

**HAFIF ELEMENTLERDE İZOTOP ÜRETİMİNİN  
TEORİKSEL OLARAK HESAPLANMASI VE ANALİZİ**

**Mehmet TAYFUN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Fizik Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. İskender DEMİRKOL**

**2017**

**Her hakkı saklıdır**

**T.C.  
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAFİF ELEMENTLERDE İZOTOP  
ÜRETİMİNİN TEORİKSEL OLARAK  
HESAPLANMASI VE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet TAYFUN**

**Enstitü Anabilim Dalı : FİZİK**  
**Tez Danışmanı : Prof. Dr. İskender DEMİRKOL**

**Şubat 2017**

**T.C.  
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAFİF ELEMENTLERDE İZOTOP ÜRETİMİNİN TEORİKSEL  
OLARAK HESAPLANMASI VE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet TAYFUN**

**Enstitü Anabilim Dalı : FİZİK**

**Bu tez 17/02/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ  
Jüri Başkanı**

**Prof. Dr. İskender DEMİRKOL  
Üye**

**Doç. Dr. Nezir YILDIRIM  
Üye**

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. İbrahim Y. ERDOĞAN  
Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada hafif elementler kullanılarak proton ile splasyonu sonucu meydana gelen izotopların oluşum tesir kesiti ve Kütle numarası(A)'na göre oluşma tesir kesiti değerlerinin teorik hesaplaması yapılmış deneysel ve teorik sonuçları analiz edilmiştir. Bu Tez çalışmalarım boyunca yardımlarını, bilgi ve birikimini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli desteği veren değerli hocam Sayın Prof. Dr. İskender DEMİRKOL'a teşekkür ederim. Ayrıca Tez aşamasına geçene kadar dersini aldığım ve kişilik olarak takdir ettiğim Yrd. Doç. Dr. Ferdi AKMAN hocama, tez aşamasında takıldığım noktalarda desteğini esirgemeyen Çankırı Karatekin Üniversitesinden Yrd. Doç. Dr. İlyas İNCİ'ye teşekkür ederim. Son olarak bana manevi yönde yardımcı olan eşim Zeynep ÇEVİK TAYFUN'a ve dünyalar tatlısı oğlum Muhammed Ali TAYFUN'a teşekkürlerimi sunarım.

**Mehmet TAYFUN**

**Bingöl 2017**

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	2
2.1. Hızlandırıcılar.....	2
2.1.1. Düşük Enerjili Hızlandırıcılar.....	3
2.1.2. Orta Enerjili Hızlandırıcılar.....	3
2.1.3. Yüksek Enerjili Hızlandırıcılar.....	3
2.2. Hızlandırıcı Çeşitleri.....	4
2.2.1. Elektrostatik Hızlandırıcılar.....	4
2.2.1.1. Cockcroft-Walton jeneratörü.....	5
2.2.1.2. Van de Graff jeneratörü.....	6
2.2.2. Siklotron Hızlandırıcıları.....	6
2.2.2.1. Siklotron Hızlandırıcıların Çalışma Prensibi.....	8
2.2.3. Sinkrotron.....	9
2.2.4. Lineer Hızlandırıcılar.....	10
2.3. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem.....	11
2.3.1. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem Tanımı.....	13
2.3.2. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem Amacı.....	13
2.3.3. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem Bölümleri.....	13

2.3.4. Hızlandırıcıların Tarihçesi.....	14
2.4. Türkiye’de Hızlandırıcı Merkezi ve Gelişimi.....	15
2.4.1. Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi Süreç.....	16
2.4.2. Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesinde Tasarımı Yapılan Tesisler.....	17
2.4.2.1. Sinkrotron Işınımı Tesisi.....	17
2.4.2.2. Proton Hızlandırıcısı.....	17
2.4.2.3. Serbest Elektron Lazeri.....	17
2.4.2.4. Parçacık Fabrikası.....	17
2.5. Dünyadaki Başlıca Hızlandırıcılar.....	18
2.5.1. CERN.....	18
2.5.1.1. CERN’ deki Bazı Çarpıştırıcılar ve Detektörler.	20
2.5.1.1.1. LHC (Large Hadron Collider).....	20
2.5.2. FERMİLAB.....	20
2.5.3. DESY.....	22
2.6. Nükleer Reaksiyonlarda Denge-Öncesi Modeller.....	22
2.6.1. Full Excitation Model.....	23
2.6.2. Hibrid Model.....	24
2.6.3. Geometri Bağımlı Hibrit Model.....	25
2.6.4. Cascade Exciton Model.....	26
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
3.1. Hesaplama Yöntemi.....	27
3.2. CEM03 Bilgisayar Programı.....	27
3.3. ALICE/ASH Bilgisayar Programı.....	28
3.4. Reaksiyonlar.....	28
3.4.1. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu.....	28
3.4.1.1. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=8$ oluşma tesir kesiti.....	28
3.4.1.2. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=9$ oluşma tesir kesiti.....	31
3.4.1.3. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti.....	33

3.4.2. $p+{}_5B^{10}$ Reaksiyonu.....	35
3.4.2.1. $p+{}_5B^{10}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti.....	35
3.4.2.2. $p+{}_5B^{10}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=10$ Oluşma Tesir Kesiti.....	37
3.4.3. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu.....	40
3.4.3.1. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=11$ Oluşma Tesir Kesiti.....	40
3.4.3.2. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=10$ Oluşma Tesir Kesiti.....	43
3.4.3.3. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=9$ Oluşma Tesir Kesiti.....	45
3.4.3.4. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti.....	47
3.4.3.5. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=6$ Oluşma Tesir Kesiti.....	50
3.4.3.6. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=4$ Oluşma Tesir Kesiti.....	52
3.4.3.7. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_5B^{10}$ ve ${}_5B^{11}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	53
3.4.3.8. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_4Be^{10}$ , ${}_4Be^9$ , ${}_4Be^8$ ve ${}_4Be^7$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	54
3.4.3.9. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_3Li^6$ ve ${}_3Li^7$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	55
3.4.4. $p+{}_8O^{16}$ Reaksiyonu.....	56
3.4.4.1. $p+{}_8O^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=15$ Oluşma Tesir Kesiti.....	57
3.4.4.2. $p+{}_8O^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=14$ Oluşma Tesir Kesiti.....	59
3.4.4.3. $p+{}_8O^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=13$ Oluşma Tesir Kesiti.....	60
3.4.4.4. $p+{}_8O^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=12$ Oluşma Tesir Kesiti.....	61

3.4.4.5. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=11$ Oluşma Tesir Kesiti.....	63
3.4.4.6. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=10$ Oluşma Tesir Kesiti.....	65
3.4.4.7. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=9$ Oluşma Tesir Kesiti.....	67
3.4.4.8. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma TesirKesiti.....	68
3.4.4.9. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_7\text{N}^{15}$ , ${}_7\text{N}^{14}$ , ${}_7\text{N}^{13}$ ve ${}_7\text{N}^{12}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	71
3.4.4.10. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_6\text{C}^{14}$ ve ${}_6\text{C}^{11}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	72
3.4.4.11. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_5\text{B}^{11}$ ve ${}_5\text{B}^{10}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	73
3.4.4.12. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_3\text{Li}^6$ ve ${}_3\text{Li}^7$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	73
3.4.5. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu.....	74
3.4.5.1. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=56$ Oluşma Tesir Kesiti.....	75
3.4.5.2. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=55$ Oluşma Tesir Kesiti.....	76
3.4.5.3. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=52$ Oluşma Tesir Kesiti.....	78
3.4.5.4. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=3$ Oluşma Tesir Kesiti.....	80
3.4.5.5. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ 56 Reaksiyonu Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{56}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	82
3.4.5.6. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_1\text{H}^2$ ve ${}_1\text{H}^3$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	84
3.4.5.7. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_2\text{He}^4$ ve ${}_2\text{He}^3$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti.....	85
3.4.6. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu.....	86



3.4.6.1. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=59$ Oluşma Tesir Kesiti.....	86
3.4.6.2. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=58$ Oluşma Tesir Kesiti.....	88
3.4.6.3. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=57$ Oluşma Tesir Kesiti.....	90
3.4.6.4. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=54$ Oluşma Tesir Kesiti.....	92
3.4.6.5. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=56$ Oluşma Tesir Kesiti.....	93
3.4.6.6. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=46$ Oluşma Tesir Kesiti.....	96
3.4.6.7. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{58}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	98
3.4.6.8. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{57}$ , ${}_{27}\text{Co}^{56}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{58}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	99
3.4.6.9. $p_{+27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{28}\text{Ni}^{56}$ ve ${}_{28}\text{Ni}^{57}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	100
3.4.7. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu.....	101
3.4.7.1. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=93$ Oluşma Tesir Kesiti.....	101
3.4.7.2. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=90$ Oluşma Tesir Kesiti.....	102
3.4.7.3. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=89$ Oluşma Tesir Kesiti.....	104
3.4.7.4. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=87$ Oluşma Tesir Kesiti.....	107
3.4.7.5. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=86$ Oluşma Tesir Kesiti.....	108
3.4.7.6. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=85$ Oluşma Tesir Kesiti.....	111
3.4.7.7. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=83$ Oluşma Tesir Kesiti.....	113

3.4.7.8. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=74$ Oluşma Tesir Kesiti.....	115
3.4.7.9. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=67$ Oluşma Tesir Kesiti.....	117
3.4.7.10. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=66$ Oluşma Tesir Kesiti.....	119
3.4.7.11. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=65$ Oluşma Tesir Kesiti.....	121
3.4.7.12. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=64$ Oluşma Tesir Kesiti.....	123
3.4.7.13. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti.....	125
3.4.7.14. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	127
3.4.7.15. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ , ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	128
3.4.7.16. $p_{+41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{88}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{86}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	129
3.4.8. $p_{+29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu.....	130
3.4.8.1. $p_{+29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=63$ Oluşma Tesir Kesiti.....	130
3.4.8.2. $p_{+29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=62$ Oluşma Tesir Kesiti.....	132
3.4.8.3. $p_{+29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=61$ Oluşma Tesir Kesiti.....	135
3.4.8.4. $p_{+29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=58$ Oluşma Tesir Kesiti.....	137
3.4.9. $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu.....	139
3.4.9.1. $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=90$ Oluşma Tesir Kesiti.....	139
3.4.9.2. $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=89$ Oluşma Tesir Kesiti.....	141

3.4.9.3. $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=88$ Oluşma Tesir Kesiti.....	144
3.4.9.4. $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=87$ Oluşma Tesir Kesiti.....	145
3.4.9.5. $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{88}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{85}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti.....	148
3.4.10. $p_{+42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu.....	149
3.4.10.1. $p_{+42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=94$ Oluşma Tesir Kesiti.....	149
3.4.10.2. $p_{+42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=93$ Oluşma Tesir Kesiti.....	151
3.4.10.3. $p_{+42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=90$ Oluşma Tesir Kesiti.....	152
3.4.11. $p_{+26}\text{Fe}^{56}$ , $p_{+29}\text{Cu}^{63}$ , $p_{+40}\text{Zr}^{90}$ ve $p_{+42}\text{Mo}^{94}$ reaksiyonları.....	154
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	156
KAYNAKLAR.....	159
ÖZGEÇMİŞ.....	169

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ADS	: Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem
CERN	: Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi
THM	: Türk Hızlandırıcı Merkezi
CEM	: Cascade Exciton Modeli
PHT	: Proton Hızlandırıcı Tesisi
MeV	: Mega elektron Volt
GeV	: Giga elektron Volt
mb	: Milibar
E	: Enerji
$\beta$	: Beta
n	: Nötron
p	: Proton
Z	: Atom Numarası
A	: Kütle Numarası
Be	: Berilyum
B	: Boron
C	: Karbon
O	: Oksijen
Fe	: Demir
Co	: Cobalt
Nb	: Niobium
Cu	: Bakır
Zr	: Zirkonyum
Mo	: Molibden
Ti	: Titanium

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Temel İyon Kaynağının Tasarımı.....	4
Şekil 2.2. Cockcroft-Walton Yüksek Gerilim jeneratörü.....	5
Şekil 2.3. Van de Graff Jeneratörü.....	6
Şekil 2.4. Lavrance tarafında tasarlanan ilk siklotron.....	7
Şekil 2.5. Siklotron Sayılarının Yıllara Göre Değişimi.....	8
Şekil 2.6. Yüklü Parçacığın Siklotron İçerisindeki Hareketi.....	8
Şekil 2.7. Sinkrotronun Temel Yapısı.....	9
Şekil 2.8. Lineer Hızlandırıcının Temel Tasarımı.....	10
Şekil 2.9. ADS Sisteminin Genel Tasarımı.....	11
Şekil 2.10. Enerji yükseltici reaktörün yapısı .....	12
Şekil 2.11. Livingston eğrisi.....	15
Şekil 2.12. TAEK Tarafında Desteklenen CERN Çalışmaları ve Proje Grupları....	16
Şekil 2.13. Dünyadaki Hızlandırıcı Teknolojilerin Geliştirildiği Yerler.....	18
Şekil 2.14. Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi(CERN).....	19
Şekil 2.15. LHC Çarpıştırıcısı ve Bulunan Detektörler.....	20
Şekil 2.16. FERMİLAB(Tavatron Hızlandırıcısı).....	21
Şekil 2.17. FERMİLAB.....	21
Şekil 2.18. DESY.....	22

Şekil 3.1. Deneysel olarak ${}^9_4\text{Be}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=8$ oluşma tesir kesiti.....	29
Şekil 3.2. Deneysel olarak ${}^9_4\text{Be}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=9$ oluşma tesir kesiti.....	31
Şekil 3.3. Deneysel olarak ${}^9_4\text{Be}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti.....	33
Şekil 3.4. Deneysel olarak ${}^{10}_5\text{B}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti.....	36
Şekil 3.5. Deneysel olarak ${}^{10}_5\text{B}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=10$ oluşma tesir kesiti.....	38
Şekil 3.6. $p+{}^{12}_6\text{C}$ bombardımanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası $A=11$ oluşma tesir kesit.....	41
Şekil 3.7. $p+{}^{12}_6\text{C}$ bombardımanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası $A=10$ oluşma tesir kesiti.....	44
Şekil 3.8. $p + {}^{12}_6\text{C}$ bombardımanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası $A=9$ oluşma tesir kesiti.....	45
Şekil 3.9. $p + {}^{12}_6\text{C}$ bombardımanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti.....	48
Şekil 3.10. $p + {}^{12}_6\text{C}$ bombardımanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası $A=6$ oluşma tesir kesiti.....	50
Şekil 3.11. $p + {}^{12}_6\text{C}$ bombardımanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası $A=4$ oluşma tesir kesiti.....	52
Şekil 3.12. ${}^{12}_6\text{C}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda ${}^{10}_5\text{B}$ ve ${}^{11}_5\text{B}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	54
Şekil 3.13. ${}^{12}_6\text{C}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda ${}^{10}_4\text{Be}$ , ${}^9_4\text{Be}$ , ${}^8_4\text{Be}$ ve ${}^7_4\text{Be}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	55
Şekil 3.14. ${}^{12}_6\text{C}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda ${}^6_3\text{Li}$ ve ${}^7_3\text{Li}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	56
Şekil 3.15. Deneysel olarak ${}^{16}_8\text{O}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=15$ oluşma tesir kesit.....	57
Şekil 3.16. Deneysel olarak ${}^{16}_8\text{O}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=14$ oluşma tesir kesiti .....	59

Şekil 3.17. Deneysel olarak ${}^8\text{O}^{16}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=13$ oluşma tesir kesiti.....	60
Şekil 3.18. Deneysel olarak ${}^8\text{O}^{16}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=12$ oluşma tesir kesiti.....	62
Şekil 3.19. Deneysel olarak ${}^8\text{O}^{16}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=11$ oluşma tesir kesiti.....	64
Şekil 3.20. Deneysel olarak ${}^8\text{O}^{16}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=10$ oluşma tesir kesiti.....	65
Şekil 3.21. Deneysel olarak ${}^8\text{O}^{16}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=9$ oluşma tesir kesiti.....	67
Şekil 3.22. Deneysel olarak ${}^8\text{O}^{16}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti.....	68
Şekil 3.23. ${}^8\text{O}^{16}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}^7\text{N}^{15}$ , ${}^7\text{N}^{14}$ , ${}^7\text{N}^{13}$ ve ${}^7\text{N}^{12}$ izotopların oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları....	71
Şekil 3.24. ${}^8\text{O}^{16}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}^6\text{C}^{14}$ ve ${}^6\text{C}^{11}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	72
Şekil 3.25. ${}^8\text{O}^{16}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}^5\text{B}^{11}$ ve ${}^5\text{B}^{10}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	73
Şekil 3.26. ${}^8\text{O}^{16}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}^3\text{Li}^7$ ve ${}^3\text{Li}^6$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	74
Şekil 3.27. Deneysel olarak ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=56$ oluşma tesir kesiti.....	75
Şekil 3.28. Deneysel olarak ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda $A=55$ oluşma tesir kesiti.....	77
Şekil 3.29. Deneysel olarak ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda $A=52$ oluşma tesir kesiti.....	79
Şekil 3.30. Deneysel olarak ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=3$ oluşma tesir kesiti.....	81
Şekil 3.31. ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}^{27}\text{Co}^{57}$ ve ${}^{27}\text{Co}^{56}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları...	83
Şekil 3.32. ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}^1\text{H}^3$ ve ${}^1\text{H}^2$ izotopların oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	84

Şekil 3.33. ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{2}\text{He}^4$ ve ${}_{2}\text{He}^3$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	85
Şekil 3.34. Deneysel olarak ${}_{27}\text{Co}^{59}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda A=59 oluşma tesir kesiti.....	86
Şekil 3.35. Deneysel olarak ${}_{27}\text{Co}^{59}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=58 oluşma tesir kesiti.....	88
Şekil 3.36. Deneysel olarak ${}_{27}\text{Co}^{59}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda A=57 oluşma tesir kesiti.....	90
Şekil 3.37. Deneysel olarak ${}_{27}\text{Co}^{59}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda A=54 oluşma tesir kesiti.....	92
Şekil 3.38. Deneysel olarak ${}_{27}\text{Co}^{59}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=56 oluşma tesir kesiti.....	94
Şekil 3.39. Deneysel olarak ${}_{27}\text{Co}^{59}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=46 oluşma tesir kesiti.....	96
Şekil 3.40. ${}_{27}\text{Co}^{59}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{58}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{57}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	98
Şekil 3.41. ${}_{27}\text{Co}^{59}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{58}$ , ${}_{27}\text{Co}^{56}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{57}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları..	99
Şekil 3.42. ${}_{27}\text{Co}^{59}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{28}\text{Ni}^{56}$ ve ${}_{28}\text{Ni}^{57}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	100
Şekil 3.43. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda A=93 oluşma tesir kesiti.....	101
Şekil 3.44. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda A=90 oluşma tesir kesiti.....	103
Şekil 3.45. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda A=89 oluşma tesir kesiti.....	105
Şekil 3.46. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=87 oluşma tesir kesiti.....	107
Şekil 3.47. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=86 oluşma tesir kesiti.....	109
Şekil 3.48. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=85 oluşma tesir kesiti.....	111



Şekil 3.49. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=83$ oluşma tesir kesiti.....	113
Şekil 3.50. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=74$ oluşma tesir kesiti.....	115
Şekil 3.51. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda $A=67$ oluşma tesir kesiti.....	117
Şekil 3.52. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=66$ oluşma tesir kesiti.....	119
Şekil 3.53. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=65$ oluşma tesir kesiti.....	121
Şekil 3.54. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda $A=64$ oluşma tesir kesiti.....	123
Şekil 3.55. Deneysel olarak ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti.....	125
Şekil 3.56. ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	127
Şekil 3.57. ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ , ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları...	128
Şekil 3.58. ${}_{41}\text{Nb}^{93}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{86}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{88}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	129
Şekil 3.59. Deneysel olarak ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=63$ oluşma tesir kesiti.....	130
Şekil 3.60. Deneysel olarak ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=62$ oluşma tesir kesiti.....	133
Şekil 3.61. Deneysel olarak ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=61$ oluşma tesir kesiti.....	135
Şekil 3.62. Deneysel olarak ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=58$ oluşma tesir kesiti.....	137
Şekil 3.63. Deneysel olarak ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=90$ oluşma tesir kesiti.....	140
Şekil 3.64. Deneysel olarak ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=89$ oluşma tesir kesiti.....	142

Şekil 3.65. Deneysel olarak ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=88$ oluşma tesir kesiti.....	144
Şekil 3.66. Deneysel olarak ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=87$ oluşma tesir kesiti.....	146
Şekil 3.67. ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{85}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{88}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları.....	148
Şekil 3.68. Deneysel olarak ${}_{42}\text{Mo}^{94}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=94$ oluşma tesir kesiti.....	149
Şekil 3.69. Deneysel olarak ${}_{42}\text{Mo}^{94}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=93$ oluşma tesir kesiti.....	151
Şekil 3.70. Deneysel olarak ${}_{42}\text{Mo}^{94}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=90$ oluşma tesir kesiti.....	153
Şekil 3.71. ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ , ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ , ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ ve ${}_{42}\text{Mo}^{94}$ izotoplarının proton ile bombardımanı sonucunda toplam reaksiyon tesir kesiti.....	154

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Farklı Enerjilerde ${}^4\text{Be}^9$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=8$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	29
Tablo 3.2.	Farklı Enerjilerde ${}^4\text{Be}^9$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=9$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	31
Tablo 3.3.	Farklı Enerjilerde ${}^4\text{Be}^9$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	34
Tablo 3.4.	Farklı Enerjilerde ${}^4\text{Be}^9$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	36
Tablo 3.5.	Farklı Enerjilerde ${}^5\text{B}^{10}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=10$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri...	38
Tablo 3.6.	Farklı Enerjilerde ${}^6\text{C}^{12}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=11$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri...	41
Tablo 3.7.	Farklı Enerjilerde ${}^6\text{C}^{12}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=10$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri...	44
Tablo 3.8.	Farklı Enerjilerde ${}^6\text{C}^{12}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=9$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	46
Tablo 3.9.	Farklı Enerjilerde ${}^6\text{C}^{12}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri ....	48
Tablo 3.10.	Farklı Enerjilerde ${}^6\text{C}^{12}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=6$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri....	51

Tablo 3.11. Farklı Enerjilerde ${}_6\text{C}^{12}$ Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=4$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri....	52
Tablo 3.12. Farklı enerjilerde $p + {}_6\text{C}^{12}$ bombardımanı sonucunda ${}_5\text{B}^{10}$ ve ${}_5\text{B}^{11}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	54
Tablo 3.13. Farklı enerjilerde $p + {}_6\text{C}^{12}$ bombardımanı sonucunda ${}_4\text{Be}^{10}$ , ${}_4\text{Be}^9$ , ${}_4\text{Be}^8$ ve ${}_4\text{Be}^7$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	55
Tablo 3.14. Farklı enerjilerde $p + {}_6\text{C}^{12}$ bombardımanı sonucunda ${}_3\text{Li}^6$ ve ${}_3\text{Li}^7$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	56
Tablo 3.15. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=15$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	57
Tablo 3.16. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=14$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	59
Tablo 3.17. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=13$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	61
Tablo 3.18. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=12$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	62
Tablo 3.19. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=11$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	64
Tablo 3.20. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=10$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	66
Tablo 3.21. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda $A=9$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	67
Tablo 3.22. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	69
Tablo 3.23. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda ${}_7\text{N}^{15}$ , ${}_7\text{N}^{14}$ , ${}_7\text{N}^{13}$ ve ${}_7\text{N}^{12}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	71
Tablo 3.24. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda ${}_6\text{C}^{14}$ ve ${}_6\text{C}^{11}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	72
Tablo 3.25. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda ${}_5\text{B}^{11}$ ve ${}_5\text{B}^{10}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	73
Tablo 3.26. Farklı enerjilerde $p + {}_8\text{O}^{16}$ bombardımanı sonucunda ${}_3\text{Li}^7$ ve ${}_3\text{Li}^6$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	74

Tablo 3.27. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=56$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	75
Tablo 3.28. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=55$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	77
Tablo 3.29. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=52$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	79
Tablo 3.30. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=3$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	81
Tablo 3.31. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{56}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel, pcross ve CEM03 değerleri...	83
Tablo 3.32. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda ${}_{1}\text{H}^3$ ve ${}_{1}\text{H}^2$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	85
Tablo 3.33. Farklı enerjilerde $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$ bombardımanı sonucunda ${}_{2}\text{He}^4$ ve ${}_{2}\text{He}^3$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	86
Tablo 3.34. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=59$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	87
Tablo 3.35. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=58$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	89
Tablo 3.36. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=57$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	91
Tablo 3.37. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=54$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	92
Tablo 3.38. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=56$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	94
Tablo 3.39. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=46$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	96
Tablo 3.40. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{58}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{57}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	98
Tablo 3.41. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{58}$ , ${}_{27}\text{Co}^{56}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{57}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	99
Tablo 3.42. Farklı enerjilerde $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$ bombardımanı sonucunda ${}_{28}\text{Ni}^{56}$ ve ${}_{28}\text{Ni}^{57}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	100

Tablo 3.43. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda $A=93$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	102
Tablo 3.44. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda $A=90$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	103
Tablo 3.45. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=89$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	105
Tablo 3.46. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=87$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	107
Tablo 3.47. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=86$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	109
Tablo 3.48. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=85$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	111
Tablo 3.49. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=83$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	113
Tablo 3.50. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=74$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	116
Tablo 3.51. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=67$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	118
Tablo 3.52. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=66$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	120
Tablo 3.53. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=65$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	122
Tablo 3.54. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=64$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	124
Tablo 3.55. Farklı enerjilerde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=7$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	125
Tablo 3.56. Farklı enerji seviyelerinde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti.....	127
Tablo 3.57. Farklı enerji seviyelerinde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ , ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti.....	128
Tablo 3.58. Farklı enerji seviyelerinde $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$ bombardımanı sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{86}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{88}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti.....	129

Tablo 3.59. Farklı enerjilerde $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=63$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	131
Tablo 3.60. Farklı enerjilerde $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=62$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	133
Tablo 3.61. Farklı enerjilerde $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=61$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	135
Tablo 3.62. Farklı enerjilerde $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=58$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	138
Tablo 3.63. Farklı enerjilerde $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=90$ oluşma tesir kesiti deneysel, $p_{\text{cross}}$ ve CEM03 değerleri.....	140
Tablo 3.64. Farklı enerjilerde $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=89$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	142
Tablo 3.65. Farklı enerjilerde $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=88$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	144
Tablo 3.66. Farklı enerjilerde $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=87$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	146
Tablo 3.67. Farklı enerji seviyelerinde $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$ bombardımanı sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{85}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{88}$ izotoplarının oluşma tesir kesiti.....	148
Tablo 3.68. Farklı enerjilerde $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=94$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	150
Tablo 3.69. Farklı enerjilerde $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=93$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	152
Tablo 3.70. Farklı enerjilerde $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$ bombardımanı sonucunda kütle numarası $A=90$ oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.....	153
Tablo 3.71. Farklı enerjilerde ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ , ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ , ${}_{40}\text{Zr}^{90}$ ve ${}_{42}\text{Mo}^{94}$ bombardımanı sonucunda toplam reaksiyon tesir kesitleri ALLİCE91 değerleri.....	155

# HAFIF ELEMENTLERDE İZOTOP ÜRETİMİNİN TEORİKSEL OLARAK HESAPLANMASI VE ANALİZİ

## ÖZET

Bu çalışmada bazı hafif çekirdekler ( ${}^4\text{Be}^9$ ,  ${}^5\text{B}^{10}$ ,  ${}^6\text{C}^{12}$ ,  ${}^8\text{O}^{16}$ ,  ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ ,  ${}^{27}\text{Co}^{59}$ ,  ${}^{41}\text{Nb}^{93}$ ,  ${}^{29}\text{Cu}^{63}$ ,  ${}^{40}\text{Zr}^{90}$ ,  ${}^{42}\text{Mo}^{94}$ ) hedef madde olarak kullanılarak üzerlerine 10-1000 MeV kadar enerjiye sahip hızlandırılmış proton demeti göndererek oluşan ürünlerin kütle numarası (A)'na göre ve izotopların oluşma tesir kesitleri; CEM03, Alice91 ve Pcross programları ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar deneysel veriler ile kıyaslanarak tablo ve grafikler halinde verilmiş olup, farklı kütleli (A) elementlerin ve izotopların üretiminin analizi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tesir kesit, enerji, CEM03, pcross ve alice91.



# PRODUCTION OF ISOTOPES IN LIGHT MATTERS THEORETICAL CALCULATION AND ANALYSIS

## ABSTRACT

In this study, some light nuclei ( ${}^9_4\text{Be}$ ,  ${}^{10}_5\text{B}$ ,  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ,  ${}^{59}_{27}\text{Co}$ ,  ${}^{93}_{41}\text{Nb}$ ,  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}^{90}_{40}\text{Zr}$ ,  ${}^{94}_{42}\text{Mo}$ ,  ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ ,  ${}^{48}_{23}\text{Ti}$ ,  ${}^{112}_{50}\text{Sn}$ ) have been used as the target material. Accelerated protons with energy from 5 to 1000 MeV have been sent on target material. Production sections of neutrons, production of isotopes and. CEM03, Allice91 and Pcross programs. The results were obtained with the experimental data in the literature and the light elements used in the neutron production were determined.

**Keyword:** Cross section, energy, CEM03, pcross and allice91.

# 1. GİRİŞ

Nükleer çalışmalarda elde edilmiş olan deneysel sonuçlar nükleer fizik alanında fiziğin daha iyi anlaşılabilmesi için son derece önem arz etmektedir. Bir parçacığın temel yapısını veya parçalanmadan sonra meydana gelen ürün çekirdeklerini incelemek için deneysel ve teorik sonuçların incelenmesi gerekmektedir. Hızlandırılmış olan proton demeti hedef elemente çarptırıldığında parçalanma meydana gelir. Bu parçalanma sonucunda oluşan ürün çekirdeğin yanında nötron, proton, alfa, gama vb. gibi parçacıklar meydana gelir. Burada asıl amaç oluşan nötron sayılarının en üst düzeyde olması son derece faydalı olacaktır. Parçalanma sonucunda olabildiğince en iyi sonucu elde edebilmek için enerji olabildiğince yüksek tutulmalıdır. Bu bağlamda hedef elementten yüksek enerjili parçacıklar çıkararak çevresindeki elementler ile etkileşir (internuclear cascade). Hızlandırıcı kaynaklı sistemde (ADS) mantık, proton başına çıkan nötron sayılarının en büyük değerde olmasıdır. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem 1990'lı yıllarda geliştirilecek bir sistem olarak kullanılmaya başlandı ve birden fazla temel araştırma program başlatıldı. Bu Kapsamda C. Rubbia ve CERN'deki çalışanlar ile birlikte geliştirilen ADS reaktörü ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada; periyodik sistemdeki hafif elementlerin hızlandırılmış protonla bombardımanı sonucunda yayınlanan parçacıkların tesir kesitleri incelenmiştir. Böylece, bu çalışma ülkemizde kullanıma açılan hızlandırıcı için yapılacak olan çalışmalara ışık tutması açısından önemli bir yere sahip olacaktır. Bu çalışmada teorik olarak sonuçların elde edilmesi için Pcross, CEM03 ve Alice91 programları kullanılmıştır. Teorik olarak hesaplanan değerler ile deneysel olarak hesaplanan değerler kıyaslanarak oluşma tesir kesitleri elde edilip grafik çizdirilmiştir. Deneysel ve teorik değerler alınırken 1 MeV ile 1000 MeV aralığında çalışılmıştır. Bu çalışmada 13 adet hafif element üzerinde çalışılmıştır. Birinci olarak kütle numarasına göre oluşum tesir kesiti, ikinci olarak izotop üretimi hesaplanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Hızlandırıcılar

Elektrik yükü olan atom-altı veya atomik parçacıkları ışık hızına kadar yükseltebilen mekanizmalara denir (Sultansoy 2014). Thomson Crookes tüpü desteği ile 1890'da elektronun keşfini yapmıştır. 1896 yılında ise Rontgen, Thomson ile aynı tüpü kullanarak X ışının keşfini yapmıştır. Rutherford 1920 yılında fizik konferansların birinde araştırmalarda kullanabilmek için hızlandırıcıların daha çok geliştirilmesi gerektiği önerisini yapmıştır. 1928 yılında Wideore tarafından geliştirilmiş olan hızlandırıcı, 1925 yılında Ising tarafından önerilmiştir. Radyo Frekans potansiyeli altında civa iyonları hızlandırılmıştır. Lawrance 1932 yılında yapılmış olan çalışmaların sonuçlarını kullanarak siklotronu inşa etmiştir. Aynı yıllarda nükleer fizik çalışmalarında kullanmak için Van de Graff jeneratörünü inşa etmiştir. Geliştirilen her iki hızlandırıcıda maximum düzey 15 MeV olduğundan 1930 yılı civarında yapılan araştırmalar bu düzeyde kalmıştır. 1941 yılında 20 MeV mertebesinde çalışan ve Kerst tarafından inşa edilen ilk betatron geliştirilmiştir. Panofsy, Ginzton ve Hansenin birlikte geliştirmiş olduğu hızlandırıcı daha sonraki yıllarda 50 GeV'lik Lineer Hızlandırıcının geliştirilmesinin önünü açmıştır. 1952'de New York'da ilk proton hızlandırıcısı yapılmıştır. Yapılan bu hızlandırıcı ile 3 GeV mertebesinde çalışmalara başlanmış olup, 2 sene sonra 6 GeV'lik enerji ile çalışan California da betatron inşa edilmiştir. 1960'lı senelerde yapılmış olan ve 28 GeV ve 33 GeV enerji ile çalışan proton sinkrotronu ilkin CERN sonra Brookhaven laboratuvarlarında kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek enerji fiziğindeki gelişmelerin en önemli nedeni yeni keşfedilen parçacıklardır. 1972 yılında Illinois'teki FERMILAB'da kurulmuş ve 400 GeV mertebesinde çalışan sinkrotrona benzer bir sinkrotron CERN'de inşa edilmiştir. Meydana gelmiş olan bu çalışmalar yeni demet metodlarının ilerlemesine, aynı zamanda birden çok hedefe yönelebilen sistemlerin gelişmesine neden olmuştur. Yapılan bu çalışmalardan dolayı elektro-zayıf etkileşme teorisi ve Renk-dinamiği geliştirilmiş olup daha iyi anlaşılmasının önünü açmıştır. Sinkrotron ışınımı malzeme biliminde ve atom fiziğinde

kullanılan önemli bir deneysel araç haline geldiğinden Fermilab'da mıknatıslar 400 GeV'lik hızlandırıcı tüneline yerleştirilmiştir. 1983 yılında ise 800 GeV mertebesine ulaşmıştır. Demet başına 50 GeV ve 100 GeV'e ulaşan elektron-pozitron halkası (LEP), CERN'de inşa edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda DESY'de HERA ismiyle ilk halka şeklindeki elektron-pozitron çarpıştırıcısı kurulmuştur (Ertürk ve Boztosun 2008). Hızlandırıcılar; kabaca düşük, orta ve yüksek enerjili hızlandırıcılar olarak sınıflandırmak mümkündür.

### **2.1.1. Düşük Enerjili Hızlandırıcılar**

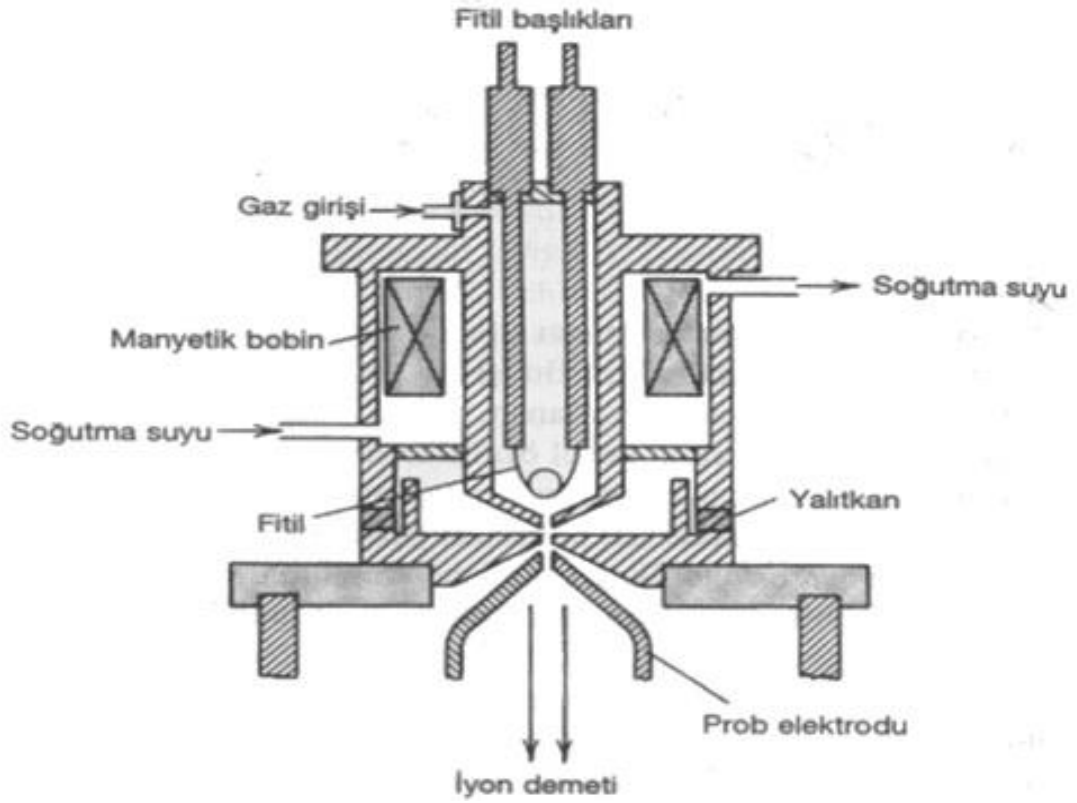
Genellikle 10-100 MeV arasında enerjileri olan demetleri üretmek için kullanılır. Ve tek bir uyarılmış bir durumu incelemek için kullanılır (Krane 1988)

### **2.1.2. Orta Enerjili Hızlandırıcılar**

Genellikle 100-1000 MeV arasında enerjileri olan demetleri üretmek için kullanılır. Bu aralıktaki enerjilerde nükleonlar çekirdekle çarpışınca  $\pi$  mesonu yayımlarlar. Bundan dolayı bu hızlandırıcılar nükleer kuvvette mezon değiş-tokuşunun rolünü incelemek için kullanılır (Krane 1988).

### **2.1.3. Yüksek Enerjili Hızlandırıcılar**

Genellikle 1 GeV (1000 MeV) ve daha yukarısındaki enerjileri olan demetleri üretmek için kullanılır. Amaçları nükleer yapıyı incelemekten çok yeni parçacık çeşitlerini üretmek ve onların özelliklerini incelemektir. Genel olarak hızlandırıcıları enerji seviyelerine göre ayırdıktan sonra tüm hızlandırıcılarda ortak olarak kullanılan iyon veya elektron demeti yayınlayan ve Şekil 2.1'de de gösterilen “**iyon kaynağı**” dır (Krane 1988).



Şekil 2.1. Temel İyon Kaynağının Tasarımı (Krane 1988)

Temel iyon kaynağının Genel olarak çalışma mantığı nötr olan gaz atomları tepeye yakın bir yerde girerler ve sıcak fitil yöresinde elektron kaybederek iyonlaşırlar. İyonları odaklamak, iyonlaşma etkisini arttırmak ve fitilden ayrılan elektronları bir araya toplamak için manyetik alan uygulanır. Demet yüksek gerilim Prob elektrodu ile dışarı alınır (Krane 1988).

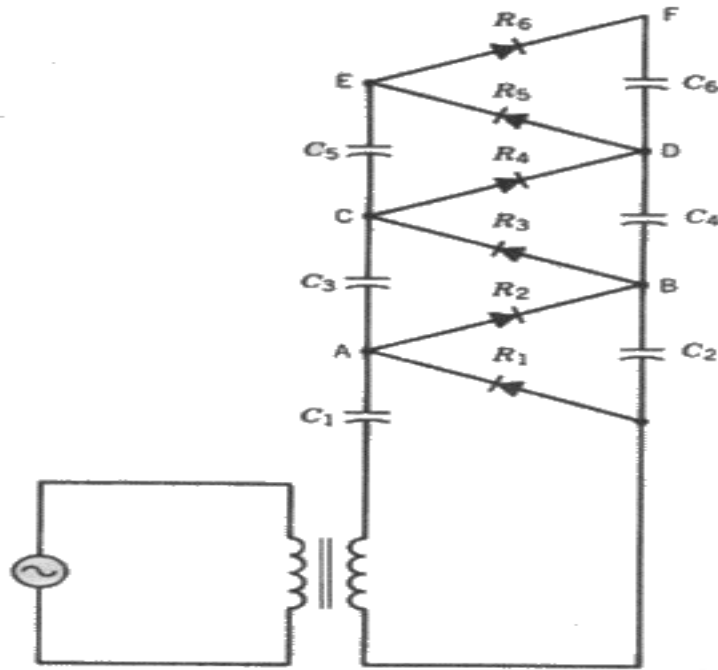
## 2.2. Hızlandırıcı Çeşitleri

### 2.2.1. Elektrostatik Hızlandırıcılar

Elektrostatik hızlandırıcıların amacı  $V$  gerilimin içerisine yüklü bir parçacığı düşürerek hızlandırmaktır.  $V$  gerilim içine düşen parçacığın eğer yükü  $q$  ise bu parçacık  $q.v$  kadarlık bir enerji kazanır. Hızlandırıcılarda elde edilen en yüksek gerilim farkı  $10^7$  V'dir. Bu gerilim farkı altında iyonlar birim yük başına 10 MeV mertebesinde bir enerji kazanır. Nükleer yapıyı incelemek için bu enerji bizim için yeterli bir enerjidir (Krane 1988). Bu tip hızlandırıcıları daha iyi anlamak için başlıca jeneratörleri incelemek gerekir.

### 2.2.1.1. Cockcroft-Walton Jeneratörü

Nükleer fizik uygulamaları için bu tip hızlandırıcılar için ilk gelişme 1932 yılında **Cockcroft** ve **Walton** tarafında geliştirildi. Geliştirilen bu aygıtın gerilimi 800 kV kadardı. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi bu cihazda kondansatörler ortak bir gerilimde paralel bağlı halde yükleniyor sonra seri bağlı hale getirilerek yükler boşaltılıyor. Elektrostatik hızlandırıcıların teknolojisi, bir yüksek gerilim terminali oluşturup iyon kaynağından gelen yüklü parçacıkların hızlanmasını sağlamaktır.



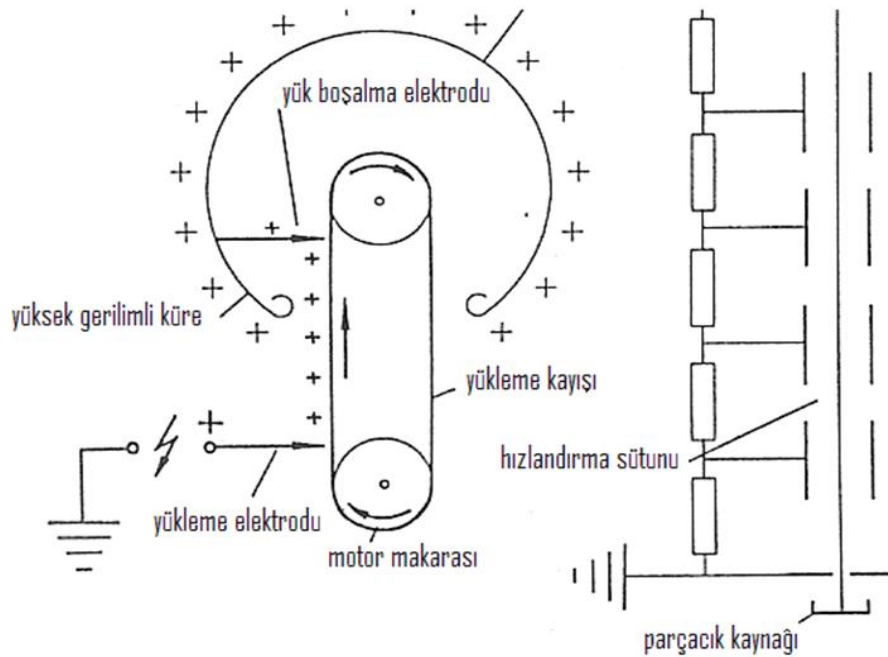
Şekil 2.2. Cockcroft-Walton Yüksek Gerilim jeneratörü (Krane 1988)

Şekil 2.2’de Transformatördeki ikincil gerilim  $V(t)=V_0\sin\omega t$  olsun.  $V_0$  100 kV mertebesinde olabilir. Kondansatörlerin yüklenmesi yeterince büyük bir yük direnci ile yapılır. Devreyi uzun bir zaman sonra kapasitörler yüklü hale geçince inceleriz. Kondansatör  $C_1$   $V_0$  geriliminde yüklenmiştir. Bu yüzden A noktasındaki gerilim 0 ile  $2V_0$  arasında sinüzoidal olarak değişir. Doğrultucu  $R_2$  nin iletimi ile B noktası sonunda  $2V_0$  sabit potansiyeline ulaşır. Bu  $2V_0$  dc potansiyeli doğrultucu  $R_3$  tarafından C noktasına iletilir ve böylece C noktasındaki AC gerilimi  $2V_0$  ve  $4V_0$  arasında sinüzoidal olarak değişir. Daha sonra doğrultucu  $R_4$  D noktasındaki  $4V_0$  sabit değerinde tutar ve  $C_4$

kondansatörü  $2V_0$  gerilimi ile yüklenir. Böylelikle bu zincir daha yüksek gerilimlere kadar sürdürülebilir (Krane 1988).

### 2.2.1.2. Van de Graff Jeneratörü

Bu hızlandırıcılarda 25 MeV mertebesindeki terminal gerilim, düz bir iletken vasıtasıyla ya da iyon kaynağı ile oluşturulur. Bu voltaj hareketli kayış ile taşınır. Şekil 2.3’de ki gibi negatif olan iyonlar topraklamanın olduğu uçtan pozitif voltajın olduğu terminale doğru hızlandırılarak MeV mertebesine ulaştırılır. MeV mertebesine ulaşan demet vakumlu ortamdaki bir metalden geçerek elektronları çıkarır. Pozitif olan iyonlar ise toprak potansiyeline doğru hızlandırılır (Ertürk ve Boztosun 2008).



Şekil 2.3. Van de Graff Jeneratörü (Yavaş 2013)

### 2.2.2. Siklotron Hızlandırıcıları

Yüklü parçacıkları dairesel bir yörüngede ve sabit bir manyetik alanda hareket ettiren bir parçacık hızlandırıcısıdır. Sabit frekansta değişen elektrik alanın uygulanmasıyla parçacıkların enerjisi artar. Siklotron yüklü parçacıkların yüksek enerjilere hızlandırılması için kullanılan dairesel bir hızlandırıcıdır. Ernest O. Lawrence, tarafından 1929’da

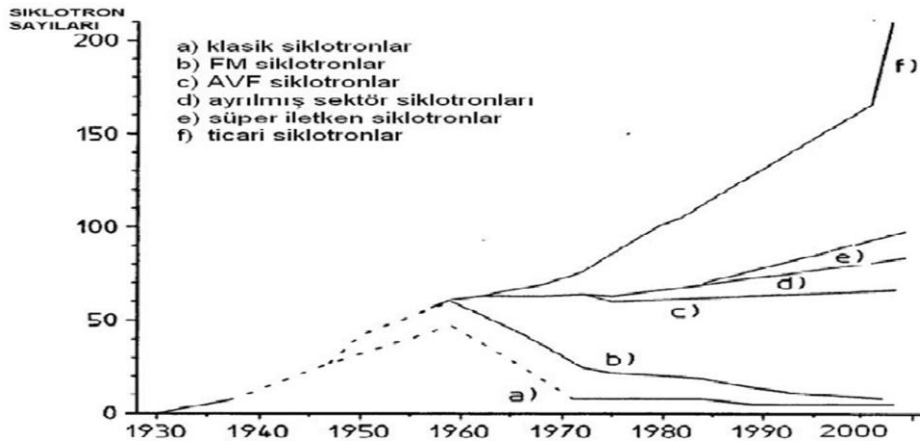
tasarlanan İlk siklotron Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde bulunmakta olup, Şekil 2.4'de görülmektedir (Ertürk ve Boztosun 2008).



Şekil 2.4. Lavrance tarafından tasarlanan ilk siklotron (Yıldız 2014)

Lawrence, Richard Livingston ile birlikte 1931 yılında 4,5 inç çapındaki siklotronu tasarlayarak hidrojen iyonlarının enerjisini 0,8 MeV 'in üzerine çıkarmayı başarmıştır. 1932 yılında ise 11 inç'lik siklotron ile 1,1 MeV enerjili protonlar elde edilmiştir. 1935 yılında protonları 3,6 MeV'e kadar hızlandırabilen 27 inç'lik bir siklotron tasarlandı. 1937 yılında 37 inç, 1939 yılında 60 inç'lik siklotron bulmuş ve Nobel ödülüne layık görülmüş. 1944 yılında ise 100 MeV'lik 180 inç'lik siklotronu tasarlamıştır. Şekil 2.5'de ise siklotron sayılarının yıllara göre değişim grafiği verilmiştir.

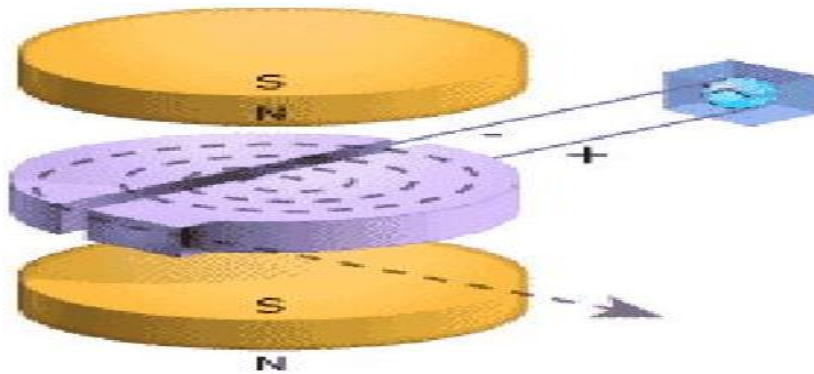




Şekil 2.5. Siklotron Sayılarının Yıllara Göre Değişimi

### 2.2.2.1. Siklotron Hızlandırıcıların Çalışma Prensibi

Yüklü parçacıklar, dairesel (kapalı) bir yörüngede, manyetik alan şiddetine bağlı bir dönme frekansında, parçacıkların dolanım frekansı ile uyumlu bir frekansta salınım yapan elektrik alan etkisiyle ardışık hızlandırma işlemlerine tabi tutulurlar. Siklotron tipi hızlandırıcılarda, şekil 2.6'daki gibi yüklü parçacık demetleri "Dee" olarak adlandırılan (şekilleri "D" harfine benzediği için) yarım daire biçimli metal odacıklar içerisinde hareket ederler.



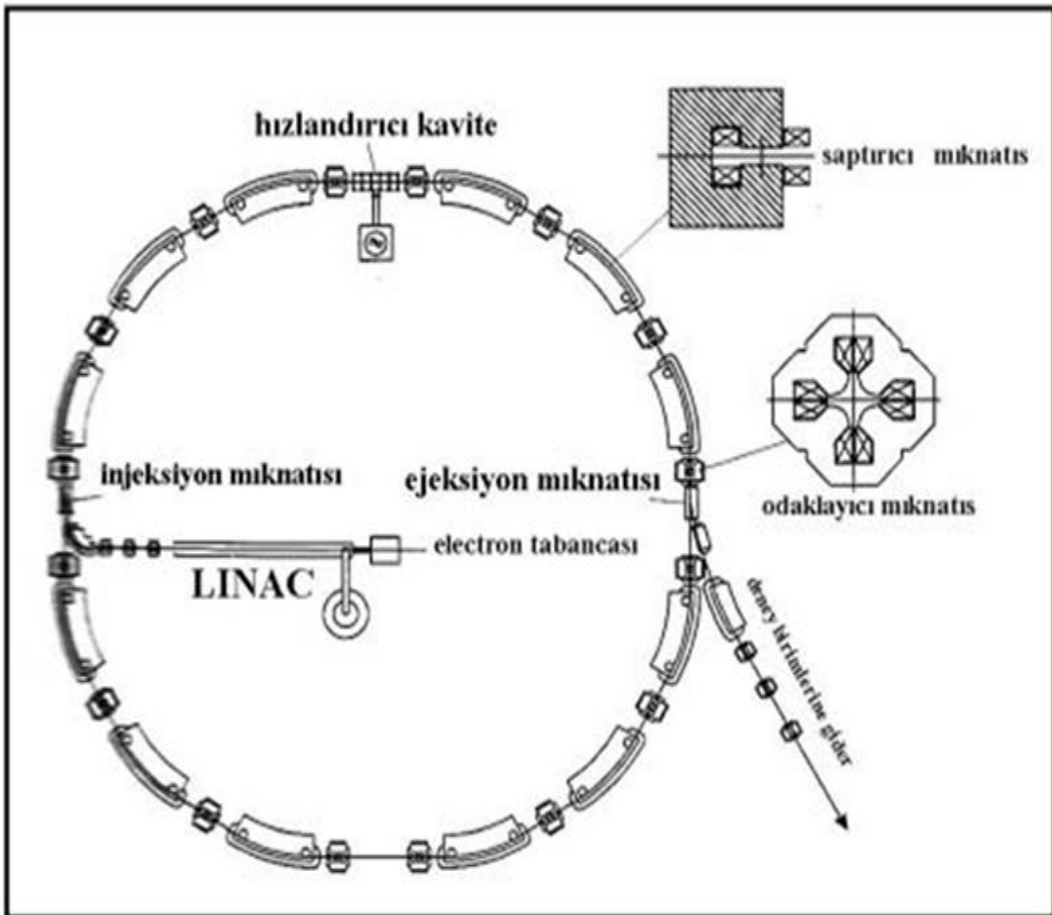
Şekil 2.6. Yüklü Parçacığın Siklotron İçerisindeki Hareketi

Parçacıklar Dee'ler içerisinde hareket ederken, mıknatısların oluşturduğu manyetik alan etkisi ile dairesel yol izlerler. Parçacıklar Dee'ler arasındaki boşluklardan geçerken, Dee'lere uygulanan alternatif gerilimin oluşturduğu elektrik alanın etkisi ile her dönüşte belli bir miktar enerji kazanarak, enerjilerini MeV mertebesine çıkarana kadar dönüş

yaparlar. Rölativistik olmayan durumlarda; siklotron içerisinde dolanan bir parçacığın kütlesi  $m$ , yükü  $q$ , herhangi bir andaki hızı  $v$  olmak üzere, parçacık  $B$  manyetik alanı ile  $E$  elektrik alanının etkisiyle hareket eder (Yüksel 2008).

### 2.2.3. Sinkrotron

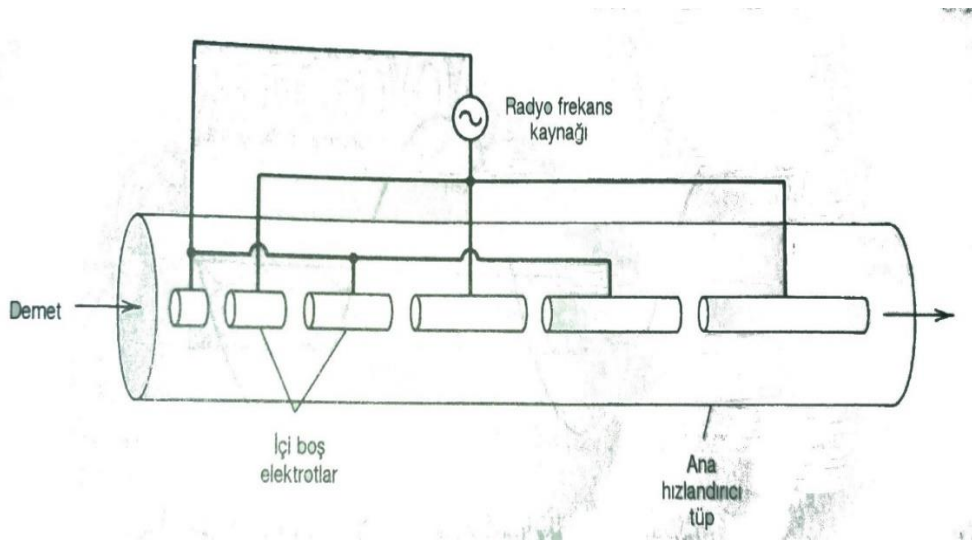
Sinkrotron parçacık demetinin bir veya daha fazla RF alanlarla hızlandırıldığı ve mıknatıslarla sabit yarıçaplı bir yörüngede tutulduğu Şekil 2.7’de gösterildiği gibi dairesel hızlandırıcılardır. X ışınları keşfedildikten sonra tıp alanında ve uygulama alanındaki uygulamaları gittikçe artmıştır. Genellikle Nükleer fizikte temel anlamda araştırmalar için hızlandırıcılar kullanılır. Örneğin CERN’de, Kanser Teşhisinde ve tedavisinde kullanılmak için geliştirilmiş ve yaygınlaştırılmışlardır (Ertürk ve Boztosun 2008).



Şekil 2.7. Sinkrotronun Temel Yapısı (URL-9, 2017)

### 2.2.4. Lineer Hızlandırıcılar

Lineer hızlandırıcılar (linear accelerator - linac) yüksek enerjili X-ışını ve elektron üreten bilgisayar kontrollü cihazlardır (Şekil 2.8). X-ışın tüpünde olduğu gibi yüksek gerilim altında metal hedeften koparılan elektronlar, daha yüksek kinetik enerjiye sahip olabilmek için elektromanyetik alan içerisinde hızlanırlar. Bu şekilde 4 ile 25 MeV enerjisindeki elektronlar ve hedefe çarptırılmaları ile 4-25 MV enerjisinde X ışınları meydana gelir (URL-9, 2017).



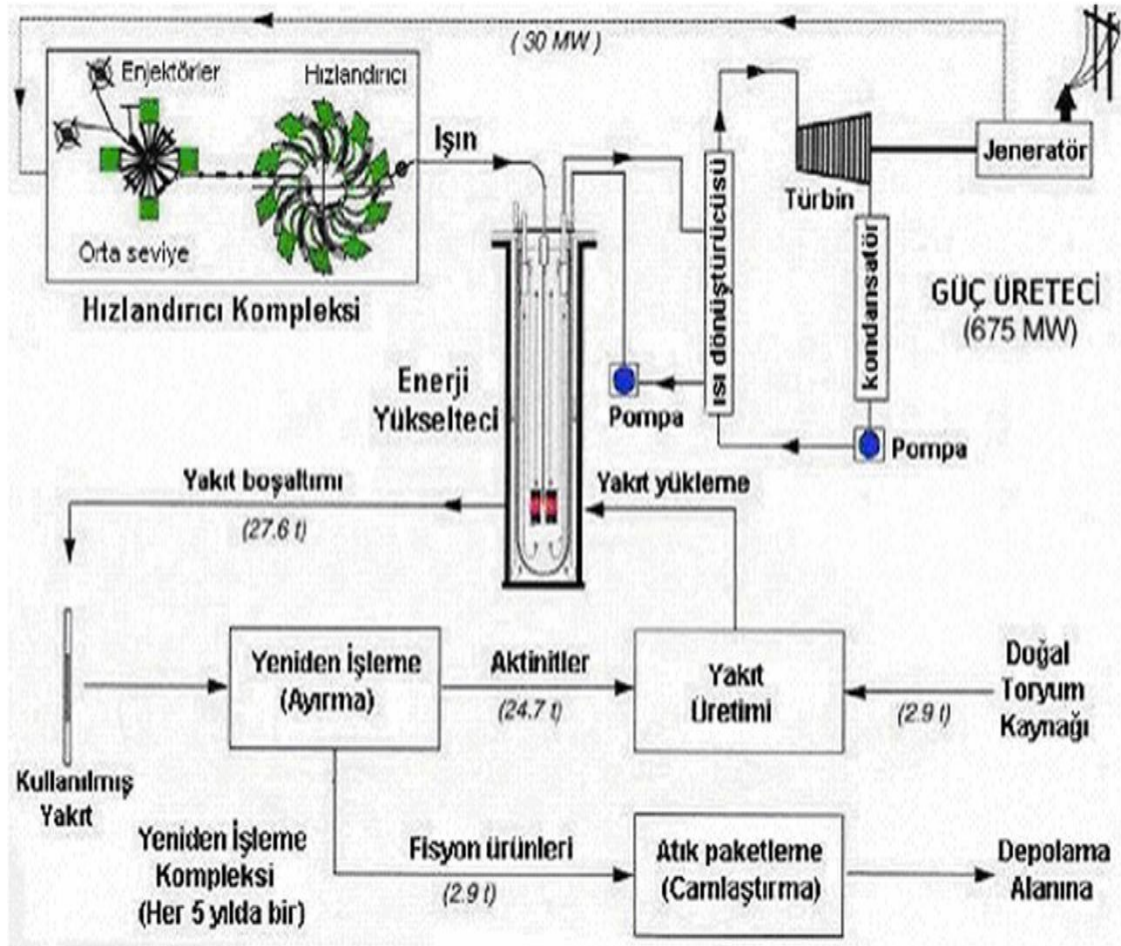
Şekil 2.8. Lineer Hızlandırıcının Temel Tasarımı (Krane 1988)

Modülatör olarak adlandırılan birim, bir doğru akım (DC) güç kaynağı tarafından beslenir ve yüksek voltaj sinyalleri oluşturur. Sinyaller eş zamanlı olarak elektron tabancasına da verilir. **Magnetron** veya **klystron** denilen dalga üreticileri tarafından oluşturulan mikrodalgalar, hızlandırıcı tüp içine gönderilir. Her sinyal içerisindeki mikrodalgaların frekansı 3000 MHz' dir ve elektron tabancası ile üretilen elektronlar da hızlandırıcı içerisine enjekte edilir. Elektronlar, yaklaşık 50 keV'lik enerjiyle hızlandırıcı yapı içine enjekte edildiklerinde mikrodalgaların elektromanyetik alanlarıyla etkilenirler. Elektronlar, tıpkı bir sörfçüye benzer hızlanma işlemiyle sinüzoidal elektrik alanından enerji kazanırlar. Yüksek enerji elektronları, hızlandırıcı yapının çıkış penceresinden çıktıklarında yaklaşık 3 mm çaplı bir kalem ışın şeklindedirler. Rölatif olarak kısa hızlandırıcı tüpe sahip düşük enerjili lineer hızlandırıcılarda 6 MV ve daha düşük elektronların, x ışın üretimi için düz olarak ilerlemesi sağlanır. Yüksek enerjili lineer

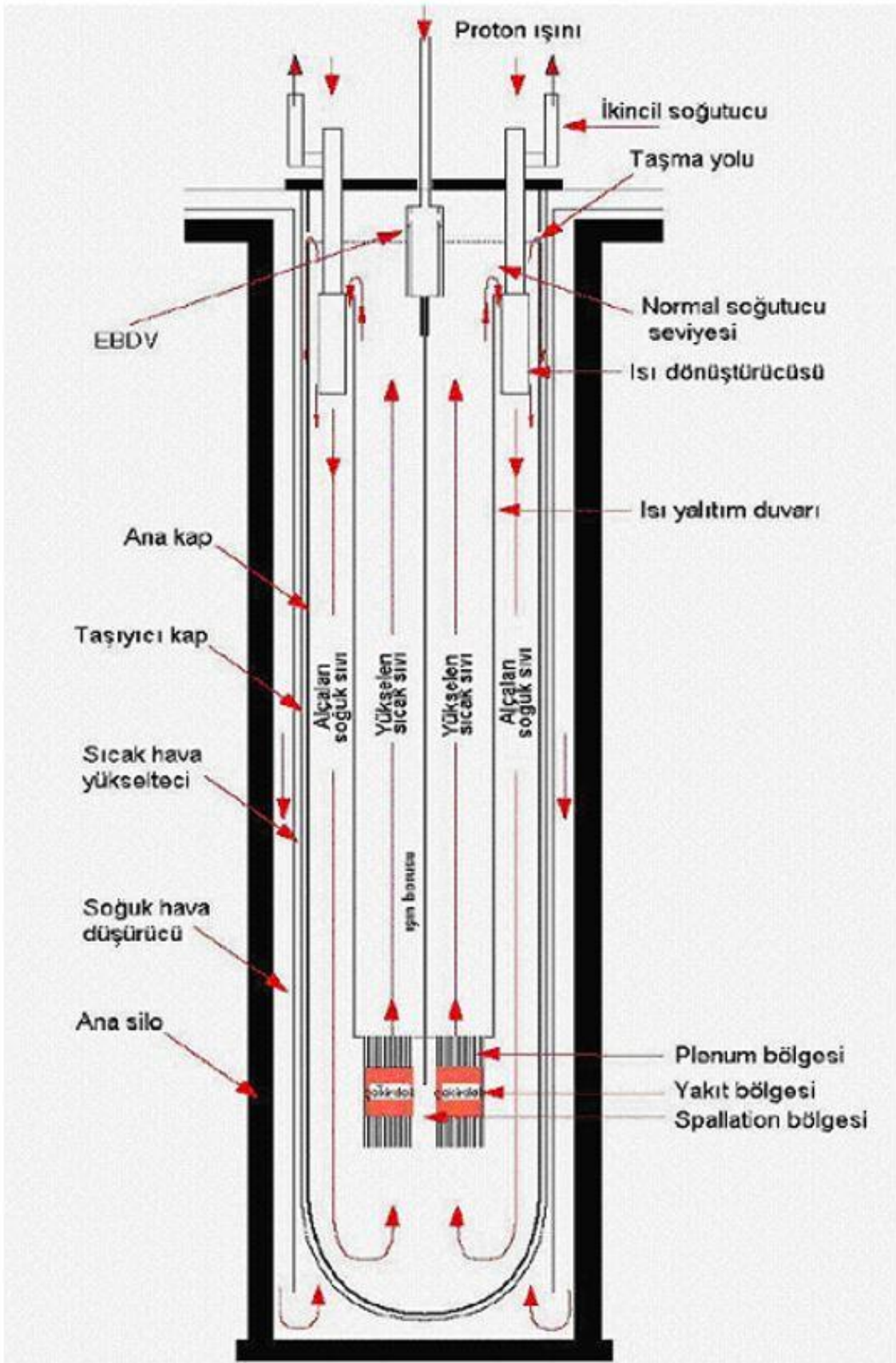
hızlandırıcılarda ise hızlandırıcı yapı çok uzundur ve yatay bir şekilde veya yatay bir açıyla yerleştirilmiştir (URL-9, 2017).

### 2.3. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem

21. Yüzyılda Dünya enerji tüketiminin giderek artması ile mevcut enerji kaynakları azalmakta ve işletilmekte olan mevcut reaktörler büyük miktarda radyoaktif atık oluşturmaktadırlar. Bu problemler ile karşı karşıya gelen Dünya ülkeleri enerji üretimi ve atıkların ortadan kaldırılması için büyük bir çaba içerisindeyler (Demirkol 2005). C. Rubbia ve CERN'deki (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) arkadaşları tarafından tasarlanan, son derece güvenli olan Şekil 2.9'daki genel tasarımı şekil 2.10'da ise Enerji yükseltici ADS reaktörü dikkat çekmiştir.



Şekil 2.9. ADS Sisteminin Genel Tasarımı



Şekil 2.10. Enerji yükseltici reaktörün yapısı (Rubbia and Rubio 1996)

Nobel Ödülü sahibi Prof. Dr. C. Rubbia'nın önderliğindeki ekip yoğun akıllı bir proton hızlandırıcısına dayalı, Roche ve Rubbia (1995) tarafından önerilen, Toryum yakıtlı yeni bir nükleer reaktör tipi önerdiler. Yeni reaktörün yapısı geleneksel (Uranyum yakıtlı) reaktörlerden oldukça farklıdır ve en önemli özelliği nükleer sürecin tam kontrollü olmasıdır. Mevcut nükleer enerji üretimi daha ziyade hafif su reaktörleri teknolojisine dayanmaktadır. Bu reaktörler yakıt olarak az zenginleştirilmiş  $U^{235}$  kullanırlar. Bu izotop, tabii uranyumun ancak %0,7 kadarını teşkil eder. Tabii uranyum içinde bulunan diğer izotop %99,3 oranında  $U^{238}$  dir. Mevcut reaktörler uranyum yakıtının ancak %1 kadarını değerlendirip %99 kadarını kullanılmayan yüksek derecede radyoaktif atık olarak geride bırakırlar. Hafif su reaktör teknolojisinin yaygın oluşu ve nükleer enerjinin dünya enerji üretiminde giderek artması; nükleer yakıt üretimi için başka kaynakların aranmasını zorunlu hale getirmektedir. 1990'ların başından beri Uluslararası Bilim Komitesi tarafından (Accelerator Driven System (ADS) =Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem) ADS, yüksek seviyedeki nükleer atık sorununu çözmek için geliştirilebilecek bir sistem olarak dikkate alınmaya başlandı ve birçok temel araştırma programları başlatıldı (Demirkol 2005).

### **2.3.1. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem Tanımı**

Hızlandırıcı kaynaklı sistem (Accelerator Driven System -ADS) veya Enerji Yükseltici (Energy Amplifier -EA) konvansiyonel nükleer reaktörlerdeki olası kritiklik kazası ( $k_{eff} > 1$ ) riskinin giderileceği ( $k_{eff} = 0.96-0.98$  Aralığında), pasif güvenliğe sahip bir kritik altı reaktör sistemiyle, yüksek proton akımlı ( $>10mA$ ) ve enerjili (1-1,5 GeV) bir hızlandırıcı kompleksinin birlikte çalıştırılmasının planlandığı yeni nesil reaktörlerdir (Demirkol 2005).

### **2.3.2. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem Amacı**

Yüksek termodinamik verimle (%40-44) toryum yakıttan enerji üretmek ve mevcut radyoaktif atıkları kısa ömürlü çekirdeklere dönüştürerek yakmak veya yok etmektir.

### **2.3.3. Hızlandırıcı Kaynaklı Sistem Bölümleri**

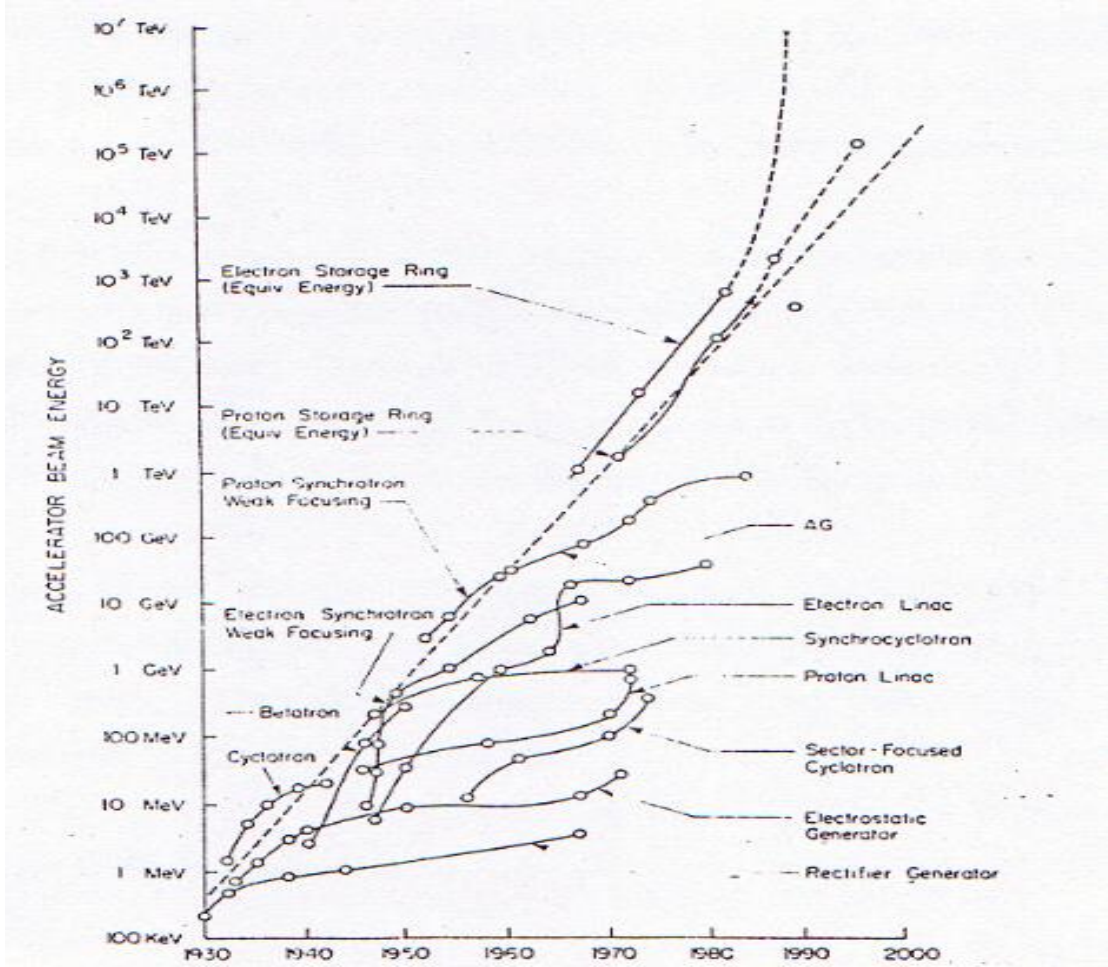
Üç ana kısımdan oluşmaktadır: Bunlar, hızlandırıcı, hedef ve ısının oluşturulduğu ve transfer edildiği bölümdür. Hızlandırıcıdan gelen bir parçacık demeti (çoğu tasarımlarda



proton) ağır elementlerin kalın bir hedefine çarptığı zaman hedef içinde atomik çekirdeğin spallasyonu ile çok miktarda nötronlar ve yüklü parçacıklar elde edilir. Bu sistemde fisyon yöntemiyle elde edilen ısı, elektrik enerjisi üretmek için ve aynı zamanda bir kısmı da hızlandırıcıyı beslemek için kullanılır.

#### **2.3.4. Hızlandırıcıların Gelişimi**

Parçacık hızlandırıcıları yüklü temel parçacık demetlerinin istenen enerji seviyesine getirene kadar hızlanmasını sağlayan cihazlardır. Rudherford deneyi ile çıkarılan doğru ve yeni atom modeli sonrasında insanların maddeyi ve temel yapısını anlama arayışı ve azimi nükleer fizik yapılacak olan deneyler hızlandırılmış, bununla bağlantılı proton ve elektron demetinin kullanımını düşünülmüştür. İlk hızlandırıcı olarak Katot ışınları tüpü alınabilir. İlk moder hızlandırıcı olan Linac Widereo tarafından 1920 li yılların sonlarına doğru geliştirilmiştir. 1932 de Cokcroft-Walton hızlandırıcı, daha sonra Van de Graff, 1940 lı yılların sonlarına doğru başlayarak günümüze kadar sürekli kendini yenileyerek gelişen hızlandırıcılar bugün TeV mertebesinde enerjiye ulaşmıştır ([parcacikfizigi.blogspot.com.tr](http://parcacikfizigi.blogspot.com.tr)) Parçacık hızlandırıcılarının enerjilerindeki tarihi gelişim Şekil 2.11'de verilmiştir. Burada her yeni türdeki hızlandırıcı gelişiminin bir enerji artışına neden olduğu görülmektedir. Her bir hızlandırıcı tipi ileride bir diğeriyle yer değiştirmektedir (URL-3, 2017).

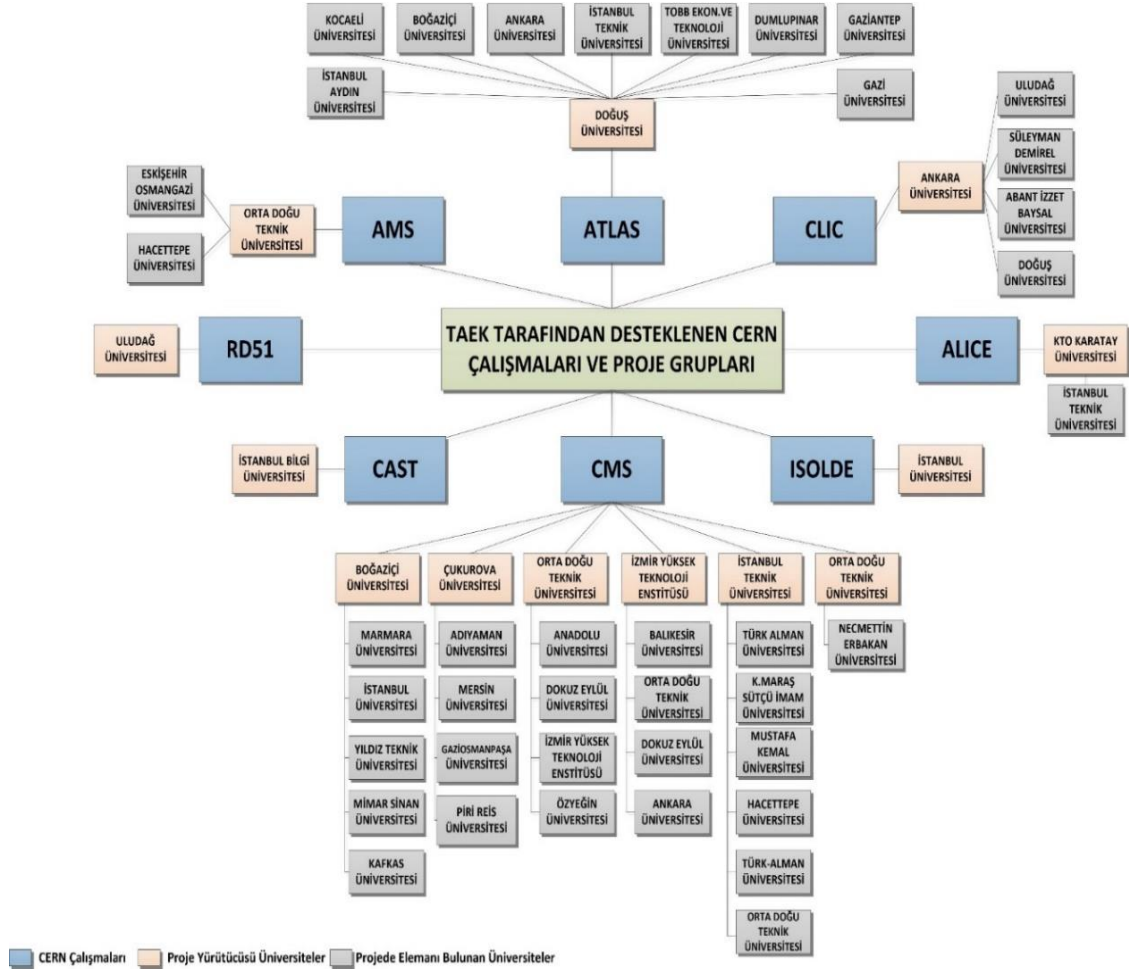


Şekil 2.11. Livingston eğrisi (<http://institute.tarla.org.tr/>)

## 2.4. Türkiye’de Hızlandırıcı Merkezi ve Gelişimi

Ülkemizde standartları yakalamak ve ülkemizi gelişmiş ülkeler düzeyine çıkarmak için Kalkınma Bakanlığının desteği ile THM projesinin temeli atılmış olup, Ankara Üniversitesi Gölbaşı Kampüsünde inşa edilmiştir (Yavaş vd. 2016). 12/05/ 2014 tarihinde Cenevre’de karşılıklı olarak imzalanan ve 22/01/2015 tarihli ve 6587 sayılı Kanunla onaylanması uygun bulunan “Türkiye Cumhuriyeti ile Avrupa Nükleer Araştırma Örgütü (CERN) Arasında CERN’de Ortak Üye Statüsü Verilmesi Hakkında Anlaşma” ve Anlaşma’ya dair bilgileri içeren Mektup’un onaylanması, 31.05.1963 tarihli ve 244 sayılı Kanunun 3 üncü maddesine göre, Bakanlar Kurulu’nca 16.03.2015 tarihinde kararlaştırılmış ve 28/04/2015 tarihli ve 29340 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanmıştır. TAEK Tarafından Desteklenen CERN Çalışmaları ve Proje Grupları Şekil 2.12’de gösterilmiştir.





Şekil 2.12. TAEK Tarafında Desteklenen CERN Çalışmaları ve Proje Grupları (URL-7, 2017)

#### 2.4.1. Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi Süreç

İl olarak Devlet Planlama Teşkilatının desteği ile 1997 ile 2000 yılları arasında neler yapılmalı konulu proje ile gerekli adımlar atılmıştır. Daha sonra 2002 yılı ile 2005 yılı arasında Ankara Üniversitesi ile Gazi Üniversitesi arasında ortak yürütülen proje kapsamında tasarım çalışmaları ve gereksinim çalışmaları yapılmıştır. Son aşamada Türkiye'de Ankara Üniversitesi Koordinesinde 14 Üniversite (Ankara, Gazi, İstanbul, Boğaziçi, Doğu, Uludağ, Dumlupınar, Gebze Teknik, Erciyes, Osmangazi, S. Demirel, Niğde, Gaziosmanpaşa ve Adıyaman Üniversiteleri) 156 akademisyen ile ortak yapılan çalışmada teknik anlamda tasarımı tamamlanmış olup TARLA tesisinin kurulumu sürdürülmüştür. Son olarak TURKAY, TURKSEL, TURKPRO ve TURKFAB tesislerinin kurulması için gerekli çalışmalar tamamlanmış 2016 yılında Kalkınma Bakanlığına sunulmuştur (Yavaş 2016).

## **2.4.2. Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesinde Tasarımı Yapılan Tesisler**

### **2.4.2.1. Sinkrotron Işınımı Tesisi**

THM Sinkrotron Işınımı tesisi 3 GeV elektron sinkrotronuna dayalı 3. nesil ışınım kaynağı tesisi olarak tasarlanmıştır. Ancak 30MeV mertebesinde kalmıştır. 3 GeV enerjili elektron sinkrotronuna dayalı 3. nesil ışınım kaynağı olarak tasarlanmış ve onlarca araştırmanın aynı anda yapılmasına olanak sağlayacak olan Sinkrotron Işınımı tesisi ülkemiz ve bölgemizde ilk olacaktır. Tesis, Avrupa'da son 15 yılda kurulan BESSY-II (Almanya), ELETTRA (İtalya), ALBA (İspanya), DIAMOND (İngiltere) ve SOLEIL (Fransa) Sinkrotron Işınımı tesisleri ile (~3 GeV demet enerjili) aynı kategoride yer almaktadır (URL-5, 2016)

### **2.4.2.2. Proton Hızlandırıcısı**

Proton hızlandırıcı tesisi 3 MeV – 2 GeV enerji aralığındaki proton demetinin doğrudan, nötron ve müon gibi ikincil demetlerinin Ar-Ge amacıyla kullanımı ve hızlandırıcı sürümlü sistemlerin (ADS) geliştirilmesi ve uygulamaları amacıyla tasarlanmıştır.

### **2.4.2.3. Serbest Elektron Lazeri**

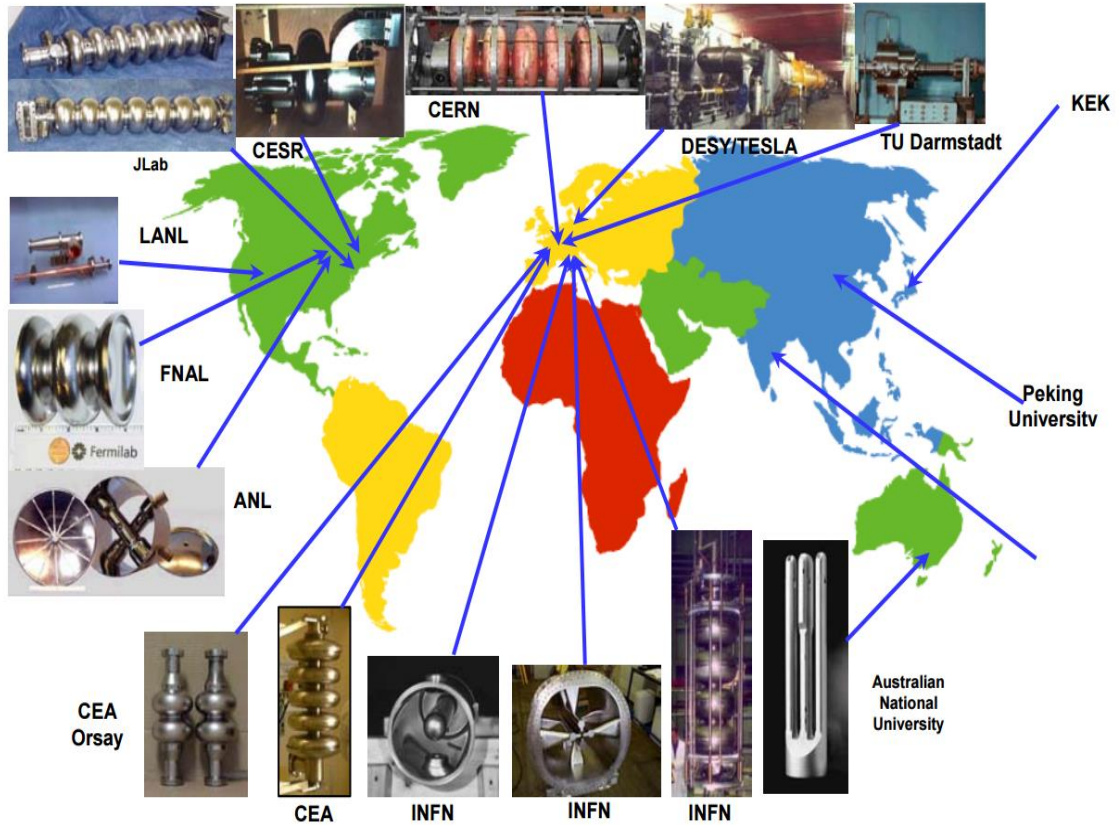
1-6 GeV enerjili doğrusal elektron hızlandırıcısına (linak) dayalı olarak VUV-X ışınları aralığında SASE modda elde edilecek (Kendiliğinden Genlik Artımlı Yayınım) Serbest Elektron Lazerinin (X FEL) Ar-Ge amacıyla kullanımı için tasarlanmıştır.

### **2.4.2.4. Parçacık Fabrikası**

1 GeV enerjili elektronların, 3,6 GeV enerjili pozitronlarla çarpıştırılması (linak-halka tipi) ile temel parçacık fiziği, hızlandırıcı ve dedektör teknolojileri, veri toplama ve işleme vb. konularda Ar-Ge ve uygulama olanakları sunacak bir tesis olarak tasarlanmıştır. (URL-6, 2016)

## 2.5. Dünyadaki Başlıca Hızlandırıcılar

Yüksek enerjili parçacık demetleri hem fen bilimlerindeki temel ve uygulamalı araştırmalarda hem de temel araştırmayla ilgisi olmayan birçok teknik alanda yarar sağlamaktadır. Şekil 2.13’de hızlandırıcı teknolojilerinin geliştirildiği yerler gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Dünyadaki Hızlandırıcı Teknolojilerin Geliştirildiği Yerler

### 2.5.1 CERN

CERN, Nükleer Araştırmalar için Avrupa Konseyi anlamına gelen Fransızca "Conseil Européen pour la Recherche Nucleaire" sözcüklerinin kısaltmasıdır. 1953 yılında Cenevre'de merkez Laboratuvarlar kurulmasına karar verilerek ismi Fransızca "Organisation Européenne pour la recherche nucléaire" ve İngilizce "European Organization for Nuclear Research" olarak değişmiş ancak CERN kısaltması değişmeden kalmıştır. CERN Şekil 2.14’de görüldüğü gibi Merkezi, İsviçre ve Fransa sınırında yer alan ve Cenevre şehrine yakın olan CERN, dünyanın en büyük parçacık fiziği araştırma

laboratuvarıdır. Yaklaşık 80 ülkeden 500 üniversiteyi temsil eden 6500 civarında ziyaretçi bilim insanı (dünyadaki parçacık fizikçilerinin yarısı) CERN'e gelerek kendi araştırmalarını gerçekleştirmektedir. Nobel ödülleri de içeren önemli keşiflerin yapıldığı bir merkezdir (URL-8, 2017)



Şekil 2.14. Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi(CERN)

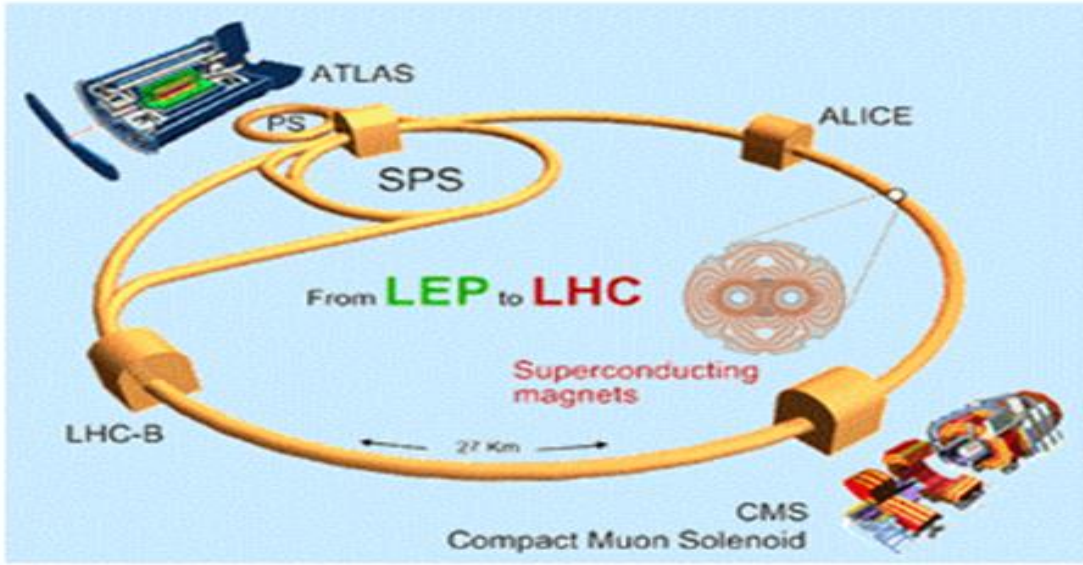
CERN II. Dünya Savaşından sonra Avrupa'nın fizik alanında ABD'ye yetişebilmesi için 12 Avrupa ülkesinin (Belçika, Yunanistan, Almanya, Fransa İtalya, Danimarka, İsveç, Hollanda, İngiltere, İsviçre, Norveç ve Yugoslavya) ülkelerinin ortak çalışması ile 1954'de kurulmuştur. Kurulduğu günden bu güne bu yana başarılı bir şekilde hizmet vermektedir. 1959'da Avusturya, 1961'de İspanya, 1986'da Portekiz, 1991'de Finlandiya ve Polonya, 1992'de Macaristan, 1993'te Çek ve Slovak Cumhuriyetleri, 1999'da Bulgaristan'ın katılımı ile üye sayısı 20'ye ulaşmıştır. Gözlemci olarak katılan ülke sayısı 8'dir. Türkiye 1961'den bu yana gözlemci statüsünü sürdürmektedir. Gözlemci olan ülkelerin hak ve yetkileri, konseyin açık toplantılarına katılmak, bu toplantıların gündem ve dokümanlarını

temin edebilmek, ve Başkan'ın daveti ile müzakerelere katılabilmektir. Gözlemci ülkenin oy hakkı yoktur.

### 2.5.1.1. CERN'deki Bazı Çarpıştırıcılar ve Detektörler

#### 2.5.1.1.1. LHC (Large Hadron Collider)

CERN dünyadaki en büyük çarpıştırıcı olan Large Hadron Collider (LHC) - Büyük Hadron Çarpıştırıcısı, 2000 yılında faaliyeti sona eren Large Elektron-Positron (LEP) - Büyük elektron-positron çarpıştırıcısı yerine inşa edilmiştir. Şekil 2.14'de görüldüğü gibi Çevresi 27 km ve yer yüzeyinden 100 metre derinliktedir. LHC'de çok yoğun iki proton demeti 14 TeV'lik ( $14 \times 10^{12}$  eV) kütle merkezi enerjisinde çarpıştırılacaktır (URL-7, 2017).



Şekil 2.15. LHC Çarpıştırıcısı ve Bulunan Detektörler

### 2.5.2. FERMILAB

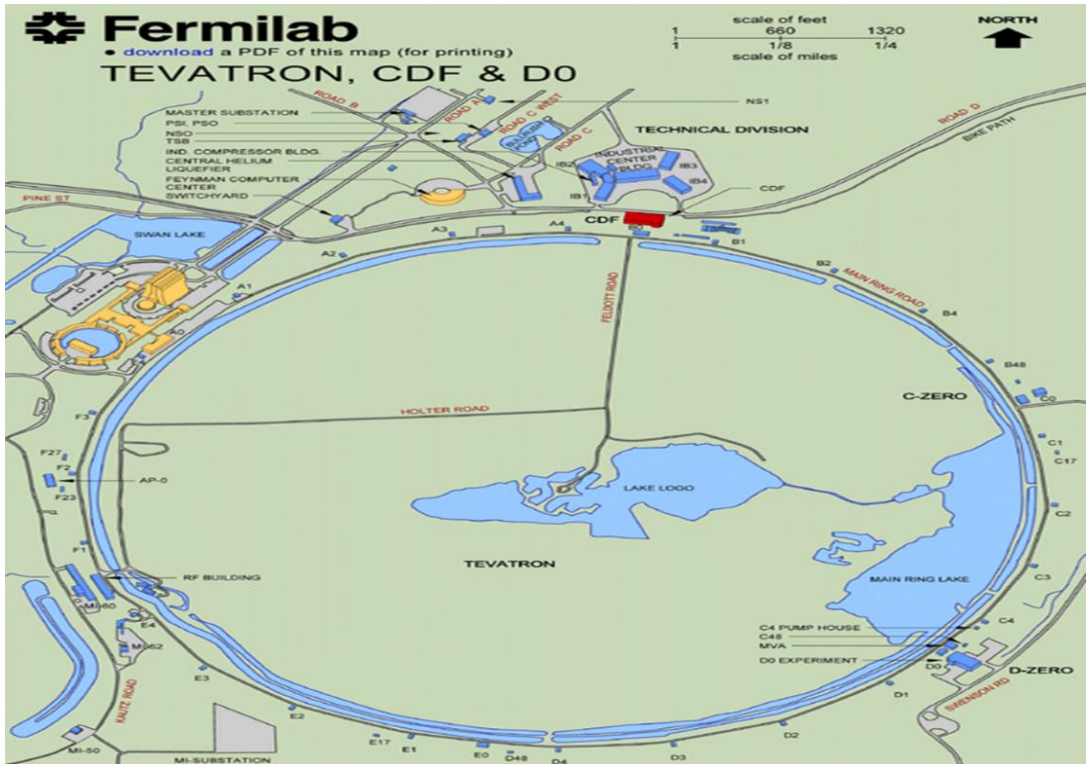
Fermilab, Amerika Birleşik Devletleri'nde Chicago kenti yakınlarında yer alan bir parçacık fiziği laboratuvarıdır (Şekil 2.16). 1967'de National Accelerator Laboratory (Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı) adıyla kurulmuş, 1974'de Nobel ödüllü fizikçi Enrico Fermi'nin anısına adı Fermi National Accelerator Laboratory olarak değiştirilmiştir.





Şekil 2.16. FERMİLİLAB(Tavatron Hızlandırıcısı)

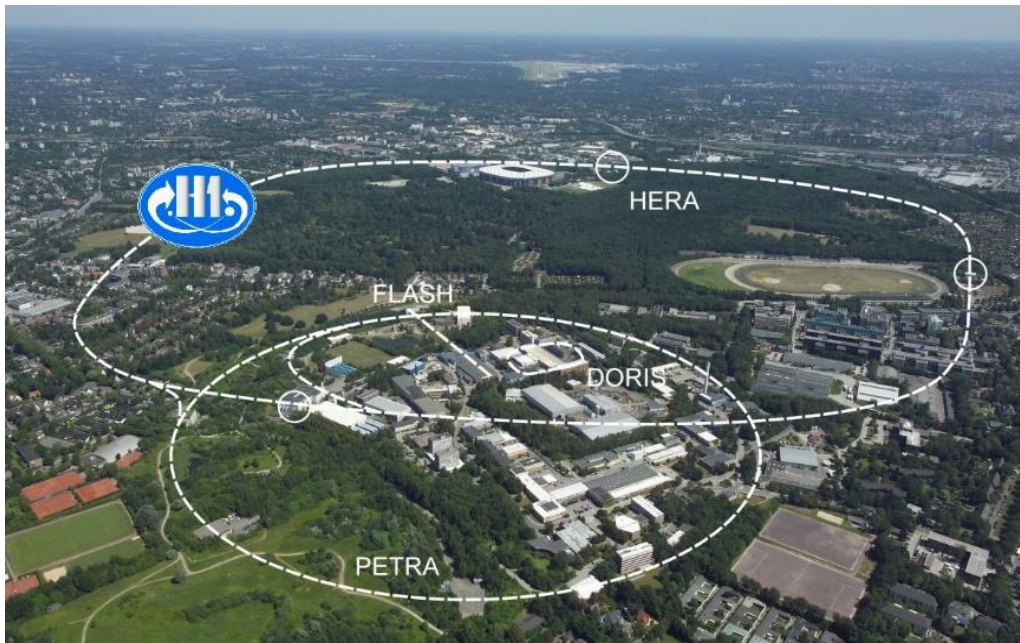
Fermilab'ın ev sahipliği yaptığı Tevatron parçacık hızlandırıcısı 6,28 km'lik çevresiyle CERN'de yer alan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'ndan sonraki en büyük parçacık hızlandırıcısıdır (Şekil 2.17). Bu parçacık hızlandırıcısı 1995 yılında t kuarkının keşfini sağlamıştır. Yıllık bütçesi 300 milyar dolar. Yaklaşık 2000 çalışanı var.



Şekil 2.17. FERMİLİLAB (URL-10, 2017)

### 2.5.3. DESY

DESY, kuruluş anlaşması 18 Aralık 1959'da Almanya'nın Hamburg şehrinde imzalanmış ve adım adım hayata geçirilmiş parçacık fiziği deneylerinin yapıldığı ve sinkrotron ışınımı kullanılarak araştırma ve uygulamaların gerçekleştirildiği Almanya'nın en büyük ulusal araştırma laboratuvarıdır (Şekil 2.18). Berlin-Zeuthen'de kurulu bulunan Yüksek Enerji Fiziği Enstitüsü iki Almanyanın birleşmesinden sonra 1 Ocak 1992'de DESY'nin bir parçası haline getirilmiştir. DESY, Hermann von Helmholtz Ulusal Araştırma Merkezleri Birliğinin (HFG) bir üyesidir. Kurucuları DESY'nin kuruluş amacını parçacık hızlandırıcını kurup bunların bilimsel kullanımı ile temel araştırmaların yapılması olarak bir başka deyişle ve orijinal haliyle "The promotion of fundamental scientific research, principally through the construction and operation of particle accelerators and their scientific usage" olarak tanımlamışlardır (Yavaş 2001).



Şekil 2.18. DESY (URL-2, 2017)

### 2.6. Nükleer Reaksiyonlarda Denge-Öncesi Modeller

Nükleer reaksiyonlar iki kategori altında incelenebilirler. Birincisini, direkt reaksiyonlar oluştururlar ve çok hızlı bir süreçte olur. Bu tür reaksiyonların oluşum süresi yaklaşık  $10^{-22}$  saniyedir. Bu süre, hızlandırılmış bir parçacığın, hedef çekirdeği boyunca hiç etkileşmeden

geçmesi olarak da adlandırılabilir. İkinci tür reaksiyonlar ise; bileşik çekirdek reaksiyonları olup, reaksiyon süresi ortalama olarak  $10^{-16}$  saniyedir ve bu değer direkt reaksiyonlara göre oldukça uzundur. Bileşik çekirdek reaksiyonları istatistiksel metotlarla incelenirken, direkt reaksiyonlar ise mikroskobik anlamda incelenirler (Yıldız ve Kaplan 2014).

Denge-öncesi reaksiyonları inceleyen başlıca modeller:

- 1- Full Exciton Modeli.
- 2- Hibrid Modeli
- 3- Geometri Bağımlı Hibrid Modeli
- 4- Cascade-Exciton Modeli

### 2.6.1. Full Excitation Model

Full Excitation Model hedefe gönderilmiş olan parçacığın hedefdeki çekirdek ile ilk etkileşme meydana geldikten sistemin uyarılacağını ve bu uyarılma sonucunda sistemde birikmiş olan fazla enerjinin sistemde bir karışıklığa yol açacağını söyler. Meydana gelen bu karışıklık belli işlemlerden sonra deneyeğe ulaşacağını kabul eder. Dengeye ulaşırken izlenen basamaklardan her birinde normal hale dönmesi için gerekli enerjinin yayılacağı anlamına gelir. Yayılan bu enerjilerden dolayı parçacıkların uyarılması muhtemeldir. Full Excitation Modelinde hedef çekirdeğe gönderilen parçacık hedef çekirdek içine girdiğinde  $1p-0h$  (veya 1-uyarılma) ve hedef çekirdekteki nükleonlar ile etkileşmesi durumunda  $2p-1h$  (veya 3-uyarılma) durumu meydana gelir. Parçacık sayısı,  $p$ ; deşik sayısı ise,  $h$  ile ifade edilmiştir. Daha sonraki etkileşmelerle birlikte de daha çok parçacık-deşik çiftinden oluşan durumları oluşturur. Ayrıca, Exciton Modeli'nde denge süreçleri vardır. Bu süreç içerisinde parçacık yayınlanma olasılığını da hesaplayabiliriz. Bu hesaplama yöntemini ise, çiftlenimli Pauli Master denklemlerinin doğrudan nümerik çözümleri oluşturur. Bu modelin temel özelliğini de, nükleer bir reaksiyonun zamana göre fonksiyonu olmasıdır. Aşağıdaki Denklem 2.2'de tanımlanmıştır.

$$(dP/dt) = \lambda^+ (n-2) \quad (2.1)$$

$$P(n-2,t) + \lambda^- (n+2) P(n+2,t) - \{ \lambda^+(n) + \lambda^-(n) W(n) \} P(n,t) \quad (2.2)$$

Denklem 2.2'de görüldüğü gibi  $P(n,t)$   $n$  ( $n = p+h$ ), uyarılma durumunda bulunma olasılığıdır.  $\lambda^+$ ,  $\lambda^-$   $n \rightarrow n+2$  ve  $n \rightarrow n-2$  geçiş hızları, parçacıkların  $W(n)$   $n$  uyarılma



durumundan bütün enerjilerde yayınlanma hızıdır. Burada, ana denklem sistemi için başlangıç koşulu;  $P(p,h,0) = \delta(p,p_0) \delta(h,h_0)$  nükleonlarla oluşturulan reaksiyonlar için başlangıç parçacık sayısı  $p_0=2$ , başlangıç deşik sayısı  $h_0=1$ 'dir. Tesir kesiti integrali ise,  $d\sigma/d\varepsilon = \sigma_a \Sigma W_b(n,\varepsilon) \tau(n)$  bağıntısından hesaplanır. Burada  $\sigma_a$  reaksiyon tesir kesiti,  $\tau(n)$  de  $n$  uyarılma durumunda ortalama ömrüdür ve ortalama ömür de  $t = 0$  dan  $t = \infty$  arasındaki integrasyondan

$\tau(n) = \int_0^\infty P(n,t) dt$  bulunur.  $W_b(n,\varepsilon)$ ,  $b$  parçacığının  $n$ . uyarılma basamağından ortalama yayınlanma hızıdır (Aydın vd 2003)

## 2.6.2. Hibrid Model

Çekirdek durumlarını, uyarılmış parçacık ve deşikleri içerecek şekilde sınıflandırır. Gelen nükleon, hedef çekirdekle  $1p - 0h$  durumunu oluşturur. Daha sonra ise,  $2p - 1h$  durumunu oluşturmak için hedef nükleonla etkileşme yapar. Böylece iki cisim etkileşmeleri, daha fazla parçacık-deşik çift oluşumuna neden olur. Her parçacık uyarılma enerjisi için, yeni parçacık-deşik oluşumuna bağlı olarak kısmi parçacık yayınlanma oranları hesaplanır. Bu hesaplamada ilk olarak  $2p-1h$  konfigürasyonu ile başlanır, sırasıyla tüm durumlar düşünülür. Parçacık yayınlanmasında bütün süreçler denge-öncesi spektrumuna katkıda bulunur. Bu süreç, denge sistemindeki en olası uyarılma sayısına ulaşılan kadar devam eder. Sonra, reaksiyonun denge kısmı için standart bir bileşik çekirdek modeli hesabına devam edilir. Böylelikle, hedef çekirdek ve gönderilen parçacığın etkileşmeleri ile parçacık-deşik çifti oluşumuna neden olan bu modelde, bileşik öncesi bozunmadan bahsedilebilir. Bu bozunma da,

$$P_v(\varepsilon) = \sum_{\Delta n=+2}^n n = n_0 \left[ \frac{n\chi v N_n(\varepsilon, U)}{N_n(E)} \right] g d\varepsilon \left[ \frac{\lambda_c(\varepsilon)}{\lambda_c(\varepsilon) + \lambda_+(\varepsilon)} \right] D_n \quad (2.3)$$

$$\frac{d\sigma(\varepsilon)}{d\varepsilon} = \sigma_R P_v(\varepsilon) \quad (2.4)$$

Şeklinde gösterilir.  $P_v(\varepsilon)d\varepsilon$  enerjisi  $\varepsilon+d\varepsilon$  ile  $\varepsilon$  arasında yer alan ve daima bölgeye yayınlanan nötron ve proton sayısı,  $n$ ; dengedeki muhtemel exciton sayısı,  $n \chi v$ ; bir  $n$  exciton durumundaki  $v$  türündeki parçacıkların sayısı,  $E$ ; bileşik sisteminin exciton enerjisi,  $N(\varepsilon, U)$ ; bir exciton  $\varepsilon$  kanal enerjisiyle yayınlandığında kalan çekirdeğin  $U=E-Bv-\varepsilon$  exciton enerjisinin diğer  $n-1$  excitonları arasında paylaşılacak şekilde  $n$  excitonun uygun bir

biçimde düzenlenme sayısı,  $N_n(E)$ ; exciton enerjisinde  $n$  parçacık artı deşik ( $n = p+h$ ) toplam birlesen sayısı,  $\lambda_c(\varepsilon)$ ; bir parçacığın ( $\varepsilon$ ) kanal enerjisiyle sürekli bölgeye yayınlanma hızı,  $\lambda_+(\varepsilon)$   $\varepsilon$ ; enerjili bir parçacığın sürekli bölgeye yayınlanmış olduğu zamanki çekirdek içi geçiş hızı,  $D_n$ ; bir  $n$ -exciton zincirinde başlangıç popülasyon kesiti,  $\sigma_R$ ; reaksiyon tesir kesiti,  $g$ ; tek-parçacık düzey yoğunluğunu ifade eder. Yukarıda (3) denklemdeki köşeli parantez içindeki nicelik, sürekli bölge enerjisi  $\varepsilon$  ile  $\varepsilon + d\varepsilon$  arasındaki parçacık sayılarını vermektedir. İkinci parantez de yar alan kısım ise, sürekli bölgeye geçiş hızının toplam geçiş hızına oranı verir (Aydın vd 2003). Bu modelde Ayrıca kapalı tip hesaplamalar içinde uygun bir yöntemdir. Bundan dolayı, tesir kesiti hesaplamasının önemli yere sahip olduğu kadar, hedef çekirdeklerin de exciton enerjileri önem kazanır. Bu nedenle, bu modelde gönderilen parçacık karmaşık yapıda da olabilir. Böylece nükleonların yayınlanma hesabını bulmak mümkün olur.

### 2.6.3. Geometri Bağımlı Hibrit Model

Geometri Bağımlı Hibrid Model çekirdek ile çekirdek ile çekirdek saçılmasının tanımı ile çalışan exciton denkleminin değişik bir halidir. 1983 yılında bu modelin hesaplamaları Blann ve Vonach tarafından,

$$\frac{d\sigma v(\varepsilon)}{d\varepsilon} = \sigma_R P_v(\varepsilon) \quad (2.5)$$

$$P_v(\varepsilon)d\varepsilon = \sum_{\Delta n=+2}^n n = n_0 \left[ \frac{n\chi v N_n(\varepsilon, U)}{N_n(E)} \right] g d\varepsilon \left[ \frac{\lambda_c(\varepsilon)}{\lambda_c(\varepsilon) + \lambda_+(\varepsilon)} \right] D_n \quad (2.6)$$

olarak verilmiştir. Burada Denklem 2.5 ve 2.6'da ki,  $\sigma_R$ , reaksiyon tesir kesitini,  $n\chi v$ ;  $n$  exciton durumundaki  $v$  tipli parçacıkların (proton veya nötron) sayısı,  $P_v(\varepsilon)d\varepsilon$ ; enerjisi  $\varepsilon$  ile  $\varepsilon + d\varepsilon$  arasında sürekli bölgeye yayınlanan  $v$  tipli parçacıkların (proton veya nötron) sayısını gösterir. Ayrıca;  $\lambda_c(\varepsilon)$  bir parçacığın ( $\varepsilon$ ) kanal enerjisiyle sürekli bölgeye yayınlanma hızını gösterirken,  $\lambda_+(\varepsilon)$  ise;  $\varepsilon$  enerjili bir parçacığın çekirdek içi geçiş hızı,  $D_n$ ; bir  $n$ -exciton zincirinde başlangıç popülasyon kesiti,  $\sigma_R$ ; reaksiyon tesir kesiti,  $g$ ; tek – parçacık düzey yoğunluğunu göstermektedir. Böylece, Denklem 2.6'daki köşeli parantezdeki nicelik, enerjisi  $\varepsilon$  ile  $\varepsilon + d\varepsilon$  arasında olan parçacık sayısını verirken; ikinci parantezdeki ifade ise, reaksiyon bölgesine parçacıkların geçiş hızının, toplam parçacık geçiş hızına oranıdır (Aydın vd 2003). Ayrıca bu modelde, tesir kesitinden ziyade parçacık-

deşik durum yoğunluğu önemlidir ve parçacık-çekirdek oluşumunun nükleer yüzeye bağımlılığı vardır. Bu yüzden, sürekli bölgedeki enerjilerde küçük de olsa bir farklılık oluşur. Buna ek olarak, soğrulan parçacığın açısai katkısı ve dışarı salınacak olan parçacığın az da olsa açısai değişimi yüzünden Hibrid Modeli'nden ayrıldığı gözlenmektedir (Aydın vd 2003).

#### 2.6.4. Cascade Exciton Model

Orta enerji bölgesinde bulunan çekirdek-nükleon reaksiyonları, denge öncesindeki parçacık yayımlanmasının incelenmesinde kullanışlı olmasından dolayı önemini korumaktadır. Nükleer yapının iyi anlaşılması ve parçacık yayımlanma mekanizmasının açıklanmasının altındaki temel sebebi, denge öncesi anlayışının gelişimidir. Nükleer seviyelerde ard arda geşiş işlemi dikkate alınarak nükleer reaksiyonların birden fazla özelliği detaylı birşekilde incelenebilir. Cascade Exciton Modeli reaksiyonların 3 aşamada meydana geldiğini varsayar. Birinci aşama nükleer seviyelerdeki geçiştir. İkinci aşama denge öncesini, Üçüncü aşama ise denge durumunu ifade eder.

Genel olarak bu üç aşama deneysel olarak ölçülen değerlere katkı sağlar. Buna göre parçacık spektrumu için

$$\sigma(p)dp = \sigma_{in} [N^{cas}(p) + N^{prq}(p) + N^{eq}(p)] dp \quad (2.7)$$

Denklemleri yazılabilir. Buradaki inelastic saçılma tesir kesiti, ardarda geçiş model içinde hesaplanır. Cascade modeli hızlı parçacıkların kinematik karakteristikleri hakkında bütün bilgileri içinde bulunduran reaksiyon geometrisini hesaba katar, fakat cascade parçacıkları arasındaki etkileşmeleri yoksayar. Diğer yandan; exciton modeli uyarılmış bir çekirdeği artık hh, ph ve pp (yani "parçacık-hol" serbestlik derecesi dahil edilmiştir) etkileşmeleri hesaba katan quasi-parçacık gazı gibi ele alır. Cascade modelin şartları parçacığın kinetik enerjisi nükleonun bağlanma enerjisini aştığı yüksek enerjilerde daha iyi yerine getirebilir. Geniş bir enerji bölgesinde yayılan parçacıkların nükleer reaksiyon özelliklerinin tanımlanması için bu iki modeli birleştirmek önemlidir (Aydın vd 2003).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Hesaplama Yöntemi

Yapılan bu çalışmada, denge ve denge öncesi nükleer reaksiyon modelleri kullanılarak hedef elementlere ait reaksiyon tesir kesitleri ve yayımlanma spektrumları hesaplanmıştır. Yapılan bu hesaplamalarda Cascade Exciton, Hibrid ve Geometri Bağımlı Hibrid Modelleri kullanılarak denge öncesi etkileri incelenmiştir. Cascade Exciton Model için CEM03, Hibrid ve Geometri Bağımlı Hibrid hesaplamaları için ise ALICE/ASH bilgisayar program kodları kullanılmıştır.  ${}^4\text{Be}^9$ ,  ${}^5\text{B}^{10}$ ,  ${}^6\text{C}^{12}$ ,  ${}^8\text{O}^{16}$ ,  ${}^{26}\text{Fe}^{56}$ ,  ${}^{27}\text{Co}^{59}$ ,  ${}^{41}\text{Nb}^{93}$ ,  ${}^{29}\text{Cu}^{63}$ ,  ${}^{40}\text{Zr}^{90}$ ,  ${}^{42}\text{Mo}^{94}$  Elementlerinin üzerine farklı enerjilere sahip hızlandırılmış protonlarla bombardıman edilmesi ile; CEM03, ALLICE ve PECROSS programları ile yapılan hesaplamada oluşacak A kütleli elementlerin ve izotopların oluşma tesir kesitleri hesaplanmıştır.

#### 3.2. CEM03 Bilgisayar Programı

Kaskat Eksiton Model hesaplamaları CEM03 (Mashnik 1980) bilgisayar programı ile yapılır. Orta enerji bölgesindeki nükleon-çekirdek reaksiyonları, denge öncesi parçacık yayımlanmasının incelenmesi için uygundur. Bu programda Z atom numarası, N nötron sayısı, E parçacıkların toplam enerjisidir. Nükleer reaksiyonların monte carlo hesaplamaları için Kaskat-Eksiton modeli çerçevesinde yapmak için CEM03 programı tasarlanmıştır. CEM03 programı, esnek, reaksiyon, fisyon ve toplam tesir kesitlerini, çekirdek dağılımını, uyarılma fonksiyonlarını, çift diferansiyel tesir kesitini, enerji ve açılal spektrumunu, ortalama enerji ve çıkan ürünler için üretim tesir kesitlerini ve ortalama çoğalmalarını, hesaplamayı sağlar. CEM03'e farklı modeller dahil edilerek düzey yoğunluk parametresinin hesaplamasını sağlamıştır. Bu program hesaplamalarda kaskad eksiton modelini kullanmaktadır. Kaskat-Eksiton Modeli (CEM) reaksiyonun üç safhada olduğunu düşünür (Demirkol 2006). Birinci aşama intranükleer kaskaddir. Bu aşamada birincil

parçacıklar soğurma öncesi birkaç kez saçılabilir veya çekirdekten kaçabilir. İkinci aşama olan denge öncesinin başlangıç noktası, kaskad parçacıkların yayımlanması sonrasında geri kalan uyarılmış atık çekirdek reaksiyonlarının gerçekleştiği aşamadır. Üçüncü aşama ise denge (buharlaşma) aşamasıdır. Nükleer uyarmanın durulması denge öncesi bozunmanın eksiton modeline göre ele alınmaktadır (Demirkol 2006).

### 3.3. ALICE/ASH Bilgisayar Programı

ALICE/ASH programı ALICE91 programının biraz değiştirilmiş ve geliştirilmiş bir versiyonudur. ALICE/ASH programı en fazla 300 MeV'lik gelme enerjisine kadar; oluşan ürünlerin enerji spektrumlarını, ikincil parçacıkların açısal dağılımı, exciton fonksiyonu, tesir kesiti hesapları ve yayınlanma spektrumu için uygulanabilir. Başlangıç her bir çekirdekten yayınlanan parçacıkların tipi proton ve nötron için  $M3=2$  olarak alınır.

### 3.4. Reaksiyonlar

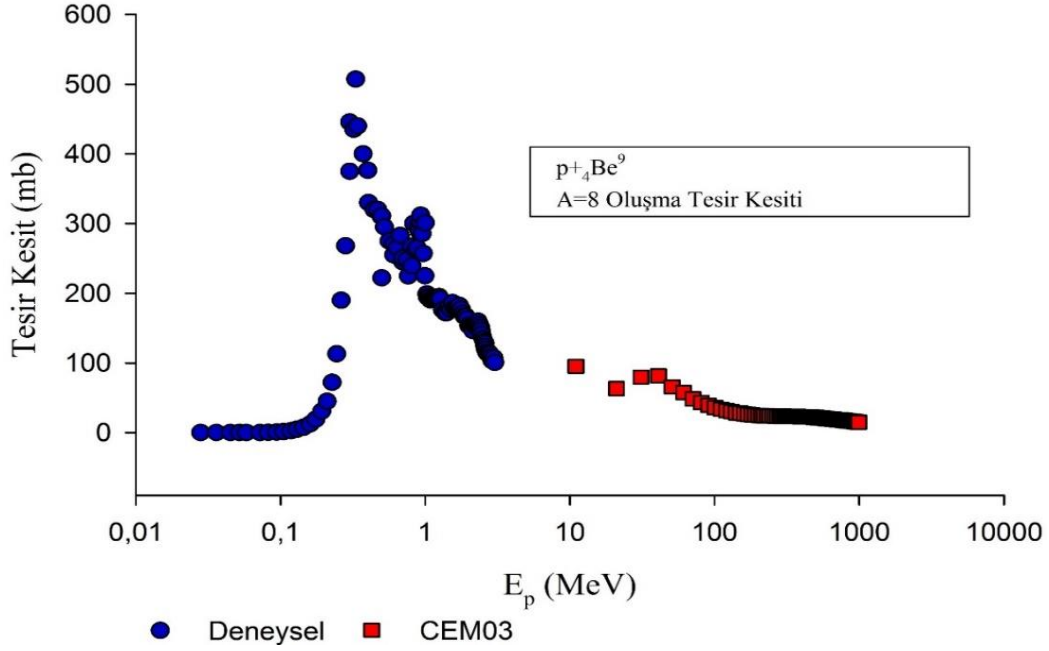
#### 3.4.1. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu

Berilyum yüksek miktarda ısı emme özelliğine sahip olduğundan çeşitli yerlerde kullanılır(hava, uzay vb.). Bunların yanında hafif metal alaşımlarında da kullanılır. Erime noktası yüksek olduğundan, daha hafif ve esnek olması nedeniyle genellikle inşaat sektöründe kullanılan bir elementtir(URL-1, 2017). Berilyum elementinin  $\text{Be}^9$  izotopunun bolluk oranı %100'dür (Krane 1988). CEM03 Programında farklı enerjilerde  $p+{}^9\text{Be}$  reaksiyonu sonucunda oluşan; (A) kütleyle bağlı izotop üretimi ve Kütle Numaraları (A) aynı olan elementlerin oluşma tesir kesitleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler ile Deneysel olarak ölçülmüş değerler kıyaslanmıştır.

##### 3.4.1.1. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=8$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^9\text{Be}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası (A) =8 olan elementlerin oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça kütle numarası  $A=8$  oluşum tesir kesiti artmaktadır. Fakat gönderilen protonun enerjisi yaklaşık olarak 1 MeV mertebesine geldiğinde oluşma tesir kesitinde düşüş görülmüştür. Deneysel olarak maximum 3,025

MeV mertebesinde deney yapılmıştır. Teorik olarak 11 MeV ve daha yüksek enerjilerde hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 3.1’de görüldüğü gibi Gönderilen protonun enerjisi arttıkça deneysel ve teorik değerlerin örtüştüğü görülmektedir.



Şekil 3.1. Deneysel olarak  ${}_4\text{Be}^9$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=8 oluşma tesir kesiti (Sierk and Tombrello 1973) , (Bertrand et al 1986)

Tablo 3.1. Farklı Enerjilerde  ${}_4\text{Be}^9$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=8 oluşma tesir kesiti Deneysel ve CEM03 değerleri

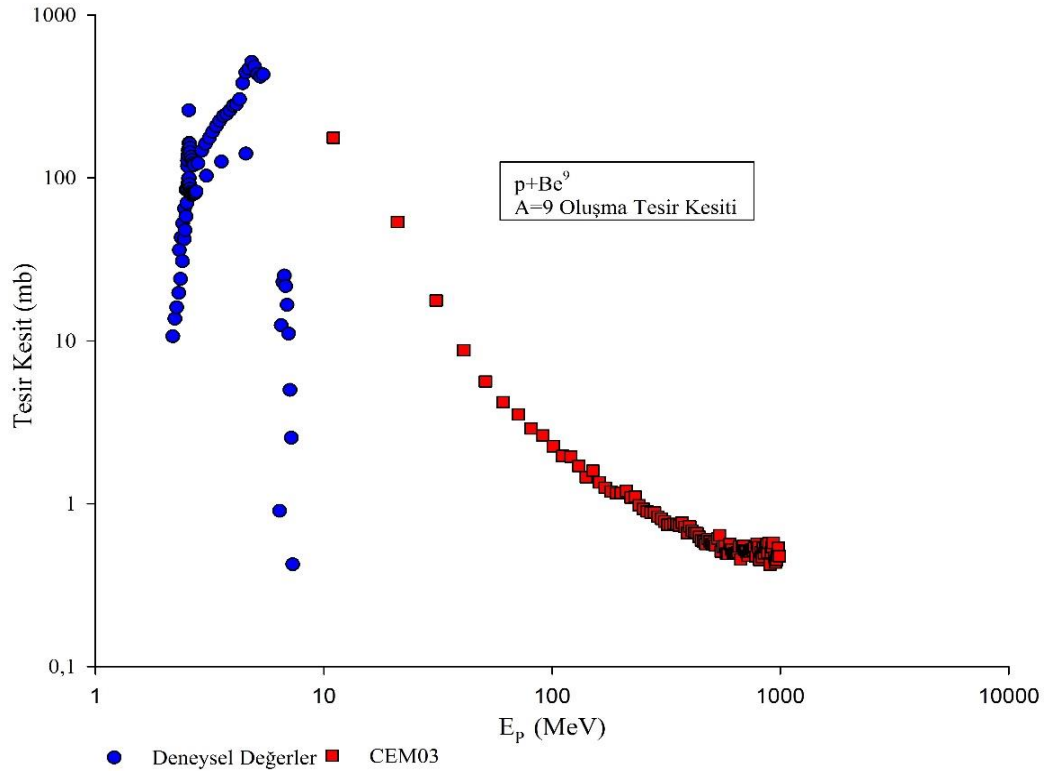
Ep (MeV)	Deneysel (mb)	CEM03 (mb)
0,028	4,00E-03	
0,036	7,00E-04	
0,045	2,90E-03	
0,052	7,20E-03	
0,058	0,02	
0,072	0,09	
0,082	0,3	
0,094	0,72	
0,105	1,4	
0,118	2,6	
0,13	4,6	
0,144	7,5	
0,16	12,3	
0,175	19,2	
0,192	30,5	
0,21	45	
0,227	72	
0,244	113	
0,262	190	
0,281	268	
0,3	375	
0,3004	445,5	
0,32	435	
0,33	507,1	

Tablo 3.1. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^9_4\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=8 oluşma tesir kesiti Deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	Deneysel (mb)	CEM03 (mb)
0,341	440	
0,372	400	
0,4007	376,3	
0,405	330	
0,442	320	
0,468	320	
0,496	310	
0,4994	311	
0,5	222	
0,522	295	
0,561	275	
0,603	270	
0,6033	254,9	
0,642	265	
0,67	283	
0,697	245	
0,7002	250,7	
0,75	248	
0,7628	224,8	
0,8006	267,4	
0,8107	239,1	
0,83	300	
0,859	262,2	
0,8787	265,1	
0,901	295,9	
0,9059	288,8	
0,9228	303,5	
0,93	312	
0,9497	285,5	
0,9697	257,1	
0,9943	225,1	
1	301	
2,222	155,7	
2,273	157,6	
2,319	159,8	
2,362	155,1	
2,386	147,6	
2,411	150,8	
2,432	146,5	
2,46	141	
2,5	134,7	
2,545	131	
2,568	125,5	
2,584	128	
2,591	123,5	
2,612	119,2	
2,659	115,2	
2,704	113,5	
2,749	114,7	
2,794	113	
2,843	108,7	
2,886	103,4	
2,932	105	
2,976	107,2	
3,025	100,6	
11		95,21
21		63,31
31		79,83
121		31,74
131		29,93
291		23,41
301		23,79
311		23,31
321		23,53
621		19,5
631		19,56
641		19,47
861		16,83
871		16,5
971		15,15
981		15,14
991		15,03

### 3.4.1.2. p+ ${}^9\text{Be}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası A=9 Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^9\text{Be}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası A=9 oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça A=9 oluşum tesir kesiti artmaktadır. Fakat gönderilen protonun enerjisi yaklaşık olarak 10 MeV mertebesine geldiğinde oluşma tesir kesitinde düşüş görülmüştür. Deneyel olarak maximum 7,298 MeV mertebesinde deney yapılmıştır. Teorik olarak 11 MeV ve daha yüksek enerjilerde hesaplamalar yapılmıştır. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi gönderilen protonun enerjisi arttıkça deneyel ve teorik değerlerin örtüştüğü görülmektedir.



Şekil 3.2. Deneyel olarak  ${}^9\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=9 oluşma tesir kesiti (Marion 1984), (Votava et al 1984)

Tablo 3.2. Farklı Enerjilerde  ${}^9\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=9 oluşma tesir kesiti deneyel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	Deneyel (mb)	CEM03 (mb)
2,179	10,67	
2,226	13,66	
2,265	16,04	
2,312	19,67	



Tablo 3.2. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^9_4\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=9 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

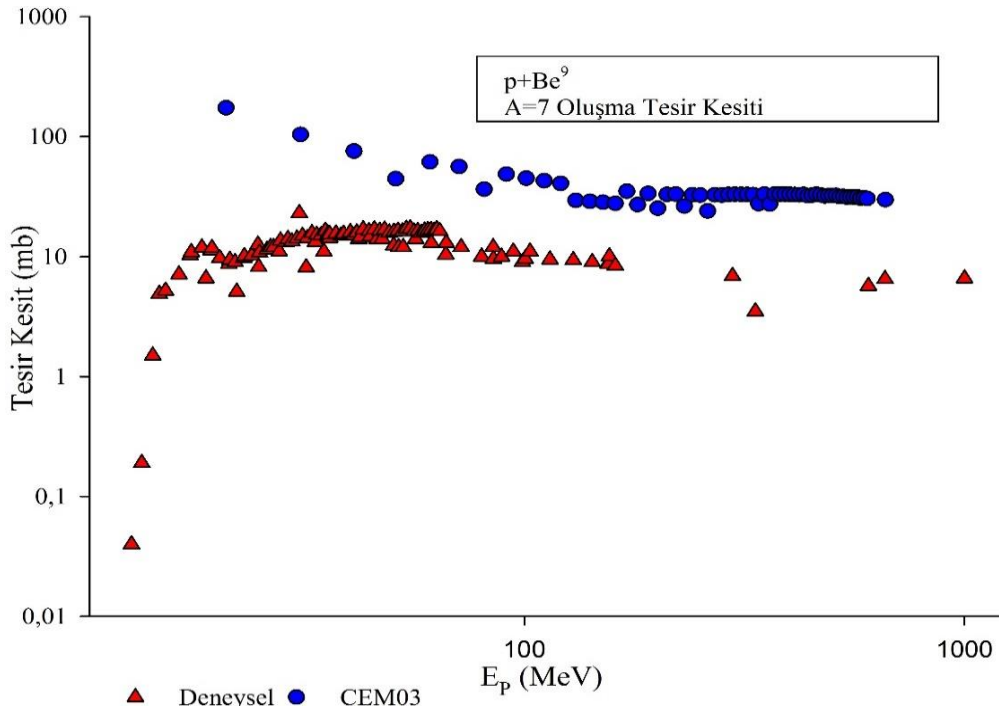
<b>E<sub>p</sub> (MeV)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>
2,33	36,1	
2,355	23,96	
2,37	43,1	
2,399	30,82	
2,41	52,7	
2,446	42,14	
2,45	64,8	
2,465	47,82	
2,6	144	
2,615	79,84	
2,62	135	
3,56	126	
3,63	240	
3,75	247	
3,88	261	
4,01	278	
4,14	283	
4,27	304	
4,41	382	
4,55	444	
4,56	141	
6,709	25,16	
6,801	21,67	
6,905	16,63	
6,999	11,07	
7,103	4,999	
7,195	2,539	
7,298	0,4244	
11		176,6
21		53,69
31		17,7
41		8,755
51		5,632
171		1,255
181		1,191
191		1,161
201		1,168
211		1,2
221		1,095
231		1,107
241		0,9779
251		0,9323
261		0,8984
271		0,8821
281		0,8833
291		0,834
301		0,8095
311		0,7795
321		0,7439
331		0,7425
341		0,7527
351		0,7497
361		0,7353
371		0,7653
531		0,6113
691		0,5525
701		0,5189
711		0,5094
841		0,533
851		0,4951
861		0,5419
871		0,5613
881		0,5001
891		0,5748
901		0,4231
911		0,5024
921		0,5426

Tablo 3.2. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^9\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=9$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	Deneysel (mb)	CEM03 (mb)
931		0,5759
941		0,4673
951		0,4353
961		0,4522
971		0,4807
981		0,5373
991		0,477

### 3.4.1.3. $p+{}^9\text{Be}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^9\text{Be}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça  $A=7$  oluşum tesir kesiti artmaktadır. Fakat gönderilen protonun enerjisi yaklaşık olarak 30 MeV mertebesine geldiğinde oluşma tesir kesitindeki artış azalmaya başlamıştır. Deneyel olarak maximum 661 MeV mertebesinde deney yapılmıştır. Teorik olarak hesaplanan değerlere bakıldığında enerji arttıkça oluşum tesir kesitinde azalmanın görüldüğü gözlenmiştir. Enerji yükseldikçe deneyel olarak hesaplanan değerler ile teorik değerlerin uyduğu gözlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Deneyel olarak  ${}^9\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti ( Inoue and Tanaka 1976), (Hermanne et al 2014)

Tablo 3.3. Farklı Enerjilerde  ${}^9_4\text{Be}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	Deneysel (mb)	CEM03 (mb)
12,8	0,04	
13,5	0,19	
14,3	1,5	
14,8	4,88	
15,3	5,2	
16,4	7,1	
17,4	10,3	
18,5	11,9	
18,9	6,6	
19,4	11,3	
19,5	11,8	
20,3	9,7	
21		173,8
21,3	8,7	
30,8	23	
31		104
31,3	14,9	
31,9	8,147	
32,1	14,3	
32,9	15,7	
33,52	13,28	
40,86	15	
41		75,53
41,6	15,9	
50,5	16,1	
51		44,53
59,3	16,5	
60,3	16,6	
61		61,5
61,3	16,7	
61,4	13	
62,3	16,4	
63,2	16,9	
64,2	16,3	
66,26	10,373	
66,4	13	
71		56,31
71,8	12	
79,9	10	
81		36,45
84,9	12	
84,96	9,584	
88,7	10	
91		48,55
94,3	11	
100,44	9,596	
101		45
103	11	
111		42,9
114,38	9,458	
121		40,7
129,2	9,362	
131		29,35
141		28,81
142,69	9,008	
151		28,33
155	8,8	
155,31	8,698	
156	10,04	
161	8,4	27,74
171		35
297	6,9	
301		33,08
335	3,5	
17,5	10,9	

Tablo 3.3. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^4\text{Be}^9$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

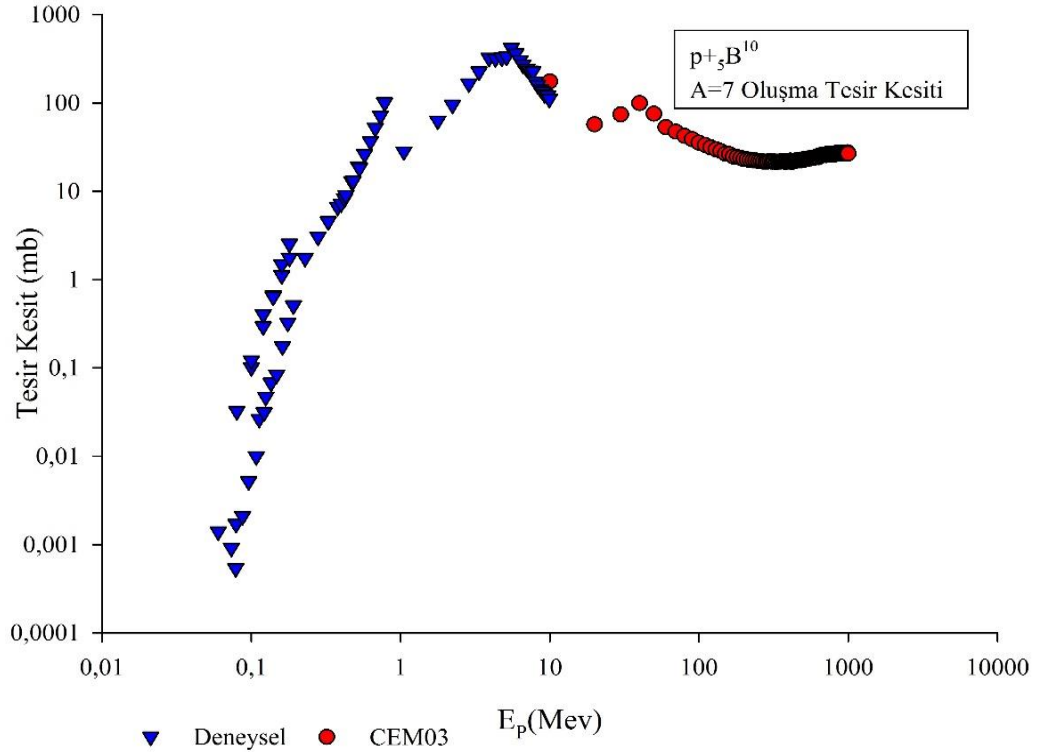
$E_p$ (MeV)	Deneysel (mb)	CEM03 (mb)
341		27,5
351		33,18
605	5,7	
660	6,5	
661		29,8
1000	6,6	

### 3.4.2. $p+{}^5\text{B}^{10}$ Reaksiyonu

Bor genellikle roketlerde kullanılır. Bunların yanında özellikle ısıya dayanıklı cam ürünlerinin üretiminde, regülatörlerde de kullanılır. Tekstil alanında ayrıca bor bileşiklerinden borik asit kullanılmaktadır. Boron nitrit bileşiği yalıtkanlık, ısı geçirgenliği ve sertleştirici özelliğe sahiptir. Nükleer santrallerde ortamda bulunan nötronlar hızla emerek nötron belirleyici cihazlarda kullanılır. Bu şekilde meydana gelecek olan tepkimeleri yavaşlatmak için yada durdurmak için de kullanılır. (URL-1, 2017).  ${}^5\text{B}^{10}$  izotopunun bolluk oranı %19,8'dir (Krane 1988).

#### 3.4.2.1. $p+{}^5\text{B}^{10}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^5\text{B}^{10}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça  $A=7$  oluşum tesir kesiti artmaktadır. Fakat gönderilen protonun enerjisi yaklaşık olarak 10 MeV mertebesine geldiğinde oluşma tesir kesitindeki artış azalmaya başlamıştır. Deneysel olarak maximum 9,93 MeV mertebesinde deney yapılmıştır. Teorik olarak hesaplanan değerlere bakıldığında enerji arttıkça oluşum tesir kesitinde azalmanın görüldüğü gözlenmiştir. Enerji yükseldikçe deneysel olarak hesaplanan değerler ile teorik değerlerin uyduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.4. Deneysel olarak  ${}^5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti (Szabo et al 1978) , (Burcham and Freeman 1985)

Tablo 3.4. Farklı Enerjilerde  ${}^5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
0,06		1,41E-03
0,0735		9,20E-04
0,4212		8,278
0,4293		9,033
0,4695		13,09
0,4813		13,13
0,5219		19,13
0,5308		18,36
0,5745		26,42
0,6276		36,84
7,983		175,3344
8,291		160,3915
8,711		142,6244
8,954		134,1897
9,22		125,7455
9,665		121,8549
9,93		111,5593
10	174,7	
20	56,96	
30	74	
40	99,54	
50	75,16	
60	53,07	
70	47,15	
80	42,35	
90	38,68	
100	35,31	
110	33,28	
120	31,35	

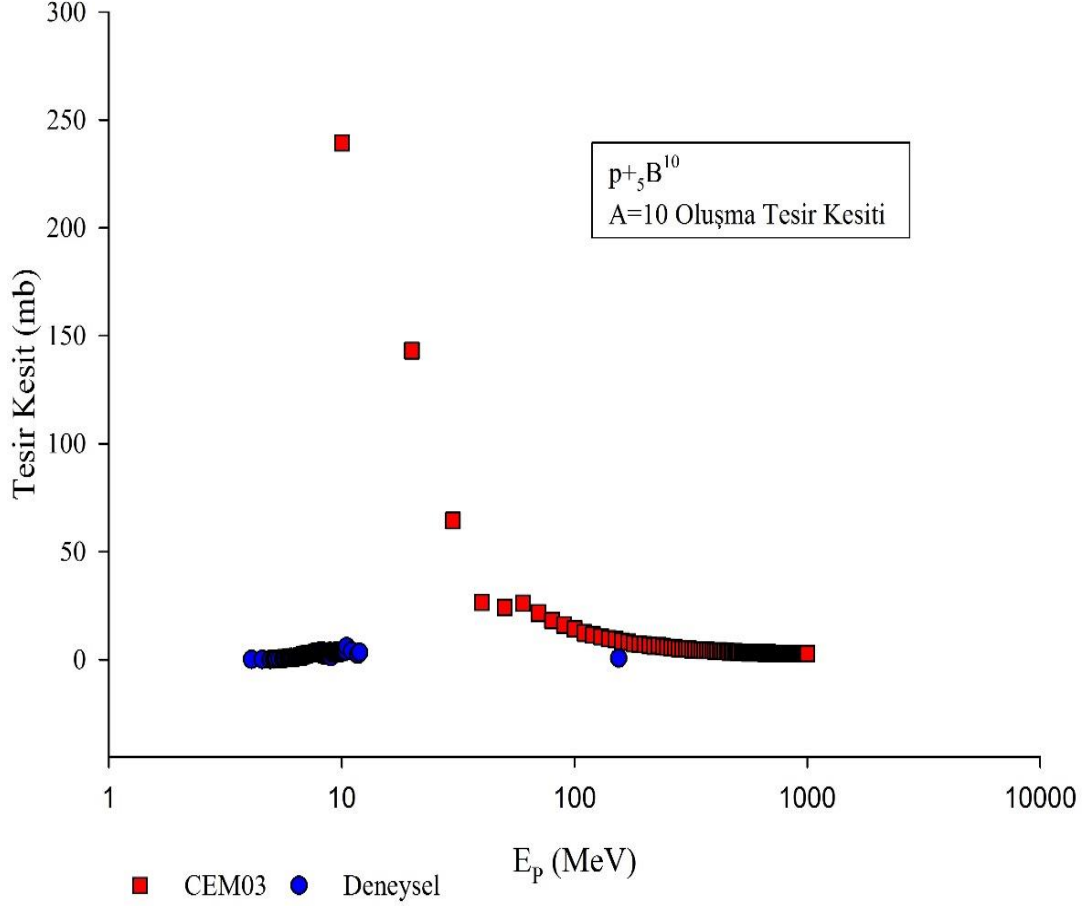
Tablo 3.4. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=7 oluşma tesir kesiti Deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
130	29,73	
140	28,38	
150	26,51	
160	26,18	
170	24,73	
180	24,39	
190	23,8	
200	23,08	
210	22,88	
310	21,54	
320	21,61	
330	21,34	
340	21,51	
350	21,66	
360	21,84	
370	21,85	
380	21,41	
390	21,54	
400	21,79	
410	22,11	
420	21,43	
430	21,99	
440	22,14	
450	22,18	
460	22,43	
470	22,34	
780	26,67	
790	26,7	
800	25,89	
810	26,62	
820	26,91	
830	26,72	
840	27,19	
850	26,63	
860	26,75	
870	26,53	
880	26,86	
890	26,8	
900	26,7	
910	26,51	
920	27,27	
930	26,93	
940	27,27	
950	27	
960	27,21	
970	27,33	
980	26,77	
990	27,55	
1000	26,74	

### 3.4.2.2. $p+{}^5\text{B}^{10}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası A=10 Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^5\text{B}^{10}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası A=10 oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça A=10 oluşum tesir kesiti yaklaşık olarak sabit devam etmektedir. Fakat gönderilen protonun enerjisi 11,93 MeV mertebesine ulaştığında deneysel değer sonlanmaktadır. Deneysel 155 MeV'lik enerjide hesaplanmış olan değer ile teorik olarak

hesaplanan değer çok yakın çıkmaktadır. Proton enerjisi yükseldikçe sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir.



Şekil 3.5. Deneysel olarak  ${}^5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesiti (Segel et al 1966) , (Valentin 1965)

Tablo 3.5. Farklı Enerjilerde  ${}^5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
4,094		0,0197
4,555		0,0202
4,924		0,0207
4,94		0,045
5,09		0,125
5,201		0,2214
5,24		0,23
5,38		0,31
5,385		0,3423
5,56		0,46
5,569		0,2209
5,661		0,4632
5,71		0,575
5,846		0,8265
5,86		0,675

Tablo 3.5. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=10 oluşma tesir kesiti

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	DeneySEL (mb)
5,95		0,795
5,99		0,9
6,03		0,9474
6,09		0,935
6,17		0,845
6,3		0,855
6,307		0,9471
6,37		0,96
6,399		1,311
6,46		1,16
6,492		1,553
6,53		1,44
6,584		1,916
6,69		1,82
6,76		2,07
6,768		1,916
6,83		2,19
6,85		1,3
6,91		2,19
6,98		2,14
7,045		2,037
8,52		2
9,903		3,124
10	239,5	3,84
10,09		3,487
20	143,2	
30	64,52	
40	26,58	
50	24,24	
60	26,11	
70	21,61	
80	18,12	
90	16,07	
100	14,26	
110	12,43	
120	11,41	
130	10,65	
140	9,7	
150	9,467	
155		0,65
160	8,638	
170	8,166	
180	7,44	
190	7,286	
200	6,941	
210	6,8	
220	6,279	
230	6,447	
240	5,952	
250	5,745	
260	5,692	
270	5,455	
280	5,172	
290	5,016	
300	5,024	
310	4,994	
320	4,593	
330	4,693	
340	4,741	
350	4,363	
360	4,268	
370	4,358	
380	4,201	
390	4,235	
400	3,982	



Tablo 3.5. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}_5\text{B}^{10}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=10 oluşma tesir kesiti

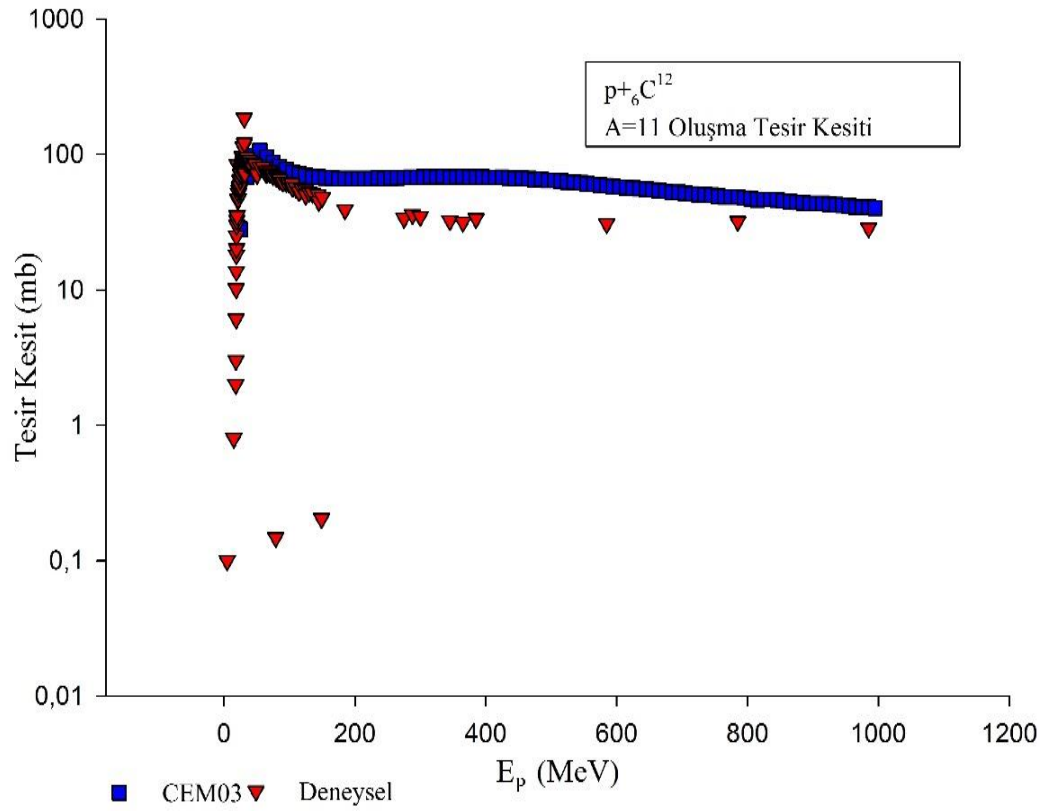
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	DeneySEL (mb)
410	4,068	
420	4,142	
430	3,983	
440	3,764	
450	3,793	
460	3,683	
470	3,664	
480	3,602	
910	2,882	
920	2,859	
930	2,791	
940	2,866	
950	2,792	
960	2,855	
970	2,761	
980	2,677	
990	2,793	
1000	2,807	

### 3.4.3. $p+{}_6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu

Karbon elementi birçok alanda kullanılır. Bunların en başında demir ve alaşımları işlenirken kullanılır. Bunların yanında sıvı yağların sudan temizlenmesi için kullanılır. Karbon elementinin küresel ve silindirik yapıdaki molleküllerden son yıllarda tenolojinin özellikle nanoteknoloji alanlarında ilerleme noktasında son derece önem arz etmektedir (URL-1, 2017).  $\text{C}^{12}$  izotopunun bolluk oranı %98,89' dur (Krane 1988).

#### 3.4.3.1. $p+{}_6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası A=11 Oluşma Tesir Kesiti

DeneySEL olarak  ${}_6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası A=11 oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça deneySEL değerlerden A=11 oluşum tesir kesitinde artış gözlenmiştir. Enerji değeri yükseldikçe deneySEL ve teorik sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6.  $p+{}^6\text{C}^{12}$  bombardmanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası  $A=11$  oluşma tesir kesiti (Hogstrom 1976), (Davids et al 1970)

Tablo 3.6. Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardmanı sonucunda kütle numarası  $A=11$  oluşma tesir kesiti Deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		0,1
15		0,8
18		2
18,3		3
18,6		6,1
18,8		10,2
18,9		13,7
19,1		18,1
19,3		20,1
19,3		25
23		54,3
23,7		56,3
24,3		64
24,5		57,7
24,6		58,5
24,7		
24,9		64,5
25	27,95	65,6
25,5		70,5
25,5		71,8
25,9		76,9
34		89,1
34,5		
34,8		86,6

Tablo 3.6. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=11 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

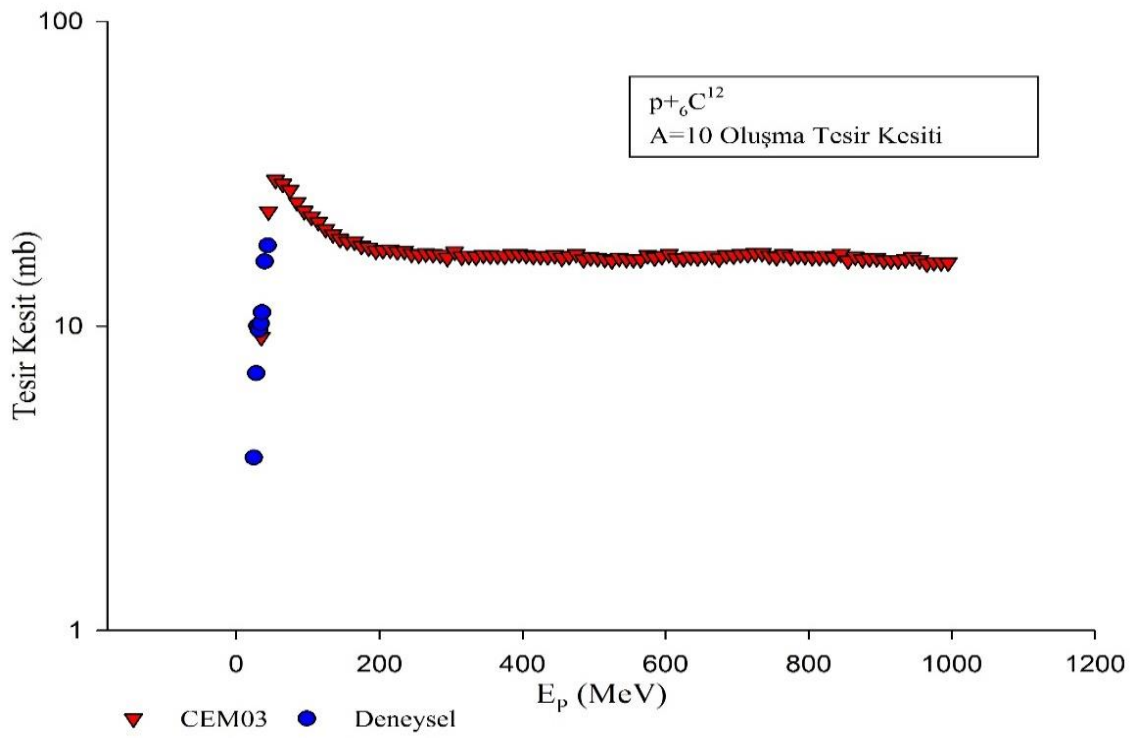
<b>E<sub>p</sub> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
35	68,41	85,5
35,2		95
35,7		84,8
36		85,7
38,8		85,3
45	98,22	86,4
47,5		85,2
50		
50,7		71,2
55	106,8	80,3
59,4		81,1
59,5		80,6
60		
64,7		71,9
65	95,38	75,6
69,6		76,107
69,7		
70		72,6
75	87,21	70
79,2		0,148
80		68,2
80		68
82,7		67,2
85	81,6	65
88,2		
90		62,7
95	77,26	62
98,5		61,9
100		
103,8		60,5
105	74,12	57
108,8		
110		56,4
115	71,65	53
119,4		55,3
120		
124,3		54,9
125	69,73	50
128,7		
130		52,5
135	68,16	51,8
138,3		
143,4		50,6
145	67,91	45
149,2		0,204
150		
150		47,8
155	67,34	
158,6		
165	66,92	
175	66,53	
185	65,92	39
195	66,24	
200		
205	66,46	
215	66,5	
225	66,15	
235	66,88	
245	66,53	
255	66,82	
265	67,24	
275	67,5	33,7
285	67,75	
288		35,8
295	67,76	

Tablo 3.6. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}_6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=11 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
300		34,8
305	67,99	
313		
315	68,32	
325	68,07	
335	68,72	
345	67,94	32,4
355	68,14	
362		
365	68,49	31,6
375	68,05	
383		
385	67,95	33,6
395	67,98	
585	58,79	30,8
785	48,42	32
795	47,65	
800		
805	47,18	
815	46,31	
825	46,44	
835	46,49	
845	46,31	
855	45,44	
865	44,8	
875	44,27	
885	44	
895	43,47	
905	43,53	
915	43,41	
925	42,85	
935	42,37	
945	42,28	
955	41,7	
965	41	
975	40,82	
985	40,85	28,5
995	40,28	
1000		

### 3.4.3.2. $p+{}_6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası A=10 Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası A=10 oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Düşük enerjilerdeki değerlere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçların örtüştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7.  $p + {}_6\text{C}^{12}$  bombardmanı sonucunda deneysel ve CEM03 de kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesiti (Honda and Lal 1964)

Tablo 3.7. Farklı Enerjilerde  ${}_6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardmanı sonucunda kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

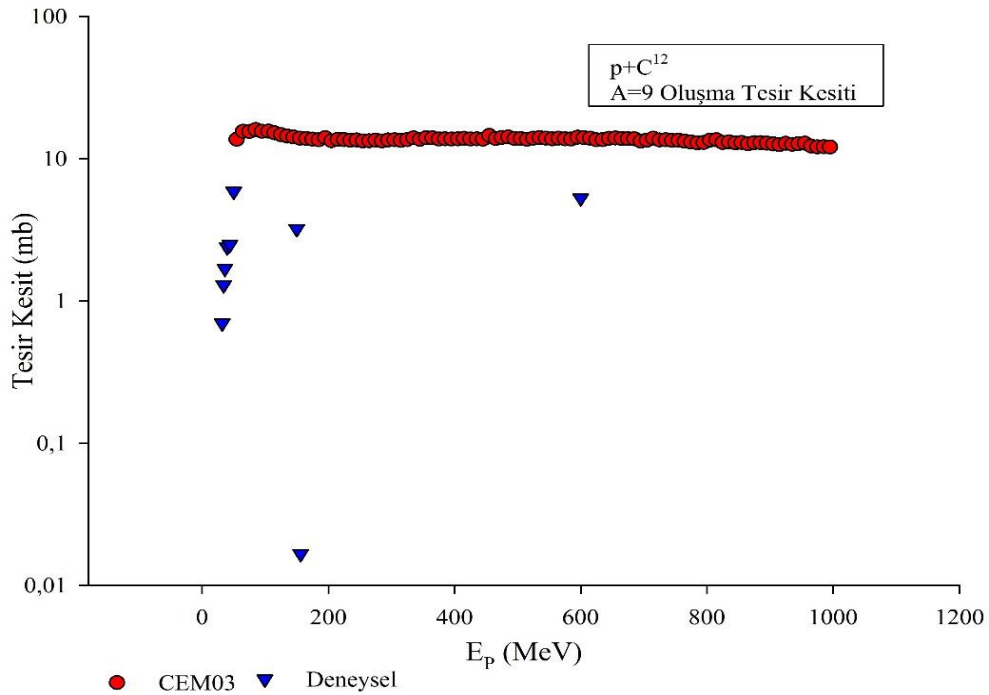
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15		
24,6		3,7
25		
28		7
29,5		10
32		9,7
34		10,2
35	9,202	
36		11,1
39,8		16,3
44		18,4
45	23,8	
55	30,22	
65	29,29	
75	28,01	
85	25,54	
95	23,89	
105	22,89	
115	21,96	
125	20,84	
135	20,04	
143		
145	19,33	
150		
155	18,98	
165	18,97	
175	18,36	
305	17,57	

Tablo 3.7. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=10 oluşma tesir kesiti Deneysel ve CEM03 değerleri

355	17,07	
405	17,13	
455	16,75	
505	16,75	
555	16,61	
605	17,23	
755	16,86	
805	16,83	
855	16,43	
905	16,45	
955	16,48	
965	16,06	
975	16,22	
985	16,22	
995	16,18	

### 3.4.3.3. $p+{}^6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası A=9 Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası A=9 oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi 50 MeV mertebesine gelene kadar tesir kesitinde artış gözlenmiştir. 50 MeV den daha yüksek enerjilerdeki teorik sonuçlar ile deneysel sonuçlara bakıldığında sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir.



Şekil 3.8.  $p + {}^6\text{C}^{12}$  bombardımanı sonucunda deneysel ve CEM03 de kütle numarası A=9 oluşma tesir kesiti. (Klapisch et al 2012), (Gauvin et al 1987)

Tablo 3.8. Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=9$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15		
25		
32		0,7
34		1,3
35		
36		1,7
39,8		2,4
44		2,5
45		
50		5,9
55	13,69	
65	15,59	
75	15,56	
85	16,07	
95	15,61	
105	15,66	
115	15,19	
125	14,77	
135	14,45	
145	14,21	
150		3,225
155	13,94	
156		0,0167
165	13,87	
175	13,74	
185	13,61	
195	14,08	
205	13,39	
215	13,7	
225	13,62	
235	13,51	
245	13,55	
255	13,36	
265	13,4	
275	13,53	
285	13,35	
295	13,57	
305	13,6	
315	13,45	
325	13,63	
345	13,69	
355	14,06	
365	14,03	
375	13,79	
385	13,81	
395	13,77	
405	13,8	
415	13,91	
425	13,79	
435	13,83	
445	13,74	
455	14,58	
465	13,87	
475	14,13	
485	14,26	
495	13,9	
505	13,86	
515	13,71	
525	13,97	
535	14,1	
545	13,94	
555	13,83	
565	13,96	
575	13,83	

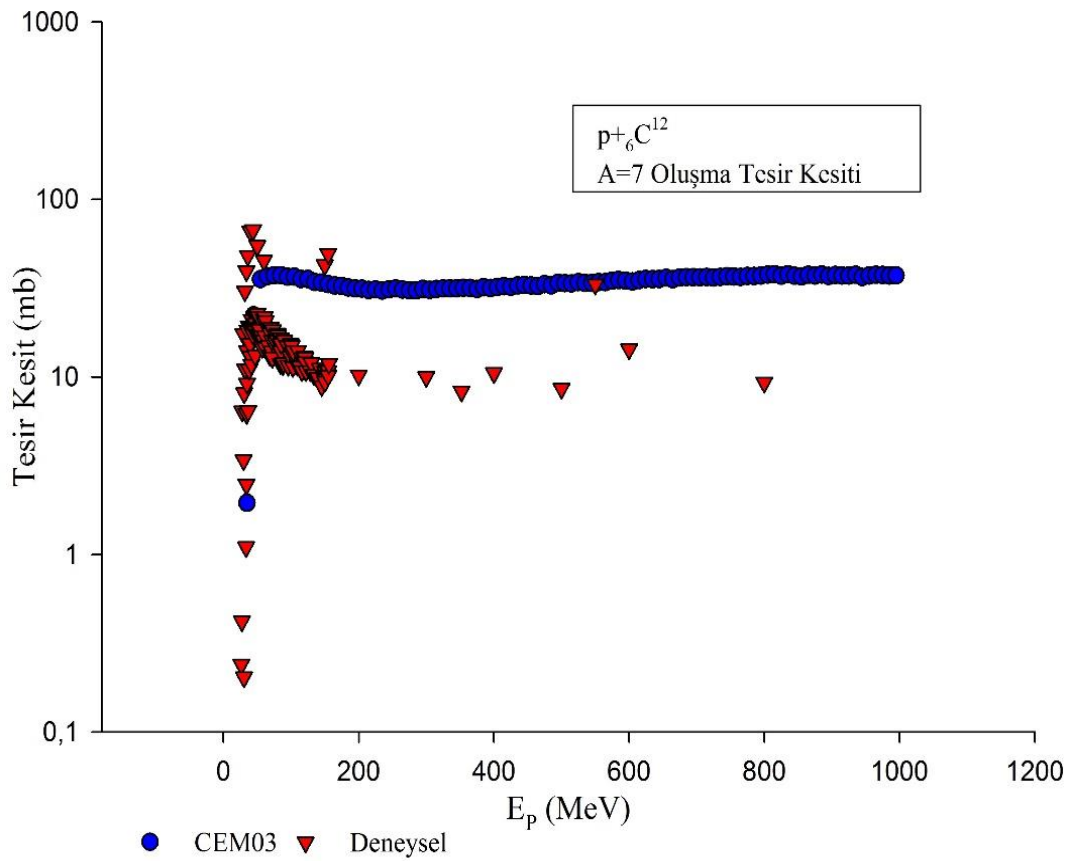
Tablo 3.8. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=9 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
585	13,79	
595	14,18	
600		5,3
605	14,08	
615	13,96	
625	13,59	
635	13,62	
645	13,91	
655	14	
665	13,9	
675	13,84	
685	13,81	
695	13,33	
705	13,54	
715	13,96	
725	13,58	
735	13,59	
745	13,47	
755	13,48	
765	13,27	
775	13,1	
785	12,94	
795	13,02	
805	13,54	
815	13,59	
825	13	
835	13,16	
845	12,94	
855	13,02	
865	12,73	
875	12,98	
885	12,98	
895	12,87	
905	12,71	
915	12,58	
925	12,84	
935	12,66	
945	12,76	
955	12,89	
965	12,28	
975	12,14	
985	12,17	
995	12,1	

#### 3.4.3.4. $p+{}^6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası A=7 Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası A=7 oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça tesir kesitinde artış olduğu ve daha yüksek enerjilerde yaklaşık olarak sabit kaldığı, teorik sonuçlar ile deneysel sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir.





Şekil 3.9.  $p + {}_6\text{C}^{12}$  bombardmanı sonucunda Deneysel ve CEM03 de kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti (Aleksandrov et al 1990)

Tablo 3.9. Farklı Enerjilerde  ${}_6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardmanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15		
24,5		0,05
25		
26,5		0,24
27,4		0,42
28		6,4
29,5		17,4
29,8		3,4
30,325		0,203
30,8		8,1
31,9		11,1
32		30,4
33,5		1,1
33,998		2,476
34		39,5
34,5		6,2
34,855		9,1887
35	1,947	14
45	22,22	
46,2		22
47		19,1
47		18
47,107		13,204

Tablo 3.9. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}_6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=7 oluşma tesir kesiti Deneysel ve CEM03 değerleri

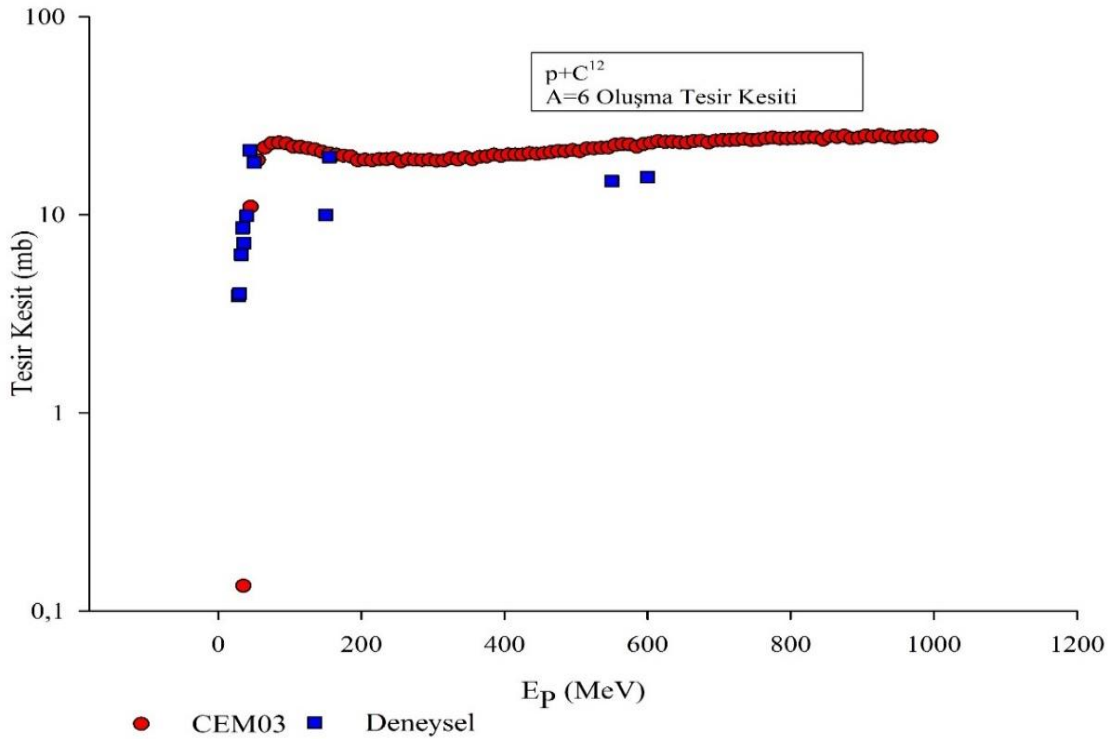
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
47,56		19,944
49,3		21,8
50		54,7
50,472		22,752
50,5		17,3
51,8		19
52,574		21,706
53,1		16,9
53,3		18,5
55	35,48	
56		16,3
65	36,87	
75	37,34	
77,3		15,6
85	37,37	16,5
95	36,59	
105	36,64	
109,6		11,6
110		14
113,231		11,452
115	35,6	
116		10,8
118,66		12,884
120		13
121,04		12,778
121,2		12,1
122,3		10,8
125	35,55	
128,2		10,8
130		12
134		10,3
135	34,2	
139,6		9,9
142,546		11,134
145	33,96	
145,3		8,9
155	33,22	49,3
155,03		10,166
156		11,84
165	32,63	
175	32,44	
185	31,76	
195	31,48	
200		10,2
205	31,39	
215	30,84	
220		
225	31,07	
235	30,6	
245	31,08	
255	31,45	
265	31	
275	30,69	
285	30,69	
295	31,3	
300		10
305	30,91	
315	31,22	
325	31,43	
335	31,48	
345	31,43	
352		8,3
400		10,5
500		8,6
505	33,71	

Tablo 3.9. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
515	33,58	
525	34,15	
535	33,8	
545	33,8	
550		33,2
600		14,31
605	34,47	
705	36,29	
805	37,61	
905	37,42	
975	37,44	
985	37,12	
995	37,24	
1000		

### 3.4.3.5. $p+{}^6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=6$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=6$  oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça tesir kesitinin arttığını belli bir enerjiden sonra yaklaşık sabit şekilde devam ettiği, teorik ve deneysel sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir.



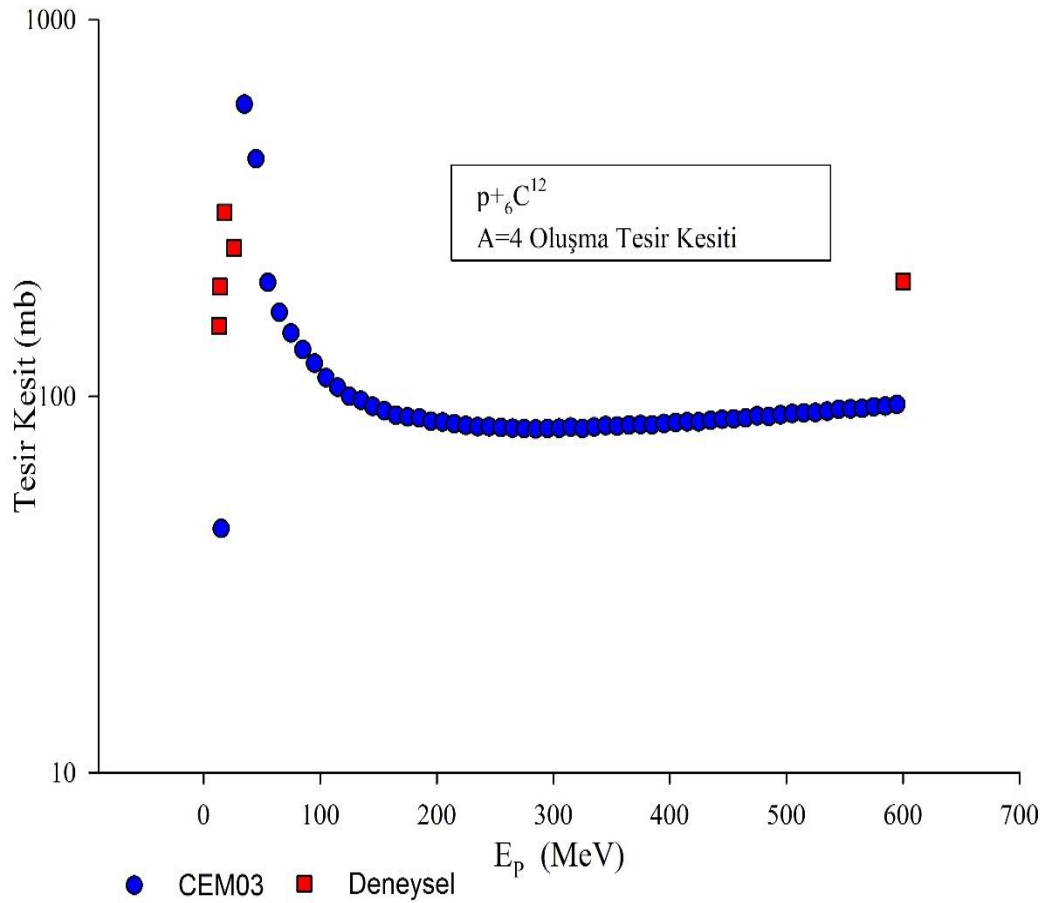
Şekil 3.10.  $p + {}^6\text{C}^{12}$  bombardımanı sonucunda deneysel ve CEM03 de kütle numarası  $A=6$  oluşma tesir kesiti. (Bernas et al 1987)

Tablo 3.10. Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=6 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>E<sub>p</sub> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
5		
15		
25		
28		3,9
29,5		4
32		6,3
34		8,6
35	0,134	
36		7,2
39,8		9,9
44		21,2
45	10,97	
50		18,4
55	18,88	
65	21,85	
75	23,04	
85	23,16	
95	22,92	
105	22,06	
115	21,99	
125	21,7	
135	21,35	
145	20,81	
150		10
155	20,41	19,6
255	18,6	
305	18,74	
405	20,14	
505	20,95	
515	21,63	
525	21,64	
535	21,76	
545	21,85	
550		14,8
555	22,55	
565	22,73	
575	22,65	
585	22,08	
595	22,79	
600		15,5
605	23,07	
615	23,54	
625	23,3	
635	23,4	
645	23,19	
655	23,09	
665	23,58	
675	23,69	
685	23,17	
695	23,69	
705	23,82	
805	24,37	
905	25,1	
1000		

### 3.4.3.6. $p+{}^6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=4$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=4$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi 35 MeV mertebesine gelene kadar tesir kesitinde artış gözlenmiştir. 35 MeV den sonra enerji arttırıldığında oluşma tesir kesitinde düşüş gözlenmiştir. Deneyel ve teorik sonuçların değerleri Küçük enerjilerde daha çok örtüştüğü gözlenmiştir.



Şekil 3.11.  $p + {}^6\text{C}^{12}$  bombardımanı sonucunda Deneyel ve CEM03 de kütle numarası  $A=4$  oluşma tesir kesiti (Harada et al 1999), (Heymann and Kruger 1973)

Tablo 3.11. Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=4$  oluşma tesir kesiti değerleri

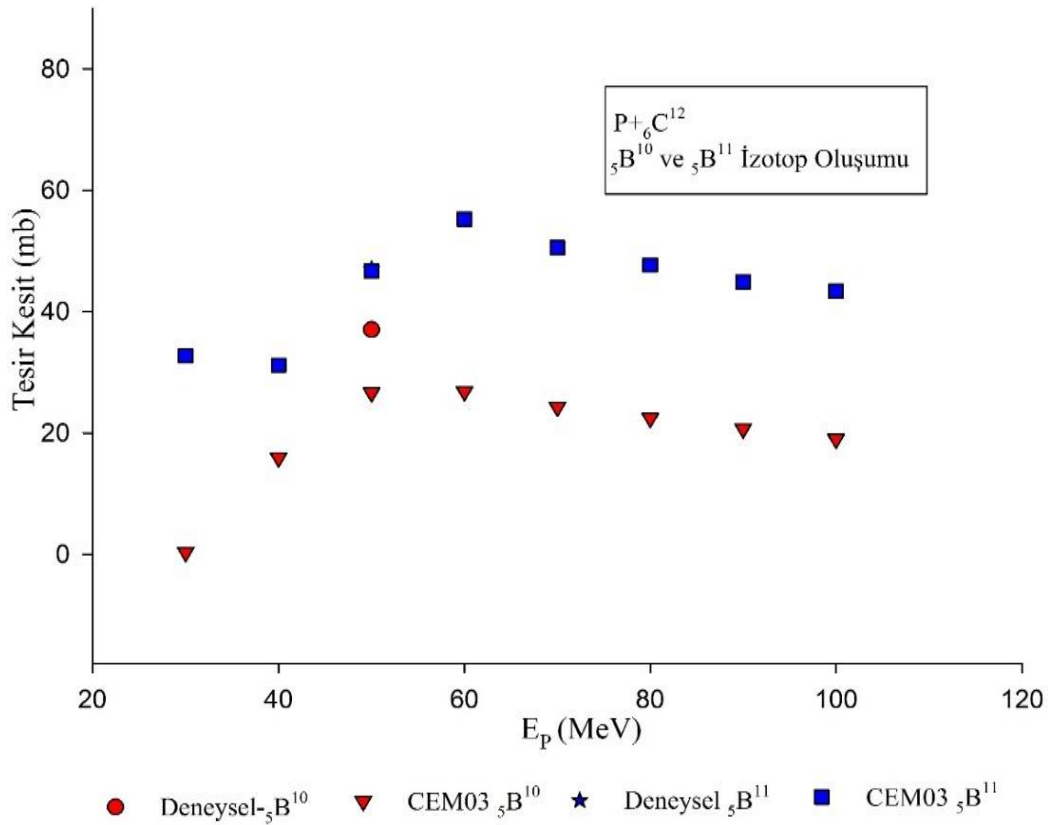
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyel (mb)
5		
13,2		154
14		195,7
15	44,55	
18		308,3

Tablo 3.11. (Devam): Farklı Enerjilerde  ${}^6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=4 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
25		
26		248
35	597,6	
45	427,7	
55	200,7	
65	167,1	
75	147,3	
85	133,1	
95	122,5	
105	112,1	
115	105,8	
125	100	
135	97,6	
145	94,06	
155	91,58	
165	89,12	
175	88,14	
185	87,6	
195	85,94	
205	85,4	
215	84,54	
225	83,66	
235	83	
245	83,09	
255	82,58	
265	82,33	
275	82,05	
285	81,9	
295	82,13	
305	82,28	
415	85,6	
515	90,38	
525	90,54	
535	91,28	
545	92,38	
555	92,63	
565	92,84	
575	93,78	
585	94,25	
595	95,18	
600		202

### 3.4.3.7. $p+{}^6\text{C}^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^5\text{B}^{10}$ ve ${}^5\text{B}^{11}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^6\text{C}^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda  ${}^5\text{B}^{10}$  ve  ${}^5\text{B}^{11}$  izotop üretiminin tesir kesitleri hesaplanmıştır. İki adet enerji seviyesinde deneysel olarak çalışılmış. Sonuçların teorik hesaplar ile örtüştüğü görülmüştür.



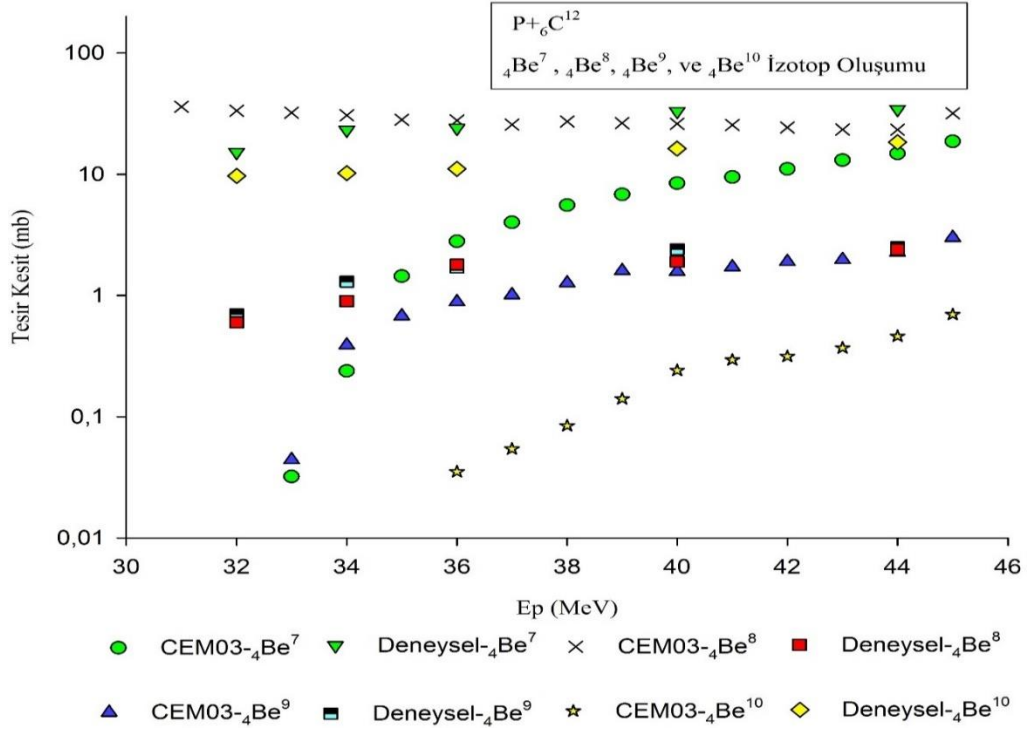
Şekil 3.12.  ${}^6C^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda  ${}^5B^{10}$  ve  ${}^5B^{11}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Davids et al 1970), (Golikov et al 1978)

Tablo 3.12. Farklı enerjilerde  $p + {}^6C^{12}$  bombardımanı sonucunda  ${}^5B^{10}$  ve  ${}^5B^{11}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	DeneySEL- ${}^5B^{10}$ (mb)	DeneySEL- ${}^5B^{11}$ (mb)	CEM03- ${}^5B^{10}$ (mb)	CEM03- ${}^5B^{11}$ (mb)
10				
20				
30			0,3499	32,71
40			15,92	31,15
50	37	47	26,63	46,71
60			26,82	55,22
70			24,26	50,53
80			22,45	47,69
90			20,69	44,89
100			19	43,34

### 3.4.3.8. $p+{}^6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^4Be^{10}$ , ${}^4Be^9$ , ${}^4Be^8$ ve ${}^4Be^7$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

DeneySEL olarak  ${}^6C^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda  ${}^4Be^{10}$ ,  ${}^4Be^9$ ,  ${}^4Be^8$  ve  ${}^4Be^7$  izotoplarının oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilmiş olan protonun enerjisi arttıkça teorik ve deneysel sonuçlar daha çok yakın değerlerin çıktığı görülmüştür.



Şekil 3.13.  ${}_6C^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda  ${}_4Be^{10}$ ,  ${}_4Be^9$ ,  ${}_4Be^8$  ve  ${}_4Be^7$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Davids et al 1970), (Rayudu 1968), (Fontes et al 405)

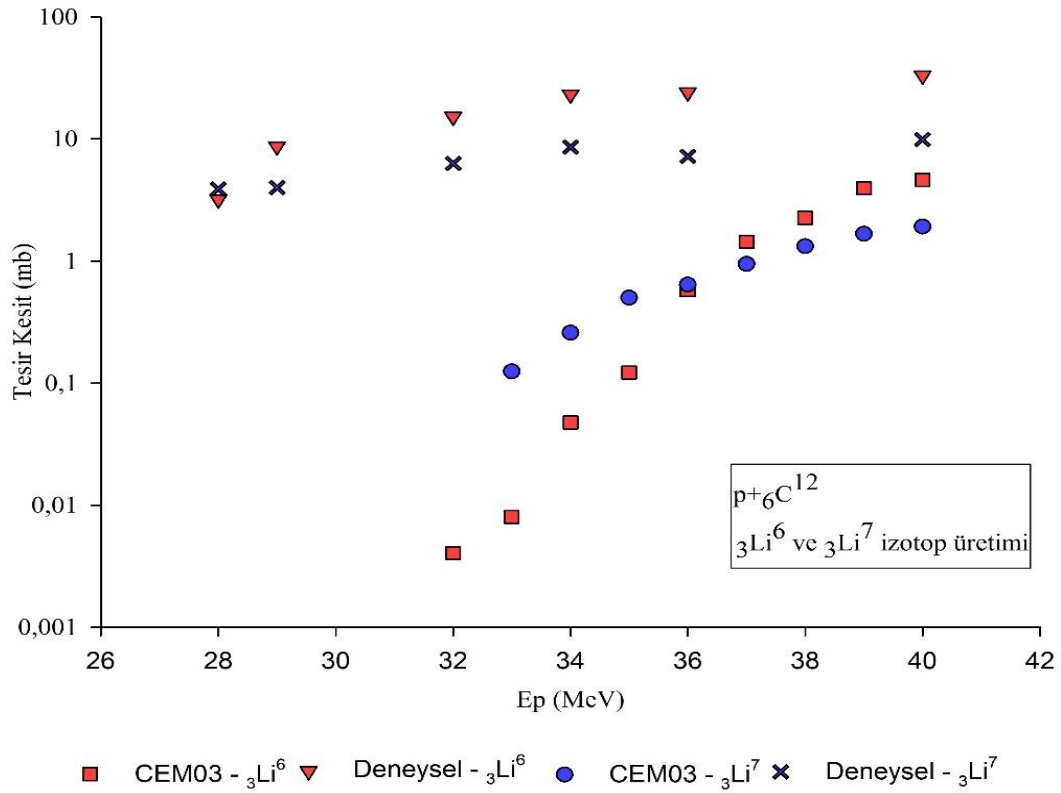
Tablo 3.13. Farklı enerjilerde  $p + {}_6C^{12}$  bombardımanı sonucunda  ${}_4Be^{10}$ ,  ${}_4Be^9$ ,  ${}_4Be^8$  ve  ${}_4Be^7$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}_4Be^7$ (mb)	CEM03- ${}_4Be^8$ (mb)	CEM03- ${}_4Be^9$ (mb)	Deneysel- ${}_4Be^{10}$ (mb)	Deneysel- ${}_4Be^9$ (mb)	Deneysel- ${}_4Be^8$ (mb)	Deneysel- ${}_4Be^7$ (mb)	Deneysel- ${}_4Be^{10}$ (mb)
31		36,14						
32		33,48			0,7	0,6	15,2	9,7
33	0,0321	32,16	0,0441					
34	0,2386	30,71	0,3897		1,3	0,9	23,2	10,2
35	1,442	28,17	0,6778					
36	2,796	27,81	0,8864	0,0351	1,7	1,8	24,1	11,1
37	4,008	25,75	1,01	0,0542				
38	5,563	27,23	1,269	0,0843				
39	6,814	26,39	1,599	0,1405				
40	8,433	26,07	1,577	0,2408	2,4	1,9	33,1	16,3
41	9,478	25,44	1,719	0,2945				
42	11,06	24,35	1,902	0,314				
43	13,08	23,38	1,98	0,3697				
44	14,82	23,36	2,27	0,4606	2,5	2,4	34,4	18,4
45	18,65	31,81	3,004	0,6972				

### 3.4.3.9. $p+{}_6C^{12}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_3Li^6$ ve ${}_3Li^7$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_6C^{12}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda  ${}_3Li^6$  ve  ${}_3Li^7$  izotoplarının oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilmiş olan protonun enerjisi arttıkça teorik ve deneysel sonuçlar daha çok yakın değerlerin çıktığı görülmüştür.





Şekil 3.14.  ${}_6\text{C}^{12}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda  ${}_3\text{Li}^6$  ve  ${}_3\text{Li}^7$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Vdovin et al 1979)

Tablo 3.14. Farklı enerjilerde  $p + {}_6\text{C}^{12}$  bombardımanı sonucunda  ${}_3\text{Li}^6$  ve  ${}_3\text{Li}^7$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

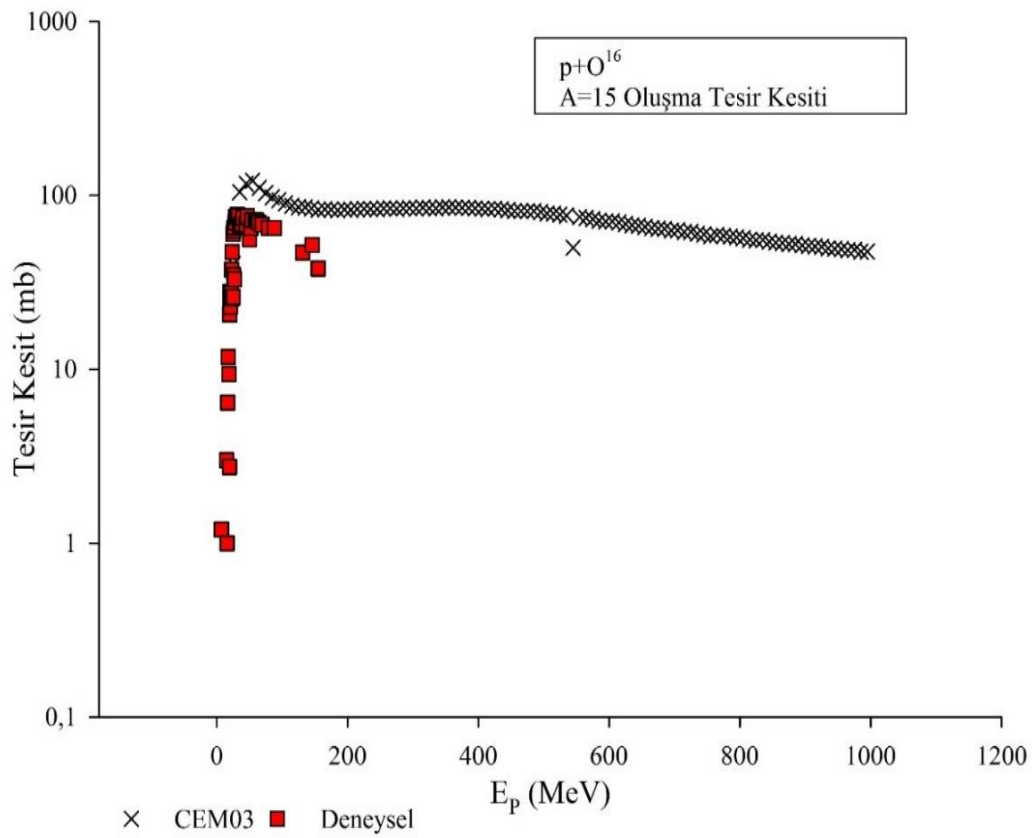
$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}_3\text{Li}^6$ (mb)	CEM03- ${}_3\text{Li}^7$ (mb)	Deneysel- ${}_3\text{Li}^6$ (mb)	Deneysel- ${}_3\text{Li}^7$ (mb)
28			3,2	3,9
29			8,7	4
30				
31				
32	4,05E-03		15,2	6,3
33	8,02E-03	0,1244		
34	0,0477	0,2585	23,2	8,6
35	0,1222	0,5005		
36	0,5779	0,6404	24,1	7,2
37	1,439	0,9441		
38	2,258	1,319		
39	3,95	1,671		
40	4,614	1,912	33,1	9,9

### 3.4.4. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu

Oksijen elementi özellikle canlıların hayatlarını devam ettirebilmesi için son derece önem arz etmektedir. Özellikle solunumda, suyun saflaştırılmasında kullanılır. Atmosferde ise %21 oranında oksijen bulunmaktadır (URL-1, 217).  $\text{O}^{16}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı %99,76'dır (Krane 1988).

### 3.4.4.1. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=15$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=15$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi 25 MeV mertebesine gelene kadar tesir kesitinde artış gözlenmiştir. 25 MeV den sonra enerji arttırıldığında oluşma tesir kesitin yaklaşık olarak sabit şekilde devam ettiği, deneyssel sonuçlarının teorik sonuçlar ile örtüştüğü gözlenmiştir.



Şekil 3.15. Deneyssel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=15$  oluşma tesir kesiti (Valentin 1965), (Vdovin et al 1979)

Tablo 3.15. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=15$  oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

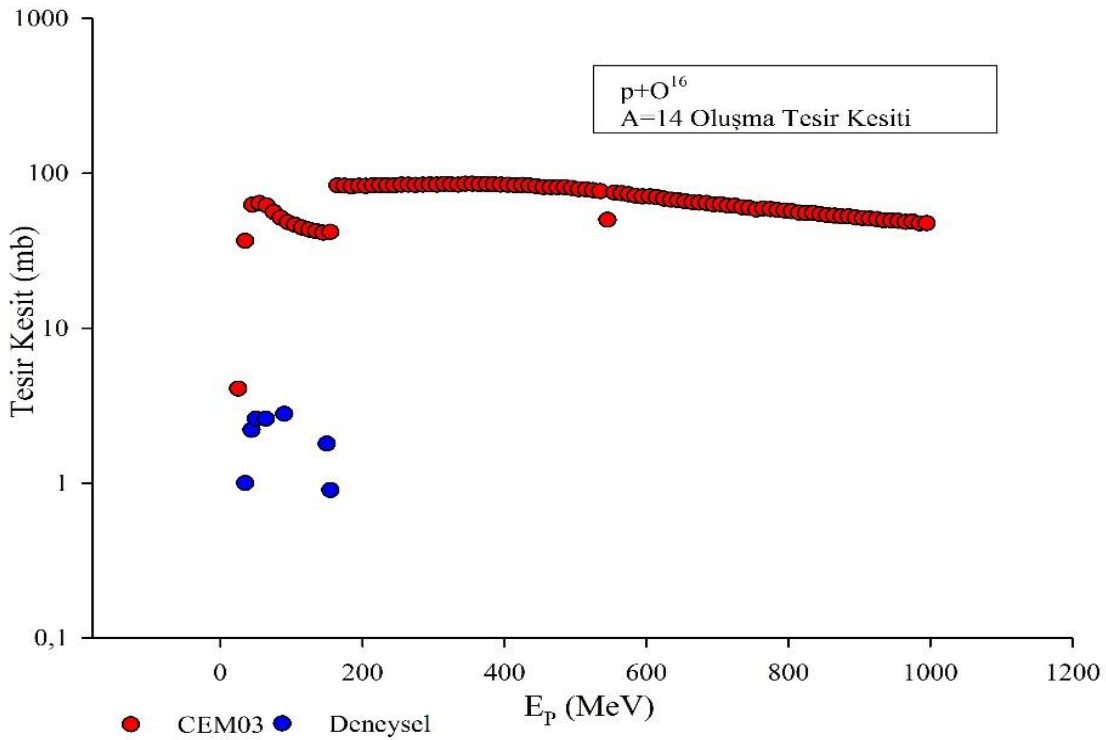
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyssel (mb)
7,2		1,2
15		3
16		1
16,7		6,43
17,7		11,8
18,72		9,36
19,5		2,75

Tablo 3.15. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=15$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b><math>E_p</math> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
19,73		20,7
20,7		27,9
20,74		22,9
21,75		27,35
22,76		37,4
23,5		25,5
23,76		47,15
24,77		60
25	40,32	26
25,78		62,5
26		34,8
26,78		65,4
27		33
27,8		69,9
28,8		75,3
29,8		75,5
31,6		77,5
32,82		76,1
35	104,3	67
38		69
39,8		74,3
45	116,7	68
46,8		75,6
50		56
52		65
53,1		72,1
55	121,4	
58,8		72,1
61		72
64,1		69,7
65	110,8	
69,1		67,9
75	102,9	
79		65
85	97,5	
88		65
95	93,71	
105	90,12	
115	87,29	
125	85,7	
131		47
135	85,49	
145	84,21	
146		52
155	82,81	38
165	83,51	
175	82,92	
185	82,2	
195	83,08	
215	83,32	
225	83,64	
325	84,45	
425	83,81	
525	77,54	
625	68,43	
635	67,49	
735	60,34	
835	55,41	
935	49,55	
945	49,53	
955	49,2	
965	48,45	
975	48,67	
985	47,42	
995	47,55	

### 3.4.4.2. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=14$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=14$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Sadece düşük enerjilerde deneyssel çalışıldığı, çıkan sonuçların ise düşük enerjilerde teorik olarak hesaplanan sonuçlar ile örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.16). Yüksek enerjilerde çıkan değerlerin sabit şekilde kalmaktadır.



Şekil 3.16. Deneyssel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=14$  oluşma tesir kesiti (Gusakov et al 1963), (Tamers and Delibrias 1961)

Tablo 3.16. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=14$  oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

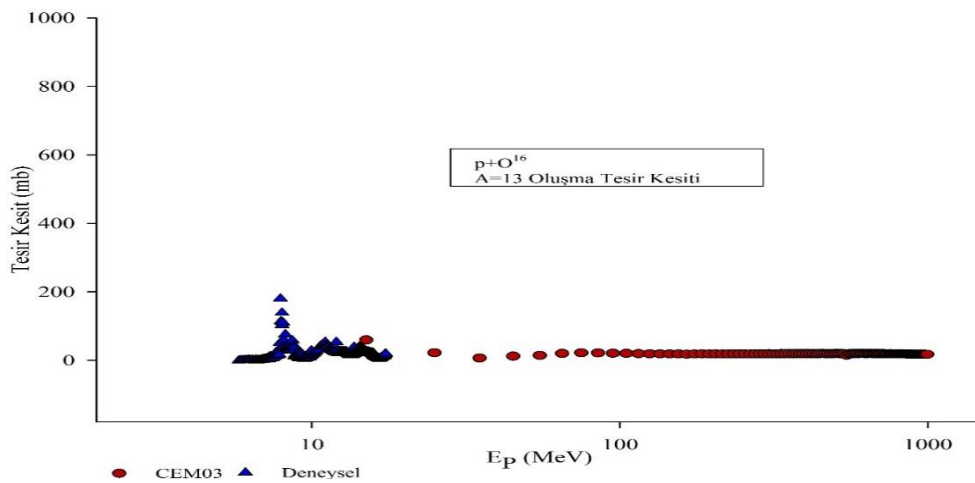
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyssel (mb)
5		
15		
25	4,063	
35	36,59	1
44		2,2
45	62,53	
50		2,6
55	64,14	
64		2,6
65	61,98	
75	56,2	

Tablo 3.16. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=14$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
85	51,52	
90		2,8
95	48,32	
125	43,2	
135	42,17	
145	41,27	
150		1,8
155	41,79	0,9
165	83,51	
265	84,31	
275	83,85	
285	84,25	
425	83,81	
525	77,54	
625	68,43	
725	61,65	
825	55,31	
925	50,56	
935	49,55	
945	49,53	
955	49,2	
965	48,45	
975	48,67	
985	47,42	
995	47,55	

### 3.4.4.3. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=13$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=13$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak düşük enerjilerde (yaklaşık olarak 17 MeV'e kadar) çalışılmış, enerji arttıkça teorik olarak hesaplanmış değerler ile deneysel değerlerin örtüştüğü gözlenmiştir.



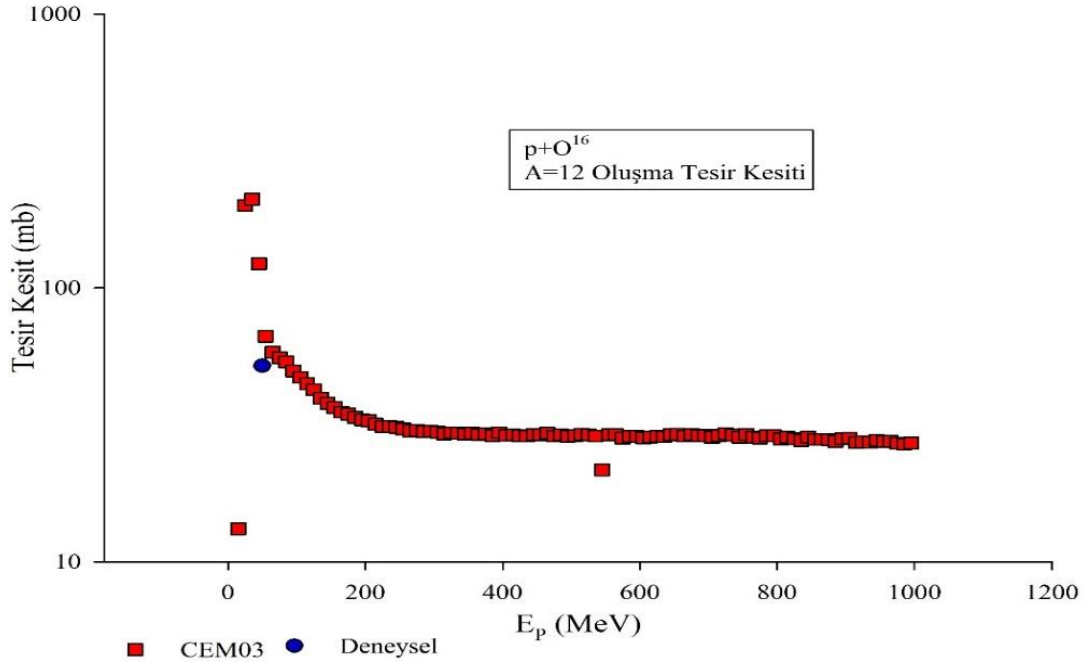
Şekil 3.17. Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=13$  oluşma tesir kesiti (Whitehead and Foster 1958), (Gruhle and Kober 1977)

Tablo 3.17. Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=13$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
5		
5,8		0,01
5,9		0,29
6		0,62
6,1		0,95
6,2		1,11
6,22		1,2
6,3		0,91
6,4		0,44
6,41		1,8
6,5		0,08
6,51		0,05
6,57		2,3
6,6		0,02
6,64		0,05
6,66		0,1
6,71		0,25
6,78		0,33
7		4,18
9		11,6
10		15,7
11		45,5
12		53,16
13		22
14		23,06
15	59,49	24,3
16		11,73
17		11,7
25	22,04	
35	6,563	
45	12,2	
55	14,26	
75	22,2	
85	21,53	
95	20,72	
105	20,36	
205	18,64	
305	19,24	
405	19,62	
505	19,71	
605	19,9	
705	19,14	
805	19,01	
905	17,87	
995	17,55	

#### 3.4.4.4. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=12$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=12$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak sadece 50 MeV'lik enerji de çalışılmış. Elde edilen değerlerin teorik sonuçlar ile örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Deneysel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=12 oluşma tesir kesiti (Boikov et al 1973)

Tablo 3.18. Farklı enerjilerde p +  ${}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=12 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15	13,2	
25	200,3	
35	210,9	
45	122,7	
50		52
55	66,67	
105	47,15	
155	36,56	
205	32,7	
255	30,58	
305	29,78	
355	29,47	
405	28,97	
415	29,06	
425	28,87	
435	28,79	
445	29,14	
455	29,13	
465	29,52	
475	28,79	
485	29,04	
495	28,73	
505	28,83	
515	29,19	
525	29,04	
535	28,77	
545	21,65	
555	29,1	
565	29,18	
575	28,3	
585	28,71	
595	28,72	
605	28,39	
615	28,58	

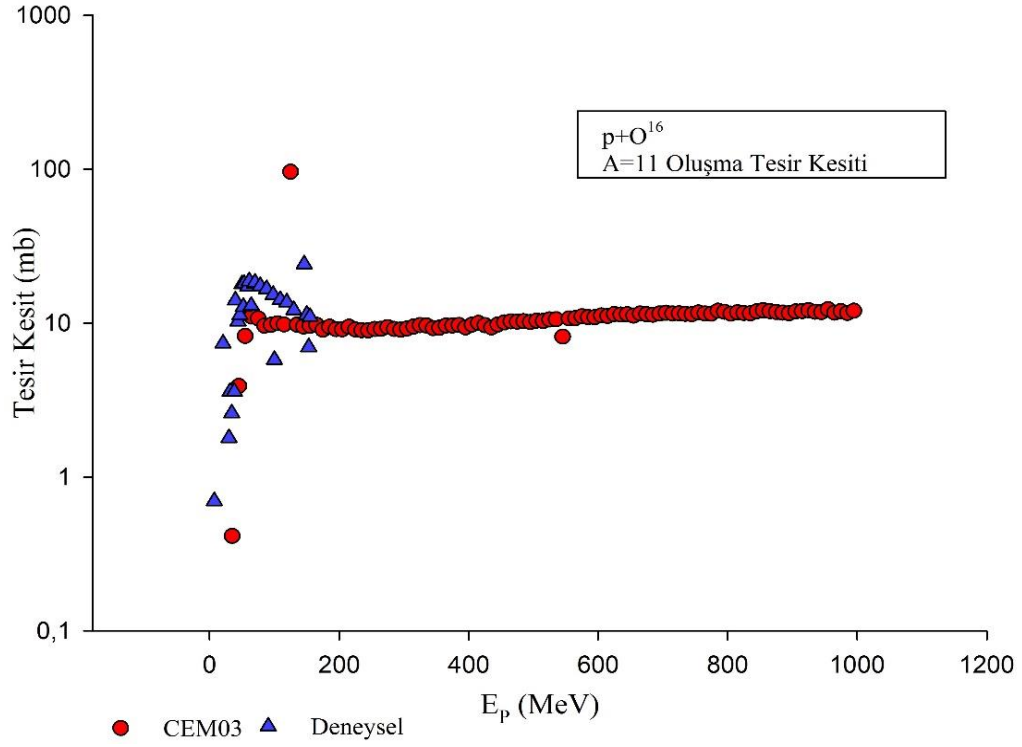
Tablo 3.18. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=12$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
625	28,72	
635	28,62	
645	29,13	
655	29,21	
665	28,8	
675	29,16	
685	28,95	
695	28,9	
705	28,48	
715	28,93	
725	29,35	
735	29,02	
745	28,51	
755	29,17	
765	28,55	
775	28,34	
785	28,82	
795	28,82	
805	28,1	
815	28,48	
825	28,2	
835	27,81	
845	28,54	
855	28	
865	28,01	
875	27,93	
885	27,53	
895	28,19	
905	28,25	
915	27,31	
925	27,43	
935	27,41	
945	27,8	
955	27,53	
965	27,58	
975	27,13	
985	26,86	
995	27,17	

#### 3.4.4.5. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=11$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=11$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak sadece 150 MeV'lik enerji ye kadar çalışılmış. Elde edilen değerlerin teorik sonuçlar ile örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.19).





Şekil 3.19. Deneysel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=11 oluşma tesir kesiti (Albouy et al 1962)

Tablo 3.19. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=11 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

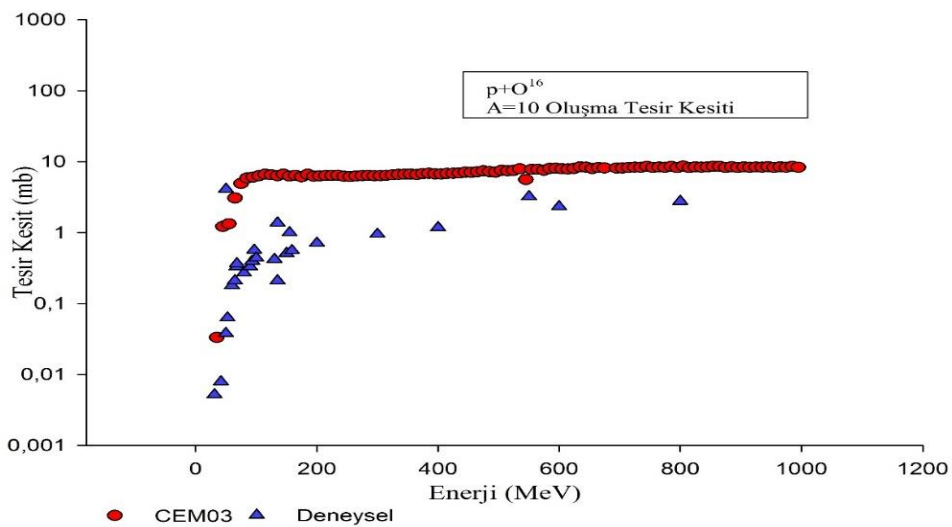
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
7,2		0,7
30		1,8
31,6		3,6
34		2,6
35	0,4135	
38		3,6
39,8		14,1
44		10,3
45	3,905	
46,8		11,3
50		18
52		12,8
53,1		18,1
55	8,248	
58,8		17,3
61		18,8
64,1		13
65	11	
75	10,72	
78		17,5
85	9,611	
88		16,7
95	9,756	
98		15,3
100		5,8
105	9,979	
109		14,2
115	9,783	

Tablo 3.19. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=11$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri.

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
119		13,7
125	96,2	
130		12,2
135	9,766	
145	9,487	
146		24,2
150		11,4
153		7
155	9,624	11
165	9,734	
175	9,048	
185	9,467	
195	9,135	
205	9,114	
215	9,479	
315	9,496	
415	10,02	
515	10,33	
615	11,12	
715	11,54	
815	11,76	
915	11,96	
995	12,04	

### 3.4.4.6. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=10$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Deneysel olarak düşük enerji ve yüksek enerjilerde çalışılmış. Hem düşük hem de yüksek enerjilerde sonuçların örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.20).



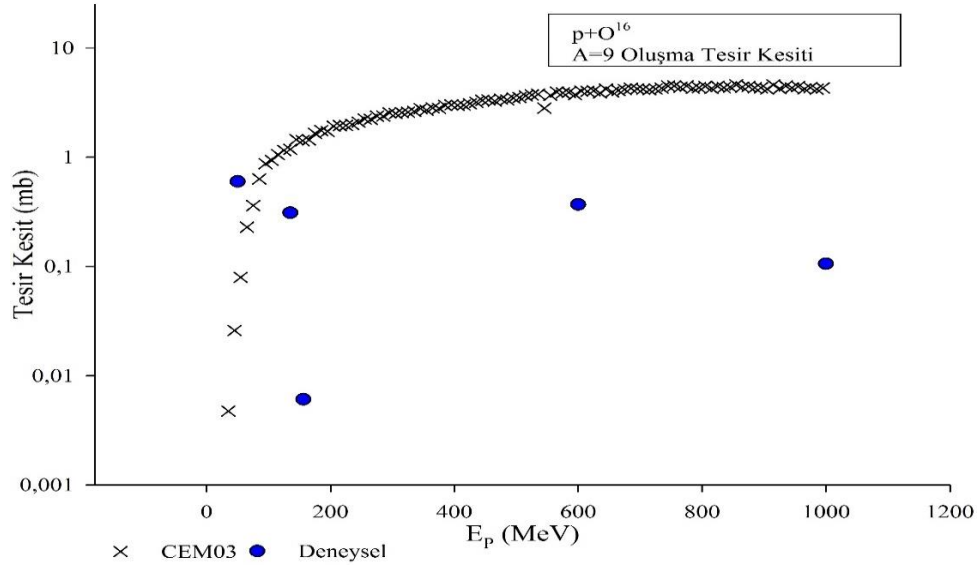
Şekil 3.20. Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesiti (Sisterson et al 1997), (Vdovin et al 1979)

Tablo 3.20. Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=10$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>E<sub>p</sub> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
30,9		5,20E-03
35	0,0333	
41,8		7,90E-03
45	1,222	
49,9		0,038
50		4,1
52,6		0,063
55	1,33	
59,8		0,18
64,8		0,21
65	3,077	
67,4		0,33
68,1		0,365
75	4,922	
79,9		0,27
85	5,873	
89,9		0,33
93,4		0,397
95	6,053	
96,7		0,568
99,9		0,44
105	6,349	
115	6,619	
125	6,491	
129,9		0,42
135		1,37
135	6,335	0,21
145	6,641	
149,9		0,51
155	6,251	1
158,9		0,56
165	6,389	
175	6,109	
185	6,637	
195	6,234	
200		0,712
205	6,309	
300		0,952
400		1,18
550		3,22
600		2,33
605	7,903	
800		2,77
805	8,68	
815	8,215	
825	8,422	
835	8,335	
845	8,397	
855	8,62	
865	8,578	
875	8,253	
885	8,476	
895	8,234	
905	8,415	
915	8,319	
925	8,383	
935	8,333	
945	8,479	
955	8,27	
965	8,43	
975	8,318	
985	8,573	
995	8,308	

### 3.4.4.7. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=9$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=9$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Düşük enerjilerde teorik ve deneysel sonuçların daha iyi örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Deneyel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=9$  oluşma tesir kesiti (Dostrovsky et al 1965)

Tablo 3.21. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=9$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

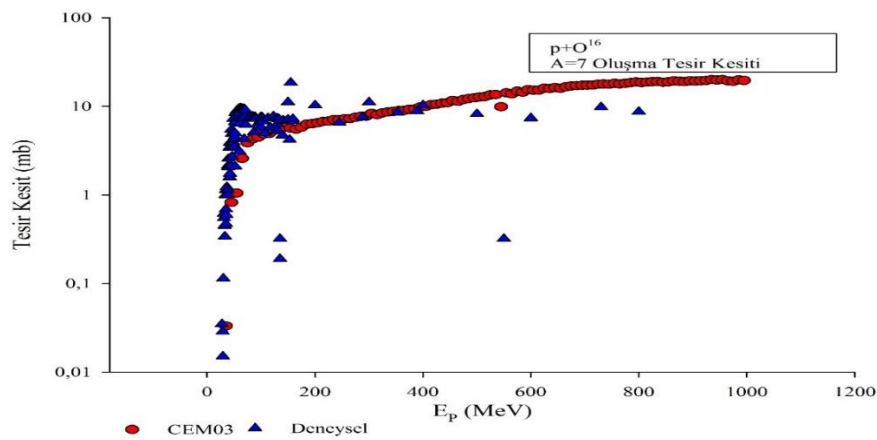
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15		
25		
35	4,75E-03	
45	0,026	
50		0,6
55	0,0797	
65	0,2293	
75	0,361	
85	0,6351	
95	0,8746	
105	0,9364	
115	1,058	
125	1,157	
135	1,183	0,31
145	1,452	
155	1,418	
156		6,10E-03
185	1,756	
195	1,725	
205	1,926	
215	1,951	
225	1,958	

Tablo 3.21. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=9$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
235	1,995	
245	2,103	
255	2,236	
355	2,701	
405	2,994	
455	3,344	
505	3,521	
555	3,686	
605	4,029	
705	4,193	
755	4,494	
765	4,384	
775	4,489	
785	4,275	
795	4,336	
805	4,459	
905	4,211	
915	4,596	
925	4,25	
935	4,488	
945	4,32	
955	4,435	
965	4,237	
975	4,34	
985	4,198	
995	4,319	
1000		0,106

### 3.4.4.8. $p+{}_8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak yapılan çalışmalarda düşük enerjilerde teorik sonuçlar ile daha iyi örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Deneysel olarak  ${}_8\text{O}^{16}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti ( Yiou et al 1968 ) , (Valentin et al 1963)

Tablo 3.22. Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

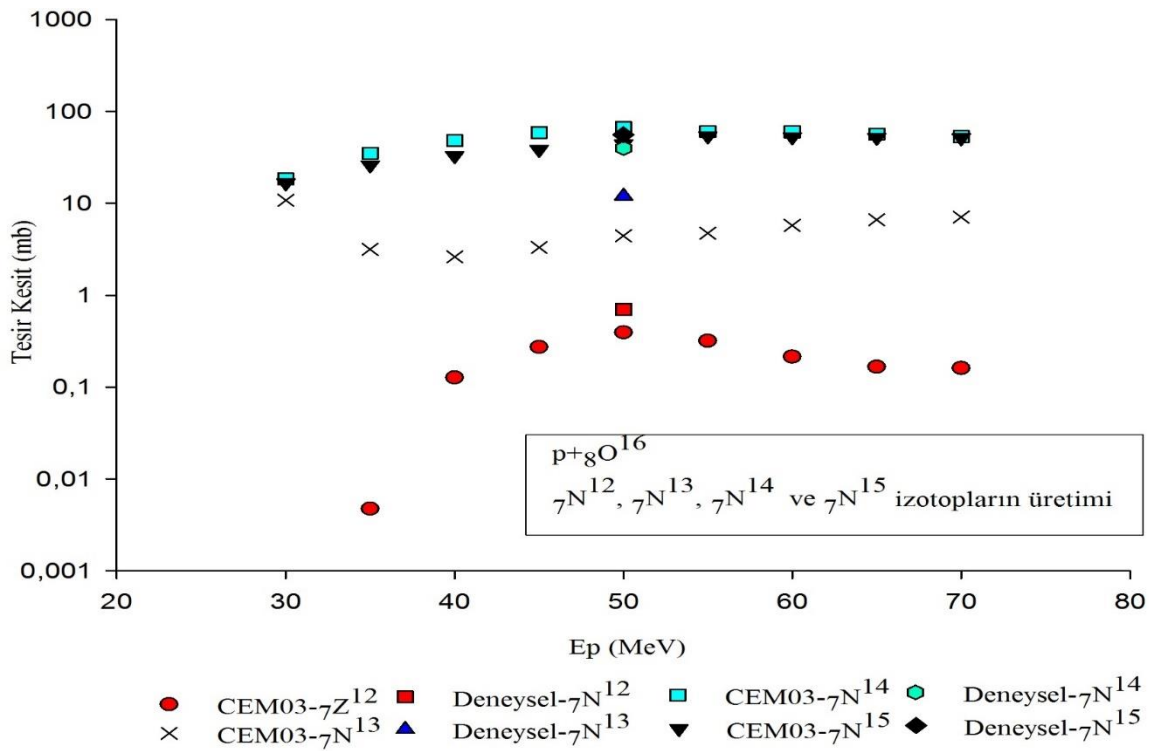
<b><math>E_p</math> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
25		
27,79		0,035
29		0,0287
29,4		0,0151
30,12		0,1142
31,7		0,549
31,7		0,617
32,55		0,45
33		0,34
34,3		0,994
35	0,0333	0,47
35,06		0,69
35,6		1,14
51		4,49
51,66		4,99
51,8		6,6
52		2,1
52,5		8,46
55	1,047	
56,1		9,04
56,6		7,4
59,1		9,37
59,8		8,44
60		3,1
61,4		6,4
61,5		9,55
63,8		9,46
64,8		7,68
65	2,585	
66,1		9,36
66,4		7,3
68,3		9,35
69		4,3
69,9		7,69
70,5		9,11
71,8		6,2
75	3,878	
79,9		7,66
84,9		7,7
85	4,294	
87		5,1
88,7		7,6
89,9		7,25
94,3		6,3
95	4,492	
99		6,8
99,9		7,57
100		5,8
102		7,54
102		7,45
103		6,8
105	4,864	
107		5
113		7,36
113		7,32
115	4,935	
117		5,8
123		7,59
123		7,73
125	5,374	
129,9		7,3
129,9		6,27
130		5,4
133		7,16

Tablo 3.22. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_8\text{O}^{16}$  bombardmanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>E<sub>p</sub> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
133		7,2
135	5,483	0,19
135		0,32
140		4,7
150		7,09
153		4,2
155	5,665	18,5
158,9		6,82
159		7,21
159		7,19
165	5,514	
175	5,8	
185	6,304	
195	6,365	
200		10,3
205	6,516	
215	6,748	
225	6,794	
235	7,082	
245	7,064	6,53
255	7,247	
265	7,272	
275	7,519	
285	7,712	
288		7,57
295	7,745	
300		11,1
305	8,317	
315	8,048	
325	8,418	
335	8,627	
345	8,775	
353		8,57
355	8,942	
365	8,998	
375	9,249	
385	9,303	
389		8,82
395	9,825	
400		10,3
405	9,991	
500		8,2
550		0,32
600		7,37
605	15,21	
705	17,26	
730		9,8
800		8,7
805	18,59	
905	19,27	
915	19,43	
925	19,58	
935	19,96	
945	19,75	
955	19,96	
965	19,37	
975	19,13	
985	19,86	
995	19,57	

### 3.4.4.9. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^7\text{N}^{15}$ , ${}^7\text{N}^{14}$ , ${}^7\text{N}^{13}$ ve ${}^7\text{N}^{12}$ İzotopların Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}^7\text{N}^{15}$ ,  ${}^7\text{N}^{14}$ ,  ${}^7\text{N}^{13}$  ve  ${}^7\text{N}^{12}$  izotopların oluşum tesir kesitleri teorik olarak elde edilmiştir. Deneyel olarak sadece 50 MeV mertebesinde çalışılmış, sonucun teorik sonuçlar ile uyduğu gözlenmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23.  ${}^8\text{O}^{16}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}^7\text{N}^{15}$ ,  ${}^7\text{N}^{14}$ ,  ${}^7\text{N}^{13}$  ve  ${}^7\text{N}^{12}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneyel ve teorik sonuçları (Takacs et al 2003)

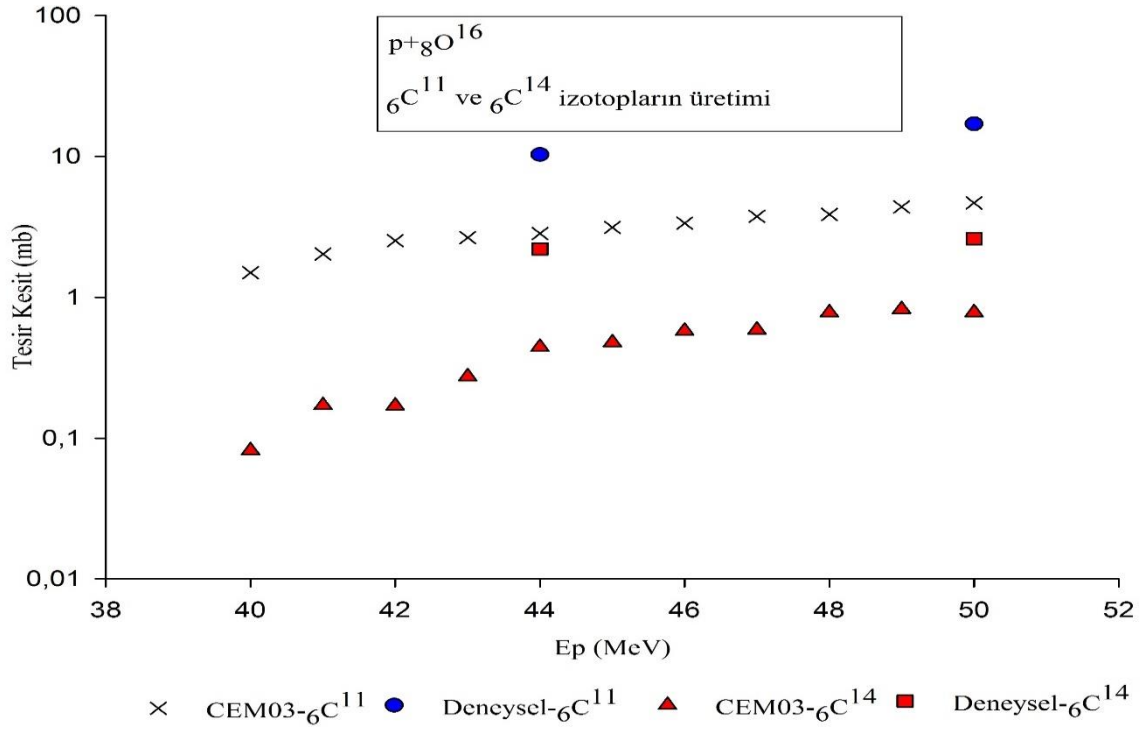
Tablo 3.23. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda  ${}^7\text{N}^{15}$ ,  ${}^7\text{N}^{14}$ ,  ${}^7\text{N}^{13}$  ve  ${}^7\text{N}^{12}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneyel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 ${}^7\text{N}^{12}$ (mb)	CEM03 ${}^7\text{N}^{13}$ (mb)	CEM03 ${}^7\text{N}^{14}$ (mb)	CEM03 ${}^7\text{N}^{15}$ (mb)	Deneysel ${}^7\text{N}^{12}$ (mb)	Deneysel ${}^7\text{N}^{13}$ (mb)	Deneysel ${}^7\text{N}^{14}$ (mb)	Deneysel ${}^7\text{N}^{15}$ (mb)
30		10,83	18,5	16,71				
35	4,75E-03	3,16	35,06	26,24				
40	0,127	2,626	48,24	32,98				
45	0,273	3,324	59,1	38,69				
50	0,3942	4,44	67	44,4	0,7	12	40	56
55	0,3186	4,747	60,56	54,13				
60	0,2146	5,772	59,94	52,98				
65	0,1664	6,631	56,9	52,34				
70	0,161	7,103	53,33	51,7				



### 3.4.4.10. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^6\text{C}^{14}$ ve ${}^6\text{C}^{11}$ İzotopların Oluşma Tesir Kesiti

DeneySEL olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}^6\text{C}^{14}$  ve  ${}^6\text{C}^{11}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir. Enerji değeri arttıkça teorik ve deneySEL değerlerin birbirine daha yakın değerler olduğu görülmüştür (Şekil 3.24).



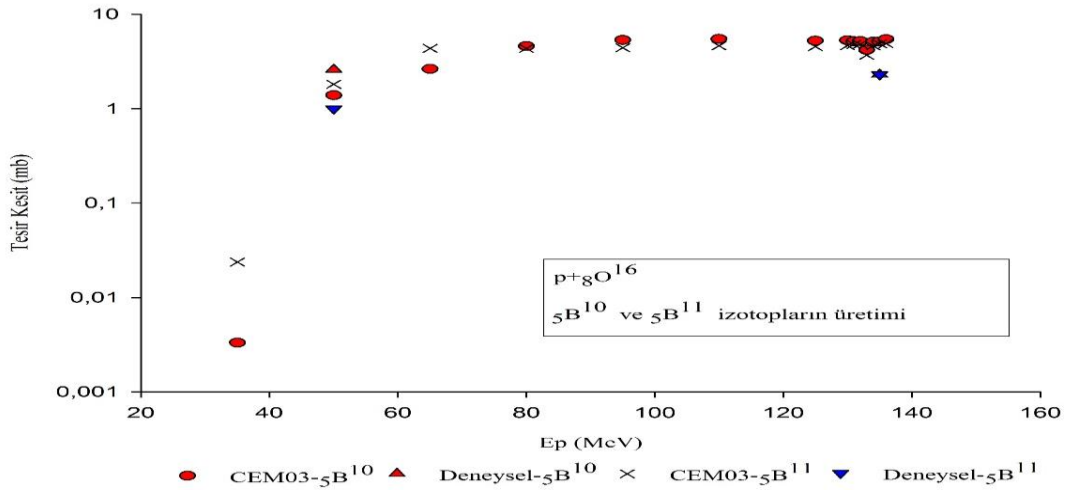
Şekil 3.24.  ${}^8\text{O}^{16}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}^6\text{C}^{14}$  ve  ${}^6\text{C}^{11}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneySEL ve teorik sonuçları (Albouy et al 1962)

Tablo 3.24. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda  ${}^6\text{C}^{14}$  ve  ${}^6\text{C}^{11}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneySEL ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03- ${}^6\text{C}^{11}$ (mb)	CEM03- ${}^6\text{C}^{14}$ (mb)	DeneySEL- ${}^6\text{C}^{11}$ (mb)	DeneySEL- ${}^6\text{C}^{14}$ (mb)
40	1,497	0,0817		
41	2,027	0,1708		
42	2,521	0,1692		
43	2,652	0,2736		
44	2,834	0,4417	10,3	2,2
45	3,129	0,4767		
46	3,359	0,5756		
47	3,76	0,5876		
48	3,875	0,7767		
49	4,39	0,8203		
50	4,672	0,7801	17	2,6

### 3.4.4.11. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^5\text{B}^{11}$ ve ${}^5\text{B}^{10}$ İzotopların Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}^5\text{B}^{11}$  ve  ${}^5\text{B}^{10}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir. Enerji değeri arttıkça teorik ve deneysel değerlerle elde edilmiş olan oluşma tesir kesitlerinin birbirine daha yakın değerler olduğu görülmüştür (Şekil 3.25).



Şekil 3.25.  ${}^8\text{O}^{16}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}^5\text{B}^{11}$  ve  ${}^5\text{B}^{10}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Ostroumov et al 1978)

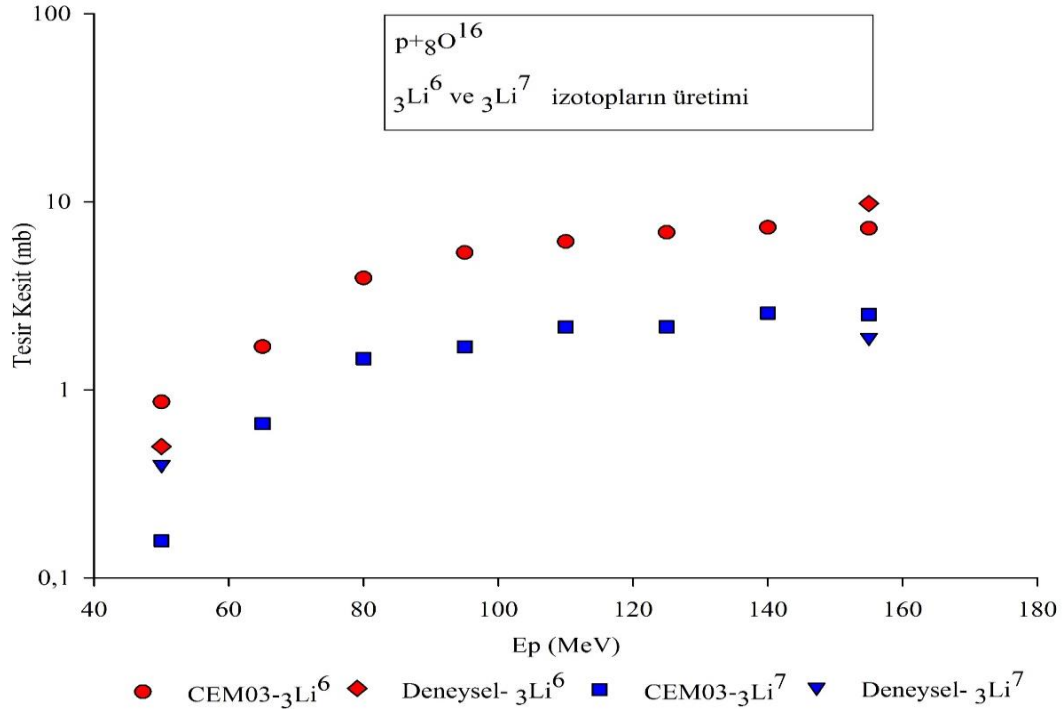
Tablo 3.25. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda  ${}^5\text{B}^{11}$  ve  ${}^5\text{B}^{10}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}^5\text{B}^{10}$ (mb)	CEM03- ${}^5\text{B}^{11}$ (mb)	CEM03- ${}^5\text{B}^{10}$ (mb)	CEM03- ${}^5\text{B}^{10}$ (mb)
35	3,33E-03	0,0238		
50	1,39	1,813	2,6	1
65	2,641	4,361		
80	4,608	4,355		
95	5,339	4,42		
110	5,477	4,642		
125	5,239	4,541		
130	5,3	4,663		
131	5,165	4,798		
132	5,183	4,822		
133	4,193	3,689		
134	5,109	4,628		
135	5,152	4,872	2,3	2,3
136	5,439	4,904		

### 3.4.4.12. $p+{}^8\text{O}^{16}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^3\text{Li}^6$ ve ${}^3\text{Li}^7$ İzotopların Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^8\text{O}^{16}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}^3\text{Li}^6$  ve  ${}^3\text{Li}^7$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir. Enerji değeri

artıkça teorik ve deneysel değerlerin birbirine daha yakın değerler olduğu görülmüştür (Şekil 3.26).



Şekil 3.26.  ${}^8\text{O}^{16}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}^3\text{Li}^7$  ve  ${}^3\text{Li}^6$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Klapisch et al 1965)

Tablo 3.26. Farklı enerjilerde  $p + {}^8\text{O}^{16}$  bombardımanı sonucunda  ${}^3\text{Li}^7$  ve  ${}^3\text{Li}^6$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

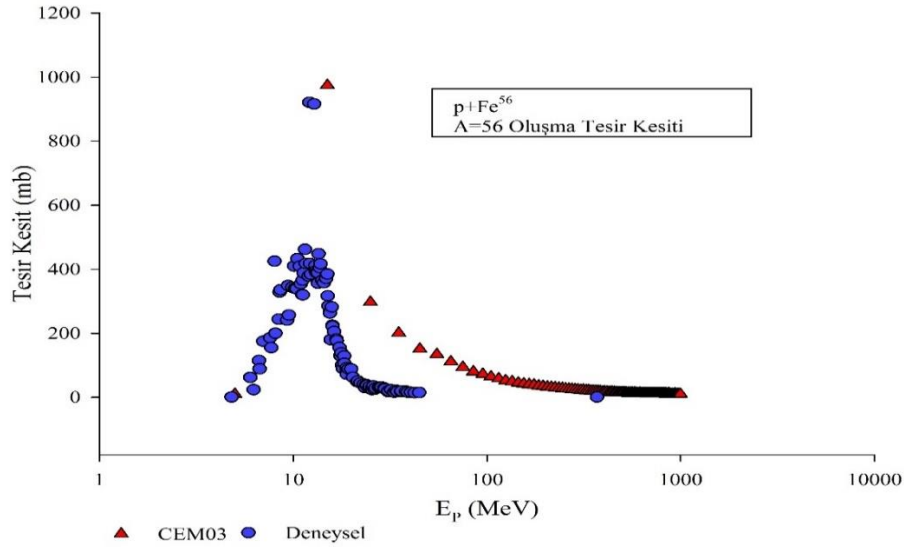
$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}^3\text{Li}^6$ (mb)	CEM03- ${}^3\text{Li}^7$ (mb)	CEM03- ${}^3\text{Li}^6$ (mb)	CEM03- ${}^3\text{Li}^7$ (mb)
50	0,8631	0,1577	0,5	0,4
65	1,698	0,662		
80	3,933	1,468		
95	5,379	1,696		
110	6,151	2,162		
125	6,883	2,167		
140	7,31	2,561		
155	7,221	2,515	9,8	1,9

### 3.4.5. $p+{}^{56}\text{Fe}$ Reaksiyonu

Demir elementi canlıların yaşaması için son derece önem arz eden bir elementtir. Karbon ve diğer metallerle alaşım haline getirilerek kullanılır. Günümüzde ise özellikle inşaat sektöründe atılmış olan temellerin ve krişlerin güçlendirilmesi için sık kullanılır. sanayiinin ana hammaddesi Çelikdir.  $\text{Fe}^{56}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı %91,8'dir (Krane 1988)

### 3.4.5.1. $p+{}^{56}\text{Fe}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=56$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^{56}\text{Fe}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=56$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça oluşma tesir kesitin arttığını, 25 MeV enerjiden sonra düşüş olduğu, teorik ve deneysel sonuçların örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Deneyel olarak  ${}^{56}\text{Fe}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=56$  oluşma tesir kesiti (Jenkins and Wain 1970)

Tablo 3.27. Farklı enerjilerde  $p + {}^{56}\text{Fe}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=56$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

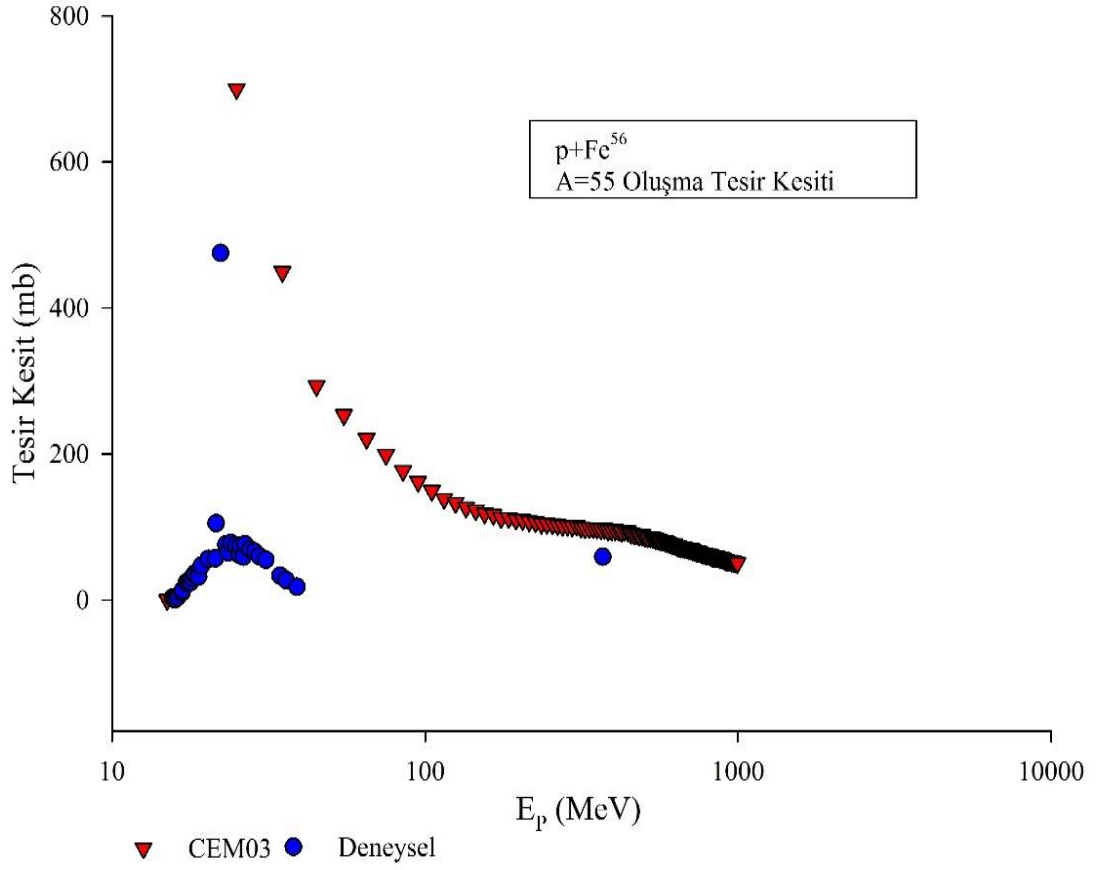
$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneyel (mb)
4,8		0,8
5	9,895	
6		62
6,24		24
6,658		115,2
6,7		89
7		175
7,589		185,8
7,7		155
8		425
8,1		200
8,405		244
8,5		329
8,6		336
9,3		241
9,4		349
9,5		257
9,879		343,6
10,1		410
10,2		340
10,4		339

Tablo 3.27. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=56$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel (mb)
10,5		433
10,8		409
10,922		354,3
11,1		320,6
11,18		366
15	974,4	385
15,035		317
24,6		28
24,8		34
25	297,4	
25,5		24
25,7		33
34,4		18
35	201,3	
36		18
36,1		19,9
38,2		18,8
39		16
40,5		15,9
42,3		14,6
44,6		15
45	150,9	
55	134,2	
65	111,1	
75	94,14	
85	79,86	
95	72,52	
105	64,34	
115	58,72	
125	52,22	
235	28,67	
335	21,09	
345	20,2	
355	20,01	
365	19,6	
370		1
475	14,91	
575	13,29	
635	12,33	
735	11,91	
835	10,82	
935	10,57	
945	10,37	
955	10,17	
965	10,4	
975	9,663	
985	9,72	
995	10,16	

### 3.4.5.2. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=55$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=55$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Gönderilen protonun enerjisi arttıkça oluşma tesir kesitinin arttığını belli bir enerjiden sonra azaldığı görülmüştür. Teorik ve deneysel sonuçların örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Deneysel olarak  ${}_{26}Fe^{56}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=55 oluşma tesir kesiti (Read 1968), (Grusha et al 1984)

Tablo 3.28. Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}Fe^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=55 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

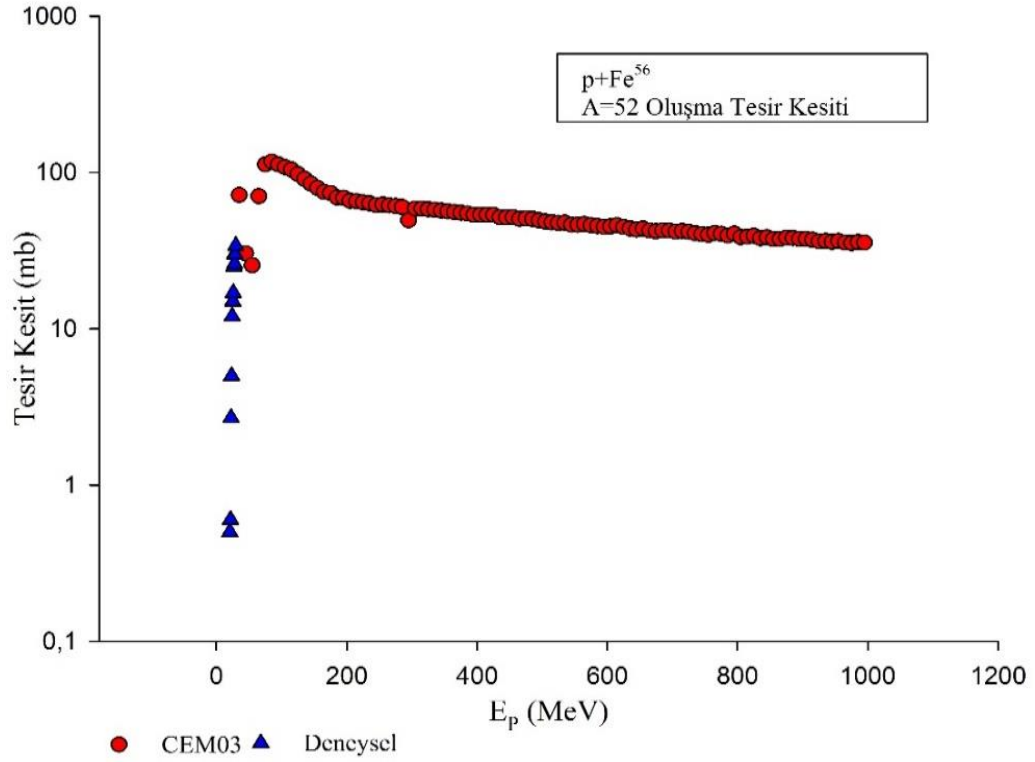
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15	0,2097	
15,6		3
15,8		1,2
15,946		1,3
16,233		4
16,7		10
16,776		13
17,305		24
17,5		24
17,833		24,4
18		30
18,3		35
18,36		35,8
18,864		39,2
18,9		32
19,3		47
20,3		56
21,4		57
21,5		105
22,2		475
23,1		76

Tablo 3.28. Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=55$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
23,5		65
24		78
24,8		75
25	699,7	
25,5		62
25,7		74
26,3		59
26,6		76
27,6		69
28,5		66
29,5		60
31		55
34,4		33
35	449,5	
36		27
39		18
45	293	
55	253,3	
65	221	
75	198,9	
85	176,9	
95	161,9	
245	104,4	
255	104,2	
265	102,7	
275	101,8	
285	101,9	
295	100,9	
305	102	
315	99,32	
325	98,33	
335	98,47	
345	98,71	
355	98,08	
365	96,77	
370		59,11
375	97,62	
525	86,17	
535	85,04	
545	83,69	
595	78,91	
605	77,79	
615	76,44	
715	68,67	
815	61,76	
985	51,3	
995	50,51	

### 3.4.5.3. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=52$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=52$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. 30 MeV mertebesine kadar deneysel çalışılmış. Elde edilen deneysel sonuçlar ile teorik hesaplanan sonuçlar kıyaslandığında sonuçların çok yakın değerler olduğu birbiriyle örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=52 oluşma tesis kesiti (Levkovski 1990)

Tablo 3.29. Farklı enerjilerde p +  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=52 oluşma tesis kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
5		
15		
20,3		0,5
21,4		0,6
22,2		2,7
23,1		5
24		12
24,8		15
25		
25,7		17
26,6		25
27,6		30
27,7		26
28,5		30
29,5		34
35	71,72	
45	30,37	
55	25,5	
65	70,5	
75	112,5	
85	117,2	
95	112,6	
105	108,3	
115	104,3	

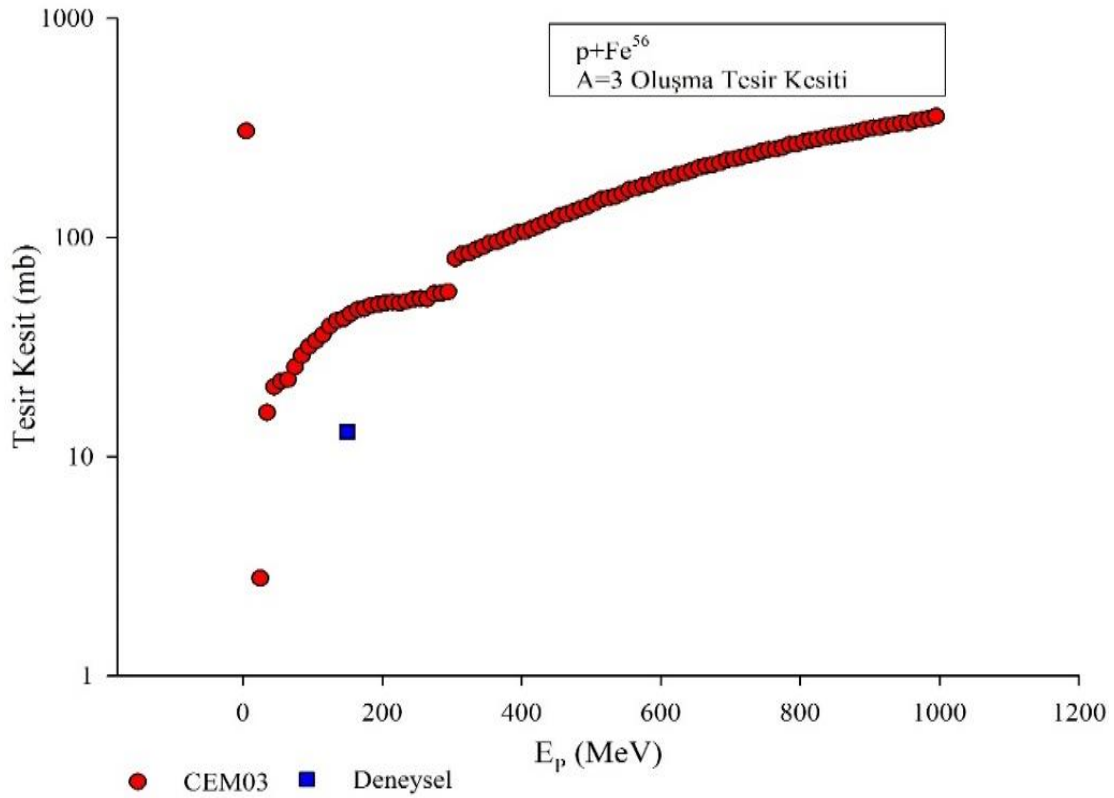


Tablo 3.29. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=52$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
125	97,49	
135	90,98	
145	84,78	
155	79,54	
165	74,93	
175	73,76	
185	69,12	
195	68,88	
205	65,84	
215	65,31	
225	64,4	
235	63,53	
245	61,81	
255	62,31	
265	61,55	
275	60,96	
285	59,93	
295	49,5	
305	58,8	
315	58,7	
325	58,08	
335	57,6	
345	56,89	
355	56,36	
365	55,68	
375	55,19	
385	54,56	
395	53,55	
405	53,57	
415	53,62	
425	53,45	
435	51,72	
445	51,61	
455	51,69	
465	50,46	
475	50,73	
485	50,41	
495	49,29	
505	48,51	
515	47,89	
525	47,51	
625	44,7	
725	41,65	
825	39,33	
925	36,25	
975	35,28	
985	35,88	
995	35,56	

#### 3.4.5.4. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=3$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=3$  oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Deneysel olarak tek bir enerjide çalışılmıştır. Elde edilen deneysel değer ise teorik değer ile yaklaşık olarak aynı değerdedir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=3 oluşma tesir kesiti (Tarrago et al 1961)

Tablo 3.30. Farklı enerjilerde p +  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=3 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

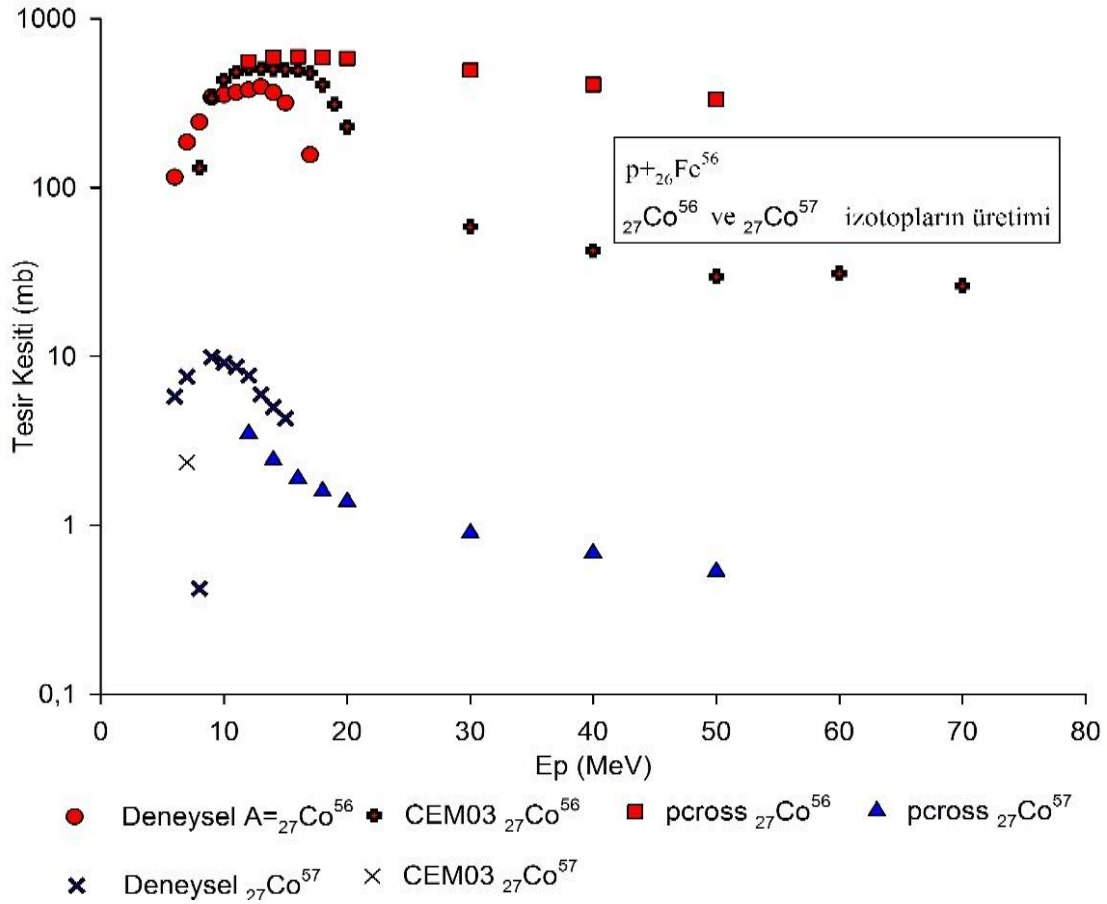
$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
5	306	
15		
25	2,794	
35	15,91	
45	20,82	
55	22,08	
65	22,51	
75	25,7	
85	28,95	
95	31,76	
105	33,8	
150		13
155	44,89	
255	52,63	
265	52,52	
275	55,43	
285	55,62	
295	56,51	
305	80,14	
315	84,19	
325	85,02	
335	88,13	
345	90,98	

Tablo 3.30. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=3$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
355	94,59	
365	95,76	
375	98,81	
385	101,6	
395	105,6	
405	106,6	
415	109,8	
425	113,5	
435	117,2	
445	120,1	
455	125,7	
465	127,6	
475	131,5	
485	135,3	
495	139,2	
505	143,5	
515	149,4	
525	151,2	
535	154,3	
545	158,5	
555	165,1	
575	172,6	
585	174,5	
595	182,2	
605	185,4	
615	188,6	
635	197,4	
645	202,4	
655	208,3	
665	212,3	
675	215	
685	219,3	
695	225,8	
705	227,6	
715	232,6	
725	236,6	
735	240,9	
755	251,8	
855	293,1	
955	332,9	
965	342	
975	344	
985	349,4	
995	357,6	
745	247,4	

#### 3.4.5.5. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{56}$ izotopların Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{56}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir.  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  izotopu için deneysel olarak tek enerjide çalışılmış,  ${}_{27}\text{Co}^{56}$  izotop üretiminde ise birden fazla enerji seviyesinde çalışılmıştır. Deneysel sonuçlar teorik sonuçlar ile düşük enerjilerde daha çok örtüşmektedir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31.  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{56}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Furukawa and Tanaka 1959)

Tablo 3.31. Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{56}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel, pcross ve CEM03 değerleri

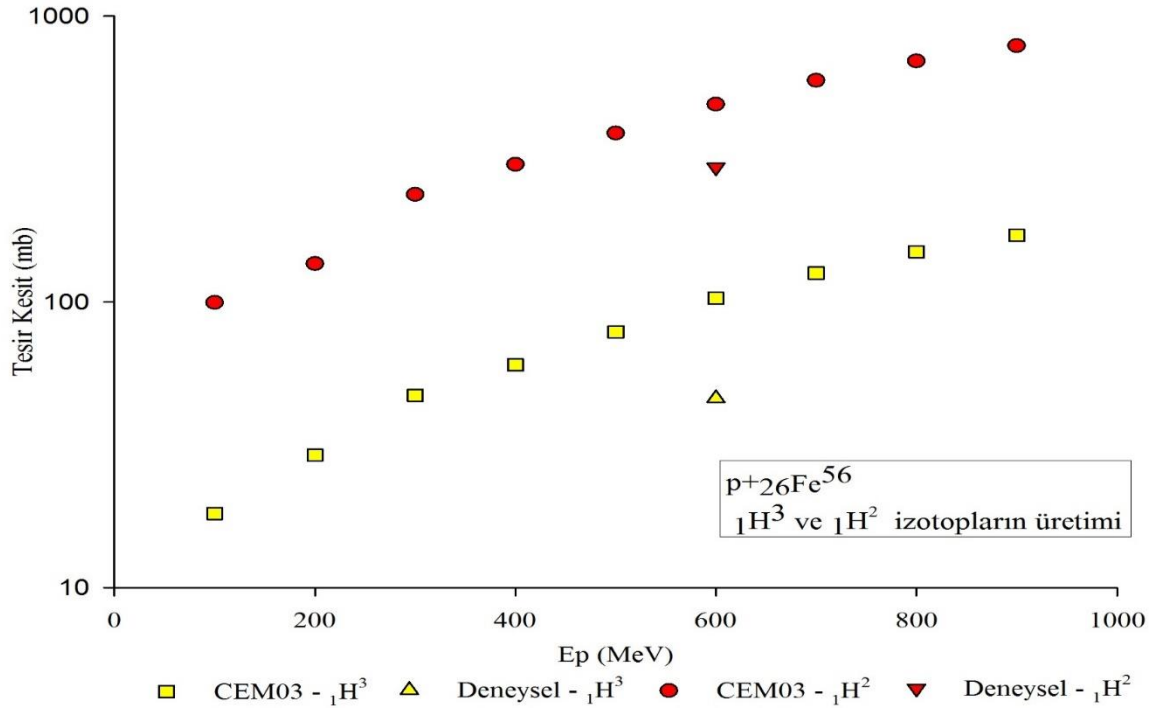
$E_p$ (MeV)	Deneysel- ${}_{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	Deneysel- ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	CEM03- ${}_{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	CEM03- ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	pcross- ${}_{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	pcross - ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)
6	115,2	5,8				
7	185,8	7,6		2,355		
8	244	0,422	131,2			
9	343,6	9,9	339,9			
10	354,3	9,18	435,9			
11	366	8,7	482,6			
12	378,5	7,71	502,8		559,25	3,49
13	394,4	5,96	504,9			
14	365,3	4,99	501,6		587,75	2,424
15	317	4,29	500,2			
16			494,4		595,89	1,888
17	156		476,8			
18			405,2			
19			311,7			

Tablo 3.31. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{56}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel, Pcross ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	Deneysel- ${}_{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	Deneysel- ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	CEM03- ${}_{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	CEM03- ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	Pcross- ${}_{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	Pcross - ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)
20			228,8		582,63	1,378
30			58,7		495,512	0,896
40			42,23		407,862	0,682
50			29,76		332,311	0,533
60			31,06			
70			26,24			

### 3.4.5.6. $P+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{1}\text{H}^2$ ve ${}_{1}\text{H}^3$ İzotopların Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{1}\text{H}^2$  ve  ${}_{1}\text{H}^3$  izotopların oluşum tesir kesitleri hesaplanmıştır.  ${}_{1}\text{H}^2$  ve  ${}_{1}\text{H}^3$  izotopu için deneysel olarak tek enerjide çalışılmış, Sonuçlar, teorik sonuçlar ile düşük enerjilerde örtüştüğü görülmektedir (Şekil 3.32).



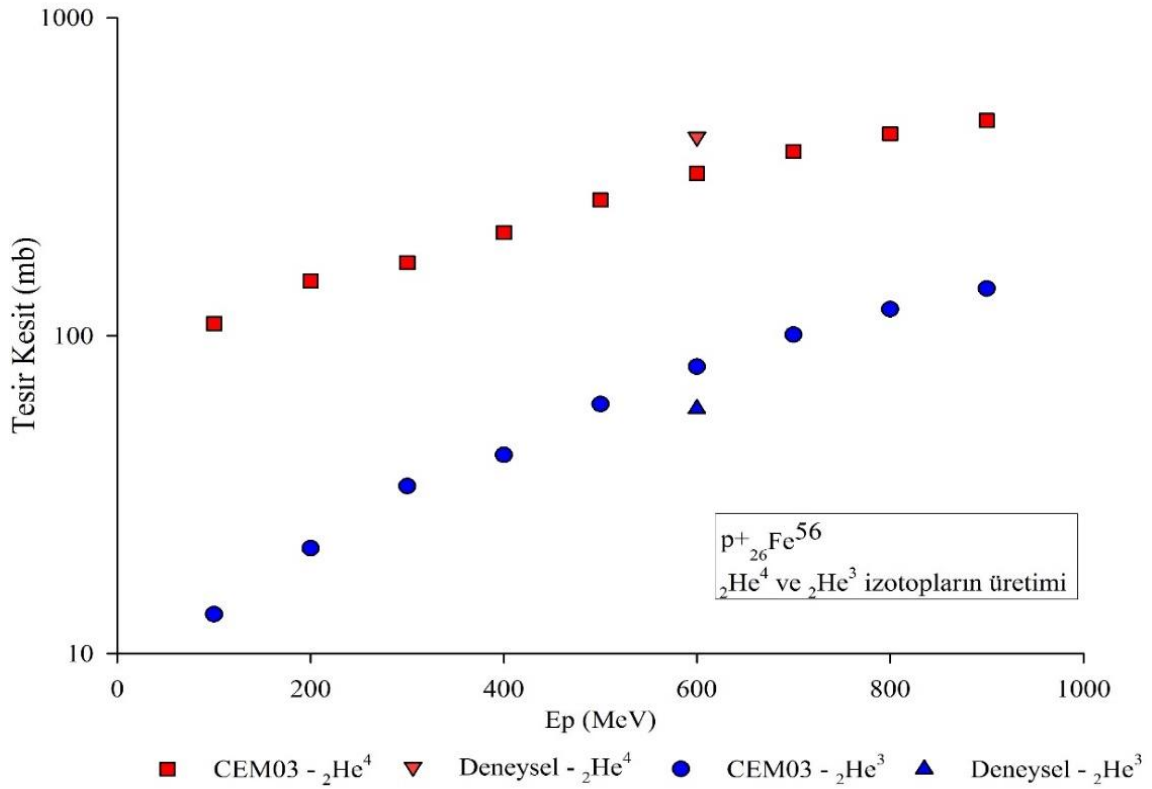
Şekil 3.32.  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{1}\text{H}^3$  ve  ${}_{1}\text{H}^2$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Fraysse et al 1975)

Tablo 3.32. Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda  ${}_1\text{H}^3$  ve  ${}_1\text{H}^2$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}_1\text{H}^3$ (mb)	CEM03- ${}_1\text{H}^2$ (mb)	Deneysel- ${}_1\text{H}^3$ (mb)	Deneysel- ${}_1\text{H}^2$ (mb)
100	18,2	99,46		
200	29,13	136,1		
300	47,09	237,6		
400	60,23	302,8		
500	78,67	389,7		
600	103	491,3	46	296
700	126,2	595,7		
800	149,8	696,1		
900	171,1	787,4		

### 3.4.5.7. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_2\text{He}^4$ ve ${}_2\text{He}^3$ İzotopların Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_2\text{He}^4$  ve  ${}_2\text{He}^3$  izotopların oluşum tesir kesitleri hesaplanmıştır.  ${}_2\text{He}^4$  ve  ${}_2\text{He}^3$  izotopu için deneysel olarak tek enerjide çalışılmıştır. Deneysel Sonuçların, teorik sonuçlar ile örtüştüğü görülmektedir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33.  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_2\text{He}^4$  ve  ${}_2\text{He}^3$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Roche et al 1975)

Tablo 3.33. Farklı enerjilerde  $p + {}_{26}\text{Fe}^{56}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{2}\text{He}^3$  ve  ${}_{2}\text{He}^4$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

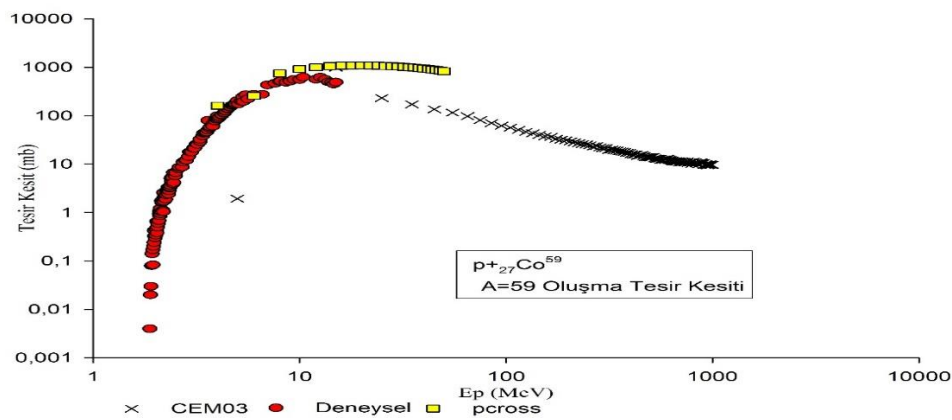
$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}_{2}\text{He}^4$ (mb)	CEM03- ${}_{2}\text{He}^3$ (mb)	Deneysel- ${}_{2}\text{He}^4$ (mb)	Deneysel- ${}_{2}\text{He}^3$ (mb)
100	109,3	13,3		
200	148,9	21,46		
300	170	33,63		
400	211,3	42,2		
500	267,4	60,95		
600	324,1	79,94	422	59
700	380,3	100,8		
800	432,2	121,2		
900	475,9	140,8		

### 3.4.6. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu

Genellikle alaşımların elde edilmesinde kullanılır. Özellikle manyetik ve paslanmayan çelik üretiminde, bazı izotopların kanser tedavisinde ve porselen ve cam ürünlerinin kullanılmaktadır.  $\text{Co}^{59}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı % 100'dür (Krane 1988).

#### 3.4.6.1. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu sonucunda kütle numarası $A=59$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=59$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak 15 MeV mertebesine kadar çalışılmıştır. Küçük enerjilerden büyük enerjilere doğru gidildikçe teorik sonuçların (Pcross ve CEM03) deneysel sonuçlar ile daha yakın değerler çıktığı gözlenmiştir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=59$  oluşma tesir kesiti (Chintalapudi et al 1975)

Tablo 3.34. Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=59$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)	Pcross (mb)
1,886		4,00E-03	
1,894		0,02	
1,904		0,03	
1,919		0,08	
1,929		0,14	
1,946		0,17	
1,948		0,083	
1,959		0,2	
1,973		0,24	
1,98		0,425	
1,986		0,33	
2,1969		2,59	
2,433		3,9	
2,452		6,71	
3,8965		77,49	
3,925		86,1	
3,9992		84,52	
4		100	160,9151
4,06		88,5	
4,096		94,71	
4,1948		101,54	
4,2		104	
4,2974		113,71	
5	1,943	205	
5,05		175	
6		275	258,7810
6,59		275	
7		433	
7,6		466	
8		511	748,5310
8,1		516	
8,6		494	
9		518	
9,4		561	
10		558	921,4040
10,4		629	
11,7			
12		569	1007,6820
12,6		622	
13,3		562	
13,8		500	
14,3		485	1058,4280
14,6		452	
15	994,3	490	
16			1083,8480
18			1094,8780
20			1096,4760
22			1091,7870
24			1082,1820
25	232,7		
26			1070,2230
28			1055,7500
30			1039,6370
32			1022,3830
34			1003,2260
35	171,6		
36			983,8700
38			963,8030
40			943,1100
42			921,8550
44			900,0790
45	136,4		
46			877,1480
48			854,3930
50			831,2240
55	116,3		
285	22,25		

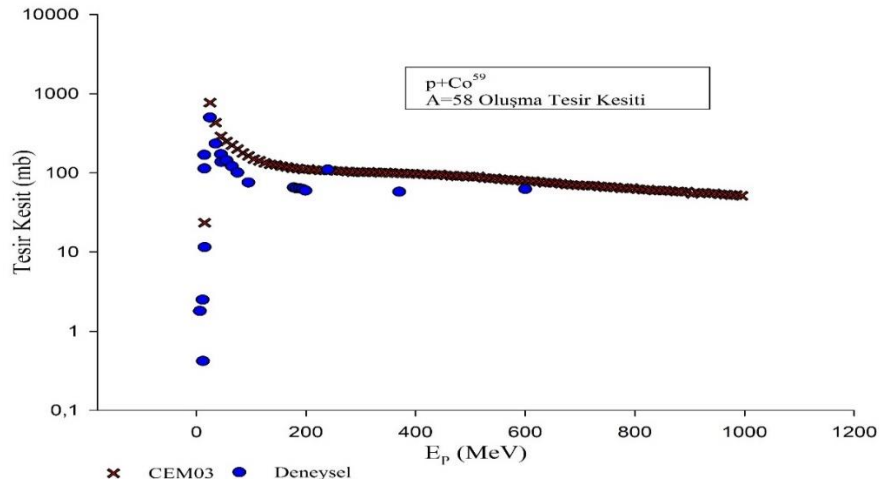


Tablo 3.34. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=59$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)	Pcross (mb)
295	21,48		
305	21,42		
375	18		
385	17,17		
395	16,96		
405	16,06		
415	15,66		
485	14,03		
495	13,94		
505	13,83		
515	14,17		
525	13,16		
535	12,87		
545	13,02		
555	12,95		
735	10,89		
745	10,88		
755	11,5		
765	10,6		
775	10,78		
895	10,65		
905	10,63		
985	9,628		
995	9,725		

### 3.4.6.2. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=58$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Elde edilen deneysel değerlerin ise teorik değer ile yaklaşık olarak aynı değerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesiti (Wilkinson et al 1956)

Tablo 3.35. Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

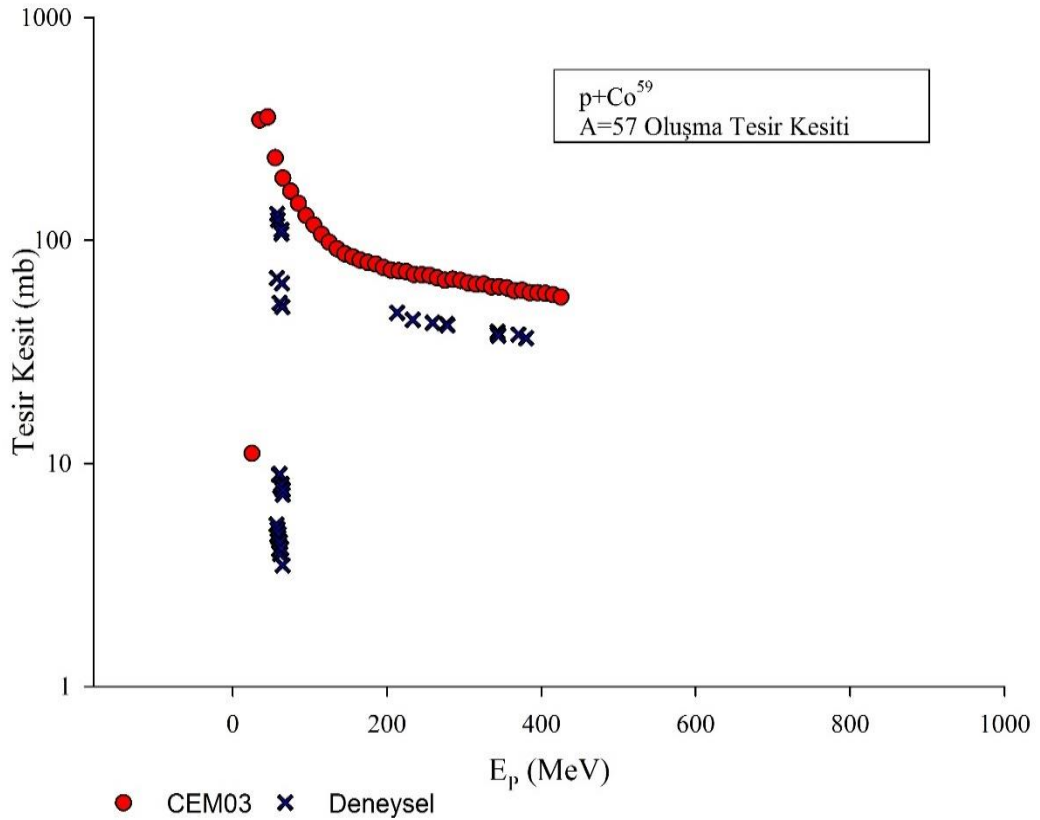
Ep(MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
6,6		1,8
11,7		2,5
12		0,42
14,7		169
14,8		113,7
15	23,47	11,52
25	771,6	499,9
34,7		
35	432	234
45	289,2	172
45,5		138
55	249,3	144
65	223,8	121
75	200,1	101
85	179	
95	164	75,6
105	149,2	
107,3		
115	142,1	
125	134,1	
135	128,6	
145	126,7	
155	122,2	
165	118,9	
175	115,1	
177,8		65,4
183,4		63,8
185	113,6	
188,8		63,6
194		62,3
195	110,5	
199,3		59,8
205	111,9	
215	109,3	
225	107,5	
235	107,3	
240		110
335	100,2	
345	101,2	
355	100,5	
365	99,32	
370		57,7
375	98,79	
385	97,97	
395	98,03	
405	97,06	
415	96,03	
425	94,48	
435	94,86	
445	95,85	
455	92,91	
465	92,15	
535	85,18	
545	85,53	
555	83,34	
565	82,23	
575	81,49	
585	80,98	
595	79,35	
600		62,5
605	78,92	
615	79,15	
625	77,47	
635	75,18	
645	75,37	
655	74,65	
665	73	
675	71,59	
685	70,76	
695	70,04	
705	69,08	
785	64,14	
875	57,89	

Tablo 3.35. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
885	57,77	
895	58,32	
905	54,55	
915	55,93	
925	56,11	
975	52,42	
985	52,54	
995	51,36	

### 3.4.6.3. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=57$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=57$  oluşma tesir kesitleri çıkarılmıştır. Düşük enerjilerde teorik ve deneysel değerlerin daha çok örtüştüğü görülmüştür (Şekil 3.36).



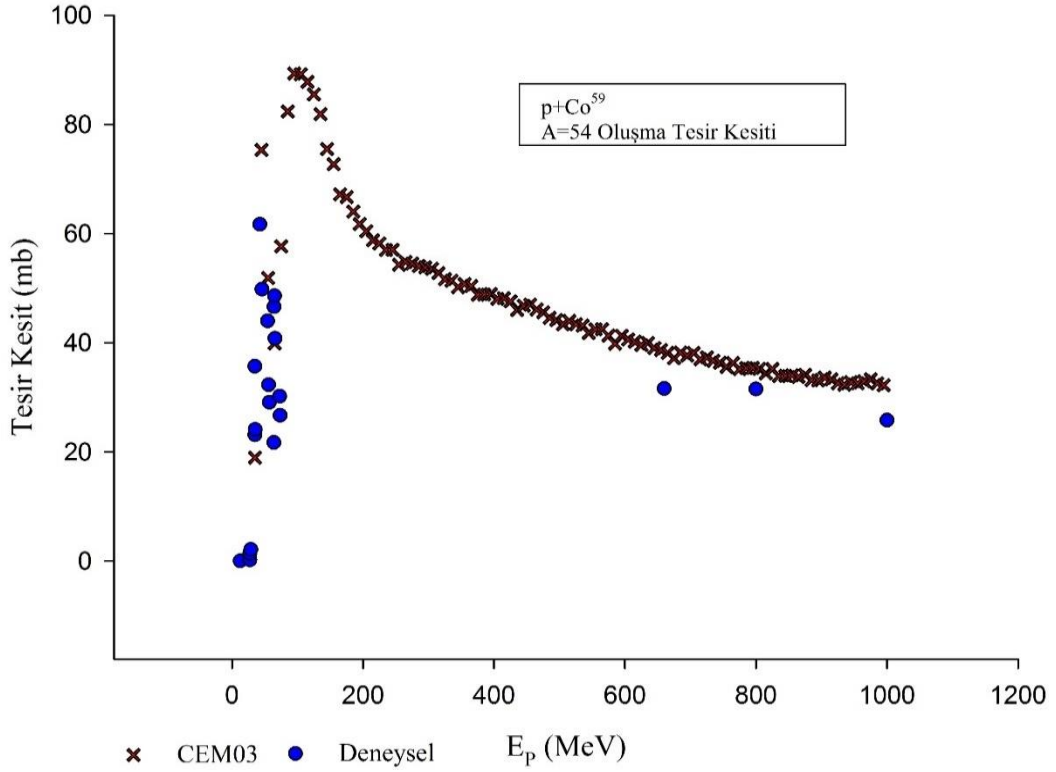
Şekil 3.36. Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=57$  oluşma tesir kesiti (Prikhodtseva et al 1990)

Tablo 3.36. Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda  $A=57$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
25	11,09	
35	346,4	
45	357,5	
55	234,5	
56,5		5,33
60		4,13
60,3		4,46
60,6		9
60,7		52,5
63		107,6
63		111,6
63,2		8,1
63,8		64,4
64,1		7,7
64,2		50,4
64,4		3,5
64,8		7,26
64,9		7,6
65	190,4	
75	166,1	
85	146,7	
95	129,3	
105	117,5	
115	106,3	
125	98,11	
135	91,8	
145	87,13	
155	84,44	
165	81,57	
175	79,73	
185	78,46	
195	75,81	
205	73,51	
213		47,449
215	73,01	
225	72,39	
233		44,114
234		
235	70,31	
245	70,1	
255	69,64	
259		42,753
265	67,85	
275	66,36	
277		42,2
278		41,7
285	66,93	
295	66,21	
305	64,61	
315	63,56	
325	63,7	
335	61,99	
343		39,047
343		38,2
344		37,5
345	61,99	
355	61,36	
365	59,45	
370		37,9
375	59,66	
380		36,5
385	58,18	
395	58,27	
405	57,91	
415	57,13	
425	55,75	

### 3.4.6.4. $p+{}^{59}\text{Co}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=54$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^{59}\text{Co}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=54$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Düşük ve yüksek enerjilerde sonuçların uyduğu gözlenmiştir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Deneyssel olarak  ${}^{59}\text{Co}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=54$  oluşma tesir kesiti (Filges et al 1989)

Tablo 3.37. Farklı enerjilerde  $p + {}^{59}\text{Co}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=54$  oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

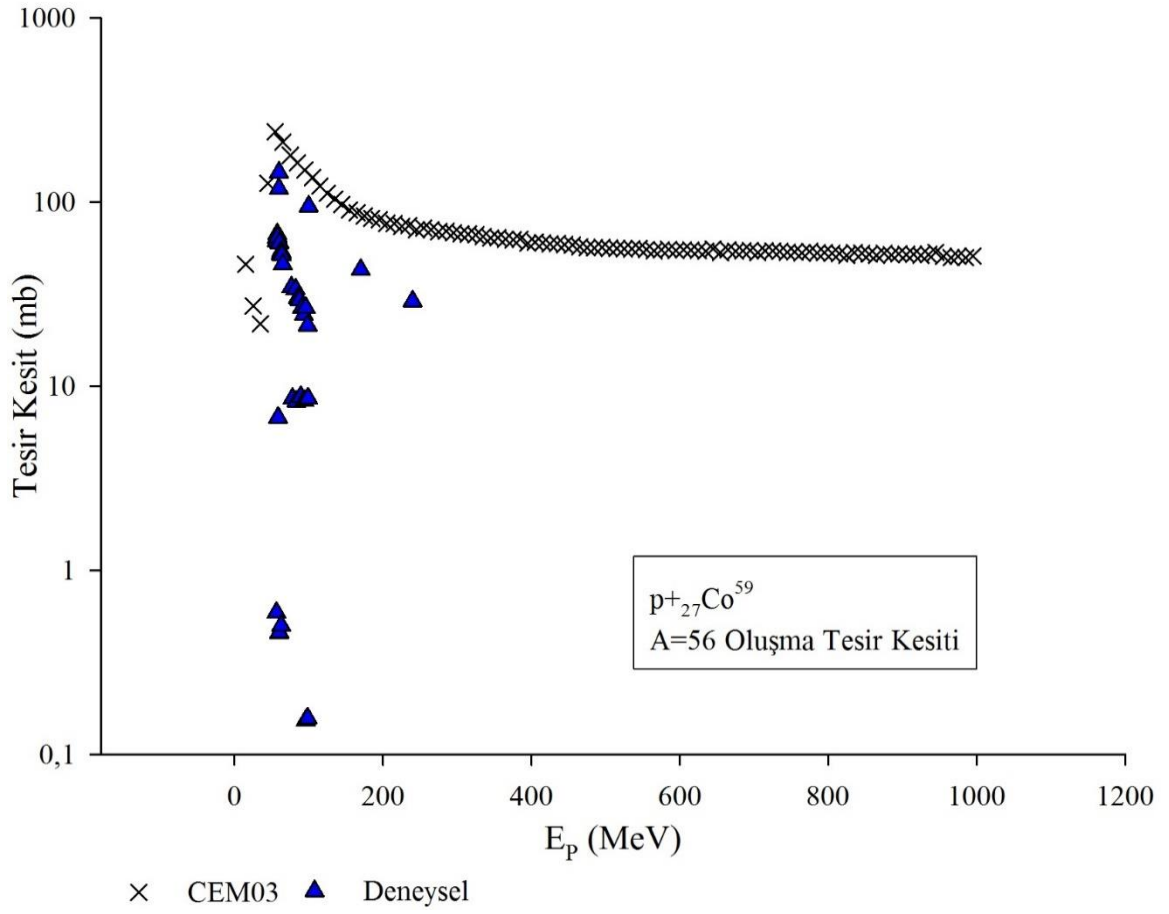
$E_p(\text{MeV})$	CEM03 (mb)	Deneyssel (mb)
12,6		0,0116
27,26		0,2
27,4		1,37
28,8		2,12
34,9		35,7
35	18,93	23,1
35,5		24,1
42,5		61,7
45	75,35	
45,7		49,8
54,3		44
55	51,89	
55,7		32,3
57,1		29,1
64		21,7
64,1		46,6

Tablo 3.37. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=54$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
64,9		48,6
65	39,9	
65,7		40,8
72,89		30,2
73,5		26,7
75	57,67	
85	82,41	
95	89,35	
105	89,23	
205	60,43	
305	53,57	
405	48,05	
505	43,4	
515	44,02	
525	43,43	
535	43,16	
545	41,8	
555	42,45	
565	42,5	
575	41,33	
585	39,83	
595	41,3	
605	40,61	
615	40,2	
625	39,59	
635	39,99	
645	39,05	
655	38,67	
660		31,6
665	38,14	
675	37,17	
685	38,24	
695	37,63	
705	38,15	
715	36,96	
725	37,33	
735	36,7	
745	36,35	
755	35,56	
765	36,3	
775	35,2	
785	35,37	
795	35,39	
800		31,5
905	33,63	
915	33,3	
925	32,59	
935	32,34	
945	32,77	
955	32,57	
965	32,94	
975	33,31	
985	32,56	
995	32,24	
1000		25,8

### 3.4.6.5. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=56$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=56$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Düşük enerjilerde sonuçların daha çok uyuştığı, Deneysel olarak elde edilen değerlerin teorik değerler ile yaklaşık olarak aynı olduğu görülmüştür (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. Deneysel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=56 oluşma tesir kesiti (Michel et al 1980)

Tablo 3.38. Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=56 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
15	46,15	
25	27,33	
35	21,86	
45	126,8	
55	241,8	
56,5		0,59
57,2		64,1
57,2		61,6
57,5		
57,6		67,3
57,7		
58,1		
58,3		
58,6		64,8
58,9		6,77
59,6		

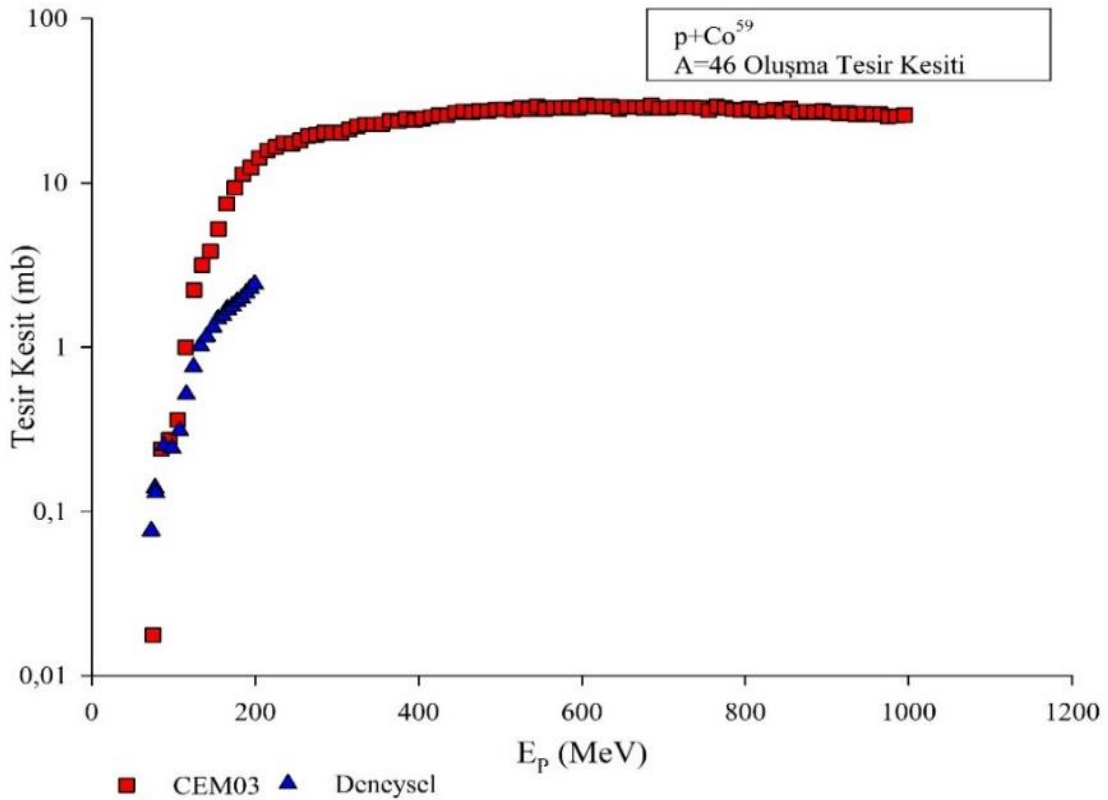
Tablo 3.38. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=56$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
59,7		
59,8		
60		145
60		118,6
60,3		0,456
60,6		0,46
60,7		60,1
61		
62,5		52,2
62,9		0,5
63		52,6
63		54,1
63,7		53,2
63,7		51,6
65,3		46,1
65	212,2	
75	180,2	
76,6		34,6
78		8,58
82,3		33,7
83,6		8,28
85	163,4	
85,3		30,2
87,8		29,5
88		
89,4		8,77
90,9		26,7
93,6		24,458
94,2		8,35
95	149,5	
96,1		0,153
96,2		26,7
98,6		21,4
98,7		0,157
99,1		8,59
100		95
105	136,3	
170		43
240		29
245	71,04	
345	63,96	
445	58,82	
545	56,12	
645	55,71	
745	53,43	
755	53,79	
765	53,02	
775	53,97	
785	53,22	
795	53,33	
805	52,8	
815	52,5	
825	51,47	
835	53,14	
845	52,96	
855	52,18	
865	51,44	
875	52,82	
885	51,78	
895	52,47	
905	52,14	
915	52,05	
925	51,54	
935	52,11	
945	53,39	
955	50,9	
965	49,93	
975	50,9	
985	49,93	
995	51,02	



### 3.4.6.6. $p+{}^{59}\text{Co}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=46$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}^{59}\text{Co}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=46$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyel olarak yapılan çalışmalarda elde edilen değerlerin düşük enerjilerde teorik değerler ile daha çok örtüştüğü, enerji arttıkça deneyel ve teorik değerler arasındaki farkın arttığı görülmüştür (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Deneyel olarak  ${}^{59}\text{Co}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=46$  oluşma tesir kesiti (Michel et al 1984)

Tablo 3.39. Farklı enerjilerde  $p + {}^{59}\text{Co}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=46$  oluşma tesir kesiti deneyel ve CEM03 değerleri

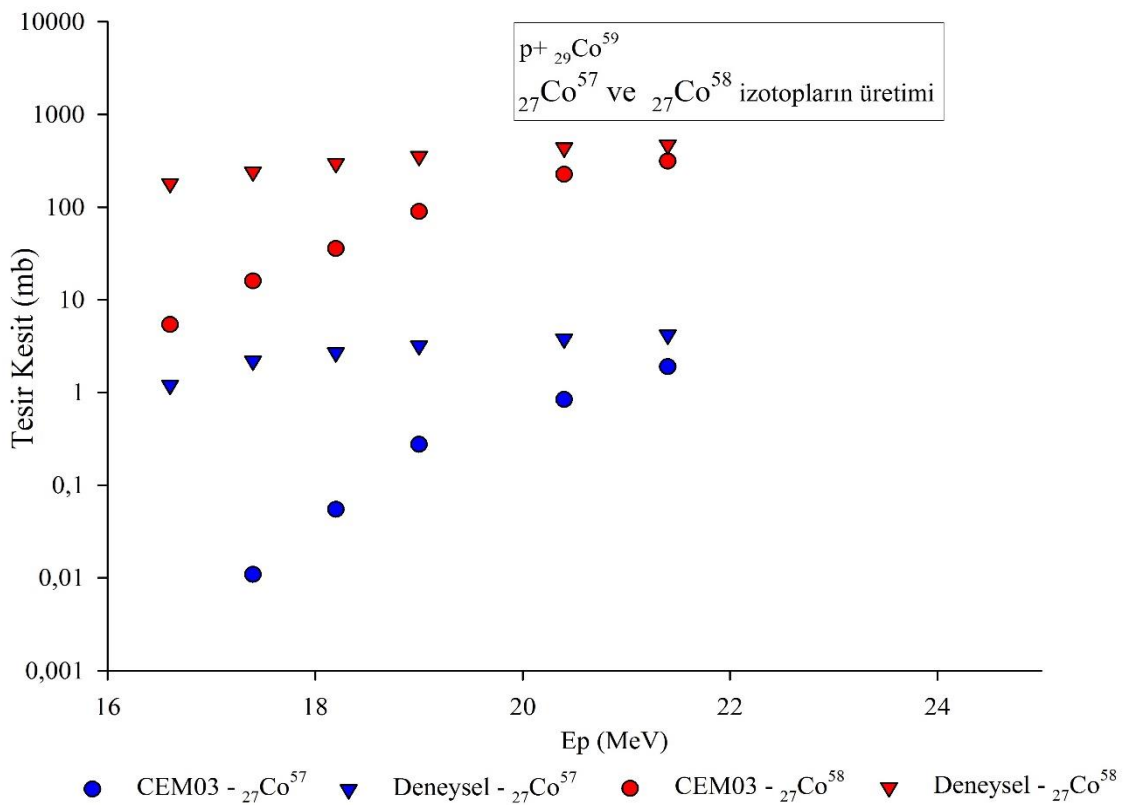
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyel(mb)
72,89		0,076
75	0,0177	
77,53		0,139
78,1		0,13
85	0,2391	

Tablo 3.39. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=46$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>E<sub>p</sub> (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel(mb)</b>
88,4		0,251
95	0,2722	
98,2		0,243
105	0,3599	
107,3		0,311
115	0,9966	
115,8		0,517
124,5		0,758
125	2,221	
132,7		1,02
135	3,159	
140,7		1,16
145	3,844	
148,3		1,32
154,3		1,48
155	5,236	
160,4		1,56
165	7,462	
165,7		1,71
166,4		1,69
172,1		1,78
175	9,333	
177,8		1,9
183,4		1,98
185	11,32	
188,8		2,13
194		2,28
195	12,41	
199,3		2,42
205	14,22	
215	15,79	
345	22,72	
355	22,76	
365	23,93	
375	23,75	
385	24,69	
395	24,1	
495	28,02	
505	28,14	
515	27,61	
525	28,68	
535	28,22	
545	29,28	
555	28,22	
625	29,25	
635	29,15	
645	28,13	
715	29,03	
725	28,84	
795	27,64	
805	28,42	
815	27,33	
825	27,54	
835	28,05	
845	27,11	
855	28,39	
865	26,76	
875	27,26	
885	27	
895	27,47	
955	26,15	
965	26,24	
975	25,36	
985	25,52	
995	25,94	

### 3.4.6.7. $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ve ${}_{27}\text{Co}^{58}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{58}$  izotopların oluşum tesir kesitleri hesaplanmıştır.  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{58}$  izotopu için deneyel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında gönderilen protonun enerjisi arttıkça teorik ve deneyel sonuçların daha çok yakın değerler çıktığı görülmüştür. Yüksek enerjilerde sonuçlar daha çok uyuşmaktadır (Şekil 3.40).



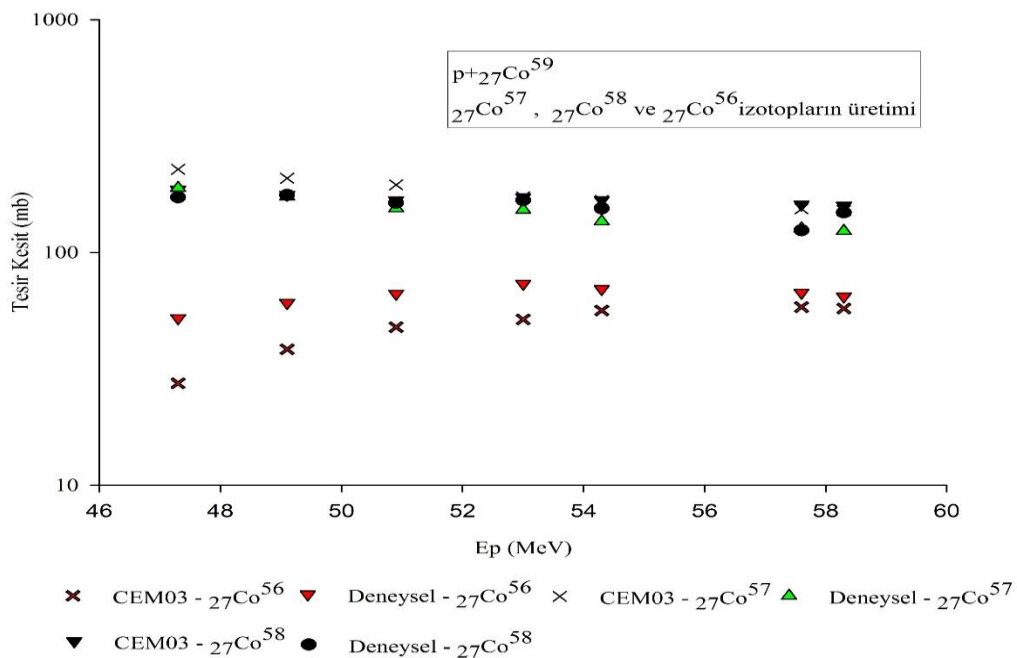
Şekil 3.40.  ${}_{27}\text{Co}^{59}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{27}\text{Co}^{58}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneyel ve teorik sonuçları (Wagner and Wiig 1954)

Tablo 3.40. Farklı enerjilerde  $p + {}_{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{27}\text{Co}^{58}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneyel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	CEM03- ${}_{27}\text{Co}^{58}$ (mb)	Deneysel- ${}_{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	Deneysel- ${}_{27}\text{Co}^{58}$ (mb)
16,6		5,412	1,2	180,6
17,4	0,0109	15,99	2,2	240,5
18,2	0,0547	35,79	2,7	296,1
19	0,2746	89,76	3,2	353,2
20,4	0,8386	225,4	3,8	435,8
21,4	1,901	312,3	4,2	470,1

### 3.4.6.8. $p+{}^{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^{27}\text{Co}^{57}$ , ${}^{27}\text{Co}^{56}$ ve ${}^{27}\text{Co}^{58}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}^{27}\text{Co}^{58}$ ,  ${}^{27}\text{Co}^{56}$  ve  ${}^{27}\text{Co}^{57}$  izotopların oluşum tesir kesitleri hesaplanmıştır.  ${}^{27}\text{Co}^{58}$ ,  ${}^{27}\text{Co}^{56}$  ve  ${}^{27}\text{Co}^{57}$  izotopu için deneyssel olarak yapılan çalışmalara bakıldığında gönderilen protonun enerjisi arttıkça teorik ve deneyssel sonuçların daha çok yakın değerler çıktığı görülmüştür. Yüksek enerjilerde sonuçlar daha çok uyuşmaktadır (Şekil 3.41).



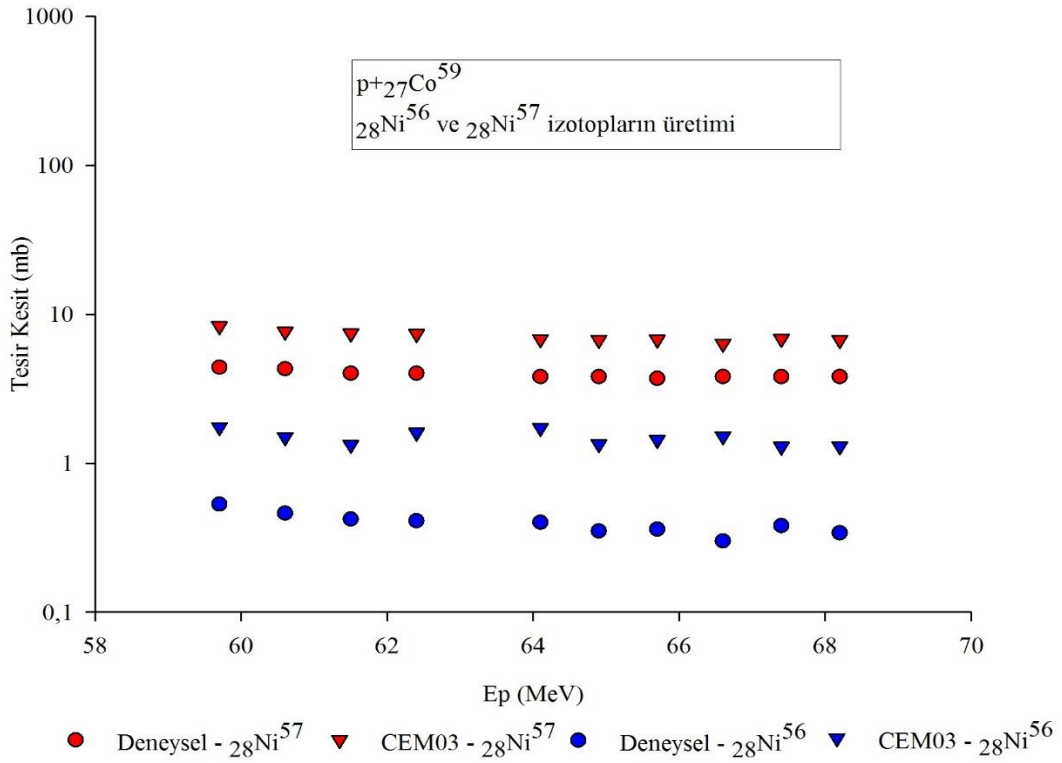
Şekil 3.41.  ${}^{27}\text{Co}^{59}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}^{27}\text{Co}^{58}$ ,  ${}^{27}\text{Co}^{56}$  ve  ${}^{27}\text{Co}^{57}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneyssel ve teorik sonuçları (Schoen et al 1979)

Tablo 3.41. Farklı enerjilerde  $p + {}^{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda  ${}^{27}\text{Co}^{58}$ ,  ${}^{27}\text{Co}^{56}$  ve  ${}^{27}\text{Co}^{57}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}^{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	CEM03- ${}^{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	CEM03- ${}^{27}\text{Co}^{58}$ (mb)	Deneyssel- ${}^{27}\text{Co}^{56}$ (mb)	Deneyssel- ${}^{27}\text{Co}^{57}$ (mb)	Deneyssel- ${}^{27}\text{Co}^{58}$ (mb)
47,3	27,44	227,8	186,3	52,3	189,5	172,6
49,1	38,42	208,7	177,3	60,8	174	176,6
50,9	47,81	195,2	167,6	66,6	154,7	163,4
53	51,58	173,4	173	73,5	152,6	167,7
54,3	56,35	167,6	168,1	69,8	136	154,5
57,6	58,31	154,1	160,7	67,3	126,9	124,6
58,3	57,46	151,3	159,1	64,8	123,7	148,7

### 3.4.6.9. $p+{}^{27}\text{Co}^{59}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}^{28}\text{Ni}^{56}$ ve ${}^{28}\text{Ni}^{57}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

DeneySEL olarak  ${}^{27}\text{Co}^{59}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}^{28}\text{Ni}^{56}$  ve  ${}^{28}\text{Ni}^{57}$  izotopların oluşum tesir kesitleri hesaplanmıştır.  ${}^{28}\text{Ni}^{56}$  ve  ${}^{28}\text{Ni}^{57}$  izotopu için deneySEL olarak yapılan çalışmalara bakıldığında düşük ve yüksek enerjilerde sonuçların uyduğu görülmüştür (Şekil 3.42).



Şekil 3.42.  ${}^{27}\text{Co}^{59}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}^{28}\text{Ni}^{56}$  ve  ${}^{28}\text{Ni}^{57}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneySEL ve teorik sonuçları (Smith et al 2011)

Tablo 3.42. Farklı enerjilerde  $p + {}^{27}\text{Co}^{59}$  bombardımanı sonucunda  ${}^{28}\text{Ni}^{56}$  ve  ${}^{28}\text{Ni}^{57}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneySEL ve CEM03 değerleri

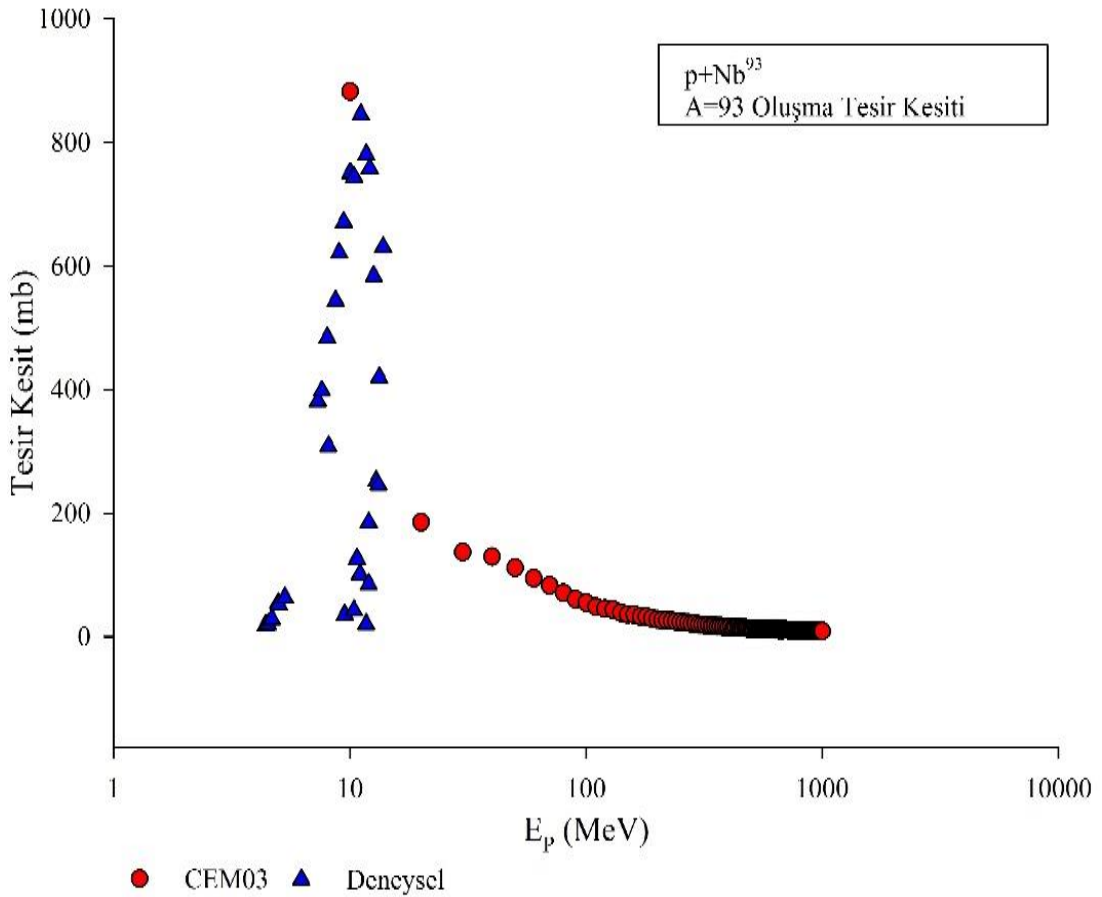
Ep (MeV)	Deneysel- ${}^{28}\text{Ni}^{57}$ (mb)	Deneysel- ${}^{28}\text{Ni}^{56}$ (mb)	CEM03- ${}^{28}\text{Ni}^{57}$ (mb)	CEM03- ${}^{28}\text{Ni}^{56}$ (mb)
59.7	4.4	0.53	8,336	1,749
60.6	4.3	0.46	7,666	1,495
61.5	4	0.42	7,446	1,329
62.4	4	0.41	7,396	1,605
64.1	3.8	0.4	6,826	1,723
64.9	3.8	0.35	6,746	1,345
65.7	3.7	0.36	6,786	1,433
66.6	3.8	0.3	6,363	1,519
67.4	3.8	0.38	6,863	1,294
68.2	3.8	0.34	6,738	1,298

### 3.4.7. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu

Genellikle çelik yapımında, kaynak çubuklarında değerlendirilir. Çok güçlü element olmalarının yanında sahip olmuş olduğu diğer özelliklerinden dolayı boru yapımında da kullanılmaktadır.  $\text{Nb}^{93}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı %100'dür (Krane 1988).

#### 3.4.7.1. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=93$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=93$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyssel olarak elde edilen değerler ile teorik değerler yüksek enerjilere doğru gittikçe daha çok örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.43).



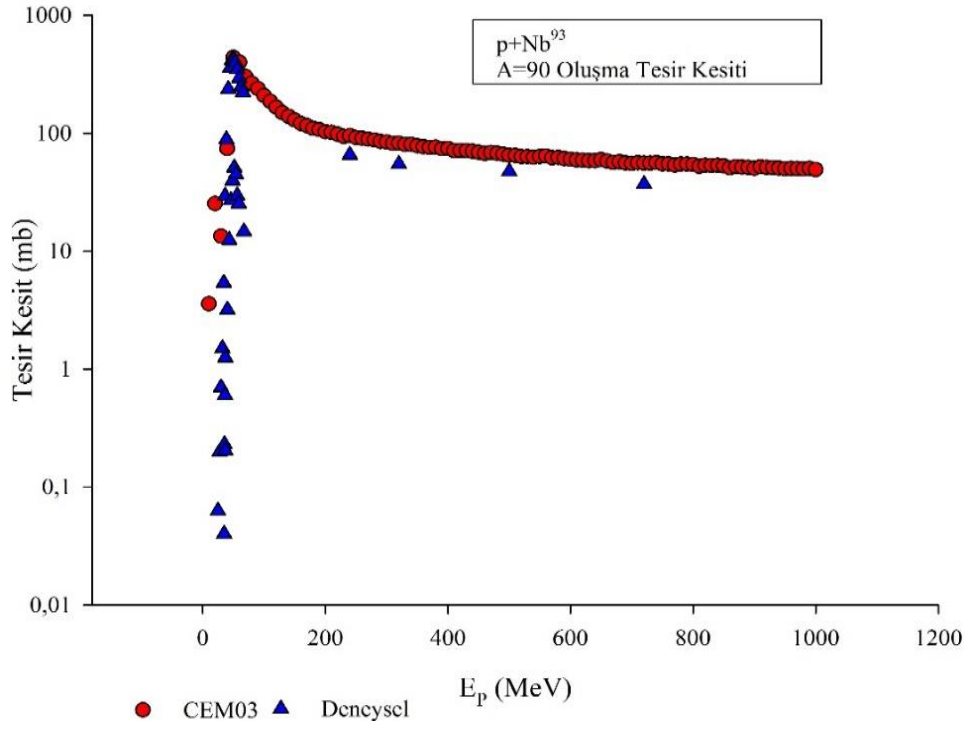
Şekil 3.43. Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=93$  oluşma tesir kesiti (Goekermann et al 1953), (Thomas et al 1967)

Tablo 3.43. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=93$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
11,2		53
13,8		14
14		39,1
14,3		105,5
14,8		214
15,1		117,9
15,4		136,7
15,8		403
16,2		290,7
16,5		234,2
16,7		481
17,4		334,9
17,5		492
17,6		268,2
18,1		466,9
18,3		639
18,4		389,2
19,3		744
20	898	
20,3		718
21,4		783
22,2		745
23,1		730
26,6		490
27,6		399
28,5		352
29,5		263
30	625,7	
40	318,3	
50	266,3	
60	238,2	
120	126,9	
130	119,4	
140	112,8	
150	110,8	
160	105,9	
170	101,6	
180	99,51	
230	89,57	
240	88,78	
250	88,28	
260	87,35	
270	87,69	
280	84,56	
290	86,54	
300	81,95	

### 3.4.7.2. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=90$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel ve teorik değerler hem düşük enerjilerde hem de yüksek enerjilerde uyduğu gözlenmiştir (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=90 oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.44. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=90 oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
10	3,579	
20	25,32	
24,8		0,0629
27,44		0,198
29,9		0,698
30	13,37	
32,22		1,5
34,42		5,38
35		0,04
35,6		0,23
36,3		0,6
36,53		29,5
36,97		0,203
37		1,25
38,54		88,8
40	73,99	
40,19		3,198
41,78		237
43,22		12,48
44,85		359
46,09		26,97
47,77		418
48,82		39,65
50	439	
50,56		424
51,43		51,16
53,46		400
53,94		44,96
56,26		349
56,36		29,64



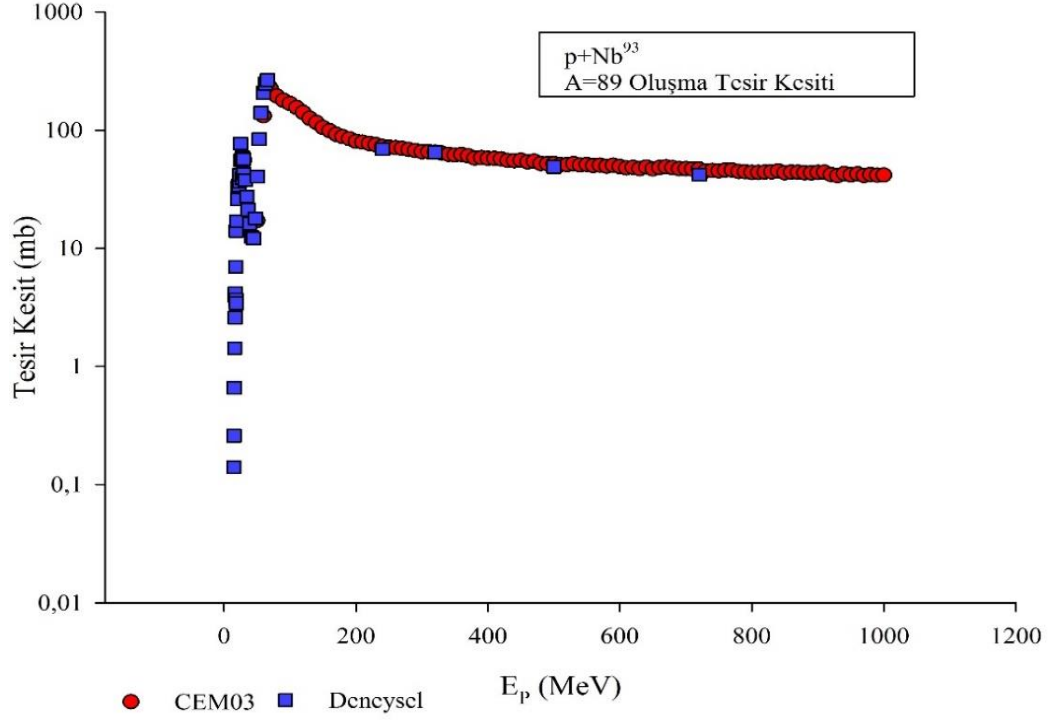
Tablo 3.44. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
58,69		25,31
59,61		293
60	399,5	
62,83		248
65,93		222
67,11		14,73
70	302	
80	264,8	
90	239,2	
100	208,3	
110	185,8	
120	166	
190	107	
200	102,6	
210	101,7	
220	98,01	
230	93,78	
240	95,27	65,6
310	82,15	
320	82,38	54,8
330	80,32	
410	71,08	
420	71,37	
430	71,18	
440	70,25	
450	68,8	
460	67,32	
470	68,46	
480	67,44	
490	66,15	
500	64,95	47,4
560	64,05	
570	61,88	
580	62,33	
590	60,93	
600	60,1	
610	59,24	
620	59,01	
630	58,46	
640	58,46	
740	56,32	
750	54,82	
760	54,77	
770	53,53	
820	53,47	
830	53,25	
840	53,46	
850	52,73	
860	50,83	
970	50,05	
980	49,67	
990	50,31	
1000	49,07	

### 3.4.7.3. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=89$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel ve

teorik değerlerin hem düşük enerjilerde hem de yüksek enerjilerde uyuştuğu gözlenmiştir (şekil 3.45).



şekil 3.45. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  ekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=89$  oluşma tesis kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.45. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=89$  oluşma tesis kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

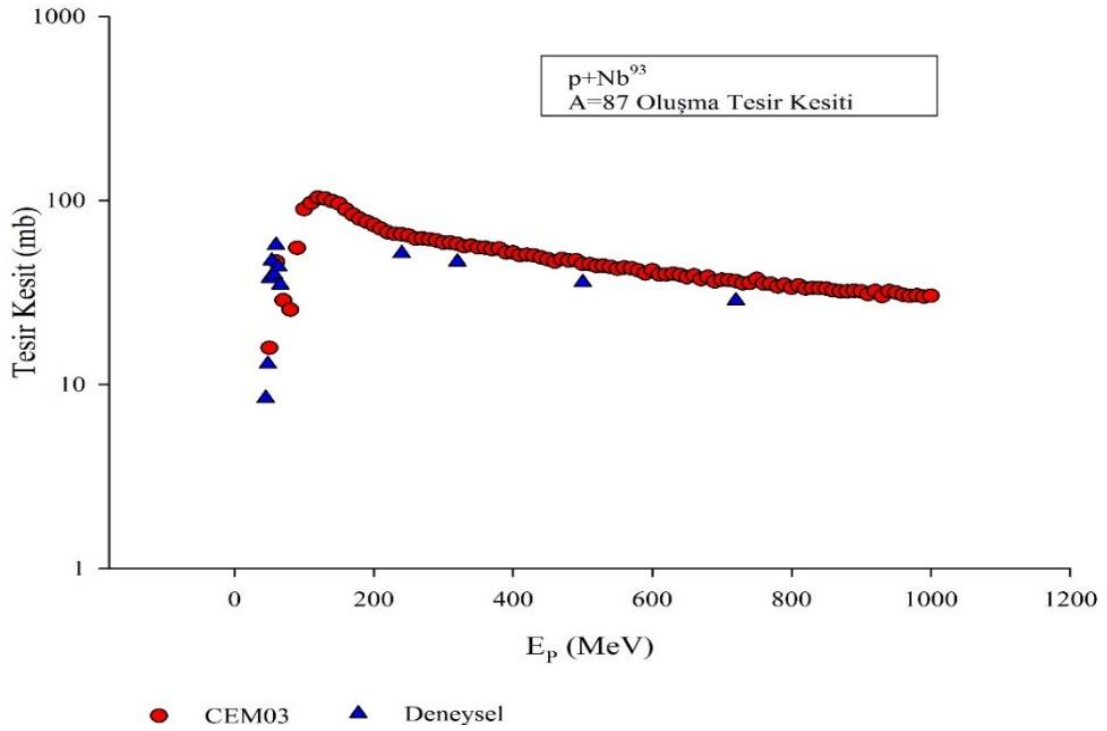
$E_p(\text{MeV})$	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
10		
14,7		0,14
15		0,26
15,6		0,66
16,3		1,43
16,7		4
16,9		2,6
17,4		4,2
17,5		7
17,8		3,7
18,3		14,1
18,8		3,44
19,3		17
20		
20,3		26
21,4		33
22,2		34
23,1		37
24		42
24,8		77,2
25,7		56
26,6		56
27,44		39,4

Tablo 3.45. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
27,6		59
29,5		57
29,9		42,9
30	55,84	
32,22		38
34,42		27,5
36,53		21,3
40	18,04	
41,78		12,5
44,85		12,2
47,77		18
50	17,2	
50,56		40,5
53,46		84,2
56,26		141
59,61		208
60	132,4	
62,83		248
65,93		267
70	227,3	
80	194,8	
90	179,1	
100	168,1	
110	155,8	
120	141,3	
130	125,9	
140	116,3	
150	105,3	
160	99,15	
170	92,11	
180	88	
190	84,67	
200	80,42	
210	79,11	
220	77,18	
230	75,39	
240	72,69	69,3
250	71,78	
260	71,23	
270	70,12	
280	68,63	
290	67,36	
300	65,79	
310	65,76	
320	65,12	65,43
390	58,5	
400	57,69	
410	57,85	
470	54,72	
480	52,23	
490	52,04	
500	52,18	49,03
510	51,06	
570	50,62	
580	49,65	
720	46,94	42,13
730	45,29	
740	45,63	
750	45,31	
760	45,94	
770	46,08	
840	45,28	
920	42,21	
930	41,2	
940	42,96	
950	41,92	
960	42,63	

### 3.4.7.4. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=87$ Oluşma Tesir Kesiti

DeneySEL olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. DeneySEL ve teorik değerlerin hem düşük enerjilerde hem de yüksek enerjilerde uyuştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.46).



Şekil 3.46. DeneySEL olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=87$  oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.46. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=87$  oluşma tesir kesiti deneySEL ve CEM03 değerleri

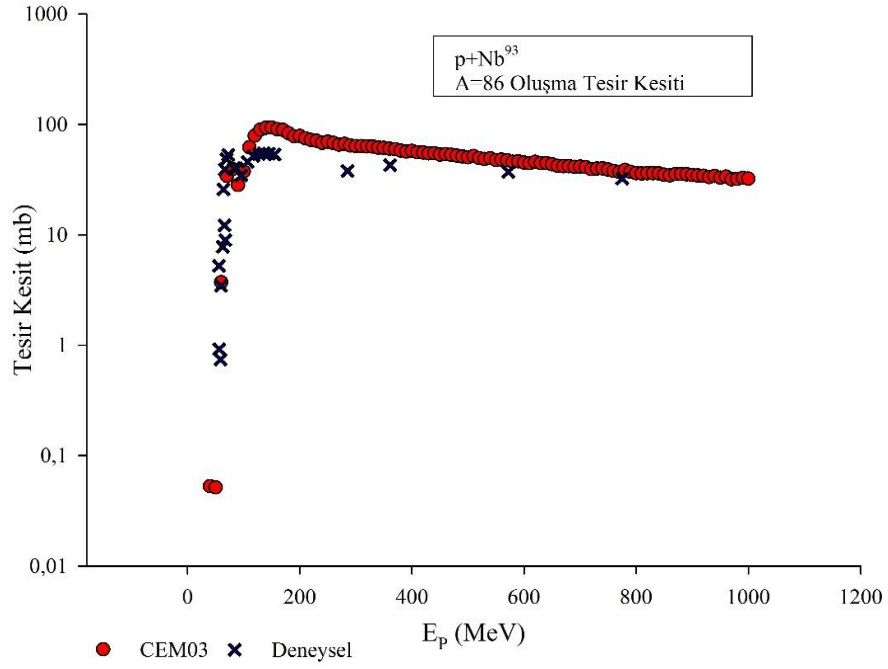
$E_p(\text{MeV})$	CEM03(mb)	DeneySEL(mb)
44,85		8,41
47,77		12,9
50	15,8	
50,56		37,7
53,46		47
56,26		39,7
59,61		57,2
60	46,56	
62,83		43,7
65,93		34,8
70	28,69	
80	25,52	
90	55,22	
100	89,68	
110	96,99	

Tablo 3.46. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=87$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep(MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
200	73,54	
210	70,39	
220	67,06	
230	65,85	
240	65,48	51,62
250	64,41	
260	62,01	
270	62,18	
280	61,5	
290	60,61	
300	59,05	
310	59,04	
320	58,14	46,4
330	56,29	
430	50,2	
440	49,01	
450	47,94	
460	46,56	
470	48,12	
480	47,15	
490	47,39	
500	45,18	35,89
580	41,75	
590	40,15	
600	41,78	
610	39,6	
680	38,4	
690	36,29	
700	37,07	
710	36,98	
720	36,45	28,56
780	34,04	
790	34,88	
800	33,54	
810	34,5	
820	33,17	
830	33,46	
840	33,31	
850	33,22	
860	32,45	
870	32,14	
880	32,14	
890	32,33	
900	32,05	
910	30,97	
920	32,19	
930	30,18	
940	32,18	
950	31,55	
960	30,72	
970	30,3	
980	30,56	
990	30,01	
1000	30,36	

### 3.4.7.5. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=86$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=86$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel ve teorik değerler hem düşük enerjilerde hem de yüksek enerjilerde uyduğu gözlenmiştir (Şekil 3.47).



Şekil 3.47. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=86$  oluşma tesir kesiti (Ditroi et al 2008)

Tablo 3.47. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=86$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

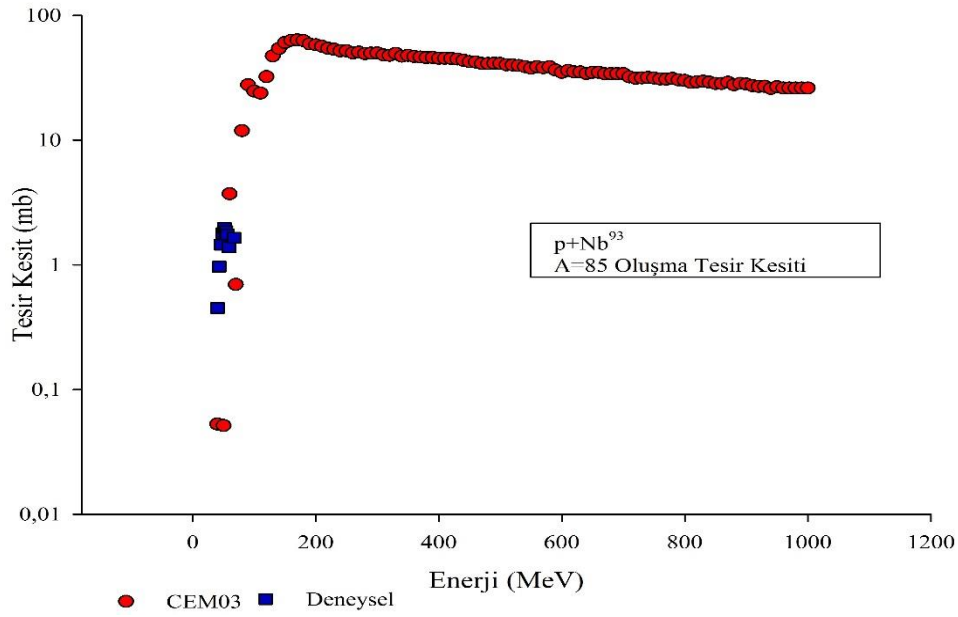
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
40	0,0527	
50	0,0514	
55,9		5,24
56,26		0,919
58,69		0,74
59,61		3,46
60	3,717	
62,83		7,8
63,7		25,9
65,93		12,2
66,7		39,2
67,11		8,97
69,5		48,6
70	34,28	
72,6		53
80	39,32	
83,6		40,3
86,9		40,3
90	28,23	
95,7		34,6
100	37,55	
107		45,9
110	62,13	
117		51,8
120	79,28	
127		54,1
130	89,73	
136		55

Tablo 3.47.(Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=86$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
140	93,39	
145		54,5
150	93,66	
155		53,6
160	90,54	
170	89,26	
230	71,05	
240	68,2	
250	69,75	
260	67,99	
270	65,49	
280	66,69	
285		38
290	64,42	
300	63,65	
310	63,78	
320	63,32	
330	63,03	
340	61,55	
350	61,24	
360	60,28	
361		42,8
370	59,65	
380	57,96	
390	56,78	
400	57,64	
480	52,2	
490	51,2	
500	50,37	
510	51,72	
520	49,56	
530	48,67	
550	47,55	
560	47,92	
570	47,32	
572		37,3
580	45,8	
660	42,11	
670	41,88	
680	41,92	
690	41,28	
700	41,46	
710	41,07	
720	39,32	
730	39,85	
740	40,03	
750	39,02	
760	37,87	
770	37,17	
775		32,4
780	38,73	
790	37,2	
800	36,23	
810	35,92	
820	36,14	
830	36,18	
840	36,08	
850	34,97	
860	34,57	
870	35,51	
880	35,53	
970	31,89	
980	32,1	
990	32,79	
1000	32,26	

### 3.4.7.6. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=85$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=85$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyssel olarak küçük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman teorik ve deneyssel değerlerin örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.48).



Şekil 3.48. Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=85$  oluşma tesir kesiti (Ditroi et al 2008)

Tablo 3.48. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=85$  oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyssel (mb)
40	0,0527	
40,19		0,45
43,22		0,97
46,09		1,45
48,82		1,8
50	0,0514	
51,43		1,98
53,94		1,86
56,36		1,75

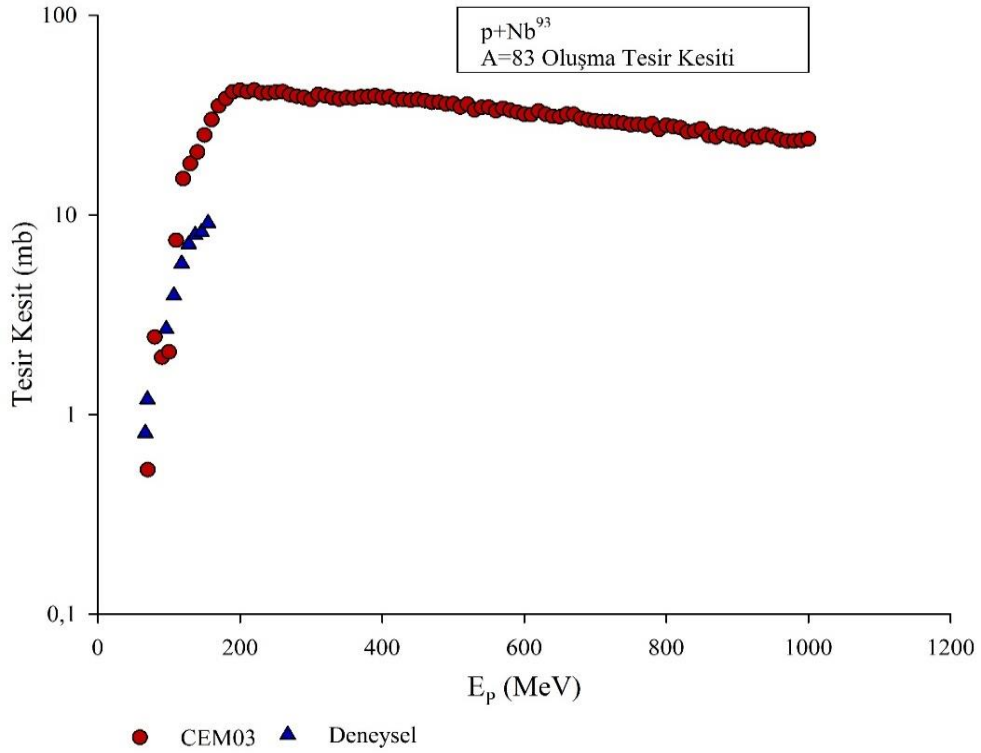


Tablo 3.48. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=85$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
58,69		1,39
60	3,717	
67,11		1,65
70	0,6976	
80	11,92	
90	27,77	
100	24,71	
130	47,36	
140	54,29	
150	60,59	
160	63,19	
170	63,66	
180	62,89	
190	59,05	
200	58,1	
240	52,02	
250	52,05	
260	50,03	
270	50,74	
280	49,42	
290	49,9	
300	49,99	
310	48,19	
320	47,85	
330	49,57	
340	47,08	
350	47,88	
360	46,89	
370	46,43	
380	45,92	
390	46,07	
400	45,27	
410	45,35	
460	42,4	
470	41,17	
480	41,12	
490	41,33	
500	41,13	
600	34,9	
700	34,09	
710	32,19	
720	31,32	
730	31,57	
740	31,8	
750	31,45	
760	30,94	
770	30,82	
780	31,21	
790	30,48	
840	29,14	
850	28,45	
870	29,15	
880	27,78	
890	28,52	
900	28,18	
910	27,34	
920	26,96	
930	27,03	
940	25,98	
950	26,79	
960	26,18	
970	26,18	
980	26,18	
990	26,18	
1000	26,18	

### 3.4.7.7. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=83$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=83$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyel olarak küçük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman teorik ve deneyel değerlerin örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49. Deneyel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=83$  oluşma tesir kesiti (Ditroi et al 2008)

Tablo 3.49. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=83$  oluşma tesir kesiti deneyel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyel (mb)
66,7		0,81
69,5		1,19
70	0,5292	
80	2,447	
90	1,935	
96,3		2,68
100	2,059	
107		3,95
110	7,455	
118		5,71
120	15,2	

Tablo 3.49. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=83$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

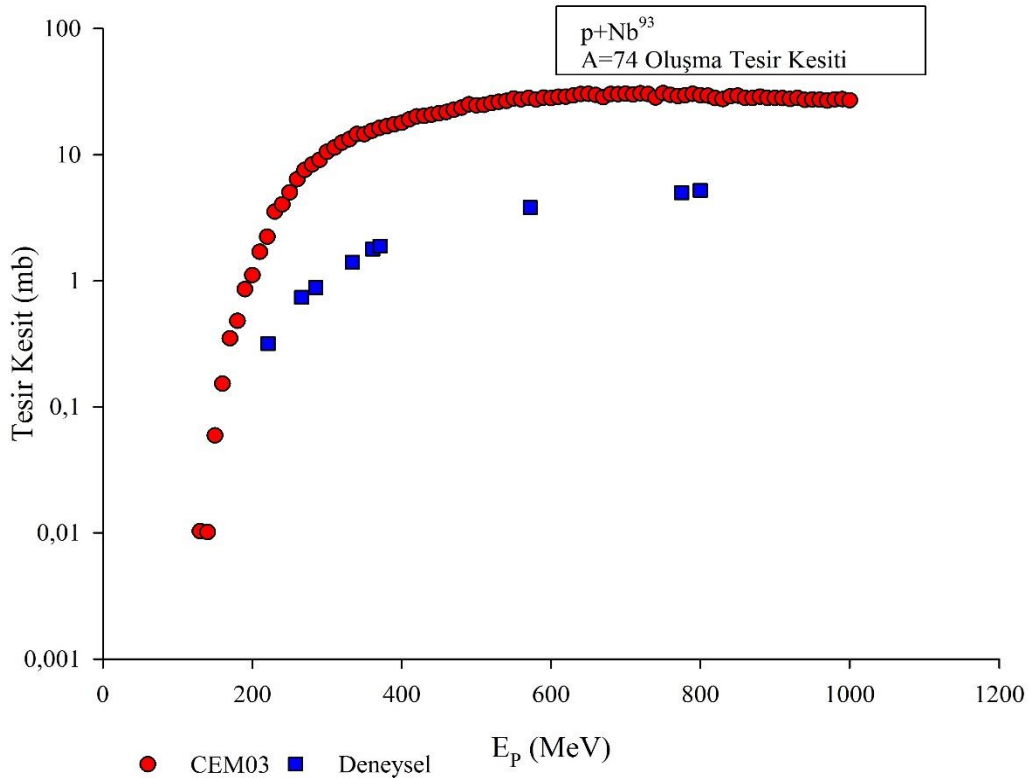
<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
128		7,15
130	18,07	
137		7,93
140	20,62	
146		8,21
150	25,1	
155		9,09
160	30,01	
170	35,11	
180	38,21	
190	41,27	
200	42,12	
210	41,27	
270	39,98	
280	39,25	
290	38,72	
300	37,76	
310	40	
320	39,39	
330	38,59	
380	39,05	
390	39,5	
400	38,65	
410	39,09	
420	37,7	
430	37,73	
440	37,44	
450	37,81	
460	37,29	
470	36,57	
480	36,66	
490	35,9	
500	36,01	
510	34,67	
520	35,81	
570	34,09	
580	33,38	
590	32,69	
600	31,87	
610	31,72	
620	33,16	
690	29,87	
700	29,55	
710	29,28	
720	29,33	
730	29,08	
740	28,78	
750	28,32	
760	28,4	
770	28,01	
780	28,65	
790	26,8	
800	28,06	
810	27,63	
820	27,33	
830	26,03	
840	26,27	
850	26,99	
860	24,88	
870	24,56	
880	25,47	
890	24,82	
900	24,44	
910	23,85	
920	24,72	

Tablo 3.49. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=83$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
930	24,47	
940	25,19	
950	24,7	
960	23,83	
970	23,42	
980	23,47	
990	23,61	
1000	24	

### 3.4.7.8. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=74$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=74$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak küçük ve büyük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman küçük enerjilerde teorik ve deneysel sonuçların daha çok örtüştüğü görülmüş, enerji değeri arttıkça değerler arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir (Şekil 3.50).



Şekil 3.50. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=74$  oluşma tesir kesiti (Michel et al 1997)

Tablo 3.50. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=74$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

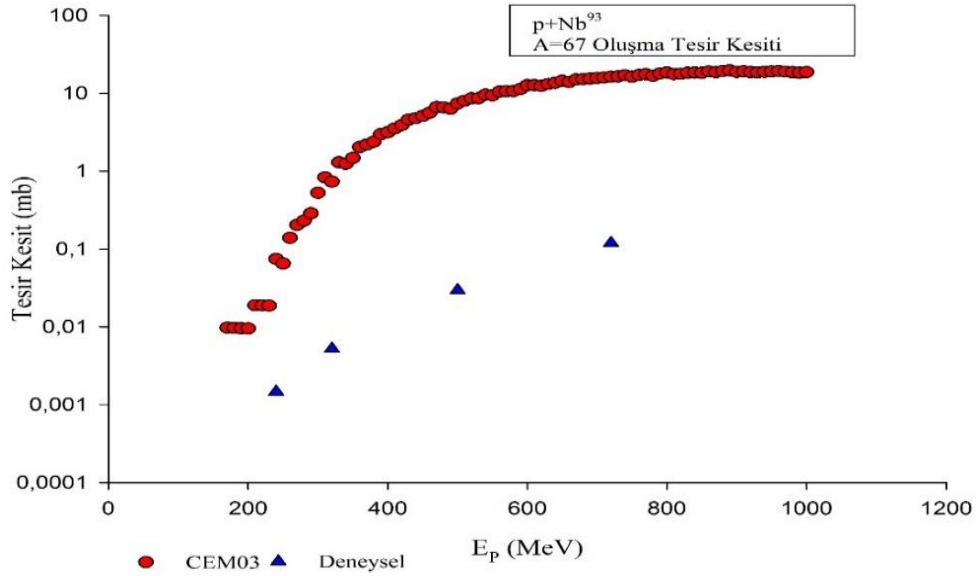
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
130	0,0103	
140	0,0101	
150	0,0592	
160	0,1524	
170	0,35	
180	0,4812	
190	0,8588	
200	1,108	
210	1,695	
220	2,239	
221		0,318
230	3,536	
240	4,035	
250	5,027	
260	6,397	
266		0,74
270	7,553	
280	8,378	
285		0,886
290	9,096	
300	10,52	
310	11,41	
320	12,46	
330	13,26	
334		1,41
340	14,59	
350	14,52	
360	15,48	
361		1,79
370	16,28	
371		1,89
380	16,85	
390	17,46	
400	17,89	
410	19,06	
420	20,1	
430	20,31	
440	20,78	
450	21,34	
460	21,81	
470	22,73	
480	23,59	
490	25,09	
500	24,58	
510	24,74	
520	25,68	
530	26,25	
540	26,69	
550	27,9	
560	27,48	
570	28,17	
572		3,82
580	27,43	
590	28,4	
600	28,13	
610	28,72	
620	28,84	
630	29,51	
640	30,29	
650	30,44	
660	29,78	
670	28,55	
680	30,27	
690	30,24	
700	30,53	
710	30,03	
720	30,73	
730	30,26	
740	28,4	
750	30,77	
760	29,83	
770	29,13	
775		5,01
780	29,57	
790	30,41	

Tablo 3.50.(Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=74$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
800	29,61	5,23
810	29,43	
820	28,07	
830	27,53	
840	29,01	
850	29,42	
860	28,25	
870	28,19	
880	28,81	
890	28,19	
900	28,2	
910	28,15	
920	27,68	
930	28,25	
940	27,25	
950	27,36	
960	27,34	
970	26,84	
980	27,44	
990	27,54	
1000	27,05	

### 3.4.7.9. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=67$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=67$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak küçük ve büyük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman küçük enerjilerde teorik ve deneysel sonuçların daha çok örtüştüğü görülmüş, enerji değeri arttıkça değerler arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=67$  oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.51. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=67$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

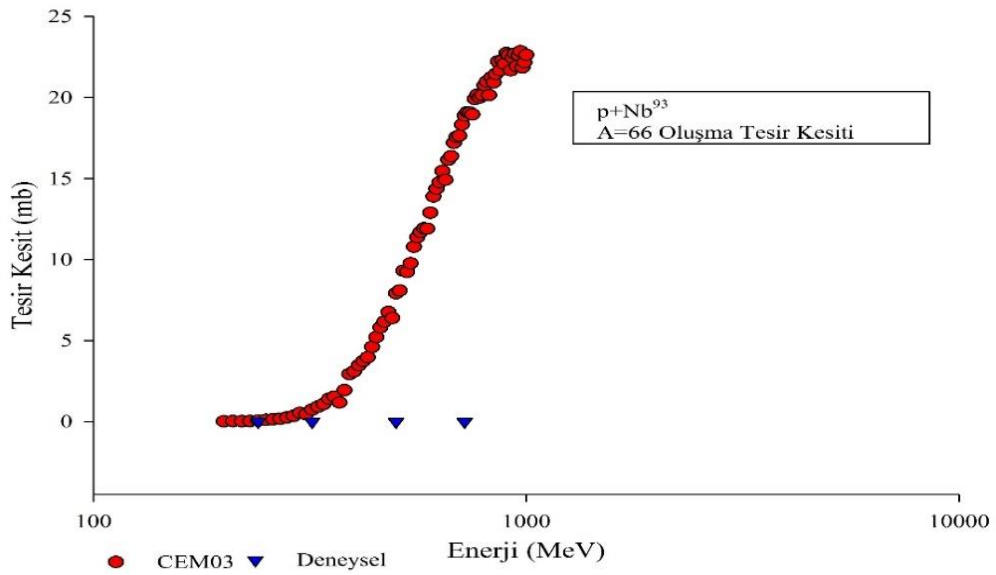
Ep (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
170	9,72E-03	
180	9,63E-03	
190	9,54E-03	
200	9,47E-03	
210	0,0188	
220	0,0187	
230	0,0187	
240	0,0744	1,46E-03
250	0,0649	
270	0,2034	
280	0,2309	
290	0,2863	
300	0,5264	
310	0,8314	
320	0,7303	5,20E-03
330	1,295	
340	1,241	
350	1,475	
360	2,034	
370	2,196	
380	2,377	
390	2,969	
400	3,153	
410	3,534	
420	3,888	
430	4,593	
440	4,763	
450	5,123	
460	5,617	
470	6,617	
480	6,555	
490	6,302	
500	7,367	0,0294
510	8,015	
520	8,589	
530	8,607	
540	9,589	
550	9,378	
560	10,48	
570	10,61	
580	10,66	
590	11,32	
600	12,69	
610	12,7	
620	12,37	
630	13,16	
640	13,59	
650	14,45	
660	13,95	
670	15	
680	15,18	
690	15,42	
700	15,65	
710	15,88	
720	16,27	0,119
730	16,43	
740	16,97	
750	16,27	
760	17,12	
770	17,53	
780	16,72	
790	17,86	
800	18,48	
810	17,62	
820	17,76	

Tablo 3.51. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=67$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
830	18,3	
840	18,43	
850	18,21	
860	19,06	
870	18,65	
880	19,23	
890	19,67	
900	18,79	
910	19,12	
920	18,69	
930	18,51	
940	18,8	
950	19,04	
960	19,25	
970	18,89	
980	18,58	
990	18,27	
1000	18,63	

### 3.4.7.10. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=66$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=66$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak küçük ve büyük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman küçük enerjilerde sonuçların daha çok örtüştüğü görülmüş, enerji değeri arttıkça değerler arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir (Şekil 3.52).



Şekil 3.52. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=66$  oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)



Tablo 3.52. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=66$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

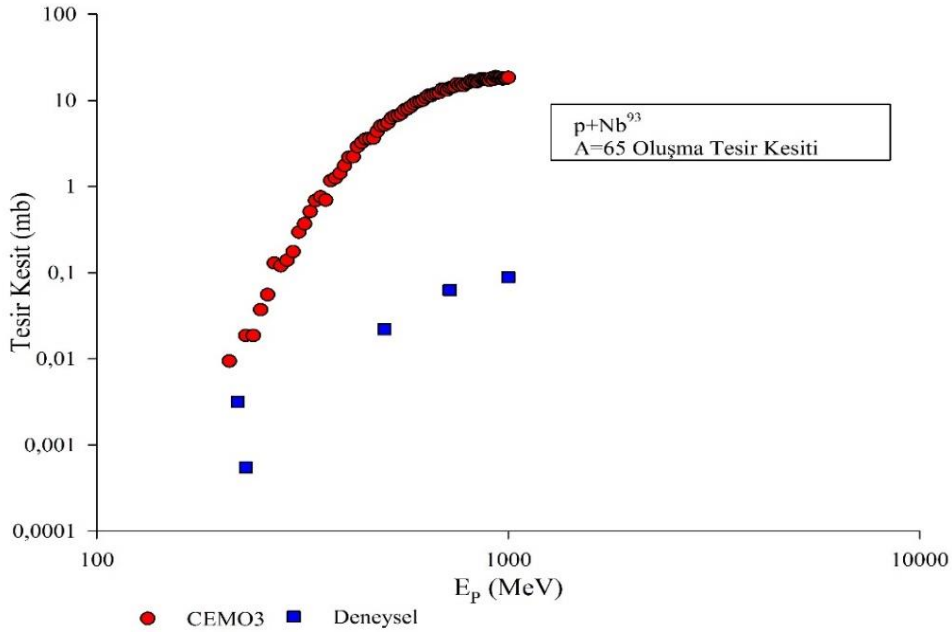
<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
200	9,47E-03	
210	0,0283	
220	0,0187	
230	0,028	
240	0,0465	1,08E-05
250	0,102	
260	0,1296	
270	0,1664	
280	0,2494	
290	0,3417	
300	0,5356	
310	0,4434	
320	0,7303	3,58E-05
330	0,9067	
340	1,074	
350	1,401	
360	1,533	
370	1,177	
380	1,929	
390	2,922	
400	3,096	
410	3,468	
420	3,729	
430	3,962	
440	4,593	
450	5,208	
460	5,807	
470	6,161	
480	6,755	
490	6,388	
500	7,912	2,70E-04
510	8,082	
520	9,308	
530	9,232	
540	9,763	
550	10,79	
560	11,37	
570	11,7	
580	11,92	
590	11,91	
600	12,89	
610	13,9	
620	14,37	
630	14,77	
640	15,46	
650	14,92	
660	16,15	
670	16,38	
680	17,2	
690	17,57	
700	17,64	
710	18,33	
720	18,88	7,83E-04
730	19,09	
740	19,07	
750	18,96	
760	19,91	
770	20,17	
780	20	
790	20,15	
800	20,76	
810	20,98	
820	20,15	
830	21,23	
840	20,93	

Tablo 3.52. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=66$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
850	21,45	
860	22,22	
870	21,68	
880	22,29	
890	22,07	
900	22,74	
910	22,62	
920	21,67	
930	22,45	
940	22,71	
950	21,94	
960	22,6	
970	22,85	
980	21,86	
990	22,17	
1000	22,63	

### 3.4.7.11. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=65$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=65$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak küçük ve büyük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman küçük enerjilerde teorik ve deneysel sonuçların daha çok örtüştüğü görülmüş, enerji değeri arttıkça değerler arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir (Şekil 3.53).



Şekil 3.53. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=65$  oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.53. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=65$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

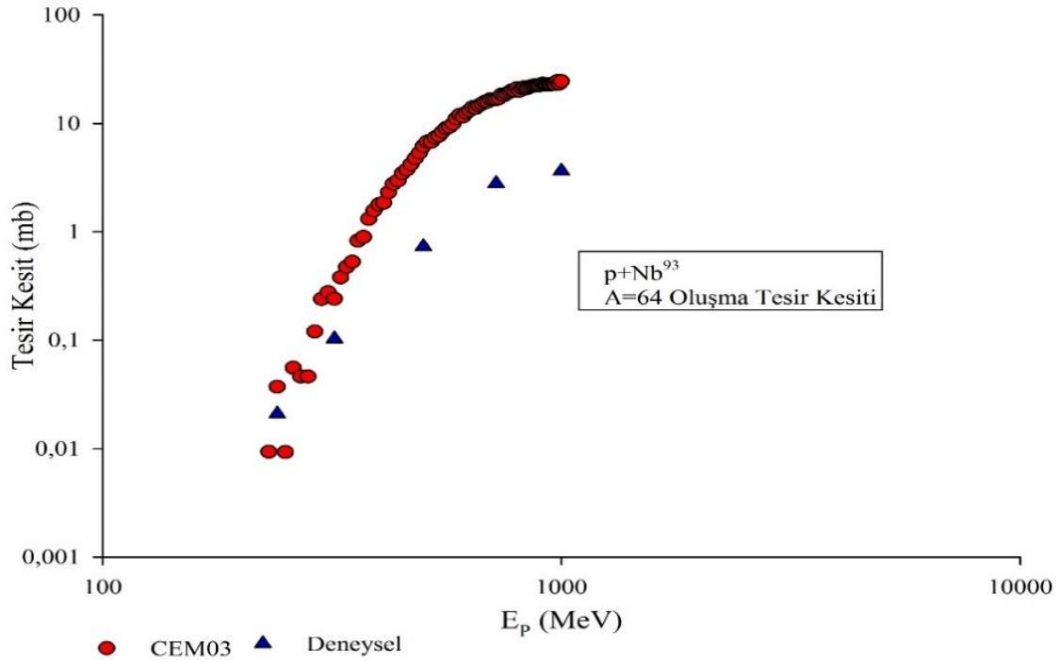
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
210	9,42E-03	
220		3,15E-03
230	0,0187	5,50E-04
240	0,0186	
250	0,0371	
260	0,0555	
270	0,1294	
280	0,1201	
290	0,1385	
300	0,1755	
310	0,2956	
320	0,3698	
330	0,5118	
340	0,6855	
350	0,7606	
360	0,6967	
370	1,172	
380	1,258	
390	1,429	
400	1,749	
410	2,184	
420	2,217	
430	2,908	
440	3,245	
450	3,563	
460	3,599	
470	3,636	
480	4,357	
490	5,082	
500	5,169	0,022
510	5,487	
520	6,228	
530	6,626	
540	6,717	
550	7,06	
560	7,768	
570	8,02	
580	8,503	
590	9,104	
600	9,57	
610	9,775	
620	10,05	
630	10,79	
640	11,42	
650	11,37	
660	11,86	
670	12,09	
680	12,33	
690	13,52	
700	13,52	
710	13,17	
720	13,98	0,0628
730	14,22	
740	14,56	
750	15,62	
760	15	
770	15,52	
780	14,91	
790	15,73	
800	16,01	
810	16,91	
820	16,61	
830	16,77	
840	16,47	
850	17,1	

Tablo 3.53. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=65$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
860	17,88	
870	17,79	
880	17,46	
890	17,38	
900	17,12	
910	18,14	
920	17,54	
930	18,82	
940	18,55	
950	18,19	
960	18,39	
970	17,75	
980	18,19	
990	17,95	
1000	18,48	0,0885

### 3.4.7.12. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=64$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=64$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak küçük ve büyük enerjilerde çalışılmıştır. Değerlere bakıldığı zaman küçük enerjilerde teorik ve deneysel sonuçların daha çok örtüştüğü görülmüş, enerji değeri arttıkça değerler arasındaki farkın arttığı gözlenmiştir (Şekil 3.54).



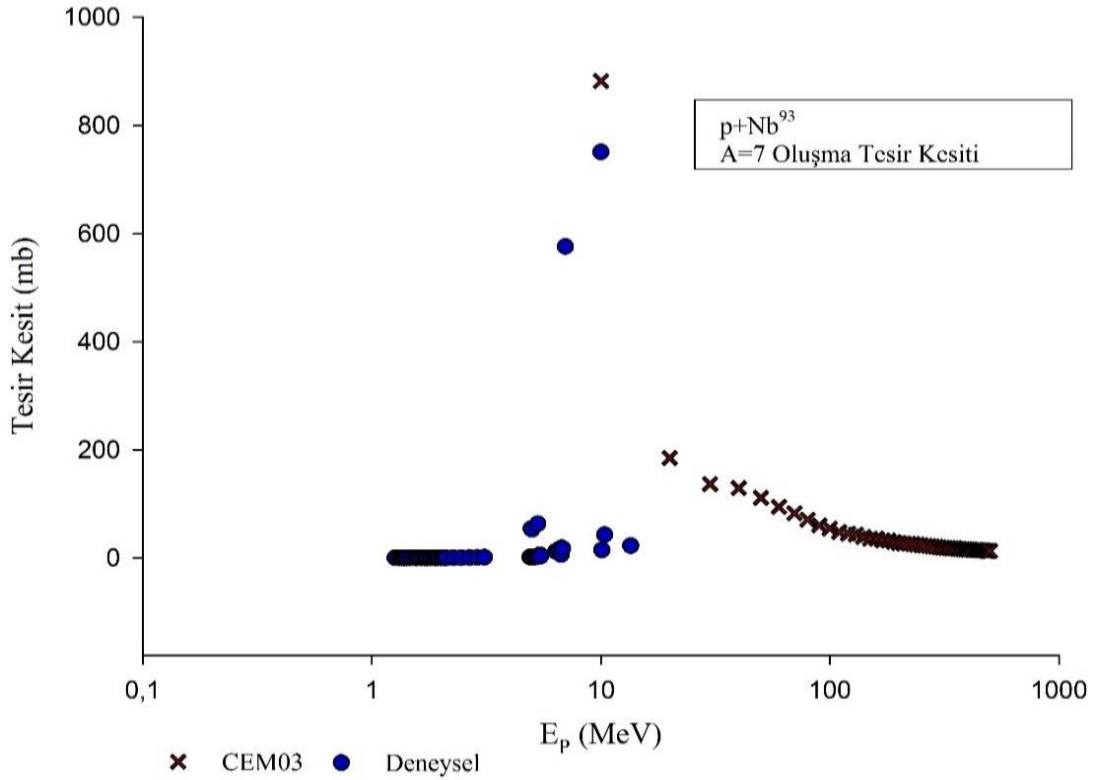
Şekil 3.54. Deneysel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=64$  oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.54. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=64$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
230	9,33E-03	
240	0,0372	0,0209
250	9,28E-03	
260	0,0555	
270	0,0462	
280	0,0462	
290	0,12	
300	0,2401	
310	0,2771	
320	0,2403	0,103
330	0,3793	
340	0,4724	
350	0,5287	
360	0,8267	
370	0,8932	
380	1,314	
390	1,569	
400	1,787	
410	1,856	
420	2,32	
430	2,767	
440	2,971	
450	3,468	
460	3,732	
470	4,196	
480	4,776	
490	5,349	
500	6,182	0,731
510	6,77	
520	6,746	
530	7,405	
540	7,7	
550	8,373	
560	9,029	
570	9,29	
580	9,898	
680	15,75	
690	15,86	
700	16,68	
710	16,65	
720	16,71	2,79
730	17,12	
740	18,37	
750	18,26	
760	18,92	
830	21,44	
840	21,07	
850	21,53	
860	22,01	
940	22,89	
950	22,8	
960	23,23	
970	23,04	
980	24,44	
990	23,26	
1000	24,46	3,6449

### 3.4.7.13. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=7$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyssel olarak küçük enerjilerde çalışılmıştır. Enerji yaklaşık olarak enerji 10 MeV mertebesine geldiğinde tesir kesit değerinin yükseldiği görülmektedir. Yüksek enerjilere çıkıldıkça deneyssel ve teorik değerlerin örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.55).



Şekil 3.55. Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.55. Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

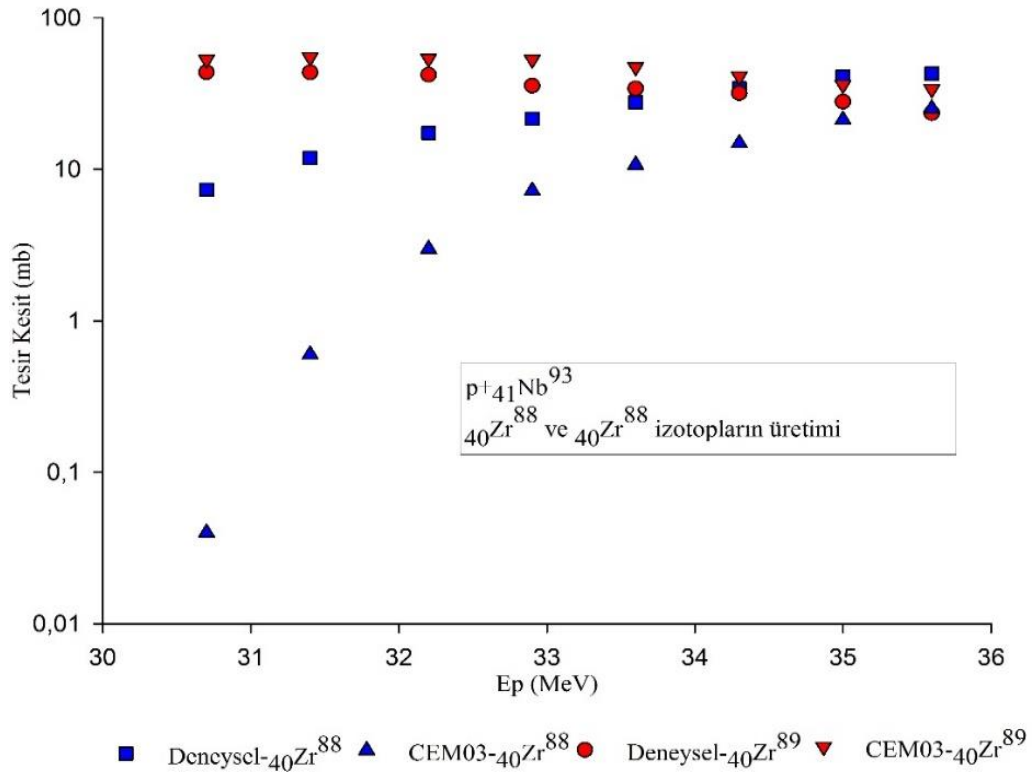
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyssel (mb)
1,265		1,00E-06
1,894		2,10E-03
1,91		2,70E-03
1,95		4,00E-03
2,003		5,60E-03
2,054		6,80E-03
2,08		9,10E-03
2,108		0,011
2,27		0,0267
2,455		0,0741
2,67		0,199

Tablo 3.55.(Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=7$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
2,885		0,52
3,1		1,07
4,9		1,19
4,96		54
4,97		1,24
5		52,7
5,08		1,45
5,19		1,73
5,27		2,17
6,51		14,6
6,7		5,58
6,74		18,2
6,7953		17,46
7		576
10	882,3	750,7
10,1		14,19
10,377		42,676
13,5		22,4
20	184,8	
30	136,4	
40	129,4	
50	111,1	
60	94,42	
70	82,56	
80	70,64	
90	60,3	
100	54,77	
110	47,86	
120	45	
130	43,41	
140	38,5	
150	35,79	
160	35,32	
170	32,2	
180	31,89	
190	29,3	
200	27,5	
210	26,35	
220	26,19	
230	25,78	
240	24,26	
250	23,34	
260	22,73	
270	22,34	
320	18,39	
330	18,39	
340	17,78	
350	17,51	
360	16,79	
370	16,58	
420	14,47	
430	14,54	
440	14,64	
450	14,49	
460	13,93	
470	13,86	
480	13,4	
490	12,68	
500	13,12	

### 3.4.7.14. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir.  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotopu için deneyssel olarak hesaplanan değerler ile teorik değerlerin enerji değeri yükseldikçe değerlerin birbirine daha çok yaklaştığı gözlenmiştir (Şekil 3.56).



Şekil 3.56.  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneyssel ve teorik sonuçları (Ditroi et al 2009)

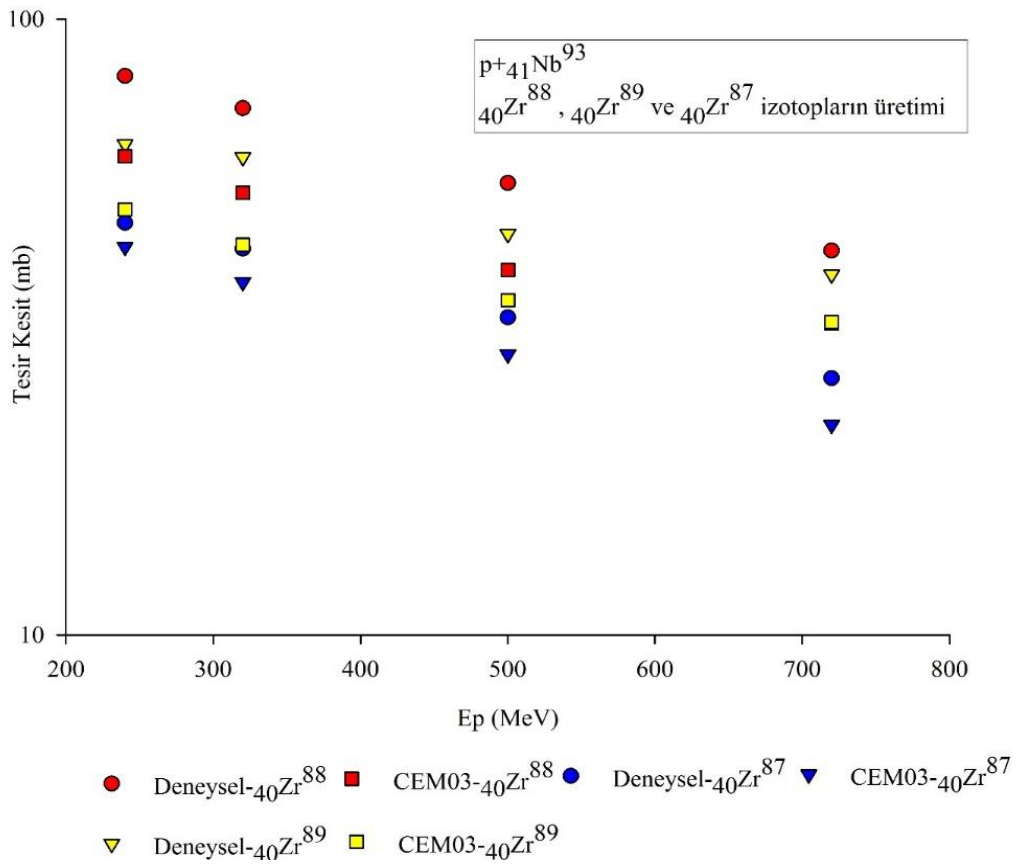
Tablo 3.56. Farklı enerji seviyelerinde  $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	Deneysel ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ (mb)	Deneysel ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ (mb)	CEM03 ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ (mb)	CEM03 ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ (mb)
30,7	7,37	43,77	0,04	53,29
31,4	11,94	43,72	0,5995	55,06
32,2	17,39	42,12	2,984	54,06
32,9	21,66	35,7	7,232	53,19
33,6	27,78	34,21	10,74	47,46
34,3	34,34	31,89	14,89	41,26
35	41,16	27,98	21,29	36,19
35,6	42,95	23,54	25,23	33,97



### 3.4.7.15. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ , ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ ve ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir.  ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotopu için deneyssel olarak hesaplanan değerler ile teorik değerlerin enerji değeri yükseldikçe değerlerin birbirine daha çok yaklaştığı gözlenmiştir (Şekil 3.57).



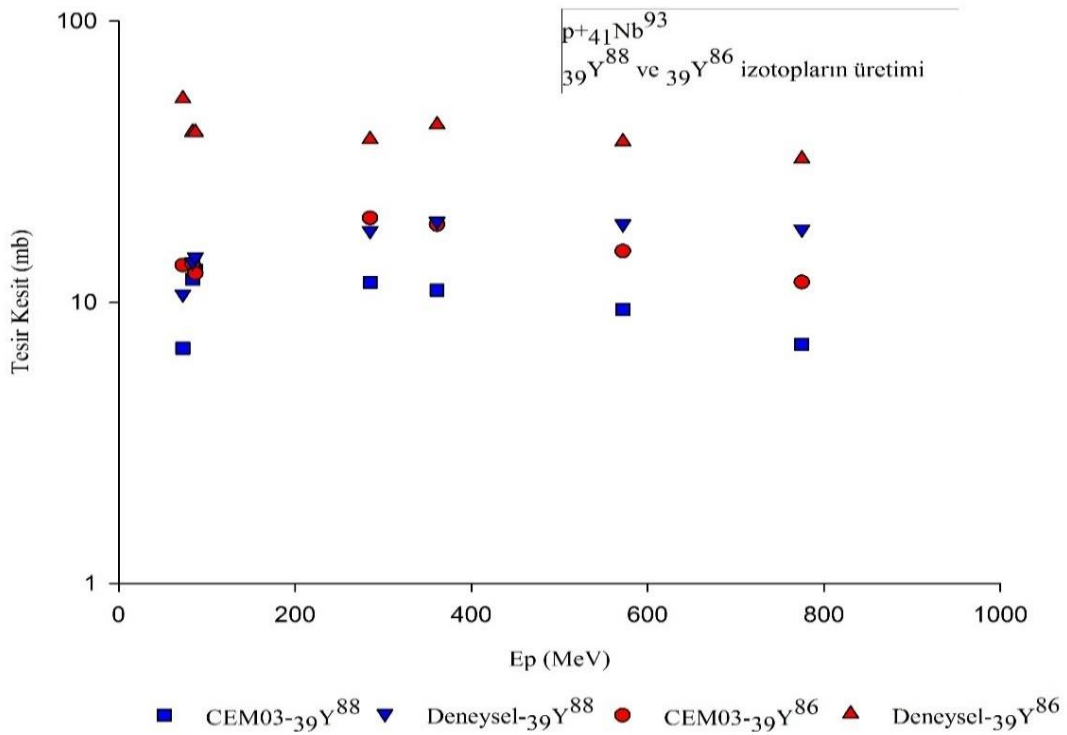
Şekil 3.57.  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneyssel ve teorik sonuçları (Korteling and Hyde 1964)

Tablo 3.57. Farklı enerji seviyelerinde  $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{88}$  ve  ${}_{40}\text{Zr}^{89}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti

$E_p$ (MeV)	Deneysel ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ (mb)	Deneysel ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ (mb)	CEM03 ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ (mb)	CEM03 ${}_{40}\text{Zr}^{87}$ (mb)	CEM03 ${}_{40}\text{Zr}^{88}$ (mb)	CEM03 ${}_{40}\text{Zr}^{89}$ (mb)
240	80.9	46.7	62.7	42.7	59.92	49.1
320	71.7	42.4	59.7	37.43	52.27	43.03
500	54.2	32.8	44.8	28.55	39.16	34.98
720	42.1	26.1	38.5	21.93	32.1	32.23

### 3.4.7.16. $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{88}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{86}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{86}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir.  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{86}$  izotoplarından,  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  izotopu enerji arttıkça deneysel ve teorik değerler arasındaki fark artmakta,  ${}_{39}\text{Y}^{86}$  izotopu için küçük enerjilerde teorik ve deneysel değerler bir birleriyle daha iyi uyduğu gözlenmektedir (Şekil 3.58).



Şekil 3.58.  ${}_{41}\text{Nb}^{93}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{39}\text{Y}^{86}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneysel ve teorik sonuçları (Michel et al 1997)

Tablo 3.58. Farklı enerji seviyelerinde  $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{39}\text{Y}^{86}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti

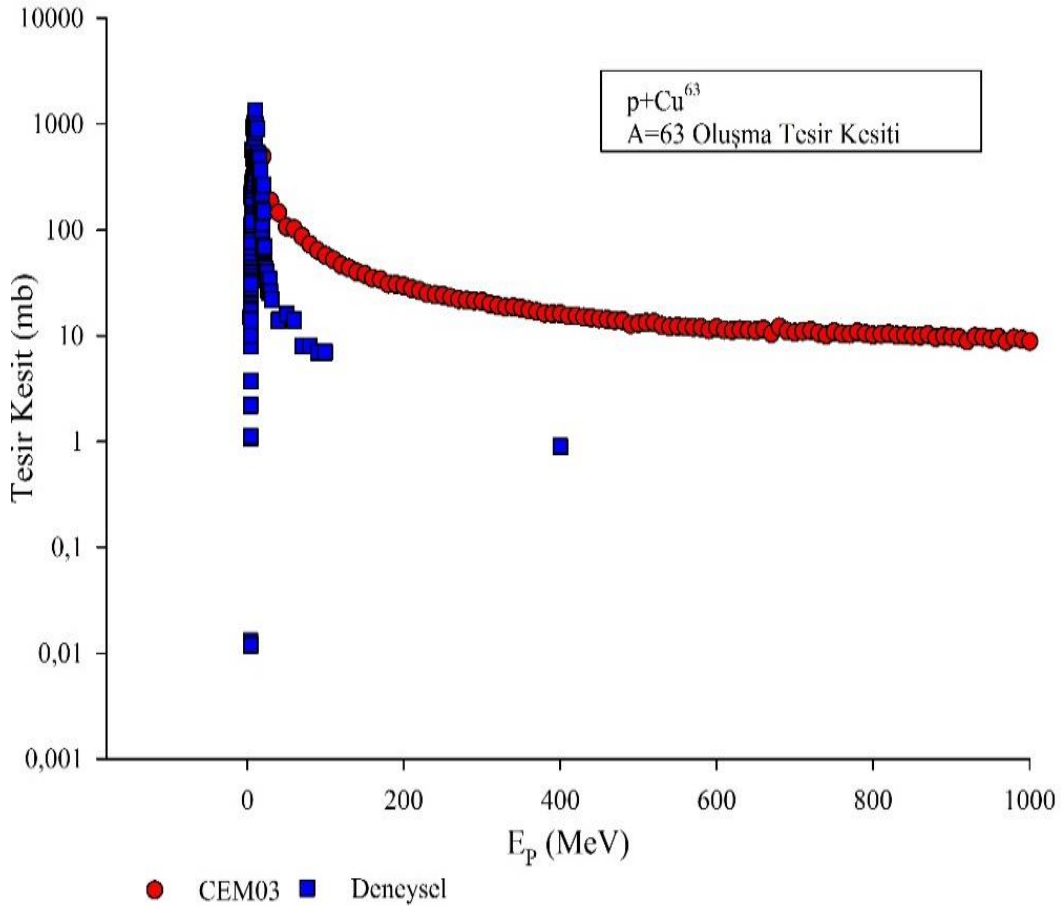
$E_p$ (MeV)	CEM03- ${}_{39}\text{Y}^{88}$ (mb)	CEM03- ${}_{39}\text{Y}^{86}$ (mb)	Deneysel- ${}_{39}\text{Y}^{88}$ (mb)	Deneysel - ${}_{39}\text{Y}^{86}$ (mb)
72,6	6,858	13,56	10,7	53
83,6	12,08	13,76	13,9	40,3
86,9	13,02	12,68	14,5	40,3
285	11,78	19,93	18	38
361	11,05	18,91	19,4	42,8
572	9,449	15,21	19	37,3
775	7,076	11,79	18,2	32,4

### 3.4.8. $p+{}^{63}\text{Cu}$ Reaksiyonu

Günümüzde bakırın en yaygın olarak kullanıldığı alan elektroniğin olduğu alandır. Bunun en önemli sebebi bakırın iletkenliğinin çok yüksek olmasından kaynaklanıyor. Ayrıca tarımda da kullanılmaktadır.  $\text{Cu}^{63}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı %69,2'dir (Krane1988).

#### 3.4.8.1. $p+{}^{63}\text{Cu}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=63$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}^{63}\text{Cu}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=63$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Küçük enerjilerde teorik ve deneysel değerlerin daha çok uyum içinde olduğu gözlenmiştir(Şekil 3.59).



Şekil 3.59. Deneysel olarak  ${}^{63}\text{Cu}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=63$  oluşma tesir kesiti

Tablo 3.59. Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=63$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

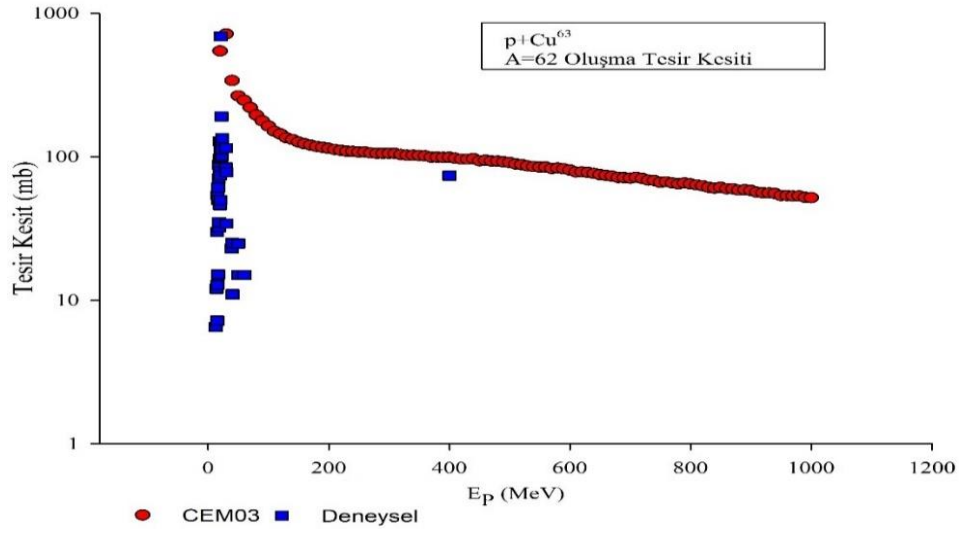
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
3,9		15
3,9853		
3,99		0,013
4,0756		
4,1637		
4,2		14,7
4,22		0,012
4,231		3,72
4,24		1,09
4,246		10,4
4,25		2,2
4,253		
4,255		8,02
4,26		1,118
4,269		8,047
4,273		12,4
4,304		12,4
4,31		34,9
4,312		30,07
4,32		10,2
4,323		15,61
4,323		15,56
4,323		15,82
4,3433		
4,35		14,7
4,351		17,2
4,37		21,7
4,373		14,7
4,375		19,3
4,384		21,7
4,395		20,3
4,4		28
5		220
5,001		80,64
5,039		96,84
5,04		86
5,68		190
7		542
9,83		390
9,83		391
9,85		1242
9,9		837
9,9		402
9,92		420
9,92		392
10	844,7	447
14,44		386
14,8		339
14,9		320
15,1		463
15,45		264
15,8		471
15,87		243
16,04		227
16,2		218
16,4		337
16,64		186
19,73		71,1
19,86		65,8
20	493,1	63,7
20,3		264
21		150
30	186,6	
31,2		22
39,5		14
40	144,8	
50	106,6	
50,5		16
60	102	14
70	86,42	8
79,5		8

Tablo 3.59. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=63$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
80	72,54	
90	63,66	7
100	57,06	
360	17,4	
370	16,87	
380	16,16	
390	16,06	
400	16,07	0,9
410	15,35	
420	15,32	
430	14,91	
440	14,73	
450	14,36	
460	14,18	
640	11,23	
650	11,11	
660	11,44	
670	10,43	
680	12,04	
690	11,02	
700	10,71	
710	10,94	
720	11,14	
830	10,07	
840	10,08	
850	9,963	
860	9,927	
870	10,25	
880	9,553	
900	9,682	
910	9,564	
920	8,901	
980	9,462	
990	9,214	
1000	8,79	

### 3.4.8.2. $p+{}_{29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=62$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=62$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Büyük enerjilerde teorik ve deneysel değerlerin daha çok uyum içinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.60).



Şekil 3.60. Deneysel olarak  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=62$  oluşma tesis kesiti (Uddin et al 2007)

Tablo 3.60. Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=62$  oluşma tesis kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

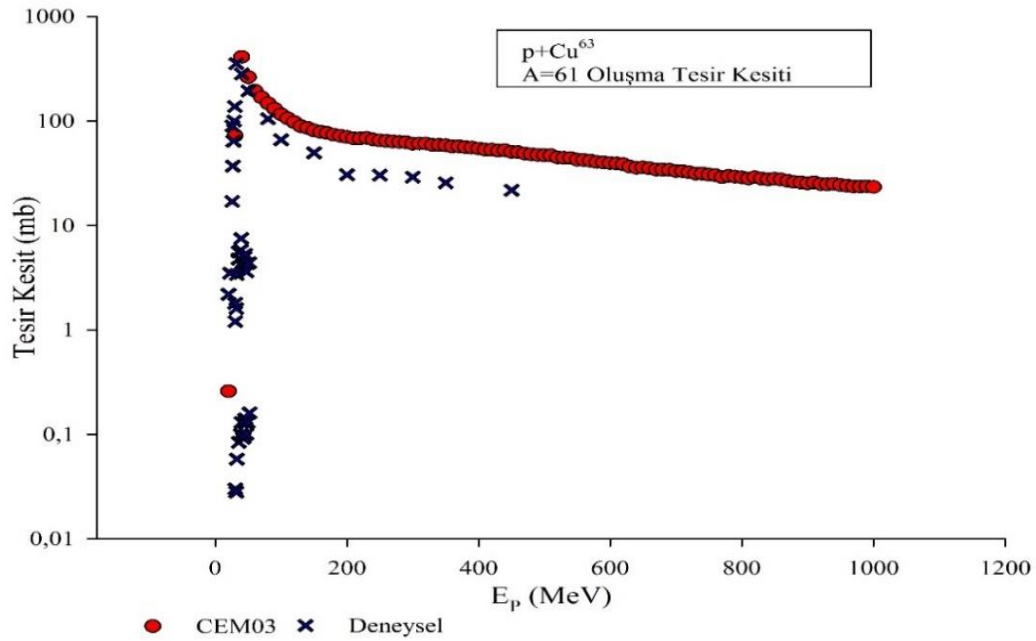
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
12,8		6,5
13,8		12
14,8		30
15,2		7,2
15,8		54
16		12,8
16,7		61
16,8		15,1
17		50
17,5		71
18		32,3
18		35
18,3		88
19		79
19,3		97
19,5		128
19,89		46,2
20	545,8	74,3
20,3		116
20,48		50
21,2		99
21,4		125
21,5		690
22		191
22,2		128
22,9		101
23		112
23,1		135
29,9		84,2
30	716,6	115
30,2		78
30,25		34,2
39,5		23
40	340	25,1
40,66		11
50	265,7	24,9
50,5		15
60	247,4	15
70	220,5	
79,5		
80	195,3	

Tablo 3.60. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda  $A=62$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
90	178	
99,2		
100	163,7	
110	150,4	
120	144	
130	135,5	
140	131,7	
150	126,8	
160	123	
170	120,4	
180	117,9	
190	116,4	
200	114,3	
210	112,2	
220	110,7	
230	109,2	
240	108,9	
320	103,4	
330	102,5	
340	102,5	
350	102	
360	101,3	
370	99,31	
380	99,35	
390	98,94	
400	99,04	73,8
410	97,64	
420	96,29	
430	96,24	
440	96,99	
450	93,64	
460	94,59	
470	93,34	
480	93,06	
490	92,13	
500	91,14	
510	89,09	
520	88,15	
530	86,3	
540	85,34	
550	84,66	
560	84,78	
570	82,82	
580	83,3	
590	82,44	
600	80,76	
710	71,82	
720	70,55	
770	65,51	
780	64,68	
790	65,68	
800	64,64	
810	63,67	
830	61,27	
840	60,51	
850	61,22	
860	59,88	
870	59,84	
880	58,57	
890	58,91	
900	58,27	
910	56,69	
920	56,08	
930	55,9	
940	55,4	
950	53,61	
960	53,63	
970	53,26	
980	53,36	
990	52,11	
1000	51,88	

### 3.4.8.3. $p+{}^{63}\text{Cu}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=61$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^{63}\text{Cu}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=61$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyssel olarak tek bir enerjide çalışılmıştır. Elde edilen deneyssel değerler ile teorik değerlerin uyduğu gözlenmiştir (Şekil 3.61).



Şekil 3.61. Deneyssel olarak  ${}^{63}\text{Cu}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=61$  oluşma tesir kesiti (Levkovski 1990)

Tablo 3.61. Farklı enerjilerde  $p + {}^{63}\text{Cu}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=61$  oluşma tesir kesiti deneyssel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyssel (mb)
20	0,2578	2,2
22,4		3,5
25,7		17
26		89,7
26,6		37
27,6		64
28,5		100
29,5		138
30	72,38	1,8
30,1		0,03
30,2		1,2
31,8		1,6
31,9		0,028
32		354
32,4		3,4
32,6		0,058
35,5		4,8



Tablo 3.61. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda  $A=61$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

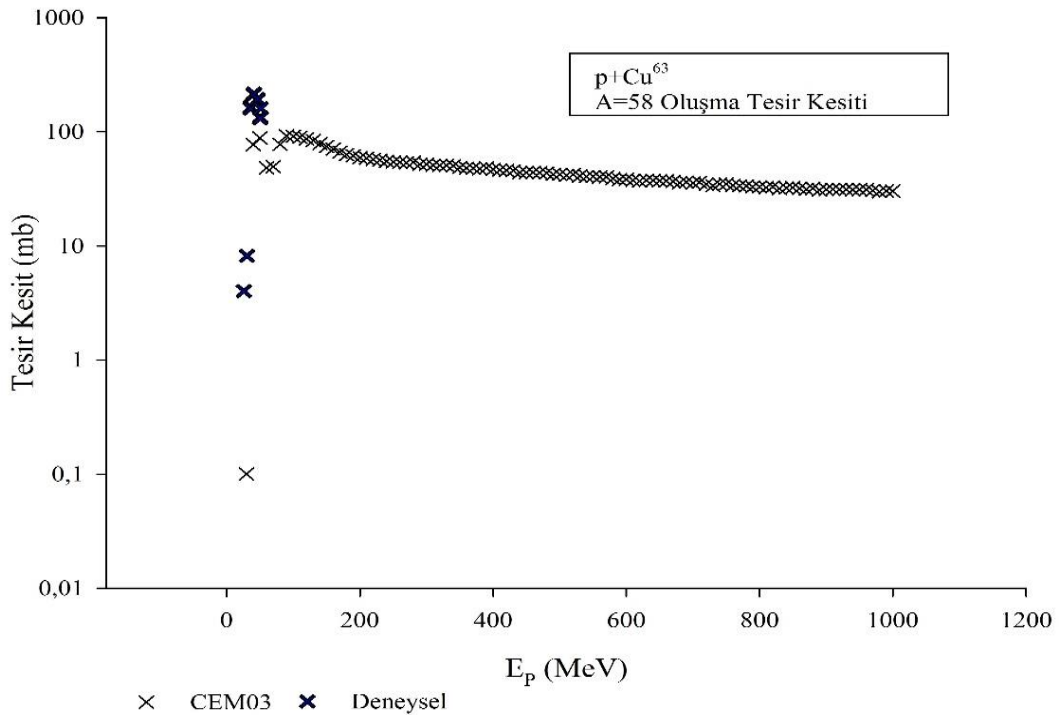
<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
35,6		5,6
35,7		0,084
38,8		5,8
39		0,1
39,2		7,5
39,3		0,13
40	409,2	282
41,8		4,1
42		0,092
42,4		4,5
42,6		0,094
44,4		5
44,8		0,13
50	262,6	194
51,5		4,4
51,7		0,16
60	195,5	
70	168	
80	147,5	105
90	130,9	
100	115,8	66,2
110	105,7	
120	97,36	
130	89,01	
140	85,78	
150	80,99	49,6
160	78,48	
170	76,74	
180	73,74	
190	71,96	
200	70,03	30,7
250	65,22	30,4
260	64,39	
270	63,71	
280	62,95	
290	62,47	
300	60,45	29
310	60,58	
320	60,71	
330	58,99	
340	58,97	
350	58,49	25,6
440	52,33	
450	50,59	21,7
460	50,17	
470	48,83	
480	47,95	
490	47,28	
560	42,32	
570	41,57	
580	40,37	
590	40,01	
600	39,47	
610	39,05	
760	30,26	
770	29,02	
780	29,72	
790	29,3	
800	28,82	
810	28,16	
830	28,07	
840	27,61	
850	27,9	
860	27,46	
870	26,67	

Tablo 3.61. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda  $A=61$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
880	25,95	
890	25,7	
900	25,33	
910	25,78	
920	24,89	
930	24,77	
940	24,94	
950	24,33	
960	23,95	
970	23,52	
980	23,46	
990	23,63	
1000	23,36	

#### 3.4.8.4. $p+{}_{29}\text{Cu}^{63}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=58$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak genellikle düşük enerjilerde deney yapılmıştır. Deneysel değerlere bakıldığında sonuçların düşük enerjilerde teorik değerler ile uyduğu gözlenmektedir (Şekil 3.62).



Şekil 3.62. Deneysel olarak  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesiti (Brinkman et al 1977)

Tablo 3.62. Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
26,107		4,0195
30	0,1006	
30,421		8,1962
36,018		165,36
36,039		160,38
40	77,22	
40,56		212,77
40,823		216,66
45,975		189,32
46,095		193,76
50	88,3	
50,126		135,32
50,425		130,91
51		161
60	48,26	
70	49,34	
80	77,6	
90	92,27	
100	91,37	
110	89,43	
120	86,78	
130	84,06	
140	78,97	
150	74,4	
160	70,55	
170	66,33	
180	63,27	
190	61,72	
200	59,34	
210	58,63	
220	57,25	
230	56,55	
240	55,11	
250	54,44	
260	54,14	
270	53,65	
280	54,34	
290	51,87	
300	52,01	
310	51,09	
380	47,33	
390	48,24	
400	46,89	
410	46,25	
420	45,92	
430	45,72	
440	44,02	
450	43,9	
460	44,13	
470	43,85	
480	43,53	
490	42,4	
500	42,47	
510	41,64	
520	42,33	
530	41	
540	40,51	
550	40,64	
560	40,2	
570	40,24	
580	39,02	
590	38,15	
600	38,31	
610	37,66	
620	36,96	

Tablo 3.62. Farklı enerjilerde  $p + {}_{29}\text{Cu}^{63}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=58$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

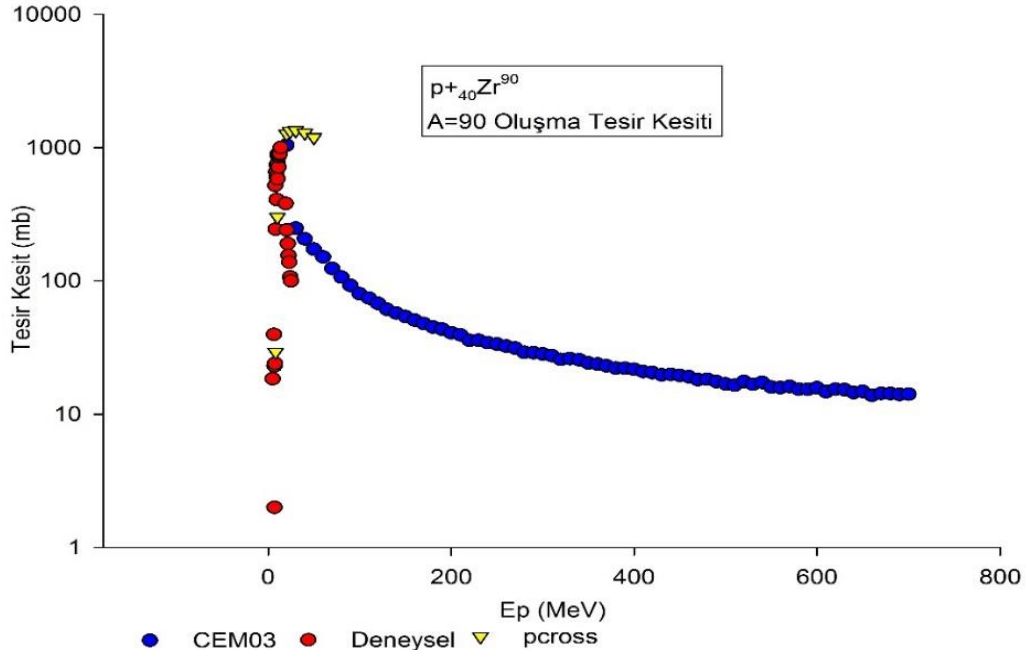
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
630	37,66	
750	34,92	
760	33,93	
770	33,7	
780	33,57	
790	32,93	
800	32,88	
810	32,46	
820	33,05	
830	31,85	
840	32,23	
850	32,52	
860	31,99	
870	31,4	
880	31,96	
890	30,96	
900	31,3	
910	31,44	
920	31,22	
930	31,21	
940	31,05	
950	31,12	
960	31,17	
970	30,56	
980	29,84	
990	30,33	
1000	30,23	

### 3.4.9. $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu

Zirkonyum genellikle bir çok alanda kullanılmaktadır. Bunların en başında ampuller, çelik üretiminde, ısıya dayanaklı labaratuvar malzemelerinde ve fırın taşları gibi yerlerde kullanılmaktadır.  $\text{Zr}^{90}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı %51,5'dir (Krane 1988).

#### 3.4.9.1. $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=90$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak genellikle düşük enerjilerde yaklaşık olarak 30 MeV mertebesine kadar çalışılmış, çıkan sonuçlara bakıldığında deneysel, pcross ve CEM03 sonuçların örtüştüğü görülmektedir (Şekil 3.63).



Şekil 3.63. Deneysel olarak  $_{40}\text{Zr}^{90}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti (Skakun et al 1987)

Tablo 3.63. Farklı enerjilerde  $p + _{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti deneysel, pcross ve CEM03 değerleri

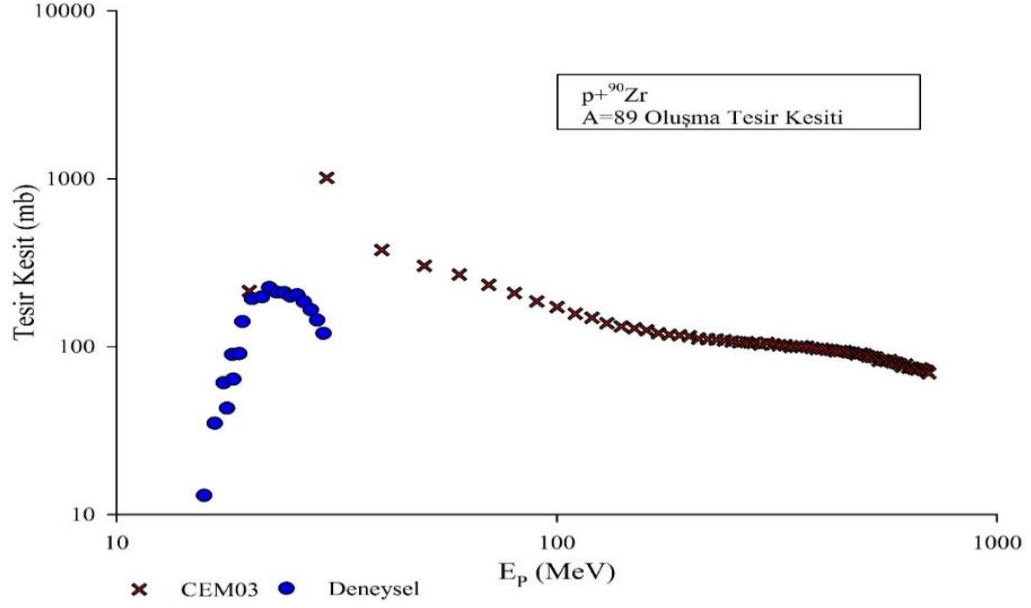
Ep (MeV)	CEM 03 (mb)	Deneysel (mb)	Pcross (mb)
4,94		18,4	
6,32		39,6	
6,82		23	
6,91		2	
7,5		24	
7,7		520	
8		244	29,43
8,6		655	
9		607	
9,27		407	
9,5		743	
10	887,3		301,54
10,26		582	
10,4		757	
11,2		712	
11,3		855	
12,1		880	
12,8		900	
13,8		1000	
19,3		380	
20	1040		1270,3601
20,3		240	
21,4		190	
22,2		155	
23,1		138	
24		107	1333
24,8		100	
30	248,4		1349,5
40	206,8		1292
50	172,8		1193
60	150,7		
70	123,9		
80	106,7		
90	92,25		
100	79,92		
110	74,15		

Tablo 3.63. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti deneysel,  $p_{\text{cross}}$  ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM 03 (mb)	Deneysel (mb)	Pcross (mb)
120	67,68		
130	61,08		
140	57,33		
150	53,83		
200	40,65		
290	28,86		
300	28,28		
310	27,44		
320	25,73		
330	26,05		
390	22,09		
400	21,66		
410	20,85		
420	20,49		
430	19,68		
440	19,83		
450	19,49		
460	19,03		
470	18,14		
480	18,27		
530	16,76		
570	16,12		
580	15,39		
590	15,36		
600	15,76		
610	14,72		
620	15,4		
630	15,28		
640	14,51		
650	14,8		
660	13,82		
670	14,31		
680	14,28		
690	14,03		
700	14,11		
540	17,31		

### 3.4.9.2. $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=89$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak genellikle 29,5 MeV mertebesine kadar çalışılmış. Çıkan sonuçlara bakıldığında deneysel ve teorik sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.64).



Şekil 3.64. Deneysel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesiti (Busse et al 2002)

Tablo 3.64. Farklı enerjilerde  $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
15,8		13
16,7		35
17,5		61
17,8		43
18,3		90
18,4		64
19		91
19,3		141
20	214,7	
20,3		193
21,4		198
22,2		225
23,1		211
24		210
24,8		200
25,7		204
26,6		185
27,6		166
28,5		144
29,5		120
30	1015	
40	376,6	
50	302,7	
60	268,8	
70	233,9	
80	208,6	

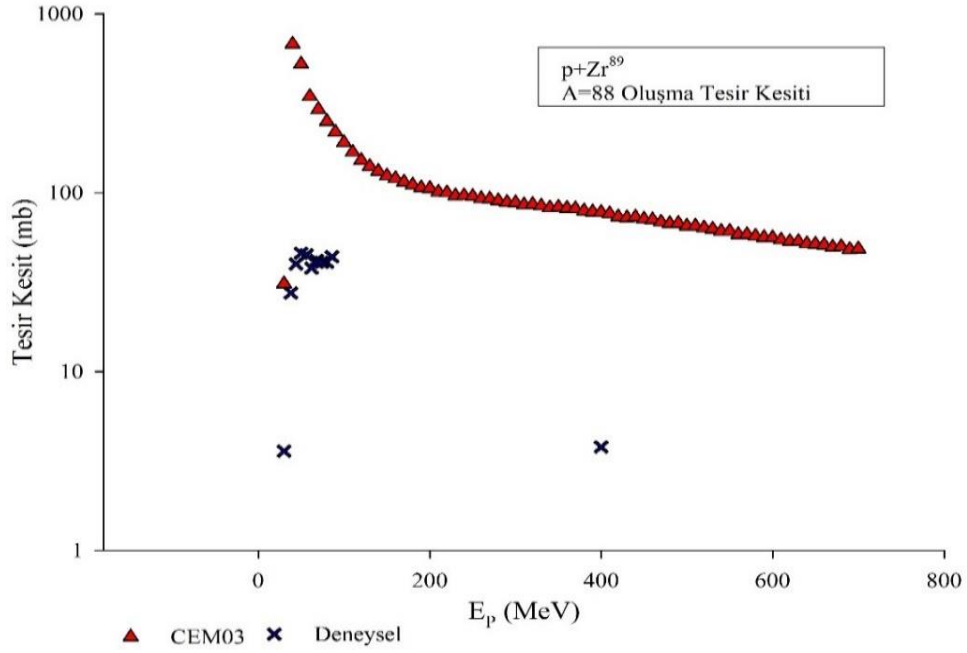
Tablo 3.64. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=89$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03(mb)	Deneysel(mb)
90	185,9	
100	172,3	
110	157,5	
120	148,6	
130	138,1	
140	132	
150	128,6	
160	125,5	
170	120,4	
180	118	
190	117,1	
200	115,3	
210	111,8	
220	110,9	
230	110,3	
240	109,1	
250	107,5	
260	106,1	
270	106,5	
280	105,3	
290	103,3	
300	105,6	
310	103,5	
320	102,1	
330	102	
340	99,42	
350	99,94	
360	100,7	
370	100	
380	98,28	
390	97,02	
400	97,13	
410	95,99	
420	95,48	
430	93,82	
440	94,15	
450	94,28	
460	92,53	
470	91,98	
480	89,79	
490	91,18	
500	89,91	
510	87,66	
520	87,2	
530	86,44	
540	82,57	
550	83,51	
560	82,21	
570	83,35	
580	80,68	
590	80,23	
600	78,75	
610	76,05	
620	78,33	
630	75,05	
640	75,22	
650	73,79	
660	73,25	
670	74,39	
680	72,79	
690	72,05	
700	69,58	



### 3.4.9.3. $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=88$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=88$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyel olarak genellikle 88 MeV mertebesine kadar çalışılmıştır. Çıkan sonuçlara bakıldığında deneyel ve teorik sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.65).



Şekil 3.65. Deneyel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=88$  oluşma tesir kesiti (Church and Caretto 1969)

Tablo 3.65. Farklı enerjilerde  $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=88$  oluşma tesir kesiti deneyel ve CEM03 değerleri

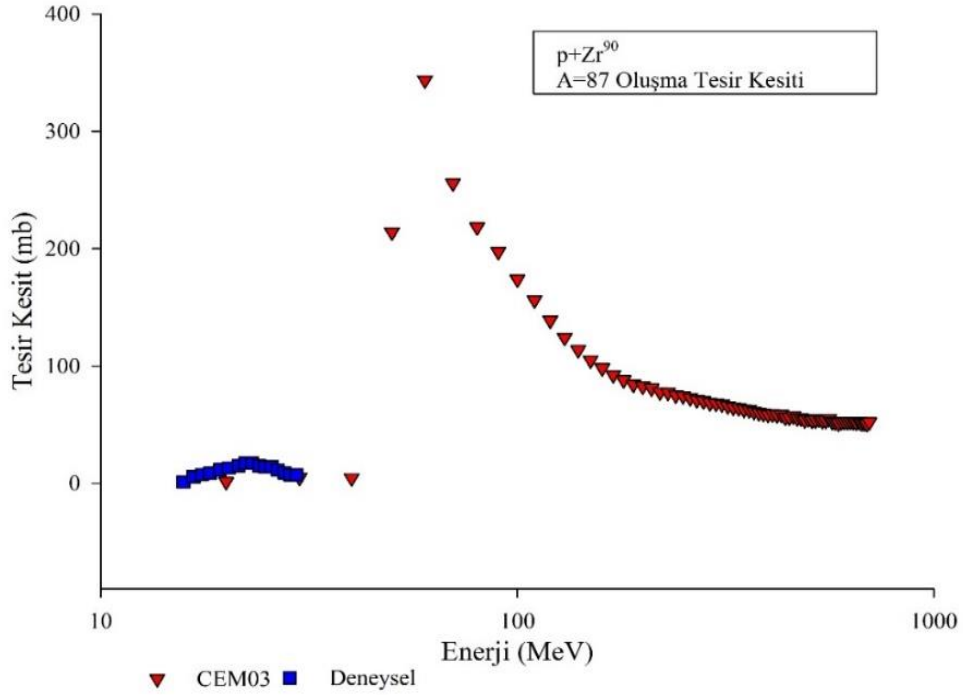
$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneyel (mb)
30	31,01	3,6
38		27,6
40	679	
44		40
50	524,4	46
56		45
60	346,2	
62		38
68		42
70	292,7	
74		41
80	250,9	41
86		44
90	218,2	
100	191	
110	168,7	
120	151,9	
130	140,4	
140	131,9	

Tablo 3.65. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=88$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
150	124,2	
160	120,2	
170	115	
180	110,8	
190	107	
200	106	
210	101,1	
220	100	
230	96,36	
250	95,57	
260	93,01	
270	92,47	
280	90,32	
290	88,47	
300	88,02	
310	85,65	
320	86,17	
330	84,52	
340	82,36	
350	83,13	
360	82,1	
370	81,62	
380	79,38	
390	78,25	
400	77,9	3,79
410	76,44	
420	73,62	
430	72,71	
440	73,26	
450	71,39	
460	70,68	
470	68,73	
480	67,39	
490	67,68	
500	65,32	
510	65,28	
520	63,76	
530	62,74	
540	61,01	
550	60,96	
560	58,47	
570	58,4	
580	57,3	
590	56,37	
600	56,11	
610	54,59	
620	53,46	
630	53,48	
640	52,03	
650	51,64	
660	51,2	
670	49,67	
680	50,1	
690	48,26	
700	48,68	

#### 3.4.9.4. $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=87$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=87$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak genellikle 29,5 MeV mertebesine kadar çalışılmış. Çıkan sonuçlara bakıldığında deneysel ve teorik sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.66).



Şekil 3.66. Deneysel olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası A=87 oluşma tesisir kesiti (Levkovski 1990)

Tablo 3.66. Farklı enerjilerde p +  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası A=87 oluşma tesisir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

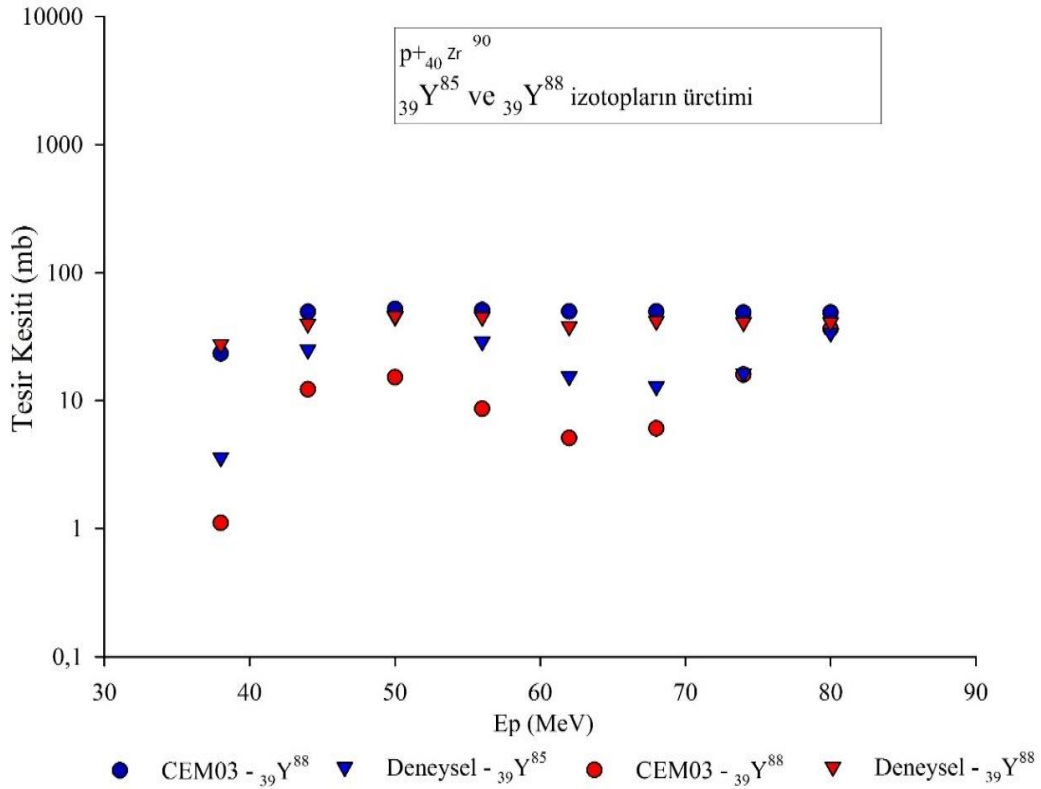
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
11,2		
15,8		1,2
16,7		5,5
17,5		7,5
18,3		8,5
19,3		11,4
20	1,332	
20,3		13
21,4		15
22,2		17
23,1		17
24		15
24,8		14
25,7		14
26,6		11,3
27,6		9
28,5		7,2
29,5		7
30	4,887	
40	4,53	
50	214,1	
60	343,7	
70	255,8	
80	218,4	
90	197,4	
100	173,9	
110	156,3	

Tablo 3.66. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=87$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>
120	139	
130	124,1	
140	113,6	
150	105	
160	98,2	
170	92,39	
180	88,05	
190	84,21	
200	82,71	
210	80,84	
220	77,73	
230	77,61	
240	75,06	
250	74,44	
260	72,79	
270	71,08	
280	70,04	
290	68,38	
300	68,08	
310	67,43	
320	65,89	
330	64,7	
340	64,22	
350	62,83	
360	62,63	
370	61,23	
380	59,99	
390	59,44	
400	58,61	
410	59	
420	58,29	
430	58,57	
440	56,37	
450	56,28	
460	57,42	
470	55,67	
480	55,63	
490	53,95	
500	54,84	
510	53,63	
520	53,73	
530	54,57	
540	53,51	
550	53,52	
560	54,87	
570	52,69	
580	52,15	
590	51,27	
600	52,4	
610	52,6	
620	52,55	
630	52,68	
640	52,56	
650	52,01	
660	52,68	
670	51,38	
680	51,45	
690	50,73	
700	52,16	

### 3.4.9.5. $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ Reaksiyonu Sonucunda ${}_{39}\text{Y}^{88}$ ve ${}_{39}\text{Y}^{85}$ İzotoplarının Oluşma Tesir Kesiti

DeneySEL olarak  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{85}$  izotopların oluşum tesir kesitleri elde edilmiştir.  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{85}$  izotopu için deneySEL olarak tek enerjide çalışılmış, elde edilmiş sonuçların teorik sonuçlar örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.67).



Şekil 3.67.  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  çekirdeğinin proton ile bombardımanı Sonucunda  ${}_{39}\text{Y}^{85}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  izotopların Oluşma Tesir Kesiti deneySEL ve teorik sonuçları (Kantelo and Hogan 1976)

Tablo 3.67. Farklı enerji seviyelerinde  $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$  bombardımanı sonucunda  ${}_{39}\text{Y}^{85}$  ve  ${}_{39}\text{Y}^{88}$  izotoplarının oluşma tesir kesiti deneySEL ve CEM03 değerleri

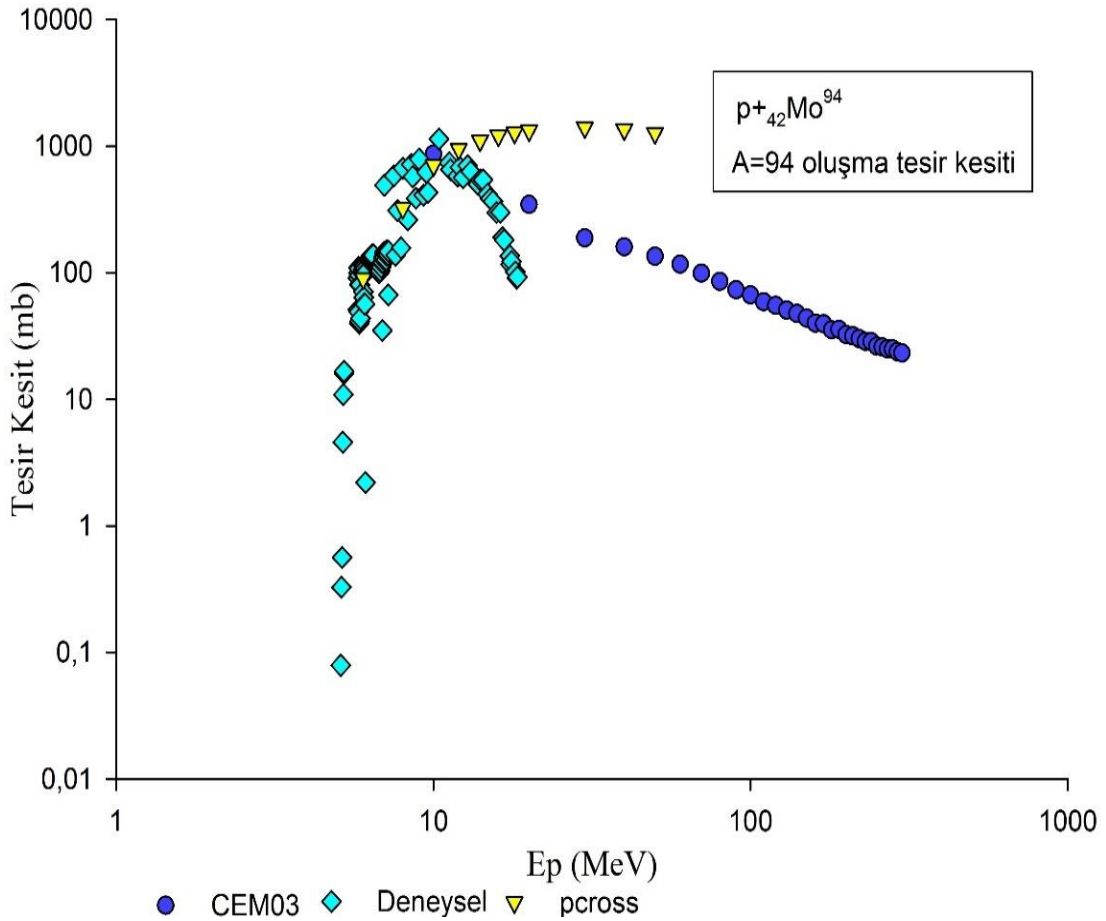
Ep (MeV)	CEM03- ${}_{39}\text{Y}^{85}$ (mb)	CEM03- ${}_{39}\text{Y}^{88}$ (mb)	DeneySEL- ${}_{39}\text{Y}^{85}$ (mb)	DeneySEL- ${}_{39}\text{Y}^{88}$ (mb)
38	23,37	1,105	3,6	27,6
44	49,29	12,2	25	40
50	52	15,17	45	46
56	50,93	8,61	29	45
62	49,61	5,089	15,4	38
68	49,75	6,053	12,9	42
74	48,68	15,95	16,3	41
80	48,75	36,21	34	41

### 3.4.10. $p+{}^{42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu

Molibden genellikle Isıya ve aşınmaya karşı dirençli olan alaşımlarda, füzelerde, hava taşıtlarında ve yüksek güçteki çeliklerde kullanılır.  $\text{Mo}^{94}$  izotopunun doğadaki bolluk oranı %9,3'dür (Krane1988).

#### 3.4.10.1. $p+{}^{42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=94$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneyssel olarak  ${}^{42}\text{Mo}^{94}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=94$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneyssel olarak 18 MeV mertebesine kadar çalışılmış, çıkan sonuçlar ile teorik sonuçlar kıyaslandığında örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. Deneyssel olarak  ${}^{42}\text{Mo}^{94}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=94$  oluşma tesir kesiti (Flynn et al 1979)

Tablo 3.68. Farklı enerjilerde  $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=94$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

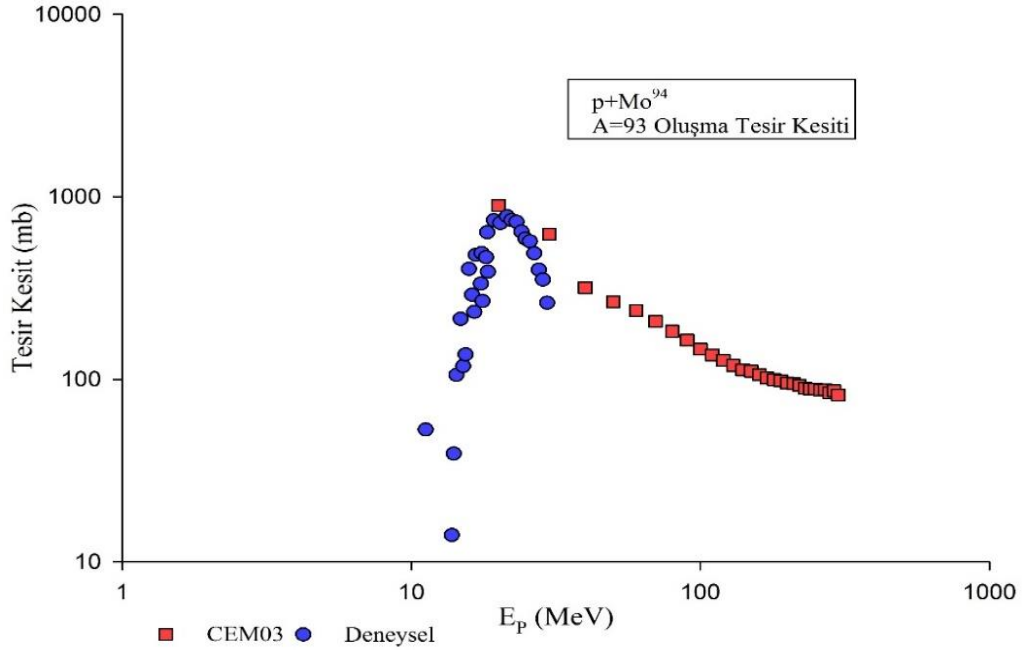
<b>Ep (MeV)</b>	<b>CEM03 (mb)</b>	<b>Deneysel (mb)</b>	<b>Pcross (mb)</b>
5,102		0,0792	
5,126		0,329	
5,15		0,5626	
5,175		4,576	
5,199		10,9201	
5,224		16,0273	
5,224		16,6459	
5,249		18,4213	
5,273		21,3761	
5,298		23,9021	
5,323		27,4457	
5,348		27,8926	
5,373		29,9163	
5,398		30,7864	
5,423		32,171	
5,43		19,88	
5,448		36,9346	
5,881		43,6	
5,989		95,4785	
6		106,25	90,3397
6,1		2,2	
6,108		100,4964	
6,11		58,9	
6,309		127,4759	
6,322		127,3075	
6,336		131,5329	
6,35		135,9256	
6,363		136,831	
7		492,1	
8		670,5	324,567
8,3		262	
8,5		714	
8,6		575	
8,8		387,2	
9		792	
9,3		411,6	
9,5		623	
9,6		432,8	
10	864,6		705,829
10,4		1143,1	
11,2		740,6	
11,3		654	
11,9		582,6	
12			951,276
12,4		564,3	
12,8		701	
13,1		631,4	
13,8		500	
14		541,3	1106,089
14,3		541,7	
14,8		418	
15,1		384,9	
15,4		366,6	
15,8		300	
16			1208,99
16,5		190,1	
16,7		181	
17,4		136,1	
17,5		116	
17,6		123,4	
18			1279,27
18,3		91	
18,4		92,6	
20	346,2		1327,516
30	188,2		1401,573

Tablo 3.68. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=94$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

$E_p$ (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)	$P_{\text{cross}}$ (mb)
40	159,8		1357,753
50	134,7		1268,737
60	116,6		
70	99,14		
80	85,38		
90	73,37		
100	66,91		
110	58,88		
120	55,08		
130	50,7		
260	25,87		
270	25,02		
280	25,05		
290	23,79		
300	23,23		

### 3.4.10.2. $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=93$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=93$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak genellikle düşük enerji 29,5 MeV mertebesine kadar çalışılmış, çıkan sonuçlar teorik sonuçlar ile kıyaslandığında örtüştüğü gözlenmiştir(Şekil 3.69).



Şekil 3.69. Deneysel olarak  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=93$  oluşma tesir kesiti (Rosch and Qaim 1993)

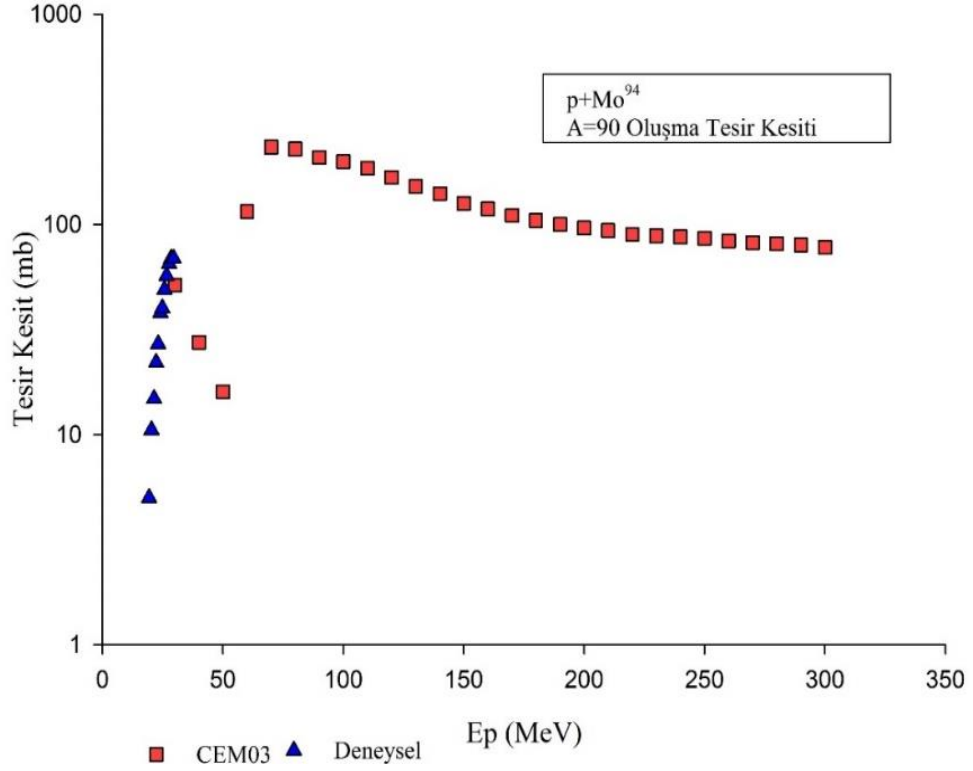


Tablo 3.69. Farklı enerjilerde  $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=93$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
11,2		53
13,8		14
14		39,1
14,3		105,5
18,3		639
18,4		389,2
19,3		744
20	898	
20,3		718
21,4		783
22,2		745
23,1		730
24		646
24,8		590
25,7		571
26,6		490
27,6		399
28,5		352
29,5		263
30	625,7	
40	318,3	
50	266,3	
60	238,2	
70	207,7	
80	183,1	
90	163,6	
100	146,1	
110	135,9	
120	126,9	
130	119,4	
140	112,8	
150	110,8	
160	105,9	
170	101,6	
180	99,51	
260	87,35	
270	87,69	
280	84,56	
290	86,54	
300	81,95	

### 3.4.10.3. $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$ Reaksiyonu Sonucunda Kütle Numarası $A=90$ Oluşma Tesir Kesiti

Deneysel olarak  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda çıkan ürünlerden kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesitleri elde edilmiştir. Deneysel olarak genellikle düşük enerji 29,5 MeV mertebesine kadar çalışılmış, çıkan sonuçlar ile teorik sonuçlar kıyaslandığında örtüştüğü gözlenmiştir (Şekil 3.70).



Şekil 3.70. Deneysel olarak  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  Çekirdeğinin Proton ile bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti (Levkovski 1990)

Tablo 3.70. Farklı enerjilerde  $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

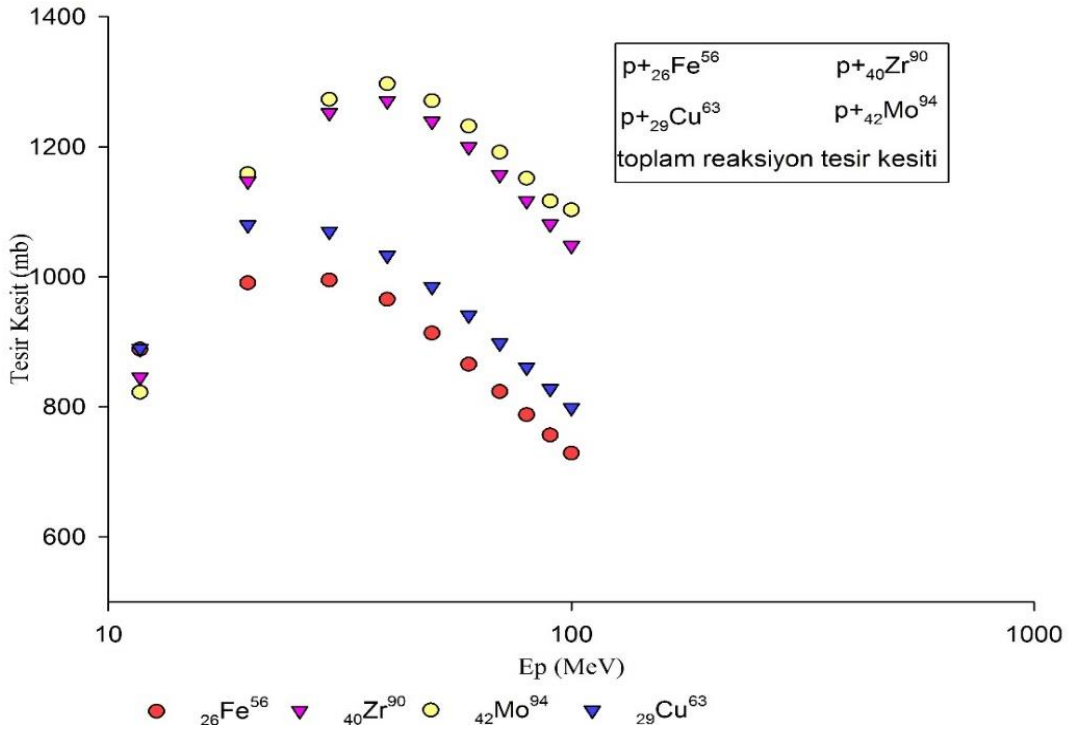
Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
19,3		5
20,3		10,5
21,4		14,8
22,2		22
23,1		27
24		38
24,8		40
25,7		49
26,6		57
27,6		65
28,5		69
29,5		69
30	51,49	
40	27,5	
50	15,97	
60	115,1	
70	233,2	
80	228,4	
90	208,4	
100	198,9	
110	185,3	
120	167,6	
130	151,8	
140	140	
150	126,1	
160	118,5	
170	110,3	
180	104,4	

Tablo 3.70. (Devam): Farklı enerjilerde  $p + {}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda kütle numarası  $A=90$  oluşma tesir kesiti deneysel ve CEM03 değerleri

Ep (MeV)	CEM03 (mb)	Deneysel (mb)
190	100	
200	96,25	
210	93,58	
220	89,76	
230	88,38	
240	87,31	
250	86,03	
260	83,52	
270	81,94	
280	80,99	
290	79,92	
300	77,83	

### 3.4.11. $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ , $p+{}_{29}\text{Cu}^{63}$ , $p+{}_{40}\text{Zr}^{90}$ ve $p+{}_{42}\text{Mo}^{94}$ reaksiyonları

Teorik olarak  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  ve  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  izotopunun farklı enerjilerde proton ile bombardımanı sonucunda toplam reaksiyon tesir kesitleri ALİCE91 programı ile hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında atom numarası büyük olan elementin toplam reaksiyon tesir kesitinin daha büyük olduğu ve enerji arttıkça toplam reaksiyon tesir kesitlerinde düşüş olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.71.  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  ve  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  izotoplarının proton ile bombardımanı sonucunda toplam reaksiyon tesir kesiti ALLİCE91 değerleri

Tablo 3.71. Farklı enerjilerde  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  ve  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda toplam reaksiyon tesir kesitleri ALLİCE91 değerleri

Hedef Çekirdek	11,7 (MeV)	20(MeV)	30(MeV)	40(MeV)	50(MeV)	60(MeV)	70(MeV)	80(MeV)	90(MeV)	100(MeV)
${}_{26}\text{Fe}^{56}$	888,7(mb)	990,9(mb)	995,3(mb)	965,6(mb)	913,7(mb)	865,5(mb)	823,8(mb)	788(mb)	756,7(mb)	728,7(mb)
${}_{29}\text{Cu}^{63}$	889,7(mb)	1080(mb)	1070,2(mb)	1033,2(mb)	985,3(mb)	941,4(mb)	898,2(mb)	861,1(mb)	828(mb)	798,8(mb)
${}_{40}\text{Zr}^{90}$	845,8(mb)	1147,3(mb)	1252,5(mb)	1270,9(mb)	1239,3(mb)	1199,9(mb)	1157,3(mb)	1117,5(mb)	1081,3(mb)	1048,2(mb)
${}_{42}\text{Mo}^{94}$	822,6(mb)	1158,9(mb)	1273(mb)	1297(mb)	1270,8(mb)	1232(mb)	1191,8(mb)	1151,6(mb)	1116,7(mb)	103,2(mb)

## 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan Çalışmada; Türk Hızlandırıcı Merkezi (THM) bünyesinde kullanıma açılan hızlandırıcı için yapılacak olan çalışmalara, nükleer reaksiyonların tesir kesit hesaplarına, radyo izotop üretim programları için gerekli arşiv güçlendirilmesine, üretim teknolojisinin geliştirilmesine ve yapılacak deneysel çalışmalara ışık tutması açısından önemli olmuştur. Bu çalışmada  ${}^9_4\text{Be}$ ,  ${}^{10}_5\text{B}$ ,  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$ ,  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ,  ${}^{59}_{27}\text{Co}$ ,  ${}^{93}_{41}\text{Nb}$ ,  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}^{90}_{40}\text{Zr}$ ,  ${}^{94}_{42}\text{Mo}$  çekirdekler hedef madde olarak kullanılarak üzerlerine 5-1000 MeV kadar enerji aralıklarına sahip hızlandırılmış proton gönderilerek çarpıştırılıp ortaya çıkacak komplikasyonların hesaplamaları CEM03 bilgisayar programlarıyla yapılmıştır. Hesaplama sonucunda elde edilen veriler literatürdeki deney sonuçları ile karşılaştırılarak SigmaPlot 12.3 grafik programıyla grafikleri çizdirilmiştir.

Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de ( $p+{}^9_4\text{Be}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=8$ ,  $A=9$  ve  $A=7$  oluşma tesir kesitleri CEM03 programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum mevcuttur.

Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de ( $p+{}^{10}_5\text{B}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=7$  ve  $A=10$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'de 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum mevcuttur.

Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 4.11'de ( $p+{}^{12}_6\text{C}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=11$ ,  $A=10$ ,  $A=9$ ,  $A=7$ ,  $A=6$  ve  $A=4$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.6, Tablo 3.7, Tablo 3.8, Tablo 3.9, Tablo 3.10 ve Tablo 3.11 de 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel

ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum mevcuttur.

Şekil 3.12, Şekil 3.13 ve Şekil 3.14’de ( $p+{}_6\text{C}^{12}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda ( ${}_5\text{B}^{10}$  ve  ${}_5\text{B}^{11}$ ), ( ${}_4\text{Be}^{10}$ ,  ${}_4\text{Be}^9$ ,  ${}_4\text{Be}^8$  ve  ${}_4\text{Be}^7$ ) ve ( ${}_3\text{Li}^6$  ve  ${}_3\text{Li}^7$ ) izotop üretimlerinin deneysel ve teorik sonuçları verilmiş olup, teorik sonuçlar CEM03 programı ile hesaplanmıştır. Değerleri ise Tablo 3.12, Tablo 3.13 ve Tablo 3.14’de mevcuttur. Deneysel ve teorik sonuçlar arasında uyum mevcuttur.

Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21 ve Şekil 4.22’de ( $p+{}_8\text{O}^{16}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=15$ ,  $A=14$ ,  $A=13$ ,  $A=12$ ,  $A=11$ ,  $A=10$ ,  $A=9$  ve  $A=7$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.15, Tablo 3.16, Tablo 3.17, Tablo 3.18, Tablo 3.19, Tablo 3.20, Tablo 3.21 ve Tablo 3.22’de 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum olduğu gözlenmiştir.

Şekil 3.23, Şekil 3.24, Şekil 3.25 ve Şekil 3.26’da ( $p+{}_8\text{O}^{16}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda ( ${}_7\text{N}^{15}$ ,  ${}_7\text{N}^{14}$ ,  ${}_7\text{N}^{13}$  ve  ${}_7\text{N}^{12}$ ), ( ${}_6\text{C}^{14}$  ve  ${}_6\text{C}^{11}$ ), ( ${}_5\text{B}^{11}$  ve  ${}_5\text{B}^{10}$ ) ve ( ${}_3\text{Li}^6$  ve  ${}_3\text{Li}^7$ ) izotop üretimlerinin deneysel ve teorik sonuçları verilmiş olup, teorik sonuçlar CEM03 programı ile hesaplanmıştır. Değerleri ise Tablo 3.23, Tablo 3.24, Tablo 3.25 ve Tablo 3.26’da mevcuttur. Deneysel ve teorik sonuçların uyduğu görülmüştür.

Şekil 3.27, Şekil 3.28, Şekil 3.29 ve Şekil 3.30’da ( $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=56$ ,  $A=55$ ,  $A=52$  ve  $A=3$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.27, Tablo 3.28, Tablo 3.29 ve Tablo 3.30’da 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar uyum sağlanmıştır.

Şekil 3.31, Şekil 3.32 ve Şekil 3.33’de ( $p+{}_{26}\text{Fe}^{56}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda ( ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ), ( ${}_1\text{H}^3$  ve  ${}_1\text{H}^2$ ) ve ( ${}_1\text{H}^3$  ve  ${}_1\text{H}^2$ ) izotop üretimlerinin deneysel ve teorik sonuçları verilmiş olup, teorik sonuçlar CEM03 ve pcross

programı ile hesaplanmıştır. Değerleri ise Tablo 3.31, Tablo 3.32, Tablo 3.25 ve Tablo 3.33'da mevcuttur. Deneysel ve teorik sonuçlar arasında uyum mevcuttur.

Şekil 3.34, Şekil 3.35, Şekil 3.36, Şekil 3.37, Şekil 3.38 ve Şekil 3.39'da ( $p+{}_{27}\text{Co}^{59}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=59$ ,  $A=58$ ,  $A=57$ ,  $A=56$ ,  $A=54$  ve  $A=46$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.34, Tablo 3.35, Tablo 3.36, Tablo 3.37, Tablo 3.38 ve Tablo 3.39'da 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum görülmüştür.

Şekil 3.40 ve Şekil 3.41'de ( $p+{}_{29}\text{Cu}^{59}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda ( ${}_{27}\text{Co}^{58}$ ,  ${}_{27}\text{Co}^{57}$ ), ( ${}_{27}\text{Co}^{58}$ ,  ${}_{27}\text{Co}^{57}$  ve  ${}_{27}\text{Co}^{56}$ ) izotop üretimlerinin deneysel ve teorik sonuçları verilmiş olup, teorik sonuçlar CEM03 programı ile hesaplanmıştır. Değerleri ise Tablo 3.40 ve Tablo 3.41'de mevcuttur. Deneysel ve teorik sonuçlar arasında uyum mevcuttur.

Şekil 3.43, Şekil 3.44, Şekil 3.45, Şekil 3.46, Şekil 3.47, Şekil 3.48, Şekil 3.49, Şekil 3.50, Şekil 3.51, Şekil 3.52, Şekil 3.53, Şekil 3.54 ve Şekil 3.55'de ( $p+{}_{41}\text{Nb}^{93}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=93$ ,  $A=90$ ,  $A=89$ ,  $A=87$ ,  $A=86$ ,  $A=85$ ,  $A=83$ ,  $A=74$ ,  $A=67$ ,  $A=66$ ,  $A=65$ ,  $A=64$  ve  $A=7$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.43, Tablo 3.44, Tablo 3.45, Tablo 3.46, Tablo 3.47, Tablo 3.48, Tablo 3.49, Tablo 3.50, Tablo 3.51, Tablo 3.52, Tablo 3.53, Tablo 3.54 ve Tablo 3.55'de 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum mevcuttur.

Şekil 3.60, Şekil 3.61, Şekil 3.62, Şekil 3.63, Şekil 3.64, Şekil 3.65 ve Şekil 4.66'da ( $p+{}_{29}\text{Cu}^{63}$ ) reaksiyonunun protonlarla bombardımanı sonucunda kütle numaraları  $A=62$ ,  $A=61$ ,  $A=58$ ,  $A=90$ ,  $A=89$ ,  $A=88$  ve  $A=87$  oluşma tesir kesitleri CEM03 ve programıyla hesaplanmıştır. Tablo 3.60, Tablo 3.61, Tablo 3.62, Tablo 3.63, Tablo 3.64, Tablo 3.65 ve Tablo 3.66'da 5 MeV ile 1000 MeV aralığında deneysel ve teorik sonuçlar verilmiştir. Ayrıca şekil 3.71  ${}_{26}\text{Fe}^{56}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ ,  ${}_{40}\text{Zr}^{90}$  ve  ${}_{42}\text{Mo}^{94}$  bombardımanı sonucunda toplam reaksiyon tesir kesitleri ALLİCE91 değerleri verilmiştir. Şekillere bakıldığında deneysel ve teorik sonuçlar arasında bir uyum mevcuttur.

## KAYNAKLAR

Albouy M, Cohen JP, Gusakow M, Poffe M, Sergolle H, Valentin L (1962) Physics Letters, Spallation of oxygen by protons with 20 to 150 MeV 2: 306

Aleksandrov V, Semenova M, Semenov V (1990) Vopr.Atomn.Nauki i Tekhn., Ser.Yad.Fiz.Issledo., The production of Be7 at middle energy protons interaction with light nuclei 8/16: 17

Aydın A, Tel E, Şimşek O (2003) Nötronların 8-24 MeV Gelme Enerjileri İçin (N,P) Reaksiyon Tesir Kesitlerinin İncelenmesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale 2003

Bernas R, Epherre M, Gradsztajn E, Klapisch R, Yiou F (1987) Physics Letters, Mass-spectrometric determination of Li6 and Li7 production in C12 and O16 by high energy protons 15: 147

Bertrand F, Grenier G, Pornet J (1986) Study of the reactions  ${}^9\text{Be}(p,\alpha){}^6\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Be}(p,d){}^8\text{Be}$  from, Weber+, Physical Review 104(5): 1307

Boikov V, Welberg B, Loshchakov I, Ostroumov V (1973) Soviet Journal of Nuclear Physics The O-16(p,pa)C-12 reaction with 50 MeV protons 16: 497

Brinkman G, Helmer J, Lindner L (1977) Radiochemical and Radioanalytical Letters, Nickel and copper foils as monitors for cyclotron beam intensities 28: 9

Burcham W, Freeman J (1985) Philosophical Magazine, The emission of short-range alpha particles from light elements under proton bombardment. II. Further observations on the reaction  $\text{B}10(p,\alpha)\text{Be}7$  41: 337



Busse S, Rosch F, Qaim S (2002) *Radiochimica Acta*, Cross section data for the production of the positron emitting niobium isotope Nb-90 via the Zr-90(p,n) reaction, 90: 1

Chintalapudi S, Ganguly N, Najoshi L, Kerekatte S, Mehta M, Gupta S, Kailas S (1975) *Physical Review Part C Nuclear Physics*, Total (p,n) reaction cross-section measurements on Ti-50, Cr-54, Co-59, 12: 1789

Church L, Caretto JA (1969) *Physical Review*, Study of (P,XN) Reactions at 400 MeV 178: 1732

Dauids C, Laumer H, Austin S (1970) *Physical Review, Part C, Nuclear Physics* 1: 270, 1970

Dauids C, Laumer H, Austin S (1970) *Physical Review, University of Michigan, Ann Arbor* 1: 270

Demirkol İ (2005) *Accelerator Driven System, KSU Journal of Science and Engineering*, 8(1): 16-17

Demirkol İ (2006) *Fragmentation Production Cross-Section in Relativistik Collisions, Modern Physics Letters A* 21(38): 2881-2892

Demirkol İ, Tel E, Arasoglu A, Özmen A, Sarer B, Acir A, Alkan M (2004) *The Neutron Production Cross Sections for Pb, Bi, and Au Targets and Neutron Multiplicity for Nuclear Spallation Reaction Induced by 20- to 1600-MeV Protons, Nuclear Science and Engineering* 147(1): 83-91

Ditroi F, Hermanne A, Corniani E, Takacs S, Tarkanyi F, Csikai J, N.Shubin Y (2009) *Nucl. Instrum. Methods in Physics Res, Sect. B, Investigation of proton induced reactions on niobium at low and medium energies* 267: 3364

Ditroi F, Takacs S, Tarkanyi F, Corniani E, Shubin Y (2008) Nucl. Instrum. Methods in Physics Res, Sect. B, Study of proton induced reactions on niobium targets up to 70 MeV 266: 5087

Dostrovsky I, Davis JR, Poskanzer A, Reeder P (1965) Physical Review Cross Sections for the Production of Li9, C16, and N17 in Irradiations with GeV-Energy Protons 139: B1513

Ertürk S, Boztosun İ (2008) Nükleer Fizik Alanlarında Kullanılan Hızlandırıcılar ve Kullanım Alanları, Erciyes Üniversitesi Fizik Bölümü, Haziran 2008, Kayseri

Filges D, Dragovitsch P, Cloth P, Schiffmann T, Peiffer F, Hergers U, Michel R (1989), Analyst (London), Proton-induced spallation at 600 MeV 114: 287

Flynn D, Hershberger R, Gabbard F (1979) Physical Review, Part C, Nuclear Physics, Sub-Coulomb proton absorption for isotopes of zirconium and molybdenum 20: 1700

Fontes P, Perron C, Lestringuez J, Yiou F, Bernas R (1971) Nuclear Physics, Section A 165: 405

Fraysse L, Costilhes J, Alard J, Brun R, Fargeix Js (1975) Nuovo Cimento A, Light-fragment production in P-nucleus interactions at 600 MeV. Astrophysical application, 30: 320

Furukawa M, Tanaka S (1959) Journal of the Physical Society of Japan, Excitation Functions For (P,N) Reactions with Titanium, Vanadium, Chromium, Iron and Nickel Up to 14 MeV 14: 1269

Gauvin H, Lefort M, Dostrovsky I (1987) Physical Review, (p,xp) and (p,xpya) Reactions of 156-MeV Protons with Light Targets (A=11 to A=27) 169: 836

Goeckermann R, Naumann R, Forsthoff C (1953) Physical Review, 90: 1004

Gruhle W, Kober B (1977) Nuclear Physics, Section A, The Reactions 0-16(P,A), Ne-20(P,A), and Mg-24(P,A) 286: 523

Grusha O, Ivanova S, Shubin Y, Trykova V (1984) Yadernaya Fizika, Analysis of neutron spectre in 22-MeV proton interactions with nuclei 39: 264

Gusakow M, Cohen J, Albouy G, Valentin L (1963) Physics Letters, Reactions induites par des protons de 155 mev sur des noyaux legers 7: 163

Harada M, Watanabe Y, Yamamoto A, Yoshioka S, Sato K, Nakashima T, Chiba S (1999) Jour. of Nuclear Science and Technology, The C12 (p,p' $\alpha$ ) breakup reaction induced by 14, 18 and 26 MeV protons 36: 313

Hermanne A, Tarkanyi F, Takacs S (2014) Applied Radiation and Isotopes, Activation cross sections for production of Be7 by proton and deuteron induced reactions on Be9 Protons up to 65 MeV and deuterons up to 50 MeV 90: 203

Heymann D, Kruger S (1973) Nuclear Physics Physical Review, High-Energy Proton Production of H-3, He-3 and He-4, Part C 7: 2179

Hogstrom KR (1976) Physical Review, Part C, Nuclear Physics,  $^{12}\text{C}(p,pn)^{11}\text{C}$  cross section at 800 MeV 14: 753

Honda M, Lal D (1964) Nuclear Physics, Spallation cross sections for long-lived radionucleides in iron and light nuclei 51: 363

Inoue T, Tanaka S (1976) Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry, Production of  $^7\text{Be}$  from proton bombardment of light, volume 38: 1425

Jenkins I, Wain A (1970) Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry, Excitation Functions For the Bombardment of Fe-56 With Protons 32: 1419

Kantelo M, Hogan J (1976) Physical Review, Part C, Nuclear Physics, Charged-Particle Emission in Reactions of Zr-90 With 10-86 MeV Protons 14: 64

Klapisch R, Gradsztajn E, Epherre M, Bernas R, Yiou F (1965) Physics Letters, Mass-spectrometric determination of Li6 and Li7 production in C12 and O16 by high energy protons 15: 147

Korteling R, Hyde E (1964) Physical Review, Interaction of high-energy protons and helium ions with niobium 136: B425

Krane Kenneth S (1988) Introductory Nuclear Physics 2, Başar Ş, John Wiley and Sons, Inc (559-593)

Krane Kenneth S (1988) Introductory Nuclear Physics 2, Başar Ş, John Wiley and Sons, Inc (822-833)

Levkovski V (1990) Atomnaya Energiya, Cross sections of medium mass nuclide activation (A=40-100) by medium energy protons and alpha-particles (E=10-50 MeV) 69: 99

Marion J (1984) Excited states in 10B, 195608 Physical Review 103: 713

Michel R, Bodemann R, Busemann H, Daunke R, Gloris M, J.Lange H, Suter M (1997) Nucl. Instrum. Methods in Physics Res. Sect. B, Cross sections for the production of residual nuclides by low- and medium-energy protons from the target elements C, N, O, Mg, Al, Si, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Sr, Y, Zr, Nb, Ba and Au. 29: 153

Michel R, Brinkmann G, Weigel H, Herr W (1980) Fed.Rep.Germ.report to the I.N.D.C., Measurement and Hybrid-Model Analysis of Proton- Induced Reactions with V,Fe, and Co 22/L: 50

Michel R, Stueck R, Peiffer F (1984) Report from CEC-Countries and CEC to NEANDC, Proton-induced reaction on Ti, V, Mn, Fe, Co and Ni 5: 32

Ostroumov V, Zhukov M, Golikov I (1978) *Yadernaya Fizika*, 50-MeV proton induced reaction on C-12, N-14 and O-16 nuclei with three charged particles in the final state 27: 7

Prihodtseva V, Popova T, Mikhailova M, Kolachkovski A, Aleksandrov Y, Zelinski A (1990) 40.Conf.Nucl.Spectroscopy Nucl.Struct., Production cross sections of spallation radioactive nuclides in thin targets of Co, Ni, Cu and Zn irradiated by 660 MeV protons 498

Rayudu G (1968) *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, Formation cross sections of various radionuclides from Ni, Fe, Si, Mg, O and C for protons of energies between 0.5 and 2.9 GeV 30: 2311

Read J (1968) *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, (P,XN) REACTIONS OF FE-56, FE-57 AND FE-58 AT 370 MEV 30: 2039

Roche G, Tamain J, Pellet J, Fraysse L, Fargeix J, Costilhes J, Alard J (1975) *Nuovo Cimento A*, Light-fragment production in P-nucleus interactions at 600 MeV. Astrophysical application 30: 320

Rosch F, Qaim S (1993) *Radiochimica Acta*, Nuclear data relevant to the production of the positron emitting technetium isotope Tc-94m via Mo-94(p,n)-reaction 62: 115

Rubbia C, Rubio J (1996) A Tentative Programme towards a full scale energy amplifier. CERN

Schoen N, Orlov G, McDonald R (1979/07) *Physical Review, Part C, Nuclear Physics* 20: 88

Segel R, Singh P, Hanna S, Grace M (1966) *Physical Review*, Gamma rays from B10 + p; decay schemes and excitation functions 145: 736

Sierk A, Tombrello T (1973) The  ${}^9\text{Be}(p,\alpha)$  and  $(p,d)$  cross sections at low energies, Nuclear Physics Section A 210: 341

Sisterson J, Kim K, Beverding A, Englert P, Caffee M, Jull A, Reedy R (1997) Nucl. Instrum. Methods in Physics Res, Measurement of production cross sections of  $\text{Be}^{10}$  and  $\text{Al}^{26}$  from elements found in lunar rocks 123: 324

Skakun E, Batij V, Rakivnenko Y, Rastrepin O (1987) Yadernaya Fizika, Excitation functions and isomer ratios for up-to-9 MeV proton interactions with Zr and Mo isotope nuclei 46: 28

Smith R, Tarkanyi F, Takacs S, Baba M (2011) Journal of the Korean Physical Society 59: 1697

Sultansoy S (2014) Hızlandırıcılar ve Çarpıştırıcılar, <http://www.ssultansoy.etu.edu.tr/> (Erişim Tarihi: 20.01.2017)

Szabo J, Varnagy M, Body Z, Csikai J (1982, 1978) Conf. On Nucl. Data for Sci. and Technol, Antwerp 1982, Nuclear Instrum. and Methods in Physics Res, Charged particle reaction cross sections relevant for nuclear astrophysics 956-557

Takacs S, Tarkanyi F, Hermanne A, Paviotti De Corcuera R (2003) Nucl. Instrum. Methods in Physics Res, Validation and upgrade of the recommended cross section data of charged particle reactions used for production PET radioisotopes Sect. B 211: 169

Tamers M, Delibrias G (1961) Production cross sections carbon-14 from  $\text{O}^{16}(p,3p)$  reaction at high-energy protons. Comptes Rendus 253: 1202

Tarrago X, Simonoff G, Lefort M (1961) Nuclear Physics, A spallation nuclear reaction on thorium at 150 and 82 MeV proton energies 25: 216

Thomas R, Jopson R, Swift C, Chodil G (1967) Nuclear Physics, Section A 93: 648

Uddin M, Khandaker M, Kim K, Lee Y, Kim G (2007) Nucl. Instrum. Methods in Physics Res, Sect B, Excitation functions of the proton induced nuclear reactions on Zn-nat up to 40-MeV 258: 313

URL-1, <http://fenizim.tr.gg/Element-Sembol.htm> (Erişim tarihi: 21.01.2017)

URL-2, <http://h1.desy.de/> (Erişim Tarihi: 21.12.2016)

URL-3, [http://institute.tarla.org.tr/tac/AU\\_AG/OZGE/GELISIMI](http://institute.tarla.org.tr/tac/AU_AG/OZGE/GELISIMI) (Erişim tarihi:21.01.2017)

URL-4, <http://parcacikfizigi.blogspot.com.tr> (Erişim tarihi: 21.01.2017)

URL-5, <http://tac.ankara.edu.tr/sr/SIwebPagehtm.htm> (Erişim tarihi: 20.01.2016)

URL-6, <http://thm.ankara.edu.tr/bilgi-notu-turkfab> (Erişim tarihi: 20.01.2016)

URL-7, <http://www.taek.gov.tr/cern-sanal/741> (Erişim tarihi:01.01.2017)

URL-8, <http://www.taek.gov.tr/egitim-arastirma/cern-tr/740-avrupa-nukleer-arastirma-merkezi-cern.html> (Erişim tarihi:01.01.2017)

URL-9, [http://www.zamandayolculuk.com/html/parcacik\\_hizlandirici](http://www.zamandayolculuk.com/html/parcacik_hizlandirici)(Erişim tarihi: 21.01.2017)

URL-10, [https://www.fnal.gov/pub/visiting/map/td\\_tev.html](https://www.fnal.gov/pub/visiting/map/td_tev.html) (Erişim tarihi:01.01.2017)

Valentin L (1963,1965) Nuclear Physics, Reactions (p,n) et (p,pn) induites a moyenne energie sur des noyaux legers 62: 81

Valentin L (1965, 1963) Nuclear Physics, Reactions (p,n) et (p,pn) induites a moyenne energie sur des noyaux legers 62: 81-7: 163

Valentin L, Albouy G, Cohen J, Gusakow M (1963) Physics Letters, Reactions induites par des protons de 155 mev sur des noyaux legers 7: 163

Vdovin A, Golikov I, Zhukov M, Loshchakov I, Ostroumov V (1979) Izv. Rossiiskoi Akademii Nauk, Ser. Fiz, Cross sections of reactions of 50 MeV protons with C-12, N-14, O-16 nuclei 43: 148

Votava H, Ludwig E, Clegg T, Thompson W (1984) A new level at 12.6 MeV in  $^{10}\text{B}$ , J,BAP,16,1153,1971 Bulletin of the American Physical Society 16: 1153. 1984

Wagner G, Wiig E (1954) Physical Review 96: 1100

Whitehead A, Foster J (1958) Canadian Journal of Physics, Activation cross sections for  $\text{C}^{12}(\text{p,pn})\text{C}^{11}$ ,  $\text{O}^{16}(\text{p},\alpha)\text{N}^{13}$ , and  $\text{F}^{19}(\text{p,pn})\text{F}^{18}$ . 36: 1276

Wilkinson G, Diamond R, Sharp R (1956) Physical Review, Nuclear Reactions of Cobalt with Protons from 0- to 100-MeV Energy 101: 1493

Yavaş Ö. (2013), Parçacık Hızlandırıcılarının Fiziği ve Tipleri, Ankara Üniversitesi Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü, IX. Parçacık Hızlandırıcıları ve Dedektörleri, Ankara 10-15 Eylül 2013, Bodrum

Yavaş Ö. (2016) THM Tanıtım, <http://thm.ankara.edu.tr/tanitim/> (Erişim Tarihi: 21.12.2016)

Yavaş Ö, Hiçsönmez A, Arıkan P, Kasap E, Özkorucuklu S, D Yıldız H (2017) Türk Hızlandırıcı Merkezi Projesi, <http://thm.ankara.edu.tr/files/2013/08/THMBrosur.pdf> (Erişim Tarihi 21.01.2017)

Yavaş Ö (2001) Desy Hızlandırıcı, I. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Uygulamaları Kongresi 25-26 Ekim 2001, Ankara



Yıldız V. (2014) Hızlandırıcı Fiziği I,2, <http://slideplayer.biz.tr/slide/1949681/>(Erişim Tarihi: 20.01.2017)

Yıldız E, Kaplan A (2014) Tiroid Sintigrafisinde Kullanılan  $^{99m}\text{Tc}$  ve  $^{131}\text{I}$  Radyonüklidlerinin Üretim Tesir Kesiti Hesaplamaları, SDU Journal of Science 9(1): 130-141

Yiou F, Baril M, Dufaure DCJ, Fontes P, Gradsztajn E, Bernas R (1968) Physical Review, Mass-spectrometric measurement of lithium, beryllium, and boron isotopes produced in O-16 by high-energy protons, and some astrophysical implications 166: 968

Yüksel AN (2004) Siklotron Tipi Hızlandırıcı Kullanılarak Radyoizotop Üretimi ve Bu Radyoizotopların Medikal/Endüstriyel Alanda Kullanımı, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği anabilim dalı, Ankara

## ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Malatya'da doğdu. İlkokulu Malatya Merkez Gülüm uşığı köyünde ve ortaokulu Malatya Merkezde Yavuz Selim İlköğretim okulunda ve liseyi Malatya Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü kazandı. 2006 yılında Fizik Bölümünde mezun oldu. 2006-2010 yılları arasında ÖSS'ye yönelik özel bir dershanede yöneticilik ve özel bir yayınevinde fizik soru Bankası kitabında soru hazırladı. 2010 yılında İçişleri Bakanlığı bünyesinde memur olarak atandı. 2010 yılından 2015 yılına kadar aktif olarak yazılım, web tasarım, veri tabanı ve programcılık üzerine eğitimler aldı, aktif olarak yazılım yaptı. 2015 yılından itibaren sistem donanım network üzerinde ağırlıklı olarak çalışmaya başladı halen çalışmakta. Evli bir çocuk babasıdır.