



PROTON İÇEREN UYGULAMALARDA KULLANILAN POLİMER MALZEMELERİN BOR
MİNERALİ KATMANI İLE GELİŞTİRİLEREK TESİR KESİTİ VE RADYASYON HASARI
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
ONUR DEMİRCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROTON İÇEREN UYGULAMARDA KULLANILAN POLİMER
MALZEMELERİN BOR MİNERALİ KATMANI İLE GELİŞTİRİLEREK TESİR KESİTİ
VE RADYASYON HASARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ONUR DEMİRCİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. Hatun KORKUT

SİNOP – 2019

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma, jürimiz tarafından 20/12/2019 tarihinde yapılan sınav ile Disiplinlerarası Nükleer Enerji Ve Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Turgay KORKUT

Üye : Doç. Dr. Hatun KORKUT

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bünyamin AYGÜN

ONAY :

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

....../....../20..

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

PROTON İÇEREN UYGULAMALARDA KULLANILAN POLİMER MALZEMELERİN BOR MİNERALİ KATMANI İLE GELİŞTİRİLEREK TESİR KESİTİ VE RADYASYON HASARI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Hayatımızın her alanında çeşitli şekillerde özellikle tıp alanında faydalandığımız proton uygulamalarının olumsuz sonuçlarını önlemek üzere pek çok çalışmanın yapıldığı bilinmektedir. Buna yönelik olarak DYNEEMA, Epoksi, ETFE, KEVLAR, NOMEX, PMMA, PTFE gibi malzemelerin kolemanit, tinkal ve üleksit ile katmanlar oluşturularak 20 MeV ile 200 MeV arasında proton bombardımanına maruziyeti simüle edildi. Bu işlem sonucunda malzemelerin tepkisinin incelenerek, düşük ve yüksek enerji seviyelerinde en uygun malzemelerin hangileri olduğu belirlendi. İnceleme işlemlerinde FLUKA ve SRIM Monte Carlo kodları kullanıldı.

EVALUATION OF POLYMER MATERIALS USED IN PROTON CONTAINING APPLICATION IN TERMS OF EFFECT CROSS AND RADIATION DAMAGE BY DEVELOPING WITH BORON MINERAL LAYER

ABSTRACT

It is known that many studies have been carried out to prevent the negative consequences of proton applications benefited in various ways in every field of our lives, especially in the field of medicine. For this purpose, proton bombardment between 20 MeV and 200 MeV was simulated by forming layers with materials such as DYNEEMA, EPOXY, ETFE, KEVLAR, NOMEX, PMMA, PTFE by also using of Colemanite, Tincal and Ulexide. As a result of this process, the reaction of the materials was examined and it was determined which materials were most suitable at low and high energy levels. FLUKA and SRIM Monte Carlo codes were used for the analysis.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana yardımcı olan tez danışmanım ve saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Hatun KORKUT' a teşekkür ederim.

FLUKA ve SRIM programların da benden bütün bilgisini esirgemeyen her zaman yardımcı olan saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Turgay KORKUT' a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı gösteren bana destek olan başta annem ve babam olmak üzere bütün aileme teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmam boyunca bana her aşamada yardımcı olan eşim Özge DEMİRCİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Onur DEMİRCİ

2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER, ÇİZELGELER ve GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Proton.....	2
2.2.Rutherford Atom Modeli	3
2.3.Proton Terapi	4
2.4.Uzay ve Proton.....	5
2.5. Katman Malzemeleri.....	6
2.5.1. Epoksi	6
2.5.2. DYNEEMA	7
2.5.3. ETFE	7
2.5.4. KEVLAR	8
2.5.5. NOMEX.....	8
2.5.6. PMMA	9
2.5.7. PTFE	9
2.5.8. Bor	10
2.5.9. Kolemanit.....	10
2.5.10. Tinkal	11
2.5.11. Üleksit.....	11
2.6. Katman Şekli.....	11
2.7. Tesir Kesiti Hesabı.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. FLUKA	15
3.2. SRIM.....	16
4. BULGULAR.....	16
4.1. Giriş	16

4.2.Tinkal Katmanı Bulguları	17
4.3.Kolemanit Katmanı Bulguları.....	19
4.4.Uleksit Katmanı Bulguları	20
4.5.Epoksi Katmanları	22
4.6.KEVLAR Katmanları	24
4.7.DYNEEMA Katmanları	26
4.8.PTFE Katmanları	28
4.9.ETFE Katmanları.....	30
4.10.NOMEX Katmanları.....	32
4.11.PMMA Katmanları	34
5. SONUÇ.....	36
KAYNAKÇA.....	39
ÖZGEÇMİŞ	41

SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ

SEMBOLLER

α	Alfa parçacığı
W	Zayıf Nükleer Kuvvet Taşıyıcıları
Z	Zayıf Nükleer Kuvvet Taşıyıcıları
°C	Celsius
e	Elektron
γ	Gama radyasyonu
MeV	Mega elektron volt
n	Nötron
p, p ⁺	Proton
d	Kalınlık
I ₀	Gelen foton sayısı
I	Geçen foton sayısı
ϵ	Tesir kesiti
C	Karbon
H	Hidrojen
O	Oksijen
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
Na	Sodyum
F	Flor
N	Azot
B	Bor
Cm	Santimetre

KISALTMALAR

CERN	Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
PTFE	Polytetrafloretilen
ETFE	Etilen tetrafloroetilen
PMMA	Polimetil metakrilat
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
INFN	Ulusal Nükleer Fizik Enstitüsü
HIT	Heidelberg İyon-Işın Terapi Merkezi
SRIM	Maddede iyonun dizilimi ve durdurulması
DOS	Disk İşletim Sistemi

ŞEKİLLER, ÇİZELGELER ve GRAFİKLER LİSTESİ

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Proton Terapi Uygulaması

Şekil 2.2. Epoksi Açık Formülü

Şekil 2.3. DYNEEMA Açık Formülü

Şekil 2.4. ETFE Açık Formülü

Şekil 2.5. KEVLAR açık formülü

Şekil 2.6. NOMEX açık formülü

Şekil 2.7. PMMA açık formülü

Şekil 2.8. PTFE açık formülü

Şekil 2.9. Epoksi katmanları

Şekil 2.10. DYNEEMA katmanları

Şekil 2.11. ETFE katmanları

Şekil 2.12. KEVLAR katmanları

Şekil 2.13. NOMEX katmanları

Şekil 2.14. PMMA katmanları

Şekil 2.15. PTFE katmanları

Şekil 2.16. Ana katman malzemeleri ile oluşturulan katmanlar

Şekil 2.17. Tesir kesiti hesabı için katı cisim örneği

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Ana katman malzemelerinin formül ve yoğunlukları

Çizelge 2.2. Ara katman malzemelerinin formül ve yoğunlukları

Çizelge 4.1. Tinkal ile oluşturulan katman malzemelerinin toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.2. Kolemanit ile oluşturulan katman malzemelerinin toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.3. Üleksit ile oluşturulan katman malzemelerinin toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.4. Sadece epoksi ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.5. Sadece KEVLAR ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.6. Sadece DYNEEMA ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.7. Sadece PTFE ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.8. Sadece ETFE ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.9. Sadece NOMEX ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Çizelge 4.10. Sadece PMMA ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

GRAFİKLER

Grafik 4.1. Tinkal katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.2. Kolemanit katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.3. Üleksit katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.4. Epoksi ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.5. 200 MeV de epoksi-üleksit-epoksi katmanı ile epoksi-epoksi-epoksi katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.6. KEVLAR ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.7. 90 MeV de KEVLAR-tinkal-KEVLAR katmanı ile KEVLAR-KEVLAR-KEVLAR katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.8. DYNEEMA ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.9. 80 MeV de DYNEEMA-üleksit-DYNEEMA katmanı ile DYNEEMA-DYNEEMA-DYNEEMA katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.10. PTFE ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.11. 100 MeV de PTFE-üleksit-PTFE katmanı ile PTFE-PTFE-PTFE katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.12. ETFE ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.13. 90 MeV de ETFE-tinkal-ETFE katmanı ile ETFE-ETFE-ETFE katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.14. NOMEX ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.15. 100 MeV de NOMEX-üleksit-NOMEX katmanı ile NOMEX-NOMEX-NOMEX katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.16. PMMA ile diğ er bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafik 4.17. 70 MeV de PMMA-tinkal-PMMA katmanı ile PMMA-PMMA-PMMA katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)



1. GİRİŞ

Günümüzde proton konusu birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber bu alanlardan en önemli iki dalın sağlık ve uzay olduğu söylenebilir.

Sağlık alanında proton kavramı bir tedavi yöntemi olarak karşımıza çıkıyor. Proton parçacıkları belirli enerji düzeylerine çıkarılarak tedavi edilecek bölgeye nüfuz etmektedir. Bu yöntem diğer tedavi yöntemlerine göre birçok avantajı da beraberinde getirir. Bu arada tedavinin daha sağlıklı ve vücudun diğer dokularına zarar verilmeden devam ettirilmesi de çok önemli hale gelmektedir. İşte burada zırhlama önemli bir hal alıyor. Vücudun tedavi edilecek kısmı dışında kalan kısım zırhlama yöntemi ile proton etkisinden yalıtılması gerekmektedir.

Uzay konusuna gelindiğinde ise bu durum vücudun bir dokusunun korunmasına benzer bir şekil alır. Hem uzaya çıkacak canlıların hem de oradaki elektronik cihazların proton ışınlarından korunması önemlidir. Bunu da aynı şekilde zırhlama yöntemi ile sağlayabiliriz. Uzayda bir koloni kurulması dünyanın gündemindeyken zırhlama konusu da ayrı bir önem kazanmaktadır.

Bu çalışmadaki amaç pek çok yararlı uygulama içeriğinden dolayı, protonun zararlı etkilerinden nasıl korunabileceğinin araştırılması ve olası malzemelerin incelenmesidir. Bu anlamda oluşturduğumuz birçok katmanlı malzeme örgüsünü 20 MeV, 30 MeV, 40 MeV, 50 MeV, 60 MeV, 70 MeV, 80 MeV, 90 MeV, 100 MeV, 200 MeV enerji düzeylerinde testlere tabi tutuldu. Enerji aralığının bu kadar geniş tutulmasının nedeni sağlık sektöründe düşük düzeylerde karşımıza çıkan protonların uzay alanında daha yüksek değerler alabilmesi. Aynı malzemenin düşük enerji seviyelerinde iyi bir yalıtım gösterebilirken yüksek enerji seviyelerinde bu başarıyı gösteremeyebilme olasılığı bulunmaktadır.

Oluşturulan malzemelerin içeriklerinde, ileride geleceğin enerji kaynağı görülen ve rezervleri açısından ülkemizin çok zengin olduğu bor mineralleri de kullanıldı. Katmanlar uzay ve sağlık konusunda kullanılabilirliğe sahip olduğu için olabildiğince ince ve hafif olarak geliştirildi. Bundan dolayı kalınlıkları 3 cm olarak belirlendi. Bu alanlar da DYNEEMA, epoksi, ETFE, KEVLAR, NOMEX, PMMA, PTFE gibi malzemelerin kolemanit, tinkal ve üleksit ile katmanlar oluşturuldu.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Proton

Proton atom altı parçacıktır ve p veya p⁺ sembolleriyle gösterilir. Atomların çekirdeklerinde bir veya daha fazla proton bulunur. Çekirdekteki proton sayısı atom sayısı olarak da adlandırılır. Her bir elementin proton sayısı diğer elementlerden farklıdır. Proton ismi ilk olarak 1920 yılında Ernest Rutherford tarafından hidrojen çekirdeğine verilmiştir. Rutherford çarpışmalarla azot çekirdeğinden çıkarılan en hafif çekirdeği, hidrojen çekirdeğini keşfetmişti. Böylece proton temel bir parçacık adayı olmuştu. Azot ve tüm diğer ağır atom çekirdeklerinin yapı taşlarından birinin proton olduğunu bulmuştu.

Parçacık fiziğinin standart modelinde proton nötron(n) gibi hadrondur ve baryonlardan oluşan üç kuarktan oluşur. Günümüzde protonun iki yukarı kuark ve bir aşağı kuarktan oluştuğu düşünülüyor. Proton spinleri 1/2 olan fermiyonlardır ve protonu oluşturan iki yukarı kuark ile bir aşağı kuarkı gluonlar aracılığıyla güçlü kuvvet bir arada tutar. Proton hakkındaki modern kurama göre üç değerlikli kuark, gluonlar ve geçici kuark çiftler denizinden oluşmaktadır. Kuarkların durgun kütleleri protonun kütlelerinin sadece %1'ine katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Proton kütlelerinin geri kalan kısmı kuarkların kinetik enerjisinden kaynaklanmaktadır ve kuarkları birbirine bağlayan gluon alanlarının enerjisine de bağlanabilir. Serbest proton yani nükleonlara veya elektronlara bağlı olmayan proton kararlı bir parçacıktır.

Temel parçacıkları ayıran en önemli özelliklerden biri spin değerleridir. Fermiyonların yarım spin, bozonların tam spin değerleri vardır. Kuvvet taşıyıcı foton, gluon ve W, Z bozonlarının spin değerleri 1; elektron (e), muon, kuark ve nötrionların spin değerleri 1/2 'dir. Higgs bozonunun spin değeri ise sıfırdır. SM'e göre elektromanyetik kuvvet yüklü iki parçacığın aralarındaki foton alışverişiyle, güçlü kuvvet kuarklarının aralarındaki gluon alışverişiyle, zayıf kuvvet ise W ve Z bozonlarının alışverişiyle iletilir. Örneğin bir protonla elektron zayıf etkileşime girdiğinde W bozonu alışverişi yaparlar ve proton + elektron = nötron + nötrino tepkimesi gerçekleşir. Dolayısıyla nükleer enerji olarak bildiğimiz şeyin kaynağı budur. Normalde birbirini itmesi gereken protonları bir arada tutan şey ise, birbirine çok yakinken aralarındaki gluon alışverişi ile gerçekleşen güçlü etkileşimdir.

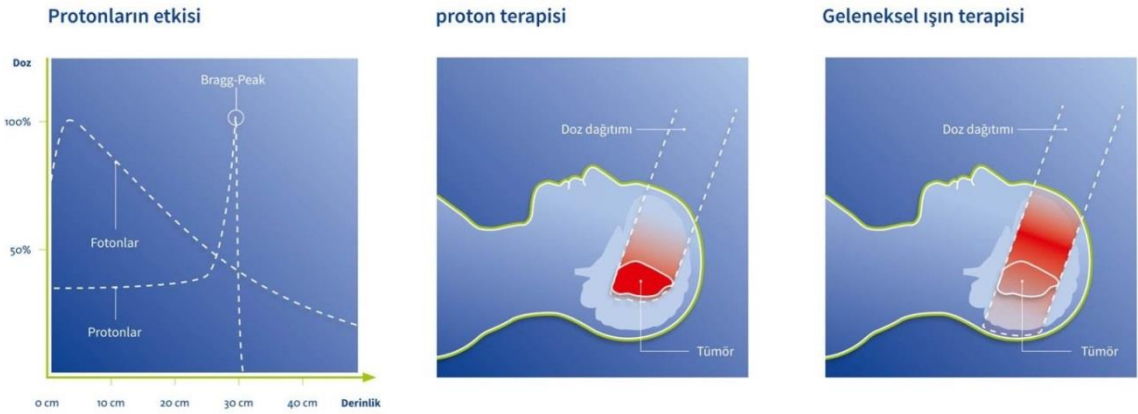
2.2. Rutherford Atom Modeli

Ernest Rutherford fotoğraf plakası ile çevrilmiş yarım mikron kalınlığında bir altın plakayı alfa tanecikleri(α) ile doğrusal olarak bombardımana tutmuş, bazı alfa parçacıklarının büyük sapmalar yaptığını bazılarının ise yön değiştirmeden altın plakadan doğrusal olarak geçtiğini gözlemlemiştir. Rutherford tarafından kullanılan altın plakanın kalınlığı tahmini 2000 atomdan oluşmaktaydı ve alfa parçacıklarının çoğunluğu plakadan yön değiştirmeden geçtiği için altın atomları büyük boşluklardan oluşmalıydı. Bazı alfa parçacıklarının sapmasının nedeni ise pozitif yüklü alfa parçacıklarını saptıracak büyük kütleli bir bölge bulunmalıydı. Rutherford bu deneyin sonucunda 1911 yılında çekirdekli atom kuramını yayınladı.

Rutherford yaptığı bu deneylerle pozitif yüklü çekirdeğin atom çapına göre onbin kat daha küçük olduğunu öne sürdü. Rutherford atomu güneş sistemine benzeterek atom çekirdeğini güneşe elektronları da gezegenlere benzetmiştir. Eğer elektronlar atom çekirdeği etrafında bulunuyorlarsa, çekirdeğe düşmemek için çekirdek etrafında dönmek zorundaydılar ve onlara çekirdeğe çeken coulomb çekim kuvvetine denk bir merkezkaç kuvveti ile hareket etmeleri gerekmektedir.

2.3. Proton Terapi

Bu yöntem 1929 yılında Kaliforniya Üniversitesinde Ernest O. Lawrence tarafından icat edilen Siklotron projesine dayanmaktadır. Bu cihaz aslında bir parçacık hızlandırıcıdır. Yüklü parçacıkları; yüksek frekansa sahip alternatif gerilim (AC) kullanarak hızlandıran, uygulanan gerilimin dikine bir manyetik alan oluşturması ile parçacıkların dairesel bir yol izleyerek hızlanmasını sağlar. Başlarda nükleer fizik araştırmalarında kullanılan bu sistem 2007 yılında CERN Nükleer Araştırma Merkezinde geliştirilen Hızlandırıcıların ve Detektörlerin Medikal Uygulamaları departmanı öncülüğünde; 1992 yılında özel bir şirket hızlandırılmış partiküller ile yeni radyoterapi teknikleri üzerine yaptığı çalışmalarda ilham alarak ‘Proton Hızlandırıcılar’ geliştirilmiştir. Proton parçacığını yaklaşık 40 MeV enerji seviyesine çıkararak dokuya nüfuz etmesine olanak sağlanmıştır. Bu gelişmelerle birlikte ‘Proton Terapi’ diye adlandırılan; tümör dokuyu çok iyi bir şekilde, çevre dokulara sıçrama yapmaksızın, iyileşme süresini kısaltan bir radyoterapi yöntemi ortaya çıkmıştır. Sağlıklı dokulara kötü bir yan etkisi bulunmamaktadır (Mutluer, 2017).



Şekil 2.1. Proton terapi uygulaması

Geliştirdiğimiz katmanlar sayesinde proton tedavisinde hızlandırılan parçacıkların tamamen ilgili bölgeye odaklanması ve vücudun diğer herhangi bir yerine zarar vermemesi ve oluşturulan ortamın tamamen yalıtılmasına yöneliktir.

2.4. Uzay ve Proton

Uzay denildiğinde akla ilk olarak sonsuzluk gelir. Biz bu sonsuzlukta bize en yakın ve proton denildiğinde hatıra ilk gelen güneş ile yolumuza devam edeceğiz. Isı ve ışık kaynağımız dünyamıza 8 ışık dakikası uzaklıkta ve bize en yakın yıldızdır. Hidrojen çekirdeklerinin birleşerek helyum çekirdeklerine dönüştüğü anda yaşamın temel enerjisi ortaya çıkar. Devasa kütle çekim etkisiyle kendi içerisinde çökmesini engelleyen bu nükleer füzyon sayesinde yaklaşık beş milyar yıldır parlayan ve beş milyar yıl daha parlamaya devam edecek aydınlanma ve enerji kaynağımız olmaya devam edecek.

Güneş, aşırı yoğun ve sıcak bir gaz kütesidir. Kütesinin %71'ini hidrojen, %26'sını ise helyum oluşturur. Bunların dışında oksijen, karbon, azot, neon, magnezyum ve silisyum gibi elementlerden oluşur. Aşırı basınç ve sıcaklıktan dolayı tüm bu maddeler plazma halinde, yani çekirdekleri ile elektronları birbirinden bağımsız halde bulunur.

Güneşin merkezindeki 15 milyon °C'yi bulan korkunç sıcaklık nedeniyle aşırı hızlı hareket eden hidrojen çekirdekleri çarpışarak helyum çekirdeklerini oluşturur. Düşük enerjilerde aralarında itme kuvveti olan hidrojen çekirdekleri, yüksek sıcaklık sayesinde itme kuvvetini aşar ve nükleer füzyon gerçekleşir. Her dört hidrojen çekirdeği, nükleer tepkime zinciri sonunda bir helyum çekirdeğine dönüşür. Tepkimeler sonucu nükleer enerji açığa çıkar ve kütleinin bir kısmı ısı ve ışık enerjisi olarak evrene yayılır.

İki hidrojen çekirdeği çarpıştığında biri nötrona dönüşür ve döteryum(ağır hidrojen) oluşur. Bu sırada bir nötrino, bir anti elektron (pozitron) ve bol miktarda enerji açığa çıkar. Oluşan döteryum bir protonla çarpışır ve yüksek enerjili fotonlar(gama ışınları) açığa çıkar. İkişer proton ve birer nötron barındıran iki çekirdek çarpışarak bir helyum çekirdeği ve bir proton çifti oluşturur. Bu oluşan ışımlar evrene dünyamıza güneş rüzgarları ile yayılır. Yayılan bu ışımalardan uzayda kurulması düşünülen kolonileri, uzay araştırmaları için dünyanın atmosferinde bulunan ekipleri ve elektronik

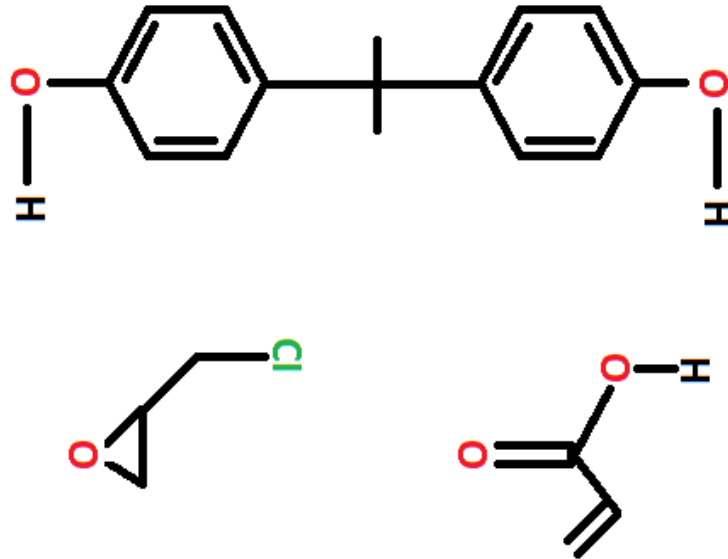
cihazları korumak gerekiyor. Bunu da olabildiğince hafif, ince ve bu konuda koruyucu bir malzemenin ile sağlamak gerekiyor. Burada bu tezin konusunun önemi bir kez daha vurgulanmaktadır.

2.5. Katman Malzemeleri

Katman malzemeleri olarak epoksi, DYNEEMA, ETFE, KEVLAR, NOMEX, PMMA, PTFE 'nin arasına Türkiye'nin geniş bir rezerve sahip olduğu Bor mineralleri kullanılmıştır. Bu mineraller kolemanit, tinkal ve üleksit' dir.

2.5.1. Epoksi

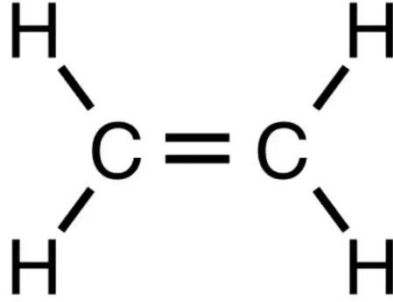
Uzay çalışmalarında kullanılan önemli bir bileşiktir. epoksi'nin tercih edilmesinin önemli nedenleri yüksek derece de kimyasal ve solvent direncine, sertleşme sırasında düşük büzölmeye ve esnekliğe sahip olmasıdır. Çalışmamızda epoksi'nin kimyasal formölü $C_{21}H_{25}ClO_5$ olarak alınmış yoğunluğu $1,18 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



Şekil 2.2. Epoksi açık formölü

2.5.2. DYNEEMA

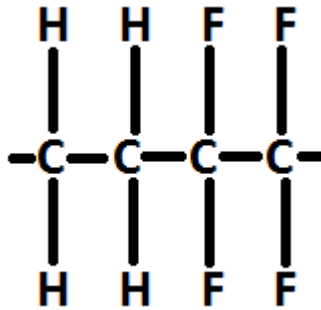
DYNEEMA Hollanda ve ABD’de DSM DYNEEMA tarafından jel eğirme işlemi kullanılarak üretilen yüksek performanslı polietilen bazlı bir elyafır. Askeri yüksek dayanıklı malzemelerde kullanılmaktadır. Çalışmamızda DYNEEMA’nın kimyasal forml C_2H_4 olarak alınmış yoğunluğu $0,97 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



şekil 2.3. DYNEEMA açık forml

2.5.3. ETFE

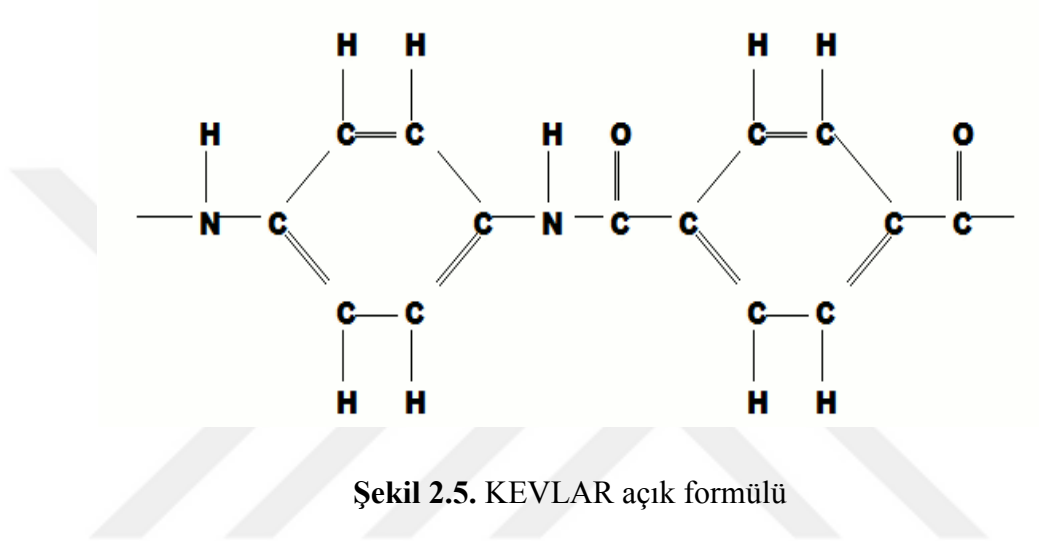
ETFE flor bazlı bir plastiktir. Yüksek bir erime sıcaklığına, mükemmel kimyasal elektriksel ve yüksek enerjili radyasyon direncine sahiptir. ETFE reçineleri ultraviyole işığa karşı dayanıklıdır. Nükleer endüstride bağ veya kablo sargısı için, havacılık endüstrisinde tel kaplamalar için kullanılır. Bu nedenlerden dolayı tezimizde de Etfe de kullanıldı. Çalışmamızda ETFE’nin kimyasal forml $C_2H_2F_2$ olarak alınmış yoğunluğu $1,70 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



şekil 2.4. ETFE açık forml

2.5.4. KEVLAR

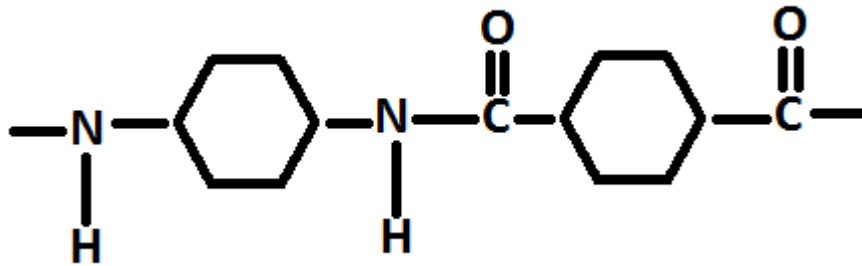
KEVLAR çok hafif karbon kökenli çok sağlam liflerden oluşan bir malzemedir. Kevlar günümüzde zırh, sağlam halat yapımı, yanmayan koruyucu giysi yapımında kullanılmaktadır. KEVLAR çok yüksek çekme gerilimine dayanabilen liflerden oluşan iplikli bir yapıdır. Çalışmamızda KEVLAR'ın kimyasal formülü $C_{14}H_{14}N_2O_4$ olarak alınmış yoğunluğu $1,44 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



Şekil 2.5. KEVLAR açık formülü

2.5.5. NOMEX

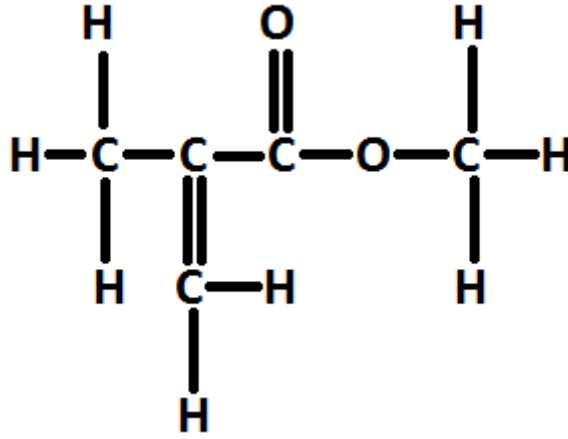
NOMEX ısıya ve alev karşı koruma sağlayan elyaf teknolojisidir. Özel moleküler yapısı sayesinde alev almaz ve alev taşımaz bir malzemedir. Çalışmamızda NOMEX'in kimyasal formülü $C_{12}H_{10}N_2O_2$ olarak alınmış yoğunluğu $1,38 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



Şekil 2.6. NOMEX açık formülü

2.5.6. PMMA

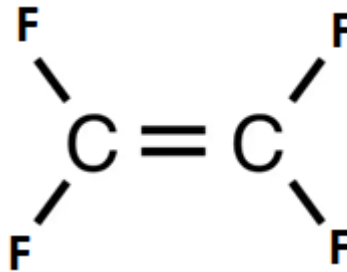
PMMA saydam veya yarı saydam olabilir. Kolay işlenebilen plastik bir yapıya sahiptir. Birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Çalışmamızda PMMA'nın kimyasal formülü $C_5O_2H_8$ olarak alınmış yoğunluğu $1,18 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



Şekil 2.7. PMMA açık formülü

2.5.7. PTFE

PTFE ticari olarak Teflon olarak da bilinir. Florlanmış etilen polimeri olarak bir politetrafloroetilendir. Flor atomlarıyla doymuş uzun ve düz karbon zincirinden meydana gelmiş moleküler yapı, atomlar arasındaki kuvvetli bağlar sebebiyle oldukça inert özelliklere sahiptir. Isıya, kimyevi maddelere, elektrik atlamasına ve sürtünmeye karşı dayanıklıdır. Çalışmamızda PTFE'nin kimyasal formülü C_2F_4 olarak alınmış yoğunluğu $2,2 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.



Şekil 2.8. PTFE açık formülü

Malzeme	Epoksi	DYNEEMA	ETFE	KEVLAR	NOMEX	PMMA	PTFE
Formül	$C_{21}H_{25}ClO_5$	C_2H_4	$C_4H_4F_4$	$C_{14}H_{14}N_2O_4$	$C_2N_2H_2O_2$	$C_5O_2H_8$	C_2F_4
Yoğunluk	1,18gr/cm ³	0,97gr/cm ³	1,70gr/cm ³	1,44gr/cm ³	1,38gr/cm ³	1,18gr/cm ³	2,2gr/cm ³

Çizelge 2.1. Ana katman malzemelerinin formül ve yoğunlukları

2.5.8. Bor

Bor, Türkiye'nin en önemli madenlerinden birisidir. Bu çalışmanın asıl amacı da bor madenimizin uzay sektöründe de kullanılabilirliğini değerlendirmektir. Dünya rezervlerinin yaklaşık %70'i Türkiye de bulunmaktadır. Bor, atom numarası 5 ve kimyasal sembolü B olan yarı metal elementtir. Güneş sisteminde düşük miktarda bulunur. Buna rağmen doğada rastlanan bileşiklerinin suda çözünürlüğü nedeniyle belirli alanlarda yüksek yoğunlukta bulunur. Endüstride yüksek saflıkta bor zorlukla elde edilebilmektedir. Çünkü bor karbon ve başka elementlerle bileşikler oluşturur. Bor mineralleri, sayısız alanda kullanılmaktadır. Özellikle nükleer alanda, savunma sanayinde, jet ve roket yakıtı, sabun deterjan, lehim, fotoğrafçılık, tekstil boyaları, cam elyafı ve kâğıt sanayinde kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından bizi ilgilendiren kısım nükleer alandır. Nükleer güç santrallerinde borlu çelikler, karbürler ve titan-bor alaşımları kullanılır. Yaklaşık olarak her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir. Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörlerin alarm ile kapatılmasında (^{10}B) bor kullanılır. Ayrıca nükleer atıkların depolanması için kolemanit kullanılmaktadır. Bu tezde borun kolemanit, tinkal ve üleksit mineralleri incelenmiş ve katmanlar arasında kullanılmıştır.

2.5.9. Kolemanit

Kolemanit göl benzeri alanlarda bulunan bir bor mineralidir. Monoklinik kristal yapıya sahiptir. Renksiz veya beyaz renkli olabilirler. Çalışmamızda Kolemanit'in kimyasal formülü $Ca_2B_6O_{11} \cdot (5H_2O)$ olarak alınmış yoğunluğu 2,42 gr/cm³ olarak alınmıştır.

2.5.9. Tinkal

Tinkal esasen renksiz ve saydam olmasına rağmen bileşimindeki bazı nedenlerden dolayı pembe, sarımsı ve gri renkte bulunabilirler. Çalışmamızda Tinkal'ın kimyasal formülü $\text{Na}_2(\text{B}_4\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ olarak alınmış yoğunluğu $1,88 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır.

2.5.10. Üleksit

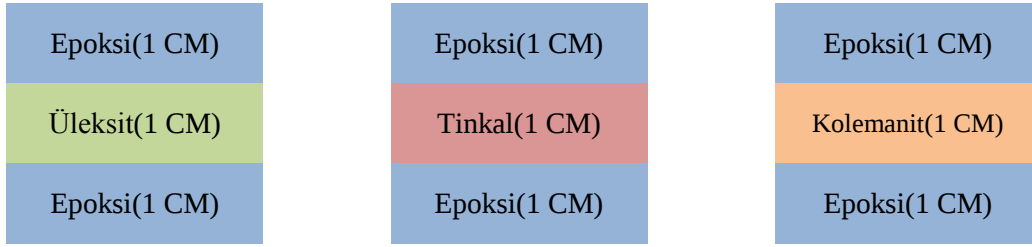
Boraks yataklarının bulunduğu alanlardaki sedimanter kayalarda genellikle kolemanit ile birlikte bulunan bir evaporit mineralidir. Çalışmamızda Üleksit'in kimyasal formülü $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ olarak alınmış yoğunluğu $1,95 \text{ gr/cm}^3$ olarak alınmıştır..

Malzeme	Kolemanit	Tinkal	Üleksit
Formül	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot (5(\text{H}_2\text{O}))$	$\text{Na}_2(\text{B}_4\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Yoğunluk	$2,42 \text{ gr/cm}^3$	$1,88 \text{ gr/cm}^3$	$1,95 \text{ gr/cm}^3$

Çizelge 2.2. Ara katman malzemelerinin formül ve yoğunlukları

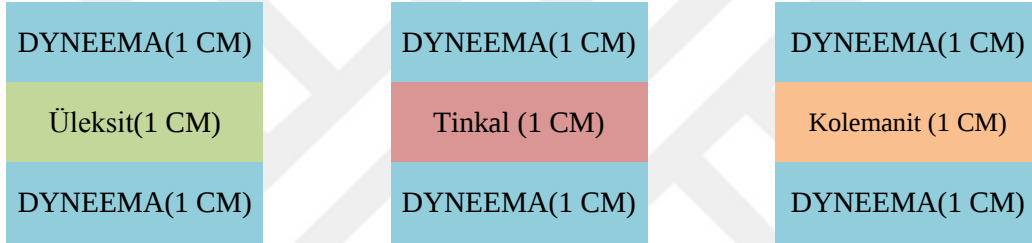
2.6.Katlaman Şekli

Katman şekli 3 parçadan oluşmaktadır. Her parçanın kalınlığı 1 cm olup toplamda 3 cm lik malzeme elde edilmiştir. Bu şekilde ana katman malzemelerinin proton geçirgenliği azaltılmaya çalışılmıştır. En üst ve en alt katmanlar epoksi, DYNEEMA, ETFE, KEVLAR, NOMEX, PMMA ve PTFE oluşturulmuştur. Ara katmanlar ise kolemanit, tinkal ve üleksitten oluşturulmuştur.



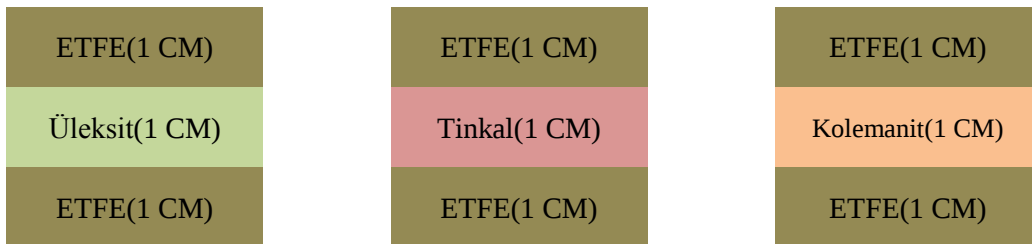
Şekil 2.9. Epoksi katmanları

Epoksi katmanı şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



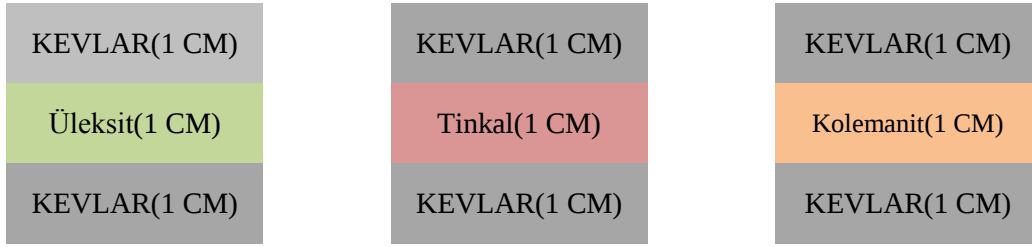
Şekil 2.10. DYNEEMA katmanları

DYNEEMA katmanları şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



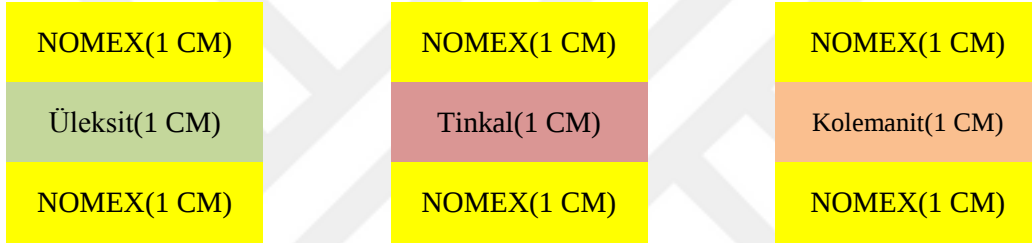
Şekil 2.11. ETFE katmanları

ETFE katmanları şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



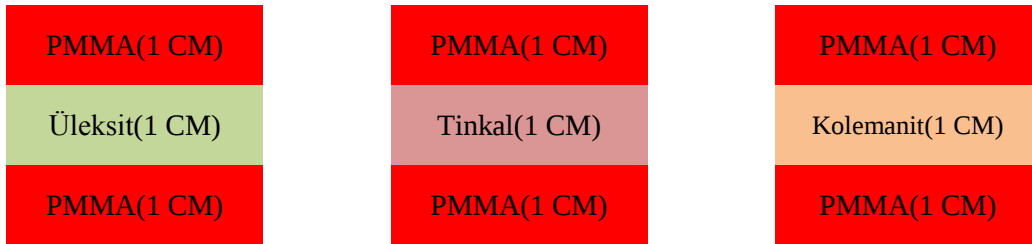
Şekil 2.12. KEVLAR katmanları

KEVLAR katmanları şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



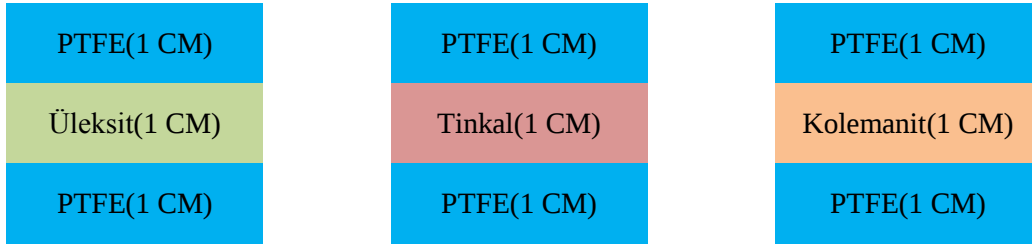
Şekil 2.13. NOMEX katmanları

NOMEX katmanları şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



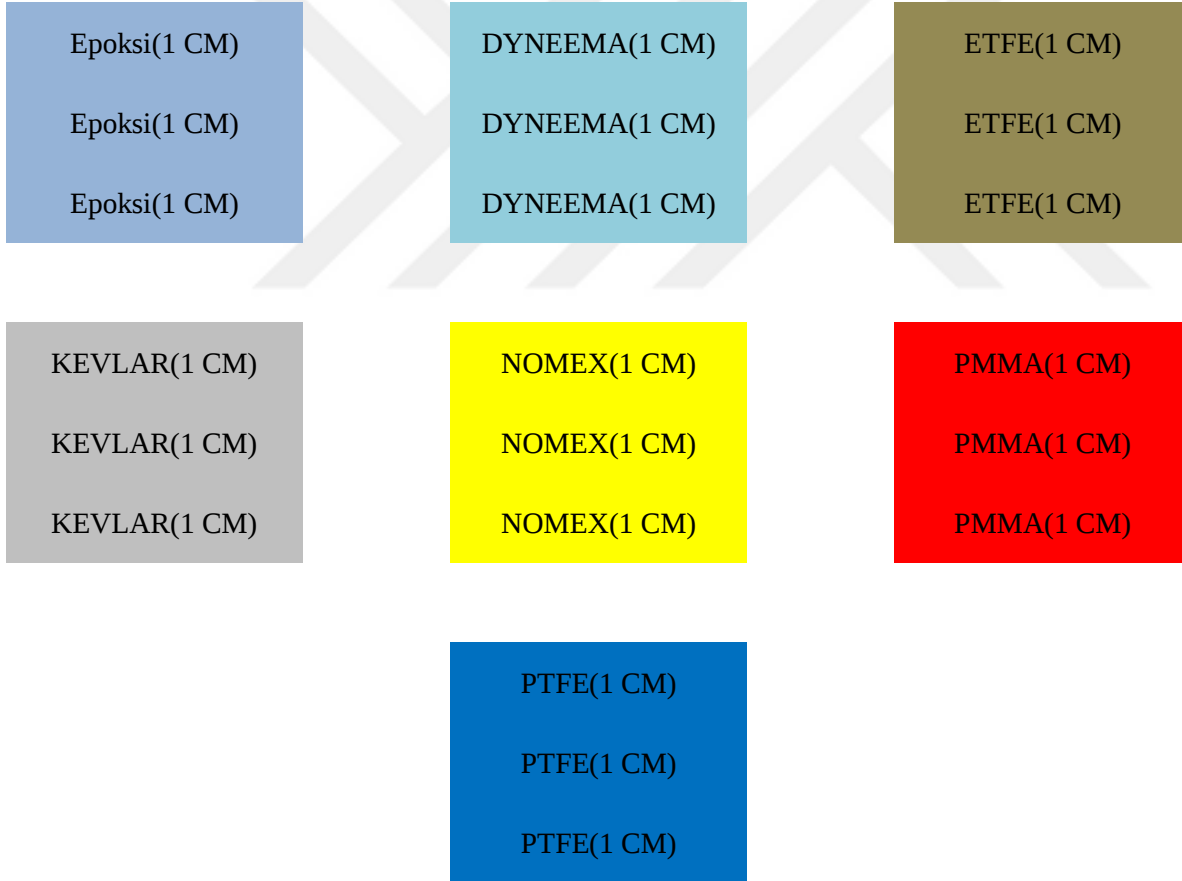
Şekil 2.14. PMMA katmanları

PMMA katmanları şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



Şekil 2.15. PTFE katmanları

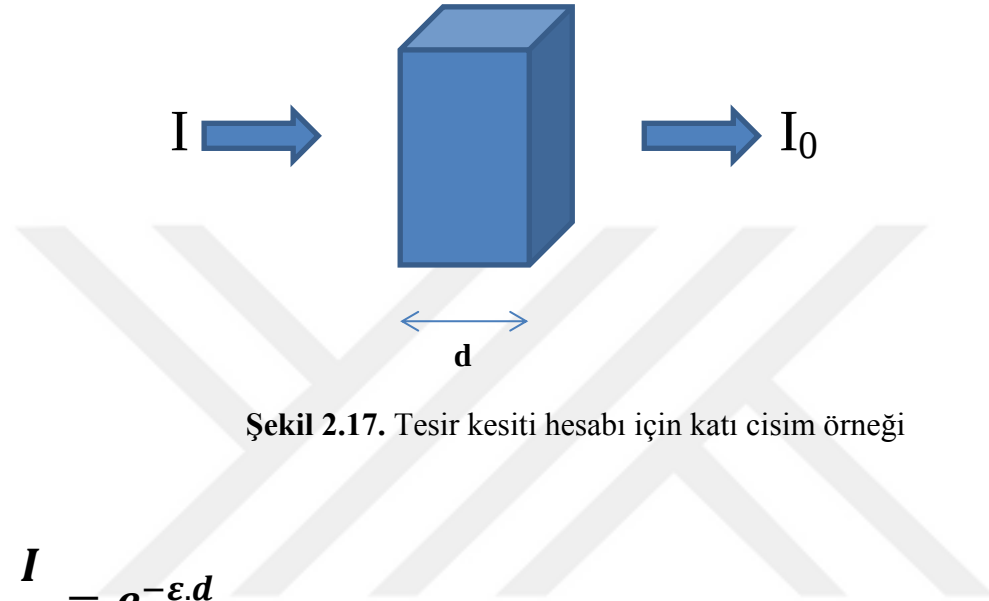
PTFE katmanları şekildeki gibi oluşturulmuş ve simülasyon sonuçları alınmıştır.



Şekil 2.16. Ana katman malzemeleri ile oluşturulan katmanlar

Şekillerde oluşturulan katmanlar ile elde edilen verilerin geliştirilen malzemelerin doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi için aşağıdaki katmanlar oluşturulmuş ve simülasyon aynı koşullarda tekrarlanmıştır.

2.7.Tesir Kesiti Hesabı



Şekil 2.17. Tesir kesiti hesabı için katı cisim örneği

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\epsilon.d}$$

$$\epsilon = \frac{\ln(I_0/I)}{d} \text{ (Tesir Kesiti)(cm}^{-1}\text{)}$$

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. FLUKA

Program 1990'lı yıllarda NASA'nın uzay çalışmaları için geliştirilmiştir. İlerleyen zamanlarda yaygın bir kullanım alanı ulaşmış olan program parçacık fiziği, mühendislik, ekranlama, dedektör tasarımı, teleskop tasarımı ve kozmik ışın çalışmalarında kullanılmıştır. Son zamanlarda bilimin gelişmesiyle ve eklenen yeni

özellikler sayesinde günümüzde nükleer tıp alanında da yaygın bir kullanım kazanmıştır. Avrupa da ışınların kanser tedavisinde artan kullanımı da göz önüne alındığında FLUKA simülasyonları Hadron terapi merkezlerinde tedavinin dozu ve süresi gibi tedavide önemli noktaları tasarlamada kullanılmaktadır. FLUKA'nın günümüzde kullanıldığı bazı yerler şunlardır; Ulusal Nükleer Fizik Enstitüsü(INFN), Heidelberg İyon-Işın Terapi Merkezi(HIT) ve Ulusal Kanser Tedavisi Hadron Terapi Merkezi gibi.

FLUKA'nın gelecekte hadronterapide kullanılması beklenen oksijen ve helyum gibi yeni iyonlar için güncelleme yapacağı düşünülüyor. Bununla beraber tedavi sırasında çıkan ikinciller içinde giderek kullanılmaktadır.

3.2.SRIM

SRIM, iyonların madde ile etkileşimini hesaplayan bir bilgisayar programıdır. Program 1980'de DOS tabanlı bir program olarak ortaya çıktı. Günümüzde Windows ile de kullanılmaktadır. Srim programı da FLUKA gibi Monte Carlo simülasyon yöntemine sahiptir.

Bu kod kullanılarak pek çok uygulamaya ait simülasyon dataları üretmek mümkündür. Bunlar; iyonların katıdaki üç boyutlu dağılımı, penetrasyon derinliği, iyon demeti boyunca yayılımı gibi çıktılar vs. gibi sonuçları içerebilir.

4. BULGULAR

4.1. Giriş

Yapılan simülasyonlar sonucunda proton zırh malzemesi olarak kullanılan malzemelerin belirli bazı enerji seviyelerinde daha verimli sonuçlar verdiği görülmüştür. Bazı enerji seviyelerinde ise katman malzemesi olarak kullanılan DYNEEMA, epoksi, ETFE, KEVLAR, NOMEX, PMMA, PTFE daha verimli sonuçlar vermiştir. Bu da ülkemizde geniş bir rezerve sahip olan üleksit, tinkal ve kolemanit (bor bazlı mineraller) minerallerinin iyi birer proton zırh malzemesi olarak kullanılabileceklerini göstermektedir. Ülkemiz için

önemli bir değere sahip olan bor elementinin proton zırh malzemesi olarak kullanılması ülke ekonomisi için önemli bir katma değer olabilir.

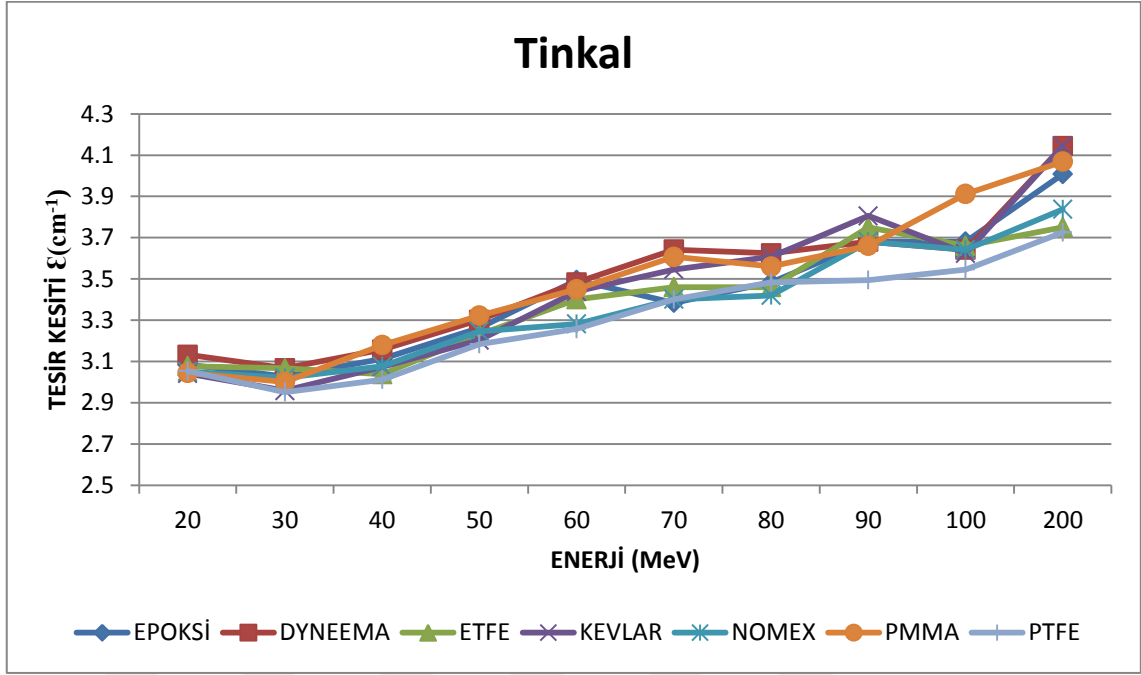
Bulgular, FLUKA ve SRIM kodları kullanılarak elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Oluşturulan her katman için ve malzemenin doğrudan proton maruziyeti simüle edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Bulgular kısmında oluşturulan her katman ayrı ayrı değerlendirilecek ve incelenecektir. Tesir kesitinin büyük olması malzemenin daha iyi bir zırh olarak kullanılabilirliğinin bir göstermektedir.

4.2.Tinkal Katman Bulguları

Çizelge 4.1. Tinkal ile oluşturulan katman malzemelerinin toplam tesir kesitleri

Tinkal $\Sigma(\text{cm}^{-1})$							
	Epoksi	DYNEEMA	ETFE	KEVLAR	NOMEX	PMMA	PTFE
20(MeV)	3,08	3,13	3,07	3,04	3,05	3,04	3,05
30(MeV)	3,02	3,06	3,06	2,95	3,02	3,00	2,95
40(MeV)	3,11	3,15	3,03	3,07	3,07	3,17	3,01
50(MeV)	3,26	3,30	3,22	3,20	3,24	3,32	3,18
60(MeV)	3,49	3,48	3,40	3,43	3,28	3,44	3,25
70(MeV)	3,38	3,64	3,46	3,54	3,40	3,60	3,40
80(MeV)	3,48	3,62	3,46	3,60	3,42	3,56	3,48
90(MeV)	3,68	3,68	3,75	3,80	3,68	3,66	3,49
100(MeV)	3,68	3,64	3,66	3,62	3,64	3,91	3,54
200(MeV)	4,00	4,14	3,75	4,14	3,83	4,06	3,72

Tinkal katmanları ile oluşturulan katman malzemelerinin şekilde ki değerlerine baktığımızda genel olarak enerji seviyesinin artmasıyla tesir kesitinin de arttığı görülmektedir. Bu da oluşturulan malzemenin yüksek enerji seviyelerinde daha iyi proton zırhı olduğunu göstermektedir.



Grafik 4.1. Tinkal katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

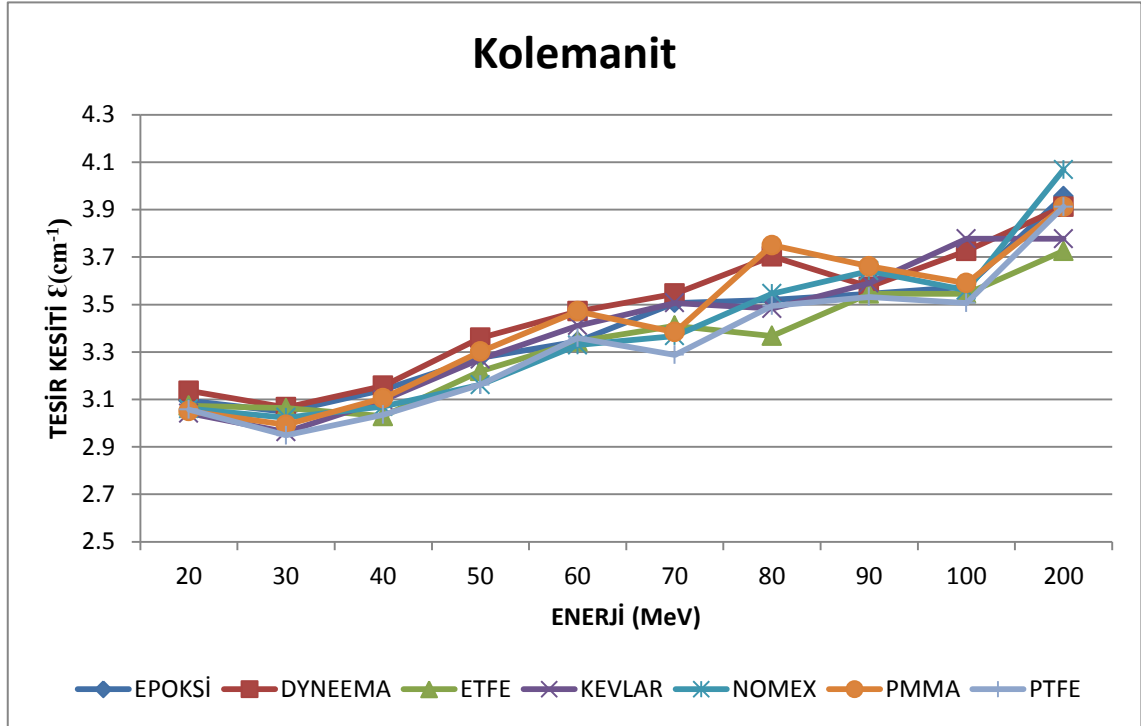
Grafiğe bakıldığında 20 MeV, 30 MeV, 60 MeV, 70 MeV, 80 MeV ve 200 MeV de DYNEEMA-tinkal-DYNEEMA katmanı daha iyi bir proton zırh malzemesidir. 40 MeV, 50 MeV ve 100 MeV de PMMA-tinkal-PMMA katmanının daha iyi bir proton zırh malzemesidir. 90 MeV de ise KEVLAR-tinkal-KEVLAR katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. Genel olarak bakıldığında PTFE-tinkal-PTFE katmanının proton geçirgenliği en fazla olduğu görülmekte ve proton zırhlaması diğer katmanlara göre daha kötü sonuç vermektedir. Genel olarak en iyi proton zırh malzemesi ise DYNEEMA-tinkal-DYNEEMA katmanıdır.

4.3.Kolemanit Katman Bulguları

Çizelge 4.2. Kolemanit ile oluşturulan katman malzemelerinin toplam tesir kesitleri

Kolemanit ϵ (cm ⁻¹)							
	Epoksi	DYNEEMA	ETFE	KEVLAR	NOMEX	PMMA	PTFE
20(MeV)	3,09	3,13	3,07	3,04	3,06	3,05	3,05
30(MeV)	3,04	3,06	3,06	2,96	3,02	2,99	2,94
40(MeV)	3,14	3,15	3,03	3,09	3,07	3,10	3,03
50(MeV)	3,27	3,36	3,22	3,27	3,16	3,30	3,16
60(MeV)	3,34	3,47	3,34	3,41	3,33	3,47	3,36
70(MeV)	3,50	3,54	3,41	3,50	3,36	3,38	3,28
80(MeV)	3,52	3,70	3,36	3,48	3,54	3,75	3,49
90(MeV)	3,54	3,57	3,54	3,59	3,64	3,66	3,53
100(MeV)	3,57	3,72	3,54	3,77	3,56	3,59	3,50
200(MeV)	3,95	3,91	3,72	3,77	4,06	3,91	3,91

Kolemanit katmanları ile oluşturulan katman malzemelerinin şekilde ki değerlerine baktığımızda genel olarak enerji seviyesinin artmasıyla tesir kesitinin de arttığı görülmektedir. Bu da oluşturulan malzemenin yüksek enerji seviyelerinde daha iyi proton zırhlama özelliği göstermektedir.



Grafik 4.2. Kolemanit katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

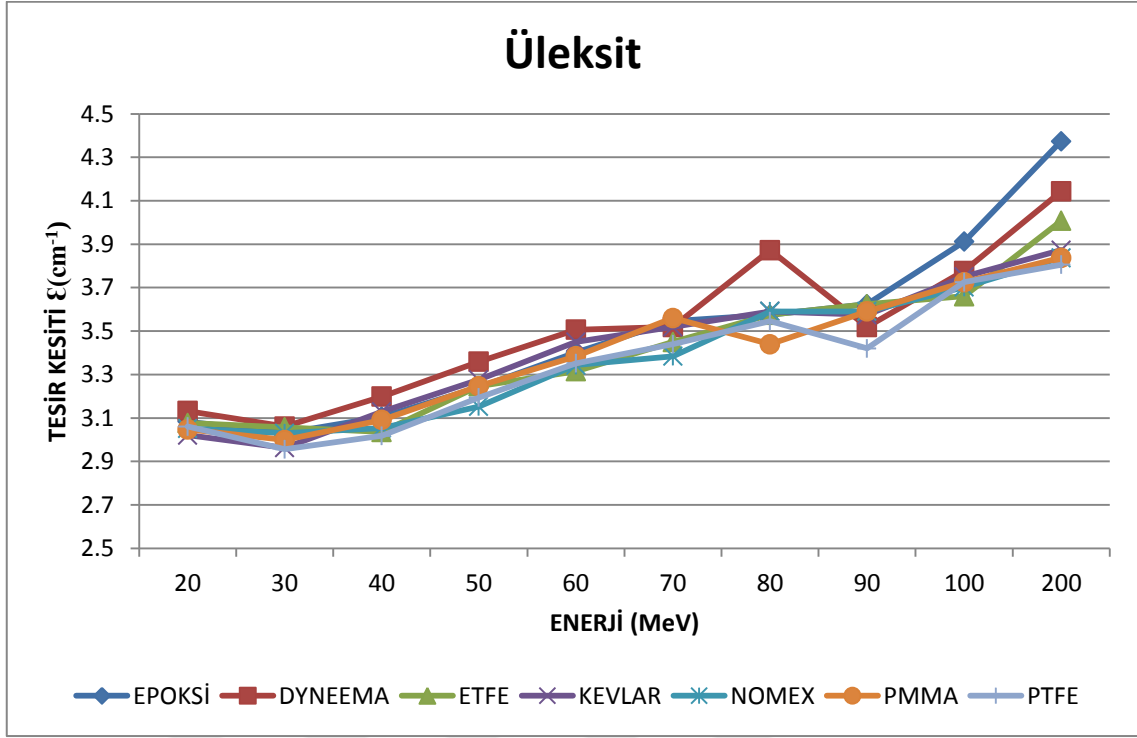
Grafiğe bakıldığında 20 MeV, 30MeV, 40MeV, 50MeV ve 70MeV de DYNEEMA-kolemanit-DYNEEMA katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. 80MeV ve 90MeV de PMMA-kolemanit-PMMA katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. 100MeV de KEVLAR-kolemanit-KEVLAR katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. 200MeV de NOMEX-kolemanit-NOMEX katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. Genel olarak bakıldığında PTFE-kolemanit-PTFE katmanının proton geçirgenliği en fazla olduğu görülmekte ve proton zırhlaması diğer katmanlara göre daha kötü sonuç vermektedir. Genel olarak en az proton geçirgenliğe sahip yani en iyi proton zırhlama özelliği DYNEEMA-kolemanit-DYNEEMA katmanıdır.

4.4.Üleksit Katman Bulguları

Çizelge 4.3. Üleksit ile oluşturulan katman malzemelerinin toplam tesir kesitleri

Üleksit $\Sigma(\text{cm}^{-1})$							
	Epoksi	DYNEEMA	ETFE	KEVLAR	NOMEX	PMMA	PTFE
20(MeV)	3,08	3,13	3,07	3,02	3,05	3,04	3,06
30(MeV)	3,02	3,06	3,05	2,96	3,02	2,99	2,95
40(MeV)	3,10	3,19	3,03	3,12	3,05	3,09	3,01
50(MeV)	3,24	3,35	3,24	3,27	3,15	3,24	3,19
60(MeV)	3,40	3,50	3,31	3,45	3,34	3,38	3,35
70(MeV)	3,54	3,51	3,45	3,51	3,38	3,56	3,44
80(MeV)	3,57	3,87	3,57	3,59	3,59	3,44	3,54
90(MeV)	3,62	3,51	3,62	3,57	3,59	3,59	3,42
100(MeV)	3,91	3,77	3,66	3,75	3,70	3,72	3,72
200(MeV)	4,37	4,14	4,00	3,87	3,83	3,83	3,80

Üleksit katmanları ile oluşturulan katman malzemelerinin şekilde ki değerlerine baktığımızda genel olarak enerji seviyesinin artmasıyla tesir kesitinin de arttığını görmekteyiz. Bu da oluşturulan malzemenin yüksek enerji seviyelerinde daha iyi proton zırhlama özelliği göstermektedir.



Grafik 4.3. Üleksit katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe bakıldığında 20 MeV, 30MeV ,40MeV, 50MeV ve 80MeV de DYNEEMA-üleksit-DYNEEMA katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. 70MeV de PMMA-üleksit-PMMA katmanı daha iyi proton zırhlama özelliği göstermektedir. 90MeV de epoksi-üleksit-epoksi ve ETFE-üleksit-ETFE katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. 100MeV ve 200MeV de epoksi-üleksit-epoksi katmanı daha iyi proton zırh malzemesidir. Genel olarak bakıldığında PTFE-üleksit-PTFE katmanının proton geçirgenliği en fazla olduğu görülmekte ve proton zırh malzemesi olarak diğer katmanlara göre daha kötü sonuç vermektedir. Genel olarak 20MeV ile 80 MeV arasında en az proton geçirgenliğe sahip yani en iyi proton zırh malzemesi DYNEEMA-üleksit-DYNEEMA katmanıdır. 100MeV ile 200MeV arasında en az proton geçirgenliğe sahip yani en iyi proton zırh malzemesi epoksi-üleksit-epoksi katmanıdır.

Katman verilerini genel bir bakış açısı ile değerlendirecek olursa DYNEEMA ile Türkiye de yüksek oranda bulunan bor mineralleriyle oluşturulan katmanlar yüksek oranda diğer polimer katmanlarından daha iyi sonuçlar vermiştir.

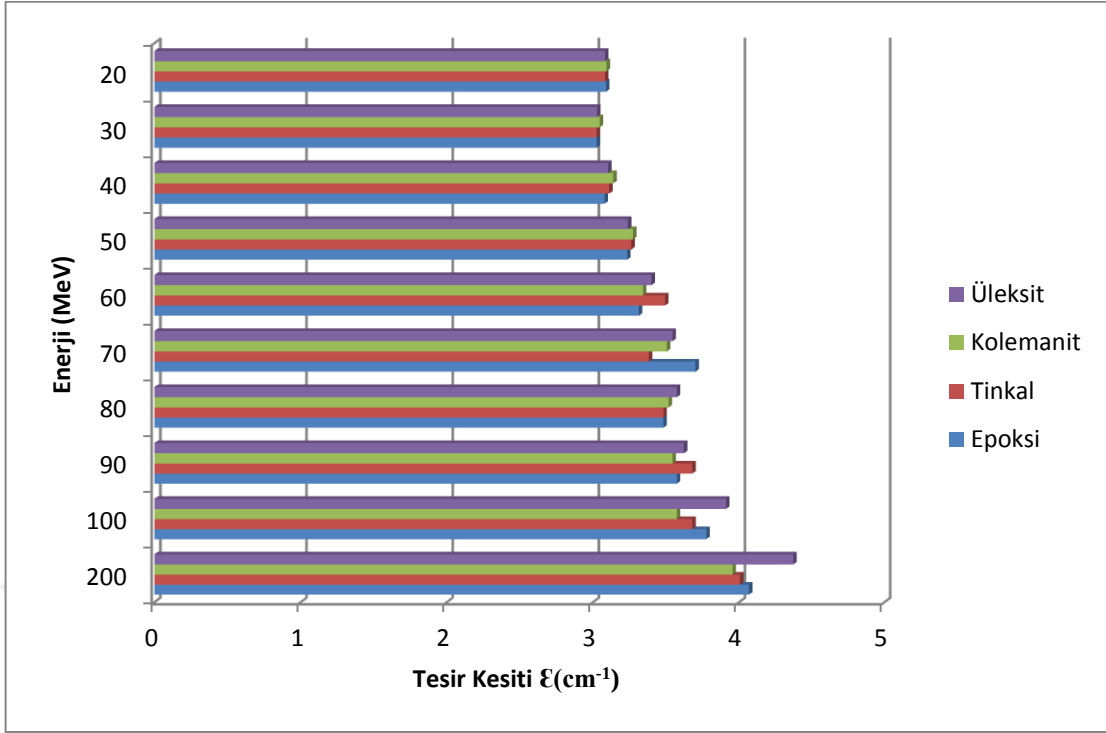
Aynı verileri sadece polimer malzemeleriyle oluşturulmuş katmanlar ile karşılaştırdığımızda sonuçlar daha doğru bir şekilde görülecektir. Hangi enerji seviyelerinde Türkiye de bulunan bor mineralleriyle oluşturulan katmanlarda daha iyi zırh malzemesi olacağını göreceğiz.

4.5.Epoksi Katmanları

Çizelge 4.4. Sadece epoksi ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

Epoksi $\Sigma(\text{cm}^{-1})$				
Enerji	Epoksi	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	4,06	4,00	3,95	4,37
100MeV	3,77	3,68	3,57	3,91
90MeV	3,57	3,68	3,54	3,62
80MeV	3,48	3,48	3,52	3,57
70MeV	3,70	3,38	3,50	3,54
60MeV	3,31	3,49	3,34	3,40
50MeV	3,23	3,26	3,27	3,24
40MeV	3,08	3,11	3,14	3,10
30MeV	3,02	3,02	3,04	3,03
20MeV	3,09	3,08	3,09	3,08

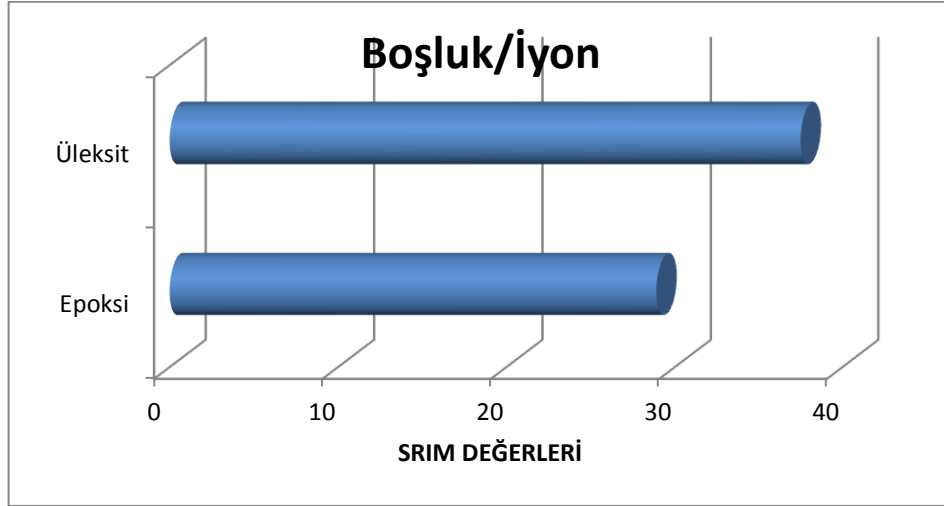
Burada değerlendirmeyi şekilden çok grafikten yapmak daha doğru olacaktır. Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde epoksi katmanının bu tez kapsamında geliştirilen malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunu değerlendirmeyi kolaylaştıracaktır.



Grafik 4.4. Epoksi ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe bakıldığında 70MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görülmektedir. Böylelikle epoksi polimeri için ülkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği değerlendirilebilir.

Tesir kesitindeki en büyük fark ise 200 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için üleksit ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu görülmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşumu incelenmiştir.



Grafik 4.5. 200 MeV de epoksi-üleksit-epoksi katmanı ile epoksi-epoksi-epoksi katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

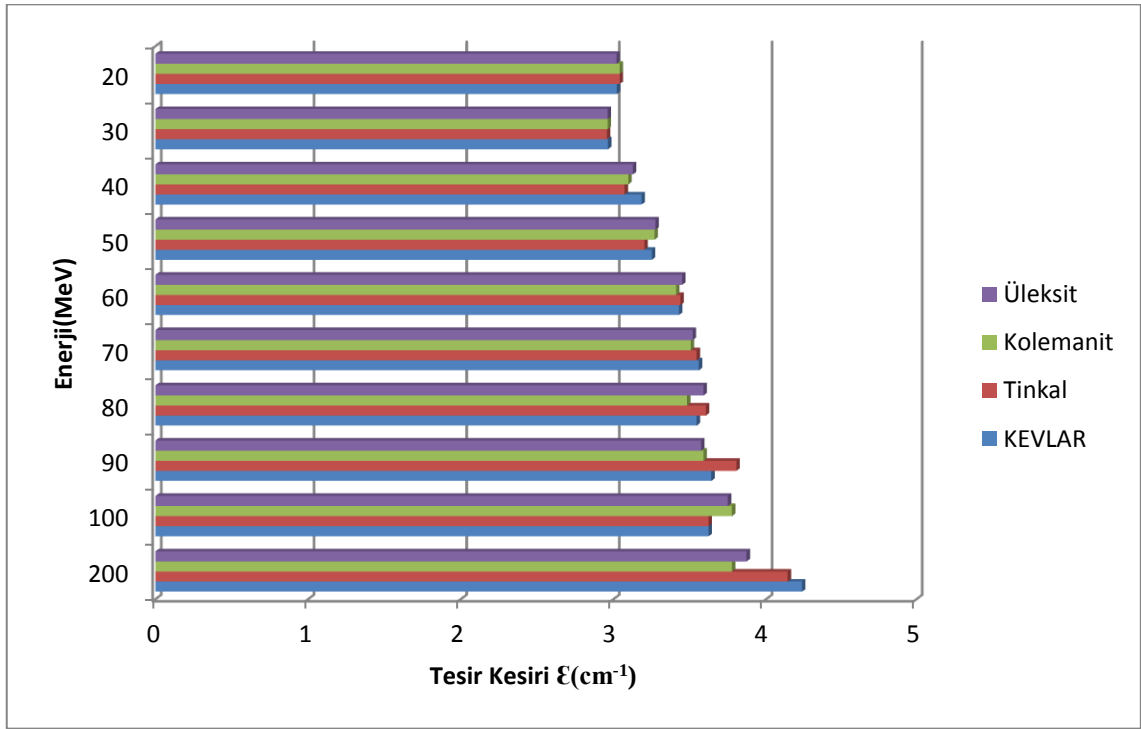
Grafik 4.5'te görüldüğü gibi 200 MeV de epoksi-üleksit-epoksi malzemesinde oluşan boşluk üç katlı epoksi polimerinden daha fazladır.

4.6.KEVLAR Katmanları

Çizelge 4.5. Sadece KEVLAR ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

KEVLAR $\xi(\text{cm}^{-1})$				
	KEVLAR	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	4,24	4,14	3,77	3,87
100MeV	3,62	3,62	3,77	3,75
90MeV	3,64	3,80	3,59	3,57
80MeV	3,54	3,60	3,48	3,59
70MeV	3,56	3,54	3,50	3,52
60MeV	3,43	3,44	3,41	3,45
50MeV	3,25	3,20	3,27	3,27
40MeV	3,18	3,07	3,09	3,13
30MeV	2,96	2,96	2,96	2,96
20MeV	3,02	3,04	3,04	3,02

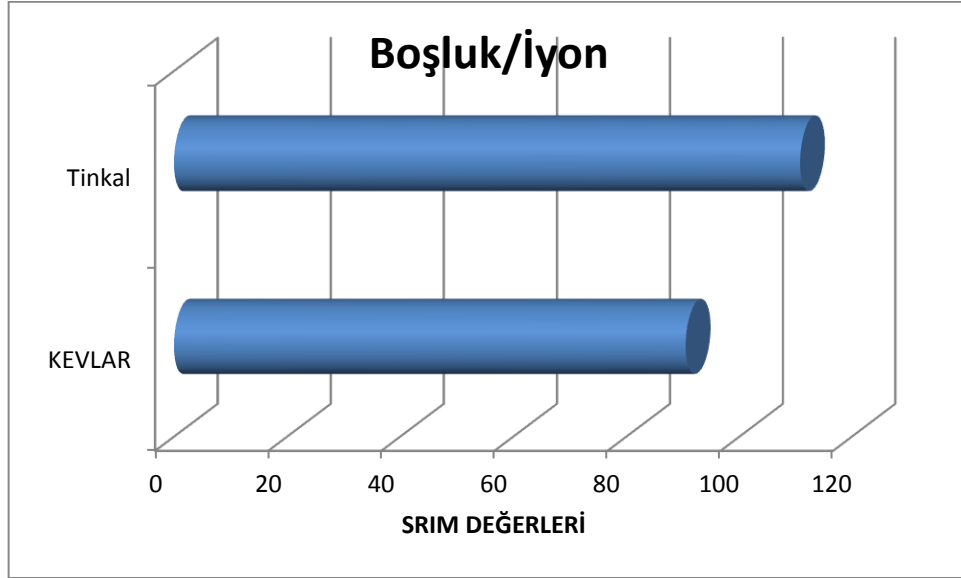
Burada değerlendirmeyi Şekilden çok grafikten yapmak daha doğru olacaktır. Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde KEVLAR katmanının geliştirmiş olduğumuz malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunun değerlendirilmesini kolaylaştıracaktır.



Grafik 4.6. KEVLAR ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe baktığımızda 40MeV, 70MeV ve 200MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görünüyor. Böylelikle KEVLAR polimeri için ülkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği görünmektedir.

Tesir kesitindeki en büyük fark ise 90 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için tinkal ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu görülmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşumu incelenmiştir.



Grafik 4.7. 90 MeV de KEVLAR-tinkal-KEVLAR katmanı ile KEVLAR-KEVLAR-KEVLAR katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

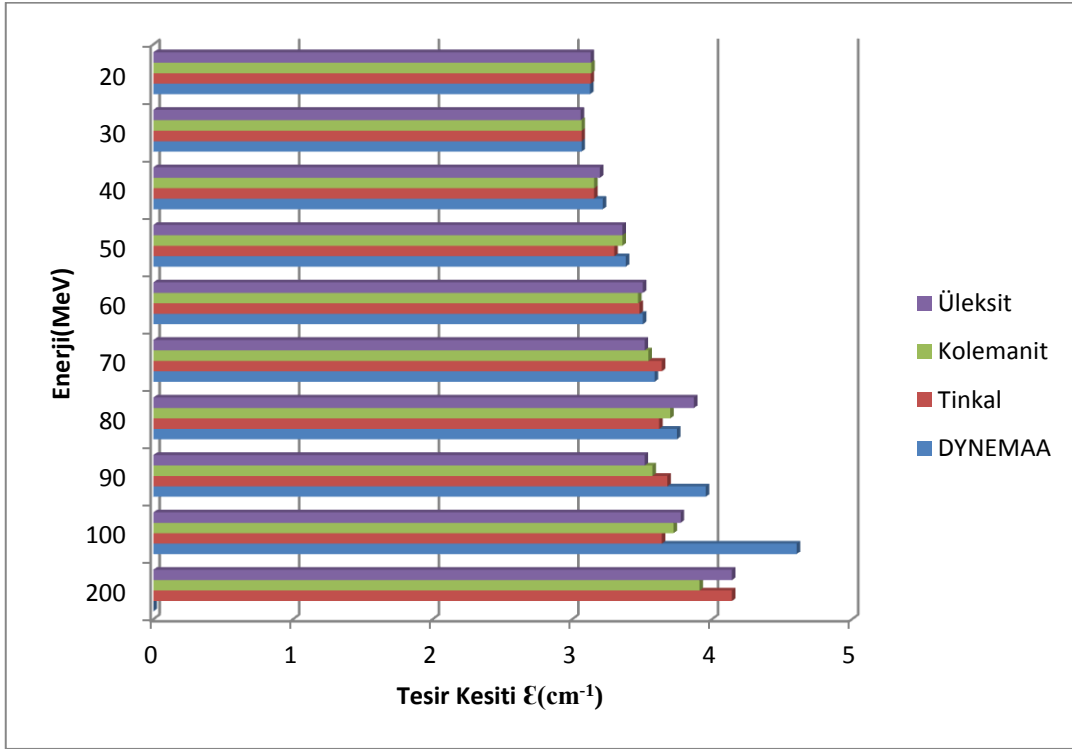
Grafik 4.7’de görüldüğü gibi 90 MeV de KEVLAR-tinkal-KEVLAR malzemesinde oluşan boşluk üç katlı KEVLAR polimerinden daha fazladır.

4.7.DYNEEMA Katmanları

Çizelge 4.6. Sadece DYNEEMA ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

DYNEEMA $\Sigma(\text{cm}^{-1})$				
	DYNEEMA	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	-----	4,14	3,91	4,14
100MeV	4,60	3,64	3,72	3,78
90MeV	3,95	3,68	3,57	3,52
80MeV	3,75	3,62	3,70	3,87
70MeV	3,59	3,64	3,54	3,52
60MeV	3,50	3,48	3,47	3,51
50MeV	3,38	3,30	3,36	3,36
40MeV	3,22	3,15	3,15	3,19
30MeV	3,06	3,06	3,06	3,06
20MeV	3,13	3,13	3,13	3,13

Burada değerlendirmeyi şekilden çok grafikten yapmak daha doğru olacaktır. Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde DYNEEMA katmanının geliştirmiş olduğumuz malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunu değerlendirmemizi kolaylaştıracaktır.

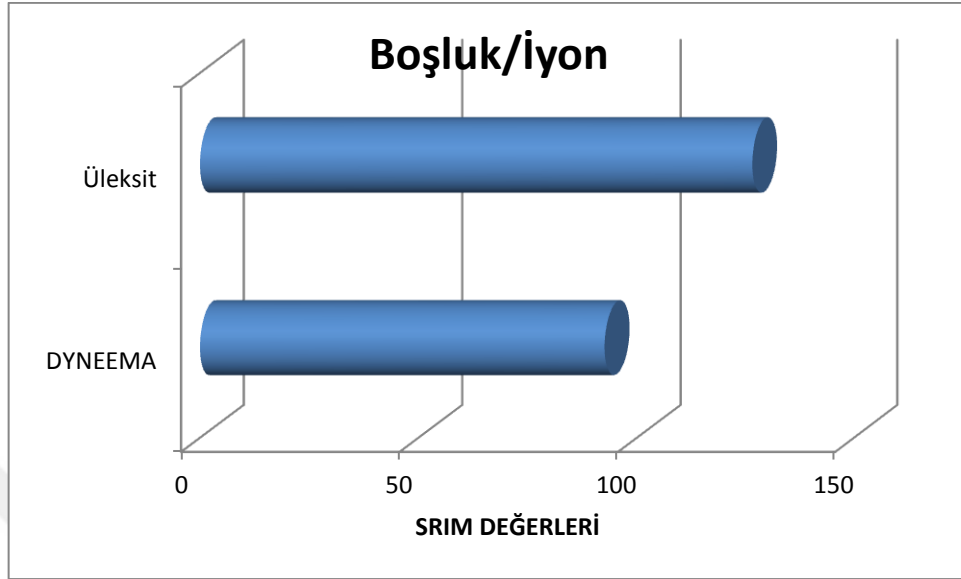


Grafik 4.8. DYNEEMA ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe bakıldığında 40 MeV, 50 MeV, 90 MeV ve 100 MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olduğu grlmektedir. DYNEEMA polimerinin bulgular kısmındaki üleksit, kolemanit ve tinkal katmanları bulguları kısmında en iyi zırh malzemesi çıkmıştı. Bu kısımda da bunu tekrar görmüş oluyoruz. Genel olarak DYNEEMA katmanı bor mineralleri ile oluşturmuş olduğumuz katmanlarla hemen hemen aynı tesir kesitlerine sahiptir.

Tesir kesitindeki en büyük fark ise 80 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için üleksit ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu

görülmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşumu incelenmiştir.



Grafik 4.9. 80 MeV de DYNEEMA-üleksit-DYNEEMA katmanı ile DYNEEMA-DYNEEMA-DYNEEMA katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

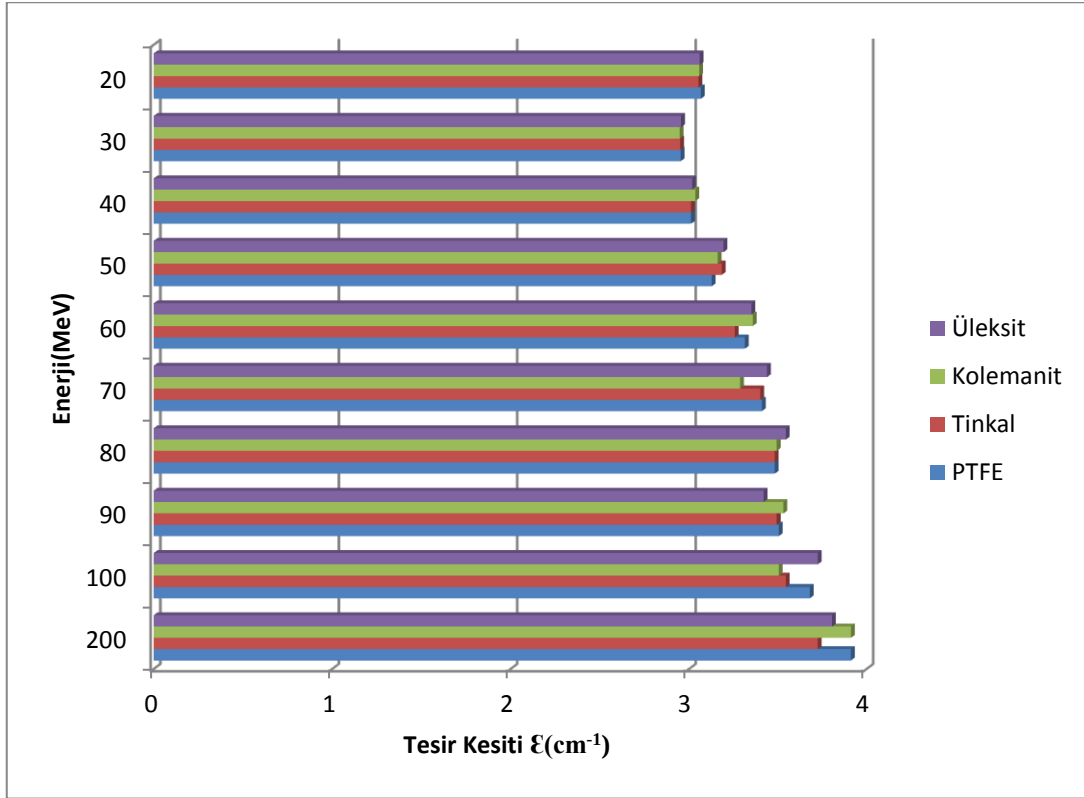
Grafik 4.9 da görüldüğü gibi 80 MeV de DYNEEMA-üleksit-DYNEEMA malzemesinde oluşan boşluk üç katlı DYNEEMA polimerinden daha fazladır.

4.8.PTFE Katmanları

Çizelge 4.7. Sadece PTFE ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

PTFE $\Sigma(\text{cm}^{-1})$				
	PTFE	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	3,91	3,72	3,91	3,80
100MeV	3,68	3,54	3,50	3,72
90MeV	3,50	3,49	3,53	3,42
80MeV	3,48	3,48	3,49	3,54
70MeV	3,41	3,40	3,28	3,44
60MeV	3,31	3,25	3,36	3,35
50MeV	3,13	3,18	3,16	3,19
40MeV	3,01	3,01	3,03	3,02
30MeV	2,95	2,95	2,95	2,95
20MeV	3,06	3,05	3,05	3,06

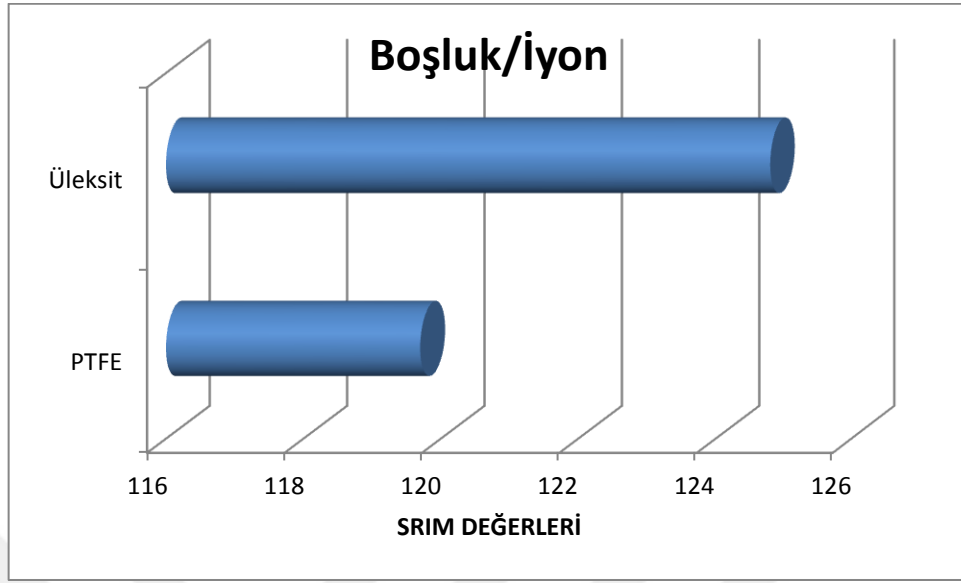
Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde PTFE katmanının geliştirilen malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunu değerlendirmemizi kolaylaştıracaktır.



Grafik 4.10. PTFE ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe bakıldığında 20 MeV ve 200 MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olarak görülmektedir. Böylelikle PTFE polimeri için ülkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği görülmektedir.

Tesar kesitindeki en büyük fark ise 100 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için üleksit ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu görülmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşumu incelenmiştir.



Grafik 4.11. 100 MeV de PTFE-üleksit-PTFE katmanı ile PTFE-PTFE-PTFE katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

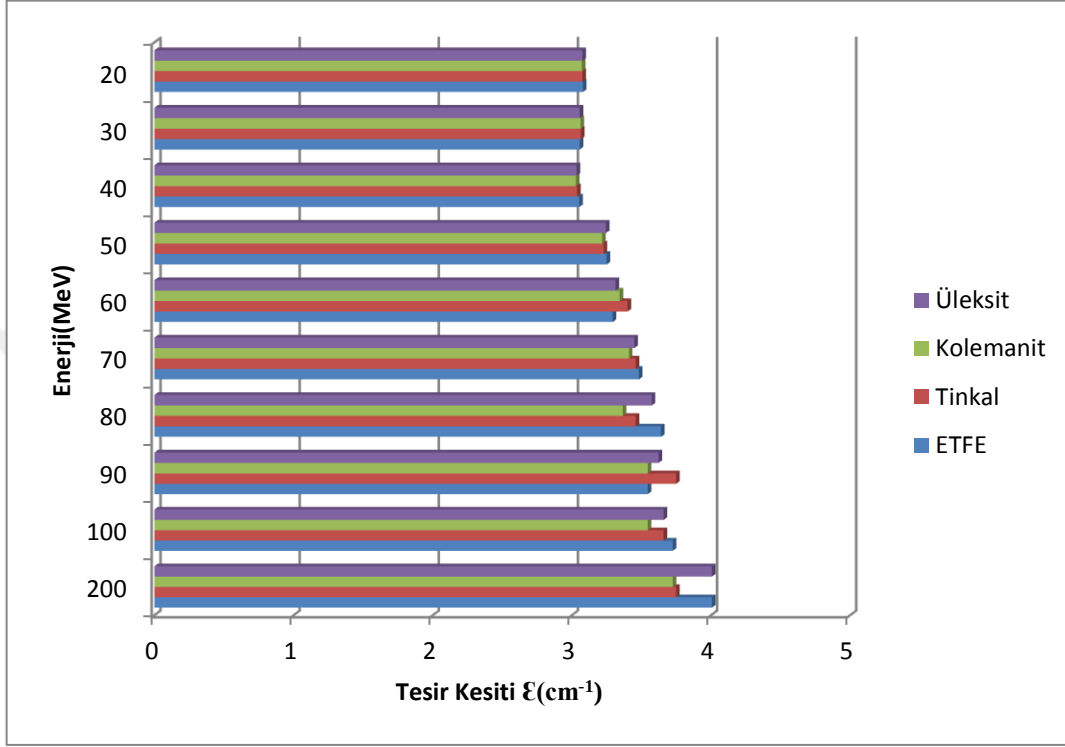
Grafik 4.11 de görüldüğü gibi 100 MeV de PTFE-üleksit-PTFE malzemesinde oluşan boşluk üç katlı PTFE polimerinden daha fazladır.

4.9.ETFE Katmanları

Çizelge 4.8. Sadece ETFE ve bor mineralleri ile oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

ETFE $\xi(\text{cm}^{-1})$				
	ETFE	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	4,01	3,75	3,72	4,01
100MeV	3,72	3,66	3,54	3,66
90MeV	3,54	3,75	3,54	3,62
80MeV	3,64	3,46	3,36	3,57
70MeV	3,48	3,46	3,41	3,45
60MeV	3,29	3,40	3,34	3,31
50MeV	3,25	3,23	3,22	3,24
40MeV	3,05	3,04	3,03	3,03
30MeV	3,05	3,06	3,06	3,05
20MeV	3,08	3,07	3,07	3,07

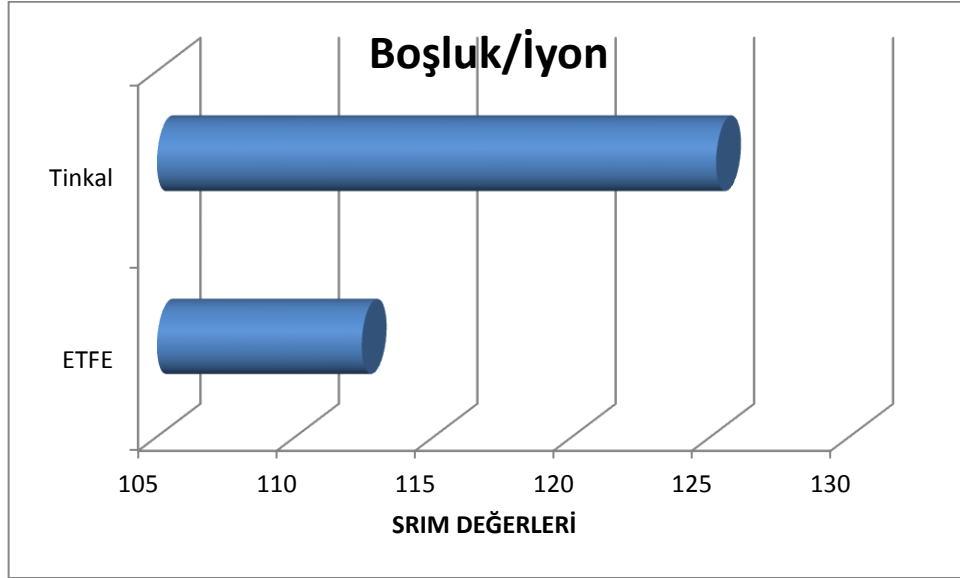
Burada değerlendirmeyi Şekilden çok grafikten yapmak daha doğru olacaktır. Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde ETFE katmanının geliştirilen malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunu değerlendirmeyi kolaylaştıracaktır.



Grafik 4.12. ETFE ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe baktığımızda 40MeV, 70MeV ve 100MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görölmektedir. Böylelikle ETFE polimeri için ölkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği ifade edilebilir.

Tesir kesitindeki en büyük fark ise 90 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için tinkal ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu görölmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşturumu incelenmiştir.



Grafik 4.13. 90 MeV de ETFE-tinkal-ETFE katmanı ile ETFE-ETFE-ETFE katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

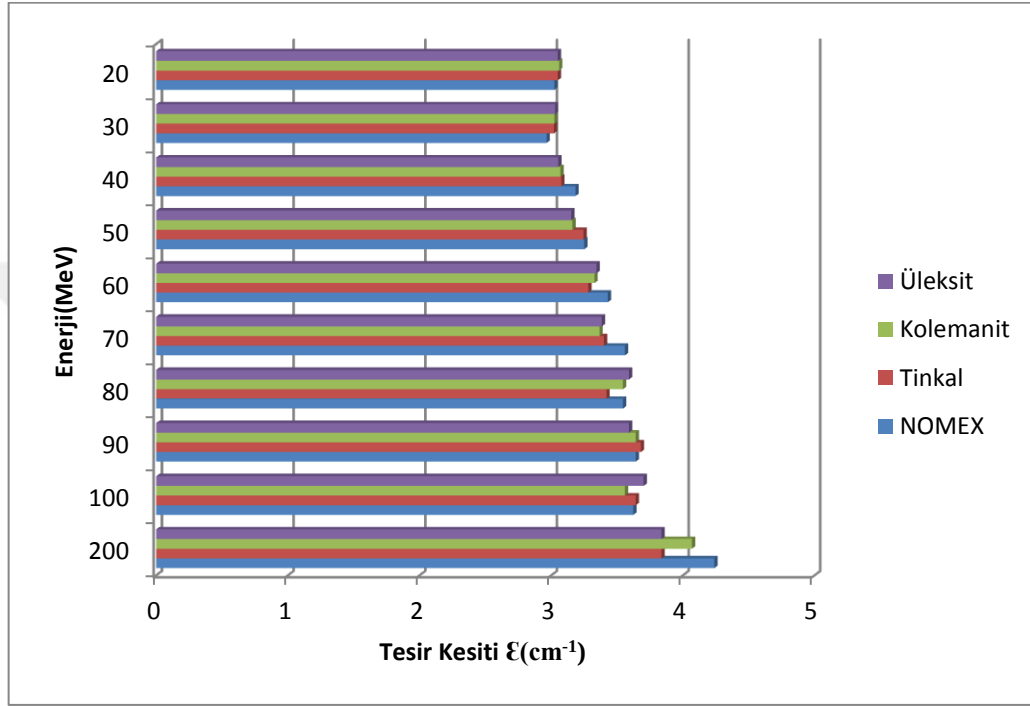
Grafik 4.13 de görüldüğü gibi 90 MeV de ETFE-tinkal-ETFE malzemesinde oluşan boşluk üç katlı ETFE polimerinden daha fazladır.

4.10.NOMEX Katmanları

Çizelge 4.9. Sadece NOMEX ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

NOMEX $\Sigma(\text{cm}^{-1})$				
	NOMEX	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	4,24	3,83	4,07	3,83
100MeV	3,62	3,64	3,56	3,70
90MeV	3,64	3,68	3,64	3,59
80MeV	3,54	3,42	3,54	3,59
70MeV	3,56	3,40	3,36	3,38
60MeV	3,43	3,28	3,33	3,34
50MeV	3,25	3,24	3,16	3,15
40MeV	3,18	3,07	3,07	3,05
30MeV	2,96	3,02	3,02	3,03
20MeV	3,02	3,05	3,06	3,05

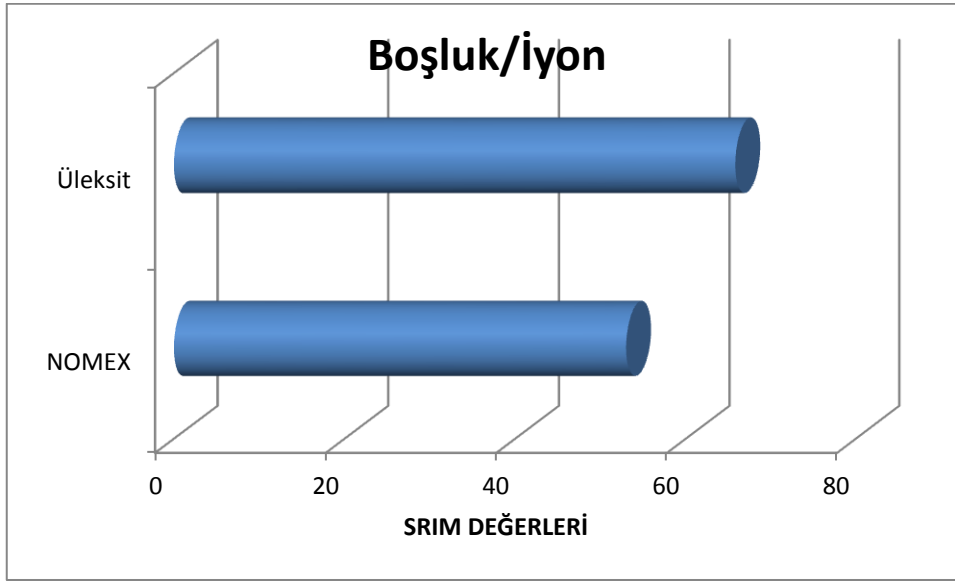
Burada değerlendirmeyi Şekilden çok grafikten yapmak daha doğru olacaktır. Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde NOMEX katmanının geliştirilen malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunu değerlendirmeyi kolaylaştıracaktır.



Grafik 4.14. NOMEX ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesir kesitleri

Grafiğe bakıldığında 40 MeV, 50 MeV, 60 MeV, 70 MeV ve 200 MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olduğu grlmektedir. Genel olarak NOMEX katmanı bor mineralleri kullanılarak oluşturulan katmanlarla hemen hemen aynı tesir kesiti değerlerine sahiptir.

Tesir kesitindeki en büyük fark ise 100 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için üleksit ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu grlmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşumu incelenmiştir.



Grafik 4.15. 100 MeV de NOMEX-üleksit-NOMEX katmanı ile NOMEX-NOMEX-NOMEX katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

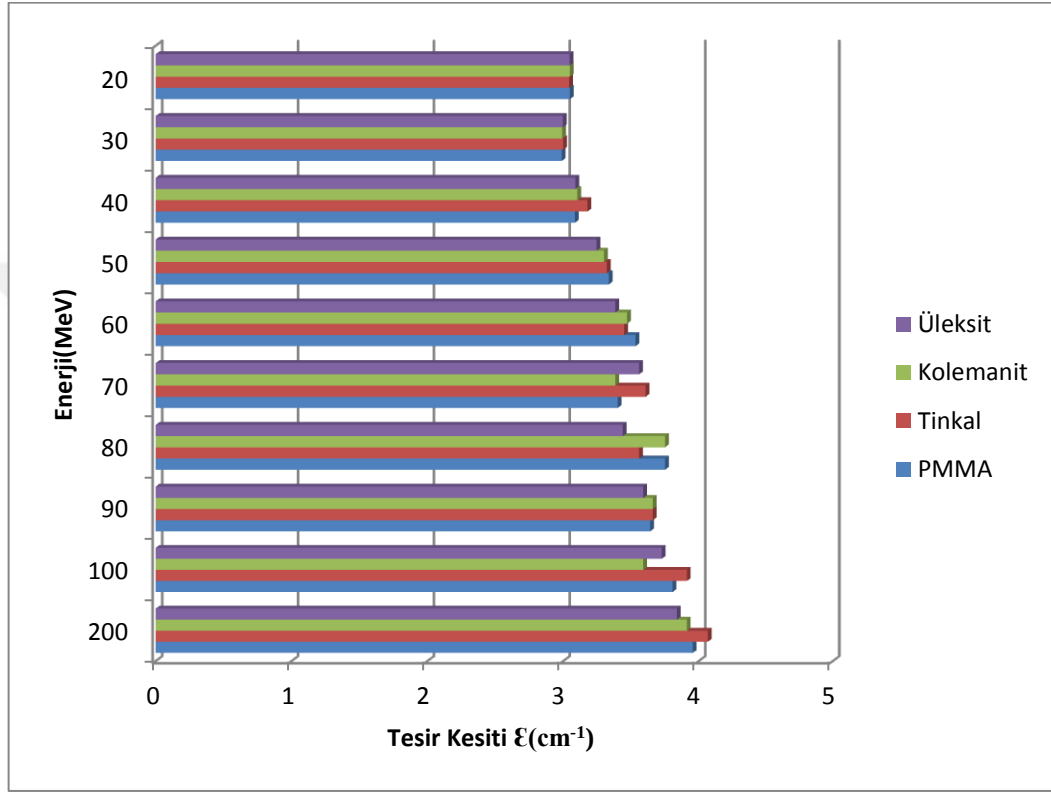
Grafik 4.15 de görüldüğü gibi 100 MeV de NOMEX-üleksit-NOMEX malzemesinde oluşan boşluk üç katlı NOMEX polimerinden daha fazladır.

4.11.PMMA Katmanları

Çizelge 4.10. Sadece PMMA ve bor mineralleri oluşturulmuş toplam tesir kesitleri

PMMA $\epsilon(\text{cm}^{-1})$				
	PMMA	Tinkal	Kolemanit	Üleksit
200MeV	3,95	4,06	3,91	3,83
100MeV	3,80	3,91	3,59	3,72
90MeV	3,64	3,66	3,66	3,59
80MeV	3,75	3,56	3,75	3,44
70MeV	3,40	3,60	3,38	3,56
60MeV	3,53	3,45	3,47	3,38
50MeV	3,33	3,32	3,30	3,24
40MeV	3,08	3,18	3,10	3,09
30MeV	2,99	3,00	2,99	2,99
20MeV	3,05	3,04	3,05	3,04

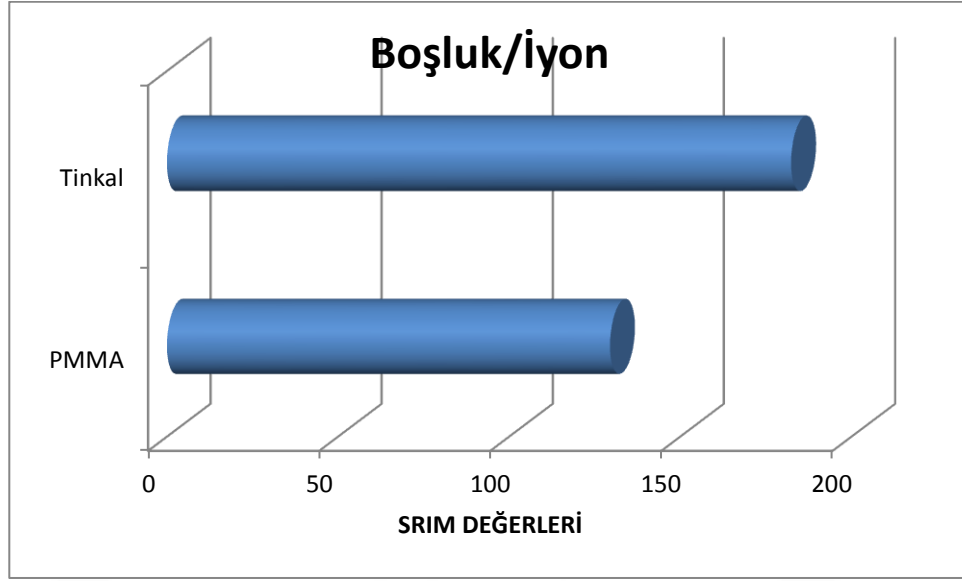
Burada değerlendirmeyi Şekilden çok grafikten yapmak daha doğru olacaktır. Hangi enerji seviyelerinde malzemenin geliştirildiğini hangi enerji seviyelerinde PMMA katmanının geliştirilen malzemelerden daha iyi bir zırh olduğunu değerlendirmeyi kolaylaştıracaktır.



Grafik 4.16. PMMA ile diğer bor mineralleriyle oluşturulmuş katmanların enerji seviyelerine göre tesis kesitleri

Grafiğe bakıldığında 50 MeV ve 60 MeV enerji seviyesi hariç diğer bütün enerji seviyelerinde bor mineralleriyle oluşturulmuş katman malzemeleri daha iyi proton zırh malzemesi olduğu g r lmektedir. Genel olarak PMMA katmanı bor mineralleri ile oluşturmuş olduğumuz katmanlarla hemen hemen aynı tesis kesiti değerlerine sahiptir.

Tesis kesitindeki en büyük fark ise 70 MeV enerji seviyesinde olmuştur. Bu enerji seviyesi için tinkal ile oluşturulan katmanın çok iyi zırh malzemesi olduğu g r lmektedir. Ayrıca bu enerji seviyesi için SRIM programında malzemenin boşluk oluşumu incelenmiştir.



Grafik 4.17. 70 MeV de PMMA-tinkal-PMMA katmanı ile PMMA-PMMA-PMMA katmanının boşluk/iyon değerleri (SRIM)

Grafik 4.17 de görüldüğü gibi 70 MeV de PMMA-tinkal-PMMA malzemesinde oluşan boşluk üç katlı PMMA polimerinden daha fazladır.

5. SONUÇ

Tinkal ile oluşturulan katmanlarda en iyi zırh malzemesi enerji seviyelerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak ise DYNEEMA ile oluşturulan katmanın iyi bir zırh malzemesi olduğu görülmüştür. Zırh özelliği en düşük katman malzemesi ise PTFE olarak görülmektedir. Tinkal katmanlarında enerji seviyesi arttıkça zırh malzemesi özelliği de artmıştır.

Kolemanit ile oluşturulan katmanlarda en iyi zırh malzemesi enerji seviyelerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak ise DYNEEMA ile oluşturulan katmanın iyi bir zırh malzemesi olduğu görülmüştür. Zırh özelliği en düşük katman malzemesi ise PTFE olarak görülmektedir. Kolemanit katmanlarında enerji seviyesi arttıkça zırh malzemesi özelliği de artmıştır.

Üleksit ile oluşturulan katmanlarda en iyi zırh malzemesi enerji seviyelerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak ise DYNEEMA ile oluşturulan katmanın iyi bir zırh malzemesi olduğu görülmüştür. Zırh özelliği en düşük katman malzemesi ise

PTFE olarak görülmektedir. Üleksit katmanlarında enerji seviyesi arttıkça zırh malzemesi özelliği de artmıştır.

Bu üç bor mineralleri oluşturulmuş katmanlarda üç mineralde de DYNEEMA en iyi zırh malzemesi yani en az proton geçiren malzeme olarak görülmektedir. Zırh özelliği en düşük olan katman malzemesi olarak ise PTFE görülmektedir.

Epoksi polimeri için ülkemizdeki bor mineralleri iyi bir ara katman malzemesi olduğu görülmüştür. Bor mineralleri ile oluşturulan malzemeler genel olarak üç katmanlı epoksi polimerinden daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görülmüştür.

KEVLAR polimeri için ülkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği görünmektedir. Bor mineralleri ile oluşturulan malzemeler genel olarak üç katmanlı KEVLAR polimerinden daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görülmüştür.

Genel olarak DYNEEMA katmanı Bor mineralleri ile oluşturmuş olduğumuz katmanlarla hemen hemen aynı tesir kesitlerine sahiptir. DYNEEMA ile bor mineralleriyle oluşturulan malzemelerde diğer polimerlerden daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görülmüştür.

PTFE polimeri için ülkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği görünmektedir. Bor mineralleri ile oluşturulan malzemeler genel olarak üç katmanlı PTFE polimerinden daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görülmüştür.

ETFE polimeri için ülkemizde bulunan bor minerallerinin iyi bir ara katman olarak kullanılabileceği görünmektedir. Bor mineralleri ile oluşturulan malzemeler genel olarak üç katmanlı ETFE polimerinden daha iyi proton zırh malzemesi olduğu görülmüştür.

Genel olarak NOMEX katmanı Bor mineralleri ile oluşturulan katmanlarla hemen hemen aynı tesir kesiti değerlerine sahiptir. Proton zırh özellikleri birbirine çok yakın değerlere sahiptir.

PMMA katmanı bor mineralleri ile oluşturmuş olduğumuz katmanlarla hemen hemen aynı tesir kesitlerine sahiptir. Proton zırh özellikleri birbirine çok yakın değerlere sahiptir.

Bor mineralleri uzay çalışmalarında kullanılan polimere bir alternatif olarak kullanılabileceği görülmüştür.



KAYNAKÇA

- Bor, 2015 Radyasyon nedir kılavuzu Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü
- Anonim, <http://webmineral.com/data/Ulexite.shtml#.XeEs6JMzbIU>
- Anonim, <http://www.etimaden.gov.tr/uleksit>
- Anonim, <http://www.etimaden.gov.tr/kolemanit>
- Anonim, <http://www.etimaden.gov.tr/tinkal>
- Anonim, <https://www.wpe-uk.de/tr/proton-terapisi-hakkinda/>
- Pehlivan B. Ve Topkan E. Ve Yavuz A. Ege Tıp Dergisi/Ege Journal of Medicine 50(1);1-6,2011
- Dendale R Lumbroso-Le Rouic L., Noel G, Feuvret L., Levy C., Dealacroix S., et al. Proton beam radiotherapy for uveal melanoma:Results of Curie Institut-Orsay ProtonTherapy center (ICPO). Int J. Radiat Oncol Biol Phys 2006; 65(3): 780-787.
- Zorlu F, Gurkaynak M, Yildiz F, Oge K, Atahan IL. Conventional external radiotherapy in the management of clivus chordomas with overt residual disease. Neurol Sci 2000; 21(4): 203-207.
- Munzenrider JE, Liebsch NJ. Proton therapy for tumors of the skull base. Strahlenther Onkol. 1999; 175(Suppl 2): 57-63.
- Anonim, The official FLUKA site: FLUKA home
- Anonim, <http://cdsweb.cern.ch/journal/CERNBulletin/2012/20/News%20Articles/1447488?ln=en>
- Anonim, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Epoxy-resin>
- Ha Q. Pham, Maurice J. Marks. "Epoxy Resins". *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (15 October 2005)
- Kurtz, Steven M. (2004). The UHMWPE_handbook: ultra-high molecular weight polyethylene in total joint replacement
- Anonim, <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGV>

kaWEub3JnL3dpa2kvS2V2bGFy

Anonim, <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvRVRGRQ>

Anonim, <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVGVMbG9u>

Anonim, <https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvTm9tZXg>

Anonim, <https://www.boren.gov.tr/Sayfa/bor-elementi/23>

Emrullahoğlu, Prof. Dr. Ö. Faruk; ABİ, Yrd. Doç. Dr. C. Betül. "İLERİ Ve NANO TEKNOLOJİ SERAMİKLERİ İleri ve Nano Teknoloji Seramikleri

Anonim, <https://www.boren.gov.tr/>

Biersack, J. P.; Haggmark, L. G. (1980). "A Monte Carlo computer program for the transport of energetic ions in amorphous targets

Bilim ve Teknik Dergisi, 2014 Sayı:557

MUTLUER, A. S. 2017. Proton Terapi Nedir

ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler

Ad Soyad	Onur DEMİRCİ
Doğum Tarihi	28.02.1992
Doğum Yeri	AKSARAY
E-posta Adresi	demircionur3@gmail.com

2. Eğitim Bilgileri

Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Yüksek Lisans	Sinop Üniversitesi, Disiplinlerarası Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Mühendisliği

3. İş Deneyimi

Mayıs 2016	Baydoğan Asansör
Şubat 2019	Gear Mühendislik Ltd. Şti.