

**SULU TARIM ALANLARINDA BİTKİ DESENİ
VE SULAMA UYGULAMALARININ İZLENMESİNDE
İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIM
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Uğur Evrim ÖZDEN

Yüksek Lisans Tezi

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ŞENER

2019

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SULU TARIM ALANLARINDA BİTKİ DESENİ VE SULAMA
UYGULAMALARININ İZLENMESİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ
KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Uğur Evrim ÖZDEN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Mehmet ŞENER

TEKİRDAĞ

2019

Her hakkı saklıdır

Bu alışma, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü AR-GE Birimi tarafından 2017-1 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Doç. Dr. Mehmet ŞENER danışmanlığında, Uğur Evrim ÖZDEN tarafından hazırlanan “Sulu Tarım Alanlarında Bitki Deseni ve Sulama Uygulamalarının İzlenmesinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Olanaklarının Araştırılması” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Tolga ERDEM

İmza:

Üye : Doç. Dr. Mehmet ŞENER (Danışman)

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Murat TEKİNER

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SULU TARIM ALANLARINDA BİTKİ DESENİ VE SULAMA UYGULAMALARININ İZLENMESİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Uğur Evrim ÖZDEN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ŞENER

Hayatımıza girdiğinden bu yana İnsansız Hava Araçları (İHA) tarım, orman, endüstri ve madencilik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. İHA'ların diğer Uzaktan Algılama teknolojilerine göre sahip oldukları, düşük masraflı, yüksek çözünürlüklü, tekrar görüntüleme aralığı vb. özellikleri nedeniyle tarımsal alanlarda kullanımları hızla artmaktadır.

Bu çalışma ile İHA'ların sulama şebekelerinde bitkisel üretiminin izlenmesinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışma sırasında görüntüleme işleminde 6 kanatlı bir İHA ve üzerine monte edilmiş multispektral ve termal kameralar kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak, multispektral görüntüler kullanılarak Temrezli sulama şebekesine ait bitki deseni ortaya konmuştur. Bitki deseni, % 47 buğday % 36,6 ayçiçeği, % 6,9 çeltik, % 3,7 yem bitkisi, % 1,5 mısır ve % 0,3 sebze-karpuz olarak saptanmıştır. Sulanan parsellerin ve sızma kayıplarının belirlenmesi amacıyla multispektral ve termal kameraların kullanım olanaklarının incelemesi sonucunda her iki kameranın da kullanım olanakları olsa da termal kamera görüntülerin daha etkin sonuçlar verdiği saptanmıştır. Yapılan çalışmada sulanan parsellerde sulama ile çıplak toprak ve bitki yüzey sıcaklık değerlerinde bitkiye göre değişmekle birlikte en az 6-7 °C'lik sıcaklık düşmelerinin ölçüldüğü görülmüştür. Çalışma sonunda, yüksek çözünürlüğe sahip İHA görüntülerinin sulama yapılan parsellerin ve kanal sızma kayıplarının belirlenmesinde etkin rol alabileceği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: İnsansız hava aracı, multispektral kamera, termal kamera, sulama, sızma kayıpları

2019, 111 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF USAGE POSSIBILITIES OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR MONITORING OF CROP PATTERN AND IRRIGATION APPLICATIONS IN IRRIGATED AGRICULTURAL AREAS

Uğur Evrim ÖZDEN

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Science

Main Science Division of Biosystem Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet ŞENER

Since the introduction of our lives, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have been used for a variety of purposes in a variety of professions such as agriculture, forestry, industry, and mining. Their superiority, such as high resolution, frequent measurement range, and relatively low cost compared to other remote sensing technologies, increase their chances of being used in agricultural areas.

In this study, the use of UAVs in the monitoring of crop production in Temrezli irrigation scheme was investigated. During the study, a six-wing UAV used for imaging of irrigation scheme. The plant pattern was determined as 47 % wheat, 36.6 % sunflower, 6.9 % paddy, 3.7 % forage plant, 1.5 % corn and 0.3 % vegetable and watermelon. In order to determine the irrigated parcels and leakage losses, it was found out that the thermal images were more effective than multispectral images. It was determined that at least 6-7 degrees of temperature drops were measured in bare soil and plant surface temperature values with irrigation. At the end of the study, it was determined that high resolution UAV images could be effective in determining the irrigated parcels and canal leakage losses

Key words: Unmanned aerial vehicle (UAV), multispectral camera, thermal camera irrigation, leakage losses

2019, 111 pages

TEŞEKKÜR

Öncelikle bana bu tez konusuyla ilgili çalışma olanağı sağlayan, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Mehmet ŞENER'e, değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Tolga ERDEM ile Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat TEKİNER'e, çalışmayı destekleyen Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü AR-GE birimine ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında emekleri olan herkese çok teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde hep yanımda olan, sevgilerini, desteklerini ve sabırlarını hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tekirdağ, 2019

Uğur Evrim ÖZDEN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| ÇİZELGE DİZİNİ | vi |
| ŞEKİL DİZİNİ | vii |
| SİMGELER DİZİNİ | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI | 3 |
| 2.1. Sulu Tarım | 3 |
| 2.2. Uzaktan Algılama ve Tarımsal Uygulamaları | 4 |
| 2.3. İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Tarımsal Uygulamaları | 6 |
| 2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) | 9 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 10 |
| 3.1. Materyal..... | 10 |
| 3.1.1. Çalışma alanı | 10 |
| 3.1.2. Çalışma alanının iklim özellikleri | 10 |
| 3.1.3. Çalışma alanının bitki örtüsü | 11 |
| 3.1.4. Çalışma alanına ait su kaynakları | 11 |
| 3.1.5. Uzaktan algılama platformu | 11 |
| 3.1.6. Görüntüleme sistemleri..... | 11 |
| 3.1.6.1. Multispektral görüntüleme sistemi | 12 |
| 3.1.6.2. Termal görüntüleme sistemi | 14 |
| 3.2. Yöntem | 15 |
| 3.2.1. Çalışma alanının topografya ve toprak özelliklerinin belirlenmesi..... | 15 |
| 3.2.2. Temrezli sulama sahası işletme haritasının CBS ortamına aktarılması..... | 16 |
| 3.2.3. Uçuş planının oluşturulması | 18 |
| 3.2.4. Bitki sınıflandırması | 18 |
| 3.3.5. Sulu tarım alanlarının belirlenmesi..... | 19 |
| 3.3.5.1. Multispektral kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesi..... | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.5.2. Termal kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesi..... | 20 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 21 |
| 4.1. Çalışma Alanının Toprak Örneklerine İlişkin Sonuçlar | 21 |
| 4.2. İşletme Haritasının CBS Ortamına Aktarılmasına Ait Sonuçlar | 24 |
| 4.3. Uçuş Panının Oluşturulmasına Ait Sonuçlar | 25 |
| 4.4. Bitki Sınıflandırılmasına Ait Sonuçlar | 25 |
| 4.5. Sulu Tarım Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Sonuçlar | 30 |
| 4.5.1. Multispektral kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesine ilişkin sonuçlar | 30 |
| 4.5.2 Termal kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesine ilişkin sonuçlar | 43 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 60 |
| 6. KAYNAKLAR..... | 63 |
| EKLER | 70 |
| ÖZGEÇMİŞ | 97 |

ÇİZELGE DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| Çizelge 3.1. Proje alanının uzun yıllık iklim özellikleri (1939-2018)..... | 11 |
| Çizelge 3.2. DJI Matrice 600 Pro teknik özellikleri | 12 |
| Çizelge 3.3. Parrot Sequoia multispektral kamera teknik özellikleri | 13 |
| Çizelge.3.4. Zenmuse XT termal kameranın özellikleri..... | 14 |
| Çizelge 4.1 Çalışma alanına ait toprak analiz sonuçları | 21 |
| Çizelge 4.2. Sulama sahasında yetiştirilen bitkilerin dağılımı | 30 |

ŞEKİL DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| Şekil 2.1. Uzaktan algılama bileşenleri | 4 |
| Şekil 3.1. Çalışma sahası | 10 |
| Şekil 3.2. Parrot Sequoia multispektral kamera görüntüsü | 13 |
| Şekil 3.3. Zenmuse XT termal kamera görüntüsü | 15 |
| Şekil 3.4. Gravimetrik yöntemle toprak nem örneklerinin alınmasına ait görüntü | 16 |
| Şekil 3.5. Temrezli sulama sahası işletme haritası | 17 |
| Şekil 4.1. Çalışma alanı vaziyet planı | 24 |
| Şekil 4.2. Çalışma alanına ait uçuş planı | 25 |
| Şekil 4.3. Araştırma sırasında çekilen multispektral verinin değişik bandlarına ait örnek görüntüler | 26 |
| Şekil 4.4. Çalışma alanına ait ortomosaik görüntü | 26 |
| Şekil 4.5. Sulama sahasına ait 05.08.2017-13.09.2017 tarihleri multispektral ve NDVI görüntüler | 27 |
| Şekil 4.6. Sulama sahasına ait 29.07.2017-09.09.2017-tarihleri multispektral ve NDVI görüntüler | 27 |
| Şekil 4.7. Sulama sahasına ait 05.08.2017-09.09.2017 tarihleri multispektral ve NDVI görüntüler | 28 |
| Şekil 4.8. Çalışma alanına ait bitki deseni | 29 |
| Şekil 4.9. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c)..... | 31 |
| Şekil 4.10. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c,d)..... | 32 |
| Şekil 4.11. Sulama sahasına ait 08.07.2017 tarihli multispektral görüntü | 33 |
| Şekil 4.12. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli multispektral ve RGB görüntü | 34 |
| Şekil 4.13. Sulama sahasına ait 12.08.2017 tarihli multispektral görüntü | 35 |
| Şekil 4.14. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli multispektral görüntü | 36 |

| | |
|---|----|
| Şekil 4.15. Sulama sahasına ait 13.09.2017 tarihli multispektral görüntü | 37 |
| Şekil 4.16. Yonca ekili parselin sulaması gerçekleştirilirken alınmış bir görüntü | 38 |
| Şekil 4.17. Sulama sahasına ait 13.09.2017 tarihli multispektral görüntü | 39 |
| Şekil 4.18. Şekerpancarı ekili parselde yağmurlama lateral boru hattının taşınması sırasında alınmış bir görüntü..... | 40 |
| Şekil 4.19. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli multispektral görüntü | 41 |
| Şekil 4.20. Sulama sahasına ait 20.09.2017 tarihli multispektral görüntü | 42 |
| Şekil 4.21. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli termal görüntü (a)..... | 43 |
| Şekil 4.22. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli termal görüntü(b)..... | 44 |
| Şekil 4.23. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli termal görüntüler (c)..... | 44 |
| Şekil 4.24. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli termal görüntü | 45 |
| Şekil 4.25. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü | 46 |
| Şekil 4.26. Sulama sahasına ait 21.08.2017 tarihli termal görüntü | 47 |
| Şekil 4.27. Sulama sahasına ait 05.07.2017 tarihli termal görüntü | 48 |
| Şekil 4.28. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli termal görüntü | 50 |
| Şekil 4.29. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli termal görüntü | 51 |
| Şekil 4.30. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü | 52 |
| Şekil 4.31. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli termal görüntü | 53 |
| Şekil 4.32. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli termal görüntü | 54 |
| Şekil 4.33. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü | 55 |
| Şekil 4.34. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü | 56 |
| Şekil 4.35. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü | 57 |
| Şekil 4.36 Sulama sahasına ait. 12.07.2017 tarihli termal görüntü | 58 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|-----------------|---|
| C | : Kil |
| CBS | : Coğrafi bilgi sistemleri |
| CL | : Killi tın |
| cm | : santimetre |
| cm ³ | : santimetreküp |
| da | : dekar |
| g | : gram |
| HA | : Hacim ağırlığı |
| ha | : hektar |
| İHA | : İnsansız hava aracı |
| kg | : kilogram |
| km ² | : kilometre kare |
| KSTK | : Kullanılabilir su tutma kapasitesi |
| L | : Tın |
| m | : metre |
| mm | : milimetre |
| m ³ | : metreküp |
| n | : Güneşlenme süresi |
| NDVI | : Normalleştirilmiş bitki örtüsü indisi |
| NIR | : Yakın kızılötesi band |
| P | : Yağış |
| RED | : Kırmızı band |
| RH | : Oransal nem |

| | |
|-----|--------------------|
| SC | : Kumlu kil |
| SCL | : Kumlu killi tın |
| SN | : Solma noktası |
| T | : Sıcaklık |
| TK | : Tarla kapasitesi |
| % | : yüzde |
| °C | : santigrat derece |
| ° | : derece |
| ' | : dakika |

1. GİRİŞ

Sulama artan gıda ihtiyacının karşılanmasında kullanılan en etkili girdidir. Çiftçilerin etkin bir sulama yapabilmeleri için sulama yönetiminin sulama şebekesinde su dağıtım görevini en iyi şekilde gerçekleştirmesi gerekmektedir. Sulama şebekesinde etkin bir su dağıtım faaliyetinin yürütebilmesi sulama yönetiminin birincil görevidir. Sulama sahasının sürdürülebilirliği sulama yönetimini tek ekonomik kaynağı olan sulama ücretlerinin tam alınabilmesi ile mümkün olabilmektedir. Çünkü sulama ücretleri hem sulama yönetiminin personel girdileri hem de alt yapı bakım onarım hizmetlerinin gerçekleştirilmesinde temel kaynaktır. Ancak, Türkiye de sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi amacıyla bu kadar elzem olan su ücretleri, sulama yönetiminin sulanan alanları geleneksel yöntemle tam olarak saptayamaması nedeniyle gerektiği gibi toplanamamaktadır. Sadece Konya ilinde 140 000 ha arazinin kayıt dışı bir şekilde sulandığı bildirilmiştir (Anonim 2012).

Geleneksel yöntemle doğru saptanamayan kayıt dışı sulamalar nedeniyle, hem yeraltı ve yerüstü su kaynakları bilinçsizce kullanılarak tüketilmekte, ekosistem kirletilmekte ve sulu tarımda çevresel sorunlara neden olunurken eksik toplanan su ücretleri nedeniyle sulama yönetiminin güçsüzleşmesine neden olmaktadır (Tayem 2013).

Hassas tarım 1990'lı yıllardan sonra ticari olarak uygulanmasına rağmen, tarımda en önemli devrimlerden birisidir (Crookston 2006). Hassas tarım genellikle doğru yerde doğru yönetim uygulamaları ile sulama, gübreleme, ilaçlama, tohum, yakıt gibi girdilerin daha iyi yönetilmesidir (Mulla 2012). Hassas tarım ile tarla parselleri ayrıntılı incelenip, uygulamaların neticeleri belirlenerek tarımsal girdilerin yönetimini geliştirip bitkisel üretimini ve dolayısıyla çiftçi gelirini arttırmayı hedeflemektedir (Zang ve ark. 2002).

Gelişmiş ülkelerde, bitkisel üretimin farklı aşamalarında uzun zamandan beri kullanılan ileri teknoloji ürünleri ülkemizde hala tam anlamıyla kullanılmamaktadır. Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak İnsansız Hava Araçları (İHA)'nın sulama şebekelerinin araştırılmasında kullanımı büyük bir hızla artmaktadır. İHA'lar tarımsal alanlarda, bitki deseni, sulama zamanı planlanması, bitki su stresi, verim tahmini ve hastalıkların saptanması, çimlenme çıkış problemlerinin saptanması gibi çalışmalarda olduğu gibi kaçak sulamaların yüksek doğrulukta, kısa zamanda ve daha az işgücü ile tespit edilmesinde de kullanım olanağına sahiptir.

Bu çalışmada, sulu tarım alanlarında, sulama faaliyeti ve alt yapı olanaklarının izlenmesinde İHA ve görüntüleme sistemlerinin kullanım olanakları araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışma konusunda ilişkin kaynak araştırması sulu tarım, uzaktan algılama ve tarımsal uygulamaları, insansız hava araçları ve tarımsal uygulamaları ile coğrafi bilgi sistemleri olarak dört alt başlıkta toplanmıştır.

2.1. Sulu Tarım

Su insanların ve tüm canlıların en önemli yaşam kaynağıdır. Su eski çağlardan günümüze kadar medeniyetlerin kurulmasında ve yıkılmasında temel etmenlerden birisi olmuştur. Su kaynaklarına yakın olan ve su kaynaklarını daha etkin kullanan uygarlıklar diğer medeniyetlere göre daha hızlı gelişim göstermektedir (Uzun 2017).

Sulama, bitkinin ihtiyacı olan suyun doğal yağışlarla karşılanamayan kısmının bitki kök bölgesine verilmesidir. Bitkisel üretimde en önemli unsurlardan birisi sulamadır. Yıllık ortalama yağışın yeterli olduğu alanlarda, yağışın mevsimlere eşit dağılmaması kuru tarım alanlarında yüksek risk oluşturmaktadır. Sulama, tarımsal üretimin devamlılığının sağlanması için bir araç olurken pahalı girdilerin kuraklık ile yok olma riskini ortadan kaldırmaktadır (Çakmak 1999).

Dünya nüfusunun 2025’de 8 milyara ulaşacağı ve gıda ihtiyacının % 60 artacağı beklenmektedir. Nüfus artışına paralel olarak artan gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için tarımsal üretimin artırılması gerekmektedir. Dünyada tarımsal üretimin % 35’i sulanan alanlardan elde edilmekte, kullanılan suyun % 70’i de tarımsal üretim amacıyla kullanılmaktadır (Aküzüm ve ark. 1999).

Türkiye’nin yüzölçümü 78 milyon hektar (783.577 km²) olup, tarım arazileri bu alanın yaklaşık üçte biri yani 28 milyon hektar mertebesindedir. Yapılan etütlere göre ekonomik olarak sulanabilecek 8.5 milyon hektar alanın 2011 yılı sonu itibari ile toplam 5.61 milyon hektarı sulamaya açılmıştır. Bu miktarın 3.32 milyon hektarı DSİ tarafından inşa edilmiş modern sulama şebekesine sahiptir. 1.3 milyon hektarı mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü (KHGM) ve İl Özel İdareleri tarafından işletmeye açılmıştır. Ayrıca, yaklaşık 1 milyon hektar alanda halk sulaması yapılmaktadır. 2023 yılında ekonomik olarak sulanabilir 8.5 milyon hektar arazinin bugün itibarıyla sulanmayan 2.89 milyon hektarlık kısmının da DSI Genel Müdürlüğü tarafından işletmeye açılması hedeflenmiştir (Anonim 2019a).

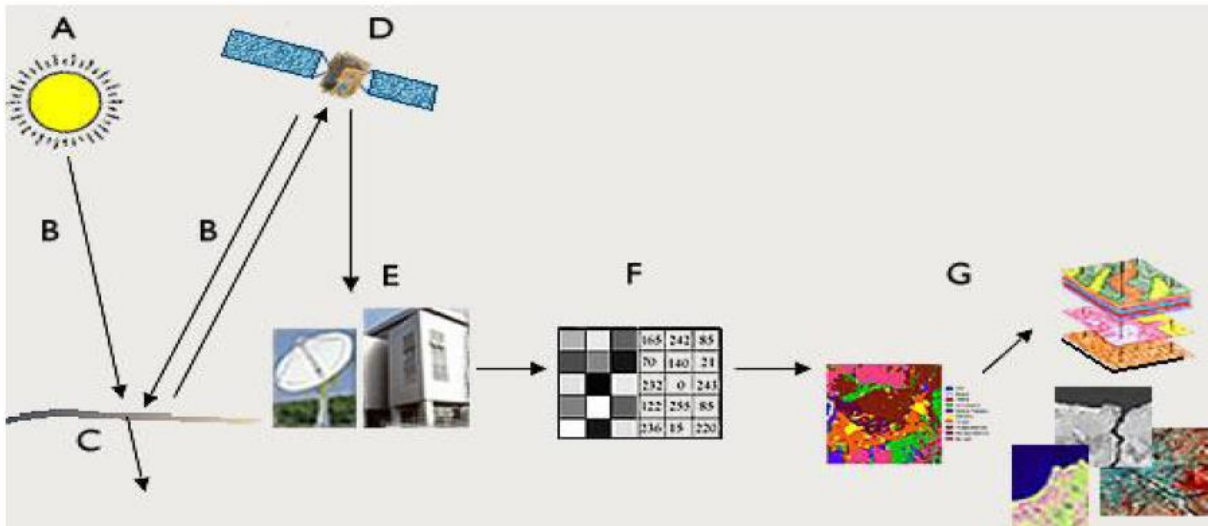
Sulama faaliyetlerinin izlenmesi ve değerlendirilmesine sahip olduğu yetenekler nedeniyle Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yaygın olarak yararlanılmaktadır.

2.2. Uzaktan Algılama ve Tarımsal Uygulamaları

Uzaktan algılama, yeryüzünden belirli uzaklıkta atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri sayesinde onlara dokunmaksızın yeryüzündeki nesnelere hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir (Sanver 2008).

Bilgileri sağlayan sistemler, dünya çevresine yerleştirilen pasif ve aktif özellikteki yer gözlem uydularıdır. Pasif uzaktan algılama uyduları, güneş ışığının yeryüzünden yansımaları sonucunda elde edilen büyük alanların görüntüsünü tek seferde, düzenli aralıklarla sayısal olarak kaydedip yer istasyonlarına iletirler. Aktif uzaktan algılama uyduları ise yeryüzüne elektromanyetik radyasyonun mikro dalga ışınlarını kendileri gönderip yansımalarını ölçen bir sistemle çalışır (Karakuş 2009).

Uzaktan algılama bileşenleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Ekercin 2010). Şekil 2.1’de, A- Enerji kaynağı, B- Işınım ve atmosfer, C- Hedef ile etkileşim, D- Algılayıcı tarafından kayıt, E- Verinin iletimi ve işlenmesi, F- Yorumlama ve analiz, G- Uygulama alanını tanımlanmaktadır.



Şekil 2.1. Uzaktan algılama bileşenleri

Uydu görüntüleri çok uzun yıllardan bu yana jeoloji, tarım, orman, denizcilik, meteoroloji gibi birçok alanda kullanım şansına sahip olmuştur (Malet ve Bogaard 2012, Hormigo ve Araujo (2013). Ancak uydunun görüntü aldığı noktaya tekrar gelebilmesi için yörüngesinde geçen süreye bağlı olarak genelde 1 ya da 2 haftalık sürelerin geçmesi gerekmektedir. Bu dönem içerisinde yeni bir görüntü alımı sağlanamamaktadır. Diğer yandan uydu görüntüsüne ait yersel çözünürlük arttıkça birim alan maliyeti hızla yükselmekte, düşük çözünürlük ise veri kalitesini bozmaktadır. Ayrıca, uydular meteorolojik koşullardan son derece etkilenmekte, özellikle bulutlu koşullarda kaliteli veri alımı sağlanamamaktadır (Thenkabail ve ark. 2000).

Uzaktan algılama insan yaşantısında farklı amaçlara hizmet eden ve uygulama alanlarında hızlı ve ekonomik alternatifler sunan bir bilim dalıdır (Jensen 1996). Dünyada gerçekleşen doğal ve insan kaynaklı çevresel değişimlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi için uzun yıllardır kullanılmaktadır (Collins ve Woodcock 1996, Dewidar 2004, Akbari ve ark. 2006). İzleme ve değerlendirme geleneksel yöntemlerle yapılabildiği gibi uydu teknolojilerinin kullanılmasıyla da gerçekleşmektedir (Musaoğlu ve ark. 2005, Torres-Vera ve ark. 2009, Huang ve ark. 2010, Larsson 2002, Redo 2012).

Geçmişte yeryüzüne ilişkin veriler arazi gözlemleri ile elde edilip, yazı ve harita ile sunulurdu. Günümüzde bilgisayar ve UA teknolojisinin gelişmesi ile verilerin elde edilmesi, işlenmesi ve değerlendirmesi oldukça kolaylaşmıştır (Aksoy ve ark. 2001).

Dinç ve ark. (1995), yaptığı çalışmada, UA tekniklerinden yararlanılarak Göksu Deltası arazi kullanım haritaları hazırlanmıştır. Zenginleştirme işlemi uygulanan Spot XS uydu görüntüleri kontrolsüz sınıflandırma metodu kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bu görüntüler ile arazi kontrolleri yapılmış ve mevcut durumu gösteren arazi kullanım haritası hazırlanmıştır.

Bahadır (2011) “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Acıgöl Havzası’nın Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi” adlı çalışmasında ülkemizde yarı kurak sahalarından ve önemli tuzlu sulak alanlarından birisi olan Acıgöl Havzası’nın sürdürülebilir kullanımı ve yönetimini incelemiştir. Çalışmada uzaktan algılama ile Acıgöl Havzası’nın doğal ortam kullanım değişimleri belirlenmiş ve istatistiksel yöntemlerden de havzadaki sayısal bulguların gelecek eğilimleri ve sorgulamaları gerçekleştirilmiştir.

2.3. İnsansız Hava Araçları (İHA) ve Tarımsal Uygulamaları

İnsansız hava araçları (İHA) hava akımı ve tahrik kuvvetlerinden faydalanarak uçabilen, otonom uçuş kabiliyetine sahip, yük veya silah taşıyabilen, otomatik veya uzaktan komuta sistemi ile kontrol edilebilen pilotsuz hava aracı olarak ifade edilir (Kök 2012)

İHA'lar insan müdahalesinin mümkün olmadığı, riskli, pahalı veya tehlikeli olabileceği birçok uygulamada, bireysel kullanıcılardan NASA'ya kadar farklı kurumlar tarafından kullanılmaktadır (Saripalli ve ark. 2003).

Tarım, çevresel ve ekonomik kaygılara karşılık olarak hızlı artan bilgi tabanlı bir endüstri olmaya başlamıştır. Gözlem verileri için gerekli ihtiyacın karşılanmasına yardım etmek için tarımsal yönetimde İHA'lar artarak rol oynamaktadırlar (Le Boeuf 2000). Uzaktan algılama sensörleri ile donatılmış İHA'lar düşük masraf ve yüksek performans sunmaktadırlar (Lelong ve ark. 2008). Günümüzde tüm olumsuz etkileri ortadan kaldırmaya yönelik olarak araştırmacılara sunduğu zamansal ve maddi tasarrufları sayesinde, insansız hava araçları ile yersel görüntüleme çalışmaları yürütülmeye başlanmıştır (Fukagawa ve ark. 2003).

İHA'lar çok farklı özelliklerine bağlı olarak değişik sınıflandırmalar yapılmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Büyüklük, irtifa, uçuş süresi ve faydalı yük kapasitesine göre: Micro-Mini-Küçük-Taktik-Operatif-Stratejik
- Faydalı yük türüne göre: Silahlı İHA'lar – Silahsız İHA'lar
- Yakıt türüne göre: İçten yanmalı motorlu – Elektrik motorlu İHA'lar
- Uçuş yöntemine göre: Sabit Kanatlı – Döner Kanatlı
- Komuta biçimine göre: Otomatik pilotlu – Uzaktan komutalı
- Kullanım amacına göre: Sahte/Hedef – Keşif Gözetleme – Atak/Saldırı – Lojistik destek
- Kalkış ve iniş yöntemine göre: Rampadan kalkan/fırlatılan – Pistten kalkan – Uçaktan bırakılan – elle fırlatılan – gövde üzerine iniş yapan – paraşütle iniş yapan (Akyürek 2012, Kök 2012, Dikmen 2015).

İnsansız hava araçlarının kullanım alanı çok geniş olmakla birlikte genel anlamda sivil ve askeri amaçlı olarak iki ayrı kategoride incelenebilir. Sivil amaçlı uygulamaları şu şekilde özetlemek mümkündür (Austin 2011).

- Havadan haritalama alışmaları
- Tarımsal uygulamalar
- Sahil koruma
- evre koruma
- Gümrük ve Vergilendirme
- Enerji sektörü
- Yangın tespiti ve ormancılık faaliyetleri
- Balıkçılık
- Madencilik ve Arkeoloji alışmalar
- Hava durumu tahmini
- Trafik kontrol
- Acil durumlar, arama – kurtarma, yangınla mücadele, afet yönetimi
- Boru hatlarının, su kaynaklarının izlenmesi, su seviyesi değişimlerinin tespiti, su kirliliği tespiti vb.

İHA uçuş yüksekliğini düşürerek diğer hava platformlarına göre yüksek znrlkl görüntü sağlayan motorlu veya kanatlı tipte hava araçlarıdır (Turner ve ark. 2012).

Hassas tarım uygulamalarında İHA'ların kullanılması, İHA teknolojileri ve bu cihazlara takılacak kameraların hafiflemesi ve gelişmesi ile ivme kazanmıştır. Yüksek meknsal ve zamansal znrlğ daha elverişli hale getiren İHA teknolojisi yüksek znrlk ihtiyacı gerektiren tarımsal uygulamalar için avantaj sağlamaktadır (Zhang ve Kovacs 2012, Matese ve ark. 2015).

İHA'lar ile tarımsal çalışmalarda son yıllarda çok büyük gelişmeler yaşanmış olup bugüne kadar çok farklı bitkiler ile çalışmalar yürütülmüştür. Mısır bitkisinde (Hunt ve ark. 2005), bağ (Baluja ve ark. 2012), turunçgil (Zarco-Tejada ve ark. 2012, Garcı'a-Ruiz ve ark. 2013), kahve ağacı (Herwitz ve ark. 2004), mera alanlarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde (Rango ve ark. 2009, Laliberte ve ark. 2009, Laliberte ve ark. 2010) İHA'lar ile çalışmalar yürütülmüştür. Anderson ve Gaston (2013) yaptıkları çalışmada, İHA kullanılarak multispektral kamera görüntüleri ile bitki türlerini saptamaya çalışmışlardır.

Uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen yaprak veya ta sıcaklığı, bitki su tüketimi ile doğrudan ilişkilidir. Bitkilerde su stresine bağlı olarak terleme azalmakta, stomalar kapanmakta ve böylece bitki sıcaklıkları da artış göstermektedir. Bu nedenle, ta sıcaklığının

belirlenmesi ve su stresinin izlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabilir (Jackson 1982, Jones ve ark. 2002). Termal kameralar, su içeriği ve bitki su stresinin saptanmasında (Berni ve ark. 2009a, Baluja ve ark. 2012, Zarco-Tejada ve ark. 2012), sulama zamanı planlaması (Bellvert ve ark. 2016) çalışmalarında kullanılmıştır.

Multispektral görüntüleme ile bitki canlılığı kontrol edilebilmekte bitkinin içinde bulunduğu stres durumu saptanabilmektedir. Bu tür çalışmalarda, İHA'lar üzerine monte edilen multispektral kameralar ile kırmızı, yeşil, yakın infrared ve kırmızı kenarı (red edge) bantlarından alınan veriler, farklı algoritmalar kullanılarak elde edilen bitki indislerine çevrilmekte ve bu indisler vasıtası ile bitki sağlığı ve stresi kolayca saptanabilmektedir. Uzaktan algılama çalışmalarında en yaygın kullanılan bitki indisleri NDVI'dır (Rouse ve ark. 1973). Bitki fenolojik gelişimi incelenirken kullanılan bitki indislerinin başında NDVI gelmektedir. En yaygın kullanımı, bitki su stresi, bitki sağlık durumu, bitki metabolik işlemlerinin tahmininde ve biokütle ile bitki veriminin belirlenmesidir (Zarco Tejada ve ark. 2012, Berni ve ark. 2009a). Barnes ve ark. (2000), Siegmann ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarda NDVI gibi birçok bitki indeksinin farklı kombinasyonlarını kullanarak bitki aktivitelerini izlemişlerdir.

Berni ve ark. (2009a) multispektral kamera ile bitkisel gelişimi incelemişlerdir. Garcia-Ruiz ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, turunçgillerde hastalık ve sağlık durumlarını incelemek üzere İHA'lardan yararlanmışlardır. Todd ve Hoffer (1998), NDVI indeksleri ile toprak tekstürü ve bitki kaplı alanda toprak su içeriğinin saptanmasına yönelik çalışmalar yürütmüştür. Huang ve ark. (2010)'da multispektral kamera kullanılarak tarımsal üretim yönetiminde destek mekanizması kurmaya çalışmışlardır. Moran ve ark. (1994) NDVI kullanılarak nispi su statüsünü saptamaya çalışmışlardır.

Guo ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, İHA'ların hassas tarım uygulamalarında kullanılabilirliği üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada bitki statüsünün haritalanmasında İHA görüntülerinin uydu görüntülerine göre çok başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

CBS'nin daha önceki ismi olan *Coğrafi Bilgi Bilimi*, ilk olarak 1992 yılında tanımlanmıştır ve 1995'te uyarlanarak *Coğrafi Bilgi Sistemleri* adını almıştır (Goodchild 2009). CBS, karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin toplanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan, donanım, yazılım personel ve yöntemler sistemidir (Burrough 1998, Çay ve ark. 2007).

CBS'yi meydana getiren unsurlar; farklı özelliklerdeki veriler, verilerin saklanacağı ve yazılımların kullanılacağı donanım sistemi, analizlerin yapılacağı yazılım, sistemin kullanacak ve yorumlayacak kullanıcı ve en önemlisi işlemlerin yapılmasında uygulanacak yöntemdir. Veriler, arazi gözlemlerinden elde edilebilmektedir. Ayrıca doğrudan kâğıt formattaki haritalardan bilgisayar ortamına aktarılması ile de oluşturulabilir (Yomralıoğlu 2003).

CBS, sadece çoğu akımı ve değişen karakteristikleri yansıtacak veri güncellemeyi kolaylaştırmaz aynı zamanda genelleştirilmiş uygulamalar için tarımsal haritalama bilgisinin güçlü araçlarına da sahip olmayı mümkün kılar. Son zamanlarda pek çok coğrafi bilgi sistemi, özellikle, doğal kaynakların analizi ve yönetimi için tasarlanmış ve uygulamaya alınmıştır. Bu sistemlerin tümü, çevresel olarak hassas alanların değerlendirilmesi, koruma çabalarının yürütülmesi ve ayrıca kazanım, korunum ve gelişim için alternatif planların üretilmesinde geleneksel yöntemlerden tümüyle daha etkin ve faydalı olduklarını kanıtlamıştır. CBS'nin kaynak yönetimindeki bu başarısı, genel olarak belirli bir uygulama spektrumundaki geliştirilebilirliği ve uyumluluğunu gösterir niteliktedir (Lai 1990).

Konukçu (2007), CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin sulama yönetiminde kullanılma olanaklarını incelemiştir. Çalışma alanında yetişen bitki çeşitliliğini uzaktan algılama yöntemiyle belirledikten sonra, yetişme periyodunda bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarlarını CBS kullanarak haritalamış ve uygun sulama programı oluşturmaya çalışmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

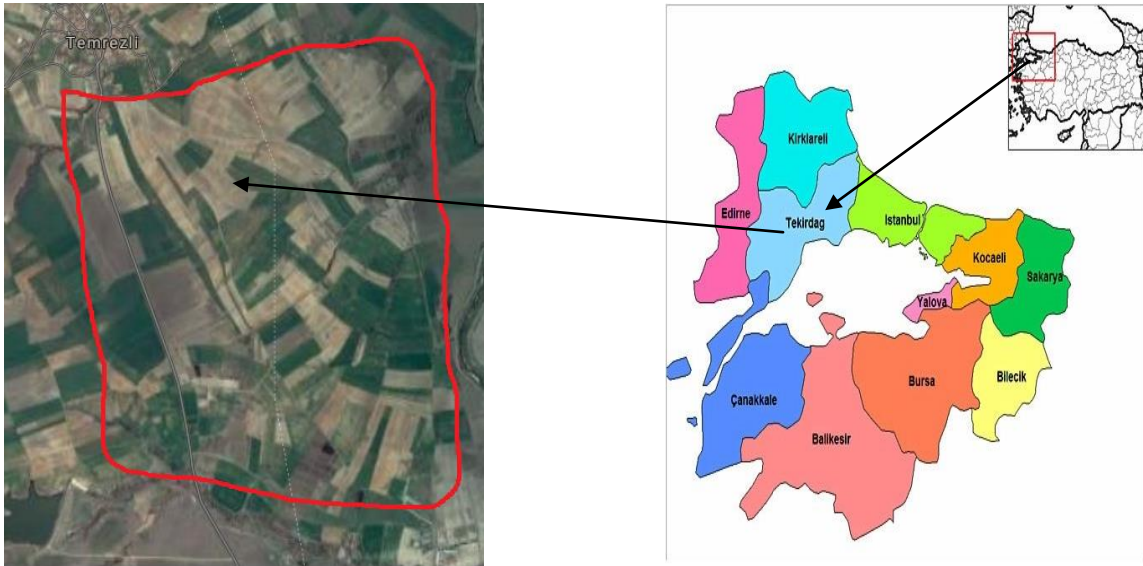
3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı kapsamında, Tekirdağ ili ve Hayrabolu ilçesinde yer alan $41^{\circ} 17'$ kuzey paralelleri ve $27^{\circ} 04'$ doğu meridyeni üzerinde bulunan Temrezli köyü sulama sahasıdır (Şekil 3.1). Temrezli sulama sahası yaklaşık 211 ha alana sahiptir.

3.1.2. Çalışma alanının iklim özellikleri

Çalışma alanının iklim özelliği Akdeniz ve kara ikliminin bir karışımıdır. Sahil kesimlerinde deniz etkisiyle Akdeniz iklimi yaşanırken, iç kısımlarda karasal iklim kendini gösterir. Çalışma alanına ait uzun dönem iklim özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim 2019c). Yıllık Ortalama Sıcaklığı 13.8°C ve yıllık Ortalama Yağış miktarı 583 mm'dir. Nüfus Yoğunluğu 122 kişi/ km^2 olup, Türkiye'nin en hızlı sanayileşen ilidir ve bunla beraber Tekirdağ nüfus artış hızında ikinci sıradadır (Sertel ve ark. 2011).



Şekil 3.1. Çalışma sahası (Anonim 2019b)

Çizelge 3.1. Proje alanının uzun yıllık iklim özellikleri (1939-2018) (Anonim 2019c)

| İklim parametreleri | Aylar | | | | | | | | | | | | Yıllık |
|------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | |
| T _{ort.} (°C) | 4.7 | 5.4 | 7.3 | 11.8 | 16.8 | 21.3 | 23.8 | 23.8 | 20.0 | 15.4 | 11.0 | 7.1 | 14.0 |
| T _{mak.} (°C) | 8.0 | 8.9 | 11.0 | 15.8 | 20.6 | 25.3 | 28.0 | 28.2 | 24.4 | 19.5 | 14.7 | 10.3 | 17.9 |
| T _{min.} (°C) | 1.9 | 2.4 | 4.1 | 8.1 | 12.7 | 16.6 | 19.0 | 19.3 | 16.0 | 12.0 | 8.1 | 4.2 | 10.4 |
| N (h) | 2.7 | 3.3 | 4.2 | 5.8 | 7.6 | 8.9 | 9.8 | 8.9 | 7.3 | 4.8 | 3.3 | 2.5 | 69.1 |
| P (mm) | 68.9 | 54.6 | 54.7 | 40.5 | 36.5 | 38.3 | 23.7 | 13.1 | 33.4 | 62.2 | 75.0 | 82.0 | 582.9 |
| RH (%) | 81 | 79 | 77 | 74 | 74 | 70 | 66 | 66 | 71 | 76 | 81 | 82 | 75 |

3.1.3. Çalışma alanının bitki örtüsü

Tekirdağ'ın bitki örtüsü Marmara Denizi kıyısında makilik, dağlık alanlarda ormanlık, diğer yerlerde ise step özelliğidir. Bitki deseni içerisinde buğday, ayçiçeği, çeltik, mısır, yonca yer almaktadır.

3.1.4. Çalışma alanına ait su kaynakları

Çalışma sahasının başlıca yerüstü su kaynağı Temrezli Göleti ve Karaidemir (Poğaca) Deresi ve ona bağlı olan kollarıdır. Karaidemir Barajının toplam depolama hacmi $111,6 \times 10^6$ m³'tür (Anonim 1969).

3.1.5. Uzaktan algılama platformu

Çalışma sırasında uzaktan algılama platformu olarak DJI Matrice 600 Pro model bir İHA kullanılmıştır. DJI Matrice 600 Pro'ya ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir (DJI 2019a).

3.1.6. Görüntüleme sistemleri

Araştırma alanın görüntülenmesinde multispektral ve termal olmak üzere iki farklı kamera sistemi kullanılmıştır. Bu kameralardan ilki Parrot Sequoia'ye ait multispektral kameradır. Diğeri ise Flir firmasına ait DJI Matrice 600 Pro ile uyumlu radyometrik ölçüm yapabilen Zenmuse XT 640x512 R model kameradır.

Çizelge 3.2. DJI Matrice 600 Pro teknik özellikleri

| | |
|---------------|-----------------|
| Ağırlık | 10kg |
| Batarya | 4500 mAh LiPo |
| Ebat | 61 cm – 70 cm |
| GPS Modu | GPS var |
| Maksimum Hız | 45km/h – 65km/h |
| Uçuş Mesafesi | 6500m – 7000m |
| Uçuş Süresi | 31-35 Dakika |

3.1.6.1. Multispektral görüntüleme sistemi

Sahip olduğu farklı bandlar sayesinde multispektral kameralar azot ihtiyacı, pestisit durumu, su açığı, bitki verim tahmini veya bitki sınıflandırması gibi çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yerdelen ve ark. 2008, Aparicio, ve ark. 2000, Royo ve ark. 2003). Araştırmada kullanılan Parrot Sequoia model multispektral kameraya ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.3' te verilmiştir (Parrot 2019).

Araştırmada kullanılan multispektral kamera yeşil, kırmızı, kırmızı kenarı ve yakın kızılötesi ışın olmak üzere 4 farklı dalga boyundan gelen enerjiyi işleyebilmektedir. Ayrıca, Parrot Sequoia multispektral kamera 16 MP çözünürlükte RGB görüntü alabilmektedir. RGB görüntü görsel yorumlama ile sulu tarım yapılan alanların belirlenmesinde kullanılmıştır (Bégué ve ark. 2015, Tempfli ve ark. 2009). Parrot Sequoia güneş sensörü ile güneşten gelen ışık miktarına göre kameranın görüntü ayarlarını otomatik olarak sağlamaktadır (Parrot 2019). Diğer yandan, kamera yer kontrol birimi ile kablosuz bağlantı kurulabilecek özelliktedir. Çalışma sırasında Parrot Sequoia model kamera İHA gövdesine uygun bir gimbal olmaması nedeniyle direkt İHA gövdesine monte edilmiştir (Şekil 3.2).

Çizelge 3.3. Parrot Sequoia multispektral kamera teknik özellikleri

| | |
|------------|---|
| Ağırlık | 72 Gram |
| Hafıza | 64 GB |
| Algılayıcı | 4 Spektral |
| Band | Yeşil, Kırmızı, Kırmızı Kenar, Kızılötesi |
| Kamera | 16 MP |
| Çözünürlük | 4608x3456 |



Şekil 3.2. Parrot Sequoia multispektral kamera görüntüsü

3.1.6.2. Termal görüntüleme sistemi

Araştırmada kullanılan ikinci kamera, Flir marka olup DJI Matrice 600 Pro ile tam uyumlu Zenmuse XT 640x512 Radyometrik modeli termal kameradır (Şekil 3.3). Bu kamera ile bitki ve toprak sıcaklık farkları gözlenerek toprak nem durumu ve bitki stres koşulları incelenmiştir. Araştırmada kullanılan Zenmuse XT Termal kameranın bazı özellikleri Çizelge 3.4’te verilmiştir (DJI 2019b). DJI Zenmus XT’deki kamera FLIR ve DJI tarafından ortaklaşa geliştirilmiştir. Kamera modeline bağlı olarak 640/30 fps veya 336/60 fps’de yüksek hassasiyetli (50mK) kızılötesi tarama sağlar. Bu hassasiyet, analitik ve telemetri için ideal doğru sıcaklık ölçümleri sağlar. Her iki kamerada farklı iş ihtiyaçlarını karşılamak için dört lens seçeneği ile kullanılabilir. Özel bir DJI gimbal ile kontrol edilen, düzgün, net görüntüler ve 360 derece kesintisiz dönme hareketi sağlamaktadır (DJI 2019b).

Çizelge 3.4. Zenmuse XT termal kameranın özellikleri

| | |
|--|---|
| Termal Görüntüleme | Soğutmasız VOx Mikrobolometrer |
| FPA / Dijital Video Görüntü Formatları | 640×512 |
| Pixel Pitch | 17 µm |
| Tam Kare Hızları | 30 Hz (NTSC)/25 Hz (PAL) |
| Export Edilebilir Kare Hızları | <9Hz |
| Duyarlılık (NEdT) | <50 mK at f/1.0 |
| Fotoğraf Formatları | Radyometrik JPEG (8 bit) / JPEG (8 bit) / TIFF (14 bit) |
| Video Formatı | MP4 |
| Dijital yakınlaştırma | 2x, 4x, 8x |
| Lens Seçenekleri | 7.5mm, 9mm, 13mm, 19mm |



Şekil 3.3. Zenmuse XT termal kamera görüntüsü

3.2. Yöntem

3.2.1. Çalışma alanının topografya ve toprak özelliklerinin belirlenmesi

Araştırma alanına ait toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 26 noktadan 0-90 cm için alınan örnekler Ankara DSİ Merkez Laboratuvarlarında test edilmiştir. Test sırasında örneklere ait birim hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası, kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri ile bünye sınıfları belirlenmiştir (Benami ve Diskin 1965, Klute ve Dirksen 1986).

Çalışma sırasında, termal görüntüler ile sıcaklığa bağlı nem değişiminin kıyaslanabilmesi amacıyla bitki kök bölgesindeki toprak nem değerleri, İHA görüntü alımı sırasında eş zamanlı ölçülmüştür. Toprak nem değerleri çalışma sahasında yetiştirilen bitkilerin kök yapısına uygun olarak (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) derinlikler için incelenmiştir (Şekil 3.4). Gravimetrik yöntemle, ölçüm yapılan parsel içerisinde toprak nem değerleri'nin değişimin görülebilmesi amacıyla iki farklı noktadan gerçekleştirilmiştir. Kuru

ağırlık cinsinden toprak nem değeri aşağıdaki formül yardımı ile belirlenmektedir (Öner 2003).

$$W = \frac{W_y - W_k}{W_k} * 100$$

Eşitlikte;

W : % cinsinden toprak nemini ifade etmektedir.

W_y : yaş toprak örneğinin ağırlığı, g

W_k : kuru toprak ağırlığı, g

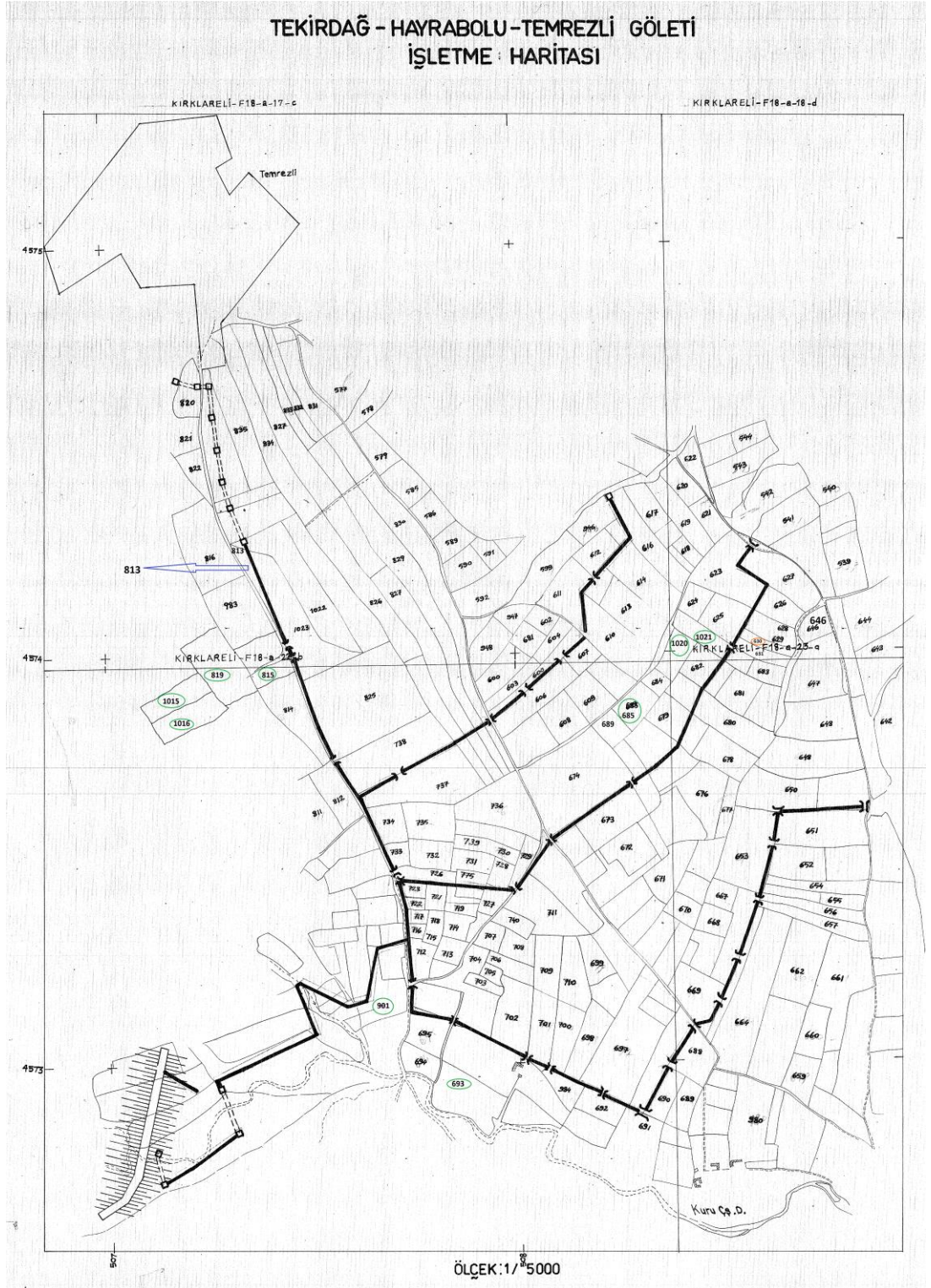


Şekil 3.4. Gravimetrik yöntemle toprak nem örneklerinin alınmasına ait görüntü

3.2.2. Temrezli sulama sahası işletme haritasının CBS ortamına aktarılması

Temrezli sulama sahasına ait 1/5000'lik işletme haritası DSİ XI. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiş ve tarayıcıda taranan görüntü, ArcGIS Desktop 10.1 programına aktarılmıştır (Şekil 3.5). Taranan görüntünün sayısallaştırılması amacıyla ArcCatalog modülü üzerinde Temrezli Sulama sahasında ait Feature Class dosya

oluşturulmuştur. Oluşturulan Feature Class üzerine daha önce yüklenen vaziyet planı aktararak ArcEditor modülü vasıtasıyla sayısallaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir (v. 10.2 Esri Inc., Redlands, ABD). Oluşturulan katmana ait öznitelik tablosuna parsel numaraları Ms Excel dosyasından join işlemi ile aktarılarak dosya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.5. Temrezli sulama sahası işletme haritası

3.2.3. Uçuş planının oluşturulması

Uçuş planları Drone Deploy yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Drone Deploy Wi-fi üzerinden DJI Matrice 600 Pro'ya bağlanarak İHA'nın temel özelliklerini yönetme yeteneğine sahiptir. Buna göre, seçilen çalışma alanı için uçuş süresi, uçuş yüksekliğine, örtüşme miktarına ve uçuş hızına bağlı olarak otomatik olarak hesaplanmaktadır. Araştırma alanı, uçuş emniyetini dikkate alarak ve alanın büyük olmasından dolayı 5 uçuş bölgesine ayrılmıştır. Görüntü alımı Mayıs 2017-Ekim 2017 tarihleri arasında, yerden 75 m yükseklikten saat 10:00-15:00 arasında planlanmıştır.

Görüntüler uçuş yönünde ve buna dik yönde % 75 örtüşme sağlayacak şekilde 1 sn aralıklı gerçekleştirilmiştir. Kameranın aldığı görüntüler sahip olduğu 32 GB kapasiteli SD karta veya 64 GB kapasiteli dâhili hard diske kayıt edilmektedir.

3.2.4. Bitki sınıflandırması

Belirli segmentlere ayrılan görüntülerde aynı karakteristik özelliğe ya da yakın yansıma değerlerine sahip piksellerin belirli modeller yardımıyla tespit edilerek gruplandırma işlemine sınıflandırma denmektedir (Jähne 2005). Görüntü sınıflama, verilerin anlamlı hale getirilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Bahadır 2007). Görüntü sınıflandırma yapabilmek için, objelerin birbirinden ayırt edilmesi veya belirlenmesinde, algılayıcılar tarafından kaydedilen ve objelerin sahip olduğu yapısal özelliklere bağlı olarak farklılık gösteren yansıma veya yayılma değerleri kullanılmaktadır (Çölkesen 2015).

Görsel yorumlama, bitki desenlerini ayırt etmek ve karakterize etmek için en doğru yöntem olmaya devam etmektedir (Bégué ve ark. 2015). Küçük çalışma alanı ve İHA yardımı ile alınan görüntülerin yüksek çözünürlükte (2.3 cm/piksel) olması nedeniyle, çalışma alanına ait ürün sınıflandırması görsel yorumlama ile yapılmıştır (Tempfli ve ark. 2009).

Bitki fenolojik gelişimi incelenirken kullanılan bitki indislerinin başında NDVI gelmektedir. NDVI kırmızı ve yakın infrared spektral bantlarından yansıma değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. NDVI -1 ile +1 arasında değerler almakta olup -1 ile 0 arası bitki olmayan bölgeleri ifade eder. Bu bölgelerde kırmızı band değerleri yakın infrared band değerlerinden daha büyük değere sahiptir. Toprak alanlarda ise 0 değerine yakın bölgelerde yer almaktadır. Bitki ise 0.1 ile 1 arasında değer alırken bitki yoğunluğu arttıkça NDVI değeri

de artmaktadır. Çalışma sırasında kullanılan NDVI indisi aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Rouse ve ark. 1973, Gitelson ve Merzlyak 1996, Fitzgerald ve ark. 2010).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

NDVI = Normalleştirilmiş bitki örtüsü indeksi

NIR = Yakın kızılötesi band

RED = Kırmızı band değerlerini göstermektedir

3.3.5. Sulu tarım alanlarının belirlenmesi

Sulama sahası içerisinde sulu tarım alanlarının belirlenmesinde iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki multispektral kamera kullanılarak bir değeri ise termal kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının saptanması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.3.5.1. Multispektral kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesi

Görüntü işlemenin ilk aşaması ortomosaik görüntülerin oluşturma sırasında kullanılacak görüntülerin seçilmesidir (Grace ve ark. 2017). İHA ile alınan multispektral görüntülerden ortomosaik görüntünün oluşturması için Erdas Imagine UAV yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım İHA görüntülerin işlenmesi için özel olarak geliştirilmiş bir görüntü işleme programıdır. Program bulut, kafes, doku, dem ve ortomosaik görüntü oluşturma vb. tüm fotogrametrik işlemleri yapabilmektedir (Kaimaris ve ark. 2017).

Bitki örtüsü, bitki paterni, arazi kullanımı gibi sınıflandırma işlemlerinde farklı sınıflandırma metodları kullanılmaktadır. Sınıflandırmada kullanılan görüntünün özelliklerine göre görüntüler kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemine tabi tutulmaktadır (Jensen 2005, Lillesand ve ark. 2004). Ancak, İHA ile alınan görüntülerde yersel ve zamansal çözünürlüğün yüksek olması nedeniyle sınıflandırmada yüksek doğruluğa sahip olunması adına görsel sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

3.3.5.2. Termal kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesi

Daha önce belirtildiği gibi çalışma alanı 5 bölgeye ayrılmıştı. Bu yüzden, uçuş saati farklılık göstermesinden dolayı her bir uçuş bölgesi kendi içerisinde değerlendirildi. Her defasında yaklaşık 600-1000 adet görüntü üzerinde çalışıldı.

Termal kamera ile alınan görüntüler multispektral görüntülerden farklı olarak bir ön işleme tabi tutulduktan sonra ortomosaik görüntüler elde edilmiştir. Öncelikle, termal görüntü işlenirken R-JPEG formatında elde edilen görüntüler ortomosaik görüntü elde edilmeden önce sıcaklık verisinin işlenebilmesi amacıyla, Flir firmasına ait ResearchIR Max 4 programı ile 32 bit floating TIFF formatına aktarıldı. Aktarılan her bir görüntü ismi ACD See görüntü programında 001-999 formatında tekrar isimlendirildi. Dos işletim sistemi üzerinde her bir uçuş bölgesinden elde edilen orijinal R-JPEG görüntüler üzerindeki veri exiftool ile yeni oluşturulan TIFF görüntü üzerine aktarıldı. Bu işlemten sonra elde edilen Termal görüntüler multispektral görüntüler ile benzer yöntemle Erdas Imagine UAV programında işlenerek UTM WGS 84 koordinat sisteminde ortomosaik görüntüler oluşturulmuştur.

Oluşturulan görüntüler ArcGIS programında daha önce oluşturulan parsel bilgi sistemi üzerine aktarılmıştır. Sulanan alanların belirlenmesinde sezon başında daha çok çıplak toprak üzerindeki sulama nedeniyle meydana gelen sıcaklık farklılıklarından yararlanılmıştır. İlerleyen dönemlerde bitki vejetatif gelişmelerini devam ettirmeleri nedeniyle toprak üstü örtülmüştür. Su stresi altında kalan bitkiler terleme faaliyetlerini kısıtlamakta hatta su kısıtına göre durdurmaktadırlar. Bu durum bitki yaprak ve taç sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Taç ve atmosfer sıcaklıklarının izlenmesi bitki stres ve sulama çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle ilerleyen dönemlerde bitki taç sıcaklığı farklılıklarından sulama yapılan parseller belirlenmeye çalışılmıştır (Gençoğlan ve Yazar 1999, Akkuzu ve ark. 2010, Köksal ve ark. 2010, Moran ve ark. 1994, Walker ve Hatfield 1979, Alves ve Pereira 2000).

Ayrıca, İHA üzerinde termal kamera ile elde edilen görüntülerde yüksek çözünürlük elde edilmesi nedeniyle bu görüntüler üzerinde de hem görsel yorumlama ile hem de sıcaklık farklarından yararlanılarak sulama yapılan parseller, sulama boruları, sulama boru ve kanal sızma kayıplarının meydana geldiği bölgeler saptanabilmiştir (Thomson ve ark. 2012).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanının Toprak Örneklerine İlişkin Sonuçlar

Çalışma alanına ait toprak özelliklerinin saptanması amacıyla alanın toprak örneklerinde bünye, tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı ve kullanılabilir su tutma kapasiteleri (KSTK) belirlenmiştir. Sulama sahasında 26 noktadan alınan örneklere ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma alanına ait toprak analiz sonuçları

| Profil No. | Derinlik (cm) | Bünye | TK (%) | SN (%) | HA (g/cm ³) | KSTK (mm) |
|------------|---------------|-------|--------|--------|-------------------------|-----------|
| 1 | 0-30 | CL | 24,71 | 11,61 | 1,39 | 54,8 |
| | 30-60 | C | 35,16 | 17,13 | 1,23 | 66,8 |
| | 60-90 | C | 33,3 | 16,18 | 1,35 | 69,2 |
| | 0-90 | C | 93,17 | 44,92 | 3,97 | 190,8 |
| 2 | 0-30 | L | 20,68 | 9,41 | 1,37 | 46,5 |
| | 30-60 | C | 34,3 | 17,63 | 1,33 | 66,7 |
| | 60-90 | C | 35,84 | 16,12 | 1,2 | 71 |
| | 0-90 | C | 90,82 | 43,16 | 3,9 | 184,2 |
| 3 | 0-30 | L | 17,92 | 7,65 | 1,3 | 40,1 |
| | 30-60 | L | 19,9 | 10,07 | 1,43 | 42,3 |
| | 60-90 | CL | 27,74 | 13,68 | 1,38 | 58,3 |
| | 0-90 | L | 65,56 | 31,4 | 4,11 | 140,7 |
| 4 | 0-30 | SCL | 23,44 | 10,85 | 1,34 | 50,6 |
| | 30-60 | CL | 29,48 | 15,73 | 1,46 | 60,2 |
| | 60-90 | CL | 29,14 | 15,03 | 1,46 | 61,8 |
| | 0-90 | CL | 82,06 | 41,61 | 4,26 | 172,6 |
| 5 | 0-30 | CL | 34,09 | 19,06 | 1,42 | 64,1 |
| | 30-60 | CL | 34,09 | 19,06 | 1,42 | 64,1 |
| | 60-90 | CL | 31,06 | 15,66 | 1,41 | 65 |
| | 0-90 | C | 99,24 | 53,78 | 4,25 | 193,2 |
| 6 | 0-30 | L | 20,82 | 10,08 | 1,52 | 49 |
| | 30-60 | L | 20,82 | 10,08 | 1,52 | 49 |
| | 60-90 | CL | 28,71 | 15,92 | 1,47 | 56,3 |
| | 0-90 | L | 70,35 | 36,08 | 4,51 | 154,3 |
| 7 | 0-30 | L | 21,53 | 10,84 | 1,5 | 48,1 |
| | 30-60 | CL | 33,19 | 19,02 | 1,42 | 60,3 |
| | 60-90 | CL | 31,33 | 16,21 | 1,4 | 63,5 |
| | 0-90 | SC | 86,05 | 46,07 | 4,32 | 171,9 |

Çizelge 4.1. Çalışma alanına ait toprak analiz sonuçları (Devamı)

| Profil No. | Derinlik (cm) | Bünye | TK (%) | SN (%) | HA (g/cm ³) | KSTK (mm) |
|------------|---------------|-------|--------|--------|-------------------------|-----------|
| 8 | 0-30 | SCL | 21,35 | 9,44 | 1,39 | 49,7 |
| | 30-60 | CL | 27,79 | 13,56 | 1,31 | 56 |
| | 60-90 | C | 33,8 | 17,36 | 1,39 | 68,7 |
| | 0-90 | CL | 82,94 | 40,36 | 4,09 | 174,4 |
| 9 | 0-30 | L | 24,29 | 13,19 | 1,47 | 48,9 |
| | 30-60 | C | 33,84 | 18,98 | 1,43 | 63,8 |
| | 60-90 | C | 34,54 | 18,98 | 1,39 | 64,9 |
| | 0-90 | CL | 92,67 | 51,15 | 4,29 | 177,6 |
| 10 | 0-30 | C | 34,6 | 19,64 | 1,41 | 63,1 |
| | 30-60 | C | 34,6 | 19,64 | 1,41 | 63,1 |
| | 60-90 | C | 34,96 | 20,46 | 1,41 | 61,5 |
| | 0-90 | C | 104,16 | 59,74 | 4,23 | 187,7 |
| 11 | 0-30 | SCL | 18,06 | 8,72 | 1,41 | 39,5 |
| | 30-60 | CL | 30,15 | 13,01 | 1,22 | 62,6 |
| | 60-90 | C | 30,03 | 14,57 | 1,32 | 61 |
| | 0-90 | CL | 78,24 | 36,3 | 3,95 | 163,1 |
| 12 | 0-30 | SCL | 24,95 | 12,05 | 1,32 | 50,9 |
| | 30-60 | C | 33,56 | 18,2 | 1,4 | 64,3 |
| | 60-90 | C | 30,27 | 14,44 | 1,37 | 65,2 |
| | 0-90 | CL | 88,78 | 44,69 | 4,09 | 180,4 |
| 13 | 0-30 | SCL | 24,79 | 13,39 | 1,43 | 49,1 |
| | 30-60 | CL | 28,51 | 16,11 | 1,46 | 54,3 |
| | 60-90 | C | 35,45 | 18,67 | 1,37 | 69 |
| | 0-90 | SC | 88,75 | 48,17 | 4,26 | 172,4 |
| 14 | 0-30 | CL | 27,68 | 15,43 | 1,39 | 51 |
| | 30-60 | C | 34,66 | 19,45 | 1,42 | 64,7 |
| | 60-90 | C | 32,17 | 15,75 | 1,34 | 66,1 |
| | 0-90 | C | 94,51 | 50,63 | 4,15 | 181,8 |
| 15 | 0-30 | C | 37,12 | 19,85 | 1,39 | 72,2 |
| | 30-60 | C | 37,12 | 19,85 | 1,39 | 72,2 |
| | 60-90 | C | 35,23 | 17,69 | 1,35 | 70,8 |
| | 0-90 | | 109,47 | 57,39 | 4,13 | 215,2 |
| 16 | 0-30 | CL | 29,84 | 12,47 | 1,24 | 64,6 |
| | 30-60 | C | 36,24 | 18,94 | 1,35 | 70,1 |
| | 60-90 | C | 37,63 | 19,52 | 1,32 | 71,8 |
| | 0-90 | C | 103,71 | 50,93 | 3,91 | 206,5 |

Çizelge 4.1. Çalışma alanına ait toprak analiz sonuçları (Devamı)

| Profil No. | Derinlik (cm) | Bünye | TK (%) | SN (%) | HA (g/cm ³) | KSTK (mm) |
|------------|---------------|-------|--------|--------|-------------------------|-----------|
| 17 | 0-30 | SC | 29,05 | 12,75 | 1,21 | 59,1 |
| | 30-60 | SC | 31,72 | 15,17 | 1,27 | 62,8 |
| | 60-90 | SC | 29,99 | 15,39 | 1,43 | 62,5 |
| | 0-90 | SC | 90,76 | 43,31 | 3,91 | 184,4 |
| 18 | 0-30 | SCL | 24,72 | 11,39 | 1,28 | 51 |
| | 30-60 | SCL | 28,16 | 13,58 | 1,26 | 55,1 |
| | 60-90 | SCL | 28,16 | 13,58 | 1,26 | 55,1 |
| | 0-90 | CL | 81,04 | 38,55 | 3,8 | 161,2 |
| 19 | 0-30 | SC | 28,44 | 12,42 | 1,25 | 59,9 |
| | 30-60 | C | 34,92 | 16,8 | 1,28 | 69,6 |
| | 60-90 | CL | 30,09 | 14,85 | 1,4 | 64 |
| | 0-90 | SC | 93,45 | 44,07 | 3,93 | 193,5 |
| 20 | 0-30 | SCL | 26,68 | 14,58 | 1,46 | 53,1 |
| | 30-60 | CL | 26,81 | 13,91 | 1,45 | 56,3 |
| | 60-90 | C | 32,31 | 16,03 | 1,34 | 65,7 |
| | 0-90 | CL | 85,8 | 44,52 | 4,25 | 175,1 |
| 21 | 0-30 | SCL | 25,92 | 14,18 | 1,42 | 50,1 |
| | 30-60 | C | 34,91 | 19,15 | 1,44 | 68,3 |
| | 60-90 | C | 34,65 | 17,89 | 1,39 | 69,7 |
| | 0-90 | SC | 95,48 | 51,22 | 4,25 | 188,1 |
| 22 | 0-30 | SCL | 27,14 | 13,47 | 1,28 | 52,7 |
| | 30-60 | CL | 29,09 | 14,19 | 1,42 | 63,6 |
| | 60-90 | C | 30,71 | 15,13 | 1,34 | 62,8 |
| | 0-90 | CL | 86,94 | 42,79 | 4,04 | 179,1 |
| 23 | 0-30 | C | 34,25 | 19,13 | 1,44 | 65,4 |
| | 30-60 | C | 32,5 | 17,49 | 1,36 | 61,4 |
| | 60-90 | SCL | 26,71 | 12,65 | 1,32 | 55,5 |
| | 0-90 | SC | 93,46 | 49,27 | 4,12 | 182,3 |
| 24 | 0-30 | CL | 28,97 | 14,25 | 1,25 | 55,1 |
| | 30-60 | C | 37,17 | 20,52 | 1,31 | 65,6 |
| | 60-90 | C | 37,39 | 20,72 | 1,44 | 72,2 |
| | 0-90 | C | 103,53 | 55,49 | 4 | 192,9 |
| 25 | 0-30 | C | 40,94 | 21,96 | 1,3 | 73,9 |
| | 30-60 | C | 38,34 | 19,93 | 1,27 | 70,2 |
| | 60-90 | C | 39,07 | 21,35 | 1,34 | 71,3 |
| | 0-90 | C | 118,35 | 63,24 | 3,91 | 215,4 |

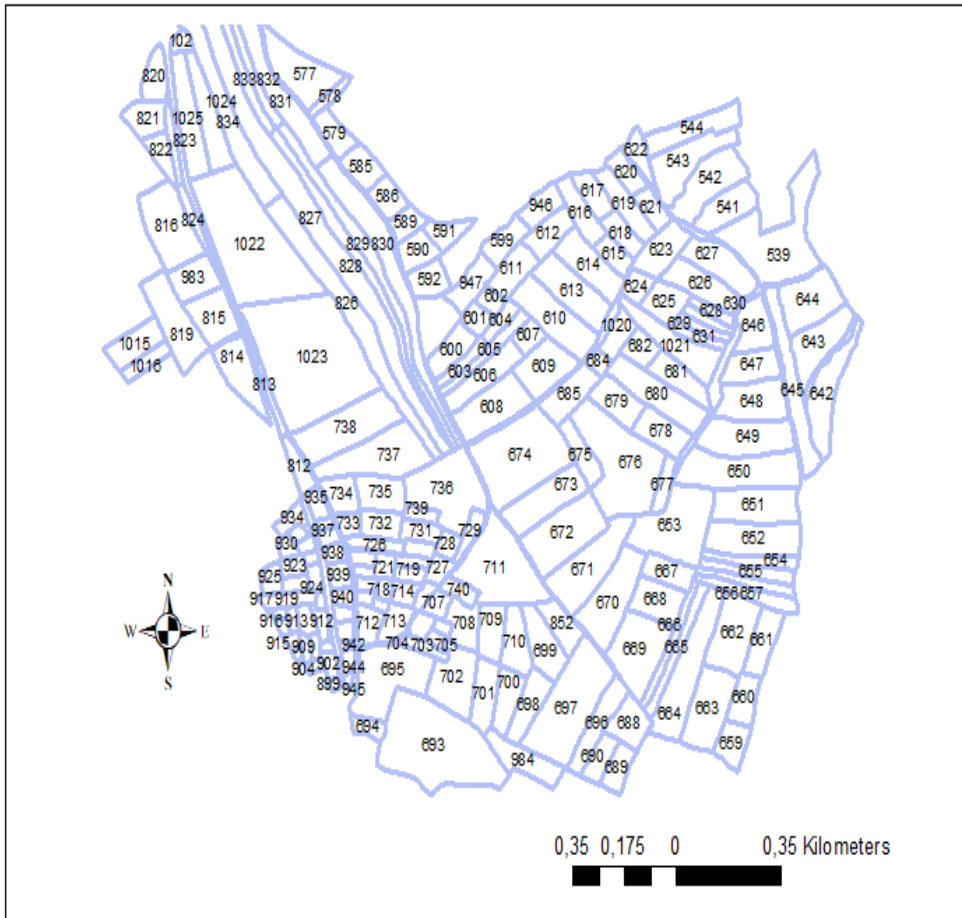
Çizelge 4.1. Çalışma alanına ait toprak analiz sonuçları (Devamı)

| Profil No. | Derinlik (cm) | Bünye | TK (%) | SN (%) | HA (g/cm ³) | KSTK (mm) |
|------------|---------------|-------|--------|--------|-------------------------|-----------|
| 26 | 0-30 | C | 34,79 | 18,78 | 1,43 | 68,9 |
| | 30-60 | C | 35,91 | 18,21 | 1,21 | 0,4 |
| | 60-90 | C | 35,13 | 19,28 | 1,38 | 65,7 |
| | 0-90 | C | 105,83 | 56,27 | 4,02 | 135 |

Çizelge 4.1 incelendiğine araştırma alanına ait toprakların genellikle killi (C) bünyeye ait oldukları belirlenmiştir. Örneklere ilişkin KSTK değerlerinin ise 105,3–215,4 mm/90cm arasında olduğu saptanmıştır. Diğer yandan, hacim ağırlıklarının ise 1,2–1,52 g/cm³ arasında olduğu belirlenmiştir.

4.2. İşletme Haritasının CBS Ortamına Aktarılmasına Ait Sonuçlar

Çalışma sahasına ait DSI 11. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilen vaziyet planı ArcGIS Desktop 10.1 programına aktarılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çalışma alanı vaziyet planı

Sulama sahasına ait vaziyet planı ArcGIS Desktop programında ArcMap modülü üzerinde Arc Editör kullanılarak UTM WGS84 35N Koordinat sisteminde sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan dosyanın öznitelik tablosuna her bir parselin Parsel No, Ada No ve Kadastro Numarasına ait veriler girilmiştir.

4.3. Uçuş Planının Oluşturulmasına Ait Sonuçlar

Şekil 4.2’de çalışma alanına ait 3 nolu uçuş planı verilmiştir. Çalışma sahasına ait 5 farklı uçuş planlaması gerçekleştirilmiştir. Her bir uçuş planında uçuş süresi, toplam batarya, görüntü oluşturma derecesi, maksimum hız, uçuş yönü ve başlangıç noktası gibi veriler oluşturularak her bir uçuşta bu veriler kullanılmıştır.

4.4. Bitki Sınıflandırılmasına Ait Sonuçlar

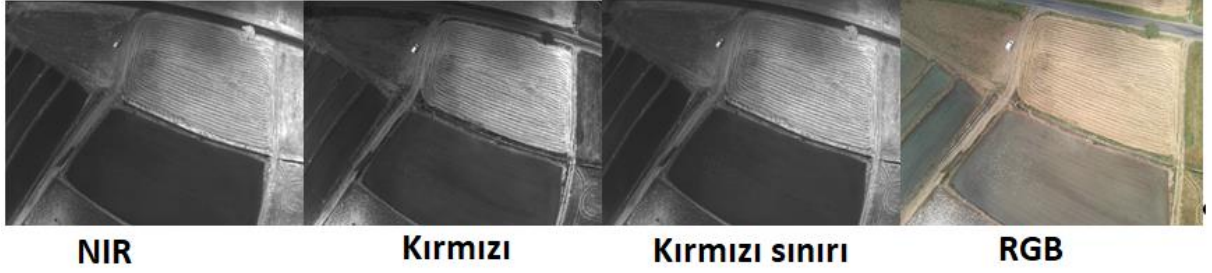
Çalışma sahasının yaklaşık 211 ha büyüklüğünde olması ve her seferinde uçuş yüksekliği ve hıza bağlı olarak yaklaşık 45 ha alan görüntülenebilmesi nedeniyle araştırma alanı 5 farklı uçuş bölgesine ayrılmıştır. Yerden yaklaşık 75 m yükseklikten yapılan uçuşlarda uçuş yapılan bölgeye bağlı olarak ortalama 600-1000 arasında görüntü alınmıştır (Şekil 4.2).



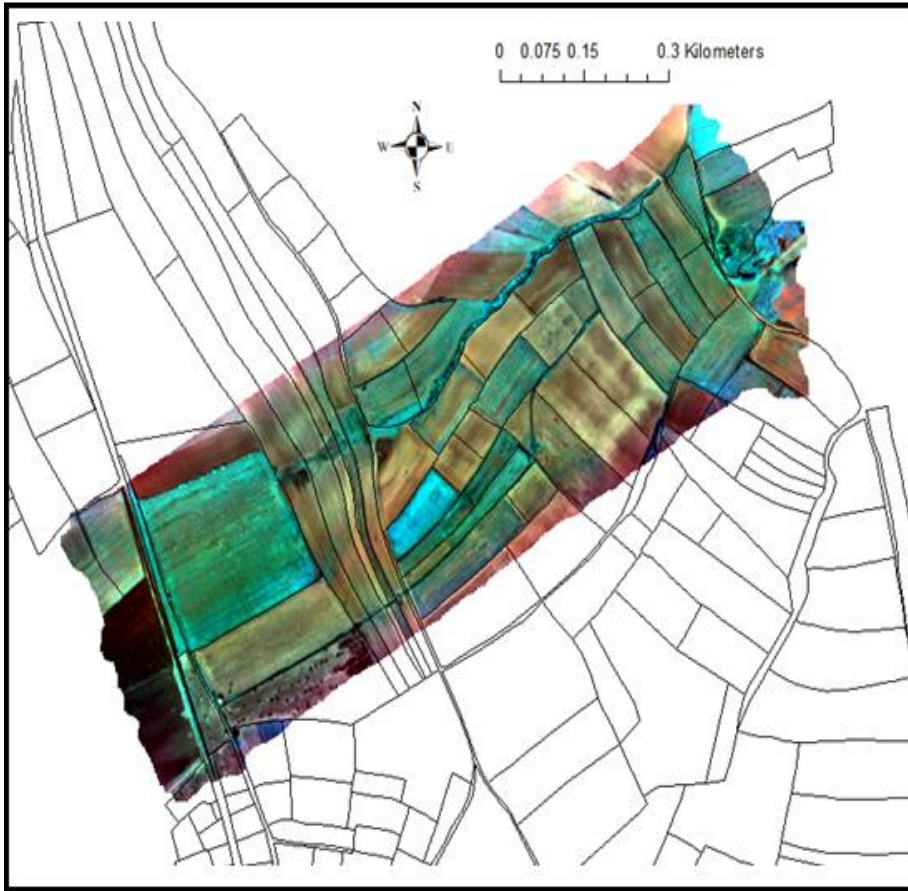
Şekil 4.2. Çalışma alanına ait uçuş planı

Araştırma sırasında kullanılan Parrot Sequoia multispektral kamera vasıtası ile her bir uçuş bölgesi için farklı tarihlerde alınan görüntülerden Erdas Imagine UAV programı kullanılarak ortomosaik görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.3).

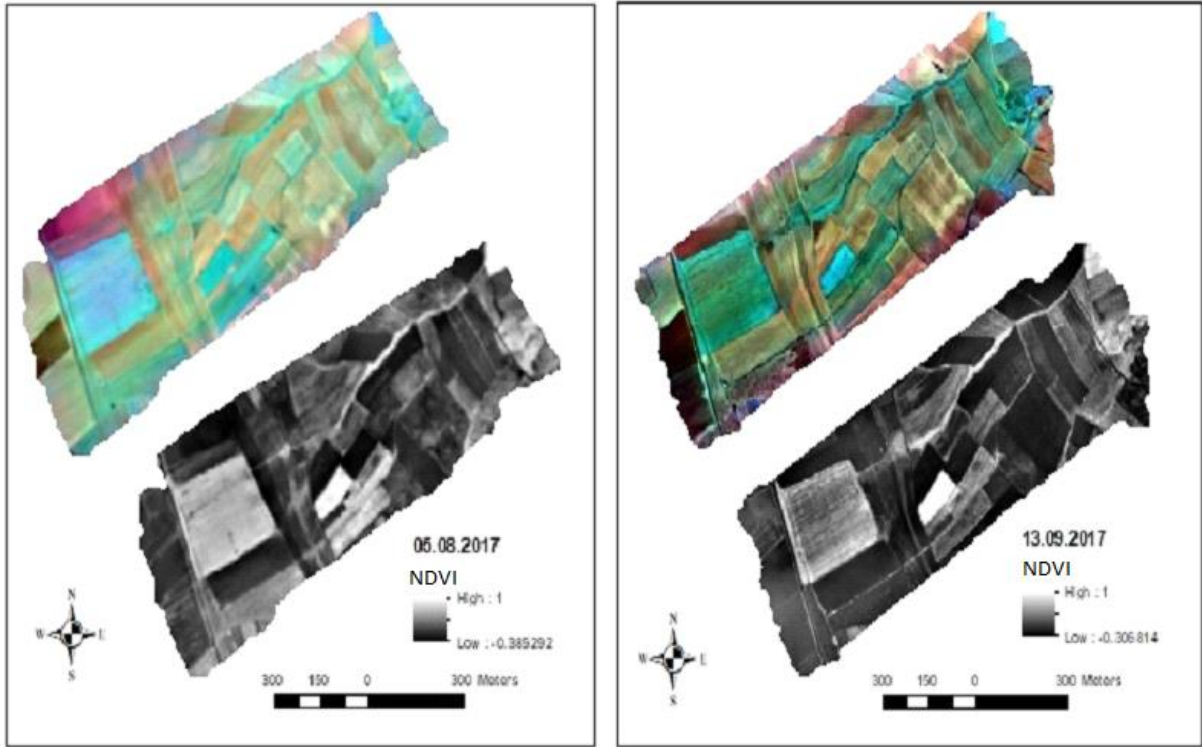
Bitki sınıflandırma işlemlerinde dünya üzerinde en yaygın kullanılan bitki indisi NDVI bu çalışmada da görsel yorumlama sırasında yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Aşağıda farklı tarihlerde alınan görüntülerin NDVI haritaları verilmiştir (Şekil 4.5-4.7).



Şekil 4.3. Araştırma sırasında çekilen multispektral verinin değişik bandlarına ait örnek görüntüler



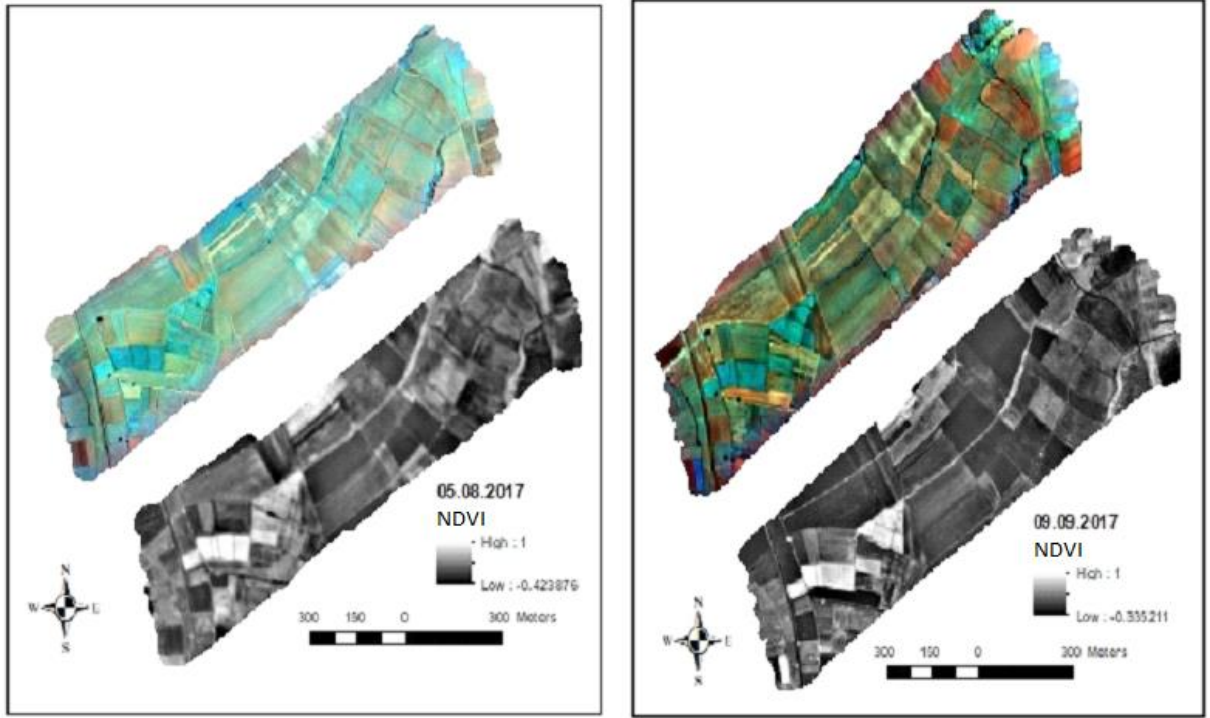
Şekil 4.4. Çalışma alanına ait ortomosaik görüntü



Şekil 4.5. Sulama sahasına ait 05.08.2017-13.09.2017 tarihleri multispektral ve NDVI görüntüleri



Şekil 4.6. Sulama sahasına ait 29.07.2017-09.09.2017-tarihleri multispektral ve NDVI görüntüleri

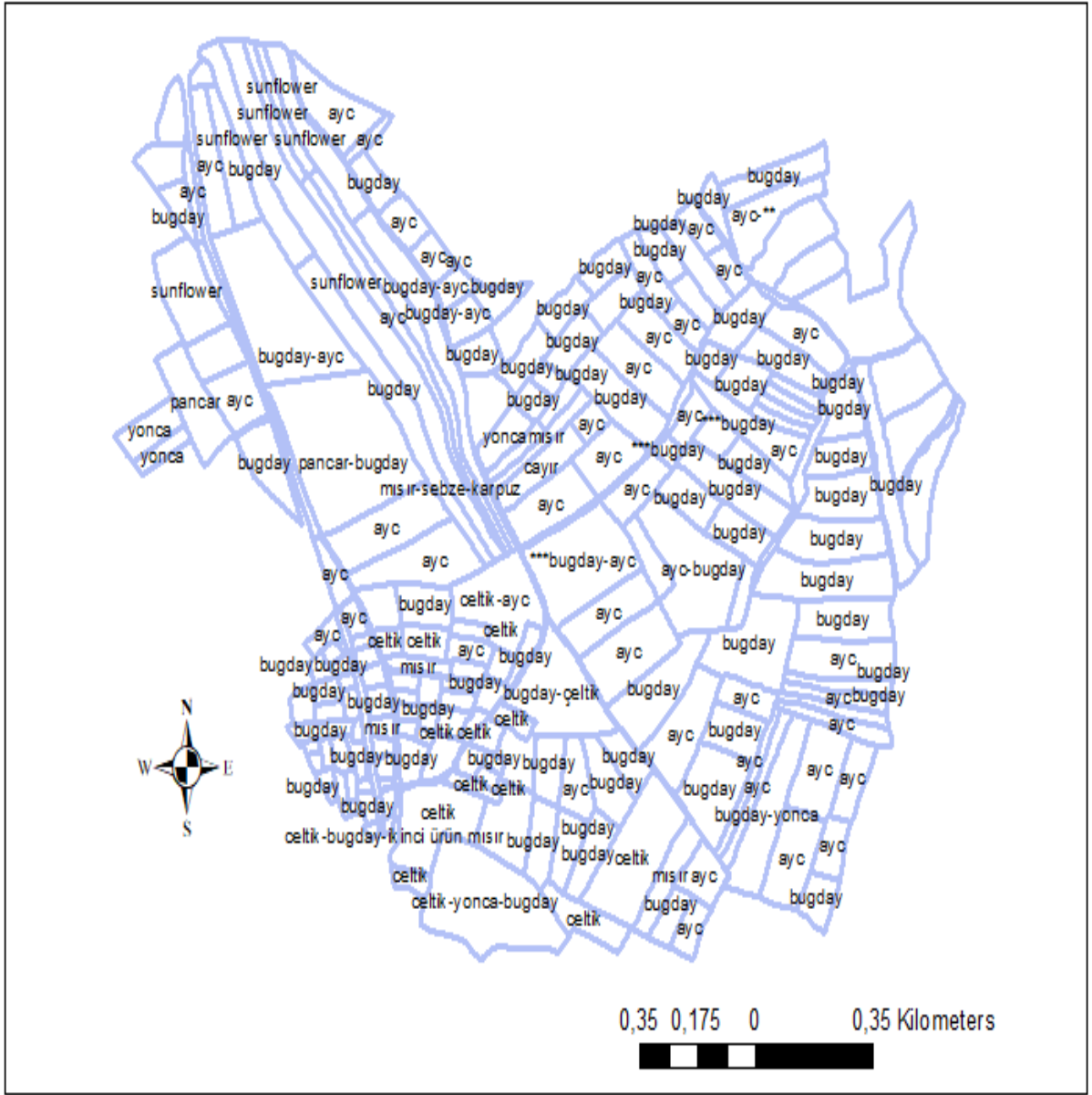


Şekil 4.7. Sulama sahasına ait 05.08.2017-09.09.2017 tarihleri multispektral ve NDVI görüntüleri

NDVI görüntüleri özellikle geniş alanlarda bitki gelişim dönemlerinin farklı ekim tarihleri nedeniyle ayırt edilmesi güç olan türlerde sınıflandırma operatörüne önemli bilgiler sunarak sınıflandırma işleminin başarısını yükseltmektedir. Bu çalışmada da her bir görüntü alımında oluşturulan ortomosaik görüntülerin her birinden NDVI haritaları yaratılarak sınıflandırma işleminde gerekli parsellerde faydalanılmıştır.

Gerek İHA ile elde edilen görüntülerin yüksek çözünürlükte sonuçlar üretmesi gerekse nispeten küçük bir arazi üzerinde çalışılması nedeniyle bu görüntüler ArcGIS programında daha önce oluşturulan parsel bilgi sistemi üzerine atılarak her bir parsel için bitki tipi görsel yorumlama ile saptanmıştır (Valta-Hulkkonen ve ark. 2003, Anderson ve Gaston 2013). Saptanan bitki tipleri parsel bilgi sistemine aktarılmıştır (Şekil 4.8).

Böylece sulama sahasına ait bitki desenini ortaya konmuştur. Buna göre sulama sahasında ekimi yapılan bitkilerin alansal dağılımı Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Çalışma alanına ait bitki deseni

Çizelge 4.2. Sulama sahasında yetiştirilen bitkilerin dağılımı

| Bitkiler | Alan (da) | Ekiliş Oranı (%) |
|-----------------|------------------|-------------------------|
| Ayçiçeği | 773,2 | 36,6 |
| Çeltik | 145,3 | 6,9 |
| Yem bitkisi | 78,5 | 3,7 |
| Şekerpancarı | 85,5 | 4,1 |
| Mısır | 31,5 | 1,5 |
| Buğday | 991,7 | 47,0 |
| Sebze, Karpuz | 6,0 | 0,3 |
| Toplam | 2111,9 | 100 |

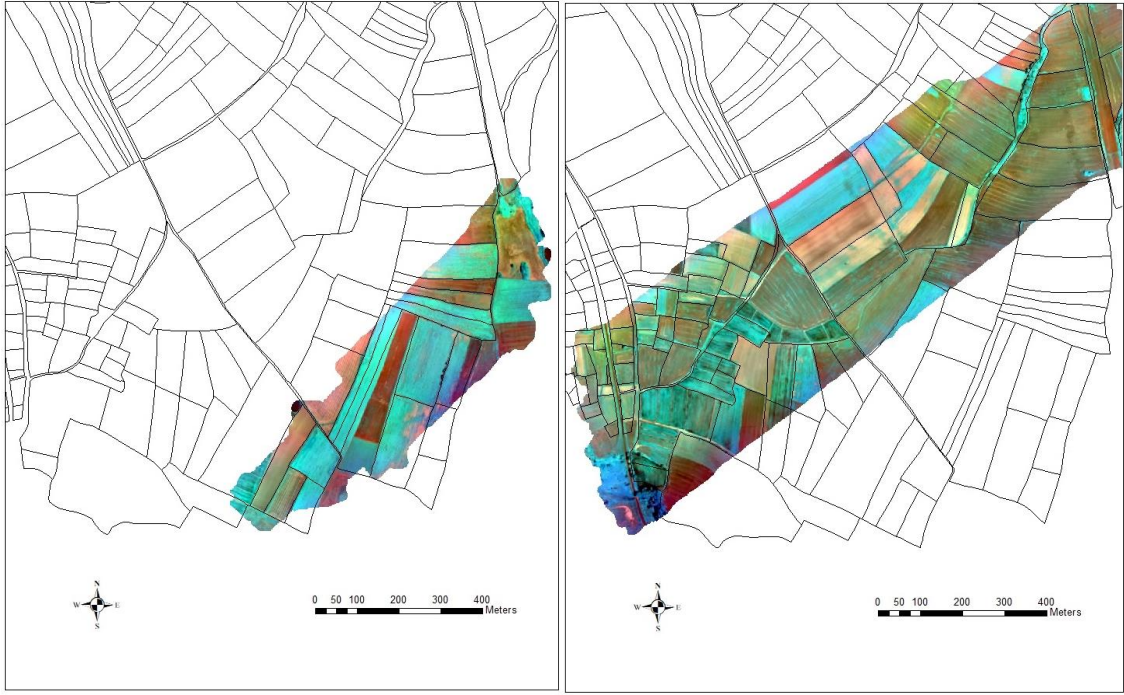
Çizelge 4.2'den izlenebildiği gibi sulama sahasında 991.7 da (% 47) ile en fazla buğday ekilmiştir. En az ekilen bitki ise 31.5 da (% 1.5) ile mısır gelmektedir. Sahada en fazla su tüketen bitki olan çeltiğin ekim alanı ise 145.3 da (% 6.9) olarak belirlenmiştir.

4.5. Sulu Tarım Alanlarının Belirlenmesine İlişkin Sonuçlar

Sulu tarım alanlarının belirlenmesinde iki farklı metod kullanılmıştır. Bunlardan ilki multispektral görüntü ile diğeri ise termal kamera görüntüleri ile sulama alanlarının belirlenmesidir.

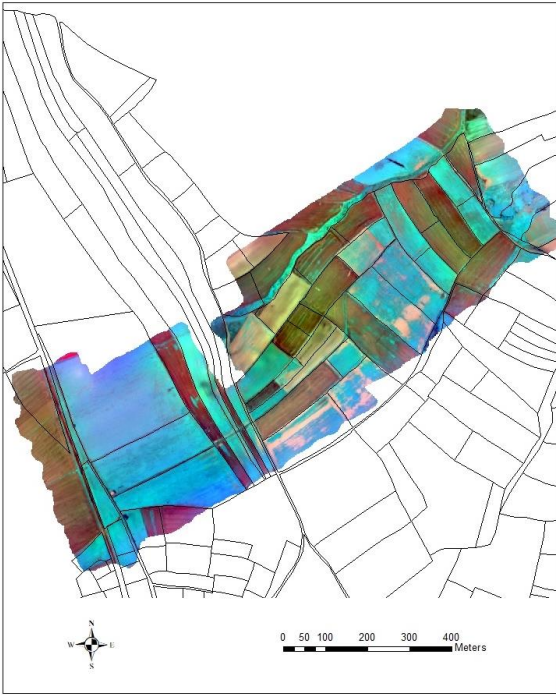
4.5.1. Multispektral kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesine ilişkin sonuçlar

Planlama aşamasında Mayıs ayından itibaren yaklaşık üç gün aralıkla araziye gidilerek uçuşlar yapılması planlanmıştır. Araziye ait çekilen görüntüler Erdas Imagine programında işlendikten sonra ArcGIS programına aktarılmışlardır. Çalışma alanına ait alınan farklı tarihlerde elde edilen multispektral görüntüler Şekil 4.9-4.15 ve Ek 1-17'de verilmiştir.



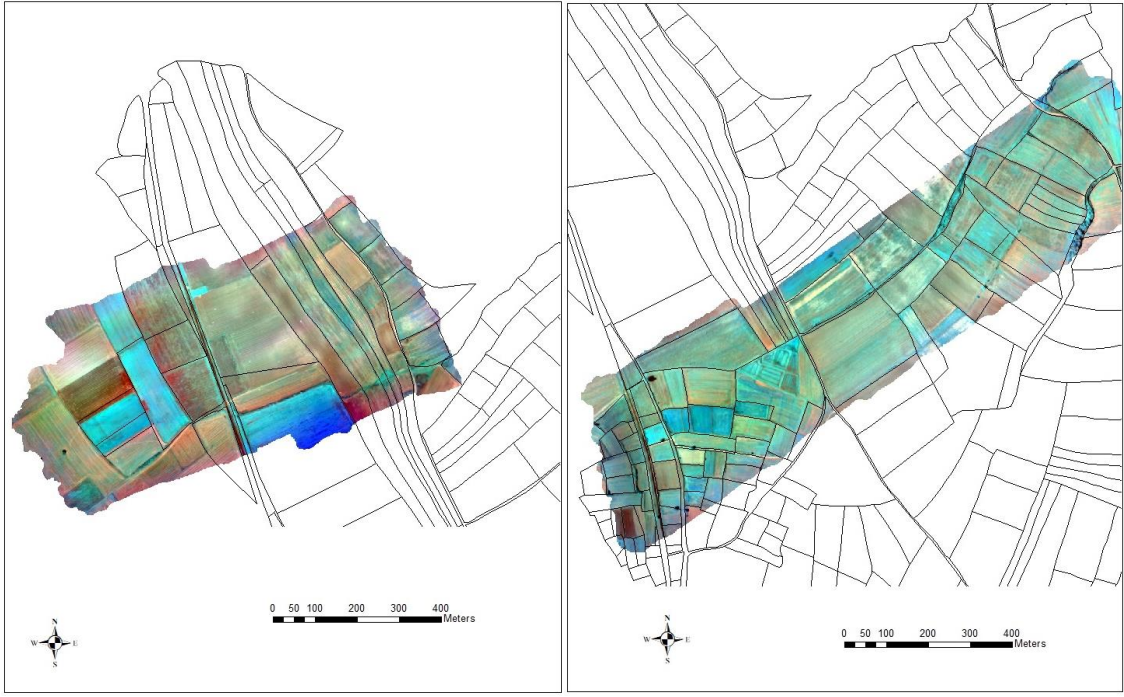
(a)

(b)



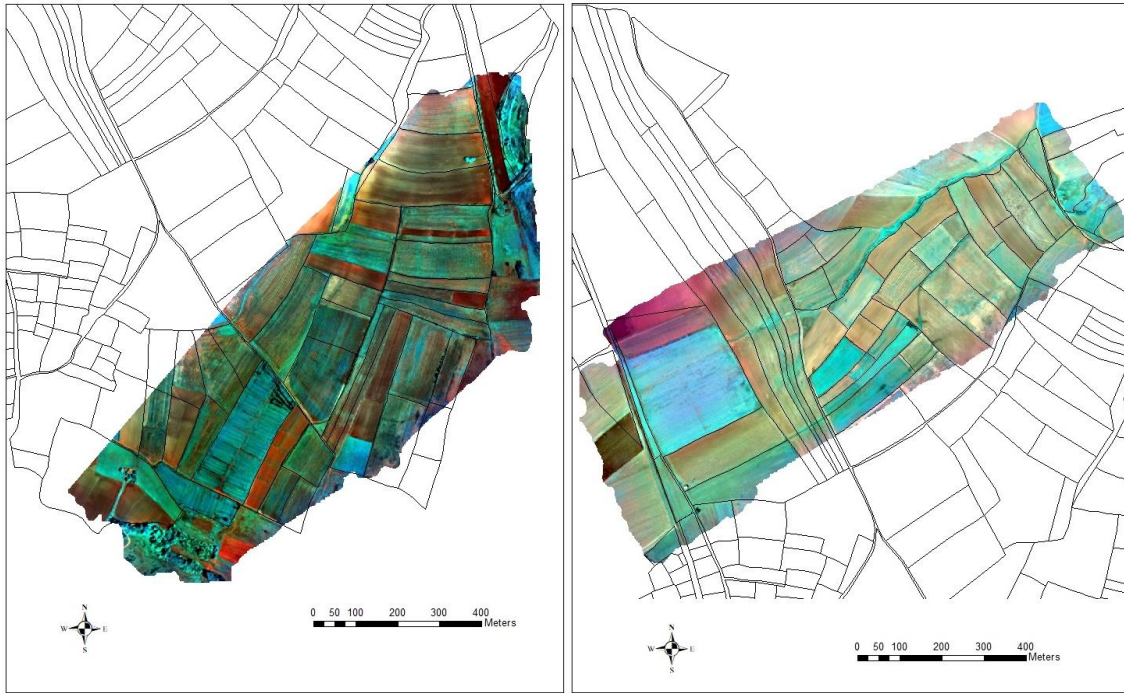
(c)

Şekil 4.9. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c)



(a)

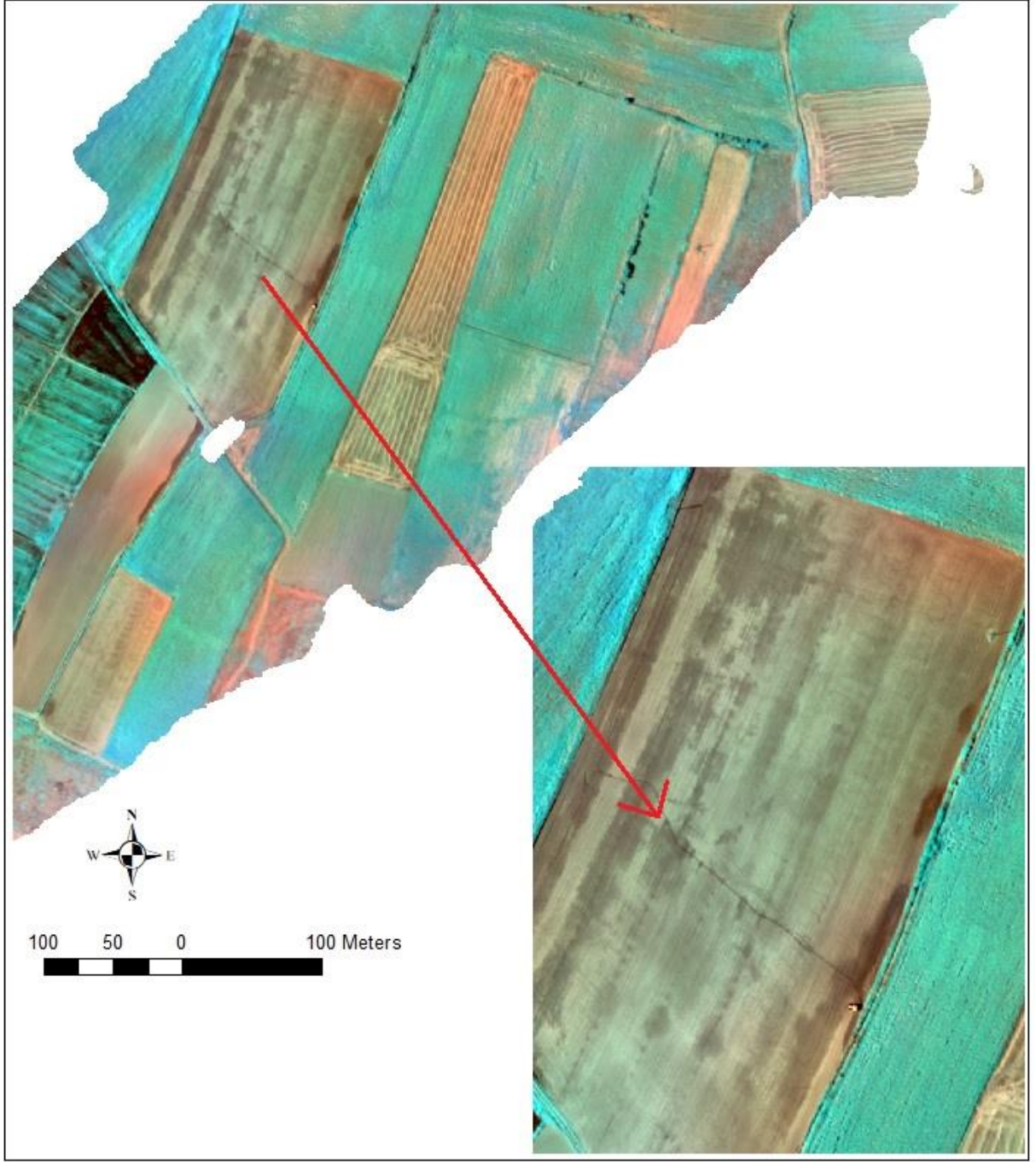
(b)



(c)

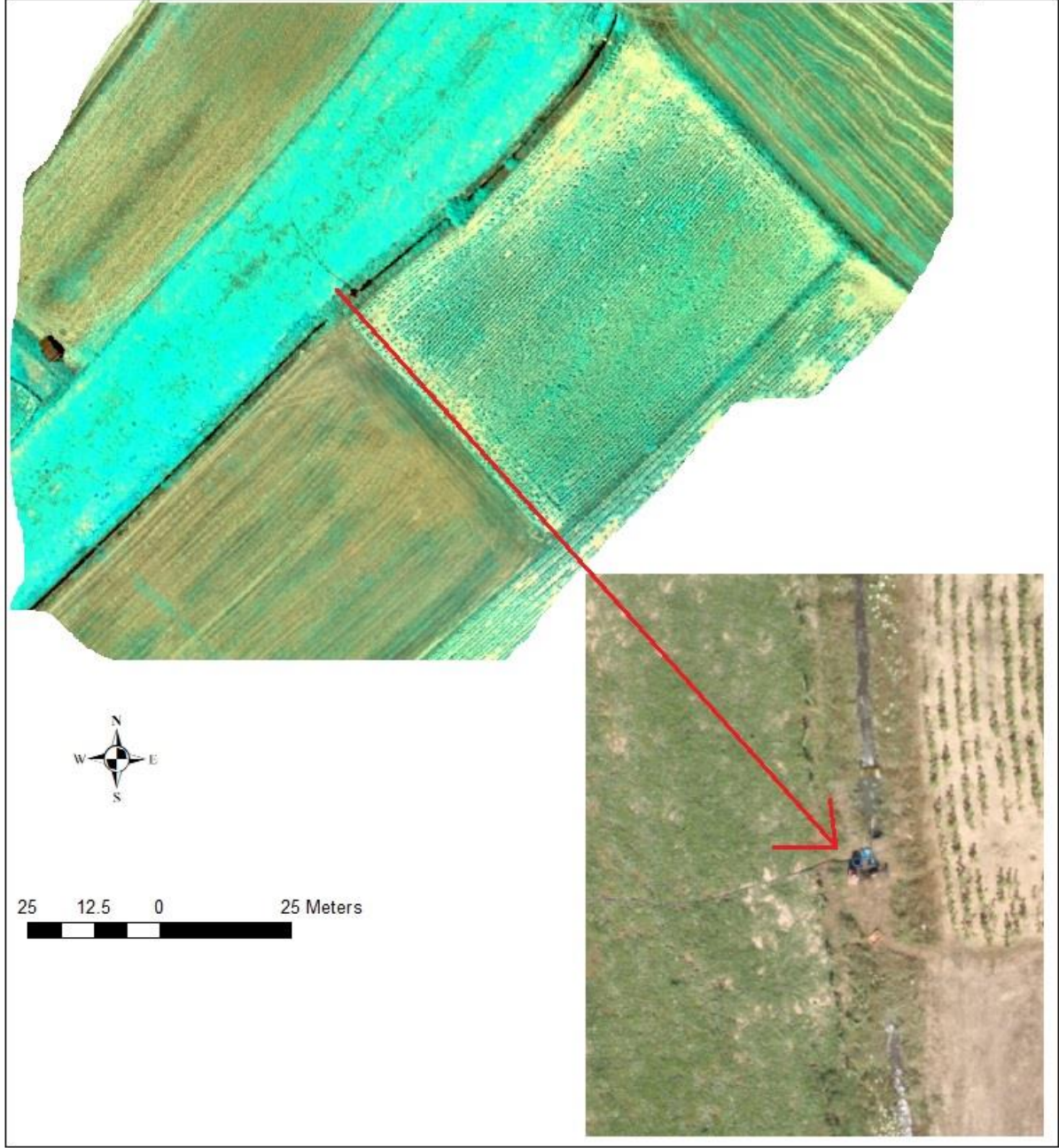
(d)

Şekil 4.10. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c,d)



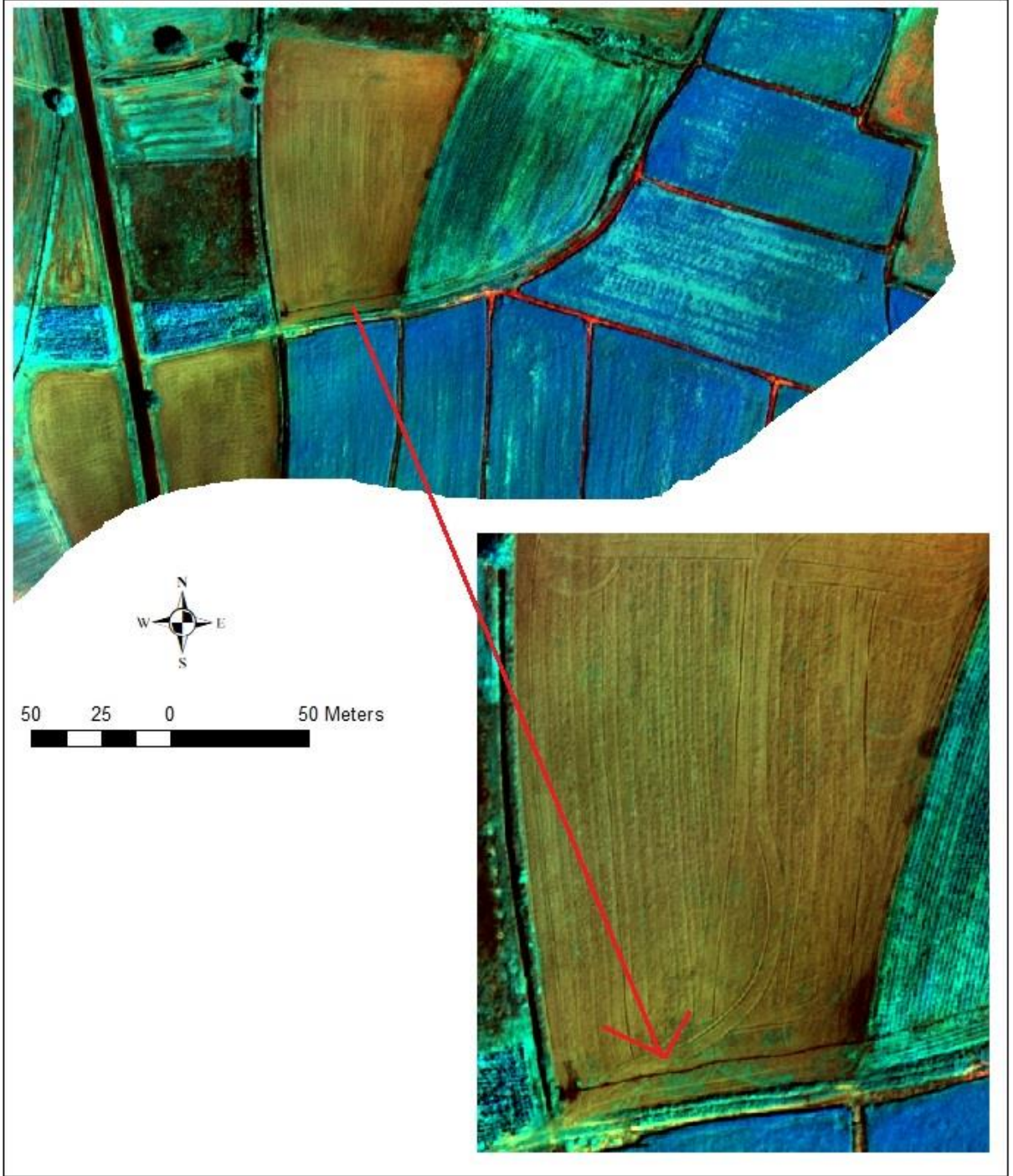
Şekil 4.11. Sulama sahasına ait 08.07.2017 tarihli multispektral görüntü

Şekil 4.11’de ikinci ürün mısır ekili parselde sulama esnasında çekilmiş bir görüntü görülmektedir. Bu görüntü içerisinde hem sulama boruları hem de traktör kuyruk mili ile çalışan su pompası görülmektedir.



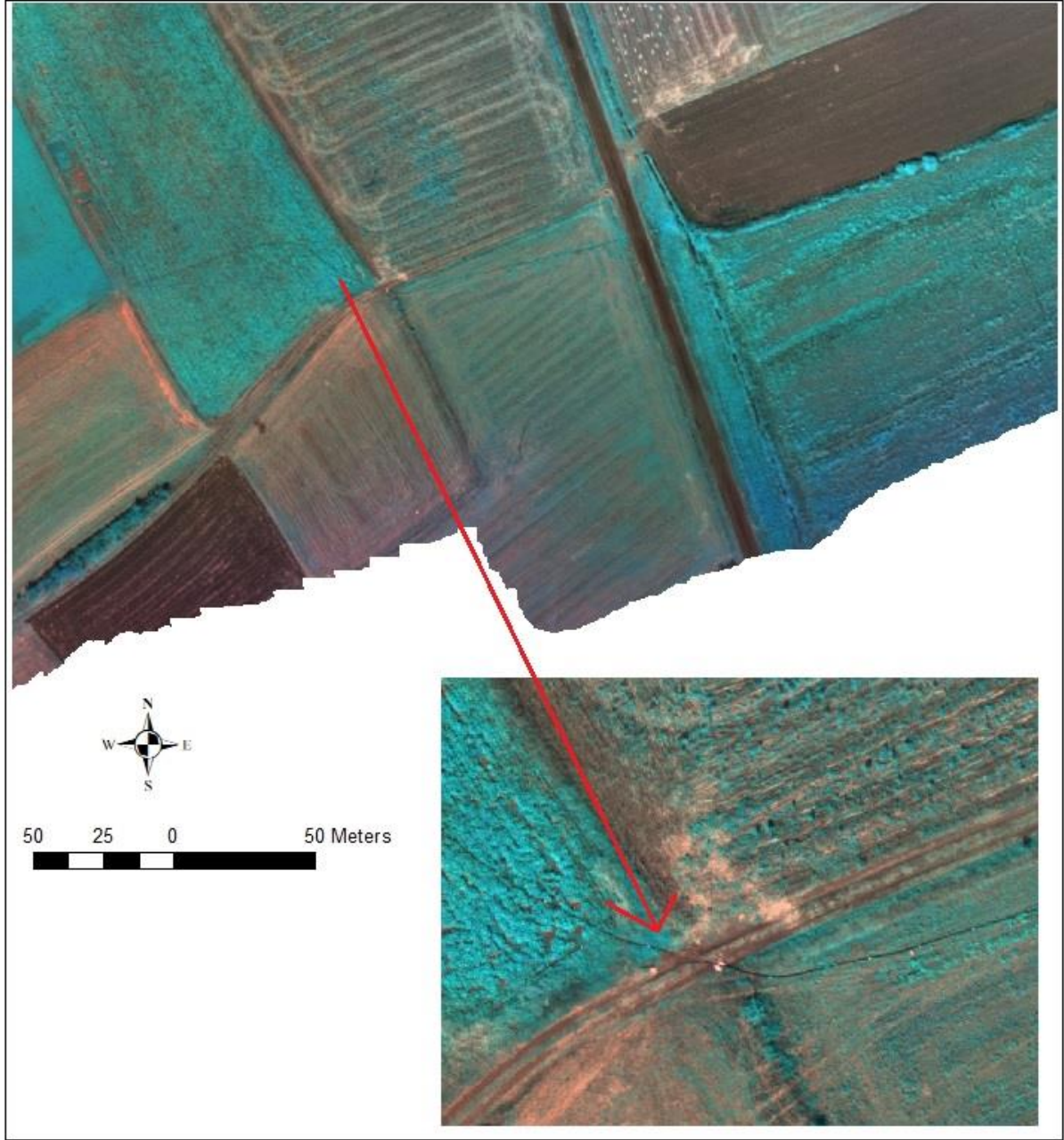
Şekil 4.12. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli multispektral ve RGB görüntü

Yukarıda sol tarafta verilen 12.07.2017 tarihli multispektral görüntüde karpuz ekili parselde su pompası ve sulama boruları görülmektedir. Sağ tarafta ise bu tarihte alınmış RGB görüntü ile sulama ekipmanları daha ayrıntılı ve net bir şekilde görüntülenmiştir.



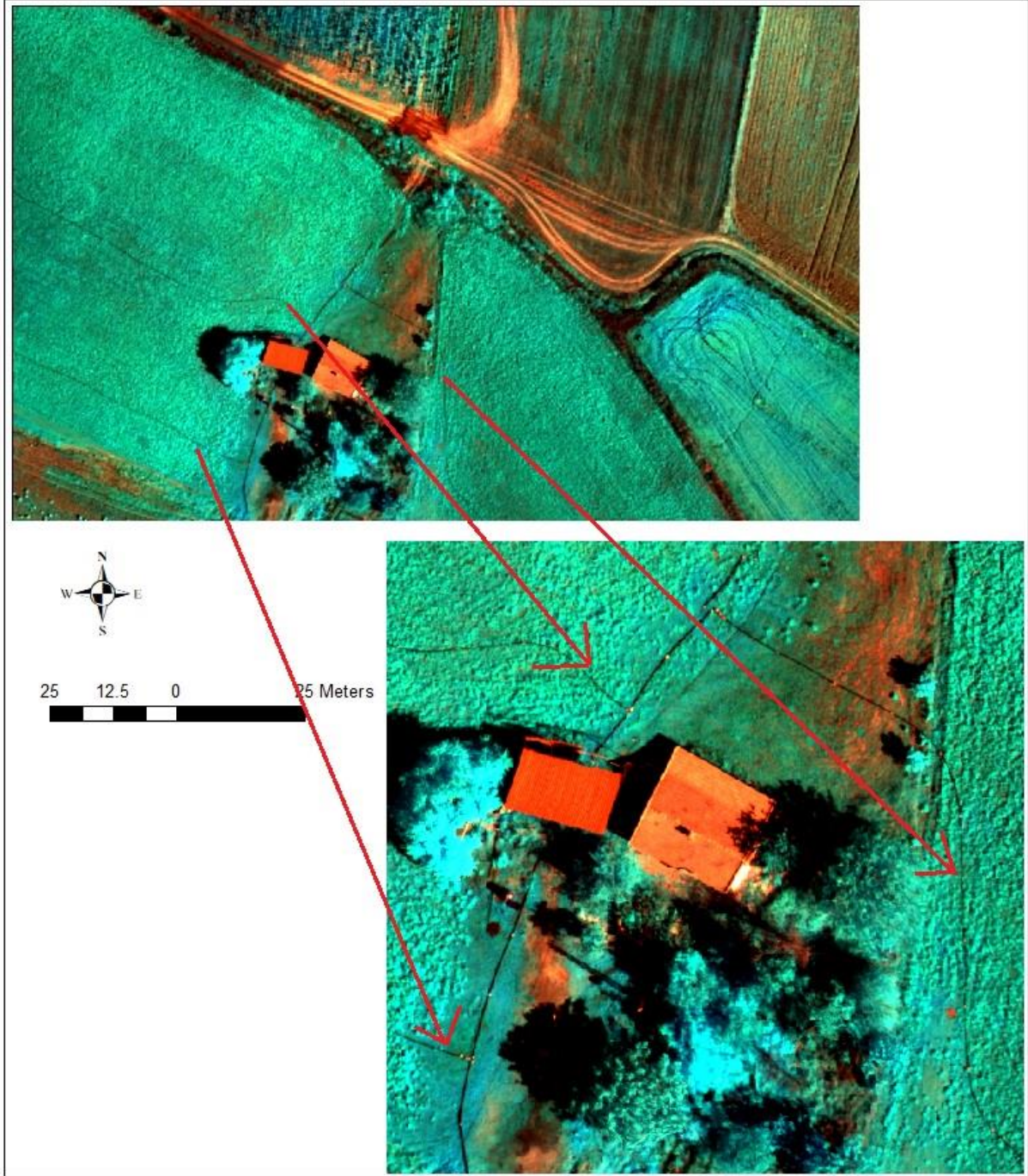
Şekil 4.13. Sulama sahasına ait 12.08.2017 tarihli multispektral görüntü

Şekil 4.13'te ikinci ürün mısır sulamasına ait bir görüntü verilmiştir. Bu görüntüde sulama kanalından mısır parseline su iletim hattı ve parsel içerisinde lateral boru hattı net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.14. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli multispektral görüntü

Yonca ekili parselde sulama yapmak amacıyla döşenen boru hattı Şekil 4.14'te verilmiştir. Bu hat üzerinde multispektral görüntüler ile hem hat görülmekte hem de kanal boyunca meydana gelen sızma kayıplarında belirlenebilmektedir.



Şekil 4.15. Sulama sahasına ait 13.09.2017 tarihli multispektral görüntü

Şekil 4.15'te yonca ekili parselde ait sulama boruları açık bir şekilde görülmektedir. Görüntü incelendiğinde aynı anda iki farklı parselin sulanabilmesi amacıyla üç farklı lateral hat döşendiği saptanmıştır. Bu parselle ilişkin arazide sulama esnasında çekilen görüntü Şekil 4.16'da verilmiştir.

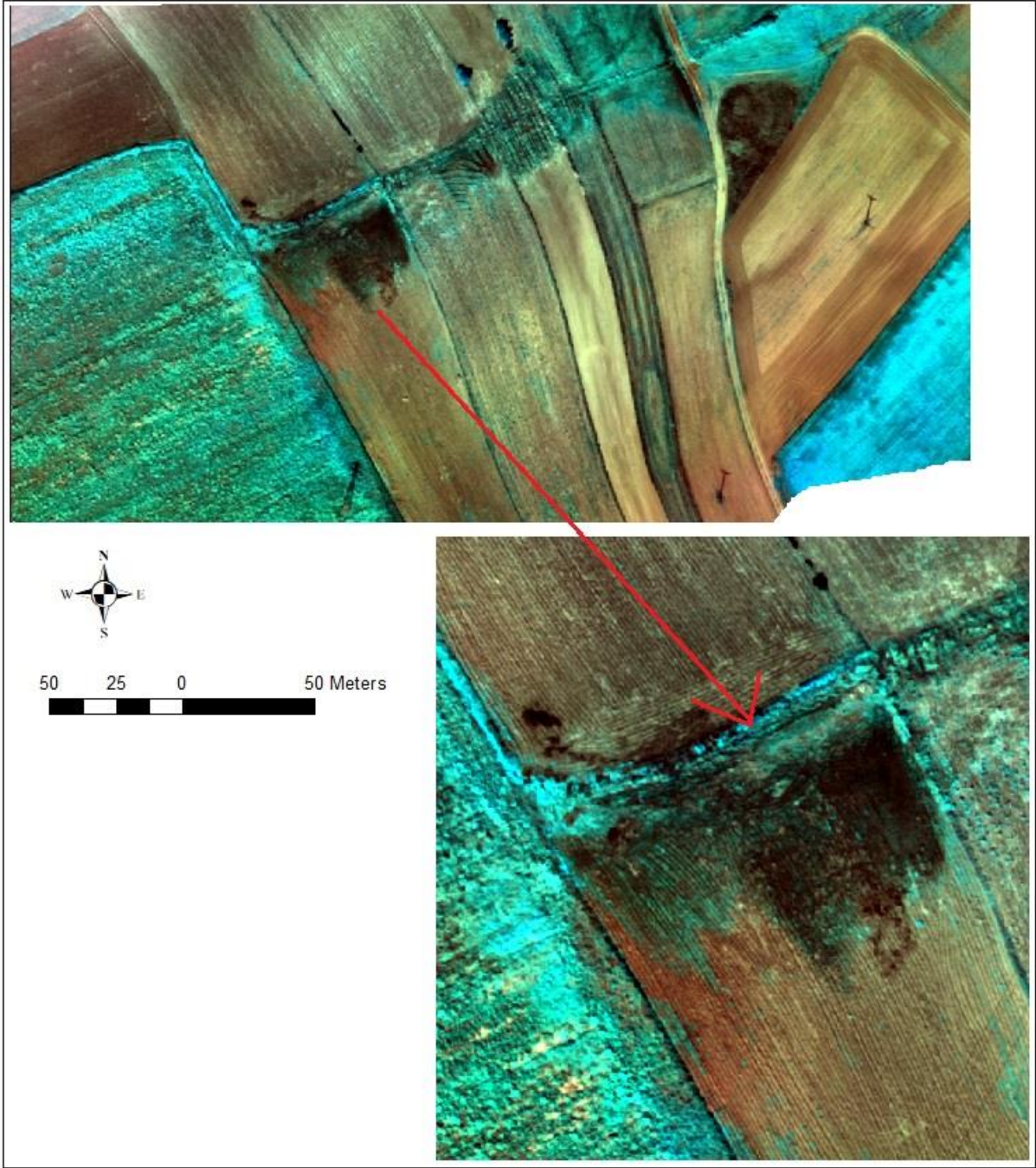


Şekil 4.16. Yonca ekili parselin sulaması gerçekleştirilirken alınmış bir görüntü

Bu parsel Yağmurlama sulama yöntemi ile sulanmaktadır. Parsel sulaması tek bir lateral vasıtası ile yapılmakta olup, sulama sonrası bir sonraki istasyona taşınmaktadır. Parsele ait çekilen görüntüde Şekerpancarı ekili bir parselden meydana gelen sızma kayıpları çok açık görülmektedir (Şekil 4.17). Bu parselde boruların aktarımı Şekil 4.18’de verilmiştir.

Her ne kadar üç gün aralıklı gözlemler yapılması planlansa dahi zaman zaman çekim tarihlerinde iklimsel, yazılım ve donanımına ait problemler nedeniyle görüntülerin alınmadığı tarih ve uçuş bölgeleri bulunmaktadır. Yağışlı günlerde İHA’nın elektronik devrelerine zarar verme ihtimaline karşı uçuş gerçekleşmemiştir. Benzer olarak aşırı rüzgâr koşullarında İHA’nın güvenli bir uçuş gerçekleştirme ihtimali kalmaması nedeniyle uçuşlar iptal edilmiştir. Zaman zaman ise arazide İHA ile kablosuz bağlantı kurulamaması veya yazılım güncelleme ihtiyaçlarından araziye gidilmiş olsa dahi bazı bölümlerin uçuşları yapılamamıştır.

Tüm uçuş görüntüleri incelendiğinde, sulama sahasında sulama faaliyetlerinin çeltik haricinde yağmurlama sulama yöntemi ile gerçekleştirildikleri belirlenmiştir. Multispektral kamera ile elde edilen görüntülerin yersel çözünürlükleri yüksek olduğundan, görsel yorumlama ile sulama sahası içerisinde sulama yapılan parsellerin saptanmasında büyük kolaylık sağlamıştır.



Şekil 4.17. Sulama sahasına ait 13.09.2017 tarihli multispektral görüntü

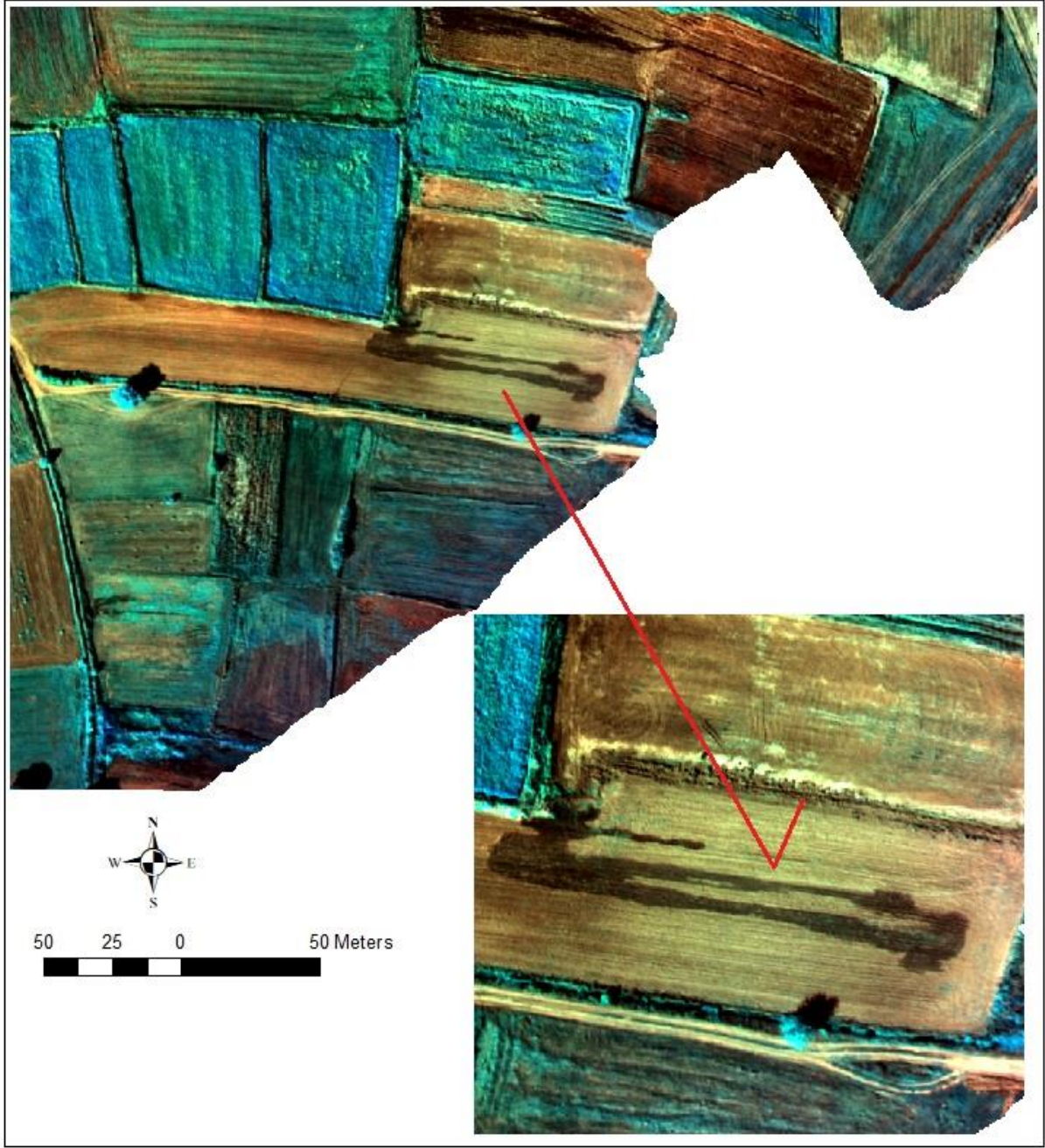


Şekil 4.18.Şekerpancarı ekili parselde yağmurlama lateral boru hattının taşınması sırasında alınmış bir görüntü

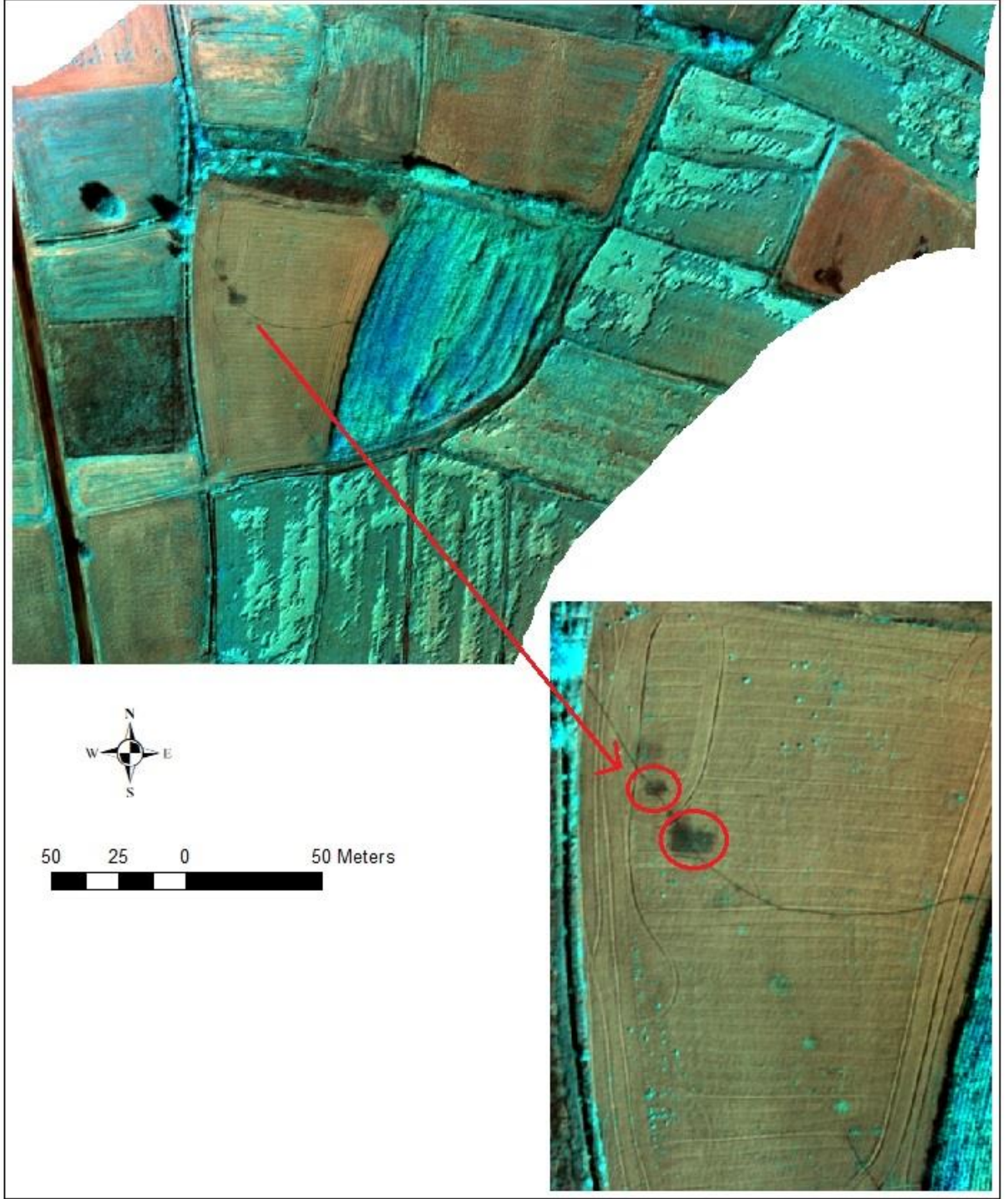
Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de sızma kayıplarının belirlenmesine ilişkin multispektral görüntüler verilmiştir. Şekil 4.19’da 17.09.2017 tarihinde oluşturulan ortomosaik görüntü verilmiştir. Görüntü incelendiğinde, çeltik ekili parselden buğday sonrası çıplak kalmış parsele doğru gerçekleşen sızma kayıpları net bir şekilde görülmektedir.

Şekil 4.20’de sulama kanalından ikinci ürün mısır parseline su iletmek için kullanılan sulama boruları görülmektedir. Bu görüntüden hem sulama yapılan parsel hem de iletim hattı üzerinde meydana gelen sızma kayıplarının belirlenmiştir.

Çalışma ile birlikte, multispektral görüntülerin genel olarak yüksek çözünürlük sağlamaları nedeniyle, sulama sahasında yer alan sulama boruları, sulama pompası vb. ekipmanlar ile sulama personeli gibi birçok detayı rahatça yakalama kabiliyetinde olduğu görülmüştür. Elde edilen yüksek çözünürlüklü bu görüntüler ile sulama sahasında hem sulama faaliyetleri belirlenirken hem de sızma kayıpları ve yanlış sulama faaliyetleri de çok rahat bir şekilde saptanabildikleri görülmektedir.



Şekil 4.19. Sulama sahasına ait. 17.09.2017 tarihli multispektral görüntü



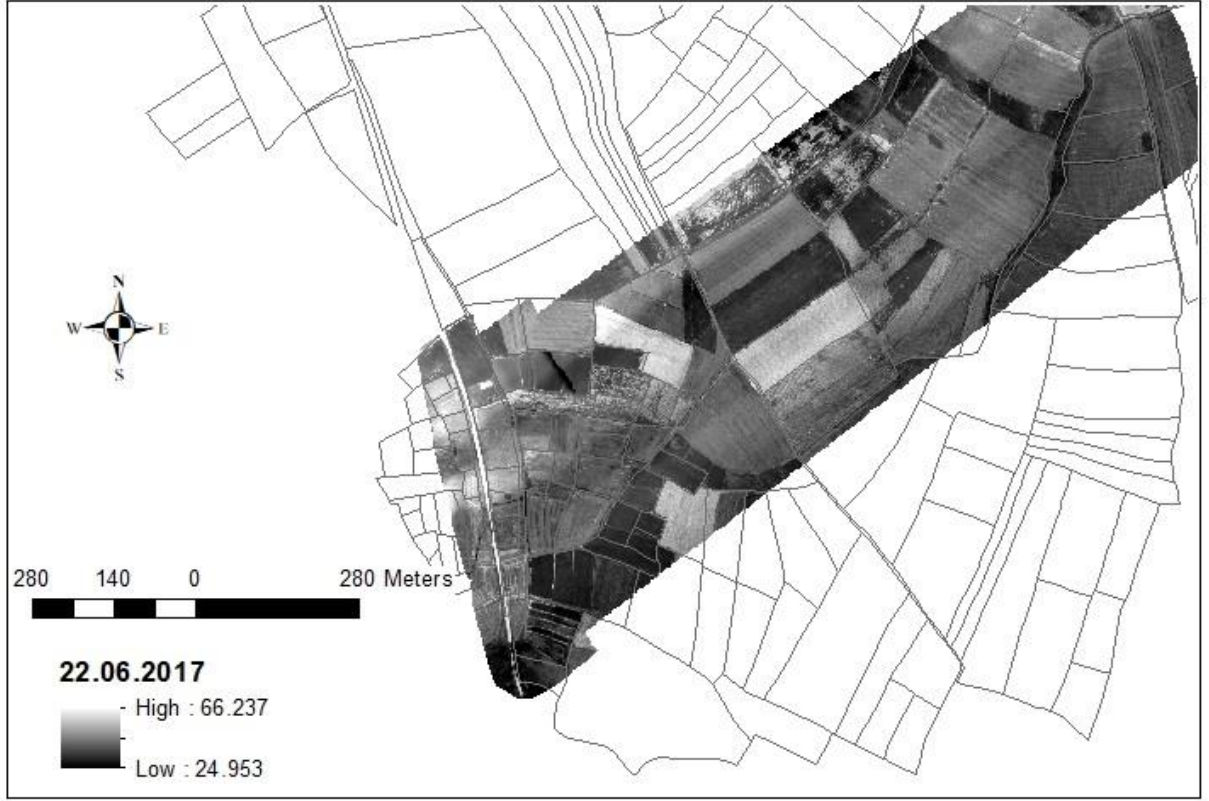
Şekil 4.20. Sulama sahasına ait 20.09.2017 tarihli multispektral görüntü

4.5.2. Termal kamera kullanılarak sulu tarım alanlarının belirlenmesine ilişkin sonuçlar

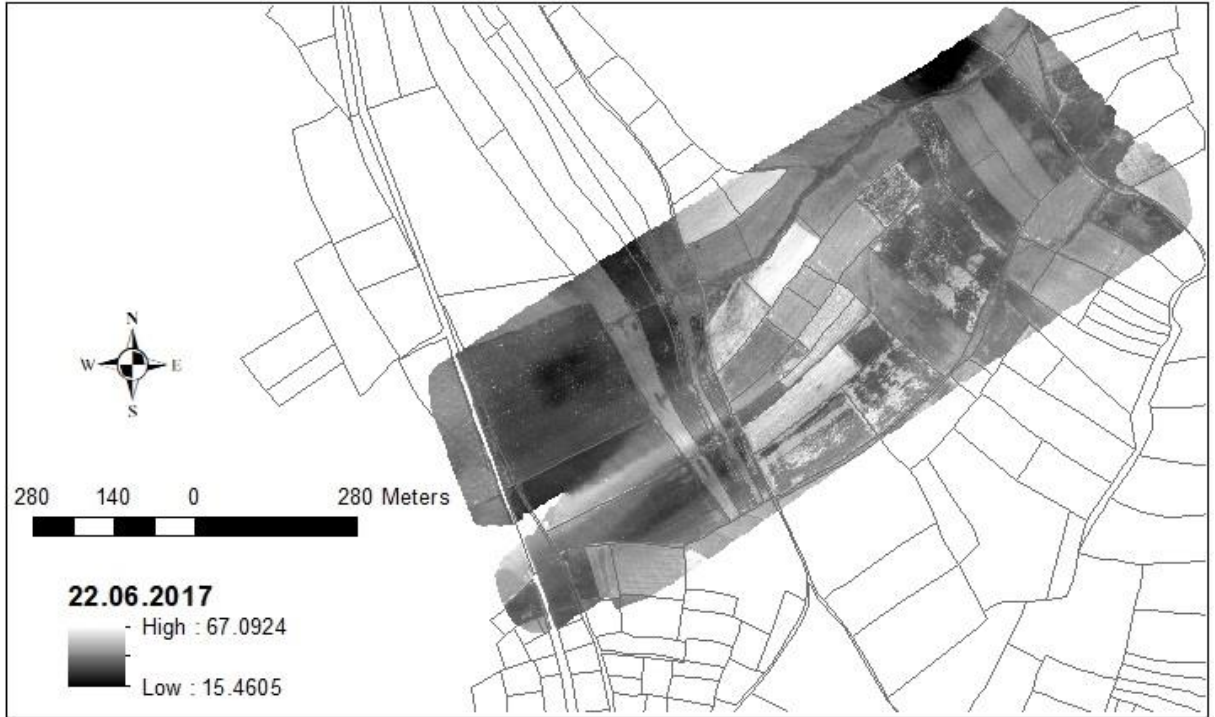
Bitkiler su ihtiyaçlarının karşılanması durumunda kökleri ile aldıkları suyun yaklaşık % 98'ini terleme ile atmaktadırlar. Terleme bitkilerde yaprak ve taç sıcaklığının düşürülmesinde çok büyük fonksiyona sahiptir. Kökleri vasıtası ile yeterli su bulamayan bitkiler yapraklardaki gözeneklerini kapatarak su kaybını minimuma indirmeye çalışırlar. Terleme olmadığı için bu durumdaki bitkilerin yaprak ve taç sıcaklıkları sulanan ya da yağışlar nedeniyle, yeterli suya sahip olan bitkilere göre daha çok yükselmektedir. Bu ilişkiden yararlanılarak bitkilerin stres altında olup olmadıkları ya da sulanıp sulanmadıkları bitki taç sıcaklığındaki farklılıklardan yararlanılarak saptanabilmektedir. Sulama sahasının farklı uçuş bölgelerine ait oluşturulmuş termal ortomozaik görüntüler Şekil 4.21-4.36 ve Ek 18-36'da verilmiştir.



Şekil 4.21. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli termal görüntü (a)

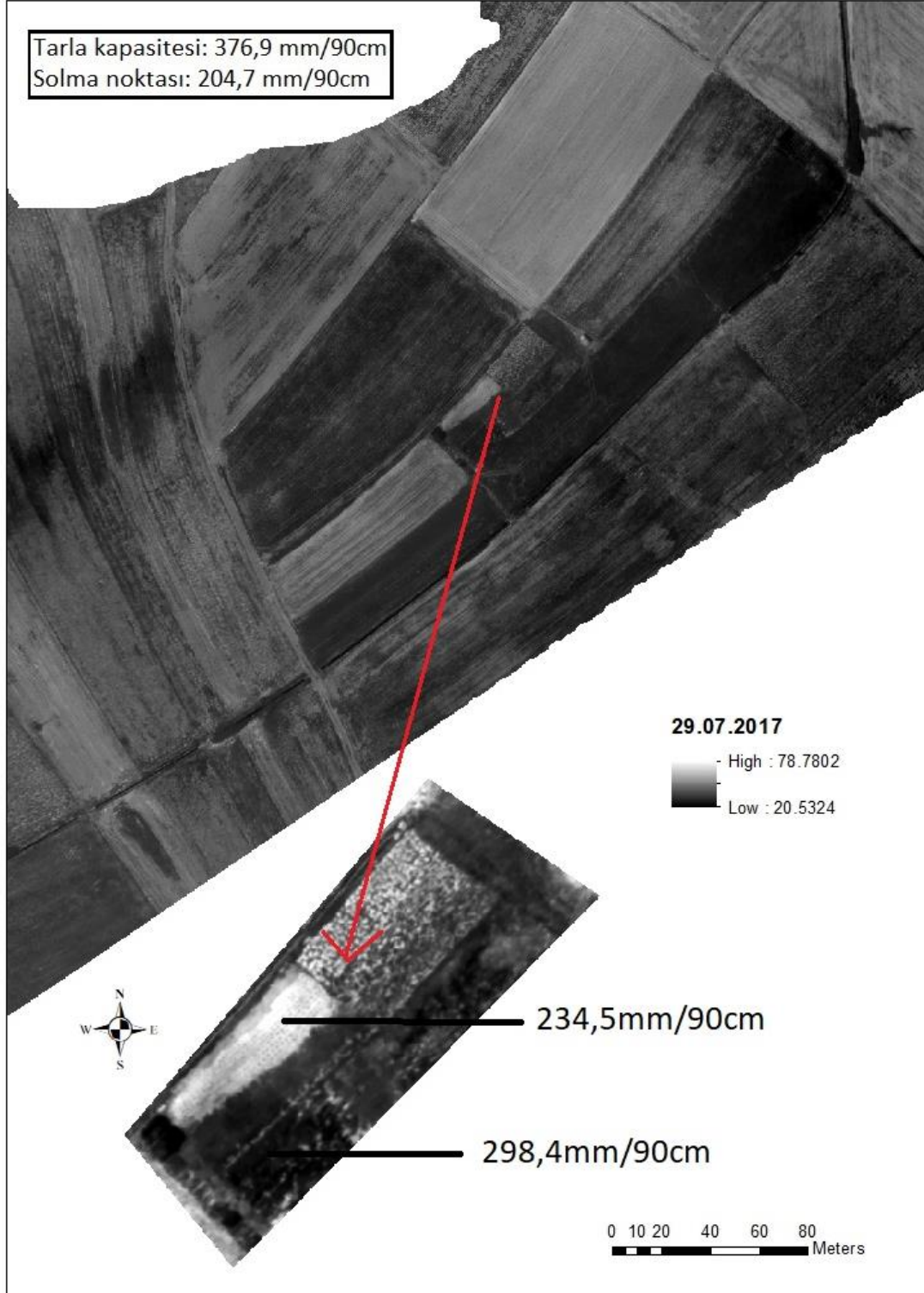


Şekil 4.22. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli termal görüntü (b)



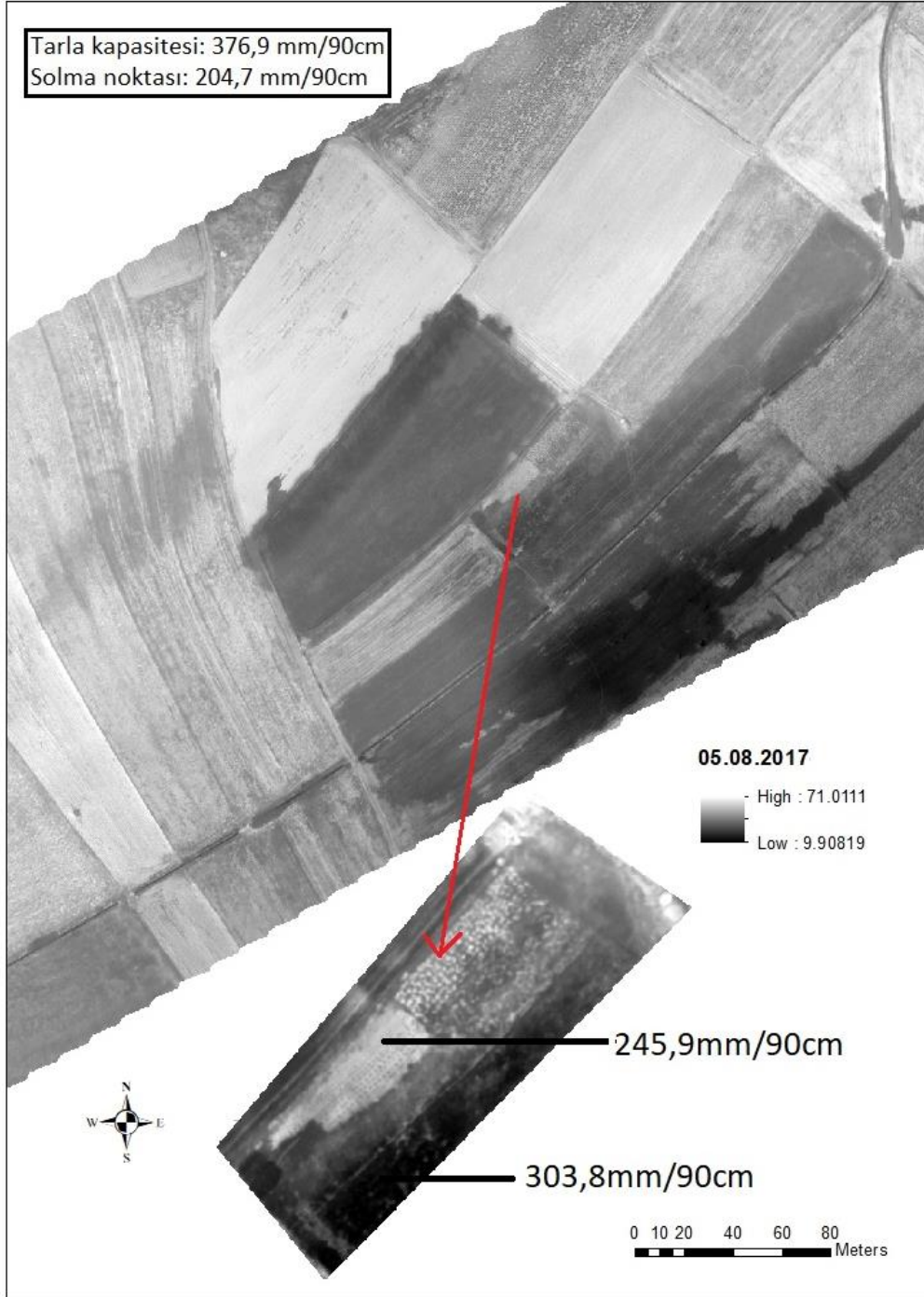
Şekil 4.23. Sulama sahasına ait 22.06.2017 tarihli termal görüntü (c)

Sulama sezonu içerisinde termal kamera ile elde edilen görüntüler incelenmesi sonucunda hem bitki örtüsünün cılız kaldığı ilk vejetasyon dönemlerinde çıplak topraktaki sıcaklık farkına bağlı sulama faaliyetleri saptanmış, hem de ilerleyen dönemlerde bitki taç sıcaklığındaki farklılığından yararlanılarak sulama faaliyetleri saptanabilmektedir.



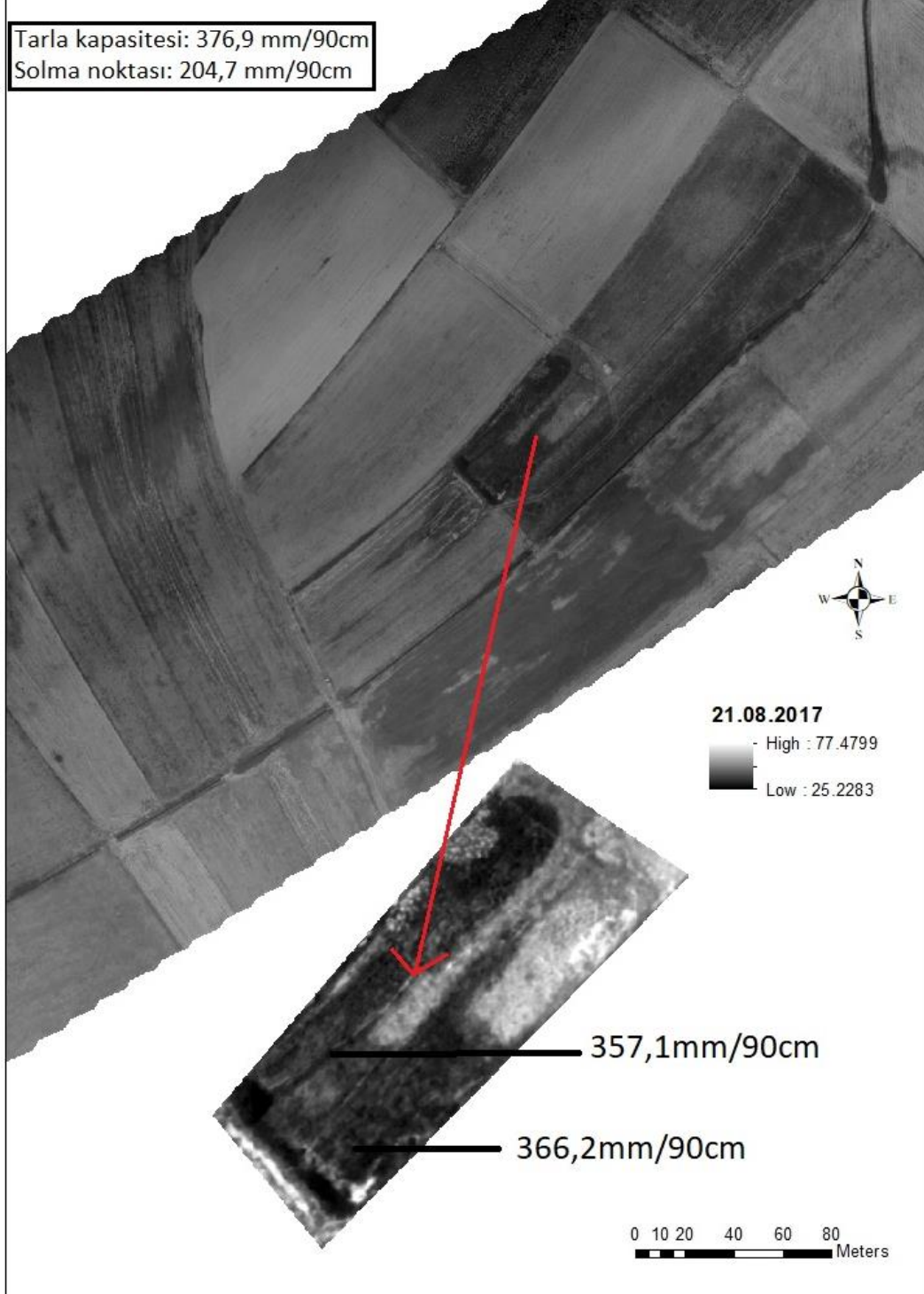
Şekil 4.24. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 4.24'te sebze ekili parsele ait termal görüntüde toprak nem değerleri ile yüzey ve taç sıcaklığı değerlerinin ilişkisi açıkça görülmektedir. Termal görüntüde çıplak toprak yüzeyinde ölçülen sıcaklık değerinin sulanan bölgelere göre daha yüksek olduğu net bir şekilde belirlenmiştir. Bu noktadan alınan toprak nem değeri solma noktası değerine (204,7 mm/90cm) oldukça yaklaşık bir değer ölçülmüştür. Sulanan bölgede ise toprak nem değerinin (298,4 mm/90cm) tarla kapasitesi değerine yaklaştığı belirlenmiştir.



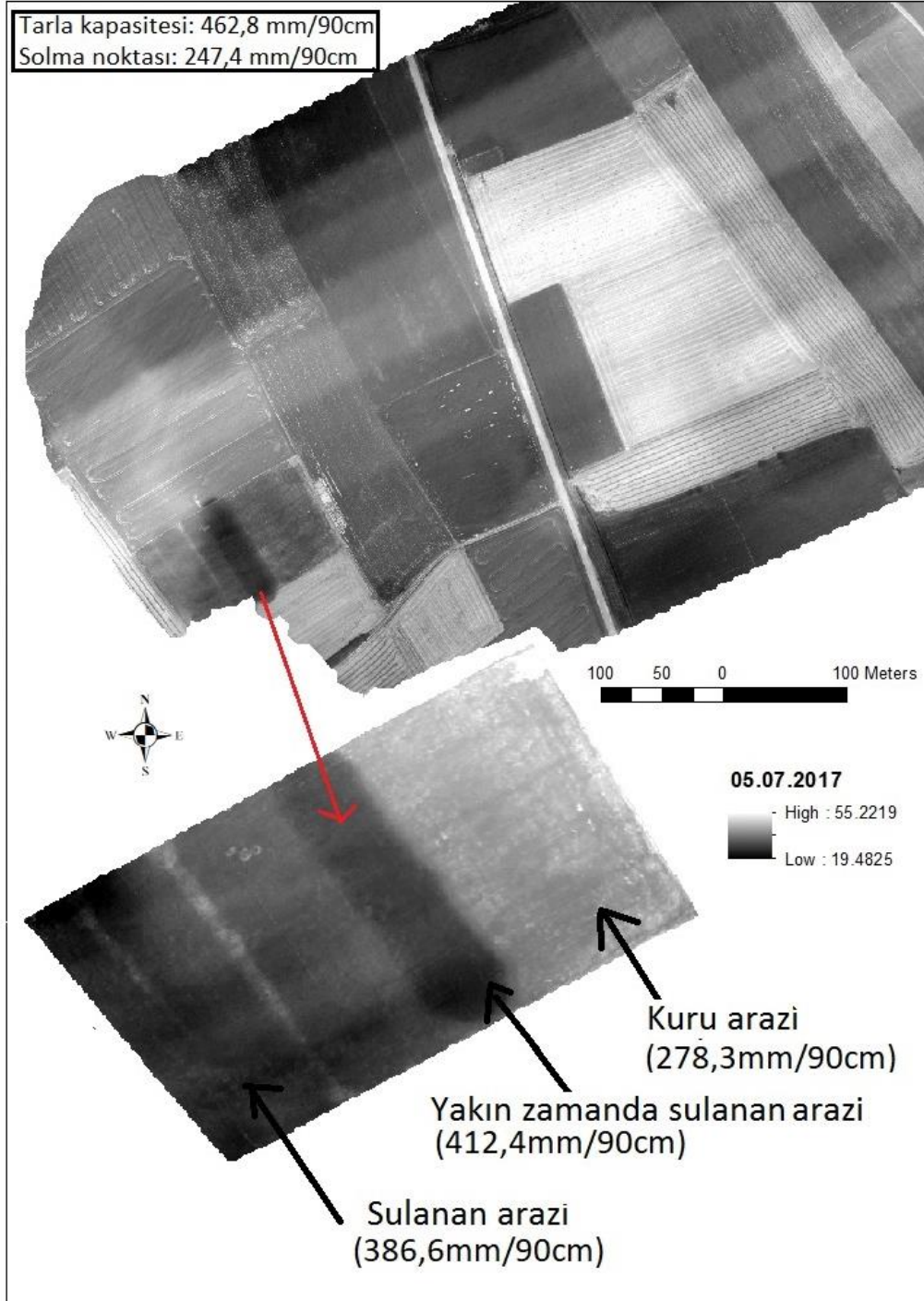
Şekil 4.25. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 4.25'te sebze ekili parselde 05.08.2017 tarihinde alınan görüntüde benzer olarak sulanan kısımlarda bitki sıcaklık değeri düşerken toprak nem değerinin 303,8 mm/90cm'e kadar yükseldiği belirlenmiştir.



Şekil 4.26. Sulama sahasına ait 21.08.2017 tarihli termal görüntü

Sebze ekili parselde ekim nöbetine bağlı olarak daha önce çıplak yüzey olan alanda bitki yetiştiriciliğinin yapılması ve bu bölgenin sulanması nedeniyle 05.08.2017 tarihinde 245,9 mm/90cm olan toprak neminin 21.08.2017 tarihinde 357,1 mm/90cm'ye kadar yükseldiği görülmektedir (Şekil 4.26). Bu durum termal ölçümlerde de sıcaklık değerinin düşüşü ile doğru orantılı olarak gözlemlenmiştir. Şekil 4.27'de çalışma alanına ait 05.07.2017 tarihli termal görüntü verilmiştir.



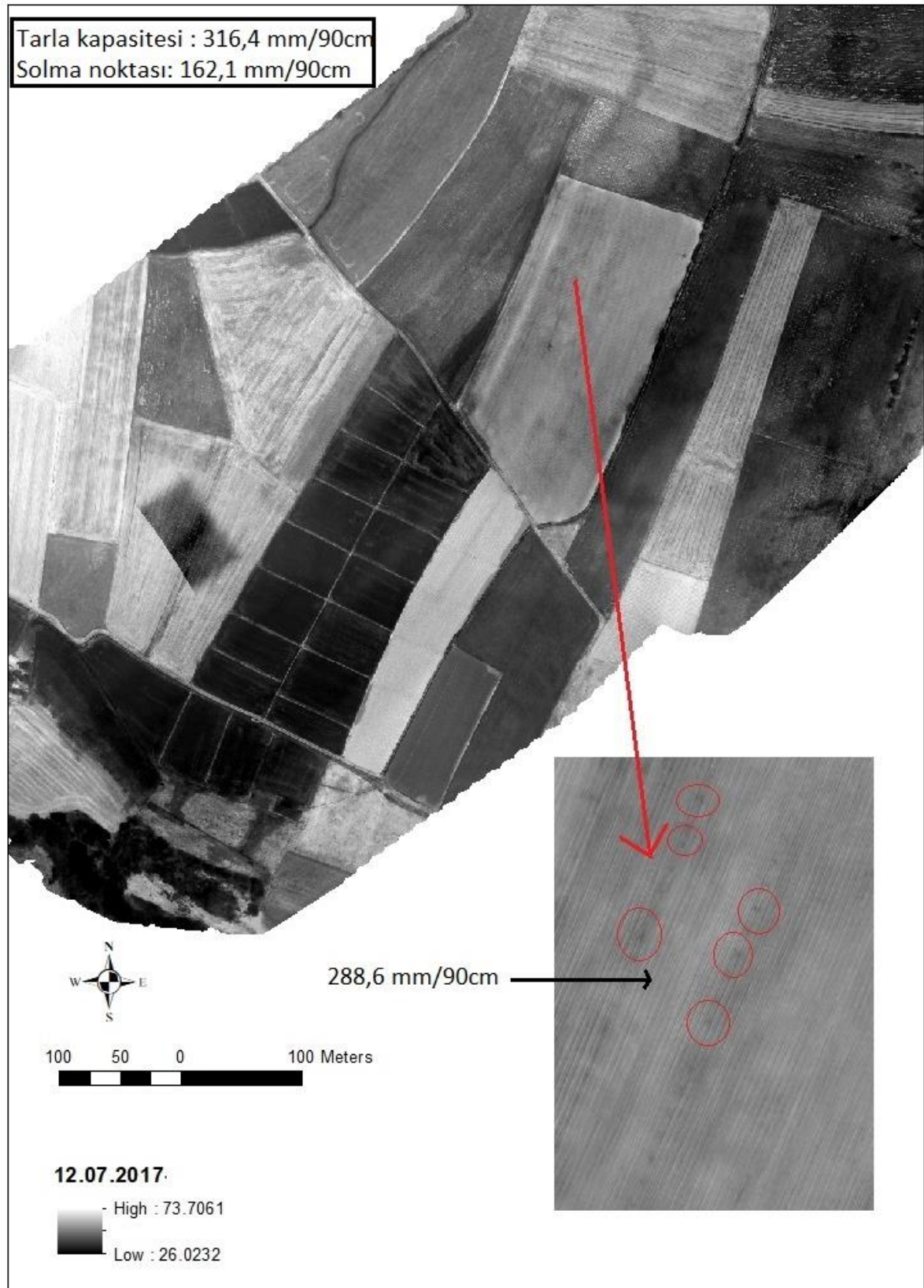
Şekil 4.27. Sulama sahasına ait 05.07.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 4.27’de yonca ekili parselde sulama esnasında çekilen görüntülerden lateral hattı açıkça görülmektedir. Bu hat boyunca sıcaklık değerinin parsel içerisinde en düşük olduğu, en yüksek sıcaklık değeri parsel içerisinde henüz sulanmamış bölgeden ölçülmüştür. Toprak nem değerleri incelendiğinde parselin henüz sulanmakta olan kısımdan alınan toprak nem değeri 412,4 mm/90cm, daha önce sulanmış kısımda, 386,6 mm/90cm ve henüz sulanmamış kısımda ise 278,3 mm/90 cm olarak ölçülmüştür. Termal görüntüler ile hem görsel hem de herhangi bir CBS programında (ArcGIS vb.) yapılabilecek sorgulamalar ile bu parselin ne kadarlık kısmının sulandığı belirlenebilmektedir.

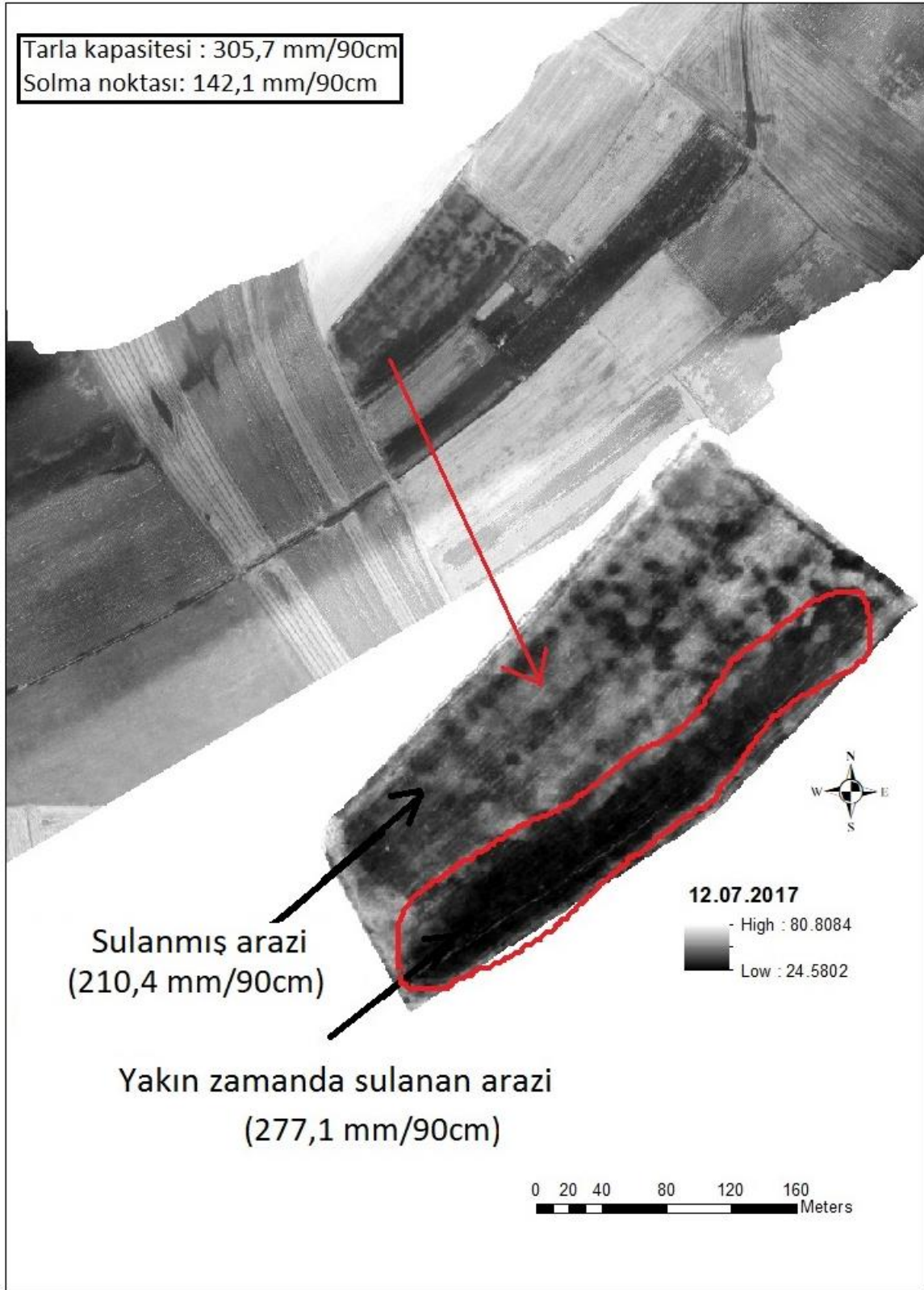
Taç sıcaklığı birçok çalışmada su stresinin bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Jackson ve ark. 1977, Idso ve ark. 1978, Jackson ve Pinter, 1981). Bu çalışmaların bazılarında iyi sulanan parselleri referans alınmıştır (Clawson ve Blad, 1982, Berliner ve ark. 1984) bazı çalışmalar da ise iyi sulanan ve stres altındaki bitkiler arasındaki fark dikkate alınmıştır (Idso ve ark. 1981, Jackson ve ark. 1981). Bu çalışmalarda susuz kalan bitkilerin stomalarını kapatarak ısı transferinin engellenmesi ile taç sıcaklığında meydana gelen sıcaklık artışı temel göstergedir (Erena ve ark. 2016).

Şekil 4.28’de buğday hasadı sonrası ikinci ürün mısırın ekildiği bir parsel görülmektedir. Bitki çıkış gerçekleştirilmeden önce çıplak toprak şartlarında lateral üzerinde yağmurlama başlıklarının bulunduğu bölgelere atılan fazla sulama suyu net bir şekilde ayırt edilebilmektedir. Arazi çalışmalarında toprak nem değeri ölçüm sonucunda 288,6 mm/90cm olarak ölçülmüştür. Buğday hasadı sonrası çıplak toprak yüzeyi 51-53 °C arasında değişirken sulama yapılmış bu parselde sıcaklığın 43 °C’ye kadar düştüğü saptanmıştır.

Şekil 4.29’da ise yonca, mısır sebze, karpuz ve çayır bitkilerinin sulandığı parseller gösterilmektedir. Farklı bitkilerin sulandığı bir anı yakalayan Şekil 4.29’da yonca ekili parselde görüntü alımı sırasında sulanan parsel kısmında toprak nem değeri 277,1 mm/90cm olarak ölçülmüşken, daha önce sulanmış olan parsel kısmında ise 210,4 mm/90cm olarak belirlenmiştir.



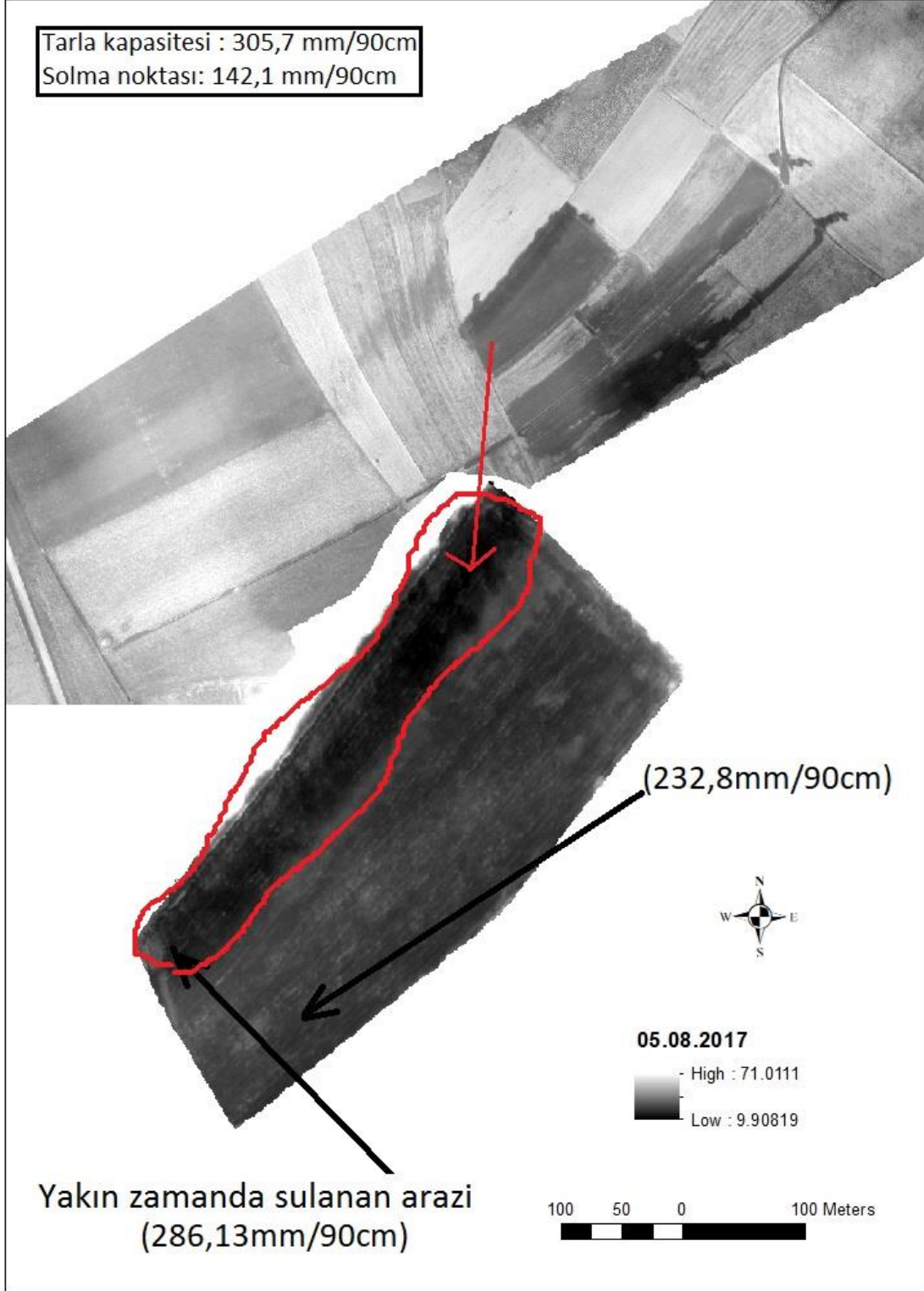
Şekil 4.28. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli termal görüntü



Şekil 4.29. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli termal görüntü

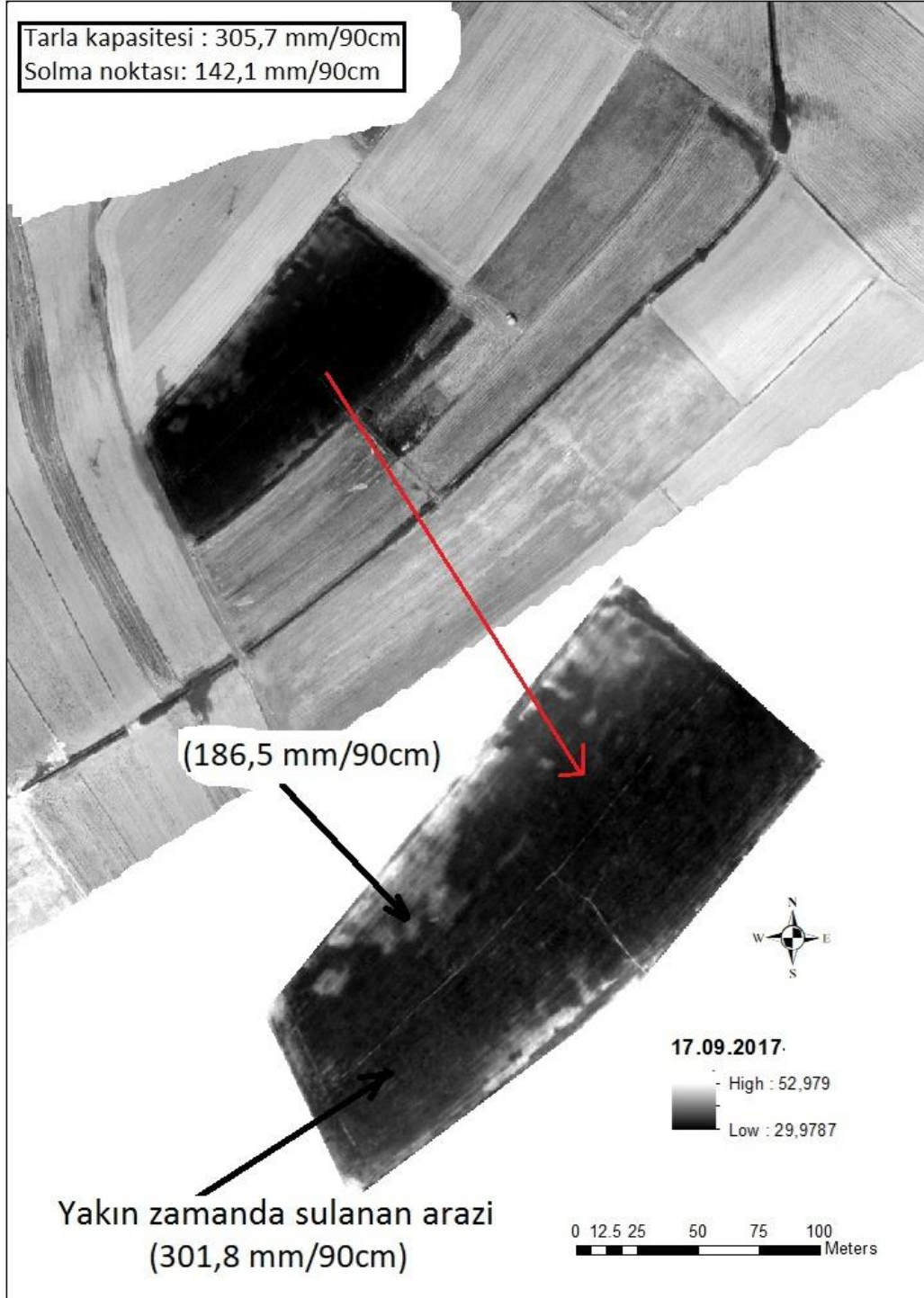
Şekil 29'da sulanmakta olan bölgede sıcaklık değeri 30-41 °C arasında değişirken daha önce sulanmış bölgede ise sıcaklık 53°C'ye kadar çıktığı görülmektedir. Şekil 4.29'da

yonca ekili parselde sulama esnasında çekilen görüntü üzerinde lateral hattı boyunca yapılan sulama faaliyeti net bir şekilde görülmektedir. Şekil 4.30'da yonca ekili parselde ait termal görüntü verilmiştir.



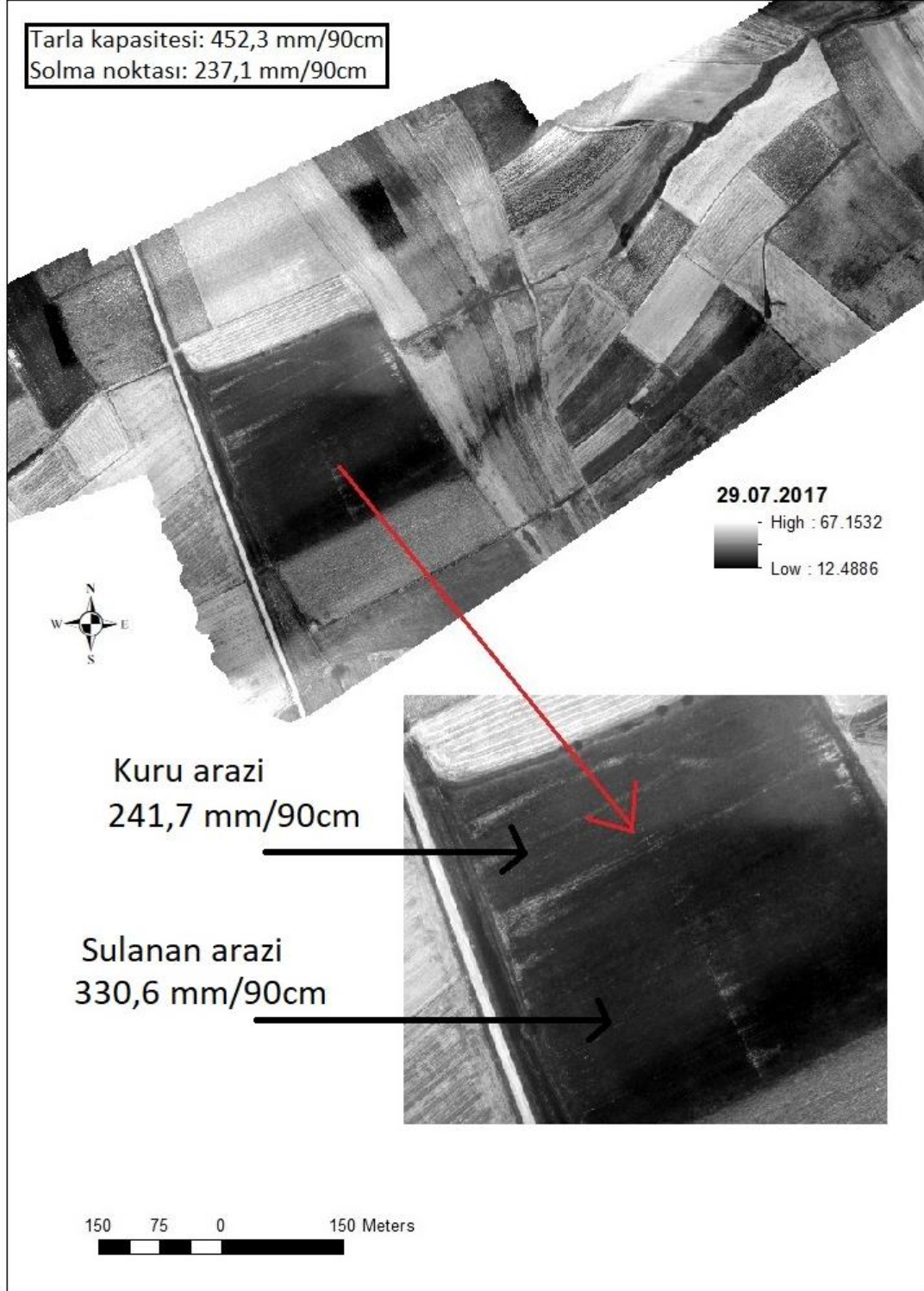
Şekil 4.30. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü

Toprak örnek analizleri sonucunda toprak nem değerlerinin o an sulama yapılan parselde 286,13 mm/90cm ve bir gün önce sulama yapılan parsel kısmında ise 232,8 mm/90cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.30). Ayrıca yanlış sulama uygulamaları nedeniyle sızma kayıpları da termal kamera yardımı ile rahatça fark edilebilmektedir. Şekil 4.31’de sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli termal görüntü verilmiştir



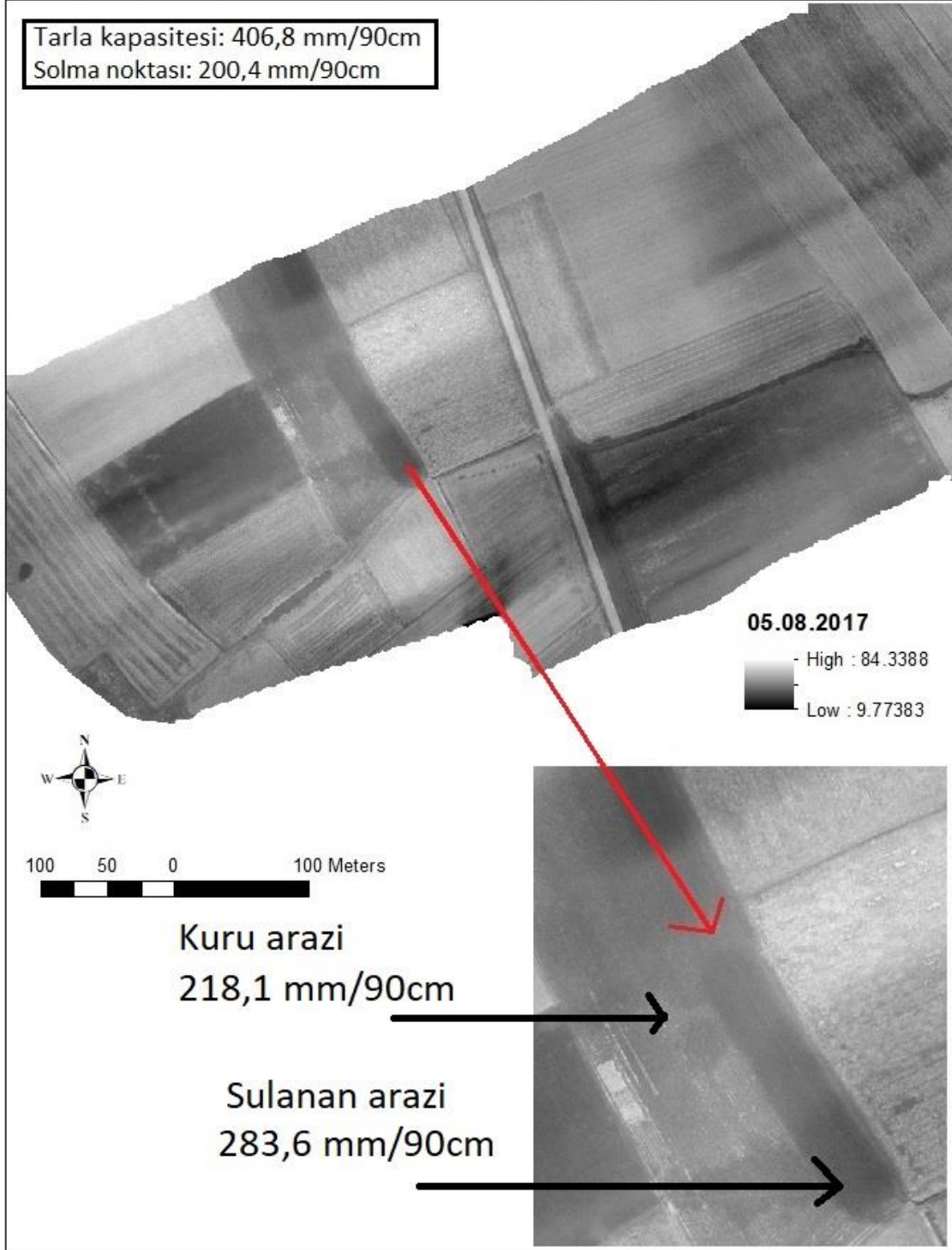
Şekil 4.31. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 4.31 incelendiğinde çiftçilerin tarla içi su dağıtımında yaşadıkları problemleri de görmemiz mümkün olmuştur. Sulama sonrası parselin kuzey kısmında kalan alanların yetersiz ve homojen sulanması nedeniyle toprak nem değerinin 186,5 mm/90cm’de kaldığı görülmektedir. Şekil 4.32’de şeker pancarı sulamasına ait bir görüntü verilmiştir.



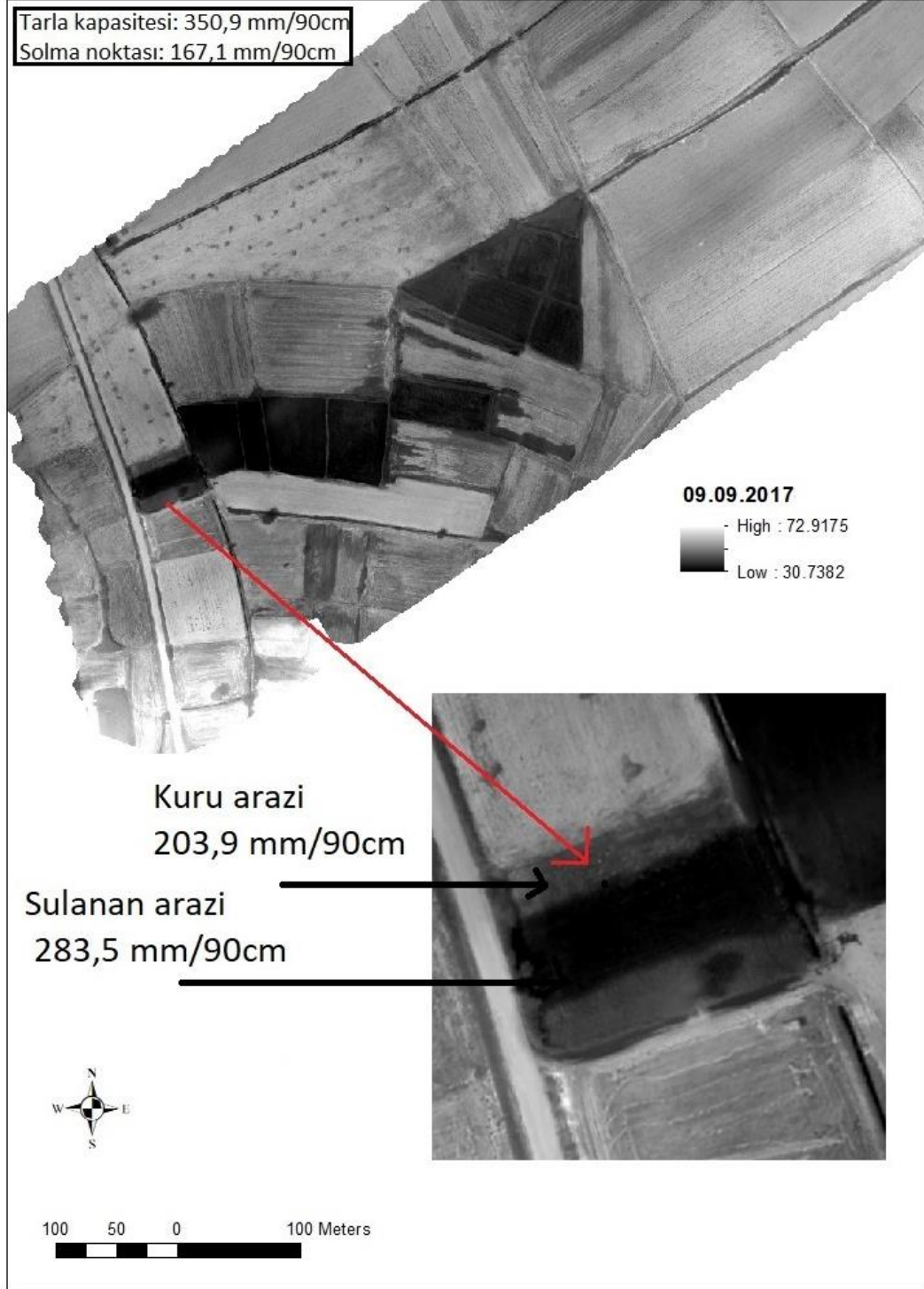
Şekil 4.32. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli termal görüntü

Sulanmış kısımlarda toprak nem değeri 330,6 mm/90cm, bitki taç sıcaklığı ise 31-34 °C arasında ölçülmüştür. Diğer taraftan, henüz sulanmamış parcel kısımlarında taç sıcaklığının 41 °C'ye kadar çıktığı görülmektedir. Şeker pancarı ekili ikinci parseldeki sulamaya ait bir görüntü aşağıda verilmiştir (Şekil 4.32). Çalışma alanına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü Şekil 4.33'te verilmiştir.



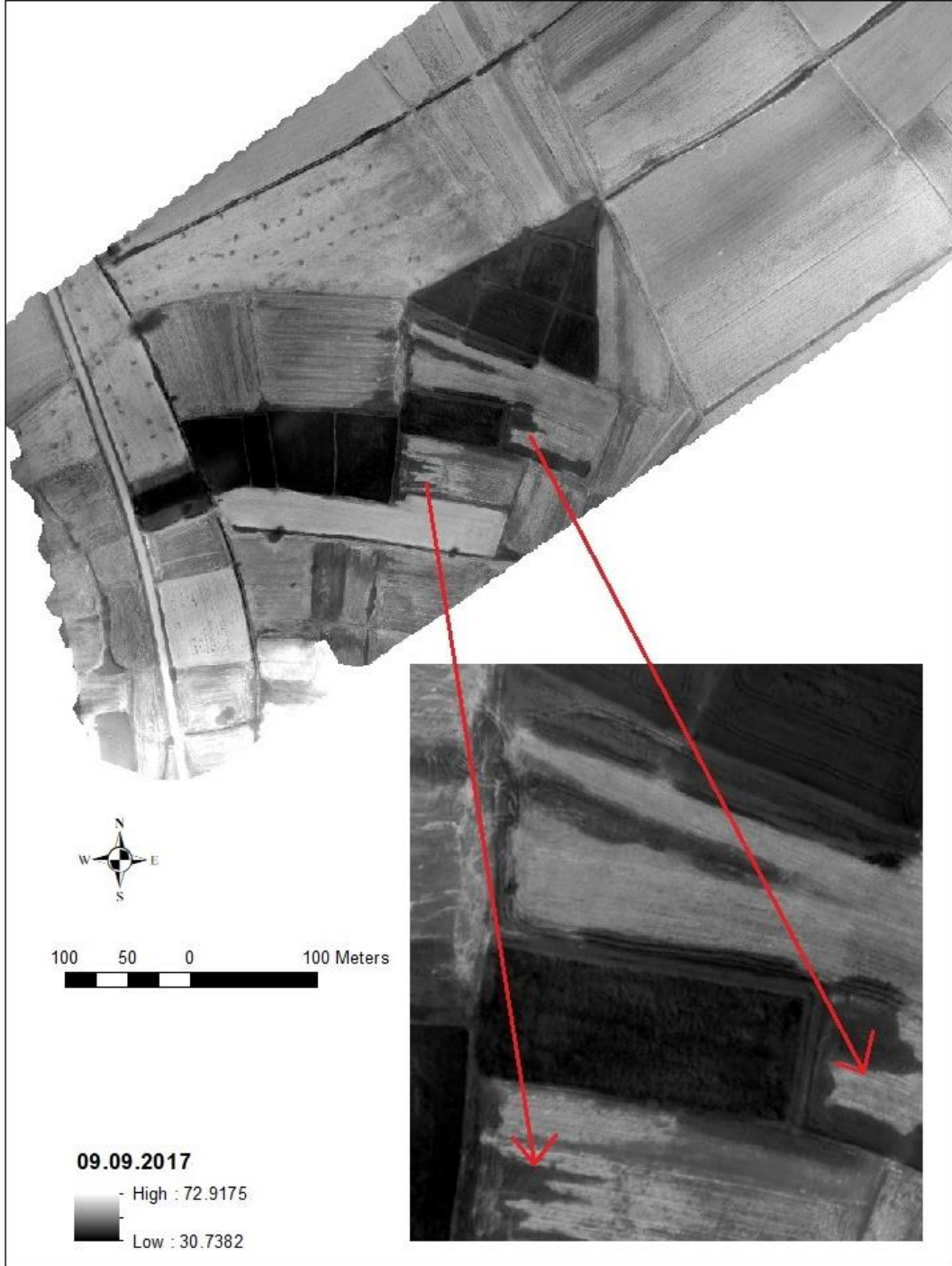
Şekil 4.33. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 4.33 şeker pancarı ekili parselde döşeli lateral hat boyunca gerçekleştirilen sulama faaliyeti çok net bir şekilde görülmektedir. Sulanan alanda toprak nem değeri 283,6 mm/90cm, sulama yapılmayan bölgede ise 218,1 mm/90cm olarak saptanmıştır. Sulanan alan ile kuru alan taç sıcaklık farkının yaklaşık 6 °C kadar olduğu belirlenmiştir. Şeker pancarı ekili üçüncü parselin termal görüntüsü Şekil 4.34’te verilmiştir.



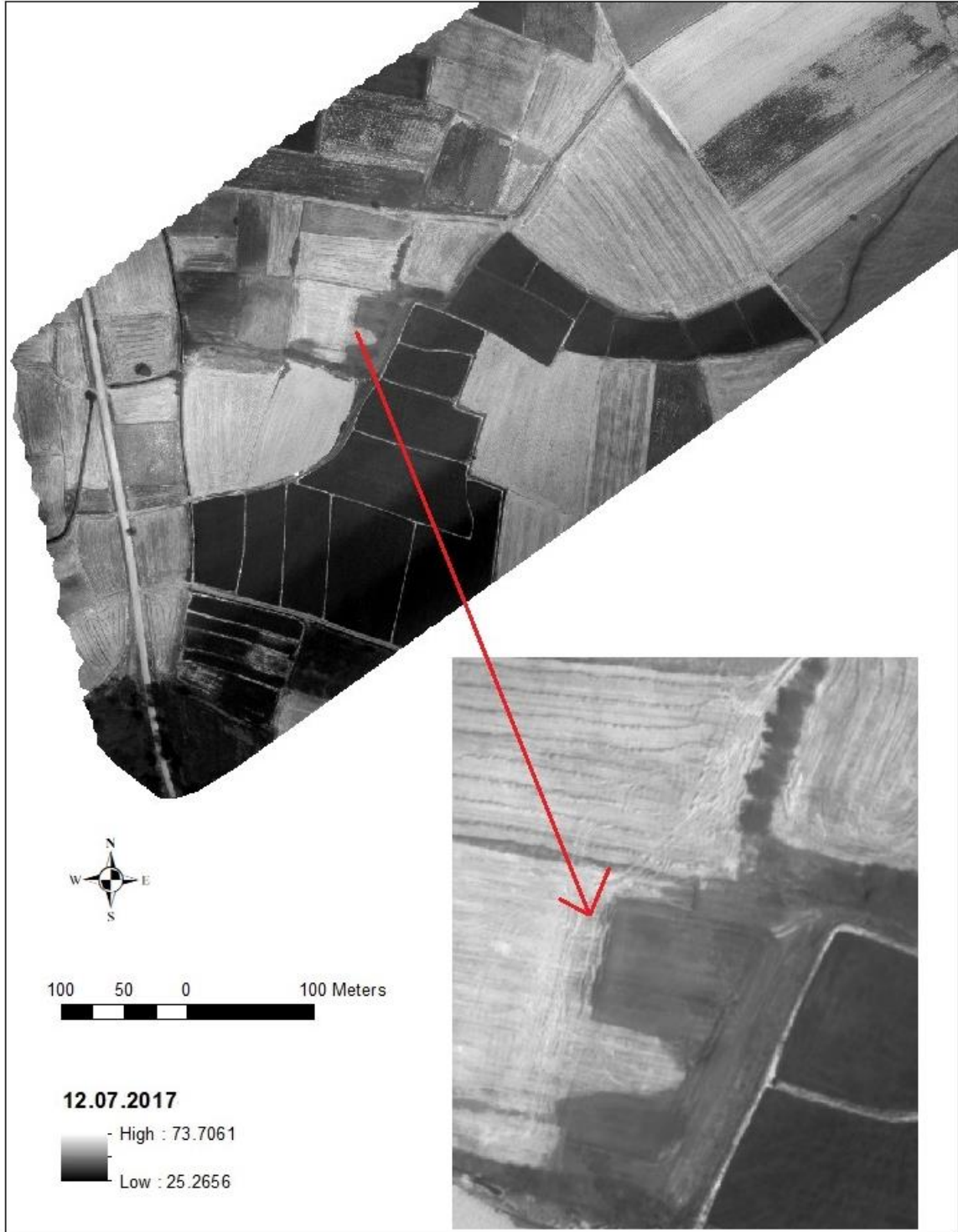
Şekil 4.34. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü

Şekerpancarına ait tarla parselinde yağmurlama başlıklarının hizmet ettiği alanda su dağılımı açıkça izlenebilmektedir (Şekil 4.34). Yapılan sorgulamada parsel içerisindeki sulanan alanda toprak nem değeri ve ortalama sıcaklık sırasıyla 283,5 mm/90 ve 33 °C iken sulanmamış alanda ise 203,9 mm/90 ve ortalama sıcaklık ise 40 °C olarak ölçülmüştür. Şekil 4.35'te sızma kayıplarının belirlenmesinde termal kameraların kullanım yeteneği ortaya konmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.35. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü

Termal kamera ile alınan 09.09.2017 tarihli görüntüde sızma miktarının boyutu çok rahat bir şekilde izlenebilmektedir (Şekil 4.35). Sızma kayıplarının olduğu bölgede ıslak alanda sıcaklık 38-40 °C arasında değişirken kuru toprak sıcaklığının 50 °C'ye kadar çıktığı saptanmıştır. Bir başka sızma kayıpları Şekil 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.36. Sulama sahasına ait 12.07.2017 tarihli termal görüntü

Şekil 4.36'da çeltik parsellerinin etrafında sızma kayıplarının ne denli büyük ölçülerde olabileceğini göstermektedir. Sızıntının olduğu bölgelerde sıcaklığın 40-44 °C arasında değiştiği, buna karşı kuru bölgelerin 60 °C'ye kadar çıktığı belirlenmiştir. Buğday ekili bu parsele sızma kayıpları nedeniyle biçerdöverler girememiş ve hasat gerçekleştirememiştir.

Berni ve ark. (2009b), İHA kullanarak yaptıkları Zeytin'de su stresini araştırdıkları çalışmada, taç sıcaklığı ile su potansiyel arasında $r^2=0.82$ 'lik yüksek bir ilişki bulduklarını bildirmişlerdir. (Sepulcre-Cantó ve ark.2006, 2007, Fereres ve Villalobos, 2009; Gonzalez-Dugo ve ark. 2012, Zarco-Tejada 2012) yüksek çözünürlüklü termal görüntü kullanarak farklı bitkilerde su stresinin saptayabildiklerini ifade etmişlerdir.

Ayrıca, Fereres ve Soriano (2007), kısıtlı sulama ve sulama etkinliğinin belirlenmesinde toprak etkisinin ortadan kaldırılabilmesi için yüksek çözünürlüklü görüntü alınması çok önemli olduğunu ifade etmişlerdir.. Bu bakımdan İHA ile kullanılan yüksek çözünürlüklü termal görüntülerin stres ve sulama tespitinde başarıyı arttırdığı görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sulama şebekelerinde bitki deseninin belirlenmesi çok uzun yıllardır uzaktan algılama ile ilgilenen araştırmacıların çalışmaları arasında yer almaktadır. Bu amaçla yıllar itibariyle farklı kaynaklar ve metotlar kullanılmıştır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak yer, zaman ve ekonomiklik boyutunda daha iyi veri sağlayan yöntemler geliştirildikçe araştırmacılar bu yöntemlere yönelmiş ve yeni teknikleri kullanmışlardır. Diğer birçok sektörde olduğu gibi bitki sınıflandırma işleminde de son yıllarda İHA'lar çok yaygın olarak kullanılmaya başlanmışlardır.

İHA'ların kullanımının artmasına neden olan özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Ekonomik olarak elde edilebilir olmaları,
- Her hangi bir şirketin uçuş planına bağlı kalmadan bireysel olarak uçurulabilir olması,
- Batarya sayısını arttırarak uçuş süresinin arttırılabilme olanağı,
- Uçuş yapacak personelin küçük alanlarda (bireysel parsellerde) büyük bir tecrübeye sahip olmalarına gerek olmaması,
- Yüksek çözünürlüklü görüntü alma,
- İşletme maliyetlerinin düşük olması,
- Üzerine monte edilen kamera sistemlerinin değiştirilebilir olması ile yüksek modifikasyon özelliği sayılabilir.

İHA'ların kullanımlarını kısıtlayan dezavantajlarıda bulunmaktadır:

- Donanım arttıkça maliyeti yükselmekte,
- Geniş alanlarda uçuş planı, görüntü analizi için gelişmiş programlara ihtiyaç duyulması,
- Görüntü elde etme ve analiz işlemleri için tecrübeli pilotlara ihtiyaç duyması,
- Geniş alanlarda mutlaka birden fazla bataryaya ihtiyaç duyulması,

- Yeterli çözünürlüğü sağlamak için yapılan alçak irtifa uçuşlarının görüntü alınan alanın küçülmesine neden olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Çalışma sırasında, sulama sahasına ait bitki deseni, İHA üzerine monte edilen multispektral kameranın sağladığı yüksek çözünürlüklü görüntüler yardımı ile tüm parsellerde çok rahat saptanabilmiştir. İHA'nın sağladığı yüksek çözünürlüklü görüntü nedeniyle, sulama sahasındaki bitki deseninin görsel yorumlama tekniği ile uydu görüntülerine göre çok daha rahat bir şekilde belirlenebildiği görülmüştür.

Sulama parsellerin belirlenmesinde multispektral ve termal görüntülerin kullanım olanakları araştırılmış ve her iki görüntünün de kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Ancak, termal kameranın gerek yüksek çözünürlüklü görüntü sağlaması gerekse çıplak toprak ve bitki taç yüzeyindeki sıcaklık farkını çok büyük hassasiyetle saptayabilme yeteneği nedeniyle sulama faaliyetleri çok daha net bir şekilde ortaya koyabildiği saptanmıştır. Bu durum ülkenin farklı bölgelerinde farklı sulamalar için İHA ve değişik görüntüleme teknolojilerinin kullanılabilirliğini göstermektedir.

Çalışma sırasında hava şartları müsait olduğu sürece sık aralıklarla araziye gidilerek görüntü alınmıştır. Ancak özellikle yağışlı ve rüzgârlı gibi hava koşullarında uçuşlar gerçekleştirilememesine neden olmuştur. Bu nedenle araştırma alanındaki yağmurlu ve rüzgârlı gün sayısı dikkate alınarak uçuş planlarının çıkartılması gerekmektedir.

Sıcaklığın çok yüksek olduğu dönemlerde özellikle Temmuz ayı sonu Ağustos ayı başlarında şarj problemi ile karşılaşmıştır. Aşırı sıcak koşullarında bataryalar şarj yapılamamakta ve soğuması için serin bir ortamda bekletilmesi gerekmiştir. Bu durum uçuş planlarının aksamasına zaman zaman yapılamamasına neden olmuştur. Bu durum ortaya çıktıktan sonra batarya sayısında artış sağlanarak problem giderilmeye çalışılmıştır. Geniş alanlarda yapılan çalışmalarda kesinlikle yeterli sayıda batarya bulundurulması gerekmektedir.

İHA üzerindeki multispektral kameranın dâhili 64 GB ve harici 32 GB hard disk bulunmaktadı. Araziye gidilen her gün uçuş yüksekliğine göre 50-60 GB veri almamız gerekmiştir. İHA üzerindeki kameraların mevcut hard disklerinin okuma ve yazma hızları arazi sonunda laboratuvarında veri transferinin geç yapılmasına neden olmaktadır. Okuma ve yazma hızı yüksek harici hard disk sayısı artırılarak bu problemin etkisi azaltılabilir. Ayrıca, görüntü işlemede büyük kapasiteli hızlı işlemcili bilgisayarlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Arazi alışmaları sırasında bazı günler İHA yazılım güncelleme isteği nedeniyle yapılamamıştır. Sık aralıklarla yazılım güncellemelerinin kontrol edilmesi arazide bu tür aksaklıklarla karşılanmamasına yardımcı olacaktır.

Büyük arazilerde döner kanat İHA yerine sabit kanat İHA'ların kullanımının daha faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akbari M, Mamanpoush AR, Gieske A, Miranzadeh M, Torabi M and Salemi HR (2006). Crop and Land Cover Classification in Iran Using Landsat 7 Imager, *International Journal of Remote Sensing*, 27 (19): 4117-4135.
- Akkuzu E, Camoglu G., Kaya U (2010). Diurnal Variation of canopy temperature differences and leaf water potential of field-grown olive trees (*Olea europaea* L. Cv. Memecik). *Philippine Agricultural Scientist*, 93 (4): 399–405.
- Aksoy E, Özsoy G, Dirim M ve Tümsavaş Z (2001). GAP II. Tarım Kongresi “Arazi Örtü/Arazi Kullanım Haritalamada Uzaktan Algılama ve CBS Tekniklerindeki Son Gelişmeler: U.Ü. Kampus Alanı Örneği”, 24-26 Ekim 2001. Şanlıurfa. II. Cilt s: 1045-1052.
- Aküzüm T, Çakmak B ve Benli B (1999). Yirmibirinci Yüzyılda Dünyada Su Sorunu. 7.Kültürteknik Kongresi, s.8-16, Nevşehir.
- Akyürek S (2012). İnsansız Hava Araçları Muharebe Alanında ve Terörle Mücadele Devrimsel Dönüşüm (Rapor No:53), Ankara BİLGESAM.
- Alves I and Pereira LS (2000). Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling with infrared thermometers: A new approach. *Irrigation Science*, 19:101-106.
- Anderson K, Gaston KJ (2013). Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Front Ecol Environ*;11: 138–146.
- Anonim (1969). Hayrabolu Projesi Planlama Raporu. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSĞ Genel Müdürlüğü.
- Anonim (2012) Konya ovası projesi (KPP) ve Konya Tarım Eylem Planı Raporu. 24p.
- Anonim (2019a). <http://www.dsi.gov.tr/docs/hizmet-alanlari/tarim-sulama.pdf> (Erişim Tarihi: 11.05.2019).
- Anonim (2019b). <https://www.google.com/maps/@41.2979517,27.086473,3529m/data=!3m1!1e3> (Erişim Tarihi: 11.05.2019).
- Anonim (2019c). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi internet sitesi, Tekirdağ İli Uzun Yıllık İklim <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&dm=TEKIRDAG>. (Erişim Tarihi: 10.05.2019)
- Aparicio N, D Villegas, J Casadesus, JL Araus and C Royo (2000). Spectral vegetation indices as nondestructivetools for determining durum wheat yield. *Agron. J.*, 92:83–91.
- Austin R (2011). Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment, Vol. 54 John Wiley and Sons,
- Ayhan E, Karşlı F, Tunç E (2003). Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma ve analiz, *Harita Dergisi*, Sayı 130, Ankara. 32-46s.
- Bahadır M (2007). Yalova İli Arazi Kullanımının Uzaktan Algılama Teknikleri Yardımıyla Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar Kocatepe Üni, Afyon.
- Bahadır M (2011). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Acıgöl Havzası'nın Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Afyonkarahisar, 359.
- Baluja J, Diago MP, Balda P, ZORER R, Meggio F, Morales F,ve Tardaguila J (2012). İnsansız bir hava aracı (UAV) kullanarak termal nd multispektral görüntüleri ile bağ su durumu değişkenliğinin değerlendirilmesi *Irrig.Sci.* 30 (6). 511-522.
- Barnes EM, Clarke TR; Richards SE (2000) “Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based Multispectral data”, *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture*. Bloomington, MN, USA.

- Bégué A, Arvor D, Lelong C, Vintrou E, Simoes M (2015). Agricultural systems studies using remote sensing. In *Remote sensing Handbook. Vol. II: Land Resources: Monitoring, Modeling, and Mapping*; Thenkabail, P.S., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; Taylor and Francis Group: London, UK; New York, NY, USA, pp. 113–130
- Bellvert J, Marsal J, Girona J, Gonzalez-Dugo V, Fereres E, Ustin SL, Zarco-Tejada PJ (2016). Airborne thermal imagery to detect the seasonal evolution of crop water status in peach, nectarine and Saturn peach orchards. *Remote Sens.*8,39.
- Benami A ve Diskin MH (1965). Design Of Sprinkler Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agriculture Engineering Inst. Israel, 23s.
- Berni J, Zarco-Tejada PJ, Suarez L, Fereres E (2009a) Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. *IEEE Trans Geosci Remote Sens* 47(3):722–738.
- Berni J, Zarco-Tejada PJ, Suárez L, González-Dugo V, Fereres E (2009b) Remote sensing of vegetation from UAV platforms using lightweight multispectral and thermal imaging sensors. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci* 38 (6), 6
- Burrough PA ve McDonnell RA (1998). Principles of Geographical Information 63 Systems. *Oxford University Press Inc.:* New York.
- Campbell JB, Wynne RH (2011). Introduction to Remote Sensing. New York., USA. 667s.
- Clawson and Blad, 1982 K.L. Clawson, B.L. Blad Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn *Agronomy J.*, 74 (1982), pp. 311-316
- Collins JB ve CE Woodcock (1996). An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal Landsat TM data, *Remote Sensing of Environment*, 56(1):66-77.
- Crookston K (2006). A top 10 list of developments and issues impacting crop management and ecology during the past 50 years. *Crop Science*, 46, 2253-2262.
- Çakmak B (1999). Sulama Yönetimi Ziraat Mühendisleri Dergisi, Türk Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği ve Vakfı Yayını, s. 25-27, Ankara.
- Çay T, Nas B, Berktaş A, İşcan F (2007). Katı Atık Deponi Alanlarının Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Uygulaması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- Çölkesen İ (2015). Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak benzer spektral özelliklere sahip doğal nesnelere ayırt edilmesine yönelik bir metodoloji geliştirme, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 247s
- Dewidar KHM, (2004). Detection of Land use/Land cover Changes for The Northern Part of The Nile Delta (Burullus region) Egypt, *International Journal of Remote Sensing*, 25 (20): 4079-4089.
- Dikmen M (2015). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 14; 145-176.
- Diñç U, Şenol S, Yeğingil İ, Çullu MA (1995). Göksu Deltası Arazi Kullanım Haritasının Spot Uydu Verileri Kullanılarak Hazırlanması. Türkiye Toprak İlimi Derneği, İlhan Akalan Çevre Sempozyumu, Yayın No:7, Cilt 1 Ankara
- DJI (2019a). DJI Matrice 600 Pro Teknik Özellikleri <https://www.dji.com/matrice600-pro> (Erişim Tarihi: 10.05.2019).
- DJI (2019b). Zenmuse XT Termal Kamera Teknik Özellikleri, <https://www.dji.com/zenmuse-xt?site=brandsiteandfrom=nav> (Erişim Tarihi: 10.05.2019).
- Ekerin S (2010). Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılamaya Giriş Ders Notları. Aksaray.

- Erena M, Montesinos S, Portillo D, Alvarez J, Marin C, Fernandez L, Henarejos JM, Ruiz L, (2016). Configuration And Specifications of an Unmanned Aerial Vehicle for Precision Agriculture. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B1, XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic
- Fereres E, Cruz-Romero G, Hoffman GF and Rawlins S L (1979). Recovery of orange trees following severe water stress. *Journal of Applied Ecology*, 16, 833–842.
- Fereres E and Soriano M (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58, 147–159
- Fitzgerald G, Rodriguez D, O’Leary G (2010). Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field Crops Research*, 116 (3), pp. 318–324.
- Fukagawa T, K Ishii, N Noguchi and H Terao (2003). Detecting crop growth by amultispectral imaging sensor. ASAE Paper No. 033125. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Garcia-Ruiz F, Sankaran S, Maja JM, Lee Ws, Rasmussen J, Ehsan R (2013). Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees. *Computers and Electronics in Agriculture* 91 (2013) 106–115.
- Gençoğlan C, Yazar A (1999). Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisinde infrared termometre değerlerinde yararlanılarak bitki su stresi indeksi (CWSI) ve sulama zamanının belirlenmesi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23: 87–95.
- Gitelson AA, Merzlyak MN (1996). Signature Analysis of Leaf Reflectance Spectra. Algorithm Development for Remote Sensing of Chlorophyll. *Journal of Plant Physiology*, 148 (3-4), pp. 494–500
- Gonzalez-Dugo V, Zarco-Tejada P J, Berni J A, Suarez L, Goldhamer D and Fereres E (2012). Almond tree canopy temperature reveals intra-crown variability that is water stress-dependent. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154–155, 156–165
- Goodchild MF (2009). Geographic Information Systems and Science: Today and Tomorrow. *Annals of GIS*. 15(1): 3–9.
- Grace NLS, Mitishita E, Gonçalves J (2017). Use of UAV platform as an autonomous tool for estimating expansion on invaded agricultural land. *Bulletin of Geodetic Sciences, Articles Section, Curitiba*, v. 23, No 3, 509-519.
- Guo T, Kujirai T, Watanabe T (2012). Mapping Crop Status From An Unmanned Aerial Vehicle for Precision Agriculture Applications. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B1.
- Herwitz SR, Johnson LF, Dunagan SE, Higgins RG, Sullivan DV, Zheng J, Lobitz BM, Leung JG, Gallmeyer BA, Aoyagi M, Slye RE, Brass JA (2004). Imaging from an unmanned aerial vehicle: Agricultural surveillance and decision support *Computers and Electronics in Agriculture* 44. 49–61.
- Hormigo T, Araújo J (2013). A Micro-UAV System For Forest Management, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Rostock, Germany
- Huang Z, Jia X and Ge L (2010). Sampling Approaches for One-pass Land-use/Land-cover Change Mapping, *International Journal of Remote Sensing*, 31(6): 1543-1554.
- Hunt ER, Walthall CL and Daughtry CST (2005). Highresolution multispectral digital photography using unmanned airborne vehicles. In *Proc. 20th biennial workshop on aerial photography, videography, and high resolution digital imagery for resource assessment* (pp.1536e1539). Weslaco, TX: ASPRS.
- Idso SB, Jackson RD, Reginato R.J (1978). Extending the “degree day” concept of phenomenological development to include water stress effects *Ecology*, 59 pp. 431-433

- Idso SB, R.D Jackson, PJ Pinter, RJ Reginato, JL Hatfield (1981). Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability *Agric. Forest Meteorol.*, 24 pp. 45-55.
- Jackson RD, Idso SB, Reginato RJ, Ehler W.L (1977). Crop temperature reveals stress *Crop Soils*, 29 pp. 10-13.
- Jackson RD, Idso SB, Reginato RJ, Pinter JR(1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator *Water Resour. Res.*, 17 (4), pp. 1133-1138.
- Jackson RD, Pinter JR(1981). Detection of water stress in wheat by measurement of reflected solar and emitted thermal IR radiation *Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing*, Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles, France pp. 399-406
- Jackson RD (1982). Canopy temperature and crop water stress. *Advances in Irrigation Research*, 1: 43-85.
- Jähne B (2005). *Digital Image Processing*, 6nd ed., Springer Berlin Heidelberg Press,.
- Jensen J R (1996). *Introductory Digital Image Processing: a Remote Sensing Perspective* (2nd ed.) London: Prentice-Hall Inc. 305p.
- Jensen JR (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (3 rd ed.).Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 526 p.
- Jones CL, Schofield P (2008). Thermal and other remote sensing of plant stress. *Gen. Appl. Plant*, 34 (1-2): 19-32.
- Jones HG, Leinonen I (2003). Thermal imaging for the study of plant water relations. *J. Agric. Meteorol.*, 59: 205-217.
- Jones HG, Stoll M, Santos T, de Saousa C, Chaves MM, Grant O (2002). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 53: 2249-2260.
- Kaimaris D, Patias P, Sifnaiou M (2017). UAV and comparison of image processing software. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*. Vol 5, 1, 18-27.
- Karakuş CB (2009). Sivas ve Yakın Yöresi Arazi Kullanımı ve Çevre Yönetimi Planlaması. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Sivas, 117.
- Klute A and Dirksen C (1986). *Hydraulic Conductivity And Diffusivity; Laboratory Methods, Ğn Methods Of Soil Analysis*. Edited By A. Klute. American Society of Agronomy. Madison. Wise, Chap, 28,pp, 200-203.
- Kök T (2012). “İnsansız Hava Araçlarının Güvenli Kullanımı için Spektrum İhtiyaçlarının Belirlenmesi ile İlgili Öneriler”, Teknik Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri Kurumu.
- Köksal ES, Üstün H, İlbeyi A (2010). Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24 (1): 25-36.
- Konukçu HÖ (2007). Sulama Yönetiminde Uzaktan Algılama Tekniğı ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Lai P(1990). Feasibility of Geographic Information Systems Approach for Natural Resource Management. *Environmental Management* Vol. 14, No. 1, pp. 73-80
- Laliberte AS, Herrick JE, Rango A, Winters C (2010). Acquisition, Ortho Rectification, And Object-Based Classification Of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery For Rangeland Monitoring. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 76(6): 661-672

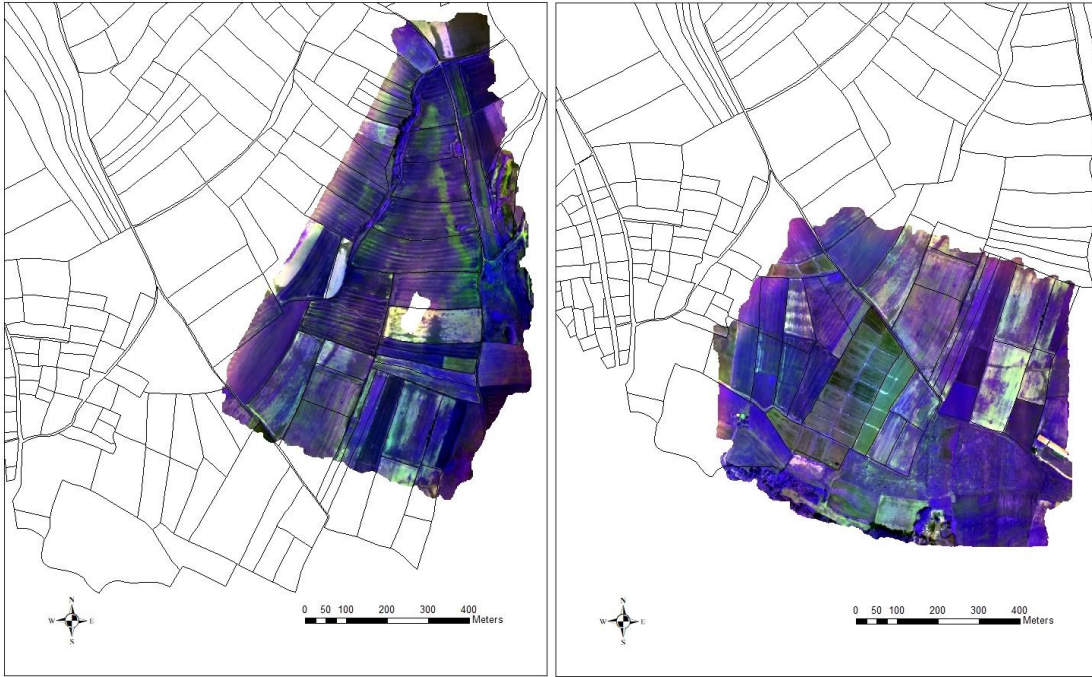
- Laliberte AS, Rango A (2009). Textureandscale In Object-Based Analysis Of Sub-Decimeter Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery. *IEEE Transactions On Geoscienceand Remote Sensing*, 47(3):761–770
- Larsson H (2002). Analysis of Variations in Land Cover Between 1972 and 1990, Kassala Province, Eastern Sudan, Using Landsat MSS Data, *International Journal of Remote Sensing*, 23 (2): 325-333.
- Le Boeuf J (2000). Practical applications of remote sensing technology an industry perspective. *HortTechnology*.10, 475–480.
- Lelong CC, BurgerP, Jubelin G, Roux B, Labbé S, Baret F (2008).Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots. *Sensor* 8 (5), 3557–3585.
- Lillesand TM, Kiefer RW and Chipman J (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation* (6th Ed). Wiley and Sons, New York.
- Malet JP and Bogaard TA (2012). Integration Of Technologies For Landslide Monitoring And Quantitative Hazard Assessment. *Engineering Geology*, 128 (2012), S. 1.
- Matese A, Toscano P, Di Gennaro SF, Genesisio L, Vaccari FP, Primicerio J, Belli C, Zaldei A, Bianconi R, Gioli B (2015). Intercomparison of uav, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. *Remote Sensing*. 7(3):2971-90.
- Moran MS, Clarke TR, Inoue Y, Vidal A (1994). Estimating crop water deficit using the relation between surface – air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sens. Environ.*, 49:246-263.
- Moran MS, Rahman AF, Washburne JC, Goodrich DC, Waltz MA and Kustas WP (1996). Combining the Penman-Monteith equation with measurements of surface temperature and reflectance to estimate evaporation rates of semiarid grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80:87-109.
- Mulla DJ (2012). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystem Engineering. Special Issue: Sensing in Agriculture Review*.(114). 358-371.
- Musaoğlu N, Tanik A ve Kocabas V (2005). Identification of Land-cover Changes through Image. Processing and Associated Impacts on Water Reservoir Conditions. *Environmental Management* 35(2): 220-230.
- Öner Ç (2003). Toprak-Su İlişkileri ve Toprak Suyu Ölçüm Yöntemleri, T.C. Tarım Ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 89s.
- Parrot (2019). Parrot Sequoia Multispektral Kamera Teknik Özellikleri, <https://www.parrot.com/business-solutions-us/parrot-professional/parrot-sequoia#parrot-sequoia-> (Erişim Tarihi: 10.05.2019).
- P Berliner, DM Osterhuis, GC (1984). Green Evaluation of the infrared thermometer as a crop stress detector *Agric. Forest Meteorol.*, 31 pp. 219-230.
- Prashar A, Jones HG (2014). Infra-Red Thermography as a High-Throughput Tool for Field Phenotyping, *Agronomy*, 4: 397-417.
- Rango A, Laliberte A, Herrick JE, Winters C, Havstad K, Steele C, Browning D (2009). Unmanned Aerial Vehicle Based Remote Sensing For Rangeland Assessment, Monitoring, And Management, *Journal of Applied Remote Sensing*, 3(1): 033542-033542.
- Redo D (2012). Mapping Land-use and Land cover Change along Bolivia’s Corridor Bioceanico with CBERS and the Landsat series: 1975-2008, *International Journal of Remote Sensing*, 33 (6): 1881-1904.

- Reginato RJ (1983). Field Quantification Of Crop Water Stress, *Trans. ASAE*, 26(3): 772-775/781.
- Rouse JW, R H Haas, J A Shell and D W Deering (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS1. In *Proc. 3rd Earth Resources Technology Satellite Symp.*, 1: 309317. NASA SP351. Washington, D.C.: NASA.
- Royo C, N Aparicio, D Villegas, J Casadesus, P Monneveux and JL Araus (2003). Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting Mediterranean conditions. *Int. Journal of Remote Sensing*, Vol:24: No: 4 403–4 419.
- Sanver İS (2008). Kentsel Yayılmanın Çevreye Etkilerinin Uzaktan Algılama Yöntemiyle Belirlenmesi Ölüdeniz (Fethiye). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saripalli S, Montgomery JF ve Sukhatme GS (2003). Visually Guided Landing of an Unmanned Aerial Vehicle. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 19, NO. 3, JUNE 2003 371.
- Sertel E, Sağlam M, Özelkan E, Yay I, Gündüz A, Demirel H, Şeker DZ, Kaya Ş, Albut S, Örmeci C, Boz Y (2011). Tekirdağ İlindeki Bağ Alanlarının Mekânsal Dağılımının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Belirlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1822 Nisan 2011, Ankara.
- Siegmann B, Jarmer T, Lilienthal H, Richter N, Selige T, Höfle B (2013). “Comparison of narrow band vegetation indices and empirical models from hyperspectral remote sensing data for the assessment of wheat nitrogen content. In: *Proc. 8th EARSeL SIG-Imaging Spectroscopy Workshop*, Nantes, April 08-10th 2013.
- Sepulcre-Cantó G, Zarco-Tejada PJ, Jiménez-Muñoz JC, Sobrino JA, Miguel ED and Villalobos FJ (2006). Detection of water stress in an olive orchard with thermal remote sensing imagery. *Agricultural and Forest Meteorology*, 136(1–2), 31–44.
- Sepulcre-Cantó, G, Zarco-Tejada P J, Jiménez-Muñoz J C, Sobrino JA, Soriano MA, Fereres E (2007). Monitoring yield and fruit quality parameters in open-canopy tree crops under water stress. *Implications for ASTER. Remote Sensing of Environment*, 107, 455–470.
- Tayem (2013). Analysis of Adana Agricultural Irrigation Infrastructure, Irrigation Problems, and Solution Suggestions. Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock. Adana, 90p.
- Tempfli K, Kerle N, Huurneman G C and Janssen LLE (eds.) (2009). *Principles of RemoteSensing*. Enschede, the Netherlands: ITC.
- Thenkabail PS, Smith RB and Pauw E D (2000). Hyperspectral vegetation indices and their relationships with Agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment*, 71, 158-182.
- Thomson SJ, Ouellet CM, DeFauw SL, Huang Y, Fisher DK (2012). English P.J. Potential and Challenges in Use of Thermal Imaging for Humid Region Irrigation System Management, *Journal of Agricultural Science*, 4(4).
- Todd SW, Hoffer RM (1998). Responses of spectral indices to variations in vegetation cover and soil background. *Photogram. Eng. Remote Sens.*, 64, 915-921.
- Torres-Vera MA, Prol-Ledesma RM ve Garcia-Lopez D (2009). Three Decades of Land use Variations in Mexico City, *International Journal of Remote Sensing*, 30 (1): 117-138.
- Turner D, Lucieer A, Watson C (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sens.* 4 (5), 1392–1410. *UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/271203582_UAVs_challenge_to_assess_water_stress_for_sustainable_agriculture [accessed Nov 6, 2016].

- Uzun S (2017). Kayseri Koşullarında Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Bezelyede Su Verim ilişkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- Valta-Hulkkonen K, Partanen S and Kanninen A (2003). Remote sensing as a tool in the aquatic macrophyte mapping of a eutrophic lake: a comparison between visual interpretation and spectral sorting. Proceedings of the 9th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, pp. 79– 90, Espoo, FI.
- Walker GK, Hatfield JL (1979). Test of stress-degree-day concept using multiple planting dates of red kidney beans. *Agronomy J.*,71:967-971.
- Yerdelen A, Mermer A, Dedeoğlu F, Yıldız H, Kaya Y, Süzer S, Öcal M B (2008), Edirne İlinde Ürün Deseninin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi ve Ayçiçeği Verim Tahmini, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 17 (1-2).
- Yomralıoğlu T (2003). Coğrafi Bilgi Sistemi Politikası. Çağrılı Bildiri, *TUJK CBS ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, s.104-113, ISBN: 975-591-587-7, Konya.
- Zarco-Tejada PJ, Catalina A, González MR, Martín P (2013). Relationships between net photosynthesis and steady-state chlorophyll fluorescence retrieved from airborne hyperspectral imagery. *Remote Sens Environ* 136:247–258.
- Zarco-Tejada PJ, González-Dugo V, Berni JAJ (2012). Fluorescence, temperature and narrowband indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a microhyperspectral imager and a thermal camera. *Remote Sens Environ* 117:322–337.
- Zhang C and Kovacs JM (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.
- Zhang N, Wang M and Wang N (2002). Precision agriculture: a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 113e132.

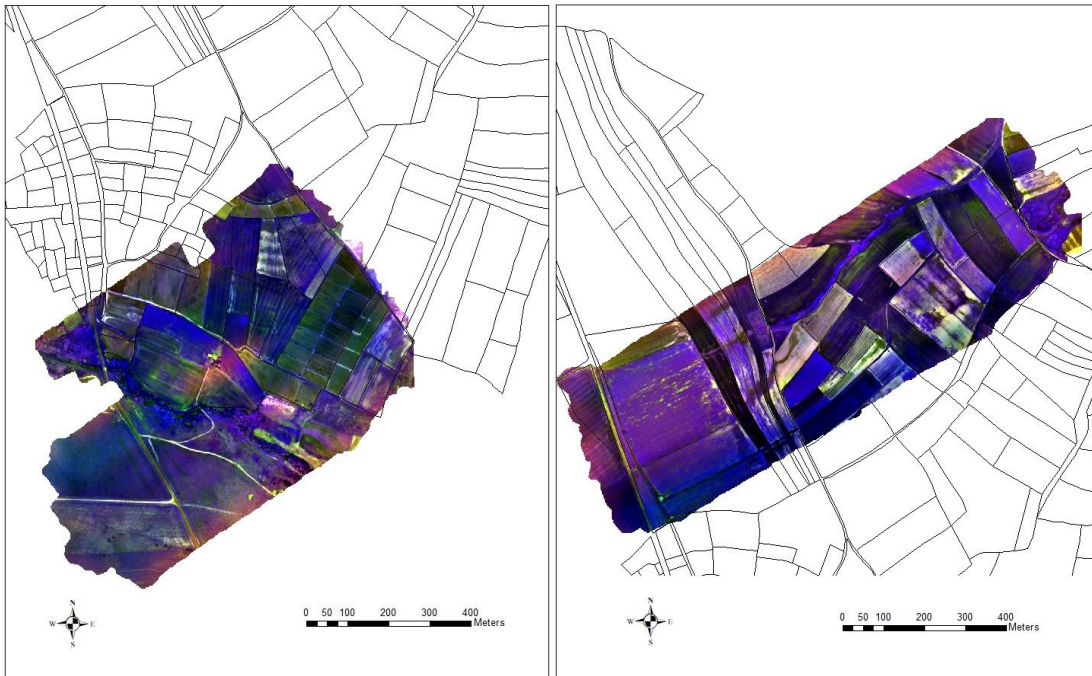
EKLER

Ek 1. Sulama sahasına ait 31.05.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c,d)



(a)

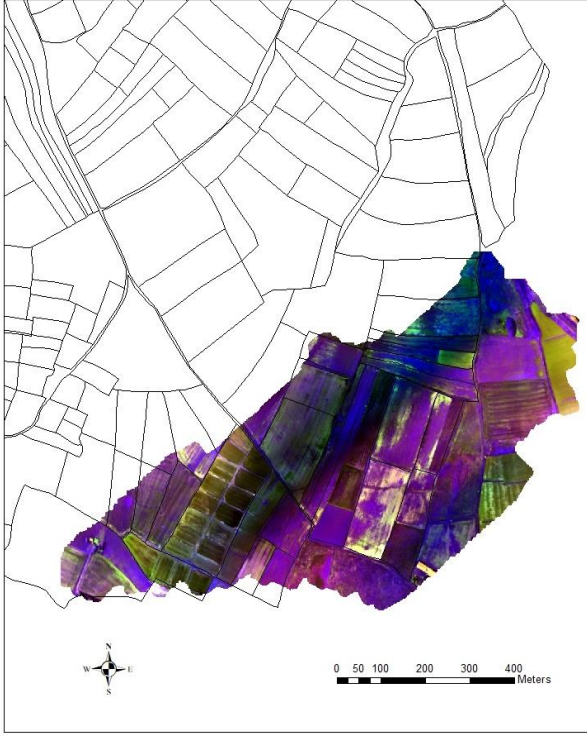
(b)



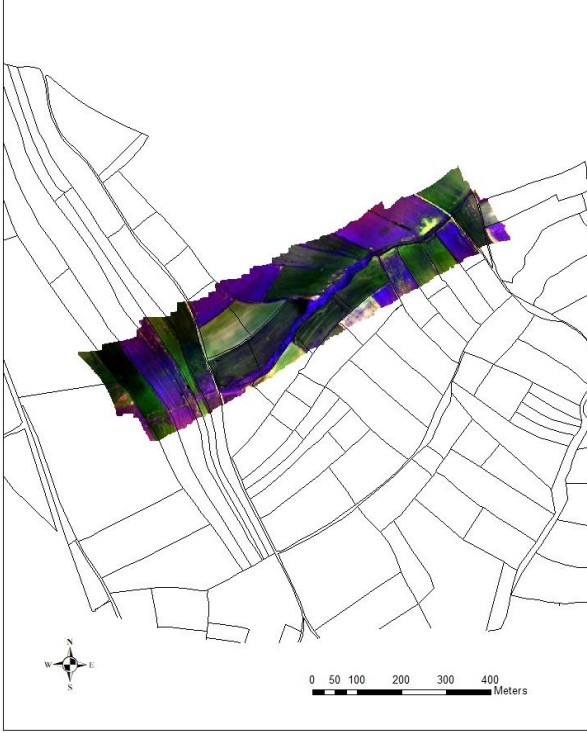
(c)

(d)

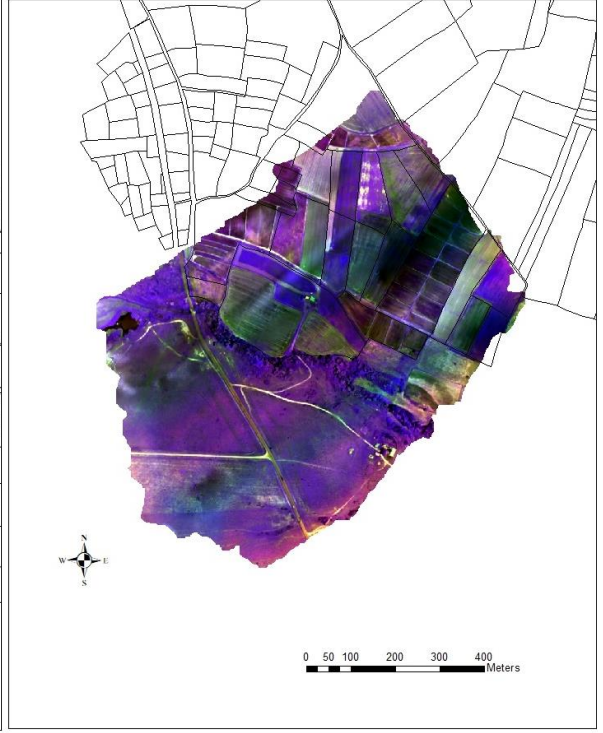
Ek 2. Sulama sahasına ait 07.06.2017 tarihli multispektral görüntü



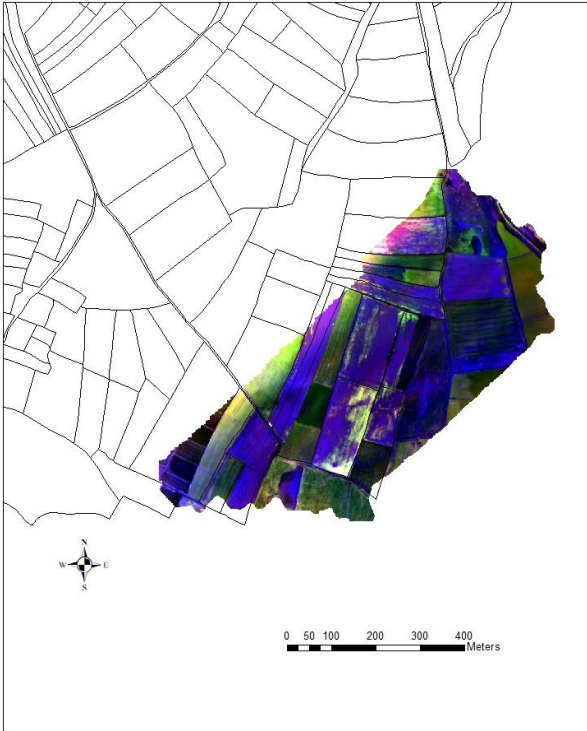
Ek 3. Sulama sahasına ait 12.06.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c)



(a)

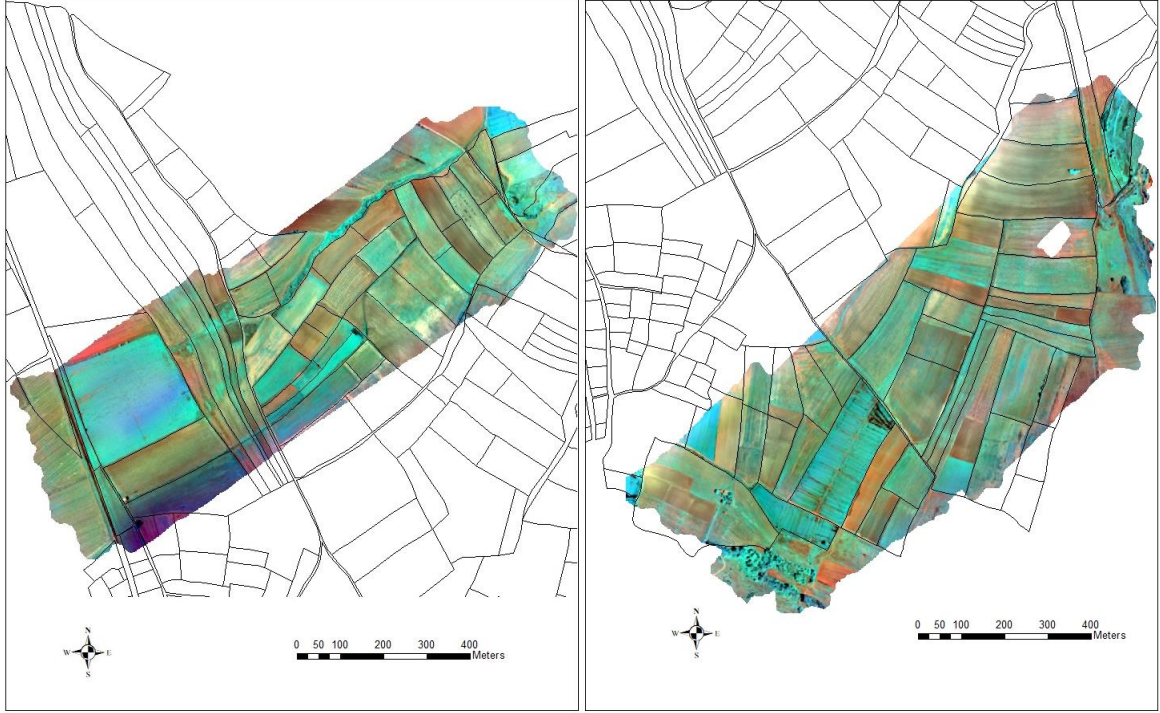


(b)



(c)

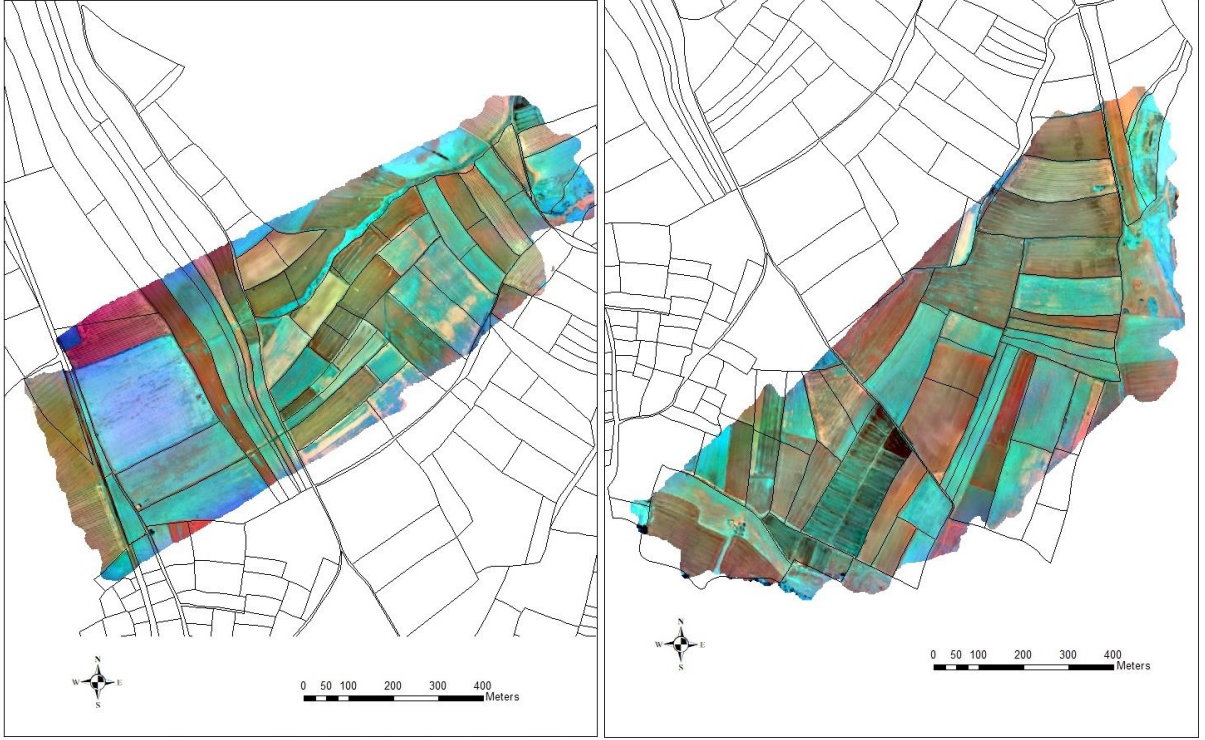
Ek 4. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b)



(a)

(b)

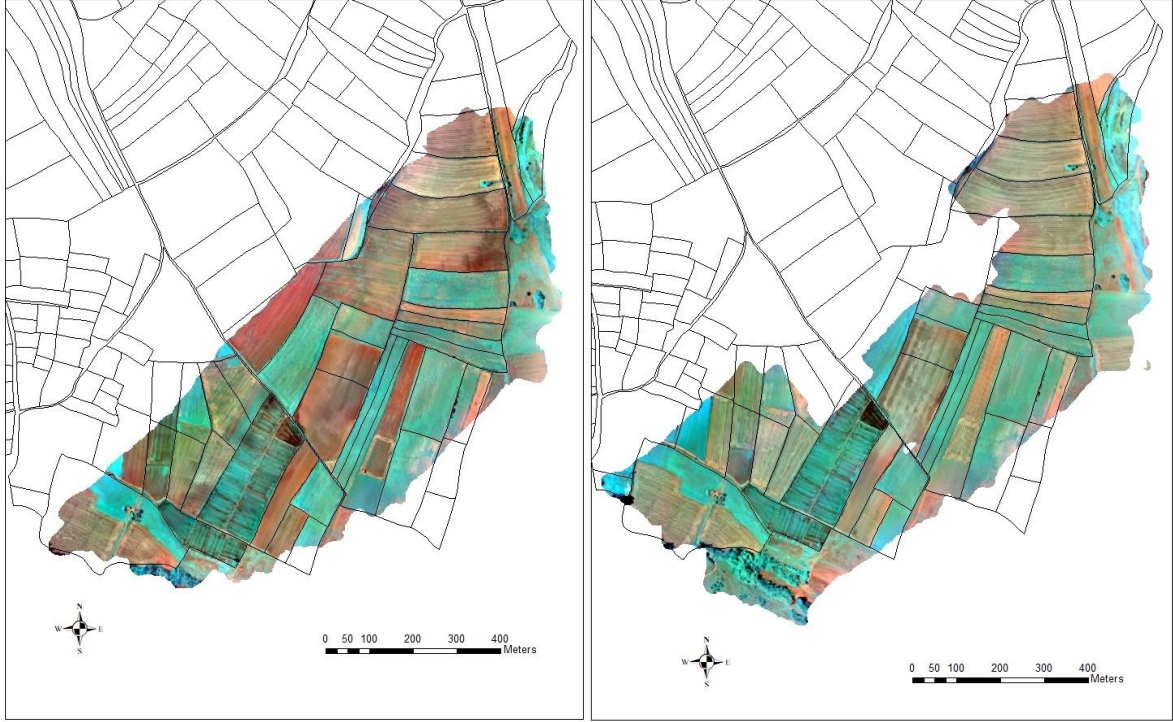
Ek 5. Sulama sahasına ait 29.06.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b)



(a)

(b)

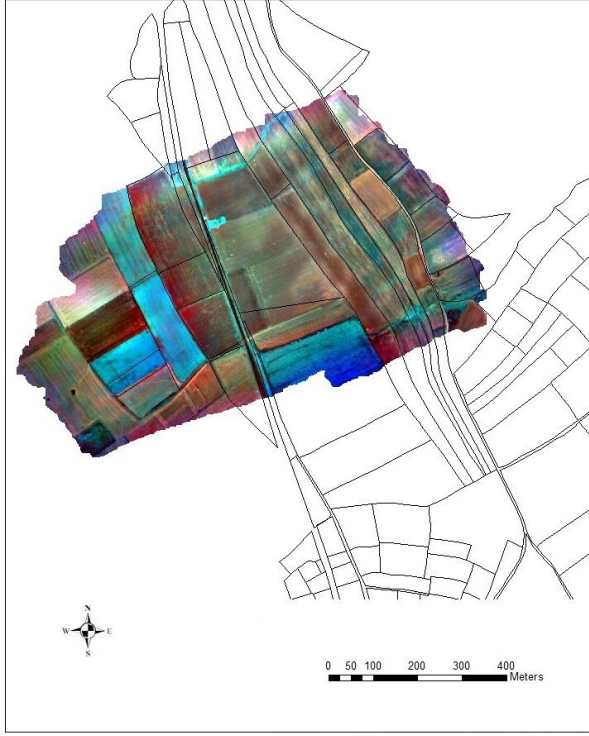
Ek 6. Sulama sahasına ait 08.07.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b)



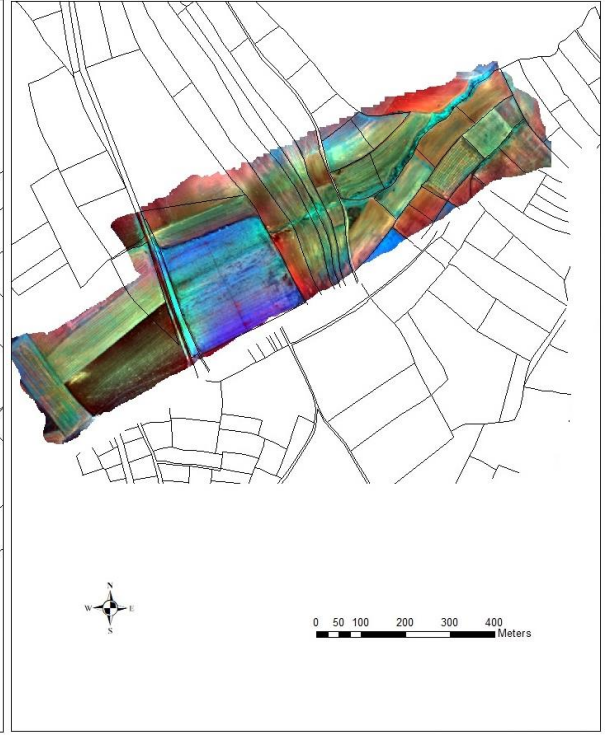
(a)

(b)

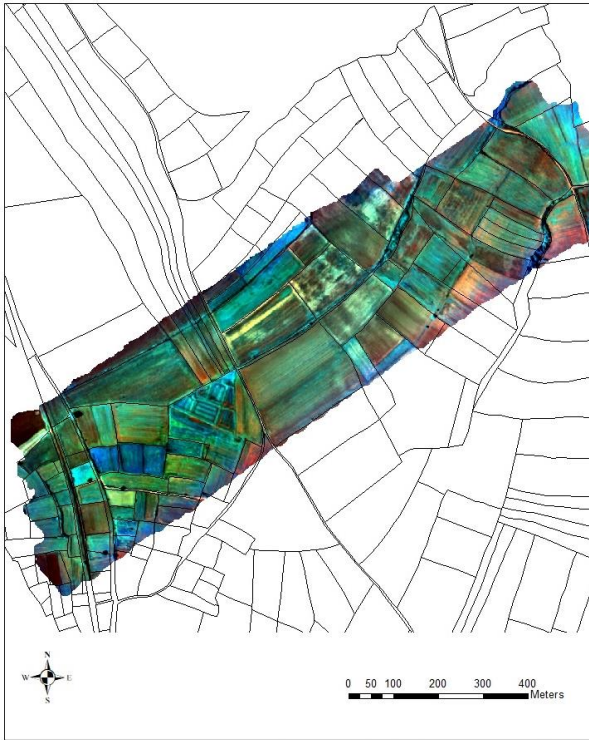
Ek 7. Sulama sahasına ait 09.08.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c)



(a)

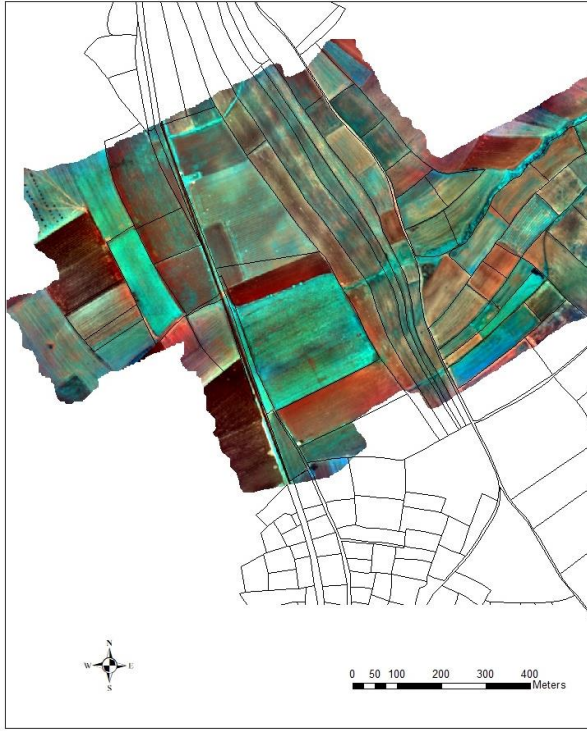


(b)

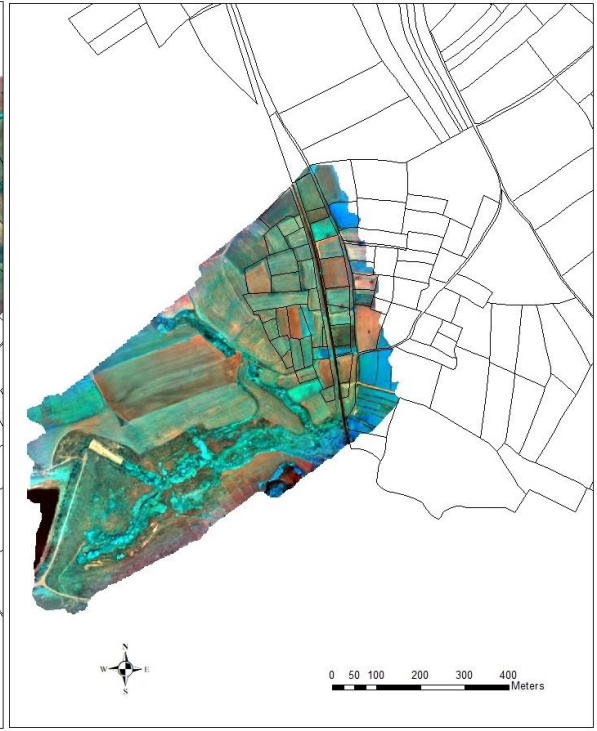


(c)

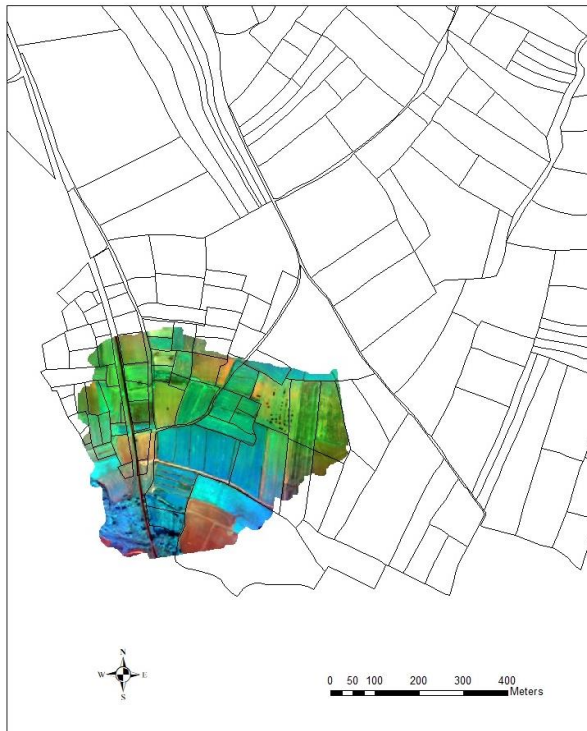
Ek.8. Sulama sahasına ait 21.08.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c)



(a)

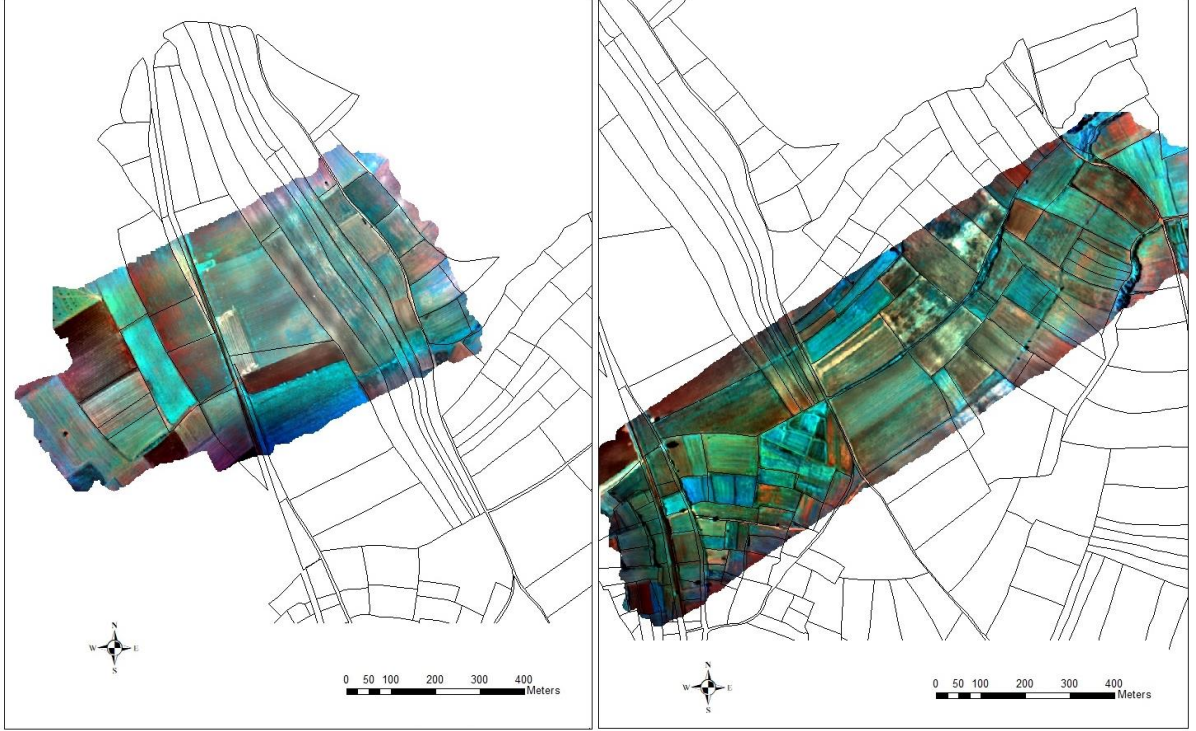


(b)



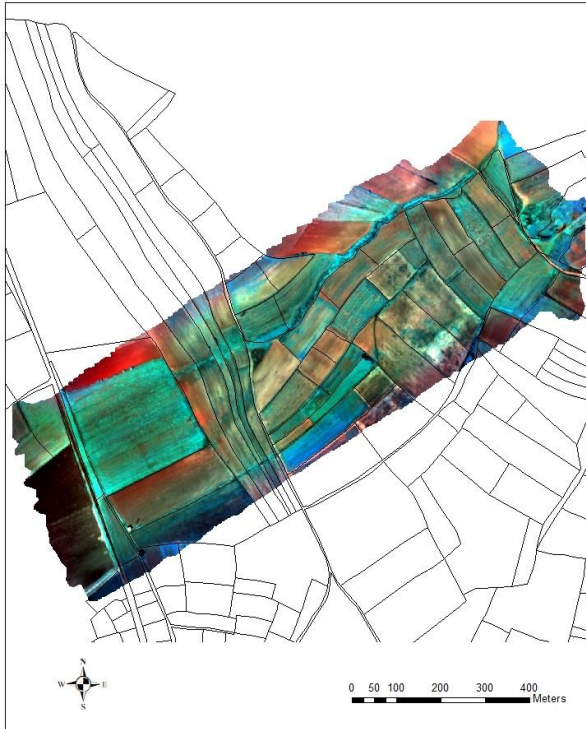
(c)

Ek 9. Sulama sahasına ait 25.08.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c)



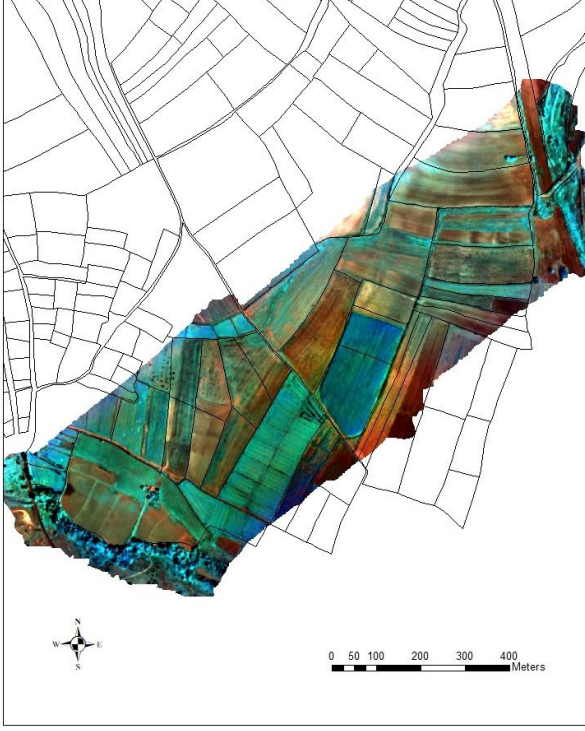
(a)

(b)

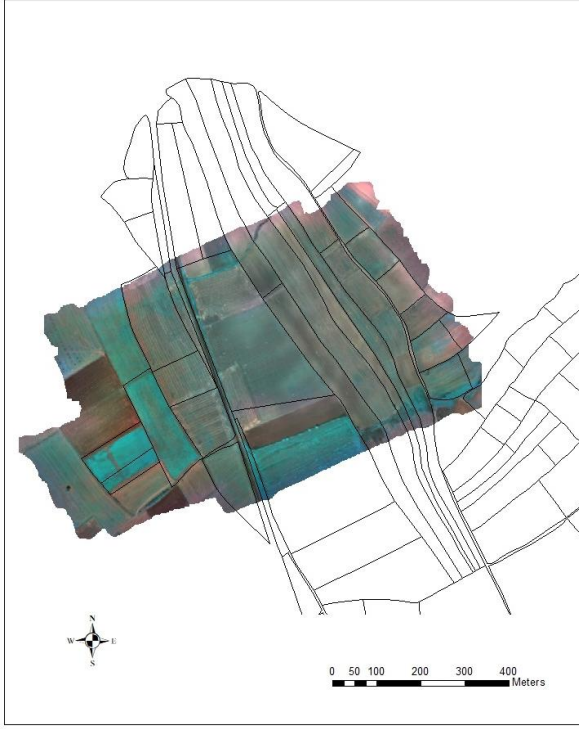


(c)

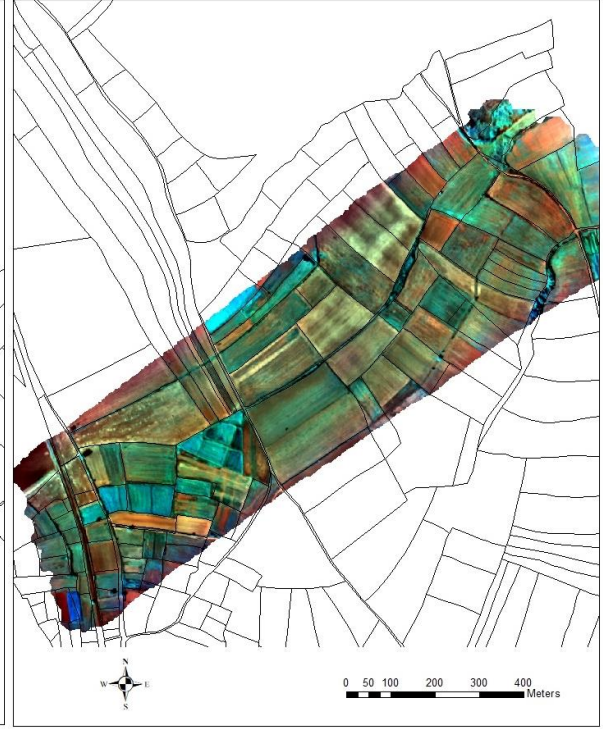
Ek 10. Sulama sahasına ait 04.09.2017 tarihli multispektral görüntü



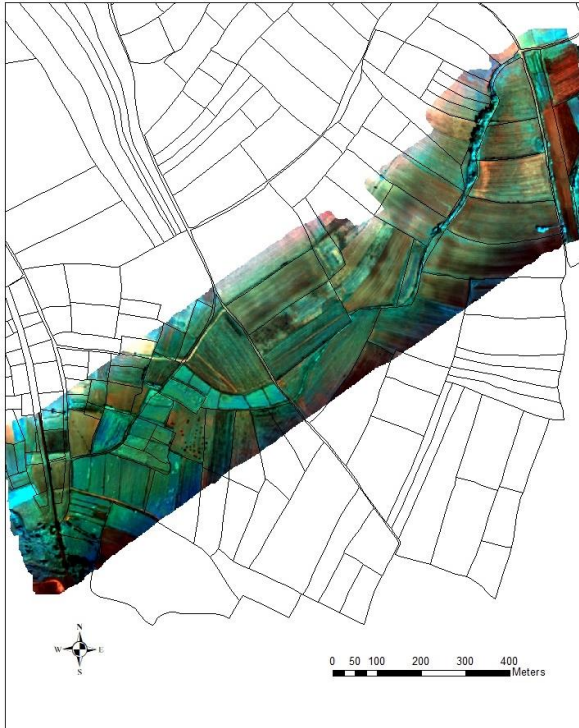
Ek 11. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c,d)



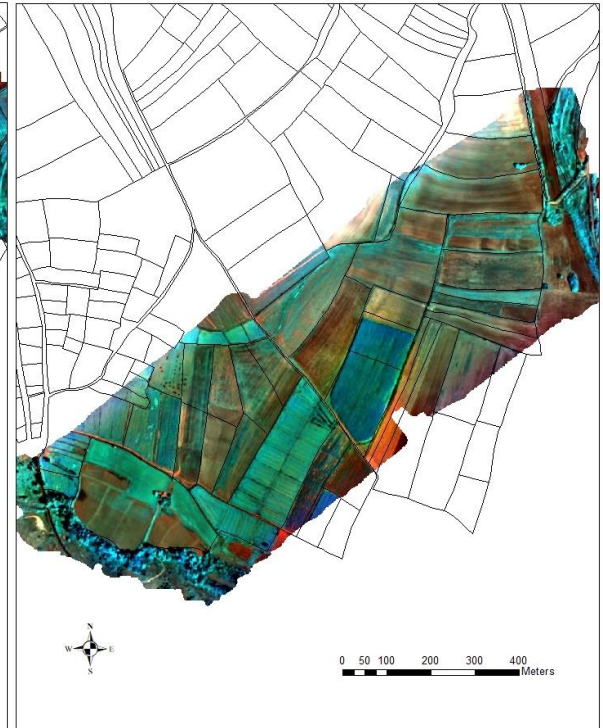
(a)



(b)

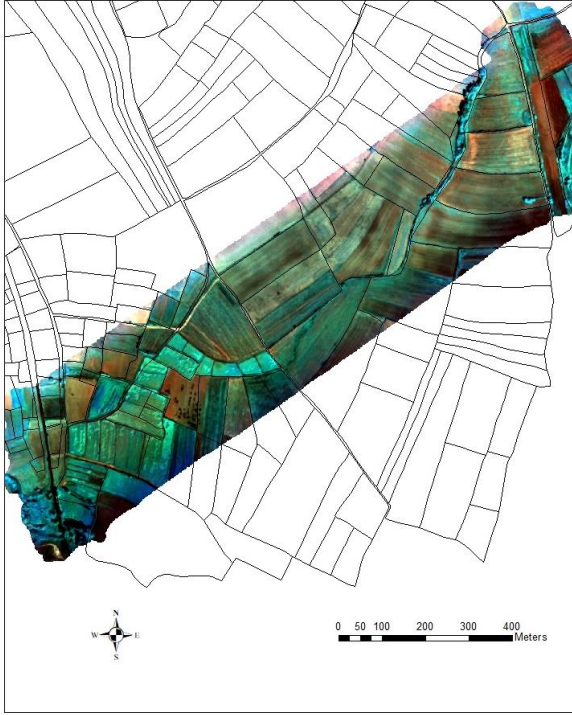


(c)

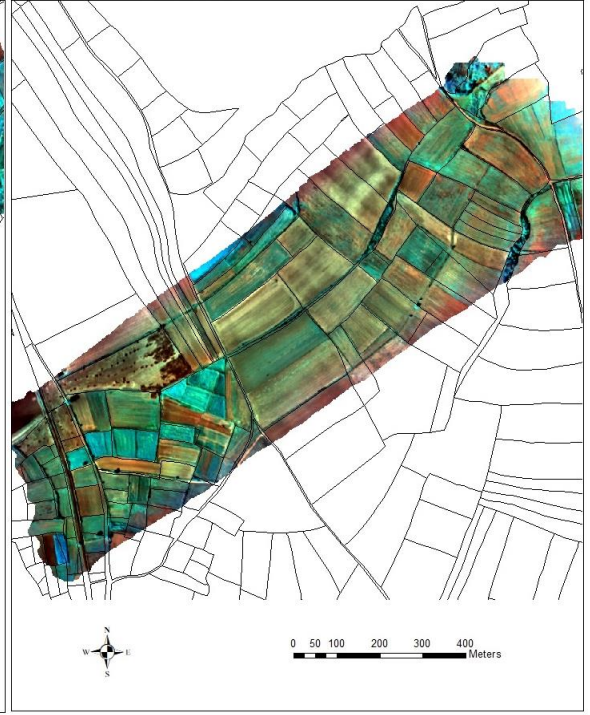


(d)

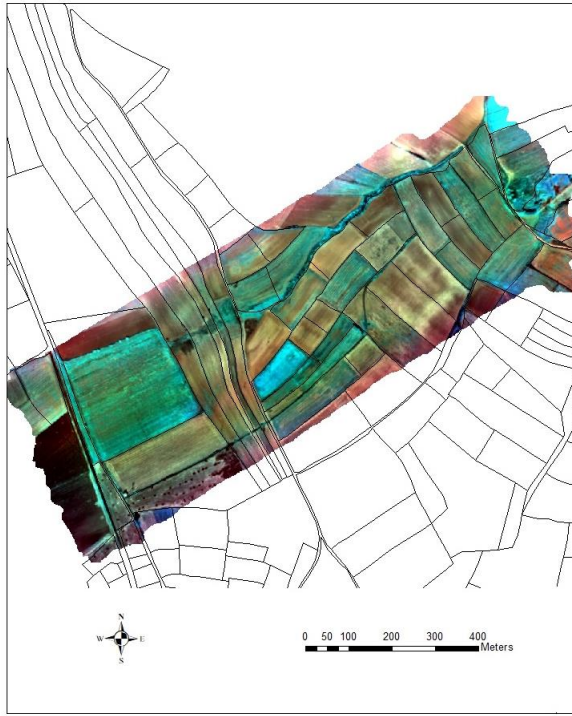
Ek 12. Sulama sahasına ait 13.09.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c,d)



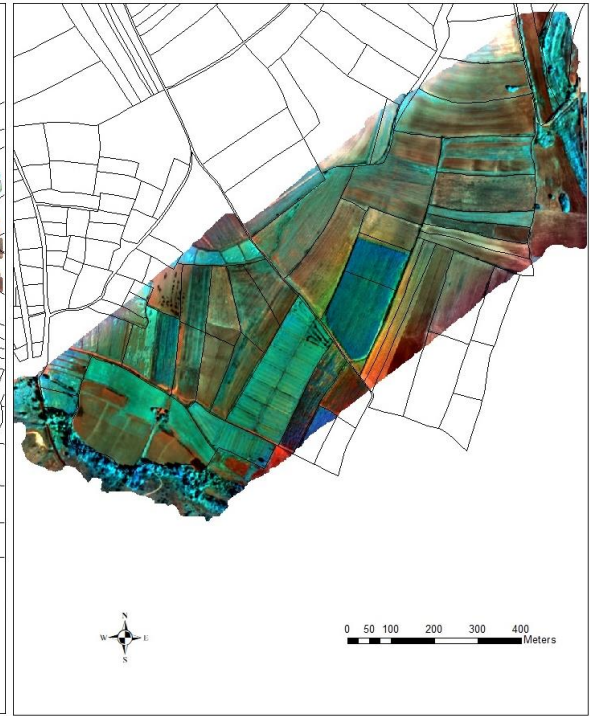
(a)



(b)



(c)



(d)

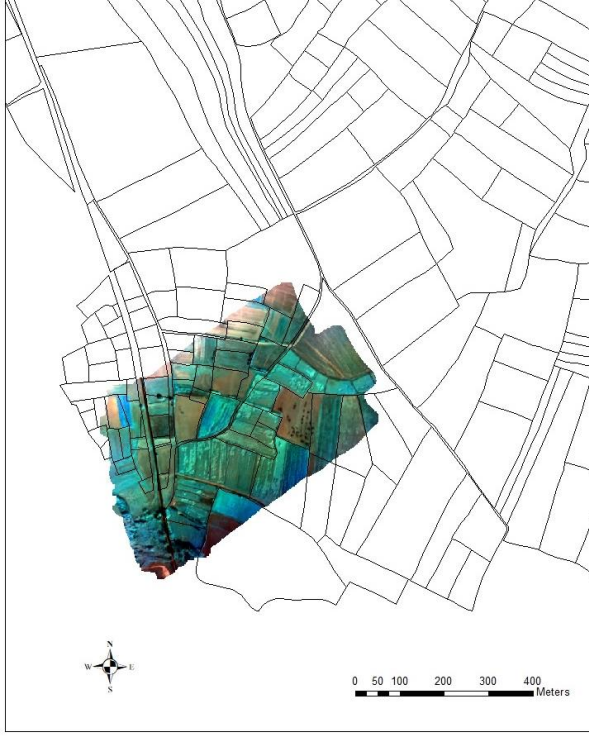
Ek 13. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b)



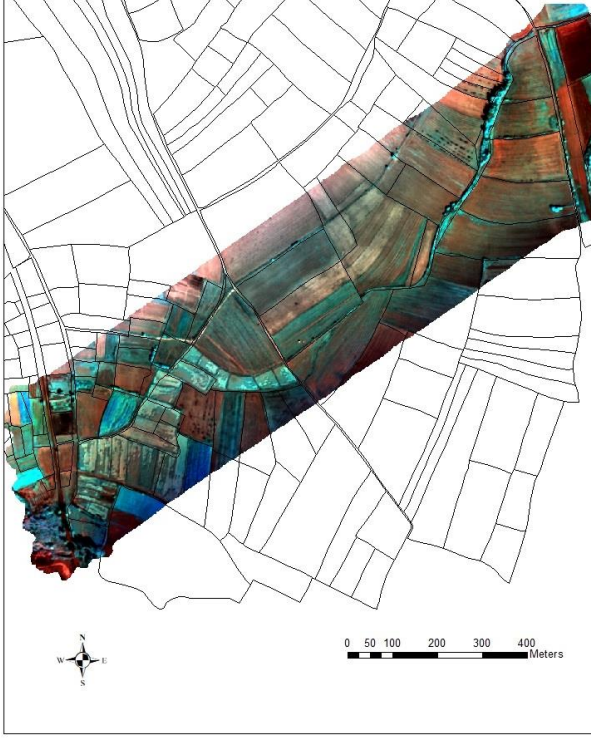
(a)

(b)

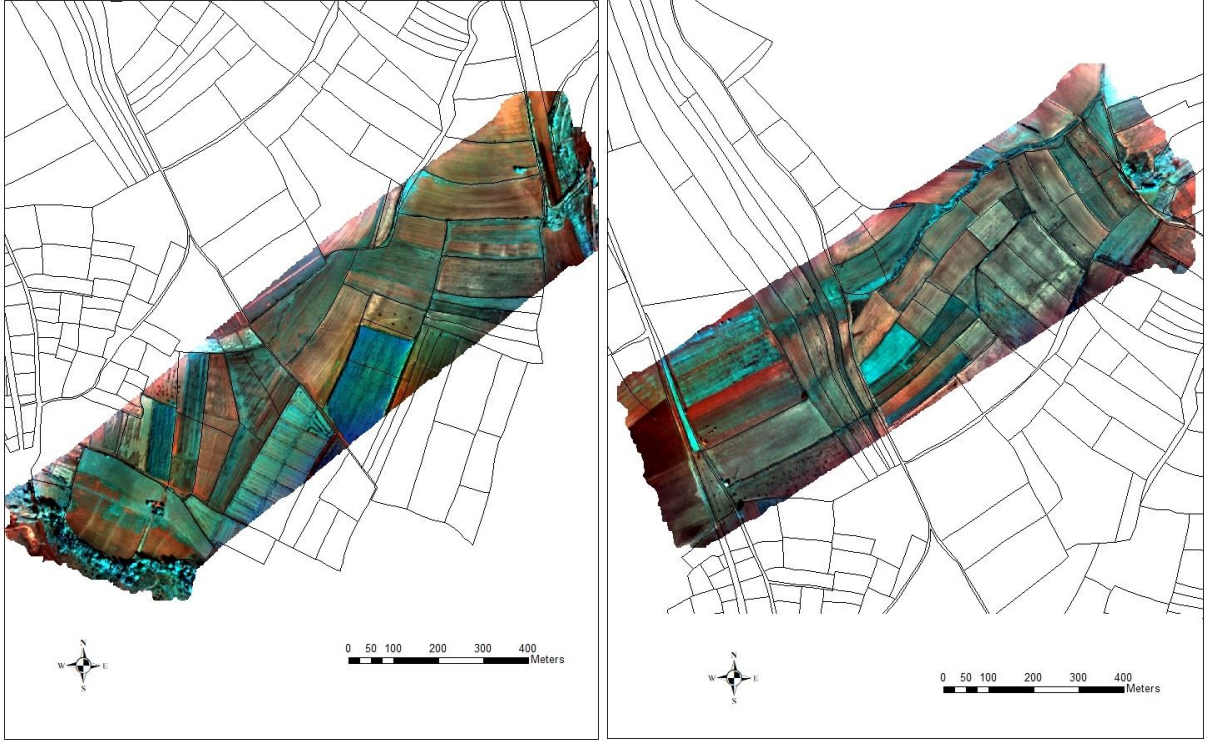
Ek 14. Sulama sahasına ait 20.09.2017 tarihli multispektral görüntü



Ek 15. Sulama sahasına ait 04.10.2017 tarihli multispektral görüntü



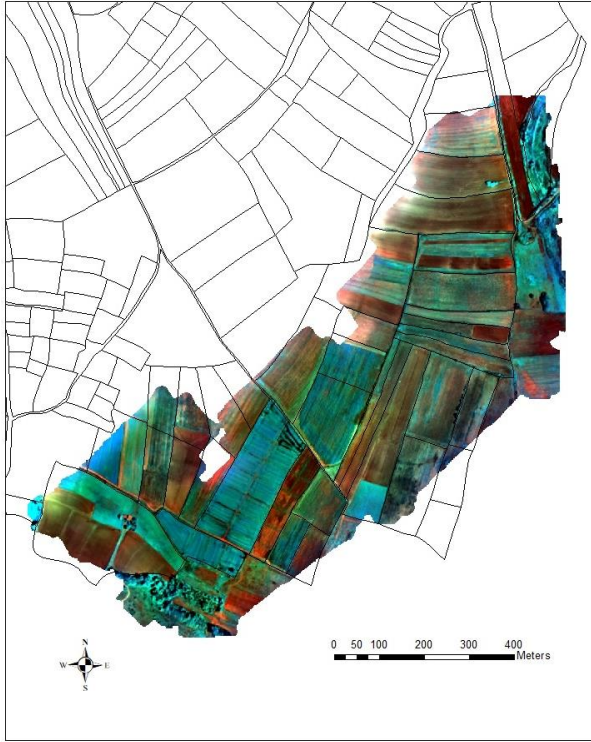
Ek 16. Sulama sahasına ait 11.10.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b)



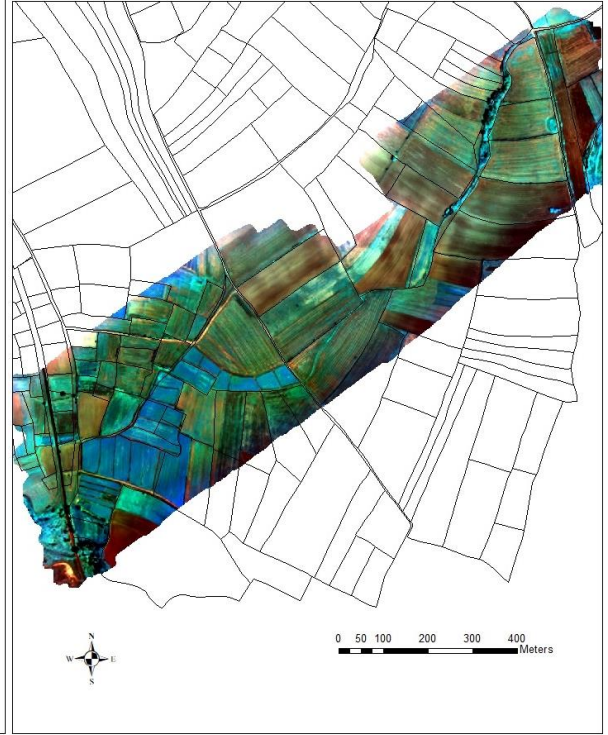
(a)

(b)

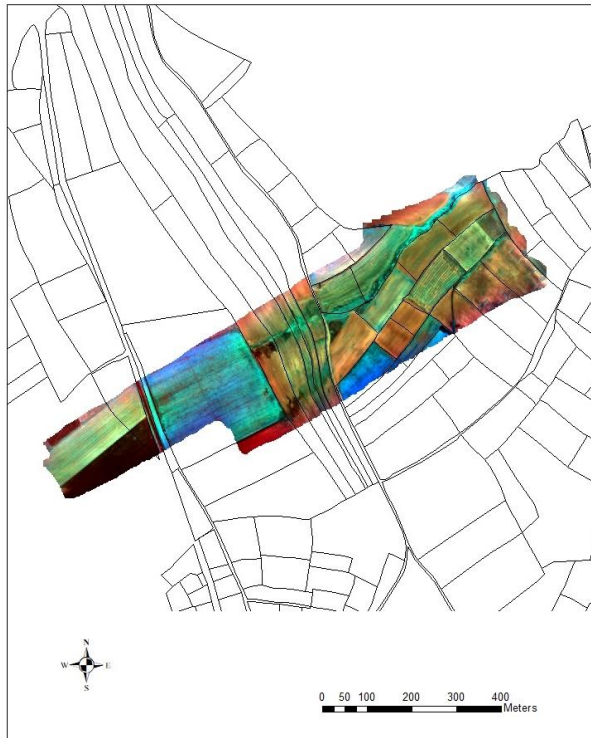
Ek 17. Sulama sahasına ait 12.08.2017 tarihli multispektral görüntüler (a,b,c,d)



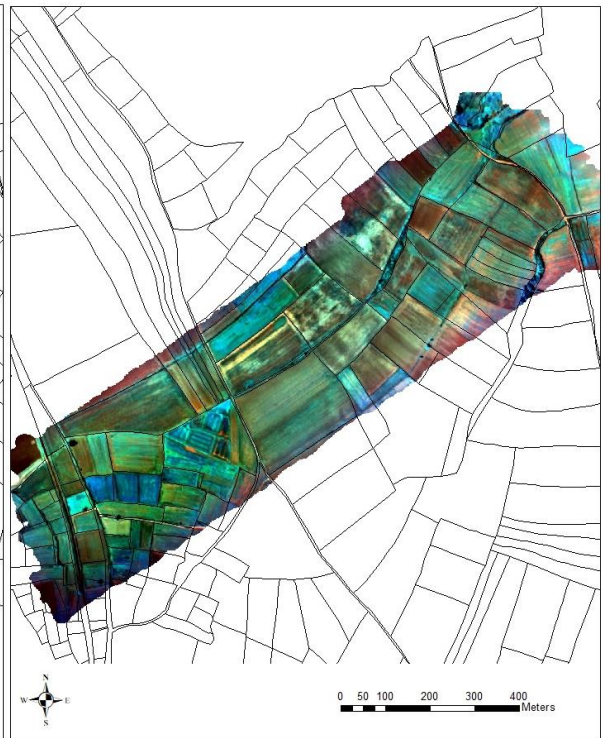
(a)



(b)

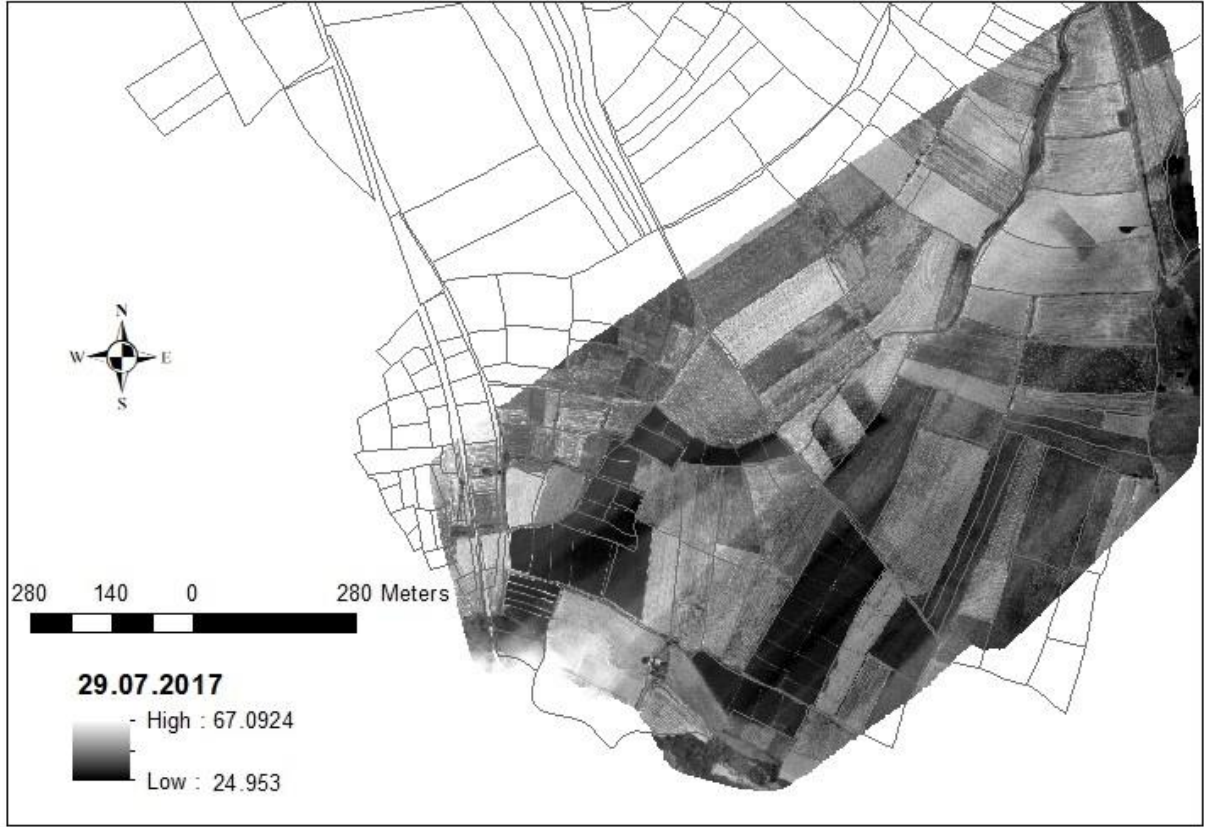


(c)

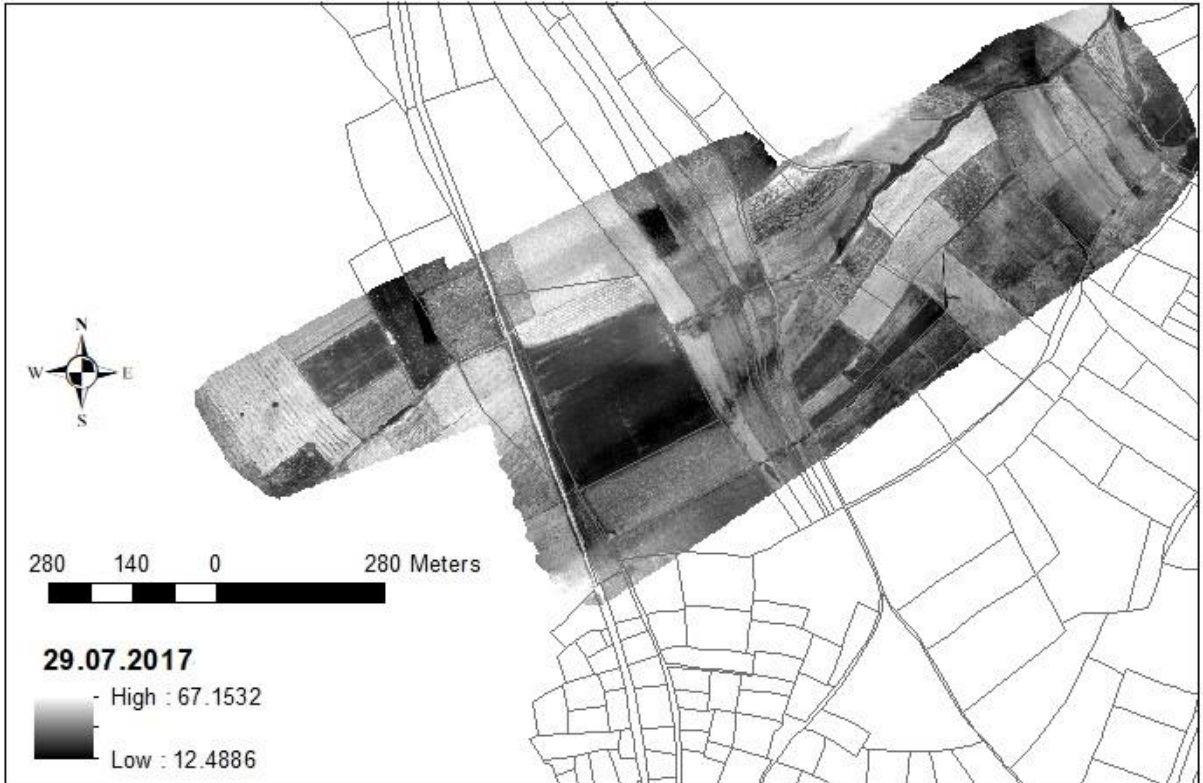


(d)

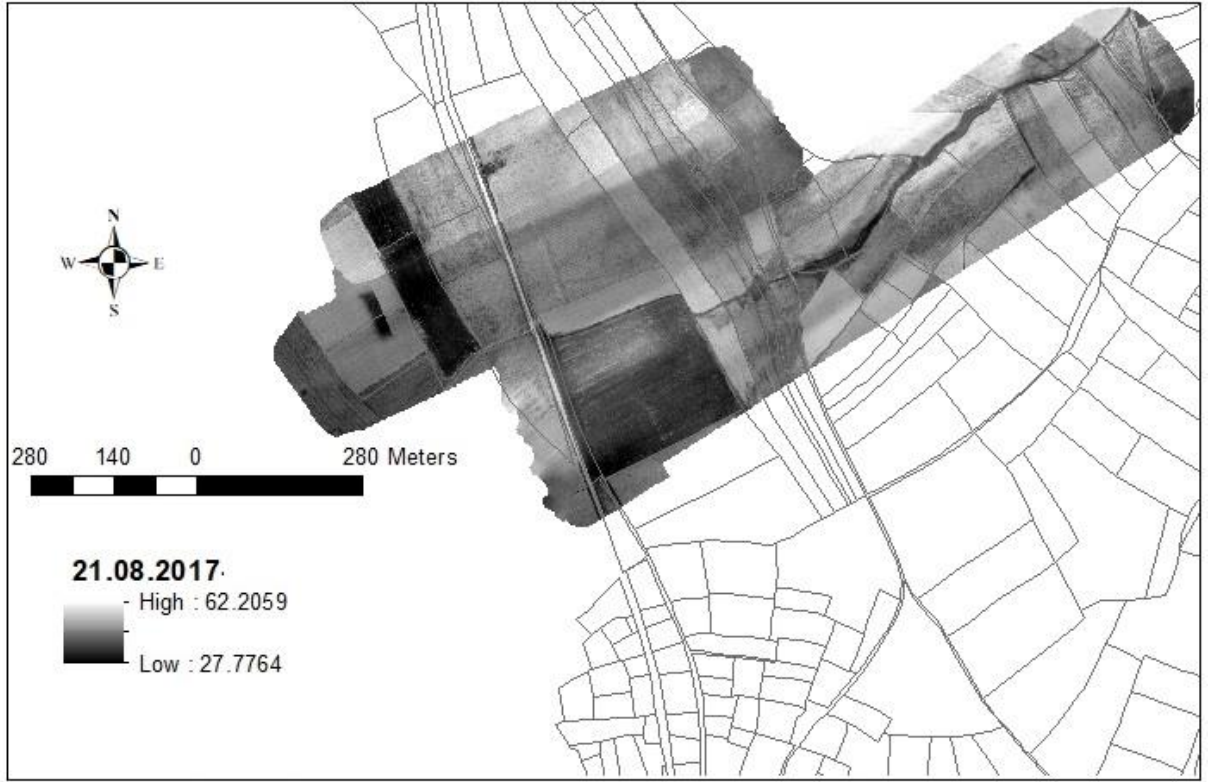
Ek 18. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli termal görüntü (a)



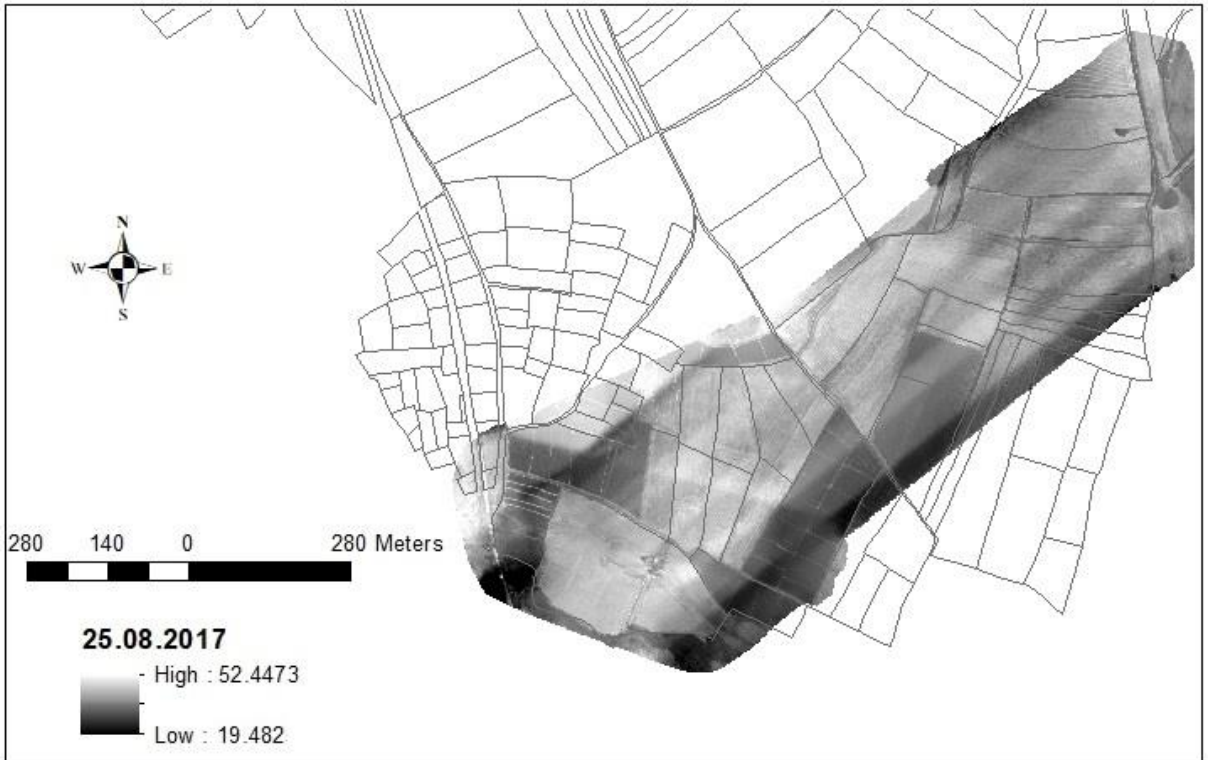
Ek 19. Sulama sahasına ait 29.07.2017 tarihli termal görüntü (b)



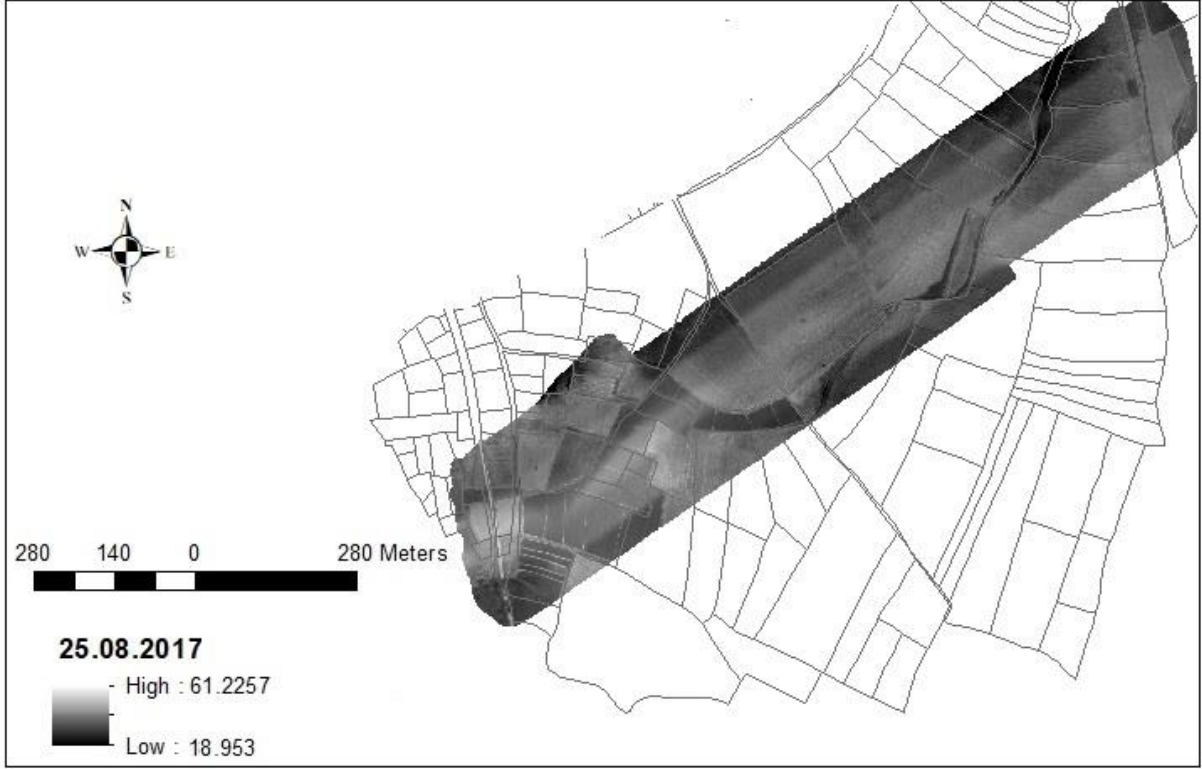
Ek 20. Sulama sahasına ait 21.08.2017 tarihli termal görüntü



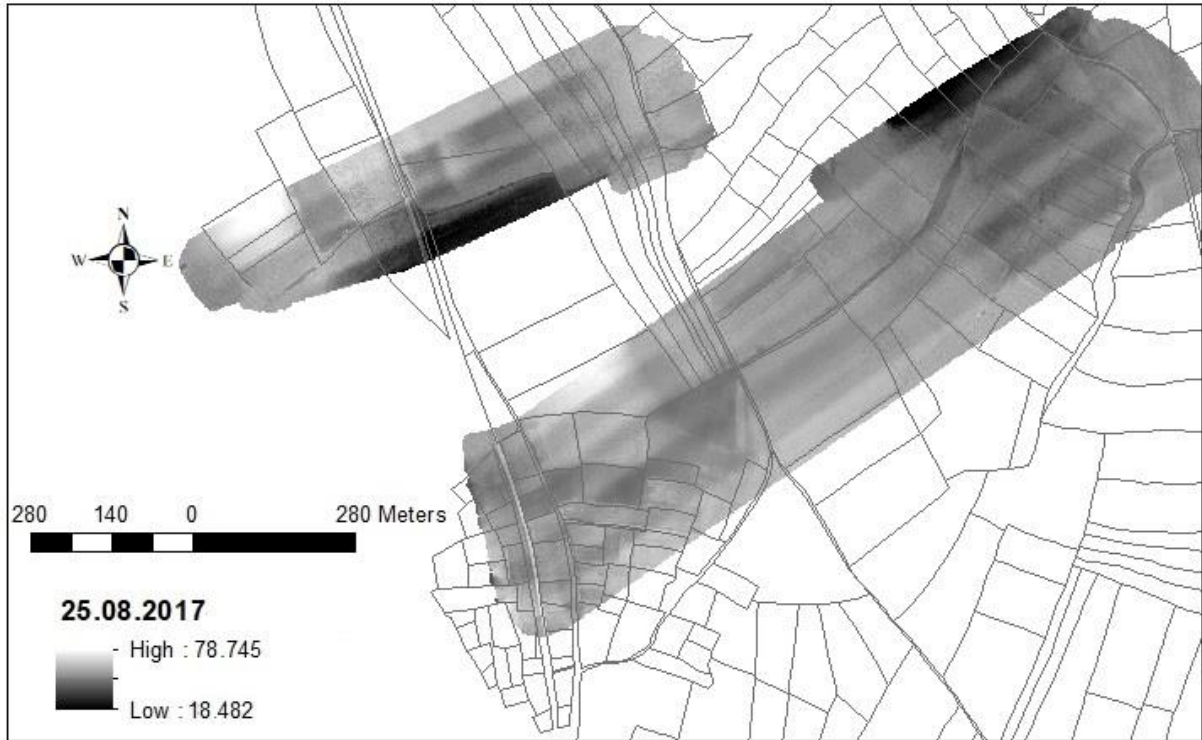
Ek 21. Sulama sahasına ait 25.08.2017 tarihli termal görüntü (a)



Ek 22. Sulama sahasına ait 25.08.2017 tarihli termal görüntü (b)



Ek 23. Sulama sahasına ait 25.08.2017 tarihli termal görüntü (c)



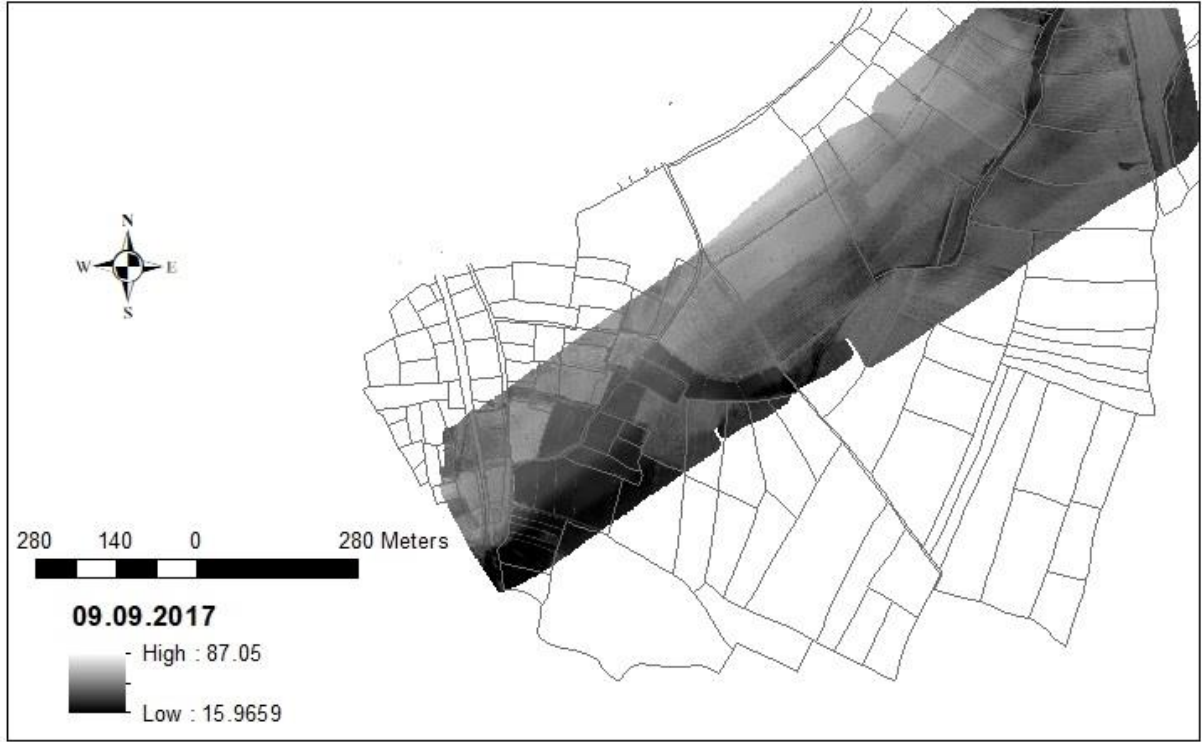
Ek 24. Sulama sahasına ait 04.09.2017 tarihli termal görüntü



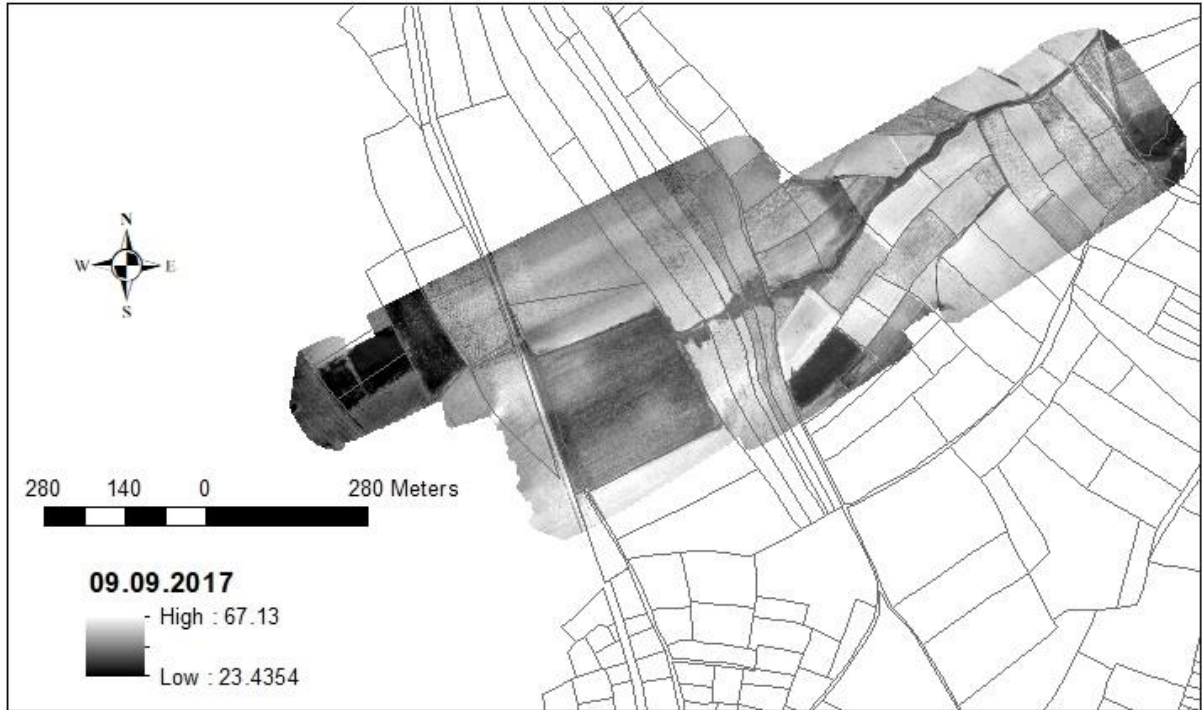
Ek 25. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü (a)



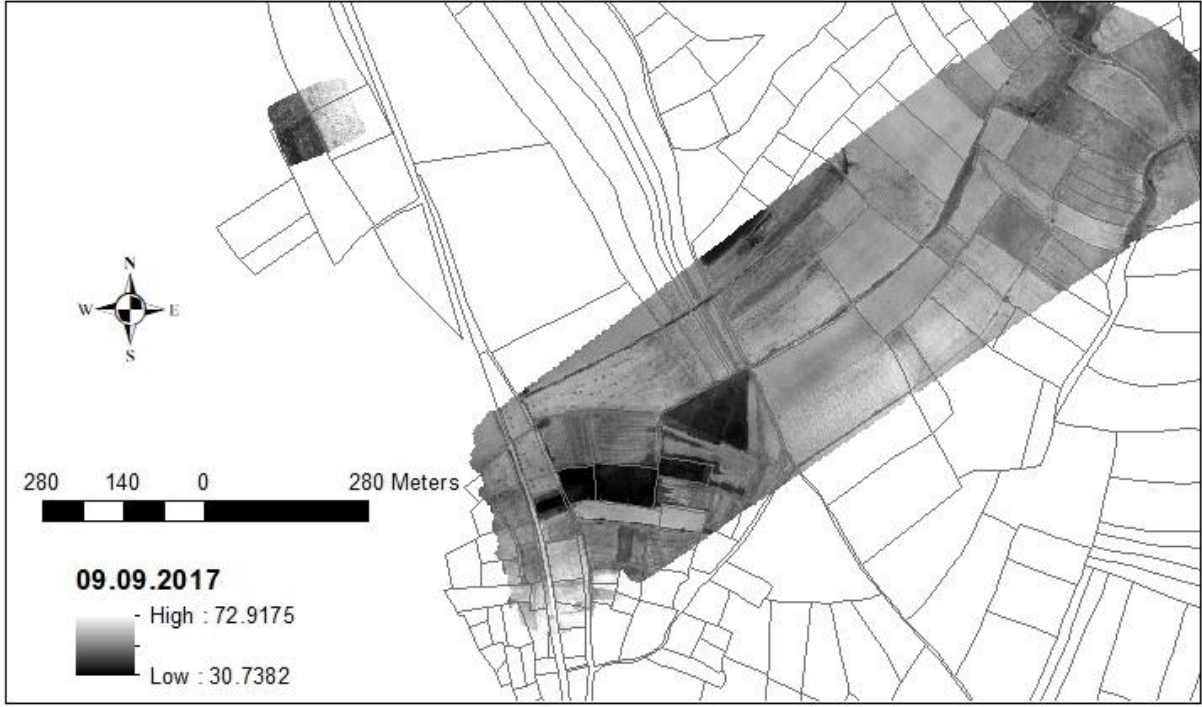
Ek 26. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü (b)



Ek 27. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü (c)



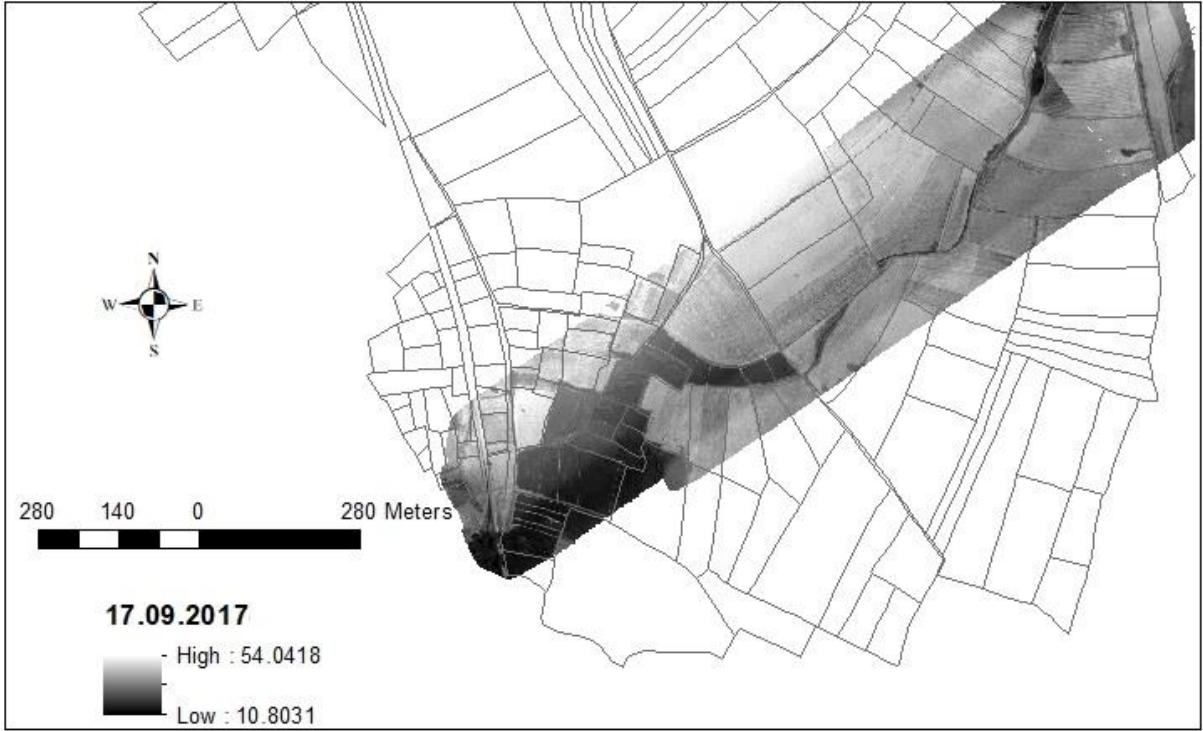
Ek 28. Sulama sahasına ait 09.09.2017 tarihli termal görüntü (d)



Ek 29. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli termal görüntü (a)



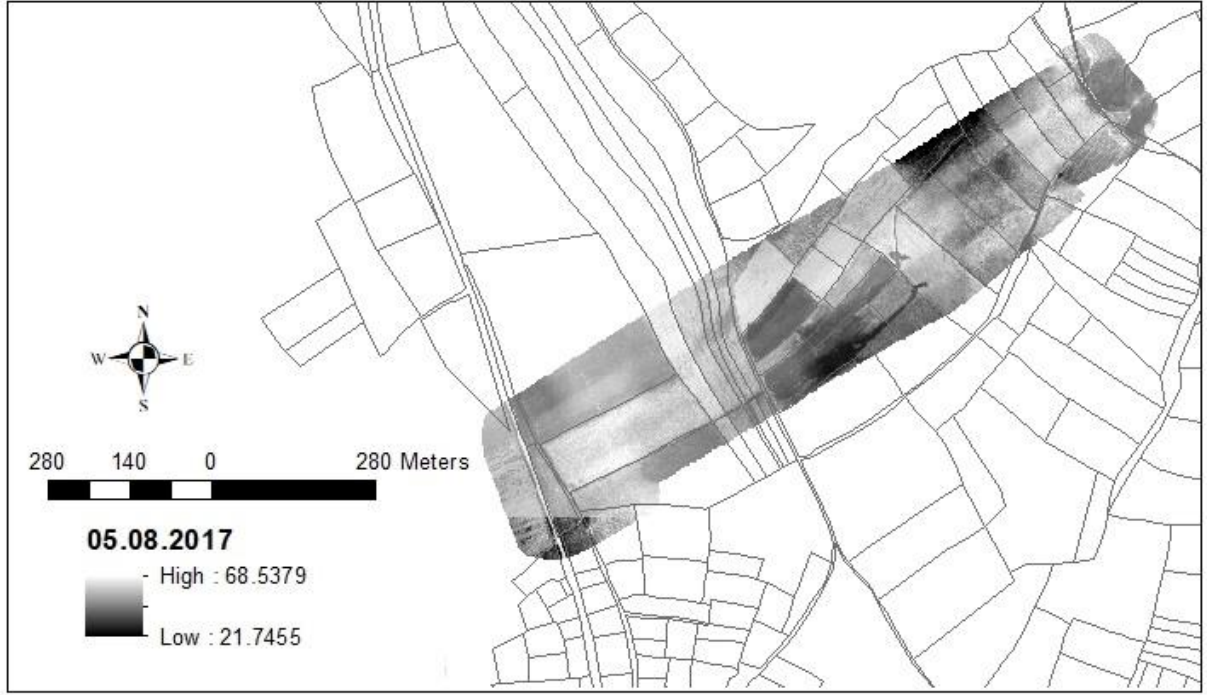
Ek 30. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli termal görüntü (b)



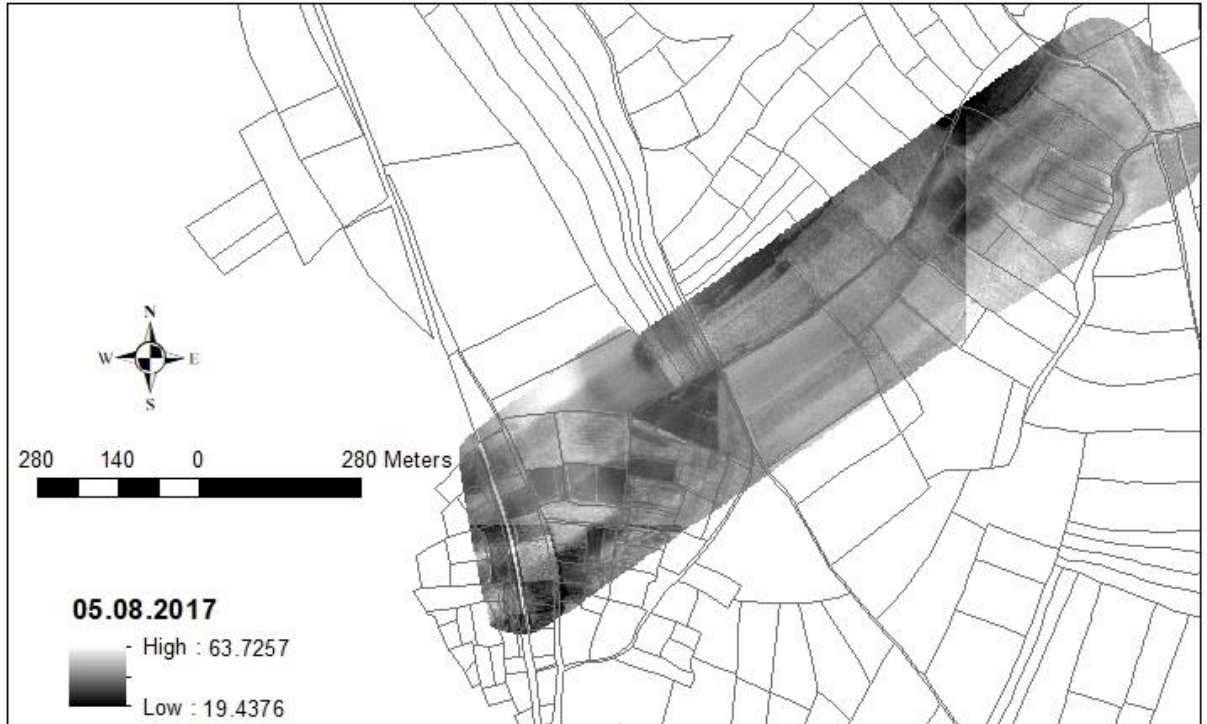
Ek 31. Sulama sahasına ait 17.09.2017 tarihli termal görüntü (c)



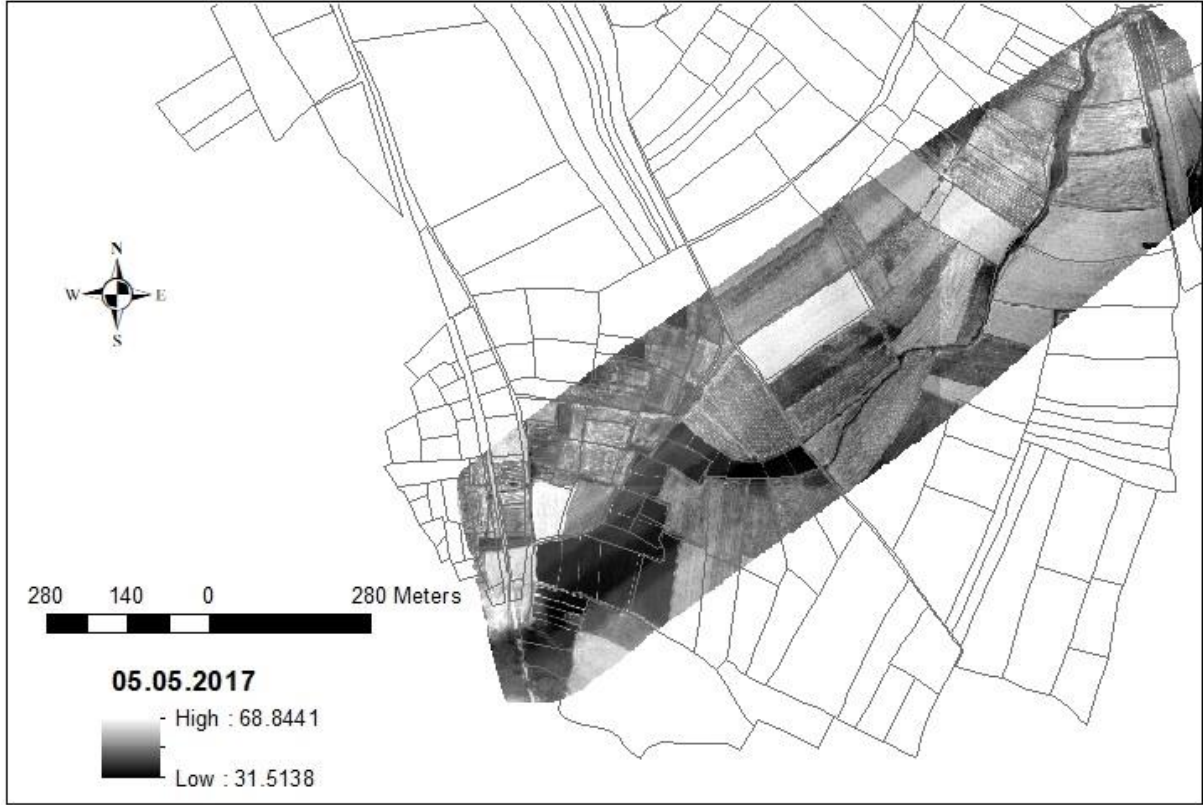
Ek 32. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü (a)



Ek 33. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü (b)



Ek 34. Sulama sahasına ait 05.08.2017 tarihli termal görüntü (c)



Ek 35. Sulama sahasına ait 08.05.2017 tarihli termal görüntü



Ek. 36. Sulama sahasına ait 15.06.2017 tarihli termal görüntü



ÖZGEÇMİŞ

Uğur Evrim ÖZDEN, 9 Mart 1990 tarihinde Edirne'nin Havsa İlçesinde doğdu. İlk ve ortaöğretimini Havsa Sokollu ilköğretim okulunda tamamladıktan sonra Edirne Beykent Fen lisesine başladı. Son sene Havsa Melahat Kilimci lisesine geçiş yaparak oradan başarıyla mezun oldu. Daha sonra Kırklareli Üniversitesi Vize Meslek Yüksek Okulu Emlak ve Emlak yönetimini bitirdi. Tekrar Üniversite sınavlarına girerek Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü kazandı. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 2014 yılında mezun oldu. Yüksek lisans eğitimine Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Arazi ve Su Kaynakları bölümünde 2016-2017 yılında başladı ve halen eğitime devam etmektedir.