

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Sağlık ve İlk Yardım

PROJE ADI: Yerli Polimeraz Zincir Reaksiyon (PCR) Cihazı
Tasarımı

TAKIM ADI: Simplicity

TAKIM ID: T3-25170-152

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite

DANIŞMAN ADI: Doç. Dr. Mutlu BOZTEPE

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Mikroorganizmaların tanısı için altın standart yöntem, özgün genom bölgelerinin hedeflenerek incelendiği Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR)'dur. Bu projede Peltier termoelektrik eleman kullanan bir sıcaklık döngü sistemini, sürücü devrelerini, bunları mikrodenetleyici ile kontrol edecek altyapıyı ve kablolu ve kablosuz kullanıcı arayüzlerini akılcı ve hassas biçimde tasarlamak, böylece zincirleme reaksiyonları sektörde kullanılan cihazlardan daha kısa sürede tamamlayan, düşük maliyetli, yerli ve taşınabilir bir prototip PCR cihazının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Tasarlanan cihaz, 2020 yılında dünya çapında en önemli sağlık gündemi olan COVID-19'un tanısında sahada kullanılarak hızlı sonuç vermesi sayesinde karantina süresinin azaltılması ve hastalık yayılımının yavaşlatılmasında önemli katkısı olacaktır.

2. Problem/Sorun:

Proje fikrimiz, geçmiş yıllarda PCR cihazını kullanırken tarafımızca yaşadığımız sorunlardan, biyomedikal cihaz üretim sektöründe üreticilerin karşılaştığı sorunlardan ve cihaz kullanıcılarının yaşadığı sorunlardan temel almıştır. Günümüzde mikrobiyoloji, moleküler biyoloji, genetik laboratuvarlarında, ebeveyn testlerinde, kriminoloji testlerinde sıkça kullanılarak laboratuvarlarda vazgeçilmez olan PCR cihazları uzun süren protokolleri, yüksek maliyetleri ve büyük boyutları ile bilinmektedir. Ayrıca bu cihazların Türkiye'de yerli tasarım ve üretim süreçlerinin olmaması kullanıcılara yüksek maliyet olarak yansımaktadır.

3. Çözüm

Projemizin sunmayı amaçladığı çözüm, içerisine reaksiyon tüplerinin yerleştirileceği küçük bir iletken bloğun ısıtılması ve soğutulması için Peltier termoelektrik eleman kullanan bir sıcaklık döngü sistemini, onun sürücü devrelerini, blok üzerinde hassas sıcaklık kontrolünü sağlamak üzere işlev gören mikrodenetleyici temelli kontrol altyapısını, ayrıca bunun kablolu ve kablosuz kullanıcı arayüzlerini akılcı ve hassas biçimde tasarlamak; böylece zincir reaksiyonunu sektördeki yaygın cihazlara kıyasla daha kısa sürede tamamlayan, taşınabilir, düşük maliyetli ve yerli bir prototip PCR cihazı geliştirmektir. Bizim geliştireceğimiz PCR cihazı yaygın muadillerinden farklı olarak küçük boyutu ve taşınabilir özelliği ile öne çıkmaktadır. 2020 yılının ilk çeyreğinde dünya çapında en önemli sağlık gündemlerinden olan ve COVID-19 olarak literatüre geçmiş Ciddi Akut Solunum Yetmezliği Sendromu Korona Virüs 2'nin tanısında kullanılarak, sahada ve hızlı sonuç vermesi ile karantina süresinin azaltılması, hastalık yayılımının yavaşlatılması için önemli katkısı olacaktır. Bunların yanı sıra düşük maliyetli ve yerli bir çözüm olarak da kendini göstermektedir. Projemizin önemi ise son dönemde gerçekleşen COVID-19 salgını ile bir kez daha ispatlanmıştır.

4. Yöntem

Cihazda, reaksiyon tüplerinin olduğu termal blokta 16 adet tüp için sabit bakır blok kullanılacaktır. Bu bloktaki sıcaklık değişimleri için Peltier termoelektrik elemanı, tasarlanan sürücü ve mikrodenetleyiciyle kontrol edilecektir. Devre tasarımında Eagle tasarım uygulaması kullanılmaktadır. Reaksiyon bloğundan DS18B20 sıcaklık sensörü ile alınan sıcaklık bilgisi

mikrodenetleyiciye okutularak kablolu ve kablosuz arayüzlerin ve sürücülerin kontrolü için kullanılmıştır. Soğutma elemanı da sıcaklık değişimlerinin optimum olması için fan yardımıyla cihazın sıcaklığı dengede tutulacaktır. Sistemin beslemesi adaptör yardımıyla 12 V-DC olarak alınmaktadır. Haberleşme modülü olarak Bluetooth yardımıyla iletişimi sağlanan bir Android uygulama tasarlanacaktır. Bu sayede cihaz akıllı telefon üzerinden kontrol edilebilecektir. Arayüz için kapasitif dokunmatik ekran kullanılarak gerekli yazılımlar oluşturulacaktır. Cihazda kullanılacak ısı bloğu Solidworks ortamında tasarlanacak, yine Solidworks ile termal simülasyonları yapılacak ve model son haline gelince talaşlı imalat ile üretilecektir. Kullanıcı arayüzü olarak işlev görece kablolu (kapasitif ekran), kablosuz (Android telefon) ve C# ile hazırlanmış bilgisayar arayüzü hazırlanacaktır. Geliştirme kartı için gömülü kaynak kodu C ve CPP yazılım dili kullanılarak Arduino IDE ve Keil µvision ortamı ile hazırlanacak ve karta yüklenecektir. Tasarlanacak olan cihazda önemli olan kısımlar PCR protokollerinin düzgün çalışabilmesi için gerekli olan sıcaklık kontrolünü düzenlemek ve sıcaklık değişimlerini sağlayacak olan ısı döngü elemanlarının güç hesaplarının yapılmasıdır. Yapılacak olan çoğaltma işlemi aşamaları Şekil 1’de gösterilmiştir. Karar verilen sistemin mimarisi ise Şekil 2’de gösterilmiştir. Blok için yapılan güç hesaplarından sonra Peltier olarak TEC1-12710 seçilmiştir. Bu Peltier için 25 °C’de çalışma koşulları 12V giriş gerilimi (maksimum 15.2V), ve 10A(maksimum 10.5A) giriş akımıdır. Bu koşullarda Peltier’in iki yönlü çalışabilmesi için akım ± 10 A arasında iki yönlü çalışabilmelidir. Gerilimi de ± 12 V arasında değiştirebilen sürücü tasarlanırsa, bu çalışma bölgesi, iki yerine dört bölge de seçilebilmektedir. Peltier’ler, DC fanlar ve sürücü için 12V gerekmektedir. Bu 12V beslemesi için 12V-10A değerlerini karşılayan bir güç kaynağı kullanılmıştır. Sürücü için ALLEGRO Microsystems firmasının A3941 Automotive Full Bridge MOSFET Driver entegresine H-Bridge Driver devresi eklenerek istenen yapı elde edilmiştir. Sürücünün blok diyagramı Şekil 3’te verilmiştir. A3941 entegresi sayesinde Peltier’ler yüksek akımlara kadar kontrol edilebilmektedir. Sürücünün giriş gerilimi 7-50V arasında değişmektedir. Sistemde A3941 Integrated Circuit(IC) olarak, 4x N-Channel Mosfet IRLR024 ise H-Bridge olarak kullanılmıştır. Bu sayede, 10A akıma kadar çift yönlü olarak kontrol sağlanacaktır. Sürücü, mikrodenetleyici için 5V logic regülatör içermektedir. Yüksek akımları sürmek için dört adet N-Channel Mosfet IRLR024 kullanılmıştır. Bunlardan ikisi HIGH, ikisi LOW sürücüsü olarak yapılandırılmıştır. A3941 entegresi, giriş gerilimi 7V’a düşse bile hem HIGH hem LOW olan bütün MOSFET’lerin Gate-Source gerilimlerinin 10V üzerinde olması için gereken bütün devreleri sağlamaktadır. Ani gerilim düşüşlerinde, giriş gerilimi 5.5V’a kadar düşse bile fonksiyonların düzgün çalışması garanti edilmiştir. Garanti koşulu olarak da Gate sürücü gerilimi azaltılmaktadır. Kapalı çevrim kontrol ile PWM sinyalleri belirlenerek çıkış akımının kontrolü yapılır. Sistemin eşdeğeri Şekil 4’teki gibi modellenebilmektedir. Sistemin açık çevrim ve kapalı çevrim simülasyonları Şekil 5’teki gibi MATLAB programı ile simüle edilmiştir. Tasarlanan kontrolcünün K_p , K_i ve K_d parametreleri, sistemimizin kapalı çevrim birim-basamak cevabını iyileştirecek şekilde belirlenmiştir. Alınan simülasyon sonuçlarına bakılacak olursa, tasarladığımız oransal-integral kontrolcü sistemimizi kritik sönümlü bir hale getirmiştir. Kalıcı hal hatası oldukça azaltılmış, yükselme ve oturma zamanları da gözle görülür bir şekilde azalmıştır. Kullandığımız PID denetleyici algoritmasının blok şeması Şekil 6’da verilmiştir. Belirlenen kontrol sistemleri, pratik uygulamaya STM32F407VG kartı üzerinden yazılım aracılığıyla aktarılmaya başlanmıştır. Daha sonra pandemi nedeniyle okulların kapanmasıyla ve karta erişimin kesilmesiyle sürecin

değişmesinden kaynaklı Arduino ile yazılıma başlanmıştır. Algoritmamızda, DS18B20 sıcaklık sensöründen okunan anlık sıcaklık bilgisi kontrol devresi için input olarak alınmaktadır. İstenen sıcaklık bilgisi ise arayüz üzerinden yazdırılan sıcaklık değerinin, seri porttan okunmasıyla set değer olarak kontrol devresine girmektedir. Minimum aşım değeri(overshoot) ve oturma süresine göre ayarlanmış K_p , K_i ve K_d değerlerine göre de PID kontrol algoritması PWM üretmektedir. Ürettiği bu PWM, sürücü kartının PHASE pinine atanmıştır. PHASE pininin durumu yük akımının yönünü belirlemektedir. PID kontrolün sıcaklık değişimi üzerinde etkisini görmek için farklı K_p , K_i , K_d değerlerinde sistemin 95, 72 ve 55 derecelerdeki oturma süreleri için veriler Şekil 7’de gösterilmiştir. Bu sistemin kontrolünü görselleştirmek için Şekil 8’de, seri port üzerinden haberleşme sağlayan C# ile yazılmış bir uygulama geliştirilmiştir. Haberleşme sağlandıktan sonra sistem sıcaklık ölçmeye başlamakta ve yazdırmaktadır. Bu verileri Excel’e kaydetmek için kayıt kısmı bulunmaktadır. Son olarak geldiğimiz aşamaya kadar yaptığımız çalışmalarda PCR için kullandığımız termoelektrik eleman olan 12V-10A’lık Peltier’in termal analizleri ve dijital kontrolü sağlanmış ve blok sıcaklığı kontrol edilmiştir. Projede hedeflenen kontrol mekanizmaları sağlanmış, blok ve kart tasarımları yapılmış ve arayüz tasarlanmıştır. Pandemiden dolayı, bütün sistemleri içeren bir geliştirme kartı tasarımı Eagle programında çizilmiş fakat bastırılmamıştır. Sistemin blok tasarımları imal edilmiştir ve Peltier’ler ile montelenmesi yapılmıştır. Şekil 9’da görüldüğü üzere PCR bloğu heatsink ve soğutma sistemiyle beraber tasarlanmıştır. Şekil 10’da da görüldüğü gibi bakır plakadaki iki yanda da bulunan deliklere DS18B20 sıcaklık sensörü takılarak bakır plakanın sıcaklığı ve değişik değer için çektiği akım değerleri ölçülmüştür. Sistemin deneylerini sürdürürken kullandığımız ve geliştirdiğimiz algoritmamız Şekil 11’de verilmiştir. Sistem için çizdiğimiz sürücü, sensör, fan ve besleme kontrol kartı Şekil 12’de verilmiştir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Cihazımız küçük boyutları, düşük maliyeti, yüksek hızı, eklenebilir gradient özelliği, artırılmış özgünlük, cep telefonu üzerinden kablosuz izlenebilme ve kontrol edilebilme özelliği, kullanıcı kilidi, birden fazla cihazın senkronize edilebilmesi ve 4°C’ye kadar soğutabilme imkanı ile piyasadaki cihazlardan ayrılmaktadır. Piyasada incelediğimiz cihazların detaylı şablonları rapora sığmadığı için cihazlar kaynak olarak gösterilecektir. Tasarımımız, laboratuvarlarda bu kadar yaygın kullanılmasına rağmen Türkiye’de halen üretilmeyen PCR cihazına olan dışa bağımlılığı azaltmasıyla yerli bir çözüm olacaktır. Türkiye piyasasında, ucuz fiyatı ve kullanıcı dostu tasarımıyla sektöre öncü olması hedeflenmektedir. Sonrasında ise küresel ölçekte güçlü bir alternatif ve çözüm olarak sunulması amaçlanmaktadır.

6. Uygulanabilirlik

Projemizin çalışmaları Eylül 2019’da başlamıştır. Şu ana kadar gelinen noktada projenin büyük bir kısmı bitirilmiştir. Pandemi sebebiyle sosyal izolasyon ve sokağa çıkma yasaklarından dolayı grup olarak çalışma konusunda sıkıntı çekilmiştir. Ancak normalleşme süreci başladığı için artık çalışmalar tekrardan hız kazanmıştır. Önümüzdeki süreçte oluşturduğumuz termal döngü cihazımızın yalıtımını ve kalibrasyonunu, kontrol testlerini, arayüz kontrollerini hazırlamamız gerekmektedir. Bahsedilen bu işler yarışma finaline kadar tamamlanacak düzeydedir. Hedefimiz projemizi tamamlayarak yarışmaya katılabilmek ve deneyleri

gerçekleştirebilmektir. PCR için kullanılan Sıcaklık Döngü Cihazlarında gerçekleştirilen reaksiyonların sonuçlarını incelemek için, ilk prototip ardından, ek olarak bizim geliştirdiğimiz sisteme DNA analizine uygun kompakt bir florometre eklenmesi ile qPCR imkanı tanıyan bir sistem elde edilebilecektir. Bu proje TÜBİTAK 2209 B 2019/2 Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Desteği Programı kapsamında destek kazanmıştır. Çalışmalarımız için Solar Biyoteknoloji İlaç Kimya ve Gıda Sanayi ve Ticaret Ltd. Ş.'inden MD.PhD. Yalın KILIÇ sanayi danışmanlığı ve laboratuvar desteği sağlamaktadır. Projenin başarıyla bitimiyle beraber, elde edilen veriler ve baştan sona olan bütün süreç bilimsel yayınlarda yer alacaktır ve patent sürecine başlanarak ulusal teknolojik bilgi birikimine katkı sağlanacaktır. Yüksek lisans bitirme tezi çalışmalarında da projenin üstüne geliştirmeler yapılacaktır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemizin çalışmaları 2019/2020 eğitim yılı Lisans Bitirme Tez Çalışmaları ile başlamıştır. Bu kapsamda, güz ve bahar dönemi boyunca sürecek şekilde iş paketleri oluşturulmuştur. İş paketlerinin hazırlanmasında, okul sınavları ve proje risk yönetimi göz alınmıştır ve Şekil 13'te gösterilen esnek bir plan oluşturulmuştur. Projemizin detaylı iş paketleri rapor sayfa kısıtlamasından ötürü eklenememektedir. Ancak pandemi kapsamında okulların tatil olması ve bitirme projelerin ertelenmesi duyurusu ile çalışmaların vakitlerinde zorunlu sarkmalar yaşanmıştır. Ancak normalleşme süreciyle çalışmalar yeniden hız kazanmıştır. Projenin maliyeti için 4000 TL TÜBİTAK desteği alınmıştır ve destek miktarı halen kullanılmaktadır. Bu kapsamda desteğin bir miktarıyla Peltier'ler, aktif ve pasif elemanlar, sürücü PCB kartı, fan sistemi, reaksiyon bloğu imalatı için harcamalar yapılmıştır. Proje henüz bitmediği için ve dolar kurundaki değişimlerden ötürü net bir bütçe verilmesi mümkün değildir. Ancak bu proje bir araştırma projesi olarak da yürütüldüğü için sadece devrelerin gereksinimi olan malzemeler değil; karşılaştırmalı sonuç alabilmek için çeşitli tiplerdeki malzemeler de alınmıştır. Örneğin sadece bir tip sıcaklık sensörü yerine, kullanım notları okunduktan sonra kullanılması uygun olabilecek diğer birkaç çeşit daha sensör alınmıştır. Böylece sistemimize en uygun ve kullanımı en yararlı olan sensör seçilmiştir. Aynı zamanda Peltier'ler de hesaplanan 10A değerleriyle birlikte 15A'lık değerleriyle de alınmıştır. Böylece daha yüksek akımda çalışan bir sistemin artıları ve eksileri de gözlemlenmiştir. Laboratuvar desteği olarak ise MD.PhD. Yalın KILIÇ'ın ofisindeki malzemeleri kullanmaktayız. Projemizin yerli olması sayesinde kur sisteminden en az şekilde etkilenmesi sağlanmaktadır. Bu kapsamda yaptığımız araştırmalara göre, yurtdışında imal edilen tüm cihazlardan daha ucuza mal olmaktadır. Yerli sermaye ve yerli tasarım sayesinde üretimi hızlı ve ucuz olan bir sistem oluşturmayı, ülkemize ve dünyaya katma değeri yüksek olan bir ürün çıkarmayı hedeflemekteyiz.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Proje fikrimizin hitap ettiği kitle mikrobiyoloji, moleküler biyoloji, genetik laboratuvarlarında, ebeveyn testlerinde, kriminoloji testlerinde vb. alanlarda görev alan kişi, kurum ve kuruluşlardır. Yaşadığımız pandemi ile birkez daha projemizin önemi anlaşılmaktadır. Bizim projemizde ayrıca pandemiden bağımsız olarak dikkat edilmesi gereken bir nokta bulunmaktadır. Bu proje pandeminin varlığından önce kararlaştırılmış ve belgelerle resmileştirilmiştir. Bu kapsamda proje yürütücüleri olarak amacımız var olan yeni bir sorunu

çözmekten daha çok büyüktür. Bizim hedefimiz uzun zamandır var olan ve bizim de kullanıcıları olarak yaşadığımız PCR cihaz sorunlarının ve yerli üretim olmayışının çözülmesidir.

9. Riskler

Projemizde risk olarak adlandırılabilen iki temel nokta bulunmaktadır. Bunlar Şekil 14’te gösterilmiştir.

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Aليşan AYGAR

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Sınıf
Elif Ege DİKEN	Proje Yürütücüsü	Ege Üniversitesi	4
Aليşan AYGAR	Proje Yürütücüsü	Ege Üniversitesi	4

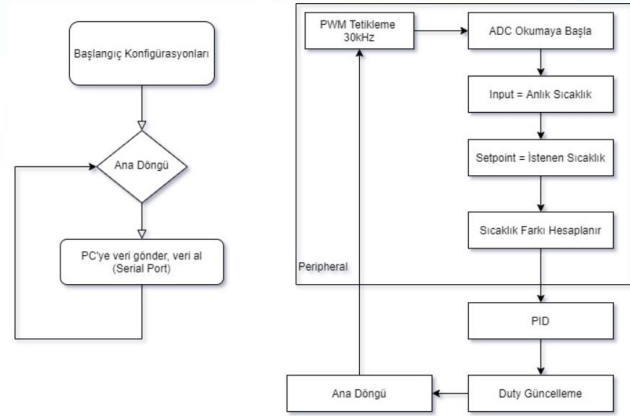
Projemiz aynı zamanda lisans bitirme tezimiz de olduğu için detaylı olarak araştırmalar yaptık ve tecrübelendik. Ayrıca bu projeye ilgili olarak Elif Ege DİKEN, 2204/A Lise Öğrencileri Araştırma Projeleri Yarışması’nda 2015/1 döneminde 1689B011502395 başvuru numarasıyla, “Antibiyotik Çağı Kapanırken Bakterilerle Mücadelede Yeni Bir Çözüm: CRISPR-Cas” adlı proje ile İzmir bölgesi üçüncülüğüyle onurlandırılmıştır. Geçmiş süreçte, proje içinde sıklıkla kullanılan PCR cihazının eksik ve geliştirmeye açık yönlerini deneyimleme fırsatı yakalamıştır. Aليşan AYGAR, VESTEL Elektronik AR-GE’de sistem tasarım mühendisi olarak yarı zamanlı çalışmaktadır. Güç elektroniği ve gömülü sistemler ile ilgili deneyimlere sahiptir.

11. Kaynaklar

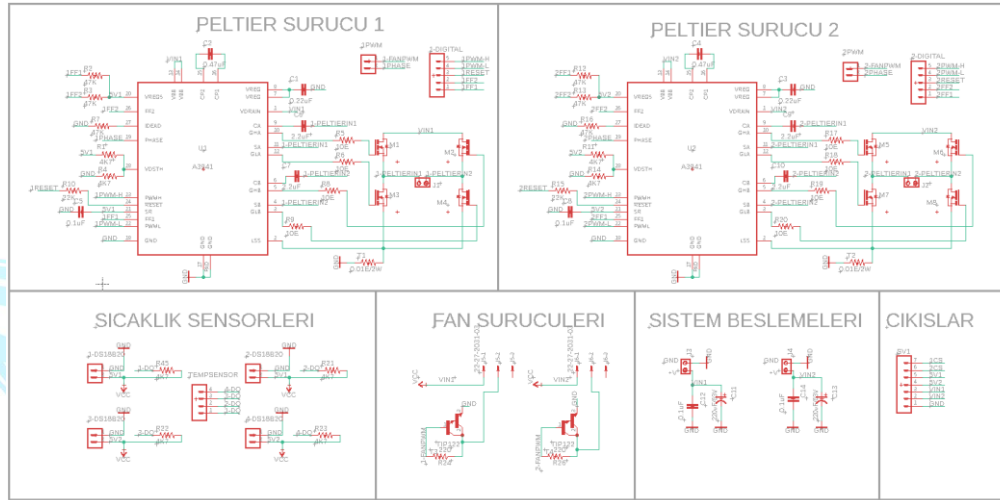
- [1] Mastercycler® X50s Ürün Katalog Bilgisi, Eppendorf, <https://online-shop.eppendorf.ae/>, Erişim Tarihi:02.12.2019.
- [2] All-In-On Cycler™ Ürün Katalog Bilgisi, Bioneer, <http://genplaza.com.tr/>, Erişim Tarihi:30.10.2019.
- [3] TurboCycler™ Ürün Katalog Bilgisi, Blue-Ray, <http://genplaza.com.tr/>, Erişim Tarihi:30.10.2019.
- [4] TalentGene™ series Ürün Katalog Bilgisi, LongGene®, <http://genplaza.com.tr/>, Erişim Tarihi:30.10.2019.
- [5] Biometra TAdvanced Ürün Katalog Bilgisi, AnalytikJena, <https://www.analytik-jena.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [6] Mic qPCR Cycler Ürün Katalog Bilgisi, Bio Molecular Systems, <https://biomolecularsystems.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [7] SureCycler 8800 Ürün Katalog Bilgisi, Agilent Technologies, <https://www.biocompare.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [8] SureTect™ Ürün Katalog Bilgisi, Thermo Fisher Scientific, <https://assets.thermofisher.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [9] C1000 Series Ürün Katalog Bilgisi, Bio-Rad, <https://www.biocompare.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [10] GeneTouch Ürün Katalog Bilgisi, Bulldog Bio, <https://www.bulldog-bio.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [11] Open qPCR Ürün Katalog Bilgisi, Chai Biotechnologies, <https://www.chaibio.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [12] MultiGene™ OptiMax Ürün Katalog Bilgisi, Labnet International, <https://www.biocompare.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [13] Eco 48 Ürün Katalog Bilgisi, PCRmax, <http://www.pcrmax.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [14] Rotor-Gene® Q Ürün Katalog Bilgisi, Qiagen®, <http://www.arilab.com.tr/>, Erişim tarihi:30.10.2019.
- [15] Veriti™ Ürün Katalog Bilgisi, Applied Biosystems, <http://tools.thermofisher.com/>, Erişim tarihi:30.10.2019.



Şekil 10. Termal Döngü Deneyleri



Şekil 11. Sistemin Yazılım Algoritması



Şekil 12. Sensör, Fan ve Peltier Sürücüleri için Geliştirme Kartı Şematiği

		Haftalar																																						
İşler		39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21				
İş-1		■																																						
İş-2																																								
İş-3																																								

Şekil 13. İş Paketleri Gantt Şeması

Tablo 1 İş Paketleri ve İş Dağılımları

İş Numarası	İş Paketleri	Alişan AYGAR	Elif Ege DİKEN
İş-1	Sıcaklık Kontrol Elektroniklerinin Geliştirilmesi	%50	%50
İş-2	Isı Bloğunun Geliştirilmesi	%50	%50
İş-3	Prototip İmalatı ve Fonksiyonel Testler	%50	%50

No	En Büyük Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	1 numaralı iş paketinde; blokta oluşacak ısı kayıplarından dolayı, Peltier'in gücü yetersiz gelebilir.	Isı kayıpları önlenmeye çalışılacaktır. Gerekliğinde, gerekli yerlere sıcaklık izolasyonu yapılacak ve daha güçlü Peltier eklenecektir.
2	2 numaralı iş paketinde; simülasyonlarda ısı değerleri göz önüne alınarak tasarlanan bloklar, gerçek hayatta ısı akışını dengesiz dağıtabilir.	Termal kamerayla dengesiz dağılan bölgeler tespit edilerek, olması gereken koşula getirilebilmesi için elemanlar yeniden konumlandırılır.

Şekil 14. Projedeki Riskler ve Risk Yönetimleri