

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AKUAPONİK SİSTEMLERDE UV FİLTRELERİN ETKİSİNİN
GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Burcu ÇELİK

Danışman
Doç. Dr. Ramazan ŞENOL

II. Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Halit BAYRAK

ISPARTA - 2022



© 2022 [Burcu ÇELİK]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	8
3.1. Topraksız Tarım Sistemleri.....	8
3.1.1. Aeroponik sistemler	8
3.1.2. Hidroponik sistemler.....	8
3.1.3. Akuaponik sistemler	9
3.2. Görüntü İşleme.....	11
3.2.1. Görüntünün tanımı	11
3.2.2. Renk uzayları	11
3.2.3. Morfoloji işlemleri	14
3.2.3.1. Aşındırma (erosion) işlemi.....	15
3.2.3.2. Genişletme (dilation) işlemi.....	16
3.2.4. Eşikleme (Thresholding) işlemleri.....	17
3.2.5. Dinamik eşikleme (Otsu algoritması)	20
3.2.6. Kapur entropisi.....	21
3.2.7. Nesne tespiti.....	22
3.2.8. Arka plan çıkarma	23
3.2.9. OpenCV (Open Source Computer Vision) kütüphanesi	24
3.3. Sistem Kurulumu	25
3.4. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar.....	30
3.4.1. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı.....	30
3.4.2. Radyometrik prob.....	31
3.4.3. UV filtre	32
3.4.4. Su ısıtıcılar	34
3.4.5. Dalga motoru.....	34
3.4.6. Hava motoru.....	35
3.4.7. Akvaryum pompaları	35
3.4.8. LED bitki yetiştirme lambası	36
3.4.9. TDS ve EC ölçer	38
3.4.10. EC sensör	39
3.4.11. Arduino mega.....	40
3.4.12. Ph sensör	41
3.4.13. Sıcaklık sensörü	41
3.4.14. RTC ünitesi	42
3.5. Deneylerin Yapılışı	42
3.5.1. 1. Deney (pompa hızı %100 iken)	44
3.5.2. 2. Deney (pompa hızı %50 iken)	46
3.5.3. Analizlerde kullanılan görüntü işleme iş akışı.....	48
3.5.4. Balık büyüme ölçümleri.....	54

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	57
4.1. Marul Bitkisinin Analizleri	57
4.1.1. Marul bitkisinin görüntü işleme analizleri	57
4.1.2. Marul bitkisinin ağırlık ölçümleri	58
4.1.3. Marul bitkisinin boy uzunlukları.....	60
4.2. Balık Analizleri	65
4.2.1. Balık ağırlık ölçümleri	65
4.2.2. Balık görüntü işleme analizleri	67
4.3. Kondisyon Faktörü ve Yem Değerlendirme Oranı	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	82



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKUAPONİK SİSTEMLERDE UV FİLTRELERİN ETKİSİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Burcu ÇELİK

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ŞENOL

II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halit BAYRAK

Son yıllarda dünya nüfusunda yüksek artış görülmektedir. Dünyadaki nüfusun giderek artması ile su, gıda ve fosil yakıtların tüketimi artarak toprak bozulmalarına neden olmaktadır. Bu durumlar daha az su ve enerji kullanılarak sürdürülebilir gıda üretiminin önemini artırmaktadır. Hava kirliliğinin de etkisi ile toprakta meydana gelen bozulmalar artan insan nüfusunun arz talep dengesini karşılayamayamamaktadır. Tatlı su ortamlarında yapılan balık üretimi de arz talep dengesinin sağlanması açısından yapılan çalışmalardan bir tanesidir. Tatlı su alanlarının sınırlı olmasından dolayı birim alandan en yüksek verim elde edilecek şekilde çalışmalar yapılmaktadır. Akuaponik sistemler gelecekteki bitki ve sebze üretiminde su tüketiminin azaltılması ve alandan tasarruf amacıyla geliştirilmeye ihtiyaç duyulan sistemlerdir. Bu sistemlerden en etkili biçimde yararlanabilmek amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır.

Bu çalışmada balık bitki birlikteliği ile oluşan kapalı ortam yetiştiriciliği olan akuaponik bir sistem kurulmuştur. Kapalı ortamda oluşturulan bu akuaponik sistemde bitki gelişimleri için yapay bir aydınlatma sistemi kurulumu yapılmıştır. UV filtre kullanarak ve pompa hızı değişkenliği ile balık ve bitki gelişimi üzerindeki etkiler araştırılmıştır. Çalışmada UV konumunun değişkenlik gösterdiği ve UV kullanılmayan durum olarak üç adet akuaponik sistem kurulumu yapılarak analizler yapılmıştır. Gerekli yazılımlar geliştirilerek bitki ve balık gelişiminde görüntü işleme metodu kullanılmıştır. Akuaponikte yetiştirilen bitki ve balıklar için ayrı kod yazılımı geliştirilmiştir. Görüntü işleme metodu kullanılarak bitki ve balıkların gelişimleri incelenmiştir. Sonrasında kurulan sistemler arası karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akuaponik sistem, Görüntü işleme, UV filtre, Otomasyon sistemi

2022, 82 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF UV FILTERS IN AQUAPONIC SYSTEMS BY IMAGE PROCESSING METHOD

Burcu ÇELİK

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Electric Electronic Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ramazan ŞENOL

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Halit BAYRAK

In recent years, there has been a high increase in the world population. With the increasing population in the world, the consumption of water, food and fossil fuels increases and causes soil degradation. This situations increases the importance of sustainable food production using less water and energy. With the effect of air pollution, the deterioration in the soil cannot meet the supply-demand balance of the increasing human population. Fish production in freshwater environments is one of the studies carried out in order to ensure the supply-demand balance. Due to the limited freshwater areas, studies are carried out to obtain the highest efficiency from the unit area. Aquaponic systems are systems that need to be developed in order to reduce water consumption and save space in future plant and vegetable production. This thesis study was carried out in order to benefit from these systems in the most effective way.

In this study, an aquaponic system, which is a closed environment culture formed by the association of fish and plants, was established. An artificial lighting system has been installed for plant growth in this aquaponic system created in an indoor environment. The effects on fish and plant growth were investigated using a UV filter and pump speed variability. In the study, analyzes were made by installing three aquaponic systems as the situation where the UV position varies and UV is not used. Separate code software has been developed for plants and fish grown in aquaponics. The development of plants and fish was investigated using the image processing method. Comparisons were made between the systems installed afterwards.

Key Words: Aquaponic system, Image processing, UV filter, Automation system

2022, 82 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübeleri ile daima yol gösteren tez danışmanım sayın Doç. Dr. Ramazan ŞENOL'a, ikinci danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Halit BAYRAK'a, çalışma süresince bana desteklerinden dolayı sayın Dr. Öğr. Üyesi Bekir AKSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

2021-YL1-0119 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme, eşime ve arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Burcu ÇELİK
ISPARTA, 2022

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Aeroponik sistem	8
Şekil 3.2. Hidroponik sistem.....	9
Şekil 3.3. Akuaponik sistem diyagramı	10
Şekil 3.4. Akuaponik sistemde azot döngüsü.....	10
Şekil 3.5. RGB renk uzayı küpü	12
Şekil 3.6. (a) Görüntünün orijinali, (b) yapı elemanı, (c) genişletme işlemi uygulanmış görüntünün gösterimi	15
Şekil 3.7. Aşınma operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaş ekemanının çalışması ve sonuç görüntüsü	16
Şekil 3.8. (a) Görüntünün orijinali, (b) yapı elemanı, (c) genişletme işlemi uygulanmış görüntünün gösterimi	16
Şekil 3.9. Genişletme operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaş elemanının çalışması ve sonuç görüntüsü	17
Şekil 3.10. İkili tip statik eşikleme çalışma mantığı	17
Şekil 3.11. Ters ikli tip statik eşikleme çalışma mantığı.....	18
Şekil 3.12. Sıfır tip statik eşikleme çalışma mantığı.....	18
Şekil 3.13. Ters sıfır tip statik eşikleme çalışma mantığı	19
Şekil 3.14. Kırpma tip statik eşikleme çalışma mantığı.....	19
Şekil 3.15. OpenCV kütüphanesinin 2000-2015 yılları arası geliştirilmiş olan sürümleri	25
Şekil 3.16. Bitki tankları taşıma profilleri.....	25
Şekil 3.17. Boyanan demir profiller	26
Şekil 3.18. Akvaryumlar için hazırlanan zemin.....	26
Şekil 3.19. Playwood malzemesinden oluşturulan düz ve dayanaklı zemin.....	27
Şekil 3.20. Deneyde kullanılan balık akvaryumu	27
Şekil 3.21. Deney düzeneği.....	28
Şekil 3.22. Marul fidesi.....	28
Şekil 3.23. Hazırlanan strafor üzerinde marul fidelerinin yerleşim planı	28
Şekil 3.24. Marul fidelerinin strafor üzerine yerleşimi	29
Şekil 3.25. Kontrol sistemi bağlantısı	29
Şekil 3.26. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı.....	31
Şekil 3.27. Radyometrik prob	31
Şekil 3.28. Ip471 radyometrik probuna ait karakteristik cevap eğrisi	32
Şekil 3.29. UV filtre.....	33
Şekil 3.30. UV lamba	33
Şekil 3.31. UV dalga boyu	34
Şekil 3.32. Su ısıtıcısı.....	34
Şekil 3.33. Dalga motoru	35
Şekil 3.34. Hava motoru.....	35
Şekil 3.35. Akvaryum pompası.....	36
Şekil 3.36. LED bitki yetiştirme lambası	36
Şekil 3.37. Tam spektrumlu LED armatür	37
Şekil 3.38. LED bitki yetiştirme lambasının projektöre montajı	38
Şekil 3.39. TDS ve EC ölçer	39
Şekil 3.40. EC sensör	39
Şekil 3.41. Arduino mega.....	40
Şekil 3.42. pH sensör	41

Şekil 3.43. Sıcaklık sensörü	41
Şekil 3.44. RTC ünitesi	42
Şekil 3.45. Deney düzeneği.....	43
Şekil 3.46. 1. Deney 1 numaralı akvaryum.....	44
Şekil 3.47. 1. Deney 2 numaralı akvaryum.....	45
Şekil 3.48. 1. Deney 3 numaralı akvaryum.....	45
Şekil 3.49. 1. Deney örnek bir marul ağırlık ölçümü.....	46
Şekil 3.50. 1. Deney örnek bir marul uzunluk ölçümü	46
Şekil 3.51. 1. Deney örnek bir marul yaprak genişliği.....	46
Şekil 3.52. 2. Deney örnek bir marul ağırlık ölçümü.....	47
Şekil 3.53. 2. Deney örnek bir marul uzunluk ölçümü	47
Şekil 3.54. 2. Deney örnek bir marul yaprak genişliği.....	48
Şekil 3.55. Marul bitkisi için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak alan belirlenmesi	49
Şekil 3.56. Balıklar için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak alan belirlenmesi..	53
Şekil 3.57. Görüntü işleme metodu uygulanmış örnek bir marul görüntüsü	54
Şekil 3.58. Görüntü işleme metodu uygulanmış örnek bir balık görüntüsü	54
Şekil 4.1. 1. Deney marul görüntü işleme alanları.....	57
Şekil 4.2. 2. Deney marul görüntü işleme alanları	58
Şekil 4.3. 1. Deney marul bitkisinin toplam ağırlıkları.....	59
Şekil 4.4. 2. Deney marul bitkisinin toplam ağırlıkları.....	60
Şekil 4.5. 1. Deney 1. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları	60
Şekil 4.6. 1. Deney 2. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları	61
Şekil 4.7. 1. Deney 3. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları	61
Şekil 4.8. 1. Deney 1. tank, 2. tank ve 3. tank en uzun marul uzunluklarının ortalaması.....	62
Şekil 4.9. 2. Deney 1. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları	63
Şekil 4.10. 2. Deney 2. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları.....	63
Şekil 4.11. 2. Deney 3. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları.....	64
Şekil 4.12. 2. Deney 1. tank, 2. tank ve 3. tank en uzun marul uzunluklarının ortalaması	64
Şekil 4.13. 1. Deney toplam başlangıç ve bitiş balık ağırlıkları ve farkı	65
Şekil 4.14. Akvaryumların başlangıç ve son ağırlıkları farkı	66
Şekil 4.15. 2. Deney toplam başlangıç ve bitiş balık ağırlıkları ve farkı	66
Şekil 4.16. Akvaryumların başlangıç ve son ağırlıkları farkı	67
Şekil 4.17. 1. Deney balık büyümelerinin görüntü işleme yöntemi ile hesaplamaları.....	67
Şekil 4.18. 2. Deney balık büyümelerinin görüntü işleme yöntemi ile hesaplamaları.....	68
Şekil 4.19. 1. Deney kondisyon faktörü ve yem değerlendirme oranı	70
Şekil 4.20. 2. Deney kondisyon faktörü ve yem değerlendirme oranı	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. LP471 radyometrik probuna ait karakteristik özellikler	32
Çizelge 3.2. Akuaponik sistemde kullanılan besin maddesi oranları.....	56
Çizelge 4.1. 1. Deneye ait balık büyüme verileri.....	69
Çizelge 4.2. 2. Deneye ait balık büyüme verileri.....	71
Çizelge 4.3. Marullar için görüntü işleme alanı, ağırlık ve boy uzunluğunda en iyi sonucu veren tankın kıyaslaması.....	72
Çizelge 4.4. Balıklar için görüntü işleme alanı, ağırlık ve boy uzunluğunda en iyi sonucu veren akvaryum kıyaslaması.....	72



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EC	Elektriksel iletkenlik
LCD	Sıvı kristal ekran
LED	Işık yayan diyot
pH	Hidrojenin gücü veya potansiyel hidrojen
RTC	Gerçek zaman saati
UV	Ultraviyole
µs	Mikro saniye



1. GİRİŞ

Dünyanın artan nüfus yoğunluğu sebebiyle insanların gıda ve içilebilir suya olan erişimlerinde yakın gelecekte çok büyük problemler yaşayacağı öngörülmektedir. Gıda ihtiyacının karşılanması noktasında; topraksız tarımın ve su kaynaklarından (denizlerden ve tatlı sulardan) elde edilen su ürünlerinin büyük bir öneme sahip olacağı da açıktır. Özellikle içme suyu olarak kullanılan tatlı su kaynaklarının sınırlı ve bazı bölgeler için de erişilebilir olma noktasında problemler içerdiği göz önünde bulundurulduğunda, bu kaynakların gıda temini için su ürünlerinin üretiminde mi yoksa içme suyu temininde mi kullanılacağı tartışma konusudur. Bu kaynakların su ürünlerinin üretiminde kullanılması durumunda su ürünlerinin metabolik faaliyetleri sonucunda suya bırakılan fosfor ve azot gibi elementlerle yüklenmiş sular doğaya bırakılmaktadır. Azot ve fosfor, sudaki ekosistemin bir parçası olmakla birlikte bu elementlerin fazla olması, hem havada hem suda kirliliğe yol açmaktadır. Havadaki azot kirliliği çoğunlukla görülemiyor ancak su kaynakları veya denizler, kirlilikten dolayı yeşil bir renge dönüp köpürmeye başlıyor. Azot fazlalığı, su içerisinde yosun gelişimini hızlandırarak ekosistemin gereğinden fazla yosunla başa çıkamamasına yol açmaktadır. Bozulan su kalitesi sebebi ile sudaki canlıların yaşamlarını sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları oksijen miktarı karşılanamamaktadır. Bu durum sadece su canlıları için değil aynı zamanda insanlar için de tehlikeli olmaktadır. Bu suları içme suyu ve/veya kullanım suyu olarak kullananlar ile bu sularda yetişen canlılar ile beslenenler Bakteri ve toksin içeriği sebebi ile hasta olmaktadır. Sudaki canlılarının atığı olarak suya aktarılan ve hem su hem de insanlar için zararlı hale gelebilen bu elementler bitkiler için hayati öneme sahip besinler olmaktadır. Su içerisinde köklendirilebilen ve gelişimi için gerekli besinleri sudan alan sebze veya bitkiler hidroponik olarak adlandırılan ortamlarda yetiştirilebilmektedir. Son yıllarda uygulama sayısını artıran bu sistemleri su ürünlerinin yetiştirildiği ortamlarda uygulamak oldukça popüler ve faydalı bir sistem olarak karşımıza çıkmakta ve Akuaponik sistem olarak adlandırılmaktadır. Akuaponik sistem topraksız (hidroponik) sistemlerde yetiştirilecek olan bitkilerin, içerisinde balık gibi sucul organizmaların yoğun şekilde yetiştirildiği nütrient bakımından zengin sularla gübrelenerek yetiştirilmesini kapsayan bir tarımsal uygulamadır. Bu sistemlerin konvansiyonel topraklı yetiştiriciliğe kıyasla hızlı bitki gelişimi, düşük alan ihtiyacı, düşük su kullanımı, düşük düzeyde çevresel zarar etkisi, düşük sistem maliyetleri, artırılmış

yetiřtiricilik sezonu, dūřuk miktarda toprak kōkenli bitki patojenleri ve tarım ūrūnlerinin çeřitlendirilmesi gibi çeřitli faydaları sōz konusudur. Bu tez çalıřmasının amacı yukarıda faydaları sayılan akuaponik sistemlerin geliřtirilmesi ve gelecek dōnemlerde bu sistemlerden daha verimli bir řekilde yararlanılmasını saėlamaktır. Gūnūmūzde kaynakların kullanımından en etkili řekilde faydalanmak en temel hedeflerden birisi arasındadır.

Aydın (2018), yaptığı çalışmada çakıl ve sal sistemi olmak ūzere iki farklı hidroponik sistem kurarak kıvrıcık marul yetiştirilmesinde bu sistemlerden hangisinin daha uygun olacağını karşılaştırmaktadır. Denemede nil tilapia tūrū balık kullanılmıştır. Kurulan bu sistemlerde biyolojik filtre kullanılmamasının balık sağlığı ve gelişimi açısından olumsuz bir etkisi olmadığı gōzlemlenmiřtir. Çalışmanın sonucunda çakıl sistemine gōre sal sisteminde yetiştirilen marulların gelişiminin daha yūksek olduğu tespit edilmiştir. Kapalı devre balık yetiştiriciliği için hem çakıl hem sal sisteminde kıvrıcık marul yetiştirilmesinde rahat bir şekilde kullanılacağı gōrūlmūřtur.

Selek (2017), yaptıėı çalıřmada balık ve bitki ūretiminin birlikteliėi ile oluřturulan akuaponik ūretim yōntemiyle tilapia ve fesleėen yetiřtiriciliėi yapılmıřtır. Sudaki besin elementlerine baėlı olarak balıkların būyūmesi, geliřmesi ve yem deėerlendirme analizleri, bitkilerin ise kōk ve gōvde geliřimleri incelenmiřtir. Bu alıřma sonucunda elde edilen verilerden tilapia yetiřtirilmesi ve bitki birlikteliėiyle oluřturulan akuaponik sistemde, balık tankında bulunan sudaki atıkların bitki geliřiminde nutrient olarak kullanılabileceėi deėerlendirilmiřtir. Bōylece evre dostu, sūrdūrūlebilir ve su kaynaklarının verimli kullanılacaėı bir sistem olacaėı sonucuna varılmaktadır.

Palazekin (2019), yaptıėı çalıřmada kapalı laboratuvar ortamında bir akuaponik sistem kurulmuř tilapia ve kıvrıcık marul geliřimi için deneysel parametreler incelenmiřtir. Eř zamanlı olarak iki sistem kurulmuř bir tanesine adsorbiyon ūnitesi ilave edilerek balıklardaki būyūme performansı, yem deėerlendirilmesi ve marulun kōk, gōvde geliřimi incelenmiřtir. Çalıřmanın sonucunda balık ve bitki birlikteliėiyle oluřturulan akuaponik sistemde balık atık suyunun içerisindeki amonyum nitrifikasyon bakterileri ile bitkinin kullanılabileceėi forma dōnūřtūrūlerek deėerlendirilmiřtir. Bōylece su kaynaklarından verimli bir řekilde yararlanıldıėı gōrūlmektedir.

Ultraviole ışık kaynakları ile su temizliği uygulamaları gelişen teknoloji ile birlikte popülerlik kazanmıştır. Bu konuda akademik veya ticari çalışmalar mevcut olup aşağıda değinilmiştir.

Yapılan bir çalışmada akuaponik bir sistemde yetiştirilen fesleğen, marul ve baramundi bitkileri için UV işleminin gıda güvenlik durumu üzerine etkisini ve mikrobiyal organizmalar için etkisini incelemişlerdir. UV işlemini hidroponik ünitenin çıkışına yerleştirerek sadece balık tankı için UV işleminin etkisi gözlemlenmiştir. UV işlemi yapılırken suyun akış hızı ile ilgili değerlendirme yapılmamıştır. Bu çalışmanın sonucu olarak da akuaponik sistemde kullanılan UV işleminin koliform ve aerobik plaka sayısını azaltmada etkisinin olmadığını ileri sürmüşlerdir (Elumalai vd., 2017).

Görüleceği üzere akuaponik sistemlerde; hem su ürünlerinin yetiştirilmesi hem de bitki veya sebze üretiminin sağlanması noktasında ultraviole ışık kaynaklarının etkisi üzerine çalışma oldukça az olup yapılan bu çalışmalarda hem ultraviole ışık kaynaklarının dalga boyu aralıklarının hem de UV filtrasyon sonrasında ultraviole ışık kaynaklarının su ve sebze veya bitki üzerine olumlu/olumsuz etkilerinin araştırıldığı çalışma çok ama çok sınırlıdır. Konu ile ilgili olarak öne çıkan ve Elumalai vd. tarafından yapılan çalışmada kullanılan ışık kaynağının dalga boyu belli olmayıp ayrıca Ultraviole ışık uygulaması yapılan sistem ile kontrol sisteminin karşılaştırılmasında hem su akış hızı etkisi incelenmemiş hem de elementler açısından suda filtrasyon öncesi ve sonrası durumun karşılaştırılması detaylandırılmamıştır. Dolayısıyla Akuaponik sistemler için suyun akış hızı ile Ultraviole filtrasyon arasındaki ilişki net olarak belli değildir. Yine çalışmalarda Ultraviole filtreleme işleminin sudaki hangi elementleri veya atıkları ortadan kaldırdığı ve bu durumun balıklar ile sebze veya bitkiler üzerinde olan etkileri belli değildir. Örneğin hangi tehlikeli atık veya faydalı besin ortadan kaldırılmıştır ve bu ortadan kaldırılan atığın veya besinin yetiştirilen bitki veya su ortamındaki balıkların gelişimlerinde olumlu / olumsuz bir etkisi olmuş mudur belli değildir. Ayrıca yapılan çalışmada filtreleme için kullanılan ultraviole ışık kaynağı balık tankının çıkışı ile bitki tankının girişi arasına konulmak yerine bitki tankının çıkışı ile balık tankının girişi arasına konulmuştur. Yani bitkiler sudaki tüm zararlı atıklara maruz kalmıştır. Filtrelemeyi önce bitkiler sonrasında ise ultraviole ışık kaynağı yapmıştır. Yine bu noktada ultraviole ışık kaynağının balık tankının çıkışı ile bitki tankının girişi arasına konulması durumunda

yani bitkinin doğrudan atık suya maruz kalmaması durumunda hangi sonuçların ortaya çıkacağı merak konusudur.

Önerilen bu çalışmada yukarıda belirtilen Akuaponik sistemlerde ultraviyole ışık kaynakları ile filtreleme işlemi temel alınacak olup aşağıda sıralanan ve literatürde eksikliği görülen hususlardan bazıları incelenecektir. Bu hususlar;

a) ultraviyole ışık kaynakları kullanılarak filtreleme işlemi esnasında suyun akış hızının etkisi,

b) filtreleme işlemi için kullanılan ultraviyole ışık kaynağının montaj yerinin tarafımızca yukarıda belirtildiği şekilde uygulanması durumunda etkisi,

c) ultraviyole ışık kaynakları kullanılarak filtreleme işlemi esnasında hangi tehlikeli atık veya faydalı besin ortadan kaldırılmakta ve bu ortadan kaldırılan atığın veya besinin yetiştirilen bitki veya su ortamındaki balıkların gelişimlerinde olumlu / olumsuz bir etkisinin a ve b maddelerine göre etkilerinin ayrı ayrı incelenmesi olarak ele alınabilir.

Bu tez çalışmasına başlanırken çıkış noktası olarak; ultraviyole ışık kaynakları ile Akuaponik sistemlerde herhangi bir uygulama olup olmadığı sorusu öne atılmıştır. Bu kapsamda yapılan bilimsel ve ticari araştırmalar neticesinde a, b ve c maddelerinin eksikliği tespit edilmiştir. Bu amaçla kurulacak olan sistemlerde; hem su canlılarının hem de bitki veya sebzelerin yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan kontrollü bir ortamın ve elektronik otomasyon sisteminin tasarım ve geliştirilmesi yapılmıştır. Ayrıca yetiştirilen bitki ve balık gelişimlerinin tespiti için yine geliştirilmiş olan görüntü işleme yazılımları kullanılmıştır. Yetiştirme işlemi kapalı ve kontrollü ortamda yapıldığı için bitki veya sebzelerin gelişimleri için ihtiyaç duyacakları yapay ışık kaynaklarının tasarım ve üretimleri gerçekleştirilmiştir. Yukarıda verilen a ve b maddelerindeki etkileri gözlemleyebilmek ve analiz edebilmek için gerekli olan tüm test ve ölçümler yine yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda a ve b maddesinde belirtilen durumlar incelenmiş olup literatürdeki eksik olan kısımların doldurulması ve henüz mevcut olmayan bu sonuçların elde edilmesi ile ticari uygulamalara uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi

yapılmıştır. C maddesinde tespit edilen eksikler bu çalışmada ele alınamamıştır. Bunun sebebi ise c maddesindeki yapılması gereken ölçüm ve analizler için gerekli olan ölçüm cihazı ve kimyasallara kaynak bütçe sağlanamamış olmasıdır.

Bu çalışmada kurulan akuaponik sistemde uv ışık kaynakları kullanılarak filtrelemede suyun akış hızının etkisi, uv ışık kaynağının bulunduğu konumunun etkisi (balık tankının çıkışı veya bitki tankının çıkışı olmak üzere) araştırılmıştır. Otomasyon ve ölçüm sistemleri, görüntü işleme metodları, uv ışık kaynakları kullanılarak oluşturulan bu sistemin hem balıkların gelişimi hem de bitkilerin gelişimi açısından analizleri yapılmıştır. Uvc filtre kullanılarak ve uvc filtre olmadan kurulan sistemler ile bitkilerin ve balıkların gelişimi kıyaslanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Akuaponik ile ilgili ilk fikirler ve çalışmalar 1980’li yıllarda başlamış ve 1990’lı yıllarda teknolojinin gelişimine bağlı olarak hız kazanmıştır. Akuaponik üretim sistemi ile ilgili ilk çalışmalar yayınlanmıştır (Watten ve Busch, 1984; Zweig, 1986: Selek’den (2017)).

1990’lı yıllarda hız kazanan akuaponik sistem çalışmaları bazı araştırmacıların dikkatini çekmiştir ve yapılan araştırmalara göre çalışmalarda balık havuzlarına entegre edilen sebze türleri ile akuaponik sistemlerden başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu akuaponik sistemlerde insektisid veya antibiyotik kullanılmadan üretim yapılmasından dolayı sebze üretiminin organik tarım olarak kabul gördüğü bilinmektedir (Rakocy vd., 2006: Selek’den (2017)).

Rakocy (1995), balık üretim sistemleri için biyolojik filtrasyonun istenilen bir durum olduğunu ve akuaponik sistem modelleri ile de biyolojik filtrasyon sisteminin doğal yoldan oluşturulabileceğini, haricen filtrasyon sistemi kurulumunda gereken giderlerin de bu yolla giderilebileceğini belirtmiştir. Kapalı devre üretim modellerinde su filtrasyon işleminden geçirilerek arıtmakta ve yeniden kullanılabilir. Normal üretim sistemlerinde ise su bir kerelik kullanıma sahip olup kullanımdan sonra doğaya bırakılmaktadır. Akuaponik sistemlerde ise bitkiler suda bulunan azot ve fosfor besin elementlerini kökleri ile alarak filtrasyon işleminin doğal yoldan gerçekleşmesini sağlamaktadır. Akuaponik sistemdeki bu doğal filtrasyon sistemi ile bitkinin gerekli besin elementlerini alarak üretiminin yapılması aynı zamanda da yapay filtrasyon sisteminin maliyetinin azaltılması amaçlanmaktadır (Selek, 2017).

Goodman (2011), yaptığı çalışmada akuaponik sistemlerde hem balık hem bitki yetiştiriciliğinin aynı sistemde ekonomik olmadığını, farklı yöntemler geliştirilerek ekonomik olabileceğine değinmiştir. Mevcut bir işletme üzerine akuaponik sistem eklendiğinde ise su kaynağı, arazi vb. masraflar açısından yeni yatırıma göre kazançlı olabileceğini vurgulamıştır (Selek, 2017).

Graber (2009), akuaponik ve hidroponik sistem kullanarak domates, patlıcan, hıyar bitkileri ve Tilapia, Levrek balık türleri üzerinde yaptığı çalışmalarda iki sistem karşılaştırıldığında elde edilen sebze miktarının birbirine yakın olduğu sonucuna ulaşmıştır. Akuaponik sistemde balık tankındaki atık suların besleyici elementlere dönüştürülerek yararlanılması durumunda karlı olunabileceğini bildirmiştir.

Lastiri vd. (2016), yaptıkları matematiksel modelli araştırmada 1000m² hidroponik sistem ve 40m³ balık tankları ile yıllık 75 ton domates ve 5 ton tilapia elde etmişlerdir. Bitkiler balık tanklarındaki NO₃ seviyesini %35 azaltmakta, balıklar ise bitkiler için gerekli olan azotun %26'sını karşılamaktadır.

Shete vd. (2013), akuaponik sistemde japon balığı ve ıspanak bitkisi kullanarak su devir daimini 4, 8, 12 ve 24 saatte 4 farklı grupta yapmışlardır ve en yüksek verimde bitki ve balık gelişimini 12 ve 24 saatlik su devir daiminde elde etmişlerdir. 4 farklı grupta da balıkların yaşama oranı %100 olarak bulunmaktadır. 24 saatlik su devir daiminde balıklar en yüksek canlı ağırlığına sahip çıkmaktadır. 24 saatlik periyotta daha büyük büyüme oranına sahip olursa da 12 saatlik periyotla arasında önemli bir fark bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada 12 saatlik periyotla su devir daimi yapılmasının akuaponik sistemin ekonomikliği açısından uygun olacağı belirtilmiştir.

Wahyuningsih vd. (2015), atık zot miktarını azaltmak için yaptıkları çalışmada tilapia, marul bitkisi ve bakteri birlikteyle azotun en aza indirgenebileceğini bulmuşlardır.

Gökvardar (2013), yaptığı çalışmada akuaponik sisteme levrek ve marul bitkisini media- filled yatak sistemi ile entegresini sağlamıştır. Çalışmada kullanılan levreklerin ortalama ağırlığı 27.9gr olarak çalışmaya başlanmış ve 100 günün sonunda levrekler 44gr canlı ağırlığa ulaşmışlardır. Sonucunda balık türünde levrek kullanımının akuaponik sistemler için uygun olduğu belirtilmiştir.

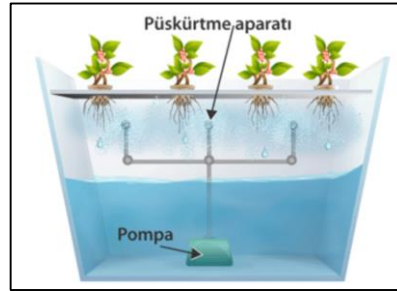
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Topraksız Tarım Sistemleri

Topraksız tarım sistemleri aeroponik sistemler, hidroponik sistemler ve akuaponik sistemler olmak üzere 3'e ayrılmaktadır.

3.1.1. Aeroponik sistemler

Aeroponik sistem besin eriyiklerinin bitki köklerine sis veya buhar halinde belirli aralıklarla veya sürekli olarak püskürtülmesiyle uygulanan yöntemdir. Aeroponik sistemde bitkiler köpüklere yerleştirilir ve bitki kökleri köpük altında havada asılı kalmaktadır. Işık geçirgenliği olmayan kapalı kutuların kullanılması alg gelişimini önler. Bitki köklerinin nemli olması ve besin çözeltisinin havalandırılması açısından 2-3 dakikada 1-2 saniye olacak şekilde mistleme yapılması yeterli olmaktadır. Su ve besinin alınması bitki köküne tutunan çözelti sisinden sağlanır. Aeroponik sistem daha çok seralarda uygulanmaktadır. Ispanak ve marul gibi sebzeler için uygun bir yöntemdir. Su, hava, ışık ve besin maddesi sistemin ana gereksinimleridir (Megep, 2008). Şekil 3.1'de aeroponik sistem görülmektedir (Anonim, 2015).

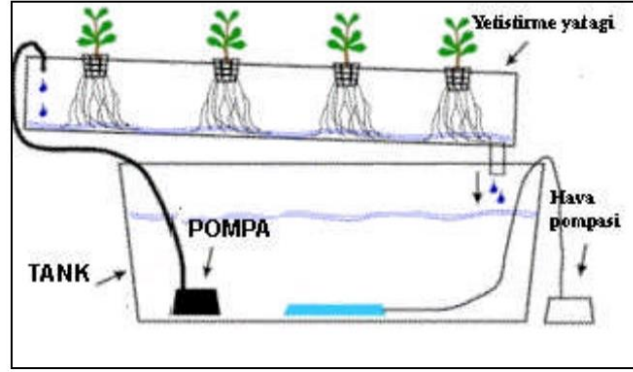


Şekil 3.1. Aeroponik sistem

3.1.2. Hidroponik sistemler

Hidroponik sistem özel besin çözeltilerinin bitki köklerine belirli aralıklarla püskürtülerek ve katı ortam olmadan yetiştirilmesine denilmektedir. Hidroponik, destek olmadan besin çözeltisi kullanarak veya katı ortamda besin çözeltisi kullanarak bitki yetiştirmeye denilmektedir.

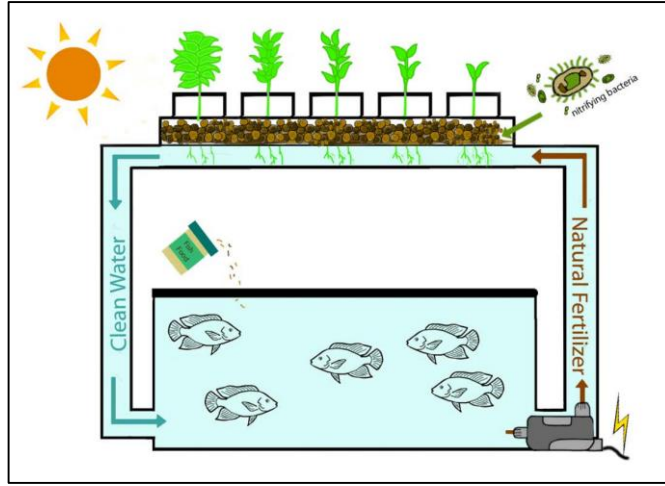
Hidroponik sistemler açık ve kapalı sistemler olarak ayrılmaktadır. Açık hidroponik sistemlerde besin çözeltisi bir kez kullanılarak bitki köklerine tekrar verilmez. Kapalı hidroponik sistemlerde ise besin çözeltisinin fazlası toplanıp tekrar dolaştırılır ve bitki köklerine verilir (Megep, 2008). Şekil 3.2’de hidroponik sistem görülmektedir (Megep, 2008).



Şekil 3.2. Hidroponik sistem

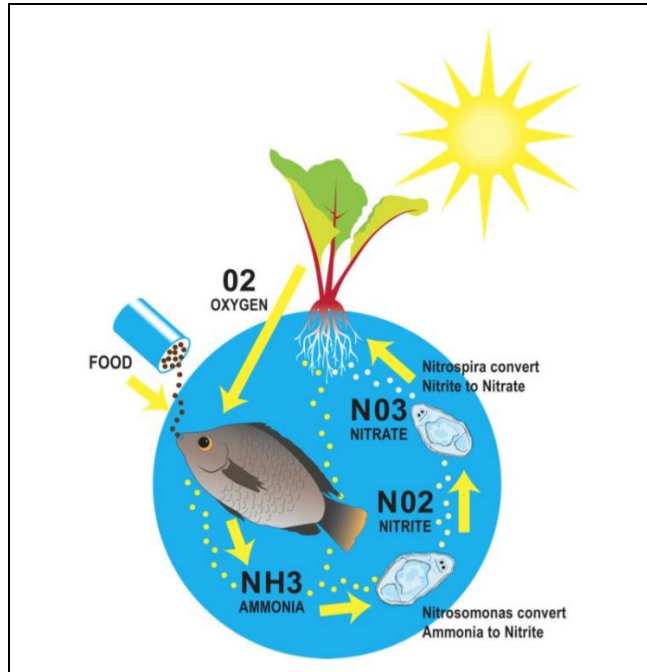
3.1.3. Akuaponik sistemler

Hidroponik tarımın akuakültür ile birleşiminden Akuaponik sistem oluşur. Akuaponik sistem için gerekli olan su, bitki ve balık kapları arasında devir daim halindedir. Balık atıkları bitkilerin besin ihtiyacının karşılanması açısından doğal gübre olarak kullanılmaktadır. Akuaponik sistem bileşenlerinden olan bitkiler, biyolojik olarak su arıtımını gerçekleştirir ve yararlı bakteriler sayesinde de balık atıklarından besin elde edilmesini sağlarlar (Mukherjee, 2013). Akuaponik sistemdeki balık atıklarında amonyak bulunur. Bitkilerin ihtiyacı olan azot ise Akuaponik sistemde bulunan bakteriler yardımıyla amonyağın önce nitrata daha sonra da nitrite dönüştürülmesini sağlar. Böylece bitkinin ihtiyacı olan azot nitritten karşılanmış olur. Balık sebze bitlikteliği ile kurulan akuaponik sistemde balık atıkları bitkiler için gübre görevi görmekte, bitkiler ise balıklar için filtre görevi görmektedir. Bu sistemin kullanılmasının avantajı kültür balıkçılığın yarattığı kirliliğin önlenmesi, su tasarrufu sağlanması ve bitkiler için organik yoldan gübre elde edilmesidir. Akuaponik sistem diyagramı Şekil 3.3’de gösterildiği gibidir (Anonim, 2017).



Şekil 3.3. Akuaponik sistem diyagramı

Akuaponik sistem diyagramından kısaca bahsedersek, sistem ilerleyişi şu şekildedir: Akuaponik sistem içerisinde balık tankındaki balıklar atık üretiyor → akvaryum içinde bulunan nitrifikasyon bakterileri atıktaki bulunan amonyağı nitrite, nitriti de nitrata dönüştürüyor → nitratta bulunan azot bitkiler için gübre olarak kullanılıyor → en son olarak bitkilerin kullandığı azot ile nitrifikasyon bakterileri sayesinde filtrelenmiş suyun tekrar balık akvaryumuna geri dönüşü sağlanıyor. Akuaponik sistemde azot döngüsü aşağıdaki Şekil 3.4’de gösterildiği gibidir (Anonim, 2017).



Şekil 3.4. Akuaponik sistemde azot döngüsü

3.2. Görüntü İşleme

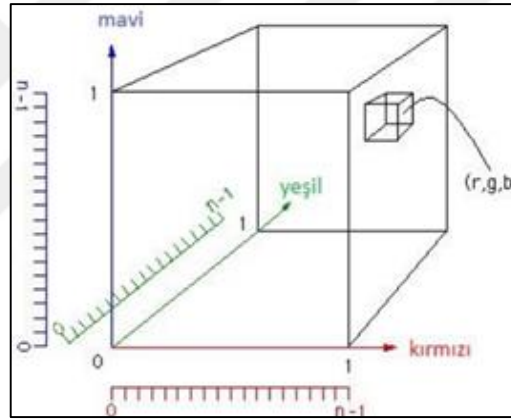
3.2.1. Görüntünün tanımı

Günümüzde görüntü işleme, dijital bir görüntüyü sayısal forma dönüştürerek nesne tanıma, görüntü iyileştirme gibi farklı yöntemler kullanarak görüntünün iyileştirme yöntemlerinin bir bütünüdür (Aksoy, 2020). Ayrıca dijital görüntü üzerinde filtreleme, eşikleme gibi farklı görüntü işleme teknikleri kullanılarak görüntülerden anlamlı sonuçlar çıkartılabilmektedir (Jain, 1989; Aksoy'dan (2020)). Farklı içeriklere sahip olan bu dijital görüntüler sayesinde görüntü yorumlamaya olanaklı olan çevresel veriler, şehir planlamalar, coğrafi analizler gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır (İrod, 2007; Nixon, 2012). Görüntü işlemede gerçekleştirilen uygulamalar derin öğrenme gibi birçok teknolojik uygulamaya da veri kaynağı olmuştur. Görüntü işleme ayrıca otoyoldan geçen araç sayısını belirleyerek akıllı kavşak uygulamalarının geliştirilmesi, trafik kurallarına uymayan araç plakalarının tespiti gibi birçok alanda topluma katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra sağlık alanında bilgisayarlı tomografi görüntülerinden hastalık tespitinde insan hatalarını minimize edebilen uygulamalarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Mühendislik alanında ise, görüntü ve ses dosyalarında doğru diyafram ayarlarının belirlenmesi, renk ve ışık kalitesinin artırılması gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır (Jähne, 2005; Ma vd., 2009; Samtaş ve Gülesin, 2012; Aksoy'dan (2020)).

3.2.2. Renk uzayları

Görüntü işlemede sıklıkla kullanılan sistemlerden birisi de renk uzaylarıdır. Renk uzayları, üç veya dört farklı renk bileşeni kullanarak görüntüler üzerinde renk içeriklerini matematiksel bir model olarak oluşturmaktadır (Kolkur vd., 2016). RGB renk uzayı sırasıyla kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavi (Blue) renklerin İngilizce baş harfleri kullanılarak oluşturulmuştur. RGB renk uzayının değer aralığı 0-255 aralığındadır. RGB renk uzayında kırmızı, yeşil ve mavi renk değerleri üç kanallı olduğu için $256^3 = 16\,777\,216$ değerde farklı değeri almaktadır. Sıklıkla kullanılan diğer renk uzayları arasında HSV (Hue, Saturation, Value), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Kontrast) gösterilebilir ve RGB renk uzayı gerekli durumlarda bu renk uzaylarına dönüştürülebilmektedir (Altuntaş ve Kocamaz, 2019). RGB renk uzayı

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi üç boyutlu bir küp olarak tanımlanmıştır (Gangal, 2019: Aksoy’dan (2020)). Üç renk kanalının birleşiminden en yüksek değerde oluşturulduğunda beyaz, en düşük değerlerin kullnıldığında ise siyah renk oluşmaktadır (Gangal, 2019). HSV renk uzayı görüntündeki renk özü, doygunluğu ve parlaklığı olmak üzere üç kanalla ifade edilen bir renk uzayıdır (Ozan ve Ceylan, 2018). Renk özü (dalga boyu) HSV renk uzayındaki 0° - 360° aralığındaki açısal bir değer olarak ifade edilmektedir. Renk parlaklığı veya bir başka ifadeyle renk şiddeti, rengin aydınlığını içerisinde bulunan 0 ile 100 arasında değişen bir değer olup beyaz renk oranını belirlemektedir. Renk doygunluğu ise, rengin daha belirgin olarak görünmesini sağlamaktadır. Parlaklık olarak yüksek renk doygunluk değerleri için belirgin renkler oluştururken, düşük renk doygunluk değerleri ise rengin gri renk tonuna yaklaşmaktadır (Abusabra, 2018).



Şekil 3.5. RGB renk uzayı küpü

Görüntü işlemede sıklıkla renk uzayları arasında dönüşümler gerçekleştirilmektedir. Genellikle renk dönüşümleri RGB görüntüler üzerinden HSV ya da CMYK görüntülere dönüşüm şeklinde gerçekleştirilmektedir. RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm Denklem 3.1 ile Denklem 3.5 arasında verilen matematiksel ifadeler kullanılarak yapılmaktadır (Chernov vd., 2015: Aksoy’dan (2020)). RGB’den HSV’ye ileri dönüşüm yapabilmek için aşağıdaki adımlar uygulanmaktadır. RGB renk uzayında R,G,B renk kanallarının maksimum ve minimum değerlerini Denklem 3.1 ve Denklem 3.2’de verilen eşitlikler kullanılarak bulunmaktadır (Chernov vd., 2015: Aksoy’dan (2020)).

$$M = \max(R, G, B) \quad (3.1)$$

$$m = \min(R, G, B) \quad (3.2)$$

Denklemde M R,G,B renk kanalları içerisindeki maksimum değerleri, m ise R,G,B renk kanalları içerisindeki minimum değerleri ifade etmektedir. Denklem 3.3'de ise HSV renk uzayındaki V (value) değerinin matematiksel ifadesi verilmiştir (Aksoy, 2020).

$$V = M \quad (3.3)$$

Denklem 3.3'de V HSV renk uzayındaki value değerini M ise R,G,B renk kanallarındaki maksimum değerini ifade etmektedir. Denklem 3.4'de HSV renk uzayındaki saturate değerine ait matematiksel eşitlik verilmiştir (Aksoy, 2020).

$$S = \frac{M-m}{M} \quad (3.4)$$

Denklemde S saturate değerini, M , RGB renk uzayındaki R,G,B kanallarına ait maksimum değeri, m ise minimum değeri temsil etmektedir. Denklem 3.5'de HSV renk uzayındaki H(hue) değerinin hesaplanmasında kullanılan matematiksel denklem verilmiştir (Aksoy, 2020).

$$H = \frac{1}{6} * \begin{cases} \frac{G-B}{d}, & \text{Eğer } M = R \text{ ve } m = B \\ 1 + \frac{R-B}{d}, & \text{Eğer } M = G \text{ ve } m = B \\ 2 + \frac{B-R}{d}, & \text{Eğer } M = G \text{ ve } m = R \\ 3 + \frac{G-R}{d}, & \text{Eğer } M = B \text{ ve } m = R \\ 4 + \frac{R-G}{d}, & \text{Eğer } M = B \text{ ve } m = G \\ 5 + \frac{B-G}{d}, & \text{Eğer } M = R \text{ ve } m = G \end{cases} \quad (3.5)$$

Denklemde H HSV renk uzayındaki hue değerini, R, G, B değerleri RGB renk uzayındaki kırmızı yeşil ve mavi piksel değerlerini, M ve m ise R,G,B renk uzayındaki görüntünün maksimum ve minimum değerleri ifade etmektedir. Görüntü işlemede sıklıkla kullanılan bir diğer renk uzayı ise CMYK'dir. CMYK renk uzayı; Açık mavi (Cyan); Yeşil+Mavi, Magenta; Kırmızı + Mavi, Sarı; Kırmızı+Yeşil ve K; kontrast

renk birleşimlerinden oluşan bir renk uzayıdır. CMYK renk uzayında renk bileşenlerinin değerleri 0 ile 100 arasında değişerek farklı renk tonlarının oluşturulmaktadır (Hardeberg, 1999). CMYK renk uzayında Açık mavi, magenta ve diğer tüm renklerin %100 oranında karışımı ile siyah görüntü, tümünden %0 oranında karışım ile de beyaz görüntü elde edilmesi sağlanmaktadır. CMYK renk uzayında kontrast ile görüntüye üç boyutlu derinlik özelliği eklenmektedir (Kısa, 2019). RGB renk uzayının, CMYK renk uzayına dönüşümünde kullanılan matematiksel ifadeler Denklem 3.6 ile Denklem 3.10 arasında verilmiştir (Yılmaz, 2002: Aksoy'dan, (2020)).

$$R' = R/255 \quad G' = G/255 \quad B' = B/255 \quad (3.6)$$

$$K = 1 - \max(R', G', B') \quad (3.7)$$

$$C = (1 - R' - K)/(1 - K) \quad (3.8)$$

$$M = (1 - G' - K)/(1 - K) \quad (3.9)$$

$$Y = (1 - B' - K)/(1 - K) \quad (3.10)$$

Denklemde RGB görüntü için R' kırmızı renk kanalını G' yeşil renk kanalını B' ise mavi renk kanalını ifade etmektedir. CMYK görüntü için ise C açık mavi renk kanalını, M magenta renk kanalını, Y sarı renk kanalını ve K ise kontrast değer olarak ifade edilmektedir.

3.2.3. Morfoloji işlemleri

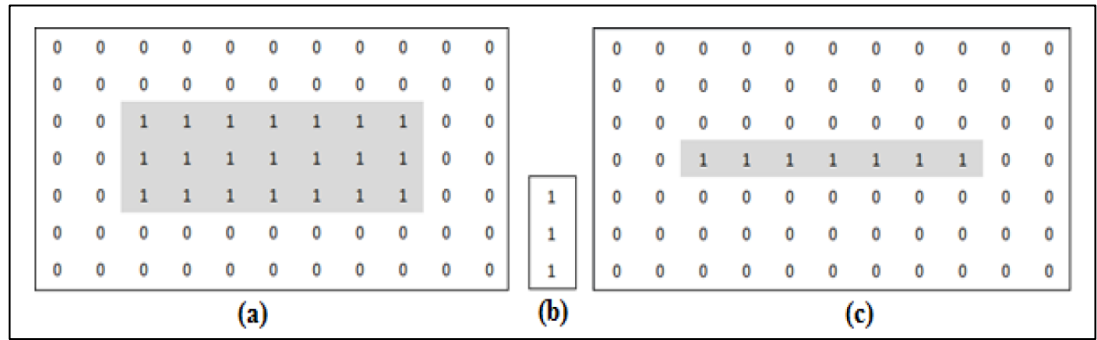
Matematiksel morfoloji işlemleri, görüntüdeki nesnelerin geometrik şekillerine göre kümeler teorisi ile oluşturulmuş bir görüntü işleme tekniğidir (Zhang vd., 1999). Dijital görüntü üzerinde morfolojik işlemler uygulanarak nesnelerin içerisinden istenilen nesnenin çıkarılması veya ayırt edilmesi, görüntü üzerindeki gürültünün azaltılması ve bölütleme gibi işlemlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Karhan vd., 2011).

İnceltme, erozyon gibi birçok işlemde ilk ve son işlem olarak morfolojik filtreleme işlemleri sıklıkla kullanılmaktadır (Çelik, 2011). Ayrıca görüntü işlemede genişletme (dilation) ve aşındırma (erosion) işlemleri morfolojik işlemlerinin temelini oluşturmaktadır (Atalı vd., 2016).

3.2.3.1. Aşındırma (erosion) işlemi

İkili görüntüdeki düşük değerlerin görüntüden çıkartılarak nesnenin küçültülmesini veya incilmesi sağlanmaktadır (Boztoprak vd., 2007; Aksoy'dan (2020)).

Aşındırma işlemi ile görüntü küçülmesi esnasında görüntü delik oluşuyor ise delikler genişleyerek nesneler birbirinden ayrılmaktadır (Aksoy, 2020). Bu işlem yapı elemanın dijital görüntü pikselleri üzerinde gezdirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.6'da da görüldüğü gibi eğer yapı elemanın merkez pikseli görüntü üzerinde "1" değerinin üzerinde olursa yapısal elemanda kalan piksel değerleri incelenmektedir (Kazdal, 2013). Eğer yapı elemanının içerisindeki "1" olan piksellerden herhangi birisinin altında görüntüye ait "0" değeri varsa yapı elemanının diğer "1" değerlerinin altındaki değerler için ise piksel değeri "0" olarak belirlenmektedir (Altunkurt ve Kahrıman, 2011; Kazdal, 2013).

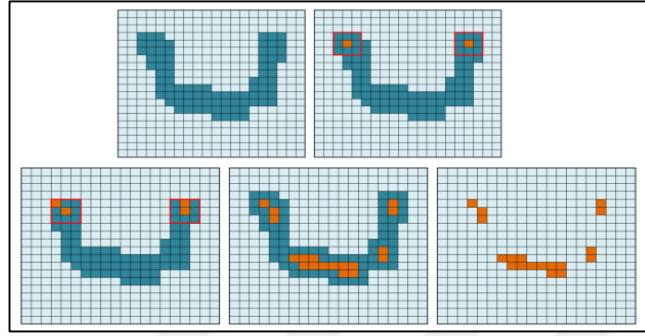


Şekil 3.6. (a) Görüntünün orijinali, (b) yapı elemanı, (c) genişletme işlemi uygulanmış görüntünün gösterimi

Denklem 3.11'de A kümesinin B yapılandırma elemanı ile aşınması AB olarak gösterilmiştir (Öter vd., 2016).

$$AB = \{z|(B)z A\} \quad (3.11)$$

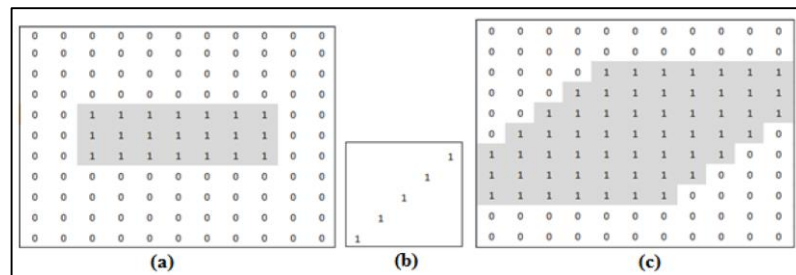
Denklemden AB aşındırma operatörünü, A işlenecek olan görüntüyü, B ise yapı elemanını ifade etmektedir. Şekil 3.7’de de gösterildiği gibi aşınma işleminde, yapı elemanının görüntü üzerindeki bölge ile tamamen kesişmesi durumunda, yapı elemanının merkez noktası dışındaki alanlar arka plan olarak değerlendirilmektedir (Acar, 2011; Aksoy’dan (2020)).



Şekil 3.7. Aşınma operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaşı ekemanının çalışması ve sonuç görüntüsü

3.2.3.2. Genişletme (dilation) işlemi

Genişletme işlemi yüksek değerler eklenerek gray scale bir görüntüdeki nesnenin büyümesini veya kalınlaşmasını sağlayan morfolojik işlem olarak tanımlanmaktadır (Balcı vd., 2016). Sayısal bir görüntüyü genişletme işlemini görüntüdeki yapısal elemanın kesiştiği bölümler kadar büyütme işlemi olarak tanımlamak mümkündür (Aksoy, 2020). Bu işlem yapı elemanının dijital görüntü pikselleri üzerinde gezdirilmesi yöntemi ile yapılmaktadır. Şekil 3.8’de yapı elemanının merkezinin görüntü üzerinde "0" değerli bir piksele denk gelirse görüntü üzerinde bir değişiklik olmamaktadır. Yapı elemanının merkezinin değeri "1" denk gelmesi durumunda yapısal eleman ile onun altında kalan piksellere lojik olarak veya işlemi uygulanmaktadır (Kazdal, 2013).

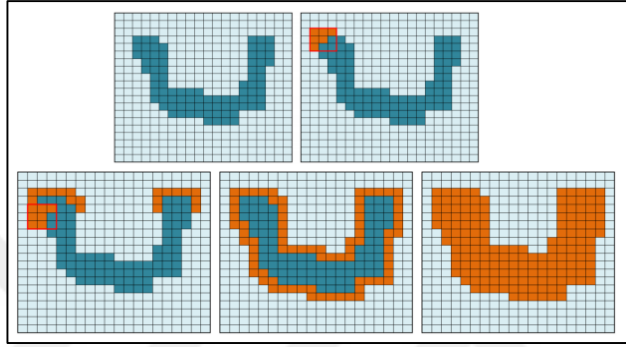


Şekil 3.8. (a) Görüntünün orijinali, (b) yapı elemanı, (c) genişletme işlemi uygulanmış görüntünün gösterimi

Denklem 3.12’de A kümesinin B yapılandırma elemanı ile genişletilmesi AB şeklinde tanımlanarak matematiksel ifadesi verilmiştir (Öter vd., 2016).

$$AB = \{z|(B)z A\} \quad (3.12)$$

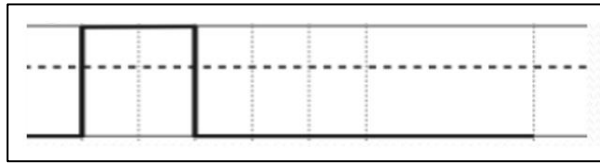
Şekil 3.9’da yapı taşı elemanının çalışması ve sonucu genişletme operatörü kullanılarak görüntüde gösterilmiştir (Acar, 2011: Aksoy’dan (2020)).



Şekil 3.9. Genişletme operatörünün kullanıldığı görüntü, yapıtaşı elemanının çalışması ve sonuç görüntüsü

3.2.4. Eşikleme (Thresholding) işlemleri

Eşikleme gri tonlu görüntüden ikili (binary) bir görüntü elde etmede kullanılan bir görüntü işleme yöntemidir. Fakat renkli görüntülerle de kullanılmaktadır. Eşikleme, kaynak görüntü üzerindeki büyük ve küçük değerlere sahip piksel değerlerine filtreleme işlemleri uygulayarak görüntü üzerindeki gürültüleri kaldırmada kullanılan bir tekniktir. Eşikleme işlemleri için kullanılan temel yapılar ve matematiksel ifadeler gösterildiği gibidir (Gonzalez ve Woods, 2014: Aksoy’dan (2020)). Statik eşikleme beş kategoriye ayrılmaktadır. Şekil 3.10’da ikili tip statik eşikleme modeli çalışma mantığı gösterilmektedir (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

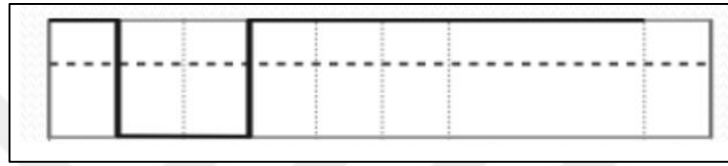


Şekil 3.10. İkili tip statik eşikleme çalışma mantığı

Denklem 3.13’de eşikleme ikili tip’te kaynak (x,y) değeri E değerinden büyük ise maksimum değer alınırken diğer durumda ise bu değer 0 olarak alınmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2014: Aksoy’dan (2020)).

$$Hedef = (x, y) = \begin{cases} \text{maksimum değer} & \text{eğer kaynak}(x, y) > E \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (3.13)$$

Şekil 3.11’de ters ikili tip statik eşikleme modeli çalışma mantığı gösterilmektedir (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

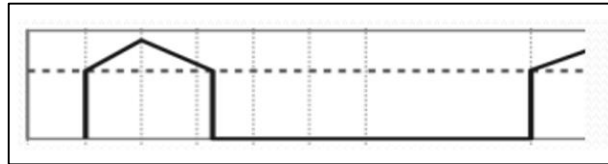


Şekil 3.11. Ters ikili tip statik eşikleme çalışma mantığı

Denklem 3.14’de eşikleme ters ikili tip’te kaynak (x,y) değeri E değerinden büyük ise 0 değer alınırken diğer durumda ise maksimum değer alınmaktadır (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

$$Hedef = (x, y) = \begin{cases} 0 & \text{eğer kaynak}(x, y) > E \\ \text{maksimum değer} & \text{değilse} \end{cases} \quad (3.14)$$

Şekil 3.12’de sıfır tip statik eşikleme modeli çalışma mantığı gösterilmektedir (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

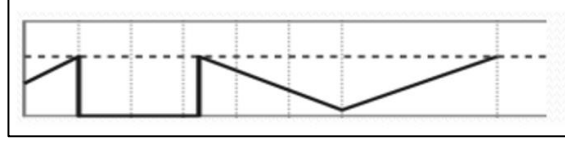


Şekil 3.12. Sıfır tip statik eşikleme çalışma mantığı

Denklem 3.15’de eşikleme sıfır tip’te kaynak (x,y) değeri E değerinden büyük ise eşik değeri alınırken diğer durumda ise bu değer kaynak (x,y) olarak alınmaktadır (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

$$Hedef = (x, y) = \begin{cases} eşik\ değer & eğer\ kaynak(x, y) > E \\ kaynak(x, y) & değilse \end{cases} \quad (3.15)$$

Şekil 3.13’de ters sıfır tip statik eşikleme modeli çalışma mantığı gösterilmektedir (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

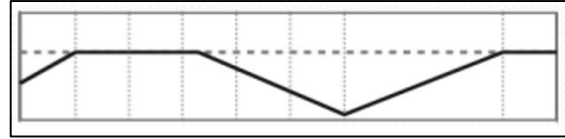


Şekil 3.13. Ters sıfır tip statik eşikleme çalışma mantığı

Denklem 3.16’da eşikleme ters sıfır tip’te kaynak (x,y) değeri E değerinden büyük ise kaynak (x,y) alınırken diğer durumda ise bu değer 0 olarak alınmaktadır (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

$$Hedef = (x, y) = \begin{cases} kaynak(x, y) & eğer\ kaynak(x, y) > E \\ 0 & değilse \end{cases} \quad (3.16)$$

Şekil 3.14’de kırpma tip statik eşikleme modeli çalışma mantığı gösterilmektedir (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).



Şekil 3.14. Kırpma tip statik eşikleme çalışma mantığı

Denklem 3.17’de eşikleme kırpma tip’te kaynak (x,y) değeri E değerinden büyük ise 0 alınırken diğer durumda ise bu değer kaynak (x,y) olarak alınmaktadır (Doğan vd., 2013: Aksoy’dan (2020)).

$$Hedef = (x, y) = \begin{cases} 0 & eğer\ kaynak(x, y) > E \\ kaynak(x, y) & değilse \end{cases} \quad (3.17)$$

3.2.5. Dinamik eşikleme (Otsu algoritması)

Görüntüdeki piksellerin kümelenip piksel değerlerinin dağılımına göre çalışan bir eşikleme yöntemine otsu algoritması denilmektedir. Görüntüdeki toplam piksel sayılarının hesaplanmasında 3.18’de verilen denklem kullanılmaktadır (Otsu, 1979; Suresh ve Lal, 2016; Aksoy’dan (2020)).

$$N = n_1 + n_2 + n_3 \dots n_i + \dots n_L \quad (3.18)$$

Görüntünün piksel değerleri L ([1,2,...,L]) olmak üzere gri seviye ile temsil edilirken, N toplamdaki piksel sayısını ifade etmekte ve n her gri seviyedeki pikselin sayısını göstermektedir. Her gri seviyedeki pikselin ağırlığının yüzdesel olarak hesaplanmasında Denklem 3.19 kullanılmaktadır (Otsu, 1979; Suresh ve Lal, 2016; Aksoy’dan (2020)).

$$P_i = n_i/N \quad (3.19)$$

Denklemdeki her bir gri seviyedeki pikselin ağırlığının yüzdesini P_i , toplam piksel sayısını N ve her bir gri seviyedeki piksel sayısı ise n_i ile ifade edilmektedir. Denklem 3.20’de toplam ağırlık değerleri verilmiştir (Glasbey ve Horgan, 1994; Akay, 2013; Hassanzadeh ve Kanan, 2014; Aksoy’dan (2020)).

$$\omega_1(t) = \sum_{i=1}^t P_i, \omega_2(t) = \sum_{i=t+1}^L P_i \quad (3.20)$$

Denklemde 1’den t’ye kadar toplam ağırlık sınıfları $\omega_1(t)$, t+1’den L’ye kadar olan toplam ağırlık sınıfları $\omega_2(t)$ olarak ifade edilmektedir. Denklem 3.21 ve Denklem 3.24 arasındaki denklemler kullanılarak otsu algoritmasındaki sınıflar arası dağılım hesaplanmaktadır (Glasbey ve Horgan, 1994; Akay, 2013; Hassanzadeh ve Kanan, 2014; Aksoy’dan (2020)).

$$\sigma_B^2 = \omega_1 \omega_2 (\mu_2 - \mu_1)^2 \quad (3.21)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t \frac{i P_i}{\omega_1(t)} \quad (3.22)$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^L \frac{iP_i}{\omega_2(t)} \quad (3.23)$$

$$t^* = \underset{0 \leq t \leq L}{\operatorname{Arg\,max}} \{ \sigma_B^2(t) \} \quad (3.24)$$

Otsu algoritması, sınıflar arası dağılımı σ_B^2 , bulunan eşik değerini t^* göstermektedir.

3.2.6. Kapur entropisi

Kapur fonksiyonu sınıflar arası ayrılabilirliği ölçmede kullanılan bir yöntemdir. Görüntüdeki gri seviyelerinin olasılıklı dağılımına bağlı olarak entropi ölçüsü bulunmaktadır. Sınıflar arası entropi değerleri maksimum olduğunda en uygun eşik seviyeleri elde edilmektedir. Bu nedenle, kapur entropisinde temel amaç en yüksek entropi değerini elde etmektir (Kapur vd., 1985; Akay, 2013; Bhandari, 2014; Aksoy'dan (2020)). Orijinal Kapur Entropisi tek seviyeli eşiklemede kullanıldığı gibi bazen çok seviyeli eşikleme uygulamaları içinde genişletilebilir. Denklem 3.25'de her i gri seviye değerinin olasılığı, i . gri seviyenin oluşum frekansı, gri seviye değerlerinin toplamı ile normalize edilerek hesaplanmıştır (Akay, 2013; Bhandari vd., 2014; Sathya ve Kayalvizhi, 2011; Aksoy'dan (2020)).

$$P_i = \frac{h(i)}{\sum_{i=0}^{L-1} h(i)}, \quad i = 0, \dots, L-1 \quad (3.25)$$

Denklem 3.26 ve Denklem 3.27'de tek seviyeli eşikleme için Kapur entropisi ölçüsü tanımlanmıştır (Akay, 2013; Bhandari vd., 2014; Sathya ve Kayalvizhi, 2011; Aksoy'dan (2020)).

$$H_0 = - \sum_{i=0}^{t-1} \frac{P_i}{\omega_0} \ln \frac{P_i}{\omega_0}, \quad \omega_0 = \sum_{i=0}^{t-1} P_i \quad (3.26)$$

$$H_1 = - \sum_{i=t}^{L-1} \frac{P_i}{\omega_1} \ln \frac{P_i}{\omega_1}, \quad \omega_1 = \sum_{i=t}^{L-1} P_i \quad (3.27)$$

Denklem 3.28'de ise sınıf entropileri toplamı maksimum yapıldığında elde edilen eşik değeri görüntü için en optimum eşik seviye değeri elde edilmesinde kullanılmaktadır (Akay, 2013; Bhandari vd., 2014; Sathya ve Kayalvizhi, 2011; Aksoy'dan (2020)).

$$t^* = \operatorname{argmax}(H_0 + H_1) \quad (3.28)$$

Denklem 3.29 ile 3.32 arasındaki denklemlerde çok seviyeli eşikleme için genişletilmiş kapur entropi ölçüsüne ait matematiksel ifadeler verilmiştir (Akay, 2013; Bhandari vd., 2014; Sathya ve Kayalvizhi, 2011; Aksoy'dan (2020)).

$$H_0 = -\sum_{i=0}^{t_1-1} \frac{p_i}{\omega_0} \ln \frac{p_i}{\omega_0}, \quad \omega_0 = \sum_{i=0}^{t_1-1} p_i \quad (3.29)$$

$$H_1 = -\sum_{i=t_1}^{t_2-1} \frac{p_i}{\omega_1} \ln \frac{p_i}{\omega_1}, \quad \omega_1 = \sum_{i=t_1}^{t_2-1} p_i \quad (3.30)$$

$$H_2 = -\sum_{i=t_2}^{t_3-1} \frac{p_i}{\omega_2} \ln \frac{p_i}{\omega_2}, \quad \omega_2 = \sum_{i=t_2}^{t_3-1} p_i \quad (3.31)$$

$$H_m = -\sum_{i=t_m}^{L-1} \frac{p_i}{\omega_m} \ln \frac{p_i}{\omega_m}, \quad \omega_m = \sum_{i=t_m}^{L-1} p_i \quad (3.32)$$

Denklem 3.33'de çok seviyeli eşikleme için genişletilmiş kapur entropi ölçüsüne ait matematiksel ifade verilmiştir (Akay, 2013; Bhandari vd., 2014; Sathya ve Kayalvizhi, 2011; Aksoy'dan (2020)).

$$(t)^* = \operatorname{argmax} \sum_{i=0}^m H_i \quad (3.33)$$

Denklemden fonksiyon değeri maksimum seviyeye ulaştırılarak optimum eşik değerleri elde edilmektedir.

3.2.7. Nesne tespiti

Nesne tespiti, bir kamera görüntüsündeki nesnenin daha görünür bir hale getirilmesi için arka plandan ayrılması olarak tanımlanmaktadır (Dilek, 2012). Nesne tespitinde ilk olarak gaussian, medyan, otsu gibi eşikleme yöntemleri uygulanarak nesnenin görünür hale getirilmesi gerekmektedir (Şimşek vd., 2019). Bir görüntü ya da videoda nesnenin tespiti için ya şekil, renk, doku gibi görsel özellikler ya da hareket bilgileri olmak üzere iki farklı bileşen kullanılarak işlemler kullanılmaktadır (Bal ve İçten, 2019). Görüntüde aranan nesnenin kenar noktalarının hatasız bir biçimde tespit

edilmesi nesnenin gerçek olarak belirlenmesinde en önemli faktörlerden birisidir (Peker ve Zengin, 2011). Dijital görüntü işleme teknikleri ile nesne tespitinde başarılı bir biçimde gerçekleştirebilmesi için ilk olarak tespit edilecek olan nesnenin n şekil ve konum bilgilerinin en az hata ile belirlenmesi gerekmektedir (Arı, 2013). Tespit edilecek olan görüntü nesnesi, birbirini takip eden görüntü pencereleri arasında sabit veya hareketli görüntüler kullanılmaktadır (Gökçe ve Sonugür, 2016).

3.2.8. Arka plan çıkarma

Arka plan çıkarma, bir görüntüdeki nesneleri arka plana ve ön plana ayırarak olmak üzere iki kategoriye ayırarak belirlemede kullanılan bir tekniktir (Turaga vd., 2010). Kameradan alınan görüntülerde, ön plan nesneleri tespiti ve segmentasyon işlemi olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Ön plan nesnelerini tespit etmek için genellikle arka plan çıkarımları kullanılmaktadır.

Klasik arka plan çıkarma yöntemi Denklem 3.34 ve Denklem 3.35'deki matematiksel ifadeler kullanılmaktadır (Aksoy, 2020).

$$P[\zeta(t)] = P[I[t]] - P[A] \quad (3.34)$$

$$|P[\zeta(t)] - P[\zeta(t + 1)]| > \text{Eşik} \quad (3.35)$$

Denklemde A , t zamanındaki arka plan, $I[t]$, t zamanındaki görüntü ve $\zeta(t)$ ise t zamanındaki çıkış görüntüsünü ifade etmektedir. Denklemde belirli bir eşik değeri için, A arka planının görüntünden $I[t]$ çıkarılarak ön plan tespiti yapılmaktadır. Farklı eşik değerleri kullanılarak görüntüde iyileştirme işlemi yapılmaktadır (Aksoy, 2020). Klasik arka plan çıkarma yöntemi en yaygın yöntemlerden birisidir (Aldhaheri ve Edirisinghe, 2014; Haritaoglu vd., 2000; Aksoy'dan (2020)). Klasik arka plan çıkarma yönteminin dışında yaklaşık medyan, gaussian ortalama ve gaussian karışım, kernel yoğunluk tahmini, sıralı kernel yoğunluk yaklaşımı, eigen arka plan gibi farklı tekniklerde kullanılmaktadır (Piccardi, 2004; Hanbay ve Üzen, 2017). Bu yöntemlerden sıklıkla görüntü üzerindeki gürültülere karşı hassas olan Gaussian karışım tekniği kullanılmaktadır (Zhang vd., 2010). Örneğin Gaussian karışım sallanan bir ağaç yaprağında yaprak ve gökyüzü olmak üzere iki doruk mevcuttur.

Hem yaprak hem de gökyüzü her iki nesnede filtrelenebilir ve piksel konumları için Denklem 3.36’da verilen F olasılık dağılım fonksiyonu i kullanılarak guassian karışım fonksiyonuna ait matematiksel ifade verilmiştir (Stauffer ve Grimson, 1999).

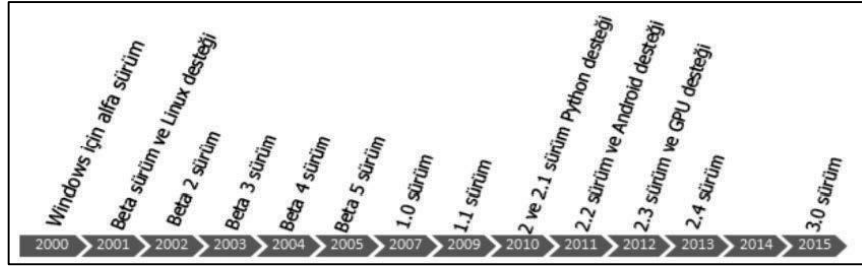
$$F(it - \mu) = \sum w_{i,t} \cdot \eta(\mu, \sigma)^{k_i - 1} \quad (3.36)$$

Denklemden k Gaussian dağılım sayısını, $w_{i,t}$ ağırlık tahminini, μ ortalama değeri, σ kovaryans matrisi, η olasılık dağılım fonksiyonunu temsil etmektedir.

3.2.9. OpenCV (Open Source Computer Vision) kütüphanesi

OpenCV, makine öğrenimi algısını hızlandırmak ve bilgisayar görüşü uygulamaları için ortak altyapı sağlamak amacıyla hazırlanmış açık kaynak kodlu bir kütüphanedir (Göktepe, 2019). Intel tarafından 1999 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. OpenCV alfa 2000 yılında piyasaya çıkan ilk sürümüdür. Willow, Itseez, Nvidia, AMD, Google gibi toplulukların desteğini alarak gelişmeye devam etmektedir. Başlangıçta C programlama dili ile geliştirilmeye başlanmış sonrasında ise C++ dili ile birçok algoritması geliştirilmiştir (Pişkin, 2016). Açık kaynak kodlu bir kütüphane olduğundan dolayı Windows, Linux, Mac OS, iOS, Android ve FreeBSD gibi platformlarda çalışabilmektedir. OpenCV içerisinde barındırdığı 500’ü aşkın fonksiyon ile görüntü analiz işlemlerinin hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır (Çelik ve Çelik, 2017). OpenCV kütüphanesi Avrupa’daki yüzme havuzundaki boğulmalarda, Çin Halk Cumhuriyeti’ndeki maden takımlarının izlenmesinde, İsrail’de izinsiz girişlerin belirlenmesi gibi uygulamalarda kullanılabilmektedir (Uygur, 2018).

Şekil 3.15’de 2000 ile 2015 yılları arasında OpenCV kütüphanesinin geliştirilmiş sürümleri gösterilmektedir (Pişkin, 2016).



Şekil 3.15. OpenCV kütüphanesinin 2000-2015 yılları arası geliştirilmiş olan sürümleri

3.3. Sistem Kurulumu

Tez çalışmasına ilk olarak Akuaponik sistem düzeneklerinin kurulmasıyla başlanmıştır. Balık ve bitki birlikteliği ile oluşturulan bu akuaponik sistem için bitki tanklarının akvaryumların üzerinde konumlanmasını sağlayacak şekilde demir profiller kullanılarak bitki tanklarının taşıma sistemi tarafımızca imal edilmiştir. Şekil 3.16’da bitki tanklarının taşıma profilleri gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Bitki tankları taşıma profilleri

Tarafımızca imal edilen profillerin boyama işlemleri gerçekleştirilmiştir ve kurumaya bırakılmıştır. Şekil 3.17’de boyanan demir profiller görülmektedir.



Şekil 3.17. Boyanan demir profiller

Akuaponik sistemde kullanılacak olan akvaryumların konumu için yer tasarımı yapıldı ve bitki kapları için imal edilen profillerin kuruma işlemi tamamlandıktan sonra montajları yapıldı. Şekil 3.18’de akvaryumların konumu için hazırlanan zemin görülmektedir.



Şekil 3.18. Akvaryumlar için hazırlanan zemin

Tezde kullanılacak olan akvaryumlar için playwood malzemesinden düz ve dayanıklı olarak oluşturulan zemin Şekil 3.19’da gösterilmektedir.

Akvaryumdaki oluşabilecek sarsıntıları önleyerek akvaryumlara gelebilecek zararların engellenmesi amacıyla da playwood üzerine strafor konuldu.



Şekil 3.19. Playwood malzemesinden oluşturulan düz ve dayanıklı zemin

Sistemde kullanılacak olan Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus*) türü balıkların yaşamlarını sürdürebilmeleri için 120x50x50 ebatlarında 8mm kalınlığında camdan üç adet akvaryum yerel bir satıcı tarafından imal edildi. Şekil 3.20’de deneyde kullanılan balık akvaryumu gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Deneyde kullanılan balık akvaryumu

Balıkların yaşamlarını sürdürecekleri akvaryumların ve bitkilerin yaşamlarını sürdürecekleri bitki kaplarının yerleşimleri yapıldı. Sistemde kullanılacak olan UV filtreler, hava motorları ve pompaların da yerleşimi aşağıdaki resimde görüldüğü şekilde yapıldı. Şekil 3.21’de deney düzeneği gösterilmiştir.

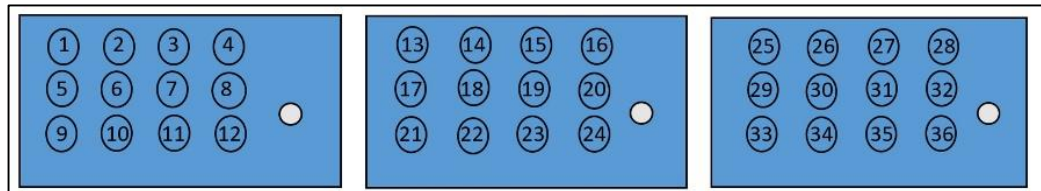


Şekil 3.21. Deney düzeneği

Sistem elemanlarının yerleşim ve kurulumları yapıldıktan sonra deneyde kullanılacak olan marul bitkisi fide olarak yerel bir satıcıdan temin edildi. Şekil 3.22’de marul fidesi gösterilmektedir. Şekil 3.23’de hazırlanan straforlar üzerine marul fidelerinin yerleşim planı gösterilmektedir. Fide büyümelerinin daha rahat gözlemlenerek karışıklığa sebep olmaması açısından 1 numaralı tank için 1’den 12’ye kadar, 2 numaralı tank için 13’ten 24’e kadar, 3 numaralı tank içinse 25’ten 36’ya kadar numaralandırma işlemi yapılmıştır. Şekil 3.24’de hazırlanan strafor üzerine marul fidelerinin yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 3.22. Marul fidesi

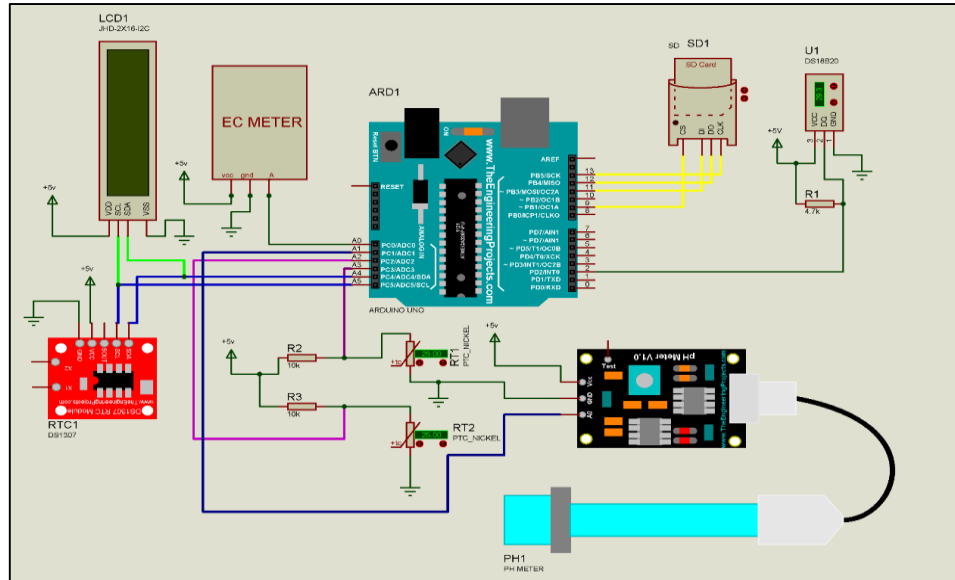


Şekil 3.23. Hazırlanan strafor üzerinde marul fidelerinin yerleşim planı



Şekil 3.24. Marul fidelerinin strafor üzerine yerleşimi

Bitki ve balık birlikteliğinden oluşturulan bu akuaponik deney sistemlerinin bazı kontrollerinin yapılması için gerekli olan kontrol sistemi kurulumu da tarafımızca yapılmıştır. Bu kontrollerin sağlanması için python dili kullanılarak arduino tabanlı bir kontrol sistemi kurulmuştur. Sistemin otomasyon kurulumu ile istenilen belirli zaman aralıklarında suyun sıcaklık ölçümü, elektriksel iletkenliği, pH değeri ve ortamın sıcaklık ölçümleri kullanılan sensörler ile yapılmıştır. Ölçülen parametrelerin kaydedilmesi için sd kart modülü kullanılmıştır. Kontrol sisteminde Rtc modülü kullanımı ile de gerçek zamanlı kayıt sağlanmıştır. Kontrol sisteminden alınan veriler doğrultusunda balık ve bitki birlikteliği için gereken koşullar sağlanmıştır. Akvaryumlarda belirli aralıklarla ihtiyaç duyulduğunda su değişimi yapılmıştır. Şekil 3.25’de kontrol sistemi bağlantısı gösterilmektedir.



25/11/2021-15:11:44, EC:1400, pH:6.46, Ortam sıcaklığı:25.19, Su sıcaklığı:24.07
30/11/2021-5:41:21, EC:1400, pH:7.15, Ortam sıcaklığı:25.24, Su sıcaklığı:24.15
04/12/2021-5:52:45, EC:1415, pH:7.72, Ortam sıcaklığı:25.46, Su sıcaklığı:24.27
16/12/2021-6:9:24, EC:1406, pH:6.74, Ortam sıcaklığı:25.37, Su sıcaklığı:24.23

3.4. Deneylerde Kullanılan Ekipmanlar

Sistemin mekanik kısmında Uv filtre, Isıtıcılar, dalga motoru, hava motoru, yapay ışık kaynağı ve pompalar kullanılarak sistem kurulumları yapılmıştır. Aynı zamanda marulların ışığa olan ihtiyacının karşılanması için de marul kaplarının üzerine gelecek şekilde tarafımızca imal edilen aydınlatmalar monte edilmiştir. Sistemin kontrol kısmının kurulumunda ise Arduino, Ph sensör, EC sensör, RTC ünitesi, sıcaklık sensörü, SD kart modülü ve LCD ekran bulunmaktadır.

3.4.1. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı

Deneyde Delta Ohm HD2102.2 cihazı kullanılarak bitkiler üzerine düşen ışık miktarının ölçümü yapılmıştır. Bu cihaz ışık şiddeti (lux), parlaklık, ışınlım, RAD ve UV ölçümü yapabilmektedir. Cihazın maksimum, ortalama ve minimum değer hafızaları bulunmaktadır. Cihaz anlık ölçülen değerleri hold fonksiyonu ile LCD ekrana sabitleyebilme özelliğine sahiptir. Dahili hafızası sayesinde cihaz ölçümleri belirlenen zaman aralıklarında kayıt altına alarak istenildiğinde bilgisayar ortamında analiz etme imkanı sunmaktadır. Cihaz ölçümlerini Şekil 3.14’de ışık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı görülmektedir. Cihaz J/m^2 , $\mu J/cm^2$, $\mu mol (m^2.s)$, $\mu mol/m^2$, W/m^2 , $\mu W/cm^2$, lux, fcd, lux/s, cd/s, cd/m^2 birimlerinde ölçümler yapabilmektedir.

HD2102.2 cihazının özellikleri;

- Ebatları: 185 x 90 x 40mm
- Kullanılan malzeme: ABS, kauçuk
- Saklama sıcaklığı: -25 - +65°C
- Çalışma sıcaklığı: -5 - +50°C
- Nem çalışma aralığı: 0 ... 90%Rh

- Kayıt hafızası: 38000 adet
- Çalışma süresi: ~200 saat
- Koruma sınıfı: IP67
- Batarya: 4 x 1.5V AA
- Kayıt zaman aralığı: 1 saniye ile 3600 saniye (1 saat) aralığında
- Ağırlık: 470 gr şeklindedir.

Şekil 3.26'da ışık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı görülmektedir (Anonim, 2022a).



Şekil 3.26. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı

3.4.2. Radyometrik prob

Delta Ohm HD2102.2 cihazı ile ölçüm yapabilmek için Şekil 3.27'de görülen kuantum radyometrik PAR LP471 prob kullanılmıştır (Anonim, 2022b).

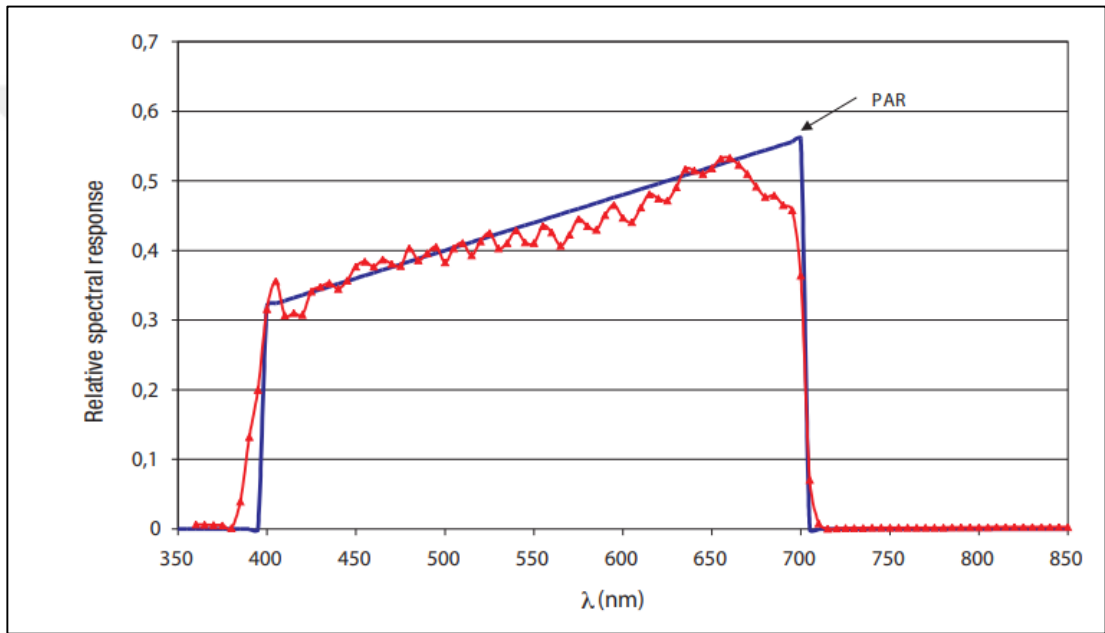


Şekil 3.27. Radyometrik prob

Lp 471 radyometrik probuna ait karakteristik özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim, 2019). Lp 471 radyometrik probuna ait karakteristik cevap eğrisi Şekil 3.28'de görülmektedir (Anonim, 2019).

Çizelge 3.1. LP471 radyometrik probuna ait karakteristik özellikler

Ölçüm aralığı	0.10...199.99	200.0...1999.9	2000...10000
Çözünürlük ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$)	0.01	0.1	1
Spektral aralık	400nm-700nm		
Kalibrasyon belirsizliği	<%5		
f_2 (kosinüs yasasına göre cevabı)	<%6		
f_3 (doğrusallık)	<%1		
f_4 (cihaz okuma hatası)	± 1 basamak		
f_5 (yorgunluk)	<0.5%		
1 yıl sonra sapma	<%1		
Çalışma sıcaklığı	0...50°C		



Şekil 3.28. lp471 radyometrik probuna ait karakteristik cevap eğrisi

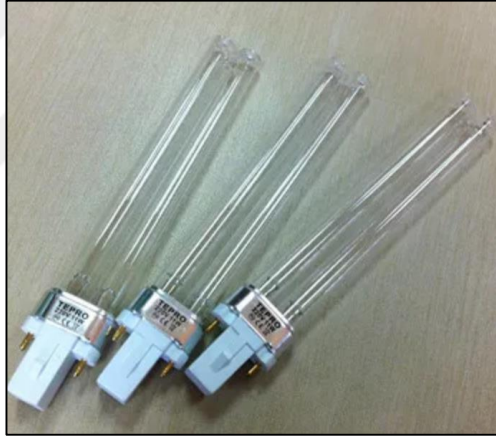
3.4.3. UV filtre

Bu tez çalışmasında iki adet UV filtre kullanılmıştır. Deney gruplarından oluşan sistemde konumu farklı olarak uv filtrelerin konumlandırılması yapılmıştır ve balık ve bitki gelişimleri açısından uv filtrenin konumunun önemi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan bu filtre mikroorganizmaları ortadan kaldırır ve alg çoğalmalarını önler. Şekil 3.29'da gösterilen UV filtreye ait genel özellikler aşağıda verilmiştir (Anonim, 2022c). UV filtre içerisinde kullanılan lamba Şekil 3.30'da görülmektedir (Anonim, 2022d).

- 2000 Litreye kadar akvaryum ya da havuzlarda kullanım için uygun
- Maksimum 600L/h su akışında etkili
- 5000 saat lamba ömrü
- 13 watt UV lamba

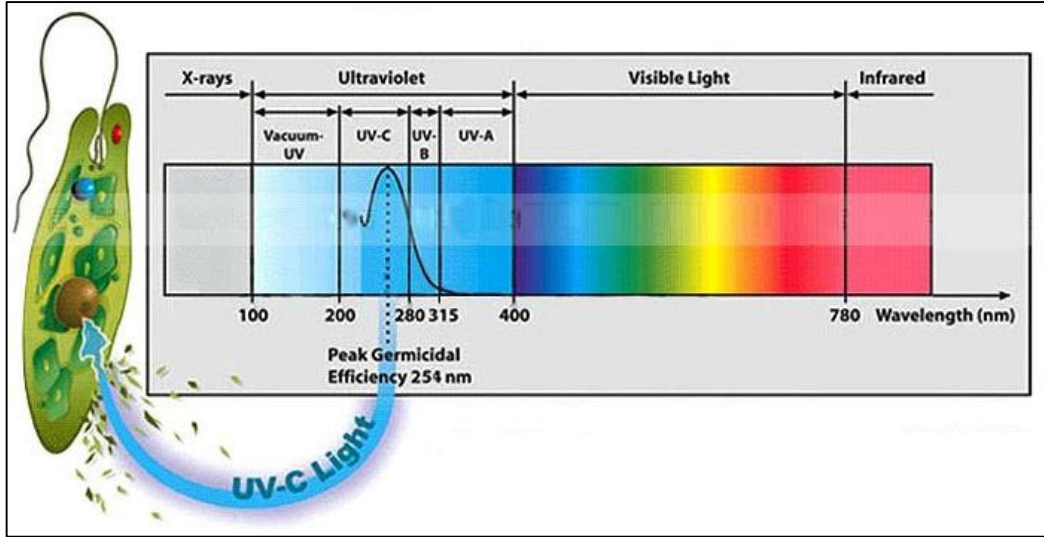


Şekil 3.29. UV filtre



Şekil 3.30. UV lamba

Şekil 3.31’de UV dalga boyları gösterilmiştir. Akvaryumların dezenfeksiyonu için kullanılan uv-c radyasyonu en çok 254 nm dalga boyunda etkilidir (Anonim, 2022d).



Şekil 3.31. UV dalga boyu

3.4.4. Su ısıtıcılar

Oluşturulan sistemdeki bitki ve balıkların yaşamları için gerekli olan su sıcaklığını sağlamak amacıyla kullanılan elemanlardır. Nil tilapia türü balıkların yaşamlarını sürdürebilmeleri ve gelişimleri için uygun olan sıcaklık gereklidir. Tilapia balıkları için gerekli olan optimum sıcaklık 20-30°C arasındadır (Pamukoğlu vd., 2018). Isıtıcıların akvaryum içerisine yerleşimi yapılarak Nil tilapia türü balıkların gelişimleri için uygun su sıcaklığı sağlanmıştır. Kullanılan ısıtıcıların gücü 300 Watttır. Şekil 3.32’de akvaryumlarda kullanılan su ısıtıcısı görülmektedir.



Şekil 3.32. Su ısıtıcısı

3.4.5. Dalga motoru

Balık akvaryumu içerisine yerleştirilen bu elemanlar hem balıkların doğal ortamlarına uygun yaşama alanlarını oluşturmak hem de gelişimleri için uygun ortam oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Dalga motorlarının sistemde kullanımının en önemli amacı ise balık dışkılarının belli bir alana toplanmasını sağlamaktır. Akvaryumun içerisine yerleştirilen pompalar ile karşılıklı olarak yerleşimi yapılarak dışkıların neredeyse

tümünün bitki kaplarına çekilmesine olanak sağlamışlardır. Şekil 3.33’de sistemde kullanılan dalga motoru gösterilmektedir.



Şekil 3.33. Dalga motoru

3.4.6. Hava motoru

Sistemde kullanılan Nil tilapia türü balıkların yaşam alanı olarak akvaryumlar seçilmiştir. Balıkların akvaryum içerisinde yaşamlarını sürdürebilmeleri için yeterli seviyede oksijene ihtiyaçları vardır. Şekil 3.34’de balıkların ihtiyacı olan oksijeni karşılamak için kullanılan hava motoru gösterilmektedir. Sistemde kullanılan hava motorunun özellikleri 3W, 2x4lt./dk’dır.



Şekil 3.34. Hava motoru

3.4.7. Akvaryum pompaları

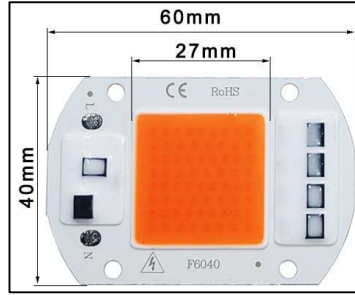
Sistemdeki akvaryumlar içerisine yerleştirilen pompaların amacı balık dışkılarının akvaryumların üzerinde konumlandırılan bitki tanklarına taşınmasını sağlamaktır. Pompalar yardımıyla bitki tanklarına taşınan dışkılar bitki köklerinde tutulum sağlamaktadır ve bitkiler için gübre görevi görmektedir. Şekil 3.35’de akvaryumların içerisinde kullanılan akvaryum pompası görülmektedir.



Şekil 3.35. Akvaryum pompası

3.4.8. LED bitki yetiştirme lambası

Bitkiler büyüyüp gelişmek için ışığa ihtiyaç duyarlar. Bitkilerin ışığı alması gereken belli süreler vardır. Bitkilerin alması gereken ışığın karşılanması ve bitkinin hızlı büyümesi için etkili olan mor ışık kaynağının kullanılması gerekir. Bitkinin tohum halinden hasat edilinceye kadar olan zamanda tüm spektrumları içeren led bitki yetiştirme lambası kullanılabilir (Anonim, 2022e). Deneyde kullanılan LED bitki yetiştirme lambası Şekil 3.36’da görülmektedir (Anonim, 2021).



Şekil 3.36. LED bitki yetiştirme lambası

Tasarımda kullanılan LED bitki yetiştirme lambasının özellikleri;

- Güç: 50W
- Renk: geniş spektrum
- Renk sıcaklığı: 380-780nm
- Giriş Voltajı: 220-240V
- Materyal: alüminyum
- Kaynak ömrü: >50.000 saat
- Aydınlatma açısı: 120°

- Güç faktörü: ≥ 0.9
- Termal direnç: $\leq 5^{\circ}/W$
- Lumen: 90-100lm
- Anti dalgalanma: 1500V
- CRI: 70
- Çalışma sıcaklığı: $-20 - +70^{\circ}C$
- Verimlilik: 90-100lm/W
- Ürün boyutu: 40*60mm
- Işık yayan yüzey boyutu: 25*25mm

Kapalı sistemler olan akuaponik sistemlerde bitki büyümesi için gerekli olan yapay bir ışık oluşturulmalıdır. Bitki gelişim dönemlerinin her birinde farklı spektrumda ışığa ihtiyaç duyar. Şekil 3.37’de bitkinin tohum halinden hasat haline kadar gerekli olan ışığı sağlayan tam spektrumlu LED armatür görülmektedir (Anonim, 2022f).



Şekil 3.37. Tam spektrumlu LED armatür

Bu amaçla akuaponik sistemdeki marul bitkisinin büyüüp gelişebilmesi için bitki tanklarının üzerine monte edilecek şekilde bir tasarım tarafımızca yapılmıştır. Tasarım yapılırken ısınmayı önlemek için bitki yetiştirme lambasının üzerine metal soğutucu yerleştirilmiştir. Metal soğutucunun arka kısmına da fan yerleşimi yapılmıştır. Bitki lambasının üzerine ise yansıtıcı ve yansıtıcıdan sonra da lambanın kapağı monte edilmiştir. Montajı tamamlanan bitki lambası projektör kaplarının içine yerleştirilerek tasarım tamamlanmıştır. Şekil 3.38’de bitki tanklarının üzerinde kullanılmak üzere yapılan lamba tasarımı görülmektedir. Tasarımda bitki lambası, yansıtıcı, bitki lambası kapağı, metal soğutucu, fan ve projektör kutusu kullanılmıştır.



Şekil 3.38. LED bitki yetiştirme lambasının projekte montajı

3.4.9. TDS ve EC ölçer

EC, elektriksel kondüktivite demektir. EC suyun elektrik akımını iletebilme kapasitesini ölçmek için kullanılır (Anonim, 2018a). TDS, toplam çözünmüş katılar demektir. TDS bir sıvı içerisinde bulunan moleküler formda, iyonize formda veya mikro-tanecik formunda bulunan bütün organik ve inorganik maddelerin toplamını ölçmede kullanılır. TDS ölçer cihazı, sudaki EC değerini ölçmekte ve bir dönüştürme faktörü kullanarak ppm cinsinden ölçüm yapmaktadır. EC, 25°C'lik bir sıcaklıkta mikrosiemens/santimetre cinsinden belirtilmektedir (Anonim, 2018b). Çalışmada arduino denetimli kontrol sistemi oluşturularak akvaryumların sıcaklık, EC gibi ölçümlerinin yapıldığı su parametrelerinin doğruluğunun kontrolü amacı ile TDS ve EC ölçer de kullanılmıştır. TDS (Toplam Çözünmüş Katılar), EC (Elektriksel İletkenlik) ve sıcaklık değerlerinin okunmasını sağlamaktadır. Cihaz dört farklı modda ölçüm yapmaktadır (Anonim, 2022g).

Bunlar; TDS: ppm ve ° C

TDS: ppm ve ° F

EC: $\mu\text{s} / \text{cm}$ ve ° C

EC: $\mu\text{s} / \text{cm}$ ve ° F şeklindedir.

TDS ve EC ölçerin özellikleri;

Ölçüm aralığı: 0-9999

Doğruluk: $\pm\%5$

Ürün ağırlığı: 55g/1.94 oz

Ürün boyutu: 154 * 30 * 14mm / 6.06 * 1.18 * 0.55in

Şekil 3.39'da TDS ve EC ölçer gösterilmektedir.



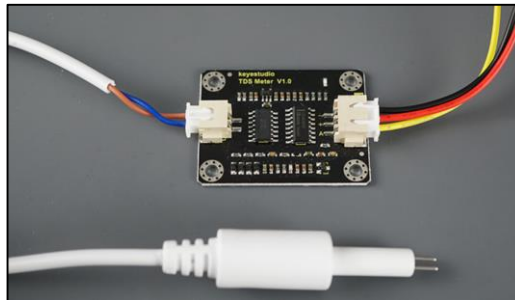
Şekil 3.39. TDS ve EC ölçer

3.4.10. EC sensör

EC (Electric Conductivity), elektrik iletkenliği anlamına gelmektedir. EC su içerisindeki çözülmüş iyonlara bağlı olduğundan suyun tuzluluk oranını ifade etmektedir. Birimi microsiemens/cm olarak ifade edilmektedir. Çözelti içerisinde fazla besin yada tuz çözmek çözeltinin ec sini artırmak için yapılabilmektedir. EC değerini azaltmak içinse çözelti içerisinde su ilavesi gerekmektedir.

Her bitkinin tuzluluğa olan ihtiyacı farklılık göstermektedir (Küçükaslan, 2012). Şekil 3.40'da EC sensör görülmektedir(Anonim, 2022h). Sensöre ait özellikler aşağıda verilmiştir.

- Giriş Voltajı: DC 3.3 ~ 5.5V
- Çıkış Voltajı: 0 ~ 2.3V
- Çalışma Akımı: 3 ~ 6mA
- TDS Ölçüm Aralığı: 0 ~ 1000ppm şeklindedir (Anonim, 2022h).



Şekil 3.40. EC sensör

3.4.11. Arduino mega

Arduino açık kaynak kodlu olması sebebiyle kolay geliştirilebilen bir mikro denetleyicidir.

Arduino meganın özellikleri ;

- Mikrodenetçi: ATmega2560
- Uzunluk: 101.52 mm
- Genişlik: 53.3 mm
- Ağırlık: 37 g
- Giriş voltajı (önerilen): 7-12V
- Giriş voltajı (limit değerler): 6-20V
- Çalışma voltajı: 5V
- Dijital I / O Pinleri: 54 (bunlardan 15'i PWM çıkışı sağlamaktadır)
- Analog Giriş Pinleri: 16
- PWM Dijital I/O Pinleri: 15
- 3.3V Pin DC akımı: 50 mA
- I/O Pin Başına DC akım: 20 mA
- Saat Hızı: 16 MHz
- Flash Bellek: 256 KB (ATmega2560) 8 KB bootloader tarafından kullanılır
- EEPROM: 4 KB (ATmega2560)
- SRAM: 8 KB (ATmega2560) şeklindedir.

Şekil 3.41'de arduino mega görülmektedir (Anonim, 2022i).



Şekil 3.41. Arduino mega

3.4.12. Ph sensör

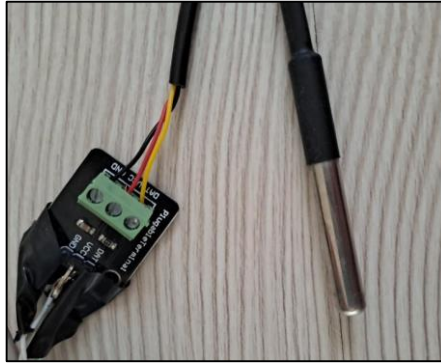
Ph sensörü, bu çalışmadaki suyun pH'ını ölçerek marul bitkisi için uygun aralığa sahip olup olmadığının ölçülmesi için kullanılmıştır. pH değeri bitki yetiştirilmesi için oldukça öneme sahiptir. Balıklar (Tilapia) ve bitkiler (marul) gelişimleri için akuaponik sistemdeki olması gereken pH aralığı 7-8 aralığındadır (Pamukoğlu, 2018). Şekil 3.42'de pH sensör görülmektedir (Anonim, 2022j).



Şekil 3.42. pH sensör

3.4.13. Sıcaklık sensörü

Akuaponik sistemlerde balık ve bitkilerin gelişimleri için gerekli olan uygun sıcaklık değerleri vardır. Kullanılan sıcaklık sensörü ile akvaryumlardaki su sıcaklığı kontrol edilerek balık ve bitki gelişimleri için uygun su sıcaklığı ayarlanmaktadır. Şekil 3.43'de çalışmada kullanılan sıcaklık sensörü gösterilmektedir.



Şekil 3.43. Sıcaklık sensörü

3.4.14. RTC ünitesi

RTC gerçek zamanlı saat demektir. Sistemde gerçek zamanlı saat entegresi olan DS1302 modülü kullanılmıştır. RTC saniye, dakika, saat, gün, ay, yıl bilgilerini sürekli olarak içinde tutabilen ve anlık olarak okuyabilmemize olanak sağlayan bir modüldür. CR2032 pil konnektörü bulunur. Arduino ve birçok mikro denetleyici sistemle kullanılabilir. Şekil 3.44’de gerçek zaman saati görülmektedir (Anonim, 2022k).



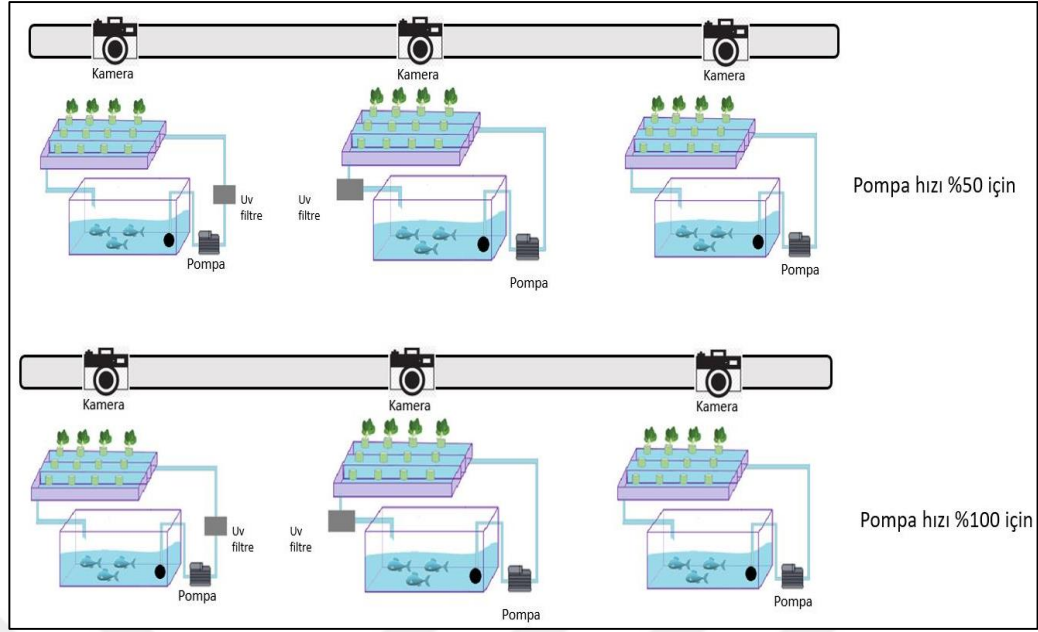
Şekil 3.44. RTC ünitesi

RTC modülünün teknik özellikleri aşağıda verilmiştir (Anonim, 2022l).

- Çalışma Gerilimi: 2.0 V ~ 5.5 V,
- Çalışma Akımı: <300mA.

3.5. Deneylerin Yapılışı

Sistemin öncelikli olarak mekanik ve kontrol sistemi kurulumları tamamlanmıştır. Çalışma deney grupları ve kontrol grubundan oluşmaktadır. Toplam 120x50x50 ebatlarında olmak üzere 3 adet akvaryum (2 adet deney grubu ve 1 adet kontrol grubu) kullanılmıştır. Kullanılan bu akvaryumların üzerine tasarlanan bitki tankı taşıma profilleri konumlandırılmıştır. Bitki kapları içerisine straforlar üzerine kökleri su ile teması sağlanacak şekilde marul fidelerinin yerleşimi yapılmıştır. Çalışmada balık türü olarak Nil Tilapia kullanılmıştır. Çalışma deneydeki pompa hızının değişkenliğine göre (%100 ve %50 olmak üzere) iki kez gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.45’de deney düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 3.45. Deney düzeneği

Bu çalışma ile UV ışık kaynaklı filtre kullanarak bu filtreleme yönteminin akuaponik sistemlere katkısı araştırılmıştır. Akuaponik sistem tasarımı kullanılarak daha az su kullanımı, az alan ihtiyacı, düşük sistem maliyeti gibi önemli üstünlükler göz önünde bulundurulmuştur. Bu konu kapsamında uv filtre kullanılarak ve uv filtre kullanmadan akuaponik sistemde bulunan balık ve bitki varlığının gelişimi, büyümesi ve verimi gibi değerler karşılaştırılarak incelenmiştir. Kullanılmış olan uv filtrenin konumu değiştirilerek sisteme uygulandığı yerin önemi araştırılmıştır. Uv filtreleme esnasında suyun akış hızının etkisinin de araştırılması gerçekleştirilmiştir.

Kurulan bu kapalı akuaponik sistem için hem balıklar hem de bitkiler açısından uygun koşullara sahip olarak ışıklandırma, havalandırma ve ortam sıcaklığı gibi değerler otomasyon sistemleri ve ekipmanlarla uygun koşullar elde edilerek sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir. Balık akvaryumundaki su sıcaklığı, suyun elektriksel iletkenliği, ph gibi farklı parametrelerin ölçülmesi ve kontrollerinin sağlanması da projede kullanılan kontrolör ile yapılmıştır. Bitkilerin gelişimi için hem görüntü işleme teknikleri hem de ağırlık ölçümleri kullanılarak uygulanan uv filtre tasarım modlarının hangisinin en iyi sonucu verdiği karşılaştırmalı olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada yetiştirilen bitkilerin gelişiminin ve veriminin tespiti de görüntü işleme metodu kullanılarak yapılmıştır. Yine aynı şekilde balıkların büyüme ve gelişimleri de hem görüntü işleme metodu kullanılarak hem de ağırlık ölçümleri yapılarak tespit edilmiştir.

3.5.1. 1. Deney (pompa hızı %100 iken)

Marul fidelerinin yerel bir satıcıdan temin edilmesinin ardından 08.11.2021 tarihinde birinci deneye başlanmıştır. Marul fideleri bitki kaplarına yerleştirilmek üzere hazırlanan straforlar üzerine yerleştirilmiştir. Bitki kaplarına straforların yerleşimi tamamlandıktan sonra su çevrimi pompa hızının %100 olduğu birinci deney için başlamıştır. Çalışmanın birinci uygulamasında deney ve kontrol gruplarında suyun akış hızı %100 olarak ayarlanmıştır.

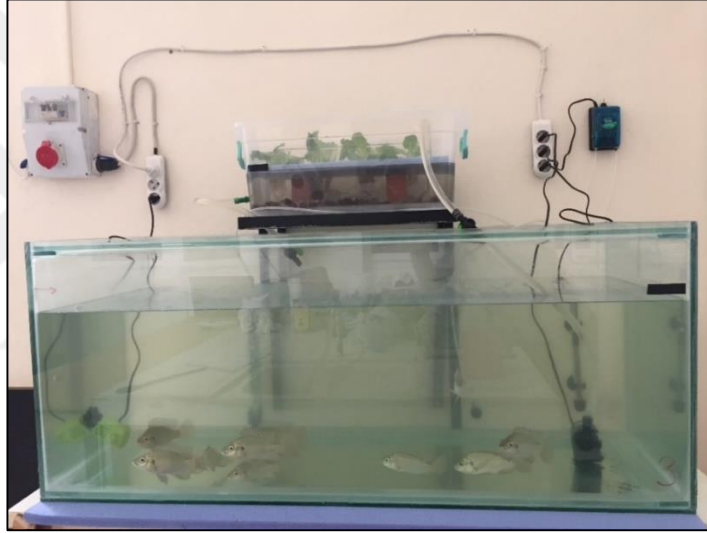


Şekil 3.46. 1. Deney 1 numaralı akvaryum

Bu sistemde suyun akış hızının %100 olduğu durum da deney gruplarının 1. akvaryumunda ultraviyole ışık kaynağı balık akvaryumunun çıkışı ile bitki tankının girişi arasında konumlandırılmıştır. Şekil 3.46'da 1. Deney 1. Akvaryum (ultraviyole ışık kaynağı balık akvaryumunun çıkışı ile bitki tankının girişi) gösterilmektedir. Yine suyun akış hızının %100 olduğu durum için deney düzeneğinin 2. akvaryumunda ultraviyola ışık kaynağı bitki tankının çıkışı ile balık tankının girişi arasına konumlandırılarak filtreleme işlemi yapılması sağlanmıştır. Şekil 3.47'de 1. Deney 2. Akvaryum (ultraviyola ışık kaynağı bitki tankının çıkışı ile balık tankının girişi) gösterilmektedir.



Şekil 3.47. 1. Deney 2 numaralı akvaryum



Şekil 3.48. 1. Deney 3 numaralı akvaryum

Kontrol grubunda ise hiçbir filtreleme işlemi yapılmamıştır. Kontrol grubunda balık tankından çıkan atık suyun hiçbir filtreleme işlemi yapılmadan doğrudan bitki kökleri tarafından alınması sağlanamaktadır. Kontrol grubu ise 3. Akvaryum olarak numaralandırılmaktadır. Böylelikle marul fideleri sudaki bütün atıklara filtreleme işlemi yapılmaksızın maruz kalmaktadırlar. Şekil 3.48’de 1. Deney 3. akvaryum görülmektedir. Şekil 3.49’da birinci deney esnasında marullardan seçilen örnek bir marulun ağırlık ölçümü görülmektedir.



Şekil 3.49. 1. Deney örnek bir marul ağırlık ölçümü

Şekil 3.50’de birinci deney esnasında marullardan seçilen örnek bir marulun boy uzunluk ölçümü görülmektedir.



Şekil 3.50. 1. Deney örnek bir marul uzunluk ölçümü

Şekil 3.51’de birinci deney esnasında marullardan seçilen örnek bir marulun yaprak genişliği görülmektedir.



Şekil 3.51. 1. Deney örnek bir marul yaprak genişliği

3.5.2. 2. Deney (pompa hızı %50 iken)

Marul fidelerinin yerel bir satıcıdan temin edilmesinin ardından 28.06.2022 tarihinde ikinci deneye başlanmıştır. Çalışmanın ikinci denemesinde yine aynı şekilde deney grupları ve kontrol grubu oluşturularak UV filtrenin konumu ilk deneyde olduğu gibi

iki farklı şekilde yapılmıştır. Çalışmanın ikinci denemesinde ise tek fark olarak suyun akış hızı %50 olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3.52. 2. Deney örnek bir marul ağırlık ölçümü

Akvaryumların ve bitki tanklarının konumları ve kullanılan elemanların yerleşimi deney grupları ve kontrol grubu için 2. Deney için de yine aynı şekilde yukarıda görüldüğü gibidir. Şekil 3.52’de ikinci deney sonunda marullardan seçilen örnek bir marulun ağırlık ölçümü görülmektedir. Şekil 3.53’de ikinci deney esnasında marullardan seçilen örnek bir marulun boy uzunluk ölçümü görülmektedir.



Şekil 3.53. 2. Deney örnek bir marul uzunluk ölçümü

Şekil 3.54’de birinci deney esnasında marullardan seçilen örnek bir marulun yaprak genişliği görülmektedir.

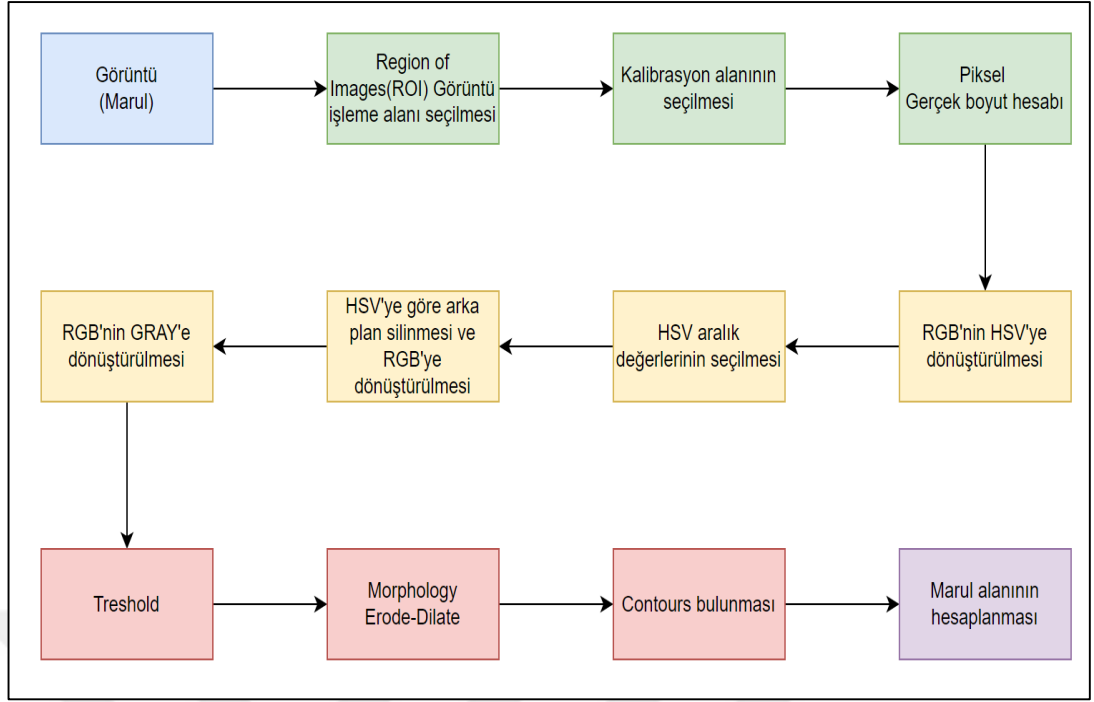


Şekil 3.54. 2. Deney örnek bir marul yaprak genişliği

Uv ışık kaynağının bitkilerin çıkışına veya balık akvaryumunun çıkışına konularak balıkların ve bitkilerin olumlu ve olumsuz açıdan nasıl etkilendikleri incelenmiştir. Kontrol grubu ile de analizler karşılaştırılarak uv ışık kaynağı kullanmanın olumlu/olumsuz etkileri araştırılmıştır. Kurulan sistemde uv filtre tasarım modlarından hangisinin en iyi sonuç verdiği kullanılan görüntü işleme yöntemi ve ağırlık ölçümü ile belirlenmektedir. Deney sonunda uv ışık kaynağı kullanmanın bitkiler ve balıklar üzerindeki etkileri araştırılmış ve suyun akış hızının balıklar ve bitkiler açısından nasıl daha uygun olduğu yapılan analizler sonucunda açıklanmıştır. Tilapia türü balıkların gelişiminin de takibi hem ağırlık ölçümleri hem de görüntü işleme yoluyla tespit edilmiştir.

3.5.3. Analizlerde kullanılan görüntü işleme iş akışı

Şekil 3.55 ve Şekil 3.56’da tez çalışmasının ilk aşaması olan görüntü işleme yöntemleri kullanılarak marul ve balıklara ait görüntülerin görüntü işleme tekniklerine dayalı iş akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 3.55. Marul bitkisi için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak alan belirlenmesi

Şekil 3.55’de de görüldüğü gibi ilk aşamada kamera ile görüntüler alınmıştır. Marul ve balık görüntülerinin alınmasında $f/2.2$ diyafram ve 1.5μ piksele sahip 8 megapiksel kamera kullanılmıştır. Sonraki aşamada ise görüntünün üzerinde istenilen herhangi bir bölgeye pikseller ile erişip belirlenen bölge üzerinde Region of Images (ROI) için görüntü işleme alanı belirlenmiştir. Sonraki aşamada ise pikselin gerçek boyutunu hesaplamak için kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Kalibrasyon işleminde 8.41 cm^2 ve 3.61 cm^2 boyutunda iki adet kare kullanılmıştır. Sonraki aşamada ise kareler içerisindeki piksel sayısı toplanarak gerçek alana bölünerek piksel alanı santimetre kare (cm^2) cinsinden hesaplanmıştır. Sonraki aşamada ise RGB görüntüler üzerindeki arka planı silmek için renk uzaylarından HSV’ye dönüştürülmüştür. Sonraki aşamada ise HSV renk uzayına dönüştürülen görüntüler üzerinde H, S ve V kanallarına 0-255 arasında bir aralık belirlenmiştir. Belirlenen aralık dışında kalan tüm pikseller arka plana ait olduğu kabul edilmiştir. Sonraki aşamada ise marulun net alanı hesaplamak için görüntü alınması esnasında marul dışında kalan tüm nesneler ile arka plana ait olan tüm pikseller siyaha dönüştürülmüştür. Sonraki aşamada ise arka planı sildikten sonra görüntü tekrar RGB renk uzayına dönüştürülmüştür. Sonraki aşamada ise RGB resimler üzerinde işlem yoğunluğunu azaltmak için görüntüler gray scale (siyah-beyaz) çevrilmiştir. Daha sonraki aşamada ise gray görüntüsü ikili görüntüye dönüştürülerek ve görüntü üzerinde hangi bölgelerde marul olduğunu tespit etmek için

eşikleme (thresholding) işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada ise arka plan aşamasından sonra görüntü de bazı bölgelerin arka planda olması istenirken ön planda belirgin olarak elde edilmiş bu nedenle morfoloji aşındırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonraki aşamada ise arka plan aşamasından sonra görüntü de bazı bölgelerin belirgin olması istenirken belirgin olmayan şekilde elde edilmiş bu nedenle morfoloji genişletme işlemi yapılmıştır. Sonraki aşamada ise görüntü üzerindeki tespit edilen marul sınır bilgileri ve alanı hesaplamak için contours fonksiyonu ile marulun sınır noktaları hesaplanmıştır. Son aşamada ise marulun alanı, contour içinde bulunan piksellerin toplam sayısı ile pikselin santimetre kare (cm²) cinsinden çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

Tez çalışmasında yukarıda verilen işlem basamaklarına ait python kod bloklarının bir bölümü aşağıda verilmiştir.

```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

Yukarıdaki kod bloğunda açık kaynak kodlu bir programlama dili olan Python programlama dilindeki görüntü işleme kütüphanesi olan OpenCV, dizi işlemlerinde kullanılan numpy kütüphanesi ve görselleştirme işlemleri içinde matplotlib kütüphaneleri çağırılmıştır.

```
def trackbar_callback(self):
    pass
    alan1=8.41
    alan2=3.61
```

Yukarıdaki kod bloğunda marul bitkisinin kalibrasyonu için belirlenen iki karenin alanları 8.41 ve 3.61 olacak şekilde belirlenmiştir.

```
image_name="IMG_5621"
filename = image_name+'.JPG'
filename_output=image_name+" yeni"+'.jpg'
```

```

img = cv2.imread(filename)
print("işlenmesi istenilen alan belirlemek iki kenar seçiniz")
plt.imshow(img)
y = plt.ginput(2)
img=img[int(y[0][1]):int(y[1][1]), int(y[0][0]):int(y[1][0])]

```

Yukarıdaki kod bloğunda görüntü üzerinde işlenmesi gereken alanı belirlemede kullanıcının çapraz iki köşe noktayı seçmesi istenmektedir.

```

print("kalibrasyon karelerinin kenarları seçiniz")
x= plt.ginput(4)
ilk_kare=round((x[1][0]-x[0][0])*(x[1][1]-x[0][1]))
print(ilk_kare)
ikinci_kare=round((x[3][0]-x[2][0])*(x[3][1]-x[2][1]))

```

Yukarıdaki kod bloğunda marul bitkisinde kullanılacak olan iki adet karenin köşe noktaları seçilmiştir.

```

piksel_size=round(((alan1+alan2)*100)/(ilk_kare+ikinci_kare),4)
print("piksel boyutu: ",piksel_size)

```

Yukarıdaki kod bloğu kullanılarak piksellerin gerçek boyutları hesaplanmıştır.

```

H_min = 23
H_max = 47
S_min = 100
S_max = 255
V_min = 100
V_max = 255

```

```

V_max = cv2.getTrackbarPos('V_max','Result Image (BGR)')
lower_green = np.array([H_min, S_min, V_min])
upper_green = np.array([H_max, S_max, V_max])

```

Yukarıdaki kod bloğunda ise RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm yapılarak görüntü üzerindeki doygunluk artırılarak marul bitkisinin daha belirgin bir hale dönüşümü sağlanmıştır.

Marul bitkisine ait boyut hesaplamasında aşağıda bir bölümü verilen python kodları hazırlanmıştır.

```
ret, thresh = cv2.threshold(imgray, 10, 255, cv2.THRESH_BINARY)
thresh = cv2.erode(thresh, None, iterations=4)
thresh = cv2.dilate(thresh, None, iterations=2)
contours, hierarchy = cv2.findContours(thresh, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
# cv2.imshow("Yaprak", thresh)
# plt.imshow(thresh,cmap="gray")
dizi = []
```

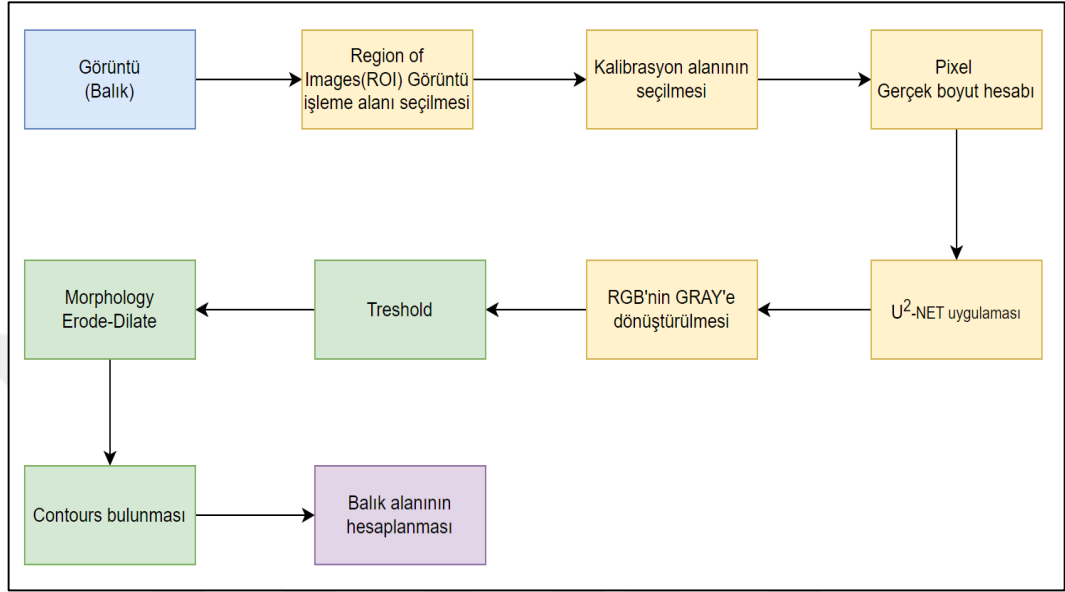
Yukarıdaki kod bloğunda ilk başta gri görüntü 10 eşik değeri ile ikili görüntüye dönüştürülmüştür. Daha sonra ikili görüntü üzerinde morfoloji işlemlerinden olan aşındırma ve genişletme işlemleri yapılmıştır. Morfoloji işlemleri sonrasında görüntü içindeki tüm nesnelerin sınır koordinat bilgileri findContours ile tespit edilmiştir.

for cnt in contours:

```
    area = cv2.contourArea(cnt)
    if area>10000:# raziyenin gönderdikleri için burdaki değeri küçült 10 yap
        hull1= cv2.convexHull(cnt)
        hull = cv2.approxPolyDP(hull1, 0.1 * cv2.arcLength(hull1, True), True)
        k = cv2.isContourConvex(cnt)
        if len(hull1) >1 :
            cv2.drawContours(im, [cnt], -1, (255, 0, 255), 3)
            obj = area
            dizi.append(area)
```

Yukarıdaki kod bloğunda elde edilen nesneler için her birinin alanı (piksel sayısı) hesaplanarak 10000'in üzerinde ise o nesnenin marul olarak kabul edilip sınır çizgisi

izilmiştir. Yapılan bütün işlemeler balıklar içinde geçerlidir ancak balık ve marul arasındaki arka plan silmede fark sözkonusudur. Marulda görüntü işleme yapılırken arka planın silinmesi HSV uzayı ile yapılırken balıklarda arka plan silinmesi yapay zek modeli kullanılarak yapılmıştır.



şekil 3.56. Balıklar için görüntü işleme yöntemleri kullanılarak alan belirlenmesi

şekil 3.56'da ise balıkların alan tespitinde kullanılan görüntü işleme tekniklerine ait işlem basamaklarından biri olan renk uzaylarından HSV renk uzayına dönüşüm işlemleri kaldırılarak yerine U-Net uygulaması kullanılarak balıkların alanları hesaplanmıştır. şekil 3.57'de seçilen örnek bir marul tankına görüntü işleme metodu uygulandıktan sonraki görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.57. Görüntü işleme metodu uygulanmış örnek bir marul görüntüsü

Şekil 3.58’de seçilen örnek bir balığın görüntü işleme metodu uygulandıktan sonraki görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 3.58. Görüntü işleme metodu uygulanmış örnek bir balık görüntüsü

3.5.4. Balık büyüme ölçümleri

Çalışmada tilapia balığı (*Oreochromis niloticus*) kullanılmıştır. Balıklar 1.20x0.50x0.50 m ölçülerindeki tatlısu akvaryumunda büyütülmüştür. Gruplar için oluşturulan 3 akuaponik sisteme başlangıçta benzer ortalama ve toplam ağırlığa sahip balıklarla başlanmış ve çalışma başında balıkların boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Balıklar günlük olarak doyana kadar yapılan yemleme ile günde 2 sefer beslenmişlerdir. Balık yemi olarak 1.5-2 mm’lik yemler kullanılmıştır.

Kullanılan yemin içeriği Çizelge 3.2’de verilmiştir. Ölçüm aşamalarında balıklar 0.2 mg/L konsantrasyonda fenoksiethanol ile bayıltılmış ve ölçümleri yapıp büyüme durumları incelenmiştir. Bayıltma işlemi ve balık ölçümleri konusunda ilgili belgeye sahip olan Dr. Öğr. Üyesi Halit BAYRAK tarafından yapılmıştır. Balıkların vücut alan genişlikleri 1 mm aralıklı cetvel referans alınarak görüntü işleme programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Boy uzunlukları da 1mm aralıklı cetvel ile ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan balık ve tatlısu akvaryumu Şekil 3.46’da verilmiştir. Çalışma başı ve sonunda balıkların bireysel olarak ağırlıkları, boyları ölçülmüş ve istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Hesaplama kullanılan ifadeler Denklem 3.37 ile 3.41 arasında gösterilmektedir (Palazekin, 2019).

$$\text{Ortalama ağırlık artışı (g)} = X1 - X0 \quad (3.37)$$

Burada; X1=Çalışma sonu ortalama bireysel canlı ağırlık (g) X0=Çalışma başı ortalama bireysel canlı ağırlık (g) miktarını göstermektedir.

$$\left(\begin{array}{c} \text{Yem} \\ \text{değerlendirme} \\ \text{oranı} \end{array} \right) = \left(\frac{\text{Tüketilen yem miktarı (g)}}{\text{Toplam canlı ağırlık artışı (g)}} \right) \quad (3.38)$$

$$\text{Yaşama oranı (\%)} = \left(\frac{\text{Çalışma sonu balık sayısı}}{\text{Çalışma başı balık sayısı}} \right) * 100 \quad (3.39)$$

$$\left(\begin{array}{c} \text{Toplam canlı} \\ \text{ağırlık artışı (g)} \end{array} \right) = (T1 - T0) + \left(\begin{array}{c} \text{Ölen balıkların} \\ \text{toplam ağırlığı (g)} \end{array} \right) \quad (3.40)$$

Burada; T1=Çalışma sonu toplam balık ağırlığı (g) T0=Çalışma başı toplam balık ağırlığı (g) miktarını göstermektedir.

$$\text{Kondisyon faktörü} = \left(\frac{W}{L^3} \right) * 100 \quad (3.41)$$

Burada; W=Balığın bireysel ağırlığı (g) L=Balığın toplam boyu (cm) miktarını göstermektedir. Akuaponik sistemde kullanılan besin maddesi oranları aşağıdaki Çizelge 3.2’de gösterilmektedir (Palazekin, 2019).

Çizelge 3.2. Akuaponik sistemde kullanılan besin maddesi oranları

Besin maddesi	Oran (%)
Ham protein	48
Ham yağ	18
Ham kül	10.5
Ham selüloz	1.2
Kalsiyum	2.3
Fosfor	1.6
Sodyum	0.4

Elde edilen veriler ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir. Verilerin karşılaştırılmasında istatistik programı kullanılarak öncelikle normalite testi yapılmış olup, verilerin parametrik veya nonparametrik olduğu tespit edilmiştir. Parametrik olan veriler için ANOVA yöntemi kullanılarak Duncan testi uygulanmıştır ($P=0.05$).

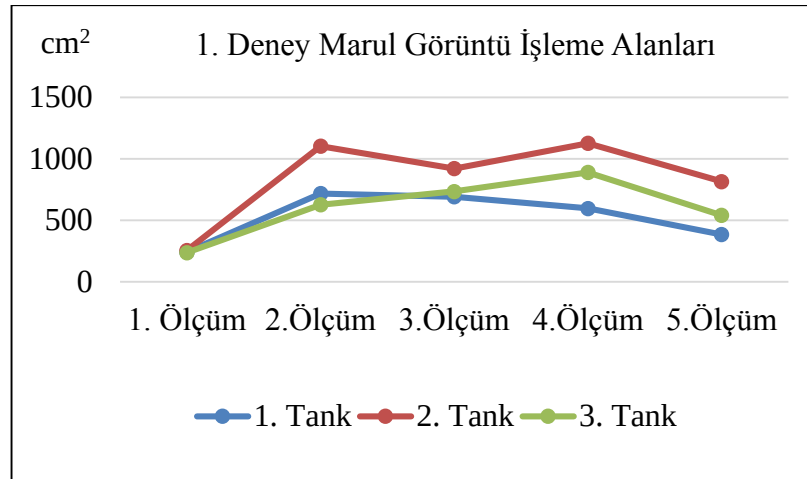
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Marul Bitkisinin Analizleri

Deneyde kullanılan marul bitkilerinin deney grupları ve kontrol grubu olmak üzere iki deney için de belirli aralıklarla hem ağırlık ölçümleri yapılmış hem de görüntü işleme yöntemi kullanılarak marul bitkilerinin gelişimleri hesaplanarak analizleri yapılmıştır.

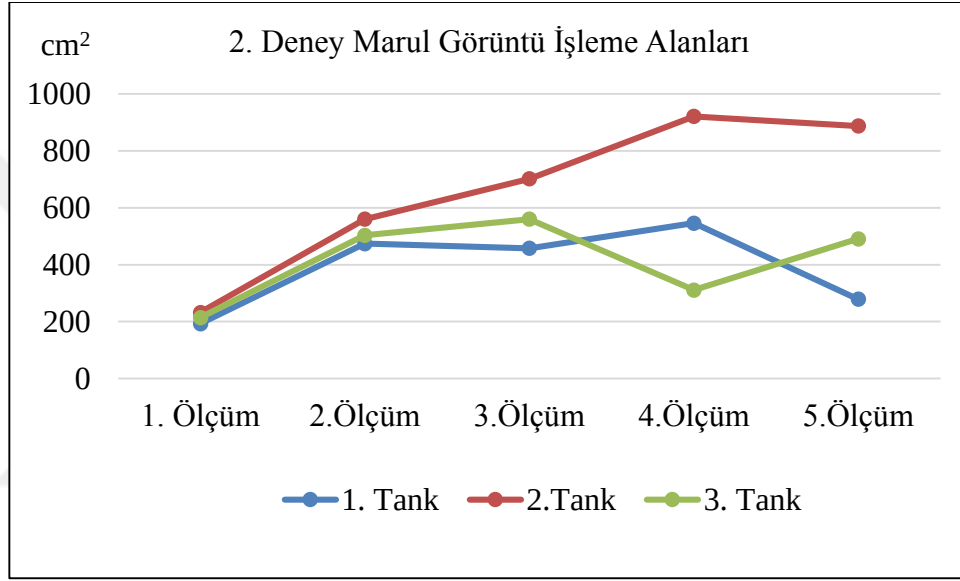
4.1.1. Marul bitkisinin görüntü işleme analizleri

Su akış hızının %100 ve %50 olduğu iki farklı durumda yapılan deneylerde marul bitkisinin gelişimine olan etkileri görüntü işleme alanları hesaplanarak incelenmiştir. 08.11.2021-23.12.2021 tarihleri arasında gerçekleştirilen birinci deneyde (su akış hızının %100 olduğu durum için) UV filtrenin konumuna göre deney grupları ve kontrol grubundan oluşan üç farklı durumdaki marul bitkisinin toplam alanlarının gelişimleri gösterilmektedir. Deney grupları 1 numaralı ve 2 numaralı tanklar olarak UV filtrenin konumuna göre adlandırılmaktadır. 1 numaralı tank için UV filtrenin konumlandırılması balık tankının çıkışı bitki tankının girişi şeklindedir. 2 numaralı tanktaki UV filtrenin konumlandırılması ise bitki tankının çıkışı balık tankının girişi şeklindedir. Kontrol grubu içinse UV filtre kullanılmamıştır ve 3 numaralı tank olarak adlandırılmaktadır. Kontrol grubunda balık akvaryumundan çıkan su direkt olarak filtreleme yapılmadan bitki kabına gönderilmiştir. Şekil 4.1’de 1. Deney marul görüntü işleme alanlarının grafiği gösterilmektedir.



Şekil 4.1. 1. Deney marul görüntü işleme alanları

Su akış hızının %100 olduğu durum için görüntü işleme yöntemi ile üç sistemdeki marul gelişimleri ayrı ayrı incelendiğinde en iyi sonucun erken zaman diliminde pik noktasına ulaşması ve en iyi marul büyümesi açısından değerlendirildiğinde deney grubundaki 2 numaralı tankta gözlemlendiği görülmüştür. 28.06.2022-11.08.2022 tarihleri arasında gerçekleştirilen ikinci deneyde (su akış hızının %50 olduğu durum için) UV filtrenin konumuna göre deney grupları ve kontrol grubundan oluşan üç farklı durumdaki marul bitkisinin toplam alanlarının gelişimleri gösterilmektedir. Şekil 4.2’de 2. Deney marul görüntü işleme alanlarının grafiği gösterilmektedir.

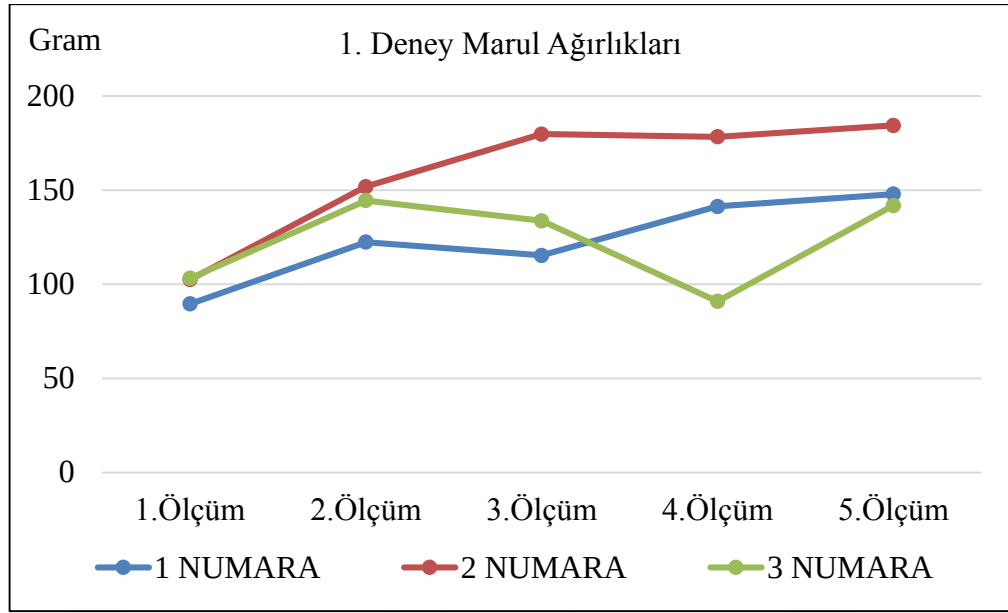


Şekil 4.2. 2. Deney marul görüntü işleme alanları

Su akış hızının %50 olduğu 2. deneyde görüntü işleme yöntemi ile üç sistemdeki marul gelişimleri ayrı ayrı incelendiğinde en iyi gelişimin 2 numaralı kaptaki marul bitkilerinde olduğu gözlemlenmiştir. Her iki deney görüntü işleme sonuçları açısından kıyaslandığında su akış hızı %50 olan 2. deneyin su akış hızı %100 olan birinci deneye göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

4.1.2. Marul bitkisinin ağırlık ölçümleri

Yine su akış hızının %100 olduğu birinci deney için üç sistemdeki marul ağırlıkları belirli aralıklarla ölçülmüştür. 1. Deney deney grupları ve kontrol grubundaki marul ağırlıklarının karşılaştırılmasının grafiği Şekil 4.3’de verilmektedir.

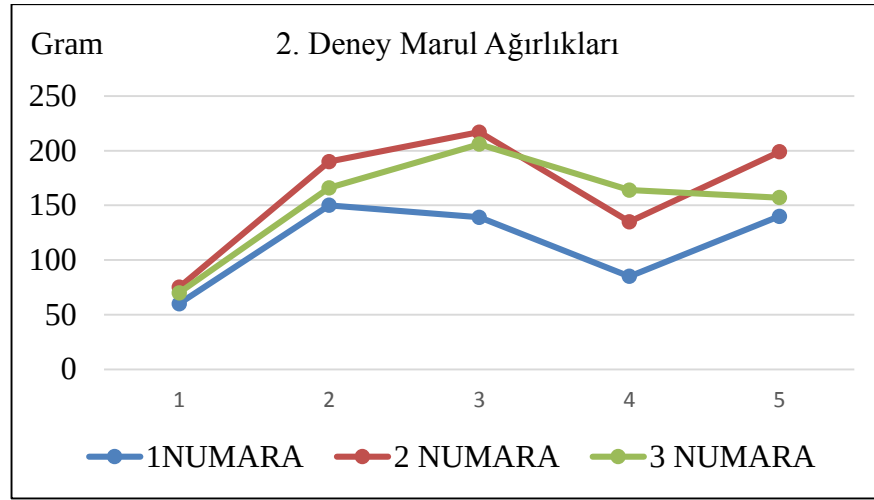


Şekil 4.3. 1. Deney marul bitkisinin toplam ağırlıkları

Deney grupları ve kontrol grubu için ağırlık ölçümleri karşılaştırıldığında en iyi ağırlık ölçümünün deney grubu olan 2 numaralı marul kabında gözlemlendiği görülmüştür. Ağırlık ölçümlerinin yapıldığı belirli zaman aralıklarında 2 numaralı marul kabının pik noktasına en erken ulaşma ve son ağırlık ölçümleri açısından en iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Hem görüntü işleme hem de ağırlık ölçümleri değerlendirildiğinde marulların pik noktasına ulaşip daha sonra ağırlıklarının düştüğü ve görüntü işleme alanlarındaki yaprak alalarında düşüşler yaşadığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak ise kuruyan yaprakların bulunması ve zaman zaman bu yaprakların temizlenmesinden dolayı ağırlık artışına ve görüntü işlemede yaprak alanına etki edememesidir. Marulların büyümesi olarak gözle görülebilecek şekilde de gözlemlenen marul yaprak genişliğinin artması yerine boy olarak uzamaya gitmesi ve yeni küçük yapraklar olarak filiz vermesi gösterilebilmektedir. Marulun kalın ve geniş yapraklarına yeterli besin sağlanamaması ancak yeni filizler için uygun besin ortamının var olduğu görülmektedir.

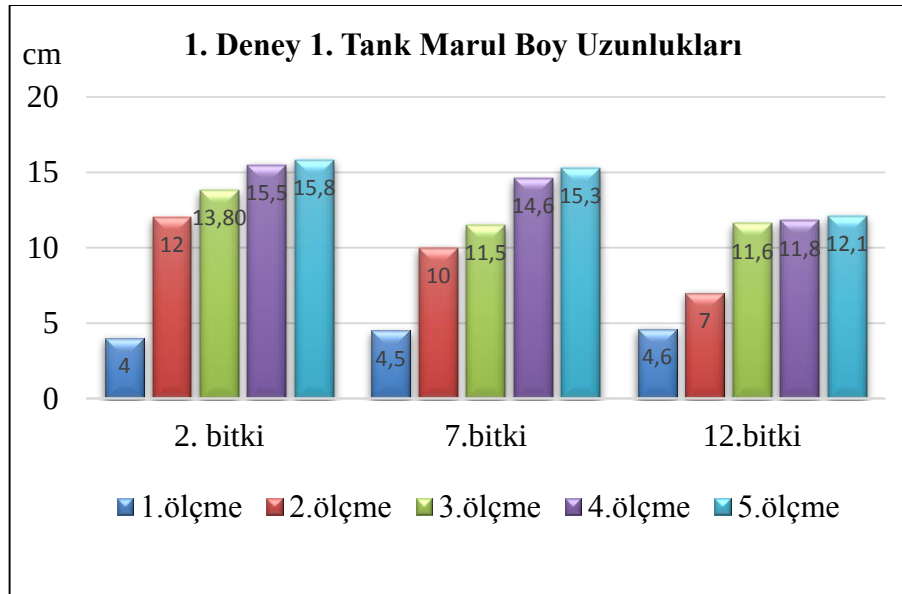
Su akış hızının %50 olduğu ikinci deney için de üç tanktaki marul ağırlıkları belirli aralıklarla ölçülmüştür. 2. Deney deney grupları ve kontrol grubundaki marul ağırlıklarının karşılaştırılmasının grafiği Şekil 4.4’de gösterilmektedir.



Şekil 4.4. 2. Deney marul bitkisinin toplam ağırlıkları

4.1.3. Marul bitkisinin boy uzunlukları

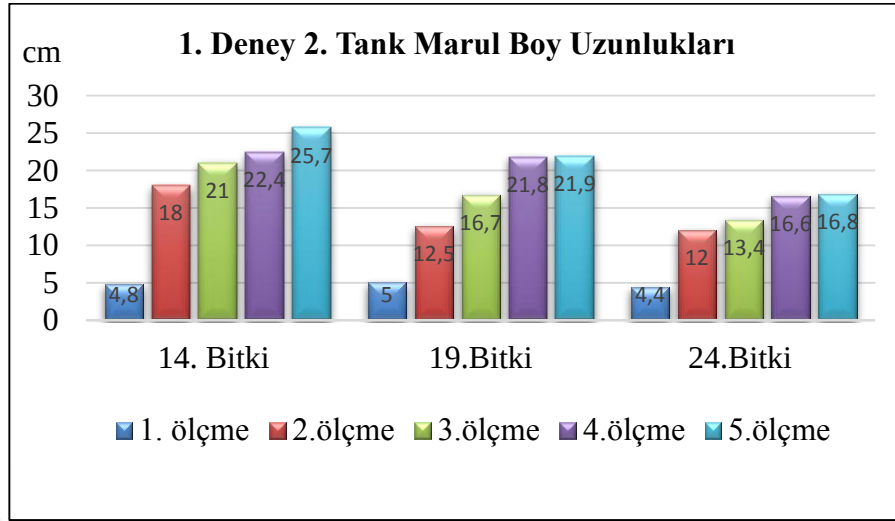
Su akış hızının %100 olduğu birinci deneyden deney grupları ve kontrol grubundan oluşan her 3 bitki tankından 3'er adet marul bitkisi seçilerek boy uzunluklarının karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 4.5'de deney grubunun 1 numaralı bitki tankından rastgele seçilen 3 adet marul fidesinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları gösterilmektedir.



Şekil 4.5. 1. Deney 1. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları

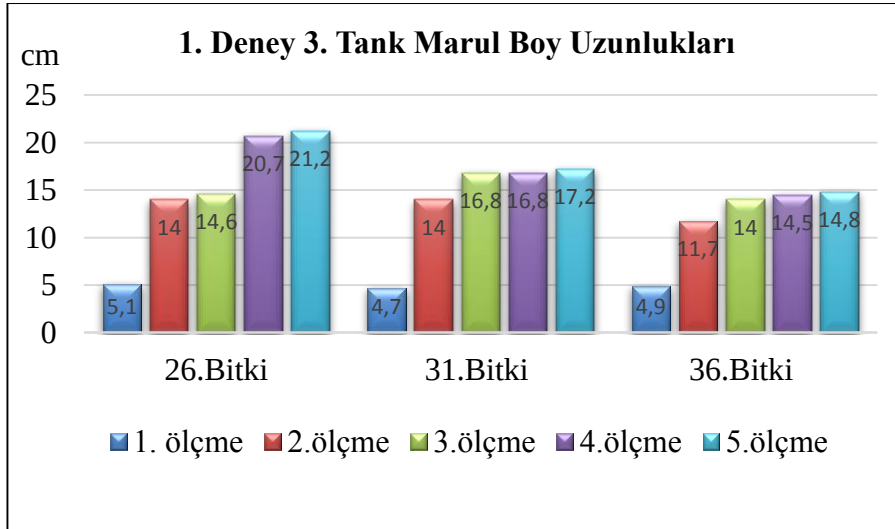
1 numaralı bitki tankındaki marul uzunluklarına bakıldığında en yüksek uzunluğun 15.8 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.6'da deney grubunun 2 numaralı bitki tankından

rastgele seçilen 3 adet marul fidesinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları gösterilmektedir.



Şekil 4.6. 1. Deney 2. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları

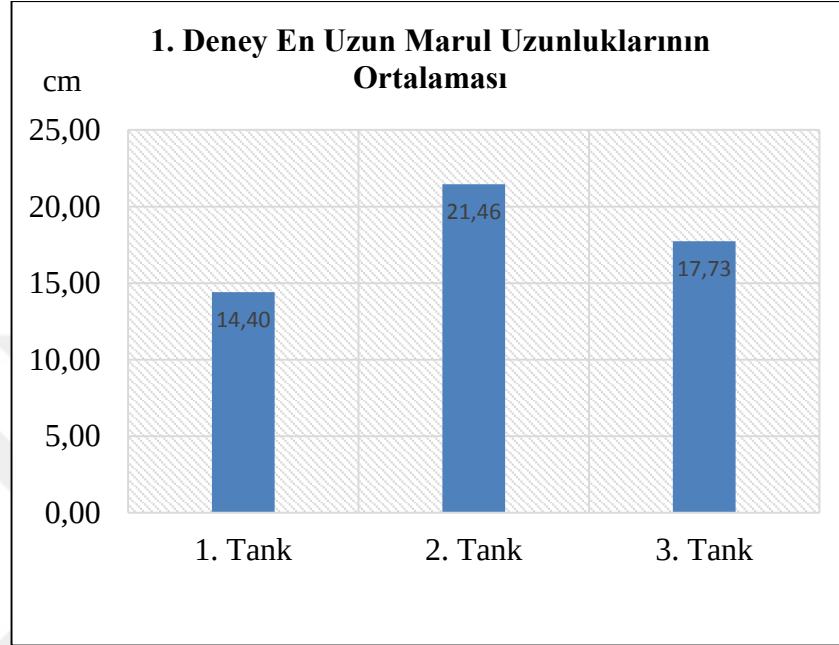
2 numaralı bitki tankındaki marul uzunluklarına bakıldığında en yüksek uzunluğun 25.7 cm olduğu görülmüştür. Şekil 4.7’de kontrol grubu bitki kabından rastgele seçilen 3 adet marul fidesinin boy uzunlukları gösterilmektedir.



Şekil 4.7. 1. Deney 3. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları

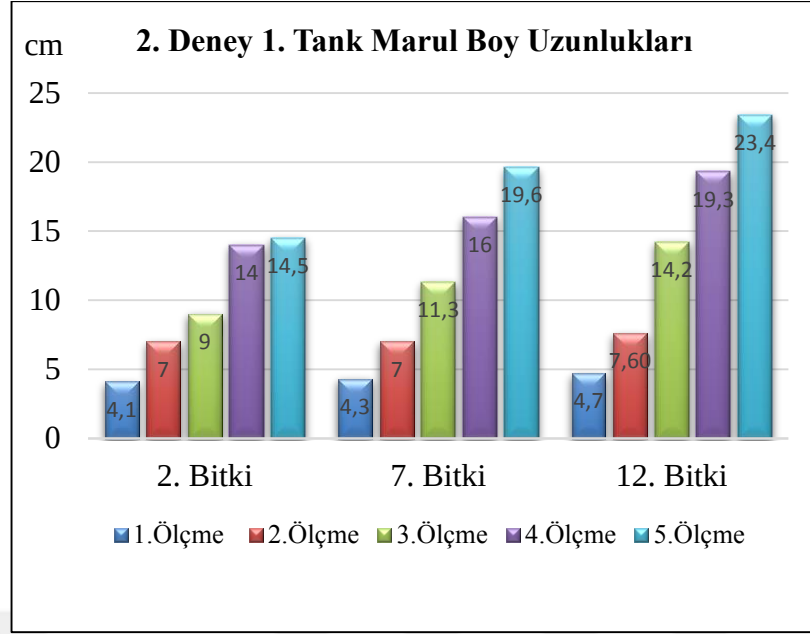
Kontrol grubundaki marul uzunluklarına bakıldığında en yüksek uzunluğun 21.2 cm olduğu görülmüştür. Su akış hızının %100 olduğu birinci deneydeki deney grupları ve kontrol grubu bitki tanklarının (1. tank, 2. tank, 3. tank) her birinden seçilen 3’er adet

marulun boy uzunlukları incelendiğinde deney süresince en iyi sonucun 2 numaralı deney grubu kabında olduğu gözlemlenmiştir. 1. Deney 1. tank, 1. deney 2. tank ve 1. deney 3. tank olmak üzere seçilen bitkilerin en yüksek uzunluklarının ortalaması sütun grafiği olarak Şekil 4.8’de gösterilmektedir.



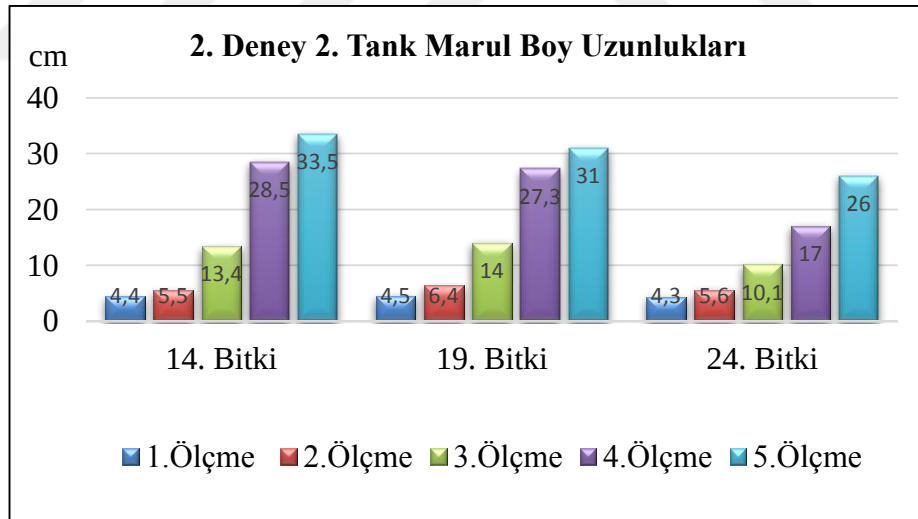
Şekil 4.8. 1. Deney 1. tank, 2. tank ve 3. tank en uzun marul uzunlularının ortalaması

Su akış hızının %50 olduğu ikinci deneyden deney grupları ve kontrol grubundan oluşan her 3 bitki kabından 3’er marul bitkisi seçilerek boy uzunluklarının karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 4.9’da deney grubunun 1 numaralı tankından rastgele seçilen 3 adet marul fidesinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları gösterilmektedir.



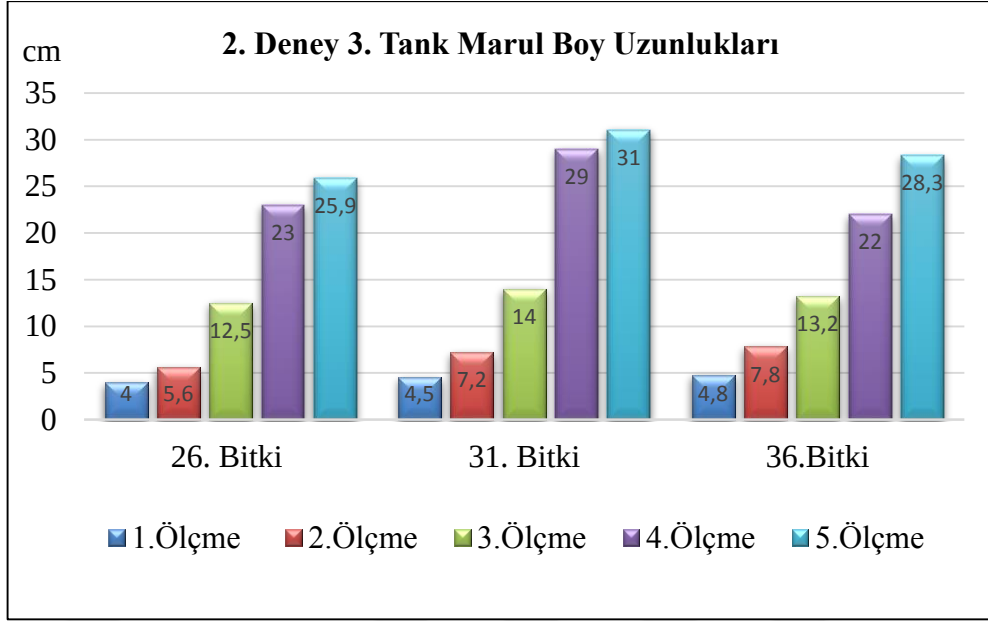
Şekil 4.9. 2. Deney 1. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları

Şekil 4.10'da deney grubunun 2 numaralı tankından rastgele seçilen 3 adet marul fidesinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları gösterilmektedir.



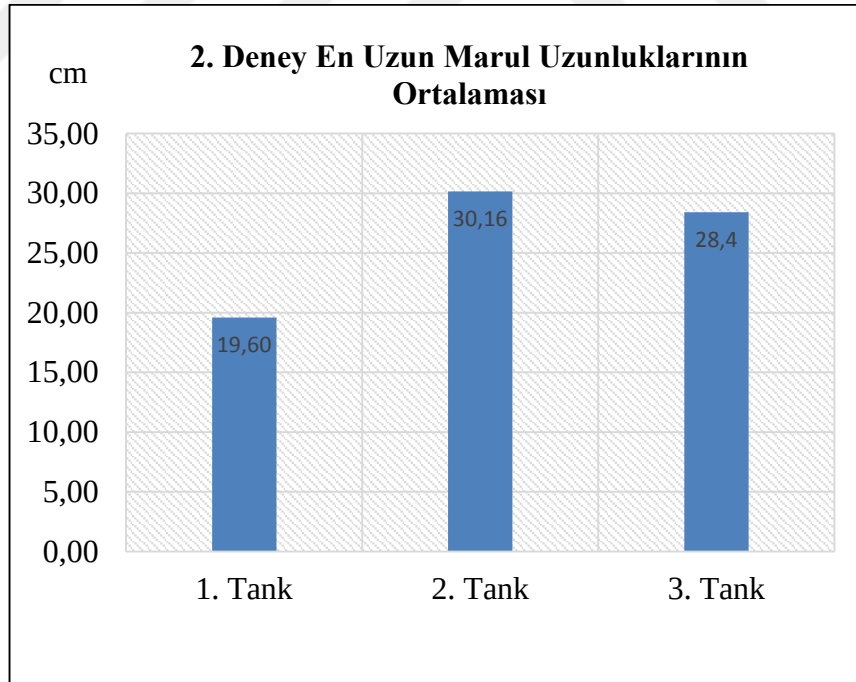
Şekil 4.10. 2. Deney 2. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları

Şekil 4.11'de kontrol grubu bitki tankından (3 numaralı tank) rastgele seçilen 3 adet marul fidesinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları gösterilmektedir.



Şekil 4.11. 2. Deney 3. tanktan seçilen 3 adet marul bitkisinin belirli aralıklarla ölçülen boy uzunlukları

2. Deney 1. kap, 2. deney 2. kap ve 2. deney 3. kap olmak üzere seçilen bitkilerin en yüksek uzunluklarının ortalaması sütun grafiği olarak Şekil 4.12’de gösterilmektedir.



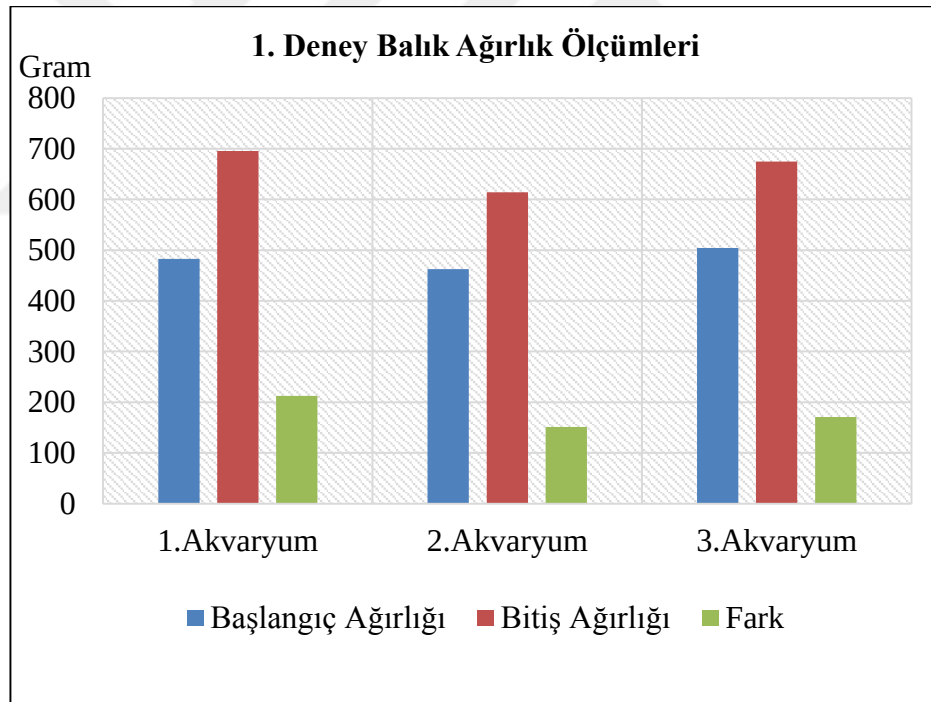
Şekil 4.12. 2. Deney 1. tank, 2. tank ve 3. tank en uzun marul uzunluklarının ortalaması

4.2. Balık Analizleri

Deneyde kullanılan Nil tilapia türü balıkların deney grupları ve kontrol grubu olmak üzere iki deney için de belirli aralıklarla hem ağırlık ölçümleri yapılmış hem de görüntü işleme yöntemi kullanılarak balık büyümeleri hesaplanarak analizleri yapılmıştır. Her bir akvaryumda 10 adet Nil tilapia balık kullanılmıştır.

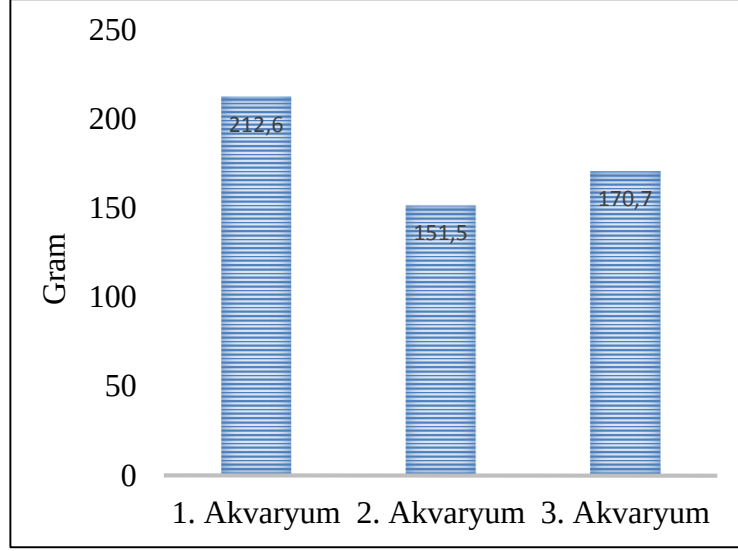
4.2.1. Balık ağırlık ölçümleri

Balık ağırlıklarının ölçümleri 1. Deney için 29.10.2021-23.12.2021 tarihleri arasındaki ölçümler olup Şekil 4.13’de 1. uygulama deney grupları ve kontrol grubu toplam balık ağırlıklarının başlangıç ağırlığı, bitiş ağırlığı ve farkı olmak üzere aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.



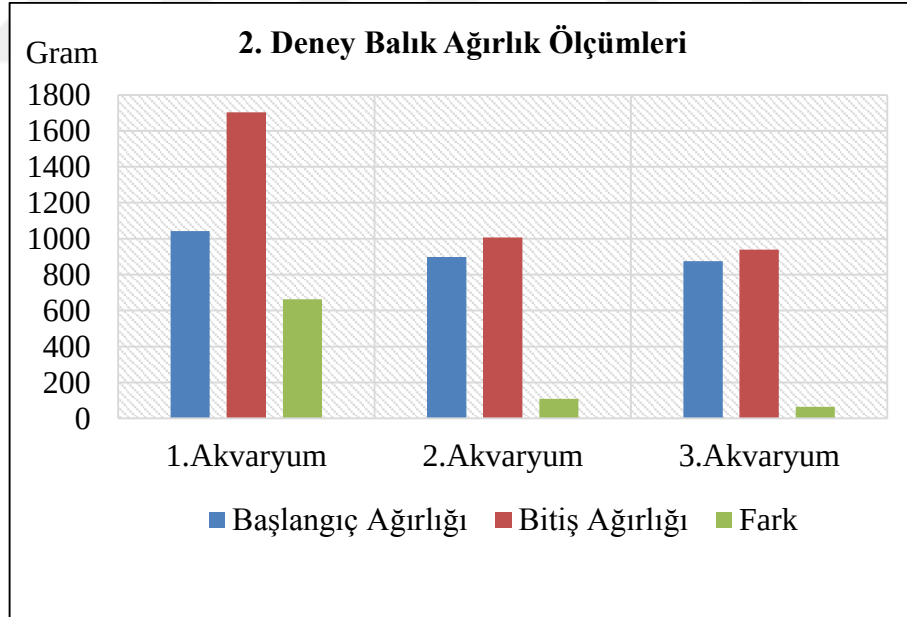
Şekil 4.13. 1. Deney toplam başlangıç ve bitiş balık ağırlıkları ve farkı

Şekil 4.14’de 1. Deney deney grupları ve kontrol grubu olarak üç adet akvaryumun başlangıç ve son ağırlıklarının farkı grafikte gösterilmektedir.



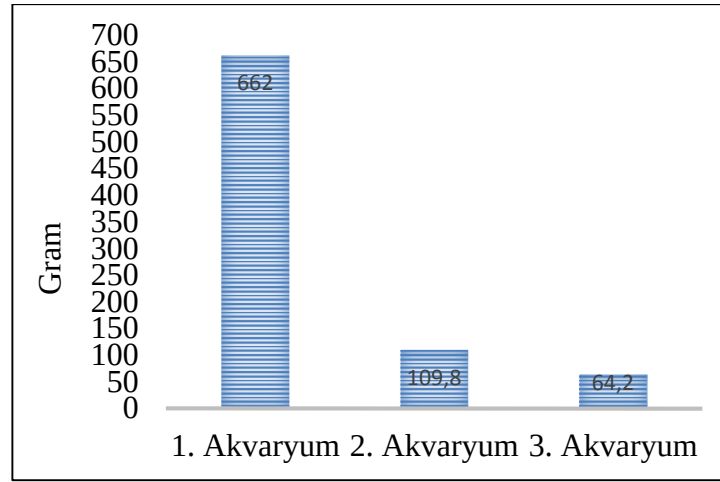
Şekil 4.14. Akvaryumların başlangıç ve son ağırlıkları farkı

Balık ağırlıklarının ölçümleri 2. deney 17.06.2022-11.08.2022 tarihlerindeki sonuçları vermektedir. Şekil 4.15’de 2. Deney deney grupları ve kontrol grubu toplam balık ağırlıklarının başlangıç ağırlığı, bitiş ağırlığı ve farkı olmak üzere aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 4.15. 2. Deney toplam başlangıç ve bitiş balık ağırlıkları ve farkı

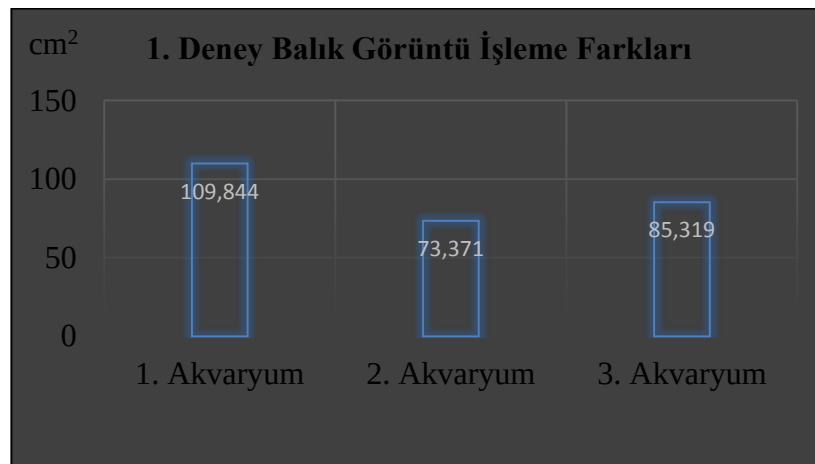
Şekil 4.16’da 2. Deney deney grupları ve kontrol grubu olarak üç adet akvaryumun başlangıç ve son ağırlıklarının farkı grafikte gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Akvaryumların başlangıç ve son ağırlıkları farkı

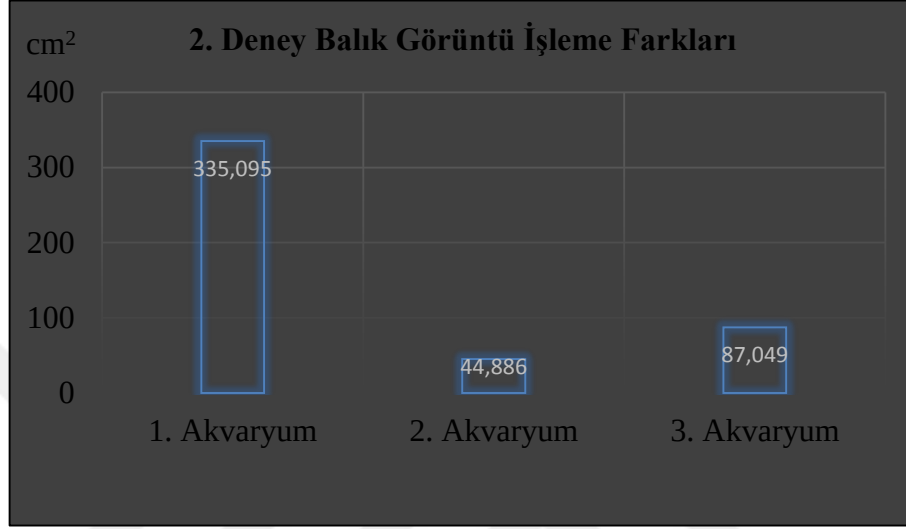
4.2.2. Balık görüntü işleme analizleri

Çalışmada balıkların büyüklüklerini belirlemede gerçek ölçülerin yanı sıra görüntü işleme teknikleri de kullanılmıştır. Çalışmada balıklarda görüntü işleme yapabilmek amacıyla balıklara bayıltma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda balıkların görüntüleri deney başlangıçlarında ve bitimlerinde çekilmiştir. Çekilen balık görüntülerine görüntü işleme metotları uygulanarak balık alanları hesaplanması yapılmıştır. Hesaplanan balık alanlarına göre başlangıç ve bitiş arasındaki fark bulunmuştur. Her üç akvaryum için de aynı işlem yapılarak hangi akvaryumdaki gelişimin daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Şekil 4.17’de 1. deney deney grupları ve kontrol grubu için balık gelişimleri farkları görüntü işleme sonucu ile verilmiştir.



Şekil 4.17. 1. Deney balık büyümelerinin görüntü işleme yöntemi ile hesaplamaları

En iyi balık büyümesi 1 numaralı akvaryum yani UV filtrenin konumlandırılması açısından balık tankının çıkışı bitki tankının girişi olarak ele alınan durumdadır. 3 numaralı akvaryum yani UV filtre kullanılmayan durum içinde balık büyümesi iyi durumdadır. Şekil 4.18’de 2. deney deney grupları ve kontrol grubu için balık gelişimleri farkları görüntü işleme metodu sonucu ile verilmiştir.



Şekil 4.18. 2. Deney balık büyümelerinin görüntü işleme yöntemi ile hesaplamaları

En iyi balık büyümesi 2 numaralı akvaryum yani UV filtrenin konumlandırılması açısından balık tankının çıkışı bitki tankının girişi olarak ele alınan durumdadır. Diğer iki akvaryum içinse su akış hızının %50 olduğu durumda balık büyümeleri fazla olmamıştır.

Her iki deney kendi arasında balık büyümeleri açısından değerlendirildiğinde 1. akvaryumun her iki durumda da en iyi sonucu verdiği görülmektedir. %50 su akış hızının olduğu durumda %100 su akış hızına göre daha da iyi sonuç verdiği görülmektedir. Yani filtreleme işleminde UV filtrenin konumu balık tankının çıkışında olup hem de su akış hızı yavaş olduğunda UV nin konumunun etkisi balık büyümeleri açısından en elverişli durum olmuştur.

Balık büyüme ve gelişimlerine hem balık ağırlıkları ve boy uzunlukları ölçülerek hem de görüntü işleme metodu kullanılarak hesaplamalar yapıldığında da her iki durumda da en iyi gelişimin 1 numarada olduğu görülmektedir.

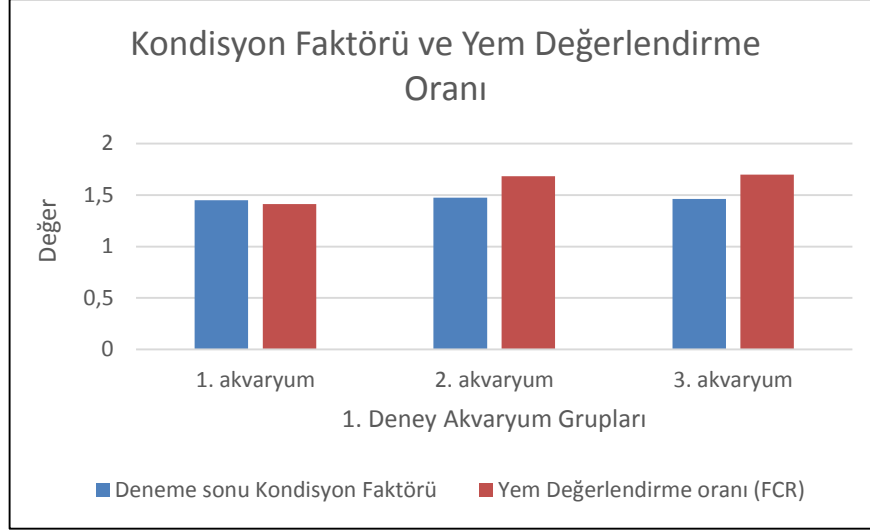
Ağırlık ve görüntü işleme yöntemi ile yapılan hesaplamalarda tutarlılığın söz konusu olması uygulanan görüntü işleme yönteminin de doğruluğunu kanıtlar niteliktedir.

4.3. Kondisyon Faktörü ve Yem Değerlendirme Oranı

Çizelge 4.1’de balıkların ortalama ağırlık, boy, görüntü işleme alanı, stok yoğunluğu, kondisyon faktörü, yem değerlendirme oranı ve yaşama oranı verilmektedir (Şekil 4.19).

Çizelge 4.1. 1. Deneye ait balık büyüme verileri

PARAMETRE	1. akvaryum		2. akvaryum		3. akvaryum	
	Değer	Std sapma	Değer	Std sapma	Değer	Std sapma
Örnek sayısı (n=)	10		10		11	
Deneme başı ortalama ağırlık (gr)	48.28	8.45	46.26	7.29	45.82	8.65
Deneme sonu ortalama ağırlık (gr)	69.54	10.58	61.41	9.53	61.34	12.20
Deneme başı toplam ağırlık (gr)	482.8		462.6		504	
Deneme sonu toplam ağırlık (gr)	695.4		614.1		674.7	
Deneme başı ortalama boy (cm)	15.68	1.31	15.12	1.20	15.25	0.90
Denemesonu ortalama boy (cm)	16.9	1.39	16.14	1.21	16.17	1.48
Deneme başı görüntü işleme alanı (2 şer balık) (cm ²)	111.72	17.58	108.54	4.78	102.97	21.66
Deneme sonu görüntü işleme alanı (2 şer balık) (cm ²)	133.69	12.49	123.21	8.49	117.19	33.44
Deneme başı Stok Yoğunluğu (kg/m ³)	2.01		1.93		2.10	
Deneme sonu Stok Yoğunluğu (kg/m ³)	2.90		2.56		2.81	
Deneme sonu Kondisyon Faktörü	1.45	0.19	1.48	0.26	1.46	0.27
Yem Değerlendirme oranı (FCR)	1.41		1.68		1.70	
Yaşama Oranı (%)	100.00		100.00		100.00	

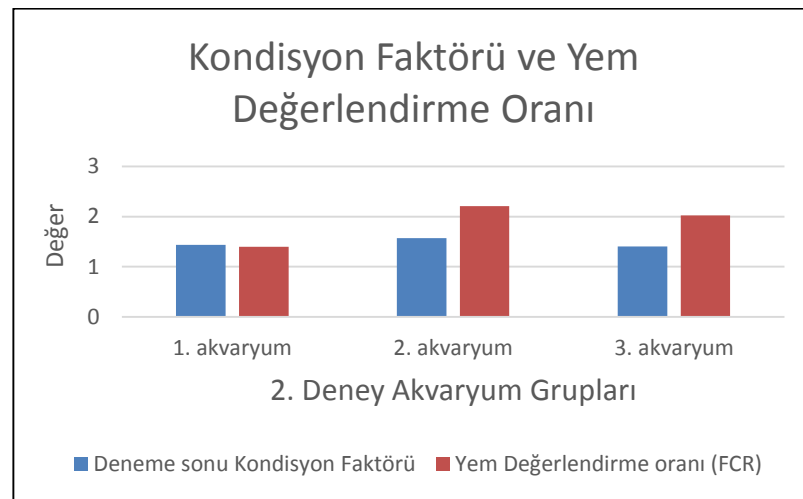


Şekil 4.19. 1. Deney kondisyon faktörü ve yem değerlendirme oranı

Balık büyüme verileri incelendiğinde istatistiki olarak fark bulunamamıştır ($P>0.5$). Buna rağmen 1. akvaryum grubuna ait verilerde grafik ve çizelgelerde diğerlerine göre önemsiz bir fark olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada 1. akvaryumdaki balıkların yem almaya daha istekli oldukları görülmüştür. Diğer iki grupta da 2. deneye göre balıkların yem alımına daha istekli olmaları sistemdeki %100 su değişim oranı ve uv lambanın konumuna bağlanmıştır. Çizelge 4.2’de balıkların ortalama ağırlık, boy, görüntü işleme alanı, stok yoğunluğu, kondisyon faktörü, yem değerlendirme oranı ve yaşama oranı verilmektedir. Şekil 4.20’de kondisyon faktörü ve yem değerlendirme oranı gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. 2. Deneye ait balık büyüme verileri

PARAMETRE	1. akvaryum		2. akvaryum		3. akvaryum	
	Değer	Std sapma	Değer	Std sapma	Değer	Std sapma
Örnek sayısı (n=)	10		10		11	
Deneme başı ortalama ağırlık (gr)	104.17	25.10	89.77	25.31	74.03	22.51
Deneme sonu ortalama ağırlık (gr)	170.37	71.64	100.74	23.27	86.99	33.43
Deneme başı toplam ağırlık (gr)	1041.7		897.7		874.3	
Deneme sonu toplam ağırlık (gr)	1703.7		1007.4		938.5	
Deneme başı ortalama boy (cm)	19.11	1.77	17.55	1.60	16.71	2.04
Denemesonu ortalama boy (cm)	22.35	3.36	18.52	1.58	18.13	2.36
Deneme başı görüntü işleme alanı (2 şer balık) (cm ²)	186.08	19.30	161.13	28.77	129.02	42.56
Deneme sonu görüntü işleme alanı (2 şer balık) (cm ²)	253.10	66.39	170.11	16.30	141.81	41.89
Deneme başı Stok Yoğunluğu (kg/m ³)	4.34		3.74		3.64	
Deneme sonu Stok Yoğunluğu (kg/m ³)	7.10		4.20		3.91	
Deneme sonu Kondisyon Faktörü	1.44	0.10	1.57	0.15	1.40	0.08
Yem Değerlendirme oranı (FCR)	1.40		2.21		2.02	
Yaşama Oranı (%)	100.00		100.00		100.00	



Şekil 4.20. 2. Deney kondisyon faktörü ve yem değerlendirme oranı

Balık büyüme verileri incelendiğinde istatistiki olarak önemli derecede fark bulunmuş olup en iyi değerler 1. akvaryumda alınmıştır. 2 ve 3. akvaryum verileri benzer

bulunmuştur ($P<0.5$). Yapılan çalışmada 1. akvaryumdaki balıkların yem almaya daha istekli oldukları görülmüştür. Diğer iki grupta ise yem alım istekleri düşmüş olup bu durum ortalama ve oransal büyümeye yansımıştır. 1. deneye göre 1. akvaryum hariç balıkların yem alımına daha az istekli olmaları sistemdeki %50 su değişim oranı ve UV lambanın konumuna bağlanmıştır. Birinci ve ikinci deney 1 numaralı akvaryum açısından kıyaslandığında ise 1 numaralı akvaryumun su akış hızının daha yavaş olduğu durum için daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Marullar ve balıklarda görüntü işleme alanları, ağırlık ve boy uzunluğu grafiklerinin yorumlanarak en iyi sonucu veren tank ve akvaryum Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de verilmektedir. Su akış hızının %100 ve %50 olduğu her iki durum için de ağırlık, boy ve görüntü işleme olmak üzere 3 parametreye göre hesaplanan ölçümler ve yapılan analizler sonucunda marul bitkileri için en iyi durumun 2. tankta gözlemlendiği, balıklar içinse en iyi durumun 1. akvaryumda gözlemlendiği gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Marullar için görüntü işleme alanı, ağırlık ve boy uzunluğunda en iyi sonucu veren tankın kıyaslaması

MARUL	Görüntü İşleme Alanları	Ağırlık	Boy Uzunluğu
1. DENEY	2. Tank	2. Tank	2. Tank
2. DENEY	2. Tank	2. Tank	2. Tank

Çizelge 4.4. Balıklar için görüntü işleme alanı, ağırlık ve boy uzunluğunda en iyi sonucu veren akvaryum kıyaslaması

BALIK	Görüntü İşleme Alanları	Ağırlık	Boy Uzunluğu
1. DENEY	1. Akvaryum	1. Akvaryum	1. Akvaryum
2. DENEY	1. Akvaryum	1. Akvaryum	1. Akvaryum

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada suyun kirlilik yükünün azaltılması veya tamamen yok edilmesi amacıyla balık ve bitki birlikteliğinden oluşan akuaponik bir deneme sistemi kurulmuştur. Kurulan kontrol ve deney düzenekleri ile UV filtre konumu değişimine bağlı olarak veya uv filtre kullanmadan su akış hızının değişken olduğu iki farklı durum için denemeler yapılarak bitki ve balık gelişimi açısından elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bitki gelişimleri; boy uzunluğunun ölçülmesi ve görüntü işleme yöntemlerinin kullanılması neticesinde analiz edilmiş olup bulgular bölümünde de belirtildiği gibi her iki uygulamada da 2 numaralı tanktaki bitkilerin daha iyi gelişim gösterdiği görülmüştür. Aynı şekilde ağırlık ölçümleri yapıldığında da yine 2 numaralı tanktaki bitkilerin gelişiminin daha iyi olduğu görülmektedir.

Balık gelişimleri açısından boy uzunluğunun ölçülmesi ve görüntü işleme yöntemlerinin kullanılması neticesinde analiz edilmiş olup bulgular bölümünde de belirtildiği gibi her iki uygulamada da 1 numaralı tanktaki bitkilerin daha iyi gelişim gösterdiği görülmüştür. Aynı şekilde ağırlık ölçümleri yapıldığında da yine 1 numaralı tanktaki bitkilerin gelişiminin daha iyi olduğu görülmektedir.

UV filtreleme elemanının yerleşim yeri açısından bitkiler için en iyi sonucu 2 numaralı tank yerleşiminin, balıklar için ise 1 numaralı tank yerleşiminin verdiği görülmüş olup ilerleyen çalışmalarda bu konu hakkında daha detaylı su analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple çalışmada elde edilen verilerin ilerleyen süreçte ortaya çıkacak olan çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2015). Sisleme Sistemi – Aeroponics. <https://toprakvesu.com/kb/sisleme-sistemi-aeroponics/> (Son erişim tarihi: 16 Kasım 2021)
- Anonim (2017). Introduction to Aquaponics. <https://www.ecolifeconservation.org/wp-content/uploads/2017/06/Introduction-to-Aquaponics-Manual-1.pdf> (Son erişim tarihi: 16 Kasım 2021)
- Anonim (2018a). EC (Elektriksel Kondüktivite) Nedir? <https://www.growkent.com/blog/icerik/ec-elektriksel-konduktivite-nedir#:~:text=EC%2C%20di%C4%9Fer%20ad%C4%B1yla%20elektriksel%20kond%C3%BCktivite,elektrik%20yal%C4%B1t%C4%B1m%20malzemesi%20olarak%20bilinmektedir.> (Son erişim tarihi: 14 Kasım 2021)
- Anonim (2018b). TDS (Toplam Çözünmüş Katılar) Nedir ve EC İle İlişkisi Nedir? <https://www.growkent.com/blog/icerik/tds-toplam-cozunmus-katilar-nedir-ve-ec-ile-iliskisi-nedir.> (Son erişim tarihi: 14 Kasım 2021)
- Anonim (2019). Üretici Firma Kataloğu. https://www.deltaohm.com/wp-content/uploads/document/DeltaOHM_Radiometric_Photometric_Probes_datasheet_ENG.pdf. (Son erişim tarihi: 16 Aralık 2021)
- Anonim (2021). Tam spektrum LED. https://tr.aliexpress.com/item/4000904365953.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7d5e28db12VQJr&aem_p4p_detail=202106160128383531084329345320005608969. (Son erişim tarihi: 16 Haziran 2021)
- Anonim (2022a). Delta Ohm - HD2102.2 Fotometrik ve Radyometrik Ölçüm ve Kayıt Cihazı. <https://www.esaelektronik.net/delta-ohm-hd2102-2-fotometrik-ve-radyometrik-olcum-ve-kayit-cihazı>. (Son erişim tarihi: 14 Ocak 2022)
- Anonim (2022b). LP471PAR-PAR Quantum Radiometric Probe. <https://www.deltaohm.com/product/lp471par-par-quantum-radiometric-probe-2/> (Son erişim tarihi: 16 Şubat 2022)
- Anonim (2022c). Jebo UV-H11 Ultraviyole Filtre 11W. <https://www.atakanpetshop.com/jebo-uv-h11-ultraviyole-filtre-11w> (Son erişim tarihi: 16 Şubat 2022)
- Anonim (2022d). Tepro Ultraviyole Lamba. <https://tr.aliexpress.com/i/32471962413.html> (Son erişim tarihi: 16 Şubat 2022)
- Anonim (2022e). Bitki Yetiştirme Lambası. <https://www.n11.com/urun/bitki-yetistirme-lambasi-50-w-tam-spektrum-bitki-ledi-cip-led-2-adet-50w-cip-led-7020398?magaza=robotron>. (Son erişim tarihi: 14 Mart 2022)

- Anonim (2022f). Tam Spektrum Led Bitki Büyütme Işığı. <https://www.n11.com/urun/tam-spektrum-led-cob-cip-bitki-buyutme-isik-220v-50w-ic-phyto-6475040?magaza=rhinoaksesuar> (Son erişim tarihi: 14 Şubat 2022)
- Anonim (2022g). TDS & EC Ölçer. https://www.amazon.com.tr/Fonksiyonlu-KalitesiDedekt%C3%B6r%C3%BCTa%C5%9F%C4%B1nabilirCihaz%C4%B1/dp/B0963T2VHQ/ref=asc_df_B0963T2VHQ/?tag=trshpngglede21&linkCode=df0&hvadid=510136888704&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=1783817213236998525&hvpone=&hvptwo=&hvpmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1012780&hvtargid=pla-1437504741521&th=1. (Son erişim tarihi: 14 Şubat 2022)
- Anonim (2022h). Arduino with TDS Sensor (Water Quality Sensor). <https://randomnerdtutorials.com/arduino-tds-water-quality-sensor/> (Son erişim tarihi: 16 Şubat 2022)
- Anonim (2022i). Arduino Mega. <https://www.direnc.net/arduino-mega-2560-r3-usb-kablo-dahil> (Son erişim tarihi: 14 Mart 2022)
- Anonim (2022j). BODYART Arduino için Sıvı PH0-14 Değer Algılama Sensörü Modülü + PH Elektrot Probu BNC. <https://www.amazon.com.tr/BODYART-ArduinoAlg%C4%B1lamaSens%C3%B6r%C3%BCElektrot/dp/B07W42NC26?th=1> (Son erişim tarihi: 16 Ocak 2022)
- Anonim (2022k). RTC Modül - DS1302 Gerçek Zamanlı Saat Devresi Modülü. https://www.robotistan.com/ds1302-gercek-zamanli-saat-devresi-modulu-rtc-modulu?#ins_sr=eyJwcm9kdWN0SWQhOiIxMTcwNSJ9 (Son erişim tarihi: 14 Şubat 2022)
- Anonim (2022l). Robotekno DS1302 Gerçek Zaman Modülü. <https://www.amazon.com.tr/DS1302-Ger%C3%A7ek-Zaman-Mod%C3%B6l%C3%BC-Arduino/dp/B07Q5G8NJ2>. (Son erişim tarihi: 16 Ocak 2022)
- Abusabra, A.K. (2018). *Örüntü ve Renk Tabanlı Mobil Kıyafet Arama Motoru*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Acar, U. (2011). *Uydu Görüntüleri ve Tıbbi Görüntülerden Benzer Görüntü İşleme Teknikleriyle Bilgi Çıkarımı*. (Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Akay, B. (2013). A study on particle swarm optimization and artificial bee colony algorithms for multilevel thresholding. *Applied Soft Computing*, 13(6), 3066-3091. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.03.072>
- Aldhaheri, A.R., & Edirisinghe, E.A. (2014). Detection and Classification of a Moving Object in a Video Stream. *In Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Computing and Information Technology-ACIT*.

- Altunkurt, Ö., & Kahriman, M. (2011). Gerçek zamanlı olarak, anfis ile renk tabanlı nesne tespit ve motorlu sistem ile takip edilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 1(1), 1-5.
- Altuntaş, Y., & Kocamaz, A.F. (2019). Renk momentleri ve destek vektör makineleri kullanarak haploid mısır tohumlarının tanımlanmasında renk uzaylarının sınıflandırma performansına etkisinin karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 551-560. <https://doi.org/10.35234/fumbd.585312>
- Arı, A. (2013). *Gauss Karışım Modeli Kullanılarak Hareketli Nesnelerin Tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Atalı, G., Özkan, S.S., & Karayel, D. (2016). Morfolojik görüntü işleme tekniği ile yapay sinir ağlarında görüntü tahribat analizi. *Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1). 1-7. <https://doi.org/10.21541/apjes.27271>
- Aydın, H. (2018). *Akuaponik Sistemlerde Kıvırcık Marul (Lactuca Sativa) Yetiştiriciliği*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aksoy, B. (2020). *Python ile İmgeden Veriye Görüntü İşleme ve Uygulamaları*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Balcı, M., Altun, A.A., & Taşdemir, Ş. (2016). Görüntü işleme teknikleri kullanılarak napolyon tipi kirazların sınıflandırılması. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 15(3), 221-237.
- Bhandari, A.K., Singh, V.K., Kumar, A., & Singh, G.K. (2014). Cuckoo search algorithm and wind driven optimization based study of satellite image segmentation for multilevel thresholding using Kapur's entropy. *Expert Systems with Applications*, 41(7), 3538–3560. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.059>.
- Boztoprak, H., Çağlar, M.F., & Merdan, M. (2007). Alternatif Morfolojik Bir Yöntemle Plaka Yerini Saptama. *XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi*. 14-18 Kasım, Eskişehir, 1-5.
- Chernov, V., Alander, J., & Bochko, V. (2015). Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces. *Computers & Electrical Engineering*, 46, 328-337. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.08.005>
- Çelik, E. (2011). *Görüntü İşlemeye Dayalı Avuç İçi İzinin Yapay Sinir Ağı ile Tanınması*. (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çelik, A., & Çelik. İ. (2017). OpenCV Kütüphanesi Kullanarak Bir Görüntü İşleme Uygulaması. In *1st International Congress On Vocational And Technical Sciences (Umteb-I)*. (pp. 125-135)

- Dilek, B.G. (2012). *Video Görüntüleri İçinden Hareketli Nesne Ayıklanması ve İzlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Doğan, T., Sert, E., & Taşkın, D. (2013). Araç Destek Sistemleri için Kuş Bakışı Görüntü Dönüşümü. *Akademik Bilişim 2013 – XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*. 23-25 Ocak, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 235-240.
- Elumalai, S.D., Shaw, A.M., Pattillo, D.A., Currey, C.J., Rosentrater, K.A., & Xie, K. (2017). Influence of UV treatment on the food safety status of a model aquaponic system. *Water*, 9(1), 27. <https://doi.org/10.3390/w9010027>
- Gangal, O.B. (2019). *Yüz Görüntüleri Kullanılarak Gerçek Zamanlı Nabız Sayımı*. (Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Glasbey, C.A., & Horgan, G.W. (1995). *Image Analysis for the Biological Sciences*. Chichester: Wiley.
- Gonzalez, R.C., & Woods, R.E. (2014). *Sayısal Görüntü İşleme: Üçüncü Baskıdan Çeviri*. Palme Yayıncılık.
- Goodman, E.R. (2011). *Aquaponics: Community and Economic Development*. (Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology)
- Gökçe, B., & Sonugür, G. (2016). GPS destekli imge çıkıştırma yöntemi ile hareketli nesnelerin tespiti. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(5), 353-360.
- Göktepe, A.D. (2019). *Görüntü İşleme Temelli 3 Boyutlu Nesne Haritalama Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gökvardar, A. (2013). *Kapalı Devre Sistemlerde Akuaponik Uygulamaları: Deniz Balıkları Bitkisel Üretim Entegrasyonunun Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Graber, A., & Junge, R. (2009). Aquaponic system: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1-3), 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.048>
- Güngör, B., & İçten, T. (2019). Web tabanlı artırılmış gerçeklik sanal giyinme uygulamasının tasarımı ve test edilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7(2), 425-438. <https://doi.org/10.29109/gujsc.530684>
- Hanbay, K., & Üzen, H. (2017). Nesne tespit ve takip metotları: kapsamlı bir derleme. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(2), 40-49.
- Hardeberg, J.Y. (1999). *Acquisition and Reproduction of Colour Images: Colorimetric and Multispectral Approaches*. (Doctoral Dissertation, Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications, Paris)

- Haritaoglu, I., Harwood, D., & Davis, L.S. (2000). W/sup 4: real-time surveillance of people and their activities. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(8), 809-830. <https://doi.org/10.1109/34.868683>
- Hassanzadeh, T., & Kanan, H.R. (2014). Fuzzy FA: A modified firefly algorithm. *Applied Artificial Intelligence*, 28, 47-65. <https://doi.org/10.1080/08839514.2014.862773>
- İrod, B. (2007). *Digital Image Processing, Ders Notları*. Stanford Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kaliforniya.
- Jahne, B. (2005). Applications and Tools. In *Digital Image Processing*. (pp. 3-29)
- Jain, A.K. (1989). *Fundamentals of Digital Image Processing*. United States, Prentice Hall.
- Kapur, J.N., Sahoo, P.K., & Wong, A.K. (1985). A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 29(3), 273-285. [https://doi.org/10.1016/0734-189X\(85\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0734-189X(85)90125-2)
- Karhan, M., Oktay, M.O., Karhan, Z., & Demir, H. (2011). Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti. In *6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*. 16-18 Mayıs, Elazığ, Türkiye, 172-176.
- Kazdal, S. (2013). *Beyin Tümörlerinin İleri Görüntü İşleme ve Örüntü Tanıma Teknikleri Kullanılarak Bilgisayar Destekli Tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü)
- Kısa, M. (2019). Grafik Tasarım ve baskı ortamında kullanılan görsellerin RGB renk uzayından CMYK renk uzayına dönüşümü esnasında oluşan renk ve ton kayıplarının önlenmesi. *Humanities Sciences*, 14(2), 25-31. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2019.14.2.4C0229>
- Kolkur, S., Kalbande, D., Shimpi, P., Bapat, C., & Jatakia, J. (2016). Human Skin Detection Using RGB, HSV and YCbCr Color Models. *Proceedings of the International Conference on Communication and Signal Processing 2016 (ICCASP 2016)*. December 26-27, Raigad, India, 324-332.
- Küçükaslan, M. (2012). EC Nedir? Topraksız Tarımda EC ve Önemi <https://ziraatyapma.blogspot.com/2011/08/ec-nedir-topraksz-tarmda-ec-ve-onemi-ec.html>. (Son erişim tarihi: 16 Kasım 2022)
- Lastiri, D.R., Slinkert, T., Cappon, H.J., Baganz, D., Staaks, G., & Keesman, K.J. (2016). Model of an aquaponic system for minimised water, energy and nitrogen requirements. *Water Science and Technology*, 74(1), 30-37. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.127>

- Ma, Z., Tavares, J.M., & Jorge, R.N. (2009). A Review on the Current Segmentation Algorithms for Medical Images. In *Proc. Conf. on Computer Imaging Theory and Applications*. (pp. 135-140)
- Megep (2008). Hidroponik Sistemler.
http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/hidroponik_sistemler. (Son erişim tarihi: 06 Eylül 2021)
- Mukherjee, S. (2013). *Concept Note: Aquaponic Systems and Technologies*. Sankalpa Research Center.
- Nixon, M.S. (2012). *Feature extraction & Image Processing for Computer Vision*. London, Elsevier Academic.
- Otsu, N., (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 9(1), 62-66.
<https://doi.org/10.1109/TSMC.1979.4310076>
- Ozan, M., & Ceylan, M. (2018). Endüstriyel Üretim Tesislerinde Yumurtaların Görsel Analizi ve Sınıflandırılması için Raspberry Pi Tabanlı Gerçek Zamanlı Bir Uygulama. *SETSCI Conference Indexing System*. November 30 - December 2, Samsun, Turkey, 727-731.
- Öter, A., Aydoğan, O., Kıymık, M.K., & Tuncel, D. (2016). Tıkayıcı uyku apnesinin yapay sinir ağları ve morfolojik filtreler kullanılarak sınıflandırılması için yeni yöntem. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 52-57. <https://doi.org/10.17780/ksujes.74055>
- Palazekin, D. (2019). *Balık Yetiştiriciliği Atık Sularının Akuaponik Tekniği ile Artırılabilirliğinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pamukoğlu, M.Y., Bayrak, H., Demir, H., Gürler, H., Türk, S.N., Çoban, Ö., Avcı, T., & Şahin, E. (2018). Akuaponik (Biyolojik arıtma tekniği) tekniği ile balık atıksularının arıtılması. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(2), 1-9.
- Peker, M., & Zengin, A. (2011). Gerçek Zamanlı Harekete Duyarlı Bir Görüntü Tanıma Sistemi. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*. 16-18 Mayıs, Elazığ/ Turkey, 92-97.
- Piccardi, M. (2004). Background Subtraction Techniques: A Review. *2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. October 10-13, The Hague, Netherlands, 3099-3104.
- Pişkin, M. (2016). OpenCV nedir? <https://mesutpiskin.com/blog/opencv-nedir.html>. (Son erişim tarihi: 13 Aralık 2022)
- Rakocy, J.E. (1995). Aquaponics: the Integration of Fish and Vegetables Culture in Recirculating System. 101-108.

- Rakocy, J.E., Masser, M.P., & Losordo, T.M. (2006). *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture*. SRAC Publication.
- Samtaş, G., & Gülesin, M. (2012). Sayısal görüntü işleme ve farklı alanlardaki uygulamaları. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2(1), 85-97.
- Sathya, P.D., & Kayalvizhi, R. (2011). Optimal multilevel thresholding using bacterial foraging algorithm. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 15549-15564. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.004>
- Selek, M. (2017). *Balık ve Bitki Üretiminin Entegrasyonu: Kapalı Devre ve Akuaponik Sistemlerde Nil Tilapia Balığı (Oreochromis Niloticus) ve Fesleğen Yetiştiriciliği (Ocimum Basillicum)*. (Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Shete, A.P., Verma, A.K., Tandel, R.S., Prakash, C., Tiwari, V.K., & Hussain, T. (2013). Optimization of water circulation period for the culture of goldfish with spinach in aquaponic system. *Journal of Agricultural Science*, 5(4), 26. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n4p26>
- Stauffer, C. & Grimson, W.E.L. (1999). Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking. *1999 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision And Pattern Recognition*. June 23-25, Fort Collins, CO, USA, 246-252.
- Suresh, S., & Lal, S. (2016). An efficient cuckoo search algorithm based multilevel thresholding for segmentation of satellite images using different objective functions. *Expert Systems with Applications*, 58, 184-209.
- Şimşek, E., Barış, Ö., & Özyer, G.T. (2019). Foto-kapan görüntülerinde hareketli nesne tespiti ve konumunun belirlenmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(2), 902-919.
- Turaga, P., Chellappa, R., & Veeraraghavan, A. (2010). Advances in video-based human activity analysis: challenges and approaches. *advances in computers. Advances in Computers*, 80, 237-290. [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(10\)80007-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(10)80007-5)
- Uygur S. (2018). OpenCV Nedir? <https://www.elektrikport.com/universite/opencv-nedir/21537#ad-image-0,%20>. (Son erişim tarihi: 13 Aralık 2022)
- Yılmaz, İ. (2002). *Renk Uzayları ve Dönüşüm Algoritmaları*. (Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Zhang, C., Murai, S., & Baltsavias, E.P. (1999). Road Network Detection by Mathematical Morphology. *ISPRS Workshop" 3D Geospatial Data Production: Meeting Application Requirements*. April 7-9, Paris, France, 185-200.

- Zhang, T., Liu, Z., Lian, X., & Wang, X. (2010). Study on Moving-Objects Detection Technique in Video Surveillance System. *2010 Chinese Control and Decision Conference*. May 26-28, Xuzhou, 2375-2380.
- Zweig, R.D. (1986). An integrated fish culture hydroponic vegetable production system. *Aquaculture Magazine*, 12(3), 34-40.
- Wahyuningsih, S., Effendi, H., & Wardiatno, Y. (2015). Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 8(4), 491-499.
- Watten, B.J., & Busch, R.L. (1984). Tropical production of Tilapia (*Sarotherodon aurea*) and tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in a small-scale recirculating water system. *Aquaculture*, 41(3), 271-283. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90290-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90290-4)



ÖZGEÇMİŞ

