

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PIEZOELEKTRİK YÖNTEMLE VERDİ ÖLÇÜM SİSTEMİNİN
TASARIMI

CANER KOÇ

120876

120876

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ANKARA

2002

Her hakkı saklıdır



2023

Prof. Dr. Rahmi KESKİN danışmanlığında Zir.Müh. Caner KOÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 03.09.2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Rahmi KESKİN

İmza: 

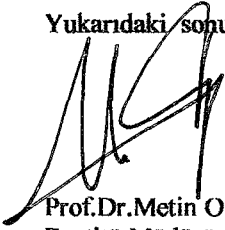
Üye: Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

İmza: 

Üye: Doç. Dr. Mustafa VATANDAŞ

İmza: 

Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Metin OLGUN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PIEZOELEKTRİK YÖNTEMLE VERDİ ÖLÇÜM SİSTEMİNİN TASARIMI.

CANER KOÇ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rahmi KESKİN

Bu çalışmada Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde yer alan pompa deneme tesisinde bulunan açık kanaldan geçen suyun yüksekliği ve verdisi piezoelektrik algılayıcılarla algılanarak bilgisayar ekranına aktarılmıştır. Bu amaçla kanalın üzerinde belli mesafeye yerleştirilen bir alıcı ve suyun üzerinde, suyun kaldırma kuvvetiyle aşağı yukarı hareket edebilen bir verici kullanılmıştır. Algılayıcılardan gelen bilgiler bilgisayara aktarılmış, bu amaçla bir uyarlayıcı devre ve alınan bilgilerin görsel olarak istenilen değerlerin okunabilmesine imkan tanıyan Delphi programlama dilinde yazılmış bir program kullanılmıştır. Bu şekilde pompa deneme tesislerinde kullanılan ve zaman alıcı olan savakla verdi ölçüm yöntemleri yerine sürekli olarak verdi okumaya müsait otomasyona uygun bir sistem geliştirilmiştir. Yapılan sistemle ölçülen değerler savakla elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve alınan sonuçlara göre bazı önerilerde bulunulmuştur.

2002, 43 Sayfa

ANAHTAR KELİMELER :Açık Kanal, Piezoelektrik Yöntem, Verdi Ölçme

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DESIGN OF FLOW MEASUREMENT SYSTEM USING PIEZOELECTRIC METHOD

Caner KOÇ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Rahmi KESKİN

In this study, the height of water and water flow rate in an open irrigation channel, located in the Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Ankara University, were measured using piezoelectric sensors and transferred on a PC monitor. For this purpose, a receiver was placed at a certain height on the channel and a transmitter was placed on a board floating on the water surface up and down. The information from the sensors was transferred to a PC and this was accomplished using a regulator circuit and a computer program written in Delphi language allowed monitoring the required information. The developed system would replace the time-consuming and labor-intensive water level measurement method using weirs in pump test stations and would allow water flow measurements in open irrigation channels suitable for automation. The results were compared with the measurements conducted using the weirs and some recommendations were made based on the results.

2002, 43 Pages

Key Words: Open channel, Piezoelectric methods, water flow measurement

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde bir çok kristalin piezoelektrik özelliğinden yararlanılmakta ve her birinin kendine özgü bir takım kullanım alanları ortaya çıkmaktadır. Özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra, sıcaklıktan ve havadaki nem oranından daha az etkilenen piezoelektrik seramik malzemeler her tür elektronik donanımda, akustik ve hassas ölçüm yapan mikroskoplarda, yüksek frekanslarda ses üretimi için ultrasonik aygıtlarda, yarı iletken ve entegre devre teknolojilerinde, sonar cihazlarında kullanıldığı kadar, günlük hayatımızda kullandığımız bir çok aygıtta da kullanılmaktadır.

Bu çalışmada A.Ü.Z.F. Tarım Makinaları Bölümü'nde bulunan pompa deneme tesisindeki açık kanalda, piezoelektrik yöntemle verdi ölçüm sisteminin tasarlanmasına çalışılmış, uygun düzenekler oluşturulmuş, verdi miktarı ve su yüksekliği algılanarak, savakla ölçüm yöntemlerine göre elde edilen değerlerle karşılaştırılarak kalibre edilmiştir. Ayrıca Delphi programlama dilinde yazılan programla da sistem sürekli olarak verdi ölçümüne uygun hale getirilmiş ve ölçülen değerler görsel ve grafiksel olarak bilgisayar ekranına aktarılmıştır.

Beni bu konudaki çalışmalarında yönlendiren, her türlü kaynak, kişi ve kuruluşla bağlantımı sağlayan değerli hocam Prof.Dr. Rahmi KESKİN'e ve değerli yardımlarından dolayı Doç.Dr. Mustafa VATANDAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, elektronik devre tasarımlarımda bana laboratuvar imkanlarını sağlayan Kırıkkale Üniversitesi Elektronik Mühendisliği Bölümü personeline ve bu konuda bana yardımlarını esirgemeyen hocalarıma da teşekkürlerimi sunarım.

Caner KOÇ

Ankara, Eylül 2002

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Piezoseramik Materyallerin Yapısı.....	2
1.2. Seramik Materyallerde Piezoelektrik Etkiler.....	3
1.3. Bir Piezoelektrik Seramiğin Temel Davranışları.....	4
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. PVC Boru Ucuna Yerleştirilmiş Seramik Algılayıcıyla Ölçme.....	18
3.2. Paslanmaz Çelik Üzerine Tutturulmuş Piezoseramik Algılayıcıyla Ölçme.....	21
3.3. Alıcı-verici Çiftiyle Ölçme.....	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	40
KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1 Ölçme ve kontrol sisteminin fonksiyonel blok diyagramı.....	1
Şekil 1.2. Silindirik yapıdaki piezoelektrik seramik içindeki piezoelektrik etki.....	4
Şekil 2.1. Genlik-zaman ekseninde dalga boyu.....	6
Şekil 2.2. Maddesel ortamda ultrases görünümü.....	7
Şekil 2.3. Ultrases uzaklık ölçümü.....	8
Şekil 2.4. Savak tipleri ve savak plaka kesitleri.....	9
Şekil 2.5. Ultrases sıvı seviye algılayıcısının şematik gösterimi.....	11
Şekil 2.6. Ultrases akış ölçme prensibi.....	12
Şekil 2.7. Akışkan hızı ölçme metodu.....	13
Şekil 2.8. Ultrases akış metre.....	14
Şekil 2.9. Alternatif verici ve alıcı ile ultrases akış-metrenin blok diyagramı.....	15
Şekil 2.10. Ultrases Doppler akış metresi.....	16
Şekil 2.11. Çeşitli ortamlarda uzaklık ölçümü.....	17
Şekil 3.1. Kendiliğinden titreşimli osilatör devresi.....	18
Şekil 3.2. Pompa deneme tesisi.....	18
Şekil 3.3. PVC boru ucuna yerleştirilmiş seramik algılayıcı ile ölçme yönteminin şematik gösterimi.....	19
Şekil 3.4. Deneme anında bir görüntü.....	20
Şekil 3.5. Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş piezoseramik algılayıcı.....	21
Şekil 3.6. Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş algılayıcının yapısı	22
Şekil 3.7. Algılayıcı bağlantı düzeneği.....	22
Şekil 3.8. Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş piezoseramik algılayıcı ile ölçme yönteminin akış diyagramı.....	23

Şekil 3.9. A/D çevirici kart.....	23
Şekil 3.10. Alıcı-verici algılayıcı çifti.....	24
Şekil 3.11. Alıcı-verici algılayıcı çifti ile ölçme yönteminin şematik gösterimi.....	25
Şekil 3.12. Ultrases kare dalgaların sinüs dalgasına dönüşüm diyagramı.....	26
Şekil 3.13. Kare dalgayı sinüs dalgasına dönüştürücü devre şeması.....	27
Şekil 3.14. Algılayıcının 40 kHz lik sinyali algıladığı anda paralel porta lojik 1 gönderen devre şeması.....	27
Şekil 3.15. Program çalıştığı anda verilerin bilgisayar ekranındaki görüntüsü.....	28
Şekil 3.16. Alıcı-verici algılayıcı çiftinin kullanıldığı yöntemin program akış diyagramı.....	28
Şekil 4.1. Alıcı verici algılayıcı çifti ile ölçülen ortalama değer ile hesaplamayla bulunan değerlerin grafiksel nalizi.....	31
Şekil 4.2. 280 mm için elde edilen. verilerin analizi.....	33
Şekil 4.3. 260 mm için elde edilen verilerin analizi.	33
Şekil 4.4. 240 mm için elde edilen verilerin analizi.	34
Şekil 4.5. 220 mm için elde edilen verilerin analizi.	34
Şekil 4.6. 200 mm için elde edilen verilerin analizi.	35
Şekil 4.7. 180 mm için elde edilen verilerin analizi.	35
Şekil 4.8. 160 mm için elde edilen verilerin analizi.	36
Şekil 4.9. 140 mm için elde edilen verilerin analizi.	36
Şekil 4.10.120 mm için elde edilen verilerin analizi.....	37
Şekil 4.11.100 mm için elde edilen verilerin analizi.....	37
Şekil 4.12. 80 mm için elde edilen verilerin analizi.	38
Şekil 4.13. 60 mm için elde edilen verilerin analizi.	38
Şekil 4.14. 40 mm için elde edilen verilerin analizi.	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

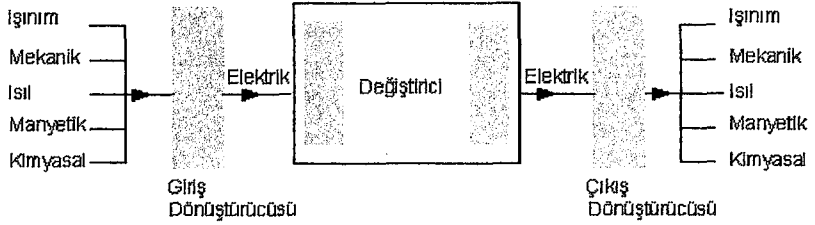
Çizelge 2.1. Ses dalgalarının farklı ortamlar içindeki hızı.....	5
Çizelge 4.1. Ölçülen değerlerin % 5 yanlışma olasılığına göre istatistiksel analizi.....	32

SİMGELER DİZİNİ

c	Ses hızı (m/s)
f	Frekans (Hz)
λ	Dalga boyu (mm)
T	Sıcaklık ($^{\circ}$ C)
θ	Yansıma açısı ($^{\circ}$)
L_0	Uzaklık (m)
t	Zaman (s)
Q	Verdi (l/s)
h	Yükseklik (m)
K	Verdi katsayısı
w	Akış hızı (m/s)
ΔT	Zaman farkı (sn)
f_s	Vericinin frekansı (Hz)
f_r	Alıcının frekansı (Hz)
R	Direnç (Ω)
V_{cc}	Besleme gerilimi (V)
C	Kapasitör (F)
T	Periyot (s^{-1})
R	Korelasyon katsayısı
n	Ölçüm sayısı
s	Standart sapma
x	Ortalama
μ	Karşılaştırma değeri

1. GİRİŞ

Bilgi işleme sistemi terimi bilgisayarlar, osiloskoplar, kapı kilitleri, klinik termometreler, uydular, kelime işlemciler, yazarkasalar, görüntü projektörleri vb içeren sistemlerin geniş bir spektrumu anlamına gelmektedir ve şekil 1.1'de ölçme ve kontrol sisteminin fonksiyonel blok diyagramı gösterilmiştir (Gürdal, 2000).



Şekil 1.1. Ölçme ve kontrol sisteminin fonksiyonel blok diyagramı (Gürdal, 2000).

Algılayıcı olarak da adlandırılan giriş dönüştürücüsünde, ışık şiddeti, yer değişimi, sıcaklık, manyetik alan veya pH değerleri gibi fiziksel veya kimyasal birimler elektrik veya elektronik sinyallerine dönüştürülür. Bu amaca yönelik pek çok fiziksel ve kimyasal etkiler mevcuttur. Bir giriş dönüştürücüsünde enerji taşıyan sinyal elektriksel olmayan sinyal biçiminden elektriksel bir sinyal biçimine dönüştürülür.

İkinci blok olan değiştiricide elektronik sinyal değiştirilir. Değiştirici bir yükseltici kadar basit olabileceği gibi bir mikroişlemci veya büyük bir bilgisayarın merkezi işleme birimi de olabilmektedir. Değiştiricide enerji taşıyan sinyalin biçimi başka bir biçime dönüştürülemez. Bir değiştiricide analog-dijital veya akım-frekans dönüşümü oluşur; bu durumda sinyal yükseltilebilir, filtre edilebilir veya değiştirici bir bilgisayardan ibaretse sinyal uzun bir algoritmaya maruz bırakılabilir. Sinyal değiştiricinin çıkışında olduğu gibi girişinde de daima elektrik enerjisiyle taşınabilmektedir. Entegre devre teknolojisindeki ilerlemeler çok akıllı değiştiricilerin üretilmesini mümkün kılmıştır. Örneğin mikroişlemciler, hafıza çipleri ve işlemsel yükselticiler çok yönlü ve güvenli bir şekilde kullanılmaktadırlar. Son olarak çıkış dönüştürücüsünde elektrik sinyali tekrar elektriksel olmayan bir sinyale dönüştürülür ve beş duyardan biriyle algılanabilir. Örneğin, sinyal monitör veya sayısal göstergede ışınım enerjisiyle ve hoparlörde mekanik (akustik) enerjisiyle taşınır.

Aygıt kontrol amacıyla kullanıldığı zaman çıkış sinyali fiziksel bir birimi kontrol edecek şekilde mekanik olarak gözükür. Çıkış dönüştürücüsünün çıkışı ve fiziksel birimi üretecek sistemin çıkışı arasında bir geri besleme döngüsü yapılır ve fiziksel birim önceden belirlenmiş istenilen seviyede kontrol edilebilir.

Bilginin kayıt veya depolama işlemi tasarlandığı zaman çıkış dönüştürücüsü olarak bir kayıt kafası veya ısı yazıcı kafası kullanılabilir. Sonunda bir çıkış dönüştürücüsü bilginin iletimi için gerekli olabilir. Elektromanyetik ışınım bir sinyal taşıyıcı olarak kullanıldığı zaman çıkış dönüştürücüsü basit bir anten biçimindedir.

1.1. Piezoseramik Materyallerin Yapısı

Piezoelektrik özellikli seramik materyaller; kurşun titanyum ve kurşun zirkonyumdan en modern yöntemler uygulanarak üretilmektedir. Bunların başlıca avantajlarından birisi; zirkonyum ve titanyum oranı istenilen oranda ayarlanarak materyal özellikleri istenilen uygulama için optimize edilebilmesidir.

Piezoelektrik seramikler serttir, kimyasal hareketlilik göstermemekte, nem ya da diğer atmosferik koşullardan etkilenmemektedirler. Bu materyaller mekanik özellikleri daha iyi bilinen diğer seramik yalıtıcılara benzer yöntemlerle üretilmektedirler.

Piezoelektrik bileşenler her türlü elektromekanik dönüştürücü (transducer) için idealdir. Piezoelektrik materyaller kullanılarak yapılan bazı uygulamalar şunlardır:

1. Sonik ve Ultrases Çeviriciler (Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye çevrimi)

- a. Sonik (< 20 kHz)
 - a.1. Alarm zilleri
 - a.2. Telefon mikrofonları
 - a.3. Yüksek frekanslı hoparlörler
- b. Ultrases (>20 kHz)
 - b.1. Yankılayıcı (Ekosounder)
 - b.2. Havada uzaklık ölçümü
 - b.3. Materyal test ekipmanları

2. Algılayıcılar (Mekanik bir kuvvet ya da hareketin elektriksel sinyale dönüşümü)
 - a. Kuvvet algılayıcısı
 - b. İvme algılayıcısı
 - c. Darbe algılayıcısı (İçten yanmalı motorlarda)
3. Hareketlendiriciler (Actuator) (Elektriksel sinyalin oransal olarak mekaniksel yer değiştirmeye çevrimi)
 - a. Düşük güçlü hareketlendiriciler
 - a.1. Video kaset kaydedicileri
 - a.2. Pnömatik valfler
 - b. Yüksek güçlü hareketlendiriciler
 - c. Hidrolik valfler
 - d. Yakıt ateşleme valfleri
 - e. Alet ayarları

1.2. Seramik Materyallerde Piezoelektrik Etkiler

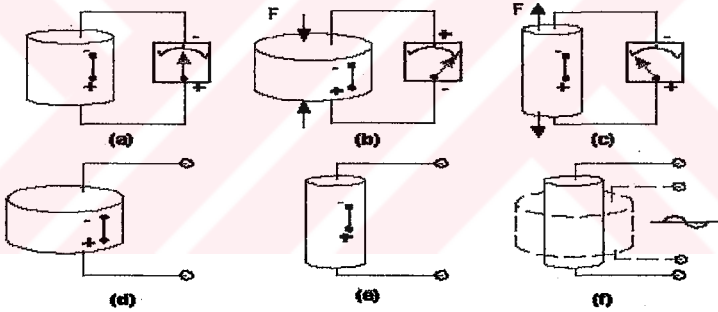
Piezoelektrik etki Jacques ve Pierre Curie tarafından 1880 yılında keşfedilmiştir. Araştırmacılar bazı kristallerin mekanik gerginliğe maruz bırakıldıklarında kristallerin elektriksel olarak kutuplandığını (polarization) ve bu kutuplanma miktarının uygulanan gerilimle orantılı olduğunu ortaya çıkardılar. Ayrıca Curie'ler bu çalışmada piezoelektrik materyallerin elektriksel bir alana bırakıldıklarında deformasyona uğradıklarını da keşfetmişlerdir. Bu da ters piezoelektrik etki olarak bilinmektedir.

Piezoelektrik etki bir çok doğal kristalde görülmektedir. İletken olmayan katı kristal malzemelerde gözlenen bu etki için gerekli koşul, kristalde yapısal simetri merkezinin bulunmamasıdır. Bilinen 32 kristal sınıfından 21 tanesinin simetri merkezi yoktur ve bu 21 kristal sınıfından yalnızca biri dışında hepsi piezoelektrik özellik göstermektedir (Buğdaycı, 1995). Örnek olarak kuvars, turmalin ve sodyum-potasyum bileşimi (Tarturata) gibi kristaller uzun yıllar boyunca elektromekaniksel çevirici (Transducer) olarak kullanılmıştır. Bir kristal çeki ya da bası kuvvetlerine bırakılırsa; kristalin en temel kafesinde bile pozitif ve negatif şarj alanları oluşmakta, bu da kristal yüzeyinde net bir kutuplanmaya yol açmaktadır. Bu etki pratikte doğrusaldır. Yani kutuplaşma miktarı uygulanan çeki ya da bası kuvvetiyle orantılıdır. Çeki ya da bası kuvvetinin yönüne bağlı olarak oluşturulan elektrik alanı, gerilimle zıt yönlüdür (+ yük, - yük) Bunun tersi de mümkündür. Öyle ki, eğer kristal bir elektrik alana maruz bırakılırsa

kristal uzunluğunda elektrik alanının kutuplanmasına bağlı olarak artma ya da azalmaya sebep olan elastik bir gerilme oluşmaktadır.

1.3. Bir Piezoelektrik Seramiğin Temel Davranışları

Şekil 1.2 ekseninde kutuplanmış bir PZT silindirin davranışını göstermektedir. Şekil 1.2.a' da silindir üzerinde yük olmadığı durumu gösterir. Eğer dışsal bir kuvvet materyalde bası ya da gerilme yaratırsa bunun sonucunda dipol momentinde elektronlar arasında bir voltaj görülmektedir. Eğer ki, silindir sıkıştırılırsa başlangıçtaki şekline tekrar geri döner. Bu gerilim kutuplaşma gerilimi ile aynı yöne sahiptir (Şekil 1.2.b). Eğer silindirin boyu uzatılmaya çalışılırsa elektronlar arasındaki gerilim kutuplaşma gerilimiyle zıt yönlü olarak gerçekleşir (Şekil 1.2.c). Bunlar jeneratör işlevi yani mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesine birer örnektir. Piezoelektrik etkiden dolayı ortaya çıkan bu jeneratör hareketine örnekler çakmak, gramfon iğnesi, ivme ölçer, mikrofonlar ve su altı ses algılayıcılarıdır.



Şekil 1.2. Silindirik yapıdaki piezoelektrik seramik içindeki piezoelektrik etki (Wanders, 1991).

Kutuplaştırma gerilimine zıt yönde bir gerilim elektrotlara uygulanırsa silindirin boyu kısalmaya uğrar (Şekil 1.2.d). Uygulanan gerilim kutuplaştırma gerilimi ile aynı yönlü ise silindir boyu uzar (Şekil 1.2.e). Sonuç olarak eğer alternatif gerilim elektrotlara uygulanırsa silindirler şişer ve çekmeye uğrar (Şekil 1.2.f). Bunlar motor hareketlerine örnektir. Yani elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürülür (Wanders, 1991).

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gürdal (2000), kitabında belli frekanslar altında bir ortamın (katılar, sıvılar ve gazlar) alternatif sıkışma ve genişmesini ses dalgaları olarak adlandırılmıştır. Ortamın içeriği dalga yayılma yönünde osilasyon yapar ve bundan dolayı bu dalgalar boyuna mekanik dalgalar olarak adlandırılır. Ses kelimesi yaklaşık 20-20000 Hz arasındaki insan kulağının işitme aralığıyla ilişkilidir. 20 Hz nin altındaki boyuna mekanik dalgalar ses altı (infrasound) ve 20000 Hz' nin üzerindeki dalgalar ise ses ötesi ultrases olarak adlandırılmıştır. Çizelge 2.1'de bazı ortamlarda boyuna dalgaların yayılma hızları verilmektedir. Hız sıcaklığa bağlı olduğundan pratik amaçlar için sıcaklığın değeri daima dikkate alınmalıdır

Çizelge 2.1 Ses dalgalarının farklı ortamlar içindeki hızı (gazlar 1 atm basıncında ve katılar uzun ince çubuk şeklinde) (Gürdal, 2000).

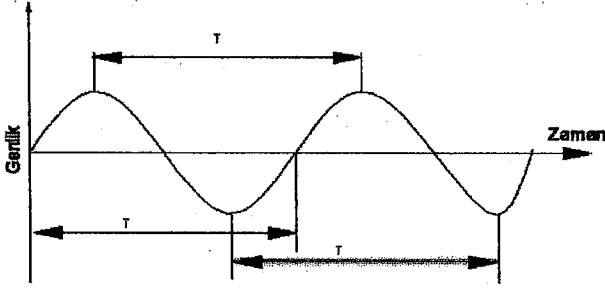
Ortam	Hız (m/s)
Kuru Hava. (20 °C)	331
Buhar (134 °C)	494
Hidrojen (20 °C)	1330
Sıvılarda	1486

Atıcı (1994), çalışmasında bir tam titreşim hareketinin genlik-zaman eksen takımında doğru üzerindeki mesafesi dalga boyu olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.1). Aynı zamanda dalgasal hareket olayında, ortam içinde bir periyoda karşılık bir dalga boyu kadar yol alınır. Dolayısıyla frekans ile dalga boyu çarpımı, sesin ortam içinde birim zamanda aldığı yolu yani ses yayılım hızını vermektedir.

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

Burada;

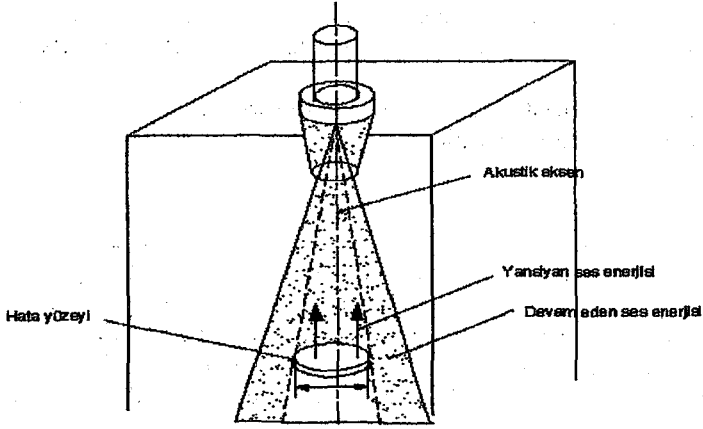
- c: Ses hızı (m/s),
- f: Frekans (s^{-1}),
- λ : Dalga boyu (m).



Şekil 2.1. Genlik zaman ekseninde dalga boyu (Atıcı, 1994).

Ultrases yayınma hızı maddesel ortamın özelliğine göre boyunun uzayıp kılalmasından dolayı farklılık gösterir. Frekans ve genlik sesi üreten noktanın titreşim hızı ile ilgili olmaktadır. Dalga boyu titreşim zarfında ve ses hızında birim zamanda sesin ortamda yayınma uzaklıkları olarak ortamın cinsine bağlı büyüklüklerdendir. Ses hızının havada ve suda farklı olduğu günlük hayattan edindiğimiz bilgilerdir. Ultrases her ortamda değişik hızda yayılabilir. Ortamın cinsine göre ses hızı düştükçe dalga boyu küçülür veya tersi olur.

Atıcı' ya göre ultrasesin alanı, kaba görünümüyle bir arabanın far lambalarının vermiş olduğu ışık demetine benzetilebilir. Yalnız, piezoelektrik özelliğine sahip kristalin yaydığı ses, belirli bir mesafede kristal alanı miktarı kadar ses alanı oluşturur. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi daha sonra belirli bir genişlemeyle ses demeti koni şeklinde yayılmaktadır. Kristal çapına eşit (genişlemeden) yayılan bölgeye yakın alan ve ses demetinin genişleyerek yayılan bölgesine de uzak alan denilmektedir. Böylelikle ultrases demetinde iki alan mevcuttur. Ses alanının tamamı oldukça karmaşık bir yapıya sahip olmaktadır.



Şekil 2.2. Maddesel ortamda ultrases yayılımını (Atıcı, 1994).

Yazar ayrıca ultrases geometrisinin incelenmesinde:

- Ultrasesin yayındığı ortamın özelliği
- Kristalin büyüklüğü
- Frekans
- Dalga boyu
- Yansıma
- Enerji miktarı
- Dalga çeşidi gibi faktörlerin göz önüne alınmasını bildirmektedir.

Gürdal (2000), ultrases uzaklık ölçümüyle ilgili yapmış olduğu çalışmada, temassız uzaklık ölçümleri için bir çeşit pilot sinyali gönderen ve yansıyan sinyali geri alabilen bir algılayıcı tasarımına değinmiştir. Bunun için gönderilen sinyalin enerjisi, herhangi bir ışınım sinyali elektromanyetik, akustik, vb. olabilmektedir. Ultrases enerjinin gönderilmesi ve alınması ultrases ölçerler ve hız dedektörlerinin temelidir. 20 kHz üzerindeki frekans aralığındaki ultrases dalgalar mekanik olup insan kulağının duyma sınırının üzerindedir. Bunun yanında bu frekanslar köpek, kedi, kemirgenler, sinekler gibi küçük hayvanlar tarafından kolaylıkla algılanabilir. Gerçekte ultrases dedektörler yarasa ve yunusların biyolojik uzaklık ölçme aygıtlarındandır.

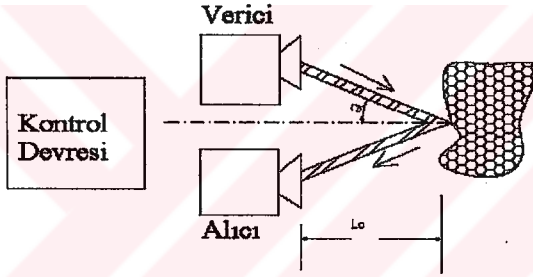
Ses dalgaları bir cisme geldiği zaman enerjinin bir kısmı geri yansıtılmaktadır. Çoğu pratik durumlardaki ultrases enerji yayılımcı bir davranışla geri yansır. Yani enerji geldiği yönden bağımsız olarak, 180°ye yaklaşabilen geniş bir açıda hemen hemen düzenli olarak yansıtılır.

Eğer bir cisim hareket ederse yansıyan dalgaların frekansı gönderilen dalgaların frekansından farklı olacaktır. Bu Doppler etkisi olarak tanımlanmaktadır.

Cisme olan bir uzaklık L_0 ortamdaki ultrases dalgaların hızı ve θ açısı ile hesaplanabilmektedir (Şekil 2.3).

$$L_0 = \frac{v \cdot t \cdot \cos \theta}{2} \quad (2.2)$$

Burada t ultrases dalgalarının cisme ve cisimden algılayıcıya geri yansıdığı zamandır. Şayet bir verici ve alıcı cisme olan uzaklığa kıyasla birbirine yakın yerleştirilmişse bu durumda $\cos \theta = 1$ olur. Ultrases dalgaları mikrodalgalara göre açık bir avantaja sahiptirler. Ses hızıyla hareket ederler ve bu mikrodalganın yayılma hızı olan ışık hızından çok düşüktür. Böylece t zamanı uzun olmakta ve ölçüm daha kolay ve ucuz yapılabilmektedir .



Şekil 2.3. Ultrases uzaklık ölçümü (Gürdal, 2000).

Ultrases içeren bir mekanik dalga üretmek için bir yüzeyin hareketi gerekmektedir. Bu hareketle gaz (hava), sıvı ve katı ortamda sıkışma ve genişleme meydana gelmektedir. Ultrases yüzey hareketi meydana getiren bir uyarım aygıtının en çok kullanılan tipi, motor modunda çalışan piezoelektrik dönüştürücüdür. Adından da anlaşıldığı gibi piezoelektrik aygıt, elektrik enerjisini doğrudan mekanik enerjiye dönüştürmektedir.

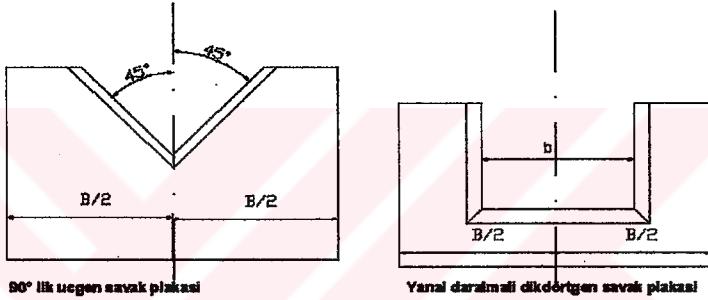
Genceli (2000), kitabında sıvıların nehir, kanal veya bir boru içinde akarken aktığı kesiti tamamen doldurmadığı ve akan sıvının bir yüzeyinin serbest, diğer yüzeylerinin ise katı cidarlar olduğu durumu açık kanallarda akış olarak adlandırmıştır.

Keskin ve Güner (2002), eserlerinde savak; açık kanal içinde kanal eksenine dik olarak yerleştirilmiş özel yapıdaki bir engel olarak tanımlanmıştır. Kanalda akan su bu engel üzerinden geçerken bir yükseklik gösterir. Bu

yükseklik ölçülerek verdi özel formülle hesaplanabilmektedir. Küçük verdiler için üçgen savak, büyük verdiler için dikdörtgen savaklar kullanılır (Şekil 2.4). Dikdörtgen savaklar yanal daralmalı ve yanal daralmaz olabilmektedir. Savakla verdi ölçme tesisinde üç ana kısım vardır. Bunlar;

- Savak plakası,
- Savak kanalı ve dalga kırıcı
- Yükseklik ölçme düzenidir.

Savak plakası, kanal içine yerleştirilmiş uygun şekilli madeni bir levhadır. Plaka üzerinde üçgen ya da dikdörtgen şeklinde geçit vardır.



Şekil 2.4. Savak tipleri ve savak plaka kesitleri (Keskin ve Güner, 2002).

Su yüksekliği savak plakası önünde ölçülmektedir. Ölçüm noktası dik üçgen savaklarda, savak plakasından en az 200 mm, en çok kanal genişliği kadar geride olmalıdır. Dikdörtgen savaklarda ise ölçme noktası plakadan, savaktan geçecek maksimum su yüksekliğinin en az dört katı, en fazla altı katı geride olmalıdır. Su yüksekliği kanal genişliğine göre bir veya daha çok noktadan ölçülmelidir. Su yüksekliği kanala birleştirilmiş bir kapla ölçülebilmektedir. Üçgen savaklarda ölçme noktası kanal tabanından ve savak sıfır noktasından en az 50 mm uzaklıkta olmalıdır. Ölçme kabı kanalın bağlanması için kanal yan duvarına düzğün olarak açılan 10-30 mm çapındaki bir delikten faydalanılmaktadır. Kanaldaki su yüksekliği kararlı hale geldikten sonra ölçüm yapılmalıdır. Ölçümdeki duyarlılık üçgen savaklarda ölçülen yüksekliğin 1/250' si, dikdörtgen savaklarda ise 1/150' si kadar olmalıdır. Ölçme, savak sıfır noktasından itibaren yapılır savak sıfır noktası üçgen savaklarda üçgen şeklindeki geçidin tepe noktası, dikdörtgen savaklarda ise savak alt kenarıdır. Savaktan geçen suyun verdisinin hesabı için çeşitli eşitlikler geliştirilmiştir. Yukarıda verilen koşulları sağlayan 90°'lik üçgen savakta verdi aşağıdaki eşitlikle;

$$Q = K \cdot h^{5/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.3)$$

$$K = 1,354 + \frac{0,004}{h} + \left(0,14 + \frac{0,2}{\sqrt{D}} \right) \cdot \left(\frac{h}{B} = 0,09 \right)^2 \quad (2.4)$$

Yanal daralmalı (büzülmeli), savakta verdi, aşağıda verilen formülle hesaplanır:

$$Q = K \cdot b \cdot h^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.5)$$

$$K = 2,953 \cdot \left[0,578 + 0,037 \cdot \left(\frac{b}{B} \right)^2 + \frac{3,615 - 3(b/B)^2}{1000 \cdot h + 1,6} \right] + \left[1 + 0,5 \left(\frac{b}{B} \right)^4 \cdot \left(\frac{h}{h+D} \right)^2 \right] \quad (2.6)$$

Yanal daralmalı dikdörtgen savakta verdinin hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılır.

$$Q = K \cdot b \cdot h^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.7)$$

$$K = 1,816 \left(1 + \frac{1}{(1000 \cdot h + 1,6)} \right) \cdot \left(1 + 0,5 \left(\frac{h+D}{h} \right)^2 \right) \quad (2.8)$$

Yukarıdaki eşitliklerde;

Q: Verdi (m^3/s),

h: Savaktaki su yüksekliği (m),

D: Savak sıfır noktasının kanal tabanından yüksekliği (m),

b: Dikdörtgen geçit (eşik) genişliği (m),

B: Kanal genişliği (m),'dir.

Diküçgen savakta verdi eşitliklerinin uygulanabilmesi için şu koşulların gerçekleşmesi gerekir.

$$0,07 \leq h \leq 0,25 \text{ m}$$

$$0,1 \leq D \leq 0,7 \text{ m}$$

$$0,45 \leq B \leq 1,2 \text{ m}$$

Yanal daralmalı savakta verdi eşitliğinin kullanılabilmesi için, kanalın boşalma kısmındaki su seviyesi ile savak sıfır noktası arasındaki yükseklik farkı 0,3 m ile 0,5 h_{max} arasında olmalıdır. Yine;

$$0,025 \leq h \leq 0,8 \text{ (m)}$$

$$D \leq 0,3 \text{ m ve } \frac{h}{D} \leq 1$$

$$0,30 \leq \frac{b}{B} \leq 0,80 \text{ m olmalıdır.}$$

Yanal daralmalı savakta formülün uygulanabilmesi için ise;

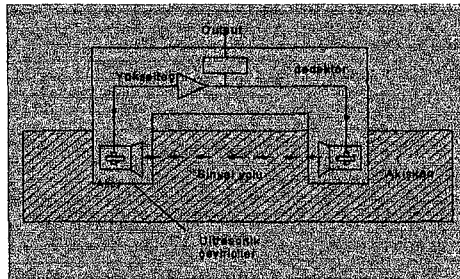
$$B \geq 0,25 \text{ m}$$

$$D \geq 0,30 \text{ m} \quad 0,025 \leq h \leq 0,80 \text{ m} \quad \frac{h}{D} \leq 1 \text{ ve kanaldaki su}$$

hızı ise 0,45 m/s'den küçük olmalıdır.

Seviye algılayıcıları günümüzde yağ, su ve hidrolik sıvılar gibi sıvıların seviyelerinin ölçülmesinde sık sık kullanılmaktadır. Özellikle motorlu araçlarda sıvı seviyesi algılayıcılarının sayısı giderek artmaktadır. Örneğin fren ve soğutma sıvısı seviyeleri yada motor ve dişli kutusu yağ seviyeleri ve cam silecekleri sıvısı seviyelerinin ölçülmesi gibi.

Wanders (1991), eserinde sıvıların seviyesini algılama yeteneğine sahip, pahalı olmayan, güvenilir ve mekanik olarak sağlam algılayıcılar olan piezoseramik algılayıcılar kullanmıştır. Sesin hava ve sıvı arasındaki ses aktarım hızına dayalı olarak sıvı ve hava içerisinde şekil 2.5'deki gibi iki PZT-çevirici kullanılarak sıvı seviyesi algılanmıştır.



Şekil 2.5. Ultrases sıvı seviye algılayıcısının şematik gösterimi (Wanders 1991).

Wanders (1991), eserindeki bir başka uygulamada ise şekil 2.6'daki gibi yerleştirilmiş iki PZT çevirici ile gazların ve sıvıların hızları ölçülmüştür. Burada her iki çeviricide eşzamanlı olarak kısa sinyal yayar (verir) ve sonra aniden alma (receiver) konumuna çevrilirler. Durağan ortamlarda, her iki gecikme (delay) zamanları aynıdır. Bir akış olduğu zaman, sinyaller hızlanır ya da yöne bağlı olarak bir miktar gecikirler. Gecikme zamanları şöyle verilmektedir:

$$t_1 = \frac{l}{v + w} , t_2 = \frac{l}{l - w} \quad (2.9)$$

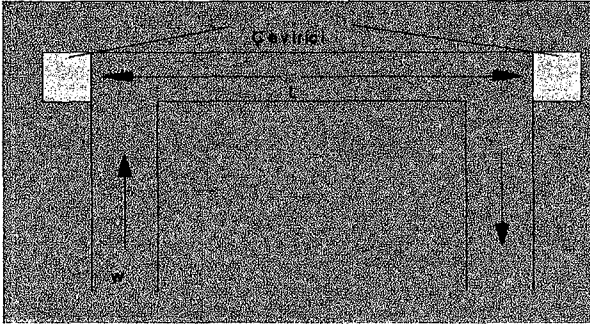
Burada;

- l: Ölçme uzaklığı (m),
- v: Ses hızı (m/s),
- t₁: Sesin vericiden alıcıya varma zamanı(s),
- t₂: Gönderilen sesin yansıma zamanı (s),
- w: Akış hızı (m/s),

Akış hızı w şöyle bulunmaktadır;

$$w = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \quad (2.10)$$

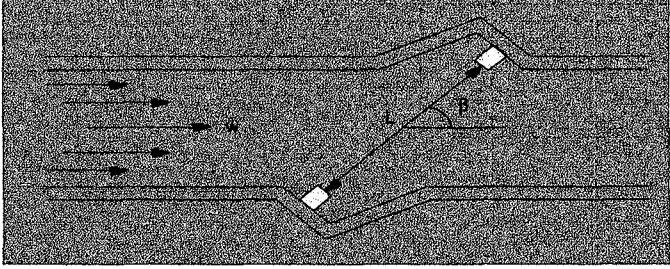
Yukarıdaki denklem ile hesap edilen akış hızı sadece ultrases dalgaların yörüngeleri için geçerlidir yani Şekil 2.6' deki borunun merkezinden geçen doğrudur.



Şekil 2.6. Ultrases akış ölçme prensibi (Wanders, 1991).

Çoğunlukla ortalama akış hızını bilmek çıkış hacminin bir ölçüsü olduğundan daha önemli olmaktadır. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi

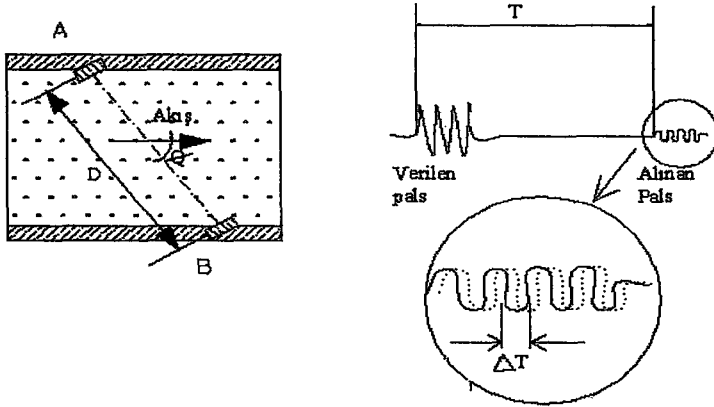
çeviricilerin yerleştirilmesi durumunda, ultrases değişik akış hızlarındaki alanlardan geçmektedirler (Wanders, 1991).



Şekil 2.7. Akışkan hızı ölçme metodu (Wanders, 1991).

Güler ve Güler (1990) yaptıkları çalışmada akışın ultrases dalgalar kullanılarak ölçülebilmesi prensibine dayanarak, akan ortamın neden olduğu frekans veya faz kaymasının algılanmasını gerçekleştirmişlerdir. Uygulamalardan biri Doppler etkisine dayanırken diğeri ortamdaki ultrases hızının artış veya azalmasını algılanmasına dayanmaktadır. Bir hareketli ortamda sesin etkin hızı, ortama göre sesin hızı artı (+) sesin kaynağına göre ortamın hızına eşit olmakta ve bunun sonucu olarak akıntıya ters yayılan bir ses dalgası daha küçük etkin hızı sahip olurken, akıntıya doğru yayılan hız ise daha etkin hızı sahip olmaktadır. İki hız arasındaki fark, ortamın hızının tam olarak iki katı olduğundan akıntı yönündeki ve tersindeki hız farklarının ölçülmesi akışkanın hızının belirlenmesine izin vermektedir.

Şekil 2.8'de bir akış tüpünün yönlerine yerleştirilmiş iki ultrases jeneratör görülmektedir. Bu amaç için genellikle piezoelektrik kristaller kullanılmaktadır. Hem kristal hem ultrases dalgalarının üretiminde (motor modu) veya hem de ultrases dalgalarının alınmasında (generatör modu) kullanılabilir. Başka bir deyimle, aynı kristal gerekli olduğunda bir hoparlör veya bir mikrofon olabilmektedir.



Şekil 2.8. Ultrases akış metre (Güler ve Güler 1990).

Şekil 2.8'de iki kristal D uzaklığı ile birbirinden ayrılmış ve akışa göre θ açısı ile yerleştirilmiştir. Aynı zamanda akış boyunca tüpün tam içerisine küçük kristallerin yerleştirilmesi de mümkündür olmaktadır. Bu durumda $\theta = 0^\circ$ 'a karşılık gelmektedir. İki dönüştürücü, A ve B arasındaki sesin geçiş zamanı (T), ortalama akış hızıdır. v_c ile bulunabilmektedir.

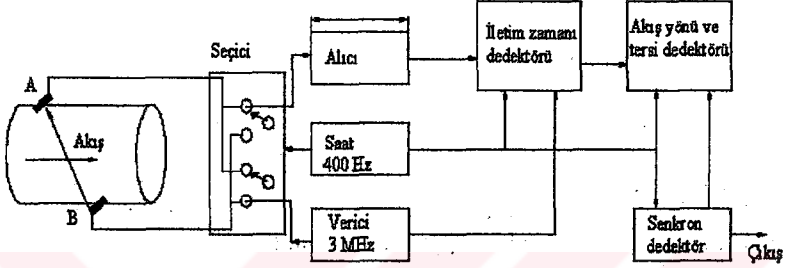
$$T = \frac{D}{c \pm v_c \cos \theta} \quad (2.11)$$

Burada c akışkandaki sesin hızıdır. Artı/eksi işareti sırasıyla akıntıya doğru ve ters yönleri göstermektedir. Düzgün bir akış için $v_c = 4v_a / 3$ ve türbülanslı akış için $v_c = 1,07 v_a$ olduğu gösterilmektedir. Burada v_a kesit alanı üzerindeki ortalama akıştır. Akış yönü ve tersindeki hız farkları alınarak

$$\Delta T = \frac{2Dv_c \cos \theta}{c^2 + \cos^2 \theta} \approx \frac{2Dv_c \cos \theta}{c^2} \quad (2.12)$$

olur. $c \gg v_c \cos \theta$ olduğunda çoğu pratik durumlar için doğru olmaktadır. Gürültü sinyali oranı geliştirmek için zamanı genellikle akış yönü ve tersinde her iki yön için de ölçülmektedir. Yani her piezoelektrik kristal bir süre verici olarak ve diğer bir süre alıcı olarak çalışmaktadır (Şekil 2.9). Bu bir seçiciyle yapılır ve oldukça düşük örnekleme oranıyla zamanlanmıştır (örnekte 400 Hz). Sinüsoidal ultrases dalgalar (3 MHz civarında) aynı saat oranında (400 Hz) kısa süreli darbe şeklinde verilmektedir. Alınan kısa

sürekli sinusoidal darbe akışıyla modüle edilerek verilen dalgadan T kadar zaman gecikmesine uğramaktadır. Bu gecikme zamanı bir geçiş zaman algılayıcısı ile algılanmaktadır. Daha sonra her iki yöndeki zaman farkı bir senkron dedektör ile bulunmakta ve böyle bir sistem 4 saatlik periyot üzerinde $5 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ kadar küçük sıfır değışme ile oldukça iyi bir doğruluk sağlayabilmektedir.



Şekil 2.9. Alternatif verici ve alıcı ile ultrases akış-metrenin blok diyagramı

Güler ve Savaş (1998), yaptıkları çalışmalarında akışın ölçülmesinde diğer bir metot olan akıntıya ters ve doğru yönlerde gönderilen ve alınan sinyallerin faz farkının algılanmasına çalışmışlardır. Faz farkı aşağıdaki eşitlikten çıkarılabilmektedir.

$$\Delta T = \frac{2Dv_c \cos\theta}{c^2 + \cos^2\theta} \approx \frac{2Dv_c \cos\theta}{c^2} \quad (2.13)$$

$$\Delta f = \frac{4\pi f D v_c \cos\theta}{c^2} \quad (2.14)$$

Burada;

ΔT : Sinyalin gidiş ve dönüş zamanı arasındaki fark(s),

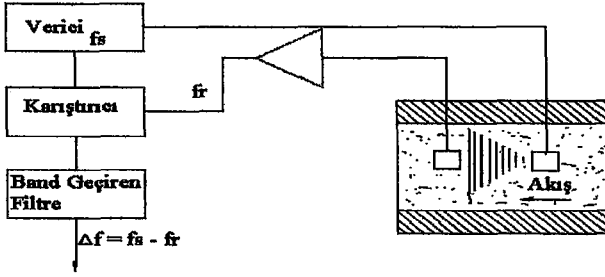
Δf : Faz farkı,

D : A ve B arasındaki mesafe(m),

c : Akışkandaki ses hızı(m/s),

v_c : Ultrases yol boyunca ortalama akış hızı (m/s),

Duyarlılığı frekansın artışı ile daha iyi olacağı açık olmakla beraber yüksek frekanslarda sistemde sinyal-gürültü oranında azalmaya neden olabilecek ses zayıflaması beklenmektedir.



Şekil 2.10. Ultrases Doppler akış metresi (Güler ve Savaş 1998).

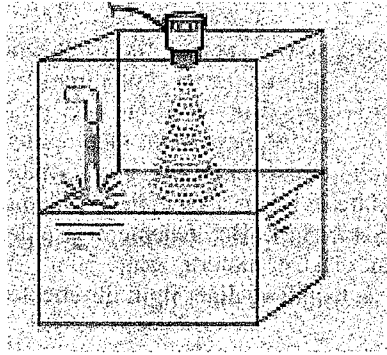
Doppler akış ölçümleri için sürekli ultrases dalgalar kullanılabilir. Şekil 2.10'da akışkanın içine yerleştirilmiş verici- alıcı donanımı ile bir akışmetre görülmektedir. Doppler radyo alıcısında olduğu gibi gönderilen ve alınan frekanslar doğrusal olmayan bir devrede (mikser) karıştırılır. Çıktadaki düşük frekanslı fark harmonikleri bir bant geçiren filtreye seçilmektedir. Bu fark:

$$\Delta f = f_s - f_r = \pm \frac{2f_s v}{c} \quad (2.15)$$

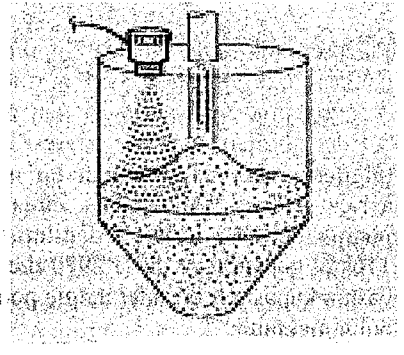
olarak tanımlanır. Burada f_s ve f_r sırasıyla verici ve alıcı kristallerin frekansları ve artı/eksi işaretleri akış yönünü göstermektedir. Yukarıdaki eşitlikten çıkartılan sonuç fark frekansının doğrudan akış hızı ile orantılı olması gerekmektedir. Bundan dolayı ölçülen hız ortalama hız yerine akışın lokal bir hızı olmaktadır. Pratik sistemlerde kullanışlı sıcaklık aralığında akışkanın viskozitesinin katkısının hesaba katılabilmesi için gerçek akışkanlar ile ultrases algılayıcıların kalibrasyonunun yapılması istenilmektedir.

Ultrases piezoelektrik algılayıcı/dönüştürücülerin bir akışmetrenin gövdesine yerleştirilmiş küçük seramik disklerden fabrikasyonları yapılabilir. Kristalin yüzeyi silikon lastik gibi uygun bir malzeme ile korunabilir. Ultrases algılayıcıların avantajı akışkanla doğrudan temas olmaksızın akışı ölçebilmeleridir..

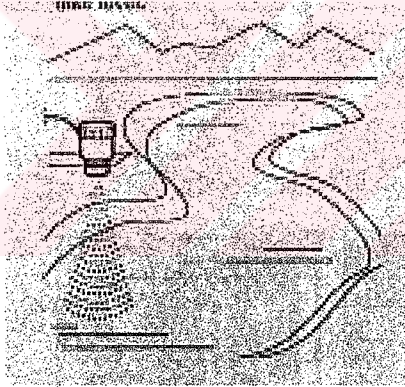
Çeşitli ortamlarda uzaklık ölçümlerine ilişkin şematik gösterimler şekil 2.11' de gösterilmiştir.



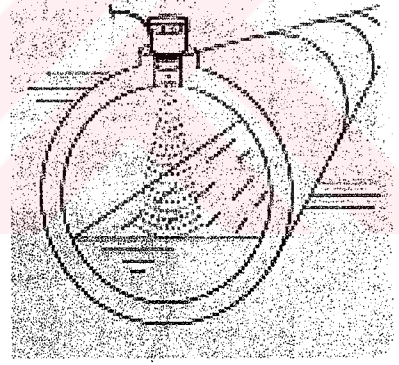
(a)



(b)



(c)



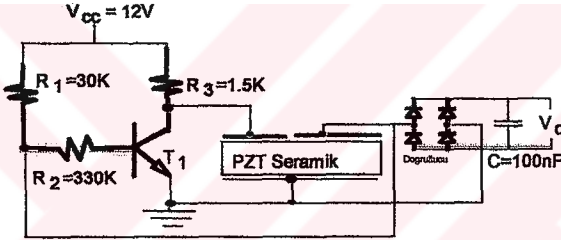
(d)

Şekil 2.11. Çeşitli ortamlarda uzaklık ölçümü (Anonymous, 2000).

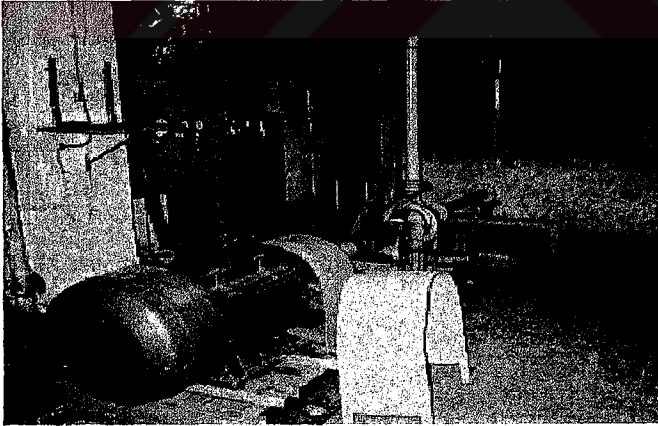
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. PVC Boru Ucuna Yerleştirilmiş Seramik Algılayıcıyla Ölçme

Piezoseramik malzemeden yapılmış algılayıcıyla yapılan ilk denemede yaklaşık 6.5 cm^2 alana ve 1 mm kalınlığa sahip algılayıcı kullanılmıştır. Algılayıcının çalışabilmesi için gerekli titreşimi üretecek bir adet şekil 3.1'de görülen osilatör devresi yapılmıştır. Algılayıcıdan elde edilen bilgilerin okunabilmesi için bir adet voltmetre ve 12V 'luk güç kaynağı ayrıca Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü pompa deneme tesisi kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bu deneme tesisinde; 110kW gücünde ve devri 2970 d/d olan elektrik motoru, saatte 70 m^3 su basma kapasiteli bir adet dalgıç pompa, su kanalı ve diğer ilgili düzenekler bulunmaktadır.

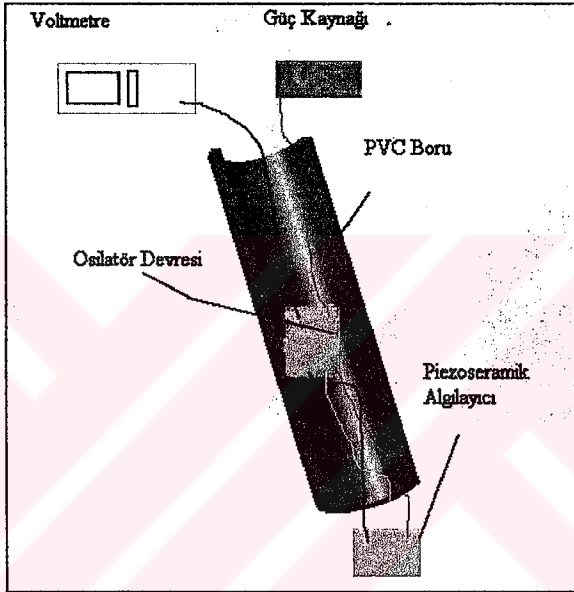


Şekil 3.1. Kendiliğinden titreşimli osilatör devresi.



Şekil 3.2. Pompa deneme tesisi.

Bu denemede algılayıcı osilatör devresine bağlanmış ve daha sonra etrafı silikon malzemesiyle suya karşı yalıtılmıştır. Osilatör devresi ve diğer kabloların zarar görmemesi içinde 50 mm çapında ve 600 mm uzunluğunda PVC boru içerisine sabitlenmiştir. Yöntemin şematik gösterimi şekil 3.3 gibidir.

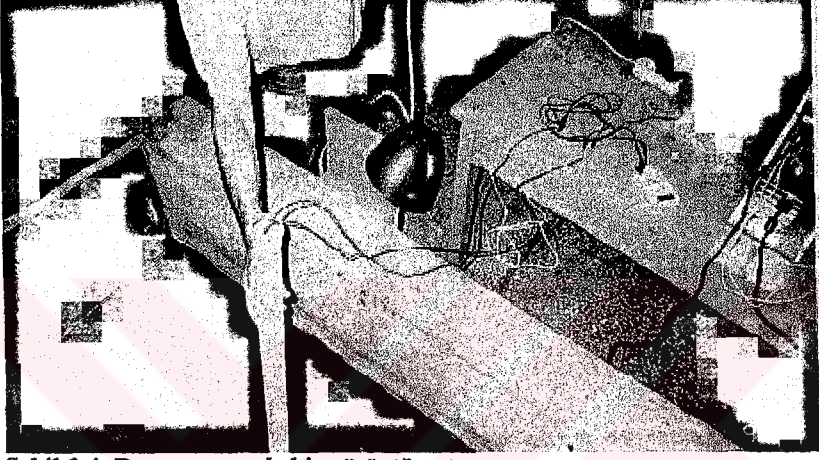


Şekil 3.3. PVC boru ucuna yerleştirilmiş seramik algılayıcıyla ölçme yönteminin şematik gösterimi.

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi yapılan denemede su pompası tarafından kanala basılan su seviyesine bağlı olarak algılayıcının üzerine gönderilen suyun basıncının algılanmasına çalışılmıştır. Algılayıcı üzerine su çarptığı anda titreşim halinde bulunan algılayıcının başlangıçta sabit 12V olan gerilim değerinin, osilatör devresinden doğrultulup voltmetre aracılığıyla ölçülmesine çalışılmış ve suyun seviyesine bağlı olarak voltmetrede bir gerilim değişiminin okunması beklenmiştir.

Devrenin çalışması; kendiliğinden titreşime giren osilatör devresinin PZT seramikten elde edilen geri besleme sinyaliyle T1 transistörünün anahtarlanması (açılıp kapanmasına) esasına dayanmaktadır. PZT

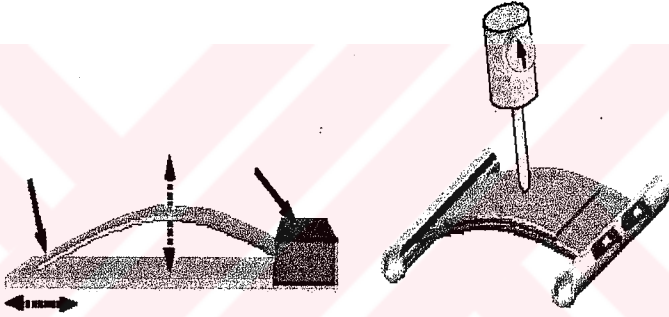
seramiğin titreşim frekansı ve oluşan çıkış geriliminin genliği, seramiğin bulunduğu ortama bağlı olarak değişmektedir. Eğer seramik su içine konulursa; suyun derinliğine bağlı olarak seramik üzerindeki basınç değişeceğinden titreşim frekansı ve genlik de derinliğe bağlı olarak değişecektir.



Şekil 3.4. Deneme anında bir görüntü.

3.2. Paslanmaz Çelik Üzerine Tutturulmuş Piezoseramik Algılayıcıyla Ölçme

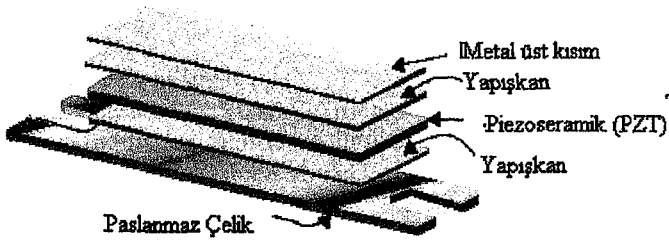
Bu çalışmada da su çıkarma laboratuvarında bulunan 110kW gücünde ve devri 2970 d/d olan elektrik motoru, saatte 70 m³ su basma kapasiteli bir adet pompa, su kanalı ve diğer ilgili düzenekler kullanılmıştır. Algılayıcı olarak mekanik zorlanmanın etkisinde kaldığında elektriksel şarj elde etmeye yarayan şekil 3.5'te şematik görünümü, şekil 3.6'da da yapısı gösterilen piezoelektrik algılayıcı, bilgisayar ile kart arasında veri alışverişini sağlayan paralel port kablosu, okunan değerlerin görsel ve grafiksel hale getirilmesini sağlayan Delphi programlama dilinde yazılmış program kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş piezoseramik algılayıcı.

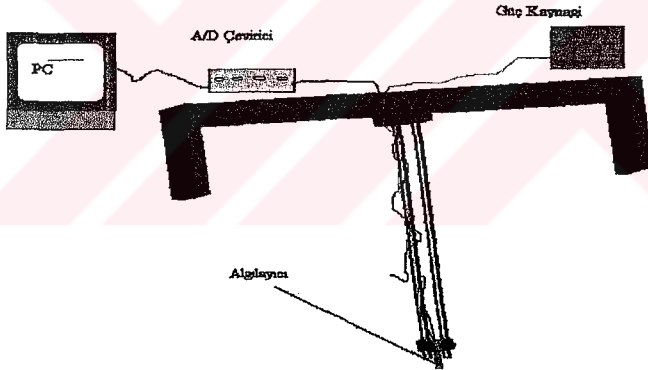
Ayrıca algılayıcının su kanalı içinde tutunmasını sağlayan üç boyutlu olarak algılayıcının konumunu ayarlamaya uygun halde özel olarak sac malzemeden imal edilmiş düzenek kullanılmıştır. Bu düzenek kanal duvarlarına uygun olarak oturabilecek ve suyun çarpma hızından etkilenmeyecek şekilde sabitlenmeye uygun imal edilmiştir. Bu düzeneğin ortasına ayrıca 650 mm uzunluğunda ve sudan etkilenmemesi için boyanmış 2 adet çelik çubuk ve aralarında aşağı yukarı kaydırılmaya müsait algılayıcının üzerine sabitlendiği parça bulunmaktadır.

Şekil 3.5'de görülen ve THUNDER adı verilen algılayıcı bir çok uygulamada kullanılabilir. Yapısında alüminyum, PZT ve paslanmaz çelik bulunmaktadır ve ferroelektrik özellik göstermektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş algılayıcının yapısı (www.faceco.com).

Aşağıda algılayıcı tarafından alınan bilgilerin A/D çevirici kullanılarak sayısal olarak çevrilip paralel port aracılığı ile bilgisayara gönderildiği devrenin şeması görülmektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Algılayıcı bağlantı düzeni.

Bu yöntemde piezoelektrik algılayıcı ile suyun uyguladığı basınç algılanmakta ve oluşan basınç sinyalleri A/D çeviriciden bilgisayara aktarılmaktadır. Hassas bir piezoelektrik algılayıcının kullanıldığı bu sistem, suyun algılayıcı üzerine uyguladığı basınç değişimini algılamak için tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin blok diyagramı şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş piezoseramik algılayıcıyla ölçme yönteminin akış diyagramı.

Algılayıcının okuduğu analog değerleri dijital hale getiren beş kanallı (A/D) çevirici kart kare içerisinde şekil 3.9’da gösterilmiştir.

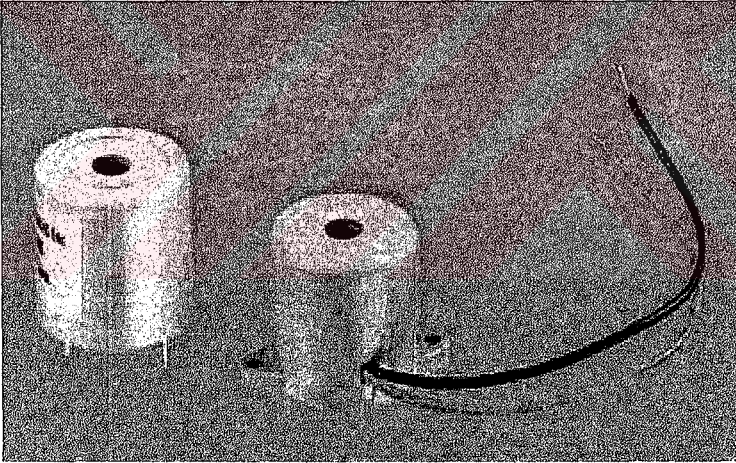


Şekil 3.9. A/D çevirici kart.

3.3. Alıcı-Verici Çiftiyle Ölçme

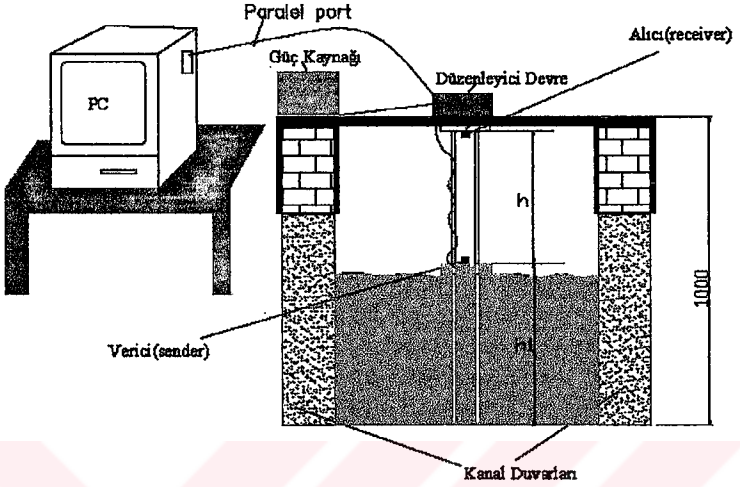
Bu metotta pompa deneme tesisi, birer adet ultrases alıcı(receiver)-verici(sender), +9 ve -9 Volt arasında çalışan güç kaynağı, alıcının okuduğu bilgileri PC de görmeye yarayan Delphi programlama dilinde yazılmış program, algılayıcı ve vericinin oluşturduğu verileri düzenleyen devre kullanılmıştır. Ayrıca bir önceki deneme yönteminde kullanılan algılayıcının sabitlendiği düzende, algılayıcıların bağlandığı düzeneğin bağlı olduğu çelik çubukların boyu 1m' ye çıkarılmıştır ve kanal içersinde bulunan vericinin üzerine sabitlenebilmesi ve vericiyi suyun kaldırma kuvvetiyle yukarıya kaldırabilmesi için plastik bir düzenek oluşturulmuştur.

Yöntemde kullanılan alıcı ve vericinin özellikleri şöyledir; çalışma gerilimi DC 3-16 V, çalışma sıcaklığı -20...+60 °C , çalışma frekansı 3-kHz, verici hassasiyeti 17 dB, alıcı hassasiyeti -63 dB dir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Alıcı-verici algılayıcı çifti.

Aşağıda alıcı verici çiftiyle ölçme yönteminin şematik gösterimi gösterilmiştir (şekil 3.11).



Şekil 3.11. Alıcı-verici algılayıcı çifti ile ölçme yönteminin şematik gösterimi.

Bu sistemde yazılan program; bilgisayarın paralel portuna şekil 3.12’de görülen üç adet her bir saniyede genişliği 12.5 mikrosaniye olan darbe üretmektedir. Üretilen bu üç darbe, düzenleyici devre tarafından ultrases vericisinin 40 kHz frekansında sönümlü sinüs dalgası yaymasına sebep olmaktadır (şekil 3.13). Frekansımızın 40 kHz olması durumunda periyot $25 \cdot 10^{-6}$ s olmaktadır.

Deney koşullarında hava sıcaklığının $20 \text{ }^\circ\text{C}$ kabul durumunda sesin havadaki hızı;

$$c_{hava} = 331.4 + 0.6T_c = 331.4 + 0.6 \cdot 20 = 343.4 \approx 343 \text{ m/s 'dir.}$$

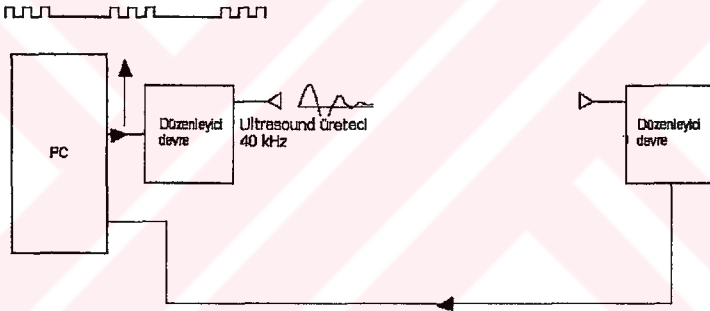
Bu durumda dalga boyu ise;

$$\lambda = c_{hava} \cdot T = \frac{c_{hava}}{f} = \frac{343 \text{ (m/s)}}{40000 \text{ sn}^{-1}} = 0.008575 \text{ m} = 8.575 \text{ mm}$$

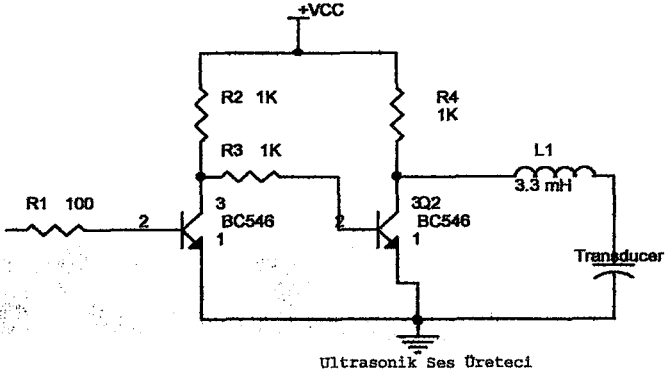
olur.

Algılayıcının hassaslığı ise programdaki sayıcının değeri 1 mikrosaniye’de bir artış gösterdiği durumda; ultrases havada yaklaşık 343 m/s hızla hareket ettiği kabulüyle; $x \cong 0.000343 \text{ m} \cong 0.343 \text{ mm}$ olmaktadır.

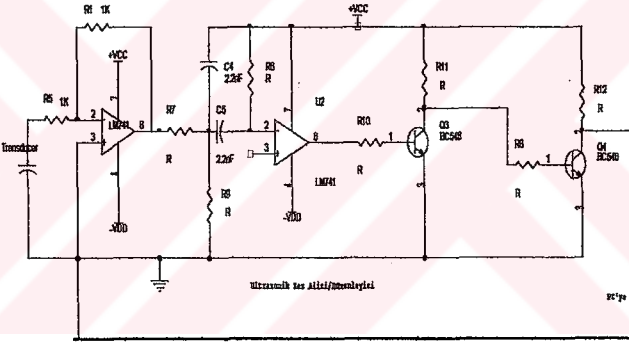
Ultrases alıcıya ulaştığı anda alıcı bilgisayarın paralel portuna düzenleyici devre (Şekil 3.14) yardımıyla lojik 1 bilgisini (+5 V) göndermektedir. Oluşturulan bu sönümlü sinüs dalgası gönderildiği anda bilgisayar programıyla içerisinde oluşturulan bir sayıcı, ultrasesin alıcıya ulaşip ulaşmadığını yani paralel porta 1 bilgisinin ulaşip ulaşmadığını her bir mikro saniyede kontrol etmektedir. Eğer port pini 1 değilse yani bilgi ulaşmamışsa, sayıcının değeri bir artmaktadır (zaman olarak bir mikrosaniye artmaktadır). Paralel port pininin 1 olması verici tarafından gönderilen ultrasesin algılayıcı tarafından alındığı anlamına gelmektedir. Sayıcıdaki değer ise alıcı-verici arasındaki mesafeyle doğru orantılıdır.



Şekil. 3.12. Ultrases kare dalgaların sinüs dalgasına dönüşüm diyagramı.

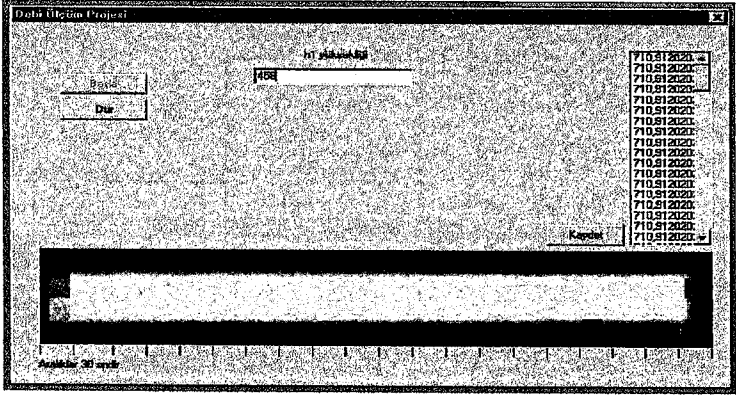


Şekil 3.13. Kare dalgayı sinüs dalgasına dönüştürücü devre şeması.



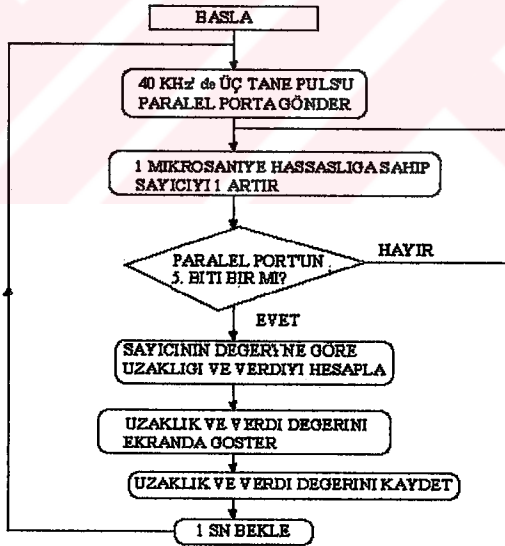
Şekil 3.14. Algılayıcının 40 kHz lik sinyali algıladığı anda paralel porta lojik 1 gönderen devre şeması.

Sistemin çalışması esnasında birim zamanda geçen su miktarı ve su yüksekliği verileri bilgisayar ekranında hem sayısal hem de grafiksel olarak aşağıdaki gibi görülmektedir (şekil 3.15).



Şekil 3.15. Program çalıştığı anda verilerin bilgisayar ekranındaki görüntüsü.

Alıcı ve veri kullanılarak yapılan ölçüm yöntemi için yazılan programın akış diyagramını Şekil 3.16'de gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Alıcı-verici algılayıcı çiftinin kullanıldığı yöntemin program akış diyagramı.

Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin sayısal bir şekilde bilgisayar ekranına yazdırılabilmesi için kullanılan bağıntı algılayıcılar arası mesafe için;

$$h=t*343*3,7/1000 \text{ (mm)} \quad (3.1)$$

Burada mesafe: algılayıcı ile verici algılayıcı arasındaki uzaklıktır (h), 343 değeri ise sesin 20 °C 'de havadaki yayılma hızıdır(m/s). Sayaç ise verici tarafından gönderilen sinüs dalgasının alıcıya ulaştığı ana kadar geçen sürenin, yazılan program ile her 1µs 'de bir artmak kaydıyla geçen zamandır(t). 3.7 katsayısı da sistemde kullanılan bilgisayarın işlemci hızına bağlı olarak sayaç üzerinde etkili bir katsayıdır.

Suyun yüksekliği kanal tabanından olan yüksekliği sabit olan alıcı yüksekliğinden (yaklaşık 1000 mm), alıcı ile verici arasındaki mesafenin çıkarılması ile bulunan değerdir (h1).

Programda elde edilen su yüksekliğinin verdi olarak ifade edilebilmesi için; kullanılan bağıntı 2.bölümde anlatılan eşitliklere dayanılarak kare savaktan 40 mm'den 280 mm ye kadar olan yükseklik değerlerinden elde edilmiş verdi değerleri kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. Bunun için eldeki yükseklik ve verdi değerlerinin grafiği çizilmiş ve ortaya çıkan eğrinin denklemini bulunmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

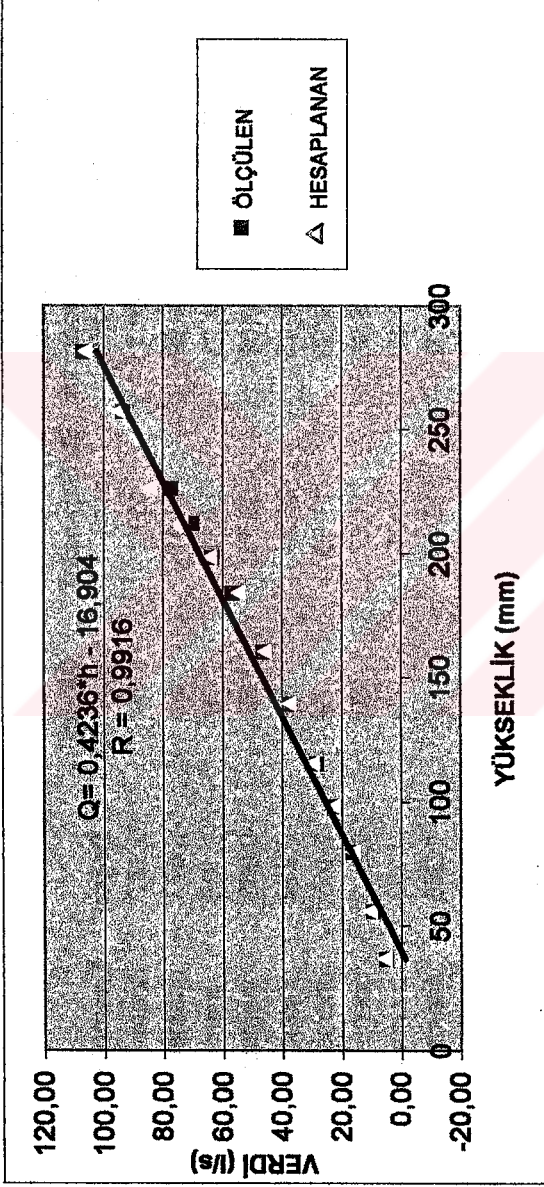
Seramik algılayıcı yöntemle yapılan ölçümler esnasında ilk yapılan birkaç denemeden sonra algılayıcı yüzeyine sürülen silikon malzeme işlevini yitirmiştir. Silikon malzemenin algılayıcı yüzeyinden su tarafından sökülmesi neticesinde; algılayıcı yüzeyine su temas ederek osilatör devresinin çalışmamasına neden olmuştur. Piezoseramiğin sudan izole edilememesi ve seramiğin hareketsiz noktalarından tutulmaması, devrenin kalibrasyonunu zorlaştırmıştır. Sonuç olarak yöntem ve algılayıcının değiştirilmesine karar verilmiştir.

Dikdörtgen kesitli piezoseramik algılayıcı yöntemde, kanaldaki pompa tarafından basılan suyun verdisindeki değişim çok yavaş olduğu için; devredeki tüm elemanların çalışmasına rağmen algılayıcı istenilen sonuçları vermemiştir. Bir diğer önemli nokta ise basınç değişimi ile verdi arasında bir ilişki kurulamamıştır. Sonuç olarak yöntem ve algılayıcının değiştirilmesine karar verilmiştir.

Kullanılan yöntemler içerisinde sadece üçüncü yöntem olan alıcı-verici çiftinin kullanıldığı yöntemle sonuç alınmıştır. Bunun için hesaplama yöntemiyle elde edilen yüksekliğe bağlı olarak verdi miktarına ait regresyon denklemi ve grafik şekil 4.1'de gösterilmiştir. Oluşturulan sistem tarafından yapılan ölçümlerin sonucu şekil 4.2 - 4.14 'de grafikler halinde gösterilmiştir. Ayrıca alıcı verici çiftinin kullanıldığı yöntemle elde edilen 40 mm den 280 mm ye kadar, her 20 mm de bir elde edilen ölçüm verileri, 40 mm'den 280 mm ye kadar hesaplama ile elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak analiz yapılmıştır. Ölçüm değerlerinden elde edilen ortalama değerler ve hesaplama sonucu bulunan değerler arasında istatistiksel % 5 yanılma olasılığına göre karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Yazılan Delphi dilindeki programla verdinin yüksekliğe bağlı olarak ekrana yazdırılmasını sağlayan bağlantı;

$$Q=0.0234*(1000-h)^{1.4942}$$

dir.



Şekil 4.1. Alıcı verici algılayıcı çifti ile ölçülen ortalama değer ile hesaplamayla bulunan değerlerin grafiksel analizi.

Çizelge 4.1. Ölçülen değerlerin %5 yanılma olasılığına göre istatistiksel analizi.

Yükseklik (mm)	Yeni		Savaktan		Ölçüm Sayısı(n)	z Değeri	Önemlilik
	Yöntemle Ölçülen Verdi(\bar{x})(/s)	Hesaplanan Verdi(/s)	St. Sapma(s) (mm)	Hesaplanan Verdi(/s)			
280	106,92	106,11	16,52	19,41	59	0,377	önemsiz
260	93,52	94,99	19,41	27,33	58	-0,577	önemsiz
240	77,19	84,28	27,33	33,75	68	-2,139	önemli
220	70,17	74,01	33,75	23,94	68	-0,938	önemsiz
200	63,46	64,18	23,94	11,56	69	-0,250	önemsiz
180	56,71	54,83	11,56	11,57	79	1,445	önemsiz
160	46,24	45,98	11,57	9,01	80	0,201	önemsiz
140	37,51	37,67	9,01	10,44	79	-0,158	önemsiz
120	28,31	29,92	10,44	9,47	75	-1,336	önemsiz
100	22,27	22,78	9,47	9,61	80	-0,482	önemsiz
80	16,3	16,32	9,61	6,96	77	-0,018	önemsiz
60	9,58	10,62	6,96	7,91	85	-1,378	önemsiz
40	5,21	5,79	7,91		82	-0,664	önemsiz

\bar{x} : Ölçülen değerlerin ortalaması,

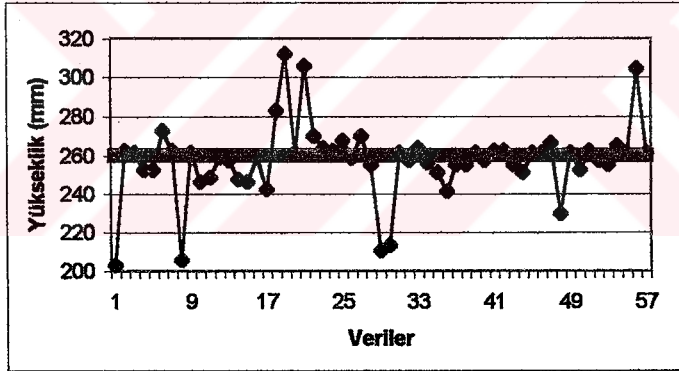
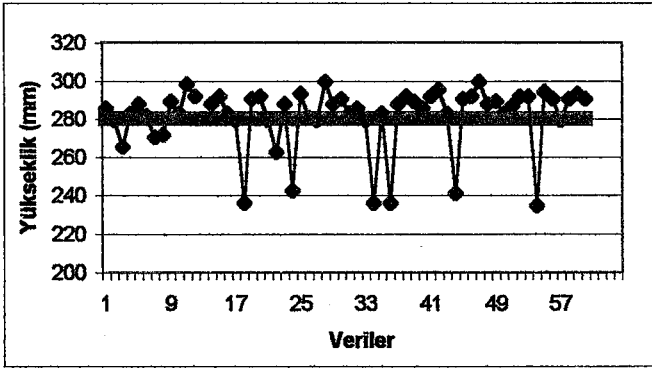
μ : Hesaplama yoluyla bulunan değer

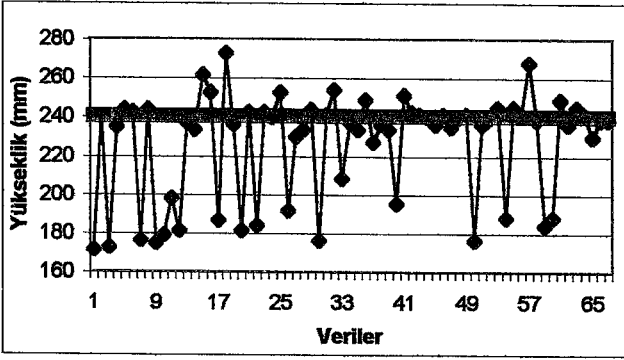
(Karşılaştırma yapılan değerler),

s: Ölçülen değerlerin standart sapması,

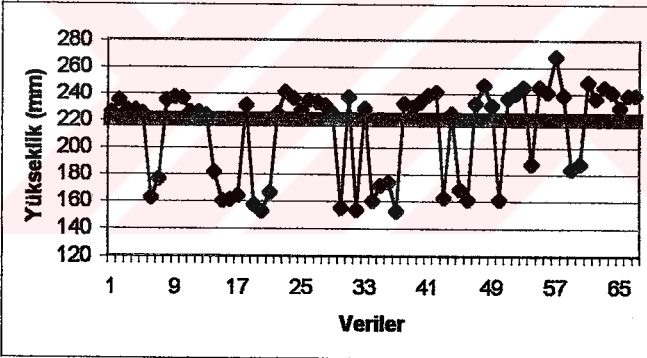
n: Ölçüm sayısı.

$$Z_n = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

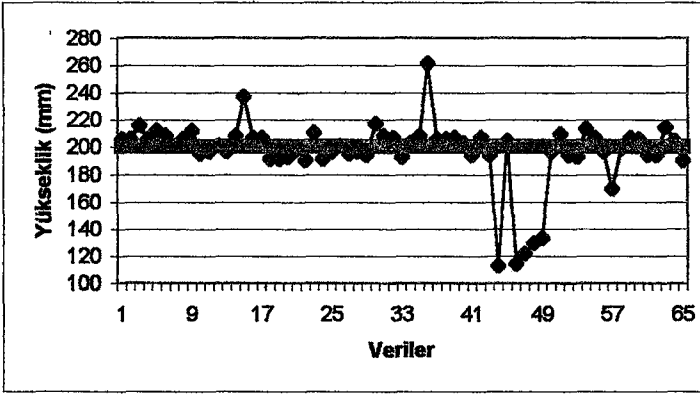




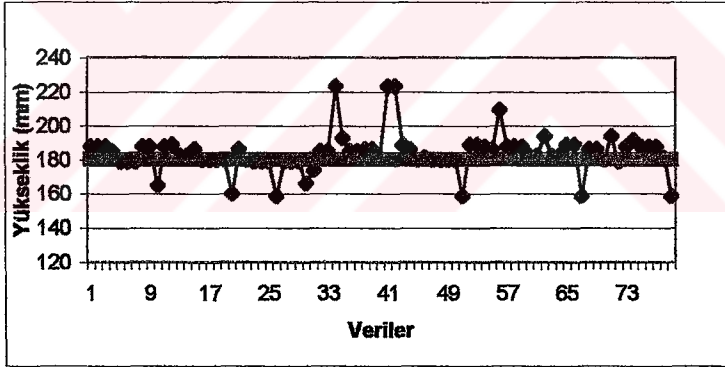
Şekil 4.4.240 mm için elde edilen verilerin analizi.



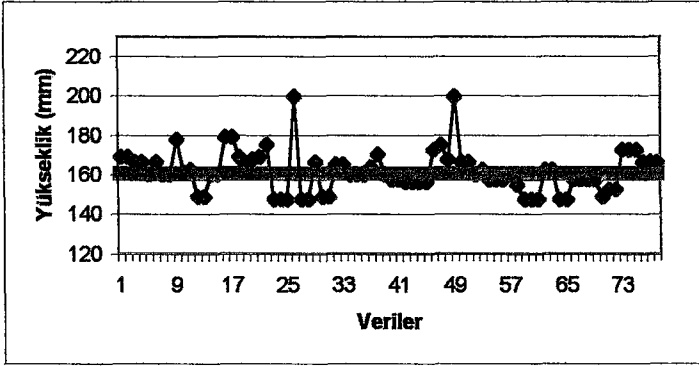
Şekil 4.5 220 mm için elde edilen verilerin analizi.



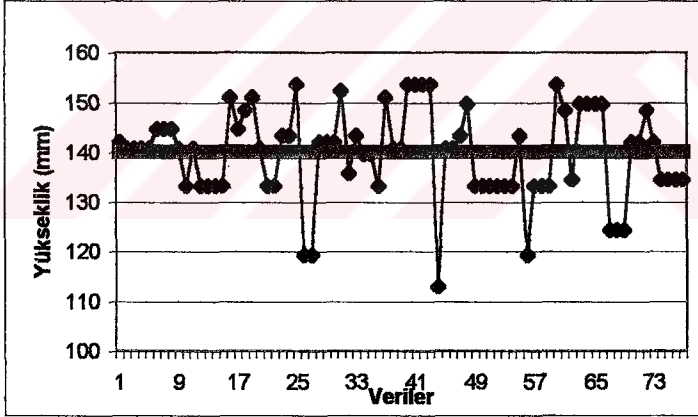
Şekil 4.6. 200 mm için elde edilen verilerin analizi.



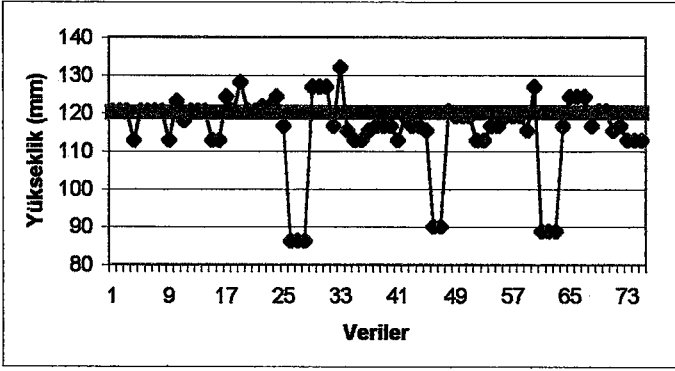
Şekil 4.7. 180 mm için elde verilen analizi.



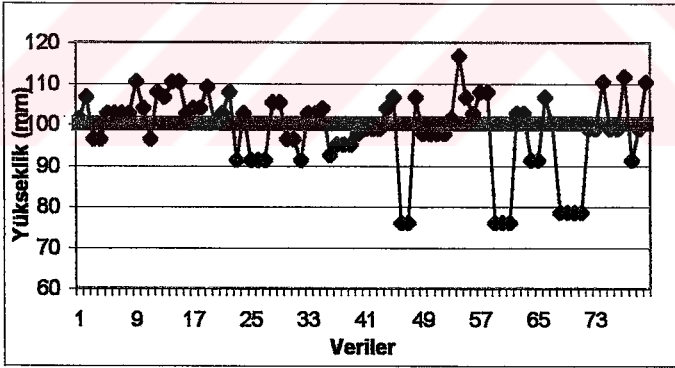
Şekil 4.8. 160 mm için elde verilerin analizi.



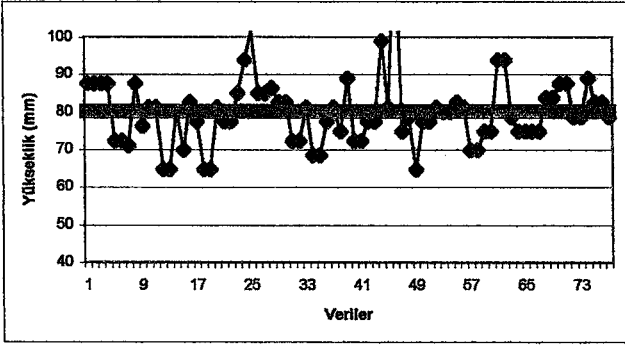
Şekil 4.9. 140 mm için elde edilen verilerin analizi.



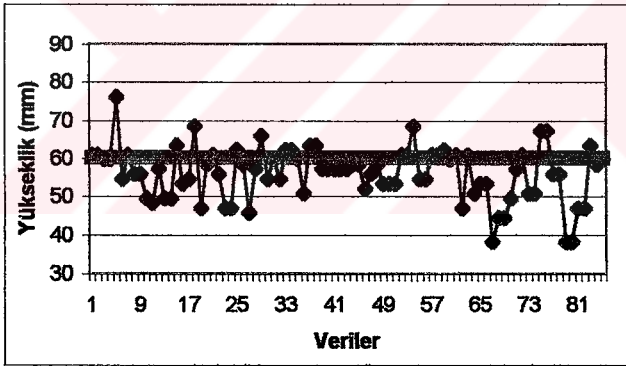
Şekil 4.10. 120 mm için elde edilen değerlerin analizi.



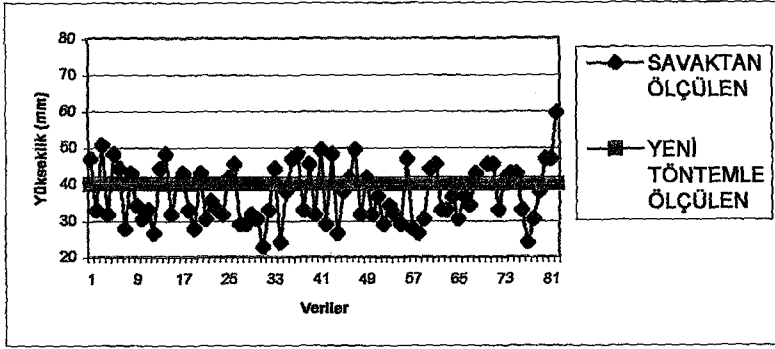
Şekil 4.11. 100 mm için elde edilen değerlerin analizi.



Şekil 4.12. 80 mm için elde edilen değerlerin analizi.



Şekil 4.13. 60 mm için elde edilen değerlerin analizi.



Şekil 4.14. 40 mm için elde edilen değerlerin analizi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada açık kanalda piezoelektrik yöntemle verdi ölçüm sistemi tasarlanmış, uygun düzenekler oluşturulmuş, verdi miktarı ve su yüksekliği bir kişisel bilgisayar yardımıyla otomatik olarak ölçülebilir hale getirilmiştir. Oluşturulan bu sistemin özellikle sulama alanında uygulama alanı bulacağı düşünülmektedir.

Yapılan denemeler sırasında ölçülen değerler ile hesaplama sonucu elde edilen değerler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. 40 mm den 280 mm ye kadar her 20 mm de bir elde edilen verilere göre, her ölçüm için standart sapma ve ortalama değer %5 yanılma olasılığına göre araştırılmıştır. Yapılan ölçmelerde bazı sapmalar olmuştur. Bunların nedenleri ve karşılaşılan sorunlarla ilgili öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

- PVC boru ucuna yerleştirilmiş seramik algılayıcıyla ölçme yönteminde; algılayıcı üzerine sürülen silikon malzemenin su tarafından sökülmesi nedeniyle yapılan denemelerden sonuç alınamamıştır.
- Paslanmaz çelik üzerine tutturulmuş piezoseramik algılayıcıyla ölçme yönteminde; kanaldaki pompa tarafından basılan suyun verdisindeki değişim çok yavaş olduğu için algılayıcı istenilen sonuçları vermemiştir. Bir diğer önemli nokta ise basınç değişimiyle verdi arasında istatistiksel bir ilişki kurulamamıştır.
- Ölçümler anında alıcı verici çiftinin birbirlerini tam ve açık olarak görmeleri gerekmektedir. Hazırlanan düzenekte sac levha üzerine bir delik açılarak alıcı yerleştirildiği zaman sistem çalışamaz hale gelmektedir. Çünkü; vericinin gönderdiği sinyaller alıcı tarafından tam olarak algılanamamıştır.
- Ölçümlerin hassas olarak yapılabilmesi ve algılayıcının dışarıdan gelebilecek gürültüleri algılamaması için sistemde kullanılan elektronik devrenin filtrelenmesi gerekmektedir.
- Yapılan ölçümlerin fazla bir sapma göstermeden hassas olarak yapılabilmesi için algılayıcıların mümkün olduğunca hareketsiz olması gerekmektedir.
- Algılayıcıların zarar görmemeleri için suya karşı mümkün olduğunca korunmaları gerekmektedir.

- Sistemde gönderilen sinyaller bilgisayar tarafından sayıldığı için bilgisayarların işlemcilerinin hızı da hassas bir ölçüm yapılabilmesi için bilinmeli ve bir katsayı olarak yazılan programdaki sayıcı üzerine etki ettirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Anonymous,1998. RS Components, United Kingdom.
- Anonymous, 2000. Honda Components, Japan.
- Atıcı, A. 1994. Ultrasonik ile Malzeme Muayenesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Basımevi,İzmir.
- Buğdaycı, İ.,1995. Kristalde Saklı Enerji Piezoelektrik. Bilim ve Teknik Dergisi, TÜBİTAK Yayınları sf:44-47.
- Genceli, O. F., 2000. Ölçme Tekniği. Eren Ofset, İstanbul.
- Güler,İ., Güler,N.F., 1990. The Electronic Detail of A Pulsed Dopplerblood Flow Measurement System, Meas. Sci.Technol. 1,1087-1092.
- Güler,İ., Savaş,Y.,1998. Design Parameters of Pulsed Wave Ultrasonic Doppler Flowmeter,
- Gürdal, O.,2000. Algılayıcılar ve Dönüştürücüler. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Keskin, R., Güner, M. 2002. Sulama Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları:1524 Ders Kitabı 477.Ankara.
- Wanders, J.W.,1991. Piezoelectric Ceramics, Philips Components, USA.

ÖZGEÇMİŞ

Caner KOÇ, 1974 Kağızman'da doğdu. İlk, Orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1992-1994 yılları arasında Kırıkkale Üniversitesi M.Y.O. İnşaat Bölümünü bitirdi. 1995 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'ne girdi. 1999 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans öğrenimine Prof. Dr. Rahmi KESKİN' in danışmanlığında başladı. 2000 yılından itibaren Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.