	$3 865,12	$17 873,03	$642 920,00	$186 125,00	0,2895
70	$10 884,76	$5 797,68	$16 682,44	$642 920,00	$173 726,00	0,2702
60	$7 898,68	$7 730,24	$15 628,92	$642 920,00	$162 755,00	0,2531
50	$5 304,61	$9 662,80	$14 967,41	$642 920,00	$155 866,00	0,2424
40	$3 356,47	$11 595,36	$14 951,83	$642 920,00	$155 704,00	0,2422
30	$1 805,34	$13 527,91	$15 333,26	$642 920,00	$159 676,00	0,2484
20	$776,95	$15 460,47	$16 237,42	$642 920,00	$169 092,00	0,2630
10	$140,97	$17 393,03	$17 534,00	$642 920,00	$182 594,00	0,2840

Yatırımlar, fayda masraf oranı 5 ile 10 arasında olduğu zaman çok karlı, 1'in üzerinde olduğu zaman da değerlendirilebilir olarak nitelendirilebilirler. Ancak türbin kullanarak enerji üretme durumunda, herhangi bir ekim-dikim oranında 1 değerinin üzerine çıkılamadığı ve iç karlılık oranlarının da sıfırın altında olduğu görülmektedir. Türbin tesisatının fiyatının çok yüksek olması fayda masraf oranının çok düşük çıkmasına sebep olmuştur.

Türbin için alınan kW satış değeri 0.073 $ yerine, 0.096 $ değeri kullanıldığında dahi fayda masraf oranları 1 değerini geçememektedir.

4.2.2 İç karlılık yöntemi

İç karlılık oranı net bugünkü değerin sıfıra eşit olduğu kazanç oranıdır. Yüzde olarak sonuç veren bu oranın indirgeme faiz oranından yüksek olması gerekmektedir. Tez çalışmasında faiz oranı 0.095 dir.

4.2.2.1 PAT iç karlılık oranı

Enerji üretimi için sulama tesisine entegre edilmek istenen PAT ekipmanına ait örnek hesap Çizelge 4.30'da ve her % 10'luk ekim-dikim oranı göz önünde bulundurularak hazırlanan iç karlılık oranlarına göre hazırlanmış özet ise Çizelge 4.31'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.30 PAT kullanımı içkarlılık oranı hesabı örnek tablosu

Yıl	Giderler			Gelirler	Fark	Bugünkü Değer
	Proje Bedeli (ABD Doları)	İşletme ve Bakım (ABD Doları)	Toplam (ABD Doları)	(ABD Doları)	(ABD Doları)	**IRR = 10,9%**
	(1)	**(2)**	**(3)=(1)+(2)**	**(4)**	**(5)=(4)-(3)**	**(6)**
1	179 192		179 192	21 454	-157 738	-142 228
2	0	2 688	2 688	21 454	18 766	15 257
3	0	2 688	2 688	21 454	18 766	13 757
4	0	2 688	2 688	21 454	18 766	12 404
5	0	2 688	2 688	21 454	18 766	11 185
6	0	2 688	2 688	21 454	18 766	10 085
7	0	2 688	2 688	21 454	18 766	9 093
8	0	2 688	2 688	21 454	18 766	8 199
9	0	2 688	2 688	21 454	18 766	7 393
10	0	2 688	2 688	21 454	18 766	6 666
11	0	2 688	2 688	21 454	18 766	6 011
12	0	2 688	2 688	21 454	18 766	5 420
13	0	2 688	2 688	21 454	18 766	4 887
14	0	2 688	2 688	21 454	18 766	4 406
15	0	2 688	2 688	21 454	18 766	3 973
16	0	2 688	2 688	21 454	18 766	3 582
17	0	2 688	2 688	21 454	18 766	3 230
18	0	2 688	2 688	21 454	18 766	2 912
19	0	2 688	2 688	21 454	18 766	2 626
20	0	2 688	2 688	21 454	18 766	2 368
21	0	2 688	2 688	21 454	18 766	2 135
22	0	2 688	2 688	21 454	18 766	1 925
23	0	2 688	2 688	21 454	18 766	1 736
24	0	2 688	2 688	21 454	18 766	1 565
25	0	2 688	2 688	21 454	18 766	1 411
26	179 192	0	179 192	21 454	-157 738	-10 696
27	0	2 688	2 688	21 454	18 766	1 147
28	0	2 688	2 688	21 454	18 766	1 035
29	0	2 688	2 688	21 454	18 766	933
30	0	2 688	2 688	21 454	18 766	841
31	0	2 688	2 688	21 454	18 766	758
32	0	2 688	2 688	21 454	18 766	684
33	0	2 688	2 688	21 454	18 766	617
34	0	2 688	2 688	21 454	18 766	556
35	0	2 688	2 688	21 454	18 766	501
36	0	2 688	2 688	21 454	18 766	452
37	0	2 688	2 688	21 454	18 766	408
38	0	2 688	2 688	21 454	18 766	367
39	0	2 688	2 688	21 454	18 766	331
40	0	2 688	2 688	21 454	18 766	299
41	0	2 688	2 688	21 454	18 766	269
42	0	2 688	2 688	21 454	18 766	243
43	0	2 688	2 688	21 454	18 766	219
44	0	2 688	2 688	21 454	18 766	197
45	0	2 688	2 688	21 454	18 766	178
46	0	2 688	2 688	21 454	18 766	161
47	0	2 688	2 688	21 454	18 766	145
48	0	2 688	2 688	21 454	18 766	131
49	0	2 688	2 688	21 454	18 766	118
50	0	2 688	2 688	21 454	18 766	106
51	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0
TOPLAM						**0**

Çizelge 4.31 Enerji üretimi amacıyla PAT kullanımı içkarlılık oranı hesapları özet tablosu

				Bugünkü Değer Yöntemi f=%9,5		
Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun PAT'ta değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,69)	PAT toplam gelir	İndirgenmiş giderler	İndirgenmiş gelirler	İç karlılık oranı
100	$21 454,23	$0,00	$21 454,23	$205 854,00	$223 418,00	**%0,109**
90	$19 308,80	$2 219,75	$21 528,55	$205 854,00	$224 854,00	**%0,110**
80	$17 071,34	$4 439,49	$21 510,83	$205 854,00	$224 008,00	**%0,110**
70	$13 106,75	$6 659,20	$19 765,95	$205 854,00	$205 837,00	**%0,095**
60	$9 038,66	$8 878,94	$17 917,60	$205 854,00	$186 589,00	%0,079
50	$5 215,15	$11 098,67	$16 313,82	$205 854,00	$169 887,00	%0,065
40	$1 901,22	$13 318,40	$15 219,62	$205 854,00	$158 493,00	%0,056
30	$1 812,93	$15 538,14	$17 351,06	$205 854,00	$180 689,00	%0,074
20	$548,84	$17 757,87	$18 306,71	$205 854,00	$190 641,00	%0,083
10	$0,00	$19 977,61	$19 977,61	$205 854,00	$208 041,00	**%0,097**

PAT kullanımının iç karlılık oranları incelendiğinde, elde edilen değerlerin proje için kullanılan indirgeme faiz oranı 0.095 değerini 4 farklı ekim dikim oranı için geçtiğini ve 1 oranda ise eşit olduğu görülebilir. Varılan sonuçlara göre fayda-masraf oranı 1 ve 1'in üzerinde gerçekleşen % 100, % 90, % 80, % 70 ve % 10 ekim dikim oranlarında proje değerlendirilebilir olarak görülmektedir.

4.2.2.2 Türbin kullanımı ile enerji üretilmesine ait iç karlılık oranı

Enerji üretimi için sulama tesisine entegre edilmek istenen türbin ekipmanına ait örnek hesap Çizelge 4.32'da ve her % 10'luk ekim-dikim oranı göz önünde bulundurularak hazırlanan iç karlılık oranlarına göre hazırlanmış özet ise Çizelge 4.33'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.32 Türbin kullanımın içkarlılık oranı hesabı örnek tablosu

Yıl	Giderler			Gelirler (ABD Doları)	Fark (ABD Doları)	Bugünkü Değer
	Proje Bedeli (ABD Doları)	İşletme ve Bakım (ABD Doları)	Toplam (ABD Doları)			**IRR = -5,93%**
	(1)	**(2)**	**(3)=(1)+(2)**	**(4)**	**(5)=(4)-(3)**	**(6)**
1	559 650		559 650	18 019	-541 631	-575 780
2	0	8 395	8 395	18 019	9 624	10 876
3	0	8 395	8 395	18 019	9 624	11 562
4	0	8 395	8 395	18 019	9 624	12 291
5	0	8 395	8 395	18 019	9 624	13 065
6	0	8 395	8 395	18 019	9 624	13 889
7	0	8 395	8 395	18 019	9 624	14 765
8	0	8 395	8 395	18 019	9 624	15 696
9	0	8 395	8 395	18 019	9 624	16 685
10	0	8 395	8 395	18 019	9 624	17 737
11	0	8 395	8 395	18 019	9 624	18 856
12	0	8 395	8 395	18 019	9 624	20 045
13	0	8 395	8 395	18 019	9 624	21 308
14	0	8 395	8 395	18 019	9 624	22 652
15	0	8 395	8 395	18 019	9 624	24 080
16	0	8 395	8 395	18 019	9 624	25 598
17	0	8 395	8 395	18 019	9 624	27 212
18	0	8 395	8 395	18 019	9 624	28 928
19	0	8 395	8 395	18 019	9 624	30 752
20	0	8 395	8 395	18 019	9 624	32 690
21	0	8 395	8 395	18 019	9 624	34 752
22	0	8 395	8 395	18 019	9 624	36 943
23	0	8 395	8 395	18 019	9 624	39 272
24	0	8 395	8 395	18 019	9 624	41 748
25	0	8 395	8 395	18 019	9 624	44 380
26	559 650	0	559 650	18 019	-541 631	-2 655 123
27	0	8 395	8 395	18 019	9 624	50 153
28	0	8 395	8 395	18 019	9 624	53 315
29	0	8 395	8 395	18 019	9 624	56 676
30	0	8 395	8 395	18 019	9 624	60 249
31	0	8 395	8 395	18 019	9 624	64 048
32	0	8 395	8 395	18 019	9 624	68 086
33	0	8 395	8 395	18 019	9 624	72 379
34	0	8 395	8 395	18 019	9 624	76 942
35	0	8 395	8 395	18 019	9 624	81 793
36	0	8 395	8 395	18 019	9 624	86 950
37	0	8 395	8 395	18 019	9 624	92 432
38	0	8 395	8 395	18 019	9 624	98 260
39	0	8 395	8 395	18 019	9 624	104 455
40	0	8 395	8 395	18 019	9 624	111 041
41	0	8 395	8 395	18 019	9 624	118 042
42	0	8 395	8 395	18 019	9 624	125 484
43	0	8 395	8 395	18 019	9 624	133 396
44	0	8 395	8 395	18 019	9 624	141 806
45	0	8 395	8 395	18 019	9 624	150 747
46	0	8 395	8 395	18 019	9 624	160 252
47	0	8 395	8 395	18 019	9 624	170 355
48	0	8 395	8 395	18 019	9 624	181 096
49	0	8 395	8 395	18 019	9 624	192 514
50	0	8 395	8 395	18 019	9 624	204 651
51	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0
TOPLAM						**0**

Çizelge 4.33 Enerji üretimi amacıyla türbin kullanımı içkarlılık oranı hesapları özet tablosu

				Bugünkü Değer Yöntemi f=%9,5		
Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun türbinde değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,79)	Türbin toplam gelir	İndirgenmiş giderler	İndirgenmiş gelirler	İç karlılık oranı
100	$18 018,82	$0,00	$18 018,82	$642 920,00	$187 643,00	**-%0,059**
90	$15 856,69	$1 932,56	$17 789,25	$642 920,00	$185 252,00	**-%0,061**
80	$14 007,92	$3 865,12	$17 873,03	$642 920,00	$186 125,00	**-%0,060**
70	$10 884,76	$5 797,68	$16 682,44	$642 920,00	$173 726,00	**-%0,068**
60	$7 898,68	$7 730,24	$15 628,92	$642 920,00	$162 755,00	**-%0,076**
50	$5 304,61	$9 662,80	$14 967,41	$642 920,00	$155 866,00	**-%0,082**
40	$3 356,47	$11 595,36	$14 951,83	$642 920,00	$155 704,00	**-%0,082**
30	$1 805,34	$13 527,91	$15 333,26	$642 920,00	$159 676,00	**-%0,079**
20	$776,95	$15 460,47	$16 237,42	$642 920,00	$169 092,00	**-%0,072**
10	$140,97	$17 393,03	$17 534,00	$642 920,00	$182 594,00	**-%0,063**

Türbin kullanımının iç karlılık oranları incelendiğinde, elde edilen değerlerin proje için kullanılan indirgeme faiz oranı 0.095 değerini geçemediği görülmektedir. Türbin fiyatı ve bakım masraflarının çok yüksek olması nedeniyle bütün iç karlılık oranları negatif sonuç vermiştir. Bu nedenle proje yatırıma müsait olarak düşünülemez.

4.2.3 Güncel faiz değerleri ile bugünkü değer ve iç karlılık oranları

Devlet Su İşleri, bir projeye ait fayda ve masrafların birbirleriyle karşılaştırmasını yapabilmek amacıyla, fayda ve masrafların günümüze indirgenebilmesi için sosyal iskonto oranını % 9.5 olarak alır. Bu değer;

- Cazibeli sulamalarda_____% 5
- Taşkın koruma ve kurutmalarda_____% 5
- Pompajlı sulamalarda_____% 9.5
- Hidroelektrik enerji üretiminde_____ % 9.5
- İçme, kullanma ve endüstri suyu_____% 8

olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır (Alparslan 1985). DSİ tarafından uygulanan bu değerler genel bir kabul olup bazı zamanlar serbest piyasa ekonomisi ile uyuşamayabilmektedir. 4.2. bölümünde yapılan hesaplamalar, kamu bankalarının dolara uyguladığı yıllık faiz oranı (28.06.2019 itibariyle % 2.85) üzerinden tekrar hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.34 ve 4.35'de özet olarak verilmiştir.

Çizelge 4.34 PAT ekipmanı bugünkü değer ve iç karlılık oranının % 2.85 değerine göre yapılan hesaplarına dair özet tablosu

Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun PAT'ta değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,69)	PAT toplam gelir	İndirgenmiş giderler	İndirgenmiş gelirler	Fayda / Masraf oranı	İç karlılık oranı
100	$21 454,23	$0,00	$21 454,23	$327 790,00	$568 086,00	**1,733**	**%0,109**
90	$19 308,80	$2 219,75	$21 528,55	$327 790,00	$570 054,00	**1,739**	**%0,110**
80	$17 071,34	$4 439,49	$21 510,83	$327 790,00	$569 585,00	**1,738**	**%0,110**
70	$13 106,75	$6 659,20	$19 765,95	$327 790,00	$523 382,00	**1,597**	**%0,095**
60	$9 038,66	$8 878,94	$17 917,60	$327 790,00	$474 439,00	**1,447**	**%0,079**
50	$5 215,15	$11 098,67	$16 313,82	$327 790,00	$431 973,00	**1,318**	**%0,065**
40	$1 901,22	$13 318,40	$15 219,62	$327 790,00	$403 000,00	**1,229**	**%0,056**
30	$1 812,93	$15 538,14	$17 351,06	$327 790,00	$459 438,00	**1,402**	**%0,074**
20	$548,84	$17 757,87	$18 306,71	$327 790,00	$484 743,00	**1,479**	**%0,083**
10	$0,00	$19 977,61	$19 977,61	$327 790,00	$528 986,00	**1,614**	**%0,097**

* Kamu bankalarının 28.06.2019 tarihi itibariyle dovize uyguladığı yıllık faiz oranıdır.

Hesaplamalarda güncel faiz oranı olan % 2.85 in alınması fayda masraf oranlarında çok ciddi bir artış olmasını sağlamıştır. Basit bir karşılaştırma yapmak için, en yüksek gelir veren % 90 ekim dikim oranında faiz oranı % 9.5 uygulandığı zaman F/M oranı 1.092, faiz oranı düşürülerek % 2.85 kullanıldığında ise F/M oranı 1.739 çıkmaktadır.

En düşük % 40 ekim dikim oranında 0.77 çıkan fayda masraf oranı, % 2.85 faiz oranı uygulandığında 1.229 değerine çıkarak, yatırım açısından değerlendirilebilir sınıfına yükselmektedir.

Çizelge 4.35 Türbin ekipmanı bugünkü değer ve iç karlılık oranının % 2.85 değerine göre yapılan hesaplarına dair özet tablosu

Sulanan saha/Sulama sahası (%)	Sulamada kullanılan suyun türbinde değerlendirilmesi ile elde edilen gelir	Kullanılmayan aktif hacmin sezon sonunda kullanılmasıyla elde edilen gelir(Verim=0,79)	Türbin toplam gelir	İndirgenmiş giderler	İndirgenmiş gelirler	Fayda / Masraf oranı	İç karlılık oranı
100	$18 018,82	$0,00	$18 018,82	$1 023 750,00	$477 120,00	0,4661	**-%0,059**
90	$15 856,69	$1 932,56	$17 789,25	$1 023 750,00	$471 041,00	0,4601	**-%0,061**
80	$14 007,92	$3 865,12	$17 873,03	$1 023 750,00	$473 259,00	0,4623	**-%0,060**
70	$10 884,76	$5 797,68	$16 682,44	$1 023 750,00	$441 734,00	0,4315	**-%0,068**
60	$7 898,68	$7 730,24	$15 628,92	$1 023 750,00	$413 838,00	0,4042	**-%0,076**
50	$5 304,61	$9 662,80	$14 967,41	$1 023 750,00	$396 322,00	0,3871	**-%0,082**
40	$3 356,47	$11 595,36	$14 951,83	$1 023 750,00	$395 909,00	0,3867	**-%0,082**
30	$1 805,34	$13 527,91	$15 333,26	$1 023 750,00	$406 009,00	0,3966	**-%0,079**
20	$776,95	$15 460,47	$16 237,42	$1 023 750,00	$429 950,00	0,4200	**-%0,072**
10	$140,97	$17 393,03	$17 534,00	$1 023 750,00	$464 282,00	0,4535	**-%0,063**

* Kamu bankalarının 28.06.2019 tarihi itibariyle dovize uyguladığı yıllık faiz oranıdır.

Hesaplarda uygulanan % 2.85 faiz oranı fayda masraf oranlarında çok ciddi bir artış olmasını sağlamıştır. Örneğin en yüksek üretimin olması planlanan % 100 ekim dikim oranında F/M oranı 0.29 değerinden 0.47 değerine yükselmiştir. Aynı şekilde en düşük üretimin beklendiği % 40 ekim dikim oranında ise M/F oranı 0.2422 değerinden 0.3867 değerine yükselmiştir. Her ne kadar türbin ilk yatırım maliyetinin yüksekliğinden ötürü faiz düşürüldüğünde dahi proje yatırım için değerlendirilebilir sınıfına yükselemese de, faiz değerinin ekonomik analizlerde gelir ve giderleri nasıl etkilediği bu örnekte çok net bir şekilde görülebilmektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Küresel ölçekte endüstrileşme ve teknoloji, içinde bulunduğumuz yüzyıl içerisinde şimdiye kadar hiç olmadığı kadar insan yaşamının içine dahil olmuştur. Bu gelişme ise direkt olarak tüketilen enerjinin artmasına ve yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına yol açmıştır. Enerji elde etmek için kullanılan yöntemlerin çevreyi kirletiyor olması devlet ve şirketleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bu kapsamda, dünya genelinde geri dönüştürülebilir enerji kaynaklarının kullanımı için teşvikler verilmeye başlanmıştır. Bu nedenle günümüzde enerji üretimi için kullanılan kaynakların içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı, şimdiye kadar ki en üst noktasına ulaşmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde kendine yer bulan hidro-elektrik yani su enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi ülkemizde günümüz itibariyle sektör bazında doygunluğa ulaşmıştır. Bunun en önemli sebebi ekonomik olarak kullanılabilecek su potansiyelidir. Kısaca akarsularımızın üzerinde kurulabilecek olan HES sayısı ve güçleri bellidir ve bu akarsu sayı ve miktarı da bizim için sınırlayıcı olan en önemli faktördür. Enerjiye olan ihtiyacın artması ile birlikte az ve sınırlı olan kaynakların değerleri gün geçtikçe artmaktadır.

Tez çalışması kapsamında sulama tesislerinde yer alan basınç kırıcı vanalar ve bu vanaların yerine ikame olarak kullanılabilecek, basınç düşürürken aynı zamanda da enerji üretebilecek ekipmanlar incelenmiş ve bir takım kabuller yapılarak, gölet ekonomik ömrü boyunca bu ekipmanların kullanımının ekonomik olup olamayacağı araştırılmıştır.

DSİ 12. Bölge Müdürlüğü Gölet ve Sulamaları kapsamında yer alan Yozgat Kadışehri Halıköy Göleti ve Sulamasının iletim hattı üzerinde basınç kırıcı vanaya sahip olması nedeniyle bu tez çalışması için uygun görülerek materyal olarak seçilmiştir.

Basınç kırıcı vanalar, su dağıtım ve iletim ağında gerçekleşecek olan yüksek basıncın düşürülmesi için kullanılırlar. Kullanımın iki ana amacı vardır; ilk amaç sistemin basınçtan kaynaklı olarak zarar görmesinin önüne geçilmesi ve sızma kayıplarının minimum seviyede tutulabilmesi, ikinci olarak da sistemin düşük basınçta çalışmasını sağlayarak boru maliyetini düşürmektir.

Türbin ve PAT maliyetinin belirlenmesi için bir düzine tedarikçi ve üretici firma ile görüşülerek, ellerinde yer alan ekipmanlar ile ilgili bilgi, teknik döküman ve teknik destek talep edilmiştir. Bu aşamadan sonra, türbin konusunda Canyon Hydro ve PAT konusunda ise Standart Pompa firmaları seçilmiş ve görüşmeler yapılarak karşılıklı bilgi alışverişinde bulunulmuştur.

Basınç kırıcı vana yerine belirlenen ekipmanların ekonomik açıdan uygulanabilirliğinin tespiti için yapılan çalışmalar doğrultusunda, ilk önce PAT sonra ise türbin ekipmanı değerlendirilmiştir. Her iki tesisatın kurulmasıyla birlikte sulama alanının % 10'u ile % 100'ü arasında sulu tarım yapıldığı, faiz oranının % 9.5 olduğu senaryolar göz önünde bulundurulmuştur. Aktif depolama hacminin, sulama sezonu sonrasında türbinlenerek enerji üretilmeye devam edileceği kabul edilerek, PAT kullanılan durumda en düşük enerji üretimi, tarım sahasının % 40'ı ekiliyken yıllık 15 219.62 $, en yüksek üretim ise gölet sulama alanının % 90 ekili dikili olduğu durumda 21 528.55 $ olarak hesaplanmıştır.

Aynı koşullarda türbin kullanımında ise en düşük enerji geliri 14 951.83 $ ile yine % 40'lık ekim dikim anında yaşanırken, en yüksek enerji geliri ise tarım alanı tamamiyle doluyken 18 018.82 $ ile elde edilmektedir.

Bu iki durumda PAT ve türbin arasındaki gelir farkının sebebi şöyle açıklanabilir. PAT kullanımında bugünkü değer yöntemiyle en düşük enerji geliri 158 493 $ gider ise 205 854 $, fayda masraf oranı ise 0.770 olarak hesaplanmıştır. En yüksek gelir ise gelir 224 854 $ bulunmuş ve fayda masraf oranı ise 1.085 hesaplanmıştır. Sonuç olarak PAT kullanımının, ekim dikim oranı % 100, % 90, % 80, % 70 ve % 10 olduğu zamanlarda fayda masraf oranı 1 ve 1'in üzerinde sonuç vermiş ve bu koşullar altında proje değerlendirilebilir olarak sınıflandırılmıştır.

Türbin kullanımında ise karşımıza ekonomik açıdan daha elverişsiz bir tablo çıkmaktadır. PAT ve türbin maliyetleri arasındaki hem satın alma hem de bakım masrafları arasındaki büyük farklılık, türbin verimi daha yüksek olsa dahi türbin kullanımının ekonomik olarak daha elverişsiz çıkmasına neden olmuştur.

Türbin kullanımı durumunda bugüne indirgenmiş sabit giderler toplamı 642 920 $ iken en düşük gelir durumunda indirgenmiş gelirler toplamı 155 704 $, fayda masraf oranı

ise 0.24'dir. En yüksek gelir durumunda ise indirgenmiş gelir 187 643 $ olup fayda masraf oranı 0.29 hesaplanmıştır. Aynı üretim değerleri için bu defa yerli türbin ve elektromekanik teçhizat kullanıldığı varsayıldığında, minimum durumda fayda masraf oranı 0.29 maksimumda ise 0.35 hesaplanmıştır. Hesaplar bu iki durumda dahi türbin kullanımının, ele alınan proje ve koşullarda kullanılmasının, ekonomik olmadığını çok net bir şekilde göz önüne sermektedir.

Bu kapsamda ekim-dikim oranı % 100'den % 10'a kadar olan sulama sahalarında üretilebilecek enerji hesaplanmıştır.

Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere PAT yerli üretim olduğu için üretilen elektriğin kW satış fiyatı 0.096 $ iken, ithal olan türbin de satış fiyatı 0.073 $'dır. Bu durum verim değerleri karşılaştırıldığında aradaki kW ücret farkının çok yüksek olduğunu göstermektedir. Türbin ile üretimin (optimum koşullarda ve elimizdeki türbin değerleri doğrultusunda) hem verim değeri bakımında PAT'ın 1.145 katı olması (0.69 PAT-0.79 Türbin+Jeneratör) hem de türbin ile üretilen enerjinin % 24 daha ucuza satılabilmesi, değerlendirilen proje için, PAT ve türbin ile üretilebilen enerji miktarlarının ve satışından elde edilebilecek gelir miktarları arasındaki farkı azaltmıştır.

Verim değerleri bakımından türbinin yüksek değerlere sahip olmasına karşın hesaplanan maddi getirinin PAT ile elde edilmesi öngörülen maddi getiriden beklenen ölçüde fazla olmadığı görülmektedir. Bu duruma yol açan sebepler ise;

- enerji satış fiyatlarındaki 0.023 $'lık fark,
- elimizde yer alan türbin veriminin optimum değerine mevcut sistem debisi ile ulaşılamaması

olarak tespit edilmiştir.

DSİ tarafından HES projelerinde ekonomik ömür boyunca gerçekleşecek gelir ve giderlerin günümüze indirgenmesinde kullanılan faiz (sosyal iskonto) oranı % 9.5 'tir. Alternatif olarak kamu bankalarının dövize uyguladığı yıllık faiz oranı (% 2.85) kullanarak ekonomiklik analizi tekrar yapılmış ve farklı sonuçlar elde edilmiştir.

İlk olarak faiz oranı % 9.5 alınarak yapılan hesaplara ait sonuçlar incelendiğinde ekim dikim oranı % 100, % 90, % 80, % 70 ve % 10 olduğu zamanlarda fayda masraf oranı 1 ve 1'in üzerinde sonuç vermiş ve bu koşullar altında proje değerlendirilebilir olarak sınıflandırılmıştır.

İkinci adım olarak ekonomik analizler, faiz oranı kamu bankalarının dövize verdiği yıllık faiz olan % 2.85 değerine göre tekrar yapılmış ve hesaplara ait sonuçlar Çizelge 4.34 ve 4.35'de verilmiştir. Sonuçlara bakıldığında enerji üretimi için PAT ekipmanı kullanıldığı durumda, indirgenmiş giderler 205 854 $ değerinden 327 790 $ değerine artmıştır. Gelirler ise daha yüksek bir oranla yükselerek en düşük enerji üretiminin gerçekleşeceği düşünülen % 40 ekim dikim oranında dahi 158 493 $'dan 403 000 $'a yükselmiştir. Bu sonuçlar ile % 10 - % 100 ekim dikim oranları arasında hesaplanan fayda masraf oranları, 1.23 değeri ile 1.74 değerleri arasında yer almıştır. Bütün ekim dikim oranlarında 1'den yüksek çıkan fayda masraf oranları, bu projeyi ekonomik açıdan olumsuzdan, ekonomik açıdan değerlendirilebilir sınıfına sokmaktadır.

Türbin kullanımı için de hesaplar yine % 2.85 faiz oranı kullanılarak yenilenmiştir. Yenilenen hesaplar doğrultusunda indirgenmiş sabit giderler toplamı 642 920 $'dan 1 023 750 $'a yükselmiştir. Aynı zamanda % 40 ekim dikim oranında 155 704 $ olan minimum indirgenmiş gelir değeri 395 909 $'a, 187 643 $ olan maksimum indirgenmiş gelir değeri ise 477 120 $'a artmıştır. Her ne kadar indirgenmiş gelir değerlerinde artış yaşanmış olsa da 0.39 ve 0.47 arasında kalan fayda masraf oranları, türbin kullanımının bu faiz oranının kullanıldığı durumlarda dahi ekonomik olmadığı sonucuna varılmıştır.

Gelecekte enerjiye olan talep ve enerji fiyatlarının artması, enerji verimlerinin yükselmesi, devlet teşviğinin artması, kullanılan ürünlerin maliyetlerinin düşmesi gidi yaşanacak gelişmelerde PAT kullanımın her ekim dikim koşulu için ekonomik olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Türbin kullanımının ekonomik olabilmesi için;

- Verimin artması veya daha uygun bir türbin kullanılması,
- Türbin fiyatının düşmesi,
- Yerli ürün kullanılması,
- Faizlerin düşmesi,

- Enerji fiyatlarının artması,
- Devlet teşviği

gibi daha fazla koşulun birlikte gerçekleşmesi gerekmektedir.

Aktif depolaması tamamen kullanılmayan göletlerde yıl sonunda sulamadan arta kalan suların enerji üretilmesinden kullanılabilmesi için farklı bir yöntem de kullanılabilir. Bu yöntem, enerji üreten PAT veya türbin ekipmanlarının mobil bir kamyona veya bir römorka monte edilip, göletlerde arta kalan suların bir bölge içerisinde göletten gölete geçilerek planlanan bir su alma yapısından kullanılmasıdır. Bunu kullanmak için gelecekte projelerde belirli kapasitelerde çalışan göletlerin basınç kırıcı vana odasının memba kısmında fazladan yapılan bir rögardan veya basınç kırıcı odadan by-pass şeklinde bir hat çıkartılabilir. Bu hatta bağlanacak olan mobil enerji üretim aracı ile sulamadan arta kalan su kullanılıp göletin ana tahliye olarak kullandığı dereye bırakılabilir. Bu sayede birden fazla depolama tesisi içinde yer alan kullanılmayan su, enerji dönüşümünde kullanılabilir.

Bu mobil enerji santralinin kullanılabilmesi için DSİ teşkilatının gölet iletim hatlarında bahsedildiği gibi bir adet su alma noktasının ve üretilen enerjinin taşınacağı enerji hatlarının yapımını göletlerin teknik şartnamesine ilave etmesi gerekmektedir.

Günümüzde çok uzak olarak görünen bazı önlemler iklimin değişmesi ve teknolojik gelişmelerle gelecekte çok mantıklı seçenekler olarak değerlendirilebilirler.

KAYNAKLAR

Agarwal, T. 2012. Review of Pumps as Turbine (PAT) for Micro-Hydropower , International Journal of Emerging Technology And Advanced Engineering 2(11)

Alparslan, A. 1985. Yatırım Projelerinin Ekonomik Analiz.Devlet Su İşleri, 15, Ankara

Anonymous. 2013. Micro Hydro Power From An Irrigation System, Agriculture And Agri-Food Canada , Pacific Ag. Show, Canada

Anonymous. 2009. Web Sitesi: https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/national-renewable-energy-action-plans-2020, Erişim Tarihi:05.02.2019.

Anonymous. 2018. Web Sitesi: https://www.enerjiatlasi.com , Erişim Tarihi:05.03.2019.

Balaban, A. 1986. Su Kaynaklarının Planlanması. Ziraat Faültesi Yayınları 972, 284, Ankara

Bogdanovic-Jovanovic, J. G., Milenkovic D. R., Svrkota D. M., Bodanovic B., Spasic Z. T. 2014. Pumps Used As Turbines Power Rocovery, Energy Efficiency, CFD Analysis. Thermal Science, 18(3),1029-1040. DOI: 10.2298/TSCI1403029B

Bucur, D.M., Tanase, N.O., Ghergu, C.M., Isbasoıu, E.C., Using Standard Pumps As Turbines, Applied Mathematics and Mechanics 52 (2009) 275-278

Carravetta, A., Fecarotta, O., Ramos, H.M., Mello, M., Rodriuez-Diaz, J.J., Morillo, J.G., Adeyeye, K., Coughlan, P., Gallagher, J., McNabola, A. 2018. Reducing the Energy Dependency of Water Networks in Irrigation, Public Drinking Water, and Process Industry: REDAWN Project. doi:10.3390/proceedings2110681

Chacon, M.C., Rodrigues-Diaz, J.A., Morillo J. G., Gallagher, J., Coughlan, P., McNabola, A. 2018. Potential Energy Recovery Using MicroHydropower Technology in Irrigation Networks:A Real World Case Studies in the South of Spain. doi:10.3390/proceedings2110679

Chacon, M.C., Rodrigues-Diaz, J.A., Morillo J. G., McNabola, A. 2019. Pumps-as-Turbines Selection Methodology for Energy Recovery in Irrigation Networks:Minimasing the Payback Period. doi:10.3390/w11010149

Chen, J., Yang, H. X., Liu C.P., Lau, C. H., Lo, M. 2013. A Novel Vertical Axis Water Turbine For Power Generation From Water Pipelines. The Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong

Damatew, A. 2016. ”Design and Analysis of Small Hydro Power for Rural Electrification1”, Global journal of researches in engineerıng: F electrical and electronics engineering, Vol 16, Issue 6

Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC

Doğan, H., Yılankıran N. 2015. Türkiye Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu.Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji, 3(1), 375-383.

DSİ 12. Bölge Gölet ve Sulamaları Planlama ve Proje Yapımı Yozgat- Kadışehri-Halıköy Göleti Planlama Raporu, DSİ 2011.

Energy Recovery Hydropower. 2019. WA: Canyon Hydro-the power division of Canyon Industries, Inc.

J. Chen, H.X. Yang, C.P. Liu, C.H. Lau, M.Lo, 2013. A Novel Vertical Axis Water Turbine For Power Generation From Water Pipelines. The Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong

Lima G. M., Junior E. L., Brenton B. M.. 2016. Selection of Pumps as Turbines Substituting Pressure Reducing Valves, XVII International Conference on Water Distribution Systems Analysis, Cartegana, Colombia. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.249

Morillo J. G., Rodriguez-Diaz, J. A., Crespo, M., McNabola, A. 2018. Energy Saving Measures in Pressurized Irrigation Networks: A New Challenge for Power Generation. doi:10.3390/proceedings2231440

Nicotra A., Zema D. A., D’Agostino D., Zimbone M. 2018. Equivalent Small Hydro Power:A Simple Method to Evaluate Energy Production by Small Turbines in Collective Irrigation Systems. Water 10(1390). doi:10.3390/w10101390

Novara, D. 2016. ”Energy Harvesting From Municipal Water Management Systems:From Storage And Distribution To Wastewater Treatment”. Instituto Superior Tecnico, Lisboa, Portugal.

Perez-Sanchez M., Sanchez-Romero F. J., Ramos H. M., Lopz-Jimenez, P.A. 2016. Modelling Irrigation Networks for the Quantification of Potential Energy Recovering:A Case Study. Water 8 (234). doi:10.3390/w8060234

Phocaides, A. 2007. Handbook On Pressurized Irrigation Techniques, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome.

Prophet, R. 2015. An Investigation into the Feasibility of a Micro-hydro Installation for the Guardbridge Energy Centre as Part of a Brownfield Redevelopment. University of Strathclyde Engineering, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, 102, Glascow

Raman, N., Hussein, I., Palanisamy, K., Foo, B. 2013. An Experimental Investigation of Pump as Turbine for Micro Hydro Appliciation, 4th International Conferance on Energy and Environment (ICEE 2013), Selangor, Malaysia, doi:10.1088/1755-1315/16/1/012064

Samora I., Manso P., Franca J.F., Schleiss A.J., Ramos H.M. 2016. Energy Reocovery Using Micro-Hydropower Technology in Water Supply Systems: The Case Study of the City of Fribourg. Water 2016, 8, 344; doi:10.3390/w8080344

Santrifüj Pompaların Türbin Olarak Kullanılması. 2019. İstanbul:Standart Pompa ve Makina Sanayi Tic. A.Ş.

Van Vuren, S.J. 2010. A High Level Scoping Investigation Into The Potential of Energy Saving And Production/Generation in the Supply of Water Through Pressurized Conduits, Water Research Commission Project No KV 238/10

Venturini, M., Alvisi, S., Simani, S., Manservigi, L. 2017. Energy Production by Means of Pumps As Turbines in Water Distribution Networks”. doi:10.3390/en10101666

Yılmaz, M. 2012. Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Ender DAĞDELEN
Doğum Yeri	:Ankara
Doğum Tarihi	:15.07.1985
Medeni Hali	:Evli
Yabancı Dili	:İngilizce, İspanyolca

Eğitim Durumu

Lise	:Nermin-Mehmet Çekiç Anadolu Lisesi
Lisans	:Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı (2010)-Universidad de La Leida(Socrates&Erasmus)
Staj	:Universidad de Castilla La Mancha(Socrates&Erasmus-2010)
Yüksek Lisans	:Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı(2014-2019)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıllar

Escuela de Alcarraz(İspanya)_____2008-2009

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü _____2012-2013

Türk Mühendislik, Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş._____2012-2015

Proland Holding_____ 2015-2016

Hidro Dizayn Mühendislik Müşavirlik İnşaat ve Tic. A.Ş. _____ 2016-____