



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI DERİN KUYU POMPALARINDA ANMA ÇAPININ İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİNE VE KUYUDAKİ SU SEVİYESİ DÜŞÜMÜNE ETKİSİ

Mehmet KURT

YÜKSEK LİSANS

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

Kasım-2016

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

BAZI DERİN KUYU POMPALARINDA ANMA ÇAPININ İŞLETME KARAKTERİSTİKLERİNE VE KUYUDAKİ SU SEVİYESİ DÜŞÜMÜNE ETKİSİ

Mehmet KURT

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR

2016, 80 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI
Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR
Doç. Dr. Hidayet OĞUZ

Bu çalışmada, sabit kuyu donanımı koşullarında milli ve dalgıç tip derin kuyu pompaların anma çapının işletme karakteristiklerine ve kuyudaki su seviyesi düşümüne etkisi araştırılmıştır. Denemeler üç farklı çıkış çapına sahip milli ve dalgıç pompalarda yapılmıştır.

Denemeleri yapılan derin kuyu pompalarının hepsinde akışın, karışık akış tipinde olduğu görülmüştür. Hem milli hem de dalgıç tip derin kuyu pompalarında anma çapı arttıkça pompa debileri de artmıştır.

Pompaların H_m-Q eğrilerinin başlangıç noktasının yaklaşık $U_2^2/3g$ değerine karşılık geldiği görülmüştür. Pompaların en yüksek sistem verimi noktasında gerçekleşen H_m değerinin, kapalı vanada elde edilen H_m değerine oranı milli pompalarda 0.53-0.55; dalgıç pompalarda ise 0.60-0.72 arasında değişmiştir. Benzer şekilde pompaların en yüksek sistem verimi noktasında gerçekleşen debi değerinin, tam açık vanadaki maksimum debi değerine oranı da milli pompalarda 0.6-0.67, dalgıç pompalarda ise 0.43-0.64 arasında değişmiştir.

Pompaların anma çapı arttıkça tam kapalı vana, tam açık vana ve en yüksek sistem verimi ve bu noktada ölçülen güç değerleri yükselmiştir. Pompaların anma çapı arttıkça en yüksek sistem verimi değerleri de artmıştır. Dalgıç pompaların milli pompalardan daha yüksek sistem verime sahip oldukları belirlenmiştir.

Pompaların anma çapı arttıkça hem tam açık vanada hem de en yüksek sistem verimi noktasında kuyuda meydana gelen düşüm seviyeleri artış göstermiştir. Sabit debi değerlerinde en yüksek düşüm seviyesi; milli pompalar 10.26±2.44 cm ile M_1 pompasında, dalgıç pompalarda ise 11.20±2.28 cm ile D_2 pompasında meydana gelmiştir. Sabit debi değerlerinde dalgıç ve milli pompalar karşılaştırıldığında; dalgıç pompaların milli pompalardan daha yüksek düşüm seviyesine neden olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Dalgıç pompa, düşey milli derin kuyu pompası, düşüm, pompa anma çapı, pompa işletme karakteristikleri

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECTS OF NOMİNAL DİAMETER AT SOME DEEP WELL PUMP ON OPERATİNG CHARACTERİSTİCS AND DRAWDOWN İN WELL

Mehmet KURT

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCEOF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN AGRICULTURAL MACHINERIES AND TECNOLOGIES ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR

2016, 80 Pages

Jury

Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI
Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR
Assoc. Prof. Dr. Hidayet OĞUZ

In this study, the effects of nominal diameters of the irrigation pumps which are shafted and submersible deep-well pumps in the well having a fixed hardware are investigated for drops in water level and on operational characteristics. The experiments are made for three different nominal diameters of the irrigation pumps which are shafted and submersible deep-well pumps.

Mixed type of flow is observed for all experiments of and submersible deep-well pumps. When the nominal diameter of pumps which are both shafted and submersible deep-weel pumps are increased, flow-rate of pumps are also increased.

The starting point of the curves of H_m-Q in approximate is seen as the corresponding value of $U_2^2/3g$. The ratio of Hm obtained at the highest point of the pump system efficiency and Hm obtained at the closed valve is varied between 0.53 and 0.55 for shafted pumps and between 0.60 and 0.72 for submersible pumps. Similarly the ratio of flow-rate obtained at the highest point of the pump system efficiency and maximum flow-rate obtained at the fully opened valve is varied between 0.6 and 0.67 for shafted pumps and between 0.43 and 0.64 for submersible pumps.

When the nominal diameter of the pumps is increased, the measured power is increased at the conditions of fully closed valve, fully opened valve and the highest point of the pump system efficiency. The nominal diameter of the pump increases, the efficiency of the system is also increased. System efficiency of submersible pumps is higher than the shafted pumps.

The nominal diameter of the pump increases; drops in water level are increased at the conditions of fully opened valve and the highest point of the pump system efficiency. The highest drops in water level at the fixed flow-rate are measured as 10.26 ± 2.44 cm for the shafted pumps and 11.20 ± 2.28 cm for submersible pumps. When the shafted pumps are compared with submersible pumps, it is observed that submersible pumps have higher drops in water level.

Key Words: Submersible pump, vertical shaft deep well pumps, drawdown, pump nominal diameter, pump operating characteristics

ÖNSÖZ

Günümüzde yeraltı su kaynaklarından tarımsal sulamada yararlanmak için derin kuyu pompaları kullanılmaktadır. Derin kuyu pompaları düşey milli ve dalgıç tip olmak üzere başlıca iki tipte uygulamada yer bulmuştur. Sulama amaçlı sondaj kuyularında yer altı su seviyesi düştükçe milli pompaların kullanımında teknik zorluklar ortaya çıkmış ve bunun sonucunda dalgıç pompalar geliştirilmiştir. Ancak dalgıç pompaların kullanımındaki en önemli kısıt ise elektrik enerjisinin gerekli olması ve kuyu çapına uygun büyük güçlü elektrik motorlarının imalatındaki teknolojik zorluklar olmuştur. Ayrıca milli pompaların hem elektrik enerjisi hem de diğer enerji kaynakları ile çalıştırılabilme avantajı da söz konudur. Günümüzde dalgıç pompalarının yaygın kullanılmasını engelleyen bu iki husus da ortadan kaldırılmış durumdadır. Buna karşın milli pompaların teknik olarak çalışabileceği kuyu derinliklerinde milli pompalar mı yoksa dalgıç pompalar mı tercih edilmesi gerektiği konusunun incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışma ile bu iki tip derin kuyu pompasının, birçok pompa işletme karakteristikleri ve kuyudaki su seviyesi düşümüne etkisinin bilimsel olarak incelenmesi konusu bakımından önemli ve kullanıcılara ışık tutabileceği değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın TÜBİTAK projesi kapsamında olması ve beni bu projede bursiyer olarak görevlendirme tercihinde bulunduğu için danışman hocam Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR ’a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarımın yürütülmesinde emekleri geçen bölümümüz Arş. Gör. Nuri ORHAN, Yüksek lisans öğrencisi Hasan KIRILMAZ ve bölümümüz teknisyeni Fevzi DUMAN ’a da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet KURT
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **iv**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **16**

3.1. Materyal 16
3.1.1. Pompa deney ünitesi 16
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Pompalar 18
3.1.3. Denemelerde Kullanılan Motorlar 19
3.1.4. Denemelerde Kullanılan Kolon Grubu 21
3.1.5. Denemede kullanılan cihazların teknik özellikleri 23
3.1.5.1. Debimetre 23
3.1.5.2. Basınç sensörü 23
3.1.5.3. Seviye Ölçer 24
3.1.5.4. Güç Analizörü 25
3.1.5.5. Ortam sıcaklığı ve bağıl nemölçeri 25
3.1.5.6. Su sıcaklığı ölçeri 26
3.2. Metot 27
3.2.1. Deneme pompalarının seçimi 27
3.2.2. Deneme deseni 27
3.2.3.Pompaların tesise bağlanması ve denemelerin yürütülmesi 27
3.2.3.1. Dalgıç pompalar 27
3.2.3.2. Milli pompalar 29
3.2.4. Ölçülen parametreler 29
3.2.4.1. Debi 29
3.2.4.2. Yükseklik 29
3.2.4.3. Çıkış basıncı 30
3.2.4.4. Şebekeden çekilen güç 30
3.2.4.5. Su sıcaklığı 30
3.2.4.6. Ortam sıcaklık ve bağıl nem 31
3.2.4.7. Suyun özgül ağırlığı 31
3.2.5. Hesaplanan parametreler 31
3.2.5.1. Düşüm 31
3.2.5.2. Toplam dinamik yükseklik 31
3.2.5.3. Sistem verimi 31

3.2.5.4. Özgül hız....32
3.2.5.5. Çark çevre hızı....32
3.2.5.6. Teorik toplam dinamik yükseklik ve debi....32
3.2.7. İşletme karakteristik eğrilerinin çizimi....34
3.2.8. İstatistiksel analiz....34

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA....35

4.1. Deney pompalarının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri....35
4.1.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri....35
4.1.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri....37
4.2. Pompa anma çapının ve pompa tipinin debiye etkisi....39
4.3. Pompa anma çapının ve pompa tipinin manometrik yüksekliğe etkisi....40
4.3.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapının manometrik yüksekliğe etkisi....40
4.3.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapının manometrik yüksekliğe etkisi....41
4.3.3. Pompa tipinin manometrik yüksekliğe etkisi....42
4.4. Pompa Anma Çapının ve Pompa Tipinin Şebekeden Çekilen Güce Etkisi....43
4.4.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapının şebekeden çekilen güce etkisi....43
4.4.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapının şebekeden çekilen güce etkisi....44
4.4.3. Pompa tipinin şebekeden çekilen güce etkisi....45
4.5. Pompa Anma Çapı ve Pompa Tipinin Sistem Verimine Etkisi....46
4.5.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının pompa anma çapının sistem verimine etkisi....46
4.5.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının pompa anma çapının sistem verimine etkisi....47
4.5.3. Pompa tipinin sistem verimine etkisi....48
4.6. Pompa Anma Çapı ve Pompa Tipinin Kuyu Su Seviyesi Düşümüne Etkisi....50
4.6.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının pompa anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....50
4.6.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının pompa anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....50
4.6.3. Pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....51
4.6.4. Sabit debi değerlerinde derin kuyu pompalarının anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....53
4.6.4.1. Sabit debi değerlerinde düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....53
4.6.4.2. Sabit debi değerlerinde dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....54
4.6.5. Sabit debi değerlerinde derin kuyu pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....55
4.6.5.1. M_1 ve D_1 derin kuyu pompa tiplerinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi....55
4.6.5.2. M_2 ve D_2 derin kuyu pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi 56
4.6.5.3. M_3 ve D_3 derin kuyu pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi .57

4.7. Derin Kuyu Pompalarında Pompa Çıkış Basıncı İle Düşüm Arasındaki İlişki....58

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 60

5.1. Sonuçlar 60
5.2 Öneriler 61

KAYNAKLAR 63

EKLER 67

ÖZGEÇMİŞ.....70

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	:Çark çıkış kesit alanı	dm^2
b_2	:Çark çıkış genişliği	mm
C_{m2}	:Suyun mutlak hızının radyal bileşeni	$m\ s^{-1}$
C_{m2a}	:Tam açık vanada suyun mutlak hızının radyal bileşeni	$m\ s^{-1}$
C_{m2o}	:En yüksek sistem verimindeki suyun mutlak hızının radyal bileşeni	$m\ s^{-1}$
C_{u1}	:Çark girişindeki mutlak su hızının teğetsel bileşeni	$m\ s^{-1}$
C_{u2}	:Çark çıkışındaki mutlak su hızının teğetsel bileşeni	$m\ s^{-1}$
d_g	:Çark göbek çapı	mm
d_{mil}	:Pompa mil çapı	mm
D	:Kolon borusu iç çapı	mm
D_1	:Anma çapı 6" olan dalgıç pompa	-
D_2	:Anma çapı 7" olan dalgıç pompa	-
D_3	:Anma çapı 8" olan dalgıç pompa	-
$D_ç$	:Çark çıkış çapı	mm
g	:Yer çekimi ivmesi	$m\ s^{-2}$
H_d	:Kuyu dinamik su seviyesi	cm
H_m	:Toplam dinamik (manometrik) yükseklik	m
H_{mk}	:Tam kapalı vana konumundaki manometrik yükseklik	m
H_{mo}	:En yüksek sistem verim konumundaki manometrik yükseklik	m
H_s	:Kuyu statik su seviyesi	cm
i	:Pompa kademe sayısı	adet
M_1	:Anma çapı 3" olan milli pompa	-
M_2	:Anma çapı 4" olan milli pompa	-
M_3	:Anma çapı 5" olan milli pompa	-
n	:Devir sayısı	min^{-1}
n_q	:Özgül hız	min^{-1}
N	:Pompa mil gücü	kW
N_h	:Hidrolik güç	kW
$N_ş$	:Şebekeden çekilen güç	kW
P_b	:Pompa çıkış basıncı	bar
Q_a	:Tam açık vana konumundaki debi	$m^3\ h^{-1}$
Q_o	:En yüksek sistem verimi noktasındaki debi	$m^3\ h^{-1}$
Q	:Debi	$m^3\ h^{-1}$
R^2	:Korelasyon katsayısı	-
t	:Çark kanat kalınlığı	mm
β_2	:Çark çıkış hız üçgeninde bağıl su hızı ile çevre hızı arasındaki açı	^{o}
U_1	:Çark girişindeki çevre hızı	$m\ s^{-1}$
U_2	:Çark çıkışındaki çevre hızı	$m\ s^{-1}$
V	:Borudan geçen suyun hızı	$m\ s^{-1}$
z	:Kanat sayısı	adet
Δ	:Kuyu su seviyesindeki düşüm	cm
η	:Sistem verimi	%
η_k	:Çark kanat verimi	%

1. GİRİŞ

Yedi milyarı aşan ve giderek artan dünya nüfusunun beslenme gereksinimlerinin karşılanabilmesi için bitkisel üretimin de nüfus artışına bağlı olarak artırılması gerekmektedir. Bitkisel üretimin en önemli girdisi sudur ($CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$). Bitkilerin yetişme döneminde ihtiyaç duyduğu suyun yağışlarla karşılanamayan kısmı sulama ile sağlanmaktadır. Tarımsal sulamanın bir tarımsal üretim tekniği olmasının da en az 12 bin yıllık bir geçmişi bulunmaktadır.

Günümüzde tarımsal sulamada kullanılan başlıca su kaynakları yeraltı ve yer üstü su kaynaklarıdır. Türkiye'de 14 milyar m^3'ü yeraltı su kaynakları (YAS) olmak üzere toplam kullanılabilir yıllık su potansiyelimizin 112 milyar m^3 olduğu belirtilmektedir. Türkiye'de tüketilebilir yeraltı su potansiyelinin tamamı, toplam su potansiyelinin de %50'si her yıl kullanılmakta ve bu kullanımın yaklaşık %75'i de tarımda sulama amaçlı olduğu bildirilmektedir. Bunun yanında 393 454 adet sulama amaçlı derin kuyunun bulunduğu, kuyu suyu kaynaklarıyla 1 316 794 ha alanın sulandığı – ki toplam sulanan alanın yaklaşık %26'sına karşılık gelmektedir - dikkate alındığında derin kuyu ve derin kuyu pompalarının önemi ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2016a; 2016b).

Yeraltı su kaynaklarından yararlanabilmek için öncelikle sondaj tekniğine göre uygun çapta sulama amaçlı derin kuyuların açılması ve donatılması gerekmektedir. Uygulamada kuyular açıldıktan sonra kapalı ve filtreli teçhiz boruları ile donatılarak 25 mm ila 200 mm kalınlığında çakıllama işlemi yapılmakta, daha sonra yıkama ve kuyu geliştirme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Filtreli tip teçhiz boruları genelde akifer su taşıyan jeolojik formasyon olarak bilinen katmanlara karşılık gelen kalınlığa yerleştirilmektedir. Teçhiz boruları, genel olarak metal veya plastik malzemeden yapılmaktadır. Uygulamada kuyu teçhiz borusu çapı ile pompa anma çapı arasındaki oran 24/8; 18/6; 14/4; 12/3 ve 10/2 olarak yapılmaktadır. Teçhiz borusu çapı ile pompa anma çapı arasındaki fark ise en az 50 mm olması gerekmektedir. Filtre tipinin de kuyu verimine etki eden en önemli etkenlerden biri olduğu düz oblong yarıklı filtreler için %10-20, köprülü tip filtreler için ise %20-30 bir kayba neden olduğu belirtilmiştir (Shareef ve Bowles, 1980; Bloomquist ve ark., 1989; Akpınar, 1999; Delleur, 2006; Driscoll, 2010).

Kuyu içindeki su seviyeleri, akiferin beslenme durumu, hidrolik düşey yük ve kuyu donanımı gibi özelliklere bağlıdır. Akiferlerin en önemli özellikleri arasında akifer tipi, katman kalınlığı, kapasitesi ve doygunluk derecesi sayılabilir (Erguvanlı ve Yüzer, 1973; Elçi, 2003; Çalışır ve ark., 2004; 2006; Driscoll, 2010; Anonymous, 2016c).

Günümüzde yer altı su kaynaklarından yararlanabilmek için düşey milli ve dalgıç tip derin kuyu pompaları yaygın olarak kullanılan iki pompa tipidir. Düşey milli derin kuyu pompaları su ve yağ ile yağmalı/soğutmalı olarak imal edilmektedir. Yağ ile yağlamalı düşey milli derin kuyu pompaları kuyu suyunda yoğun kum/silt bulunması durumunda tercih edilen pompalardır. Kuyu su seviyesinin düşmesine bağlı olarak milli pompaların çalıştırılmasında ortaya çıkan - devir sayısının artırılamayışı ve mil uzaması, yataklama ve klerens ayarındaki zorluklar konularında - teknik olumsuzlukları gidermek için dalgıç tip derin kuyu pompaları geliştirilmiştir. Ancak sulama alanlarındaki elektrik enerjisi kullanılabilirliği, dalgıç motor üretim teknolojilerindeki yetersizlikler ve su seviyesi uygun olan derin kuyularda milli tip derin kuyu pompalarda tercih edilebilmektedirler. Bununla birlikte günümüzde bu sorun ortadan kaldırılmış olup yer altı su kaynaklarından %90 düzeyinde dalgıç tip derin kuyu pompaları kullanılmaktadır (İkizler ve Samioğlu, 1979; Çalışır, 1997; Çalışır ve Konak, 1997; Çalışır, 2009).

Derin kuyu pompalarının seçimi ve montaj derinliğinin belirlenmesinde dinamik seviyenin doğru olarak bilinmesi son derece önemlidir. Çünkü dinamik seviye toplam dinamik yüksekliğin en önemli bileşenlerinden birisi ve derin kuyu pompalarının tipinin belirlenmesinde en önemli ölçüttür. Bunun sonucu olarak da pompanın montaj derinliği ve motor gücü belirleme işlemi yapılmaktadır (Schulz, 1977; Çalışır ve Konak, 1998). Ayrıca kuyu teçhiz borusu çapı ile pompa anma çapının kuyudaki su seviyesinin düşmesine etkisi (Ertöz, 1996) tarafından sadece iki anma çapı için incelenmiş ve dalgıç pompaların milli pompalara göre daha çok düşüme neden olduğunu belirtilmiştir. Yazar, bunun nedenini, dalgıç pompa motorlarının, kuyu teçhiz borusu çapını tıkamasına bağlamıştır. Çünkü daralan kuyu kesit alanında artan su giriş hızına bağlı olarak meydana gelen kayıpların, düşümün ve buna bağlı olarak kuyudaki su seviyenin daha fazla düşmesine neden olmaktadır.

Günümüz mühendisliği 4E olarak karakterize edilen ekonomiklik, emniyet, ergonomi ve ekoloji dörtlüsünün optimizasyonu üzerine kurgulanmaktadır. Derin kuyu sulama pompaj tesislerinde ekonomikliğin en önemli bileşeni, toplam girdilerin %85'ini oluşturan işletme giderlerinin başında gelen enerji girdisi olmaktadır (Çalışır, 2007;

Konuralp ve ark., 2008). Bu yüzden derin kuyu pompalarının yapısal ve işletme özelliklerinin bilinmesi, derin kuyu pompalarının tasarımı, imalatı, seçimi, işletimi ve ekonomisi bakımından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, üç değişik anma çapındaki dalgıç ve düşey milli tip derin kuyu pompalarının sabit kuyu donanımı koşullarındaki işletme karakteristikleri ve kuyudaki su seviyesi düşümü üzerine etkileri araştırılmıştır.

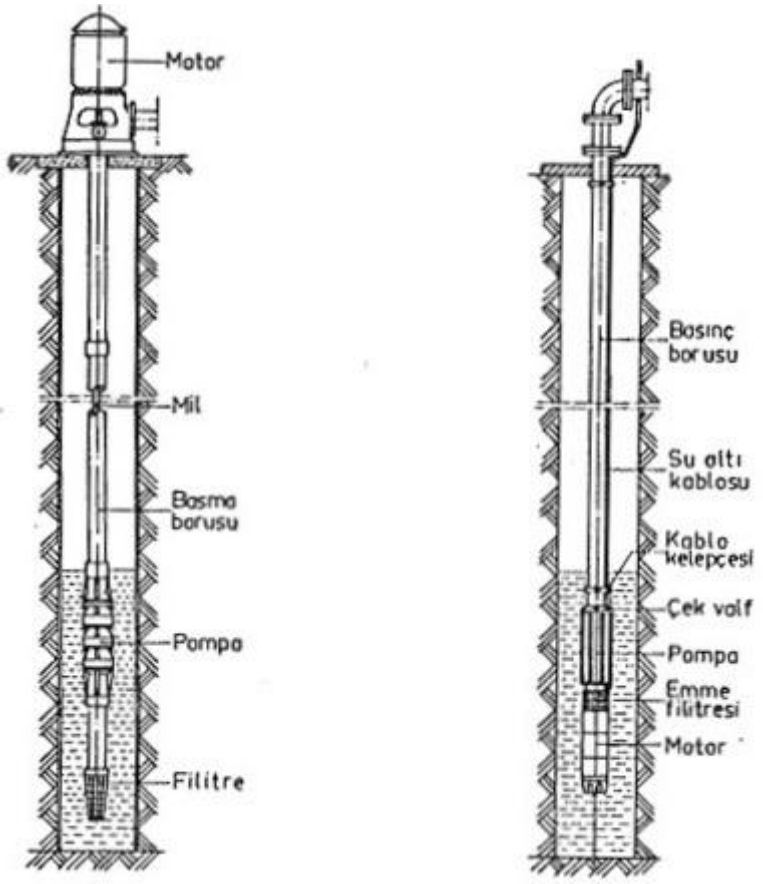
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Erguvanlı ve Yüzer (1973), kuyu içindeki su seviyelerinin, akifer olarak bilinen su taşıyan jeolojik katmanın beslenme durumuna ve kuyu donanımı gibi özelliklere bağlı olduğunu, en önemli özellikleri arasında ise akiferin tipinin, katman kalınlığının, kapasitesinin ve doygunluk derecesinin sayılabileceğini bildirmektedirler.

Schulz (1977), derin kuyu pompalarının montaj derinliğinin dinamik seviyenin 5 m altında olmasının yeterli olacağını ifade etmiştir.

Baysal (1979), verim optimizasyonu konusunda santrifüj pompalarda çark kanatlarının çap boyunca değişimi, kanat giriş-çıkış hız üçgenlerinin farklı oluşu kayıp analizinde hesap güçlükleri doğurmakta olduğundan ve bazı kabullenmelerin yapıldığından bahsetmektedir.

İkizler ve Samioğlu (1979), yaptıkları çalışmada yeraltı su kaynaklarımızdan yararlanmak için kullanılan dalgıç tip derin kuyu pompalarını Türkiye ekonomisi bakımından analiz etmişlerdir. Yaygın olarak kullanılan iki tip derin kuyu pompasının yapısal özelliklerini Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1. Derin kuyu dalgıç ve milli pompalarının yapısal görünüşü (İkizler ve Samioğlu, 1979)

Tezer (1979), pompaj tesisi ile sulama suyunun iletilmesinin enerji tüketimi ile sağlandığı ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu enerji kullanımının verimli olması gerektiğini belirtmiştir. Bu nedenle kuvvet kaynağı, pompa ve boru hatlarından oluşan pompaj tesislerinde üretim, seçim, tasarım ve işletme aşamalarında bu temel kuralın her zaman göz önüne alınması gerektiğinin vurgulamıştır.

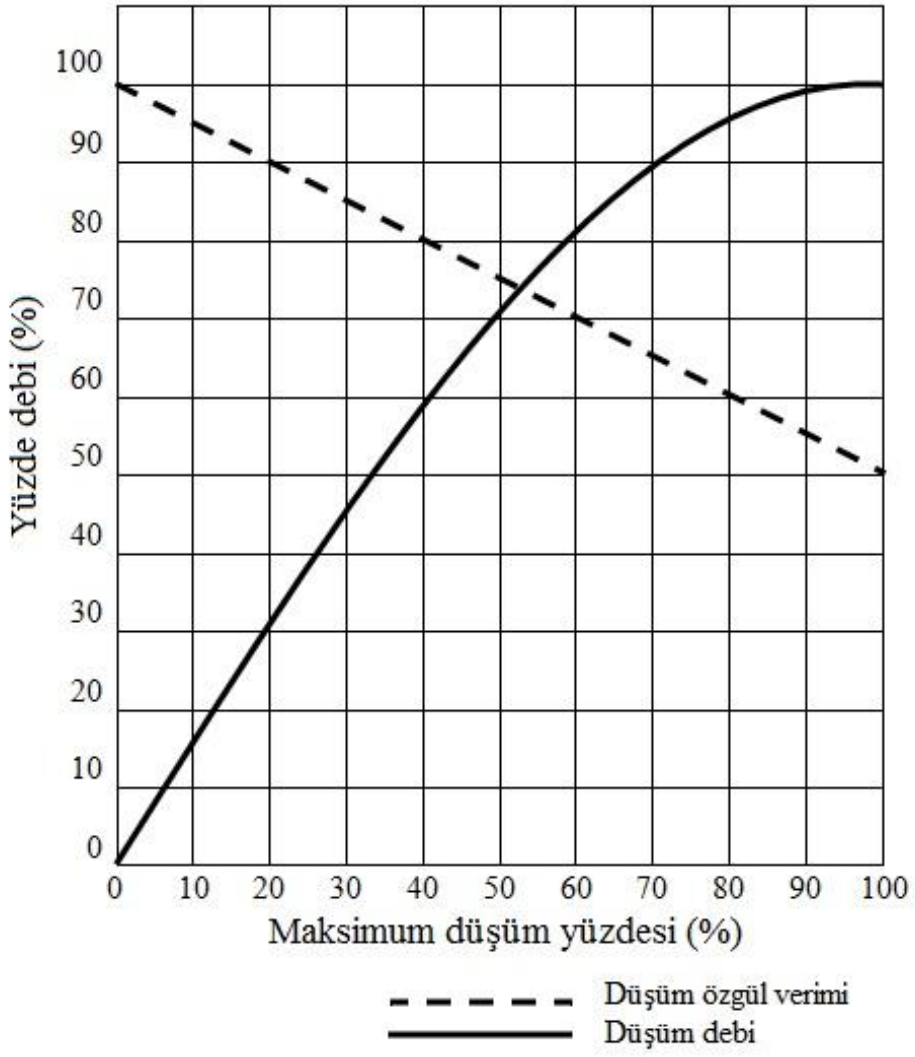
Shareef ve Bowles (1980), kuyulardaki seviye değişimlerinin oluşmasına bağlı olarak bir model geliştirmişlerdir. Bu model, kuyu alanında belirli bir noktada piezometrik yüzey veya su tablasının geri çekilme seviyelerinin hesaplanması için tasarlamışlardır. Ayrıca zaman artışına bağlı olarak sabit ve değişken debili pompalama durumlarında da modelin uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Sönmez (1980), derin kuyu pompalarını yeraltından yer üstüne su bastıklarını bu pompaların bunu yüksek basınç sayesinde yaptıkları için yüksek basınç kategorisi içerisinde sınıflandırmıştır. Ayrıca bu pompaların 250 mm ve daha geniş kuyulara montaj edilebileceğini ve millerin kısa mesafeden yataklanması gerektiğini vurgulamıştır.

Bloomquist ve ark. (1989), kuyuların tasarımında etkili parametre olarak kuyunun çapı, teçhiz borusu çapı, kullanılan filtreli teçhiz borusunun tipi ve uzunluğu ile çakıl zarfı genişliği (çakıl zonu kalınlığı) olduğunu bildirmektedirler. Kuyuların tüm özelliklerinin belirlenmesi, gerekli hesaplama ve denemeler yapılmadan açılmaması ve jeolojik bilgilerinin belirlenmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar. Ek olarak açılacak kuyuların çapının, kullanılması düşünülen pompa anma çapına göre açılması gerektiğini belirtmişlerdir. Buna örnek olarak anma çapı 8" pompa için 24" çapında kuyu, 7" için 20" 6"için 18", 5"için 16", 4"için 14", 3" için 12" ve 2" pompa çapı için ise 10" kuyu çapının açılması gerektiğini önermişlerdir.

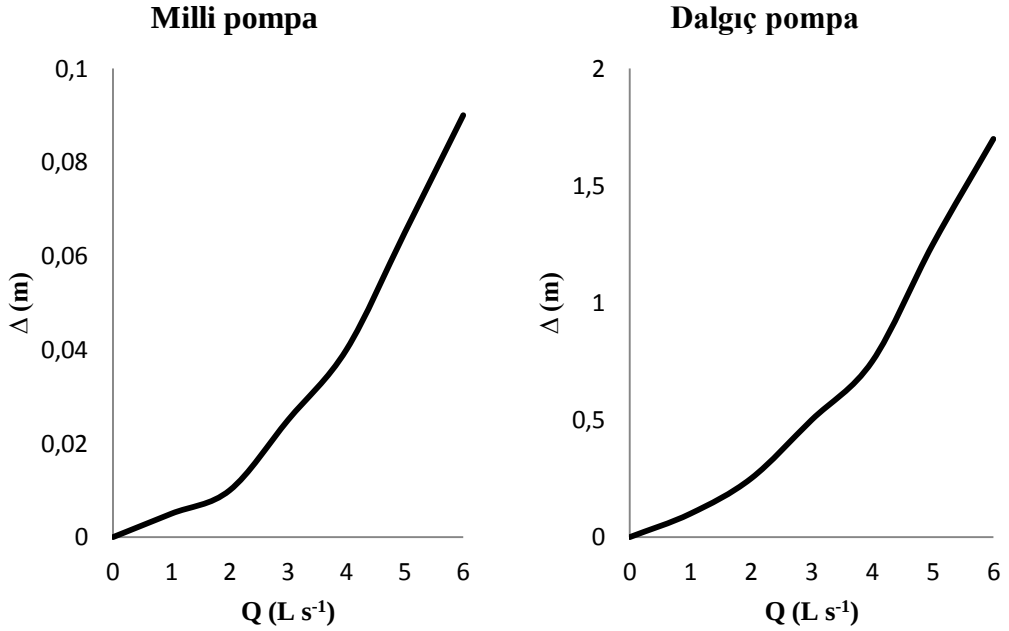
Uz ve Demir (1995), derin kuyu pompalarının belirli çapta sondajla açılan derin kuyular içine suya dalacak şekilde yerleştirip diğerlerini yer altı su kaynaklarından içme ve sulama suyu temini için kullanıldığını vurgulamışlardır. Ayrıca derin kuyularda kullanılan düşey milli türbin pompalarının gövde genişliklerinin kuyu çapına bağlı olduğunu, bu nedenle çark çapının fazla arttırılamadığını, çark çapı küçülen pompaların basıncını artırmak için kademe sayısının artırıldığını ve çarkların özgül hızlarının büyüdüğünü, dolayısıyla çarkların radyal tipten karışık akışlı çark tipine dönüştüğünü belirtmişlerdir.

Ertöz (1996), düşüm debi yüzdesi ve özgül verim arasındaki ilişkiyi Şekil 2.2'deki gibi açıklamıştır.

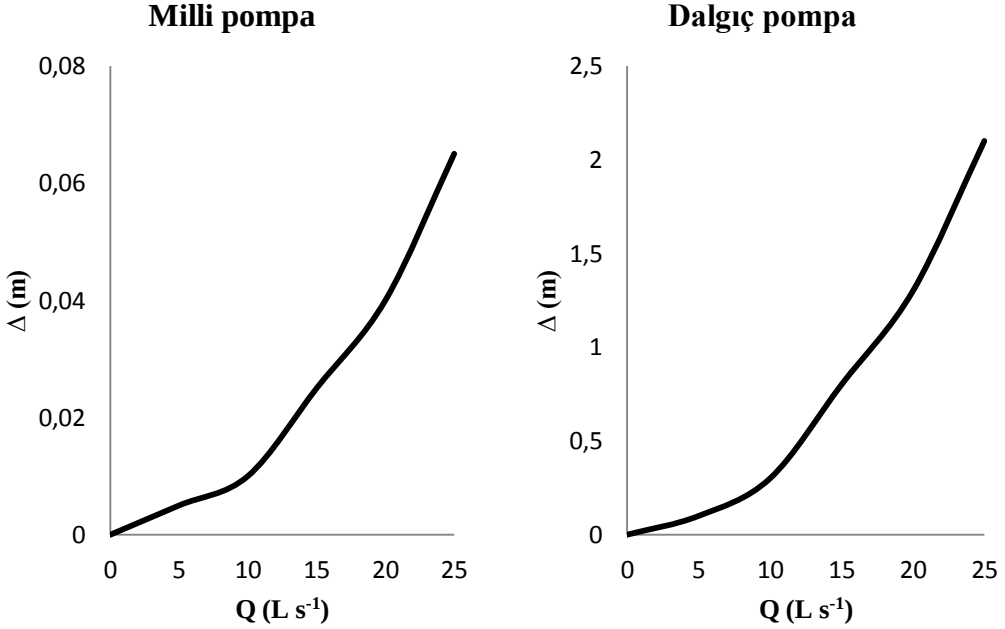


Şekil 2.2. Düşüm debi - düşüm verim eğrilerinin maksimum düşüm yüzdesi ve yüzde debi eğrileri (Ertöz, 1996)

Yazar Şekil 2.2' ye göre maksimum düşüm yüzdesi sıfır iken özgül verimin %100, maksimum düşüm yüzdesi %100 değerinde iken, özgül verimin %50 olduğunu açıklamıştır. Ayrıca, kuyulara seçilecek pompanın debisi, kuyunun maksimum debisinin %90'ını geçmemesi gerektiğini, aksi halde yapılan pompajın ekonomik olmayacağını belirtmiştir. Ek olarak, iki farklı teçhiz borusu çapında dalgıç ve milli pompaların değişik debilerde kuyuda meydana getirdiği düşüm üzerinde de çalışmıştır. Bu düşüm değerleri Şekil 2.3 ve 2.4' de belirtmiştir.



Şekil 2.3. 103 mm teçhiz boruda milli ve dalgıç pompaya ait debi-düşüm eğrisi (Ertöz, 1996)



Şekil 2.4. 161 mm teçhiz borusunda milli ve dalgıç pompaya ait debi-düşüm eğrisi (Ertöz, 1996)

Şekil 2.3' te görüldüğü gibi 103 mm' lik teçhiz borusunda 4.5 L s^{-1} debi için düşey milli pompada düşüm 5 cm iken dalgıç pompada 100 cm olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde 161 mm' lik teçhiz borusu ve 20 L s^{-1} debi için düşey milli pompada düşüm 4 cm iken dalgıç pompada bu değerin 130 cm' ye çıktığını açıklamıştır (Şekil 2.4). Bunun nedenini ise dalgıç pompanın anma çapının kuyu kesitini daraltmasına ve suyun pompaya giriş hızının artmasına bağlamıştır.

Uçar (1996), düşey milli pompalarda çark konumundaki düşey açıklığın (klerens) çok az değişmesinin (örneğin 0,025 mm), basma yüksekliğinde çok büyük olumsuz değişime (3 m azalması) neden olduğunu belirtmiştir.

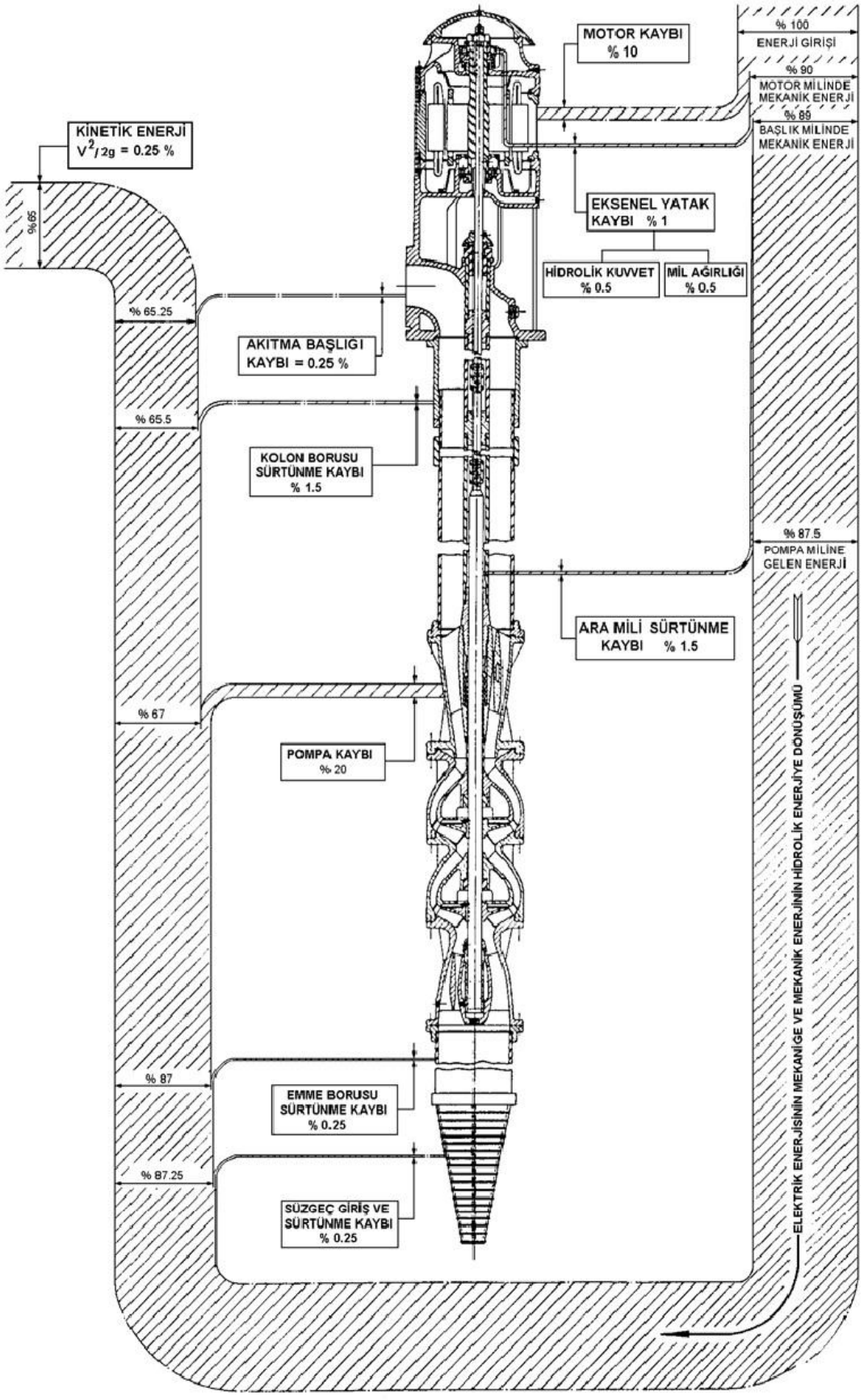
Çalışır (1997), farklı karakteristiklerdeki iki adet düşey milli derin kuyu pompasının farklı iki kuyuda eksenel yük kuvvetlerinin etkisiyle toplam mil uzaması değerleri, 11 kademeli pompada mil uzamasının 1.2 mm, 28 kademeli pompada ise toplam mil uzamasının 6.96 mm olduğunu belirtmiştir. Mil uzama miktarının, pompa imalatçıları tarafından göz önüne alınması gereken önemli bir nokta olduğu bildirmiştir.

Çalışır ve Konak (1997), Düşey milli derin kuyu pompalarında yapılan eksenel açıklık(klerens) ayarının pompa karakteristiklerine önemli ölçüde etki ettiğini, yapılan çalışmalarda çarkın tabandan itibaren olan eksenel açıklığının (ce), çark çıkış genişliğine (b_2) oranının (ce/b_2) 0.05 ile 0.1 arasında olması gerektiğini vurgulamışlardır.

Çalışır ve Konak (1998), Konya bölgesinde kurulu derin kuyu sulama pompaj tesislerinin %35'inde; montaj derinliğinin %40'dan fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Ertöz (1998), su ve yağ ile yağlamalı düşey milli derin kuyu pompalarında enerji bilançosu değerlerinin değişimini vermiş ve Şekil 2.5' de ki gibi değiştiğini açıklamıştır. Buna göre tipik bir düşey milli derin kuyu pompasında sistem veriminin % 66 düzeyine çıkabileceğini, mil sürtünme kayıplarının sistem verimine önemli düzeyde etki ettiğini ve dalgıç tip pompaların düşey milli pompalara göre 200 m toplam dinamik yükseklikten sonra tartışmasız daha ekonomik olarak çalışabileceğini ifade etmiştir.

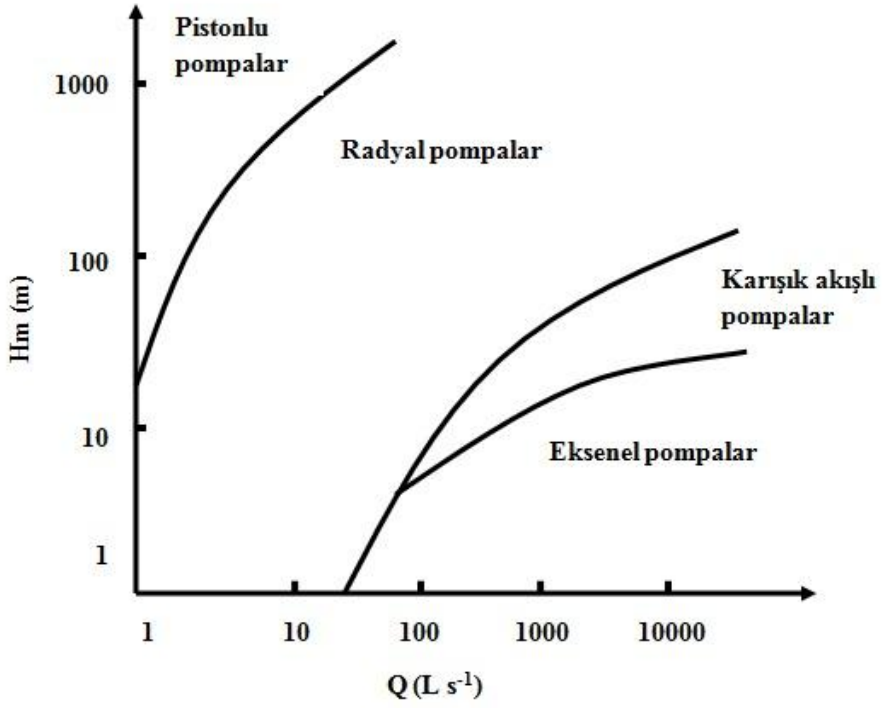
Akpınar (1999), kuyu açıldıktan sonra yapılacak olan borulama, filtreleme ve çakıl zarfı gibi donanım ile ilgili işlemlerin çok önemli olduğunu belirtmiştir. Derin kuyu sondaj ve pompaj işlemleri ile kuyu donanımlarındaki uygulamada görülen çok sayıdaki sorunları ve çözüm yollarını analiz etmiştir. Filtrelerdeki sürtünme kaybı için düz filtrelerde % 10-20, köprülü tip filtrelerde ise % 20-30 bir kayıp oranından gerçekleştiğini belirtmiştir. Ayrıca kuyulara yapılacak olan çakıl zarfının (zon) kalınlığının az olmasının filtreleri zamanla tıkayacağını, fazla olması durumunda ise su akışını engelleyeceğini ifade etmiş ve çakıl zonu kalınlığının alt sınırını 75 mm (3"), üst sınırının da 200 mm (8") olması gerektiğini saptanmıştır.



Şekil 2.5. Milli pompa güç bilançosu (Ertöz, 1998)

Çalışır ve ark. (2001), Orta Anadolu Bölgesi koşullarında, sulama suyu sağlamak amacıyla rotari yöntemine açılan bir sondaj kuyusunun özgül enerji tüketim değerinin 1767.4 MJ m^{-1} düzeyinde olduğunu belirlemişlerdir.

Savva ve Frenken (2001), genellikle sulamada kullanılan pompaları çalışma aralıklarına ve akış tiplerine göre değerlendirmişlerdir. Debi ve toplam dinamik yüksekliğin fonksiyonu olarak çalışma alanlarını da Şekil 2.6'daki gibi olduğunu ortaya koymuşlardır.



Şekil 2.6. Derin kuyu pompalarının çalışma aralıkları (Savva ve Frenken, 2001)

Şekil 2.6'da dikey türbin ve santrifüj pompaların büyük basınç ve küçük debi değerine eksenel pompaların ise küçük basınç ama büyük debi değerlerine ulaştığını vurgulamışlardır. Karışık akışlı pompaların ise bu iki pompanın ideal çalışma aralıklarına sahip olduklarını göstermektedirler. Ayrıca yazar bu pompaların genellikle sulamada kullanıldığını ve pompaların su içerisindeki katı partiküllerden etkilendiğini, bu yüzden çalışan aksamlarının belirli aralıklarla kontrol edilip bakımının yapılmasının gerektiğini belirtmişlerdir.

Çalışır ve ark. (2002), derin kuyu sulama pompaj tesislerinin ortalama yıllık kullanım süresinin 1275.8 h, özgül yıllık kullanımının 29 h $ha^{-1}yıl^{-1}$ ve özgül kurulu motor gücünün 1.06 kW ha^{-1} düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir.

Elçi (2003), kuyu akifelerin de nümerik modelleme yöntemi ile yapılan seviye ölçümleri sonucunda düşey hidrolik yük gradyanın (eğiminin) 0.51 kuyu su seviyeside akifer su seviyesinin 1.53 m' nin altında kaldığını saptamıştır. Düşey hidrolik yük eğiminin 0.75 koşulu için kuyudaki su seviyesi kuyu filtresinin üst seviyesinden itibaren 0,88 m aşağıda olduğunu ve akiferdeki gerçek su seviyesinin 2.38 m' nin altında kaldığını belirtmiştir. Ayrıca; kuyudaki yer altı su seviyelerinin belirlenmesinde etkili faktörlerin; kuyuya yerleştirilen filtrenin yapısına, filtrenin kuyu içerisindeki su düzeyinden itibaren derinliğine ve akifer ait düşük hidrolik gradyant değerine bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

Şeflek ve ark. (2003), Konya bölgesinde farklı bitki cinsleri, alan ve kuyu karakteristiklerini göz önünde bulundurularak üç farklı dalgıç pompa firmasına ait pompaların, seçimine yönelik bir uzman sistem geliştirmiştir.

Çalışır ve ark. (2004), kuyudan çekilen debiye bağlı olarak kuyudaki düşümün parabolik olarak arttığını, bu ilişkinin kuyu karakteristiği olarak ifade edildiğini, belli bir debiden sonra düşümde dönüm noktası oluşarak düşüm eğrisinin dikleştiğini ifade etmişlerdir. Kuyu debisi ile düşüm arasındaki ilişkinin dönüm noktasına karşılık gelen debinin kuyunun maksimum debisi, bu düzlemdeki düşüm ise kuyunun dinamik seviyesini oluşturduğu ifade etmişlerdir. Ayrıca debi değerleri göz önüne alınarak pompa seçiminde kuyunun maksimum debisinin %90'ına karşılılık gelen debideki pompaların seçilmesi gerektiği ve bu debiye de kuyunun ekonomik debisi olarak isimlendirdiğini belirtmişlerdir. Kuyudaki düşümün, pompaj debisine, akifer özelliklerine, kuyu boyutuna, kuyunun donanımına ve pompaj süresine bağlı olarak değişiğini bildirmişlerdir.

Çalışır ve ark. (2005), sulama amaçlı derin kuyu pompaj tesislerinde kullanılan elektrik motorlu (VHS) ile tahrik edilen düşey milli derin kuyu pompalarında özgül enerji tüketimini 1.86 MJ m^{-3} ve traktör kuyruk mili (PTO) ile özgül enerji tüketim değerini ise 6.33 MJ m^{-3} olarak saptamışlardır.

Çalışır ve Eryılmaz (2005), sulamada kullanılan dalgıç tip derin kuyu pompalarında, aynı anma çapındaki sol dönüşlü (saat yelkovanı tersi) pompaların sağ dönüşlü pompalara göre daha yüksek sistem verim sağladığını, pompa anma çapı büyüdükçe sistem veriminin yükseldiğini belirlemişler ve bu sonucun coriolis kuvvetlerinin etkisinden kaynaklanabileceğini vurgulamışlardır.

Çalışır ve ark. (2006), Konya bölgesinde çalışan düşey milli derin kuyu sulama pompaj tesislerinde elektrik motorunda, kaplin muhafazasından ve pompa çıkış

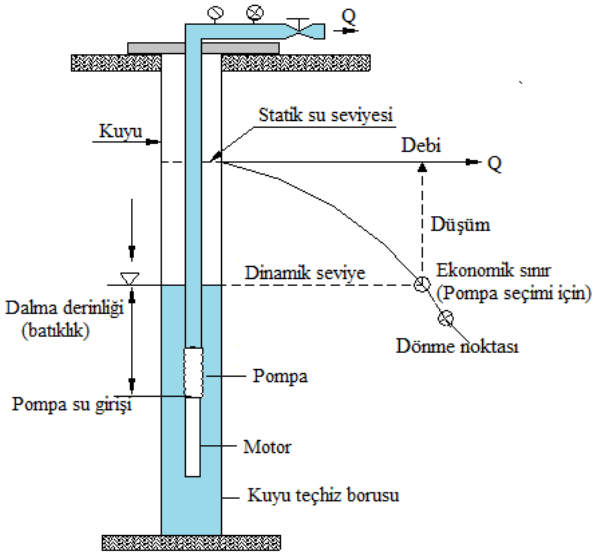
başlığındaki titreşim hızı ve gürültü düzeyleri ölçmüşlerdir. İncelenen tesislerin titreşim hızları elektrik motorunda 11.23, kaplin muhafazasında 7.32 ve pompa çıkış başlığında ise 5.38 mm s^{-1} seviyelerinde olduğunu belirlemişlerdir. ISO 2372 Standartlarına göre, kaplin muhafazasından ölçülen titreşim hızı bakımından, tesislerin % 34.6'sının kabul edilemez koşullarda işletildiğini belirlemişlerdir. Tüm tesis genelinde kabin içi gürültü düzeyleri ise ortalama 85.8 dB (A) değerinde ölçmüşlerdir.

Delleur (2006), kuyulardaki özgül verimi debinin (Q) düşüm (Δ) değerlerine (Q/Δ) oranı ile tanımlamıştır. Derin kuyulardaki debi ve düşüm ilişkisini incelemiştir ve serbest akifere sahip bir kuyuda debinin düşüme olan etkisini inlemişlerdir. Debinin artmasıyla düşümün de arttığı belirtmiştir. Yazar, kuyunun çakıllanmasındaki asıl amacın kuyuya yerleştirilen filtrelerin tıkanmasını ve kuyunun çökmesini önlemek, pompanın uzun ömürlü olmasını sağlamak ve suyun fiziksel kalitesini arttırmak olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca kullanılan çakıl malzemesinin özelliklerine değinilmiş olup kullanılan çakılın temiz, yuvarlak, silisli kum ve çakıllardan oluşması gerektiğini, karbonat malzeme, şist parçacıkları ya da çözünür malzeme, (alçı gibi) toplam% 5'in altında olması gerektiği belirtmiştir.

Çalışır (2007), 110 adet dalgıç tip derin kuyu sulama pompaj tesisinde arazi koşullarında yapılan performans ve tesis başına ortalama debinin 41.1 L s^{-1}, manometrik yüksekliğin 56.1 m, özgül düşüm değerinin 0.25 m L^{-1} s^{-1}, dalma derinliğinin 12.1 m, sistem veriminin %52, performans oranının %78 ve özgül enerji tüketimi değerinin ise 2.93 MJ m^{-3} olduğunu belirtmiştir. Ayrıca tesislerde ortalama %22 düzeyinde bir enerji tasarrufu potansiyelinin varlığını vurgulamıştır.

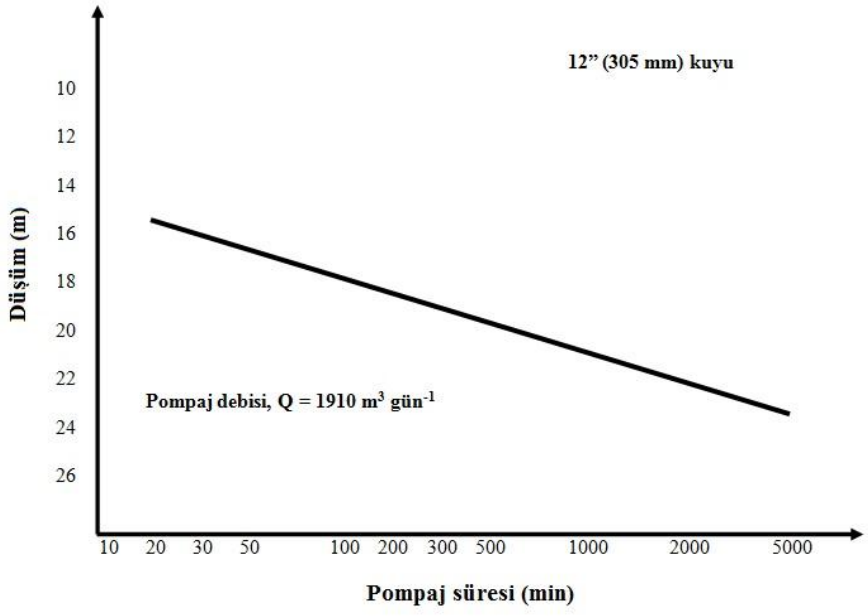
Konuralp ve ark. (2008), dünyadaki bütün enerji tüketiminin %20' sinin pompalar tarafından tüketildiğini ve ömür boyu maliyetin bu yüzden önemli olduğunu, ömür boyu maliyet bakımından pompaların işletme giderlerinin %85' i düzeyine karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca dalgıç pompalarda kullanılan yıldız-üçgen yol vermeli motorlarda montaj derinlikleri ve motor gücüne göre en fazla %3 voltaj kaybı öngörülmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Çalışır (2009), derin kuyu sulama pompaj tesislerinin bileşenlerini incelenmiştir. Tipik bir kuyu karakteristik eğrisini ve temel yükseklikleri Şekil 2.7' de gibi açıklamıştır. Ayrıca, kuyularda meydana gelen düşümün, toplam dinamik yüksekliği dolayısıyla güç ve enerji tüketiminin bir fonksiyonu olduğunu vurgulamıştır.



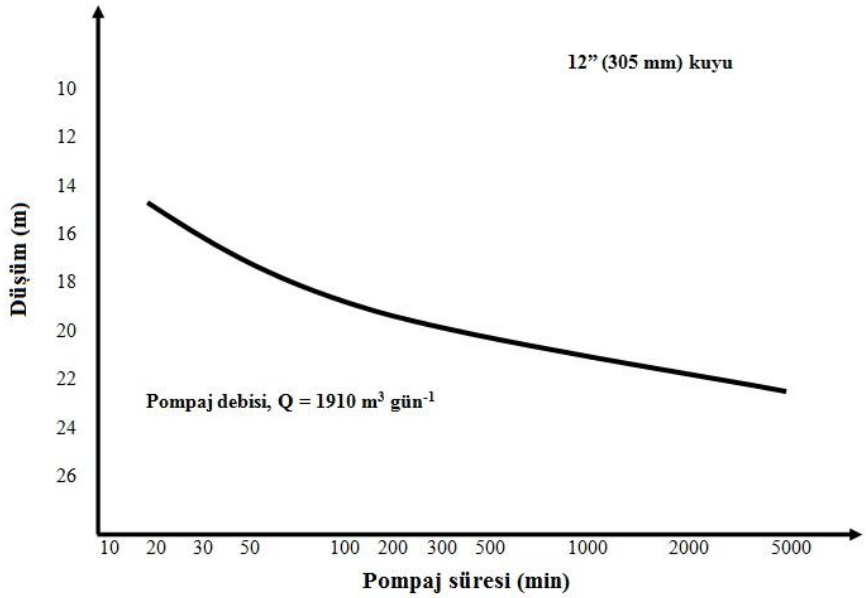
Şekil 2.7. Derin kuyu karakteristik eğrisi ve temel yükseklik terimleri (Çalışır, 2009)

Driscoll (2010), kuyu düşüm konisinin kuyunun beslenme durumuna göre değiştiğini buna göre her kuyudaki düşümün farklı olacağını belirtmiş ve bu farklılıklara ait zamana bağlı olarak düşüm grafiklerini vermiştir (Şekil 2.8). Bu farklılıkların kuyunun yapısına, akiferin tipine ve besleme kaynaklarının çeşitliliğine göre değişmekte olduğunu bildirmiştir. Yazar kuyuları, beslenme durumuna göre üç tipte sınıflandırmıştır. Bunlar beslemesiz, az beslemeli ve çok beslemeli kuyulardır. Beslemesiz tip kuyularda sabit pompaj debisinde pompaj süresinin fonksiyonu olarak düşümün belli bir eğimde doğrusal olarak azaldığını belirtmektedir.



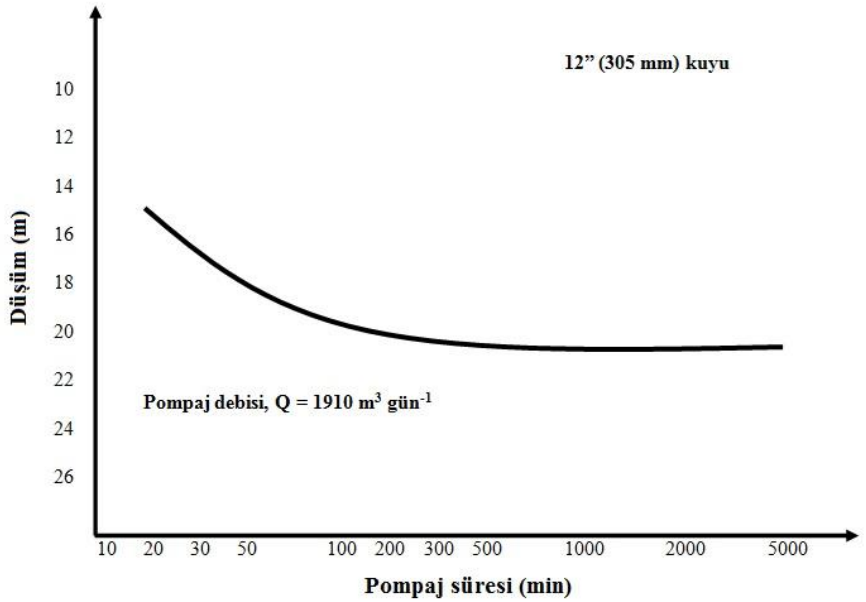
Şekil 2.8. Beslemesiz bir kuyuya ait zaman-düşüm ilişkisi (Driscoll, 2010)

Çekilen debiden daha düşük düzeyde beslenen bir kuyuda sabit debi koşulunda belli bir süreye kadar düşümün hızlıca azaldığı o süreden sonra yapılan pompaj süresince düşümün daha düşük eğimlerde devam ettiği görülmektedir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yetersiz beslenen bir kuyuya ait zaman-düşüm ilişkisi (Driscoll, 2010)

Çekilen debiden daha büyük düzeyde beslenen bir kuyuda sabit debi koşulunda belli bir süreye kadar düşümün azaldığı o süreden sonra yapılan pompaj süresince düşümün sabit kaldığı görülmektedir (Şekil 2.10). Bu durum kuyudan çekilen debi ile kuyuya giren suyun debisinin eşit olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 2.10. Yeterli beslenen bir kuyuya ait zaman-düşüm ilişkisi (Driscoll, 2010)

Anonymous (2016c), kuyuların uygun tasarımı ve donanımı, kuyu performansını (verimini) maksimize edeceğini ifade etmiş ve kullanım süresine bağlı olarak kuyuların debisinin ve performansının azalacağını buna karşın da kuyu düşümünün ve güç (enerji) gereksiniminin artacağı belirtilmiştir. Ayrıca kuyu donanımlarından filtreleme etkinliği ve çakıl zonu kalınlığının önemi vurgulanmıştır.

Yalçındağ (2016), açılan yer altı kuyularının kullanıldıkça bazı nedenlerden dolayı pompaj debisinin, kuyu ve pompa verimindeki azalmanın nedenlerini;

- Kullanılan pompanın aşınmasından kaynaklı pompaj debisinin azalması,
- Kuyudan çekilen debiye bağlı düşümün dolayısıyla dinamik seviyenin artmasına ve bununla birlikte pompa veriminin azalması,
- Akifer yapısına ve beslenmesindeki azalmanın kuyu düşümünü artırdığı, bunun sonucunda kuyu ve veriminin azalması,
- Pompajı yapılan kuyunun yakınlarında açılacak bir başka kuyunun meydana getireceği etkileşimden dolayı kuyu verimini düşürebileceği,
- Kuyu içerisindeki filtrenin de yapısından dolayı meydana gelecek tıkanıklıklarında kuyu ve pompa veriminin azalmasında etkili olduğu şeklinde açıklamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

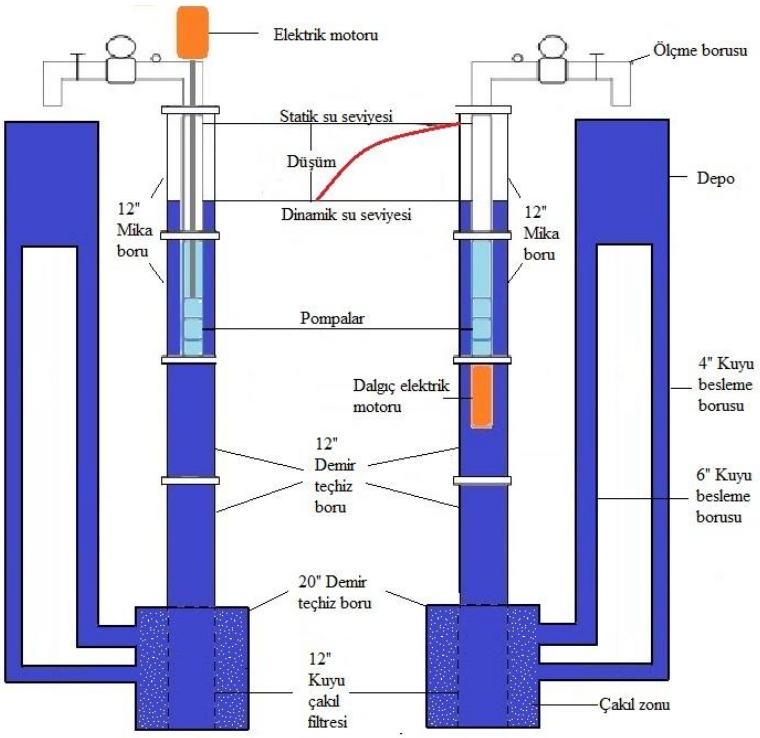
Bu çalışma, 213O140 no.lu TÜBİTAK projesi kapsamında S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde tasarlanmış derin kuyu ve derin kuyu pompası test kulesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Pompa deneme tesisi

3.1.1. Pompa deney ünitesi

Deney düzeneği, açık hidrolik devre ve bileşik kaplar prensibine göre çalışmaktadır. Filtreli ve kapalı tip kuyu teçhiz boruları deneme kombinasyonuna uygun şekilde merkezlenerek sırasıyla birbirine sızdırmazlığı sağlanarak sabitlenmiştir. Çakıl muhafaza borusu yerleştirildikten sonra çakıllama işlemi yapılmıştır. Deney ünitesinin şematik görünümü ve kuyu donanımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Pompa deney ünitesinin kuyu donanımı

Deney ünitesinin su deposu, çakıl muhafaza borusunun üst kısmından 100 mm ve 150 mm anma çapında iki adet boru bağlanmış ve beslenmiştir. Su deposu içerisindeki su seviyesine bağlı olarak kuyu teçhiz borusunda da bir statik seviye oluşmuştur. Denemelerde kullanılan kuyu donanım malzemeleri tabandan itibaren 2 m uzunluğunda 300 mm anma çapında düşey oblong delikli filtreli tip ve bunun dış kısmında ise 500 mm çapında bir kapalı çelik malzemeden bir teçhiz borusundan oluşmaktadır. Üst kısmında ise 4 m uzunluğunda 300 mm çapında çelik malzemeden yapılmış bir teçhiz borusu ve yine 4 m uzunluğunda 300 mm çaplı mika (şeffaf plastik) malzemeden yapılmış kapalı tip bir teçhiz borusu kullanılmıştır. Ayrıca 300 mm' lik filtreli tip teçhiz borusu ve 500 mm' lik kapalı teçhiz borusu arasında kalan kısımda da 100 mm' lik çakıl zonu (genişliği) bulunmaktadır. Kullanılan çakıl 7-15 mm geometrik çapa sahiptir. Kullanılan çakıla ait özellikler ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan çakılın bazı fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	Değerler
Hacim ağırlığı	: 1.54 kg dm^{-3}
Parçacık porozitesi	: % 44
Parçacık yoğunluğu	: 2.75 kg dm^{-3}
Parçacık genişliği	: 14.3 mm
Parçacık uzunluğu	: 19.6 mm
Parçacık kalınlığı	: 9.1 mm
Doğal yığılma açısı	: 22.76^{o}

3.1.2. Denemelerde Kullanılan Pompalar

Denemelerde genellikle tarımsal sulamalarda tercih edilen düşey milli ve dalgıç derin kuyu pompaları kullanılmıştır. Dalgıç pompaların pompa grupları Şekil 3.3'de bazı teknik özellikleri de Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan dalgıç pompalar

Çizelge 3.2. Dalgıç pompaların pompa gruplarına ait bazı teknik özellikleri

Dalgıç Pompalar			
Teknik özellikleri	**D_1**	**D_2**	**D_3**
Pompa anma çapları	6" (78 mm)	7" (105 mm)	8" (128 mm)
Pompa gövde malzemesi	Pik	Pik	Pik
Pompa çark malzemesi	Pirinç	Pirinç	Pirinç
Pompa mil malzemesi	Paslanmaz çelik	Paslanmaz çelik	Paslanmaz çelik
Pompa mili çapı	25 mm	25 mm	30 mm
Pompa kademe sayısı	2	1	1
Klerens açıklığı	4.5 mm	4.5 mm	4.5 mm
Kanat sayısı (z)	5	7	6
Kanat kalınlığı (t) mm	5	5	5
Çark çıkış çapı (Dç) mm	94.5	140	150
Çark çıkış genişliği (b2) mm	15	16	20

Benzer şekilde düşey milli tip derin kuyu pompaların da pompa grupları Şekil 3.4'de bazı teknik özellikleri de Çizelge 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Denemelerde kullanılan düşey milli pompalar

Çizelge 3.3. Düşey milli pompaların pompa gruplarına ait bazı teknik özellikleri

	Milli pompalar		
Teknik özellikler	**M_1**	**M_2**	**M_3**
Pompa anma çapları	3" (78 mm)	4" (105 mm)	5" (128 mm)
Pompa gövde malzemesi	Pik	Pik	Pik
Pompa çark malzemesi	Pirinç	Pirinç	Pirinç
Pompa mil malzemesi	Paslanmaz çelik	Paslanmaz çelik	Paslanmaz çelik
Pompa mili çapı	25 mm	25 mm	25 mm
Pompa kademe sayısı	2	1	1
Klerens açıklığı	4.5 mm	4.5 mm	4.5 mm
Kanat sayısı (z)	5	5	5
Kanat kalınlığı (t) mm	5	5	5
Çark çıkış çapı (Dç) mm	93.5	136	150
Çark çıkış genişliği (b_2) mm	15	16	17.5

3.1.3. Denemelerde Kullanılan Motorlar

Denemelerde kullanılan iki adet dalgıç elektrik motorları ve kullanılan kabloya ait bazı teknik ölçü ve özellikler Çizelge 3.4'de gösterilmiştir. Şekil 3.5'da ise dalgıç motor ve kılıfları verilmiştir.

Çizelge 3.4. Dalgıç elektrik motorlarına ait bazı teknik özellikler

Özellikleri	**Dalgıç motor I**	**Dalgıç motor II**
Marka	Suver	Watermot
Tip	Dalgıç	Dalgıç
Güç(kW)	4	5.5
Gerilim (V)	380	380
Akım şiddeti (A)	9.2	13.6
Devir sayısı (d/d)	2869	2780
Frekans (Hz)	50	50
Güç faktörü (cosϕ)	0.86	0.84
Motor anma çapı (“)	6”	6”
Motor mil çapı (mm)	25	25
Soğutma tipi	Su	Su
Kablo kesiti (mm^2)	3x2.5	3x2.5
Yol verme	Yıldız-üçgen	Yıldız-üçgen



Şekil 3.5. Dalgıç pompa motorları ve motor kılıfları

Motorlarda kılıfların kullanılmasının nedeni, seçilen pompaların güç gereksinimi küçük olduğundan her iki motorun anma çapı da 6” ölçüsündedir. Oysa çalışmada 7” ve 8” dalgıç pompaların motor anma çapları da sırasıyla 7” ve 8” ölçüsündedir. Bundan dolayı D_1 6” lik pompasının tahrikinde dalgıç motor I kullanılmıştır. 7” ve 8” 'lik dalgıç pompaların tahrik edilmesinde ise, dalgıç motor II kullanılmıştır. Dalgıç motor II kullanılacak olan 7” ve 8” lik pompaların çapları ile aynı çapa ayarlanmak için 7” anma çapındaki dalgıç pompada 7” lik, 8” dalgıç pompada ise 8” lik kılıf (kovan) kullanılmıştır. Bunun sebebi ise pompa çapı ile motor çapını birbirine eşitlemektir.

Çizelge 3.5’de milli pompa denemelerinde kullanılan klasik dik türbin tip elektrik motoruna ait bazı teknik ölçü ve özellikler gösterilmiştir. Şekil 3.6’da ise dik türbin motor ve tahrik grubu elemanları verilmiştir.

Çizelge 3.5. Denemelerde kullanılan olan milli pompalara ait motor özellikler

Özellikler	**Milli motor**
Marka	Siemens
Tip	Asenkron
Güç (kW)	5.5
Gerilim (V)	380
Akım şiddeti (A)	11,1
Devir sayısı (min^{-1})	2910
Frekans (Hz)	50
Güç faktörü (cosϕ)	0.85



Şekil 3.6. Milli pompalara ait elektrik motoru ve tahrik grubu

3.1.4. Denemelerde Kullanılan Kolon Grubu

Çizelge 3.6'da denemelerde kullanılan dalgıç pompa kolon borusu ve manşonlarına ait bazı teknik ölçü ve özellikler gösterilmiştir. Şekil 3.7'de ise dalgıç pompa kolon borusu fotoğrafı verilmiştir.

Çizelge 3.6. Dalgıç pompalara ait kolon borularının bazı teknik özellikleri

Kolon borularına ait bazı teknik özellikler				
İç çapı (mm)	Et kalınlığı (mm)	Uzunluğu (mm)	Malzemesi	Sayısı (adet)
78 (3")	4	2000	Çelik	1
105 (4")	4	2000	Çelik	1
128 (5")	5	2000	Çelik	1
Kolon borusu manşonlarına ait bazı teknik özellikler				
İç çapı (mm)	Et kalınlığı (mm)	Uzunluğu (mm)	Malzemesi	Sayısı (adet)
85	7	110	Çelik	1
110	10	105	Çelik	1
135	10	105	Çelik	1



Şekil 3.7. Dalgıç Pompa Kolon Boruları

Çizelge 3.7'de denemelerde kullanılan milli pompa kolon borusu, manşon ve millere ait bazı teknik ölçü ve özellikler gösterilmiştir. Şekil 3.8'de ise milli pompa kolon borusu fotoğrafı verilmiştir.

Çizelge 3.7. Milli pompa kolon borularının bazı teknik özellikler

Kolon borularına ait bazı teknik özellikler				
İç çapı (mm)	Et kalınlığı (mm)	Uzunluğu (mm)	Malzemesi	Sayısı (adet)
78 (3")	4	2000	Çelik	1
105 (4")	4	2000	Çelik	1
128 (5")	5	2000	Çelik	1
Kolon borusu manşonlarına ait bazı teknik özellikler				
İç çapı (mm)	Et kalınlığı (mm)	Uzunluğu (mm)	Malzemesi	Sayısı (adet)
85	7	110	Çelik	1
110	10	105	Çelik	1
135	10	105	Çelik	1
Mil ve mil manşonlarına ait bazı teknik özellikler				
	Çap (mm)	Uzunluk (mm)	Malzeme	Sayısı (adet)
Mil	25	2080	Çelik	1
Mil manşonu	35	160	Çelik	1



Şekil 3.8. Milli pompa kolon borusu ve kolon mili

3.1.5. Denemede kullanılan cihazların teknik özellikleri

Denemelerde kullanılan ölçüm cihazlarının kalibrasyonu, temin edilen firmalar tarafından yaptırılmıştır.

3.1.5.1. Debimetre

Denemelerde kullanılan elektromanyetik debimetrelere ait bazı teknik ölçü ve özellikler Çizelge 3.8'de gösterilmiştir. Şekil 3.9'da ise elektromanyetik debimetrelere ait fotoğraflar verilmiştir.

Çizelge 3.8. Elektromanyetik debimetrelere ait bazı teknik özellikler

Özellikler	**(3")**	**(4")**	**(5")**
Model	S-MAG 100	S-MAG 100	S-MAG 100-0125
Tip	DN80	DN100	DN125
Çalışma debisi	1-180 $m^3 h^{-1}$	1-280 $m^3 h^{-1}$	1-440 $m^3 h^{-1}$
Çalışma basıncı	16 bar	16 bar	16 bar
Çalışma sıcaklığı	-10/60 ^{o}C	-10/60 ^{o}C	-10/60 ^{o}C
Enerji bağlantısı	220 V	220 V	220 V
Bağlantı şekli	Flanşlı	Flanşlı	Flanşlı
Gösterge	Dijital	Dijital	Dijital



Şekil 3.9. Elektro manyetik debimetreler

3.1.5.2. Basınç sensörü

Araştırmada kullanılan basınç sensörüne ait bazı teknik ölçü ve özellikler Çizelge 3.9'da gösterilmiştir. Şekil 3.10'da ise basınç sensörü görülmektedir.

Çizelge 3.9. Dijital göstergeli basınç sensörüne ait bazı teknik özelikler

	Teknik özellikler
Markası	WİKA
Montaj tipi	Alttan bağlantılı
Ölçü aralığı	0 – 10 bar
Ölçü birimi	bar/ kPa/psi
Bağlantı ölçüsü	G 1/4'' B
Ortam sıcaklığı	- 20 + 80 °C
Akışkan sıcaklığı	Maksimum + 60 °C



Şekil 3.10. Dijital göstergeli basınç sensörü

3.1.5.3. Seviye Ölçer

Deney kuyusundaki statik ve dinamik su seviyelerinin ölçümünde kullanılan seviye ölçme cihazına ait bazı teknik ölçü ve özellikler Çizelge 3.10'da fotoğrafı ise Şekil 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Derin kuyu seviye ölçme cihazının bazı teknik özellikleri

	Özellikler
Markası	Hydrotechnik
Tipi	010 tip/1.5 V
Ölçü aralığı	0 – 150 m
Ölçü birimi	Metre
Ölçü uyarısı	Ses ve ışık ikazlı
Sensör prop çapı	15 mm
Sensör prop uzunluğu	200 mm



Şekil 3.11. Derin kuyu seviye ölçme cihazı

3.1.5.4. Güç Analizörü

Çizelge 3.11'de denemelerde kullanılan güç analizöre ait bazı teknik ölçü ve özellikler gösterilmiştir. Şekil 3.12'de ise güç analizöre ait fotoğraflar verilmiştir.

Çizelge 3.11. Güç analizörüne ait bazı teknik özellikleri

	Özellikler
Markası	KAEL
Modeli	Multiser 05-PC-TFT
Ölçüm çeşitleri	Güç, voltaj, çekilen akım ve güç faktörü (cos ϕ)
Ölçü birimi	kW
Ölçü aralığı	4 - 7.5 - 11 - 18.5 kW



Şekil 3.12. Dijital güç analizörü

3.1.5.5. Ortam sıcaklığı ve bağıl nemölçeri

Çizelge 3.12'de bağıl nemölçerine ait bazı teknik ölçü ve özellikler gösterilmiştir. Şekil 3.13'de ise bağıl nemölçer ve hava sıcaklığı ölçme sensörü verilmiştir.

Çizelge 3.12. Bağıl nemölçere ait bazı teknik özellikleri

	Özellikler	
Marka	Hydrotermometer	
Tip	PCE 330	
Ölçüm aralığı	0 – 100% rh	-30 ile 100^0
Hassasiyet	±2.0% r.h.	±0.5°C
Batarya	9V (PP3)	
Ağırlık	200 gr	



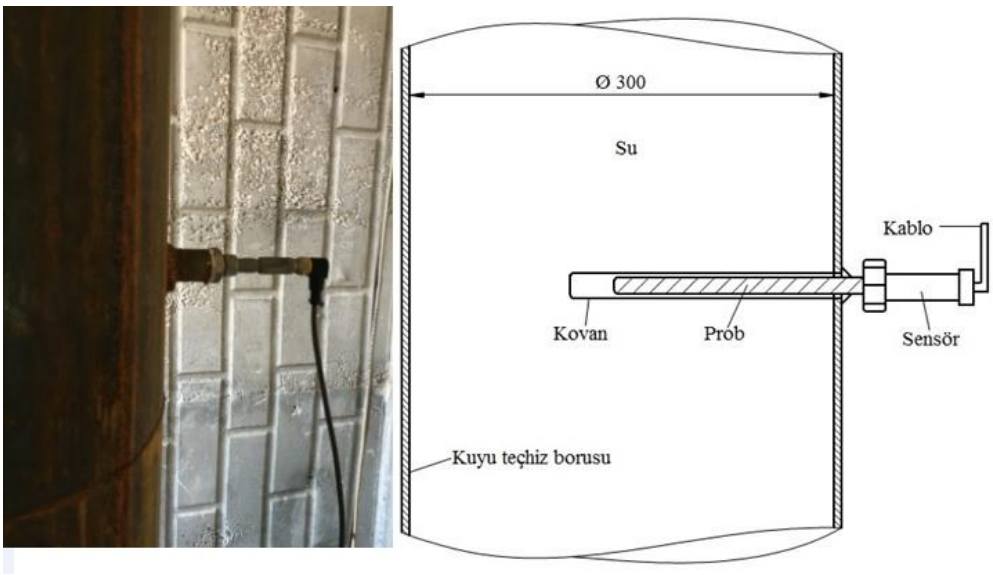
Şekil 3.13. Dijital bağıl nemölçer (**a**) ve ortam sıcaklık sensörü (**b**)

3.1.5.6. Su sıcaklığı ölçeri

Çizelge 3.13'de su sıcaklığı ölçerine ait bazı teknik ölçü ve özellikler gösterilmiştir. Şekil 3.14'de ise cihazın resmi ve kuyu teçhiz borusu içerisinde çalışma biçimi verilmiştir.

Çizelge 3.13. Su sıcaklığı sensörüne ait bazı teknik özellikleri

	Özellikler
Marka	TURCK
Tip	Medium contact
İşletme aralığı	0 - 150^0
Prob çapı	6 mm
Prob uzunluğu	150 mm
Bağlantı şekli	Yivli erkek
Tasarım	Göstergesiz



Şekil 3.14. Su sıcaklığı ölçme sensörü

3.2. Metot

3.2.1. Deneme pompalarının seçimi

Denemelerde kullanılan pompaların tip ve anma çaplarının belirlenmesinde, tarımsal sulama uygulamalarında yaygınlık dikkate alınmıştır. Ayrıca deney standının teknik özellikleri de göz önünde bulundurulmuştur. Pompa anma çapları milli pompalarda kullanıldıkları kolon borusu çıkış çapı ile adlandırılırken dalgıç pompalarda pompa grubunun anma çapı ile adlandırılır. Bunun dışında motor gücü toplam pompa basıncı ve debisinin fonksiyonu olarak değiştiğinden pompa kademe sayısı dolayısıyla motor gücünün minimum olması tercih edilmiştir. Burada anma çapı ve debi ilişkisi dikkate alınmıştır.

3.2.2. Deneme deseni

Denemeler, üç değişik anma çapındaki dalgıç pompa ve milli tip derin kuyu pompalarında yürütülmüştür. Denemeler süresince her pompa için 2 m uzunluğunda kolon borusu kullanılmıştır. Ayrıca kuyu sabit hidrolik yük ve üstten besleme konumunda yapılmıştır.

Denemeler, Çizelge 3.14'de gösterilen kayıt formunda olduğu gibi yürütülmüştür. Her tekerrür tam kapalı vana ile tam açık vana aralığın da 10 ile 13 vana açıklığında ve sabit hidrolik yük koşullarında yapılmıştır. Ölçme ve hesaplamalar ilgili standartlar ve literatür dikkate alınarak yürütülmüştür (Baysal, 1975; Tezer, 1978; Karassik ve ark., 1986; Anonim, 1993; Stepanoff, 1993; Atmaca, 1998; Yalçın, 1998; Hanson, 2000; Anonim, 2002; Keskin ve Güner, 2002; Çalışır, 2009; Dross, 2011).

3.2.3.Pompaların tesise bağlanması ve denemelerin yürütülmesi

3.2.3.1. Dalgıç pompalar

Sisteme öncelikle bir vinç yardımıyla deney düzeneğine çıkarılan pompa, motor ve kolon grubu sırasıyla motor en altta olacak şekilde önce birbirlerine bağlantısı yapılmış sonra bir çıkış dirseği yardımıyla askıya alınarak sisteme bağlanmıştır. Dalgıç pompalarda hareket kaynağı olan motor su içerisinde olduğundan özel yalıtımlı su geçirmez bir kablo ile elektrik enerji iletimi sağlanmıştır. Kablo uzunluğu pompa ve pompa kolon borusu uzunluğu kadardır.

Çizelge 3.14. Deneme planının görünüşü

Deneme tarihi: **Ortam sıcaklığı:**
Pompa Tipi: **Su sıcaklığı:**
Statik su seviyesi: **Ortalama nispi nem:**

No:	Tekerrür	Q (m^3 h^{-1})	P_b (bar)	$N_ş$ (kW)	H_d (cm)
1	I				
	II				
	III				
2	I				
	II				
	III				
3	I				
	II				
	III				
4	I				
	II				
	III				
5	I				
	II				
	III				
6	I				
	II				
	III				
7	I				
	II				
	III				
8	I				
	II				
	III				
9	I				
	II				
	III				
10	I				
	II				
	III				
11	I				
	II				
	III				
12	I				
	II				
	III				
13	I				
	II				
	III				

3.2.3.2. Milli pompalar

Pompa ve kolon grubu yine vinç yardımıyla sisteme indirilmiş kolon grubu içerisinden pompaya hareket verecek olan milin, pompa mili ile bağlantısı yapılmıştır. Daha sonra bir çıkış dirseği ve içerisinden kolon mili geçen bir akıtma başlığı ile askıya alınmış ve pompa ayar somunu ile pompa eksenel (klerens) ayarı yapılarak pompa eksenel açıklığı ayarlanmıştır. Mil kısmına kaplinli bir elektrik motoru bağlanarak hareket iletimi gerçekleştirilmiştir.

Denemeye alınacak pompa, deneme kuyusu kulesi üzerindeki platforma bağlandıktan sonra çalışma platformu üzerinde pompanın anma çapına uygun ölçme borusu hazırlanmış ve üzerine sırasıyla; manometre, debimetre ve sürgülü ayar vanası bağlanmıştır. Pompalama sonucunda ölçme borusundan geçen su tekrar bir dirsek ve boru yardımıyla su deposuna gönderilmiştir. Motorlara ait elektrik kabloları ise platform üzerinde bulunan ve güç analizörü ile donatılmış elektrik panosuna bağlanmıştır.

3.2.4. Ölçülen parametreler

3.2.4.1. Debi

Debi, her pompanın çıkış çapına uygun anma çapındaki elektromanyetik debimetreler ile ölçülmüştür.

3.2.4.2. Yükseklik

Su seviyelerinin ölçülmesinde derin kuyu seviye ölçer kullanılmıştır. Derin kuyu sulama tesislerindeki temel yükseklikler Şekil 3.15'de gösterilmiştir.

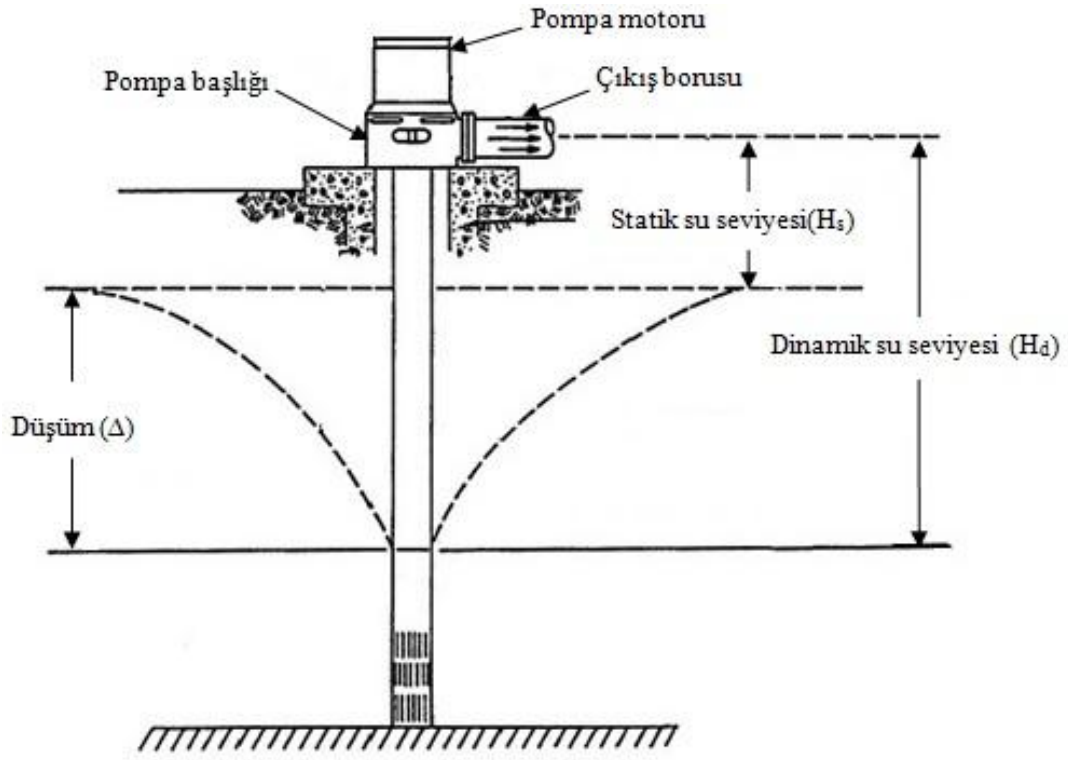
Seviye ölçer kolon grubu ile kuyu kılıfı arasından kuyu içerisine daldırılarak su seviyelerindeki değişimler ölçülmüştür. Ayrıca mika (şeffaf) malzemeden yapılmış kuyu kılıf borusu kullanıldığı için dışarıdan şeritmetre yardımıyla kuyu su seviyesi düşümleri kontrol edilmiştir.

Statik su seviyesi (H_s)

Pompa çalışmaz iken kuyunun teçhiz borusundaki su seviyesi düzlemi ile ölçme borusu ekseni arasındaki düşey mesafe olup seviye ölçer ile ölçülmüştür.

Dinamik su seviyesi (H_d)

Pompa çalışmaya başlayıp ayarlanan debi değerinde akışın kararlı duruma geldiği anda kuyunun teçhiz borusundaki su seviyesi düzlemi ile ölçme borusu ekseni arasındaki düşey mesafe olup seviye ölçer ile ölçülmüştür.



Şekil 3.15. Kuyularda ölçülen yükseklikler (Hanson, 2000)

3.2.4.3. Çıkış basıncı

Ölçme borusu üzerinde yer alan dijital göstergeli basınç sensörü ile ölçülmüştür.

3.2.4.4. Şebekeden çekilen güç

Pompanın şebekeden çektiği güç, kontrol ve kumanda panosu üzerine yerleştirilecek bir güç analizörü ile ölçülmüştür.

3.2.4.5. Su sıcaklığı

Su sıcaklığını ölçümü, kılıf borusu içine yerleştirilen bir sıcaklık sensörleri ile ölçülmüştür.

3.2.4.6. Ortam sıcaklık ve bağıl nem

Ortam sıcaklığı ve bağıl nem bir cihaz yardımıyla ölçülmüştür.

3.2.4.7. Suyun özgül ağırlığı

Pompalan suyun özgül ağırlığı, sıcaklığa bağlı olarak değişen bir fiziksel özelliktir. Ölçülen su sıcaklığına bağlı suyun özgül ağırlığı akışkanlar mekaniği kaynaklarında verilen çizelgelerden belirlenebilmektedir (Çengel ve ark., 2008). Buna karşın 0-30 °C aralığında kalan su sıcaklıkları için suyun özgül ağırlığı çok fazla değişmediği için 1 kp L^{-1} olarak alınmıştır (Tezer, 1978).

3.2.5. Hesaplanan parametreler

Ölçülen büyüklüklere bağlı olarak pompa karakteristik değerleri ve düşüm aşağıda belirtilen eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

3.2.5.1. Düşüm

Statik su seviyesi ile dinamik su seviyesi arasındaki düşey mesafe farkı olup düşüm (Δ) değeri 1 no lu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = H_d - H_s \quad \text{.....(3.1)}$$

3.2.5.2. Toplam dinamik yükseklik

Toplam dinamik (manometrik) yükseklik aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$H_m = 10{,}2 * P_b + H_d + v^2/2g \quad \text{.....(3.2)}$$

$$Q = A.v \quad \text{.....(3.3)}$$

3.2.5.3. Sistem verimi

Sistem verimi pompa çıkışındaki hidrolik gücün (N_h) motor girişindeki elektriksel güce ($N_ş$) oranı olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$N_h = (Q*H_m*\gamma) /102$ ..... (3.4)

$\eta = (N_h / N_ş) * 100$ ..... (3.5)

3.2.5.4. Özgül hız

Özgül hız pompa tiplerinin belirlenmesi kullanılan bir terim olup aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Özgül hız bir kademe için ve maksimum verimin elde edildiği işletme noktasındaki değerlere göre hesaplanmıştır. Özgül hız hesaplanmasında denemelerde kullanılan motor devir sayıları esas alınmıştır.

$n_q = (n*Q^{1/2}) / (H_m/i)^{3/4}$ ..... (3.6)

Pompa tipinin belirlenmesinde ise yapılabilirlik ve verimlilik bakımından radyal akışlı, karışık akışlı ve eksenel akışlı çark tipi olarak n_q değerine göre sırasıyla 12-40; 41-160 ve 161-400 aralıkları esas alınmıştır (Tezer, 1978).

3.2.5.5. Çark çevre hızı

Çark çevre hızı devir sayısı ile çark çapının fonksiyonu olup aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$U = (\pi*D_ç*n)/60$ ..... (3.7)

3.2.5.6. Teorik toplam dinamik yükseklik ve debi

Pompa tarafından sağlanan enerji, çark kanatları içinde hareket eden su kitlesine açısal momentum teorisi uygulanarak elde edilen ve aşağıda verilen "Euler eşitliği" ile açıklanabilir.

$$H_{teo\infty} = \frac{(U_2 * C_{u2} - U_1 * C_{u1})}{g} \quad \text{..... (3.8)}$$

Santrifüj pompalarda suyun çarka girişi radyal akışlı çarklarda genellikle dik olduğundan ve giriş hız üçgenindeki α_1 açısı 90° olduğundan C_{u1} hız bileşen değeri de sıfır olacağından "Euler Eşitliği" biraz daha basitleşerek aşağıdaki şekle dönüştürülmüştür.

$$H_{teo\infty} = \frac{(U_2 * C_{u2})}{g} \quad \text{.....(3.9)}$$

Euler denkleminde de görüldüğü gibi, çark tarafından geliştirilecek basınç; çarkın devir sayısı ve çapına bağlı çevre hızı ile mutlak su hızının teğetsel bileşenine bağlı bulunmaktadır. Elde edilen bu Euler eşitliği ideal akış koşullar ve sonsuz çark kanadı için geçerlidir.

Euler Eşitliğindeki (C_{u2}) değeri, çıkış hız üçgenindeki trigonometrik ilişkiler yardımıyla amaca uygun şekilde düzenlendiğinde Euler eşitliği teorik ve sonsuz kanat hali için aşağıdaki şekle dönüştürülür.

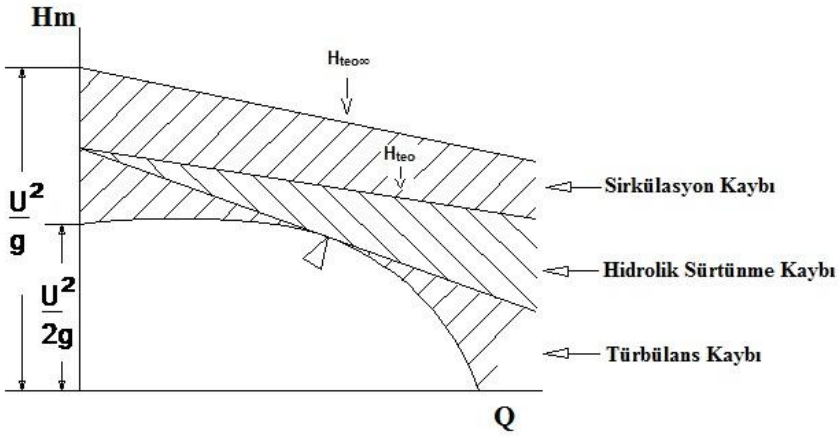
$$H_{teo\infty} = \frac{U_2^{\,2}}{g} - \left(\frac{U_2 * C_{m2}}{g * tg\beta_2} \right) \quad \text{.....(3.10)}$$

Belirli bir çark geometrisine ve kanat sayısına sahip pompalarda, toplam yükseklik ile debi arasındaki ilişki yine hız üçgenleri, süreklilik denklemi ve çevre hızı ilişkilerine bağlı olarak teorik toplam yükseklik aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$H_{teo} = \eta_k * [\frac{U_2^{\,2}}{g} - \left(\frac{U_2 * Q}{g * \pi * D\text{ç} * b_2 * tg\beta_2} \right)] \quad \text{.....(3.11)}$$

Bu ilişkiye göre debi apsis toplam yükseklik ordinat eksenine yerleştirildiğinde, tam kapalı debide yani sıfır debide teorik toplam yükseklik eğrisinin başlangıç noktasının (U_2^2/g) olacağı görülecektir (Şekil 3.16). Yine bu eşitliğe göre sabit devir sayısı ve çark geometrisindeki bir pompada debi arttıkça toplam yüksekliğin azalacağı söylenebilir.

Radyal pompaların pratik koşullardaki H_m-Q eğrisinin başlangıç noktasının çarktaki sirkülasyon, hidrolik sürtünme ve türbülans kayıpları nedeniyle ($U_2^2/2g$) düzeyinde olduğu ifade edilmektedir.



Şekil 3.16. Teorik ve gerçek H_m-Q eğrisi (Tezer, 1978)

Pompalarda debiye etkili faktörlerin başında çark çıkış genişliği (b_2), çark dış çapı ($D_ç$) , kanat sayısı (z), kanat kalınlığı (t) ve devir sayısı (n) gelmektedir. Debi teorik olarak ise aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$Q = C_{m2} * (\pi * Dç - z * t) * b_2 \quad \text{..... (3.12)}$$

Bu eşitlik esas itibariyle ve teorik olarak daimi akış koşullarındaki kütlenin korunumu kanunu ile açıklanabilir. Eşitlikte yer alan C_{m2} parametresi çark çıkış kesitinde gerçekleşen, çıkış kesitine dik ve suyun mutlak hızının radyal bileşeni olup devir sayısının etkisinde olan ve pratik olarak ölçülmesi oldukça zordur. Bunun dışında çark tasarım ve montajına bağlı yetersiz sızdırmazlıktan ve debi kaçaklarının olma ihtimalinden dolayı da bu teorik debiden sapmalar ortaya çıkabilmektedir. Ölçülen ve teorik (hesaplanan) debiler arasındaki fark ise pompanın hacimsel (volümetrik) verimi ile açıklanmaktadır.

3.2.7. İşletme karakteristik eğrilerinin çizimi

Pompa işletme karakteristik eğrileri Microsoft Excel programında çizilmiştir.

3.2.8. İstatistiksel analiz

Pompaların tipi ve anma çapının pompa işletme karakteristikleri ve kuyudaki düşüm seviyesi değerine MİNİTAB 16 programı kullanılarak varyans analizleri yapılmış ve varyans analizlerinin önemli çıkması durumunda MSTAT C programı kullanılarak LSD testi yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Pompa deneylerinin yapılışı sırasında ortam sıcaklığı 18°C ile 28°C, ortam bağıl nemi %40 ile 60 ve su sıcaklığı ise ortalama 14°C ile 22°C arasında değişim göstermiştir.

Deneyler sonucunda ölçülen fiziksel büyüklükler Ek-1'de verilmiştir.

4.1. Deney pompalarının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

4.1.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Düşey milli derin kuyu pompalarının (M_1,M_2 ve M_3) işletme karakteristikleri olan değerler Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. M_1 pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Q (m^3 h^{-1})	**H_m (m)**	**$N_ş$ (kW)**	**η (%)**	**Δ (cm)**
71.13±0.07	0.99±0.00	2.66±0.00	7.20±0.02	16.23±0.03
65.27±0.03	2.93±0.00	2.70±0.00	19.28±0.01	13.83±0.03
62.07±0.03	3.90±0.00	2.72±0.00	24.20±0.03	12.37±0.03
58.30±0.00	4.86±0.00	2.72±0.01	28.41±0.06	11.03±0.03
53.33±0.03	5.82±0.00	2.73±0.00	30.95±0.05	9.47±0.03
48.43±0.03	6.78±0.00	2.70±0.00	33.16±0.04	7.83±0.03
42.67±0.03	**7.73±0.00**	**2.68±0.00**	**33.58±0.02**	**6.10±0.06**
36.50±0.00	8.69±0.00	2.61±0.01	33.08±0.08	4.93±0.03
30.70±0.00	9.66±0.00	2.55±0.00	31.71±0.02	3.60±0.06
23.50±0.00	10.64±0.00	2.47±0.01	27.62±0.10	2.47±0.03
17.07±0.03	11.63±0.00	2.42±0.00	22.33±0.02	1.83±0.03
10.60±0.00	12.62±0.00	2.38±0.00	15.31±0.02	1.47±0.03
0.00±0.00	14.14±0.00	2.33±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi kapalı vana değerinde M_1 pompasının geliştirdiği manometrik yükseklik değeri 14.14 m ve şebekeden çektiği güç ise 2.33 kW olarak elde edilmiştir. Tam açık vana değerinde elde edilen debi 71.13 m^3 h^{-1}, şebekeden çekilen güç 2.66 kW ve kuyuda meydana gelen düşüm değeri ise 16.23 cm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek sistem verimi %33.58 değerinde gerçekleşmiş olup, bu değerdeki işletme karakteristikleri 42.67 m^3 h^{-1} debi, 7.73 m manometrik yükseklik, 2.68 kW şebekeden çekilen güç ve 6.10 cm düşüm değeri olarak bulunmuştur. Ayrıca en yüksek sistem verimi noktasındaki işletme karakteristik değerlerine göre hesaplanan özgül hız (n_q) değeri 68.34 olup, pompa çarkının karışık akışlı tip olduğunu belirtebiliriz.

M_2 pompasının hesaplanan işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. M_2 düşey milli derin kuyu pompasının kapalı vanada geliştirdiği manometrik yükseklik 21.23 m ve şebekeden çektiği güç 4.66 kW olarak bulunmuştur. Ayrıca tam açık vanada elde edilen debi 112.27 $m^3 h^{-1}$, şebekeden çekilen güç 5.31 kW ve kuyuda meydana gelen düşüm 34.60 cm olduğu tespit edilmiştir. Pompanın en yüksek verimi %38.72 olarak hesaplanmış, bu sistem verimi noktasında elde edilen debi 68.97 $m^3 h^{-1}$, manometrik yükseklik 11.45 m, şebekeden çekilen güç 5.55 kW ve düşüm ise 13.80 cm olarak belirlenmiştir. Hesaplanan bu sistem verimi noktasında da özgül hız değerinin (n_q) değeri 64.71 olup, pompa çarkının karışık akışlı tip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. M_2 pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Q ($m^3 h^{-1}$)	**H_m (m)**	**$N_ş$ (kW)**	**η (%)**	**Δ (cm)**
112.27±0.09	1.92±0.00	5.31±0.01	11.06±0.03	34.60±0.06
101.30±0.06	5.80±0.00	5.35±0.00	29.91±0.03	28.83±0.03
91.30±0.06	7.68±0.00	5.46±0.01	34.93±0.08	23.43±0.03
80.27±0.09	9.55±0.00	5.67±0.01	36.83±0.05	18.37±0.03
68.97±0.03	**11.45±0.00**	**5.55±0.00**	**38.72±0.02**	**13.80±0.06**
54.33±0.03	13.33±0.00	5.30±0.00	37.24±0.02	8.70±0.06
39.83±0.03	15.25±0.00	4.97±0.01	33.27±0.08	5.00±0.06
26.63±0.03	17.22±0.00	4.71±0.01	26.54±0.06	2.90±0.06
13.80±0.06	19.22±0.00	4.60±0.00	15.72±0.07	2.07±0.03
0.00±0.00	21.23±0.00	4.66±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00

Çizelge 4.3'de, M_3 düşey milli derin kuyu pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri görülmektedir. M_3 çapındaki düşey milli derin kuyu pompasının kapalı vanada geliştirdiği manometrik yükseklik 25.16 m, şebekeden çektiği güç 5.46 kW, tam açık vanada elde edilen debi 147.45 $m^3 h^{-1}$, şebekeden çekilen güç 7.74 kW ve kuyuda meydana gelen düşüm değeri ise 58.40 cm olmuştur. Pompanın en yüksek sistem verimi (% 43.87) değerine ulaştığı noktada ise debi 98.73 $m^3 h^{-1}$, manometrik yükseklik 13.44 m, şebekeden çekilen güç 8.24 kW ve düşüm 27.40 cm olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde en yüksek sistem verimi noktasındaki işletme karakteristik değerlerine göre hesaplanan özgül hız (n_q) değeri 57.02 olup buna göre pompa çarkının karışık akışlı tip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3 M_3 pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Q ($m^3 h^{-1}$)	H_m (m)	$N_ş$ (kW)	η (%)	Δ (cm)
147.45±0.08	1.82±0.00	7.74±0.00	9.46±0.01	58.40±0.06
136.27±0.15	5.72±0.00	7.97±0.03	26.66±0.08	48.63±0.03
126.17±0.15	7.64±0.00	8.20±0.00	32.00±0.05	43.00±0.00
117.90±0.12	9.58±0.00	8.27±0.01	37.18±0.01	38.40±0.06
108.87±0.09	11.52±0.00	8.35±0.01	40.90±0.04	33.33±0.03
98.73±0.15	**13.44±0.00**	**8.24±0.01**	**43.87±0.10**	**27.40±0.06**
83.03±0.09	15.34±0.00	8.07±0.01	42.98±0.07	20.00±0.00
68.93±0.15	17.26±0.00	7.67±0.01	42.25±0.11	14.10±0.06
52.60±0.09	19.20±0.00	6.96±0.01	39.53±0.06	8.40±0.06
37.91±0.15	21.16±0.00	6.53±0.01	33.45±0.11	4.23±0.03
22.09±0.10	23.16±0.00	6.02±0.02	23.14±0.19	3.00±0.00
0.00±0.00	25.16±0.00	5.46±0.01	0.00±0.00	0.00±0.00

4.1.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Bu kısımda da D_1, D_2 ve D_3 dalgıç tip derin kuyu pompalarına ait işletme karakteristikleri H_m-Q, $N_ş$-Q, η-Q ve Δ-Q ortalama değerleri verilmiştir.

D_1 pompasının hesaplanan ortalama işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri Çizelge 4.4'de görülmektedir.

Çizelge 4.4. D_1 pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Q ($m^3 h^{-1}$)	Hm(m)	Nş(kW)	η (%)	Δ(cm)
75.63±0.03	0.95±0.00	2.04±0.00	9.60±0.00	18.70±0.00
71.37±0.03	2.93±0.00	2.14±0.00	26.68±0.02	17.27±0.00
67.53±0.03	3.89±0.00	2.20±0.00	32.50±0.02	15.10±0.00
63.47±0.03	4.86±0.00	2.26±0.00	37.20±0.04	13.70±0.00
59.03±0.03	5.83±0.00	2.30±0.00	40.69±0.05	12.03±0.00
54.07±0.03	6.79±0.00	2.33±0.00	42.83±0.05	10.10±0.00
48.43±0.03	**7.75±0.00**	**2.34±0.00**	**43.77±0.03**	**8.40±0.00**
41.37±0.03	8.70±0.00	2.30±0.01	42.57±0.16	6.10±0.00
33.33±0.03	9.66±0.00	2.21±0.01	39.66±0.09	4.40±0.00
25.93±0.03	10.64±0.00	2.09±0.00	35.94±0.03	2.60±0.00
17.37±0.03	11.62±0.00	1.99±0.00	27.66±0.05	1.70±0.00
0.00±0.00	12.86±0.00	1.90±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

Çizelge 4.4 incelendiğinde D_1 dalgıç derin kuyu pompasının kapalı vanada geliştirdiği manometrik yükseklik 12.86 m ve şebekeden çektiği güç 1.90 kW olarak bulunmuştur. Pompanın tam açık vanada değerinde elde edilen debi 75.63 $m^3 h^{-1}$, şebekeden çekilen güç 2.04 kW ve kuyuda meydana gelen düşüm 18.70 cm olduğu belirlenmiştir. Pompa en yüksek (%43.77) sistem verimine ulaştığı noktada gerçekleşen debi 48.43 $m^3 h^{-1}$, manometrik yükseklik 7.75 m, şebekeden çekilen güç 2.34 kW ve düşüm seviyesi 8.40 cm olarak elde edilmiş, en yüksek sistem verimi değerinde

hesaplanan özgül hız (n_q) ise 71.64 olarak bulunmuş ve buna göre pompa çarkının karışık akışlı olduğu belirlenmiştir.

D_2 pompasının hesaplanan ortalama işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. D_2 pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Q ($m^3 h^{-1}$)	Hm (m)	Nş (kW)	η (%)	Δ (cm)
118.47±0.09	1.88±0.00	7.15±0.01	8.49±0.01	41.37±0.07
106.80±0.06	5.75±0.00	7.07±0.01	23.67±0.04	34.60±0.06
98.17±0.09	7.65±0.00	7.01±0.00	29.18±0.03	29.27±0.09
89.20±0.006	9.55±0.00	6.82±0.00	34.03±0.02	24.63±0.03
77.60±0.06	11.44±0.00	6.64±0.01	36.42±0.03	19.60±0.06
65.40±0.06	13.34±0.00	6.28±0.01	37.83±0.03	14.27±0.03
51.40±0.06	**15.24±0.00**	**5.56±0.00**	**38.36±0.05**	**9.60±0.06**
33.03±0.03	17.16±0.00	4.39±0.00	35.19±0.06	5.10±0.06
12.87±0.03	19.14±0.00	3.63±0.00	18.49±0.03	4.23±0.15
0.00±0.00	21.13±0.00	3.29±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi dalgıç tip derin kuyu pompasının kapalı vanada geliştirdiği manometrik yükseklik 21.13 m ve şebekeden çektiği güç 21.13 m olarak belirlenmiş ve tam açık vana konumunda elde edilen debi 118.47 $m^3 h^{-1}$, şebekeden çekilen güç 7.15 kW kuyuda meydana gelen düşüm ise 41.37 cm tespit edilmiştir. Pompa % 38.36 ile en yüksek sistem verim değerine ulaşmış olup bu noktadaki debi değerinin 51.40 $m^3 h^{-1}$, manometrik yüksekliğin 15.24 m, şebekeden çekilen gücün 5.56 kW ve düşüm değeri 9.60 cm olarak belirlenmiştir. Bu verim noktasında hesaplanan özgül hız (n_q) değeri 43.06 olarak saptanmıştır.

Dalgıç tip D_3 pompasının hesaplanan ortalama işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. D_3 pompasının işletme karakteristikleri ve düşüm değerleri

Q ($m^3 h^{-1}$)	Hm (m)	Nş (kW)	η (%)	Δ (cm)
146.30±0.15	1.84±0.00	7.17±0.01	10.21±0.03	57.83±0.17
131.40±0.06	5.72±0.00	7.52±0.00	27.21±0.02	48.10±0.06
124.37±0.03	7.67±0.00	7.66±0.00	33.91±0.01	43.50±0.06
114.50±0.06	9.60±0.00	7.73±0.00	38.69±0.01	37.40±0.06
105.33±0.03	11.53±0.00	7.75±0.00	42.65±0.03	31.40±0.06
94.67±0.09	13.46±0.00	7.66±0.00	45.28±0.07	25.73±0.15
83.97±0.07	**15.41±0.00**	**7.52±0.00**	**46.83±0.02**	**21.00±0.00**
69.77±0.09	17.33±0.00	7.15±0.00	46.08±0.08	14.87±0.07
53.60±0.12	19.27±0.00	6.50±0.00	43.30±0.10	9.53±0.03
33.60±0.06	21.23±0.00	5.66±0.01	34.32±0.08	4.93±0.03
14.53±0.18	23.23±0.00	4.95±0.01	18.56±0.21	3.07±0.03
0.00±0.00	24.21±0.00	4.57±0.03	0.00±0.00	0.00±0.00

Dalgıç derin kuyu D_3 pompasının kapalı vanada geliştirdiği manometrik yüksekliğin 24.21 m ve şebekeden çektiği gücün 4.57 kW değerlerine karşılık geldiği, tam açık vanada ise elde edilen debinin 146.30 $m^3 h^{-1}$, şebekeden çekilen gücün 7.17 kW ve kuyuda meydana gelen düşümün ise 57.83 cm olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek sistem veriminin %46.83 değerinde olduğu ve bu noktadaki debi 83.97 $m^3 h^{-1}$, manometrik yükseklik 15.41 m, şebekeden çekilen güç 7.52 kW, düşüm değeri 21.00 cm ve hesaplanan özgül hız (n_q) ise 54.59 olarak bulunmuştur.

4.2. Pompa anma çapının ve pompa tipinin debiye etkisi

Pompalarda ölçülen debi değerlerinin milli pompalarda tam açık vana değerinde M_1 pompasının 71.13, M_2 pompasının 112.27 ve M_3 pompasının da 147.45 $m^3 h^{-1}$; dalgıç pompalarda ise D_1 pompasının 75.63, D_2 pompasının 118.47 ve D_3 pompasının 146.30 $m^3 h^{-1}$ değerine karşılık geldiği belirlenmiştir. Ayrıca pompalarda ölçülen debi değeri esas alınarak gerçek debiye göre gerçekleşen C_{m2} hız bileşeni değerleri hesaplanmıştır. (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Deney pompalarında ölçülen debiye göre hesaplanan C_{m2} hız bileşeni

	A (dm^2)	**Q_o** ($m^3 h^{-1}$)	**Q_a** ($m^3 h^{-1}$)	**C_{m2o}** ($m\ s^{-1}$)	**C_{m2a}** ($m\ s^{-1}$)	**Q_o/Q_a** (-)
M_1	0.40	42.67	71.13	2.94	4.90	0.60
M_2	0.64	68.97	112.27	2.98	4.85	0.61
M_3	0.78	98.73	147.45	3.51	5.25	0.67
D_1	0.37	48.43	75.63	3.62	5.66	0.64
D_2	0.65	51.40	118.47	2.21	5.08	0.43
D_3	0.88	83.97	146.3	2.64	4.61	0.57

Çizelgenin incelenmesiyle milli pompalarda C_{m2} hız bileşeni tam açık vana debisinde 4.85 ile 5.25 $m\ s^{-1}$; en yüksek sistem verimdeki debide ise 2.94 ile 3.51 $m\ s^{-1}$ aralığında gerçekleşmiştir. Dalgıç pompalarda ise bu değerler sırasıyla 4.61 ile 5.66 ve 2.21 ile 3.62 $m\ s^{-1}$ arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek sistem veriminde meydan gelen optimum debinin tam açık vanadaki maksimum debiye oranları da milli pompalarda 0.6 ile 0.67; dalgıç pompalarda ise 0.43 ile 0.64 değerleri arasında değiştiği söylenebilir. Bunun nedeni çıkış kesit alanları ile ölçülen debi değerleri arasındaki ilişkiden kaynaklanabilir.

4.3. Pompa anma çapının ve pompa tipinin manometrik yüksekliğe etkisi

Pompaların kapalı vanada geliştirilebilecek toplam yüksekliği, çark çevre hızı karesinin fonksiyonu olduğu görülmektedir. Çark çevre hızı; çark çapı ve devir sayısının fonksiyonu olduğundan, deney pompalarının devir sayılarının da yaklaşık aynı olduğu dikkate alındığından, deney pompalarının toplam yüksekliğinin çark anma çapına bağlı olduğu söylenebilir.

Buna göre denenen derin kuyu pompalarının devir sayısı ve çark geometrileri dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda kapalı vanada geliştirilen çark çevre hızı, toplam yükseklik ve çark kanat verimi ortalama değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kapalı vanada geliştirilen çark çevre hızı, toplam yükseklik ve çark kanat verimi

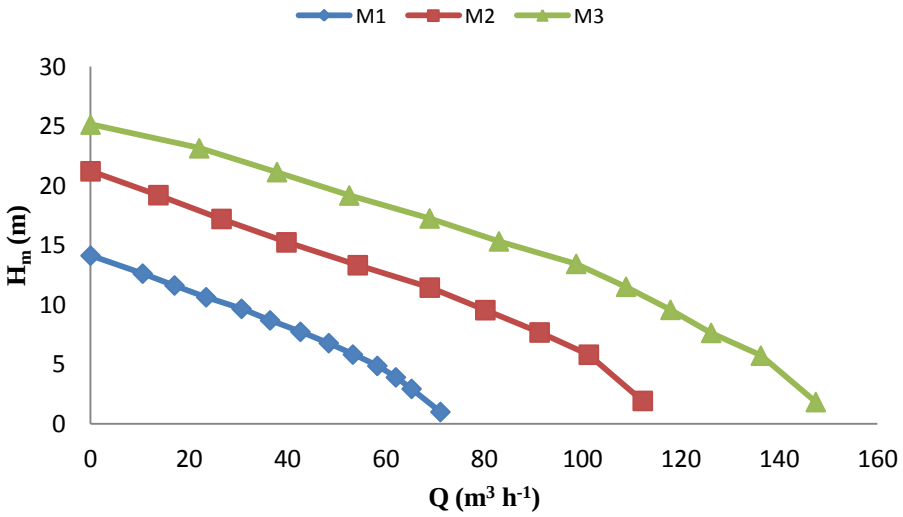
	$D_ç$ (mm)	n (min^{-1})	U_2 ($m\ s^{-1}$)	H_{mk} (m)	U_2^2/g (m)	$U_2^2/3g$ (m)	$(U_2^2/g)/H_{mk}$ (-)	η_k (-)	H_{mo}/H_{mk} (-)
M_1	142	2910	21.63	14.14	47.67	15.89	3.4	0.84	0.55
M_2	170	2910	25.89	21.23	68.32	22.77	3.2	0.80	0.54
M_3	190	2910	28.94	25.16	85.35	28.45	3.4	0.85	0.53
D_1	142	2869	21.32	12.86	46.34	15.45	3.6	0.90	0.60
D_2	168	2780	24.44	21.13	60.90	20.30	2.9	0.72	0.72
D_3	188	2780	27.35	24.21	76.26	25.42	3.1	0.79	0.64

Pompaların çark geometrisine bağlı olarak teorik toplam yükseklik pratikte gerçekleşen H_m-Q eğrisinin başlangıç noktaları $U_2^2/2g$ ile değil yaklaşık $U_2^2/3g$ olduğu, kanat verimi değerlerinin de 0.72 ile 0.90 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.8). Bunun nedeni ifade edilen $U_2^2/2g$ ilişkisi radyal akışlı pompalar için geçerli olduğu, oysa deney pompalarının ise karışık akışlı çarka sahip oldukları ile açıklanabilir.

Bunun yanı sıra pompaların en yüksek verim noktasında geliştirilen toplam yüksekliğin, kapalı vanada geliştirdikleri toplam yüksekliğe oranı ise milli pompalarda 0.53-0.55 arasında değişirken dalgıç pompalarda 0.60-0.72 arasında değiştiği görülmüştür.

4.3.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapının manometrik yüksekliğe etkisi

Düşey milli derin kuyu M_1, M_2 ve M_3 anma çapındaki pompaların H_m-Q karakteristik değerine etkisi Şekil 4.1'de verilmiştir.

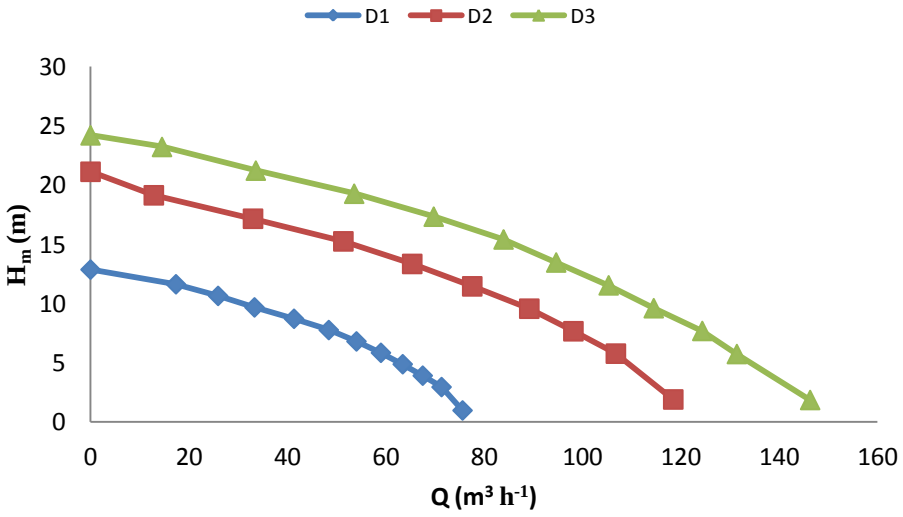


Şekil 4.1. Düşey milli pompalarda anma çapının H_m-Q eğrisine etkisi

Anma çapı artıkça pompanın hem aynı debideki geliştirdiği manometrik yükseklik değerleri artmış hem de tam açık vanada geliştirdiği debi yükselmiştir (Şekil 4.1). Kapalı vanada elde edilen değerlerin M_1 pompasının 14.14 m, M_2 pompasının 21.23 m ve M_3 pompasının da 25.16 m maksimum manometrik yükseklik değerlerine ulaştığı görülmektedir.

4.3.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapının manometrik yüksekliğe etkisi

D_1, D_2 ve D_3 anma çapındaki dalgıç tip derin kuyu pompalarının H_m-Q karakteristik değerine etkisi Şekil 4.2'de verilmiştir.

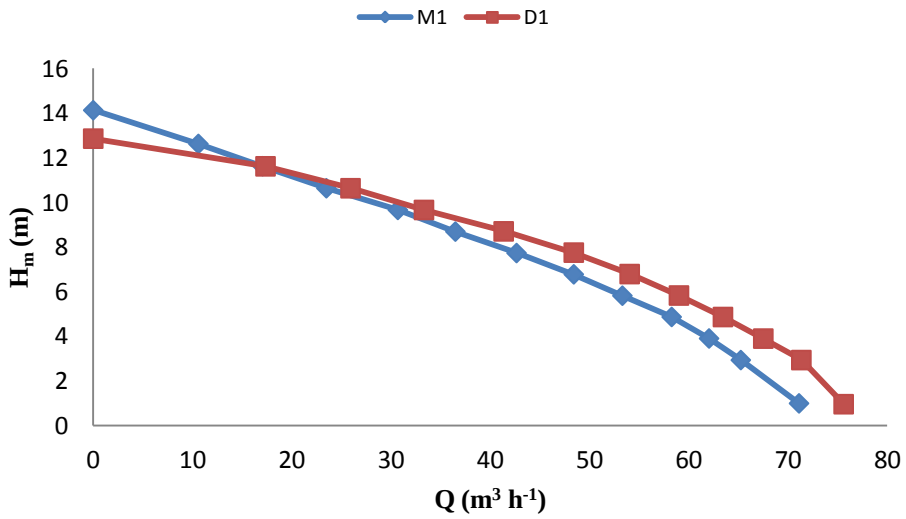


Şekil 4.2. Dalgıç pompalarda anma çapının H_m-Q eğrisine etkisi

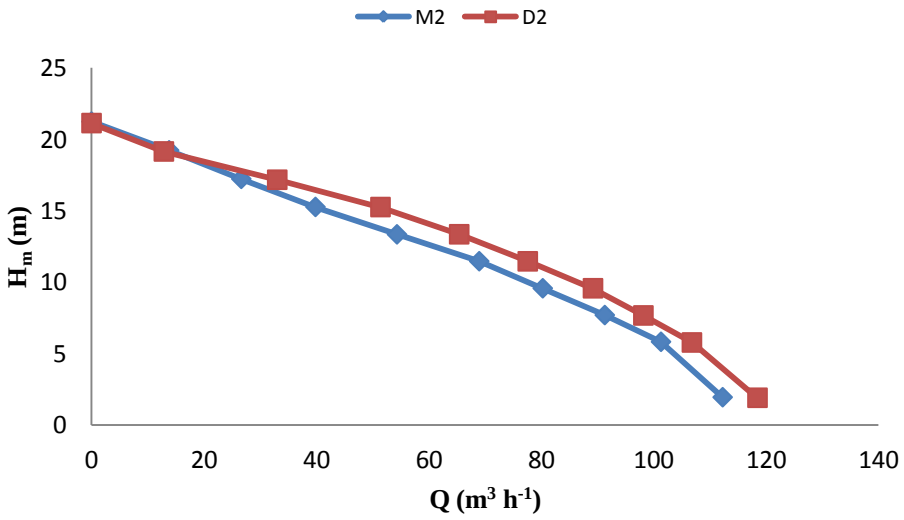
Pompa anma çapı arttıkça Şekil 4.2'de gerçekleşen manometrik yükseklik değerlerinin hem aynı debi değerlerinde hem de kapalı vana değerlerinde arttığı gözlemlenmiş ve kapalı vana değerlerinde geliştirdikleri manometrik yükseklik değerlerinin D_1 pompasında 12.86 m, D_2 pompasında 21.13 m ve D_3 pompasında ise 24.21 m olduğu belirlenmiştir.

4.3.3. Pompa tipinin manometrik yüksekliğe etkisi

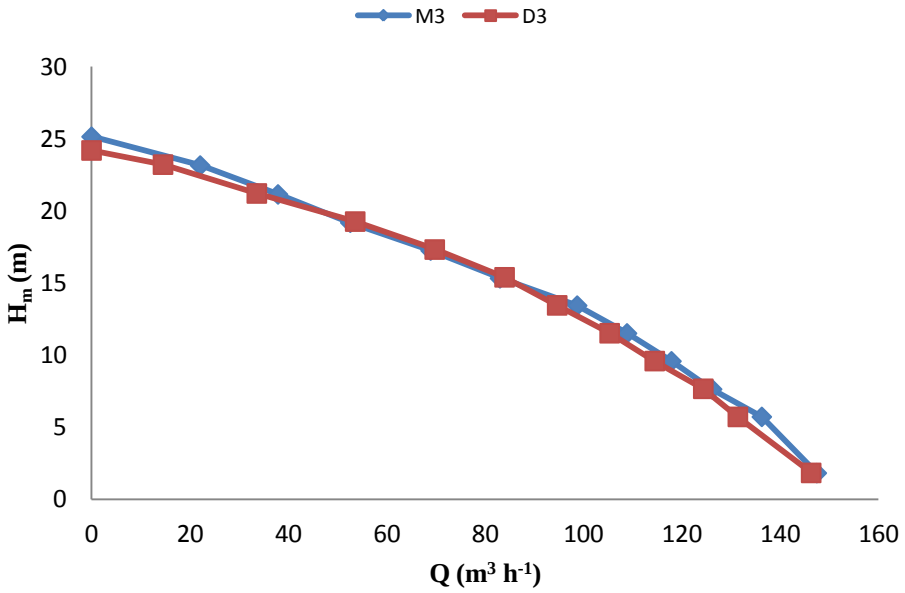
Aynı çapa sahip milli ve dalgıç pompalarının pompa tipine bağlı H_m-Q işletme karakteristikleri bakımından karşılaştırılması Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. M_1 ve D_1 pompalarının H_m-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.4. M_2 ve D_2 pompalarının H_m-Q eğrisi değişimi



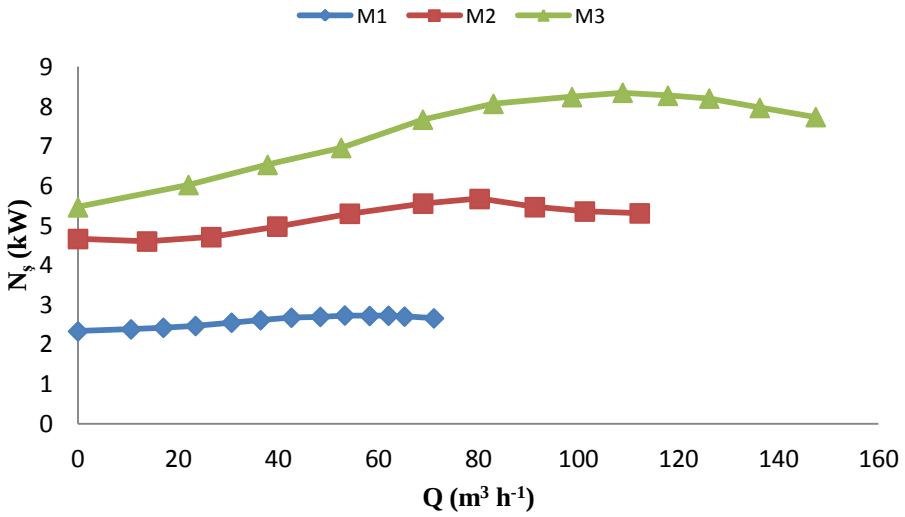
Şekil 4.5. M_3 ve D_3 pompalarının H_m-Q eğrisi değişimi

Yukarıda belirtilen Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5 incelendiğinde; H_m-Q işletme karakteristikleri bakımından karşılaştırıldığında pompaların tam kapalı konumunda M_1-D_1 milli pompanın daha fazla manometrik yükseklik değerine ulaştığı, çekilen debiye bağlı olarak ta dalgıç pompanın aynı debi değerlerinde daha fazla manometrik yüksekliğe sebep olduğu görülmüştür. M_2-D_2 pompalarında ise tam kapalı vana değerinde her iki pompanın da aynı manometrik yüksekliğe sahip olduğu ve artan debi değerlerine karşılık dalgıç pompaların daha fazla manometrik yüksekliğe sahip oldukları görülmüştür. M_3-D_3 pompalarında ise manometrik yükseklikler hem tam kapalı vana değerinde hem de artan debiye göre eşit olduğu söylenebilir.

4.4. Pompa Anma Çapının ve Pompa Tipinin Şebekeden Çekilen Güce Etkisi

4.4.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapının şebekeden çekilen güce etkisi

Düşey milli derin kuyu pompaları olan M_1, M_2 ve M_3 anma çapındaki pompaların şebekeden çekilen güce ($N_ş$-Q) etkisi Şekil 4.6'da belirtilmiştir.

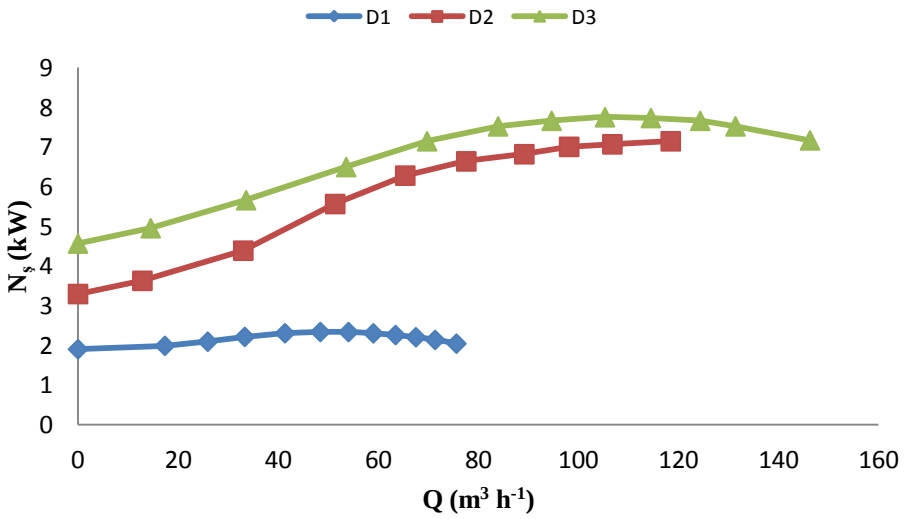


Şekil 4.6. Düşey milli pompalarda anma çapının $N_ş$-Q eğrisine etkisi

Düşey milli derin kuyu pompalarında anma çapı artıkça şebekeden çektikleri güç değerleri artış göstermiştir. Ayrıca aynı ilişki hem tam kapalı hem de tam açık vana değerlerinde de görülmüştür (Şekil 4.6).

4.4.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapının şebekeden çekilen güce etkisi

Şebekeden çekilen gücün ($N_ş$-Q) D_1, D_2 ve D_3 anma çapına sahip dalgıç pompalarda ölçülen değişimlerin etkisi Şekil 4.7' de verilmiştir.

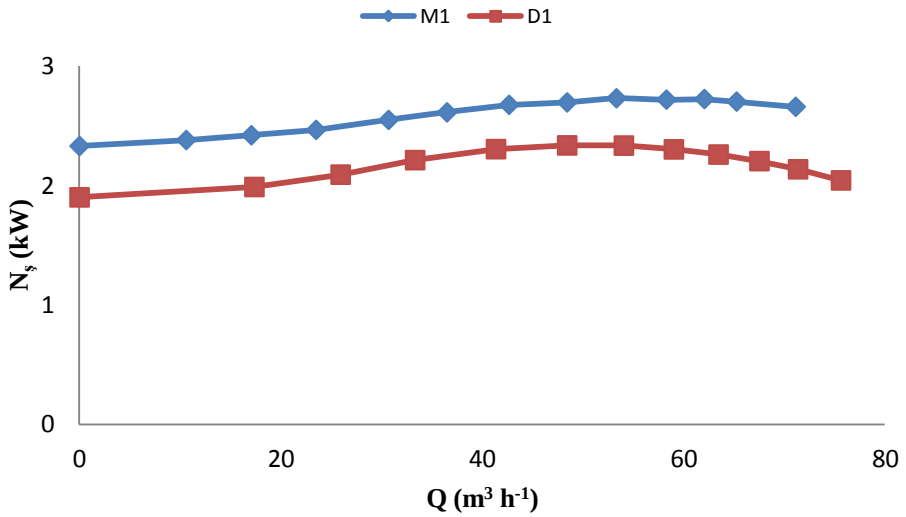


Şekil 4.7. Dalgıç pompalarda anma çapının $N_ş$-Q eğrisine etkisi

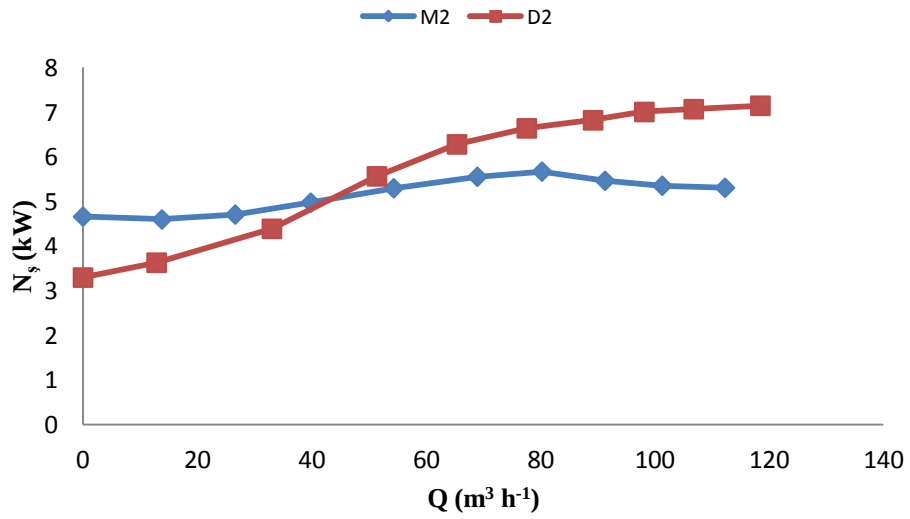
Şekil 4.7 incelendiğinde, anma çapı artıkça pompanın aynı debide şebekeden çektiği güç değerleri artmıştır. Benzer ilişki hem tam kapalı hem de tam açık vanada da görülmüştür.

4.4.3. Pompa tipinin şebekeden çekilen güce etkisi

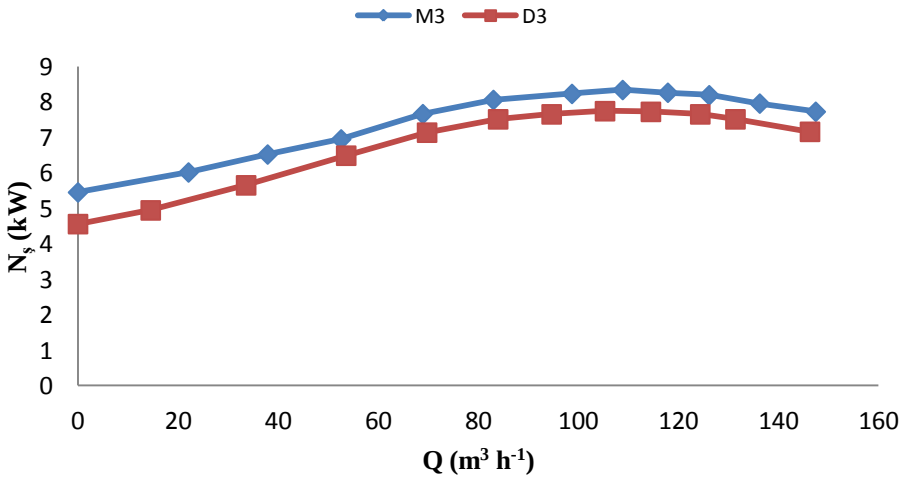
Farklı iki tip pompalar olan düşey milli ve dalgıç tip derin kuyu pompalarının şebekeden çekilen güce etkileri aşağıda verilen Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. M_1 ve D_1 pompalarının $N_ş$-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.9. M_2 ve D_2 pompalarının $N_ş$-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.10. M_3 ve D_3 pompalarının $N_ş$-Q eğrisi değişimi

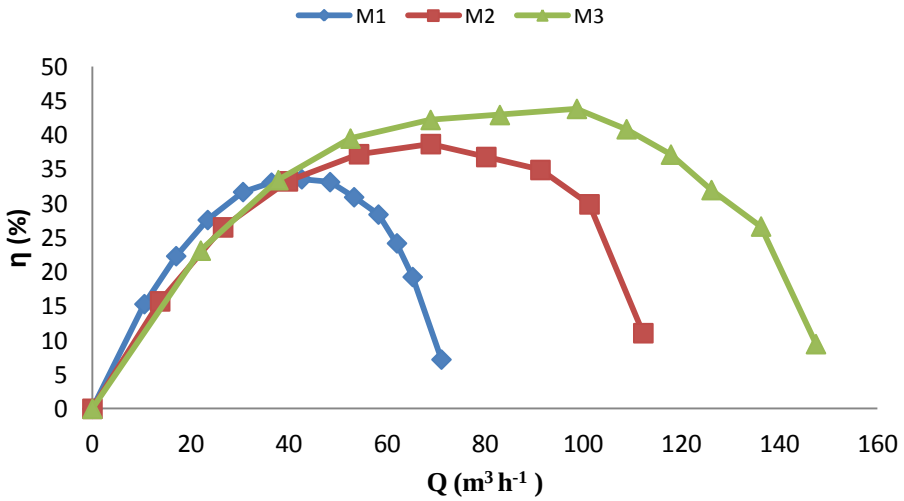
Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10 incelendiğinde pompalarda şebekeden çekilen ve hidrolik güç bileşenleri sistem verimine bağlı olup pompa anma çapının artması ile tam açık vana konumunda şebekeden çekilen güç milli pompalarda artarken, D_2 ve D_3 anma çaplı dalgıç pompalarında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bunun nedeni ise, D_2 pompasının tahrik edilmesinde D_3 pompasının tahrik edildiği aynı güçteki motorun kullanılmasına bağlanabilir. Çünkü motor D_3 pompasını tahrik ederken yaklaşık tam yüklenme koşullarında, D_2 pompasında daha düşük yükleme koşullarında çalışmakta bu durumda da D_2 pompasının hidrolik gücü için daha fazla akım şiddeti ve güç çekmek durumunda kalmaktadır. Günal (1996)'a göre motor etkinliğindeki önemli bir unsurun da motor yüklenmesi olduğunu belirtmiştir ve 5.5 kW'lık bir elektrik motoru ile %100 yüklemede çalışan bir pompayı 11 kW'lık elektrik motoru ile %50 yükleme koşullarında çalıştığında %16 düzeyinde daha fazla akım çekileceğini ifade etmiştir.

4.5. Pompa Anma Çapı ve Pompa Tipinin Sistem Verimine Etkisi

Pompalarda sistem verimi, şebekeden çekilen gücün suya aktarılan kısmının oranını ifade etmektedir.

4.5.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının pompa anma çapının sistem verimine etkisi

M_1, M_2 ve M_3 anma çapındaki düşey milli tip derin kuyu pompaların sistem verimine (η-Q) etkisi Şekil 4.11'de verilmiştir.

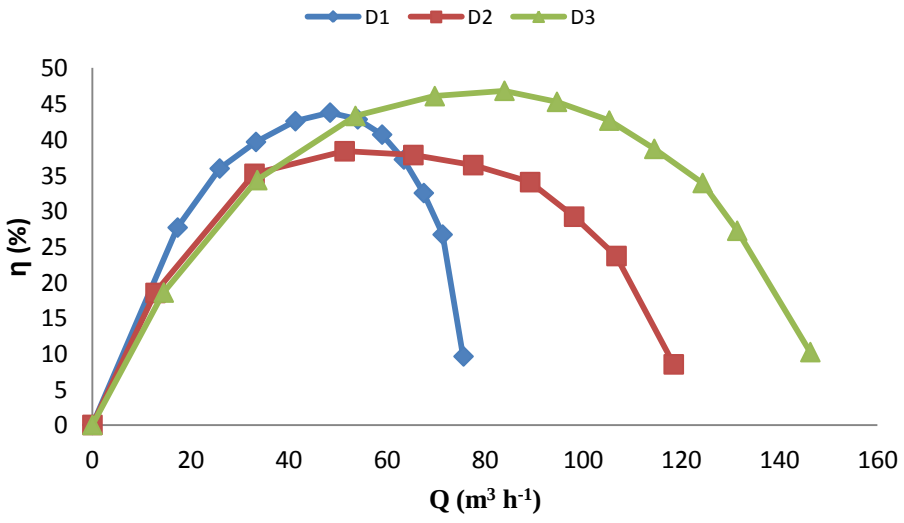


Şekil 4.11. Düşey milli pompalarda anma çapının η-Q eğrisine etkisi

Düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapı artıkça maksimum sistem verimleri ve maksimum sistem verimi noktalarında elde edilen debi değerlerinin de yükseldiği görülmüştür (Şekil 4.11). Anma çapına bağlı olarak pompaların en yüksek sistem verimi değerleri M_1 pompasında %33.58, M_2 pompasında %38.72 ve M_3 pompasında ise %43.87 olarak gerçekleşmiştir. Bu sistem verimindeki debi değerleri ise M_1 pompasında 42.67 m^3 h^{-1}, M_2 pompasında ise 68.97 m^3 h^{-1} ve M_3 pompasında 98.73 m^3 h^{-1} olarak elde edilmiştir.

4.5.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının pompa anma çapının sistem verimine etkisi

D_1, D_2 ve D_3 anma çapındaki dalgıç tip derin kuyu pompalarının sistem verimine (η-Q) etkisi Şekil 4.12'de verilmiştir.

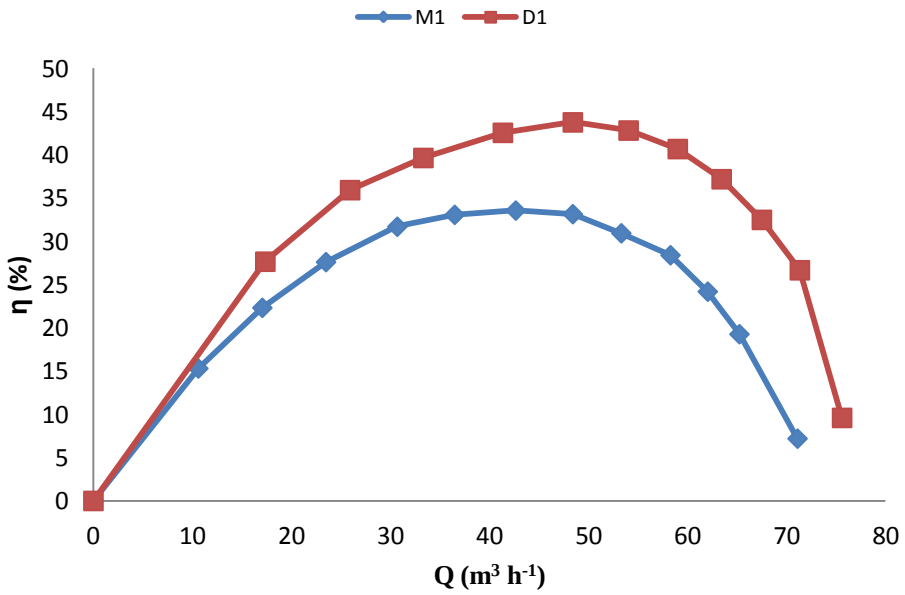


Şekil 4.12. Dalgıç pompalarda anma çapının η-Q eğrisine etkisi

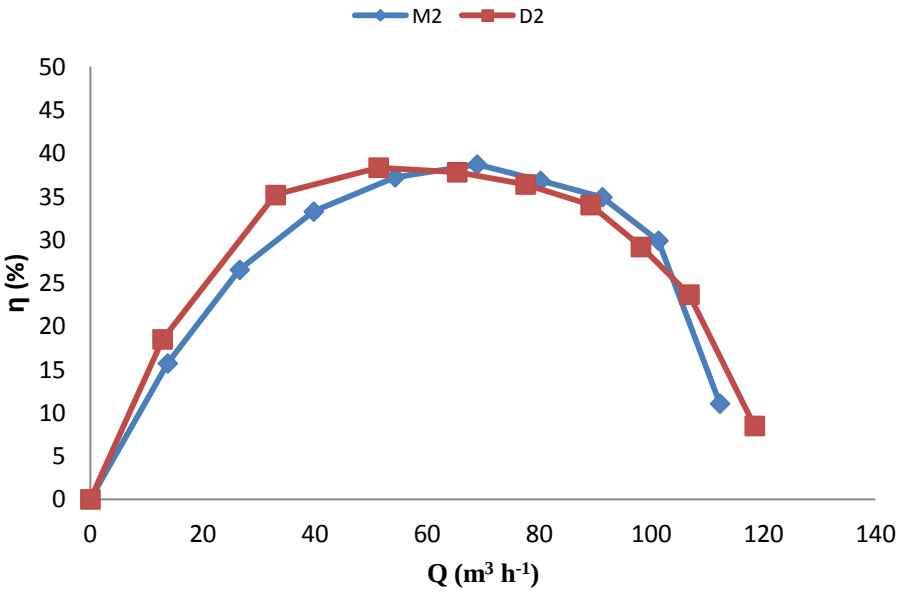
Dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapı artıkça en yüksek sistem verim noktalarının D_1 ve D_3 pompalarında arttığı ancak D_2 pompasında ise daha düşük maksimum sistem verimi elde edildiği görülmektedir. Buna göre maksimum sistem verimi değerlerinin D_1 pompasında %43.77, D_2 pompasında %38.36 ve D_3 pompasında ise %46.83 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. D_2 pompasında daha düşük maksimum sistem verimi elde edilmesinin nedeni diğer pompalara göre aynı debi değerlerine karşılık gelen güç tüketiminin daha yüksek olması ile açıklanabilir. D_2 pompasının daha yüksek güç tüketimine sebebiyet veren unsurun daha önce açıklandığı üzere motor yüklenmesinin diğer pompalara göre daha düşük olmasına bağlanabilir (Günal, 1996). Pompaların maksimum sistem verimindeki gerçekleştirdiği debi değerleri D_1, D_2 ve D_3 pompalarında sırasıyla 48.43 $m^3 h^{-1}$, 51.40 $m^3 h^{-1}$ ve 83.97 $m^3 h^{-1}$ olarak bulunmuştur.

4.5.3. Pompa tipinin sistem verimine etkisi

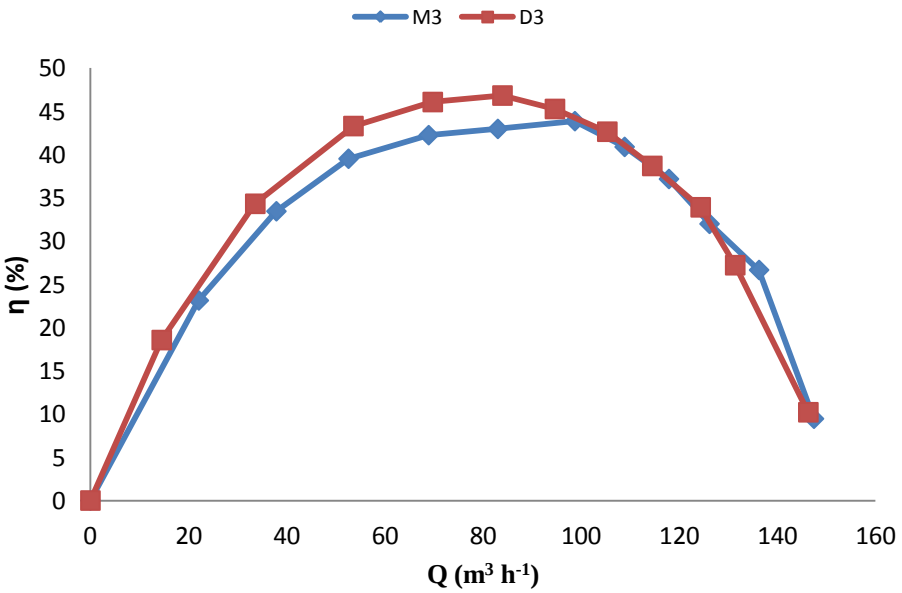
Pompa tipinin derin kuyu pompalarında sistem verimine (η-Q) etkisi Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. M_1 ve D_1 pompalarının η-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.14. M_2 ve D_2 pompalarının η-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.15. M_3 ve D_3 pompalarının η-Q eğrisi değişimi

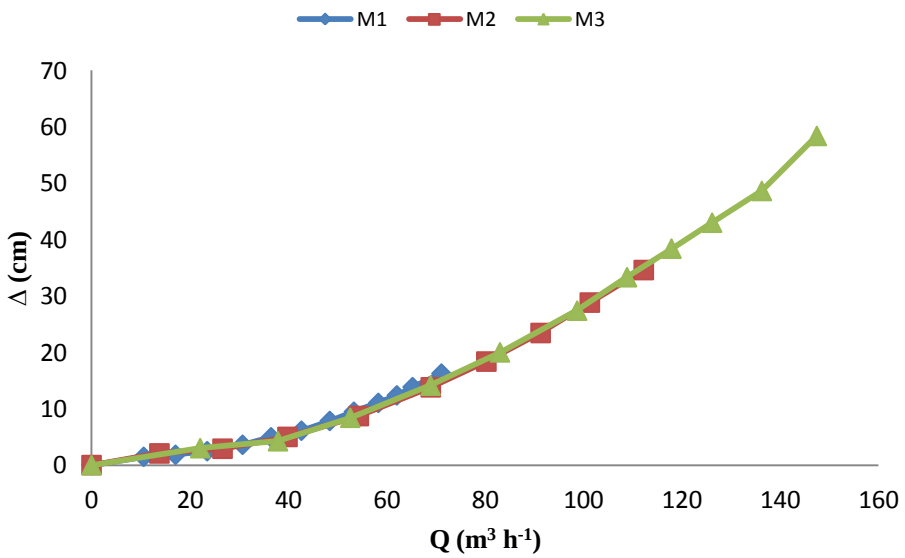
İlgili şekillerin incelenmesiyle, en yüksek sistem veriminin pompa anma çapının artması ile milli pompalarda arttığı görülürken, dalgıç pompalarda ise D_2 pompasının bu ilişkiyi bozduğunu söyleyebiliriz. Bunun nedenini yukarıda belirtildiği gibi motor yüklenmesine bağlayabiliriz. D_1 pompası M_1 pompasına göre %23.2, D_3 pompası M_3

pompasına göre ise %6.3 daha yüksek sistem verimi gerçekleştirmiştir. Bu durumda dalgıç pompaların sistem veriminin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.6. Pompa Anma Çapı ve Pompa Tipinin Kuyu Su Seviyesi Düşümüne Etkisi

4.6.1. Düşey milli derin kuyu pompalarının pompa anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Düşey milli derin kuyu pompalarında anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne (Δ-Q) etkisi Şekil 4.16'de görülmektedir.

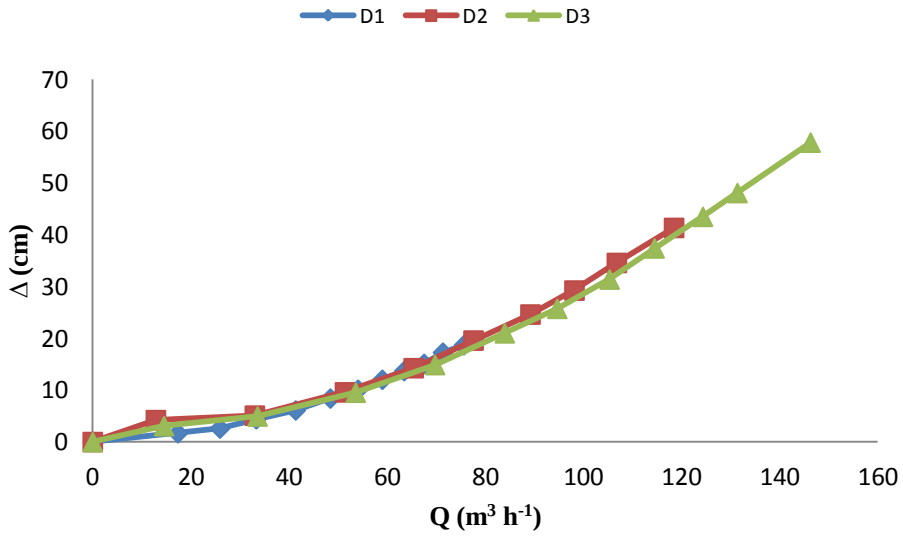


Şekil 4.16. Düşey milli pompalarda anma çapının Δ-Q eğrisine etkisi

Denemeye alınan pompaların anma çapına bağlı olarak debi değerlerinin artmasıyla debi-düşüm değerlerinin yükseldiği görülmektedir (Şekil 4.16). Düşüm seviyeleri M_1 pompasında 16.23 cm, M_2 pompasında 34.60 cm ve M_3 pompasında ise 58.40 cm olarak gerçekleşmiştir.

4.6.2. Dalgıç tip derin kuyu pompalarının pompa anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Denenen dalgıç tip derin kuyu pompalarında (D_1, D_2 ve D_3) anma çapındaki (Δ-Q) kuyu su seviyesi düşüm değerine etkisi Şekil 4.17'de verilmiştir.

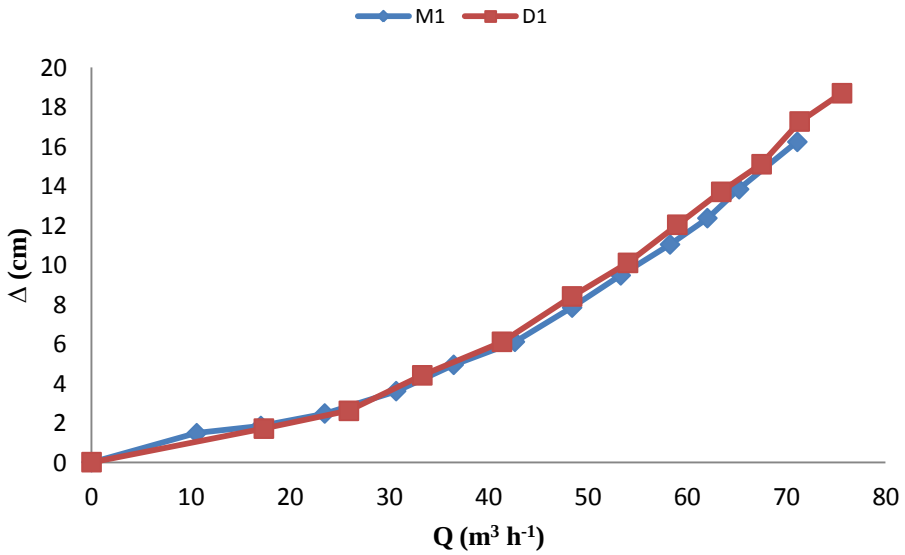


Şekil 4.17. Dalgıç pompalarda anma çapının Δ-Q eğrisine etkisi

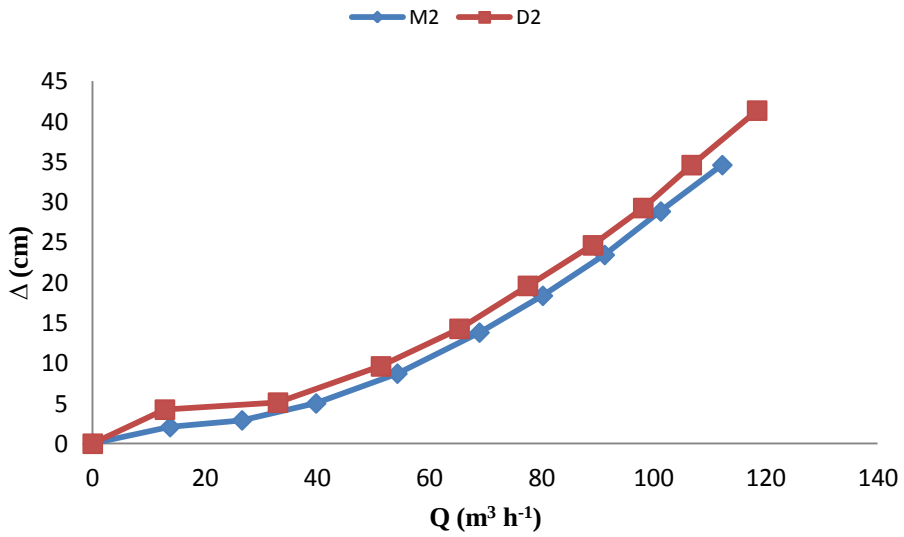
Anma çapına bağlı olarak Şekil 4.17. incelendiğinde, dalgıç pompaların debi-düşüm değerlerinin arttığı görülmektedir. Dalgıç pompaların kendi içerisinde gerçekleştirdiği düşüm değerleri D_1 pompasında 18.70 cm, D_2 pompasında 41.25 cm ve D_3 pompasında ise 57.33 cm olduğu belirlenmiştir.

4.6.3. Pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

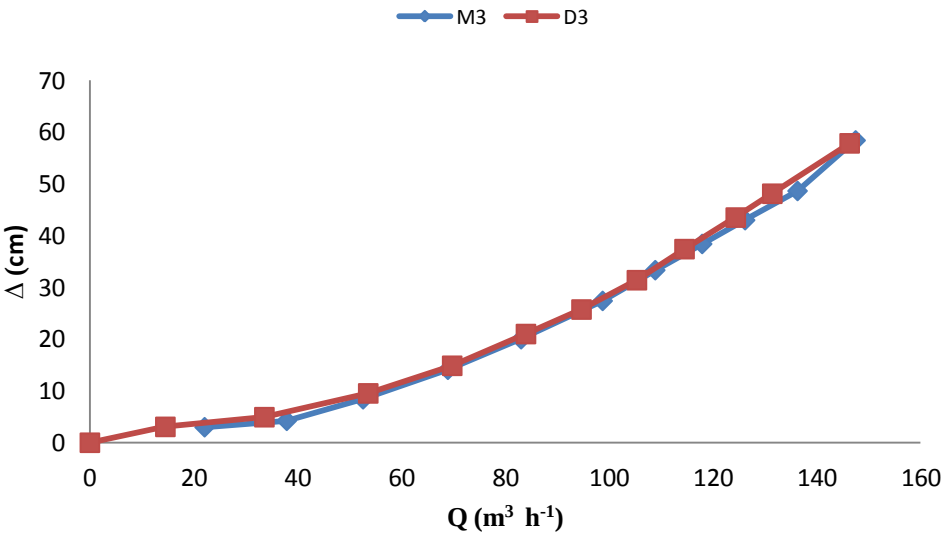
Pompa tiplerinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi (Δ-Q) Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. M_1 ve D_1 pompalarının Δ-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.19. M_2 ve D_2 pompalarının Δ-Q eğrisi değişimi



Şekil 4.20. M_3 ve D_3 pompalarının Δ-Q eğrisi değişimi

Ölçülen değerlere göre Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20'de görüldüğü gibi kuyu su seviyesi düşüm değerleri, artan debiye bağlı olarak yükselmiştir. Karşılaştırılan aynı çaptaki M_1-D_1, M_2-D_2 ve M_3-D_3 pompalar incelendiğinde, dalgıç pompaların az da olsa milli pompalara göre daha fazla düşüme değerlerine ulaştığı bunun nedeninin de dalgıç pompaların motor grubunun kuyu çapını alanını azalttığına ve azalan kuyu çapında çekilen suyun arttığına bağlanmıştır.

4.6.4. Sabit debi değerlerinde derin kuyu pompalarının anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Kuyulardaki düşüme en etkili faktörlerin çekilen debi ile kuyunun beslenme hızı olduğu bilinmektedir. Sabit kuyu beslenmesi durumunda ise kuyudan çekilen debi arttıkça düşümün artacağı yönünde teorik ve teknik beklentiler söz konusudur.

4.6.4.1. Sabit debi değerlerinde düşey milli derin kuyu pompalarının anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Denemeye alınan üç anma çapındaki milli pompalarda artan debilere bağlı olarak kuyuda meydana gelen düşüm seviyeleri de artmıştır. Çizelge 4.9'da milli pompaların anma çapına göre düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz tablosu, Çizelge 4.10'da ise uygulanan LSD testi sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.9'un incelenmesiyle debi, pompa çapı ve debi x pompa çapı interaksiyonunun istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmektedir.

Çizelge 4.9. Sabit debi değerlerinde milli pompaların anma çapına göre düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz tablosu

	SD	**KT**	**KO**	**F**	**P**
Genel	35	444.446	---	---	---
Debi	3	435.623	435.623	373391000	0.000**
Pompa çapı	2	8.261	8.261	10621672.93	0.000**
Debi*pompa çapı	6	0.562	0.562	241013.40	0.000**
Hata	24	0.000	0.00001		

****p<0.01**

Milli pompalarda elde edilen düşüm değerleri en yüksek M_1 pompasında (10.26 cm) ve en düşük ise M_3 pompasında (9.82 cm) gerçekleştiği görülmektedir. Her üç milli pompada elde edilen düşüm değerlerinde belirlenen farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Sabit debi değerlerinde ölçülen düşüm değerleri incelendiğinde, 40 m^3 h^{-1} debi değerinde 5.33 cm, 50 m^3 h^{-1} debi değerinde 7.91 cm, 60 m^3 h^{-1} debi değerinde 11.02 cm ve 70 m^3 h^{-1} debi değerinde ise 14.64 cm olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenmiştir. En yüksek düşüm değeri 70 m^3 h^{-1} debi değerinde, en küçük düşüm değeri ise 40 m^3 h^{-1} debi değerinde elde edilmiş ve aralarında yaklaşık 2.75 kat daha fazla düşüm değeri tespit edilmiştir.

Pompa çapı x debi interaksiyonu incelendiğinde, 70 m^3 h^{-1} debi değerinde ve M_1 milli pompasında en yüksek düşüm değerinin 15.43 cm olarak gerçekleştiği ve diğer anma çapında ve debi değerlerinde elde edilen düşüm değerleriyle arasında istatistiksel olarak bir farklılık olduğu saptanmıştır. En yüksek düşüm değerinin küçük çaplı pompada meydana gelmesinde ise pompa giriş kesit alanın daralmasına bağlayabiliriz.

Çizelge 4.10. Sabit debi değerlerinde milli pompalarda anma çapına göre elde edilen düşüm değerleri ve LSD testi sonuçları

Debi (m^3 h^{-1})	**M_1 (cm)**	**M_2 (cm)**	**M_3 (cm)**	**Debi ortalamaları (cm)**
40	$5.65\pm0.01_{j}$	$4.83\pm0.01_{l}$	$5.51\pm0.01_{k}$	$5.33\pm0.25_{d}$
50	$8.35\pm0.01_{g}$	$7.33\pm0.01_{ı}$	$8.07\pm0.01_{h}$	$7.91\pm0.30_{c}$
60	$11.61\pm0.01_{d}$	$10.34\pm0.01_{f}$	$11.10\pm0.01_{e}$	$11.02\pm0.37_{b}$
70	$15.43\pm0.01_{a}$	$13.88\pm0.01_{c}$	$14.62\pm0.01_{b}$	$14.64\pm0.45_{a}$
	LSD=0.002284			**LSD=0.004169**
Pompa ortalamaları (cm)	$10.26\pm2.44_{a}$	$9.10\pm2.25_{c}$	$9.82\pm2.27_{b}$	
	LSD=0.001142			

4.6.4.2. Sabit debi değerlerinde dalgıç tip derin kuyu pompalarının anma çapının kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Dalgıç pompalarda sabit debilerde elde edilen düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz tablosu Çizelge 4.11'de, uygulanan LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi dalgıç pompalarda; debi, pompa çapı ve debi x pompa çapı interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.11. Sabit debi değerlerinde dalgıç pompaların anma çapına göre düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz tablosu

	SD	**KT**	**KO**	**F**	**P**
Genel	35	471.806	---	---	---
Debi	3	465.357	465.357	192562000	0.000**
Pompa çapı	2	4.296	4.296	2666492	0.000**
Debi*pompa çapı	6	2.153	2.153	445458.94	0.000**
Hata	24	0.000	0.00001		

****p<0.01**

Çizelge 4.12'nin incelenmesiyle, D_2 anma çapındaki dalgıç pompada, diğer dalgıç pompalara göre daha yüksek düşüm değeri (11.20 cm) elde edilmiştir. Diğer sabit debi değerlerinde D_2 pompasında, D_1 pompasına göre 1.02 ve D_3 pompasına göre ise 1.08 kat daha fazla düşüm değeri belirlenmiştir. Her üç dalgıç pompada elde edilen düşüm değerleri istatistiksel olarak da farklıdır.

Çizelge 4.12. Sabit debi değerlerinde dalgıç pompaların anma çapına göre elde edilen düşüm değerleri ve LSD testi sonuçları

Debi (m^3 h^{-1})	D_1 (cm)	D_2 (cm)	D_3 (cm)	Debi ortalamaları (cm)
40	$5.97\pm0.01_l$	$6.78\pm0.01_j$	$6.11\pm0.01_k$	$6.29\pm0.25_d$
50	$8.90\pm0.01_h$	$9.39\pm0.01_g$	$8.63\pm0.01_i$	$9.15\pm0.40_c$
60	$12.40\pm0.01_e$	$12.50\pm0.01_d$	$11.63\pm0.01_f$	$12.18\pm0.27_b$
70	$16.49\pm0.01_a$	$16.11\pm0.01_b$	$15.11\pm0.01_c$	$15.90\pm0.41_a$
	LSD=0.002284			**LSD=0.001318**
Pompa ortalamaları (cm)	$10.94\pm2.62_b$	$11.20\pm2.28_a$	$10.37\pm2.24_c$	
	LSD=0.001142			

En büyük debi değeri ile en küçük debi değeri arasında yaklaşık 2.75 kat daha fazla düşüm değeri belirlenmiştir. Dört farklı sabit debi değerlerinde ölçülen düşüm değerleri arasında istatistiki açıdan bir farklılık görülmektedir (Çizelge 4.12). Sabit debi değerlerinde ölçülen düşüm değerleri 40 m^3 h^{-1} debi değerinde 6.29 cm, 50 m^3 h^{-1} debi değerinde 9.15 cm, 60 m^3 h^{-1} debi değerinde 12.18 cm ve 70 m^3 h^{-1} debi değerinde ise 15.90 cm olarak saptanmıştır.

Dalgıç pompanın anma çapı x debi interaksiyonu değerlendirildiğinde, 70 m^3 h^{-1} debi değerinde ve D_1 milli pompasında en yüksek düşüm değerinin 16.49 cm olarak elde edildiği ve diğer anma çapındaki ve debi değerlerinde elde edilen düşüm değerleriyle arasında istatistiksel olarak bir farklılık olduğu belirlenmiştir.

4.6.5. Sabit debi değerlerinde derin kuyu pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

4.6.5.1. M_1 ve D_1 derin kuyu pompa tiplerinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Aynı çaptaki M_1-D_1 pompalarından elde edilen düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz tablosu Çizelge 4.13'de, uygulanan LSD testi ise Çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge 4.13'de görüldüğü gibi debi, pompa tipi ve debi x pompa tipi interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Sabit debi değerlerinde M_1 ve D_1 pompalarının düşüm seviyesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	SD	KT	KO	F	P
Genel	23	348.739	---	---	
Debi	3	345.470	345.470	212597000	0.000^{**}
Pompa tipi	1	2.801	2.801	5171046. 23	0.000^{**}
Debi x pompa tipi	3	0.468	0.468	288298.74	0.000^{**}
Hata	16	0.000	0.00001		

****p<0.01**

Milli pompada elde edilen düşüm değeri, dalgıç pompada elde edilen düşüm değerine göre daha düşük bulunmuştur ve aralarında istatistiki olarak da bir fark bulunmaktadır. Başka bir ifadeyle D_1 pompasında M_1 pompasına göre %6.21 daha fazla düşüm değeri meydana getirmiştir.

Pompaların debi değerleri karşılaştırıldığında, debi değerlerinin artmasıyla düşüm değerlerin de artış gözlenmiştir. Debi değerlerinin seviyeleri arasında istatistiksel bir farklılık bulunmaktadır ve en büyük düşüm değeri 70 m^3 h^{-1} debi değerinde 15.96 cm olarak elde edilmiştir.

Debi x pompa tipi interaksiyonu incelendiğinde, en yüksek düşüm değerinin dalgıç pompada (D_1) ve 70 m^3 h^{-1} debi değerinde 16.49 cm olarak gerçekleştiği ve diğer interaksiyonlar ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki görülmektedir.

Çizelge 4.14. Sabit debi değerlerinde M_1 ve D_1 pompaları arasındaki farklılıklara göre elde edilen düşüm değerleri ve LSD testi sonuçları

	Pompa tipi		
Debi (m^3 h^{-1})	**M_1 (cm)**	**D_1 (cm)**	**Debi ortalamaları (cm)**
40	$5.65\pm0.01_{h}$	$5.97\pm0.01_{g}$	$5.81\pm0.13_{d}$
50	$8.35\pm0.01_{f}$	$8.89\pm0.01_{e}$	$8.62\pm0.22_{c}$
60	$11.61\pm0.01_{d}$	$12.40\pm0.01_{c}$	$12.01\pm0.33_{b}$
70	$15.43\pm0.01_{b}$	$16.49\pm0.01_{a}$	$15.96\pm0.44_{a}$
M_1-D_1 ortalamaları (cm)	$10.26\pm2.44_{b}$	$10.94\pm2.62_{a}$	**LSD=0.005333**
LSD=0.007541			

4.6.5.2. M_2 ve D_2 derin kuyu pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Pompa çıkış çapları eşit olan M_2 ve D_2 derin kuyu pompalarında ölçülen düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz tablosu Çizelge 4.15'de görülmektedir. Uygulanan varyans analizi sonucu debi, pompa tipi ve debi x pompa tipi interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu anlaşılmaktadır. Önemli bulunan faktörlere yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Sabit debi değerlerinde M_2 ve D_2 pompalarının düşüm seviyesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	SD	**KT**	**KO**	**F**	**P**
Genel	23	309.651	---	---	---
Debi	3	283.112	283.112	226489000	0.000^{**}
Pompa tipi	1	26.468	26.468	63524161.60	0.000^{**}
Debi x pompa tipi	3	0.071	0.071	57183.20	0.000^{**}
Hata	16	0.000	0.00001		

****p<0.01**

İncelenen derin kuyu (M_2 ve D_2) pompalarının arasındaki düşüm değerlerinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Dalgıç pompaların milli pompalara göre daha yüksek düşüm değeri elde edilmiş ve bu değerin %18.75 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Pompaların debi ortalamaları göz önüne alındığında, artan debi değerlerine bağlı olarak düşüm değerleri artmış ve istatistiksel olarakta bir farklılığın olduğu belirlenmiştir. Bu ortalama debi değerleri (40,50,60 ve 70 m^3 h^{-1}) incelendiğinde en yüksek (14.99 cm) düşüm değerinin, en yüksek debi değerinde (70 m^3 h^{-1}) ve D_2 dalgıç pompasında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Debi x pompa tipi interaksiyonu değerleri karşılaştırıldığında pompalara ait düşüm değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek düşüm değerinin D_2 pompasında 16.11 cm olduğu elde edilmiştir.

Çizelge 4.16. Sabit debi değerlerinde M_2 ve D_2 pompaları arasındaki farklılıklara göre elde edilen düşüm değerleri ve LSD testi sonuçları

Debi (m^3 h^{-1})	**M_2 (cm)**	**D_2 (cm)**	**Debi ortalamaları (cm)**
40	$4.83\pm0.01_{h}$	$6.78\pm0.01_{g}$	$5.81\pm0.79_{d}$
50	$7.33\pm0.01_{f}$	$9.39\pm0.01_{e}$	$8.36\pm0.84_{c}$
60	$10.34\pm0.01_{d}$	$12.50\pm0.01_{c}$	$11.42\pm0.88_{b}$
70	$13.88\pm0.01_{b}$	$16.11\pm0.01_{a}$	$14.99\pm0.91_{a}$
M_2-D_2 ortalamaları (cm)	$9.10\pm2.25_{b}$	$11.20\pm2.33_{a}$	**LSD=0.005333**
LSD=0.007541			

4.6.5.3. M_3 ve D_3 derin kuyu pompa tipinin kuyu su seviyesi düşümüne etkisi

Derin kuyu M_3 ve D_3 pompalarının sabit debiye bağlı olarak düşüm seviyesi değerlerine uygulanan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de görülmektedir. Çizelgenin incelemesiyle debi, pompa tipi ve debi x pompa tipi interaksiyonu arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.01$). Düşüm değerlerine uygulanan LSD testi sonuçları Çizelge 4.18'de görülmektedir.

Çizelge 4.17. Sabit debi değerlerinde M_3 ve D_3 pompalarının düşüm seviyesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	SD	**KT**	**KO**	**F**	**P**
Genel	23	276.359	---	---	---
Debi	3	274.566	274.566	109826000	0.000^{**}
Pompa tipi	1	1.785	1.785	2142505.8	0.000^{**}
Debi x Pompa tipi	3	0.008	0.008	3227.8	0.000^{**}
Hata	16	0.000	0.00001		

****p<0.01**

Aynı çaptaki (5") milli ve dalgıç pompalarda elde edilen düşüm değerleri arasında istatistiki açıdan bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Dalgıç pompanın milli pompaya göre daha fazla bir düşüm değerlerine sahip olduğu ve D_3 pompasının M_3 pompasına göre %5.30 daha fazla düşüme neden olduğu saptanmıştır.

Debi değerleri karşılaştırıldığında, artan debi değerlerine karşılık düşüm değerlerininde her iki pompada artış gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek düşüm değerinin ise D_3 pompasında 70 m^3 h^{-1} debi değerinde 14.86 cm olduğu saptanmıştır.

Pompaların debi x pompa tipi interaksiyonu göz önüne alındığında dalgıç pompanın en yüksek düşüm değerlerine 15.11 cm olarak ulaştığı görülmüştür.

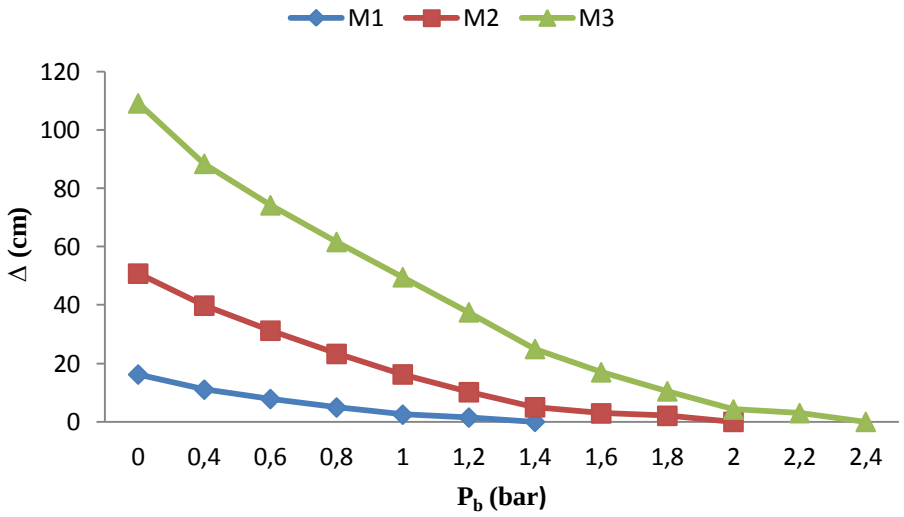
Çizelge 4.18. Sabit debi değerlerinde M_3 ve D_3 pompaları arasındaki farklılıklara göre elde edilen düşüm değerleri ve LSD testi sonuçları

Debi (m^3 h^{-1})	**M_3 (cm)**	**D_3 (cm)**	**Debi ortalamaları (cm)**
40	$5.51\pm0.01_{h}$	$6.11\pm0.01_{g}$	$5.81\pm0.24_{d}$
50	$8.07\pm0.01_{f}$	$8.63\pm0.01_{e}$	$8.35\pm0.23_{c}$
60	$11.10\pm0.01_{d}$	$11.63\pm0.01_{c}$	$11.37\pm0.22_{b}$
70	$14.62\pm0.01_{b}$	$15.11\pm0.01_{a}$	$14.86\pm0.20_{a}$
M_3-D_3 ortalamaları (cm)	$9.82\pm2.27_{b}$	$10.37\pm2.24_{a}$	**LSD=0,005333**
LSD=0,007541			

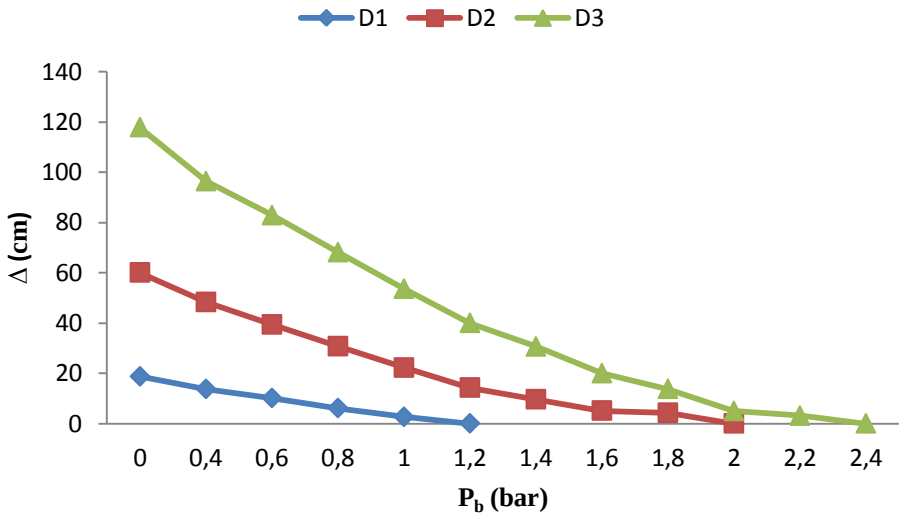
Aynı çaplardaki, milli ve dalgıç pompaların karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlara göre dalgıç pompaların milli pompalara göre daha fazla düşüme neden olduğu görülmüştür. Ertöz (1996)'e göre iki farklı teçhiz borusu (kuyu) çapında dalgıç ve milli pompaların değişik debilerde kuyuda meydana getirdiği düşüm üzerinde yaptığı çalışma sonucunda, 103 mm teçhiz borusu çapında ve 4.5 L s^{-1} debi değerinde düşey milli pompada 5 cm, dalgıç pompada ise 100 cm düşüm meydana geldiğini belirlemiştir. Benzer şekilde 161 mm teçhiz borusu çapı ve 20 L s^{-1} debi değeri için düşey milli pompada 4 cm düşüm değeri elde etmişken, dalgıç pompada ise 130 cm düşüm değeri elde edildiğini vurgulamaktadır. Elde edilen düşüm değerlerinin dalgıç pompalarda daha fazla olmasının nedeni, dalgıç pompa ve motor grubunun kuyu çapını milli pompalara göre daha fazla daraltmasında dolayı, kuyu kesitinin daralması buna bağlı olarak da suyun pompaya giriş hızının artmasından kaynaklandığını ifade edebiliriz.

4.7. Derin Kuyu Pompalarında Pompa Çıkış Basıncı İle Düşüm Arasındaki İlişki

Pompalara ait aynı basınç değerlerinde kuyu su seviyesi düşümü arasında ile arasındaki ilişki Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Milli pompalarda çıkış basıncı ile düşüm ilişkisi



Şekil 4.22. Dalgıç pompalarda çıkış basıncı ile düşüm ilişkisi

Her üç anma çapında milli ve dalgıç pompaların debi ile ters ilişkili olan basınç değerlerinin artmasına paralel olarak düşüm değerlerinde azalma görülmüştür. Hem milli hem de dalgıç pompalarda aynı basınç değerlerinde anma çapı arttıkça düşüm değerleri de artış göstermiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Denemeleri yapılan hem milli hem de dalgıç tip derin kuyu pompalarının karışık akışlı çark tipinde olduğu görülmüştür. Pompaların anma çapı arttıkça her iki tip pompada da özgül hız değerleri artmıştır.

Pompaların anma çapı arttıkça her iki tip pompada da debi ve toplam yükseklik değerleri yükselmiştir. Pompaların çark geometrisi ve devir sayısı dikkate alındığında, pompa işletme karakteristiklerinin seyri Euler eşitliğine uygunluk göstermiştir.

Pompaların H_m-Q eğrilerinin pratikte başlangıç noktası olan kapalı vanadaki manometrik yükseklik (H_{mk}) değerleri, (Tezer, 1978) verilen $U_2^2/2g$ değerine değil $U_2^2/3g$ değerine karşılık gelmiştir. H_{mk} ile $U_2^2/3g$ arasındaki regresyon denklemi milli pompalarda H_{mk}=1,1194* ($U_2^2/3g$) - 0,2149 (R^2=0,9883) olurken dalgıç pompalarda H_{mk}=0,8182* ($U_2^2/3g$) + 4,5157 (R^2=0,927) olarak gerçekleşmiştir. Bunun dışında kademe başına olmak üzere en yüksek sistem verimi noktasında gerçekleşen H_{mo} değerinin kapalı vanadaki H_{mk} değerine oranı milli pompalarda 0.53 ile 0.55, dalgıç pompalarda ise 0.60 ile 0.72 arasında olduğu görülmüştür.

Pompaların en yüksek sistem verimi noktasında gerçekleşen debi değerinin tam açık vanadaki maksimum debi değerine oranı, milli pompalarda 0.60 ile 0.67 arasında dalgıç pompalarda ise 0.43 ile 0.64 arasında bir değişim göstermiştir.

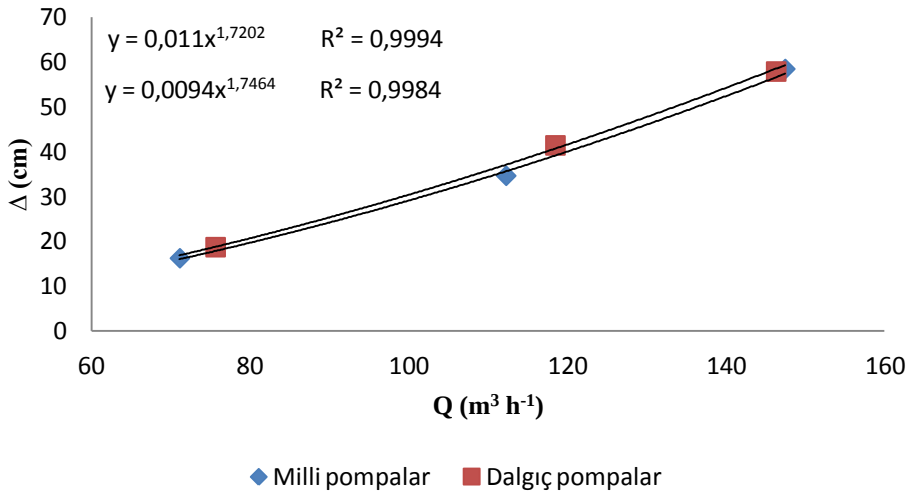
Pompaların anma çapı arttıkça tam kapalı vana, tam açık vana ve en yüksek sistem verim noktasında şebekeden ölçülen güç değerleri de yükselmiştir.

Pompaların anma çapı arttıkça en yüksek sistem verimi değerleri de artmıştır. Dalgıç pompalar milli pompalardan daha yüksek sistem verimi geliştirmişlerdir. D_1 pompası M_1 pompasına göre %23.2, D_3 pompası, M_3 pompasına göre ise %6.3 daha yüksek sistem verimi gerçekleşmiştir. D_2 ve M_2 pompaları arasında ise birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir.

Pompaların anma çapı arttıkça hem tam açık vanada hem de en yüksek sistem verimi noktasında kuyuda meydana gelen düşüm sevileri de artış göstermiştir. Tam açık vanada meydana gelen düşüm seviyeleri esas alındığında, dalgıç pompaların milli pompalardan daha büyük düşümlere neden olduğu söylenebilir. Kuyudaki düşüm seviyesinin esas kaynağının sabit kuyu besleme koşulunda çekilen debiye göre parabolik bir artış gösterdiği belirlenmiştir.

Sabit debi değerlerinde milli pompalar kendi içerisinde karşılaştırıldığında 10.26±2.44 cm değeri ile en fazla düşüm M_1 pompasında görülmüştür. Dalgıç pompalarda ise 11.20±2.28 cm değeri ile D_2 en fazla düşüme neden olan pompadır.

Sabit debi değerlerinde aynı pompa çıkış çaplarına sahip dalgıç ve milli pompalar karşılaştırıldığında dalgıç pompaların milli pompalara göre daha fazla düşüme nedene olduğu görülmüştür. Dalgıç pompaların milli pompalardan daha fazla düşüm seviyesine neden olduğu görülmüştür. Sabit debide D_1 pompası, M_1 pompasına göre düşüm yüzdesi % 6.21; D_2 pompası, M_2 pompasına göre % 18.75 ve D_3 pompası M_3 pompasına göre % 5.30 düzeyinde daha büyük düşüm seviyesine neden olmuştur.



Şekil 5.1. Milli ve dalgıç pompalar ait maksimum debi değerinde oluşturulan debi değerlerine bağlı denklemler ve R^2 değerleri

Maksimum debi değerlerinde dalgıç pompalar, milli pompalara göre daha büyük düşüm seviyesine neden olmuştur. Debi ile düşüm üssel bir değişim göstermiş olup aralarındaki ilişki dalgıç ve milli pompalar için sırasıyla $\Delta=0{,}011*Q^{1,7202}$ ($R^2=0{,}9994$) ve $\Delta=0{,}0094*Q^{1,7464}$ ($R^2=0{,}9984$) eşitlikleri elde edilmiştir.

5.2 Öneriler

Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre pompa çapının artmasıyla çekilen debi ve buna bağlı olarak kuyu su seviyesindeki düşümünde arttığı göz önüne alındığında, tasarlanması istenilen bir pompaj tesisinde bu düşüm seviyesinin önemi daha da artmaktadır. Kullanılacak kuyunun ve pompanın özelliklerinin iyi analiz edilip pompaj tesislerinin tasarımı yapılmalıdır. Aksi takdirde yapılan pompajın işletme

açısında ekonomik olmayacağını belirtebiliriz. Ayrıca denemeler yürütülürken mika (şeffaf) plastik borular sayesinde pompa boru ve manşon bağlantılarında su kaçaklarının olduğu görülmüş ve günümüzde derin kuyu pompalarının montaj derinliğinin arttığı göz önüne alındığında, kullanılan pompanın işletme karakteristiklerine olumsuz olarak etki edeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akpınar, K., 1999, Su Sondaj Kuyularının Açılması ve İşletilmesi Sırasında Çıkan Sorunlar ve Çözümleri. ISBN 975-94033-0-7. ANKARA.

Anonim, 1993, TS 11146 Pompalar-Dalgıç-Temiz Su İçin, TSE, ANKARA

Anonim, 2002, TS EN ISO 9906, Rotadinamik Pompalar – Hidrolik Performans Kabul Deneyleri Sınıf I ve Sınıf II, TSE, ANKARA

Anonim, 2016a, Sulama ile ilgili genel değerlendirmeler, *http://dsi.gov.tr [Erişim Tarihi: 26.07.2016].*

Anonim, 2016b, Derin kuyu pompalarının Türkiye'deki durumu, *http://tuik.gov.tr [Erişim Tarihi: 26.07.2016]*.

Anonymous, 2016c, Chapter 5: Groundwater Wells Design, *http://www.hwe.org.ps/ Education/Birzeit/ Groundwater Engineering/ Chapter 5 Groundwater Well Design .pdf, [Erişim Tarihi 17.07.2016]*.

Atmaca, S., M., 1998, Dalgıç pompalara uygulanan pompa kabul deneyleri, *3. Pompa Kongresi*, 10-15.

Baysal, K., 1975, Tam Santrifüj Pompalar, *Hesap, Çizim ve Konstrüksiyon Özellikleri, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu*.

Baysal, K., 1979, Santrifüj Pompalarda Verim Optimizasyonu, *1.Pompa Kongresi*, 7-24.

Bloomquist, R., Culver, G., Ellis, P., Higbee, C., Kindle, C., Lienau, P., Lunis, B., Rafferty, K., Stiger, S. ve Wright, P., 1989, Geothermal direct use engineering and design guidebook, *Oregon Inst. of Tech., Klamath Falls (USA). Geo-Heat Center*.

Çalışır, S., 1997, Düşey milli derin kuyu pompalarında mil uzamasının hesaplanması. , *17. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi:Tokat*, 517–530

Çalışır, S. ve Konak, M., 1997, Düşey milli derin kuyu pompasında eksenel açıklığın pompa karakteristiklerine etkisi, *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 779-789.

Çalışır, S. ve Konak, M., 1998, Konya bölgesinde bazı derin kuyu pompaj tesislerinde başarı derecesinin saptanması, *3. Pompa Kongresi: İstanbul*, 69-76.

Çalışır, S., Örnek, N. ve Konak, M., 2001, Pompaj sulama tesisi enerji kayıplarının hesaplanmasında kullanılan bazı yöntemlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesi *20. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi - Şanlıurfa*, 573-579.

Çalışır, S., Marakoğlu, T. ve Yıldız, M. U., 2002, Konya ili Çumra ilçesindeki derin kuyu sulama pompaj tesislerinin yıllık kullanımı, *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 16 (30),* 84-87. .

Çalışır, S., Şeflek, A., Y., ve Erkol, A., 2004, Sulama Pompaj Tesislerinde Pompa Seçimine Etki Eden Faktörler.

Çalışır, S. ve Eryılmaz, T., 2005, Sulamada kullanılan dalgıç pompalarda dönüş yönünün sistem verimine etkisi., *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi 1(2),* 123-134.

Çalışır, S., Hacıseferoğulları, H. ve Gezer, İ., 2005, Specific energy consumption at vertical turbine deep well irrigation pumping plants. , *9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture&27th International Conference of CIGR Section IV: The efficiency of electricity and renewable energy sources. (27–29 September 2005) İzmir. Turkey.,* S:270–275.

Çalışır, S., Aydın, C. ve Mengeş, H. O., 2006, Derin kuyu pompaj tesislerinde titreşim hızı ve gürültü düzeyinin belirlenmesi. , *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (38),* 49-54.

Çalışır, S., 2007, The evaluation of performance and energy usage in submersible deep well irrigation pumping plants, *Agricultural Mechanizatıon In Asia Africa And Latin America*, 38 (1), 9.

Çalışır, S., 2009, Sulamada pompaj tesisleri, Tarım Makinaları, Editör: Gazanfer Ergüneş*, Nobel Yayınları*, 351-413.

Çengel, Y. A., Cimbala, J. M. ve Engin, T., 2008, Akışkanlar mekaniği: temelleri ve uygulamaları, *Güven Bilimsel Kitabevi.*

Delleur, J. W., 2006, The handbook of groundwater engineering, *CRC press.*

Driscoll, G., 2010, Kuyu Hidroliği, *Çeviri: Ali Faruk ÖZTAN,* Jeoloji Yüksek Mühendisi *DSİ,* Ankara.

Dross, P., 2011, Practical Guidelines For Test Pumping in water wells - Technical Review, *Head of Water and Habitat International Committee of the Red Cross.*

Elçi, A., 2003, Düşey Hidrolik Yük Gradyanların Yeraltı Suyu Gözlem Kuyularında Ölçülen Su Seviyelerine Etkisi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü,* Buca-İzmir.

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1973, Yeraltısuları jeolojisi (Hidrojeoloji), *İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi*, İSTANBUL.

Ertöz, A., 1996, Yer altı suları pompaj ekonomisi ve pompa seçimine etki eden faktörler, *2. Pompa kongresi*, 24-33.

Ertöz, A., 1998, Yer altı suları pompaj ekonomisi, *3. Pompa Kongresi,* s. 86-93.

Günal, Y., 1996, Pompaların elektrik motoru ile tahriki üzerine bir inceleme, *2. Pompa kongresi,* 336-338.

Hanson, B., 2000, İrrigation Pumping Plant (UC İrrigation And Drainage Specialist), *University Of California. Davis*.

İkizler, C. ve Samioğlu, S., 1979, Dalgıç Pompa ve Türkiye Ekonomisi Bakımından Yer Altı Sularımızın Değerlendirilmesindeki Yeri, *1.Pompa Kongresi,* 53-66.

Karassik, I., Krutzsch, C., Fraser, H. ve Messina, P., 1986, Pump Handbook. Second edition, New York, USA.

Keskin, R. ve Güner, M., 2002, Sulama Makinaları, *Ankara Üniversitesi Yayınları, Yayın* (1524).

Konuralp, O., Özcan, R., Çelik, Z. ve Albayrak, K., 2008, DSİ Dalgıç Pompa İhalelerinde Ömür Boyu Maliyet ve Enerji Verimliliği Açısından İncelenmesi, *6. Pompa Vana Kongresi*, 164-174.

Savva, P., A., ve Frenken, K., 2001, Irrigation Pumping Plant, Harare.

Schulz, H., 1977, Die Pumpen Arbeitsweise. Berechnung, *Konstruktion,* 13.

Shareef, N. T. ve Bowles, D. S., 1980, Model of Drawdown in Well Fields Influenced by Boundaries: Technical Description and User's Manual.

Sönmez, F., 1980, Santrifüj Pompalar Kipaş Dağıtımcılık.

Stepanoff, A. J., 1993, Centrifugal and Axial Flow Pumps, Theory, Design and Application, 2 nd Edition.

Şeflek, A. Y., Çarman, K. ve Çalışır, S., 2003, Dalgıç pompa seçimine yönelik uzman sistem tasarımı, *21. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi - Konya*, 335–342.

Tezer, E., 1978, Sulama Pompaj Tesisleri (Proje Seçim Ve İşletme Yöntemleri)

Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Adana.

Tezer, E., 1979, Pompa Sulama Tesislerinde Başarı Derecesi, *1. Pompa Kongresi İstanbul,* 189-200.

Uçar, M., 1996, Yeraltı Suyunun Çıkarılmasında Kullanılan Pompaların Karakteristik Özellikleri ve Uygun Pompa Seçimi. 2, *Pompa kongresi,* 241-250.

Uz, E. ve Demir, V., 1995, Santrifüj Pompalar, Derin Kuyu Pompaları, Dalgıç Pompalar ve Pompa Denemeleri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Teksir* (45/1), 57.

Yalçın, K., 1998, Hacimsel ve Santrifuj Pompalar, *Çağlayan Kitabevi,* İstanbul.

Yalçındağ, F., 2016, Kuyu Verimine Tesir Eden Faktörler Üzerine Düşünceler, *http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/515.pdf [Erişim Tarihi: 16.07.2016]*.

EKLER

Ek Çizelge 1. Düşey milli derin kuyu (M_1) pompasına ait ölçülen veriler

Vana Açıklığı	Q ($m^3 h^{-1}$)	P_b (bar)	$N_Ş$ (kW)	Hd (cm)
1	71.13±0.07	0±0.00	2.66±0.00	106.23±0.03
2	65.27±0.03	0.4±0.00	2.70±0.00	103.83±0.03
3	62.07±0.03	0.6±0.00	2.72±0.00	102.37±0.03
4	58.30±0.00	0.8±0.00	2.72±0.01	101.03±0.03
5	53.33±0.03	1.0±0.00	2.73±0.00	99.47±0.03
6	48.43±0.03	1.2±0.00	2.70±0.00	97.83±0.03
7	42.67±0.03	1.4±0.00	2.68±0.00	96.10±0.06
8	36.50±0.00	1.6±0.00	2.61±0.01	94.93±0.03
9	30.70±0.00	1.8±0.00	2.55±0.00	93.60±0.06
10	23.50±0.00	2.0±0.00	2.47±0.01	92.47±0.03
11	17.07±0.03	2.2±0.00	2.42±0.00	91.83±0.03
12	10.60±0.00	2.4±0.00	2.38±0.00	91.47±0.03
13	0.00±0.00	2.7±0.00	2.33±0.00	90.00±0.00

Ek Çizelge 2. Düşey milli derin kuyu (M_2) pompasına ait ölçülen veriler

Vana Açıklığı	Q ($m^3 h^{-1}$)	P_b (bar)	$N_Ş$ (kW)	Hd (cm)
1	112.27±0.09	0±0.00	5.31±0.01	117.60±0.06
2	101.30±0.06	0.4±0.00	5.35±0.00	111.83±0.03
3	91.30±0.06	0.6±0.00	5.46±0.01	106.43±0.03
4	80.27±0.09	0.8±0.00	5.67±0.01	101.37±0.03
5	68.97±0.03	1.0±0.00	5.55±0.00	96.80±0.06
6	54.33±0.03	1.2±0.00	5.30±0.00	91.70±0.06
7	39.83±0.03	1.4±0.00	4.97±0.01	88.00±0.06
8	26.63±0.03	1.6±0.00	4.71±0.01	85.90±0.06
9	13.80±0.06	1.8±0.00	4.60±0.00	85.07±0.03
10	0.00±0.00	2.0±0.00	4.66±0.01	83.00±0.00

Ek Çizelge 3. Düşey milli derin kuyu (M_3) pompasına ait ölçülen veriler

Vana Açıklığı	Q ($m^3 h^{-1}$)	P_b (bar)	$N_Ş$ (kW)	Hd (cm)
1	147.45±0.08	0±0.00	7.74±0.00	126.40±0.06
2	136.27±0.15	0.4±0.00	7.97±0.03	116.63±0.03
3	126.17±0.15	0.6±0.00	8.20±0.00	111.00±0.00
4	117.90±0.12	0.8±0.00	8.27±0.01	106.40±0.06
5	108.87±0.09	1.0±0.00	8.35±0.01	101.33±0.03
6	98.73±0.15	1.2±0.00	8.24±0.01	95.40±0.06
7	83.03±0.09	1.4±0.00	8.07±0.01	88.00±0.00
8	68.93±0.15	1.6±0.00	7.67±0.01	82.10±0.06
9	52.60±0.09	1.8±0.00	6.96±0.01	76.40±0.06
10	37.91±0.15	2.0±0.00	6.53±0.01	72.23±0.03
11	22.09±0.10	2.2±0.00	6.02±0.02	71.00±0.00
12	0.00±0.00	2.4±0.00	5.46±0.01	68.00±0.00

Ek Çizelge 4. Dalgıç derin kuyu (D_1) pompasına ait ölçülen veriler

Vana Açıklığı	Q ($m^3 h^{-1}$)	P_b (bar)	$N_Ş$ (kW)	Hd (cm)
1	75.63±0.03	0±0.00	2.04±0.00	91.70±0.06
2	71.37±0.03	0.4±0.00	2.14±0.00	90.27±0.03
3	67.53±0.03	0.6±0.00	2.20±0.00	88.10±0.06
4	63.47±0.03	0.8±0.00	2.26±0.00	86.70±0.06
5	59.03±0.03	1.0±0.00	2.30±0.00	85.03±0.03
6	54.07±0.03	1.2±0.00	2.33±0.00	83.10±0.06
7	48.43±0.03	1.4±0.00	2.34±0.00	81.40±0.06
8	41.37±0.03	1.6±0.00	2.30±0.01	79.10±0.06
9	33.33±0.03	1.8±0.00	2.21±0.01	77.40±0.06
10	25.93±0.03	2.0±0.00	2.09±0.00	75.60±0.06
11	17.37±0.03	2.2±0.00	1.99±0.00	74.70±0.15
12	0.00±0.00	2.4±0.00	1.90±0.00	73.00±0.00

Ek Çizelge 5. Dalgıç derin kuyu (D_2) pompasına ait ölçülen veriler

Vana Açıklığı	Q ($m^3 h^{-1}$)	P_b (bar)	$N_Ş$ (kW)	Hd (cm)
1	118.47±0.09	0±0.00	7.15±0.01	111.37±0.07
2	106.80±0.06	0.4±0.00	7.07±0.01	104.60±0.06
3	98.17±0.09	0.6±0.00	7.01±0.00	99.27±0.09
4	89.20±0.006	0.8±0.00	6.82±0.00	94.63±0.03
5	77.60±0.06	1.0±0.00	6.64±0.01	89.60±0.06
6	65.40±0.06	1.2±0.00	6.28±0.01	84.27±0.03
7	51.40±0.06	1.4±0.00	5.56±0.00	79.60±0.06
8	33.03±0.03	1.6±0.00	4.39±0.00	75.10±0.06
9	12.87±0.03	1.8±0.00	3.63±0.00	74.23±0.15
10	0.00±0.00	2.0±0.00	3.29±0.00	70.00±0.00

Ek Çizelge 6. Dalgıç derin kuyu (D_3) pompasına ait ölçülen veriler

Vana Açıklığı	Q ($m^3 h^{-1}$)	P_b (bar)	$N_Ş$ (kW)	Hd (cm)
1	146.30±0.15	0±0.00	7.17±0.01	132.83±0.17
2	131.40±0.06	0.4±0.00	7.52±0.00	123.10±0.06
3	124.37±0.03	0.6±0.00	7.66±0.00	118.50±0.06
4	114.50±0.06	0.8±0.00	7.73±0.00	112.40±0.06
5	105.33±0.03	1.0±0.00	7.75±0.00	106.40±0.06
6	94.67±0.09	1.2±0.00	7.66±0.00	100.73±0.15
7	83.97±0.07	1.4±0.00	7.52±0.00	96.00±0.00
8	69.77±0.09	1.6±0.00	7.15±0.00	89.87±0.07
9	53.60±0.12	1.8±0.00	6.50±0.00	84.53±0.03
10	33.60±0.06	2.0±0.00	5.66±0.01	79.93±0.03
11	14.53±0.18	2.2±0.00	4.95±0.01	78.07±0.03
12	0.00±0.00	2.4±0.00	4.57±0.03	75.00±0.00

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet KURT
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya/1990
Telefon : 05546568536
Faks : -
e-mail : wehwetwolf@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Meram Muhittin Güzelkılınç Lisesi	2009
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Zir. Fak. Tarım Makinaları Bölümü	2014
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi Fen Bil. Ens. Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD.	2016
Doktora	:	-	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**

UZMANLIK ALANI

Tarım Makinaları

YABANCI DİLLER

YAYINLAR

Kurt, M., Çalışır, S., 2016, Derin kuyu pompalarında pompa anma çapının kuyudaki su seviyesinin düşümüne etkisi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*: 3(2),s. (Baskıda) Yüksek Lisans tezinden.