

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ PROJE

KATEGORİSİ

TAKIM ADI

NanoRays

PROJE ADI

Elektrospin Cihazı ile Nanomalzeme Kullanılarak X Işınlarından
Koruma Malzemesi Üretimi

BAŞVURU ID

#381855

İçindekiler

1. Proje Özeti(Proje Tanımı)	2
2. Problem/Sorun	3
3. Çözüm	3
4. Yöntem	4
4.1. Çözelti Özellikleri	5
4.2. İşlem Parametreleri	5
4.3. Çevresel Parametreler	6
5. Yenilikçi(İnovatif) Yönü	7
5.1. X Işınından Koruma Amaçlı Malzemelerde Alınan Bazı Patentler	7
5.2. Elektrospin Yöntemi ile X Işınlardan Koruma Amaçlı Koruyucu Malzeme Üzerine Yapılan Çalışmalar	8
5.3. X Işınlardan Korunma Amaçlı Malzeme Üretimi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar	10
6. Uygulanabilirlik	13
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	13
8. Proje Hedef Kitle (Kullanıcılar)	15
9. Riskler	15
10. Kaynaklar	15

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

İyonlaştırıcı radyasyon içeren tanı cihazlarının temelini x ışını oluşturur[1-2]. X ışını kullanan tanı yöntemlerinin avantajları dezavantajlarından fazla olduğu için kullanılmaya devam edilmektedir[1]. Ama tıpta bu cihazları kullanan sağlık çalışanları, sürekli x ışınına maruz kalmaktadır[3]. Ayrıca tanısal tedavide uygulamayı yapan sağlık çalışanlarının ve hastanın x ışınlarından korunmaları gerekmektedir[3]. Günümüzde hastanelerde X ışınlarından korunmak için Kurşun Önlükler kullanılmaktadır. Bu önlüklerin ağırlıkları 6-7 ile kullanılacak işleme göre 14-15 kilolara kadar çıkmaktadır ve bu ağırlıktaki malzemeler günlük kullanıma uygun değildir. Kurşun önlüklerin bir diğer dezavantajı ise bölgesel koruma

sağlamasıdır. Ayrıca kurşun önlükler, doğa için zararlı olan kurşun(Pb) elementinden yapılmaktadır.

Yapacağımız çalışma ile hastane çalışanlarının günlük kullanımına uygun ağırlıkta, tüm vücut koruma sağlayabilen ve minimal düzeylerde kurşun(Pb) kullanarak x ışınlarına karşı koruyucu bir malzeme geliştirmek hedeflenmektedir.

2. Problem/Sorun:

Hastanelerde tanı ve tedavide etkin olarak kullanılan tıbbi cihazların başında x ışını ile çalışan cihazlar gelmektedir. Sağlık çalışanlarını ve hastaları maruz kalabilecekleri x ışınlarından korumak için kurşun önlükler kullanılmaktadır. Bu kurşun önlüklerin ağırlıkları ortalama 6-7 kg arasında olup cihazın yaymış olduğu radyasyon fazla ise X ışınlarını engellemek için kullanılan kurşun önlüğün kalınlığı artmakta ve buna bağlı olarak önlüğün ağırlığı daha da artmaktadır. Sağlık çalışanlarının radyasyon tutumları üzerine yapılan çalışmada, radyoloji çalışanlarının radyasyondan korunmak için kurşun önlüklerini kullanmadıklarını belirtmişler ve kullanmamalarına gerekçe olarak ise kurşun önlüklerin ağırlıklarının günlük kullanıma uygun olmamasını gerekçe göstermişler[4]. Bu ağırlıktaki bir malzemeler gün içi sürekli kullanıma uygun olmaması bizi bu alanda çalışma yapmaya yönlendirmiştir. Ayrıca kullanılan bu kurşun önlükler sadece bölgesel (üst bölge, troid, el vs) koruma sağlamaktadır. Kurşun önlüklerin bir diğer dezavantajı ise kurşun (Pb) elementinin toksik özellik içermesidir. Kurşun önlüğün insan sağlığı ve geri dönüşümden kaynaklı çevresel kirliliğe yol açmasından dolayı kullanımı 2003 yılında Avrupa’da “Tehlikeli Maddelerin Kısıtlanması Direktifi (Restriction of Hazardous Substances Directive “RoHS”)", 2008 de Türkiye’de “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlanmasına Dair Yönetmelik (EEE)” ile kısıtlanmıştır[27]. Bu kısıtlamalara, toksik malzeme olmasına, ağırlığının fazla olmasına ve sadece bölgesel koruyuculuk sağlayabilmesine rağmen x ışınını soğurmadaki başarısından dolayı hala tıpta koruyucu malzeme olarak kullanılmaktadır.

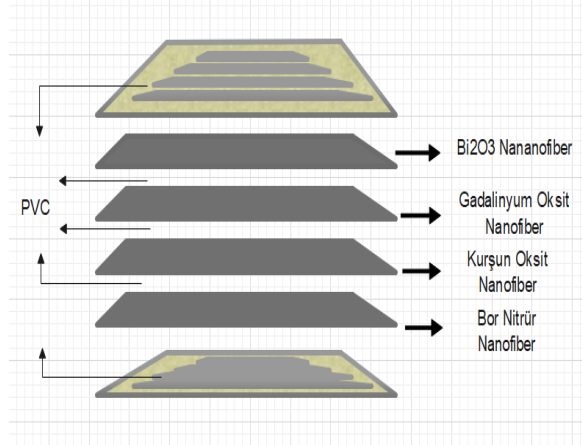
3. Çözüm

Sağlık çalışanları ile yapılan çalışmada, radyolojide çalışan personellerin kurşun önlükleri çok sık kullanılmadıkları görülmüş ve kullanmama sebeplerini ağır ve günlük kullanıma uygun olmadığı gerekçelerine dayandırmışlar[4]. Projemiz ile ortaya koyacağımız ürünün gün içerisinde giyen kişinin hareket kabiliyetini kısıtlamayan ve gün içerisinde kullanıma uygun ağırlıkta bir malzeme ortaya koyarak, hastane çalışanlarının rahatlıkla giyebilecekleri, tüm vücut için x ışınlarından koruyucu kıyafet geliştirmek çözüm olacaktır.

Elektrospin cihazı ile üretilen 15cm*30cm boyutlarındaki nanofiber matın kalınlığı yaklaşık 2 mikron kalınlığında, ağırlığı içine koyulan dolgu maddesinin oranına göre değişmekle beraber yaklaşık 4-5 gramdır. 15cm*30cm boyutundaki nanofiber matın 5cm*6cm boyutlarında keserek üst üste yapıştırılacaktır. Yapıştırma için Tetrahidrofuron(THF) ve Dimetilformamid(DMF) içinde çözülmüş yüzde %20 yoğunluklu Polivinil klorür(PVC) kullanılacaktır.

Nanofiberler üst üste 10 kat nanofiber ve ara katmanlara PVC eklenerek el yatırma yöntemi yapıştırılacaktır. Düz bir zemin üzerinde ara katmanlardaki hava kabarcıklarını elimine etmek için vakum infüzyon uygulaması yapılacaktır.

Aşağıda Şekil 1 de yapıştırma işlemi görselleştirilmiştir ve Şekil 2 de, 11 kat nanopartikül katkısı olmayan saf Naylon 6-6 ile yapılan yapıştırma numunesinin görseli verilmiştir.



Şekil 1. Yapıştırma numunesinin iç yapısı



Şekil 2. Yapıştırma numunesi

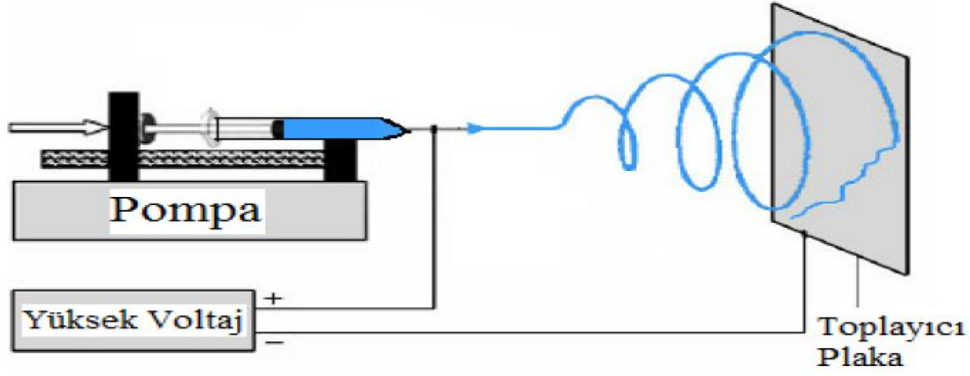
Bu numuneler X ışını testleri yapmak için üretilmiştir. Bu üretim şekli tüm nanopartikül katkılı nanoelyaflar ile yapılacak ve x ışınlarından hangi nanopartikülün daha iyi sonuç verdiği ve yapılan numunedeki katman sayısının yeterli olup olmadığı bulunacaktır. Elde edilen sonuçlara göre X ışını soğurması en iyi olan numuneler ve yeterli katman sayısı belirlenecektir.

4. Yöntem

Tarihsel gelişim sürecinde elektrospin cihazının tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Bazı kaynaklarda “yeniden doğmuş bir teknoloji” olarak da tanımlanmaktadır. Elektrospin yönteminin tarihte ilk kullanılması 1600 lü yıllarda William Gilbert’in elektro-manyetizmanın sıvılar üzerindeki etkisi gözlemlemesi üzerine ortaya çıkmıştır[6-7-8]

Elektrospin yöntemi, çeşitli malzemelerden içi dolu veya boşluklu, sürekli, uzun ve istenilen çapta nanofiber üretmeye yarayan bir yöntemdir. Üretilen nanofiberler yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip, gözenekli yapısı kontrol edilebilen ve 100 nm nin altındaki boyutlarda nanofiber üretilebilir[7].

Elektrospin cihazı temel olarak çözelti besleme ünitesi, toplayıcı ve güç kaynağından oluşmaktadır. Çözelti besleme ünitesinde enjektör bulunmaktadır. Enjektörün ucunda bulunan iğne bir güç kaynağı yardımıyla beslenir ve elektriksel fark yaratılır. Daha sonra topraklanmış olan bir toplayıcı yüzey üzerine enjektörde bulunan çözeltinin belirli bir voltaj ve mesafede çözeltinin aktarılmasıyla fiberler oluşur[9].



Şekil 3. Elektrosin Cihazının Çalışma Mantığı

Elektrosin yöntemiyle fiber üretiminde fiberin yapısı, gözenek boyutu, hacim, yüzey alanı vb. özelliklerinin bağlı olduğu parametreler bulunmaktadır[6-10-11]. Bu parametreleri 3 ana başlık altında toplayabiliriz.

4.1. Çözelti Özellikleri

Elektrosin işleminde kullanılan polimerin molekül ağırlığı önemli bir faktördür. Düşük molekül ağırlığına sahip olan polimerler boncuksu yapı oluştururlar. Yüksek molekül ağırlığına sahip polimerlerden ise yarıçapı kalın olan fiberler oluşur. Molekül ağırlığına bağlı bir diğer özellik ise viskozitedir.

Çözeltide yüzey gerilimi bir diğer önemli faktördür. Çözeltinin yüzey gerilimi yüksek olmamalıdır çünkü yüzey gerilimi yüksek olursa fiberlerde istenmeyen bir şey olan boncuksu yapılar gözlemlenir.

Fiberin özelliğini etkileyen bir diğer faktör elektrik iletkenliğidir. Elektrik iletkenliği, oluşacak fiberin yarıçapını büyük oranda etkiler[6-10-11]

4.2. İşlem Parametreleri

Elektrosin işlemiyle nanofiber üretirken 6 kV – 40 kV arasında değişen voltajlarda çalışılır ve 6 kV kritik bir değerdir. Eğer uygulanan voltaj kritik değeri geçerse elektrostatik kuvvet yüzey geriliminin üstesinden gelir ve yüklü ve statik yüklü jetler meydana gelir, düz bir çizgi şeklinde damlacıktan ayrılır. Çözücü uçtuktan sonra geriye katı halde nanofiber kalır.

Elektrosin işlemiyle fiber üretiminde polimer çözeltisinin besleme hızı yarıçap üzerinde etkisi olan faktörlerdendir. Beslenme oranı arttırıldığında fiber çapı artar fakat fiberin bir iplik gibi düz bir uzama yapmasına engel olan boncuklu yapı çoğalır.

Elektrosin yönteminde nanofiberin oluşması için polimer çözeltisinin içindeki çözücünün buharlaşıp uzaklaşması gerekmektedir. Çözelti sıcaklığının yüksek olması çözücünün daha hızlı buharlaşmasını sağlar. Ayrıca yüksek sıcaklığa sahip çözeltilerden elde edilen nanofiberler daha düzgündür.

Elektrosin yönteminde işlem parametreleri arasındaki bir diğer faktör iğne ucu ve toplayıcı arasındaki mesafedir. İğne ucu ile toplayıcı arasındaki uzaklık azalırse elektriksel alan kuvveti artar ve bu sayede toplayıcıya daha ivmeli şekilde hareket sağlar. Çözeltinin özelliğine bağlı olarak iğne ucu ile toplayıcı arasındaki mesafeyi azaltmak çapı değiştirebilir veya değiştirmez. Fakat mesafe aşırı kısaltılırsa fiber üzerinde boncuklu yapı görülür[6-10-11].

4.3. Çevresel Parametreler

Çevresel parametrelerden biri sıcaklıktır. Doğrudan buharlaşma hızını etkiler.

Bir diğer çevresel parametrelerden biri nemdir. Nem polimer çözeltisini etkileyebilir. Eğer ortam nemi yüksekse fiber üzerinde su yoğunlaşabilir. Yüksek nem fiber üzerinde gözenek oluşmasına neden olabilir.

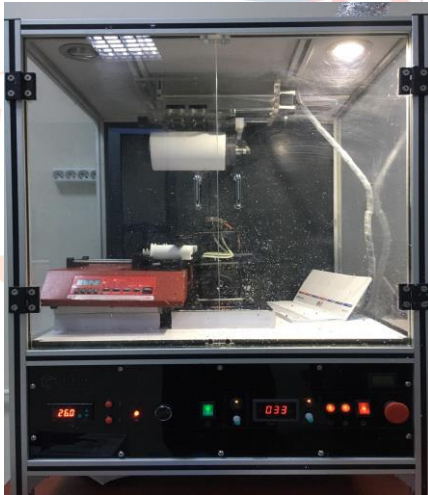
Atmosferik basınç bir diğer parametredir. Eğer basınç atmosfer basıncının altında olursa iğne içindeki polimer sürekli akma eğilimi gösterecektir bu da sürekli olmayan jet oluşmasına sebep olur. Elektros핀 işleminde atmosfer cinsi önemli bir diğer parametredir. Farklı gazların farklı basınç altında gösterdiği tepki farklıdır[6-10-11].

Çalışmamız kullanılacak polimer Naylon 6-6'dır. Polimer malzemenin içerisine X ışınlarını soğurması amacıyla koyacağımız dolgu malzemelerimiz;

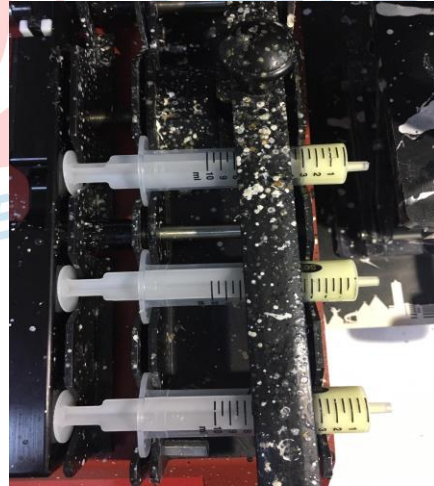
- Nano boyutlu Bizmut Oksit(Bi_2O_3)(4, 5)
- Nano boyutlu Gadolinyum Oksit(Gd_2O_3)(6)
- Nano boyutlu Kurşun Oksit 'tir

Çalışmamızda kullanmak üzere belirlediğimiz Polimer Naylon 6-6 dır.

Naylon 6-6 formik asit ve ısı yardımıyla manyetik karıştırıcıda çözülür. Belirlenen oranlardaki nanopartiküller aglomerasyonunu önlemek ve nanopartikülün elektrik iletkenliğini artırmak amacıyla kloroform ile karıştırılır ve ultrasonik karıştırıcı içerisinde en az 45 dk. karıştırılır. Bu iki solüsyon birleştirildikten sonra en az 2 saat daha manyetik karıştırıcıda karıştırılarak solüsyon homojenleştirilir.



Şekil 4. Laboratuvarımızda Bulunan Elektros핀 Cihazı



Şekil 5. Elektros핀 Cihazı Şırınga Haznesi

Elde edilen solüsyon yukarıda resmi bulunan elektros핀(elektro eğirme) cihazının şırıngalarına doldurulur. Saatte 0.2 ml/sa hız, yaklaşık 300 rpm tambur dönüş hızı, ortalama 11cm iğne ile tambur mesafesi ve 26 kV değerleri girilerek cihaz başlatılır ve yaklaşık 12-13 saat sonra 15cm*30cm boyutlarında nanofiber mat elde edilir. Bu sayede Elektros핀(elektro eğirme) yöntemi ile Naylon 6-6 polimeri ile belirlediğimiz bileşikler(Gadolinyum Oksit,

Bizmut Oksit, Kurşun Oksit) değişik oranlarda eklenerek Nanofiber Matlar elde edilir.

Elde edilen fiberler, THF(Tetrahidrafuran) ve DMF(Dimetilformamid) içerisine yüzde 15 yoğunlukta olacak şekilde PVC eklenerek elde edilen solüsyonla yapıştırma işlemi el yatırma yöntemi ile yapılacaktır. Daha sonra vakum infüzyon yöntemi ile katmanlar arasındaki hava kabarcıkları elimine edilecektir. Öncelikle, ilk numunelerde tek tip nanopartikül içeren nanofiberler kullanılarak yapıştırma işlemi yapılacak ve her bir nanopartikülün X ışını soğurma düzeyi tespit edilecek. Daha sonra her bir katmanda farklı nanomalzeme içeren nanofiber ile hibrit yapıştırma kullanılarak ortaya konulan ürünün soğuruculuğu artırılmaya çalışılacaktır.. Yapıştırma sonucu elde edilen malzeme Meram Tıp Fakültesinde kullanılan Dijital Röntgen cihazı ile X ışını testlerine tabi tutulacaktır. Testler sonucunda, Nanofiber içerisinde bulunan bileşiklerin X ışını soğurma sonuçları incelenerek hangi elementin hangi yoğunlukta en iyi soğurma sağladığı bulunacak ve yapıştırma numunelerindeki katman sayısının yeterli olup olmadığı belirlenecektir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Elektrospin cihazı ile üreteceğimiz nanofiber matlar fiber çapları oldukça küçüktür.(< 100 nm)[7]. Küçük yarıçaplı fiberler bize yüksek “yüzey alanı/hacim” oranına sahip nanofiber matlar elde etmemizi sağlar ve bu sayede sıkı bir örgü yapısına sahip, boşluklu yapısı minimum düzeye indirilmiş ürünler elde etmiş oluruz. Boşluklu yapının az olması x ışının her hangi bir yüzeye çarpmadan ilerlemesini engellemekte ve malzemenin soğurma özelliğini artırmaktadır.

Elektrospin yöntemiyle üretilen nanofiber matlar sıkı örgü yapısının yanında oldukça hafif olması diğer bir avantajdır.

X ışını durdurmak için yapılan çalışmalara baktığımızda ülkemizde bu alanda fazla çalışma bulunmamaktadır ve ülkemizde x ışını koruyucu malzeme adına yapılan çalışmalar ise tüm vücudu kapsayacak şekilde değildir. Yurt dışında yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

5.1 X Işınından Koruma Amaçlı Malzemelerde Alınan Bazı Patentler

Dünya üzerinde radyasyondan korunma için alınmış çok fazla patent bulunmaktadır. Bunların bazılarını aşağıda açıklanmıştır.

Patent 1; A multi-layer light-weight garment material with low radiation buildup providing scattered-radiation shielding[12]

Bu buluşta x ışınından koruma amaçlı bir giysi üretilmiştir. Kullanılan elementlerin atom numaraları 55 ile 58 arasındadır. Çalışmada kullanılan elementler; Gadolinyum, baryum, sezyum, tin, indiyum, tektiyum, molibdenum ve niobiyum'dur. Çalışma sonucu üretilen koruyucu giysi x ışınından %90 oranında koruyuculuk sağlamaktadır.

Patent 2; Laminated lead-free x-ray protection material[13]

Bu buluşta yüksek atom numarasına ve düşük atom numarasına sahip elementler kullanılmıştır. Yüksek atom numaralı element olarak bizmut, gadolinyum, tantalum, tungsten, lantanum ve seriyum elementleri kullanılmıştır. Ürün iki katmandan oluşmuştur. Birinci

katmanda düşük atom numarasına sahip elementler, ikinci katmanda yüksek atom numarasına sahip elementler kullanılmıştır. Üretilen malzeme kurşunun ağırlığına göre %20 daha hafiftir.

Patent 3; Lead substitute material for radiation protection purposes[14]

Bu buluşta kalay(Sn), bizmut(Bi), tungsten(W) ve bu elementlerin oksitli bileşikleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 100 kV ve üzerinde 0.25mm kurşuna göre %21 daha az koruyuculuk sağlamaktadır.

Patent 4; Composite shielding material for protection against medical x-ray[15]

Tıbbi röntgen ışınlarına karşı koruma amaçlı bir kompozit malzeme üretilmiştir. Koruyucu kompozit malzemenin içerdiği malzemelerin bazıları tungsten, bizmut, kalay, antimondur. Taşıyıcı malzeme olarak doğal veya taşlanmış kauçuk kullanılmış.

5.2. Elektrospin Yöntemi ile X Işınlarından Koruma Amaçlı Koruyucu Malzeme

Üzerine Yapılan Çalışmalar

Munirah Jamil ve arkadaşları yaptığı çalışmada x ışını koruyucu malzeme olarak kurşunsuz, ekonomik ve çevre dostu bir ürün ortaya koymak amacıyla elektrospin cihazı ile koruyucu malzeme geliştirmek amacıyla bir çalışma yapmışlar. Yaptıkları çalışmada %10 ve %15 olmak üzere iki tip PVA ve Bi₂O₃ ve WO₃ kullanmışlar. Bu malzemelerden üzerinde çalışılacak karışımlar aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

PVA (w/w%)	Filler type	Sample ID	Filler loading (wt%)	
10	Bi ₂ O ₃	A1	10	
		A2	20	
		A3	30	
		A4	35	
		A5	40	
	WO ₃	B1	10	
		B2	20	
		B3	30	
		B4	35	
		B5	40	
	No-filler	C	0	
	15	Bi ₂ O ₃	D1	10
			D2	20
			D3	30
			D4	35
D5			40	
WO ₃		E1	10	
		E2	20	
		E3	30	
		E4	35	
		E5	40	
No-filler		F	0	

Tablo 1. Munirah Jamil ve arkadaşları yaptığı çalışmada kullanılan kompozitler[16]

Ağırlıkça %15PVA ile üretilen malzeme ağırlıkça %10PVA ile üretilen malzemeye göre daha yoğun ve kalın bir ürün ortaya çıkmış ve ayrıca daha kalın fiberler üretimini sağlamıştır. Bu çalışmadan, ağırlıkça% 35 Bi₂O₃ nanofiber mat içeren %15PVA / Bi₂O₃ diğerlerine göre daha iyi x ışını soğurma oluşturmuş ve X ışını koruyucu malzeme üretiminde en iyi aday olarak ortaya konmuştur[16]

Bassam M. Abunahel ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Bi₂O₃ ve epoksi-PVA kullanılmış. Bu çalışmada Bi₂O₃ dolgu malzemesi olarak kullanılarak elde edilen malzemelerin X ışının

emme özelliği test edilmiş. Üretimde elektrospin cihazı kullanılmış. Bi₂O₃ dolgu malzemesi ile ağırlıkça oluşturulan karışımlar aşağıda Tablo 2. da verilmiştir.

n-Bi ₂ O ₃ (wt%)	Epoxy resin and hardener (wt%)	PVA (wt%)	Ethanol and six drops DMF (wt%)
0	28	60	12
4	24	60	12
8	20	60	12
12	16	60	12
16	12	60	12
20	8	60	12

Tablo 2. Bassam M. Abunahel ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kullanılan karışımlar[17]

Muhtemel beklenen sonuç olan Bi₂O₃ dolgu malzemesi arttıkça X ışını zayıflatma oranının artmasını beklenmiş. Fakat ağırlıkça %12 Bi₂O₃ dolgu malzemesi içeren karışım diğerlerinden farklı sonuç vererek Bi₂O₃ dolgu malzemesi olmayan karışıma göre daha iyi davranırsa da diğerlerinden daha düşük sonuç vermiş. Bu beklenilmeyen olay gözeneklilik ile açıklanmıştır. Ağırlıkça %12 Bi₂O₃ içeren karışımın gözeneklilik miktarı diğerlerinden daha fazla olduğu bulunmuş[17].

Nurul Z. Noor Azman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ağırlıkça %24, %28, %34 ve %38 Bi₂O₃ ve PLA(polilaktik asit) ile hazırlanan karışımlardan oluşturulan matlar elektrospin cihazı ile nano ve mikro boyutlarda üretilen liflerle oluşturulan malzemelerin X ışını zayıflatma oranları test edilmiş. Test için 22- 49 kV arası tüp voltajına sahip mamografi cihazı kullanılmış. Sonuç olarak nano boyutlara sahip matların mikro boyutlara sahip matlara göre tüm enerjilerde ve tüm ağırlık oranlarında 22-35kV mamografi cihazı için daha üstün zayıflatma oranlarına sahip olduğu ispatlanmıştır. Ağırlıkça artan Bi₂O₃ yoğunluğu ile malzemelerin gözenekliliği azalmış ve bu da daha yüksek koruyuculuk sağlamış. Ancak 35kV tüp voltajı ve üzerindeki değerlerde parçacık boyutunun koruyuculuk üzerindeki etkisi azalmıştır. Bazen elektrospin cihazı ile üretimde meydana gelen boncuklu yapılar gözenekliliği artırdığı için koruyuculuk ani düşüşler yaşamış[18].

Nurul Z. Noor Azman ve arkadaşlarının başka bir çalışmasında ağırlıkça %2-10 WO₃- epoksi üzerine yapılan çalışmadır. Ağırlıkça %2-10 arası dolgu malzemesi ile üretilen epoksi kompozitler hem nano hem de mikro boyutta üretilmiştir. Üretilen bu kompozitler 10-25 kV voltaj tüpü enerjisine sahip mamografi ve muadil radyografi cihazları ile karşılaştırılmış. Sonuç olarak 10-25 kV lık tüp voltajı altında nano boyutlu dolgu malzemesi ile üretilen kompozitler mikro boyutlu dolgu malzemesi ile üretilen kompozitlere göre belirgin şekilde X ışını emme özelliğine sahip. 35-100 kV tüp voltajı altında karşılaştırıldığında X ışını emme özelliği iki farklı boyut için belirgin bir sonuç vermemiş. WO₃'ün dolgu maddesi yükü arttıkça, mekanik özellikler başlangıçta optimum bir gelişme göstermiş ancak dolgu yükündeki daha fazla artış, bu özelliklerin bozulmasına neden olmuş[19]

Muhammad Hazritz Hazlan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada yüzdece farklı ağırlıklarda Bi₂O₃/PVA ve WO₃/PVA çalışılmış. Çalışmada kullanılan karışımlar ve yüzdeleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Filler type	Sample ID	Filler (wt%)	PVA (wt%)
Bi ₂ O ₃	A1	10	90
	A2	20	80
	A3	30	70
	A4	35	65
	A5	40	60
WO ₃	B1	10	90
	B2	20	80
	B3	30	70
	B4	35	65
	B5	40	60
No filler	C	0	100

Tablo 3. Muhammad Hazritz Hazlan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kullanılan karışımlar[20]

PVA ve dolgu malzemeleriyle oluşturulan karışımlar elektrosin cihazı ile başarıyla üretilmiş. Sonuç olarak Bi₂O₃ ile üretilen koruyucular WO₃ ile üretilen koruyuculardan her durumda daha üstün koruma sağlamış. Bi₂O₃ ile oluşturulan karışımları kendi içinde karşılaştırdığımız takdirde ağırlıkça %35 dolgu oranına kadar oran arttıkça koruyuculuk yani X ışınlarını zayıflatma özelliği artmış. Fakat ağırlıkça %40 Bi₂O₃ dolgu malzemeli karışım ağırlıkça %35 dolgu malzemeli karışımdan daha düşük X ışını zayıflatma özelliği göstermiştir. Bunun sebebini tam açıklayamamakla birlikte ağırlıkça %40 dolgu malzemeli karışımın fiberlerinin boyutu diğerlerine oranla daha büyük olması veya boncuklu yapının oluşmasından kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz[20].

5.3. X Işınlarından Korunma Amaçlı Malzeme Üretimi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Salih ÇELİK'in yaptığı çalışmada kullanılan elementler stronsiyum, magnezyum, kitin, kitosan, bor, baryum, flor ve kemiktir. Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada toz halinde olan stronsiyum, magnezyum, kitin, kitosan, bor, baryum, flor ve kemik kompozitleri ayrı ayrı plaka haline getirilip teste tabi tutulmuşlar. Bu elementlerden oluşturulan farklı kombinasyonlar da gruplara ayrılıp ayrıca test edilmiş. Bu gruplar aşağıda Tablo 4 de verilmiştir. İkinci aşamada ise stronsiyum, magnezyum, kitin, kitosan, bor, baryum, flor, kemik ve bu elementlerden oluşturulan gruplar sıvı hale dönüştürülüp tekstil malzemesi üzerine uygulanmış ve kurutulmuş. Sıvı hale getirmek için her elementten 5 gr kullanılmış ve çözücü olarak 80 ml kloroform ve 10 gr polistren kimyasal malzemeler kullanılmış. Kaplama yapılan bu tekstil malzemeleri x ışını testlerine tabi tutulmuş. Deneyde 66kV- 102kV ve 150kV 'de 15,5 ms, 17,6ms süreyle ve 4mAs,2,5mAs ve 2mAs 'lik değerlerde 100cm uzaklıktan kompozit numunelere X ışını uygulanmış. Sonuç olarak, ilk aşamada; 66kV'de grup A, grup B, grup D ve grup E olarak tanımlanan karışımlar x ışınına karşı %100 koruma sağlamış. İkinci aşama da yapılan kaplamalar arasında 50kV de en iyi korumayı 1.kaplama(bor) sağlamıştır. 60 kV'de ise en iyi korumayı 1. ve 2. kaplamanın aynı anda uygulandığı kaplama en iyi sonucu vermiştir. Yapılan çalışmayla bu elementlerin ilerde daha fazla çalışma yapılmasıyla kurşun önlüğün yerine geçebileceği gösterilmiştir[21]

GRUP ADI	BİLEŞİMLER
GRUP A	BOR + MAGNEZYUM + STRONSIYUM
GRUP B	BOR + MAGNEZYUM + STRONSIYUM+ FLOR
GRUP C	BOR + MAGNEZYUM + STRONSIYUM+KİTİN + KİTOSAN
GRUP D	BOR + MAGNEZYUM + STRONSIYUM+KİTİN +BARYUM
GRUP E	BOR + MAGNEZYUM + STRONSIYUM+KİTİN +BARYUM+FLOR

Tablo 4. Salih Çelik'in yaptığı çalışmada kullanılan kompozitler[21]

Lijun QU ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada viskon iplik çözeltisine mikron altı boyutlar haline getirilen baryum sülfat(BaSO₄) partikülleri ekleyerek kompozit elyaf üretmişler. Üretilen kompozit elyaf ticari tekstillerin mekanik gereksinimleri, kuru kopma mukavemeti ve uzaması, ıslak kopma mukavemeti ve uzama kriterlerini karşılayan oldukça iyi özellikler sergilemiş. Hatta üretilen bu kumaş 20 kez yıkandıktan sonra bile özelliğini korumuş. Çalışmada dijital röntgen kullanılmış ve 50, 80 ve 120 kV değerlerinde, üretilen malzemenin x ışını zayıflatma oranı test edilmiş. Üretilen malzemenin X-ışını zayıflatma oranı, artan baryum sülfat içeriği ile artma eğilimi göstermiş ve son olarak 0,1 mmPb kurşun eşdeğeri dozuna ulaşılmış. Bu nedenle, bu lifler ve kumaşlar, X-ışını radyasyona dayanıklı hafif giysiler ve cerrahi iplik için temel malzemeler olarak kullanılabilir[22].

Hüseyin ÇETİN'in yaptığı çalışmada toksik özellikleri, atom numaraları, yoğunlukları, atomun K tabakası eşik enerjileri, kolay temin edilebilirliği gibi özellikleri değerlendirilerek kalay, antimon, bizmut ve tungsten elementleri seçilmiş ve bu elementlerden oluşan karışıma polimer malzeme eklenerek yeni kompozit malzemeler elde edilmiş. Bu çalışma için üretilen örneklerin kalınlıklarının 1 mm olması hedeflenmiş. Bu elementlerle oluşturulan karışımlar;

1. örnek (%50 metal tozu - %50 polimer malzeme): $1,028 \pm 0,030$ mm
2. örnek (%70 metal tozu - %30 polimer malzeme): $1,498 \pm 0,045$ mm
3. örnek (%80 metal tozu - %20 polimer malzeme): $1,016 \pm 0,059$ mm
4. örnek (%85 metal tozu - %15 polimer malzeme): $0,961 \pm 0,011$ mm

Bu elementlerle oluşturulan karışımın 30, 40, 50, 60, 80, 100 ve 150 keV enerjiler için kütle soğurma katsayısındaki değişiminin grafiği XCOM ile elde edilmiş. Elde edilen veriler 0,25 ve 0,50 mmPb kurşun önlüğün koruyuculuğu ile kıyaslanmış. Oluşturulan örnekler arasında en kötü sonucu 1. örnek vermiş ve 0,25 mmPb kurşun önlüğün değerlerine bile yaklaşamamış. Diğer örneklerin hepsi 0,25 mmPb kurşun önlük ile kıyaslandığında kurşun önlükten daha iyi derecede soğurucu özellik göstermiş. Örnekler 0,50 mmPb kurşun ile kıyaslandığı zaman hiçbiri 0,50 mmPb kurşun önlüğün değerlerinde soğurma özelliğine erişememiş[23].

Huda Ahmed MAGHRABİ ve arkadaşları bu çalışmada, bizmut oksit (Bi₂O₃) kaplamanın kurşuna alternatif olarak tekstiller için uygunluğunu araştırmışlar. Bunun için PVC(polivinilklorür) kompozit malzemesi kullanılmış. Çalışma üretilen malzeme 80 kVp, 12 mAs ve 80 SID x ışını pozlamaları ile test edilmiş. Amaçları hem kurşunun toksik etkisinden

kurtulmak hemde hafif, esnek, giyilebilir bir koruyucu kıyafet tasarlamak. Karşılaştırmayı 0.17 mmPb kurşun eşdeğeri koruyuculuğa sahip önlükle yapmışlar. Sonuç olarak elde edilen değerler bizmut oksit(Bi_2O_3) kurşunsuz koruyucu malzeme üretiminde kullanılabileceğini göstermiş olsa da kompozit malzeme olarak kullanılan PVC nin x ışını soğurma yüzdesine etkisi net bir şekilde anlaşılamamış[24].

Shruti NAMBIAR ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada polidimetilsiloksan (PDMS) nanokompozitler, bizmut oksit (Bi_2O_3) nanopowder'ın farklı ağırlık yüzdeleri kullanılarak koruyucu malzeme üretmeye çalışmışlar. Üretilen malzeme 0.25 mm kalınlığındaki saf kurşun blok ile kıyaslanmış. 40kV ile 150kV doz değerleri arasındaki birçok doz değeriyle üretilen madde teste tabi tutulmuş. Sonuç olarak, üretilen malzeme 60kV'de 0.25 mm saf kurşun blok ile eşdeğer değerleri elde etmeyi başarmışlar[25]

Majid Mirzaei ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kurşun ve kalay parçacıklarını kullanarak farklı çaplarda eritmeli polipropilen monofilament iplikler kullanarak dokuma kumaş üretmişler ve metal partikülleri, farklı çaplara sahip tüm kumaş numunelerinde yaklaşık olarak eşittir. Kumaş numunelerinin radyasyon zayıflama katsayısı 35, 53 ve 80 keV enerji seviyelerinde ölçülmüştür. Çalışmada Majid Mirzaei ve arkadaşlarının elde ettiği sonuçlardan biri kumaşın perdeleme kabiliyetinin doğrudan kumaş gözenekliliğiyle de ilgili olduğu. Düşük kumaş gözenekliliği, kumaştan X-ışını geçirme olasılığının azalmasına neden olur. Böylece, düşük kumaş hava geçirgenliğine tekabül eden düşük kumaş gözenekliliği, kumaş yapısının X-ışını kalkanı kabiliyeti üzerinde bir şekilde etkili olduğunu söylemektedirler. Elde ettikleri diğer bir sonuç da X-ışını zayıflama seviyesi metal parçacık içeriğiyle de arttığı bilgisidir. Bu nedenle, daha yüksek metal / polipropilen oranları, polipropilen ile karşılaştırıldığında kurşun ve kalayın üstün koruyucu özelliklerinden dolayı daha yüksek zayıflama katsayısı ile sonuçlanmış, kalayla karşılaştırıldığında daha yüksek yoğunluk ve atomik kurşun sayısı nedeniyle, kurşun partikülleri içeren numunelerin zayıflama katsayısı, kalay partikülleri içerenlerden daha yüksektir. Sonuç olarak, üretilen kumaşların maliyetinin düşük olması bir avantajdır ama x ışını soğuruculuğu %90 seviyelerine gelememiştir ve bu da yeterli değildir[26].

Yukarıda belirtilen patentlere ve çalışmalara bakılacak olunursa;

- Kullanılan element/bileşiklerin nano boyutlu olması daha iyi x ışını soğurucu özellikte olmasını sağlamaktadır
- Seçtiğimiz bileşiklerin x ışını koruyuculuğunda kullanılabilecek özellikleri taşıdığını göstermektedir.
- Majid Mirzaei ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, malzeme gözenekliliğinin artması x ışını soğuruculuğunu düşürdüğü gösterilmiştir.
- Nanofiber dışında yapılan çalışmaların bazılarında sert kompozit bir malzeme üretmeye odaklanılmış. Buda yapılan çalışmalarda ortaya konulan malzemelerin giyilebilir özellik taşımadığını göstermektedir.

Bizim projemiz ile ortaya koymayı planladığımız nanofiber matların gözenek yapısı oldukça düşüktür. Bununla birlikte kullanacağımız bileşiklerin nano boyutlu olması bize ayrıca bir

avantaj sağlayacaktır. Ürettiğimiz nanofiber matlar çok hafif ve oldukça esnektir. Uygun bir yapıştırma yapılacak olursa, kullanan kişinin hareket kabiliyetini kısıtlamayan tüm vücut için giyilebilir bir kıyafet tasarlanabileceğini düşünmekteyiz.

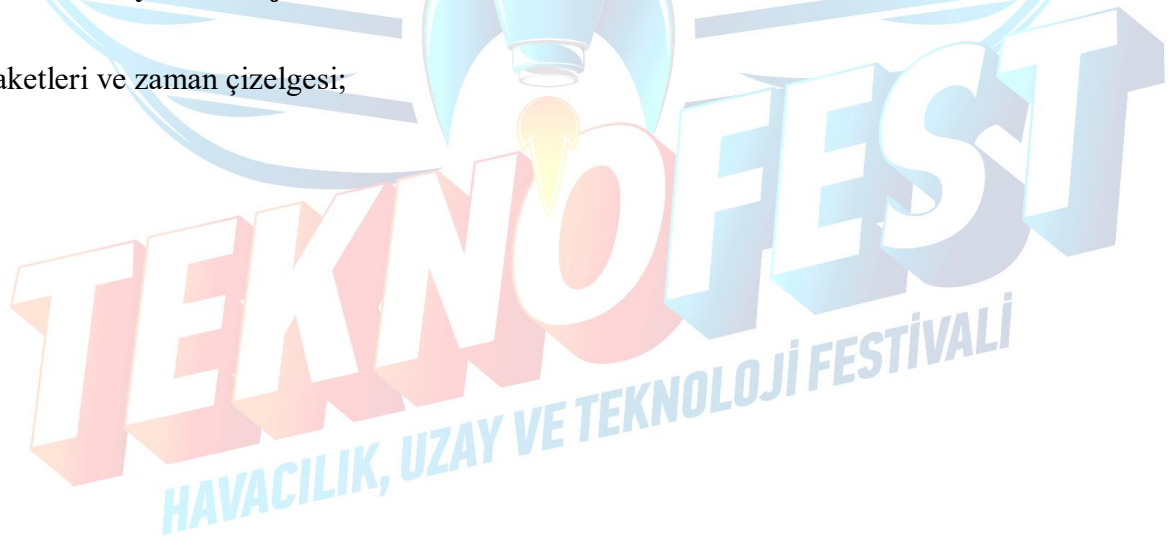
6. Uygulanabilirlik

Projemiz sonucunda X ışını koruyuculuk seviyesine sahip, esnek, hafif ve giyilebilir ürün ortaya koymayı planlamaktayız. Projemizdeki çıktılar beklenen sonuçları karşıladığında doktorlar ve radyoloji personelleri için giysi olarak üretilebilir ve firmalarla görüşülüp endüstriye kazandırılabilir. Ayrıca ülkemizde hastanede radyoloji çalışanlarının dışında, AFAD ve TSK nin içinde KBRN(Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif ve Nükleer) ekipleri bulunmaktadır. KBRN ekiplerinin kıyafetleri özel tasarlanmış kıyafetlerdir ve ülkemiz genellikle bu ekipmanları yurt dışından tedarik etmektedir. Projemiz ile ortaya koymayı planladığımız ürün üzerinde KBRN ekipmanları için özel çalışmalar yaparak ürün geliştirilebilir ve ürünün hitap ettiği kitle alanı genişletilebilir. Bunlara ek olarak, radyolojide kullanılan cihazların bulunduğu odaların zırhlanması işleminde de ileride kullanılabilir.

Projemiz yaklaşık 8 ay sürmektedir. Çalışmaya başladığımız ilk anda 1. Teknolojik Hazırlık Evresinde bulunmaktaydık ve ürün ile ilgili tüm aşamaları bitirdiğimizde 3. Teknolojik Hazırlık Evresinde projemizi tamamlamış olacağız.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

İş paketleri ve zaman çizelgesi;



İP N o	İş Paketlerinin Adı ve Tanımı	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	AYLAR								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Malzeme temini	YÜRÜTÜCÜ VE ARAŞTIRMACI	x	x							
2	Nanopartikül elde edilmesi	YÜRÜTÜCÜ VE ARAŞTIRMACI		x	x						
3	Elektrospin nanolif üretimi	YÜRÜTÜCÜ VE ARAŞTIRMACI				x	x	x	X		
4	Görüntü testleri	YÜRÜTÜCÜ VE ARAŞTIRMACI						x	x		
5	x-ray soğurma testleri	YÜRÜTÜCÜ VE ARAŞTIRMACI							x	x	
6	Üretilen malzemelerin doz soğurmalarının değerlendirilmesi	YÜRÜTÜCÜ VE ARAŞTIRMACI									x

Tahmini proje bütçesi;

Alınması Önerilen Sarf Malzemesi		
Adı	Kullanım Gerekçesi	Bedeli* (₺)
Naylon 6-6	Nanofiber üretimi için gerekli	1490TL
Formik Asit ve Kloroform	Naylon 6-6 polimerinin çözücüsü	944 TL
Labaratuvarda kullanılacak sarf malzemeler (alüminyum folyo, eldiven, pipet, cam baker gibi)	Labaratuvar çalışmasında kullanılacak kullanılacaktır.	1000 TL
Gd2O3 nanopartikül , Bi2O3 nanopartikül, kurşun nanopartikül.	Üretilcek olan nanofiberlere X-Ray soğurma özelliği sağlamak için gereklidir.	9193 TL

Hizmet Alımı			
Mahiyeti	Nereden/Kimden Alınacağı	Gerekçesi	Bedeli (₺)
SEM, TEM, XRD, FTIR, TGA gibi görüntü alınması ve değerlerin bulunması.	BİTAM'dan alınacaktır.	Üretilen nanopartiküllerin ve nanofiberlerin morfolojik, mekanik, ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için.	3000 TL
X-Ray soğurma testi	Hastanelerden alınacaktır.	Üretilen nanofiberlerin x-ray soğurmasının tespiti için	2500 TL

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemizde asıl hedef kitlemiş hastanelerde X ışınına maruz kalma riski olan personellerdir. Ama gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde X ışınları hastaneler dışında da kullanılmaktadır. Örneğin havaalanların valizlerin kontrol edilmesinde, sanayilerde malzemenin sağlamlığının kontrol edilmesi vs yerlerde kullanılmaktadır. Yaptığımız çalışmamızın üzerinde geliştirmeler yapılarak, ülkemizde bulunan KBRN(Kimyasal, Biyolojik, Radyoaktif ve Nükleer) ekipleri için de kıyafet üretilebilir ve radyolojik aletlerin bulunduğu odaların zırhlanmasında kullanılan kurşun levhalar yerine projemiz sonunda çıkan ürün kullanılabilir. Buraların tamamında çalışan kişiler ve yerler zaman içerisinde hedef kitemizi oluşturabilir.

9. Riskler

Projemiz süresince meydana gelebilecek bazı riskler vardır. Bu riskler ve çözüm amaçlı düşünülen fikirler aşağıda sıralanmıştır.

- Proje sonucunda üretilen prototiplerden beklenen X ışını absorpsiyon değerlerine ulaşamayabilir. Bu durumda X ışını soğurması amacıyla kullanılan nanomalzemelerin türleri değiştirilebilir.
- Kullanılan polimer X ışını testlerinde beklenmedik bağ bozulmalarıyla karşı karşıya kalabilir. Bu durumda seçilen polimer, elektrospin cihazına uygun başka bir polimerle değiştirilerek üretim tekrarlanır.
- Üretim yaptığımız elektrospin cihazından kaynaklı bir problemle karşı karşıya kalabiliriz. Bu durumda elektrospin cihazı bulunan üniversitelerin laboratuvarlarından hizmet alımı talep edilebilir.
- X ışını testleri Meram Tıp Fakültesinde yapılması planlanmaktadır. Ama hastane yoğunluktan veya başka bir sebepten dolayı X ışını testlerinin yapılmasına onay vermeyebilir. Bu durumda Konyada bulunan özel veya kamu hastanelerinden bu testlerin yapılması için hizmet alımı yoluna gidilir.

10. Kaynaklar

1. E.Tuncel, Klinik Radyoloji. Genişletilmiş 2. Baskı. Nobel&Güneş Tıp Kitabevleri. 2008; 3-105.
2. O.O. Gülsoy, UK. Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Ankara Baskı Rekmay 2003;5-600.
3. S. Yaşar, et al. "Girişimsel radyolojideki sessiz tehlike." SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi 21.4 (2014): 151-157.
4. M. Ekinci, Sağlık Çalışanlarının Radyasyon Tutumunu Belirleme Ölçeği Geliştirme Ve Uygulama Çalışması: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
5. H. Eder, Lightweight radiation protection material for a large energy application range.

6. K. Oflaz, "Manyetik nanofiber membranlar," Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
7. B. ÖZCAN, "Nanofiber membranların hazırlanması, karakterizasyonu, antibakteriyel özellikleri ve ayırma işlemlerinde kullanılması ," 2019.
8. N. Tucker, J. J. Stanger, M. P. Staiger, H. Razzaq, K. J. J. o. e. f. Hofman, and fabrics, "The history of the science and technology of electrospinning from 1600 to 1995," vol. 7, no. 2_suppl, p. 155892501200702S10, 2012.
9. E. Çakmakçı, "Elektrospinning yöntemi ile yeni polimerik malzemelerin sentezi ve karakterizasyonu," 2009.
10. H. Dinç, "Polivinil borat sentezin; elektrospin yöntemiyle nanofiber hazırlanması ve karakterizasyonu," Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
11. A. Süslü, "Elektro-eğirme yöntemi ile nanofiber ve nanotüp üretimi," DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
12. T. J. Beck, "Multi-layer light-weight garment material with low radiation buildup providing scattered-radiation shielding," Patent US 2011/0163248 A1, 07.07.2011. Available: <https://patents.google.com/patent/US20110163248/en>.
13. B. Ballsieper, "Laminated lead-free X-ray protection material," Patent US 7,897,949 B2 01.03.2011. Available: <https://patents.google.com/patent/US7897949/en>.
14. H. Eder, "Lead substitute material for radiation protection purposes," Patent US 7,041,995 B2 09.05.2006.
15. Z. W. Wei, Zhenyu "Composite shielding material for protection against medical x-ray," Patent WO2009046607A1, 04.16.2009. Available: <https://patents.google.com/patent/WO2009046607A1/en?q=Composite+shielding+materi+al+for+protection+against+medical+x-ray>.
16. M. Jamil, M. H. Hazlan, R. M. Ramli, N. Z. N. J. R. P. Azman, and Chemistry, "Study of electrospun PVA-based concentrations nanofibre filled with Bi₂O₃ or WO₃ as potential x-ray shielding material," vol. 156, pp. 272-282, 2019.
17. B. M. Abunahel, R. M. Ramli, K. M. Quffa, and N. Z. N. J. A. P. A. Azman, "Effect of nanofibrous porosity on the X-ray attenuation properties of electrospun n-Bi₂O₃/epoxy-polyvinyl alcohol (PVA) nanofiber mats," vol. 124, no. 8, p. 540, 2018.
18. N. Z. Noor Azman *et al.*, "Characteristics of X-ray attenuation in electrospun bismuth oxide/polylactic acid nanofibre mats," vol. 20, no. 5, pp. 741-748, 2013.
19. N. N. Azman, S. Siddiqui, I. M. J. M. S. Low, and E. C, "Characterisation of micro-sized and nano-sized tungsten oxide-epoxy composites for radiation shielding of diagnostic X-rays," vol. 33, no. 8, pp. 4952-4957, 2013.
20. M. H. Hazlan, M. Jamil, R. M. Ramli, and N. Z. N. J. A. P. A. Azman, "X-ray attenuation characterisation of electrospun Bi₂O₃/PVA and WO₃/PVA nanofibre mats as potential X-ray shielding materials," vol. 124, no. 7, p. 497, 2018.
21. S. ÇELİK, "X ışınlarından korunmada yeni bir kompozit materyalin geliştirilmesi," DEÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2012.
22. L. Qu *et al.*, "Barium sulfate/regenerated cellulose composite fiber with X-ray radiation resistance," vol. 45, no. 3, pp. 352-367, 2015

23. H. Çetin, "Tıbbi amaçlı x ışını uygulamalarında radyasyondan korunmak amacıyla kullanılan kurşunlu önlük malzemelerine alternatif olarak üretilen kurşunsuz örneklerin soğurma özelliklerinin incelenmesi," DEÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2011.
24. H. A. Maghrabi, A. Vijayan, P. Deb, and L. J. T. R. J. Wang, "Bismuth oxide-coated fabrics for X-ray shielding," vol. 86, no. 6, pp. 649-658, 2016.
25. S. Nambiar, E. K. Osei, and J. T. J. J. o. a. p. s. Yeow, "Polymer nanocomposite-based shielding against diagnostic X-rays," vol. 127, no. 6, pp. 4939-4946, 2013.
26. M. Mirzaei, M. Zarrebini, A. Shirani, M. Shanbeh, and S. J. P. T. Borhani, "X-ray shielding behavior of garment woven with melt-spun polypropylene monofilament," vol. 345, pp. 15-25, 2019

