

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ
(Journal of Agricultural Machinery Science)

2013 CİLT (VOLUME) 9 SAYI (NUMBER) 2

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına

(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Prof. Dr. Ediz ULUSOY

Sorumlu Müdür (Editor – in - Chief)

Prof. Dr. Ediz ULUSOY

Yayın Kurulu (Editorial Board)

Prof. Dr. Hamdi BİLGİN
Doç. Dr. Harun YALÇIN
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YÜRDEM

Prof. Dr. Vedat DEMİR
Doç. Dr. Hüseyin GÜLER
Dr. Tuncay GÜNHAN

Bilimsel Danışma Kurulu
(Scientific Advisory Board)

| | |
|--|--|
| Prof. Dr. Ali İhsan ACAR, <i>Ankara Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ, <i>Uludağ Üniversitesi</i> |
| Doç. Dr. Selçuk ASLAN, <i>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.</i> | Prof. Dr. Cevat AYDIN, <i>Selçuk Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Erdem AYKAS, <i>Ege Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Ali BAYAT, <i>Çukurova Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. M. Arif BEYHAN, <i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Kamil EKİNCİ, <i>Süleyman Demirel Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Yücel ERKMEN, <i>Atatürk Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Can ERTEKİN, <i>Akdeniz Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. İbrahim Ethem GÜLER, <i>Iğdır Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Ali KASAP, <i>Gazi Osmanpaşa Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. İsmail KAVDIR, <i>Çanakkale Onsekiz Mart Üniv.</i> | Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM, <i>Harran Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Abdullah SESSİZ, <i>Dicle Üniversitesi</i> | Prof. Dr. Yurtsever SOYSAL, <i>Mustafa Kemal Üniv.</i> |
| Prof. Dr. Poyraz ÜLGER, <i>Namık Kemal Üniversitesi</i> | Prof. Dr. İbrahim YALÇIN, <i>Adnan Menderes Üniversitesi</i> |
| Prof. Dr. Hasan YUMAK, <i>Bozok Üniversitesi</i> | |

Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda dört sayı olarak yayınlanır.

(Journal of Agricultural Machinery Science is published four times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir bölümü, yayıncının izni
olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior
permission of the publisher.)

Yazıřma Adresi
(Correspondence Address)

Tarım Makinaları Derneği
1462. Sok. No:33 Alsancak – İzmir / Türkiye
tarmakder@tarmakder.org.tr
<http://www.tarmakder.org.tr>
Tel / Faks: +90.232.342 76 42

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679

Basım Yeri : Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova – İzmir
Baskı Adedi : 250 Adet
Basım Tarihi : 29 Ağustos 2013

2013 CİLT 9, SAYI 2 Bilimsel Hakemleri
(2013 VOLUME 9, NUMBER 2 Scientific Referees)

| | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR | Namık Kemal Üniversitesi |
| Prof. Dr. İbrahim AKINCI | Akdeniz Üniversitesi |
| Doç. Dr. Türkan AKTAŞ | Namık Kemal Üniversitesi |
| Prof. Dr. Fazilet N. ALAYUNT | Ege Üniversitesi |
| Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ | Uludağ Üniversitesi |
| Prof. Dr. Ebubekir ALTUNTAŞ | Gazi Osman Paşa Üniversitesi |
| Prof. Dr. Ali BAYAT | Çukurova Üniversitesi |
| Doç. Dr. Ahmet Kamil BAYHAN | Süleyman Demirel Üniversitesi |
| Prof. Dr. Hamdi BİLGİN | Ege Üniversitesi |
| Prof. Dr. Kazım ÇARMAN | Selçuk Üniversitesi |
| Doç. Dr. Ahmet ÇELİK | Atatürk Üniversitesi |
| Prof. Dr. Vedat DEMİR | Ege Üniversitesi |
| Prof. Dr. Mehmet Arif BEYHAN | Ondokuz Mayıs Üniversitesi |
| Prof. Dr. İbrahim GEZER | İnönü Üniversitesi |
| Prof. Dr. İbrahim Ethem GÜLER | Iğdır Üniversitesi |
| Prof. Dr. Metin GÜNER | Ankara Üniversitesi |
| Doç. Dr. Eşref IŞIK | Uludağ Üniversitesi |
| Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU | Namık Kemal Üniversitesi |
| Doç. Dr. Habib KOCABIYIK | Onsekiz Mart Üniversitesi |
| Doç. Dr. Tayfun KORUCU | Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi |
| Doç. Dr. Recep KÜLCÜ | Süleyman Demirel Üniversitesi |
| Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU | Ankara Üniversitesi |
| Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN | Adnan Menderes Üniversitesi |
| Doç. Dr. Sakine ÖZPINAR | Onsekiz Mart Üniversitesi |
| Prof. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK | Çukurova Üniversitesi |
| Doç. Dr. İsmail ÖZTÜRK | Atatürk Üniversitesi |
| Prof. Dr. Refik POLAT | Karabük Üniversitesi |
| Prof. Dr. Kamil SAÇILIK | Ankara Üniversitesi |
| Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM | Harran Üniversitesi |
| Doç. Dr. M.Sait SAY | Çukurova Üniversitesi |
| Prof. Dr. Abdullah SESSİZ | Dicle Üniversitesi |
| Prof. Dr. Yurtsever SOYSAL | Mustafa Kemal Üniversitesi |
| Doç. Dr. Sarp Korkut SÜMER | Onsekiz Mart Üniversitesi |
| Prof. Dr. Sefa TARHAN | Gaziosmanpaşa Üniversitesi |
| Doç. Dr. Mehmet TOPAKÇI | Akdeniz Üniversitesi |
| Doç. Dr. Halil ÜNAL | Uludağ Üniversitesi |
| Prof. Dr. Mustafa VATANDAŞ | Ankara Üniversitesi |
| Doç. Dr. Harun YALÇIN | Ege Üniversitesi |
| Prof. Dr. Osman YALDIZ | Akdeniz Üniversitesi |
| Doç. Dr. Saadettin YILDIRIM | Adnan Menderes Üniversitesi |
| Prof. Dr. Hasan YUMAK | Bozok Üniversitesi |

Bu sayıda yayınlanan makaleler, aşağıda verilen Organizasyon Komitesi tarafından dzenlenmiş olan "28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi (04-06 Eylöl 2013 Konya)"nde sunulacak olup, iğeriğinden yazarları sorumludur.

(The papers published in this issue will be presented at the "28th National Agriculture Mechanization Congress (September 04-06, 2013 Konya)" organized by the following committee and the authors are solely responsible for content.)

Organizasyon Komitesi (Organizing Committee)

Başkan (Chairman)

Prof. Dr. Fikret DEMİR

Üyeler (Members)

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

Prof. Dr. Mustafa KONAK

Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR

Prof. Dr. Hakan O. MENGEŞ

Arş. Gör. Dr. M. Hakan SONMETE

Arş. Gör. Dr. Osman ÖZBEK

Öğr. Gör. Mehmet BAHADIR

Arş. Gör. Seda BACAK

Arş. Gör. Nuri ORHAN

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

Prof. Dr. Cevat AYDIN

Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI

Doç. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Arş. Gör. Dr. Ali Yavuz ŞEFLEK

Öğr. Gör. Mustafa Nevzat ÖRNEK

Öğr. Gör. Ergün ÇITIL

Arş. Gör. Nurettin KAYAHAN

İçindekiler (Contents)

| | |
|--|----------------|
| Aspir Biyodizelinde Farklı Enjektör Basınçlarının Motor Performansına Etkisi <i>The Effect of Engine Performance of Different Injector Pressure at Safflower Oil Biodiesel Fuel</i> Hüseyin ÖĞÜT, Hidayet OĞUZ, Fatih AYDIN | 93-97 |
| Biyoyakıt Amaçlı <i>Nannochloropsis Salina</i> Mikroalg Türünün Bazı Yetiştirme Parametrelerinin Belirlenmesi <i>Determination of Some Growing Parameters of Microalgae Production <i>Nannochloropsis salina</i> for Biofuel</i> Konuralp ELİÇİN, Caner KOÇ, Mustafa GEZİCİ, Recai GÜRHAN | 99-107 |
| Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi ve Hassas Tarım Uygulamaları İçin Örnek Bir Model <i>Wireless Sensor Network Technology and an Example of a Model for Precision Farming Applications</i> İlker ÜNAL, Mehmet TOPAKCI | 109-116 |
| Seralar İçin Bluetooth Tabanlı Kablosuz Ölçüm Sisteminin Tasarımı: Prototip Geliştirme ve Uygulama <i>Design of Wireless Data Acquisition System Based on Bluetooth for Greenhouses: Prototype and Implementation</i> Mehmet Ali DAYIOĞLU | 117-125 |
| Tarımsal Faaliyetlerde Kullanılan Tek Silindirli Bir Motorda Bazı Parametrelerin Sürtünme Gücüne Etkisi <i>Effect of Some Parameters on Friction Power a Single Cylinder Engine Used in Agricultural Operations</i> Zühtü MERT, Mustafa Bahattin ÇELİK | 127-133 |
| Mobil Güneş Pili Sulama Makinasının Arazi Koşullarında Bazı Deneysel Çalışmaları <i>Some Experimental Studies of Mobile Solar Cell Irrigation Machine at Field Conditions</i> Ümran ATAY, Yusuf İŞİKER, Bülent YEŞİLATA, Ali BAŞÇETİNÇELİK | 135-139 |
| Bahçe Koşullarında Alınmış Renkli Görüntülerde Doku ve Şekil Öznitelikleriyle Genç Şeftali Meyvelerinin Saptanması <i>Detection of Immature Peach Fruits in Color Images Captured in Orchard Conditions Using Texture and Shape Features</i> Ferhat KURTULMUŞ, Ali VARDAR, İsmail Kavdır | 141-148 |
| Mikrodenetleyici Kontrollü Balya Sayacı Tasarımı <i>Bale Counter Design with Microcontroller</i> Kadir SABANCI, Cevat AYDIN | 149-152 |
| Hassas İlaçlama İçin Mekatronik Bir Tarla Pülverizatörü Tasarımı <i>Design of a Mechatronic Field Sprayer for Precision Pesticide Application</i> Caner KOÇ, Abdülkadir GÜNEYTEPE, Bülent PERKTAŞ, Mustafa VATANDAŞ | 153-158 |
| Tarım Traktörlerinin 2006/42/AT Makine Direktifine Göre Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Agricultural Tractors According to Machinery Directive 2006/42/EC</i> Hakan VELİOĞLU, Hamdi TAŞBAŞ, Hasan SİLLELİ, Mustafa KANTAŞ, Selçuk OLUM | 159-166 |
| Traktör Performans Testlerinde Evaporatif Soğutma Sisteminin Ortam Sıcaklığı Üzerine Etkisi <i>The Effect of Evaporative Cooling System on Ambient Air Temperatures during PTO Tests</i> Hasan SİLLELİ, Halil KARKİN, Kamil CAN | 167-174 |

Aspir Biyodizelinde Farklı Enjektör Basınçlarının Motor Performansına Etkisi

Hüseyin ÖĞÜT¹, Hidayet OĞUZ², Fatih AYDIN³

¹Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Konya

²Necmettin Erbakan Üniversitesi Müh. ve Mim. Fak. Enerji Sistemleri Müh. Böl., Konya

³Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Tarım Makineleri Programı, Konya
faydin@selcuk.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 29.04.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 08.07.2013

Özet: Yakıt enjeksiyon basıncını, dizel motorlarda performansı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu çalışmada; tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu 15 BG'deki bir dizel motorda 200, 215 ve 230 bar değerindeki farklı enjektör basınçlarının motor performansı üzerindeki etkisini araştırmak için referans yakıt olarak motorin deney yakıtı olarak da aspir biyodizeli kullanılmıştır. Enjeksiyon basıncı yakıt enjektörünün yay gerginliğini ayarlayarak değiştirilmiştir. Sonuç olarak, hem motorin hem de aspir biyodizelinin kullanılması esnasında enjeksiyon basıncının artması ile güç ve moment değerlerinde artma, özgül yakıt tüketimi değerlerinde düşme meydana gelmiştir. Deney motoru için yakıt enjeksiyon basıncının 215 bar olduğu durumda daha iyi çalıştığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Aspir yağı biyodizeli, enjektör basıncı, dizel motor, performans

The Effect of Engine Performance of Different Injector Pressure at Safflower Oil Biodiesel Fuel

Abstract: The performance of diesel engine depends on fuel injection pressure. In this study, together with diesel fuel oil as a reference and safflower oil biodiesel on engine performance were investigated on a single cylinder, four cycle, direct injection, and rate power of the engine was 15 HP, at 200 bar, 215 bar and 230 bar injection pressure to study its effect on performance. The injection pressure was changed by adjusting the fuel injector spring tension. As a result, when both diesel fuel and safflower oil biodiesel were used, the power and moment values have increased while specific fuel consumption has decreased. They were found better at the fuel injection pressure 215 bar when there are for diesel engine.

Key words: Safflower oil biodiesel, injector pressure, diesel engine, performance,

GİRİŞ

Ülkemiz ve dünya kara taşımacılığının yanı sıra, tarımsal üretimde de dizel motor kullanan araçların yaygınlaşması, motorine olan talebin artmasına neden olmaktadır. Ancak son yıllarda motorin fiyatının giderek artması ve çevreye yaptığı olumsuz etkiler nedeniyle, alternatif yakıt arayışları hızlanmıştır (Oğuz ve ark. 2009). Bunların başında da biyodizel gelmektedir (Öğüt ve ark. 2007).

Bu çalışmada Remzibey çeşidi aspiden biyodizel üretilerek dizel motorda denenmiştir. Denemeler esnasında aynı zamanda enjeksiyon basıncı değiştirilerek motor performansındaki değişim gözlenmiştir.

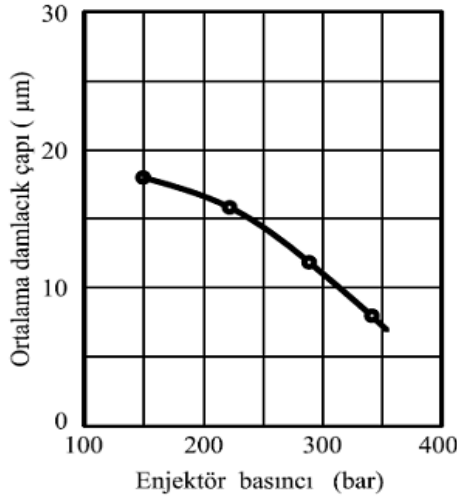
Dizel motorların yakıt donanımında bulunan enjektörler, temel olarak bir gövde ve içerisinde hareket

eden bir iğneden oluşmaktadır. Püskürtme pompası tarafından pompalanan yakıt, enjektör iğnesinin altındaki odacıkta yakıt basıncının artmasına neden olarak iğnenin yukarıya doru hareketini sağlamak ve açılan enjektör deliğinden yakıt silindir içerisine püskürtülmektedir (Erdöl, 2007).

Enjeksiyon basıncı, yakıtın atomizasyonuna, dolayısıyla karışım formasyonuna etki eden faktörlerden birisidir. Enjeksiyon basıncı arttıkça yakıt daha iyi parçalanarak, damlacık çapı küçülmektedir. Yakıt püskürtme basıncı arttıkça, enjektör çıkış hızı artmakta, ortalama damlacık çapı küçülmekte ve çap dağılım aralığı daralarak daha yeknesak tanecikler oluşmaktadır (Şekil 1). Bu durum yakıtın daha kolay buharlaşmasına neden olmaktadır. Ancak, yakıt taneciği

küçüldükçe ataleti de azaldığından yakıtın yanma odasındaki nüfuz derinliği azalabilmekte, silindir duvarlarına yakın bölgelerdeki havanın kullanılmaması nedeniyle yanma kötüleşebilmektedir. Enjektör delik çapının büyük olması yakıt hızmesinin çekirdek bölgesinin çapının da büyük olmasına sebep olduğundan silindir havasının bu bölgeye iyice nüfuz etmesi mümkün olmaz ve daha büyük çaplı damlacıklar oluşmakta ve hızmesinin silindir içinde derinliği artmaktadır. Ayrıca, silindir basıncı ve ortam yoğunluğu da ortalama damlacık çapını doğrusal olarak etkilemektedir (Sekmen ve ark. 2004).

Bu yüzden en uygun enjektör basıncının tespit edilmesi önem kazanmaktadır.



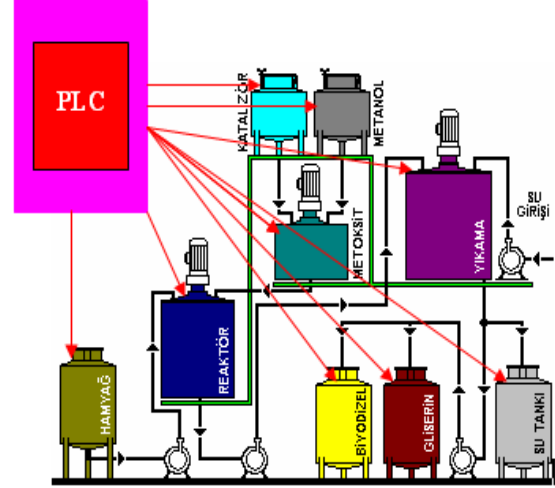
Şekil 1. Enjektör basıncına bağlı olarak damlacık çapının değişimi (Sekmen ve ark. 2004).

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada materyal olarak motorin ve aspir biyodizeli kullanılmıştır. Aspir yağ çeşidi olarak Remzibey çeşit kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan Remzibey çeşidi piyasadan temin edilmiştir. Tohumlar Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde bulunan mekanik preste sıkılarak yağı çıkarılmıştır. Daha sonra gerekli filtrasyon işlemi yapılarak yabancı maddeler uzaklaştırılmıştır. Çıkarılan yağdan transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretilmiştir. Bu amaçla Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde bulunan PLC üniteli tesisten faydalanılmıştır (Şekil 2). Üretilen biyodizel ve yakıt motorinin yakıt özellikleri DPT 2004/7 projesi kapsamında kurulan Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Tarım Makinaları Bölümü Biyodizel Laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 2. PLC üniteli pilot ölçekli biyodizel üretim tesisi

Motor denemeleri TÜBİTAK 108 O 419 proje kapsamında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Motor Test Ünitesinde kurulan, motor test ünitesinde (TSE 1231'e göre) yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Denemelerde kullanılan motor ve test ünitesi

Dizel motora ait teknik özellikler ise Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan motorun teknik özellikleri

| Özellik | Birim | Değer |
|---------------------------------|-------|--------------------------------------|
| Motor tipi | - | 4 zamanlı, Direkt Püskürtmeli, Dizel |
| Silindir Sayısı | Adet | 1 |
| Silindir Çapı | mm | 108 |
| Silindir Stroku | mm | 100 |
| Silindir Hacmi | litre | 0,92 |
| Sıkıştırma Oranı | - | 17:1 |
| Max. Güç | BG | 15 |
| Max. Moment | Nm | 60 |
| Yakıt Enjeksiyon Pompası | - | Bosch Tip |
| Soğutma Sistemi | - | Su Soğutmalı |

Yöntem

Farklı püskürtme basınçlarında yakıtların motor performansının belirlenmesinde yöntem olarak TS 1231 kullanılmıştır. Bu yöntem gereğince performans deneyleri, motor tam yükte ve farklı motor devirlerinde yapılmıştır. Enjektör basınçlarının etkisini incelemek için her iki yakıtta 200, 215, 230 bar gibi farklı enjektör basınçları ayarlanmış ve her bir basınç ayarı test edilmiştir. Enjektör basınçları şim (İnce plaka) atılarak enjektör yay basıncının değiştirilmesi yöntemi ile yapılmıştır. Basıncı değiştirilen her bir enjektör, enjektör test cihazında kontrol edilmiştir. Deneyler sırasında enjektörün basıncını değiştirmek için enjektör motordan sökülerek 0 – 400 bar arasında ölçüm yapabilen Bosch marka enjektör test basıncı cihazı kullanılmıştır. Enjektör testine ait resim Şekil 3'te verilmiştir.

**Şekil 3. Enjektör test cihazı**

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan yakıtlara ait analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

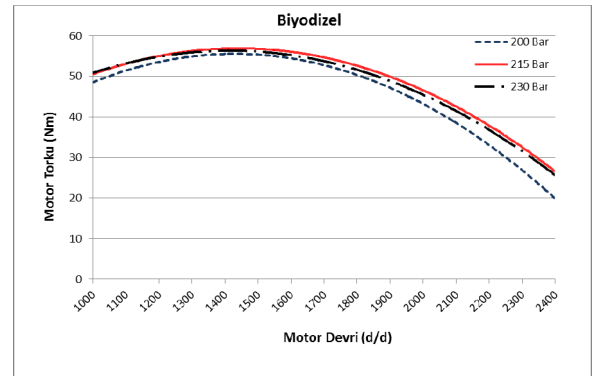
Analiz sonuçlarına göre üretilen aspir biyodizelinin yakıt özellikleri TSE EN 14214 standardına göre limit değerler içerisinde kalmaktadır.

Çizelge 2. Denemelerde kullanılan yakıtların özellikleri

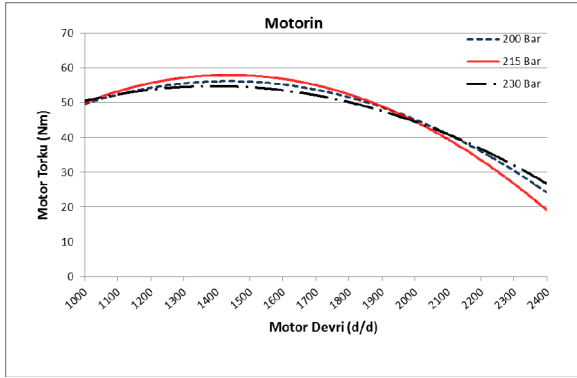
| Özellik | Motorin (M100) | Biyodizel (B100) |
|--|----------------|------------------|
| Yoğunluk 15°C'de (kg/m³) | 833 | 884 |
| Viskozite 40 °C'de (mm²/s) | 3,35 | 4,32 |
| Parlama Noktası (°C) | 60 | 121 |
| Setan Sayısı | 54,8 | 41,9 |
| Su İçeriği (mg/kg) | 33,5 | 393 |
| Bakır Çubuk Korozyonu (50 °C'de 3 saat) | 1a | 1a |
| pH | 5 | 5 |
| Isıl Değer (MJ/kg) | 43,628 | 40,801 |
| ASTM Renk (0.5 - 8 birim) | 1,2 | 1,4 |
| Bulutlanma Noktası | -9 | -2 |
| Akma Noktası | -20 | -7,5 |
| Donma Noktası | <-20 | -13,4 |
| SFTN | -19 | -6 |
| İyot Sayısı | - | 117,9 |

Farklı enjektör basınçlarında deneme sonuçlarından elde edilen değerler, motor devrine bağlı olarak moment, güç, ve özgül yakıt tüketimi karşılaştırılarak grafikleri çizilmiştir.

Şekil 4 ve 5'te tam yük çalışma şartlarında, farklı enjektör basınçlarında, motor hızına bağlı olarak moment değişimi görülmektedir.

**Şekil 4. Yakıt olarak Aspir biyodizeli kullanımında Enjektör basıncının Motor momentine etkisi**

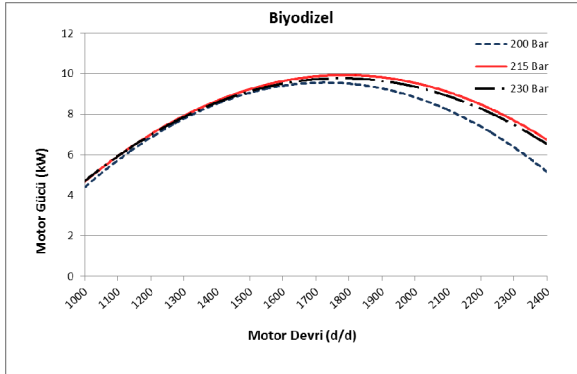
Aspir Biyodizeline Farklı Enjektör Basıncının Motor Performansına Etkisi



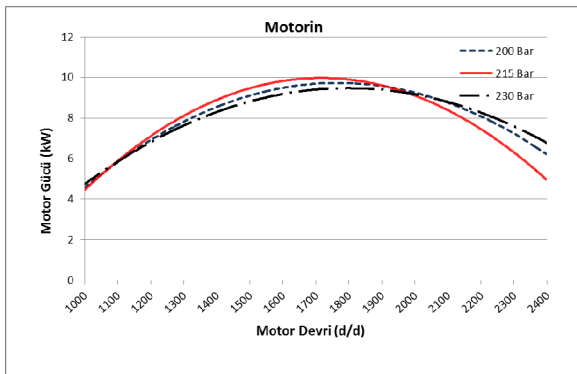
Şekil 5. Yakıt olarak motorin kullanımında Enjektör basıncının Motor momentine etkisi

Yakıt olarak hem biyodizel hem de motorinin kullanılması esnasında motor momenti en yüksek değerine enjektör basıncı 215 bar iken ulaşmaktadır.

Şekil 6 ve 7'de tam yük çalışma şartlarında, farklı enjektör basınçlarında, motor hızına bağlı olarak güç değişimi verilmiştir.



Şekil 6. Yakıt olarak aspir biyodizeli kullanımında Enjektör basıncının motor gücüne etkisi

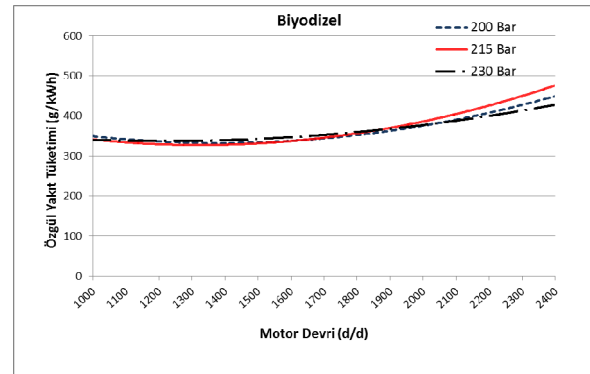


Şekil 7. Yakıt olarak motorin kullanımında Enjektör basıncının motor gücüne etkisi

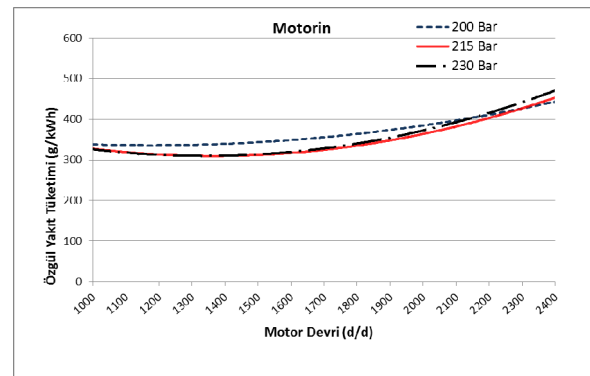
Enjektör basıncının güce etkisi incelendiğinde 215 barda gücün aspir biyodizelinin yakıt olarak kullanılırken daha yüksek olduğu gözükmektedir. Motorin kullanımında ise 1900 d/d ya kadar güç 215 barda maksimum seviyede seyretmekte 1900 d/d dan sonra düşüşe geçmektedir.

Şekil 8 ve 9'de tam yük çalışma şartlarında, farklı enjektör basınçlarında, motor hızına bağlı olarak özgül yakıt tüketim değerlerinin değişimi verilmiştir.

Aspir biyodizelinin yakıt olarak kullanımı sırasında enjektör basıncının değişmesi ile özgül yakıt tüketim değerlerinde önemli bir değişim meydana gelmemiştir. Motor devri 1900 d/d dan sonra enjektör basıncının değişmesi ile 200 ve 215 barda özgül yakıt tüketiminde artış meydana gelmesine rağmen 230 bar enjektör basıncında özgül yakıt tüketimi değerini muhafaza etmiştir.



Şekil 8. Yakıt olarak aspir biyodizeli kullanımında Enjektör basıncının özgül yakıt tüketimine etkisi



Şekil 9. Yakıt olarak motorin kullanımında Enjektör basıncının özgül yakıt tüketimine etkisi

Motorinin yakıt olarak kullanımı sırasında enjektör basıncının değişmesi ile özgül yakıt tüketim değerlerinde enjektör basıncının 215 ve 230 bar olduğu

durumda özgül yakıt tüketimi minimum seviyede olmasına rağmen 200 bar enjektör basıncında özgül yakıt tüketim değerinde artış meydana gelmiştir.

Sonuç olarak enjektörlerin basıncı dizel motorların performansını etkileyen çalışma parametrelerinden biridir. Bu konuda çalışma yapan farklı araştırmacılar da, enjeksiyon basıncının azalması ile damlacık çapı büyümekte, tutuşma gecikmesi periyodu uzamakta ve bunlara bağlı olarak yanmanın kötüleştiği, motor momenti ve gücünün azaldığı sonuçlarına varmışlardır (Çanakçı ve ark. 2009). Benzer sonuçlar bu çalışma içinde geçerlidir.

Enjektör basıncının belirli bir noktaya kadar artırılması motor momenti ve gücü artmakta, özgül yakıt

tüketimi ise azalmaktadır. Ancak, enjektör basıncının artırılması belli bir orana kadar güç ve momentte iyileşme sağlamakta sonra tekrar düşmektedir. Bu yüzden çalışma basıncı doğru seçilmelidir. Deneme yapılan motor için en uygun enjektör basıncı 215 bar olarak tespit edilmiştir.

Araştırma sonuçları göre; kullanılan enjektör basınçları dikkate alındığında, biyodizel açısından herhangi bir olumsuzluğa rastlanmamıştır.

Motor performansını koruyabilmek için, enjektör bakımları ve testleri zamanında yapılmalı, çalışma basıncında düşme meydana gelmişse gerekli ayarlamalar yapılmalıdır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Canakci, M., Sayin, C., Ozsezen, A. N., Turkcan, A., 2009. Effect of Injection Pressure on the Combustion, Performance, and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fueled with Methanol-blended Diesel Fuel. *Energy & Fuels* V.23, p: 2908–2920
- Erdöl, E., 2007 Enjektör Parametrelerinin Motor Eksoz Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Oğuz H., Eryılmaz T., Öğüt H., Demir F., Ciniviz M., 2009. A Research on the Direct Utilization of Standard Vegetable Oils as a Fuel in Diesel Engine. *Journal of Agricultural Machinery Science*. Volume 5, Number 1 Page:15-20 ISSN 1306-0007

- Öğüt, H., Oğuz, H., Eryılmaz, T., Mengeş, H., 2007. Standartlara Uygun Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Doğrudan Yakıt Olarak Kullanımının Araştırılması, Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu, 12-13 Aralık, Ankara.
- Sekmen, Y., Çınar, C., Erduranlı, P., Boran, E., 2004 Dizel Motorlarında Enjeksiyon Basıncı ve Maksimum Yakıt Miktarının Motor Performansı ve Duman Emisyonlarına Etkilerinin İncelenmesi. *Politeknik Dergisi* Cilt: 7 Sayı: 4 s. 321-326.

Biyoyakıt Amaçlı *Nannochloropsis salina* Mikroalg Türünün Bazı Yetiştirme Parametrelerinin Belirlenmesi

Konuralp ELİÇİN¹, Caner KOÇ², Mustafa GEZİCİ³, Recai GÜRHAN²

¹Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Diyarbakır

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara

³GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Diyarbakır
akelicin@gmail.com

Received (Geliş Tarihi): 01.05.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 18.06.2013

Özet: Algler, farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretme özelliği nedeniyle ticari önemi olan organizmalardır. Küçük tek hücreli türlerden, karmaşık çok hücreli yapılara kadar çeşitlilik gösterirler. Aynı zamanda, biyokütlenin en önemli birincil üreticileri olup, organizmalar içinde en değerli ekolojik gruplardan biridir. Özellikle, mikroalgler üzerinde yapılan son biyoteknolojik ve teknik incelemeler, gıda, ziraat, yem, çevre ve kozmetik gibi alanlarda kullanımlarını arttırmaya yöneliktir. Bu çalışmada, biyoyakıt üretimine uygunluk, yağ/protein miktarının fazla olması, kolay bulunabilirlik, kontaminasyona dayanıklılık ve farklı sıcaklık gereksinimleri gibi faktörler göz önüne alınarak, Chlorophyceae sınıfına ait *Nannochloropsis salina* türü incelenmiştir. İncelenmeye alınan bu türün; farklı dalga boylarına sahip ışık kaynakları (mavi, sarı, kırmızı ve beyaz), farklı aydınlanma süreleri (12/12, 18/6, 6/18 ve 24/0), farklı sıcaklıklar (21 °C, 28 °C ve 35 °C) ve farklı ışık şiddetleri (172 lux, 186 lux ve 265 lux) gibi yetiştirme parametrelerinin; hücre sayıları, pH ve iletkenlik değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, her iki türde de en iyi yetiştirme parametrelerine beyaz ışık kaynağı, 24 saat aydınlanma süresi ve en yüksek ışık şiddeti değerlerinde ulaşıldığı, sıcaklık değerlerinde ise, türlerin farklı yetiştirme davranışları gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerjiler, mikroalgler, biyodizel, *Nannochloropsis salina*.

Determination of Some Growing Parameters of Microalgae Production *Nannochloropsis salina* for Biofuel

Abstract: Algae, are commercially important organisms that produce compounds. They show up small single-celled and complex multicellular structures of diversity. At the some time they are main producers of biomass as well as the most valuable ecological groups of organisms. In particular, recent biotechnological and technical investigations carried out on microalgae, food, agriculture, food, environment and focuses on increasing use in areas such as cosmetics.

In this research, *Nannochloropsis salina* species were examined for suitable for the production of biofuels, the amount of fat / protein is more easily available, contamination resistance and different factors such as temperature requirements. Taken to examine these species, with different wavelengths of light sources (blue, yellow, red and white), different illumination times (12/12, 18/6, 6/18 and 24/0), different temperatures (21 °C, 28 °C and 35 °C) and different light intensities (172 lux, 186 lux and 265 lux) growth parameters were determined on such as, cell counts, pH, and conductivity values. As a result, the parameters of the best growing in both species, the white light source, a 24-hour illumination time and reached the highest values of light intensity, temperature values, the species showed different growth behavior.

Key words: Renewable energy, microalgae, biodiesel, *Nannochloropsis salina*

GİRİŞ

Besin zincirinin ilk halkasını oluşturan alglerin değerli bir besin kaynağı olduğu bilinmektedir. Algler, farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretme özelliği nedeniyle ticari önemi olan organizmalardır. Vitaminler,

pigmentler, proteinler, mineraller, lipid ve polisakkaritler alglerden elde edilen başlıca ürünlerdir. Alglerin sadece yetiştiricilikte değil aynı zamanda pek çok alanda uygulanabilmesi onların kültür çalışmalarını hızlandırmıştır (Şekil 1).



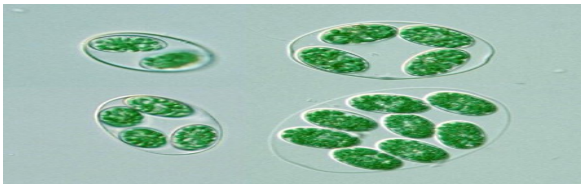
Şekil 1. Alglerin kullanım alanları

Mikroalgler zengin protein, karbonhidrat ve yağ asidi içeriğine sahiptir. Besin değeri yüksek olan bu organizmalar, sucul hayvanlar için macronutrient, vitamin ve iz elementlerin en önemli kaynağıdır. Mikroalglerin bileşiminde bulunan ana madde ham proteindir. Ayrıca mikroalglerin vitamin bakımından zengin olduğu, özellikle vitamin B12 miktarının çokluğu dikkat çekmektedir. Proteince zengin mikrobik algler bol miktarda K, Na, Mg, Ca, P, S, Fe gibi mineral maddeleri ihtiva etmektedir. Bu mineral maddelerin oranı mevsimlere göre az ya da çok değişiklikler göstermektedir.

Algler, birçok farklı sınıflandırma yapılsa da genel olarak, prokaryotik ve ökaryotik olmak üzere iki ayrı sınıfa dahil edilebilirler (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2. Prokaryotik alg örneği

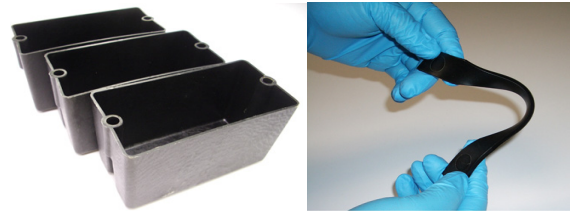


Şekil 3. Ökaryotik alg örneği

Mikroalgler en eski yaşam formlarından biridir. Kök, gövde ve yaprakları yoktur. Fotosentetik pigment olarak klorofil A vardır. Mikroalg yapıları enerji korunumuna öncelik verir ve onların basit gelişimleri, hâkim olan çevre koşullarına adaptasyonlarına ve uzun vadede gelişimlerine olanak sağlar.

Mikroalgler ve sucul makrofitler kullanılarak ve biyoremediasyon sayesinde biyoplastik yapımında ham

madde olarak kullanılabileceği saptanmıştır. Enjeksiyon kalıplı 3-D olarak prototipi çizilmiş kaplar % 50 yosun biyokütlesinden oluşmaktadır. Şekil 4'de Gürcistan merkezli bir firma ve Georgia Üniversitesi'nin birlikte yaptıkları çalışmada mikroalg temelli esnek (elastik) biyoplastik malzemeler görülmektedir. Bu iki ortak kurum mikroalg suşlarından ve atıklarından (reçine) ekstrüzyon bileşik, enjeksiyon kalıplama, döküm filmler, iplik lif ve termoform uygulamalarında kullanılmak üzere reçine geliştirmek için çalışmalarını sürdürmektedir.



Şekil 4. Mikroalg tabanlı biyoplastik modellemesi

Alglerin üretim sistemleri

Mikroalg üretiminde büyük çaplı yetiştiriciliğin amacı, az harcamayla verimli ürün geliştirilmesidir. Büyük ölçekli kültür sistemlerinde ışığın etkin kullanımı, sıcaklık, mikroalg kültüründe hidrodinamik dengeyi ve kültürün devamlılığını sağlama gibi ana hususların karşılaştırılması gereklidir. Her mikroalg türünün ideal gelişimi, kendine özgüdür. Çizelge 1'de mikroalglerin ortalama üretim şartları verilmiştir.

Çizelge 1. Mikroalglerin ortalama üretim şartları

| Parametreler | Sınır değerleri | Optimum şartlar |
|----------------------------------|-----------------|------------------------|
| Sıcaklık(°C) | 16 – 40 | 18 – 24 |
| Tuzluluk (g/l) | 12 – 40 | 20 – 24 |
| Işık yoğunluğu (lux) | 1000 – 10000 | 2500 – 5000 |
| Işıklanma süresi (Gündüz:gece h) | - | 16:8 min. 24:0 mak. |
| pH | 7 – 9 | 8,2 – 8,7 |

Bu mikroalg türlerine ve kültür ortamlarına örnek verecek olursak, Spirulina yüksek pH ve bikarbonat yoğunluğunda, Chlorella besince zengin ortamda, Dunaliella salina ise çok yüksek tuzlulukta en iyi büyümeyi göstermektedir. Günümüzde ticari mikroalg

üretiminde, genellikle insan gıdası olarak değerlendirilen ve tıp-eczacılık alanında kullanılan Spirulina ve Chlorella gibi mikroalgler tercih edilmektedir. Çizelge 2’de bazı mikroalg türlerinin yağ ve protein içerikleri görülmektedir.

Çizelge 2. Bazı mikroalg çeşitlerinin yağ ve protein içerikleri

| Mikroalg türü | Yağ (%) | Protein (%) |
|--------------------------------------|-----------|-------------|
| <i>Anabaena cylindrica</i> | 4-7 | 43-56 |
| <i>Aphanizomenon flos-aqua</i> | 3 | 62 |
| <i>Arthrospira maxima</i> | 6-7 | 60-71 |
| <i>Botryococcus brauni</i> | 86 | 4 |
| <i>Nannochloropsis salina</i> | 21 | 48 |
| <i>Chlorella ellipsoidea</i> | 84 | 5 |
| <i>Chlorella pyrenoidosa</i> | 2 | 57 |
| <i>Chlorella vulgaris</i> | 14-22 | 51-58 |
| <i>Dunaliella salina</i> | 6 | 57 |
| <i>Euglena gracilis</i> | 14-20 | 39-61 |
| <i>Prymnesium parvum</i> | 22-38 | 30-45 |
| <i>Porphyridium cruentum</i> | 9-14 | 28-39 |
| <i>Scenedesmus obliquus</i> | 12-14 | 50-56 |
| <i>Spirulina platensis</i> | 4-6 | 46-630 |
| <i>Spirulina maxima</i> | 6-7 | 60-71 |
| <i>Spirogyra sp.</i> | 11-21 | 6-20 |

Mikroalglerin açık ve kapalı olmak üzere iki sistem de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Açık sistemler doğal göletler, havuzlar ve her tür malzemeden imal edilen tanklar sayılabilmektedir. Şekil 4’de, açık havuzlarda mikroalg üretimleri görülmektedir.



Şekil 5. Açık havuzlarda mikroalg üretimi

Kapalı üretim sistemleri ise, küçük ölçekli torbalar, tübuler ve düz-levha fotobiyoreaktörler olarak adlandırılırlar. Şekil 6’da kapalı ortamda, küçük ölçekte yapılan üretim yöntemleri görülmektedir.

Dış mekânlardaki mikroalg üretim sistemlerinin iç mekândaki üretim sistemlerine göre en belirgin farkı, mikroalg kültürlerinin doğrudan çevre etkilerine maruz bırakılmasıdır. *Palmelopsis muralis*, *Chlorella* ve *Spirulina* hiçbir yapay karışım olmaksızın üstü açık, sığ ve geniş

daireseel havuzlarda karışımı sağlanarak üretimi yapılabilmektedir.



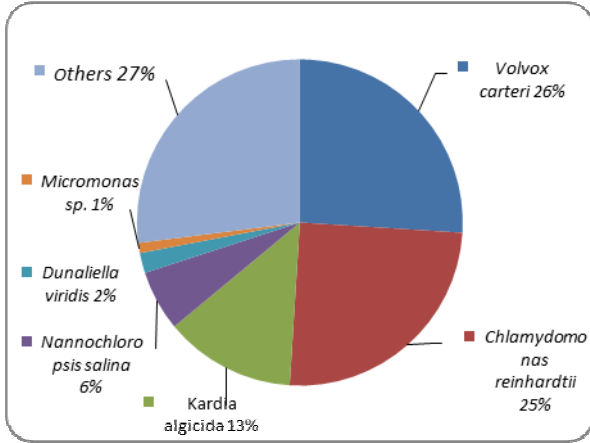
Şekil 6. Kapalı ortamda mikroalg yetiştiriciliği

Açık havuz sistemleri büyük ölçüde çeşitlilik göstermektedir. Bunun temel nedeni ise, bu sistemlerin ekonomik olması ve iç mekân üretim sistemlerinin ise yüksek teknoloji gerektirmesiyle pahalı olmasıdır. Buna rağmen, çok az sayıda mikroalg kültürü dış mekânda yetiştirilebilmektedir. Ayrıca dış ortamda, kültür kirlenmesiyle bulaşık olması mümkün olmaktadır. Önemli oranda buharlaşmayla oluşan kayıplar, hem CO₂’nin atmosfere yayılımı hem de sürekli buharlaşma ve kirlenme tehlikesi açık havuz sistemlerinin diğer dezavantajlarıdır (Sforza *et al.*, 2010).

Mikroalgler genellikle ada ülkelerinde besin olarak kullanılmaya olanakları nedeniyle dikkati çekerek zamanımıza kadar artan bir ilgiyle gözlenmiştir. Bu nedenle çok uzun bir tarihsel geçmişleri bulunmaktadır. Dünyada yoğun olarak kültürü yapılan alg çeşitleri aşağıdaki şekilde verilmiştir (Johnson 2009) (Şekil 7).

Hızla gelişen yenilenebilir enerji kaynakları piyasasında mikroalgler büyük bir öneme sahiptir. Son yıllardaki çalışmaları ile Amerika Birleşik Devletleri mikroalg üretiminde öncü olmuştur. Amerikan hükümetinin dikkatini çekmeyi başaran mikroalgler, 2010 yılının ortalarında, Amerikan Enerji Bakanlığı tarafından, alg tabanlı biyoyakıtları ticarileştirmek için yollar arayan 3 araştırma grubuna 24 milyon dolar para vermeyi taahhüt etmiştir.

Ülkelere göre mikroalg üretim paylarına bakıldığında ise, % 47 ile Amerika Birleşik Devletleri birinci sırada yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri üretimini yaptığı mikroalglerin büyük bir oranını ilaç ve kozmetik sanayinde kullanmaktadır. Son zamanlarda ise Afrika ülkelerine mikroalg üretim havuzları kurduran A.B.D buradaki açlığın önüne geçmeyi planlarken üretim fazlasını ise ülkesinde değerlendirmeyi öngörmektedir (Eliçin ve ark., 2009).



Şekil 7. Dünyada biyodizel amaçlı yetiştirilen alg türleri

Amerika Birleşik Devletlerini yaptığı % 21 üretim ile takip eden Çin üretiminin tamamını gıda alanında değerlendirmektedir. Son zamanlarda dünyada hızla tüketilmeye başlayan ve uzak doğunun milli yemeği haline gelen suşinin içerisindeki yosun tabakası mikroalg tabanlı olduğunda yüksek rakamlardan alıcı bulunduğu görülmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri ve Çini yaptıkları % 14 üretim ile Avustralya ve Yeni Zelanda takip etmektedir. Baş çeken iki ülkenin aksine biyoyakıt konusunda ürettiği mikroalgleri en verimli kullanan ülke Yeni Zelanda'dır. Soleyze isimli Yeni Zelanda firması mikroalg tabanlı biyoyakıt üretimi yapmayı başarmış ve elde ettiği yakıtı az sayıda da olsa otomobiller de denemiştir. Dünyada tek mikroalg tabanlı biyoyakıt istasyonu yine Yeni Zelanda da bulunmaktadır (Şekil 8). Bu beş ülkeyi yaptıkları üretimlerle % 10 ile Avrupa Birliği Ülkeleri, % 6 ile Arjantin, % 2 Brezilya takip etmektedir (Demir ve ark., 2007).



Şekil 8. Soleyze isimli firmanın alg tabanlı biyoyakıt üretim ve dolum istasyonu

Ülkemizde ÖTV (Özel Tüketim Vergisi) tartışmalarının bir türlü sonuca bağlanamadığı ve son yıllarda

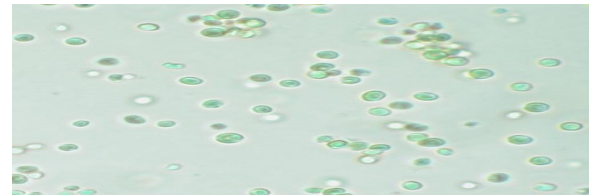
açlığın tüm ülkeleri tehdit etmesinden dolayı, tarım arazilerinin gıda ham maddesi üretimi yerine enerji için ayrılmasının anlamsız olacağından, kanola, soya ve pamuk gibi yağlı tohumların yerine mikroalg kökenli biyoyakıt üretimi için, birçok üniversite ve sivil toplum kuruluşu girişimde bulunmuştur. Özellikle üniversiteler direk üretimden çok en verimli türleri saptamaya yönelik denemeler kurmuşlardır. Bu araştırmaların öncülüğünü Ege Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü ile Ege biyoteknoloji firmasının ortak çalışmasıyla 30 adet mikroalg çeşidinin yetiştirilmesi sağlanmıştır (Eliçin ve ark., 2009). Son olarak, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde ve Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde *Palmolopsis muralis* ve *Dunaliella salina* türleri yetiştirildikten sonra yetiştirilmek üzere seçilen üçüncü tür *Nannochloropsis salina* olmuştur. Bu üç türün yetiştirilme parametrelerinin belirlenme nedeni ise doğada bulunabilirliğinin kolay olması ve dış etkenlerden fazla etkilenmemesi olarak gösterilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü ile Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünün ortak yürüttüğü mikroalg yetiştirme laboratuvarından görüntüler.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada materyal olarak, yağ/protein oranı miktarının fazla olması, kolay bulunabilirlik, kontaminasyona dayanıklılık ve sıcaklık gibi yaşam faktörleri göz önüne alınarak, Chlorophyceae sınıfına ait *Nannochloropsis salina* türü seçilmiştir (Johnson 2009).



Şekil 10. *Nannochloropsis salina* mikroskop görüntüsü

Alglerin yetiştirilmesinden sonra denemeler 4 farklı bölümde planlanmıştır. Işık şiddeti ve ışıklanma sürelerinin etkilerinin de incelenecek olmasından dolayı alglerin yetiştirildiği her bir balon jojeye strafor malzeme ile ışık geçirmez birer kutu yapılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Koruyucu kutular

Deneme başlangıcında alg türümüz, farklı dalga boylarına sahip renkli ışık kaynakları kullanılarak 24 saat aydınlanma süresine tabi tutularak, sabit ışık şiddeti altında hücre sayıları, pH ve iletkenlik değerleri ölçülmüştür. İlk denemede uygulanan 4 farklı renk ışık kaynağı içerisinde en yüksek ışık şiddetine sahip olan ve yetiştirme parametreleri üzerine olumlu etki yaratan beyaz ışık kaynağı seçilip diğer denemelerde de beyaz ışık kaynağı kullanılmıştır. İkinci bölümde beyaz ışık kullanılarak yine sabit ışık şiddetine maruz bırakılan algler, 24 saat aydınlık, 18 saat aydınlık – 6 saat karanlık, 18 saat karanlık – 6 saat aydınlık ve 12 saat aydınlık – 12 saat karanlık periyotları içerisinde yine aynı parametreler incelenmiştir. Üçüncü bölümde yine aynı şekilde beyaz ışık kullanımı ve sabit ışık şiddeti altında alglerin, sırasıyla 21 °C, 28 °C ve 35 °C'daki hücre sayılarındaki değişimleri ile pH ve iletkenlik değerleri araştırılmıştır. Denemenin son bölümünde ise, beyaz ışık kaynağı kullanılan ve 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık periyotlar içerisinde ışığa maruz bırakılan alglere, farklı ışık şiddeti uygulanmıştır. Sırasıyla 6V, 9V ve 12V'luk adaptörlerin 60 cm uzunluktaki led ışık kaynağına sağladığı ışık şiddetlerinin aynı parametreler üzerindeki değişimleri belirlenmiştir.

Çizelge 3'de alg türümüze verilen besin maddeleri ve karışım oranları görülmektedir. Bu stok çözelti, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanmıştır. Denemeleri yapılacak tür, balon jojelere dağıtılmadan önce büyük bir fanus içerisinde üretilmiştir. Burada yeterli miktarda üretimi gerçekleştirildikten sonra balon jojelere aynı hacimde (300 ml) dağıtımı yapılmıştır.

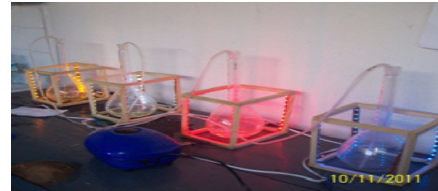
Çizelge 3. Besin maddesi içeriği

| İçerik | Miktar | Miktar |
|--------------------------------------|-----------|---------------|
| NaNO ₃ | 30 ml / l | 10 g / 400ml |
| CaCl ₂ ·2H ₂ O | 10 ml / l | 1 g / 400ml |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 10 ml / l | 3 g / 400ml |
| K ₂ HPO ₄ | 10 ml / l | 3 g / 400ml |
| KH ₂ PO ₄ | 10 ml / l | 7 g / 400ml |
| NaCl | 10 ml / l | 0.4 g / 400ml |
| P-IV Metal Solution | 6 ml / l | 0,1 g / 400ml |
| Soilwater: GR+ Medium | 40 ml / l | 1,5 g / 400ml |
| Vitamin B ₁₂ | 1 ml / l | 2 g / 400ml |
| Biotin Vitamin Solution | 1 ml / l | 0,9 g / 400ml |
| Thiamine Vitamin Solution | 1 ml / l | 0,1 g / 400ml |

ARAŞTIRMA BULGULARI

Renkli Led Etkisinin Araştırılması

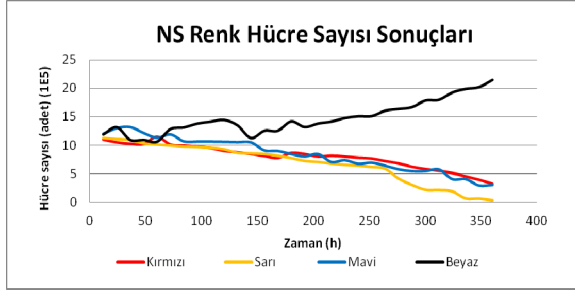
Denemelerin ilk bölümünde farklı renkteki ledlerin alg gelişimine etkileri incelenmiştir (Şekil 12). Kutular içerisinde yapılan ışık şiddeti ölçümlerinde, sarı ışık 117 lüks, mavi ışık 194 lüks, kırmızı ışık 224 lüks ve beyaz ışık 265 lüks sonuçları elde edilmiştir. Literatürlere göre ise bazı türlerin düşük, bazı türlerin ise yüksek ışık şiddeti ihtiyaçları olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, 12 V'luk adaptörlerle 60 cm uzunluktaki ledlerin sağladığı ışık şiddeti olarak belirlenmiştir. Bu denemede, alglerin zamana bağlı olarak, hücre sayıları, pH ve iletkenlik değişimleri gözlemlenmiştir.



Şekil 12. Renk denemeleri

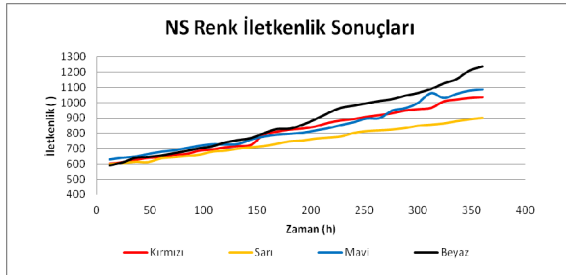
Denemelerin başlangıcında ortalama olarak her bir balon jojenin içine 1250000 adet/l hücre sayısı içeren tür yerleştirilmiştir. *Nannochloropsis salina* mikroalg türünde, kırmızı ışık altında yapılan denemelerde sürekli olarak bir düşüş gözlemlenmiş 15 gün sonunda 320000 adet/lt olarak hücre sayısı belirlenmiştir. Sarı ışıkla gerçekleştirilen denemelerde ilk günden itibaren hücre sayısında çok hızlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Denemelerin sonunda 40000 adet/l gibi çok düşük hücre sayıları tespit edilmiştir. Mavi ışık altında gerçekleştirilen denemelerde ise dalgalı bir seyir izlemesine rağmen, hücre sayıları gene 15. günün sonunda 310000 adet/l

değerlerine gerilemiştir. Beyaz ışık altında gerçekleştirilen denemelerde ise, ilk 2 günü bir miktar dalgalı geçirmesine rağmen izleyen günlerde sürekli bir artış görülmüş ve 15. günün sonunda 2150000 adet/l hücre sayısına ulaşmıştır (Şekil 13). (Demirbaş 2010; Tapan 2006).



Şekil 13. *Nannochloropsis salina* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen hücre sayılarındaki değişimler

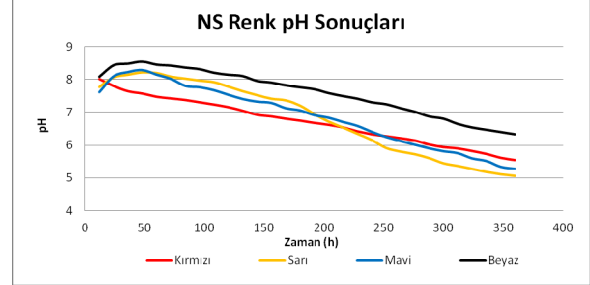
Seçilen tür için, farklı renkli ışık kaynaklarının kullanıldığı zamana bağlı olarak gerçekleştirilen denemelerde, iletkenlik değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir (Şekil 14). *Nannochloropsis salina*da en iyi iletkenlik değerine 1236 μ S değeriyle beyaz ışıkta ulaşılırken, en düşük değere 901 μ S değeriyle sarı ışıkta ulaşmıştır (Demir ve ark., 2007).



Şekil 14. *Nannochloropsis salina* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen iletkenlik değerlerindeki değişimler

Farklı ışık kaynaklarıyla gerçekleştirilen denemelerde, *Nannochloropsis salina* türünde zamanla pH değerlerini sürekli azaldığı gözlemlenmiştir. Deneme başlangıcında yetiştirme ortamlarında ortalama olarak 7,9 değerinde pH bulunurken, deneme sonunda en düşük pH değerlerine 5,06 değeriyle sarı ışıkta ulaşmıştır (Şekil 15). Diğer sonuçlara bakılacak olursa, kırmızı ışıkta, 5,54, beyaz ışıkta, 6,33, mavi ışıkta ise 5,28

değerleri tespit edilmiştir (Demir ve ark., 2007; Eliçin ve ark., 2009).

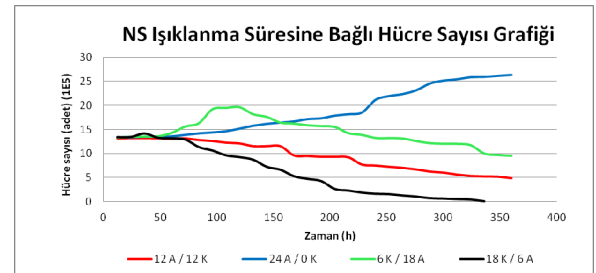


Şekil 15. *Nannochloropsis salina* türünün, farklı renkli ışık kaynakları kullanılarak zamana bağlı olarak gerçekleşen pH değerlerindeki değişimler

İşiklanma Süresi Etkisinin Araştırılması

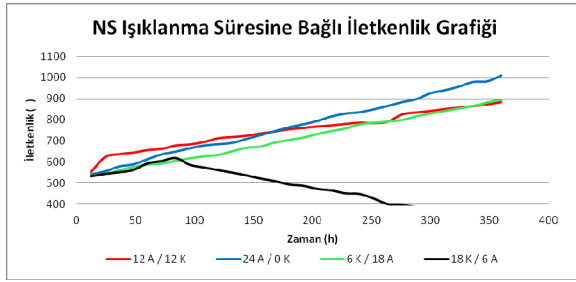
Denemelerin ikinci bölümünde işiklanma sürelerinin *Nannochloropsis salina* yetiştirilmesine etkileri incelenmiştir. Burada, önce 24 saat aydınlık, ikinci de 18 saat aydınlık 6 saat karanlık, üçüncüde 6 saat aydınlık 18 saat karanlık ve son olarak 12 saat aydınlık 12 saat karanlık durumları incelenmiştir. Sadece beyaz ışık veren led ışık kaynağı kullanılmıştır. Yine 12 V'luk adaptörler ve 60 cm led uzunluğundaki ışık kaynağından 265 lüks ışık şiddetinde denemeler yapılmış ve yine aynı parametreler incelenmiştir (Brown et al., 1989; Agra et al., 2004)

İşiklanma süresine bağlı olarak seçilen türle yapılan denemelerde en iyi sonuç 24 saat sürekli beyaz ışık verilen denemede belirlenmiştir. Bu denemede 1336000 adet/l hücre sayısından, 2640000 adet/l hücre sayısına ulaşılırken, diğer tüm deneme koşullarında hücre sayıları önemli oranda azalmıştır (Tawfig et al., 2004; Demir ve ark., 2007). 18 saat karanlık ve 6 saat aydınlık deneme koşulunda 13. günden sonra canlı hücre tespit edilememiştir (Şekil 16).



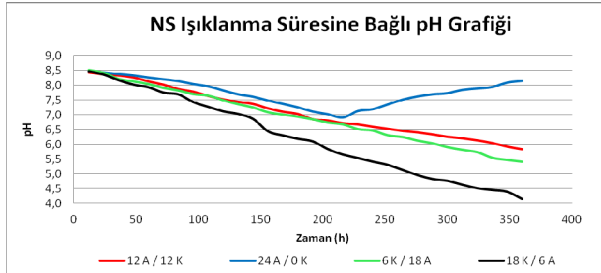
Şekil 16. *Nannochloropsis salina* türünün farklı işiklanma sürelerine bağlı olarak hücre sayılarındaki değişim

Farklı ışıklandırma sürelerinde yapılan denemelerde iletkenlik parametrelerinde değişimler aynı gerçekleşmiştir. *Nannochloropsis salina* türünde 24 saat aydınlık ışıklandırma durumunda iletkenlik miktarı diğer ışıklandırma sürelerine göre, daha yüksek iletkenlik değeri belirlenmiştir (Demir ve ark., 2007). Fakat bu durumda bu türe has bir özellik olduğu ya da hücre sayısının artmamasından meydana gelen atlama yapan (başka-laşıp yeni bir türe dönüşen) bir türün neden olduğu ifade edilebilir (Şekil 17, Şekil 18).



Şekil 17. *Nannochloropsis salina* türünün farklı ışıklandırma sürelerine bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

Farklı ışıklandırma sürelerine bağlı yapılan pH denemelerinde ise en yüksek pH değerine 24 saat aydınlık ortam koşullarında ulaşılmıştır. En düşük pH değeri ise 18 saat karanlık 6 saat aydınlık ortam koşullarında görülmüştür.

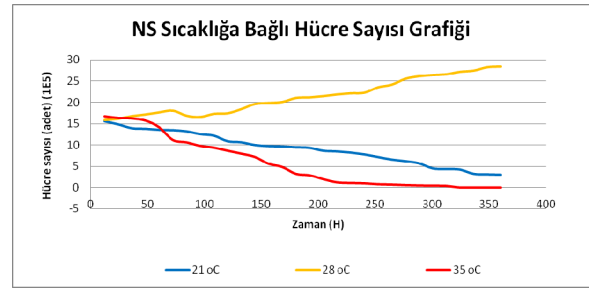


Şekil 18. *Nannochloropsis salina* türünün farklı ışıklandırma sürelerine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler

Sıcaklık Etkisinin Araştırılması

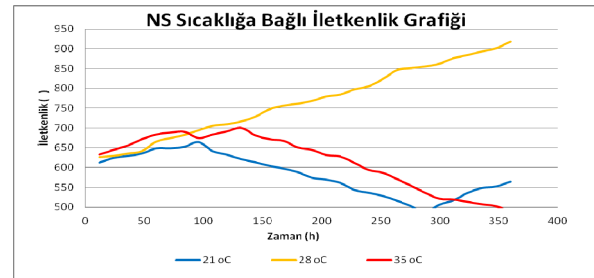
Denemelerin üçüncü bölümünde yine aynı şekilde beyaz ışık kullanılmıştır. 12 V'luk adaptörlerin sağladığı 268 lüks'lük ışık şiddeti altında alglerin, sırasıyla 21 °C, 28 °C ve 35 °C'daki hücre sayılarındaki değişimler, pH, tuzluluk ve iletkenlik değişimleri 12 saat aydınlık – 12 saat karanlık süreleri içinde 12 saate bir ölçüm alınarak aynı parametreler incelenmiştir (Sforza et al., 2010).

Üç temel sıcaklık belirlenerek yapılan denemelerde, *Nannochloropsis salina* türünde sıcaklığın artmasıyla hücre sayılarında önemli oranda düşüş belirlenmiştir. 35 °C'da hücre sayıları 1680000 adet/l'den 38000 adet/l'ye düşerken 13. günde yüksek sıcaklıktan popülasyon düşmüş ve hücre sayısı tespit edilememiştir, en yüksek hücre sayısına 28 °C'da ulaşılmıştır. 28 °C'da hücre sayıları 1590000 adet/l'den 2845000 adet/l'ye yükselmiştir. 21 °C'daki denemelerde ise, hücre sayıları sırasıyla 1560000 adet/l'den 296000 adet/l'ye düşmüştür (Tawfig et al., 2004; Brown et al., 1989) (Şekil 19).



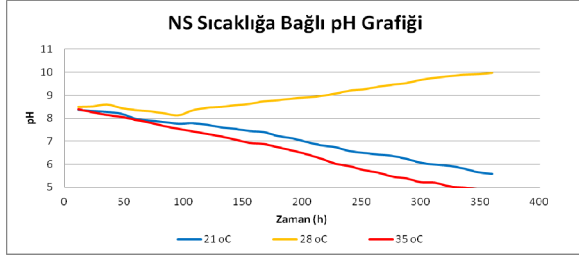
Şekil 19. *Nannochloropsis salina* türünün sıcaklığa bağlı olarak hücre sayılarındaki değişimleri

Her üç sıcaklık kademesinde zamana bağlı olarak yapılan denemelerde en yüksek iletkenlik değerine 918 µS/cm ile 28 °C sıcaklıkta ulaşılmıştır. (Eliçin ve ark., 2007) (Şekil 20).

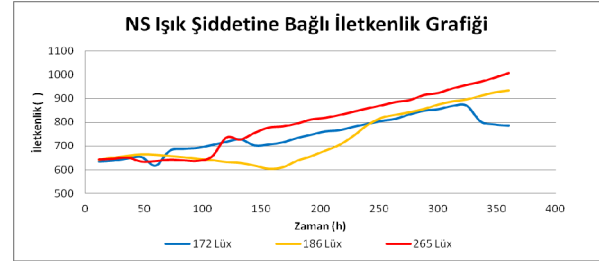


Şekil 20. *Nannochloropsis salina* türünün sıcaklığa bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

Şekil 21'de *Nannochloropsis salina* türünün sıcaklığa bağlı olarak pH değerlerinde belirlenen değişimler görülmektedir. *Nannochloropsis salina* en yüksek pH değerine 28 °C'da ulaşılmıştır. Bu tür literatürlerde çok yüksek sıcaklığı sevmeyen bir alg türü olarak karşımıza çıkmaktadır. (Demirbaş 2010; Demir ve ark., 2007; Eliçin ve ark., 2009).



Şekil 21. *Nannochloropsis salina* türünün sıcaklığa bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler

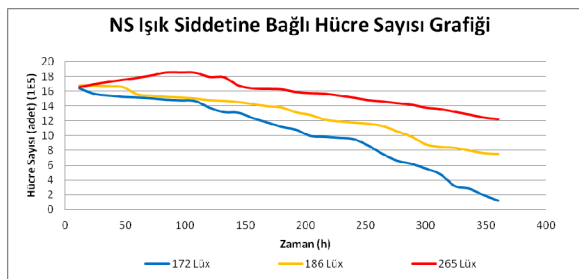


Şekil 23. *Nannochloropsis salina* türünün ışık şiddetine bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler

Işık Şiddeti Etkisinin Araştırılması

Beyaz ışık kaynağı kullanılan ve 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık periyotlar içerisinde ışığa maruz bırakılan alglere, farklı ışık şiddeti uygulanmıştır. Sırasıyla 6 V, 9 V ve 12 V'luk adaptörlerin 60 cm uzunluktaki led ışık kaynağına sağladığı ışık şiddetleri sırasıyla, 172 lüx, 186 lüx ve 265 lüx olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında hücre sayıları, pH ve iletkenlik değişimleri belirlenmiştir.

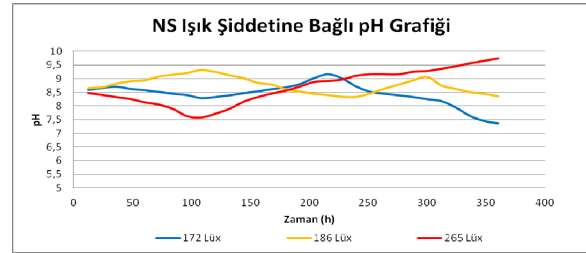
Nannochloropsis salina türünün farklı ışık şiddetine bağlı olarak hücre sayısındaki değişimleri Şekil 22'de görülmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere ışık şiddetinin artırılmasıyla hücre sayısındaki düşüşler daha da azalmıştır. Bu eğrilerde de ışık şiddetlerinin algler üzerindeki etkisi belirlenebilmektedir (Gökpınar 1983; Scragg *et al.*, 2002). Burada hücre sayısındaki düşüşler ışıklandırma süresinin 12 saat karanlık 12 saat aydınlık şeklinde olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 22. *Nannochloropsis salina* türünün ışık şiddetine bağlı olarak hücre sayısı değerlerindeki değişimler

Nannochloropsis salina türünün farklı ışık şiddetine bağlı olarak iletkenlik değerlerindeki değişimler Şekil 23'de görülmektedir. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere ışık şiddetinin artırılmasıyla iletkenlik değerlerinde artış gözlenmektedir. (Johnson and Wen 2009).

Nannochloropsis salina türünün ışık şiddetine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler Şekil 24'de görülmektedir. En yüksek pH değerine 265 lüx de ulaşılmıştır. (İlgi ve Şebnem 2007; Xu *et al.*, 2006).



Şekil 24. *Nannochloropsis salina* türünün ışık şiddetine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler

SONUÇLAR

Renkli led denemelerinde, *Nannochloropsis salina* türü için en iyi büyüme, hücre sayılarına bakıldığında beyaz ışık altında gözlemlenmiştir. En yüksek ışık şiddeti; mavi, kırmızı, sarı ve beyaz renkli ledlerde 265 lüx ile beyaz led'e aittir. İletkenlik değerleri de ışık şiddetiyle doğru orantılı olarak artmıştır, pH değerlerinde ise ışık şiddetleri ile doğru orantılı olarak düşüş görülmüştür (Johnson 2009).

İşıklandırma süresi denemelerinde, *Nannochloropsis salina* türü için 24 saat aydınlık ortamda en yüksek hücre sayısı belirlenmiştir. 18 saat karanlık/6 saat aydınlık ortamda ise en düşük hücre sayısı gözlemlenmiştir. 24 saat aydınlık ortamda iletkenliğin arttığı belirlenmiştir. pH değerlerine bakıldığında karanlık zamanların artmasıyla pH değerlerinde düşüş görülmüştür fakat 24 saat aydınlık ortamda 9. güne kadar düşen pH, 9. günden sonra yükselişe geçmiş 15. gün sonunda 8,15'e ulaşmıştır (Sforza *et al.*, 2010; Johnson 2009).

Sıcaklık denemelerinde, *Nannochloropsis salina* türü en yüksek hücre sayısına 28°C ulaşarak orta sıcaklığı seven bir tür olduğunu göstermiştir. En düşük hücre sayısına 35 °C'da ulaşılmıştır. İletkenlik verileri değerlendirildiğinde en yüksek iletkenlik değerine 28°C'da ulaşılmıştır. pH ise iletkenlik gibi 28°C'da en yüksek pH değerine ulaşılmıştır.

Işık şiddetine bağlı yapılan denemelerde, *Nannochloropsis salina* türünde en yüksek hücre sayısına 12 V yani 265 lüx'de ulaşılmıştır. Şekil 22'de düşüş görülmesinin sebebi denemelerin 12 saat aydınlık 12 saat karanlık periyodunda yapılmasından kaynaklan-

maktadır. İletkenlik değerlerinde ise, ışık şiddeti ile doğru orantılı olarak artış görülmüştür. pH verilerinde ise 12 saat aydınlık 12 saat karanlık periyodundan dolayı dalgalanma olsa da en yüksek pH değeri 265 lüx'de görülmüştür. (Sforza *et al.*, 2010).

Sonuç olarak, *Nannochloropsis salina* türünün orta sıcaklıkları isteyen, yüksek sıcaklıktan ve düşük sıcaklıktan çabuk etkilenen ve çabuk kontamine olmasından ötürü dış ortamlardan ziyade kapalı ortamlarda yetiştirilmesi gereken bir alg türü olduğu belirlenmiştir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Agra, I.B., Warnijati, S. and Wiratni, F. 1996. Two steps ethanolysis of castor oil using sulfuric acid as catalyst to producer motor oil. World Renewable Energy Congress, p., 1025, June 15 – 21, Colorado.
- Brown, M.R. Jeffrey, S.W. Garland, C.D. 1989. Nutritional aspects of microalgae used in mariculture: a literature review. CSIRO Mar. Lab. Rep. 205, 44.
- Demir, N., Kırkaç, U.M., Topçu, A., Zencir, Ö., Pulatsü, S. ve Benli, K.Ç. 2007. Sarısu-Mamuca Gölü (Eskisehir) Su Kalitesi ve Besin Düzeyinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. Sayı 13(4), 385-390.
- Demirbaş, A. 2010. Use of algae as biofuel sources. Journal of Energy Conversion and Management. Volume 51, pp: 2738-2749.
- Eliçin, A.K., Saçlık, K. ve ERDOĞAN, D. 2007. Haşhaş Yağı Esterlerinin Bir Diesel Motor'da Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 5-6 Eylül, Kahramanmaraş.
- Eliçin, A.K., Kılıçkan, A. ve Avcıoğlu, A.O. 2009. Mikroalgelerden Biyodizel Üretimi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Sayfa 273-278, Isparta.
- Gökpinar, Ş. 1983. Observations on the culture of a marine diatom *Phaeodactylum tricornerum* Bohlin in different nutrient and salinity concentration. Ege Ü. Fac. of Science, Volume 6; pp: 77-86.
- Gökpinar, Ş. ve Cirik, S. 1991. *Phaeodactylum tricornerum*'un geniş ölçekli yığın kültürleri üzerine tuzluluk faktörünün etkisi. Ege Ü. Su Ürünleri F. Eğitiminin 10. Yılında Su Ürünleri Semp., 12-14 Kasım, İzmir, pp: 429-438.
- İlgaz, S. 2003. Farklı Tuzluluk Değişimlerinin *Nannochloropsis oculata* ve *Isochrysis galbana* türlerinin büyüme hızlarına etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- İlgi, K.K. ve Şebnem, A. 2007. Sürekli İşletilen Alg-Fotobiyoreaktör Sisteminde Atık Sudan Azot Giderimi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir. Sayfa 267-273.
- Johnson, M.B. and Wen, Z. 2009. Production of Biodiesel Fuel from the Microalga *Schizochytrium limacinum* by Direct Transesterification of Algal Biomass. Journal of Energy Fuels, pp. 79-83.
- Johnson, M.B. 2009. Microalgal Biodiesel Production through a Novel Attached Culture System and Conversion Parameters. Thesis submitted to the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Biological System Engineering. Blacksburg, VA.
- Naz, M. ve Gökçek, K. 2006. Fotobiyoreaktörler: Fototropik Mikroorganizmalar için Alternatif Üretim Sistemleri. Ulusal Su Günleri 2004, 6-8 Ekim 2004, İzmir.
- Scragg, A.H., Illman, A.M., Carden, A. and Shales, S.W. 2002. Growth of microalgae with increased calorific values in a tubular bioreactor. Journal of Biomass and Bioenergy. Volume 23, pp: 67-73.
- Sforza, E., Bertuccio, A., Morosinotto, T., Giacometti, G.M. 2010. Vegetal oil from microalgae: species selection and optimization of growth parameters. Chemical Engineering Transactions. Volume 20, pp: 199-204
- Tapan, D. 2006. Çevre Koşullarının Bazı Mikroalg Türlerinin Büyümesi Üzerine Etkisinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Tawfiq S. A., Suad A.H., and Jacob D.A. 2004. Optimum culture condition required for the local isolated *Dunaliella salina*. Journal of Algal Biomass Utilization. Volume 1(2), pp: 12-19
- Vonshak, A. 1997. *Spirulina platensis* (Arthrospira): Physiology, Cell biology and Biotechnology. Taylor and Francis, London, Great Britain; pp: 213-226.
- Yılmaz, H.K., 2006. Mikroalg Üretimi için Fotobiyoreaktör Tasarımları. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. 23 (1/2) : 327-332.
- Xu, H., Miao, X. and Wu Q. 2006. High Quality Biodiesel Production From a Microalga *Chlorella protothecoides* by Heterotrophic Growth in Fermenters. Volume 126, pp: 499-507.
- Utex-Alg türleri kültür koleksiyonu
<http://www.sbs.utexas.edu/utex/search.aspx?txtSearch=dunaliella+salina> Erişim tarihi: 21.11.2011
- PMC- US National Library of Medicine National Institutes of Health
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/?term=microalgae&report=imagesdocsum> Erişim tarihi: 03.05.2013

Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi ve Hassas Tarım Uygulamaları İçin Örnek Bir Model

İlker ÜNAL¹, Mehmet TOPAKCI²

¹ Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bucak, Burdur

² Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Antalya
ilkerunal@mehmetakif.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 29.04.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 08.07.2013

Özet: Hassas tarım teknolojisinde, makine performansı, toprak ve bitkilere ait özelliklerin belirlenmesi için farklı sensörlerden gelen anlık verilerin toplanması ve otomasyonun sağlanması önemlidir. Hassas tarımın gelişiminin devam ettirilmesinde ise sensör ağı teknolojisi ana teknolojilerden biri haline gelmiştir. Sensör ağları, zamansal, mekansal ve tahminsel değişkenliklerin entegrasyonunun sağlanmasında ve optimum tarımsal yönetim seçeneklerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda, sensörler ile merkezi kontrol ünitesi arasındaki haberleşmede kablosuz sensör ağları kullanılmaktadır. Kablosuz sensör ağları, maliyet, boyut, güç, esneklik ve dağıtılabilirlik gibi avantajları nedeniyle kablolu sensör ağlarına göre tercih edilmektedir. Ancak, tarımsal üretim uygulamalarında kullanılan birçok sensörün tamamıyla kablosuz olarak kontrol edilmesi mümkün olmayabilmektedir. Bu çalışmada, bazı kablosuz ağ teknolojileri incelenmiştir. Ayrıca, tarımsal sistemlerde ISO 11783 standardı olarak bilinen CAN ve ZigBee kablosuz sensör ağının entegrasyonu ile oluşturulan örnek bir tarımsal sensör ağı modeli tasarlanmıştır. Son olarak, tasarlanan ağ modeli içerisindeki veri trafiği açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kablosuz sensör ağları, ZigBee, ISO 11783

Wireless Sensor Network Technology and an Example of a Model for Precision Farming Applications

Abstract: In precision agriculture technology, real-time data acquisition that come from the different sensors and automation is very important to specify the characteristics of the machine, soil and plant. Wireless sensor network is a major technology that drives the development of precision agriculture. Sensor networks are used to provide integration of the variability such as temporal, spatial and predictive and the determination of the optimal agricultural management options. Recently, wireless sensor networks are used to communication between sensors and the central control unit. Wireless sensor networks are preferred due to the advantages such as cost, size, power, flexibility and deliverability, compared to wired sensor networks. However, many sensors that use in agricultural production application may not be able to control as completely wireless. In this study, some wireless sensor network technologies were surveyed. In addition, a sample agricultural sensor network model that is created with the integration of the CAN (Controller Area Network) known as ISO 11783 and ZigBee wireless sensor network was designed. Finally, the data flow within designed network model between CAN data frame and ZigBee data frame was described.

Key words: Wireless sensor networks, ZigBee, ISO 11783

GİRİŞ

Hassas tarım, zamansal, mekânsal ve tahminsel değişkenliklerin, teknolojinin imkân verdiği araçlar yardımıyla belirlenerek geniş tarım alanlarının yönetimini sağlayan bir sistemdir. Bu sistem içerisinde makine performansı, toprak ve bitkilere ait özellikler gelişmiş fiziksel, kimyasal ve biyolojik sensörler yardımıyla belirlenmektedir (Camilli ve ark., 2007). Birçok sensör tarafından elde edilen verilerin depolanması, değerlendirilmesi ve otomasyonun sağlanması sensör

ağları yardımıyla mümkün olmaktadır (Valada ve ark., 2010). Kablosuz ağ teknolojileri, edinme maliyetindeki azalmalar, sensör boyutlarının giderek küçülmesi, radyo frekans teknolojisi ve dijital devrelerdeki başarılı gelişmelerin neticesinde araştırma ve geliştirme çalışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır (Ruiz-Garcia ve ark., 2009).

Kablolu sensör ağları, sistem içerisinde kullanılan tüm cihaz ve kontroller için güvenli ve sağlam bir iletişim imkânı sunmaktadır. Aynı zamanda veri iletim

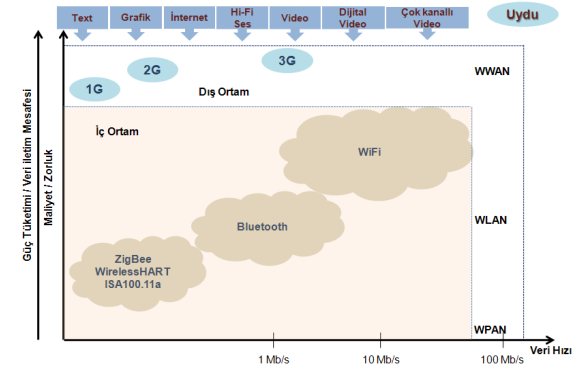
hızı, kablosuz sensörlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Ancak, sistem içerisindeki kablolarda oluşabilecek kopukluklar sistemin çalışmasını durdurabilmektedir. Ayrıca, mobil haberleşme ve hareketli sistemlerden elde edilen verilerin uzak bilgisayarlara gönderilme isteği kablolu ağlar ile mümkün olmaktadır (Lehr ve Chapin, 2010). Bu noktada, kablosuz sensör ağları, maliyet, boyut, güç, esneklik ve dağıtılabilirlik gibi avantajlara sahiptir (Buratti, 2009). Ancak, veri bitlerinde oluşabilen fazla miktardaki hatalar, düşük bant genişliği ve en önemlisi veri iletimindeki gecikmeler kablosuz sensör ağlarının dezavantajları arasındadır (Bansal ve ark., 2010).

Günümüzde, traktör, biçerdöver ve bağlı makinalar üzerinde bulunan elektronik sistemlerin yanı sıra değişken oranlı uygulamalara imkân sağlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik sensörlerin bir haberleşme ağı yardımıyla merkezi bir sunucu üzerinde yönetilmesi gerekli olabilmektedir. Hâlihazırda, traktör ve bağlı makinalar üzerindeki elektronik sistemler arasındaki kablolu haberleşme, ISO 11783 standardı olan CANBUS ağı ile sağlanmaktadır (Fellmeth, 2003). Ancak, tarımsal amaçlı kablosuz sensör teknolojisindeki gelişmeler dikkate alındığında, bu sensörlerin mevcut CAN sistemine uyarlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, mevcut kablolu ağ sisteminin güvenilirlik, sağlamlık ve hızlı veri iletimindeki avantajları ile maliyet, boyut, güç, esneklik ve mobil haberleşme gibi avantajlara sahip olan kablosuz sensör ağlarının bütünleşik olarak kullanılması tarım makinalarının otomasyonuna önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışmada, güncel olarak kullanılan kablosuz sensör ağları hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca, geniş çaplı kablosuz ağların daha düşük maliyet ve güç tüketimi ile oluşturulmasına imkân sağlayan ZigBee teknolojisi ile CAN teknolojisinin beraber kullanıldığı, hassas tarım uygulamalarında kullanılabilecek örnek bir sensör ağı modeli önerisinde bulunulmuştur.

Kablosuz Sensör Ağları

Endüstriyel otomasyonda kablosuz haberleşme IEEE (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) 802.11 ve IEEE 802.15 kodlarıyla standardize edilerek WPAN (Kablosuz Kişisel Alan Ağı), WLAN (Kablosuz Yerel Alan Ağı) ve WWAN (Kablosuz Geniş Alan Ağı) ağları ile yapılandırılmıştır. IEEE 802.11 tabanlı standartlar, IEEE 802.15 tabanlı standartlara oranla yüksek veri iletim hızlarına imkan vermektedirler.

Ancak, IEEE 802.11 teknolojisi, yüksek oranda güç tüketimi nedeniyle kablosuz haberleşmenin limitlerini sınırlandırmaktadır (Christin ve ark., 2010). Bir sensör ağında bulunan sensör düğümleri ya akümülatör ile ya da pille beslenmektedir. Güç tüketiminin yoğun olduğu IEEE 802.11 teknolojisi ile kablosuz sensör ağı oluşturmak, sistemin kesintisiz şekilde uzunca bir süre çalışmasına engel olmaktadır. Bu sebeple, güç tüketiminin önemli olduğu kablosuz sensör ağlarında IEEE 802.15.1 ve IEEE 802.15.4 tabanlı teknolojiler kullanılmaktadır. Şekil 1’de güç tüketimi, veri iletim hızı ve maliyet konularını da tanımlayan kablosuz ağ mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 1. Kablosuz ağ mimarisi

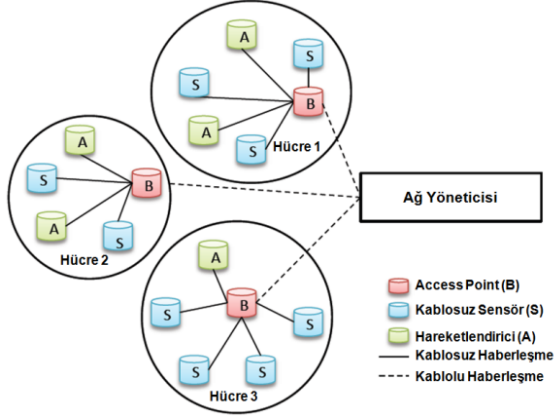
Bu çalışmada, günümüzde endüstriyel otomasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılan 4 farklı kablosuz sensör ağı teknolojisi hakkında bilgiler verilmiştir. Bunlar;

- Wireless Interface for Sensor and Actuators (WISA)
- Wireless HART
- ISA100.11a
- ZigBee

Wireless Interface for Sensor and Actuators (WISA)

WISA, 2003 yılında ABB firması tarafından, IEEE 802.15.1 standardı içerisinde Bluetooth olarak bilinen teknolojiyi kullanan bir kablosuz sensör ağıdır (Scheible ve ark., 2007). Sistem, 2,4 GHz çalışma frekansına, 1 Mbps veri iletim hızına sahiptir. WISA, maksimum 3 hücreye sahip "hücresele star topolojisi"ne göre tasarlanmıştır (Şekil 2). Her bir hücre içerisindeki maksimum 120 adet sensör ve hareketlendirici tek bir baz istasyonuna (Access Point) kablosuz

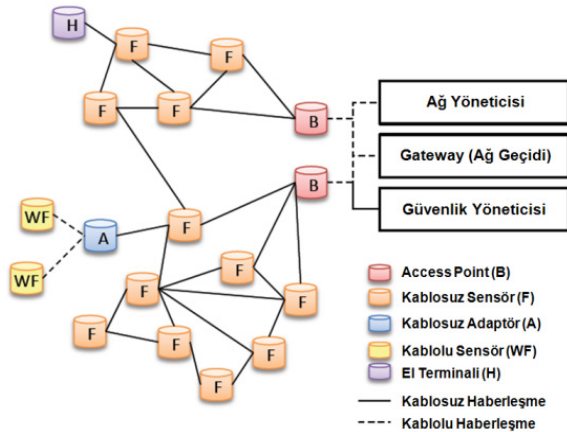
olarak bağlanmaktadır. Baz istasyonu ise topladığı verileri "kablolu fieldbus" (CAN, ModBus, DeviceNet v.s.) yoluyla ağ yöneticisine (Network Manager) iletmektedir (Steigman ve Endresen, 2009).



Şekil 2. WISA Ağ Elemanları (Christin ve ark., 2010)

Wireless HART

Wireless HART, 2007 yılında HART İletişim Vakfı tarafından proses ölçüm ve kontrol uygulamaları için tasarlanmış olan IEEE 802.15.4 tabanlı bir kablosuz sensör ağıdır (De Biasi ve ark., 2008). Sistem 2,4 GHz çalışma frekansına, 250 kbps veri iletim hızına sahiptir. WirelessHART, "mesh topolojisi"ne göre tasarlanmıştır (Şekil 3).

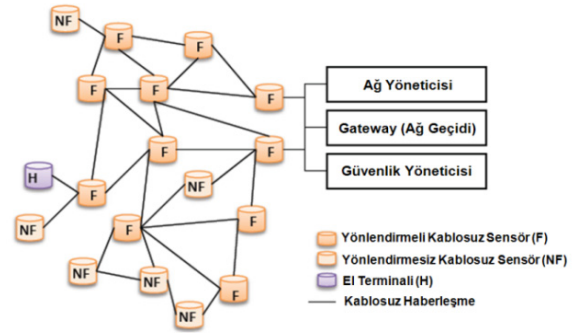


Şekil 3 Wireless HART ağ elemanları (Christin ve ark., 2010)

ISA100.11a

ISA100.11a, Uluslararası Otomasyon Derneği'nin (ISA) bir parçası olan ISA100 standartlar komitesi tarafından 2009 yılında endüstriyel otomasyon uygu-

lamaları için geliştirilmiş olan IEEE 802.15.4 tabanlı bir kablosuz sensör ağı teknolojisidir (ISA, 2009). ISO100 ağı 2,4 GHz frekansında çalışmakta olup 100 ms gibi hızlı bir tepki süresine sahiptir (Willig, 2008). Ağ sistemi, "star" ve "mesh" gibi farklı ağ topolojilerine imkan vermesinin yanı sıra birçok kablosuz ağ teknolojisi ile birlikte çalışabilmektedir. Şekil 4' de ISA100.11a ağ mimarisi ve elemanları gösterilmiştir.



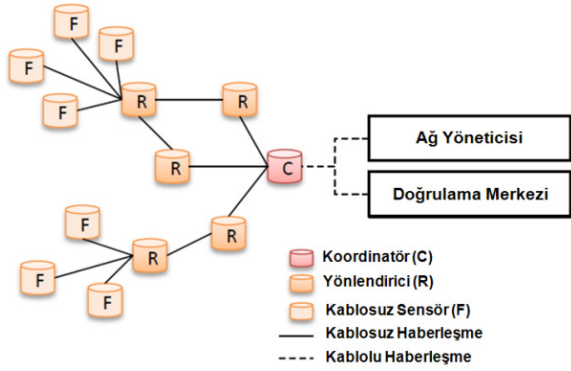
Şekil 4. ISA100.11a ağ elemanları (Christin ve ark., 2010)

ZigBee

ZigBee, 2007 yılında ZigBee Alliance tarafından geliştirilen endüstriyel otomasyon amaçlı, düşük maliyetli ve düşük güç tüketimine sahip IEEE 802.15.4 tabanlı bir kablosuz sensör ağı teknolojisidir (Baronti ve ark., 2007). Sistem, 2,4 GHz çalışma frekansına ve 250 kbps veri iletim hızına sahiptir. Ağ topolojisi olarak "star", "tree" ve "mesh" topolojilerini kullanmaktadır. ZigBee ağı, toplam 65536 ağ düğümünü adresleyebilmektedir (Heile, 2009). ZigBee, WPAN ağlarında kullanılan cihazlar arasında belirli miktar veri transferi için kullanılması, ağ ile yapılan ölçüm, tespit, izleme ve uygulamaların kontrol edilmesiyle ilgilenir. Fakat WiFi veya Bluetooth gibi büyük boyutlu dosya transferi için elverişli değildir (Scheible ve ark., 2007). ZigBee, basit ağlar üzerinden daha az güç tüketimi ve maliyet oluşturacak bir biçimde çalışarak, daha az bant genişliği istekleri ile iletişim sağlayabilmektedir (Karasulu ve ark., 2009).

ZigBee kablosuz sensör ağ donanımları temel olarak üç eleman üzerine kurulmaktadır. Bu elemanlar, ağın kurulması ve ağ üzerindeki iletişimin sürdürülmesi için gerekli işlemleri otomatik olarak yerine getirmekle görevlidirler. Temel bir ZigBee kablosuz sensör ağına bulunan elemanlar; Yönetici (Coordinator), Yönlendirici (Router) ve Uç cihazlar'dır (End

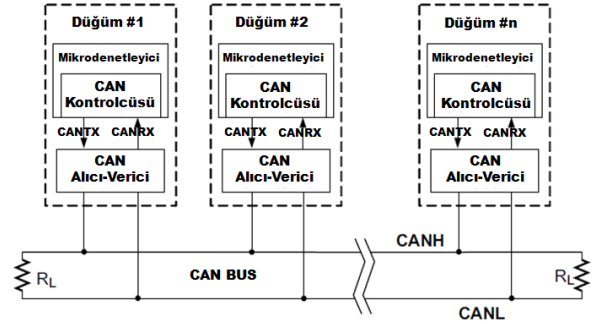
Devices) (Şekil 5). Yönetici, belirlenen frekansta ve uygun kanalda iletişimi başlatan ve ağı yöneten cihaz olarak tanımlanır ve ZigBee ağından gelen verileri başka platformlara seri port, ethernet, Wi-Fi gibi yollarla aktarmak için kullanılır. Yönlendirici, belirlenen frekansta ve uygun kanalda yayın yapan yönetici cihazlara doğrudan bağlanmaktadır. Ağ üzerindeki cihazlardan gelen veya kendi oluşturdukları veri paketlerini otomatik olarak hedefe iletmekle görevlidirler. Uç cihazlar ise, sensör cihazları veya ihtiyaca bağlı ayarlanmış özel donanımlardır.



Şekil 5. ZigBee ağ elemanları (Galeev, 2004)

CAN (Controller Area Network)

Günümüzde, traktörler, biçerdöverler ve diğer bazı makinaların üzerinde bulunan sensörlerin veri ve kontrol bilgileri, CAN hattı üzerinden merkezi elektronik kontrol ünitesi (ECU) ile haberleşmektedir (Darr ve ark., 2003). Yaygın olarak otomotiv ve otomasyon alanlarında kullanılan CAN protokolü, hem kullanım kolaylığı hem de ucuz maliyeti ile günümüzde popülaritesini artırmıştır (Lawrenz, 1995). CAN Protokolü, yüksek hızda bir seri ara yüze sahip olması, ucuz iletim hattını kullanması, kısa data uzunluğu, hızlı etkileşim zamanı, çoklu "master" ve "peer to peer" haberleşme olanağı tanınması gibi üstün özellikleri sebebiyle kullanıcılara büyük avantajlar getirmektedir. Haberleşme topolojisi olarak "bus", "star", "ring" topolojilerinden herhangi birini kullanmasına rağmen, hat topolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır. CAN protokolü, maksimum 1 Mbit/saniye haberleşme hızına sahiptir. Tabii ki bu hız farklı iletim mesafelerine göre değişebilmektedir (Tindell ve ark., 1995). Şekil 6' da tipik bir CAN hattının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 6. CAN düğümleri (Ünal, 2006)

CAN düğümleri, CAN hattı üzerinden gelen mesajlara göre hareket eden elektronik yapılardır. Basit bir CAN ağı içerisinde bulunan CAN alıcı-verici, hat üzerindeki elektriksel sinyali lojik seviyeye çevirmek için kullanılmaktadır. Bu eleman yardımıyla, CAN kontrolcüsü ve CAN hattı arasında bir bağlantı sağlanır. CAN entegresi olarak bilinen CAN kontrolcüsü, kullanıcı bilgilerini CAN mesaj çerçevesi içerisinde iletim kanalı üzerinden gönderilen fiziksel bitlere çevirmektedir (Microchip, 2003).

Hassas tarım uygulamalarında, GPS, nem, sıcaklık, basınç, tork vb sensörlerinden anlık verilerin alınması ve bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Her bir sensörden gelen kablonun bilgisayar ortamına bağlanması, karmaşık bir kablo yapısını ortaya çıkarmaktadır. CAN veri iletim ortamında ise tek bir kablo tüm sensörleri ve bilgisayarı birbirine bağlayarak basit bir elektronik ağ oluşturmaktadır. Bu anlamda, hassas tarım uygulamalarında birden fazla sensör kullanılması durumunda en güçlü ve güvenli seri veri iletim ortamı CAN olarak karşımıza çıkmaktadır.

CAN ve ZigBee

CAN, otomotiv ve endüstriyel otomasyon uygulamaları için gerekli olan yüksek veri iletim hızı ve bütünlüğünü karşılamak amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde CAN, sistem içerisinde kullanılan devre elemanlarındaki düşük maliyeti nedeniyle genel otomasyon uygulamalarında "fieldbus" olarak kullanılmaktadır. Tarımsal mekanizasyonda, traktör ve bağlı ekipmanlar üzerinde bulunan bilgisayar, hareketlendirici, sensörler ve diğer akıllı cihazlar arasında veri aktarımını oluşturmak için ISO 11783 standardı olarak bilinen kablolu CAN teknolojisi kullanılmaktadır (Strauss ve ark., 1999). Ancak, günümüzde kablosuz sensör ağı teknolojilerindeki gelişmeler ile kablosuz

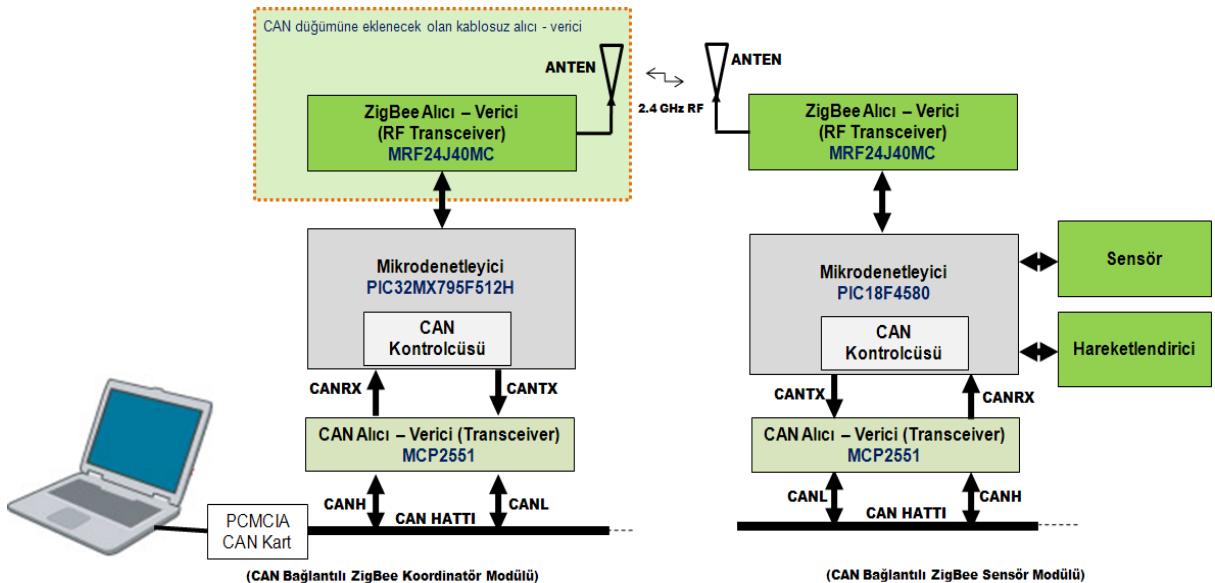
uzaktan izleme sistemlerinin oluşturulması mümkün olmaktadır. Bu durum, traktörler üzerinde bulunan CAN ağı içerisinde kablosuz sensör ağlarının entegre edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde birçok kablosuz sensör ağı teknolojisi olmasına rağmen, uygulamalarda genel kabul görmüş olan WISA, WirelessHART, ISA100.11a ve ZigBee ön plana çıkmaktadır. Özellikle tarımsal uygulamalarda ağ esnekliği sağlanması, düşük güç tüketimi ve özellikle aynı anda 65536 sensör ağını kontrol edebilmesi nedeniyle ZigBee ağının kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir (Baker, 2005; Jedermann ve ark., 2006; Ruiz-Garcia ve ark., 2009; Wang ve ark., 2006;). Bu nedenle yapılan çalışmada, kablolu CAN ile kablosuz ZigBee ağının entegre edildiği tarımsal bir sensör ağı modeli tasarlanmıştır.

TARIMSAL SENSÖR AĞI MODELİ

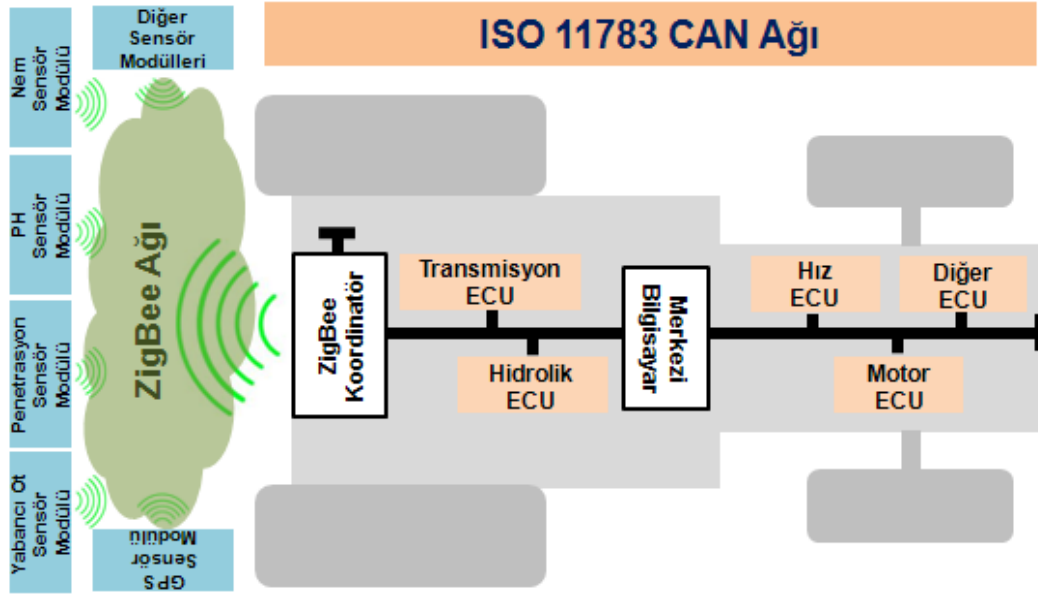
Bu çalışmada, traktör kullanılarak yapılan veri toplama ve değişken oranlı uygulama işlemleri için CAN-ZigBee tabanlı tarımsal sensör ağı modeli tasarlanmıştır. Ayrıca, tarımda kullanılan sensör ve hareketlendiriciler ile traktör üzerinde bulunan merkezi bilgisayar arasındaki veri akışı açıklanmıştır. Sensör ve hareketlendiricilerin bağlı olduğu ZigBee sensör modülü ile elde edilen veriler, CAN hattına kablolu

olarak bağlı olan ZigBee koordinatörüne gönderilmektedir. ZigBee koordinatörü ise, kablosuz sensör modüllerinden gelen verileri merkezi bilgisayara, bilgisayardan gelen verileri ise ilgili sensör modülüne yönlendirmektedir. Burada kullanılan merkezi bilgisayar Traktör Bus sistemi içerisindeki merkezi kontrol ünitesi veya CAN bağlantılı bir taşınabilir bilgisayar da olabilir. Şekil 7'de tasarlanan tarımsal ZigBee koordinatör modülü ile ZigBee sensör modülüne ait blok şema gösterilmiştir.

ZigBee ağlarında ağ topolojisine bağlı olarak koordinatör, yönlendirici ve uç cihaz (sensör) olarak 3 eleman kullanılmaktadır. Eğer sistem "star" topolojisi kurularak tasarlanacak ise ağ içerisinde yönlendirici kullanılmayabilir. Tasarlanan tarımsal sensör ağı modeli "star" topolojisine göre tasarlanmıştır. CAN-ZigBee tabanlı tarımsal sensör ağının oluşturulabilmesi için CAN bağlantılı ZigBee koordinatör modülünün dizayn edilmesi gerekmektedir. Koordinatör modülü kablolu olarak Traktör CANBUS sistemine bağlanmaktadır. Tarımsal işlemlerde kablolu ya da kablosuz farklı sensörler kullanılmaktadır. Bu sebeple tasarlanan sistemde her sensör için ayrı bir sensör modülü dizayn edilmesi gerekmektedir. Tasarlanan sensör modülleri, uç cihaz olacak şekilde oluşturulmalıdır. Tasarlanan tarımsal sensör ağı modeli Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Tarımsal ZigBee koordinatör ve sensör modülleri



Şekil 8. Tasarlanan tarımsal sensör ağı modeli

ZigBee sensör modülleri, topladıkları sensör verilerini IEEE 802.15.4 standardındaki ZigBee veri paketleri ile ZigBee koordinatörüne göndermektedir. Standart bir ZigBee veri paketi Şekil 9'da gösterilmiştir. Veri paketinin boyutu maksimum 127 byte olup içerisinde bulunan bazı değişken alanların durumuna göre bu değer azalabilmektedir. Veri paketi içerisindeki en önemli alan adresleme alanıdır. ZigBee ağlarında, kurulan sistemin topolojisine göre maksimum 65536 adet düğüm oluşturulabilir. Her düğüm içerisine maksimum 240 sensör modülü yerleştirilebilir (Elahi ve Gschwender, 2009). Burada, ZigBee ağ numarası (PAN ID) oluşturulan ağ düğümüne verilen 16 bitlik numaradır. Eğer kurulan ağ sisteminde tek bir düğüm var ise bu ağın numarası 0 (0x0000) olur. Veri paketi içerisindeki hedef ve kaynak adresler, gönderici ve alıcı modüllerin MAC (Media Access Control) adreslerini tanımlamaktadır. Bu adres, ağ içerisindeki modüllerin birbirlerini tanımasını sağlayan 48 bitlik numaralardır (IEEE, 2001). ZigBee ağı adres tabanlı bir haberleşme ortamıdır.

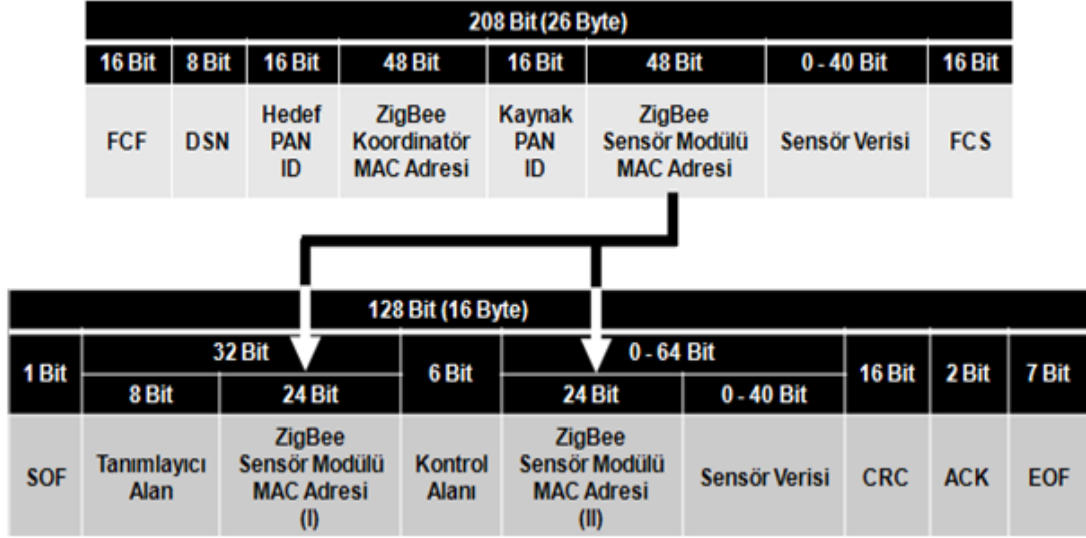
| 1016 Bit (127 Byte) | | | | | | | |
|---------------------|-------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------|
| 16 Bit | 8 Bit | 16 Bit | 0 - 64 Bit | 16 Bit | 0 - 64 Bit | 0 - 816 Bit | 16 Bit |
| FCF | DSN | Hedef PAN ID | Hedef Adres | Kaynak PAN ID | Kaynak Adres | Veri Alanı | FCS |

Şekil 9. ZigBee veri mesajı yapısı

CAN ağı, mesaj tabanlı bir haberleşme ortamı sunmaktadır. Mesaj gönderme işlemi modüllerin adreslerine göre yapılmamaktadır (Farsi ve ark.,1999). Mesajın içerisinde içerik ve öncelik bilgisi bulunmaktadır. Ancak, mesajın gideceği modülün adresi bulunmamaktadır. Sistem içerisinde bulunan her modül, bus üzerinden gönderilen her mesajı alır. Bu noktadan sonra, modüller gelen mesaja bakarak kendilerine ait ise kabul ederler, değil ise reddederler (Ekiz ve ark., 1996). Bir mesaj, sistemin dizayn şekline göre ya belirli bir modüle ya da birçok modüle gönderilebilir.(Lawrenz, 1997; Hopkins, 2003) Mesaj tabanlı haberleşmede, sistem içerisine yeni bir modül bağlandığında diğer modüllerin takılan bu modülü tanımaları için yeniden programlanmalarına gerek yoktur. Yeni modül, sisteme takılır takılmaz diğer modüllerden gelecek olan mesajları almaya başlar ve kendi üzerindeki programa ve gelen mesajın tanımlama bilgisine göre mesajı kabul eder veya reddeder (Ekiz ve ark., 1996). Şekil 10'da bir CAN veri mesajının yapısı gösterilmiştir.

| 128 Bit (16 Byte) | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------------|------------|--------|-------|-------|
| 1 Bit | 32 Bit | 6 Bit | 0 - 64 Bit | 16 Bit | 2 Bit | 7 Bit |
| SOF | Tanımlayıcı Alan | Kontrol Alanı | Veri Alanı | CRC | ACK | EOF |

Şekil 10. CAN veri mesajı yapısı



Şekil 11. ZigBee-CAN veri paketi geçişi

Tasarlanan tarımsal sensör ağı içerisindeki mesaj trafiğinin düzenlenebilmesi için standart ZigBee ve CAN mesaj yapılarının yeniden tanımlanarak birbirlerine uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, tarımsal sensör ağı için önerilen ZigBee – CAN veri paketi geçişi Şekil 11’de gösterilmiştir.

Tasarlanan tarımsal ağ modeli “star” topolojisine göre tek bir düğümden oluşmaktadır. Bu sebepten dolayı ZigBee mesaj yapısı içerisindeki hedef ve kaynak PAN ID numaraları aynı olmalıdır. Ağ modelinde amaç, sensörlerin topladığı anlık verilerin ZigBee koordinatör modülüne gönderilmesidir. Bu sebeple, standart ZigBee mesaj yapısı içerisindeki hedef adres ZigBee koordinatör modülünün MAC adresi, kaynak adres ise ZigBee sensör modülünün MAC adresi olması gerekmektedir. Sensör modülü tarafından gönderilen mesaj koordinatör tarafından merkezi bilgisayara CAN hattı üzerinden gönderilecektir. Ancak, burada temel problem ZigBee mesajının adres tabanlı, CAN mesajının ise mesaj tabanlı olmasıdır. Çünkü CAN mesajı içerisinde gönderici veya alıcının MAC adresi bulunmamaktadır. Bu problemin ortadan kaldırılması için ZigBee mesajı içerisinde bulunan sensör modülüne ait 48 bitlik MAC adresi iki parçalanarak ilk 24 bit CAN mesajı içerisinde bulunan 29 bitlik tanımlayıcı alanın son 24 bitine, son 24 bit ise CAN mesajı içerisindeki 64 bitlik sensör veri alanının ilk 24 bitine gömülmüştür. Burada, ZigBee mesajının içerisindeki sensör verisi ile CAN mesajı içerisindeki sensör verisi alanlarının maksimum 40 bit olmasına neden olmaktadır. Bu sebeple, sensör modülünün

maksimum 40 bitlik sensör verisi gönderecek şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Kablosuz sensör ağları, güvenilirlik, esneklik, maliyet verimliliği ve özellikle düşük güç tüketimleri nedeniyle son zamanlarda yapılan çalışmalarda yoğun ilgi görmektedir. Mevcut kablolu ağların çalışmasının mümkün olmadığı yerlerde kullanılabilmesi de geniş bir yelpazede rahatlıkla kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır. Ayrıca, mekânsal, zamansal ve tahminsel değişkenlikler gibi birçok faktörün etkisi altında olan tarım sektörüne, kablosuz sensör ağlarının değişkenliklerin belirlenmesi, toplanması ve değerlendirilmesi konularında yardımcı olabilecektir. Ancak, tarımsal mekanizasyonda, ISO 11783 standardı olarak bilinen kablolu bir CAN ağı bulunmaktadır. Bundan dolayı, tarımsal sensör ağlarının tamamen kablosuz olarak yeniden dizayn edilmesi değil, mevcut kablolu sistemin üzerine entegre edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmada, güncel olarak kullanılan bazı kablosuz sensör ağları hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca, bazı avantajlarından dolayı araştırmacıların önerdiği kablosuz ZigBee ağı ile kablolu CAN ağı uyumlu, tarımsal bir sensör ağ modeli önerisinde bulunulmuştur. Önerilen ağ modeli içerisindeki veri trafiğinin nasıl olması gerektiği açıklanmaya çalışılmıştır. Tasarlanan tarımsal ağ modelinin benzer konularda çalışma yapan araştırmacılara yardımcı olacağı düşünülmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Baker, N. 2005. ZigBee and bluetooth - Strengths and weaknesses for industrial applications. *Comput.Control. Eng.* 16: 20-25.
- Bansal, R.K., Gupta, V., Malhotra, R. 2010. Performance Analysis of Wired and Wireless LAN Using Soft Computing Techniques- A Review. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 10(8): 67-71.
- Baronti, P., Pillai, P., Chook, V.W., Chessa, S., Gotta, A., Hu, Y.F. 2007. Wireless Sensor Networks: A Survey on the State of the Art and the 802.15.4 and ZigBee Standards. *Computer Communications*, 30, 1655-1695.
- Buratti C, Conti A, Dardari D, Verdone R. 2009. An Overview on Wireless Sensor Networks Technology and Evolution. *Sensors*. 9(9):6869-6896.
- Camilli, A., Cugnasca, C. E., Saraiva, A. M., Hirakawa, A. R., Correa, P. L. P. 2007. From Wireless sensor to field mapping: Anatomy of an application for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 58: 25-36.
- Christin, D., Mogre, P.S., Hollick, M. 2010. Survey on Wireless Sensor Network Technologies for Industrial Automation: The Security and Quality of Service Perspectives. *Future Internet*. 2(2):96-125.
- Darr, M.J., T.S. Stombaugh, J.K. Ward, and M.D. Montross. 2003. Development of a Controller Area Network Based Handheld Data Acquisition System for Identity Preservation. ASAE Paper No. 031103. Annual International Meeting, Riviera Hotel and Convention Center, Las Vegas, Nevada, July 27-30.
- De Biasi, M., Snickars, C., Landerns, K., Isaksson, A.J. 2008. Simulation of Process Control with WirelessHART Networks Subject to Packet Losses. In Proceedings of the Conference on Automation Science and Engineering (CASE), Washington, DC, USA.
- Ekiz, H., Kutlu, A., Baba, M.D., 1996. Performance Analysis of a CAN / CAN Bridge, International Conference on Network Protocols (ICNP '96), 181-188.
- Elahi, A., Gschwender, A. 2009. ZigBee Wireless Sensor and Control Network. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 07458.
- Farsi, M., Ratcliff, K., Barbosa, M., 1999. An Overview of Control Area Network, IEE Computing and Control Engineering Journal, 10(3): 113-120.
- Fellmeth, P. 2003. CAN-based tractor – agricultural implement communication ISO 11783. *CAN Newsletter* September 2003.
- Galeev, M. 2004. Home Networking with ZigBee. <http://www.embedded.com/design/connectivity/4006430/Home-networking-with-Zigbee> (Erişim: Nisan 2013).
- Heile, B. 2009. ZigBee Smart Energy: The New Frontier for Energy Efficiency. <http://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/09-4841.pdf> (Erişim: Nisan 2013).
- Hopkins, A., 2003. Controller Area Networks, Computer Science Seminar Spring, Minnesota.
- IEEE, 2001. Get IEEE 802: Local and Metropolitan Area Network Standards. <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802-2001.pdf> (Erişim: Nisan 2013).
- ISA, 2009. ISA-100.11a-2009, Wireless Systems for Industrial Automation: Process Control and Related Applications. <http://www.isa.org> (Erişim: Nisan 2013).
- Jedermann, R., Behrens, C., Westphal, D., Lang, W. 2006. Applying autonomous sensor systems in logistics - Combining sensor networks, RFIDs and software agents. *Sens. Actuat. A-Phys.*, 132: 370-375.
- Karasulu, B., Toker, L., Korukoğlu, S. 2009. ZigBee - IEEE 802.15.4 Standartı Temelli Kablosuz Algılayıcı Ağları, INET-TR Konferansı, İstanbul, 2009.
- Lawrenz, W., 1995. World-wide Status of CAN- Present and Future. *proc. ICC'95 2. International CAN conference*, 0-12 0-25.
- Lawrenz, W., 1997. CAN System Engineering : From Theory to Practical Applications, Springer-Verlag, New York.
- Lehr, W. and Chapin, J., 2010. On the convergence of wired and wireless access network architectures, *Information Economics and Policy*, 22(1):33-41.
- Microchip Inc., 2003. High Speed CAN Transceiver Datasheet, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/21667f.pdf> (Erişim: Nisan 2013).
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., Robla, I. 2009. A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends. *Sensors*, 9, 4728-4750.
- Scheible, G., Dzung, D., Endresen, J., Frey, J.E. 2007. Unplugged but Connected - Design and Implementation of a Truly Wireless Real-time Sensor/Actuator Interface. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 1, 25-34.
- Steigman, R., Endresen, J. 2009. Introduction to WISA and WPS. <http://www.abb.com> (Erişim: Nisan 2013).
- Strauss, C., Cugnasca, C.E., Saraiva, A.M., Hirakawa, A.R. 1999. Application of the CAN and ISO 11783 protocols to a Planter Monitor In: 3th International Multiconference on Circuits, Systems, communications and Computers-IMACS/IEEE, Atenas, 1999.
- Tindell, K., Burns, A., Wellings, A., 1995. Calculating Controller Area Network, (CAN) Message Response Time, *Control Engineering Practice*, 3(8):1163-169.
- Unal, İ. 2006. CAN (Control Area Network) Üzerinden PIC Programlama, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Valada, A., Kohanbash, D., Kantor, G.A. 2010. Design and Development of a Wireless Sensor Network System for Precision Agriculture. Technical Report: CMU-RI-TR-10-21, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, USA.
- Wang, N., Zhang, N.Q., Wang, M.H. 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry – Recent development and future perspective. *Comput. Electron. Agric.*, 50: 1-14.
- Willig, A. 2008. Recent and emerging topics in Wireless industrial communication. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 4(2): 102-124.

Seralar İçin Bluetooth Tabanlı Kablosuz Ölçüm Sisteminin Tasarımı: Prototip Geliştirme ve Uygulama

Mehmet Ali DAYIOĞLU

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 06130-Aydınlıkevler-Ankara
dayioglu@agri.ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 06.05.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 19.06.2013

Özet: Bu araştırma çalışmasında, seralar için Bluetooth tabanlı kablosuz ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Sistemin prototip uygulaması sera içinde kurulan deneylerle test edilmiştir. Sistem yönetici bilgisayar, CB-RSPA333 seri port adaptörü ve 2 kablosuz iletişim biriminden oluşmuştur. Her kablosuz iletişim biriminde PIC16F876 mikrodenetleyicisi, CB-SPA331 Bluetooth modülü ve birer adet SHT11 ve DS18B20 sensörleri bulunmaktadır. Sistem sera dışındaki yönetici bilgisayardan gönderilen komutlara göre, sera içindeki kablosuz birimlerin kontrolü, bilgisayara verilerin aktarılması ve kaydedilmesi, gerçek zamanlı monitörleme işlemlerini yapacak şekilde programlanmıştır. Test çalışmalarında bitkinin tepe ve alt seviyelerindeki hava, toprak sıcaklıkları ve bağıl nem verileri ölçülmüştür. Tipik bir yaz gününde kablosuz olarak kaydedilen verilere göre, bitkinin tepe ve alt taraflarındaki hava sıcaklıkları sırasıyla 12.1°C - 36.2°C ile 13.9°C - 31.7°C aralıklarında değişmiştir. Bağıl nem değişimleri sırasıyla % 19.9 - 67.3 ile %25.9 - %72.1 aralığında ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Sera, Bluetooth, kablosuz iletişim, mikrodenetleyici, veri toplama

Design of Wireless Data Acquisition System Based on Bluetooth for Greenhouses: Prototype and Implementation

Abstract: In this study, a wireless data acquisition system based on Bluetooth for greenhouses was designed. The prototype application of system was tested with experiments which were located in greenhouse. System was consisted of a host computer, CB-RSPA333 serial port adapter a two wireless communication units. There are PIC16F876 microcontroller, CB-SPA331 Bluetooth module, an SHT11 and a DS18B20 in each wireless unit. The system was programmed by means controlling of wireless units, data transferring and recording to host computer, and real-time monitoring according to commands sent from host computer located outside greenhouse. In test studies, air and soil temperatures and relative humidity data at top and bottom of crops were measured. According to wirelessly recorded data on typical summer day, air temperatures at top and bottom of crops were changed between 12.1°C - 36.2°C and 13.9°C - 31.7°C, respectively. Relative humidity data were measured between % 19.9 - 67.3 and %25.9 - %72.1, respectively.

Key words: Greenhouse, Bluetooth, wireless communication, microcontroller, data acquisition

GİRİŞ

Modern tarımsal üretimin tüm süreçlerinde çevresel (sıcaklık, yağış, nem vb.), bitkisel üretim (toprak nemi ve besin seviyeleri, hastalık ve zararlıların izlenmesi, sulama gibi), hayvansal üretim (izlenebilirlik, kimlik, süt verimi, aşılama gibi) ve soğuk zincir verilerine gereksinim duyulmaktadır. Sahadan verilerin toplanması, bu verilerin gerekli nokta ya da noktalara iletilmesi ve analizi önemli bir sorundur.

Sahadaki veriler fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri elektriksel büyüklüklere dönüştüren sensörler

ile ölçülmektedir. Bu verilerin iletilmesi kablolu ya da kablosuz olarak yapılabilmektedir. Karmaşık ortamlarda birbirinden farklı birçok ölçüm ve kontrol cihazının iletişiminde kablo kullanması sorun yaratmaktadır.

Kablosuz iletişim teknolojisi kablolu iletişimin yol açtığı maliyet, montaj ve yönetim sorunlarına etkin çözümler sunabilmektedir. Kablosuz iletişimde lisanssız olarak ayrılmış belirli frekanslardaki radyo (RF) dalgaları kullanılmaktadır.

Son 13 yılda, Bluetooth (IEEE 802.15.1), ZigBee (IEEE 802.15.4), UWB (IEEE 802.15.3), Wi-Fi (IEEE

802.11b/g/n) ve WiMax (IEEE 802.16e) gibi standardize edilmiş kablosuz teknolojiler, gerek günlük yaşamımızda gerekse sanayide, etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Chandra ve ark., 2008). Bu teknolojiler arasında günlük yaşamımızda kısa mesafelerde (10 – 100 m) kullanılan Bluetooth tabanlı uygulamalar (sayısal kamera, yazıcı, dizüstü bilgisayar, el bilgisayarı, cep telefonu, fare ve klavye) dikkat çekmektedir.

Bluetooth ile iletişim lisanssız ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandında FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) frekans atlama tekniğini kullanır. Bluetooth teknolojisi güvenilir ve etkili bir haberleşme sağlar. Veri paketlerini farklı kanallardan 2,402 GHz ile 2,480 GHz bandında gönderir. Sinyal 1 MHz'lik aralıklarla 79 frekans atlaması ile saniyede ortalama 1600 atlama yaparak tam çift yönlü (full duplex) olarak iletilir (Chandra ve ark., 2008).

Bluetooth bağlantısı yönetici-katılımcı (master-slave) haberleşmesine dayanır. Bluetooth sistemi genel olarak küçük ağ (piconet) ya da birçok küçük ağdan oluşan dağıtık ağ (scatternet) topolojisine göre tasarlanabilir.

Düşük güç tüketimi ve 1000 m'ye kadar uzun menzile sahip yeni nesil Bluetooth teknolojisi sanayide veri toplama ve kontrol işlemlerinde kullanılmaya başlamıştır. Dolayısıyla, endüstriyel seviyede kullanıma uygun olan Bluetooth'lu cihazlar bitkisel ve hayvansal üretimin tüm süreçlerinde aktif olarak kullanılabilir.

Tarımın farklı alanında kablosuz ağ teknolojisi ile toprak sıcaklığının ölçümü (Hamrita ve Hoffacker, 2005), toprak neminin izlenmesi (Bogena ve ark. 2007), tarlada bölgeye özel sulama (Kim ve ark. 2008), hassas bağcılık (Morais ve ark., 2008), hava durumu ve don olayının gerçek zamanlı takibi (Pierce ve Elliot, 2008) örnek uygulamalardan bazılarıdır.

Serodio ve ark. (2001) seralar için farklı platformlarda çalışan CAN (Controller Area Network), RF kablosuz bantlarını (433 MHz ve 458 MHz), Ethernet ve internet teknolojilerini kullanarak veri toplama ve kontrol işlemlerini yapan bir sistem geliştirdiler.

Lea-Cox ve ark. (2007) sıcaklık, nem, elektriksel iletkenlik, fotosentez etkili ışınım ve yaprak ıslaklığını anlık ölçmek üzere bir kablosuz sensör ağı tasarlamışlardır. Sistemin daha az hastalık oluşumu ile birlikte daha etkin su ve gübre kullanımı sağladığını bildirmişlerdir.

Dae-Heon Park ve Jang-Woo Park (2011) serada yaprakların ve bitkilerin üstünde çiyin yoğunlaşmasıyla ortaya çıkabilecek mantar ve bakteriyel hastalıkları önlemek için kablosuz sensör ağına dayalı kontrol sistemi geliştirmişlerdir.

Yu ve ark. (2013) tarımda toprak nemi ölçümünde kullanılabilecek farklı sinyal frekanslarına (433, 868 ve 915 MHz) sahip melez kablosuz sensör ağı üzerine özel protokoller ve topolojiler geliştirdiler.

Sera içindeki sıcaklık, bağıl nem ve ışık seviyelerinin izlenmesi için kablosuz sensör ağları teknolojisini kullanan özel tasarımlar da mevcuttur (Wang ve ark., 2008, Garzon ve Riveros 2010, Zhiyuan ve ark., 2012).

Bu araştırma çalışmasında, sera çevresinde ölçüm yapabilen Bluetooth tabanlı kablosuz iletişim sistemi prototip olarak tasarlanmıştır. Sistem yönetici bilgisayar, Bluetooth adaptörü ve kablosuz iletişim birimlerinden oluşmuştur. Sistem sera dışındaki yönetici bilgisayardan gönderilen komutlara göre, sera içindeki kablosuz birimlerin kontrolü, bilgisayara verilerin aktarılması ve kaydedilmesi ile gerçek zamanlı monitörleme işlemlerini yapacak şekilde programlanmıştır. Test çalışmalarında bitkinin tepe ve alt seviyelerindeki hava, toprak sıcaklıkları ve bağıl nem verileri kablosuz olarak ölçülmüş ve sayısal veriler irdelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

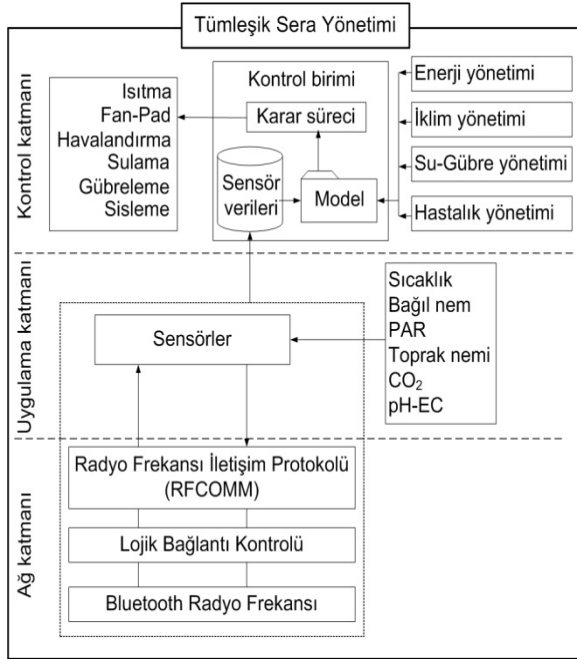
Sistem Tasarımı

Modern seralar için Bluetooth mimarisine uygun Şekil 1'de gösterilen üç katmanlı iletişim sistemi önerilmiştir. Bu sistem tümleşik sera yönetimi kavramını kullanan ağ katmanı, uygulama katmanı ve kontrol katmanından oluşur.

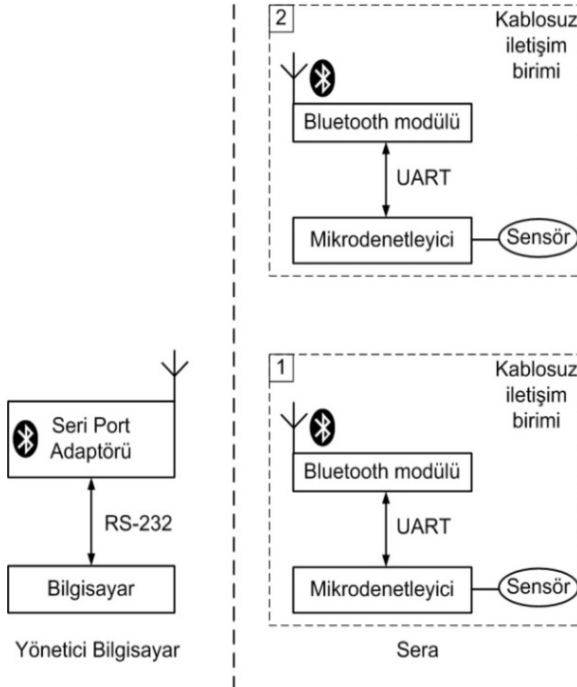
Bluetooth İletişim Sistemi

Kablosuz iletişim sistemi Şekil 2'de gösterildiği gibi sera dışında Bluetooth bağlantılı yönetici bilgisayar (master) ile sera içine yerleştirilen kablosuz iletişim birimlerinden (slave) oluşmaktadır. Sistem piconet topolojisine göre düzenlenmiştir. Burada ana bilgisayara 7 kablosuz iletişim birimi bağlanabilir.

Yönetici olarak görev yapan ana bilgisayarın kablosuz iletişime uygun hale getirilmesi için CB-RSPA333S seri port adaptörü (ConnectBlue, 2011) kullanılmıştır. Teknik özellikleri Çizelge 1'de verilen Bluetooth adaptörü bilgisayara RS-232 yada RS-485 arabirimleri ile bağlanabilmektedir.



Şekil 1. Seralar için önerilen Bluetooth tabanlı iletişim mimarisi



Şekil 2. Sera için önerilen Bluetooth iletişim sistemi

Çizelge 1. Sistemde kullanılan Seri Port Adaptörü ve Bluetooth Modülünün teknik özellikleri

| | Yönetici tarafı | Sera tarafı |
|------------------|----------------------------|----------------|
| Model | CB-RSPA333S | CB-SPA331-x |
| Tipi | Bluetooth 2.0, Sınıfı 1 | |
| Menzil | 300 m açık alan | |
| Çıkış frekansı | 2.402 -2.480 GHz, ISM band | |
| Bağlantı | Bir yönetici + 7 katılımcı | |
| Veri iletim hızı | 300-115200 kb/s | |
| Arabirim | RS232-RS485 | UART, MAX232 |
| RF çıkış gücü | 20 dBm | 16.9 dBm |
| | 100 mW | 49 mW |
| Güç kaynağı | 8-30 VDC | 3-6 VDC |
| Akım tüketimi | 10 - 50 mA@9 V | 17-22 mA@3.3 V |
| Anten | Dış | Dış/iç |
| Kutu, koruma | Metal, IP65 | - |

İletişim Birimi Devre Tasarımı

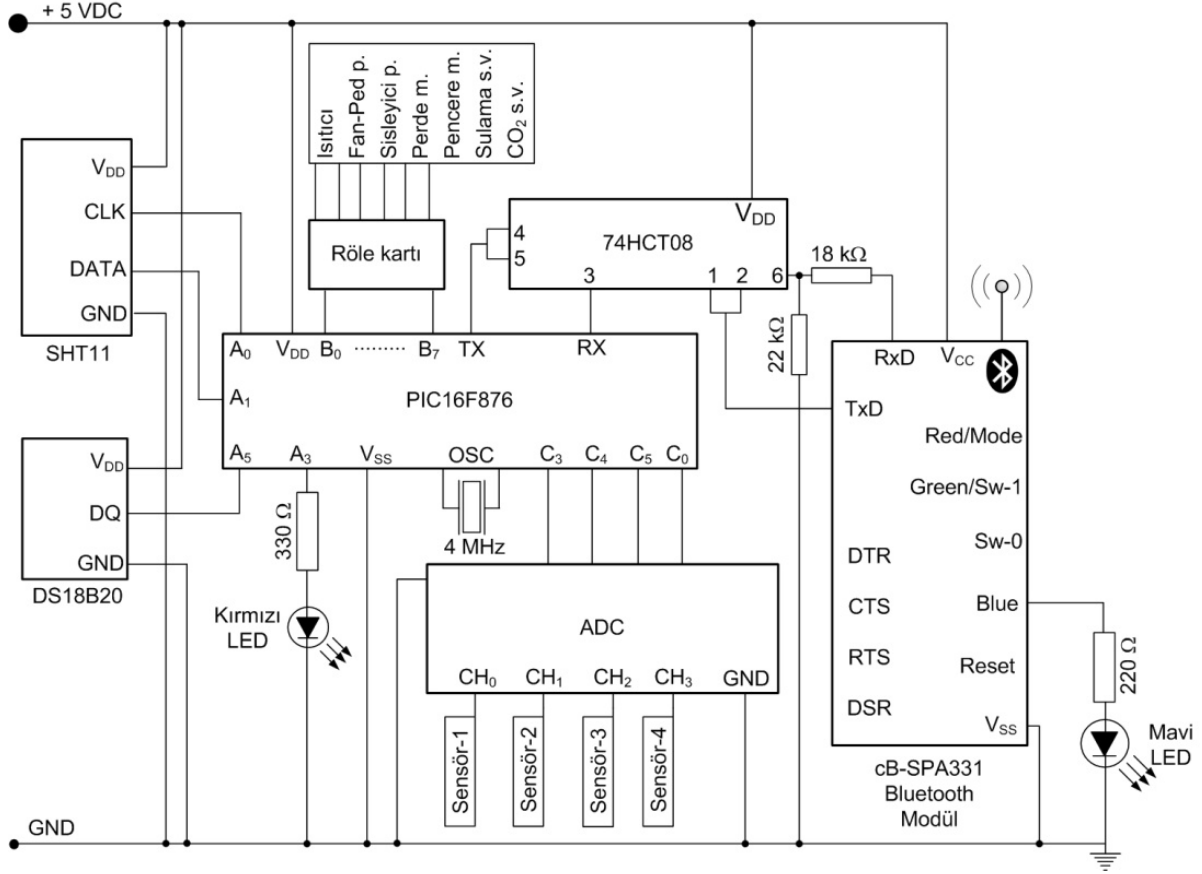
Sera içindeki kablosuz iletişim için Şekil 3'de şematik olarak gösterilen elektronik devre tasarlanmıştır. Devre sera içindeki büyüklüklerin analog ve dijital olarak ölçümü ile sera donanımlarının kontrol edilmesinde esnek özelliklere sahiptir. Devrede PIC16F876 (Microchip) mikrodenetleyici, CB-SPA331-x Bluetooth iletişim modülü (ConnectBlue, 2011), 74HCT08 AND kapısı, SHT11 (Sensirion, 2011) dijital sıcaklık-bağıl nem sensörü, DS18B20 (Maxim) dijital sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Mikrodenetleyici +5 VDC güç kaynağı ve 4 MHz'lik osilatör ile çalıştırılmıştır.

Mikrodenetleyici içinde 8 K kalıcı bellek, 368 bayt RAM, 256 bayt EEPROM, 20 MHz kadar osilatör girişi, 22 I/O portu, 5 ADC girişi ve 1 UART (RX,TX) bulunan 28 bacaklı bir mikroişlemci yongadır. PIC16F876 yongasının port bağlantıları Çizelge 2'de verilen detaylara göre yapılmıştır.

SHT11 tek bir yonga içerisinde sıcaklık ve bağıl nemin dijital olarak ölçümünde kullanılmıştır.

Çizelge 2. PIC16F876 port bağlantıları

| PIC16F876 | Devre bileşenleri |
|---|--------------------------|
| A ₀ | SHT11 – DATA |
| A ₁ | SHT11 – CLK |
| A ₃ | Kırmızı LED |
| A ₅ | DS18B20 |
| B _{0...B₇} | Röle kartı |
| C ₀ C ₃ C ₄ C ₅ | 12 bit ADC |
| C ₆ | 74HCT08 – BT modül – RxD |
| C ₇ | 74HCT08 – BT modül – TxD |



Şekil 3. Seralar için tasarlanan kablosuz iletişim birimi devre şeması

Her SHT11 sensörü imalat sırasında hassas nem odasında tek tek kalibrasyon işlemine tabi tutulmakta ve elde edilen kalibrasyon katsayıları kendi yongası içindeki OTP (One Time Programable) hafızasına kaydedilmektedir. Bu katsayılar sıcaklık ve nem için ayrı ayrı kalibre edilmiş dijital sinyallerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu sensörlerin sertifikalı ölçüm cihazlarıyla test edilmesine gerek kalmadan, doğrudan kullanımı kolay ve esnek çözüm sağlamaktadır (Sensirion Calibration Certification, 2010). Ayrıca, devrede tek veri hattı üzerinden seri olarak bağlanabilen DS18B20 dijital sıcaklık sensörü de kullanılmıştır. Her DS18B20 sensörü kendi okunabilir hafızasında kayıtlı 64 bitlik adrese sahip olup, sensör çıkışı fabrikada dijital olarak kalibre edilmiştir. SHT11 ve DS18B20 sensörlerine ilişkin ayrıntılı teknik özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

PIC16F876 yongasının B portları (B₀...B₇) röle kartı için, C₀ C₃ C₄ C₅ portları analog-dijital çeviricinin (ADC)

bağlanması için ayrılmıştır. B portları serada ısıtma, soğutma, sisleme, sulama, gölgeleme, havalandırma sistemlerinin kontrol edilmesini sağlar.

Mikrodenetleyici ve Bluetooth modülü arasında yüksek hızlı iletişim elde etmek için 74HCT08 (4 adet 2 girişli AND kapısı) yongası tampon olarak bağlanmıştır. Burada, yüksek seviyeli (+5 V) dijital sinyalleri UART-TxD ve UART-RxD lojik seviyesine çekmek (3 V) için AND kapısı ile birlikte Şekil 3’de gösterildiği gibi 18 kΩ/22 kΩ dirençleri kullanılmıştır. Yönetici tarafında kullanılan Bluetooth adaptörü ve sera tarafında kullanılan Bluetooth modüllerine ilişkin teknik özellikler Çizelge 1’de bir arada verilmiştir.

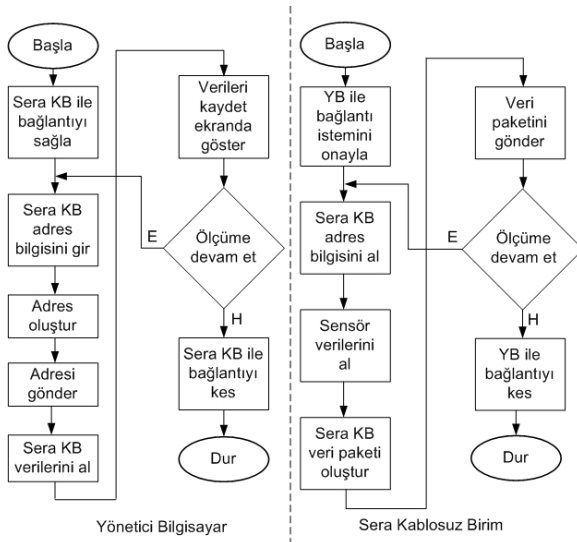
Program Geliştirme

Yönetici bilgisayarda (YB) Borland Delphi 7.0 ve kablosuz iletişim birimlerinde (KB) MikroPascal 6.0.0.2 ile yazılan programlar kullanılmıştır. Her iki programın akış şemaları Şekil 4’de verilmiştir.

Çizelge 3. SHT11 ve DS18B20 teknik özellikleri

| Parametre | SHT11* | | DS18B20 |
|-----------------------------|-----------------------|--------|--------------------|
| | T (°C) | RH (%) | |
| Ölçüm aralığı | -40/124 | 0/100 | -55/125°C |
| Çözünürlük | 14 bit | 12 bit | 12 bit |
| Hassasiyet | ±0.4 | ± 3 | ±0.5 °C |
| Yinelenebilirlik | ±0.1 | ±0.1 | ±0.1 °C |
| Histerizis | - | ±1 | - |
| Güç tüketimi | 5 mW | | 5 mW |
| Güç kaynağı | 2.4 – 5.5 VDC | | 3-5.5 VDC |
| İletişim | İki telli | | Tek telli |
| Ölçüm için EK çevrim süresi | 255 ms (14/12 bit) | | 750 ms (12 bit) |
| Kalibrasyon | Fabrika OTP | | Fabrika ROM |

*T: Sıcaklık, RH: Bağıl nem, EK: En küçük

**Şekil 4. Yönetici bilgisayar ile sera kablosuz birimleri için program akış şemaları**

Yönetici bilgisayar ve kablosuz birimler arasındaki seri iletişim ayarları (port, veri iletim hızı, data bitleri, parite, stop biti ve akış kontrolü) sırasıyla COM1, 2400, 8, none, 1, none olarak yapılmıştır.

Öncelikli olarak sahada bulunan her Bluetooth adaptör ve modüllerin 48 bitlik on altı adres bilgileri tespit edilmiştir. Adres bilgileri cihazların birbirini tanıması için kalıcı belleklerine kaydedilmiştir. Ayrıca, cihazların temel ayarları, güvenlik, yönetici-katılımcı (master-slave), bağlantı ve tarama profillerinin konfigürasyonu için AT komut seti kullanılmıştır.

Kablosuz birimlerin yönetici bilgisayar ile birlikte, sensör, modül ve diğer çevre bileşenleriyle uyumlu çalışması için bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım mikrodenetleyicinin kalıcı belleğine HEX uzantılı olarak aktarılmıştır. Yönetici bilgisayardan gelen adrese göre her kablosuz birim kendine bağlı olan sensörlerden ölçüm yapmakla sorumludur. Kablosuz birimler sensör verileriyle birlikte kendini tanımlayan veri paketini yönetici bilgisayara sırası gelince aktarır. Yönetici bilgisayar ile seradaki kablosuz birimler arasında adrese dayalı olarak sırasıyla iletişim kurulur. Yönetici bilgisayar 1 dakika aralıkla her kablosuz birime bağlantı istemini sırayla gönderir. Adres bilgisi uygun olan kablosuz birim (KB) ölçüm yaparak kendi veri paketini hazırlar. Kablosuz birim tarafından yönetici bilgisayara gönderilen veri paketi gerçek zamanı esas olarak kaydedilir. Yönetici bilgisayar için yazılan grafik arayüz programı sensör verilerini görsel izleme olanağı sağlar.

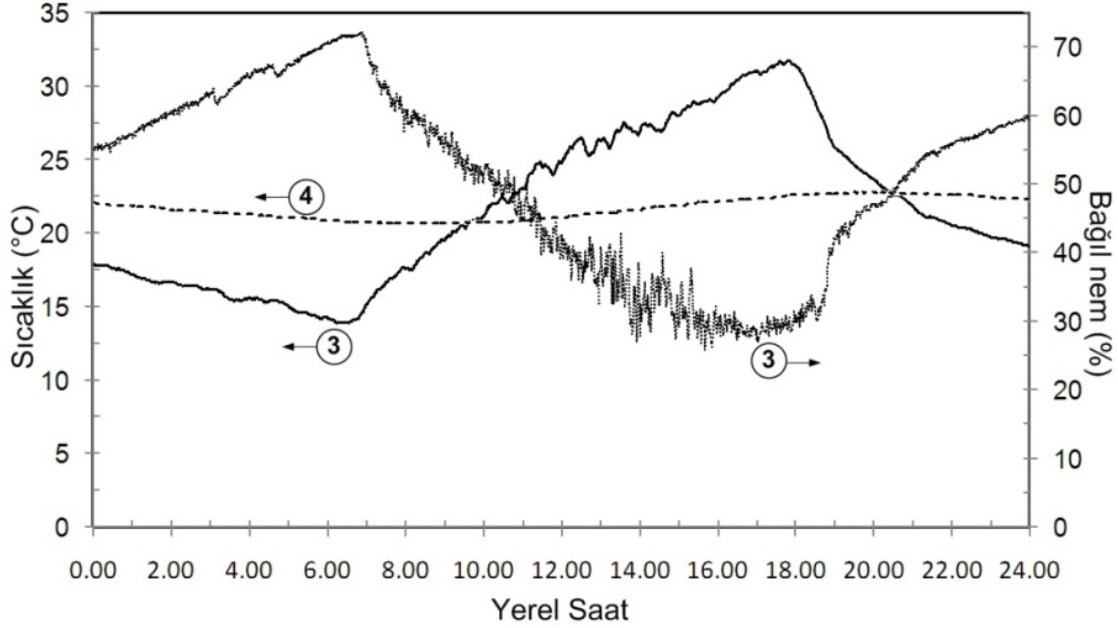
Serada Uygulama Geliştirme

Test deneyleri 64 m² büyüklüğündeki Venlo tip serada 7 sıra (0.9 × 0.4 m) 98 sırk domates bitkisi (Beta Riva F1) bulunan koşullarda yapılmıştır. Oluk altı yüksekliği 3 m ve mahya yüksekliği 4 m olan seranın galvaniz çelik konstrüksiyonu 4 mm kalınlığında çift kat polikarbonat örtü ile kaplıdır.

Seralarda kablosuz olarak ölçüm yapabilecek bir sistemin prototipi geliştirilmiştir. Sistem prototipi bir yönetici bilgisayar (master), iki kablosuz iletişim biriminden (slave) oluşmaktadır. Her birimde birer adet mikrodenetleyici, Bluetooth modülü, hava ve toprak sıcaklık sensörleri ile nem sensörleri vardır.

Deney serası içine kurulan Bluetooth'lu kablosuz ölçüm sisteminin yerleşimi Şekil 5'de şematik olarak gösterilmiştir. Kablosuz iletişim birimleri bitki tepesi ve zemin olarak iki farklı yükseklikte yerleştirilmiştir.

(1) ve (2) nolu sensörler zeminden 2 m yüksekliğe bitki üstüne, (3) nolu sensör zemin seviyesine (h=0.1 m) ve (4) nolu sensör toprağın 0.05 m altına yerleştirilmiştir. Burada (1) ve (3) nolu sensörler (SHT11) havanın sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde, (2) ve (4) nolu sensörler (DS18B20) sırasıyla buldukları noktaların sıcaklık ölçümünde kullanılmıştır. İletişim birimleri seranın ortasında güney duvarına 3 m uzaklıktadır. Yönetici bilgisayar kablosuz iletişim birimlerinden yaklaşık 30 m uzaklıktadır.



Şekil 7. Serada bitki standının alt tarafında (3) nolu sensör (SHT11) ile hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçümü; (4) nolu sensör (DS18B20) ile toprak sıcaklığı ölçümü ve günlük değişimleri

Çizelge 4. SHT11 ve DS18B20 sıcaklık verilerinden hesaplanan bazı istatistiksel parametreler*

| | | Saat dilimleri | SS | AO | EK | EB |
|----------------|-------------|----------------|------|------|------|----|
| SHT11-(1) °C | 00:00-06:00 | 0.97 | 14.2 | 12.5 | 16.0 | |
| | 06:00-12:00 | 6.44 | 22.1 | 12.1 | 32.1 | |
| | 12:00-18:00 | 1.17 | 33.9 | 31.7 | 36.2 | |
| | 18:00-24:00 | 5.23 | 22.7 | 17.4 | 33.7 | |
| DS18B20-(2) °C | 00:00-06:00 | 0.94 | 14.7 | 13.0 | 16.6 | |
| | 06:00-12:00 | 6.06 | 22.8 | 12.6 | 32.6 | |
| | 12:00-18:00 | 1.48 | 32.9 | 28.3 | 36.9 | |
| | 18:00-24:00 | 4.47 | 22.4 | 17.8 | 34.3 | |
| SHT11-(3) °C | 00:00-06:00 | 1.02 | 16.1 | 14.2 | 17.9 | |
| | 06:00-12:00 | 3.45 | 19.4 | 13.9 | 24.9 | |
| | 12:00-18:00 | 1.98 | 28.3 | 24.8 | 31.7 | |
| | 18:00-24:00 | 3.36 | 22.9 | 19.1 | 31.5 | |
| DS18B20-(4)°C | 00:00-06:00 | 0.32 | 21.5 | 20.9 | 22.1 | |
| | 06:00-12:00 | 0.12 | 20.8 | 20.6 | 21.1 | |
| | 12:00-18:00 | 0.43 | 21.8 | 21.1 | 22.6 | |
| | 18:00-24:00 | 0.13 | 22.6 | 22.3 | 22.8 | |

* SS: Standart sapma, AO: Aritmetik ortalama, EK: En Küçük, EB: En Büyük.

Çizelge 5. SHT11 bağıl nem verilerinden hesaplanan bazı istatistiksel parametreler

| | | Saat dilimleri | SS | AO | EK | EB |
|-------------|-------------|----------------|------|------|------|----|
| SHT11-(1) % | 00:00-06:00 | 6.72 | 55.9 | 43.7 | 65.9 | |
| | 06:00-12:00 | 11.29 | 49.1 | 29.7 | 67.3 | |
| | 12:00-18:00 | 3.95 | 27.4 | 19.9 | 38.0 | |
| | 18:00-24:00 | 7.64 | 37.1 | 20.8 | 47.7 | |
| SHT11-(3) % | 00:00-06:00 | 4.47 | 62.7 | 54.7 | 70.6 | |
| | 06:00-12:00 | 9.38 | 56.8 | 39.3 | 72.1 | |
| | 12:00-18:00 | 4.27 | 32.8 | 25.9 | 42.9 | |
| | 18:00-24:00 | 8.91 | 49.5 | 29.3 | 60.0 | |

Şekil 6 bitki üstündeki (1 - 2) hava sıcaklıkları ile bağıl nem verilerini göstermektedir. Toplanan verilere göre, bitki üst tarafında SHT11 sensörüyle ölçülen sıcaklıklar 12.1°C ile 36.2°C arasında değişmiştir. Aynı yükseklikte DS18B20 sensörüyle ölçülen sıcaklık değişimleri 12.6°C ile 36.9°C arasındadır. Bitkinin üst tarafında ölçülen bağıl nem seviyesi % 19.9'a kadar düşmüş, buna karşın gece saatlerinde % 67.3 seviyesine kadar yükselmiştir.

Şekil 7'de bitkinin alt seviyesinde (3 - 4) ölçülen hava ve toprak sıcaklıkları ile bağıl nem verileri grafik olarak çizilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre, toprağın

0.1 m üstünde SHT11 sensörüyle ölçülen sıcaklıklar 13.9°C ile 31.7°C arasında değişmiştir.

Toprağın 0.05 m altında DS18B20 sensörüyle ölçülen sıcaklık değişimleri 20.9°C ile 22.8°C aralığında kalmıştır. Bitkinin alt seviyesindeki bağıl nem değerleri %25.9 ve %72.1'dir.

Sıcaklık grafikleri irdelendiğinde öğle saatlerinde üst taraf alt taraftan en fazla 8.2°C daha sıcak, gece saatlerinde alt taraf 2.2°C daha sıcaktır. Bağıl nemde gündüz saatlerinde transpirasyon nedeniyle ani değişimler gözlenebilmektedir. Gece saatlerinde alt taraftaki bağıl nem 20 birim daha yüksektir.

Sera içinde farklı lokasyonlardaki sıcaklık ve bağıl nem değişimleri mikroklima ve bitki fizyolojisi açısından önemli olmaktadır. Bitkinin üstü daha fazla güneş ışınımına maruz kaldığı için öğle saatlerinde sıcaklık artarken bağıl nem düşer. Akşam ve gece ise sıcaklık düşerken bağıl nem artar. Grafiklerde (1) ve (2) noktalarında ölçüm yapan SHT11 ve DS18B20 arasındaki sıcaklık farkı (1-2°C) öğle saatlerinde direkt güneş ışınımından kaynaklanmaktadır. SHT11 sensörü direkt güneş ışınımının etkisine karşı korunmuştur.

Sera için prototip olarak tasarlanan kablosuz ölçüm biriminin maliyeti yaklaşık 150 TL'dir. Bu maliyetlere yönetici bilgisayar ve mikrodenetleyici yazılımları dahil edilmemiştir. Ayrıca, RS485'e dayalı kablolu ile Bluetooth teknolojisine dayalı kablosuz ölçüm sisteminin karşılaştırılması için birim uzaklık başına olan maliyetler ölçüt olarak kullanılabilir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Sera çevresinde farklı ortamlarda oluşan sıcaklık ve bağıl nem en önemli iklim faktörlerinden ikisidir. Sera içinde yetiştirilen bitki sürekli değişen fiziksel ve fizyolojik koşullardan etkilenir. Bu etkileri kontrol altına almak için seranın endüstriyel bir tesis olarak yönetilmesi gerekir. Tümleşik sera yönetiminde kablosuz ölçüm ve kontrol sistemleri etkin bir şekilde kullanılabilir. Sanayide kablosuz iletişimde adaptör yada modül olarak kullanılan Bluetooth teknolojisi,

LİTERATÜR LİSTESİ

- Bogena H.R., Huisman J.A., Oberdorster C., Vereecken H., 2007. Evaluation of a low-cost soil water content sensor for wireless network applications, *J. Hydrology*, 344:32-42.
- Chandra, P., Dobkin, D. M., Bensky, A., Olexa, R., Lide D., Dowla F., 2008. *Wireless Networking: Know It All: Know It All*, Elsevier, p:558.

seralarda esnek ve çok fonksiyonlu çözümlerin sağlanmasına yardımcı olabilir. Bu çalışmada, sera çevresindeki verilerin ölçülmesi ve kontrol sinyallerinin iletilmesi için Bluetooth teknolojisine dayalı kablosuz iletişim sistemi tasarlanmıştır. Serada materyal ve enerji akışının yanı sıra, Bluetooth'a dayalı bilgi akışının kontrolü de önemli olmaktadır. Bitkiler yetiştirilirken çevresel faktörlerin bilinmesi, kontrol altında tutulması gereklidir. Dolayısıyla, kablosuz teknolojilerin kullanımı etkin ve esnek yönetim sağlayacaktır. Seralardan elde edilen ürünlerin miktarının artması, kalitenin yükselmesi ve maliyetlerin azalması beklentiler arasındadır. Bu çalışmada önerilen kablosuz sistemin seralarda kullanımı otomasyon açısından esnek ve ucuz bir çözüm sağlayabilir. Burada prototipi sunulan sistemin ileri sürümleri SCADA'nın bir parçası olarak kullanılabilir. Seranın farklı lokasyonlarına çok sayıda dağıtılacak kablosuz iletişim birimleri sera mikrokliması açısından detaylı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlar.

Standart gösterimler ve Kısaltmalar

- ADC : Analog dijital çevirici
AO : Aritmetik ortalama
CLK : Saat ucu
CTS : Clear to Send
DATA : Veri ucu
DSR : Data Set Ready
DTR : Data Terminal Ready
EB : En büyük
EK : En küçük
KB : Kablosuz birim
RTS : Request to send
RX : UART received data
SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition
SS : Standart sapma
UART : Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
UWB : Ultra wide band
TX : UART transmitted data
VDD : + 5 VDC
VSS: GND: 0 VDC: toprak
Wi-MAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access
YB : Yönetici bilgisayar

- Connectblue,2011. OEM Serial Port Adapter - Bluetooth Module, OEMSPA331 datasheet.
- Connectblue, 2011. RSPA333 Serial port Adapter, datasheet.
- Dae-Heon Park, Jang-Woo Park, 2011. Wireless Sensor Network-Based Greenhouse Environment Monitoring and Automatic Control System for Dew Condensation Prevention, *Sensors*, 11, 3640-3651.

- Garzon, C.A.L, Riveros, O.J.R, Temperature, humidity and luminescence monitoring system using Wireless Sensor Networks (WSN) in flowers growing, ANDESCON, 2010 IEEE, 2010, Pages: 1 – 4.
- Hamrita T.K., Hoffacker, E.C., 2005. Development of a smart wireless soil monitoring sensor prototype using RFID technology, *Applied Eng. in Agric.*, 21:139–143.
- Kim Y., Evans R.G., 2008. Iversen W.M. Remote sensing and control of an irrigation system using a distributed wireless sensor network. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 57:1379–1387.
- Lea-Cox J.D., Kantor G., Anhalt J., Ristvey, A., Ross D.S, 2007. A wireless sensor network for the nursery and greenhouse industry. Southern Nursery Association Research Conference, 454-458.
- Morais R., Fernandes M.A., Matos S.G., Serodio C., Ferreira P., Reis M., 2008. A ZigBee multi-powered wireless acquisition device for remote sensing applications in precision viticulture, *Comput. Electron in Agr.*, 62:94–106.
- Pierce F.J., Elliott T.V., 2008. Regional and on-farm wireless sensor networks for agricultural systems in Eastern Washington. *Comput. Electron in Agr.*, 61:32–43.
- Sensirion, 2010. Calibration Certification.
- Sensirion, 2011. SHT11 datasheet, pp:11.
- Serodio C., Cunha J. B. Morais, R., Couto, C., Monteiro, J. 2001. A networked platform for agricultural management systems, *Comput. Electron in Agr.*, 31. 75-90.
- Wang C., Zhao C.J., Qiao X.J., Zhang X., Zhang Y.H., 2008. The design of wireless sensor networks node for measuring the greenhouse's environment parameters. *Comput. Computing. Technol. Agric.*, 259:1037–1046.
- Yu, X., Wua, P., Hana, W, Zhanga, Z., 2013. A survey on wireless sensor network infrastructure for agriculture, *Computer Standards & Interfaces* 35, 59–64.
- Zhiyuan GAO, Yingju JIA, Hongwei ZHANG, Xiaohui LI, 2012. A Design of Temperature and Humidity Remote Monitoring System based on Wireless Sensor Network Technology, *ICCECT.2012*, 896-899.

Tarımsal Faaliyetlerde Kullanılan Tek Silindirli Bir Motorda Bazı Parametrelerin Sürtünme Gücüne Etkisi

Zühtü MERT¹, Mustafa Bahattin ÇELİK²

¹Selçuklu Teknik Ve Endüstri Meslek Lisesi Motorlu Araçlar Teknolojisi Alanı, Konya
²Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Karabük
mertogretmen@gmail.com

Received (Geliş Tarihi): 07.05.2013 Accepted (Kabul Tarihi): 18.06.2013

Özet: Tarımsal mekanizasyonda, güç ihtiyacı yaygın olarak termik motorlarla sağlanmaktadır. İçten yanmalı motorlarda yakıttan elde edilen enerjinin önemli bir kısmı hareketli parçalar ve yardımcı mekanizmalardaki sürtünmeler nedeniyle kaybolmaktadır. Bu çalışmada tarımsal sulama da kullanılan tek silindirli buji ile ateşlemeli bir motorda bazı parametrelerin sürtünme gücüne etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca Piston segmanları düşük sürtünme katsayılı bir madde olan Hekzagonal Bor Nitrid ile kaplanarak sürtünme gücüne etkisi araştırılmıştır. Deneyler sonucunda sürtünme gücünün, artan motor hızı ile artış gösterdiği, Artan yağ sıcaklığı ile sürtünme gücünün azaldığı, yağ sıcaklığı 70°C üzerine çıktığında ise sürtünme gücünün yeniden arttığı tespit edilmiştir. Motorda sürtünmeye neden olan parçalar tek tek sökülerek her bir parçanın sürtünme gücüne etkileri tespit edilmiştir. Motor yükünün artması ile sürtünme gücünde azalma meydana gelmiştir. Sıkıştırma oranındaki artış ile beraber sürtünme gücü de artmıştır. Piston segmanları, düşük sürtünme katsayısına sahip katı yağlayıcı materyal olan Hekzagonal Bor Nitrid ile kaplanmış ve yapılan deneylerde bunun sürtünme gücünü azaltıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: sürtünme, kaplama, güç, motor, performans

Effect of Some Parameters on Friction Power a Single Cylinder Engine Used in Agricultural Operations

Abstract: Power requirement in agricultural mechanization internal combustion engines are widely available. An important part of the energy obtained from the fuel in internal combustion engines auxiliary mechanisms and moving parts are lost due to friction. In this study, irrigation or some of the parameters used in the single-cylinder spark ignition engine were investigated experimentally the effects of the friction force. Piston rings are also a low friction substance coated with Hexagonal Boron Nitride and friction force was investigated. As a result of experiments, the friction power, increases with increasing engine speed, the friction force decreases with increasing oil temperature, oil temperature rises above 70°C, the frictional force were increased again. Elements shown in the engine friction that causes the power to be removed from the effects of friction of each piece was determined. Low coefficient of friction material, which piston rings Hexagonal Boron Nitride coated with a solid lubricant and the strength of the friction reducing effect on the experiments that have been identified.

Keywords: Friction, Coating, Power, Engine, Performance

GİRİŞ

Ülkemiz şartlarında tarımsal ürün maliyetleri içerisinde enerji kullanımının, özellikle yakıt enerjisinin payının yüksek olması nedeniyle, motorlarda yakıt ekonomisi sağlamaya yönelik çalışmalar yaygınlaşmaktadır.

Motorlardan maksimum gücü, en ekonomik ve çevreyi kirletmeden alabilmek için yapılan çalışmalar

günümüzde hız kazanmış, özellikle bazı motor parametreleri üzerindeki araştırmalar yoğunlaşmıştır. Motorun bütün çalışma şartlarında volümetrik ve termik verimin artırılması, sürtünme kayıplarının en aza indirilmesi araştırmaların temelini oluşturmaktadır (Sekmen, 2003).

İçten yanmalı motorlarda silindir içerisinde yakılan karışımın yanması ile oluşan enerjinin tamamı faydalı

güç olarak krank milinden elde edilememektedir. Bunun nedeni üretilen enerjinin bir kısmının çeşitli nedenlerle kaybolmasıdır. Bu kayıplardan en önemlisi sürtünmeler yoluyla meydana gelen kayıplardır (Heywood, 1988).

Yapılan birçok deneysel çalışma da motor gücünün yaklaşık % 20-30 kadarlık kısmının sürtünmelere harcandığı tespit edilmiştir. Sürtünmeler en fazla piston-segman ile silindir arasında, krank mili yataklarında ve supap mekanizmasında meydana gelmektedir. Sürtünme kayıpları, düşük viskoziteli yağ kullanımı, yüksek yapışma ve yağlama özelliğine sahip yağ katkı maddelerinin yağa ilave edilmesi, hareketli parçalarının ağırlıklarının azaltılması, sürtünen parçaların yüzey kalitelerinin iyileştirilmesi ve hareketli parçaların düşük sürtünme sağlayan katı yağlayıcı materyaller ile kaplanması ile azaltılabilmektedir (Heywood, 1988).

Sürtünme Gücüne Etki Eden Parametreler

Sürtünme kayıpları direk olarak maksimum fren torkunu ve minimum fren özgül yakıt tüketimini etkilemektedir. İyi bir motor dizaynı ile ortalama bir dizayn arasındaki fark, çoğu kez sürtünme kayıpları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Sürtünme kayıplarının büyük bir kısmı soğutma suyuna ve motor yağına ısı enerjisi olarak geçer ve yağ soğutma sistemi ve radyatör aracılığıyla atılır. Bu yüzden sürtünme kayıpları motordaki soğutma sisteminin büyüklüğünü etkiler. İç güç ve fren beygir gücü sürtünmenin bulunmasında etkilidir. Sürtünme işi, silindir içinde çalışan akışkandan elde edilen ve pistona iletilen iş ile motorun krank milinden elde edilen faydalı işin arasındaki fark olarak tanımlanır (Heywood,1988).

Motorlarda sürtünme kayıpları aşağıda belirtilen 3 grupta toplanmaktadır. Bunlar;

1. Mekanik kayıplar (motorun çalışan parçaları arasındaki sürtünmeler).
2. Pompalama kayıpları (emme ve egzoz kanallarındaki kayıplar).
3. Yardımcı ünitelere olan kayıplar (su pompası, vantilatör vb.) (Stone, 1989).

Motor hızı arttıkça hareket eden parçaların ataletinden doğan dinamik kuvvetler hızın karesi ile artar ve bunlara ait sürtünme de artar. Motor hızı arttıkça silindir içerisine alınan dolgu miktarı artmakta buna bağlı olarak emme ve egzoz sistemlerinde meydana gelen pompalama kayıpları yükselmektedir.

Düşük hızlarda sürtünme gücünün azlığı nedeniyle indike güç ile efektif güç değerleri birbirine daha yakındır. Motor hızı arttıkça sürtünme gücü artarken indike güç belirli bir değere kadar artmakta ve sonra azalmaktadır. Buna göre indike güç ve sürtünme gücünün birbirine eşit olduğu devirde efektif güç sıfır olacak bu devir motorun maksimum devri olacaktır (Ricardo, 1961).

Motor yükünün artması ile silindir içerisindeki maksimum basınç yükselmekte, yükselen basıncın etkisiyle sürtünmeler de artmaktadır. Fakat artan motor yüküyle silindir içerisindeki sıcaklık değeri de yükselmekte ve yağ viskozitesi düşmektedir. Yağ viskozitesindeki düşme sonucunda sürtünme kuvvetinde azalma meydana gelmektedir. Benzinli motorlarda motor yükü artışına bağlı olarak gaz kelebek açıklığı artar, pompalama kayıpları azalır. Toplamda bakıldığında ise motor yükü arttıkça sürtünme gücünde azalma meydana gelmektedir (Ferguson, 1986).

Motorlarda mekanik sürtünmelerin azaltılması ile güç kayıplarının önlenmesine çalışılmaktadır. Aynı gücü veren düşük silindir sayılı motorlar daha ekonomik olmaktadır. Yatak ve segman sayısının azaltılması yanında bunlardaki sürtünmeyi düşürmek de önem kazanmaktadır. Motordan düşük güç istendiği zamanlarda supapların bazılarının devre dışı bırakılarak çalışan silindir sayısının azaltılmasıyla da % 3 yakıt ekonomisi sağlandığı belirlenmiştir (Sekmen, 2003).

Yağların temel özellikleri koruyucu ve kaydırıcı olmalarıdır. Fakat belirli süre kullanılan yağların bu özellikleri bozularak motor parçalarını üzerinde aşınmalar meydana gelmekte, motorun bakım ve revizyona girme periyodu kısalmaktadır. Parça deformasyonuna bağlı motor karakteristikleri de değişmektedir. Hidrodinamik yağlama şartları altında düşük viskoziteli yağlar daha az direnç göstererek iç sürtünmelerin azalmasına sebep olmakta ve bu sayede yakıt ekonomisi sağlanmaktadır. Ancak düşük viskoziteli yağların kullanılması yağ tüketimini artırırken yağ filmi kalınlığının azalmasına hatta yırtılmasına neden olabilmektedir (Sekmen, 1997).

Motorlarda mekanik sürtünmeye harcanan gücün % 75 gibi büyük bir kısmı segmanlarla silindir yüzeyleri arasında meydana gelen sürtünmelere gitmektedir. Bu nedenle piston segman ve silindirlerin sürtünme özelliklerinin iyileştirilmesi daha fazla önem arz etmektedir (RykandEtsion, 2006).

Sürtünme Gücünün Azaltılması

Salman ve ark. yağ katkılarının ve viskozitesinin sürtünmelere etkisini inceledikleri deneysel bir araştırmada, düşük sıcaklıklarda katkılı yağların sürtünme momentini artıran etkisi görülmüştür. 80°C yağ sıcaklığında motorda sınır sürtünme şartlarının olduğu bu durumda katkısız yağların sürtünme momentini artırdığı, fakat katkılı yağların sürtünmeyi azalttığı görülmüştür. Motor yağlarına eklenen katkıların sürtünmeleri azaltarak motor gücünü artırıcı etkisi olduğu görülmüştür.

İçten yanmalı motorlarda yağlama yağlarının performansına yönelik yapılan bir araştırmada yağlama yağlarının yüzeye yapışma özelliğinin kaydırıcılık kadar önemli olduğu belirtilmiştir. Silindirlerde meydana gelen aşınmanın en fazla motorun çalıştırıldığı ilk bir kaç dakikada olduğu dolayısıyla silindir yüzeylerinde yağ filminin her zaman olması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada yağ viskozitesinin sıcaklıkla ters, basınçla doğru orantılı olarak değiştiği görülmüştür (Sekmen, 1997).

Son yıllarda önemli bir gelişmede pistonlardaki sürtünmenin azaltılmasıdır. Motorlarda aşırı sürtünme, piston ile silindir yüzeyi arasındaki yağ tabakasında meydana gelmektedir. Sürtünme yüzeyleri azaltılmış pistonların motorlarda kullanılmasıyla, sürtünme kayıplarında % 10 azalma olduğu ve bu azalmanın, geniş ölçüdeki çalışma koşullarında, maksimum güçte % 2 artma ve yakıt tüketiminde % 3 azalma sağladığı belirlenmiştir.

Piston sürtünmesini azaltan diğer bir gelişme de segman sayısının ve ağırlığının azaltılmasıdır. Standart pistonlarda kullanılan üst ve orta segmanların yerine sadece bir adet segman kullanılmaktadır. % 10'luk azaltılmış segman ağırlığı ve bir segmanın eksik olmasıyla sürtünme azaltılmaktadır (Smedley, 2002).

Rykve Etsion (2006) tarafından yapılan deneysel bir çalışmada, piston segmanlarının sürtünme yüzeylerinin dokusu lazer ile değiştirilmiştir ve bunun sürtünme kuvvetine etkisi araştırılmıştır. Yüzeylerine lazer ile yeni doku oluşturulan segmanların standart segmanlara oranla sürtünme kuvvetinin %25 azaldığı belirlenmiştir.

Tomarnik et al. (2000)'in gerçekleştirdikleri bir çalışmada, segman tansiyonunu 1.1 N/mm², den 0.8 N/mm², ye düşürmüşlerdir. Sonuçta sürtünme gücü kaybının % 30 azalttığı görülmüştür.

De Barros'Bouchet et al. (2005) DLC karbon kaplamanın sınır yağlama şartlarında aşınma ve sürtünme özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada karbon kaplamanın aşınma ve sürtünmenin azaltmasında etkili olduğu tespit edilmiştir.

Young ve McComb (1990) tarafından yapılan bir çalışmada içten yanmalı bir motorun yaşam ömrünü uzatmak için segman yüzey kaplaması geliştirilmiştir. Yapılan motor testleri sonucunda, molibden, krom ve karbon kompozisyonundan oluşan bu kaplama malzemesi ile motorun aşınma direncinin iyileştirildiği tespit edilmiştir.

Deneysel çalışmalar

Bu çalışmada tek silindirli buji ile ateşlemeli bir motorda bazı parametrelerin ve motor parçalarının sürtünme gücüne etkileri araştırılmıştır. Ayrıca sürtünmeye harcanan gücü azaltmak amacıyla segmanlar katı yağlayıcı, düşük sürtünme katsayılı bir materyal olan Hekzagonal Bor Nitrür ile kaplanmış ve motor sürtünme gücüne etkisi tespit edilmiştir.

Segmanların kaplanması

Termal plazma yöntemlerinden olan plazma sprej tekniği ile kaplama yapılmıştır. Kaplama işlemi Sulzer Metco- 4MT markalı cihazla yapılmıştır.

Kaplama amacıyla kullanılan malzeme Hekzagonal Bor Nitrür'dür. Bor Nitrür kimyasal ve termal özellikleri üstün bir materyaldir. Bağ yapısının grafit benzerliğinden dolayı beyaz grafit olarak adlandırılır. Yüksek sıcaklıklarda mükemmel bir katı yağlayıcıdır. Kaplama malzemesinin bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

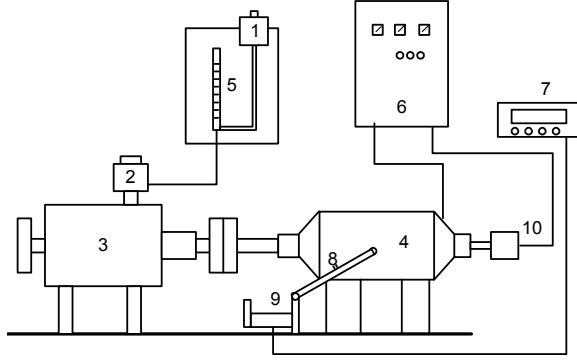
Çizelge 1. Hekzagonal Bor Nitrür'ün bazı özellikleri

| Bağ Yapısı | Hekzagonal |
|---|------------|
| Yoğunluğu (g/cm ³) | 2,27 |
| Renk | Beyaz |
| Mohs Sertliği (°) | <1 |
| Termal Genleşme 10 ⁻⁶ /°20C' de (µm) | 0,8- 7,5 |
| Termal iletkenlik (W/m.°K) | 15 - 30 |

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneylerde motorun yüklenmesi için Kemsan marka, 10 kW gücünde elektrikli dinamometre kullanılmıştır. Deney seti, motor momentini, hızını ve sıcaklığını ölçebilecek donanıma sahiptir. Dinamometre kontrol ünitesi ile motorun istenilen devirde hassas

olarak yüklenmesi ve marş yaptırılması mümkün olmaktadır. Ayrıca dinamometre motor konumuna alındığında deney motorunu istenilen sabit hızlarda döndürebilmektedir. Bu sayede sürtünmeye harcanan güç ölçülebilmektedir.



Şekil 1. Deney setinin şematik görünümü

1. Yakıt Deposu 2. Karbüratör 3. Motor, 4. Elektrikli Dinamometre 5. Yakıt Tüketimi Ölçme Düzeneği
6. Dinamometre Kontrol Paneli 7. Yük İndikatörü
8. Yük Kolu 9. Yük Sensörü 10. Hız Sensörü

Yapılan deneylerde, tek silindirli, 4 zamanlı, Lombardini (LM250) marka bir benzinli motor kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan motorun teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Sıkıştırma oranı ile sürtünme gücü arasındaki ilişkiyi veren testler dışındaki bütün deneylerde bu motor kullanılmıştır. Farklı sıkıştırma oranındaki sürtünme gücünü ölçmek için yapılan testlerde teknik özellikleri verilen motorla aynı olan ve sıkıştırma oranı 6/1 ila 10/1 arasında değişebilen bir motor kullanılmıştır.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan motorun teknik özellikleri (Anonim, 2003)

| | |
|-------------------------|-------------------|
| Markası | Lombardini LM 250 |
| Soğutma şekli | Hava Soğutmalı |
| Silindir sayısı (Adet) | 1 |
| Motor Gücü (3600 1/min) | 6 HP |
| Motor Gücü (3000 1/min) | 5, 5 HP |
| Silindir çapı | 72,5 mm |
| Strok | 62 mm |
| Sıkıştırma oranı | 6/1 |

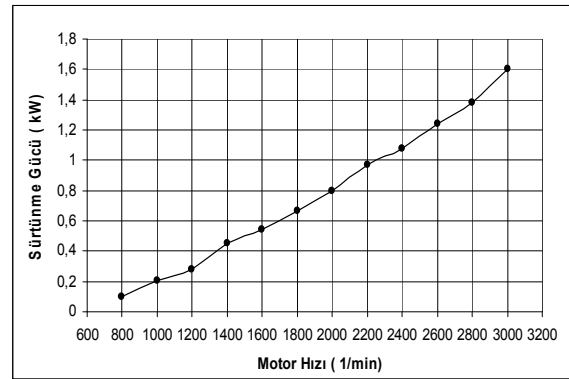
Deneyler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak motor hızı, motor yağ sıcaklığı, motor yükü ve sıkıştırma oranının sürtünme gücüne etkisini belirlemeye yönelik deneyler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca motor parçalarının motor sürtünme gücüne etkisini tespit etmek amacıyla sürtünme kuvvetine etki eden parçalar tek tek sökülerek motor döndürülmüş ve sökülen parçaların sürtünme kuvvetine etkileri belirlenmiştir. Motor sürtünme testlerinde SAE 20/50 motor yağı kullanılmıştır.

İkinci aşamada segman yüzeyleri kaplanan motor ile standart motor, değişik hız ve tam yükte test edilmiştir. Bu testlerde motor sürtünme gücü belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Sabit yükte motor devrinin sürtünme gücüne etkisi

Motor hızı arttıkça pompalama kayıpları ve parça atalet kuvvetlerinden doğan sürtünmeler artmaktadır. Bu nedenlerden dolayı motor devri 1000 1/min'de sürtünme gücü 0,205 kW iken, 3000 1/min'de sürtünme gücü 1,602 kW olarak belirlenmiştir. Deney motorunun 3000 1/min deki efektif gücü 5,5 HP (4,04 kW) dir. Aynı hızdaki sürtünme gücü 1,602 kW olarak tespit edilmiştir.

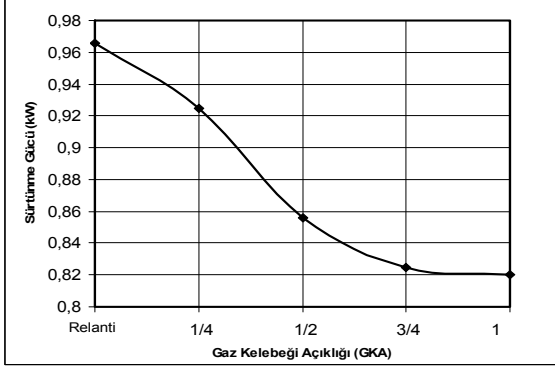


Şekil 2. Motor hızının sürtünme gücüne etkisi

Motor yükünün sürtünme gücüne etkisi

Şekil 3'te farklı motor yüklerinde sürtünme gücündeki değişim görülmektedir. Şekil incelendiğinde motor yükü arttıkça sürtünme gücünde azalma meydana geldiği görülmektedir. Yük arttıkça silindirlerde meydana gelen pompalama kayıpları azalır. Ayrıca motor yüküne bağlı olarak artan sıcaklığın etkisiyle yağ

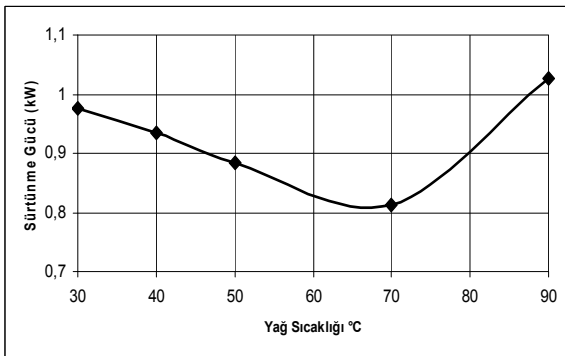
viskozitesi düşer ve bu durum sürtünme kuvvetinin azalmasına neden olur. 2200 1/min'de ve 1/1 gaz kelebeği açıklığında motor sürtünme gücü 0,819 kW iken, rölantide (gaz kelebeği kapalı) 0,966 kW'dır (Şekil 3).



Şekil 3. Motor yükünün sürtünme gücüne etkisi (n=2200 1/min)

Motor yağı sıcaklığının sürtünme kuvvetine etkisi

Yapılan denemelerde deney motoru değişik yağ sıcaklıklarında motor devri 2000 1/min de ve tam gaz durumunda dinamometre ile döndürülerek sürtünme gücü ölçülmüştür. Yağ sıcaklığının artışına bağlı olarak aynı devirde motor sürtünme gücünün azaldığı görülmüş, 70°C üzerindeki yağ sıcaklıklarında motor sürtünme gücünün yeniden artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4). Bunun nedeni yağ viskozitesini düşmesi sonucu motor parçaları arasında karma sürtünmelerin meydana gelmesi olarak düşünülmektedir.

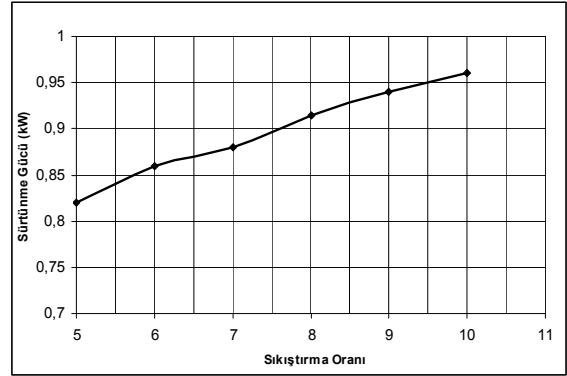


Şekil 4. Motor yağı sıcaklığının sürtünme gücüne etkisi (n=2000 1/min)

Sıkıştırma oranının sürtünme gücüne etkisi

Bu deneme için deney motoru ile teknik özellikleri aynı olan fakat sıkıştırma oranı değiştirilebilen bir başka motor kullanılmıştır. Sıkıştırma oranı 6/1 de iken 0,86 kW olan sürtünme gücü, sıkıştırma oranı 10/1'e

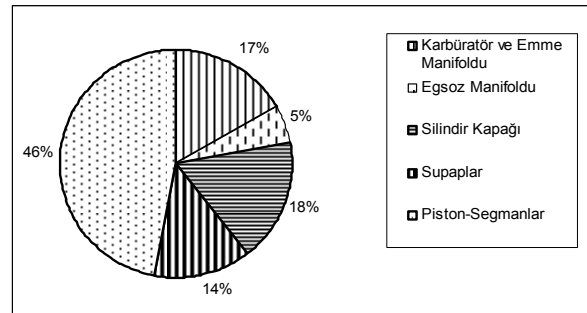
yükseldiğinde 0,96 kW'a çıkmıştır. Minimum ve maksimum sıkıştırma oranları arasında sürtünme gücündeki artış miktarı yaklaşık %17 kadardır. Sıkıştırma oranı arttıkça sıkıştırma sonu basıncı artmaktadır. Bu artış özellikle piston üzerinde daha yüksek kuvvetleri ve sürtünmeleri meydana getirmekte, dolayısıyla motorun toplam sürtünme kayıpları artmaktadır (Çelik, 1999). Şekil 5'te sıkıştırma oranının sürtünme gücüne etkisi görülmektedir.



Şekil 5. Sıkıştırma oranının sürtünme gücüne etkisi (n=2000 1/min)

Motor Parçalarının sürtünme gücüne Etkisi

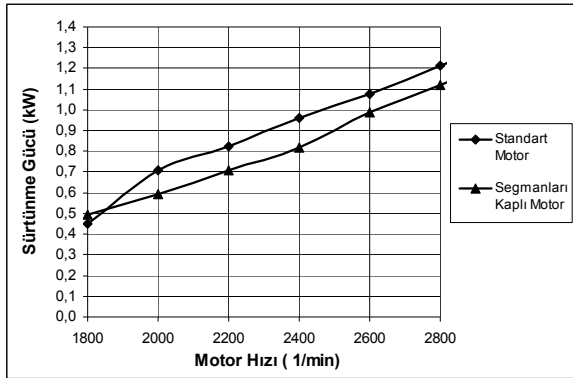
Motor parçalarının sürtünme gücüne etkisine oranını belirlemek amacıyla yapılan deneylerin sonucu Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu testler esnasında motor parçaları tek tek sökülerek her parçanın sürtünme gücüne etkisi belirlenmiştir. Motor 2000 1/min'de dönerken yapılan test sonuçlarına bakıldığında, karbüratör, emme ve egzoz manifoldları ile silindir kapağının toplam sürtünme kayıplarının % 40'lık kısmını meydana getirdiği görülmektedir. Bu parçalarda herhangi bir hareket meydana gelmediğinden bu parçalarda meydana gelen kayıplar pompalama kayıplarıdır. Mekanik sürtünme gücü kayıplarının büyük bölümünün piston-segman ve silindir yüzeyleri arasında meydana gelen sürtünmelerin oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 6. Motor parçalarının sürtünme gücüne etkisi (n=2000 1/min)

Segman kaplamasının sürtünme gücüne etkisi

Şekil 7'de görüldüğü gibi segmanları Hekzagonal Bor Nitrür ile kaplanan motorda sürtünme gücü, kaplamasız motora göre daha düşük meydana gelmiştir. Buradan yapılan kaplamanın sürtünme gücüne olumlu yönde tesir ettiği görülmektedir. Örneğin 2600 1/min'de standart motorun sürtünme gücü 1,225 kW iken, aynı motor hızında segmanları kaplanmış olan motorun sürtünme gücü yaklaşık yüzde 10 oranında azalarak 1,122 kW olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. Segmanları kaplanmış motor ile standart motorun sürtünme gücü

SONUÇ

Motorlarda artan hıza bağlı olarak sürtünmeye harcanan güç yükselmekte bu durum ise motorun mekanik verimini düşürmektedir. Mekanik verimdeki düşme, motordan elde edilen efektif gücün de düşmesine neden olmaktadır. Bu durum yakıttan elde edilen enerjinin faydalı işe dönüşmeden kaybolmasına neden olmakta ve yakıt tüketimi artmaktadır.

Motor hızı arttıkça parçaların ağırlıklarından kaynaklanan sürtünmeler çok daha fazla artmaktadır. Motor parçalarının yüksek dayanımlı hafif malzemelerden yapılarak motorda yüksek devirlerde de verimli bir çalışma elde edilebilir.

Motor sürtünme gücüne etki eden bir diğer parametre de yağlama yağıdır. Yağ viskozitesindeki değişim yağın sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bu

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, 2003. *Lombardini teknik bilgi kataloğu*, İstanbul.
Çelik, M.B., 1999. Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Sıkıştırma Oranının Değişken Hale Dönüştürülmesi ve Performansa Etkisinin Araştırılması. *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

durum motor sürtünme gücüne etki etmektedir. Yağ sıcaklığına artışına bağlı olarak motor sürtünme gücü azalmaktadır. Ancak çok yüksek sıcaklıklarda yağ viskozitesinin çok fazla düşmesi ise motor sürtünme gücüne olumsuz yönde etki etmektedir. Motor sıcaklığından bağımsız düşük viskoziteli yağların geliştirilmesi ile yağlama yağının neden olduğu sürtünme kayıpları en az miktara indirgenebilir.

Motor parçalarının değişik oranlarda sürtünme gücüne etkileri vardır. Gaz kelebeğinden kaynaklanan pompalama kayıplarının önüne geçilebilmesi için gaz kelebeği olmayan sistemlerin yaygınlaştırılması gerekmektedir. Supap mekanizmasında hareketli parçaların azaltılması ile mekanik sürtünmeler azaltılabilir.

Motorların düşük gaz kelebeği açıklığında kullanılması durumunda pompalama kayıpları artmaktadır. Yakıt tüketiminin azaltılması bakımından motorlu taşıtların orta yüklerde kullanılması önemli hale gelmektedir.

Motor parçalarından kaynaklanan sürtünmelerin büyük bir bölümü piston-segman ile silindir yüzeyleri arasında meydana gelmektedir. Piston, segman ve silindir yüzeyleri düşük sürtünme katsayısına sahip katı yağlayıcı materyallerle kaplanarak sürtünme kayıpları önemli oranda azaltılabilir.

Bu nedenle çalışma sürtünme gücünü azaltmak amacıyla segmanların katı yağlayıcı düşük sürtünme katsayılı bir materyal olan Hekzagonal Bor Nitrür ile kaplamasının motor sürtünme gücünün azaltılmasında oldukça faydalı olacağını göstermektedir.

Ayrıca, araştırma sonuçlarını, tarımsal mekanizasyon uygulamalarında yaygın olan dizel motorlarda da kullanılabilme imkânı vardır.

- De Barros'Bouchet, M. I., Martin J. M.,Le-Mogne T. V., 2005. Boundary lubrication mechanisms of carbon coatings by MoDTC and ZDDP additives. *Tribology International*, 38(3):257-264.

- Ferguson C. R., 1986. *Internal Combustion Engines*. John Wiley & Sons Inc.
- Heywood J. B., 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill, Singapore.
- Ricardo H. R. ,1961. Yüksek Hızlı İçten Yanmalı Motorlar. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Ryk, G., Etsion, I., 2006. *Testing piston rings with partial laser surface texturing for friction reduction*. ScienceDirect, Wear 261: 792–796.
- Salman S, Ceylan S, Batmaz İ., ve Balcı M., 1997. *Çeşitli Yağ Katkılarının Yağ Viskozitesi ve Motor Sürtünme Momentine Etkileri*. Beşinci Yanma Sempozyumu, s.287-293, İstanbul.
- Sekmen, Y., 1997. *İçten Yanmalı Motorlarda Yağlama Yağlarının Performansa Etkisi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Sekmen, Y., 2003. *Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Sıkıştırma Oranının Değiştirilebilir Hale Getirilmesi ve Performansa Etkisinin İncelenmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Smedley, G.,2002. *Piston Ring Design for Reduced Friction in Modern Internal Combustion Engines*. Mechanical Engineering, McGill University.
- Stone, R.,1989. Engine Vehicle Fuel Economy. *Macmillan Educational Ltd.*,Houndmills.
- Tomarnik, E., Nigro, E.,Zabeu C. B.,2000. *Reduced Friction Powercell Components*. SAE Paper 3321.
- Young, W. B.,McComb, J. A.,1990. New Piston Ring Face Coatings Using Design of Experiments. *SAE (Society of Automotive Engineers) Transactions*, 99(3): 1228- 1235.

Mobil Güneş Pili Sulama Makinasının Arazi Koşullarında Bazı Deneysel Çalışmaları*

Ümran ATAY¹, Yusuf IŞIKER², Bülent YEŞİLATA², Ali BAŞÇETİNÇELİK³

¹GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa

²Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

³Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Adana
umranatay47@hotmail.com

Received (Geliş Tarihi): 07.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 13.06.2013

Özet: Bu çalışmada özgün olarak tasarlanan ve imalatı yapılan bir mobil güneş pili sulama makinasının arazi koşullarında performansı belirlenmeye çalışılmıştır. Sulama sistemi 32 adet güneş paneli (170W'lık), 6 adet pompa başlığı (0-70 ton/h ve 0-170m dikey) 1 adet DC motor ve sürücüsünden oluşmaktadır. Sulama sisteminin tüm bileşenleri bir taşıyıcı aksam üzerine yerleştirilmiş olup, istenilen araziye transferi kolaylıkla sağlanabilmektedir. Sistemde bulunan PV paneller (güneş pilleri) güneşi 2 ekseninde otomatik takip edebilmektedir. Mobil sistem ile arazide gerçekleştirilen denemelerden alınan sonuçlar, sistemin teknik ve ekonomik yönden önemli avantajlara sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Fotovoltaik pil, Güneş pili, DC pompa, Seyyar güneş pili sulama sistemi

Some Experimental Studies of Mobile Solar Cell Irrigation Machine at Field Conditions

Abstract: In this study some experimental studies of originally designed and manufactured solar cell mobile irrigation machine at field conditions is given. The irrigation system has 32 photovoltaic (PV) panels (at 170 W nominal power), 6 changeable pump heads (0-70 ton/h flow rates at 0-170 m well-depth) and 1 direct-current (DC) motor with its driver. The irrigation system as a whole is mounted on a trailer allowing its easy mobilization to the desired field. The system has an automatic two-axes sun tracking unit for PV panels. The results of the field experiments performed with this mobile solar irrigation system at the field show that this type of application has significant advantages in terms of both technical and economical perspectives.

Key words: Photovoltaic Panel, Solar battery, DC pumps, Mobile Solar Irrigation System

GİRİŞ

Günümüzde fosil yakıt kaynaklarının tükenme aşamasında oluşu, enerjideki artan maliyetler ve çevre kirliliği sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi konusunda yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Atay ve ark., 2009-2011-2012; Yeşilata ve ark., 2006). Güneş enerji sistemleri tam da bu noktada devreye girmektedir. Kullandığımız enerji kaynaklarını çeşitlendirmede güneş enerji sistemleri ve dolayısıyla güneş pilleri yadsınamaz bir önem arz etmektedir. Güneş pilleri özellikle güneşten elektrik üretimi katsayısı yüksek olan yerlerde oldukça fizibil (elverişli) gözükmektedir

Her çeşit güneş paneli, solar enerji kullanılarak her yerde elektrik üretmeye olanak tanınması, güneşten

elektrik üretimi yapmayı evimize, tarlamıza kadar getirmesi ile çok önemli bir teknolojidir. Güneş pilleri ile kurulan güneş tarlaları, solar enerji nimetlerinden faydalanmamıza ve diğer enerji kaynaklarına olan bağımlılığımızı azaltmamıza yardımcı olacaktır.

Mevcut güneş enerjisi destekli sulama sistemlerinde güneş pilleri arazi yüzeyine sabit olarak kurulmaktadır. Sabit olarak kurulan bu sistemler, güney yönünde, dönemlik ortalama optimum güneş geliş açısına göre yerleştirilmektedirler. Ayrıca arazi yüzeyine kurulan ve güneşin doğuşundan batışına kadar sabit açı ile bir ekseninde (doğu-batı yönünde) takip eden sistemler de (Trackers) mevcuttur. Bunun dışında mevcut olan ve genellikle bilinen bir römorkun üzerine sabit şekilde yerleştirilen, mobil özelliği kazandırılan,

* Bu çalışma; TÜBİTAK-TOVAG grubunca desteklenen 1100541 nolu ve "Seyyar Güneş Pili Sulama Sistemli Prototip Bir Makinenin Kurulumu ve Diğer Enerji Kaynaklı Sulama Sistemleriyle Uygulamaya Dönük Etkinliğinin Araştırılması" adlı proje kapsamında hazırlanmıştır.

ama çok kısıtlı işlevi olan sistemlerin de bulunduğu bilinmektedir. Bu sistemler sabit konumları nedeniyle, günün her saatinde güneş enerjisinden tam olarak yararlanamadığı için tam kapasite ile çalışmamaktadırlar ve bu sistemlerde randıman eksikliği ortaya çıkmaktadır. Bu randıman eksikliğini kapatmak için genellikle aküler veya ek güneş pilleri kullanılmakta ve buna bağlı olarak gereksiz ek masraflar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada yukarıda bahsedilen bazı dezavantajların önüne geçen tasarlanmış ve imal edilmiş olan **"Mobil Güneş Pili Sulama Sistemli Prototip Makine"** ile ilgili arazi koşullarında bazı deneysel çalışmaları belirlenmeye çalışılmış ve değerlendirilmeler yapılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Harran Ovası içinde bulunan Şanlıurfa GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsünün Koruklu Araştırma İstasyonu arazisinde uygulamaya dönük olarak denemesi yapılan mobil güneş pili sulama makinasının performansı incelenmiştir. Bu İstasyon Şanlıurfa-Akçakale yolunun 31. km'sinde kurulu 36°42' kuzey enlemi 38°58' doğu boylamında olup, denizden yüksekliği 410 m' dir (Anonim, 2002).

Mobil güneş pili sulama makinası bünyesindeki mekanizma sayesinde hem güneşi 2 eksenle takip edebilmekte (doğu-batı ve kuzey-güney doğrultusunda) hem de mobil özelliğinden dolayı istenen araziye transferi kolaylıkla sağlanmaktadır. Ufuk doğ-

rultusunda herhangi bir engel olduğunda mobil özelliği sayesinde yeri kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Bu kapsamda tam gün performans denemelerinde 32 adet 170 W'lık panellerin ürettiği güç ile güneşi doğuşundan batışına kadar takip edebilmektedir. Yani bu sistemde güneş ışınları panellere gün boyu hep dik ve dike yakın doğrultuda geldiği için güneş pilleri maksimum ışınım şiddetine maruz kalmaktadırlar.

Güneş takip mekanizmasının enerjisi, güneş pillerinin ürettiği enerjiyle karşılanmaktadır.

Mobil güneş pili sulama makinasında kullanılan belli başlı sulama, yıkama ve otomatik güneş takip elamanları aşağıda verilmiştir;

Sulama elamanları,

- 32 adet, 24 volt ve 170 W gücünde güneş panelleri
- 1 adet DC motor sistemi (3.5 kW/4.6 HP, MPPT kontrol ünitesi)
- 6 adet pompa başlığından oluşmaktadır. (0-170 m derinlik ve 0-70 ton/saat debi aralığında)

Otomatik güneş takip elamanları,

- 4 adet 160 Watt'lık, 24 voltluk güneş panelleri
- 2 adet jel akü 200 A, 12 voltluk,
- 1 adet solar kontrol ünitesi,
- 1 adet invertörlü AC motor (3 kW'lık, tam sinüs)'dan oluşmaktadır.

Mobil güneş pili sulama makinasının çalışma ve yol konumuna ait çeşitli görüntüler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Mobil güneş pili sulama makinasının görüntüleri

Yukarıda belirtilen elamanların sulama esnasındaki gerçek performansını belirlemek için birçok farklı parametre ölçülmüştür.

Sistemin performansını belirlemek için kullanılan cihazlar şunlardır;

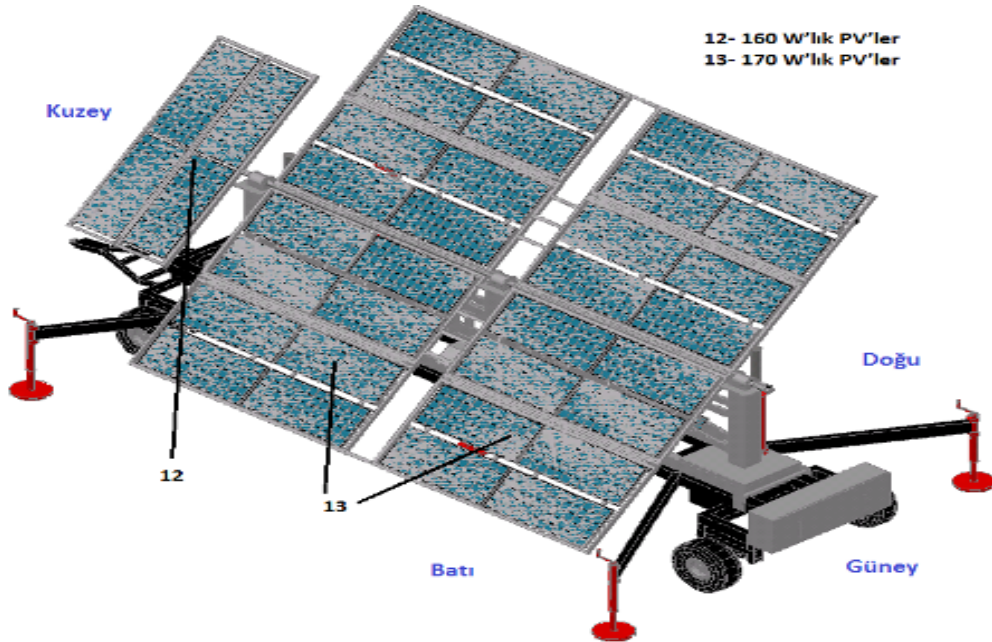
- **Piranometre:** Anlık güneş ışınım değerleri ölçümü için,
- **Datalogger:** Anlık DC akım, DC volt ve panel sıcaklık değerleri ölçümü için,
- **Digital Kronometre:** Sulama zamanını ölçme ve kayıt için,
- **Voltmetre ve Pensampermetre:** Anlık volt ve akım değerlerini ölçmek için,
- **Elektromanyetik Debimetre:** Anlık geçen debiyi ölçmek için,
- **Su sayacı:** Toplam debiyi ölçmek için,
- **Isıl çift:** Ortam gölge ile güneş pili yüzey sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır.

Genel olarak çalışma esnasında ışınım şiddeti, akım, gerilim, sıcaklık, anlık ve toplam debi gibi veriler kayıt altına alınmıştır. Mobil güneş pili sulama makinasının şematik görünümü Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de, en alt tarafta tekerlekler, tekerleklerin üzerine ana şase, onun hemen üzerinde hareketli şase ve onun üzerinde de güneş pillerinin yer aldığı PV platform görülmektedir. Prototip makine sulama yaparken çeki

oku kuzeyde kalacak şekilde konumlandırılmıştır. Böylece sulama dönemindeki güneşin konumuna göre panellerin güneşi dik alması sağlanmıştır. Güneşi doğuşundan batışına kadar takip etmek için tek düzlemde bulunan tüm güneş pillerinin olduğu platform Şekil 2'de görüldüğü gibi ortasında bulunan ana mil sayesinde güneşi otomatik takip edebilecek şekilde ve paneller yol durumunda katlanacak biçimde tasarlanmıştır (Atay, 2012).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Panellerin takılı olduğu ve aralıklı demir profillerin bağlandığı platform hareketli bir mil (ana mil) üzerine stabil olarak yerleştirilmiştir. Böylece hareketli mil sayesinde doğu batı yönünde güneş durumuna göre otomatik olarak hareket edebilmekte ve güneşin doğuşundan batışına kadar panel yüzeyleri güneşi dik açıda görmesini sağlayacak şekilde çalışmaktadır. Ayrıca optimum açı içinde kuzey-güney yönünde hareketli olup istenen aylık değere ayarlara bilinmektedir. Böylece otomatik zaman ünitesi 24 saat dilimine ayarlı olup güneşi doğuşundan batışına kadar takip etmektedir. Önceden ayarlanan güneşin doğuş saatine göre bu işlem tekrarlanmaktadır. Aylık güneşlenme süresi ve optimum açısının değişmesi ile yeni ayarlama gerektirmektedir.



Şekil 2. Mobil güneş pili sulama makinası

İmalatı yapılan seyyar (mobil) güneş pili sulama sistemli prototip makinenin arazi koşullarındaki performans verilerinin alınması 2. yılında olup şüphesiz en büyük çıktılardan bir tanesi de aktif olarak arazi koşullarında olan mobil güneş pili sulama makinasının ikinci yaşında ve kışında (rüzgâr, yağmur ve kar gibi olumsuz koşullarda) kayda değer bir sorunla karşılaşmamasıdır.

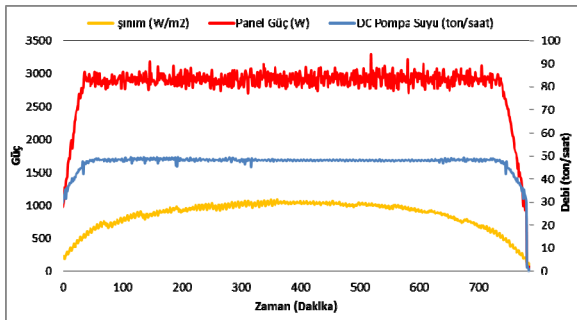
Mobil güneş pili sulama sistemine ait örnek tam gün performans denemesi olarak 25.04.2013 tarihinde Şekil 3-4'te gösterildiği gibi DC pompa yaklaşık 13 saat çalışmıştır (0-12 metre aralıktaki derinlikten).

Sabah saat 05:50'den sonra ışınım 187 W/m² sınırını geçmiş ve DC pompa panellerden başlangıçta 972 W DC güç çekerek çalışmaya başlamıştır.

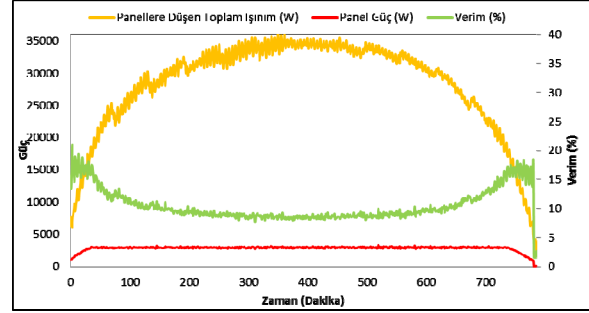
Sabahın ilk saatlerinde panel sıcaklığı sabah 5,5°C iken gün ortalarında 39°C'lere yükselmiş pompa durduğunda ise 25°C'ye inmiştir. Gölge sıcaklığı ise sabah 6,84°C iken gün ortalarında 25°C'ye yükselmiş pompa durduğunda (18:50) ise 24°C'ye inmiştir. Gün boyu güneş ışınımı 0 W/m² ile 1087W/m² arasında değişkenlik göstermiştir.

Tüm panellere (32 adet) gün boyu düşen toplam ışınım miktarı 369,295 kW olmuştur. DC pompa çalıştığında tüm panellerden 36,726 kW güç elde edilmiş ve tüm gün boyunca toplam 684 ton su çekilmiştir.

Toplam ışınım şiddetine bağlı olarak sistemden pompanın çektiği toplam gücün verimi %9,94 'tür. Verim en yüksek değerine sabah ve akşam saatlerinde yaklaşık olarak %18,88 ve en düşük değerine ise öğle saatlerinde yaklaşık olarak %7,58 olmuştur.



Şekil 3 25 Nisan 2013 tarihli tam gün prototip makinenin veri grafikleri



Şekil 4 25 Nisan 2013 tarihli tam gün prototip makinenin veri grafikleri

TARTIŞMA VE SONUÇ

Arazi şartlarında çalışan mobil güneş pili sulama makinası hem petrol kaynaklı hemde elektrik şebekesi kaynaklı çalışan pompalara alternatif olabildiğini 2 senedir süren denemelerde göstermiştir. Aküsüz 13 saat civarında çalışması şüphesiz en büyük bulgular-dan bir tanesidir. Günümüzde çok büyük güçlü AC pompaların enerji ihtiyacı ancak inverter'li sistemlerle karşılanabilmektedir. Sulamada inverter dönüştürücü kullanmak yerine büyük güçlü DC motorların geliştirilmesi ve üretilmesi çok büyük bir ihtiyaçtır.

Türkiye'de alternatif enerji kaynaklarının kullanımı konusunda verilen desteklerin devlet politikası haline gelmesi bu anlamda en büyük adımlardan biri olmuştur. Çünkü bu tip sistemlerin yaygınlaşmasıyla hem güneş panelleri fiyatları azalacağı gibi yeni teknolojilerin önünü de açması kaçınılmaz olacaktır. Çalışmada bahsi geçen mobil güneş pili sulama makinasının tarımsal üretimde yaygınlaşması da kaçınılmaz olmuştur. Yeni sulamaya açılacak alanlarda sulamanın diğer enerji kaynaklarıyla ekonomik açıdan uygun olmadığı tüm arazilerde mobil güneş pili sulama makinasının kullanımı daha uygun olduğu yapılan arazi çalışmalarında da görülmüştür.

Bu tip sistemlerin yaygınlaşması ile kırsal alanlara enerji transferi rahatlıkla sağlanabilecek, sabit PV sistemlerin çakılı olmasından kaynaklanan yer işgal etme sorunu çözümlenebilecektir.

Prototip makinenin değişik pompa başlıkları ve seyyar özelliğinden dolayı farklı yerlerdeki araziler sulanabilecektir. Ayrıca, bu makine ile özellikle fotovolt-taik pillerin çalınması ve kırılması gibi sorunların önüne de geçilmiş olacaktır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim, (2002). Hidrometeorolojik rasat verileri. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, (2009). Fotovoltaik Güç Destekli Mikro Sulama Sistemi Projesi-1: Genel Esaslar, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı, Diyarbakır s57-62.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, (2009). Fotovoltaik Güç Destekli Mikro Sulama Sistemi Projesi-2: Simülasyon Çalışması V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu bildiriler kitabı, Diyarbakır s63-67.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, A. S. Nacar, A. Çıkman, U. Rastgeldi, (2009). "Güneş Pili Enerjisiyle Çalışan Damla Sulama Sistemlerinin Kurulumu ve Yaygınlaştırılması" 1.GAP Organik Tarım Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa. 210-217.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, U. Rastgeldi, A. Çıkman, A. S. Nacar, (2011), Güneş Pili Damla Sulama Sistemi, GAP VI. Tarım Kongresi Kitabı, Şanlıurfa.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, (2011), Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemlerinde Modelleme ve Performans Analizi. Tesisat, Enerji Teknolojileri ve Mekanik Tesisat Dergisi. Ağustos. sayı 188. sayfa. 96-102.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, (2011) "Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemi Arazi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi" TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Kitabı, 7-8 Ekim. Mersin.
- Atay Ü., Y. Işiker, B. Yeşilata, U. Rastgeldi, (2012) "Seyyar (Mobil) Güneş Pili Sulama Sistemli Prototip Makinanın Tasarımı ve İmalatı" Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, ISSN 1306-0007, 2012 8 (2) SAF.147-151 (27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi. Samsun.
- Atay,Ü., Işiker, Y., Yeşilata, B., 2012, "Mobil ve Sabit Güneş Pili Destekli Sulama Sistemlerine Örnek Deneysel Çalışmalar" Gündergi,1.Sayı Issn:2147-4907 12/ 2012-01/ 2013-/02/Sayfa 47-51.
- Yeşilata B., M. Aydın ve Y. Işiker, (2006). Küçük Ölçekli Bir PV Su Pompalama Sisteminin Deneysel Analizi, Mühendis ve Makina, cilt 47, sayı 553, sy. 31-38.

Bahçe Koşullarında Alınmış Renkli Görüntülerde Doku ve Şekil Öznitelikleriyle Genç Şeftali Meyvelerinin Saptanması

Ferhat KURTULMUŞ¹, Ali VARDAR¹, İsmail KAVDIR²

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Çanakkale
ferhatk@uludag.edu.tr

Özet: Görüntülerden elde edilen meyve sayısı ile ortalama meyve büyüklüğü bilgisinden yararlanarak verim ölçülebilmektedir. Olgunlaşmamış meyveleri renkli görüntü üzerinde saptamak oldukça zor bir işlemdir. Genç meyvelerin renkleri bir doğal bitki görüntüsünde en çok bulunan yaprak nesnelere çok yakındır. Bunun yanında bahçede doğal aydınlanma koşullarında elde edilen görüntülerde tekdüze olmayan aydınlanma, meyveleri tanımayı zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada sıradan renkli görüntülerden olgunlaşmamış şeftali meyvelerini tespit ederek sayabilecek algoritmalar geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla bilgisayarlı görme teknikleri, yapay sinir ağları ve istatistiksel sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmalarla renkli görüntülerde genç şeftali meyveleri %80'ler düzeyinde başarıyla saptanabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Bilgisayarlı görme, özmeve, görüntü işleme, istatistiksel sınıflandırıcılar

Detection of Immature Peach Fruits in Color Images Captured in Orchard Conditions Using Texture and Shape Features

Abstract: Yield information can be measured from fruit count in images using average fruit size. It is a difficult task to detect immature fruits in color images. Colors of the fruits are very similar to leaves which are abundant in natural canopy images. Additionally, uneven illumination of the images captured in orchard having natural illumination conditions makes fruit detection task difficult. Aim of this study was to develop algorithms to detect and count immature peach fruits in regular color images. With this purpose, computer vision techniques, neural networks and statistical classifiers were used. Immature peach fruits were successfully detected in color images using developed algorithms with success rates of around 80%.

Key words: Computer vision, eigenfruit, image processing, statistical classifiers.

GİRİŞ

Ülkemiz tarımı ve ekonomisinde dünyada üretimi en fazla yapılan meyveler içerisinde yer alan şeftali üretiminin önemli bir yeri vardır. Ülkemizde 2010 yılı verilerine göre yaklaşık 14 milyon adet şeftali ağacından yılda ortalama yaklaşık 545 bin ton ürün elde edilmektedir. FAO verilerine göre 2006 ile 2010 yılları arasındaki ortalama göz önüne alınırsa yıllık şeftali ihracatımız yaklaşık 10 bin tondur. Ağaç sayısı ve üretim yönüyle Marmara Bölgesi (Bursa başta olmak üzere) lider konumunda yer almaktadır. Yurtiçi ihtiyacın karşılanması ve ihracatın geliştirilmesi büyük ölçüde şeftali üretiminde verimin artırılmasına bağlıdır. (FAO 2010, Vural ve Turhan 2011).

Son yıllarda özellikle meyve bahçelerinin verim haritalarının çıkarılması ya da robotla hasat yöntemlerinde kullanılmak amacıyla meyvelerin doğal ortamında tanı-

mak ve/veya konumlamak için görüntü işleme ve bilgisayarlı görme yöntemleri araştırılmaktadır. Görüntülerden elde edilen meyve sayısı ile ortalama meyve büyüklüğü bilgisinden yararlanarak verim ölçülebilmektedir.

Erken verim haritaları, bitki gelişimi esnasında oluşturulduğundan tarım arazisinin herhangi bir parçasında saptanacak verim düşüklüğü erken müdahalelerle (ilaç, gübre, kültürel önlem vs.) dengelenebilmektedir. Ayrıca hasat işlemlerinin planlanması (hasat yatırım kararları) için hasat edilecek ürünün miktarı bilgisini sunmaktadır. Ürünün pazarlama stratejilerini belirlemek üzere de üreticiyi henüz bitki gelişiminin erken safhasında bilgilendirmektedir. Herhangi bir zirai yöntem ile verim alınacak kadar olumsuz koşullara sahip arazi kısımlarının da belirlenerek buralara gereksiz yatırımlar yapılmasını engelleyebilmektedir. Ancak erken verim haritalarını elde etmek, geleneksel yöntemler kadar kolay olmamaktadır.

Ürün veriminin bitkinin doğal ortamında, yani tarla-bahçede ölçülmesi gerekmektedir.

Olgunlaşmamış meyveleri görüntü üzerinde saptamak oldukça zor bir işlemdir. Genç meyvelerin renkleri bir doğal bitki görüntüsünde en çok bulunan yaprak nesnelere çok yakındır. Bunun yanında bahçede doğal aydınlanma koşullarında elde edilen görüntülerde tekdüze olmayan aydınlanma, meyveleri tanımayı zorlaştırmaktadır. Meyvelerin yapraklar tarafından kısmen veya tamamen örtülmesi meyve saptamayı zorlaştıran diğer bir etmenddir. Termal, multispektral ve hiperspektral gibi görüntüleme yöntemleri bazı araştırmacılar tarafından kullanılmış olsa da bu yöntemler uygulamada özellikle çiftçiler açısından oldukça büyük bir ekonomik yük getirmektedir.

Bu çalışmada Bursa başta olmak üzere ülkemiz için ekonomik değeri yüksek olan şeftali meyvesinin verim haritalamasına yönelik olarak bitkinin erken gelişme döneminde ve doğal ortamından alınmış sıradan renkli görüntülerinden olgunlaşmamış meyveleri tespit ederek sayabilecek algoritmalar geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla bilgisayarlı görme teknikleri, yapay sinir ağları ve istatistiksel sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Ayrıca, genç meyveleri doğal ortamında tanımak ve algılamak üzere ayırt edici öznitelikleri saptamak, bu özniteliklerle farklı görüntü tarama, öğrenme-sınıflandırma algoritmalarının başarılarını ortaya koymak da bu çalışmanın amaçlarıdır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Şeftali meyvelerini renkli görüntüler üzerinde saptama amaçlı algoritmaların geliştirilmesi ve test edilmesi için görüntüler alınmak üzere Bursa Barakfaki köyünde yerel bir çiftçiye ait Elegance Lady çeşidi şeftali bahçesi seçilmiştir. Görüntü alımında standart bir CCD (charge-coupled device) renkli kamera kullanılmıştır. Kullanılan kameranın markası Nikon, modeli Coolpix L22'dir. Görüntüler çalışmanın amacına uygun olarak doğal aydınlanma koşullarında şeftalinin doğal bahçe koşullarında alınmıştır. Aydınlanma koşullarının çeşitlendirilmesi için görüntü alımı gün içerisinde farklı zamanlarda yapılmıştır. Doğal şeftali bitki örtüsü görüntüleri, algılama algoritmasını zorlayacak birçok görsel olasılığı direkt ve difüz aydınlanma koşulları dahil olmak üzere içermektedir. Çalışmada direkt ve difüz aydınlanma koşullarının algoritma performansları üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla şeftali ağaçlarının güneşli ve gölge taraflarından alınan görüntüler

alındıkları tarafa göre kaydedilmiştir. Görüntüler 2048x1536 piksel çözünürlükte toplanmıştır. Görüntü toplamada kamera ve bitki örtüsü arası mesafe yaklaşık 50 cm olarak korunmuştur.

Meyve tanıma algoritmalarının geliştirilmesi ve sıranması amacıyla alınan şeftali bitki örtüsü görüntülerinden rastgele olacak şekilde 32 görüntüden oluşan bir eğitim seti 64 görüntüden oluşan bir de test (doğrulama) seti oluşturulmuştur. Öznitelik çıkarma, görüntü tarama ve yapay sınıflandırıcılara ait katsayı ve diğer parametre değerleri eğitim seti kullanılarak belirlenmiştir. Test seti algoritma performanslarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Doğal bahçe koşullarındaki alınan görüntülerin olumsuz değişken aydınlanma özelliklerini azaltmak ve görüntü aydınlanmasını zenginleştirmek amacıyla HSI renk modelindeki renkli görüntünün aydınlanmasını temsil eden yoğunluk (I) bileşenine histogram eşitleme ve logaritma dönüşümü işlemleri uygulanmıştır.

Doğal bitki örtüsü içerisindeki genç şeftali meyveleri görsel olarak arka plan nesnelere oldukça yakın renklere sahiptir. Buna rağmen bu çalışmada alınan görüntüler üzerinde HSI, YCbCr, RGB gibi renk modellerinde renk bileşenlerinin histogram analizi yapılmıştır. Bu amaçla eğitim setinden genç şeftali meyveleri manuel olarak yalnızca meyve piksellerini içerecek şekilde kırılmıştır. Bu şekilde kırılan meyveler siyah arka planlı bir mozaik örnek görüntü üzerine sıralanmışlardır. Negatif örnek oluşturmak amacıyla da eğitim setinde bulunan görüntülerden arka plan piksel bölgeleri (meyve pikselleri içermeyen) yine manuel olarak rastgele bölgelerden kırılarak benzer şekilde bir başka mozaik görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan mozaik görüntülerin histogram eğrileri karşılıklı olarak incelenen renk bileşenleri için karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda H, Cb ve Cr renk bileşenlerinde histogram esaslı bir analiz sonucu meyve ve arka plan arasında düşüğe olsa ayırıcı özellikler gözlemlenmiştir. Bu yöntemle çalışmada geliştirilen ve kullanılan meyve tarama yöntemlerinin yararlandığı, meyve konumları ile ilgili ip uçları veren ikili (binary) görüntülerin oluşturulmasında H, Cb ve Cr renk bileşenleri için kullanılan eşik değerleri saptanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan birinci görüntü tarama yöntemi (GTY-1) görüntünün tamamının görüntü üzerinde kayan bir alt-pencere kullanılarak taranmasıdır. Bir alt-pencere görüntünün tamamı içerisindeki bir

yerel bölgeyi sınırlayan kare çerçeve olarak düşünülebilir. Geliştirilen bu yöntemde alt-pencerenin verilen bir adım mesafesinde yatay ve düşey yönlerde görüntüyü taraması sağlanmıştır. Bu adım mesafesi, eğitim setindeki görüntülerde herhangi bir ayırt edici meyve kısmını es geçemeyecek şekilde 20 piksel olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu yöntem birbirlerine çok yakın farklı meyvelerin tek bir meyve olarak algılanmasını önlenmesine yardımcı olmuştur. Tarama sürecinde her bir alt-pencere birbirinin içerisine geçmiş 3 farklı ölçekte kare çerçeveyi ifade etmektedir. Bunun anlamı görüntüler 3 farklı ölçekte taranmıştır. Bu işlem görüntülerde bulunan farklı boyutlardaki meyvelerin taranmasına yardımcı olmuştur. Kullanılan eğitim seti görüntülerindeki meyve boyutları 80-130 piksel (gerçek boyut olarak 4-5 cm) arasındadır. Bu yüzden iç içe geçmiş kare alt-pencere boyutları da 80 x 80, 100 x 100 ve 130 x 130 piksel olarak belirlenmiştir.

Bu görüntü tarama yöntemiyle görüntüyü oluşturan bütün alt-pencereler taranmamıştır. Detayları sonraki bölümlerde açıklanan sınıflandırıcıların yanlış saptamalarını azaltmak amacıyla bir arka plan eleme yöntemi geliştirilerek izlenmiştir. Bu amaçla renk esaslı bir yöntem uygulanmıştır. Bir önceki kısımda tanımlanan renk histogramı esaslı görüntü ikilileştirilmesi sonucu elde edilen ikili görüntü, görüntü tarama denemelerinde bir eleme şablonu olarak kullanılmıştır. Görüntü tarama esnasında renkli görüntüye karşılık gelen ikili görüntü üzerindeki alt-pencerenin içerdiği ve arka plan piksellerini temsil eden beyaz piksel oranı alt-pencerenin elenmesini sağlamıştır. Meyvelerin yuvarlak şekillerinden ilham alınarak bu oranın belirlenmesinde kare alt-pencerenin köşe pikselleri hariç tutulmuştur. Bunun için alt-pencere içerisinde bir dairesel ilgi bölgesi (circular region of interest) olarak tanımlanan teğet çemberden yararlanılmıştır. Teğet çember içerisinde bulunan beyaz piksellerin toplamının alt-pencereyi oluşturan toplam piksel sayısına oranı o alt-pencerenin elenip elenmemesi üzerine etkili olmuştur. Elenme kararı eşikleme yoluyla sağlanmıştır. Eğitim seti görüntüleri kullanılarak birçok olasılık denenmiş ve denemelerde eşik değeri 0,4 olarak kullanılmıştır. Şekil 1'de bir alt-pencere ve buna ait teğet çember görülmektedir. Bu yöntemde bir alt-pencere elendiğinde algoritmanın bundan sonraki aşamalarına devam edilmemekte ve bir sonraki alt-pencereye geçilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 1. Bir renkli şeftali bitki örtüsü görüntüsü (a) ve görüntünün ikili temsili üzerindeki bir alt-pencere (b).

Çalışmada taranan görüntülerde görüntünün tamamının alt-pencerelerle taranması yerine arka plan bölgelerinin elenerek yalnızca potansiyel meyve alt-pencerelerin sınıflandırıcılar tarafından değerlendirilmesi amacıyla farklı bir görüntü tarama yöntemi de araştırılmıştır. Böyle bir yöntemin yanlış saptamaları azaltacağı ve hesaplama sürelerinin iyileştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmüştür. Görüntü tarama yöntemi 2 (GTY-2), bir dizi görüntü işleme operasyonlarından oluşturulmuştur. İlk olarak daha önce açıklanan renk histogramı esaslı eşikleme ve görüntü ikilileştirilmesi yöntemi uygulanarak renkli görüntüye karşılık gelen ikili görüntü elde edilmiştir. Burada yöntem 1'den farklı olarak meyve pikselleri "1" ile arka plan pikselleri "0" ile temsil edilmiştir. Şekil 2'de görülen oluşturulan ikili görüntü çıktısı arka plan ve meyve piksellerinden oluşan geniş bağlantılı ve bağlantısız beyaz piksel bölgelerini içermektedir. Meyveleri arama alanını daraltmak ve dolayısıyla potansiyel meyve bölgelerini çıkarmak amacıyla bu ikili görüntüye yapısal disk elemanı (structuring disk element) kullanılarak morfolojik açınım (morphological opening) uygulanmıştır.

Bir ikili görüntü I_{ikili} 'nin yapısal eleman B_{disk} ile morfolojik açınımı $I_{ikili} \circ B_{disk}$ ile gösterilmekte ve I_{ikili} 'nin B_{disk} ile aşınmasının (erosion) sonucunun B_{disk} ile genişmesi (dilation) olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik 1'de morfolojik açınımın matematiksel olarak ifadesi görülmektedir (Gonzales ve Woods 2002).

$$I_{ikili} \circ B_{disk} = (I_{ikili} \ominus B_{disk}) \oplus B_{disk} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de \ominus ve \oplus sırasıyla aşınma ve genişleme operatörleridir. Eğitim seti kullanılarak disk elemanı için en uygun disk yarıçapı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan düzgün disk şeklindeki yapısal elemanın yarıçapı 20 piksel olarak kullanılmıştır. Morfolojik açınımın sonuç çıktısı dairesel lekeler içeren diğer bir ikili görüntüdür. Bu yöntemin aşamaları Şekil 2'de görülmektedir.

Leke analizi yöntemi kullanılarak lekelerin ağırlık merkezleri konumlandırılmıştır. Görüntü tarama işleminde kare alt-pencereler konumlanan lekeler üzerine çakıştırılarak elde edilmiştir. Meyve saptama olasılığını artırmak amacıyla bulunan merkezlerin 4 adet 20 piksel mesafesindeki dikey ve yatay ortogonal komşuları da tarama sürecine dahil edilmiştir. İlk

bulunan merkez ve bunun komşularıyla birlikte 5 merkez de açıklanan ilk görüntü tarama yöntemine benzer şekilde 3 farklı ölçekte ele alınmıştır. Bu ölçekler ilk açıklanan meyve tanıma yöntemiyle aynı piksel ölçü değerlerine sahiptir. Bunun anlamı her bir potansiyel merkez 5×3 kadar alt-pencereye ayrılarak taranmıştır.

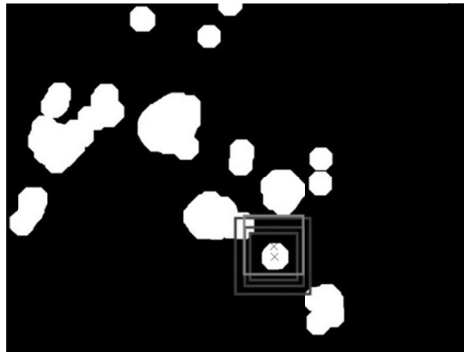
Doğal bitki örtüsü görüntüsündeki şeftali ve arka plan arasında ayırt edici özniteliklerin analizi için özniteliklerin meyve ve arka plan nesnelere ayrı ayrı hesaplanabilmesine imkan veren bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla eğitim seti görüntülerinde GIMP programı yardımıyla manuel olarak bütün meyveler alt-pencere yaklaşımına uygun olarak tek tek kare çerçeveler içerisine merkezlenerek kırılmıştır. Öznitelik hesaplamalarında negatif örnekleri oluşturmak üzere arka plandan da rastgele bölgelerden yaprak, dal, gövde, toprak ve gökyüzü piksellerini içeren kare çerçeveler meyveler gibi kırılmıştır. Bu şekilde 58 meyve ve 153 arka plan çerçevelerinden oluşan bir örnek havuzu oluşturulmuştur.



a)



b)



c)

Şekil 2. Görüntü tarama yöntemi 2'ye ait aşamalar (Örnek görüntü (a), ikilileştirme sonrası (b) ve morfolojik açınım sonrası elde edilen bir aday merkez açık tonlu çerçeveyle gösterilen bir ortogonal komşu ile birlikte).

Çalışmada görüntü tarama yöntemleri ile elde edilen ve potansiyel meyve bölgelerini temsil eden alt-pencerelerin meyve veya arka plan olarak sınıflandırılmasında doku ve şekil özelliklerini temsil eden öznelikler kullanılmıştır. Doku özneliklerini çıkarmak amacıyla istatistiksel bir yaklaşım olan, ilk defa Haralick ve ark. (1973) tarafından ortaya konulan ve farklı araştırmacıların katkılarıyla günümüze kadar 22 adet öznelikliğin ortaya konduğu GLCM (gray level co-occurrence matrix) doku analizi yöntemi kullanılmıştır (Soh ve Tsatsoulis, 1999; Clausi, 2002). Şekilsel öznelikleri çıkarmak için ise Turk ve Pentland (1991) tarafından ilk olarak insan yüzlerini sınıflandırmak amacıyla ortaya konan yaygın bir yüz tanıma yöntemi olan *ilkesel bileşenler analizi* esaslı *özyüz* yönteminden yararlanılmıştır. Önceki çalışmada bu yöntem *özmeyve* olarak yeniden tanımlanarak portakal meyvesinin şekilsel ayırımı için kullanılmıştır (Kurtulmuş ve ark., 2011). Bu çalışmada da portakal ve şeftali meyvelerinin nispeten benzer şekillerinden ilham alınarak şekilsel öznelik çıkarımında *özmeyve* yönteminden yararlanılmıştır.

Çalışmada kullanılan öznelik seti, eğitim seti görüntüleri üzerinde deneme yanılma yoluyla 22 adet GLCM ve *özmeyve* özneliklerinin çeşitli eşleşmelerinin performanslarının gözlemlenmesi ile elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan sınıflandırıcıların eğitiminde kullanılan öznelikler, 4 adet GLCM öznelikliği (kontrast, homojenlik, toplam ortalama, korelasyon bilgi ölçüsü 1) ve gri seviye *özmeyve* öznelikliği olmak üzere 5 adet özneliktir. Bu çalışmada hesaplanan özneliklerin sayısal şiddetleri -1 ve 1 değer aralığına eşitlik 2 kullanılarak normalize edilmiştir.

$$X_N = \frac{2(X' - X_{min})}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

Burada X' normalize edilecek öznelik değeri, X_N normalize edilmiş değer, X_{min} ve X_{max} ise sırasıyla öznelik değerinin minimum ve maksimum değerleridir.

Bu çalışmada olgunlaşmamış şeftaliyi renkli görüntülerde saptamada çıkarılan özneliklerle farklı sınıflandırıcıların performanslarını ortaya koymak amacıyla 7 adet sınıflandırıcı eğitilerek denenmiştir. Bu sınıflandırıcıların bazıları parametrik bazıları ise parametrik

olmayanlardır. Geliştirilen görüntü tarama yöntemleriyle elde edilen alt-pencereler çıkarılan öznelikler kullanılarak bu sınıflandırıcılar tarafından sınıflandırılmışlardır. Diskriminant analizi, K-en-yakın komşu, sade Bayes, regresyon ağaçları, sınıflandırma ağaçları, yapay sinir ağları (YSA) ve destek vektör makinası (SVM) bu çalışmada kullanılan sınıflandırıcılardır. Bu sınıflandırıcılar arasından diskriminant analizi ve sade Bayes parametrik, diğerleri ise parametrik olmayan sınıflandırıcılardır.

Bu çalışmada kullanılan sınıflandırıcıların meyve tarama ve alt-pencereleri sınıflandırma işlemlerinde aynı meyveye karşılık gelen birbirine çok yakın aday alt-pencereleri meyve olarak sınıflandırmaları nedeniyle aynı meyveye ait çoklu saptamalar gerçekleşmiştir. Aynı meyveye karşılık gelen bu çoklu saptamaların tekilleştirilmesi için bir leke analizi yönteminden yararlanılmıştır. Bu amaçla denemelerde sınıflandırıcıların her bir saptama merkezi bir ikili görüntü üzerine kullanılan eğitim setine uygun olarak bulunan 20 piksel çapında lekelerle markalanmıştır. Bu lekeler, içi dolu daireler ile oluşturulmuştur. Bir görüntüye ait meyve tarama işlemi sonlandığında oluşan bu ikili görüntü üzerinde leke analizi yapılmış, temas eden lekelerden oluşan yeni lekeler tek bir meyve olarak kabul edilmiştir. Bulunan meyveleri temsil eden yeni lekelerin ana eksenlerinin orta noktaları meyve merkezleri olarak belirlenmiştir. Leke analizi yöntemiyle bu lekeler sayılarak görüntüdeki meyve sayıları ortaya konulmuştur.

Genel olarak geliştirilen algoritmalar bir renkli görüntüyü alıp yeniden boyutlandırma ve aydınlanma zenginleştirilmesi gibi ön işlemler uygulamakta, kullanılan meyve tarama yöntemine göre sırasıyla alt-pencereleri çıkararak o alt-pencerenin özneliklerini hesaplamakta ve önceden eğitilmiş sınıflandırıcıyı kullanarak sınıflandırmaktadır. Algoritmaların meyve olarak sınıflandırdığı alt-pencereler leke analiziyle tekilleştirilip meyve sayıları tespit edilmektedir. Algoritmaların genel olarak işleyişi Şekil 3'de görülmektedir.

Çizelge 2. GTY-2 kullanımıyla yedi adet sınıflandırıcıya ait deneme sonuçları.

| GTY-2 | Test seti (toplam meyve sayısı: 104) | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | Başarıyla saptanan Meyve sayısı (%) | Yanlış saptama Meyve sayısı (%) | Saptanamayan Meyve sayısı (%) |
| Diskriminant analizi | 78 (0,75) | 6 (0,07) | 26 (0,25) |
| K-en-yakın komşu | 72 (0,69) | 21 (0,23) | 32 (0,31) |
| Sınıflandırma ağacı | 43 (0,41) | 3 (0,07) | 61 (0,59) |
| Sade Bayes | 30 (0,29) | 1 (0,03) | 74 (0,71) |
| Regresyon ağacı | 6 (0,06) | 0 (0,00) | 98 (0,94) |
| YSA | 84 (0,81) | 12 (0,13) | 20 (0,19) |
| SVM | 43 (0,41) | 2 (0,04) | 61 (0,59) |

Gerçekleştirilen şeftali saptama denemelerinde algoritmalar, eğitim ve test setlerindeki meyvelerin hepsini saptayamamışlardır. İstenmeyen yanlış saptamalar da meydana gelmiştir. Bu hatalı sınıflandırmaların temel nedenlerinden bir tanesi genç şeftali meyveleri ve doğal bitki örtüsü görüntülerindeki arka plan nesnelere arasındaki renk benzerliğidir. Doğal bahçe koşullarında alınan görüntülerde bazı yaprak renklerinin genç meyvelerin renklerine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Bazı toprak, ağaç gövdesi ve dalların renklerinin de genç şeftali meyvelerinkine oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden potansiyel meyve bölgelerini çıkarmak ve arka plan bölgelerini elemek üzere renk bilgisini kullanan görüntü tarama yöntemlerinin renk kaynaklı hatalı sınıflandırmaları gerçekleşmiştir.

Üst üste örtüşen nesnelere, bitki örtüsünde genç şeftali meyveleri saptamada karşılaşılan diğer bir zordur. Denemelerde yapraklar ve/veya diğer meyveler tarafından yüksek derecede örtülen bazı meyveler algoritmalar tarafından saptanamamıştır. Üst üste örtüşen nesnelere durumu kısmen aydınlatılan meyvelere benzer bir durum oluşturmuştur. Görüntülerde yer

alan bazı meyvelerin yüzeyleri yapraklar tarafından parçalara ayrılmıştır. Buna rağmen geliştirilen algoritmalar bu meyvelerin bazılarını saptayabilmişlerdir.

Çalışmada kullanılan sınıflandırıcıların performansları düşünüldüğünde, en yüksek performans sırasıyla YSA, diskriminant analizi ve K-en-yakın komşu sınıflandırıcılarının kullanıldığı algoritmalarda gözlemlenmiştir. En düşük saptama performansını regresyon ağacı sınıflandırıcısı sağlamıştır. Bu çalışmada kullanılan sınıflandırıcılar, kullanılan özniteliklerle (GLCM doku ve özmeve) farklı performanslar göstermişlerdir. YSA ve diskriminant analizi sınıflandırıcıları bu öznitelikler arasındaki interaksiyonlardan daha iyi faydalandıklarından, daha yüksek sınıflandırma başarıları sağlamışlardır.

SONUÇ

Bu çalışmada şeftali bahçesinde doğal aydınlanma koşullarında alınmış görüntüler kullanılarak, gelişmelerinin erken safhasındaki olgunlaşmamış şeftali meyvelerini renkli görüntülerde saptayarak sayan bilgisayarlı görme algoritmaları geliştirilmiştir. Görüntü işleme tekniklerinden yararlanarak geliştirilen algoritmalar renk, şekil ve doku bilgisini kullanılan öznitelik çıkarma yöntemleriyle görüntülerden çıkarmışlardır. Potansiyel meyve bölgelerini temsil eden alt-pencereler diskriminant analizi, K-en-yakın komşu, sade Bayes, regresyon ağaçları, sınıflandırma ağaçları, yapay sinir ağları ve destek vektör makinası sınıflandırıcılarıyla meyve ve arka plan olarak sınıflandırılmışlardır. Çalışmada aynı meyveye ait çoklu saptamalar leke analizi tekniğiyle tekilleştirilerek görüntülerdeki meyvelerin sayımı yapılmıştır. Olgunlaşmamış şeftaliyi doğal bitki örtüsü görüntülerinde saptama görevinin tek düze olmayan aydınlanma ve nesnelere üst üste örtüşmesi gibi kendine özgü zorluklarına rağmen, ortaya konulan algoritmaların test seti için %81'er düzeyinde saptama başarıyla olgunlaşmamış şeftalileri saptayabildikleri görülmüştür. Deneme sonuçları dikkate alındığında olgunlaşmamış şeftali meyvesinin doğal bahçe koşullarında standart CCD görüntüleme yöntemi kullanımıyla saptanabilmesinin umut verici olduğu sonucuna varılmaktadır.

LİTERATÜR LİSTESİ

Clausi, D.A. 2002. An analysis of co-occurrence texture statistics as a function of grey level quantization. Can. J. Remote Sensing, 28(1):45-62.

FAO 2010. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

- Gonzalez, R.C., Woods, R.E. 2002. Digital image processing. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 793 pp.
- Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I. 1973. Textural features of image classification, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 3(6):610–621.
- Kurtulmuş, F., Lee, W.S., Vardar, A. 2011. Green citrus detection using 'eigenfruit', color and circular Gabor texture features under natural outdoor conditions. Computers and Electronics in Agriculture 78 (2011) 140–149.
- Soh, L., Tsatsoulis, C. 1999. Texture analysis of SAR sea ice imagery using gray level co-occurrence matrices. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 37(2):780–795.
- Turk, M., Pentland, A. 1991. Eigenfaces for recognition. Journal of Cognitive Neuroscience (3): 71–86.
- Vural, H., Turhan, Ş. 2011. Bursa ilinde şeftali üretiminin ekonometrik analizi. Uludağ Üni. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25:(2), 1-6.

Mikrodenetleyici Kontrollü Balya Sayacı Tasarımı

Kadir SABANCI¹, Cevat AYDIN²

¹Batman Üniversitesi Müh-Mim. Fakültesi, Elk-Elt. Mühendisliği Bölümü, Batman

²Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Bölümü, Konya
kadir.sabanci@batman.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 13.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 21.06.2013

Özet: Balyalama makinaları; ot, yonca, çeşitli hayvan yemleri veya hububat sapları gibi hasat sonrası kalıntıların balyalanması, taşınması ve depolanması gibi aşamalara kolaylık getiren makinalardır. Bu makinalarda yapılan balyaların sayımında kullanılan mekanik sayaçlarda, sık sık problem oluşmasından dolayı, balya makinasında paketlenen balya sayısında sorunlar yaşanmaktadır. Bu çalışma ile balya makinaları için elektronik bir balya sayacı geliştirilmeye çalışılmıştır. Geliştirilen sistemde balya makinasının bağlama ünitesine yerleştirilen manyetik bir sensör yardımıyla, balya makinasında paketlenen balyaların sayımı yapılmıştır. Kontrol ünitesinde, Microchip firmasının ürettiği PIC 16F628A mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Kontrol ünitesi üzerindeki 4 digit displayde ise balya adet bilgisi görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Balya sayacı, mikrodenetleyici, sensör, hassas tarım

Bale Counter Design with Microcontroller

Abstract: Baling machines are machines that bring convenience to phases such as baling, transportation and storage of post-harvest residues such as hay, alfalfa, various animal feeds or cereal straws. Because mechanical counters used in counting the bales that were made in these machines often arise problems, there are problems in the number of bales packaged in the baling machine. An electronic baling counter for baling machines is tried to be realized with this study. In the realized system, countering of bales packaged in the baling machine was carried out with the help of a magnetic sensor placed on binding unit of baling machine. In the control unit, PIC 16F628A microcontroller that Microchip firm produced was used. Data of the bale number is seen on 4 digits display that is on the control unit.

Key words: Bale counter, microcontroller, sensor, precision agriculture

GİRİŞ

Balyalama, yem bitkileri ve hububat saplarının hava koşullarından en az etkilenecek düzeyde ve sürede depolanmasını sağlayan bir işlemdir (Ayık, 1993).

Yem bitkileri hasadında çoğu kez orak, tırpan vb. ilkel tarım aletlerinin kullanıldığı, bu aletlerin hasat kayıplarını arttırdığı ve verimi düşürdüğü bilinmektedir. Bu nedenle el aletleri yerine modern tarım alet ve makinelerinin kullanılması gerekmektedir (Arın ve ark., 1992).

Balya makineleri, hasat sonrası biçilmiş ve kurutulmuş olan materyalin (ot, yonca, hububat sapları vb.) toplanarak paketlenme (balyalama) yapılmasını sağlayan makinelerdir (Kasap ve ark. 2000). Balya yapılarak taşıma ve depolama işlemlerinde kolaylık sağlanmış olur. Balya makinelerinin çeşitli tipleri vardır. Yaptıkları balyanın şekline göre balya makineleri genellikle köşeli balya makineleri ve yuvarlak balya makineleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Gölbaşı ve ark. 2006).

Çizelge 1’de yıllara göre Türkiye’de kullanılan balya makinası sayısı görülmektedir. Türkiye’de kullanılan balya makinası sayısı 2011 yılına göre bir yıl içerisinde yaklaşık % 9.18 lik bir artış görülmektedir.

Çizelge 1. Yıllara göre Türkiye’de kullanılan balya makinası sayıları (Tüik, 2013)

| Yıllar | Balya Makinası Sayısı |
|--------|-----------------------|
| 1998 | 7 884 |
| 1999 | 7 985 |
| 2000 | 8 423 |
| 2001 | 8 562 |
| 2002 | 8 756 |
| 2003 | 8 999 |
| 2004 | 9 072 |
| 2005 | 9 431 |
| 2006 | 10 185 |
| 2007 | 10 998 |
| 2008 | 11 839 |
| 2009 | 12 613 |
| 2010 | 13 303 |
| 2011 | 14 524 |

Balya makinalarındaki mekanik aksamli balya sayacılar, kullanıcılara sık sık problem yaşatmaktadır. Bu çalışmada balya makinası için elektronik balya sayacı tasarımı geliştirilmiştir. Manyetik sensör kullanılarak balya makinasından paketlenen balyaların sayısı kullanıcıya aktarılmıştır.

Son yıllarda mikrodenetleyici ve sensör teknolojisindeki gelişmeler mikrodenetleyici ve sensör fiyatlarını oldukça ucuzlatmıştır. Teknolojik gelişmeler ve ekonomik olmaları nedeniyle mikrodenetleyiciler ve sensörler bir çok endüstri alanında olduğu gibi tarımsal alanlarda da yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

Koç ve Keskin (2011) mikrodenetleyici ve ultrasonik sensör kullanarak tarla pülverizatörleri için otomatik bum dengeleme sistemini geliştirmişlerdir. Sabancı ve Aydın (2012) mikrodenetleyici ve manyetik sensör kullanarak pnömatik ekim makinasının ekim yaptığı alanı hesaplayan ve ekici ayaklardaki herhangi bir sorunda kullanıcıya uyarı veren bir sistem geliştirmişlerdir.

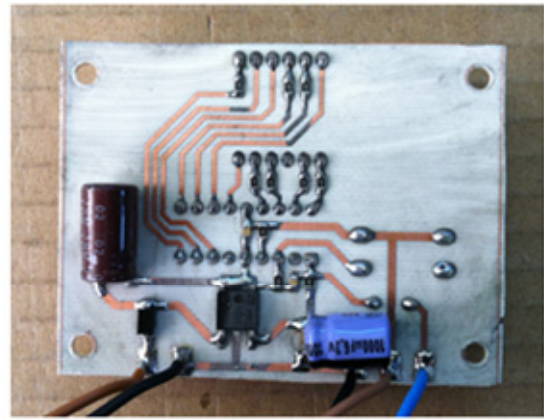
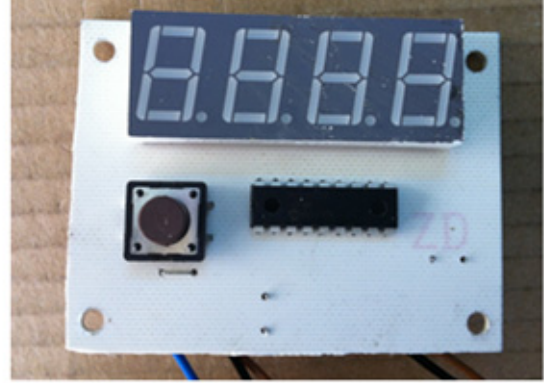
MATERYAL VE YÖNTEM

Gerçekleştirilen sistemde Allegro MicroSystems firmasının üretmiş olduğu A1104 manyetik sensörü kullanılmıştır. Sistemde kullanılan manyetik sensör devresi, sensör kılıfı ve sensörü tetikleyen mıknatıs Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan manyetik sensör ve mıknatıs

Sistemin kontrol ünitesinde Microchip firmasının üretmiş olduğu PIC 16F628A mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Kontrol ünitesinin üzerinde balya sayısını operatöre aktaran ortak katotlu 4 digit 7 segment matrix display kullanılmıştır. Kontrol ünitesinde, balya makinasında paketlenen balya sayısını sıfırlamak için bir adet reset butonu bulunmaktadır. Şekil 2a’da kontrol kartının üstten görünümü, Şekil 2b’de ise kontrol kartının alttan görünümü görülmektedir.



Şekil 2. a) Kontrol kartının üstten görünümü
b) Kontrol kartının alttan görünümü

Kontrol ünitesinin altında 2 adet giriş vardır (Şekil 3). Bunlardan biri kontrol ünitesinin güç girişidir. Sistem çalışması için gerekli olan enerjiyi traktörün aküsünden almaktadır. Sistem 12 volt ile beslenmektedir. Gerekli olan enerji traktör çakmaklığından alınmaktadır. Bu voltaj değeri 7805 entegresi kullanılarak mikrodenetleyici kartını besleyecek 5 volt değerine düşürülür.



Şekil 3. Kontrol ünitesi

Diğer giriş ise sensör girişidir. Sensör devresi sensör kılıfı içine yerleştirilerek dış ortamdan korunması sağlanmıştır. Sensör devresi, sensör kablosunun diğer ucundaki mike fiş ile kontrol ünitesine bağlanmıştır. Şekil 4' te kontrol ünitesinin giriş bağlantı elemanları görülmektedir.

Balya makinasının balya bağlama ünitesinin dönen parçasına bir mıknatıs yerleştirilmiştir. Mıknatısın tam karşısına gelecek şekilde içerisinde manyetik sensör devresi bulunan sensör kılıfı yerleştirilmiştir.

Balya makinasına bağlanmaya hazır olan balya geldiğinde, dönen aksamda bulunan mıknatısı algılayan sensör mikrokontrolöre sinyal gönderir.

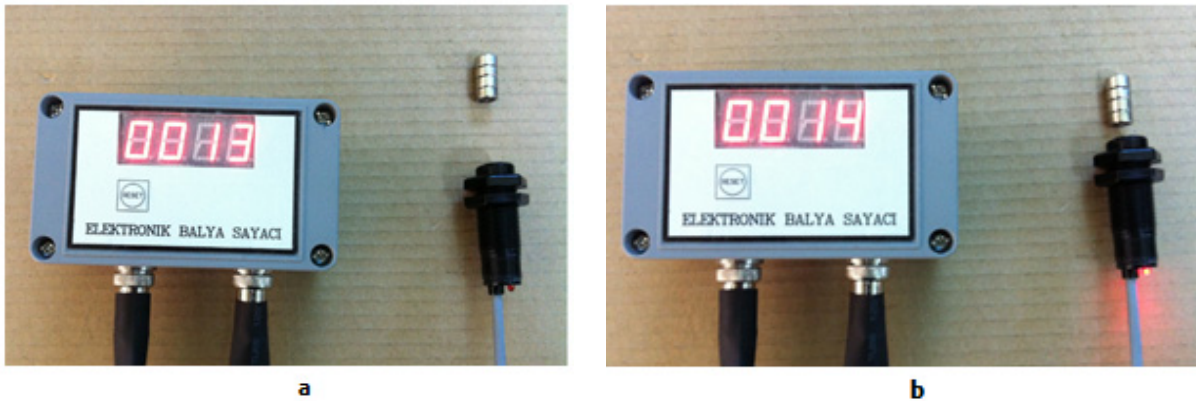
Manyetik sensörün PIC 16F628A mikrodenetleyicisine bağlandığı pin değeri sensör çıkış vermezken Lojik 1 değerindedir. Manyetik sensör mıknatısı yakından gördüğü zaman bu pin değeri Lojik 0 olur ve sen-

sör çıkış verir. Mikrodenetleyicideki register değeri her balya bağlaması yapıldığında bir artar. Bu değer mikrodenetleyicinin hafızasında saklanır. Balya makinasından çıkan balya sayısı kontrol ünitesi üzerindeki ekran üzerinde kullanıcıya aktarılır. Şekil 5a'de sensörün çıkış vermediği, Şekil 5b'de ise sensörün çıkış verdiği durumlar görülmektedir.

PIC 16F628A mikrodenetleyicisini programlamak için "PIC BASIC PRO" programlama dili kullanılmıştır. Bu programlama dilinde yazılan programın akış diyagramı Şekil 6'da görülmektedir. "PIC BASIC PRO" programlama dilinde yazılan program Micro Code Studio programıyla HEX uzantılı dosyaya dönüştürülmüştür. Elde edilen HEX uzantılı dosya IC-Prog yazılımı kullanılarak PIC Programmer üzerinden PIC 16F628A mikro denetleyicisi içerisindeki program belleğine yüklenmiştir.



Şekil 4. Kontrol ünitesinin giriş bağlantı elemanları



Şekil 5. a) Manyetik sensör çıkış vermezken b) Manyetik sensör çıkış verdiği durumlar



Şekil 6. Programın akış diyagramı

LİTERATÜR LİSTESİ

- Arın, S., P. Ülger ve B. Akdemir, 1992. En az masrafla yem bitkisi üretecek makinelerin seçimi. I. Hayvancılık Sempozyumu, Hasad Yayınları, s:277-280, Tekirdağ.
- Ayık, M. 1993. Hayvancılıkta Mekanizasyon. (II.Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1300. Ders Kitabı 375, Ankara.
- Gölbaşı M., Ö. Çiftçi, B. Engürlü, H. Başaran, M. Akkurt, 2006. Tarım Alet ve Makinelerinin Bakımı, Tarım ve Köyşleri Bakanlığı. Çiftçi Eğitim Serisi-18, Ankara.
- Kasap E., B. Engürlü, S. Kılınç, H. Başaran, Ö. Çiftçi, M. Gölbaşı, M. Akkurt, 2000. Tarım Alet ve Makinelerinin Tamir ve Bakımı, Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Ders Araç Ge-reçleri Makine Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Geliştirilen sistemle balya makinasında paketlenen balyaların adetini gösteren elektronik bir sayaç tasarlanmıştır. Balya makinalarındaki mekanik sayaçlardan kaynaklanan problemlerin giderilmesi için elektronik bir çözüm geliştirilmiştir.

Geliştirilen elektronik balya sayacı ile yapılan denemelerde balya makinasında bağlanan 20 balyanın sayımında %100'lük bir başarı sağlanmıştır. Balya makinasında paketlenen balya sayılarının hatasız bir şekilde sayımı başarılmıştır. Kullanılan sensör devresi sensör kılıfı içerisine konduğundan su, nem, toz gibi çevre koşullarından etkilenmez. Sistemin kullanılması ve uygulanması oldukça kolaydır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan çalışma ile balya makinalarındaki mekanik aksamli sayaçlardan kaynaklanan balya sayım hatalarının giderilmesi için elektronik bir balya sayacı geliştirilmiştir.

Bu çalışma tarımda sensör kullanımı ile hassas tarım teknolojilerine örnek bir çalışmadır. Kullanılan yazılım geliştirilerek ve bir GPS sistemi eklenerek, balya makinasının bir hasat döneminde yaptığı balya sayısı ve GPS koordinatları hafıza da saklanabilir.

Hassas İlaçlama İçin Mekatronik Bir Tarla Pülverizatörü Tasarımı

Caner KOÇ¹, Abdülkadir GÜNEYTEPE², Bülent PERKTAŞ³ Mustafa VATANDAŞ¹

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara

²Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Bilişim Sistemleri Bölümü, Ankara

³Başkent Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Ankara
ckoc@ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 13.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 27.06.2013

Özet: Bu çalışmada; değişken düzeyli hassas kimyasal uygulamalarına olanak veren, ilaçlama memeleri bağımsız olarak kontrol edilebilen, pülverizatör bumlarnı yer düzlemine paralel tutmaya yarayan aktif dengeleme düzeneğine sahip bir tarla pülverizatörü geliştirilmiş ve modellenmiştir. Geliştirilen pülverizatör 20 m iş genişliğine sahip ve parçalı yapıdadır. Pülverizatör bumlarnı üzerinde bulunan memeler merkezi bir elektronik kontrol biriminden gönderilen sinyaller ile kumanda edilmektedir. Ayrıca geliştirilen kontrol ünitesi, GPS verileri, harita verileri, sensör verileri ve selenoid valflerin durumu (açık-kapalı) "Android" ve/veya "iOS" dillerinde geliştirilen gömülü yazılımla, anlık ve internet erişimi olan yerlerden de uzaktan, akıllı telefon ve tabletlerle izlenebilir bir yapıdadır.

Anahtar kelimeler: Tarla pülverizatörü, hassas tarım, simülasyon, aktif dengeleme, iOS, Android

Design of a Mechatronic Field Sprayer for Precision Pesticide Application

Abstract: In this work, a field sprayer was designed and modeled. The features of the machine are suitable for variable rate application, sprayer nozzles can be controlled selectively and has an active boom suspension system keep the booms parallel to the field surface. In addition, a mobile phone application was to develop for remote monitoring and control of a field sprayer. The mobile application is suitable for smart phones and tablet computers using Android and iOS operating systems. The field sprayer had 20 m length and equipped with a microcontroller, a custom built sprayer boom height control mechanism, GPS, ultrasonic sensors and variable rate spray nozzles. The developed mobile application, under the test conditions, allows the operator to set the desired application rate, monitor and control the nozzles using a mobile electronic device and over the internet.

Key words: Field sprayer, precision agriculture, simulation, active suspension, Android, iOS,

GİRİŞ

İslah edilmemiş tarlalarda artan engebelerin traktörde yarattığı yatay ve düşey titreşimler, tarımsal savaş makinalarının ilerleme hızını azalttığı gibi ilaç dağılım düzgünlüğünü de olumsuz yönde etkilemektedir. Tarımsal savaşta ilaçların büyük çoğunluğu sıvı olduğu için, damlalar halinde pülverizasyon söz konusu olup, en önemli ilaçlama parametresi damla çapı olmaktadır (Hedden 1961). Bu nedenle damla çapında meydana gelen farklılıklar, tarım ilaçlarının uygulama başarısını etkilemektedir (Kepner et al 1972, Çilingir ve Çelen 1995). Bu yüzden bumlarnı ilaçlama esnasındaki yüksekliği sürekli olarak belirlenen değerde tutulmalıdır (Pochi ve Vannucci 2001, Jeon et al 2004). Son yıllarda tarımsal faaliyetlerde kullanılan pülverizatörlerin tarla etkinliklerini artırmak amacıyla bu makinaların iş

genişlikleri gittikçe artırılmaktadır (Deprez et al 2003). Bunun yanısıra yeni teknolojik gelişmelerle birlikte pülverizatörlerde, aktif bum dengeleme düzenekleri, değişken oranlı kimyasal uygulamalara olanak tanınması, GPS ile markör yollarının tayin edilmesi ve uzaktan takip ve kontrol sistemleri gibi özellikler eklenerek kullanılmaya başlamıştır (Koc and Keskin 2011).

Hassas tarımın en temel amacı; tarımsal faaliyet amacıyla tarlayı bütün olarak değerlendirerek yönetmek yerine, tarlanın her metrekaresinin analiz edilerek yönetilmesidir. Bu amacın gerçekleştirilmesi için de; yapılacak her faaliyet için kimyasal uygulama, gübreleme veya sulama vb haritalama çok önemlidir (Ping ve Doberman 2005). GPS kullanımı tarla üzerinde istenilen bölgelerdeki bilgi alış verişini tespit, görüntüleme ve takip etmek için kullanılmaktadır. Son

yıllarda iOS ve Android işletim sistemine sahip akıllı telefon ve tabletler sahip oldukları kamera, ivme sensörleri, gyro sensörleri, GPS ve kablosuz haberleşebilme (Bluetooth, Wi-Fi, 3G/4G bağlantısı) gibi özellikleriyle bir çok alanda olduğu gibi hassas tarım alanında da kullanılmaya başlamıştır (Fujiki 2010). Bir çok bilim adamına göre de yakın bir gelecekte akıllı telefon ve tabletler bir çok sektörde kullanılan pahalı cihazların yerini alacağı öngörülmektedir. Akıllı tablet ve telefonlar bilgi alış verişi için kullanılabilirlikleri gibi sahip oldukları arayüz ve kablosuz veri alışveriş özellikleriyle kontrol ve görüntüleme amacıyla da kullanılabilir (Perttunen et al., 2011; Thompson et al., 2010; Zaldivar et al., 2011).

Bu çalışmada; aktif bum dengeleme düzeneğine sahip, değişken oranlı pestisit uygulamaya uygun, Android ve iOS yazılım dillerinde geliştirilen bir uygulamayla kontrol ve takip edilebilen akıllı bir tarla pülverizatörü prototipi geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamada, özel bir yazılım geliştirilerek pülverizatörün markör yollarının tayini için akıllı telefon ve tablette yer alan GPS'den yararlanılmıştır.

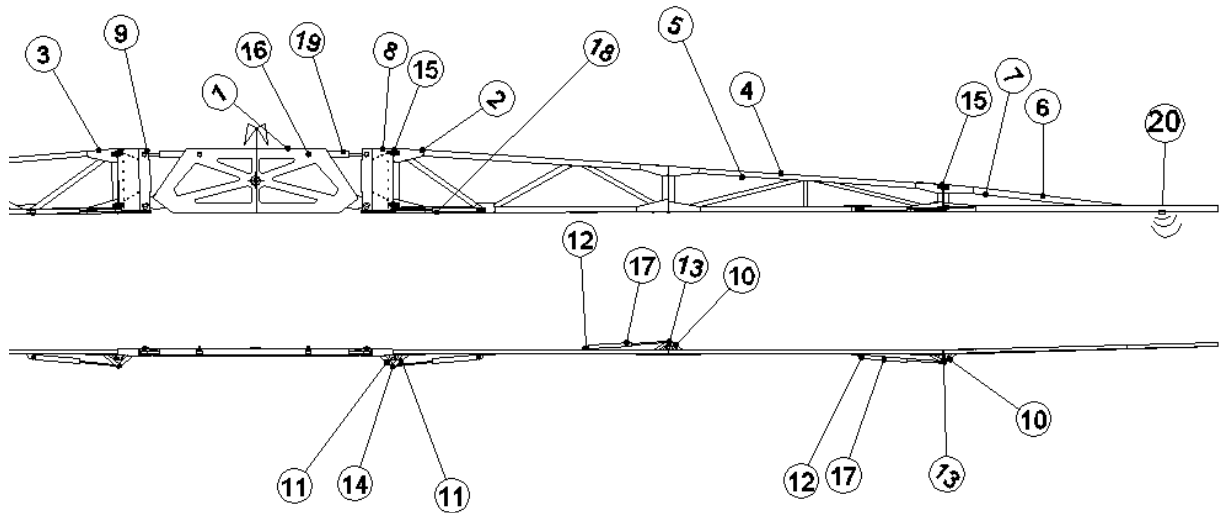
Ayrıca tüm sistem geliştirilen uygulamayla tablet ve telefon aracılığıyla internet erişimi olan her yerden takip edilerek verilerin kaydedilmesi ve grafiksel olarak görüntülenmesi sağlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

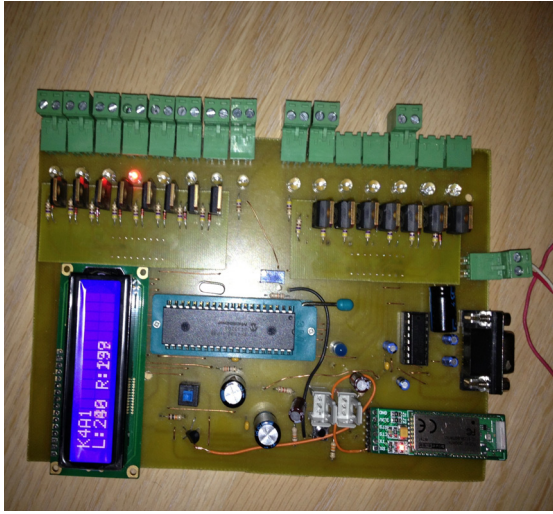
Bu çalışmada hassas tarıma uygun bir tarla pülverizatör prototipi imal edilerek; Android ve iOS yazılım dillerinde geliştirilen uygulamayla kontrol ve takip edilmiştir. Denemelerde kullanılan prototip tarla pülverizatörü, sağ ve sol bum kolları ayrı ayrı hareket etmeye uygun ve parçalı yapıda imal edilmiştir. Bumlar iş ve yol konumlarına hidrolik silindirler yardımıyla getirilmektedir. Bumların toplam iş genişliği 20 m'dir. Bumlar üzerinde parçalı yapıdaki kolların açılıp kapanmasına yardımcı olan 4 adet hidrolik silindir, bumların yüzey profilini takip etmesine yardımcı olan açılı olarak konumlandırılmış 2 adet ve tüm bumları düşey düzlemde kaldırıp indirmeye yarayan bir adet hidrolik silindir daha kullanılmıştır (Şekil 1).

Hidrolik silindirler güç ihtiyaçlarını traktör üzerinde yer alan hidrolik prizlerden almaktadır. Sistemde ayrıca tüm hidrolik silindirleri kumanda eden bir hidrolik kontrol ünitesi de geliştirilmiştir. Geliştirilen hidrolik kontrol ünitesi; 5 adet selenoid valf, basınç sınırlama valfi ve sıralama valflerinden oluşmaktadır. Sistemde yer alan tüm hidrolik silindirler bir elektrik kumanda panosu aracılığı ile manuel olarak ta kumanda edilebilmek özelliğine sahiptir.



Şekil 1. Orta Gövde (1), 1. Bum Kompleksi (2), 1. Bum Kompleksi Aynası (3), 2. Bum Kompleksi (4), 2. Bum Kompleksi Aynası (5), 3. Bum Kompleksi (6), 3. Bum Kompleksi Aynası (7), Ara Mafsal Kompleksi (8), Ara Mafsal Kompleksi Aynası (9), Ø32 Silindir Mafsal Kompleksi (10), Ø 40 Silindir Mafsal Kompleksi (11), Pim (12-16), Ø32 Hidrolik Silindir (17), Ø 40 Hidrolik Silindir (18), Ø 50 Hidrolik Silindir (19), Mesafe Ölçüm Sensörü (20).

Aktif bum dengeleme sisteminin kumanda edilmesi için bir adet elektronik kumanda kartı geliştirilmiştir. Elektronik kumanda kartı elemanları 1 adet PIC 18F4552 16 bit ADC mikrodenetleyicisi, 7805 regülatör, IRFZ 44 MOSFET yarı iletken transistörler, 4 adet 5V DC röle, dirençler, 4 MHz kristal osilatör ve kapasitörlerden oluşmaktadır. Yer düzlemiyle bum arasındaki yükseklik mesafesini ölçmek için ise sağ ve sol bum uç noktalarına sabitlenen birer adet MaxSonar-EZ1 (Maxbotix LV, 8757 East Chimney Spring Drive, Tucson AZ 85747 USA) mesafe ölçüm sensörleri kullanılmıştır. Ayrıca sensörlerden ölçülen kalibre edilmiş mesafe bilgilerinin gösterimi için kullanılan bir adet LCD ekran kullanılmıştır. Geliştirilen elektronik kumanda kartı mobil telefon ve tablet uygulamaları ile haberleşebilmesi için bir adette bluetooth kit kullanılmıştır. Geliştirilen sistemde, tüm sistemi kumanda eden ve denetleyen PIC BasicPro programlama dilinde yazılmış birde program geliştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Elektronik kumanda devresi.

Geliştirilen mekatronik tarla pülverizatörüne ait verilerin internet erişimi olan yerlerden alınabilmesi, kaydedilebilmesi, kontrol edilebilmesi ve takip edilebilmesi için arayüz görünümü Şekil 3'te görülen bir adette mobil uygulama ANDROID ve iOS yazılım dillerinde geliştirilmiştir.

Geliştirilen mekatronik tarla pülverizatörü konum verilerinin alınması, değişken oranlı pestisit uygulamalarına ilişkin sinyallerin üretilebilmesi amacıyla GSM hattı aracılığıyla çalışan yerli yazılım GPS programı geliştirilmiş ve kullanılmıştır.



Şekil 3. Mobil uygulama arayüz görünümü.

Yöntem

Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen mekatronik tarla pülverizatörünün amaca uygunluğunu test etmek için laboratuvar ve tarla koşullarında denemeler yapılmıştır. Geliştirilen sistemin laboratuvar denemeleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Kadayıfçılar Atölyesinde, tarla denemeleri ise Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Deneme Tarlalarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde sensörler ve kontrol programı hassaslaştırılarak, prototip makinanın ve kontrol düzeneğinin performansı belirlenmiştir.

Geliştirilen prototip makine ve aktif bum dengeleme sisteminin tasarımı ve simülasyonları için bilgisayar destekli tasarım programlarından yararlanılmıştır. Bilgisayar ortamında mekanik, hidrolik ve elektronik aksamların yanı sıra kontrol programının da çalışmaları simüle edilerek tasarımların etkinliği artırılmıştır. Malzeme yorulma ve akış analizleri için sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan programlardan yararlanılmıştır. Bu şekilde çok kısa sürede hassas bir imalat gerçekleştirilerek muhtemel malzeme ve zaman kayıpları önlenmiştir. Geliştirilen sistemin mekanik kısmının tasarımı ve simülasyonları CATIA V5 R21 (Dassault Systems 300 Baker Avenue Concord, MA 01742, USA) programı, elektronik aksamın simülasyonu için Proteus 7.2 (Labcenter Electronics Ltd., UK) programı ve hidrolik aksamın simülasyonu için Automation Studio programı (FAMIC Technologies inc. 9999 Boul. Cavendish Suite 350 Saint Laurent . Qc. CANADA) deneme sürümleri kullanılmıştır. Mukavemet ve yorulma analizleri için ANSYS (ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA

5317 USA), ve akış analizleri içinse aynı firmaya ait ürün olan Fluent programı kullanılmıştır.

Ölçtüğü mesafeye bağlı olarak sistemin çalışmasını sağlayacak olan ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinin kalibrasyonu için Koç ve Keskin (2011) tarafından aynı sensörlerin kalibrasyonu için kullanılan aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Y = 1,7302 X - 2,274 \quad (1)$$

Burada;

Y: Ayar edilen yükseklik değeri (cm)

X: Sensörden okunan gerilim değeri (mV).

Sistemin çalışması, bumlara uçlarına yerleştirilen sensörlerden alınan yükseklik verilerine bağlı olarak elektronik kumanda kartının hidrolik silindirleri kumanda etmesi esasına dayanmaktadır. Tüm sistemin çalıştırılması; mikrodenetleyici üzerine aktarılan, PIC Basic Pro programlama dilinde yazılan kontrol programına göre olmuştur. Program; mobil telefon veya tableten girilen çalışma yüksekliğine göre prototip makine üzerinde yer alan bumlara ayrı ayrı kumanda edecek şekilde tasarlanmıştır. Denemeler sırasında elde edilen veriler eş zamanlı olarak internet erişimi olan yerlerden elektronik kumanda kartı üzerinde yer alan Bluetooth kiti aracılığıyla ANDROID ve iOS programlama dillerinde geliştirilen yazılım aracılığıyla bir servera yazılı ve grafiksel olarak aktarılmış ve kaydedilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Yapılan laboratuvar ve tarla denemeleri sonucunda sistem başarılı bir şekilde akıllı telefon ve tablet aracılığıyla set edilen değerlerde bum yüksekliklerini tutmaya çalışmıştır. Geliştirilen mekatronik tarla pülverizatörünün çalışması için iki farklı hidrolik basınç değerine denemeler sonucunda ulaşılmıştır. Makinanın iş ve yol konumlarına getirebilmesi için kullanılan hidrolik silindirlerin optimum çalışma basınçları 80 bar ve aktif bum dengeleme sisteminin kumandası için kullanılan hidrolik silindirlerin optimum çalışma basınçları 130 bar olarak belirlenmiştir.

Aktif bum dengeleme sistemi, tek parçalı olarak imal edilen ve ülkemizde yoğun olarak kullanılan tarla

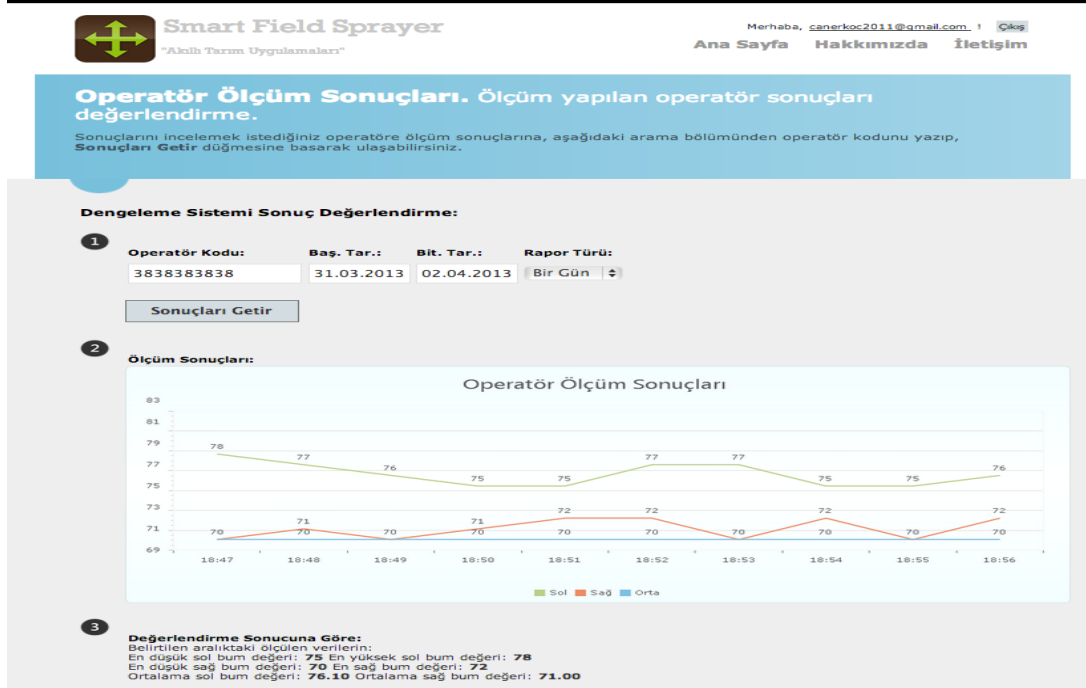
pülverizatörlerinin dengelenmesi için uygun olmamıştır. Özellikle sensörlerden gelen yükseklik verilerinin bumlara bir ucunu aktif olarak yer düzlemine paralel tutmaya çalışırken, diğer uç kısmında yer alan bumun var olan ağırlık ve ataleti nedeniyle pülverizatörün çok daha salınımlı ve titreşimli çalışmasına neden olmuştur. Aynı zamanda iki uç noktaya yerleştirilen sensörlerden gelen verilere göre pülverizatör bumlara yer düzlemine paralel tutmaya çalışan aktif bum dengeleme düzeneği, hidrolik silindirlerde hasara neden olmuştur.

Bu nedenle denemeler sırasında tek parçalı çalışacak şekilde kullanılan 18 m iş genişliğine sahip prototip tarla pülverizatörü parçalı (çift bumlu) çalışacak şekilde düzenlenmiştir. Bu şekilde sağ ve sol bumlara ayrı ayrı kullanıldığı durumlarda, aktif bum dengeleme düzeneği oldukça başarılı bir şekilde çalışmış ve girilen ayar (set) değerlerinde bumlara tarla düzlemine paralel tutmaya çalışmıştır.

Tüm sistemi kumanda eden PIC Basic Pro dilinde geliştirilen kontrol programı sistemi başarılı şekilde yönetmiştir. Denemeler sırasında kumanda sistemiyle ilgili olarak akıllı telefon ve tablet aracılığıyla sistemin kumanda edilmesi sırasında sorunlar yaşanmıştır. Bu sorunlar yazılımın döngü zamanının 1 saniyenin altına (960 ms) çekilmesi sonucunda giderilmiştir. Ayrıca alınacak veya üretilecek verilerin kontrol yazılımlarının aralarına 1 ms'lik gecikme zamanları konularak sistemin daha kararlı çalışması sağlanmıştır.

Yapılan denemeler sırasında makinanın konum verilerinin alınabilmesi için GSM hattı üzerinden çalışan GPS uygulaması geliştirilmiştir. Geliştirilen GPS uygulaması ile tarla sınırları başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Ancak markör yolu olarak kullanılması sırasında hassasiyet ortalama ± 1 m olmuştur.

Yapılan denemeler sırasında akıllı tarla pülverizatörüne ait tüm veriler (yükseklik, konum, zaman vb) elektronik kumanda kartı üzerinde yer alan bluetooth ve mobil telefon uygulaması aracılığıyla internet erişimi olan yerlerden bir hizmet sunucuya (server) iletilerek başarılı bir şekilde yazılı ve grafiksel olarak görüntülenmiş ve kaydedilmiştir.



Şekil 4. Takip sistemi web sayfası görünümü.

Şekil 4'te denemeler sonucunda anlık olarak web sayfasından alınan verilere ilişkin görüntü yer almaktadır. Web sayfasında anlık olarak bir çok veri görülebilmektedir. Geliştirilen yazılımla oluşturulan operatör kullanıcı kodu ile ilgili web sayfasına ulaşılmıştır. Web sayfasında set değeriyle birlikte sağ ve sol bum yükseklik değerleri dakikalık ortalamaları grafiksel olarak görülmektedir. İlaveeten, çalışma aralığı içerisinde, en yüksek değer, en küçük değer ve ortalama değerlerde sayısal olarak ta görülebilmektedir. Yine web sayfasından operatörün çalışması sırasında kaydedilen ortalama değerler günlük, haftalık, aylık olarakta raporlanabilir özelliktedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan laboratuvar denemelerinde mekatronik tarla pülverizatörü aktif bum dengeleme düzeneği başarılı bir şekilde ayar yüksekliğini korumuştur. Ancak farklı tarla koşullarında yeteri kadar deneme yapılamamıştır. Koç ve Keskin (2011) yaptıkları çalışmada, farklı tarla koşullarında aktif bum dengeleme düzeneği üzerinde yer alan ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinin performanslarının değişebildiği ve her koşul için sensörlerin kalibrasyonunun yenilenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Bu nedenle sistem performansının farklı tarla koşullarında da denenmesi gerekmektedir.

Lida & Burks (2002) tarafından yapılan çalışmada ultrasonik mesafe ölçüm sensörlerinin hızdan etkilenmediği ve hız artışıyla birlikte standart sapmanın da en üst noktaya ulaştığı bildirilmiştir. Bu nedenle farklı hız değerleri için prototip makinanın denemelerinin tekrarlanarak sapmaların belirlenmesi gerekmektedir. Elde diledik sonuçlara göre hızın prototip makinanın ilaç normuna etkisi de araştırılmalıdır.

Denemeler sırasında parçalı imal edilen prototip makinanın sağ ve sol bumları birbirinden bağımsız olarak istenilen set değerlerini sağlamaya çalışmıştır. Prototip makinanın mekanik aksamıyla ilgili olarak sahip olunan ağırlığın, özellikle asılır tip tarla pülverizatörlerinde kararsız çalışmaya ve yakıt tüketiminde artışa yol açabileceği düşünülmektedir.

Yapılan araştırma çerçevesinde imal edilen prototip tarla pülverizatörü bumları St 37 çelikten imal edilmiştir. Bunun nedeni daha ucuz ve imalatının kolay olmasıdır. Ancak St 37 çeliği ucuz olmasına karşın fazla malzeme kullanıldığı için makineyi ağırlaştırmakta ve bumlara çatısında kırılmalara neden olabilmektedir. Bunun yansısı nispeten ağır bumlara yakıt tüketimini ne derece etkilediği de yine araştırılması gereken bir durumdur.

Geliştirilen prototip makinanın diğer bir özelliği olan akıllı telefon ve tablet uygulaması, internet

erişimi olan yerlerden makinaya ait istenilen özellikler olan konum verisi, bum yükseklik verisi, zaman vb gibi bilgileri başarılı bir şekilde kaydetmiştir. Denemelerde kısa süreli yapılan çalışmalarda bir sorun ortaya çıkmamıştır. Geliştirilen prototipin seri üretime dönüşmesi durumunda, sunucuda tıkanma olasılığına karşın kapasitesinin optimize edilmesi gerekli olabilecektir.

Hassas tarımın en önemli unsurlarından birisi konum verilerinin belirlenmesidir. Bunun için de GPS kullanılmaktadır. Günümüzde hassas tarım amaçlı kullanılan GPS'lerin hassasiyeti cm seviyelerindedir. Ancak bu tarz GPS'ler henüz çok pahalı ve kullanımı zordur. Proje kapsamında GSM hattı üzerinden akıllı

telefon ve tabletler üzerinde mevcut durumda bulunan GPS'lerin kullanımına yönelik bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılımla konum verileri başarılı bir şekilde alınarak kaydedilmiştir. Geliştirilen yazılımın hassasiyeti 1 metre düzeyinde olmasına karşın tarla pülverizatörü gibi büyük iş genişliğine sahip makinalarda kullanılabilir vaziyettedir. Ancak değişken oranlı ilaç uygulanmasında GPS kullanımının ne derece başarılı olduğu yine araştırılması gereken bir konudur. Prototipin seri üretime dönüşmesi durumunda makinanın biyolojik etkinliğinin belirlenmesi de ayrıca önem taşımaktadır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Çilingir İ & İ H Çelen 1995. Tarla pülverizatörlerinde bum stabilitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 4 (1-2):157-167.
- Deprez K, J Anthonis & H Ramon 2003. System for vertical boom corrections on hilly fields. Journal of Sound and Vibration 266: 613-624.
- Fujiki, Y. 2010. iPhone as a physical activity measurement platform. 1754146: ACM.
- Hedden O K.1961. Spray drop sizes and size distribution in pesticide sprays. Transactions of ASAE 4(2): 158-159.
- Jeon H Y, Womac A R & Gunn J 2004. Sprayer Boom Instrumentation For Field Use. American Society of Agricultural Engineers 47(3): 659-666
- Kepner R A, Bainer R & Barger EL 1972. Principles of Farm Machinery. The Avi Publishing Company, Second Edition, Connecticut.
- Koc, C., ve R., Keskin, 2011. Tarla Pülverizatörleri İçin PIC Kontrollü Aktif Bir Bum Dengeleme Sisteminin Geliştirilmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 17: 1-13.
- Lida M & Burks TF. 2002. Ultrasonic Sensor Development for Automatic Steering Control of Orchard Tractor. Proc. Automation Technology for Off-Road Equipment, Chicago, Illinois. pp 221-229.
- Perttunen, M., O. Mazhelis, F. Cong, M. Kauppila, T. Leppänen, J. Kantola, J. Collin, S. Pirttikangas, J. Haverinen, T. Ristaniemi, and J. Rieki. 2011. Distributed Road Surface Condition Monitoring Using Mobile Phones Ubiquitous Intelligence and Computing. 64-78. C.-H. Hsu, L. Yang, J. Ma, and C. Zhu, eds: Springer Berlin / Heidelberg.
- Ping, J.L., and A. Dobermann. 2005. Processing of yield map data. Prec. Agric 6:193-212.
- Pochi D & D Vannucci 2001. Laboratory Evaluation Of Linear And Angular Potentiometers For Measuring Spray Boom Movements. Journal of Agricultural Engineering Research 80(2): 153-161.
- Thompson, C., J. White, B. Dougherty, A. Albright, and D. C. Schmidt. 2010. Using Smartphones to Detect Car Accidents and Provide Situational Awareness to Emergency Responders Mobile Wireless Middleware, Operating Systems, and Applications. 29-42. Y. Cai, T. Magedanz, M. Li, J. Xia, and C. Giannelli, eds: Springer Berlin Heidelberg.
- Zaldivar, J., C. T. Calafate, J. C. Cano, and P. Manzoni. 2011. Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones. In Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on .

Tarım Traktörlerinin 2006/42/AT Makine Direktifine Göre Değerlendirilmesi

Hakan VELİOĞLU¹, Hamdi TAŞBAŞ¹, Hasan SİLLELİ², Mustafa KANTAŞ¹, Selçuk OLUM¹

¹Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü Yenimahalle, Ankara
²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara
hakanveli@gmail.com

Received (Geliş Tarihi): 14.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 26.07.2013

Özet: Traktörler tarımda kullanılan temel güç kaynağıdır. Traktörler kurallarına göre kullanıldığı sürece yeterince emniyetli makineler olmasına rağmen uygunsuz kullanımlarda yapılan küçük hatalar çok büyük tehlikelere neden olurlar. Ağır yapılarıyla beraber yüksek güçleri nedeniyle, bir kaza durumunda, önemli yaralanmalara ve hatta ölümlere yol açabilmektedir. Traktörler kırsal yaşamdaki tüm diğer kazalarla karşılaştırıldığında ölüm ve yaralanmaların en büyük nedenidir. Traktörlerde karşılaşılan riskler, bazı zorunlu uygulamalarla (standartlar ve yönetmelikler) ya da tasarım sırasında alınacak önlemlerle sınırlandırılabilir. Bunun yanında, traktörler üzerinde gerçekleştirilen düzenli kontroller ve sürücüler üzerinde gerçekleştirilecek eğitimler bu konuda alınacak önlemler olarak görülebilir. Bu çalışmada traktörlerde karşılaşılabilecek riskler 2006/42 Makina Yönetmeliği göz önüne alınarak 9 adet yerli veya yabancı traktör üzerinde incelenmiştir.
Anahtar kelimeler: Makine emniyeti, CE işareti, tarım makinesi, iş kazası, traktör

Evaluation of Agricultural Tractors According to Machinery Directive 2006/42/EC

Abstract: Tractors are main power supply in agriculture. Even if they are safe enough machines when operated improperly sometimes they lead major hazards. Due to its heavy configuration and its high power in, the case of an accident, they cause serious injury or death. When comparing the most accidents occur in rural areas tractors are main reason for injuries and deaths. Risks in cooperated with tractors can be limited by obligations (standards and directives) and measures which are taken during tractor design. Moreover regular controls on tractors and operator trainings should be considered as alternative methods. In this study the risks which would be encountered on domestic and or imported tractors are investigated with respect to 2006/42 Machine Directives.

Key words: Machinery safety, CE sign, agricultural machine, occupational accident

GİRİŞ

Tarım sektöründe traktörler birincil güç kaynağı olarak kullanılan araçlardır. Geçen seneler boyunca traktörlerin sürekli gelişmesi, daha kolay sahip olunabilirliği ve yaygınlaşması, traktörlerden kaynaklanan kazaların da artmasına neden olmuştur.

Makinelerden kaynaklanan kazaların, risklerin azaltılması için dünyayla birlikte Avrupa Birliği yetkili organlarınca da çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Tarımda kullanılan makinelerin nasıl daha güvenli olarak kullanılacağına dair de çeşitli çerçeveler, yaklaşımlar geliştirilmektedir.

Tarımda kullanılan kendi yürür makinelerin (Biçerdöver, pamuk hasat makinesi v.b) daha güvenli kullanımını için, yeni yaklaşım (CE) çerçevesinde yayın-

lanan 2006/42/AT Makine Emniyeti ve ilgili standartlarla bir çerçeve çizilirken, kendi yürür bir makine olan traktörler klasik yaklaşım adı verilen başka bir çerçevede değerlendirilmektedir.

Adı geçen Makine Direktifi ve bağlı standartlar, kendi yürür makineleri kapsamakta ve risk analizine yönelik hükümler içermektedir. Bu sebeple direktifin Tarım ve Orman Traktörlerine uygulanabilirliği de tartışılan bir konu olmuştur. 2006/42/AT Makine Direktifi'nde tarım traktörleri her ne kadar kapsam dışı bırakılmış olsa bile, hem kendisine çok benzeyen kendi yürür makineleri kapsamı, hem de traktörle birlikte çalışan bütün ekipmanların bu direktif kapsamında olması nedeniyle traktörler üzerinde de direktif ve bağlı standartlarının sağladığı güvenlik çerçevesinin

uygulanması üzerine Avrupa Birliği bünyesinde çeşitli çalışmalar başlatılmıştır.

2006/42/AT Direktifinin uygulanmasına yönelik olarak Avrupa Birliği yetkili organlarınca çeşitli standartlar yayınlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan ve 2006/42/AT Makine Direktifi kapsamında yer alan TS EN ISO 4254-1 (Tarım makineleri-Güvenlik - Bölüm 1: Genel kurallar) standardı C tipi bir standarttır. Bu standart, bütün kendi yürür oturlu tarım makineleri ile asılır, yarı asılır veya çekilir makinelerin, (traktörler, tarımsal uçaklar ve hava yastıklı taşıtlar hariç) genel tasarımı ve yapımı için güvenlik kurallarını ve bunların doğrulanmasını kapsar.

Görülebileceği gibi kullanılan tarım makinelerinin çok büyük bir kısmı bu standardın kapsamındadır. Kapsamda belirtildiği üzere tarım traktörleri bu kapsam dışındadır. Eğer Tarım traktörleri kapsam dışı bırakılmamış olsaydı, bir traktörün uygunluk değerlendirilmesinde temel standart olarak TS EN ISO 4254-1 standardı kullanılacaktı. Makine Direktifinin bir çok özelliğini barındıran bu standart temel alınarak, klasik yaklaşım çerçevesinde ele alınan tarım traktörlerinin, yeni yaklaşım standardı ile uygunluğunun araştırılmasından hareketle; Bu çalışmada TS EN ISO 4254-1 isimli C tipi standardın seçilen maddelerinin yerli ve yabancı 9 adet traktöre uygulanması üzerine bir değerlendirme yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığına Bağlı Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü'ne 2010-2013 yılları arasında test amaçlı olarak gelen yerli ve yabancı üretim 9 adet traktör üzerinde incelemeler yapılmıştır.

Traktörlerin, 2006/42/AT Makine Direktifi kapsamında olan alan TS EN ISO 4254-1 (Tarım makineleri-Güvenlik - Bölüm 1: Genel kurallar) standardından seçilen belli başlı maddelere uygunluğu değerlendirilmiştir.

Bu maddeler;

- a) Kumandalar
- b) Binme Aracı
- c) Korkuluklar, El Tutamakları
- d) Basamaklar
- e) Hareketli Güç Aktarma Organlarına Erişim
- f) Hareketli Parçalara Erişim / Ön Kaput

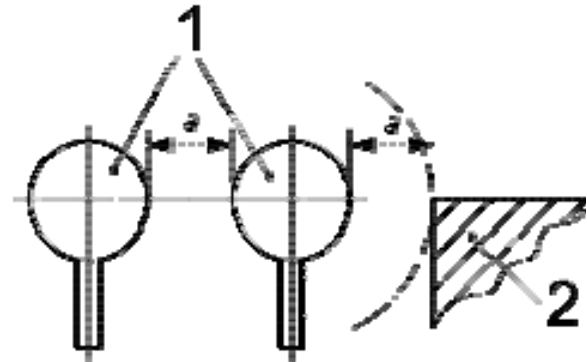
- g) Hareketli Parçalara Erişim / Rot
- h) Servis Hizmeti Ve Bakım İçin Destekler
- i) Pedallar
- j) Kabin Acil Çıkışı
- k) Kriko Kullanımı
- l) Batarya / Yerleşim
- m) Batarya / Devre Kesici

Değerlendirme yukarıda verilen 13 madde üzerinden yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda 11 maddede uygunluk belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Kumandalar

TS EN ISO 4254-1 - 4.4.3.- 100 N'a eşit veya daha büyük harekete geçirme kuvveti gerektiren el kumandaları, dış hatları arasında veya makinenin diğer parçalarından en az 50 mm'lik bir "a" açıklığına sahip olmalıdır (Şekil 1). 100 N'dan daha küçük harekete geçirme kuvveti gerektiren kumandalar da en az 25 mm'lik bir açıklığa sahip olmalıdır.



1. El Kumandaları
2. Sabit Parça

Şekil 1. TS EN ISO 4254-1 Tutamaklar

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 1, 2, 3, 4, 5, 9 **UYGUN** olarak değerlendirilmiş, Traktör 5, 6, 7 ve 8 ise **UYGUN DEĞİL** olarak değerlendirilmiştir.

Uygun olmayan kumandalar kullanım açısından operatöre güçlük çıkarmaktadır.



Şekil 7. Traktör 3, Uygun olmayan basamak

Korkuluklar, El Tutamakları

TS EN ISO 4254-1 Madde 4.5.1.3 - Binme aracının her iki tarafında merdiven parmaklıkları veya el tutakları bulunmalıdır.

Bunlar, operatörün her zaman üç nokta temas desteğini sağlayabileceği şekilde tasarlanmalıdır.

Korkuluklar ve/veya el tutağı enine kesitinin genişliği 25 mm - 38 mm arasında olmalıdır. Korkuluklar ve/veya el tutağının alt ucu zeminden 1500 mm'den daha yükseğe yerleştirilmemelidir. El açıklığı için korkuluklar ve/veya el tutağının tüm çevresinde en az 50 mm açıklık sağlanmalıdır.

Merdiven parmaklığı ve/veya el tutağı kavraması, en üst basamağın ve/veya binme merdiveni basamağının üzerinde 800 mm - 1100 mm arasındaki bir yükseklikte sağlanmalıdır. El tutakları en az 150 mm uzunluğunda olmalıdır.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 1, 2, 7, 9 "**UYGUN**", Traktör 3, 4, 5, 6, 8 "**UYGUN DEĞİL**" olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 8. Traktör 4, Uygun olmayan el tutamağı

Basamaklar

TS EN ISO 4254-1, Madde 4.5.1.2.1 - Tüm platformlar düz, kaymaz yüzeyli ve gerekirse tahliye kanallı olmalıdır.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu tüm traktörler "**UYGUN**" olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 9. Traktör 6, Şekil yönünden uygun basamak

Hareketli Güç Aktarma Organlarına Erişim

2006/42/AT Makine Emniyeti Direktifi Madde 1.3.8.1- Hareketli aktarma parçaları

Kişilerin hareketli aktarma organlarından kaynaklanan tehlikelere karşı korunması için tasarlanan mahfazalar:

- 2006/42/AT 1.4.2.1 numaralı paragrafta belirtildiği şekilde sabit bir mahfaza olmalı...

- 2006/42/AT 1.4.2.1 Sabit mahfazalar sadece alet-erle açılabilen veya sökülebilen sistemlerle takılmalıdır.

Bunların bağlama sistemleri, mahfazalar veya koruyucular söküldüğünde makinalara bağlı kalmalıdır.

TS EN 15811 Madde 4.1 Hareketli güç iletim organları; konum itibari ile, uygun güvenlik mesafesi ile veya sabit koruyucular ile korunmalıdır.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9 "**UYGUN**", Traktör 1, 8 "**UYGUN DEĞİL**" olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 10. Traktör 8, Kuyruk miline istem dışı temas riski bulunmaktadır

Hareketli Parçalara Erişim / Ön Kaput

TS EN 15811, Madde 4.7 - Hareketli parçalara normal çalışma koşullarında erişim gerekiyorsa risk unsuru taşıyan parçalara erişmeyi engelleyici koruyucuların normal çalışma koşullarında erişim gerekiyorsa, makina, bir takım ile açılan muhafazalarla donatılmalıdır. Bu muhafazalar sadece bir takım kullanılarak açılmalı ve takım kullanmaksızın otomatik olarak kilitlemelidir.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 4, 5, 6 **"UYGUN"**, Traktör 1, 2, 3, 7, 8, 9 **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 11. Traktör 2, Riskli alana uygun olmayan erişim



Şekil 12. Traktör 2, Riskli alana uygun olmayan erişim

İçinde risk unsurları da bulunduran ön kaput hiçbir özel takım veya bir müdahale gerektirmeden dışardan açılabilir.

Hareketli Parçalara Erişim / Rot

Traktörün ön tekerleğinde bulunan rot' a dikkatsizlik veya bilgisizlik sonucu temas/tırmanma/basma riski bulunmaktadır, örnek traktörler üzerinde yapılan değerlendirme sonucu tüm traktörler **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 13. Traktör 4, Traktörün ön tekerleğinde bulunan rot' a dikkatsizlik veya bilgisizlik sonucu temas/tırmanma/basma riski bulunmaktadır. Bu durum uygunsuzluk teşkil etmektedir.

Servis Hizmeti Ve Bakım İçin Destekler

TS EN 4254-1 Madde 4.8.1.1 Bakım veya servis hizmetleri yaparken, operatörün makinanın yükselen parçası altında çalışmasına izin vermek için istenmedik alçalmayı önleyecek mekanik destekler veya diğer kilitleme tertibatı ile donatılmalıdır.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu tüm traktörler **"UYGUN"**, olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 14. Tarım traktörü 9, "Bakım İçin Destekler" yönünden UYGUNDUR.

Pedallar

2006/42/AT Makine Emniyeti Direktifi Madde 3.3.1 - Pedal bulunan durumlarda, pedallar sürücünün asgari hatalı çalışma riski ile güvenli bir biçimde çalışmasına imkân verecek şekilde tasarlanmalı, imal edilmeli ve takılmalıdır. Bunlar kaymaya dirençli bir yüzeye sahip olmalı ve kolayca temizlenebilir olmalıdır.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 **"UYGUN"**, Traktör 7 **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 15. Traktör 7, Uygun olmayan pedal yerleşimi

Ani refleks gerektiren bir durumda gaz pedalından ayağı çekip frene basmak mümkün değildir. Gaz pedalından ayağı kaldırırken ayak üst kısmı fren pedalına takılmaktadır.

Kabin Acil Çıkışı

TS EN ISO 4254-1, Madde 5.1.5 - Operatör mahalli kabin ile donatıldığı zaman, bir acil çıkış olmalıdır. Acil çıkışlar, en az 440 mm ve 640 mm eksenleri olan bir elips kadar yeterli genişlikte olmalıdır. Kare şeklinde ise kenarı 600 mm. dikdörtgen şeklinde ise 470x650 mm ölçülerinde olmalıdır...

... acil çıkış kabin içinden kolaylıkla açılabilir veya çıkarılabilir olmalıdır.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 1, 2, 3, 4, 5, 8 **"UYGUN"**, Traktör 6, 7, 9 **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 16. Traktör 6, Uygun olmayan acil çıkış

Traktör 6, 7, 9' da kabin acil çıkışı bulunmaktadır. Bu traktörler ölçüler açısından UYGUN olmasına rağmen; Üç nokta askı sisteminin orta kolu belli bir konumda bırakıldığında, kabin acil çıkışını örtebilecek duruma gelip, çıkışın açılışını engellemektedir. Bu durumdan dolayı adı geçen traktörler "Kabin acil çıkışı" yönünden UYGUN DEĞİLDİR

Kriko Kullanımı

TS EN ISO 4254-1 Madde 5.2.3.1 - Makina kaldırıldığı zaman kriko ile kullanım için uygulama noktaları açık olarak işaretlenmeli, bunların yerleri ve krikoların kullanım işlemi talimat el kitabında izah edilmelidir.

Kriko kaldırma noktaları. yüklü makina tekerlerinin yerden yükseltilebileceği şekilde belirlenmelidir.

Örnek traktörler üzerinde yapılan değerlendirme sonucu tüm traktörler **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 17. Traktör 2, Kriko uygulama noktaları traktörler üzerinde işaretlenmemiştir. Bu durum UYGUNSUZLUK teşkil etmektedir.

Batarya / Yerleşim

TS EN ISO 4254-1, Madde-5.3.1 Batarya, makina ters dönse dahi yerinde kalacak şekilde bağlanmalı, zeminden veya bir platformdan değiştirilebileceği ve bakım yapılabileceği şekilde yerleştirilmelidir.

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 1,2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 **"UYGUN"**, Traktör 3 **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 18. Uygun olarak sabitlenmemiş akü

Traktör 3' te akü sabitlenmemiştir ve kolayca yerinden çıkabilmektedir. Tarım Traktörü 3 bu maddeye göre UYGUN DEĞİL olarak değerlendirilmiştir.

Batarya / Devre Kesici

TS EN ISO 4254-1, Madde-5.3.1 Elektrik devresinin bağlantısı kolaylıkla ayrılabilir (özel bir araç veya bir anahtar ile).

Bu maddenin örnek traktörler üzerinde değerlendirilmesi sonucu Traktör 4, 5, 6 **"UYGUN"**, Traktör 1, 2, 3, 7, 8, 9 **"UYGUN DEĞİL"** olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 19. Traktör 6, Standartta değinildiği şekilde bir devre kesici bulunan traktörler bu maddeye göre UYGUN olarak değerlendirilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada yeni yaklaşım yönetmeliklerinden 2006/42/AT Makine Direktifi esas alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Direktif ve standartlarda elbette bir çok kriter ve gereklilikler bulunmaktadır. Değerlendirmede 2006/42/AT kapsamında bulunan TS EN ISO 4254-1 standardının öne çıkan başlıkları üzerinden bir çalışma yapılmıştır.

Örnek olarak belirlenen yerli/yabancı 9 traktör üzerinde 2006/42/AT Makine Yönetmeliği (CE) ve ilgili standart esas alınarak seçilen 13 başlığın değerlendirmesi sonucunda;

- kumandalar başlığında 4,
 - binme aracı başlığında 5,
 - korkuluklar, el tutamakları başlığında 5,
 - hareketli güç aktarma organlarına erişim başlığında 2, hareketli parçalara erişim/ön kaput başlığında 6, hareketli parçalara erişim/rot başlığında 9,
 - pedallar başlığında 1,
 - kabin acil çıkışı başlığında 2,
 - kriko kullanımı başlığında 9,
 - batarya / yerleşim başlığında 1,
 - batarya / devre kesici başlığında 6
- olmak üzere toplam 51 adet uygunsuzluk belirlenmiştir.

Tarımda kullanılan traktörlerde uygulanacak güvenlik tedbirleri sonucunda bu araçlar, tarım sektöründe

çalışanlar için daha güvenli ve ergonomik açıdan daha sağlıklı hale gelecektir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- 89/173/AT. Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörlerinin Bazı Aksam ve Karakteristikleri ile İlgili Tıp Onayı Yönetmeliği. TSE
- 98/37/ EEC. 1998. Machine Directive. Official Journal of the European Communities.
- 2006/42/EC. 2006. Machine Directive. Official Journal of the European Communities.
- TS EN ISO 4254-1 Tarım makinaları-Güvenlik - Bölüm 1:Genel kurallar
- A Guide To Safe Farm Tractor Operation; <http://nasdonline.org/document/1659/d001534/a-guide-to-safe-farm-tractor-operation.html>
- Anonim. Inclusion of Tractor Directive 98/37/EC Relating to Machinery and Specialisation of Directive 74/150/EEC on Road Safety. French Proposal
- Ayers P.D. and J. Liu. Tractor Overturn Protection and Prevention no. 5.018. Colorado State University.
- Dennis J. Murphy. Tractor Overturn Hazards. Agricultural and Biological Engineering. E 34.
- Fagnoli M., Laurendi V., Tronci M. 2010. A Risk Assesment Procedure for the Users of Narrow Track Tractors. International Conference Ragusa SHWA2010. Italy
- Hsiao H., J. Whitetone, B. Bradtmiller, R. Whisler, J. Zwiener, C. Lafferty, T.Y. Kau and M. Gross. 2005. Anthropometric criteria for the design of tractor cabs and protection frames. Ergonomics, Vol. 48, No. 4, 15 March 2005, 323 – 353
- Chisholm C J (1979). A mathematical model of tractor overturning and impact behaviour. Journal of Agricultural Engineering Research, 3(24), 375-394
- Dodd M, Knight I, 2012 Client Project Report Cpr1279; Health and safety aspects to account for in order to exclude agricultural or forestry tractors from the Machinery Directive (2006/42/EC)
- HOSTA. 2004. Tractor Stability. National Safe Tractor and Machinery Operation Program. The Pennsylvania State University.
- OECD (2003). A new proposal for Roll-Over Protective Structures (ROPS)=Self deployable protective structures for agricultural tractors. AGR/CA/T(2003)23. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France
- OECD (2010). Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors. OECD, Paris, France
- Silleli H. Traktörlerde Risk Değerlendirilmesi ve Güvenli Kullanım Yöntemleri
- Workplace Services. 2000. Tractor and Rural Machinery Safety. Government of South Austria.
- Workplace Health and Safety. 2005. Safe Design and Operation of Tractor Code of Practice 2005. Queensland Government.

Traktör Performans Testlerinde Evaporatif Soğutma Sisteminin Ortam Sıcaklığı Üzerine Etkisi

Hasan SİLLELİ¹, Halil KARKİN², Kamil CAN²

¹Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Ankara

²Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü Yenimahalle/ ANKARA
hsilleli@agri.ankara.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 15.05.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 25.07.2013

Özet: Atmosferik koşullar dizel motorların performansını etkilemektedir. Bu durum göz önüne alındığında tasarlanmış olduğundan farklı bir atmosferik koşulda çalışan, traktörün performansı üretici firma tarafından belirtilenden farklı olacaktır. Bu nedenle OECD performans testleri 23°C +/- 7 °C'de gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada OECD Kod 2'nin istediği sınırlarda test yapma imkanını artıran evaporatif soğutma sisteminin etkinliği araştırılmıştır. Gerçekleştirilen testlerde sistemin PTO Performans Testleri için son derece uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tarım ve orman traktörleri, performans testleri, Kod 2, atmosferik koşullar

The Effect of Evaporative Cooling System on Ambient Air Temperatures during PTO Tests

Abstract: Atmospheric conditions have an important effect on performance of diesel engines. When it is considered the situation tractors running on different atmospheric conditions than the designing environment, the performance of the tractor will be different from that specified by manufacturer. For this reason OECD performance tests shall be carried out at ambient temperature of 23°C +/- 7 °C. In this study an evaporative cooling system that would be increased the testing possibility of OECD Code 2 was investigated. As a result of research it is satisfied that the system is convenient for PTO Performance Test.

Key words: Agricultural and forestry tractors, performance tests, Code 2, atmospheric conditions

GİRİŞ

Traktör performansının değerlendirilmesinde ve traktörlerin karşılaştırılmasında kullanılan, uluslararası geçerliliği olan testlerin en önemlisi OECD Kod 2 "Tarım ve Orman Traktörlerinin Performansı için OECD Standart Kodu" olarak kabul edilir. OECD Traktör Performans Kodu farklı test prosedürleri içerir. Bunların bazıları **Zorunlu** (temel kuyruk mili, çeki testi, yakıt tüketimi, hidrolik güç ve hidrolik kaldırma kuvveti) bazıları da zorunlu testlerin değerlendirilmesinde kullanılan farklı parametrelerin belirlendiği **İsteğe Bağlı** testlerdir (dönme dairesi çapı, ağırlık merkezi, fren ya da dışa yayılan gürültü seviyesi vb). Traktörlerin performans testi sırasında belirlenen motor karakteristik eğrileri Kod 2'nin en temel testi olarak bilinir (OECD 2012). Ülkemizde kredili satılabilmesi veya OECD ülkelerine doğrudan satışın yapılabilmesi için her traktörün bu test ile değerlendirilmesi gereklidir. Traktörü oluşturan sistemler (yani motor, trans-

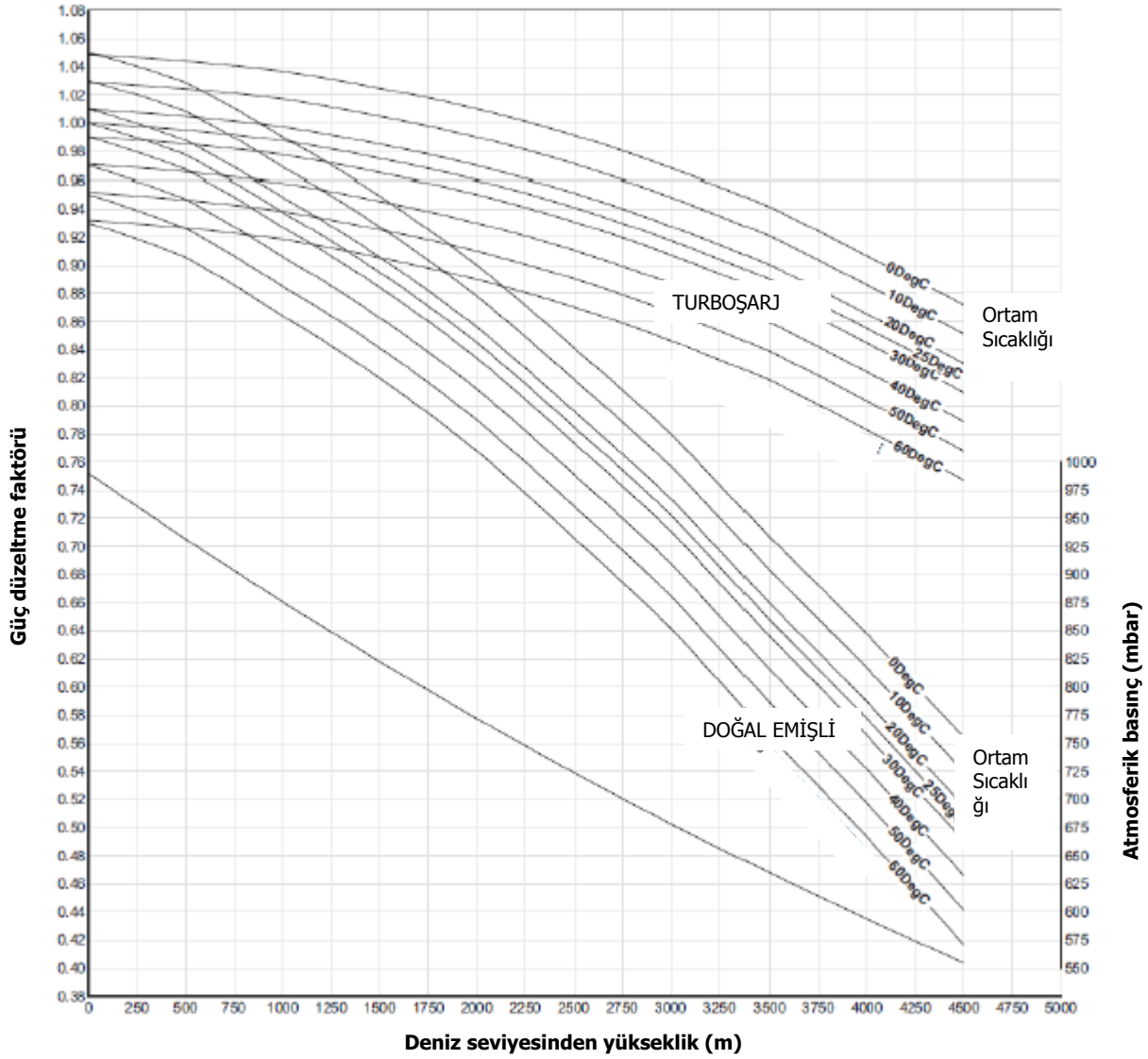
misyon ve hidrolik sistem) ekstrem yükseklik ya da ortam sıcaklığı nedeniyle diğer araçlara kıyasla daha fazla etkilenmektedir. Değişen koşullar araçta diğer testlere nazaran en çok motor performansını etkiler (OECD 2013).

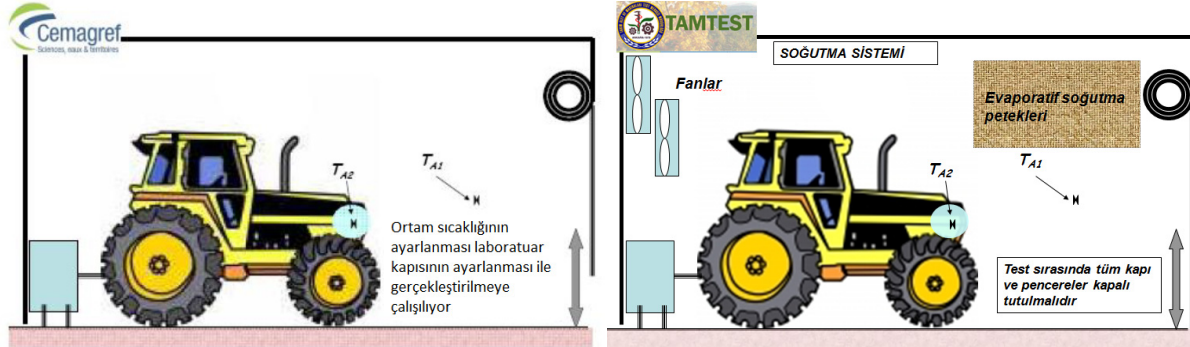
Motor performansı ve etkinliği; ortam sıcaklığı, atmosferik basınç ve bağıl nemin oluşturduğu şartlar nedeniyle değişen yanma etkinliğine bağlıdır. Bu değişkenlik bugüne kadar gerçekleştirilen çok sayıdaki araştırma ile üzerinde şüphe götürmeyecek şekilde belirlenmiştir. Şekil 1 atmosfer basıncının performans üzerindeki etkisinin yanında rakım ya da irtifa ve aynı zamanda ortam sıcaklığındaki değişimin motor performansına olan etkisini açık bir şekilde göstermektedir. Diğer taraftan motor üreticileri bu değişkenlerin etkisini turbo şarj, intercooling ve elektronik kontrol yöntemleriyle azaltıyor olsalar da yine de motor performans testlerinin belirli sınır koşullar altında gerçek-

leştirilmesi gerekmektedir. Özellikle rakım/basınç ve sıcaklık değişimine yönelik düzeltmeleri ISO 15550:2002 de görmek mümkündür. Ancak OECD Kodları bu tür düzeltmelere izin vermekten çok sınır şartlar koymaktadır. Bu amaçla örneğin atmosferik basıncın 96.6 kPa'dan düşük olduğu koşullarda test yapılmasına izin vermez ancak bu değişim deniz seviyesinden yükseklik nedeniyle ise üreticiye yakıt pompasının set değerlerinde değişiklik yapılmasına izin verilir (OECD 2013).

OECD'nin getirdiği bir diğer sınırlama ise ortam sıcaklığının test sırasında traktörün 2 m önünde ve

1.5 m yükseklikte ölçüldüğünde $23^{\circ}\text{C} \pm 7^{\circ}\text{C}$ kalması şeklindedir. Diğer bir ifade ile test koşullarının 30°C ile 16°C arasında değişebileceği anlamına gelmektedir. Bu sınırlama ülkemizin ve diğer sıcak ülkelerin yaz aylarındaki iklim verileri dikkate alındığında, özellikle Temmuz ve Ağustos ayları boyunca, traktör performans testlerinin yapılamayacağı sonucunu doğurur. O nedenle sıcak ülkelerdeki test kuruluşları yaz aylarında testlerini sabah erken saatlerde veya gece geç saatlerde kısa süreli yapılabilmektedirler. Test kuruluşları test ortamının sıcaklığını istenilen seviyelerde tutmak için çeşitli havalandırma yöntemleri





Şekil 2. CEMAGREF ve TAMTEST'in uygulamada kullandığı soğutma yöntemleri (OECD 2010)

deneseler de uygun bir şartlandırıcı ya da air-conditioner kullanmadıkları sürece yılın tümünü kullanamamaktadır. Test kuruluşları (Fransa, İspanya, Avusturya ve İtalya) ortam sıcaklığını düşürebilmek için genelde laboratuvar kapısını açmak ya da traktör nedeniyle iyice ısınan havanın dışarıya atılmasını sağlamak amacıyla fan kullandıklarını belirtmişlerdir. (OECD 2010c). Almanya ve Kore ise test sistemlerinde klima ile soğutulmuş hava kullanmaktadır, bu yöntem ise soğutma ve uygulama yönteminin uygun olmamasının yanında işletme maliyetinin yüksek olması nedeniyle çok olumlu görülmemektedir (OECD 2011). Şekil 2'de CEMAGREF (Şimdiki adı-IRSTEA) ve Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü (TAMTEST)'te uygulanan yöntemler görülmektedir. CEMAGREF ortam sıcaklığını ayarlamak için laboratuvar kapısının açılma aralığını değiştirirken TAMTEST ise 2010 yılında kurulumunu gerçekleştirdiği evaporatif soğutma sistemi sayesinde testleri dış ortam sıcaklığından bağımsız olarak, yılın her döneminde yapılabilir hale getirmiştir. TAMTEST'te kurulan soğutma sistemi bu anlamda dünyada ilk olma özelliğini taşımaktadır.

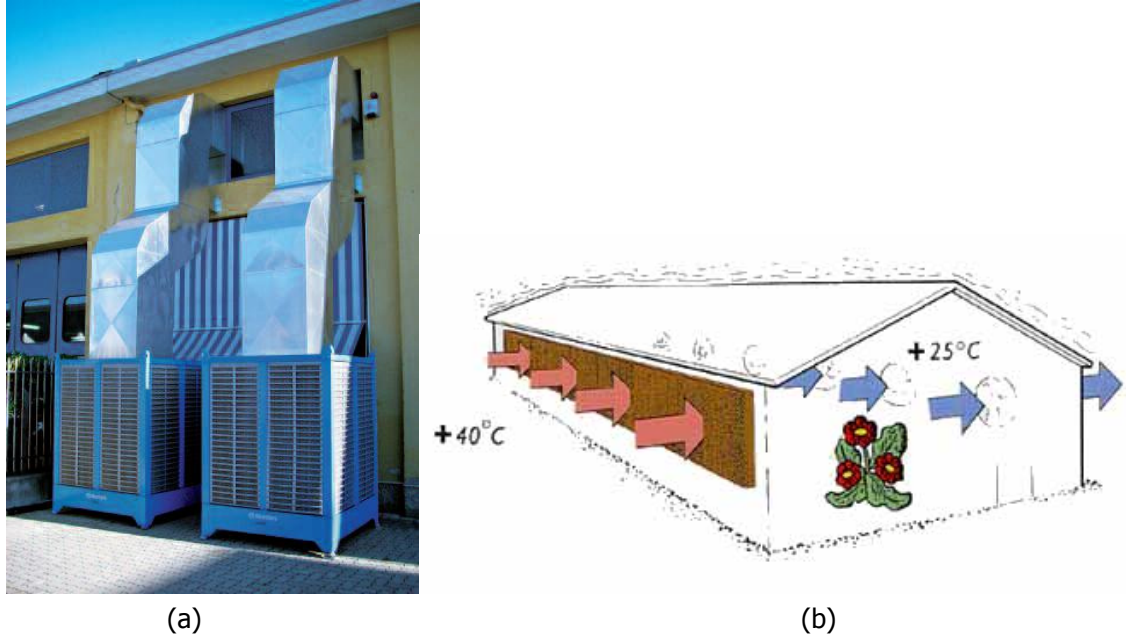
Evaporatif Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Evaporatif soğutma sistemi bir selüloz petekte ya da uygun bir ortam içinde havanın şartlandırılması mantığına göre çalışır. Petek ya da ortam içerisinden akan su buharlaşarak havadaki ısı enerjisini alır. Sistem basit bir pompa ve fan sayesinde ortamdaki sıcak veya kirlenmiş havanın taze ve serin hava ile değiştirilmesini sağlar. Bu ekonomik ve basit sistem optimal sıcaklık ve nem kombinasyonu sayesinde konforlu bir iklimlendirme yapar. Evaporatif soğutma sabit entalpide gerçekleşen adyabatik bir işlemdir. Sistem su ve hava arasındaki enerji değişimini kullanır.

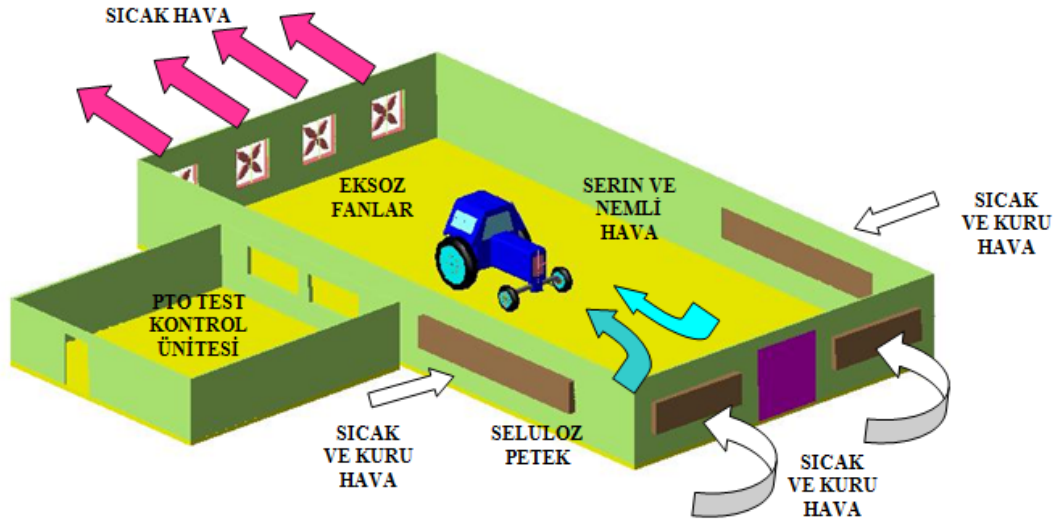
Hava içindeki enerji duyulur ısı ve gizli ısı diğer anlamda hava içerisinde suyun buharlaştırılmasını sağlayan ısı olarak iki parçaya ayrılabilir. Evaporatif soğutucu sistemler dışarıdan sağlanan düşük bir enerji ile gizli ısıyı artırır bunun yanında duyulur ısıyı düşürürler. Evaporatif soğutucular genel olarak selülozik petekler kullanır ve daha çok fan/pad soğutma sistemi olarak bilinirler. Petek bir su dağıtıcı ve pompa sayesinde sürekli ıslak tutulur. Soğutma için iki farklı yöntem kullanılır. Birinci yöntemde sistem kompakt yapıdadır ve yüksek güçlü santrifüj fan havayı dışarıdan emer ve petek üzerinden geçirilmesini sağlayarak içeri gönderir. Bu sırada petek içerisinden geçen doymuş hava soğur ve zorlanmış halde istenilen yere gönderilir (Yüksek basınçlı sistem; Şekil 3a). İkinci yöntemde ise petek ve fan farklı duvarlara yerleştirilir. Karşı duvara yerleştirilen fanlar petek içerisinden havayı çekerken içeride basınç düşümü sağlarlar bu sırada petek üzerine yerleştirilen borulardan akan su buharlaşır, içerideki hava aksiyal fanlar sayesinde temiz hava ile yer değiştirirken ortam yine soğur. (Şekil 3b)

Bu tür bir soğutma tekniği traktör test laboratuvarlarında kullanılabilecek özelliktedir. Şekil 4'den de görüleceği gibi laboratuvar hacmine göre hesaplanan ve duvarlara yerleştirilen petek ve fanlar test edilecek traktör üzerinden soğumuş havayı geçirerek testin etkin bir şekilde yapılmasını sağlarlar. Evaporatif soğutma sisteminin etkinliği dış ortam sıcaklığı ve bağıl neme bağlı olarak değişmekle birlikte Çizelge1'den de görüleceği gibi özellikle yaz aylarında traktör performans testlerinde başarılı bir şekilde kullanılabilecek sınırlardadır.

Bu çalışmada traktör performans testlerinde kullanılabilecek evaporatif soğutma sistemine yönelik araştırma bulguları değerlendirilmiştir.



Şekil 3. Evaporatif soğutma yöntemleri a)Yüksek basınçlı kompakt sistem b) Alçak basınçlı sistem (Anonimous 2007).



Şekil 4. Traktör performans testlerinde kullanılabilecek örnek bir soğutma modeli)

Çizelge 1. Evaporatif soğutma sisteminin ortam şartlarına bağlı karakteristiği

| Ortam Sıcaklığı °C | Ortam bağıl nemi | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | %20 | %25 | %30 | %35 | %40 | %45 | %50 | %55 | %60 |
| | Soğutmada sonrakı sıcaklık °C | | | | | | | | |
| 30 | 20.4 | 21.2 | 21.6 | 22.4 | 23.2 | 23.8 | 24.5 | 25.2 | 25.8 |
| 35 | 24.1 | 24.5 | 25.6 | 26.5 | 27.4 | 28.2 | 29.0 | 29.6 | 30.4 |
| 40 | 27.9 | 28.4 | 29.5 | 30.6 | 31.6 | 32.5 | 33.4 | 34.1 | 34.9 |



Şekil 5. TAMTEST'e kurulan evaporatif soğutma sistemi

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada OECD Kod 2 test laboratuvarı kullanılmıştır. Tamamen bilgisayar kontrollü olarak gerçekleştirilen testlerde TUZEKS marka 500 kN kapasiteli bir fren kullanılmıştır. Ölçümler sırasında motor torku, devri ve buna bağlı güç ölçümünün yanında, yakıt tüketimi, ortam sıcaklığı, basınç vb parametreler anlık olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada 2011 yaz aylarında testleri gerçekleştirilen 19 adet traktör ve sistemin karşılaştırılmasında kullanılmak amacıyla da 2 adet (T20 ve T21) traktörleri kullanılmıştır. Ayrıca soğutma sistemi olarak Munters marka 2 adet toplam 4.8 m² selülozik petek ve havanın dışarıya atılmasını sağlamak amacıyla her biri 20.000 m³/h kapasiteli fan kullanılmıştır (Şekil 5).

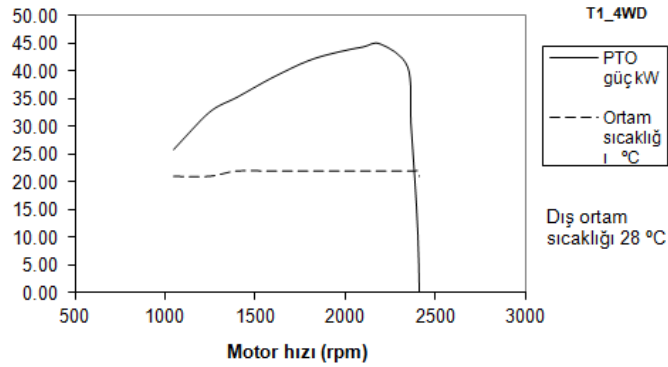
Testlerde standart OECD Kod 2'nin koşul ve prosedürlerine uyulmuş motor karakteristik eğrileri çıkarılmıştır. Diğer taraftan soğutma sisteminin etkinliğinin belirlenebilmesi için 2 traktör nominal motor hızlarında çalışırken soğutma sistemi devredeyken ve devre dışıdayken testler gerçekleştirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

2011 yaz döneminde soğutma etkinliğinin belirlenmesine yönelik testler 19 traktör üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 2'de traktör güçleri, dış ortam sıcaklığı, ortalama ortam sıcaklığı, atmosferik basınç ve bağıl nem gibi sonuçları görmek mümkündür. Çizelge 2 incelendiğinde tüm testlerde dış hava sıcaklıkları 30 °C civarında olmasına rağmen laboratuvar içerisinde ölçülen sıcaklıklar OECD Kod 2'de belirtilen limitlerde ve genelde de 22-23 °C civarında gerçekleşmiştir. Testler boyunca atmosferik basıncıdaki değişim % 1 seviyelerinde kalmıştır. İklimsel veriler incelendiğinde T18 traktöründe dış ortam sıcaklığı ekstrem seviyelerde 35 °C olmasına rağmen laboratuvar sıcaklığı 12 °C düşüşle 23 °C olarak ölçülmüştür. Bu sırada ortam nemi %38 olarak gerçekleşmiştir. Testlerin bir örneği olarak Şekil 6'da T1 traktörü için motor hızına bağlı güç eğrisi verilmiştir.

Çizelge 2. 2011 yaz periyodunda soğutma sistemi ile test edilen traktörler

| Traktör | PTO Güç kW | Dış Sıcaklık °C | Ortalama Ortam Sıcaklığı °C | Atmosferik Basınç kPa | | Dış Ortam Nemi % | Ortam nemi % |
|------------|------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------|------------------|--------------|
| | | | | İÇ | DIŞ | | |
| T1 | 45 | 28 | 22 | 91.3 | 91.7 | 42 | 46 |
| T2 | 48 | 31 | 23 | 91.4 | 92.2 | 38 | 32 |
| T3 | 30 | 21 (Fan açık, petek kapalı) | 18 | 91.1 | 91.5 | 43 | 40 |
| T4 | 31 | 26 | 22 | 91.6 | 92.1 | 49 | 49 |
| T5 | 41 | 31 | 25 | 91.9 | 92.7 | 43 | 37 |
| T6 | 30 | 27 | 20 | 91.7 | 92.1 | 38 | 41 |
| T7 | 32 | 29 | 22 | 92.0 | 92.6 | 43 | 43 |
| T8 | 50 | - | 20 | - | 92.6 | - | 41 |
| T9 | 71 | 32 | 24 | 91.0 | 91.9 | 38 | 37 |
| T10 | 58 | 26 | 20 | 91.7 | 92.2 | 26 | 56 |
| T11 | 28 | 25 | 17 | - | 91.5 | - | 59 |
| T12 | 58 | 26 | 18 | 91.5 | 92.0 | 47 | 43 |
| T13 | 59 | 25 | 20 | 91.9 | 92.4 | 42 | 36 |
| T14 | 59 | 21.7 (Fan açık, petek kapalı) | 21 | - | 91.9 | - | 36 |
| T15 | 51 | 20.5(Fan açık, petek kapalı) | 21 | - | 92.0 | - | 30 |
| T16 | 63 | 29 | 23 | 91.2 | 91.9 | 40 | 36 |
| T17 | 30 | 30 | 23 | 91.0 | 91.6 | 40 | 46 |
| T18 | 38 | 35 | 23 | 90.5 | 91.3 | 30 | 38 |
| T19 | 45 | 31 | 23 | 91.0 | 91.7 | 40 | 40 |



Şekil 6. T1 traktörü için motor hızına bağlı güç eğrisi ve ortam sıcaklığı değişimi

Soğutma sisteminin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla T20 ve T21 traktörleri nominal hızlarında soğutma sistemi devrede ve devre dışı iken karşılaştırma testleri gerçekleştirilmiştir. Bu test sonuçlarına göre T20 traktörde sistem devre dışı iken güç 30 °C'de 48.52 kW iken soğutma sistemi devrede iken maksimum güç 21 °C'de 50.18 kW bulunmuştur. Soğutma

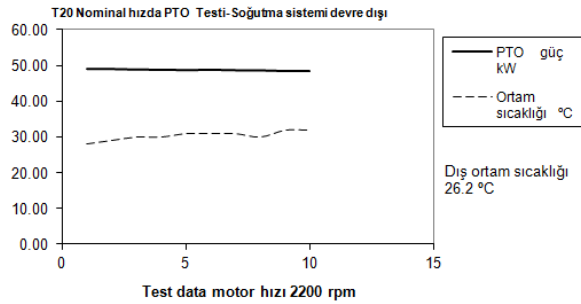
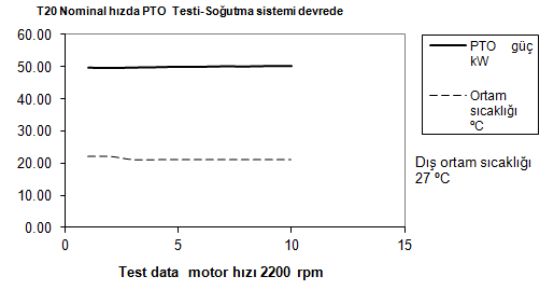
sistemi nedeniyle güç değişimi 1.66 kW diğer anlamda %3.3 olmuştur (Çizelge 3 ve 4, Şekil 7 ve 8). Bu değişim T21 traktöründe sistem devre dışı iken güç 29.9 °C'de 58.38 kW bulunmuşken sistem devrede iken 22 °C'de 60.36 kW bulunmuştur. Değişim 1.98 kW ile %3.2 olarak gerçekleşmiştir (Şekil 9 ve 10).

Çizelge 3. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devre dışı

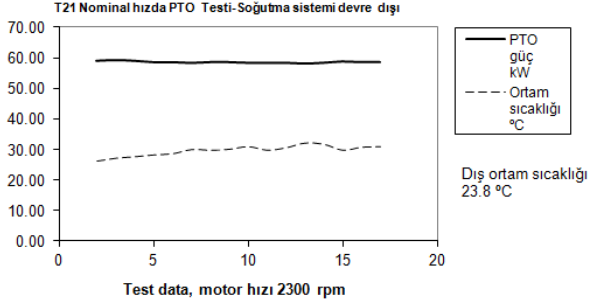
| No | Motor hızı rpm | PTO güç kW | Motor tork Nm | Yakıt tüketimi l/h | Özgül Yakıt tüketimi g/kWh | PTO hızı rpm | Ortam sıcaklığı °C | Hava giriş sıcaklığı °C | Hava basıncı kPa | Nem % |
|----|----------------|------------|---------------|--------------------|----------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|------------------|-------|
| 1 | 2200 | 48.98 | 212.60 | 17.65 | 300.12 | 611 | 28.0 | 30.0 | 93 | 27 |
| 2 | 2200 | 48.93 | 212.40 | 17.74 | 302.06 | 611 | 29.0 | 31.0 | 93 | 26 |
| 3 | 2200 | 48.75 | 211.60 | 17.51 | 299.08 | 611 | 30.0 | 31.0 | 93 | 25 |
| 4 | 2200 | 48.70 | 211.40 | 17.60 | 301.03 | 611 | 30.0 | 32.0 | 93 | 25 |
| 5 | 2200 | 48.61 | 211.00 | 17.60 | 301.58 | 611 | 31.0 | 33.0 | 93 | 24 |
| 6 | 2200 | 48.70 | 211.40 | 17.57 | 300.41 | 611 | 31.0 | 33.0 | 93 | 23 |
| 7 | 2200 | 48.56 | 210.80 | 17.76 | 304.78 | 611 | 31.0 | 32.0 | 93 | 23 |
| 8 | 2200 | 48.52 | 210.60 | 17.57 | 301.73 | 611 | 30.0 | 31.0 | 93 | 22 |
| 9 | 2200 | 48.33 | 209.80 | 17.60 | 303.33 | 611 | 32.0 | 32.0 | 93 | 22 |
| 10 | 2200 | 48.29 | 209.60 | 17.57 | 303.17 | 611 | 32.0 | 32.0 | 93 | 22 |

Çizelge 4. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devrede

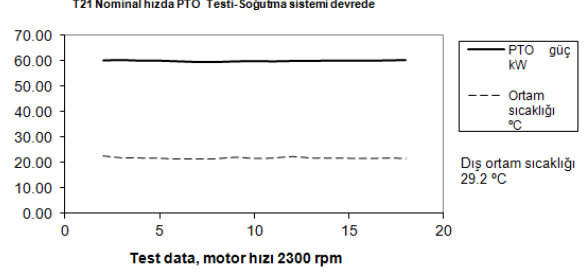
| No | Motor hızı rpm | PTO güç kW | Motor tork Nm | Yakıt tüketimi l/h | Özgül Yakıt tüketimi g/kWh | PTO hızı rpm | Ortam sıcaklığı °C | Hava giriş sıcaklığı °C | Hava basıncı kPa | Nem % |
|----|----------------|------------|---------------|--------------------|----------------------------|--------------|--------------------|-------------------------|------------------|-------|
| 1 | 2200 | 49.72 | 215.80 | 18.15 | 304.10 | 611 | 22 | 23 | 92.6 | 31 |
| 2 | 2200 | 49.62 | 215.40 | 17.97 | 301.69 | 611 | 22 | 24 | 92.6 | 31 |
| 3 | 2200 | 49.76 | 216.00 | 18.22 | 305.06 | 611 | 21 | 23 | 92.6 | 32 |
| 4 | 2200 | 49.85 | 216.40 | 17.71 | 295.89 | 611 | 21 | 22 | 92.6 | 33 |
| 5 | 2200 | 49.99 | 217.00 | 18.40 | 306.66 | 611 | 21 | 23 | 92.5 | 33 |
| 6 | 2200 | 49.95 | 216.80 | 17.96 | 299.50 | 611 | 21 | 23 | 92.5 | 33 |
| 7 | 2200 | 50.09 | 217.40 | 18.33 | 304.85 | 611 | 21 | 23 | 92.5 | 33 |
| 8 | 2200 | 50.04 | 217.20 | 17.88 | 297.56 | 611 | 21 | 23 | 92.5 | 33 |
| 9 | 2200 | 50.18 | 217.80 | 18.33 | 304.30 | 611 | 21 | 23 | 92.5 | 34 |
| 10 | 2200 | 50.18 | 217.80 | 18.00 | 298.72 | 611 | 21 | 23 | 92.5 | 34 |

**Şekil 7. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devre dışı****Şekil 8. T20 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devrede**

Traktör Performans Testlerinde Evaporatif Soğutma Sisteminin Ortam Sıcaklığı Üzerine Etkisi



Şekil 9. T21 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devre dışı



Şekil 10. T21 traktörünün nominal hızda performans testi, soğutma sistemi devrede

TARTIŞMA

Araştırma sonuçları evaporatif soğutma sisteminin OECD Traktör Performans testlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Testler süresince ortam sıcaklığı istikrarlı bir şekilde kalmıştır. Ortam sıcaklığının 12 °C'ye kadar düşürülebildiği görülmüştür.

Atmosferik basınç testler sırasında dengede kalmış. Standardın şartlarına uygun olarak %1'den fazla düşmemiştir.

Laboratuvar içerisine soğutma sisteminin doğal yapısı gereği su buharı verilmiş olmasına rağmen, traktörün ortam nemini kurutmasından dolayı bağıl nem yükselmemiş, dış ortam nemi ile dengede kalmıştır.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim 2007. Evaporative coolers Munters Italy S.p.A.,
- ISO 15550: 2002 Internal combustion engines – Determination and method for the measurement of engine power – General requirements. ISO, Geneva.
- OECD, 2010a. Presentation of Methods of OECD Testing Stations as Regards Air And Fuel Temperatures *OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Taormina, Italy 3-4 November 2010.
- OECD, 2010b. Experimental Evaporative Cooling System to Decrease and Regulate Ambient Air Temperatures during PTO Tests *OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Taormina, Italy 3-4 November 2010.

Soğutma sistemi sayesinde traktörlerde güç ölçümünde %3.3'e kadar artış sağlanmıştır.

Test laboratuvarında traktörün yeni parçalarından ve eksozundan dolayı oluşan kötü kokular ve duman dışarıya atılabilmiş ve uygun bir çalışma ortamı sağlanmıştır.

Yılın tüm ayları kullanılarak iş verimi artırılmış. Firmaların test süreleri kısalmıştır.

Dış hava sıcaklığının daha uygun olduğu durumlarda sadece fan havalandırması ile de testler gerçekleştirilebilmiş, ortam sıcaklığı istenilen değerlerde ayarlanabilmektedir.

- OECD, 2010c Additional Document on Ambient Air Temperatures During OECD Code 2 Tests *OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Taormina, Italy 3-4 November 2010.
- OECD, 2011. Test Engineers Conference Records. Organisation for Economic Co-operation and Development, Gross-Umstadt 2011.
- OECD, 2012. Code 2 OECD Standard Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris 2012
- OECD, 2013. Effects of Altitude and Temperature on OECD ROPS, FOPS and Performance Tests. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris 2013.

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ YAYIN İLKELERİ

1. Dergide aşağıdaki konularda hazırlanan ve daha önce yayınlanmamış araştırma ve makaleler yayınlanır,
 - Tarımda Yenilenebilir ve Yeni Enerji Kaynakları
 - Tarımda Enerji Kaynaklarının Etkin Kullanımı
 - Tarım Makinalarındaki Son Gelişmeler
 - Traktör ve Sistem Araçlarında Gelişme Eğilimleri
 - Algılama ve Kontrol Sistemlerindeki Yenilikler
 - Hasat Sonrası İşlemler
 - Biyosistem Mühendisliğinde Optimizasyon Teknikleri ve Uygulamaları
 - Tarımsal Mekanizasyon Planlama ve Yönetiminde Son Gelişmeler
2. Makale Microsoft Word yazılımıyla, bir adet yazar isimli, iki adet isimsiz makale çıktısı olarak 3 nüsha, disket/cd ile birlikte yayın komisyonuna gönderilir.
3. Makaleyle birlikte "**Makale hiçbir yerde yayınlanmamıştır**" beyanının bulunduğu tüm makale yazarlarının imzası olan dilekçe gönderilir.
4. Makaleler, yayın komisyonunca uygun görülmesi ve hakemler tarafından kabul edilmesi halinde yayımlanır. Yayınlanmayan makaleler geri verilmez.
5. Bir yazarın aynı sayıda ilk isim olarak en fazla iki makalesine yer verilir.
6. Makalelerin bilimsel sorumlulukları yazarlarına aittir.

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ YAZIM KURALLARI

1. Makale genel olarak; **Başlık, Türkçe ve İngilizce özet, Giriş, Materyal ve Yöntem, Araştırma Bulguları, Tartışma ve Sonuç, Literatür Listesi**, ana başlıkları altında hazırlanmalıdır. Eğer isteniyorsa teşekkür bölümü literatür listesinden hemen önce yer almalıdır.
2. Makalenin tamamı metin, çizelge ve şekiller dahil olmak üzere 8 sayfayı geçmeyecek şekilde A4 kağıdına çift sütun olacak şekilde yazılmalıdır (sütun genişliği 7.62, sütunlar arası 0.75).
3. Makale metni, üstten 4.0 cm, alttan 3.0 cm, sağ ve sol yandan 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
4. Makale metni, 1.25 satır aralıklı ve "**Tahoma**" yazı karakteri ile yazılmalıdır.
5. Hakem düzeltmelerindeki iletişimi kolaylaştırmak amacıyla satırlar her sayfada yeniden başlayacak şekilde numaralandırılmalıdır.
6. Makale başlığında sözcüklerin sadece baş harfleri büyük, 13 yazı karakteri büyüklüğü ile koyu ve ortalanmış olarak yazılmalıdır.
7. Yazar adları, başlıktan sonra 2 satır boşluk bırakılmalı, yazarların adları küçük, soyadları büyük kısaltılmaksızın, 10 yazı karakteri büyüklüğü ile koyu yazılmalıdır. Birden fazla yazar adı virgülle ayrılarak yan yana sıralanmalıdır.
8. Yazar adlarından sonra boşluk bırakılmadan yazarların çalıştıkları kurum adları, adresleri ve sorumlu yazarın e-posta adresi yer almalıdır.
9. Adreslerin ardından 2 satır boşluk bırakılarak "Özet" bölümüne başlanmalıdır. Özet metni 9 yazı karakteri büyüklüğü ile 1 satır aralıklı yazılmalı ve altında "Anahtar kelimeler:" yer almalıdır.
10. Özet bölümünün ardından 1 satır boşluk bırakılarak İngilizce başlık 10 yazı karakteri büyüklüğü ile yazılmalıdır. İngilizce başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılarak "Abstract" bölümüne başlanmalıdır. Abstract metni yazım alanı 14 cm genişliğinde tek sütun olacak şekilde 9 yazı karakteri büyüklüğü ile 1 satır aralıklı yazılmalı ve altında "Key words:" yer almalıdır.
11. Bölüm başlıkları ve metin, "**Tahoma**" yazı karakteri ile 9 büyüklüğünde yazılmalıdır.
12. Bölüm başlıkları, koyu, büyük harfle ve soldan hizalı olarak, bölümler içindeki alt başlıklar ise ilk harfleri büyük olacak şekilde koyu yazılmalı, başlıkların hepsi numarasız olmalıdır.
13. Makale metni, sağdan ve soldan hizalı olarak yazılmalı paragrafların ilk satırında 0.5 cm girinti yapılmalıdır. Paragraf aralarında boşluk bırakılmamalıdır.
14. Metin içinde literatür açıklamaları soyadı ve tarih verilmek suretiyle (Witney, 1998; Howell and Hiller, 1974; Pitts *et al.*, 1986) düzenlenmelidir. Birden fazla kaynak belirtilmek istendiğinde bunlar noktalı virgül ile ayrılmalıdır. İki den fazla yazar olması durumunda birinci yazardan sonra "*ark.*" veya "*et al.*" kısaltılması yapılmalıdır.

15. Eşitlikler MSWord "Equation Editor" kullanılarak, ayrı bir satır/lar halinde yazılmalıdır. Eşitlikler numaralandırılmalıdır. Eşitlikler satır ortasına, eşitlik numaraları ise bu kolonun sağına dayalı olarak parantez içinde yer almalıdır. Eşitliklerdeki matematik simgeler açıklanmalıdır.
16. Çizelge ve şekiller, büyüklüğüne göre metin içerisinde konu akışına uygun olarak yerleştirilmelidir. Tek sütun içerisine sığmayan Çizelge veya şekiller sayfa başına veya sonuna yerleştirilmelidir.
17. Çizelge başlıkları çizelgelerin üzerine, şekil başlıkları ise şeklin altına, koyu ve ilk harfleri küçük olarak yazılmalıdır. Çizelge ve şekillerin içerikleri, "**Tahoma**" yazı karakteri ile 8 büyüklüğünde olmalıdır.
18. Çizelge ve şekiller bilgisayar ortamında siyah-beyaz olarak hazırlanmalıdır.
19. Metrik birim sistemleri (SI) kullanılmalıdır.
20. Metin içinde anılan bütün literatürler, "**Literatür Listesi**"nde yer almalıdır. Literatür listesi alfabetik sırada 8 yazı karakteri büyüklüğünde aşağıdaki gibi düzenlenmelidir.

Kitaplar için:

Birinci yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarların adının baş harfi, soyadı, yayın yılı, (kitapta bölüm yazarları iseler, bölüm adı ve kitabın yazarı), kitabın adı (*italik*), yayınevi.

Merriam, J. L., M. N. Shearer, C. M. Burt, 1983. Evaluating Irrigation Systems and Practices. Chap.17, pp.721-760. In: *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. M.E.Jensen (ed.), ASAE , 2950 Niles Road, St.Joseph, Michigan, 49085.

Dergiler için:

Makalede birinci yazarın soyadı, adının baş harfi, diğer yazarların adının baş harfi, soyadı, yayın yılı, makalenin adı, derginin adı, cilt no, sayı no, sayfa no.

Kang, Y., S. Nishiyama, 1996. Analysis of Microirrigation Systems Using a Lateral Discharge Equation. Transactions of the ASAE 39 (3): 921-929.

URL için:

Schaeffer, L. R. 1997. Subject: Random Regressions.
<http://chuckagsci.colostate.edu/wais/logs/agdq869258263.html> , Erişim: Kasım 1997.

Dpt, 2002. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Gıda Sanayii Özel İhtisas Komisyon Raporu.
<http://ekutup.dpt.gov.tr/gida/oik646.pdf> , Erişim: Kasım 2002.

JOURNAL OF AGRICULTURAL MACHINERY SCIENCE

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

General Principles

1. The Journal accepts original and unpublished research articles and review articles in the following fields;
 - Renewable and New Energy Resources in Agriculture
 - Efficient Use of Energy Resources in Agriculture
 - Recent Developments in Agriculture
 - Development Trends in Tractors and System Devices
 - Recent Developments in Sensors and Control Systems
 - Postharvest Operations
 - Optimization Techniques and Applications in Biosystems Engineering
 - Recent Developments in Machinery Planning and Management
2. The manuscript written in Microsoft Word format should be submitted via electronic media, as either floppy disk or CD or email, to the Editorial Board in three copies, only one with the names of the authors.
3. The manuscript must be accompanied by a "Form of Declaration that the Manuscript has not been published elsewhere". The form which can be found at <http://www.tarmakder.org.tr/basvuru.doc> must be filled in completely and signed by all the authors.
4. Manuscripts are published if the Editorial Board confirms and the referees accept. Those unpublished manuscripts are not given back.
5. An author can have maximum two papers as the first author to be printed at the same issue.
6. Authors are responsible for the scientific content of their manuscripts.

Writing Rules

1. Manuscripts, in general, should follow this order: Title, Abstract both in English and Turkish, Introduction, Materials and Methods, Research Results, Discussion and Conclusions, Acknowledgements (if necessary) and References. Contributors who are not native Turkish speakers may submit their manuscripts with an abstract written in English only.
2. The total number of A4 pages of the whole manuscript including text, tables and figures must not exceed 10 and the text should be written in two-column format with a column width of 7.62 cm and spacing of 0.75 cm.
3. The page margins of the manuscript must be as follows; top: 4.0 cm, bottom: 3.0 cm, left and right: 2.5 cm.
4. The manuscript must be typed in Tahoma font type with 1.25 cm of line spacing.
5. In order to ease the description of evaluation notes of the referee, lines should be numbered starting with 1 at each page.
6. The title should be written in 13 points of font size, bold and center aligned. First letter of each word of the title should be capital.
7. Author names should be listed after 2 blank lines below the title and typed in bold with 10 points font size. Authors' first names should be in small letters, e.g. James, and surnames all in capital letters, e.g. BROWN. For more than one author, names should be separated by a comma on the same line.
8. Next line after the authors' names, without giving any blank line, names and addresses of the authors' and the email address of the corresponding author should be provided.
9. Abstract should follow the addresses after 2 blank lines. Abstract text body should be typed in as 1 column of 14 cm width, 9 points font size with a line spacing of 1. Keywords should follow the abstract as a separate line.
10. Section headings and the text should be in "Tahoma" font type with 9 points of font size.
11. Section headings should be bold capital letters and left aligned. Sub-headings of the sections should also be bold but small letters starting with a capital letter. No numbering will be given to any of the headings.
12. Alignment of the text body of the manuscript should be justified with 0.5 cm of first line indentation. No spacing will be given between the paragraphs.
13. References should be cited in the text by the last name(s) of the author(s) and year of publication, for example, (*Brown, 1984*) or (*Ulusoy and Evcim, 1984*). If the citation is the subject of the sentence, then only the date should be given in parentheses, for example, *According to Hatipoglu (1984)* or *as suggested by*

Ulusoy and Evcim (1984). For citation of references with three or more authors, only the first author's name followed by "et al." should be used, for example, (*Ucucu et al., 1988*) or *as shown by Ucucu et al. (1988)*. If there is more than one reference in the same year for the same author(s), then please add the letters "a", "b", etc. to the year, for example, (*Berkel, 1970a, 1970b*). If there are more than one reference cited following each other, semicolon (;) should be used to separate.

14. Equations should be typed by using the MSWord "Equation Editor" as a separate line between the text. Equations must be center aligned and numbered. Numbering should be placed in parentheses as right aligned of the equation line. Definitions for symbols used within the equations must be provided following the equation.
15. Tables and figures should be placed within the text close to their citation. Those tables or figures which do not fit to their column should be placed either top or bottom of the page in one column format.
16. A brief but complete and self-explanatory caption should be given to tables and figures. Captions must be above the tables as left aligned and below the figures as center aligned. Caption text should be in Tahoma font type, 8 points font size, bold and in sentence format (only the first letter is capital).
17. Tables and figures must be prepared in black and white or grayscale. Figures as photos or drawings must have a good contrast of dark and light.
18. Metric SI (Système International d' Unites) units must be used in manuscripts.
19. References should be in 8 points font size and listed alphabetically at the end of the text without numbering. References to books, journal articles and URL web sites, etc. should be listed as given below:

For Books;

Last name of the first author, initial(s) of first name(s), initial(s) of the co-author first name(s), full last name of the co-author, publication year, (if they are the authors of a section of a book then the section heading and the author(s) of the book), title of the book (in italics), publishing company. **e.g.;**

Merriam, J. L., M. N. Shearer, C. M. Burt, 1983. Evaluating Irrigation Systems and Practices. Chap.17, pp.721-760. In: *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*. M.E.Jensen (ed.), ASAE , 2950 Niles Road, St.Joseph, Michigan, 49085.

For Journal articles;

Last name of the first author, initial(s) of first name(s), initial(s) of the co-author first name(s), full last name of the co-author, publication year, title of the manuscript, title of the journal, volume number, issue number and page number. **e.g.;**

Kang, Y., S. Nishiyama, 1996. Analysis of Microirrigation Systems Using a Lateral Discharge Equation. Transactions of the ASAE 39 (3): 921-929.

For URLs;

e.g.;

Schaeffer, L. R. 1997. Subject: Random Regressions.
<http://chuckagsci.colostate.edu/wais/logs/agdg869258263.html> , Erişim: Kasım 1997.

Dpt, 2002. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Gıda Sanayii Özel İhtisas Komisyon Raporu.
<http://ekutup.dpt.gov.tr/gida/oik646.pdf> , Erişim: Kasım 2002.