



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://www.politeknik.gazi.edu.tr/index.php/PLT/index>

Tarımsal arazi sulama sistemlerinde mobil uygulamalar: örnek bir çalışma

Mobile applications in agricultural land irrigation systems: a case study

Yazar(lar) (Author(s)): Mehmet Fatih IŞIK, Cemal YILMAZ, Ercan IŞIK

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Işık M. F., Yılmaz C. ve Işık E., “Tarımsal arazi sulama sistemlerinde mobil uygulamalar: örnek bir çalışma”, *Politeknik Dergisi*, 20(3): 725-731, (2017).

To cite this article: Işık M. F., Yılmaz C. and Işık E., “Tarımsal arazi sulama sistemlerinde mobil uygulamalar: örnek bir çalışma”, *Journal of Polytechnic*, 20(3): 725-731, (2017).

Erişim linki (To link to this article): <http://www.politeknik.gazi.edu.tr/index.php/PLT/issue/archive>

DOI: [10.2339/politeknik.339409](https://doi.org/10.2339/politeknik.339409)

Tarımsal Arazi Sulama Sistemlerinde Mobil Uygulamalar: Örnek Bir Çalışma

Mehmet Fatih IŞIK^{1*}, Cemal YILMAZ², Ercan IŞIK³

¹Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

³Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye

(Geliş/Received : 21.12.2016 ; Kabul/Accepted : 22.02.2017)

ÖZ

Bu çalışmada, elmanın yetiştirme evresine bağlı olarak kurulan damlama sulama sistemlerinin mobil aygıtlardan kontrolünü ve izlenebilmesini sağlayan bir proje Çorum/Merkez’ de başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Klasik kontrol sistemi yerine günümüz teknolojisinin vazgeçilmez elemanları olan akıllı telefon üzerinden çalışabilen bir yapı oluşturulmuştur. Tarım arazisinde bulunan elma ağaçlarının kök kısımlarına yakın yerlere nem sensörleri yerleştirilmiştir. Bu sensörlerden alınan bilgilere göre sulama durumu çizelgesi oluşturulmuştur. Çalışmada bunun yanı sıra ürün yetiştirme evresine bağlı olarak da bir çizelgeleme oluşturulmuştur. Bu proje ile hem kullanılan su miktarında önemli bir avantaj sağlanmış hem de tarımsal süreçler için yeni bir izleme ve kontrol algoritması oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Damlama sulama sistemi, akıllı telefon, sensör.

Mobile Applications in Agricultural Land Irrigation Systems: A Case Study

ABSTRACT

In this study, at the Çorum /center a project that provides control and monitoring on mobile devices to drip irrigation system has been applied successfully. An essential element of modern technology to replace conventional control system, which has established a structure that works through smartphones. There are apple trees on agricultural land. The humidity located in the root portion of the tree. According to the information obtained from these sensors state irrigation schedule has been established. In this project, irrigation schedule has been established, depending upon the growth stage as well as product. This project provided a significant advantage in the amount of water used and that has been established a new algorithm for the monitoring and control of agricultural processes in both.

Keywords: Drip irrigation system, smart phone, sensor.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çorum Karadeniz bölgesinde yer alan büyük tarım arazileri olan bir il olmasına rağmen su kaynaklarının yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. Merkezde, tarımsal sulama sistemlerinin büyük bir kısmı yeraltı su kaynaklarından karşılanırken bazı bölgelerde ise ırmaklardan karşılanmaktadır. Çorum gibi Türkiye’de de aynı şekilde sulama yapan birçok il bulunmaktadır. Gerek Çorum’da gerekse ülkemizin birçok bölgesinde gün geçtikçe artan tarımsal su ihtiyacını karşılamak için teknoloji yardımı ile çözüm arayışları sürmektedir. Bu noktada ortaya çıkan en mantıklı çözüm su kaynaklarının doğru şekilde kullanılması olarak görülebilir. Su kaynaklarının doğru ve verimli kullanılması için damlama sulama sistemi önemli bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak damlama sulama sisteminde iyileştirmeler yapmak kaçınılmaz bir hal almıştır.

Tarımsal sulama sistemlerinde teknoloji desteği gün geçtikçe artış göstermektedir [1-4]. Teknolojik çözümlerin

ana konusu su kullanımını en verimli hale getirmektir. Özellikle mobil aygıtların bir bilgisayar kadar hızlı ve veri kayıt kapasitelerinin artması birçok sektörde sıkça kullanılmaya başlanmasını sağlamıştır. Çevre, sağlık, güvenlik gibi birçok alanda izleme ve kontrol uygulamalarında sıkça kullanılmaya başlanmış ve olumlu sonuçlar vermiştir [5-10].

Bitkilerin yetişmesinde önemli faktörlerden birinin de su tüketimine bağlı olarak değiştiği bilinmektedir [11].

Damlama sulama sistemi kullanılan arazilerde, yeraltı su kaynaklarından pompalar vasıtası ile alınan su, filtre yardımıyla temizlendikten sonra laterallere aktarılmaktadır.

Bu çalışmada Çorum ilinde bir elma bahçesi için otomatik olarak çalışan bir damlama sulama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemi klasik sistemlerden ayıran birçok özellik mevcuttur. Bunların başında yetiştirilen ürünün büyüme evresine bağlı olarak ihtiyacı olan su değerinin hesaplanmasıdır. Buna bağlı olarak elde edilen değerler, bulgular ve değerlendirme kısmında grafikler ile açıklanmıştır. Bir diğer önemli faktör, bitkinin kök kısımlarına yakın yerlere yerleştirilen sensörler vasıtası ile alınan değerlerin gerçek zamanlı olarak mobil aygıtlar

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: mehmetfatih@hitit.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/politeknik.339409

üzerinden izlenebilmesi ve kontrol edilebilmesidir. Çalışma diğer önemli kısmı ise enerji boyutudur. Sistemin enerji ihtiyacı güneş panelleri ile sağlanmaktadır. Bu durum gerek akademik çalışmalardan gerekse ticari durumlar irdelendiğinde kurulum maliyetlerinin çok kısa sürede telafi ettiği açıkça görülmektedir [12,13].

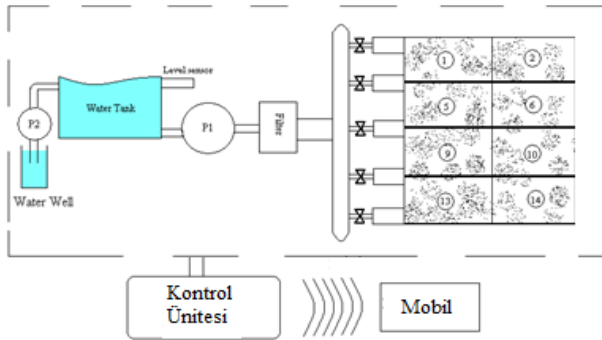
Çalışmanın amacı IOS/Android tabanlı mobil aygıtlar kullanılarak uzaktan kontrollü modern bir damlama sulama sistemi oluşturmaktır. Klasik damlama sistemi yerine, iklimsel verileri de kullanarak bitkinin yetişme evresinde ihtiyaç duyduğu su miktarı ve toprak içindeki nem değerine göre yeni bir damlama sulama algoritması oluşturmaktır. Geliştirilen modern sulama sistemi için hem donanımsal hemde yazılım altyapısı kurulmuş olup istenildiği takdirde birçok bitki için de kolayca uygulanabilir modüler bir yapı oluşturulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Tarımsal alan için sulama sistemlerinde toprağın ihtiyacı olan su miktarı, bitki tipine ve toprak içindeki su miktarına bağlı olarak değişmektedir. Toprak içindeki su kapasitesi toprağın nemi olarak tanımlanabilir. Bu değer sayısal ya da analog sensörler yardımı ile kolayca ölçülebilmektedir. Toprak nem sensörleri için doğru ölçüm kadar sensörlerin kalibrasyonu ve hızlı veri aktarımı gibi özelliklerin de uygun olması çalışmalarda verimi etkileyen önemli unsurlardır. Toprak içindeki su miktarının doğru bir şekilde ölçülmesi kullanılacak su miktarının belirlenmesinde temel teşkil edecektir. Toprak içindeki su miktarının az olmasının yanında çok olması da bir dezavantajdır [14]. Tüketilecek su değerinin bitkinin yetişme evresine bağlı olarak belirlenebilmesi de suyun verimli kullanılması bakımından önemli bir unsur olmaktadır.

Bu çalışma Çorum ili Mecitözü ilçesinde yaklaşık olarak 300 m² lik bir alanda bulunan elma ağaçlarının bulunduğu alanda 06.03.2015 ile 05.10.2015 tarihleri arasında uygulanmıştır. Ancak bu sistemini altyapısının oluşturulması işlemleri 2014 yılı içinde yapılmıştır. Altyapıdan kasıt ise sensörlerin yerleştirilmesi, yazılım ve donanımların oluşturulması işlemlerini kapsamaktadır.

Tarımsal alan için belirlenen genel çalışma durumuna ait tasarım Şekil 1’de sunulmuştur.



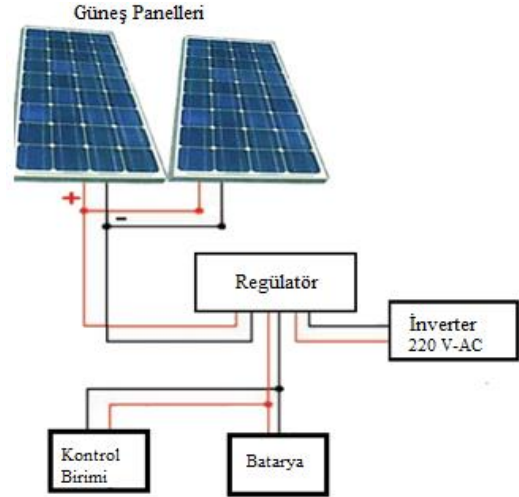
Şekil 1. Sistem Mimarisi (System Architecture)

Çalışmada her biri 5 metre uzunluğunda 5 ayrı lateral (su hattı) kullanılmıştır. 3000 lt' lik su tankından 2 Kw'lık tek fazlı pompalar vasıtası ile alınan su bir havuz içinde dinlendirme ünitesine aktarılmıştır. Aktarılan su, hatlarda tıkanıklığı ortadan kaldırmak amacıyla filtrelenerek damla sulama hatlarına gönderilmiştir. Çalışmada DS 200 nem sensörü kullanılmış olup, mobil bağlantı ve erişim için bir adet Weintek marka CMT-Server (sunucu), bir adet Omron marka CJ2M-CPU-31 PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) ve bir adet yönlendirici (router) kullanılmıştır. Şekil 2’ de çalışmanın yapıldığı alan gösterilmiştir.



Şekil 2. Çalışmanın yapıldığı alan (Area of work)

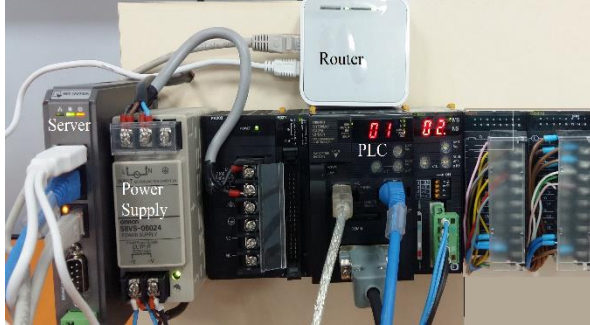
Sistemde kullanılan elektrikli cihazlar ve pompalar için ihtiyaç duyulan enerji şebekeden karşılanmamıştır. Enerji ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisinden yararlanılmıştır. Bunun için güneş panelleri kurulmuş olup, güneş panellerinden elde edilen enerji ister doğru akım isterse alternatif akım şeklinde kullanılabilir. Kurulan güneş panellerine ait çalışma blok diyagramı Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Güneş Panelleri bağlantı blok diyagramı (Connection diagram of the solar panels)

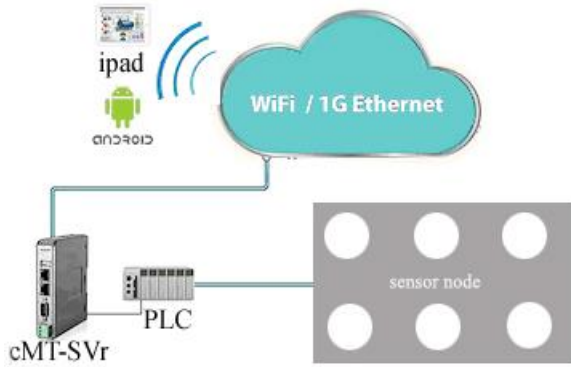
Tasarlanan otomasyon sistemi için kullanılan donanımsal sistemler bir pano içinde toplanmıştır. Kontrol panosuna ait görünüm Şekil 4’de verilmiştir. Pano PLC olarak adlandırılan cihaz üzerinden giriş ve çıkış birimleri için alanlar bulunmaktadır. Giriş birimleri olarak nem sensörlerinin bağlantıları yapılırken çıkış birimlerinde ise pompa ve vanaların açam kapama tertibatları kontrol

edilmiştir. PLC ve diğer donanımların (Doğru akımda çalışan) enerji ihtiyacını sağlayan power suply (güç kaynağı), mobil aygıtlar için ara yüz sağlayan server ve mobil aygıtların server bağlantısını sağlayan routerdan oluşmaktadır.



Şekil 4. Kontrol Sistemi panosu (Control System Panel)

Geliştirilen sulama sisteminin fonksiyonel çalışma diyagramı Şekil 5' de sunulmuştur.



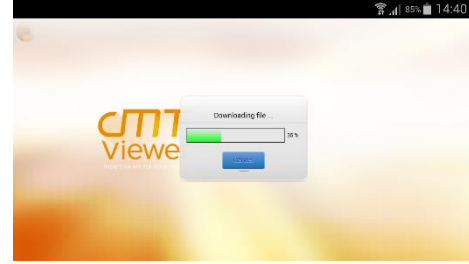
Şekil 5. Sulama Sisteminin Fonksiyonel diyagramı (Functional diagram of irrigation system)

Mobil aygıtlar üzerinden kontrol ve izleme sistemi için IOS/Android kullanan cep telefonlarının mobil veri ya da kablosuz internet aracılığı ile uygulama indirme menüsünden cMT Viewer uygulamasının telefona indirilmesi yeterli olacaktır. İndirilen bu yazılım ile mobil aygıt üzerinden PLC ye doğal olarak kontrolöre bağlanma imkanı sağlanacaktır. Bu durum Şekil 6' da gösterilmiştir. Bu ekran üzerinden bağlanılacak PLC seçilerek geliştirilen yazılıma ulaşma imkanı sağlanacaktır.



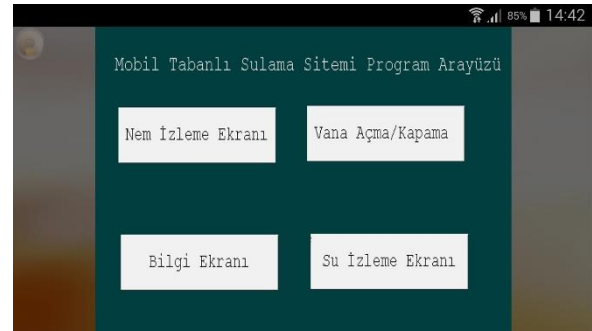
Şekil 6. Uygulama çalışma ekranı (Application work screen)

Seçim ekranından sonra yazılıma ait ekrana otomatik olarak bağlanılabilmektedir. Yazılım yüklemesine ait durum Şekil 7' de gösterilmiştir.



Şekil 7. Yazılım yüklenme ekranı (Software installation screen)

Yazılım yükleme işleminden sonra açılan Şekil 8' deki alandan nem izleme, vana açma/kapama, yazılım hakkında bilgi ya da su izleme alanlarından biri seçilebilmektedir.



Şekil 8. Geliştirilen mobil yazılım ara yüzü (Developed mobile software interface)

3. SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULT AND DISCUSSION)

Bir bitkinin ihtiyacı olan su miktarının bilinmesi o bitkinin yetiştiği bölgedeki meteorolojik verilerin bilinmesini de gerektirmektedir. Meteorolojik verilerin bilinebilmesi içinde o bölgede istasyonların bulunması zorunludur. Meteoroloji genel müdürlüğünün ülkemizin birçok bölgesinde bu tip istasyonları mevcuttur. Bu istasyonlar sayesinde iklimsel verilere erişerek bu verilere bağlı olarak analizler yapmak mümkündür. Ayrıca Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu bir bitkinin su ihtiyacının meteorolojik verilere bağlı olarak hesaplanmasını da FAO Penman Monteith yöntemini önermektedir [14]. Bu yöntem sayesinde bitki tipine bağlı olarak ihtiyaç duyulan su miktarını hesaplanması mümkün olmaktadır. Bu değerler hesaplanırken iklimsel verilerin güncel olması bitkinin ihtiyaç duyacağı su miktarının belirlenmesinde esas olacaktır.

Bu çalışmada kullanılan bitki tipi elma olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bitki katsayısına (kc) bağlı olarak bitki su tüketim değeri ET_0 hesaplanmıştır. İklimsel verilere bağlı olarak hesaplanan ET_0 değeri Çizelge 1' de sunulmuştur.

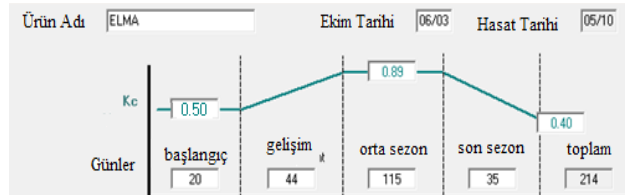
Çizelge 1. Çorum/Merkez İklim/ETo verileri

| Ay | Min °C | Maks. °C | Nem % | Güneş s | ETo mm/g |
|------|--------|----------|-------|---------|----------|
| Oc. | -4,5 | 3,9 | 77 | 2,5 | 0,62 |
| Şb. | -3,4 | 6,1 | 74 | 3,6 | 0,96 |
| Ma. | -0,9 | 11 | 68 | 5,5 | 1,76 |
| Ni. | 3,7 | 17,3 | 62 | 6 | 2,91 |
| Ma. | 7,5 | 21,9 | 62 | 6,7 | 3,75 |
| Ha. | 10,2 | 25,6 | 58 | 9 | 4,87 |
| Te. | 12,4 | 28,6 | 54 | 9,7 | 5,85 |
| Ağ. | 12,4 | 28,9 | 54 | 10 | 5,67 |
| Ey. | 9,1 | 25 | 58 | 9,7 | 1,15 |
| Ek. | 5,1 | 19,7 | 63 | 5,7 | 2,26 |
| Ka. | 1,2 | 12,9 | 71 | 3,5 | 1,15 |
| Ar. | -2 | 6,2 | 78 | 2,2 | 0,67 |
| Ort. | 4,2 | 17,3 | 65 | 6,2 | 2,88 |

Referans bitki olan elma için FAO Penman Monteith metodu ile bitki su tüketim miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [14-15]

$$E_{tc} = k_c * E_{t0}$$

Burada k_c değeri bitkiden bitkiye değişkenlik gösterir ve bitkinin ihtiyacı olan su tüketiminin referans değeridir. k_c değeri aynı zamanda bitkinin yetiştirme evresine bağlı olarak değişiklik te göstermektedir. Buna göre bitki yetiştirme evresine bağlı olarak hesaplanan k_c değeri Şekil 9' da verilmiştir. Buna göre k_c değeri başlangıçta 0.50, gelişim sürecince 0.50 ile 0.89 arası orta sezon boyunca 0.89, son sezonunda 0.89 ile 0.40 arası olarak hesaplanmıştır. Ürün başlangıç tarihinin 06.03.2015 ürün hasat tarihinin ise 05.10.2015 olduğu görülmektedir. Buna göre toplam 214 günlük bir sulama çizelgesinin oluşturulması gerektiği görülmektedir. Bu 214 sürelik gün içinde ilk 20 günün başlangıç evresi, 44 günün gelişim evresi, 115 günün orta sezon evresi ve 35 günün ise bitkinin son sezon evresi olarak hesaplandığı anlaşılmaktadır. Bu günlük değerler geliştirilen yazılımdaki sulama sistemi çizelgelemenin koşul şartlarını belirlemesi için önemli değerlerdir.

**Şekil 9.** Çorum/Merkez Elma bitkisi k_c değerleri ve yetiştirme evresi (Çorum / Merkez Apple plant k_c values and growth phase)

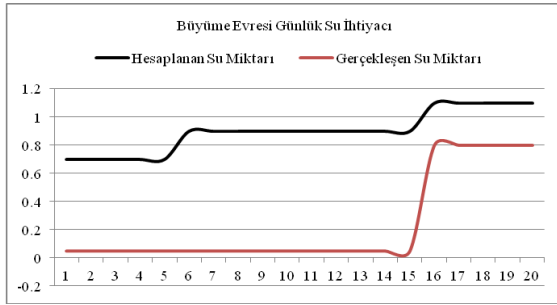
Bitki yetiştirme evresine bağlı olarak elde edilen veriler ışığında elmaya ait başlangıç, gelişme, orta ve son sezonuna ait ihtiyaç duyduğu su ihtiyacı belirlenmiştir. Buna göre bitkinin ihtiyaç duyduğu toplam su miktarı Çizelge 2' de gösterilmiştir. Çizelge 2'de ürün için başlangıç ayı Mart ayı olarak belirlendiği için aylara bağlı olarak bitkinin evresi 1,2 ya da 3 olmakta ayrıca yetiştirme durumuna göre başlangıç, gelişme, orta sezon ve son sezon evreleri de görülmektedir. Elde edilen iklimsel verilere göre bitkinin ihtiyaç duyacağı net günlük su değerleri ortaya çıkmıştır. Bu değerler bitkinin kök kısımlarına yerleştirilen sensörlerden alınan verilere göre kıyaslanacağından sulama sisteminde bitkiye verilecek su miktarının belirlenmesini sağlamaktadır. Çizelge 2' ye göre bitkinin tüm evrelerinde ihtiyaç duyacağı toplam su miktarı 538,5 mm/dec olarak ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Ürünün yetiştirme evresine bağlı su ihtiyacı (Depending on the product's growing need for water phase)

| Ay | Evre | Durum | k_c | ETc /g | ETc /d | Su İht. mm/d |
|--------|------|--------|-------|--------|--------|--------------|
| Mrt. | 1 | Başl. | 0,5 | 0,74 | 3,7 | 0 |
| Mrt. | 2 | Başl. | 0,5 | 0,88 | 8,8 | 0 |
| Mrt. | 3 | Geliş. | 0,52 | 1,11 | 12,2 | 0 |
| Ni. | 1 | Geliş. | 0,61 | 1,55 | 15,5 | 2,3 |
| Ni. | 2 | Geliş. | 0,71 | 2,08 | 20,8 | 6,8 |
| Ni. | 3 | Geliş. | 0,81 | 2,6 | 26 | 10,5 |
| May. | 1 | Orta | 0,91 | 3,16 | 31,6 | 14 |
| May. | 2 | Orta | 0,94 | 3,52 | 35,2 | 15,9 |
| May. | 3 | Orta | 0,94 | 3,87 | 42,5 | 24,6 |
| Haz. | 1 | Orta | 0,94 | 4,21 | 42,1 | 25,4 |
| Haz. | 2 | Orta | 0,94 | 4,56 | 45,6 | 29,7 |
| Haz. | 3 | Orta | 0,94 | 4,87 | 48,7 | 36,2 |
| Te. | 1 | Orta | 0,94 | 5,24 | 52,4 | 44,3 |
| Te. | 2 | Orta | 0,94 | 5,58 | 55,8 | 51,2 |
| Te. | 3 | Orta | 0,94 | 5,49 | 60,4 | 56 |
| Ağ. | 1 | Orta | 0,94 | 5,44 | 54,4 | 50,3 |
| Ağ. | 2 | Orta | 0,94 | 5,41 | 54,1 | 50,9 |
| Ağ. | 3 | Orta | 0,94 | 4,91 | 54 | 49,6 |
| Ey. | 1 | Son | 0,85 | 3,98 | 39,8 | 34 |
| Ey. | 2 | Son | 0,7 | 2,9 | 29 | 22,3 |
| Ey. | 3 | Son | 0,55 | 1,92 | 19,2 | 12,1 |
| Ek. | 1 | Son | 0,43 | 1,24 | 6,2 | 2,5 |
| Toplam | | | | | 758 | 538,5 |

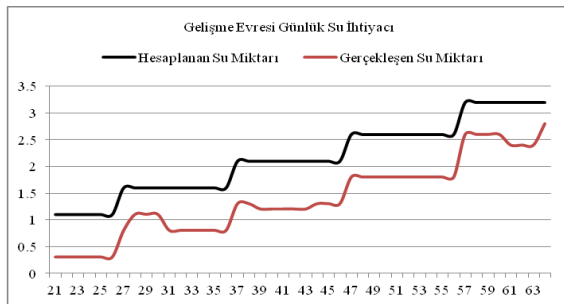
Yapılan otomatik sulama sisteminin temelinde yer alan bitki yetiştirme evresine bağlı değerlere göre ve bunun yanında toprak içindeki nem değerine göre elde edilen sonuçlar bu bölümde açıklanmış ve yorumlanmıştır.

06 Mart 2015-25 Mart 2015 tarihleri arasında 20 günlük tüketim dikkate alındığında büyüme evresi günlük su ihtiyacı belirlenmiş ve toprak nemine bağlı olarak bitkiye verilen su miktarı ölçülmüş ve hesaplama yapılmıştır. Şekil 10'a göre hesaplanan değer büyüme evresinde toplam su ihtiyacının 18 mm/day olarak olması gerektiğini gösterirken topraktaki nem oranı da dikkate alındığında gerçekleşen tüketim 4,75 mm/g olarak gerçekleşmiştir.



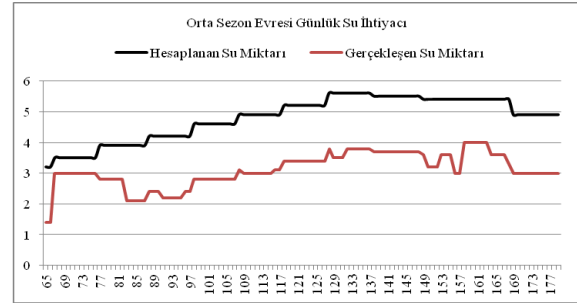
Şekil 10. Büyüme Evresi Günlük Su İhtiyacı Eta (mm/g) (Growth Stage Daily Water Needer Eta mm/day)

26 Mart 2015-08 Mayıs 2015 tarihleri arasında 44 günlük tüketim dikkate alındığında gelişme evresi günlük su ihtiyacı belirlenmiş ve toprak nemine bağlı olarak bitkiye verilen su miktarı ölçülmüş bu durum Şekil 11'de sunulmuştur. Buna göre hesaplanan değer, gelişme evresinde toplam su ihtiyacının 95,2 mm/day olarak olması gerektiğini gösterirken topraktaki nem oranı da dikkate alındığında gerçekleşen tüketim 61,6 mm/day olarak ölçülmüştür durum topraktaki nem değerinden kaynaklanmakta olduğu anlaşılmaktadır.



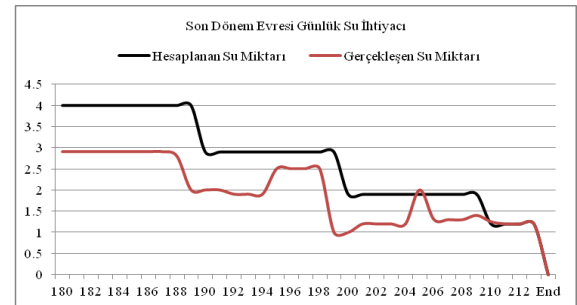
Şekil 11. Gelişme evresi günlük su ihtiyaç grafiği Eta (mm/day) (Daily water demand graph Eta (mm/day))

09 Mayıs 2015-31 Ağustos 2015 tarihleri arasında 115 günlük tüketim dikkate alındığında orta sezon evresi günlük su ihtiyacı belirlenmiş ve toprak nemine bağlı olarak bitkiye verilen su miktarı ölçülmüş bu durum Şekil 12'de sunulmuştur. Buna göre hesaplanan değer, orta sezon evresi için toplam su ihtiyacının 551,7 mm/day olarak olması gerektiğini gösterirken topraktaki nem oranı da dikkate alındığında gerçekleşen tüketim 357,9 mm/day olarak ölçülmüştür.



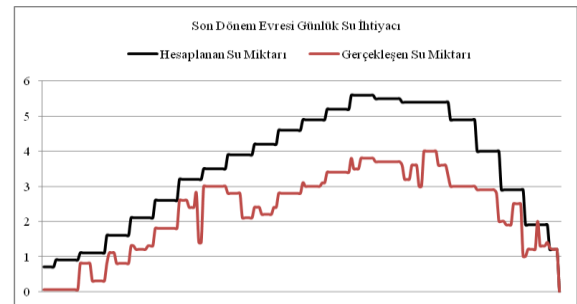
Şekil 12. Orta sezon evresi günlük su ihtiyaç grafiği (Mid-seas daytime daily water requirement chart)

01 Eylül 2015-5 Kasım 2015 tarihleri arasında 35 günlük tüketim dikkate alındığında son dönem sezon evresi günlük su ihtiyacı belirlenmiş ve toprak nemine bağlı olarak bitkiye verilen su miktarı ölçülmüş bu durum Şekil 13'de sunulmuştur. Buna göre hesaplanan değer, orta sezon evresi için toplam su ihtiyacının 92,8 mm/day olarak olması gerektiğini gösterirken topraktaki nem oranı da dikkate alındığında gerçekleşen tüketim 66,65 mm/day olarak ölçülmüştür. Hesaplanan ve gerçekleşen değerler kıyaslandığında bu dönemde topraktaki nem seviyesinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 13. Son dönem sezon evresi günlük su ihtiyaç grafiği (Daily water demand graph of last season season)

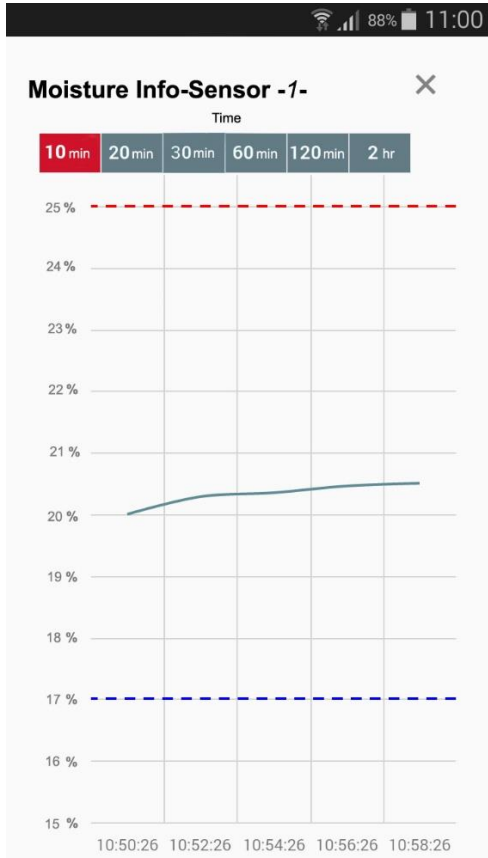
Sonuç olarak, ürünün toplam su ihtiyacı 757,7 mm/day olarak gerçekleşmiştir. Ancak bu değer 490,9' u net sulama olarak değerlendirilirken, 266,8 mm/day'lik bir kısmı yağışlardan karşılanmıştır. Tüm dönemlerin birleştirildiği durum Şekil 14'te sunulmuştur. Şekil 14'e göre bütün evrelerde su tasarrufunun sağlandığı açıkça görülmektedir.



Şekil 14. Tüm dönemlere ait su tüketim grafiği (Water consumption chart for all periods)

Elde edilen su tüketim miktarları dikkate alındığında bitkinin başlangıç evresinde %26,4, gelişme evresinde %64,7, orta sezon evresinde %64,8 ve son dönem evresinde %71,8' lik bir olumlu bir gerçekleşme meydana gelmiştir. Elbette bu durum yağışlardan karşılanmıştır. Ancak geliştirilen yazılım sayesinde oluşturulan çizelgeleme sistemi bitkinin yetiştirme evresine bağlı olarak tüketilen su miktarını referans aldığından klasik sulama sistemlerine oranlar çok daha başarılı ve verimli bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın teknolojik boyutu göz önüne alındığında günümüzün vazgeçilmez cihazları olan akıllı telefonlarla da bütünleşmiş bir sistem olarak ön plana çıkmaktadır. Bu sayede akıllı telefon üzerinden sisteme ait bütün kontroller yapılabildiği gibi izleme sistemi de oluşturulmuştur. Çiftçi tarlaya gitmeksizin uzaktan kontrollü bir şekilde veri analizi yapma imkanına kavuşmuştur. Mobil aygıt üzerinden istenilen herhangi bir bitkiye ait çizelgeleme de oluşturularak diğer bitkiler için de aktif hale getirilebilmektedir. Akıllı telefonların yaygın olarak kullanılıyor olması sistemin kolay kurulum ve kullanılabilirliğini artırmaktadır. Akıllı telefon üzerinden sensör hatlarına ait nem değerleri kolayca görülebilmektedir. Sensör 1'e ait mobil tabanlı izleme sistemi ekran görüntüsü Şekil 15'de gösterilmiştir. Mobil aygıt üzerinden istenilen süreler aralığında nem değerleri elde edilebilmektedir.



Şekil 15. Orta sezon sensör 1 nem ölçme ekran görüntüsü (%) (Mid-season Sensor 1 humidity measurement screen display (%))

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışma göstermiştir ki, sulama sistemlerinde topraktaki nem değerinin bilinmesi ile yapılacak olan çalışmalarda su kullanımının verimli olduğu açıkça görülmüştür. Bunun yanı sıra geliştirilen çizelgeleme ile topraktaki su miktarının bitkinin yetiştirme evresine bağlı olarak belirlenmesi de önemli avantajlar sunmuştur. Klasik damlama sulama sistemlerinde toprak nemine bağlı olarak sürekli olarak akan su yerine bitkinin yetiştirme evresi ve toprak içindeki nem durumuna bağlı olarak açma ya da kapama işlemi yapması da bu çalışmanın önemini artırmıştır. Enerji ihtiyacına göre de kurulan güneş panelleri ile bu sorun aşılmıştır.

Çalışmanın mobil aygıtlar üzerinden izlenebilmesi ve kontrol edilebilmesi için bir kontrol panosu oluşturulmuştur. Bu proje, IOS ya da Android tabanlı akıllı telefonlar ile bütünleşik bir sistem olarak ön plana çıkmaktadır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Yazarlar, bu çalışmayı "Mobil tabanlı hassas sulama sistemi" isimli projeye teknik olarak destekleyen Çorum İl Özel İdaresi'ne teşekkür eder

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Weng, Q., ed., "Advances in environmental remote sensing: sensors, algorithms, and applications," *CRC Press*, (2011).
- 2) Guochang, Xu, "GPS", *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, (2007).
- 3) Pierce, Francis J., and David C., eds., "GIS applications in Agriculture", *CRC Press*, (2007).
- 4) El-Kader, Sherine M. Abd, and Basma M. Mohammad El-Basioni. "Precision farming solution in Egypt using the wireless sensor network technology", *Egyptian Informatics Journal*, 14(3): 221-233, (2013).
- 5) J. Broeders et al., "Mobile application for impedance-based biomimetic sensor readout", *IEEE Sensors J.*, 13(7): 2659-2665, (2013).
- 6) B.-G. Lee and W.-Y. Chung, "Driver alertness monitoring using fusion of facial features and bio-signals", *IEEE Sensors J.*, 12(7): 2416-2422, (2012).
- 7) Y. Ishigaki, Y. Matsumoto, R. Ichimiya, and K. Tanaka, "Development of mobile radiation monitoring system utilizing smartphone and its field tests in Fukushima", *IEEE Sensors J.*, 13(10): 3520-3526, (2013).
- 8) C. Qin, X. Bao, R. R. Choudhury, and S. Nelakuditi, "TagSense: Leveraging smartphones for automatic image tagging", *IEEE Trans. Mobile Comput.*, 13(1): 61-74, (2014).
- 9) N. J. Car, E. W. Christen, J. W. Hornbuckle, and G. A. Moore, "Using a mobile phone short messaging service (SMS) for irrigation scheduling in Australia—Farmers' participation and utility evaluation", *Comput. Electron. Agricult.*, 84: 132-143, (2012).

- 10) Sumriddetchkajorn, S., Armote S., and Sataporn C., "Mobile device-based digital microscopy for education, healthcare, and agriculture." *Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, (2012).
- 11) Dursun, M., and Özden S., "Control of soil moisture with radio frequency in a photovoltaic-powered drip irrigation system", *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 23(2): 447-458, (2015).
- 12) Lajara, R., Jorge A., and José P.S., "A solar energy powered autonomous wireless actuator node for irrigation systems", *Sensors*, 11(1): 329-340, (2010).
- 13) Sudha, M. N., Valarmathi M.L., and Anni S. B., "Energy efficient data transmission in automatic irrigation system using wireless sensor networks", *Computers and Electronics in Agriculture*, 78(2): 215-221, (2011).
- 14) Tahmiscioğlu, M. S., T.C. orman ve su işleri bakanlığı devlet su işleri genel müdürlüğü, Türkiye' de bitki su tüketimi çalışmaları, *Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı*, İstanbul, (2015).
- 15) Uytum A., Pekey B., Kalemci, M., Toprak Nem_ Ölçümleri, *VIII. Ulusal Ölçüm bilim Kongresi*, 1-9, Gebze-Kocaeli, (2013).