

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ
BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ PROJE
KATEGORİSİ

TAKIM ADI

BTÜ-Biocover

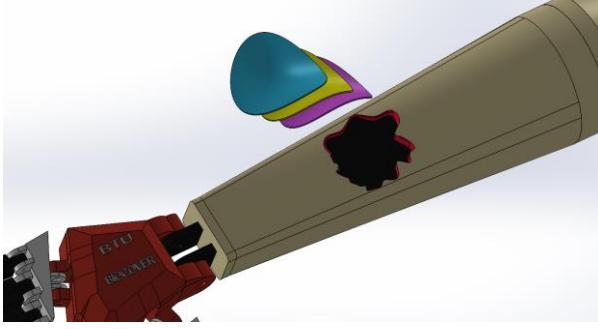
PROJE ADI

Çocuk Yanık Yaralarının Tedavisinde Kullanılmak Üzere Çok
Katmanlı Akıllı Yara Örtüsü Geliştirilmesi

BAŞVURU ID

464461

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)



Şekil 1. Geliştirilen yara örtüsüne ait çizim

Bu projede, özellikle çocuklarda meydana gelen ikinci dereceden alev yanık yaralanmalarının tedavisi için üç katmanlı akıllı yara örtüsünün üretilmesine odaklanılmıştır. Üç katmanlı yara örtüsünün temel amacı; doğal ürünler ve biyopolimer malzemeler kullanılarak yanık yaralarının iyileşmesi ve bu süreçte meydana gelebilecek komplikasyonların tedavi sürecine zararını minimize etmektir. Yara örtüsünün yapısı

aljinat gibi biyobozunur polimerlerin -ticari uygulamalarda ön planda olduğu da dikkate alınarak- polimer matris olarak kullanımıyla gerçekleştirecektir. Aynı zamanda çeşitli takviye malzemeler ve mikroyapı tasarımı ile yara örtüsünün fonksiyonları güçlendirilecektir.

Bu projede çok katmanlı membranların hazırlanmasında, biyoyumluluğu ve biyobozunurluğu ile tanınan aljinat biyopolimerinin yanı sıra antibakteriyel, antienflamatuvar ve analjezik özellikleriyle bilinen hibiskus, karanfil ve bal bitki özütlerinin kullanımı tercih edilmiştir. Buradaki esas mekanizma, aljinatın ideal eksuda emilimini; hibiskus ve karanfil bitkilerinin antibakteriyel + analjezik etkilerini; balın mekanik dayanımını tek bir malzemede birleştirerek, her bir malzemenin kendi özgün özelliklerini kaybetmeden sinerjik bir kompozit yapı oluşturmasını sağlamaktır.

Oluşturulacak çok katmanlı membranların ön plana çıkacak özelliklerinden bazıları; (i) yüksek gözenekli ve yara eksudasının emilimini sağlayacak bir tabaka, (ii) etkin oksijen sirkülasyonunu sağlayacak ve düşük bakteriyel kontaminasyonu mümkün kılacak antibakteriyel bitki ekstresi içeren bir tabaka ve (iii) yaranın durumuna ait bilgi ediniminin mümkün kılınması amacıyla yara ortamının pH değerine bağlı olarak farklı renkler verecek akıllı bir tabakadır.

Geliştirilecek üç katmanlı membranlar kolaylığı ve düşük maliyeti açısından en çok kullanılan solvent döküm yöntemi ile laboratuvar şartlarında üretilecektir. Ek olarak proje kapsamında yara iyileşme durumu hakkında bilgi edinmeyi sağlamak amacıyla kullanıcılara yönelik basitleştirilmiş pH ölçümü yapabilecek bir el terminali tasarlanmıştır. El terminali sahip olduğu donanım ve yazılım sayesinde son katmanda bulunan yara ortamının pH değerine bağlı olarak görüntü işleme metoduyla pH ölçümü sağlayacaktır.

2. Problem/Sorun

Yanık; en sık haşlanma sonucu oluşmakla birlikte alev, elektrik ve kimyasal etkenler sebebiyle meydana gelen, derinin ve deri altındaki dokuların hasarıyla sonuçlanan bir travma olarak tanımlanmaktadır [1]. Yapılan çalışmalara ve vaka sıklığına göre yanığa maruz kalan hastaların yarısının çocuklardan oluştuğu tespit edilmiştir [2]. Özellikle 5 yaş ve altı çocuklarda haşlanma kaynaklı yanık yaralanmalarına daha sık rastlanırken daha büyük yaşlarda olan çocuklarda alev kaynaklı yanık vakalarının çoğunluğu oluşturduğu bildirilmiştir [3]. Çocuk yanıklarının oluşma nedenleri incelendiğinde ailelerin; çocuk bakımı, çevredeki risk faktörleri ve çocuğu koruma konularında kimi zaman yetersiz kalmalarının büyük bir etken oluşturduğu gözlenmektedir [2]. Yanığın oluştuğu ilk zamanlarda ise ebeveynlerin çocukların yanık bölgelerine yoğurt ve diş macunu gibi maddeleri bilinçsizce uygulamalarının yanığın travma

boyutunu arttırdığı ve hatta ölüme sebebiyet verdiği bildirilmektedir [4]. Tüm bu etkenler göz önüne alındığında çocuk yanıklarının özellikle toplumumuzda dikkate alınması gereken ve ciddi sonuçlar doğuran önemli bir sağlık problemi olduğu görülmektedir. Yanık kaynağı ve yanığa uygulanan müdahalelerle ilgili edinilen bu veriler doğrultusunda, alev kaynaklı yanıkların sıklığı ve oluşturduğu hasar göz önünde bulundurularak projede, çocuklarda alev kaynaklı meydana gelen yanık yaralarına odaklanılmıştır. Günümüzde çocuklarda alev kaynaklı oluşan yanık yaralarının tedavisinde pansuman, keskin debridman veya greftleme ile eksizyon, topikal ilaçlar ve yara örtülerinin kullanımı gibi çeşitli tedavi yöntemlerinin uygulandığı görülmektedir [5]. Bu tedavi yöntemleri içerisinde en sık kullanılanı pansumandır ancak yanık yaralanmalarının tedavisi için tam olarak ideal pansumanlar elde edilememiştir [6]. Bu nedenle yanık yaralarının tedavisinde kullanılacak inovatif çözüm önerileri sağlamak amacıyla bilimsel araştırma çalışmaları devam etmektedir.

Günümüzde doku mühendisliği ve biyomalzeme alanlarının gelişiminin bir sonucu olarak yara örtülerinin yanık yaralarında ideal tedavi yöntemi olma potansiyeli vardır fakat piyasada var olan yara örtülerinin yanık yaralarının tedavisinde yara iyileşmesini takip eden süreçlerin ve belli başlı problemlerin çözümünün tamamını kapsamadığı, (yaraların spesifik oluşması nedeniyle her hastada istenilen tedavi başarısını sağlayamadığı) tedavide eksik kaldığı ve/veya maliyetlerinin çok yüksek olduğu gözlenmektedir [7]. Yanık yaralanmalarında kullanılan yara örtülerinde rastlanan temel problemler; yara örtüsünün çıkarılması esnasında yara yataklarına yapışarak deriyi kaldırması, yarada travmaya neden olması, kanama meydana getirmesi, ağrıyı arttırması veya ağrının azaltılmasında yeterli olmaması, antimikrobiyal etki göstermemesi, cilt tahriş riskini arttırması, yara yüzeyi ile etkili temas (yapışma) sağlayamaması, sık sık pansuman değişikliği nedeniyle enfeksiyonlara neden olması ve hastaya yüksek maliyetle ulaşmasıdır [8-10]. Tüm bu olumsuzluklar içerisinde hasta açısından tedaviyi en çok kısıtlayan etken maliyettir. Yanık yaralanmaları nedeniyle hastaneye yatırılan hastaların ortalama hastane maliyetlerinin 40 bin \$ civarında olduğu ve daha ciddi yanık yaralanmalarının tedavilerinde ise ortalama ücretin yaklaşık 200 bin \$'a ulaştığı belirtilmektedir [11].

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde yanık yaralanmalarının tedavisi için geliştirilecek ideal ve düşük maliyetli yara örtülerine ihtiyaç duyulduğu gözlenmektedir.

3. Çözüm

3.1 Yanık Tedavisinde Yara Örtülerinin Kullanımı

Çocuklarda meydana gelen ikinci derece alev yanık yaralanması nedeniyle hasar görmüş cildi onarmak için çok katmanlı akıllı yara örtüsü üretimi hedeflenmiştir. Çocuklarda yanık yaraların tedavisinde pansuman, keskin debridman veya greftleme ile eksizyon, topikal ilaçlar ve yara örtülerinin kullanımı gibi çeşitli tedavi yöntemleri uygulanmaktadır [5]. Bu tedavi yöntemlerinden yara örtülerinin kullanımı geçmişten günümüze kadar gelerek literatürde önemli bir yer edinmiştir. Tek katmanlı yara örtülerinin, bilimin gelişmesi ile birlikte son yıllarda yerini daha yüksek performanslı çok katmanlı akıllı yara örtülerine bırakması araştırma konusu olmuştur. Yaranın tipi, derinliği, kapladığı yüzey alanı, eksuda miktarı gibi birçok faktöre bağlı olarak özel tasarlanan çok katmanlı yara örtüleri umut verici bir alternatif haline gelmiştir [12]. Bu tedaviler halen bir araştırma konusu olarak güncelliğini korumakta ve teknolojik ilerlemelere paralel olarak, yara türüne göre özel tasarlanmış çeşitli yara örtüleri geliştirilmeye devam etmektedir. Yara örtüleri, yaranın iyileşebilmesi için uygun ortam hazırlayarak yara yatağındaki hücre ve dokuların rejenerasyonuna olanak sağlar.

Bu projede tasarlanan yara örtüsünün temel amacı, doğal ürünler ve biyopolimer malzemelerin kendi özelliklerini kaybetmeden tek bir malzemede birleştirilmesi, tasarlanan bu kompozit yapının mikroyapı tasarımıyla da desteklenerek özgün ve sinerjik bir yenilikçi yapıya dönüştürülmesidir. Oluşturulan çok katmanlı tabakaların esas amaçları; yara bölgesini hem hızlı bir şekilde iyileştirmesi, hem de oluşabilecek ağrı ve enfeksiyon gibi komplikasyonların minimal düzeye indirgenmesinin sağlanmasıdır.

Çok katmanlı yara örtüleri; solvent döküm, döndürerek kalıplama, tuz liçi, mikroakışkan eğirme, üç boyutlu (3D) biyoyazıcılar gibi üretim teknikleri kullanılarak üretilmektedir [13]. Solvent döküm yöntemi, çok özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmadan katmanların kolay üretimlerini sağlaması ve düşük maliyetli olması nedeniyle yara örtülerinde, polimerik filmleri hazırlamak için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu yöntem; mekanik karıştırma yoluyla sürekli çalkalama altında çözündürülmüş polimer matrisi ve takviye malzeme/malzemelerinin karıştırılmasını, ardından döküm, solvent buharlaştırma veya kurutma adımlarını içeren bir üretim prosesidir. Yapılan araştırmalar sonucunda bu projede laboratuvar koşullarında üretilmesi planlanan çok katmanlı yanık yara örtüsü için kullanılacak metod solvent döküm yöntemi olarak belirlenmiştir.

3.2 Yara Örtüsünde Kullanılan Biyomalzemeler

Aljinat, kahverengi alglerden oluşan anyonik doğrusal bir polisakkarittir. Aljinat hemostazik özelliklerinden dolayı yanık yaralanmalarında kullanılmaktadır. Yara ile temas halindeyken aljinatın yapısındaki sodyum iyonları vücut sıvısındaki kalsiyum iyonlarıyla yer değiştirerek hidrofilik aljinat jel halini alır. Bu sayede ideal eksuda absorpsiyonu ve yara iyileşmesi için nemli ortam sağlar. Bu sayede hücre çoğalması ve doku granülasyonu artırır.

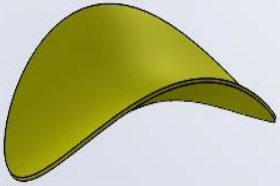
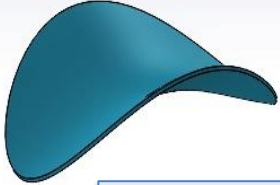
Hibiskus yaklaşık olarak 3- 3,5 m boyunda, kazık köke sahip, ebeğümeci ailesine ait bir tür bitkidir. Bu bitkiye tarihsel açıdan ilk olarak Afrika ülkelerinde rastlanmıştır. Bu bölgelerde kan basıncını düşürmek, vücut ısısını azaltmak ve boğaz ağrılarını hafifletmek gibi çeşitli etkileri olduğu bulunmuş ve bu amaçlarda kullanılmıştır. Fitoterapi biliminin gelişimiyle birlikte *Hibiskus*'un antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve hücre uyarıcı özellikleri gibi terapötik etkileri keşfedilmiş ve bu etkileri nedeniyle yara bakımında sıklıkla tercih edilmektedir. *Hibiskus* ile yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre *Hibiskus* uygulanan grubun diğer gruplara göre anjiyogenez ve kollajen lif birikimini desteklediği ve yara onarımını hızlandırdığına ulaşılmıştır. Büyüme faktörü uygulanan grubun kontrol gruplarına göre yara onarımının hızlandığı, ancak bu durumun *Hibiskus* uygulanan gruptan daha düşük olduğu belirtilmiştir. *Hibiskus* kullanımını sonucu yaranın erken kapanması sağlanarak komplikasyon gelişimi azalabilir, erken normal yaşama dönmeyi sağlayabilir ve maliyet açısından olumlu sonuçları olabilir. Bunlar göz önüne alındığında projemizde de olduğu gibi *Hibiskus*'un yara örtüsü esas malzemelerden biri olarak işlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

Karanfil, Endonezya kökenli ve yalnızca Doğu Afrika ile Güney Asya'nın belirli bölgelerinde yetişmekte olan Mersingiller familyasına ait bir bitkidir. Çiçek tohumları başlangıçta soluk renklidir ve dereceli olarak yeşile dönüşürler. Tomurcuklarından elde edilen baharat, odunumsu, siyah renkli ve güzel kokuludur. İştah artırıcı, sindirim uyarıcı, antiseptik ve vücutta tümör gelişiminin önlenmesi gibi pek çok konuda toplumlara şifa kaynağı olmuştur. Yüzyıllardır geleneksel kullanımdan konsolide edilen ve literatürde bildirilen çok çeşitli farmakolojik etkileri nedeniyle önemli bir tıbbi bitkidir. Doğal antioksidan ve antimikrobiyal etki göstermesi sebebiyle yara bakımı için olmazsa olmaz özellikleri içermektedir. Yapılan

çalışmalarda da benzer özellikler gösteren diğer bitkilerden bu özellikleri yüksek seviyelerde göstermesi bakımından ayrılmaktadır.

Bileşiminde bulunan vitaminler, mineraller, organik asitler ve enzimler sayesinde birçok hastalığa karşı koruyucu ve tedavi edici özelliği vardır. Antimikrobiyal etkisi sayesinde enfeksiyonlara sebep olan birçok organizmalar için bariyer oluşturur. Yara üzerindeki ölü dokuların uzaklaştır. Balın birçok özelliğinden dolayı yanık yaralanmaların da sıkça kullanılmaktadır. Balın bileşimi büyük ölçüde çiçek kaynağına bağlı olup, bileşimin de balın biyolojik özellikleri üzerinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bu nedenle tüm bal çeşitleri yara iyileşmesine aynı ölçüde katkı sağlamamaktadır.

3.3 Proje Kapsamında Tasarlanan Yara Örtüsü İçin Katman Analizi

Tasarlanan Üç Katmanlı Yara Örtüsünde Bulunan Katmanlar ve Özellikleri	
Katmanlar	Özellikleri
 <p>İlk katman</p>	<p>Geliştirilmekte olan ilk katmanın yüksek gözenekli ve hidrofilik yapısı sayesinde yara bölgesinde oluşan fazla eksuda sıvısının, nem seviyesini bozmayacak şekilde emilmesi sağlanacak ve böylece yara bölgesinin nemli kalması sağlanmış olacaktır. Bu katman doku canlılığı ve bütünlüğünün korunmasına ve hücre migrasyonuna yardımcı olur. Yara yatağına yapışmasını optimal düzeye getirerek pansuman değişimi esnasında oluşabilecek doku travmasını önler. Oluşturulacak yara örtüsü, yara için gerekli olan ortamı sağlar. Bu sayede sık pansuman değişikliğinin neden olduğu enfeksiyon riskini azaltır ve maliyeti en aza indirir.</p>
 <p>İkinci Katman</p>	<p>İkinci katman içerisinde kullanılacak antimikrobiyal ve antiinflamatuvar etkiye sahip doğal bitki ekstresi/ekstreleri sayesinde yara bölgesinde oluşabilecek inflamasyon ve enfeksiyon gibi riskleri azaltır. Yara iyileşmesi süresince meydana gelebilecek ağrıların giderilmesi amacıyla doğal analjezik bitki ekstresi kullanılır.</p>
 <p>Son Katman</p>	<p>Son katmanın düşük gözenekli yapısı sayesinde hem bakteriyel geçişi engeller, hem de katmanlar arası oksijen sirkülasyonunu sağlar. Katman içerisindeki doku çoğalmasını, yenilenmesini sağlayan öncüller sayesinde hücre proliferasyonuna yardımcı olur. Bu katmanda yara iyileşme sürecini takibe yönelik renk değişimini esas alan pH indikatörü kullanılır. pH indikatöründeki renk değişimlerini okuyan el terminali sayesinde yaranın iyileşme durumu hakkında bilgi sahibi olunmasına olanak sağlar. Aynı zamanda pansuman değişim zamanlarının takibi ve kontrolü hususlarında kullanıcıya önemli bir avantaj sağlar.</p>

3.4 pH İndikatörü ve Görüntüleme İşlemi

Tasarlanan yanık yara örtüsünün en dış katmanında pH indikatörü yer almaktadır. Yaranın iyileşme sürecine göre pH değeri de değişmektedir. Bu değişim yara örtüsü bileşiminde kullanılan pH indikatörü yardımıyla dış dünyaya çıktı olarak bir renk değişimi sunmaktadır.

Yara örtüsünde meydana gelen renk değişimine göre pH tespiti yapılabilmektedir. Bu projede görüntü işleme teknolojisi kullanılarak pH ölçümü yapılması planlanmaktadır. Yanık yara örtüsünün dışında pH ölçümü yapan bir el terminali tasarlanmış ve el terminaliyle yarayı açmadan sağlık personeline yaranın iyileşme süreci hakkında bilgi sağlanması hedeflenmiştir.

Şekil 2. Dijital görüntü

Programlama algoritmaları yardımıyla görüntüyü dijital bir hale getirme ve üstünde düzenlemeler yapılmasına görüntü işleme denir. Görüntüler algoritmalar ile bir fonksiyon haline getirilip iki boyutlu bir dijital görüntü haline getirilir. Görüntüdeki renkler fonksiyonun bir parçası olup üzerinde işlemler yapılabilir hale gelir. Dijital görüntüler piksel örüntülerinden oluşur. Pikseller sahip olduğu renge göre 0-255 aralığında bir nümerik değer alır. Piksellerin değerleri ile bir matris oluşturulur.

Bu sayede görüntü matematiksel olarak ifade edilebilir hale gelir. Örnek olarak 1080p bir fotoğraf 1920x1080x3'lük matris olarak ifade edilebilir. Piksellerin sahip olduğu değerler renk uzaylarına göre değişiklik gösterir. Normal koşullarda bir fotoğrafın dijital hali RGB renk uzayının sahip olduğu değerler ile ifade edilir. Temel olarak RGB, HSV, CMYK ve YUV olmak üzere dört farklı renk uzayı vardır.

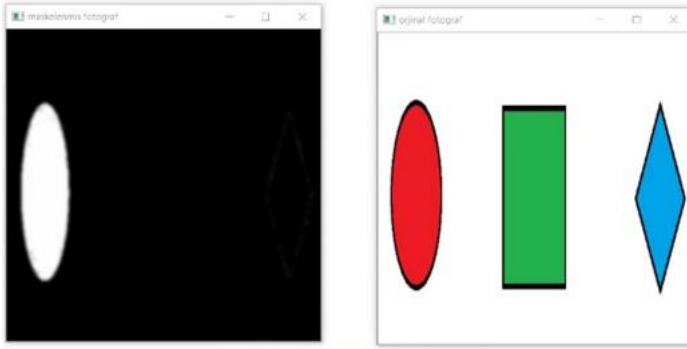
Renk Uzayı	Uzay Tanımı	Görseli
RGB	Renkler bir küp olarak tanımlanır bu tanımla sayesinde 3 değişkenli bir dizi elde edilir. Pikseller, bir rengi tutabilmek için 3 renk olan kırmızı, yeşil ve mavinin belirli yoğunlukta karıştırılması ile elde edilen renk kodunu tutarlar.	
HSV	HSV (Hue, Saturation, Value) uzayı renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak adlandırılmıştır. Renk tanımlamalarını bu üç kavrama göre gerçekleştirir.	
CMYK	Cyan, Magenta, Yellow, Key rengin kısaltmasıdır. Buradaki Key siyah rengi temsil etmektedir. CMYK renk uzayı, dijital renk tanımlamaları için belirtilen bu dört rengi karıştırarak yapmaktadır.	
YUV	Y Luminance, U Chrominance1, V Chrominance2 kısaltmasıdır. Y siyah – beyaz U ve V ise mavi tabanlı renklilik ve kırmızı tabanlı renkliliği temsil eder. Renkler bu üç kavram ile temsil edilerek oluşturulurlar.	

Renk uzayları tablosuna bakıldığında dört farklı renk uzayı olduğu görülür. Geniş bir renk aralığında çalışmak istendiğinde HSV renk uzayı tercih edilmelidir. pH tespit işleminde maskeleme için HSV renk uzayı tercih edilecektir.

Tercih edilen renk uzayına göre renk filtresi kullanılır. Tespit edilecek renge göre dijital görüntü üzerinde filtreleme işlemi yapılır. Bu işlem sonucunda görüntüdeki pikseller, istenilen renge sahip piksel ve istenilen renge sahip olmayan piksel olarak ikiye ayrılırlar.

Şekil 3. Renk uzayları

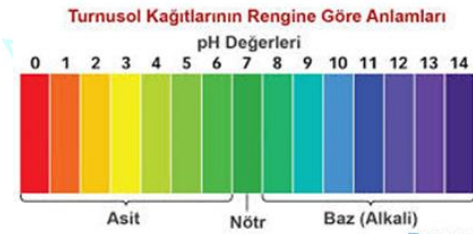
Şekil 4'de görüldüğü üzere kırmızı renge sahip fotoğrafa uygulanan filtre (maskeleme) sonucunda siyah beyaz bir görüntü elde edilir. Beyaz renkli pikseller istenilen renge sahip pikselleri temsil ederken, siyah renge sahip pikseller istenilmeyen renge sahip pikselleri temsil eder. Kırmızı renge sahip olmayan hiçbir piksel dijital görüntüde bir anlam ifade etmez. Böylelikle, kırmızı renk tespit edilmiş olur.



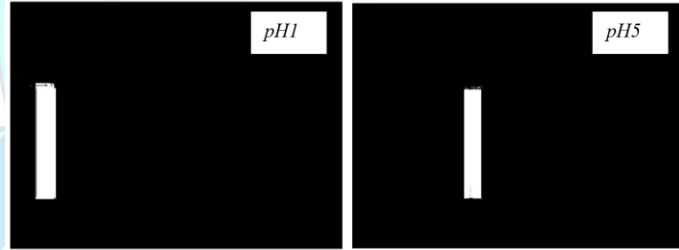
Şekil 4. Renk Filtresi

Turnusol kağıdının rengi pH değerine göre değişir (Şekil 5). Her pH değerinin rengi farklıdır. Renk filtresi metodu ile bu pH renk değerleri tespit edilir. Örnek bir uygulama olması amacıyla Ph1 ve Ph5 renk değerleri tespit edilmeye çalışılır. Uygulamanın ilk aşaması rengin tanıtılmasıdır. pH1 ve pH5 değerlerinin hsv renk uzayında sahip olduğu renk kodları hesaplanır.

Hesaplanan renk kodları hafızaya aktarılır. Tespit edilme aşamasında dijital görüntü üzerinde hafızada kayıtlı olan renk kodları ile filtreleme işlemleri (Şekil 6) yapılır. Filtreleme işlemleri sonucunda istenilen piksel sayıları ölçülür. Belirli bir piksel sayısı aşıldığı takdirde istenilen renk tespit edilmiş sayılır. Son aşamada dijital görüntüde tespit edilen renkler artı işareti ile işaretlenir. Sonuç olarak, renk filtresi metoduyla pH ve pH5 değerleri tespit edilir.



Şekil 5. Turnusol kağıdı pH renk skalası



Şekil 6. pH1 ve pH5 renk filtresi

4. Yöntem

Yara örtüsünün her bir katmanının üretimi için malzemeler tedarik edildi ve gerekli olan malzemeler laboratuvar ortamında bir araya getirilerek katman üretimi için gerekli olan çözeltiler hazırlandı. Yara örtüsü katmanlarında kullanılan her bir katmanın çözeltilerinin nasıl hazırlandığı aşama aşama anlatılmıştır.



Şekil 7. Aljinate çözeltisi

Aljinate çözeltisi: 100 ml saf su, mezür yardımıyla ölçülerek behere aktarıldı. Daha sonra tartım cihazında 1,5 gram aljinate tartıldı ve tartılan aljinate içerisinde 100 ml saf su olan behere aktarıldı. Oluşturulan aljinate + saf su çözeltisi içerisinde manyetik balık eklendi. Manyetik karıştırıcı yardımıyla saf su içerisinde çözüldürülen aljinate çözelti hazırlandı (Şekil 7). Yapıya esneklik sağlamak amacıyla aljinate çözeltisine kullanılan aljinate miktarının %20'si kadar gliserol ilave edildi ve homojenizasyon sağlanıncaya kadar karıştırma işlemi gerçekleştirildi.

Hibiscus sabdariffa ekstresi: 100 ml saf su mezür yardımıyla ölçülerek behere aktarıldı ve manyetik ısıtıcıda belli sıcaklıkta kaynatıldı. Ardından 10 gram *Hibiscus sabdariffa* tartılarak kaynayan saf su içerisinde eklendi ve oluşturulan çözelti 10 dakika boyunca manyetik ısıtıcıda ısıtıldı. Isınan *Hibiscus* çözeltisi oda sıcaklığına gelene kadar soğutuldu. Soğutulan *Hibiscus* çözeltisinden büyük partiküllerin

uzaklaştırılması için bir tül yardımıyla süzme işlemi gerçekleştirildi. Kalan partiküllerin uzaklaştırılması için filtre kağıdı yardımıyla son süzme işlemi gerçekleştirildi (Şekil 8). Hazırlanan ekstre farklı oranlarda aljinat çözeltisine katılarak yara örtüsü katmanlarının üretiminde kullanılmıştır.



Şekil 8. *Hibiscus sabdariffa* bitkisinin ekstrakte edilme aşamaları

***Syzygium aromaticum* ekstresi:** 100 ml saf su mezür yardımıyla ölçülerek behere aktarıldı ve manyetik ısıtıcıda belli sıcaklıkta kaynatıldı. Ardından 10 gram *Syzygium aromaticum* (karanfil) tartılarak kaynayan saf su içerisine eklendi ve 10 dakika boyunca manyetik ısıtıcıda ısıtıldı. Karanfil çözeltisi oda sıcaklığına kadar soğutuldu. Oluşan büyük partiküllerin toplanması için karanfil çözeltisi bir tül yardımıyla süzüldü. En son olarak da filtre kağıdı yardımıyla süzme işlemi minimum partikül düzeyine ulaşmak için tekrarlandı.

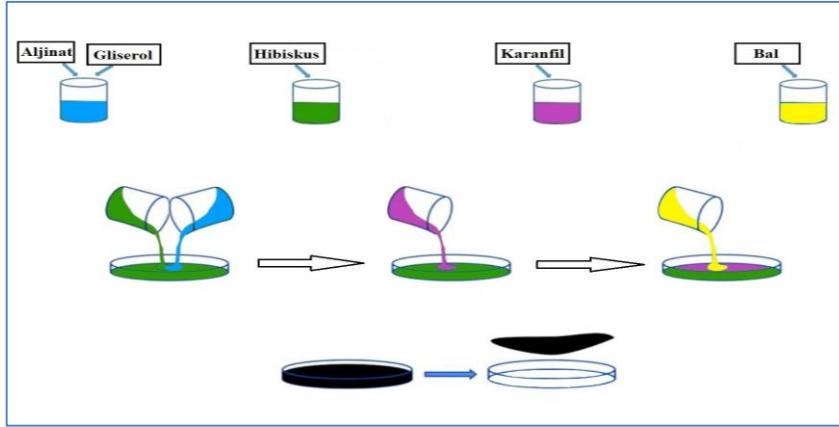
Bal içeren aljinat çözeltisi: Bir beher içerisinde yer alan 100 ml aljinat çözeltisine 7,5 gram bal tartılarak eklendi. Ardından 2 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak çözelti homojenize edildi.

Çapraz bağlayıcı çözeltisinin hazırlanması: Bir beher içerisine 150 gram zirkonya bilya tartılarak değirmen haznesine konuldu. Ardından 0,154 gram yumurta kabuğu (kalsiyum karbonat kaynağı olarak doğal bir atık tercih edilmiştir) tartılarak içerisinde bilyelerin bulunduğu değirmen haznesine eklendi. Son olarak 50 ml saf su mezür yardımıyla ölçüldü ve değirmen haznesine eklenerek aksel değirmende 300 rpm'de 10 dakika süreyle öğütüldü. Öğütülerek oluşturulan çözelti içerisinden zirkonya bilyalar bir süzgeç yardımıyla uzaklaştırıldı. Ardından da behere alınan çözelti manyetik karıştırıcıda karıştırılırken 0,844 gram glukono delta lakton (GDL) tartılarak sisteme ilave edildi. Manyetik karıştırıcıda çözelti homojen hale gelinceye kadar karıştırıldı.

4.2 Döküm Yöntemiyle Yara Örtüsü Katmanlarının Üretimi

Yapılan araştırmalar sonucunda çocuk yanıklarının tedavisinde kullanılması amacıyla üretilmesi planlanan yara örtüsü için kullanılacak metod, solvent döküm yöntemi olarak belirlenmiştir. Solvent dökümünün başlıca avantajı, ekstrüzyon veya enjeksiyonlu kalıplama işlemleri için esasen gerekli olan çok özel ekipmana ihtiyaç duymadan üretim kolaylığıdır. Standart solvent döküm işleminde ilk adım, polimerin uygun bir solvent içinde çözülmesiyle polimer çözeltisinin hazırlanması aşamasıdır. Bu yöntemde yaygın olarak alkol, su veya herhangi bir organik çözücü kullanılır. Formasyonu geliştirmek ve filmin özelliklerini iyileştirmek için, genellikle çözünmüş polimer çözeltisi ısıtılır veya pH ayarlanır. Elde edilen polimer solüsyonu daha sonra bir kalıba veya ısıtılmış bir tambur üzerine veya bir yüzey üzerine dökülerek solvent sistemden uzaklaştırılırken bir film matrisi üretilir. Üretilen film, gerilimin

giderilmesi için ısı işleme tabi tutulabilir.

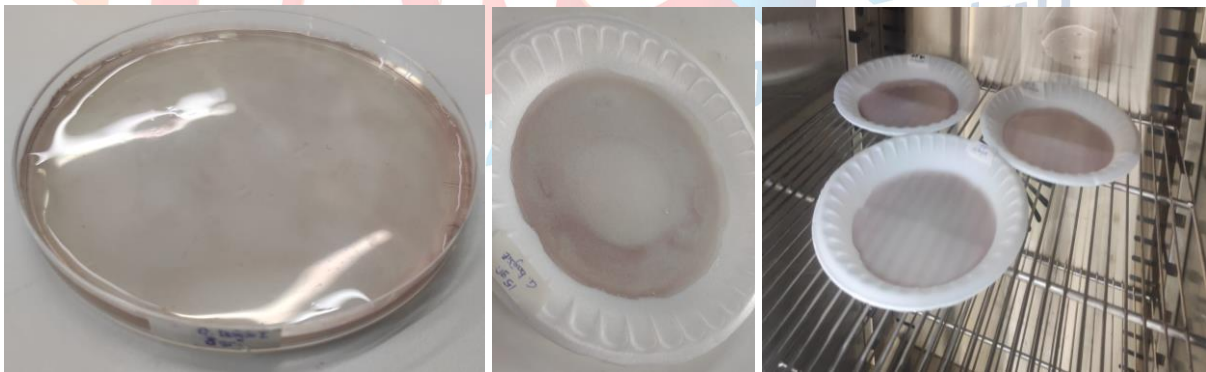


Şekil 9. Tabakalı yara örtüsü üretimine dair özet şema

Projede hedeflenen 3 katmanlı yara örtüsünün döküm yöntemiyle üretimine dair Şekil 9'da sunulan şemada hazırlanan solüsyonların tek tek petri kaplarına/strafor kalıplara dökülmesiyle 3 katmanlı yapının adım adım nasıl oluşturulduğu basitçe anlatılmaktadır.

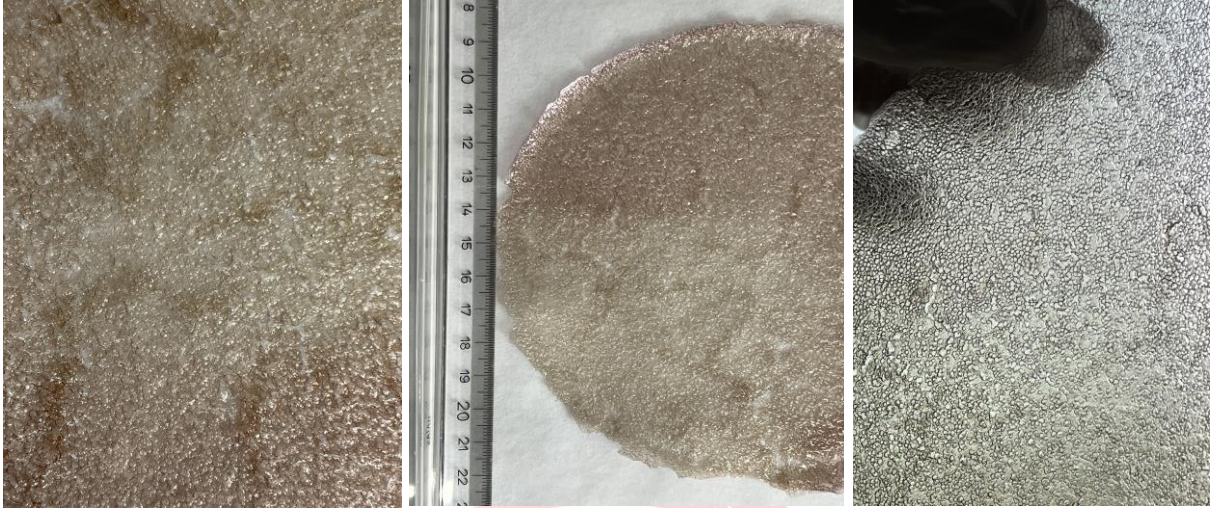
4.2.2 Solvent Döküm Yöntemiyle Üç Katmanlı Yara Örtüsünün Üretimi

Yara örtüsünde kullanılacak biyomalzemelerin çözeltileri oluşturulduktan sonra ilk katmanı oluşturmak için hibiskus ekstresi ve aljinat içeren çözeltilerden 25 ml alınarak strafor kalıba döküldü. Diğer katmanların ilave edilebilmesi için oluşturulan ilk katman etüve 54°C'de 2 saat kurumaya bırakıldı (Şekil 10). İlk katmanın kuruma işlemi tamamlandıktan sonra ikinci katman için, strafor içerisinde bulunan hibiskus + aljinat karışımı içeren ilk katmanın üzerine 25 ml karanfil ekstresi ve aljinat içeren çözeltileri döküldü ve katmanların kuruması için strafor kalıplar 54°C'de 2 saat etüve bekletildi. Böylece iki katmanlı yapı oluşturulmuş oldu. Son katman için ise daha önceden hazırlanmış olan bal içeren aljinat çözeltilerinden 25 ml alındı ve 2 katmanlı yapının üzerine döküldü. Ballı aljinat çözeltilerinin de ilave edilmesi sonucunda oluşturulan 3 katmanlı yapı etüve konulup 44°C'de 24 saat bekletildi. Bu işlemin ardından katmanların kurduğundan emin olunduktan sonra yara örtüsü strafor kalıplardan çıkarıldı.



Şekil 10. İlk katmanın döküm yöntemiyle üretimi

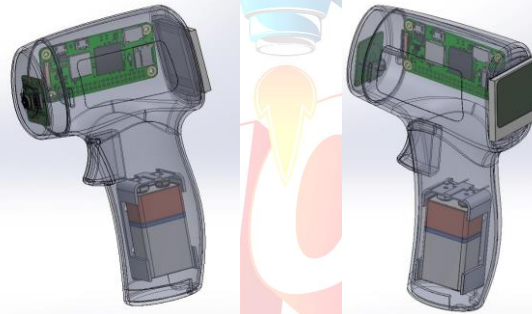
Proje kapsamında gerçekleştirdiğimiz ön çalışmalarda hem plastik petri kalıpları, hem de strafor kalıplar ile çalışılmıştır. Strafor kalıp kullanıldığında yapıda gözenek oluşumunun kolayca gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 11). Plastik petri kalıplarda ise yoğun tabakaların üretilebildiği gözlemlenmiştir. Strafor kalıplarda gözenek oluşum mekanizmasının tam olarak anlaşılabilmesi ve gözenek boyut ve dağılımının kontrol edilebilmesi için farklı sıcaklık ve sürelerde kurutma çalışmaları yapılması gerekmektedir. Bu yöntemin başarılı bir şekilde gözenek oluşumu sağladığı saptanmış ve sürecin optimizasyon çalışmaları devam etmektedir.



Şekil 11. Üretilen çok katmanlı yara örtüsü ve gözenek boyutu

4.3 Görüntü İşleme Yöntemiyle pH Belirleme

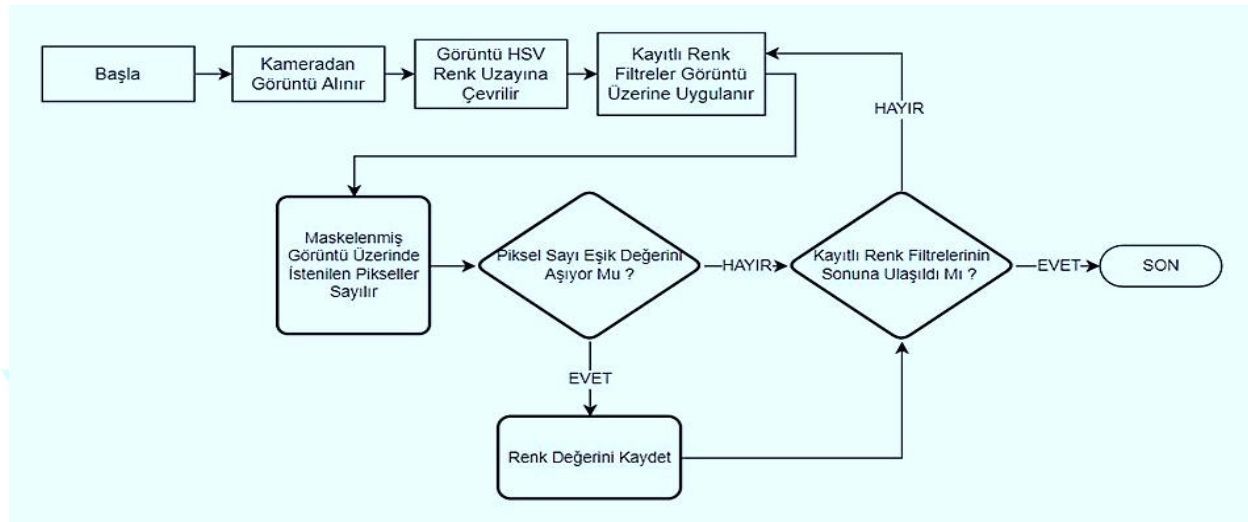
Proje kapsamında, kullanıcılara yönelik, kolay pH ölçümü yapabilecekleri bir el terminali tasarlanmıştır (Şekil 12). Böylece yaranın anlık olarak pH değeri ölçülebilecektir. El terminali, sahip olduğu donanım ve yazılım sayesinde görüntü işleyerek yaklaşık bir saniye gibi kısa bir sürede yaranın pH değerini ölçer. Ölçülen pH değeri, el terminalinde bulunan ekrana basılması sonucunda kullanıcıya pH değerini bildirir.



Şekil 12. Tasarlanan el terminali

Kullanım kolaylığı esasına dayalı olarak tasarlanan el terminali bir ateş ölçer cihazından esinlenerek tasarlanmıştır. Kullanıcı bir tetikleyici tuşa basarak ekranda mevcut pH değerini görebilir. El terminali dört adet donanıma sahiptir. Bunlar; işlemci, kamera modülü, ekran ve batarya. İşlemci, görüntü işleme işlemlerinin yapılacağı elektronik karttır. Kamera modülü, dış dünyadan dijital görüntü almayı sağlar. Ekran, ölçülen pH değerini yansıtır. Batarya, kullanılan diğer üç elektroniğin sahip olması gereken elektrik enerjisini sağlar. İşlemci olarak Raspberry Pi Zero kartı; kamera modülü olarak Pi Zero kamera modülü kullanılacaktır. Raspberry Pi Zero elektronik kartı, küçük boyutta bir bilgisayardır. Kamera modülünden gelecek dijital görüntüler üzerinde yapılacak olan işlemler için gerekli bir donanımdır. Piyasada birçok alternatifi olmasına rağmen boyutu ve fiyatı Raspberry Pi Zero'yu ideal bir seçim kılar. Tespit edilen pH değerini kullanıcıya çıktı olarak sunmak amacıyla ekran kullanılır. Nokia 5110 LCD ekran modülü kullanılacaktır. İdeal ekran boyutu ve kullanım kolaylığı, tercih edilmesinde önemli etkenler olmuştur. Kullanılan elektroniğe gerekli enerjiyi sağlaması amacıyla 9-12 Volt bir

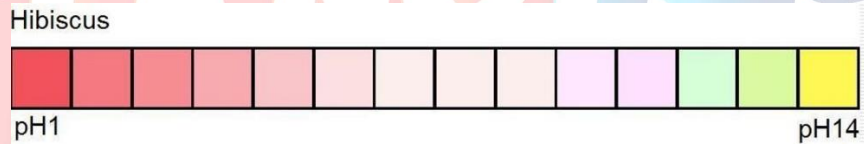
pil kullanılacaktır. Proje kapsamında PYTHON programlama dili ve OPENCV kütüphanesi kullanılmıştır. Geleneksel görüntü işleme metodu olan renk filtresiyle pH tespiti işlemi yapılır. Tespit işleminin algoritması Şekil 13'de gösterilmiştir. Algoritma tamamen takım üyeleri tarafından geliştirilmiştir. Raspberry pi Zero bilindiği üzere küçük boyutta bir bilgisayar olduğu için dışardan müdahale ile geliştirmeye açık bir karttır. El terminaline, kullananlar tarafından bir geri dönüş olduğu taktirde çok kolay bir şekilde güncellemeler yapılabilir. Özel istek geldiği taktirde düzenli ölçüm yapılan pH değerlerinden bir veri yorumlama yazılımı geliştirilebilir. Sonuç olarak geliştirilmeye çok açık bir yapı kurulmuştur.



Şekil 13. pH tespit algoritması

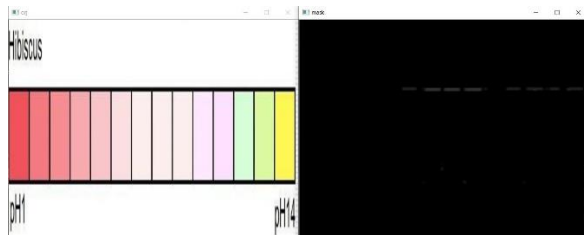
4.4 pH'in Belirlenmesi

Hibiskus ekstresi pH değerine göre renk değiştirir. Bu renk değişimi Şekil 14'de görüldüğü üzere 0-14 pH değeri aralığındadır.

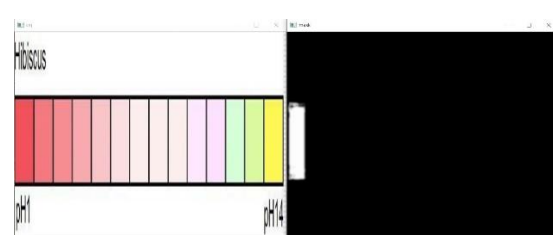


Şekil 14. Hibiskus ekstresi pH renk aralığı

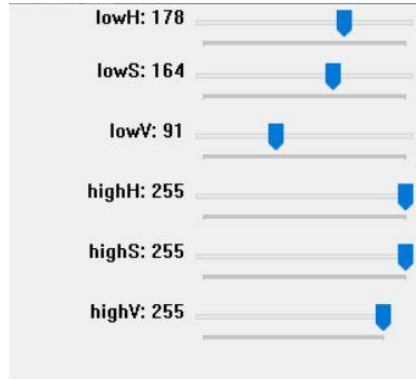
Tespit algoritması için pH renklerinin filtreleri oluşturmalıdır. Şekil 15 ve 16'da pH 3 değeri için renk filtresi oluşturulmuştur.



Şekil 15. pH 3 renk filtresi ilk aşaması

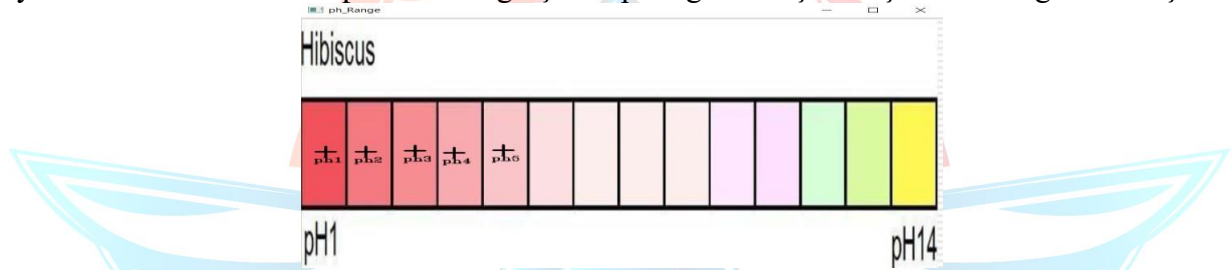


Şekil 16. pH 3 renk filtresi sonucu



Şekil 17. pH 3 HSV Renk Uzayı Değeri

Renk filtreleme işlemi diğer pH değerleri için de uygulanır. Filtreleme işlemleri sonucunda elde edilen HSV renk kodları kaydedilir. Kaydedilen HSV renk değerleri dijital görüntü üzerine uygulanır. Tespit edilen renklerin üzerine “+” işareti konulur ve pH değeri yazılır. Hibiskus ekstresi pH 1-5 aralığı için tespit algoritma çıktısı Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18. pH 1-5 tespit sonucu

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Günümüzde yanık yaraları için oluşturulan yara örtüleri incelendiğinde, yanık yaralarının iyileşme aşamalarının tümünü kapsayacak nitelikte etkili, eşzamanlı olarak yaranın iyileşme durumuyla ilgili bilgi veren bir yara örtüsü geliştirilmesinin yeni bir araştırma alanı olduğu ve başarı oranı yüksek yara örtülerinin tedavi sürecinde hastaya maliyetinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Belirtilen olumsuzluklara çözüm sunmak adına bu projede hedeflenen; her katmanı farklı gözenek boyutu ve dağılımı ile her katmandan beklentilere uygun malzeme tasarımıyla donatılmış, yara iyileşmesi süreçlerinin tamamını ele alan tedavi sürecine ek olarak yaranın takibinin de yapılabildiği yara örtüsü tasarımı çok katmanlı yapıyla mümkün kılmaktır.

Geliştirilen yara örtüsünde yaranın iyileşme durumu ile ilgili bilgi edinmeyi sağlayan pH ölçümü de gerçekleştirilecektir. pH ölçümü, yara çevresinin pH değişimine göre renk veren *Hibiscus* bitkisi sayesinde değişen renklerin görüntü işleme yöntemiyle tespitine dayanan bir prosedür içerir. Bu nedenle, görüntü işleme yönteminin kullanımıyla pH ölçümüne dayanarak yara iyileşme durumu hakkında (sisteme verilen güncelleştirme sıklığı komutuna dayalı olarak) sürekli bilgi akışı elde edilir. Geliştirilen yara örtüsünde; hasta durumu hakkında sağlık çalışanlarına güncel bilgi akışı sağlayan bu sistem, piyasada bulunan yara örtülerine kıyasla projeyi daha efektif kılmaktadır. Ek olarak geliştirilen yara örtüsünün görüntü işleme yöntemi prensiplerine göre dizaynı, gelecek çalışmalarda görüntü işlemeden alınan verilerin yapay zeka kullanılarak bir çıktı haline getirilmesine olanak sağlayacaktır. Yapay zeka kullanımıyla hastanın iyileşme durumu ile ilgili daha spesifik tahminler yapılabilecek ve hastaya çeşitli bilgiler verilerek kendi iyileşme sürecinde daha aktif olması sağlanacaktır. Projede geliştirilen

yara örtüsüyle sağlanan tüm bu yenilikçi yaklaşımları daha net ifade edebilmek adına, piyasada yanık yaralarında kullanılan yara örtüleri ve projede geliştirilene yara örtüleri ile ilgili bir karşılaştırma tablosu oluşturulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Proje kapsamında üretilen yanık yara örtüsüyle piyasada bulunan yanık yara örtülerinin kıyaslaması (Not; Tabloda 1: en kötü, 5: en iyi skoru ifade eder.) [a,[14] ; b,[15, 16] ; c,[17] ; d,[18] ; e,[19]]

Yara Örtüleri Özellikler	Projede Geliştirilen Yara Örtüsü	Coloplast Biatain® Adhesive	ConvaTech AQUACEL® Hydrofiber®	L&R Suprasorb® CNP	Smith & Nephew Bactigras Parafinli Yara Örtüsü	Nano - Micro Small
Pansuman Değişikliği	4	3	3	3	3	3
Antimikrobiyal Etki	4	1	2	3	3	1
Uygulama Kolaylığı	3	4	3	2	2	4
Doğallık	4	2	2	2	2	3
Nemli Ortam	5	4	3	3	3	3
pH İndikatörü	4	0	0	0	0	3
Görüntüleme İşlemi	4	0	0	0	0	0
Maliyet	4	2	3	1	4	2
TOPLAM	32	16	16	14	17	19
Kaynaklar	-	a	b	c	d	e

Sonuç olarak, tedavi ve tedavinin izlenmesi aşamalarını katmanlı bir mekanizma üzerinden mümkün kılan, doğal bitki ekstratlarıyla desteklenmiş, yara iyileşme durumu hakkında güncel bilgi sunabilen, özel mikroyapı tasarımıyla (gözenek miktarı, gözenek boyutu ve gözenek boyut dağılımı ile) fonksiyonelliği geliştirilmiş olan ve düşük maliyetli yara örtüsü geliştirilmesi projenin inovatif yanını oluşturmaktadır.

6. Uygulanabilirlik

Proje, çocuklarda oluşan alev kaynaklı yanık yaralanmalarının tedavisinde kullanılmak üzere çok katmanlı akıllı yara örtülerinin, laboratuvar koşullarında döküm yöntemiyle üretilmesini içermektedir. Geçmişten günümüze üretilen yara örtüleri incelendiğinde hastalıkların tedavisi için çeşitli yara örtüsü tasarımlarının yapıldığı görülmektedir. Bu tasarımlar hastalığın türüne ve boyutuna göre değişmekle birlikte spesifik olarak yanık yaralanmalarında kullanılan yara örtüleri incelendiğinde çeşitli bitki özütlerinin ve biyopolimerlerin aynı ya da farklı katmanlara entegrasyonu ile üretilenlerin gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Bu nedenle projede yara örtüsünün katmanlı tasarımı literatürde bulunan diğer çalışmalarda da örnekleri olduğu gibi üretilmesi mümkün ve yara iyileşmesini maksimum düzeyde destekleyici niteliktedir. Yara örtüsünde kullanılan bitki özütleri ise ülkemizde yetişen bitkilerden kaynak alması nedeniyle temini kolay ve maliyeti ekonomik biyomalzemelerdir.

Projede; yara örtüsü kullanımıyla çözümlenmek istenen bir diğer etken, yaranın durumu hakkında bilgi almayı mümkün kılmaktır. Literatür taraması yapıldığında yaranın iyileşme sürecinin kontrolünde kullanılan en yaygın ve etkili yöntemin pH ölçümü olduğu görülmektedir. Yanma sonucu derinin normal pH'ında meydana gelen değişimin baz alındığı bu çalışmalarda yaranın iyileşme süreci, yara örtülerinin birer pH indikatörü olarak kullanılmasıyla ya da yara örtüsüne entegre çeşitli sensörlerin kullanımıyla sağlanabilmektedir.

Projede; yaranın iyileşme durumu, indikatör + görüntü işleme metodunun kullanımıyla yaranın pH durumu hakkında programlanmış zaman aralıklarında bilgi edinilmesiyle sağlanacaktır. Bu yöntemle yaranın bulunduğu dokunun pH durumu, indikatörde meydana gelen renk değişiminin görüntü işleme metoduyla otomatik olarak çıktı vermesiyle tespit edilecek ve böylece yaranın iyileşme süreciyle ilgili kontrollü veriler elde edilebilecektir. Belirlenen çok katmanlı ve akıllı yara örtüsünün üretimi; literatürde denenmiş çok katmanlı yara örtülerinin varlığı, biyomalzemelerin ulaşılabilir ve biyoyumlu olması ve renk değişimi tespitinde son zamanlarda görüntü işleme metodunun oldukça sık kullanılan başarılı bir teknolojik yaklaşım olmasından dolayı güvenilirdir ve vaat edilen yara örtüsünün üretimini mümkün kılmaktadır. Projede, katmanlı yara örtüsünün döküm yöntemiyle üretimi sağlanmış ve indikatör görevi görecektir bitki özütü tespit edilmiştir. Bu aşamadan sonra yapılacak in vitro testlerde görüntü işleme metoduyla (saniyede 25 ölçüme kadar ulaşabilen güncelleştirmelerle) yara dokusu etrafındaki pH değişimlerine bağlı olarak yara örtüsünde meydana gelen renk değişimleri tespit edilecek ve dataleştirilerek, ardından toplanan datalarla yaranın iyileşme düzeyi ve yara örtüsünün aktivasyonu test edilecektir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Geliştirilmek istenen yara örtüsünün üretimi için gerekli olan sarflara ve el terminali üretimine dair tahmini maliyet hesabı Tablo 2’de sunulmakta olup oldukça ekonomiktir. Ancak bu maliyetlerin dışında üretilen yara örtülerinin karakterizasyon çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için yaklaşık 6000 TL gibi bir maliyet de söz konusu olup bunlar antibakteriyel testler, içyapı (elektron mikroskopuyla analiz), FTIR, temas açısı ölçümü gibi testleri içermektedir.

Tablo 2. Geliştirilmek istenen yara örtüsünün üretimi için gerekli olan sarflara ve el terminali üretimine dair tahmini maliyet hesabı

SARF MALZEME	BİRİM	FİYAT
Sodyum aljinat (E401)	250 gr	150 TL
<i>Hibiscus Sabdariffa</i>	250 gr	50 TL
<i>Syzygium Aromaticum</i> (karanfil)	250 gr	100 TL
Yumurta kabuğu tozu	5	1 TL
Glukono Delta Lakton (GDL)	250 gr	40 TL
HİZMET	ADET	FİYAT
Raspberry Pi Kamera Modülü	1	250 TL
Ardunio 1,6 inç Nokia 5110 Lcd Ekran	1	70 TL
Raspberry Pi Zero	1	125 TL
Pil	1	25 TL
		811 TL TOPLAM

Proje ekibimiz üç alt ekip şeklinde organize edilmiştir. Bu aşamaya gelinceye kadar gerçekleştirilmiş olan çalışmalar proje iş-zaman takviminde sunulmamıştır. Bundan sonra yapılması planlanan çalışmalar Tablo 3’de sunulmaktadır.

Tablo 3. Proje iş-zaman çizelgesi

<i>İş Paketi</i>	<i>Mayıs</i>	<i>Haziran</i>	<i>Temmuz</i>
<i>Tabakalı yara örtüsü üretim sürecinin optimizasyonu</i> (<i>kurutma sıcaklık ve süresi, gözenek oluşum-gözenek boyut ve dağılımı-mekanizmasının belirlenmesi, çapraz bağlama prosesinin optimizasyonu, tabakalarda kullanılan ekstre oranları, tabaka kalınlıkları, tabaka bileşimleri</i>)			
<i>Tabakalı yara örtüsünün karakterizasyon çalışmaları</i> (<i>antibakteriyel testler, şişme testi, su emme testi, çözünürlük testi, temas açısı ölçümleri, elektron mikroskopuyla içyapı incelemeleri, FTIR analizleri, termal analizler ile kararlılık belirlenmesi, vd.</i>)			
<i>El terminali üretim çalışmaları</i> (<i>sarfların temini ve el terminalinin üretimi, farklı pH'larda denemelerle güvenilirlik testleri</i>)			

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Yanık; her yaş grubundan bireyi, mekan ve zaman fark etmeksizin etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. Bu yaş grupları içerisinde çocuklar, yanık insidansının yüksek olması ve cilt inceliği, hassasiyeti gibi mevcut durumlar bakımından yetişkinlere nazaran dezavantajlı konumdadırlar. Çocuklarda meydana gelen yanıklar incelendiğindeyse yanıkların -çeşitli çalışmalarda değişmekle birlikte- ortalama olarak $\frac{3}{4}$ 'ünü termal (alev, haşlanma ve temas) yanıkların meydana getirdiği bildirilmekte, ayrıca bu yaş gruplarında meydana gelen alev yanıklarında komplikasyon ve mortalite oranının yüksek olduğu görülmektedir. Yanıklar derinliğine ve dolayısıyla artan ciddiyet durumuna göre, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü derece yanıklar olarak dört grupta değerlendirilmektedir. Tüm bu veriler doğrultusunda projede, çocuk yaş gruplarında meydana gelen ikinci dereceden alev yanıkları için çok tabakalı ve akıllı bir yara örtüsü tasarlanmasına karar verilmiş ve bu yaş grubu projenin hedef kitlesi olarak saptanmıştır.

9. Riskler

Tablo 4'de belirtilen riskler göz önüne alınarak projede en etkili çözüm yöntemleri sunulmaya çalışılmıştır. Tabloda belirtilen sistemlerin güvenilirliği matris hesabıyla daha da belirgin hale getirilmiştir. Matris hesabına göre toplam 6 ve üzeri skor alan riskler düzeltilmesi gereken riskleri belirtmektedir ve bu riskler ve olası problemlerle ilgili çözüm önerileri Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 4. Risk planlamasında olasılık ve etki matrisi

Risk	Olasılık	Etki	Toplam
Yara örtüsünün mikroorganizma enfeksiyonunu önleyememesi	2	3	6
Aşırı eksuda birikimi	2	3	6
Yara örtüsünün suda çözünmesi	1	2	2
Yeterli miktarda oksijen sirkülasyonunun sağlanamaması	2	2	4
Yarada iz kalması	3	1	3
Yara örtüsünün deforme olması	1	3	3
Gerekli nem düzeyinin oluşamaması	2	2	4
Yara örtüsünün alerjik reaksiyon oluşturmaması	2	3	6
1: Düşük, 2: Orta, 3: Yüksek			

Hazırlanan yara örtülerinin performanslarının istenen düzeyde olmaması halinde tabakalı yara örtüsü üretim sürecinde etkin olan değişkenler (yara örtüsü kurutma sıcaklık ve süresi, gözenek miktarı-gözenek boyut ve dağılımı-gözenek oluşum yöntemi, çapraz bağlama prosesi, tabakalarda kullanılan ekstre türleri ve oranları, yara örtüsü tabaka kalınlıkları, tabaka kimyasal bileşimleri) değerlendirilerek performans iyileştirmesi sağlayacak değişiklikler yapılacaktır. Örneğin bu tür yara örtülerinde istenen antibakteriyel özellik elde edilemediği durumda gümüş gibi etkinliği yüksek ancak nispeten maliyeti yüksek çözümlere gidilebilecektir. Ya da kullanılan bal türü daha yüksek maliyetli ancak daha etkin olan bal çeşitleriyle değiştirilebilecektir. Ekstrüde yeterince emilemediği durumda ilgili tabaka kalınlığı arttırılabilecek ya da hidrojel oluşum mekanizması geliştirilecektir.

Tablo 5. Projenin gerçekleştirilmesinde oluşabilecek problemler ve çözüm önerileri

Proje Hayata Geçirilirken Oluşabilecek Problemler	Problemlere Yönelik Tedbirler/Çözüm Önerileri
Yara örtüsünün mikroorganizma enfeksiyonunu önleyememesi	Etkin bir antimikrobiyal madde ile birlikte optimal gözenek boyut ve dağılıma sahip katmanlar üretilmesi
Aşırı eksuda birikimi	Akışkan taşıma kapasitesinin (FHC) mikroorganizma kontaminasyonuna yol açmayacak şekilde ideal düzeye getirilmesi
Yara örtüsünün alerjik reaksiyon oluşturmaması	İlk önlem olarak yara örtüsünün değiştirilmesi, takibinde kullanıcıya oral veya intravenöz yolla antihistaminik tedavisi verilmesi

10. Kaynaklar

- [1] Z. Özkan, E.T. Alataş, Yanıkta cerrahi tedavi ve klinik deneyimlerimiz, Journal of Clinical and Experimental Investigations 5(1) (2014) 76-79.
- [2] F. Doğan, A. Çoruh, C.A. Kemaloğlu, G.K. Günay, Çocuk Hastalarda Yanık Travması ve Koruyucu Önlemler, Erciyes Tıp Dergisi 33(1) (2011) 5-38.
- [3] A.P. Leshner, R.H. Curry, J. Evans, V.A. Smith, M.T. Fitzgerald, R.A. Cina, C.J. Streck, A.V. Hebra, Effectiveness of Biobrane for treatment of partial-thickness burns in children., Journal of pediatric

surgery 46(9) (2011) 1759-1763.

[4] T. Şakrak, A.A. Köse, Y. Karabağlı, C. Çetin, Yanık Ünitemizde Yatarak Tedavi Gören Hastalara Ait 10 Yıllık Tarama Sonuçlarımız, Türk Plastik Rekonstrüktif Ve Estetik Cerrahi Dergisi 18(3) (2011) 111-115.

[5] M. K.Arbutnot, A. V.Garcia, Early Resuscitation and Management of Severe Pediatric Burns, In Seminars in pediatric surgery (2019) 73-78.

[6] A. Bangroo, R. Khatri, S. Chauhan, Honey Dressing in Pediatric Burns., Journal of Indian Association of Pediatric Surgeons 10(3) (2005) 172.

[7] B. Civelek, S. Çelebioğlu, O. Erbaş, E. Yavuz, Yanık Tedavisinde Yara Örtüsü Seçenekleri Türk Plastik Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Dergisi 15(2) (2007) 67-72.

[8] C. Morris, P. Emsley, E. Marland, F. Meuleneire, R. White, Use of Wound Dressings With Soft Silicone Adhesive Technology., Nursing Children and Young People 21(3) (2009) 0.

[9] E.L.G. Kee, R.M. Kimble, L. Cuttle, A. Khan, K.A. Stockton, Randomized Controlled Trial of Three Burns Dressings for Partial Thickness Burns In Children., Burns 14(5) (2015) 946-955.

[10] A. King, J.J. Stellar, A. Blevins, K.N. Shah, Dressings and Products In Pediatric Wound Care, Advances in Wound Care 3(4) (2014) 324-334.

[11] C. Cassidy, S.D.S. Peter, S. Lacey, M. Beery, P. Ward-Smith, R.J. Sharp, D.J. Ostlie, Biobrane Versus Duoderm For The Treatment Of Intermediate Thickness Burns In Children: A Prospective, Randomized Trial., Burns 31(7) (2005) 890-893.

[12] E. Tamahkar, B. Özkahraman, A.K. Süloğlu, N. İdil, I. Perçin, A novel multilayer hydrogel wound dressing for antibiotic release, Journal of Drug Delivery Science and Technology 58 (2020) 1773-2247.

[13] I. Savencu, S. Iurian, A. Porfire, C. Bogdan, I. Tomuta, Review of advances in polymeric wound dressing films, Reactive and Functional Polymers (2021) 1381-5148.

[14] N. Reitzel, M. Marburger, R.M. Torpe, G. Engell, Ein in-vitro Testmodell zur Bestimmung des Absorptionsvermögens unter Druck von Schaumverbänden, Posterpräsentation auf dem 18., Kongress der EWMA., Lissabon, 2008.

[15] S.H. Armstrong, C.V. Ruckley, Use of a fibrous dressing in exuding leg ulcers., Journal of Wound Care 6(7) (1997) 322-324.

[16] B.J. Robinson, The use of a hydrofibre dressing in wound management., Journal of wound care 9(1) (2000) 32-34.

[17] People.Health.Care, 2022.

[18] J.C. Lawrence, The treatment of small burns with a chlorhexidine-medicated tulle gras., Burns 3(4) (1977) 239-244.

[19] P. Mostafalu, A. Tamayol, R. Rahimi, M. Ochoa, A. Khalilpour, G. Kiaee, I.K. Yazdi, S. Bagherifard, M.R. Dokmeci, B. Ziaie, S.R. Sonkusale, A. Khademhosseini, Smart bandage for monitoring and treatment of chronic wounds, Small 14(33) (2018).