

7419

CANDU TÜKETİLMİŞ YAKITININ GENÇLEŞTİRİLMESİ İÇİN YARI
KATALİZE FÜZYON SÜRÜCÜLÜ HİBRİD REAKTÖRÜN POTANSİYELİ

Ertuğrul BALTACIOĞLU

ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ' NE
MAKİNA ANABİLİM DALI'NDA DOKTORA TEZİ OLARAK
SUNULMUŞTUR

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

TEMMUZ - 1989

Erciyes Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü' ne

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makina Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir

17/7/1989

Başkan : .Prof. Dr. Zümrüt ŞAHİN

Üye : ...Doç. Dr. Bekir SAMI YILBAS

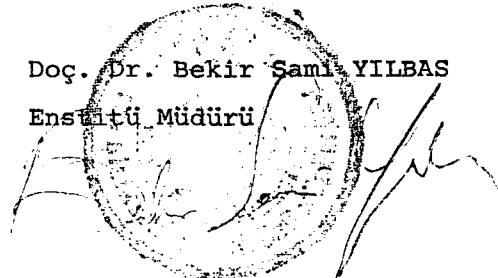
Üye : ...Doç. Dr. Hüseyin YAPICI

ONAY :

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

17/7/1989

Doç. Dr. Bekir Sami YILBAS
Enstitü Müdürü



Ö Z E T

Yarı katalize edilmiş hızlı blanket potansiyeli, CANDU tüketilmiş yakıt elemanlarının gençleştirilmesi (regeneration) için incelendi. Hızlı bölünmeye (fast fissioning) dayalı hibrid blanket mükemmel nötronik performansa sahip olup, aşağıda belirtilen dört farklı uygulamada fisil (bölünebilir) izotopların değişik zenginleştirme yüzdeleri (EGFI) için araştırma yapıldı.

- Konvansiyonel bir ticari CANDU reaktöründe yakıt çevrimi (EGFI = %0.71-0.9).

- Geliştirilmiş bir CANDU reaktöründe yüksek yanma oranı (Burn-up rate) ile yakıt çevrimi (EGFI = %1).

- Toryum yakıtlı geliştirilmiş bir üretken reaktöründe (Breeder) yakıt çevrimi (EGFI > %1,5).

- Konvansiyonel LWR'de yakıt çevrimi (EGFI > %3) 2.64 MW/m² ye tekabül eden 10¹⁴-2.45 MeV ve 10¹⁴-14.1 MeVn/cm².sn lik bir ilk cidar (D,T) füzyon nötron akı yüküne maruz blanket için 36 aya kadarlık bir gençleştirme periyodu %75 lik bir tesis faktörüyle incelenmiştir.

Gençleştirme periyodları sırasıyla 5-7 aylık, 6-9 aylık, 12-15 aylık ve 30 ayın üzerindeki periyotlarla yukarıda belirtilen reaktör tipleri için ayrı ayrı değerlendirildi.

M blanket enerji çoğalım katsayısı, 36 ayda yaklaşık %50'lik bir artış göstermiştir. Elektrik üretimi bu periyot esnasında oldukça sa-

bit kalmıştır. Sonuç olarak bu güç üretim tesisi nükleer çekirdek dışı kısmı için mükemmel bir kullanıma sahiptir. Aynı zamanda maksimum ortalama fisyon güç yoğunluğunun ortalama değerine oranı Γ yaklaşık %14.9 mertebesinde azalmaktadır.

Bölünebilir (fisil) yakıt tesis içinde kullanmak üzere önemli bir miktarda bir elektrik üretebilir. Yanma 36 ayda yaklaşık 230000 MW gün/ton a ulaşır. Herhangi kritik reaktör tarafından bu degere ulaşmak mümkün değildir.

A B S T R A C T

The potential of a semi-catalyzed fusion driven fast hybrid blankets is investigated for the regeneration of CANDU spent fuel. The fast fissioning hybrid blanket has excellent neutronic performance and is investigated to achieve different enrichment grades of fissile isotopes (EGFI) for four different applications:

- Recycling in a conventional commercial CANDU reactor, (EGFI=0,71% TO 0,9)
- Recycling in an advanced CANDU reactor concept with high burn-up rate (EGFI = 1%)
- Recycling in an advanced breeder with throrium fuel (EGFI > 1.5%)
- Recycling in a conventional LWR (EGFI > 3%).

During the study a regeneration period of up to 36 months is used by a plant factor of 75% under a first-wall (D,T) fusion neutron current load of 10^{14} -2.45 MeV and 10^{14} - 14.1 MeV n/cm².sec, corresponding to 2.64 MW/m².

The regeneration periods are evaluated for the above mentioned reactor types, as 5-7 months, 6-9 months, 12-15 months and > 30 months, respectively.

The blanket energy multiplication M increases by about 50% in 36 months, i.e., the electricity production remains fairly constant

during this period. Consequently, this power plant has an excellent exploitation of the non-nuclear island. In the same time, the peak-to-average fission power density ration decreases by about 14.9% [

The fissile fuel produces substantial electricity in situ. The burn-up reaches about 230.000 MW day/ton in 36 months, a value never attained by and critical reactor.

Ö Z G E Ç M İ Ő

1957 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Iskenderun'da tamamladı. 1979 yılında Adana İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Mühendislik Yüksek Okulundan mezun oldu. Temmuz 1980 de Kayseri D.M.M.A. sinde uzman olarak olarak göreve başladı. 1982 yılında kısa dönem askerliğini yaptı. 1986 yılında E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Makina Anabilim dalında yüksek mühendis ünvanını aldı. Aynı yıl aynı enstitüde doktora başladı. Halen Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocukludur.

T E Ő E K K Ū R

Doktora tez çalıřmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. SŪmer ŐAHIN'e, Doç.Dr. Ali ERİŐEN'e, Yrd. Doç. Dr. HŪseyin YAPICI'ya, Doç. Dr. Bekir Sami YILBAŐ'a, fakŪltemiz ele-manlarına, .N.A.E.M. NŪkleer MŪhendislik BŪlŪmŪ çalıŐanlarına ve çalıŐmalarım sŪresince bŪyŪk fedakarlıklarda bulunan eŐim Nuran BALTACIOĐLU'na sonsuz ŐŪkran ve minnet duygularımla teŐekkŪr ederim.

I Ç İ N D E K İ L E R

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Özet | iii |
| Abstract | v |
| Özgeçmiş | vii |
| Teşekkür | viii |
| İçindekiler | ix |
| Şekiller | x |
| Tablolar | xiii |
| Semboller ve Kısaltmalar | xv |
| | |
| 1. Giriş | 1 |
| 2. Hibrit Blanket | 3 |
| 2.1. Füzyon-Fisyon Hibrid Sistemi | 3 |
| 2.2. Blanket Geometrisi | 4 |
| 3. Sayısal Hesaplar | 12 |
| 4. Sonuçlar | 44 |
| Yararlanılan Kaynaklar | 46 |
| Ekler | 48 |

Ş E K İ L L E R

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Şekil 1 : İncelenen hibrid blanketin kesit görünüşü | 5 |
| Şekil 2 : Hava soğutmalı hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının radyal yönde 10 sıra halinde altıgen dizilişi | 8 |
| Şekil 3 : İncelenen hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının altıgen yapıdaki hücre boyutları | 9 |
| Şekil 4 : Hava soğutmalı hibrid blankette 3 yıllık bir tesis işletim periyodu boyunca kümülatif fisil yakıt birikimi | 26 |
| Şekil 5 : Hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına fisyon yoğunluğu (başlangıçta). | 27 |
| Şekil 6 : Hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına fisyon yoğunluğu (36 ay sonra). | 28 |
| Şekil 7 : Hibrid blankette nötron başına Pu-239, Pu-240 ve Pu-241'in oluşma oranları | 30 |
| Şekil 8 : Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (başlangıçta) A : İlk cidara bitişik yakıt bölgesi B : İlk Li ₂ O bölgesine bitişik yakıt bölgesi | 31 |

| | |
|--|----|
| Şekil 9 : Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (2 ay sonra). | 32 |
| Şekil 10: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (4 ay sonra). | 33 |
| Şekil 11: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (8 ay sonra). | 34 |
| Şekil 12: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (16 ay sonra). | 35 |
| Şekil 13: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (18 ay sonra). | 36 |
| Şekil 14: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (20 ay sonra). | 37 |
| Şekil 15: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (24 ay sonra). | 38 |
| Şekil 16: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (28 ay sonra). | 39 |
| Şekil 17: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (32 ay sonra). | 40 |
| Şekil 18: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (36 ay sonra). | 41 |
| Şekil 19: Hibrid blankette Füzyon nötron başına trityum üretim oranı | 42 |
| Şekil 20: Tesis işletim periyodu boyunca hibrid blankette fisil yakıtın ortalama yanma oranı | 43 |

T A B L O L A R

| | <u>Sayfa No</u> |
|---|-----------------|
| Tablo I : Bir 600 MW'lık standard CANDU-PHW' de, farklı yanma safhaları için tabii uranyumun izotopik kompozisyonları (gr/kg) [6] | 6 |
| Tablo II : Radyal yönde, blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları | 10 |
| Tablo III : Blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları (başlangıçta) | 11 |
| Tablo IV : Hızlı parçalanmalı blankette yarı katalize (D,D) füzyon nötronu başına integral nötronik datanın tesis işletim periyodu boyunca değişimi | 14 |
| Tablo V : Birinci yakıt bölgesinde (ilk cidara komşu), fisyon yapabilen izotopların atomik yoğun- luklarının değişimi | 15 |
| Tablo VI : İkinci yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 16 |
| Tablo VII : Üçüncü yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 17 |
| Tablo VIII : Dördüncü yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 18 |

| | |
|--|----|
| Tablo IX : Beşinci yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 19 |
| Tablo X : Altıncı yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 20 |
| Tablo XI : Yedinci yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 21 |
| Tablo XII : Sekizinci yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 22 |
| Tablo XIII : Dokuzuncu yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 23 |
| Tablo XIV : Onuncu yakıt bölgesinde, (ilk Li2O ya bitişik), fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi | 24 |

SEM BOLLER VE KISALTMALAR

- dS = Diferansiyel yüzey elemanı
 dV = Diferansiyel hacim elemanı
 E = Nötron enerjisi
 PF = Tesis faktörü
 J = Nötron akımı
 L = Nötron kaçağı
 M = Blanket enerji çoğalım katsayısı
 N = İzotop atomik yoğunluk
 t = Tesis işletim zamanı

Greek

- λ = Yakalama tesir kesti
 Γ = Maksimum güç yoğunluğunun ortalamasına oranı
 ν = Fisyon başına nötron üretimi
 σ = Mikroskopik tesir kesiti
 Σ = Makroskopik tesir kesiti
 Φ = Nötron akısı

Alt indisler

- a = Absorbsiyon
 b = Üretim
 dep = Tüketim
 f = Fisyon
 F = Yakıt

B Ö L Ü M 1

G I R I Ő

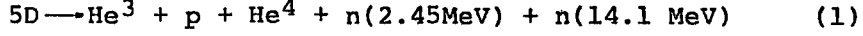
Mevcut nükleer güç tesisleri fisil yakıtın sadece belirli bir yüzdesini kullanabilmektedir. Tüketilmiş nükleer yakıtların bir hibrid blankette gençleştirilebilme ihtimali ilk kuşak füzyon reaktörleri için ilgi çekici bir uygulamadır.

Bu çalışmada CANDU tüketilmiş yakıtını ihtiva eden bir hibrid blankette (D,T) füzyon sürücüsünün potansiyeli detaylı bir şekilde araştırılmıştır [1,2]. Böyle bir hibrid reaktör, konvansiyonel kritik reaktörde, tüketilmiş yakıtı gençleştirerek yeniden kullanılabilir hale getirdiği gibi tesis içi elektrik üretimini de sağlar.

Réf.[2] de tüketilmiş HWR "yakıtın bir hibrid reaktörde gençleştirilmesinin ekonomik avantajlarına işaret edilmiştir. HWR, LWR ve FB reaktörleri için ortalama yanma değerleri yaklaşık olarak 10000, 30000 ve 100000 MWgün/ton dur. O çalışmada belirtildiği gibi oksitli yakıt sistemlerinde ekonomik potansiyel yeterince yüksek yanma gerektirmektedir. Bu değerde 200000 MWgün/ton olmalıdır [3]. Konvansiyonel kritik reaktörlerde henüz böyle yüksek yanma seviyelerine çıkarılmamıştır. Ayrıca böyle bir performansı beklemek içinde sebep yoktur [4].

Diğer taraftan, bilim adamları ve mühendisler artık geliştirilmiş füzyon yakıt çevriminin ekonomik uygulanabilirliğinin konvansiyonel füzyon yakıtı (D,T) temeline dayanan reaktörlerin ilk kuşağından sonra kısa bir zamanda mümkün olacağına inanmaya başlamışlardır [5].

Bunlardan biri, yarı katalize edilmiş fizyon yakıt çevrimi olarak isimlendirilebilir. Reaksiyon (1) denkleminde görüldüğü gibidir.



D,D, reaksiyonları ile trityum üretimi de sağlanır.

Sunulan bu çalışmada yarı katalize füzyon sürücüsü, hibrid güç tesisinin dış nötron kaynağı olarak seçilmiştir. Çalışma esnasında CANDU tükenmiş yakıtının hibrit blankette gençleştirilmesi esnasındaki davranışı birikmiş fisil yakıtın elde edilebilecek üç farklı zenginleştirme oranı için incelendi.

a) CANDU reaktörlerinin konvansiyonel tipinde %0,78 den %0,9'a zenginleştirme yapılması esnasında Pu-239 un reaktif etkisi U-235 den daha küçüktür.

b) Ticari ağır su reaktörünün geliştirilmiş bir tipinde kullanmak için %1 lik zenginleştirme gerekir. Yakıt yüklenmesi sırasında yakıt zenginliği düşükse yanma oranı artırılabilir [9].

c) Toryum yakıtı ileri bir CANDU üretken reaktöründe kullanılmak üzere, ticari olarak Th-232 den U-233 ün üretilmesi imkanını ekonomik bir tutarlılıkla gerçekleştirmek için %1,5 dan büyük zenginleştirme yüzdesi gerekir [10].

d) Konvansiyonel LWR de gençleştirilmiş yakıtın yeniden kullanılabilmesi %3 ün üzerinde bir zenginleştirmeyi gerektirir.

B Ö L Ü M 2

H I B R I D B L A N K E T

2.1. FÜZYON - FİSYON HİBRİD SİSTEMİ

Bir füzyon-fisyon hibrid reaktörü D-D veya D-T füzyonunun oluşturduğu plazma ile bu plazmayı çevreleyerek, kaçan yüksek enerjili nötronları yakalayan üretken malzemeden (Th-232, U-238, Li-6, Li-7 gibi) oluşmuş ve kritikaltı çalışan bir blanketten ibarettir. D-T füzyonu sonucu oluşan yüksek enerjili (14 MeV) nötronlar, Th-232, U-238 gibi nötron yakalamaları sonucu U-233, Pu-239 ve Pu-241 gibi fisil nükleer yakıtın elde edildiği fertil malzemeler için yüksek parçalama yeteneğine sahiptir. Bu arada Li-6 ve Li-7'nin nötronlarla reaksiyona girmesi sonucu oluşan trityum, fisyon oluşumu için gerekli trityumu sağlamaktadır.

Hibrid reaktörlerin füzyon nötron kaynakları füzyon sürücüsü olarak adlandırılır. Elde edilen nötronların %99' u 14.1 MeV (D-T nötronları), %1' i ise 2-8 MeV (D-D ve D-T nötronları) enerjiye sahiptirler. Bu nedenle füzyon sonucu elde edilen nötronların genellikle 14 MeV' lik enerjiye sahip olduğu kabul edilir. Bu 14 MeV' lik nötronların üretken malzeme ile tepkimesi ile büyük bir nötron ve enerji çoğalması olur. Hibrid reaktörlerin sahip olduğu diğer bir potansiyel de net trityum üretimidir.

2.2. BLANKET GEOMETRİSİ

Değerlendirilecek nötronik parametrelerin, daha önce hibrid reaktörlere ait yapılan çalışmalardakilerle karşılaştırılmasını sağlayacak şekilde bir deneysel hibrid blanket geometrisi seçildi. Bu geometri değişik zamanlarda uluslararası bilim topluluğuna sunulmuş ve değerlendirilmiştir. [12,13]. Şekil. 1, bu çalışmada esas alınan blanket geometrisini göstermektedir.

Fisil yakıt bölgesi, zirc2 kılıflı ve içerisinde tüketilmiş yakıt bulunan CANDU yakıt çubuklarından meydana gelmiştir. Bu yakıt çubuklarının izotopik kompozisyonu bir çevrimlik tabii uranyum yakıtıyla çalışan CANDU-PHWR' de 7538 MWD/T' luk yakıt tüketim oranına karşı gelen değerlerdir [14]. Tablo I, tipik bir CANDU yakıtının izotopik kompozisyonunun değişimini göstermektedir. Bu çalışmada, Tablo I' deki ara bölgede yakıt tüketim oranı hibrid blankette kullanmak üzere tüketilmiş yakıtın tüketim oranı olarak seçildi.

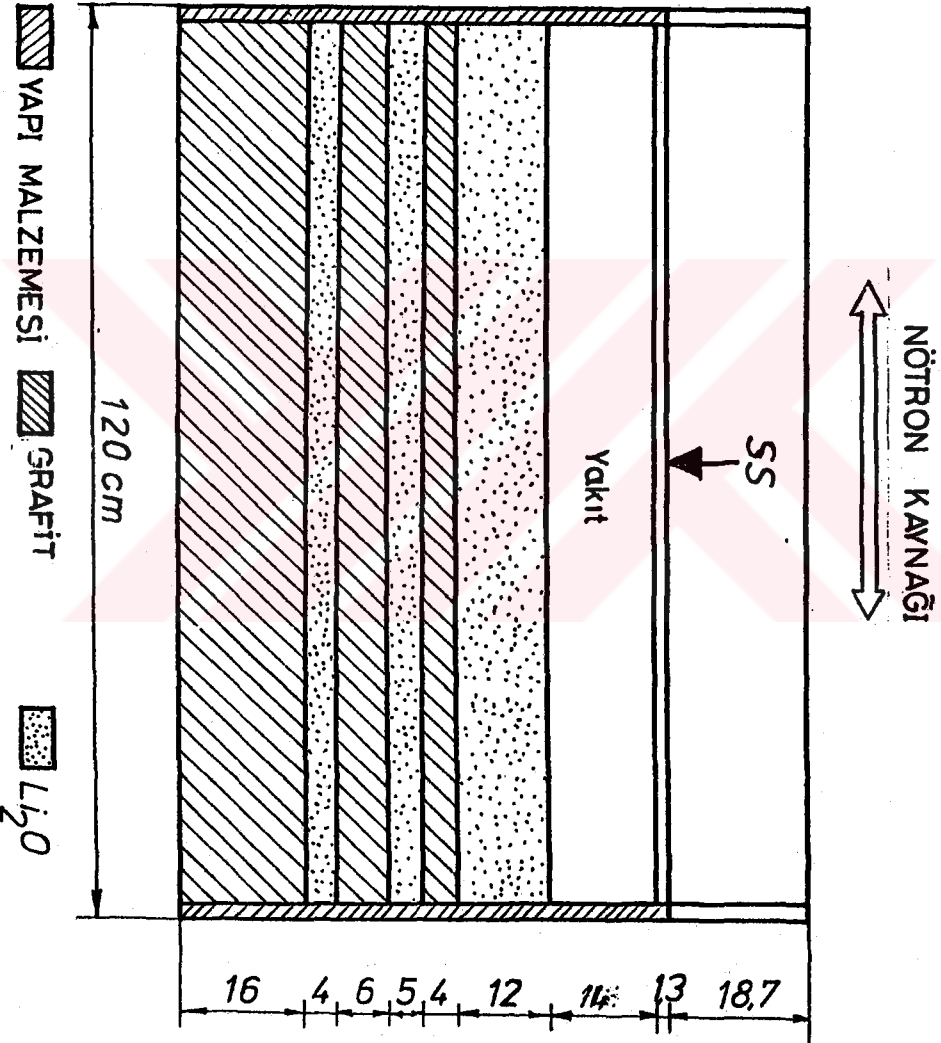
Şekil. 2 bir hava soğutmalı hızlı blanketin kesit görünüşünü göstermektedir. Bu altıgen yakıt çubuk düzenlenmesinde, nötronik incelemelerde gaz soğutmalı hızlı bir blanketi simule edecek şekilde yakıt, kılıf ve hava hacim yüzdeleri sırasıyla %59.5, %9.5 ve %31 olarak hesaplandı.

Şekil. 3 tipik bir yakıt hücresinde, yakıt çubuklarının altıgen yapıdaki hücre boyutları

İncelenen blanket bölgelerinin malzeme bileşimleri ve ölçüleri TABLO II' de verilmektedir.

Tablo III incelenen blanketlerdeki başlangıç itibariyle malzeme bileşimleri ve homojenize edilmiş yoğunlukları göstermektedir.

Daha önceki çalışmalar, nötron spektrumundaki lokal yumuşama sebebi ile berilyumdan meydana gelen bir nötron çoğaltıcı tabakanın, hemen



Sekil 1 : incelenen hibrid blanketin kesit görünüşü

TABLO I

Bir 600 MW'lık standard CANDU-PHW' de farklı yanma safhaları için tabii uranyum izotopik kompozisyonları (gr/kg yakıt)

[6]

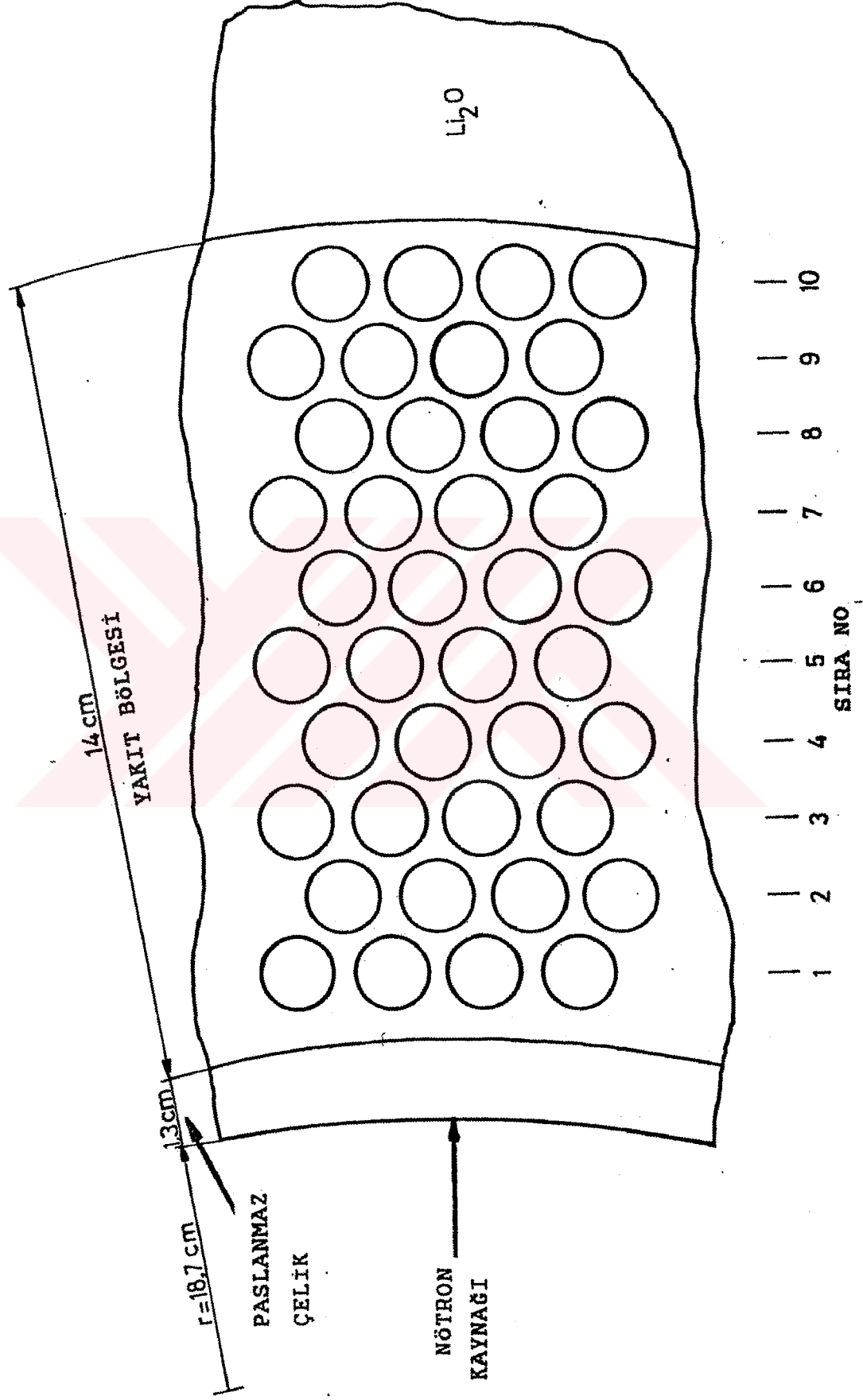
| IZOTOP | U-235 | U-236 | Np-237 | Pu-238 | Pu-239 | Pu-240 | Pu-241 | Pu-242 | TOPLAM Pu | Cm-242 | Am-241 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| YANMA | | | | | | | | | | | |
| INHD/T1 | | | | | | | | | | | |
| 0. | 7.116E+00 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 790. | 6.255E+00 | 1.329E-01 | 9.157E-04 | 9.451E-06 | 6.878E-01 | 2.603E-02 | 1.161E-03 | 2.665E-05 | 7.150E+01 | 1.482E-08 | 7.745E-07 |
| 1617. | 5.500E+00 | 2.492E-01 | 2.815E-03 | 6.974E-05 | 1.209E+00 | 1.024E-01 | 8.680E-03 | 4.316E-04 | 1.320E+00 | 5.585E-07 | 1.250E-05 |
| 2466. | 4.838E+00 | 3.506E-01 | 5.353E-03 | 2.094E-04 | 1.603E+00 | 2.112E-01 | 2.435E-02 | 1.939E-03 | 1.841E+00 | 4.023E-06 | 5.583E-05 |
| 3324. | 4.257E+00 | 4.390E-01 | 8.384E-03 | 4.450E-04 | 1.902E+00 | 3.402E-01 | 4.662E-02 | 5.241E-03 | 2.294E+00 | 1.495E-05 | 1.479E-04 |
| 4182. | 3.747E+00 | 5.159E-01 | 1.179E-02 | 7.863E-04 | 2.128E+00 | 4.805E-01 | 7.355E-02 | 1.084E-02 | 2.692E+00 | 3.895E-05 | 2.967E-04 |
| 5035. | 3.300E+00 | 5.826E-01 | 1.547E-02 | 1.237E-03 | 2.294E+00 | 6.261E-01 | 1.035E-01 | 1.904E-02 | 3.044E+00 | 8.152E-05 | 5.027E-04 |
| 5880. | 2.992E+00 | 6.494E-01 | 1.934E-02 | 1.799E-03 | 2.420E+00 | 7.726E-01 | 1.351E-01 | 3.008E-02 | 3.359E+00 | 1.473E-04 | 7.611E-04 |
| 6715. | 2.564E+00 | 6.905E-01 | 2.332E-02 | 2.467E-03 | 2.513E+00 | 9.168E-01 | 1.674E-01 | 4.379E-02 | 3.644E+00 | 2.397E-04 | 1.064E-03 |
| 7539. | 2.261E+00 | 7.337E-01 | 2.737E-02 | 3.236E-03 | 2.582E+00 | 1.057E+00 | 1.997E-01 | 6.035E-02 | 3.902E+00 | 3.697E-04 | 1.403E-03 |
| 8349. | 1.996E+00 | 7.711E-01 | 3.142E-02 | 4.100E-03 | 2.632E+00 | 1.191E+00 | 2.315E-01 | 7.961E-02 | 4.138E+00 | 5.113E-04 | 1.768E-03 |
| 9150. | 1.762E+00 | 8.032E-01 | 3.544E-02 | 5.050E-03 | 2.668E+00 | 1.319E+00 | 2.623E-01 | 1.014E-01 | 4.354E+00 | 6.911E-04 | 2.152E-03 |
| 9939. | 1.557E+00 | 8.308E-01 | 3.942E-02 | 6.079E-03 | 2.694E+00 | 1.440E+00 | 2.918E-01 | 1.257E-01 | 4.557E+00 | 8.992E-04 | 2.546E-03 |
| 10719. | 1.376E+00 | 9.545E-01 | 4.332E-02 | 7.177E-03 | 2.711E+00 | 1.554E+00 | 3.200E-01 | 1.521E-01 | 4.745E+00 | 1.134E-03 | 2.946E-03 |
| 11489. | 1.217E+00 | 8.747E-01 | 4.714E-02 | 8.337E-03 | 2.733E+00 | 1.661E+00 | 3.468E-01 | 1.807E-01 | 4.921E+00 | 1.393E-03 | 3.345E-03 |
| 12252. | 1.076E+00 | 8.918E-01 | 5.085E-02 | 9.550E-03 | 2.731E+00 | 1.762E+00 | 3.720E-01 | 2.111E-01 | 5.093E+00 | 1.674E-03 | 3.739E-03 |

Yakıt yoğunluğu 10.35900E-6 gr/m**3

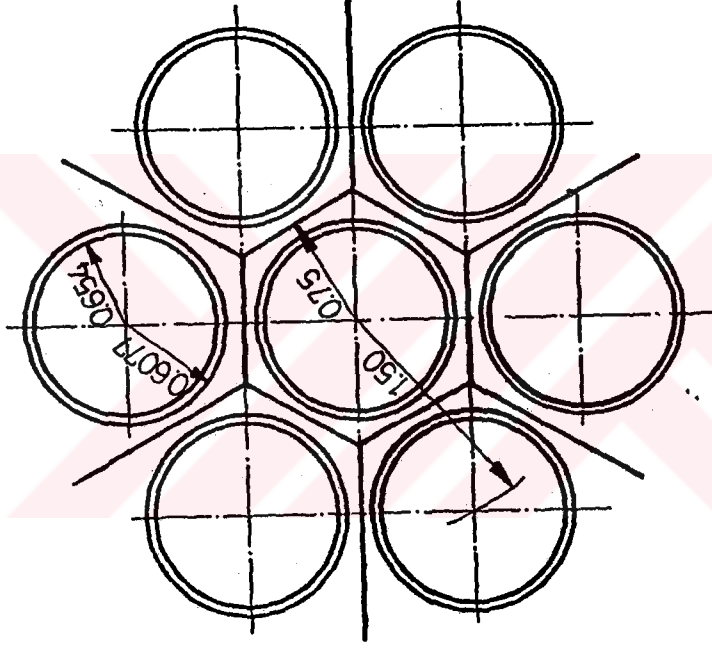
a) U-238 =994.4 gr

yanı başında ortaya çıkacak lokal fisyon ısınmasına engel olmak için, kullanılmamasını tavsiye etmektedir [13,15]. Böylece mevcut çalışmada herhangi bir berilyum tabaka kullanılmadı.





Şekil 2 : Hava soğutmalı hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının radyal yönde 10 sıra halinde altıgen dizilişi



Şekil 3 : incelenen hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının altıgen yapıdaki hücre boyutları

TABLO II

Radyal yönde,blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları

| BÖLGE | MALZEME | BOYUTLAR (cm) |
|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| Boşluk | Hava | 0 - 18.7 |
| İlk cidar | Tip 316 paslanmaz çelik | 18.7 - 20 |
| Yakıt(a) | CANDU kullanılmış yakıtı | 20 - 34 |
| Trityum üretme Reflektör | Li20 Grafit | 34 - 46 46 - 50 |
| Trityum üretme Reflektör | Li20 Grafit | 50 - 55 55 - 61 |
| Trityum üretme Reflektör | Li20 Grafit | 61 - 65 65 - 81 |

(a):Yakıt bölgesi kalınlıkları tasarlanmış birçok hibrid blankette 10 ile 20 cm arasında değişmektedir

Silindir yüksekliği=120 cm

TABLO III

Blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları (Başlangıçta)

| BÖLGE | MALZEME | ÇEKİRDEK | ÇEK. YOĞUNLUĞU |
|-----------------|--------------------------|----------|----------------|
| İlk cidar | Tip 316 paslanmaz çelik | Si | 1.71080E-3 |
| | | Cr | 1.66270E-2 |
| | | Mn | 1.75480E-3 |
| | | Fe | 5.76510E-2 |
| | | Ni | 8.18630E-3 |
| | | Mo | 1.00220E-3 |
| Yakıt | CANDU kullanılmış yakıtı | ZrC2 | 4.06902E-3 |
| | | O | 2.75098E-2 |
| | | U-235 | 3.10998E-5 |
| | | U-236 | 1.00919E-5 |
| | | U-238 | 1.36597E-2 |
| | | Np-237 | 3.76471E-7 |
| | | Pu-239 | 3.55151E-5 |
| | | Pu-240 | 1.45389E-5 |
| | | Pu-241 | 2.74685E-6 |
| | | Pu-242 | 8.30108E-7 |
| Tritiyum üretme | Li20 | Li-6 | 4.63794E-3 |
| | | Li-7 | 5.70367E-2 |
| | | O | 3.08374E-2 |
| | | Al | 3.01356E-3 |
| Reflektör | Karbon | C | 1.12840E-1 |

B Ö L Ü M 3

SAYISAL HESAPLAR

Nötronik analiz CLAW-IV Kütüphanesinin [7] nötron grup degerleri kullanılarak; nötron transport kodu ANISN [6] yardımıyla Sg-P₃ yaklaşımında yapıldı.

ANISN kodu için incelen blankete uygun hazırlanan input EK-1, çıktıları değerlendirilerek yeni bir input hazırlayan program EK-2, tritium hesabını yapan program EK-3 de verildi.

Blankette geçici olarak ortaya çıkabilecek en büyük tesirleri görebilmek için yakıt bölgesinin füzyon reaktör dizayn çalışmalarında da göz önüne alınan 2.64 MW/m² lik bir ilk cidar nötron yüküne maruz bırakıldığı kabul edildi. Bu deger 10¹⁴-2.45 ve 10¹⁴-14.1 MeV/cm².sn (denklem 1) lik bir füzyon nötron akısına tekabül etmektedir. Ayrıca PF (Plant Factor) tesis kullanım faktörü %75 olarak alındı. Nötronik hesaplar için, yakıt bölgesinde aralarında boşluk olan 10 yakıt çubuğu, 10 eşit mesafeli alt bölgeye bölündü. Bu nötron yükü altında yakıt bileşimindeki değışmeler aşağıdaki reaksiyonlar gözönüne alınarak değerlendirildi.

1) Üretim (breeder) reaksiyonları (σ_b):

U-238 (n, γ) Pu-239

Pu-239 (n, γ) Pu-240

Pu-240 (n, γ) Pu-241

Pu-241 (n, γ) Pu-242

2) Tüketim (depletion) reaksiyonları (σ_{dep}) :

U-233, U-236, U-238, Np-237, Pu-239, Pu-241 ve Pu-242 izotoplarından herbiri için ayrı ayrı yoğunlukta ortaya çıkabilecek ΔN kısmi değişimleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplandı.

Üretim reaksiyonu için :

$$+\Delta N_2 = \Delta PF. \Delta t. N_1. \int_E \sigma_{bl}(E). \phi(E). dE$$

Tüketim Reaksiyonu :

$$-\Delta N = \Delta PF. \Delta t. N \int_E \sigma_{dep}(E). \phi(E). dE$$

1 indisi asıl izotopu, 2 indisi türev izotopu gösterir.

Tablo IV 36 aya kadarlık tesis işletim periyodu için hibrit blanketteki en önemli integral nötronik dataların geçici değişimini göstermektedir. Blanket nötronik performansının genel fakat yavaş bir gelişimi gözlenebilmektedir. Hibrid blanket enerji çoğalım faktörü M üç yıl içerisinde yaklaşık %50 artmaktadır. Aynı dönemde maksimum fisyon güç yoğunluğunun ortalamasına oranı olan Γ da biraz azalma vardır. Blanket (D,T) füzyon reaktörleri için çok fazla trityum üretir. Trityum üretim bölgesi ve grafit reflektörünün sandviç katmanlı yapısı radyal yöndeki nötron kaçağını düşürür [8].

Tablo V ile XIV arasındaki farklı yakıt altbölgelelerine ait 36 aya kadar olan bir tesis işletim periyodu boyunca, yakıt izotopları atomik yoğunluklarının değişimi gösterilmiştir. Burada fisil izotopların temporal (zamana göre değişen) davranışını takip etmek çok ilginçtir. Mesela, U-235, Pu-239 ve Pu-241 uzun zaman aralığında incelendiğinde:

- Tabii fisil izotop olan U-235 kararlı bir şekilde tüketilmektedir.
- Pu-241 in atomik yoğunluğu yalnızca küçük değişimler gösterir.

TABLO IV

Hızlı parçalanmalı blankette yarı katalize (D,D) füzyon nötronu başına integral nötronik datanın tesis işletimi boyunca değişimi (Nötron enerjileri:2.45 ve 14.1 Mev dir)

| Tesis İşletim Periyodu [Aylar] | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| T6 | 1.864670 | 1.882290 | 1.900040 | 1.936090 | 1.972650 | 2.009730 | 2.047250 | 2.085200 | 2.123590 | 2.162360 | 2.201500 |
| T7 | 0.071772 | 0.071986 | 0.722041 | 0.072647 | 0.731016 | 0.735731 | 0.740507 | 0.745396 | 0.750397 | 0.755512 | 0.760734 |
| Ttotal | 1.936440 | 1.954280 | 1.972250 | 2.008740 | 2.045750 | 2.083300 | 2.121300 | 2.159740 | 2.198630 | 2.237910 | 2.277570 |
| vEf | 1.317470 | 1.359250 | 1.401310 | 1.486630 | 1.572970 | 1.660350 | 1.748580 | 1.837650 | 1.927490 | 2.018040 | 2.109200 |
| Σf | 0.428485 | 0.044260 | 0.456819 | 0.485662 | 0.514852 | 0.544398 | 0.574235 | 0.604362 | 0.634755 | 0.665387 | 0.696229 |
| M ^a | 6.717070 | 6.892820 | 7.069710 | 7.428680 | 7.792000 | 8.159770 | 8.531190 | 8.906230 | 9.284610 | 9.665990 | 1.005000 |
| r ^b | 2.391150 | 2.365740 | 2.341210 | 2.294740 | 2.251130 | 2.210120 | 2.171310 | 2.134490 | 2.099470 | 2.066050 | 2.034110 |

a) $M = (B) \text{Blankette Aşığa Çıkan Enerji} / (16.55) + 1$

b) $r = \text{Maksimum güç yoğunluğunun ortalamasına oranı}$

Birinci yakıt bölgesinde (ilk cidara komşu), fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi.

| Izotop/Av | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.05355E-5 (0.222) | 2.99779E-5 (0.219) | 2.88762E-5 (0.212) | 2.78015E-5 (0.205) | 2.67336E-5 (0.198) | 2.57324E-5 (0.191) | 2.47377E-5 (0.185) | 2.37693E-5 (0.178) | 2.28271E-5 (0.172) | 2.19109E-5 (0.166) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01345E-5 (0.074) | 1.01752E-5 (0.075) | 1.02529E-5 (0.075) | 1.03231E-5 (0.076) | 1.03860E-5 (0.077) | 1.04417E-5 (0.078) | 1.04902E-5 (0.078) | 1.05317E-5 (0.079) | 1.05662E-5 (0.079) | 1.05939E-5 (0.080) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36057E-2 (99.110) | 1.35517E-2 (98.913) | 1.34436E-2 (98.526) | 1.33354E-2 (98.145) | 1.32272E-2 (97.772) | 1.31189E-2 (97.405) | 1.30105E-2 (97.046) | 1.29020E-2 (96.694) | 1.27935E-2 (96.348) | 1.26849E-2 (96.010) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) (66.22) | 6.29660E-5 (0.458) (77.70) | 8.99637E-5 (0.657) (83.23) | 1.43057E-4 (1.048) (88.61) | 1.94343E-4 (1.430) (91.11) | 2.43839E-4 (1.802) (92.47) | 2.91563E-4 (2.165) (93.27) | 3.37532E-4 (2.518) (93.74) | 3.81764E-4 (2.861) (94.02) | 4.24277E-4 (3.195) (94.20) | 4.65091E-4 (3.520) (94.19) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) (27.10) | 1.45173E-5 (0.106) (17.91) | 1.45770E-5 (0.107) (13.49) | 1.48567E-5 (0.109) (9.20) | 1.54541E-5 (0.114) (7.25) | 1.63597E-5 (0.121) (6.20) | 1.75640E-5 (0.130) (5.62) | 1.90572E-5 (0.142) (5.29) | 2.08295E-5 (0.156) (5.13) | 2.28709E-5 (0.172) (5.08) | 2.51713E-5 (0.190) (5.10) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) (5.12) | 2.73132E-6 (0.020) (3.37) | 2.71595E-6 (0.020) (2.51) | 2.68602E-6 (0.020) (1.66) | 2.65871E-6 (0.020) (1.25) | 2.63601E-6 (0.020) (1.00) | 2.61980E-6 (0.019) (0.84) | 2.61190E-6 (0.019) (0.73) | 2.61402E-6 (0.020) (0.64) | 2.62781E-6 (0.020) (0.58) | 2.65480E-6 (0.020) (0.54) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) (1.54) | 8.32321E-7 (0.006) (1.03) | 8.34489E-7 (0.006) (0.77) | 8.38737E-7 (0.006) (0.52) | 8.42812E-7 (0.006) (0.40) | 8.46727E-7 (0.006) (0.32) | 8.50508E-7 (0.006) (0.27) | 8.54194E-7 (0.006) (0.24) | 8.57836E-7 (0.006) (0.21) | 8.61496E-7 (0.006) (0.19) | 8.65249E-7 (0.007) (0.18) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 4.07263E-7 (0.003) | 4.37956E-7 (0.003) | 4.99131E-7 (0.003) | 5.59854E-7 (0.004) | 6.20066E-7 (0.004) | 6.79711E-7 (0.005) | 7.38728E-7 (0.006) | 7.97057E-7 (0.006) | 8.54640E-7 (0.006) | 9.11418E-7 (0.007) |
| CFFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | (0.504) | (0.701) | (0.895) | (1.280) | (1.655) | (2.020) | (2.375) | (2.721) | (3.059) | (3.387) | (3.706) |

-Üstteki parantez içi değerler toplam yakıttaki izotopik oranları yüzde olarak göstermektedir.
-Altteki parantez içi değerler plutonyum yakıtındaki izotopik oranları yüzde olarak göstermektedir.

TABLO VI

ikinci yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| Izotop/ky | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.05724E-5 (0.222) | 3.00505E-5 (0.219) | 2.90176E-5 (0.212) | 2.80067E-5 (0.205) | 2.70179E-5 (0.199) | 2.60511E-5 (0.192) | 2.51044E-5 (0.186) | 2.41838E-5 (0.180) | 2.32833E-5 (0.174) | 2.24048E-5 (0.168) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01374E-5 (0.074) | 1.01812E-5 (0.074) | 1.02655E-5 (0.075) | 1.03431E-5 (0.076) | 1.04140E-5 (0.076) | 1.04785E-5 (0.077) | 1.05364E-5 (0.078) | 1.05878E-5 (0.079) | 1.06328E-5 (0.079) | 1.06714E-5 (0.080) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36127E-2 (99.120) | 1.35657E-2 (98.934) | 1.34715E-2 (98.565) | 1.33770E-2 (98.202) | 1.32822E-2 (97.845) | 1.31871E-2 (97.494) | 1.30917E-2 (97.149) | 1.29960E-2 (96.811) | 1.29000E-2 (96.478) | 1.28037E-2 (96.151) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 6.15881E-5 (0.448) | 8.72858E-5 (0.636) | 1.37932E-4 (1.009) | 1.87072E-4 (1.373) | 2.34710E-4 (1.729) | 2.80851E-4 (2.076) | 3.25499E-4 (2.415) | 3.68661E-4 (2.746) | 4.10342E-4 (3.069) | 4.50550E-4 (3.383) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45264E-5 (0.106) | 1.45874E-5 (0.106) | 1.48550E-5 (0.108) | 1.54120E-5 (0.113) | 1.62518E-5 (0.119) | 1.73675E-5 (0.128) | 1.87520E-5 (0.139) | 2.03981E-5 (0.152) | 2.22983E-5 (0.166) | 2.44448E-5 (0.183) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.7315E-6 (0.020) | 2.71957E-6 (0.020) | 2.69309E-6 (0.020) | 2.66884E-6 (0.020) | 2.64854E-6 (0.020) | 2.63386E-6 (0.019) | 2.62442E-6 (0.019) | 2.62778E-6 (0.019) | 2.63943E-6 (0.019) | 2.66280E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.32659E-7 (0.006) | 8.35172E-7 (0.006) | 8.40120E-7 (0.006) | 8.44915E-7 (0.006) | 8.49568E-7 (0.006) | 8.54099E-7 (0.006) | 8.58540E-7 (0.006) | 8.62933E-7 (0.006) | 8.67330E-7 (0.006) | 8.71794E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 4.05893E-7 (0.003) | 4.35271E-7 (0.003) | 4.93924E-7 (0.003) | 5.52346E-7 (0.004) | 6.10482E-7 (0.004) | 6.68277E-7 (0.005) | 7.25674E-7 (0.005) | 7.82616E-7 (0.006) | 8.39045E-7 (0.006) | 8.94903E-7 (0.006) |
| CFFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | (0.504) | (0.691) | (0.875) | (1.241) | (1.598) | (1.947) | (2.288) | (2.621) | (2.946) | (3.262) | (3.571) |

TABLO VII

üçüncü yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| İzotop/Ay | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.06053E-5 (0.223) | 3.01153E-5 (0.219) | 2.91442E-5 (0.213) | 2.81911E-5 (0.206) | 2.72562E-5 (0.200) | 2.63995E-5 (0.194) | 2.54414E-5 (0.188) | 2.45617E-5 (0.180) | 2.37006E-5 (0.176) | 2.28582E-5 (0.170) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01387E-5 (0.074) | 1.01840E-5 (0.074) | 1.02717E-5 (0.075) | 1.03534E-5 (0.076) | 1.04292E-5 (0.076) | 1.04991E-5 (0.077) | 1.05630E-5 (0.078) | 1.06210E-5 (0.079) | 1.06732E-5 (0.079) | 1.07195E-5 (0.080) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36178E-2 (99.128) | 1.35758E-2 (98.950) | 1.34916E-2 (98.597) | 1.34070E-2 (98.249) | 1.33220E-2 (97.905) | 1.32365E-2 (97.567) | 1.31506E-2 (97.234) | 1.30643E-2 (96.811) | 1.29776E-2 (96.584) | 1.28905E-2 (96.267) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 6.04400E-5 (0.440) | 8.50502E-5 (0.620) | 1.33640E-4 (0.976) | 1.80959E-4 (1.326) | 2.27002E-4 (1.668) | 2.71767E-4 (2.003) | 3.15250E-4 (2.331) | 3.57448E-4 (2.746) | 3.98360E-4 (2.964) | 4.37985E-4 (3.271) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45334E-5 (0.106) | 1.45954E-5 (0.106) | 1.48534E-5 (0.108) | 1.53786E-5 (0.112) | 1.61663E-5 (0.119) | 1.72116E-5 (0.127) | 1.85093E-5 (0.136) | 2.00542E-5 (0.152) | 2.18406E-5 (0.162) | 2.38627E-5 (0.178) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.73494E-6 (0.020) | 2.72313E-6 (0.020) | 2.70007E-6 (0.020) | 2.67893E-6 (0.020) | 2.66123E-6 (0.019) | 2.64847E-6 (0.019) | 2.64212E-6 (0.019) | 2.64361E-6 (0.019) | 2.65432E-6 (0.020) | 2.67559E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.32874E-7 (0.006) | 8.35608E-7 (0.006) | 8.41011E-7 (0.006) | 8.46286E-7 (0.006) | 8.51442E-7 (0.006) | 8.56496E-7 (0.006) | 8.61473E-7 (0.006) | 8.66409E-7 (0.006) | 8.71347E-7 (0.006) | 8.76341E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 4.04608E-7 (0.003) | 4.32739E-7 (0.003) | 4.88976E-7 (0.003) | 5.45141E-7 (0.004) | 6.01185E-7 (0.004) | 6.57056E-7 (0.005) | 7.12702E-7 (0.005) | 7.68069E-7 (0.006) | 8.23103E-7 (0.006) | 8.77749E-7 (0.006) |
| CFFE (U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | 10.504 | 10.682 | 10.859 | 11.209 | 11.552 | 11.888 | 12.216 | 12.538 | 12.853 | 13.161 | 13.461 |

TABLO VIII

Dördüncü yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| İzotop/AY | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.06365E-5 (0.223) | 3.01768E-5 (0.220) | 2.92646E-5 (0.213) | 2.83670E-5 (0.207) | 2.7482E-5 (0.201) | 2.66163E-5 (0.195) | 2.57636E-5 (0.189) | 2.49262E-5 (0.184) | 2.41043E-5 (0.178) | 2.32981E-5 (0.173) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01390E-5 (0.073) | 1.01848E-5 (0.074) | 1.02739E-5 (0.075) | 1.03577E-5 (0.076) | 1.04362E-5 (0.076) | 1.05094E-5 (0.077) | 1.05773E-5 (0.078) | 1.06399E-5 (0.078) | 1.06972E-5 (0.079) | 1.07492E-5 (0.080) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36219E-2 (99.136) | 1.35840E-2 (98.966) | 1.35079E-2 (98.628) | 1.34313E-2 (98.293) | 1.33542E-2 (97.963) | 1.32766E-2 (97.637) | 1.31985E-2 (97.316) | 1.31199E-2 (96.999) | 1.30408E-2 (96.686) | 1.29612E-2 (96.378) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 5.93397E-5 (0.432) | 8.29019E-5 (0.604) | 1.29499E-4 (0.945) | 1.75029E-4 (1.281) | 2.19483E-4 (1.610) | 2.62852E-4 (1.933) | 3.05126E-4 (2.249) | 3.46296E-4 (2.560) | 3.86355E-4 (2.864) | 4.25295E-4 (3.162) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45392E-5 (0.106) | 1.46016E-5 (0.106) | 1.48498E-5 (0.108) | 1.53449E-5 (0.112) | 1.60838E-5 (0.118) | 1.70633E-5 (0.125) | 1.82799E-5 (0.134) | 1.97299E-5 (0.146) | 2.14092E-5 (0.158) | 2.33135E-5 (0.173) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.73663E-6 (0.020) | 2.72648E-6 (0.020) | 2.70665E-6 (0.020) | 2.68846E-6 (0.020) | 2.67328E-6 (0.020) | 2.66245E-6 (0.019) | 2.65730E-6 (0.019) | 2.65914E-6 (0.019) | 2.66924E-6 (0.019) | 2.68886E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.33008E-7 (0.006) | 8.38883E-7 (0.006) | 8.41581E-7 (0.006) | 8.47178E-7 (0.006) | 8.52680E-7 (0.006) | 8.58101E-7 (0.006) | 8.63442E-7 (0.006) | 8.68792E-7 (0.006) | 8.74128E-7 (0.006) | 8.79516E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 4.03318E-7 (0.003) | 4.30188E-7 (0.003) | 4.83964E-7 (0.003) | 5.37791E-7 (0.004) | 5.91625E-7 (0.004) | 6.45422E-7 (0.005) | 6.99133E-7 (0.005) | 7.52708E-7 (0.005) | 8.06099E-7 (0.006) | 8.59255E-7 (0.006) |
| CFFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | (0.504) | (0.674) | (0.843) | (1.178) | (1.508) | (1.831) | (2.148) | (2.459) | (2.764) | (3.063) | (3.355) |

TABLO IX

Beşinci yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| Isotop/Ay | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.06663E-5 (0.223) | 3.02357E-5 (0.220) | 2.9801E-5 (0.214) | 2.9361E-5 (0.208) | 2.77039E-5 (0.203) | 2.68837E-5 (0.197) | 2.60758E-5 (0.192) | 2.52804E-5 (0.186) | 2.44977E-5 (0.181) | 2.37280E-5 (0.176) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01387E-5 (0.074) | 1.01844E-5 (0.074) | 1.02735E-5 (0.075) | 1.03580E-5 (0.075) | 1.04378E-5 (0.076) | 1.05127E-5 (0.077) | 1.05833E-5 (0.078) | 1.06490E-5 (0.078) | 1.07099E-5 (0.079) | 1.07660E-5 (0.080) |
| U-238 | 1.36997E-2 (99.307) | 1.36253E-2 (99.144) | 1.35907E-2 (98.981) | 1.35213E-2 (98.657) | 1.34514E-2 (98.336) | 1.33809E-2 (98.019) | 1.33099E-2 (97.706) | 1.32383E-2 (97.395) | 1.31662E-2 (97.089) | 1.30936E-2 (96.785) | 1.30204E-2 (96.486) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 5.82734E-5 (0.424) | 8.08152E-5 (0.588) | 1.23462E-4 (0.915) | 1.69233E-4 (1.237) | 2.12084E-4 (1.553) | 2.54033E-4 (1.865) | 2.95056E-4 (2.170) | 3.35140E-4 (2.471) | 3.74273E-4 (2.766) | 4.12444E-4 (3.056) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45442E-5 (0.106) | 1.46045E-5 (0.106) | 1.48450E-5 (0.108) | 1.53117E-5 (0.112) | 1.60505E-5 (0.117) | 1.69229E-5 (0.124) | 1.80633E-5 (0.133) | 1.94238E-5 (0.143) | 2.10017E-5 (0.155) | 2.27941E-5 (0.169) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.73821E-6 (0.020) | 2.72962E-6 (0.020) | 2.71285E-6 (0.020) | 2.69749E-6 (0.020) | 2.68475E-6 (0.020) | 2.67584E-6 (0.020) | 2.67197E-6 (0.020) | 2.67433E-6 (0.020) | 2.68410E-6 (0.020) | 2.70243E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.33087E-7 (0.006) | 8.36047E-7 (0.006) | 8.41929E-7 (0.006) | 8.47736E-7 (0.006) | 8.53472E-7 (0.006) | 8.59148E-7 (0.006) | 8.64782E-7 (0.006) | 8.70398E-7 (0.006) | 8.76028E-7 (0.006) | 8.81711E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 4.02038E-7 (0.003) | 4.27651E-7 (0.003) | 4.78960E-7 (0.003) | 5.30418E-7 (0.004) | 5.81986E-7 (0.004) | 6.33624E-7 (0.005) | 6.85289E-7 (0.005) | 7.36938E-7 (0.005) | 7.88527E-7 (0.006) | 8.40009E-7 (0.006) |
| CFFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)] = | (0.504) | (0.667) | (0.828) | (1.149) | (1.465) | (1.776) | (2.081) | (2.382) | (2.677) | (2.967) | (3.252) |

TABLO X

Altıncı yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| İzotop/Ay | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.06947E-5 (0.223) | 3.02917E-5 (0.220) | 2.94901E-5 (0.215) | 2.86975E-5 (0.209) | 2.79142E-5 (0.204) | 2.71403E-5 (0.199) | 2.63762E-5 (0.194) | 2.56221E-5 (0.188) | 2.48783E-5 (0.183) | 2.41550E-5 (0.178) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01379E-5 (0.074) | 1.01830E-5 (0.074) | 1.02712E-5 (0.075) | 1.03554E-5 (0.075) | 1.04355E-5 (0.076) | 1.05115E-5 (0.077) | 1.05834E-5 (0.078) | 1.06511E-5 (0.078) | 1.07146E-5 (0.079) | 1.07738E-5 (0.080) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36282E-2 (99.151) | 1.35965E-2 (98.995) | 1.35329E-2 (98.685) | 1.34687E-2 (98.377) | 1.34039E-2 (98.072) | 1.33385E-2 (97.770) | 1.32726E-2 (97.470) | 1.32061E-2 (97.173) | 1.31390E-2 (96.880) | 1.30713E-2 (96.589) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 5.72658E-5 (0.416) | 7.88399E-5 (0.574) | 1.21632E-4 (0.887) | 1.63698E-4 (1.195) | 2.05021E-4 (1.500) | 2.45586E-4 (1.800) | 2.85377E-4 (2.096) | 3.24378E-4 (2.387) | 3.62573E-4 (2.673) | 3.99948E-4 (2.955) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45485E-5 (0.106) | 1.46107E-5 (0.106) | 1.48404E-5 (0.108) | 1.52816E-5 (0.111) | 1.59339E-5 (0.116) | 1.67964E-5 (0.123) | 1.78681E-5 (0.131) | 1.91478E-5 (0.140) | 2.06340E-5 (0.152) | 2.23249E-5 (0.165) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.73972E-6 (0.020) | 2.73263E-6 (0.020) | 2.71879E-6 (0.020) | 2.70617E-6 (0.020) | 2.69585E-6 (0.020) | 2.68893E-6 (0.020) | 2.68649E-6 (0.020) | 2.68962E-6 (0.020) | 2.69941E-6 (0.020) | 2.71694E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.33129E-7 (0.006) | 8.36138E-7 (0.006) | 8.42130E-7 (0.006) | 8.48072E-7 (0.006) | 8.53967E-7 (0.006) | 8.59824E-7 (0.006) | 8.65657E-7 (0.006) | 8.71487E-7 (0.006) | 8.77341E-7 (0.006) | 8.83252E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 4.00807E-7 (0.003) | 4.25207E-7 (0.003) | 4.74125E-7 (0.003) | 5.23269E-7 (0.004) | 5.72605E-7 (0.004) | 6.22098E-7 (0.004) | 6.71712E-7 (0.005) | 7.21407E-7 (0.005) | 7.71145E-7 (0.005) | 8.20885E-7 (0.006) |
| CFFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | (0.504) | (0.659) | (0.814) | (1.122) | (1.425) | (1.724) | (2.018) | (2.309) | (2.595) | (2.876) | (3.154) |

TABLO XI

Yedinci yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| Izotop/Ay | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.07211E-5 (0.223) | 3.03440E-5 (0.221) | 2.95932E-5 (0.215) | 2.88491E-5 (0.210) | 2.81121E-5 (0.205) | 2.73823E-5 (0.200) | 2.66601E-5 (0.195) | 2.59458E-5 (0.190) | 2.52396E-5 (0.185) | 2.45418E-5 (0.181) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01370E-5 (0.074) | 1.01812E-5 (0.074) | 1.02679E-5 (0.075) | 1.03512E-5 (0.075) | 1.04310E-5 (0.076) | 1.05072E-5 (0.077) | 1.05798E-5 (0.077) | 1.06487E-5 (0.078) | 1.07139E-5 (0.079) | 1.07753E-5 (0.079) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36306E-2 (99.158) | 1.36013E-2 (99.008) | 1.35425E-2 (98.710) | 1.34831E-2 (98.414) | 1.34231E-2 (98.119) | 1.33625E-2 (97.827) | 1.33013E-2 (97.537) | 1.32395E-2 (97.249) | 1.31771E-2 (96.963) | 1.31141E-2 (96.679) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 5.63672E-5 (0.410) | 7.70777E-5 (0.561) | 1.18211E-4 (0.861) | 1.58756E-4 (1.158) | 1.98695E-4 (1.452) | 2.38012E-4 (1.742) | 2.76688E-4 (2.029) | 3.14705E-4 (2.311) | 3.52046E-4 (2.590) | 3.88694E-4 (2.865) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45524E-5 (0.106) | 1.46149E-5 (0.106) | 1.48380E-5 (0.108) | 1.52588E-5 (0.111) | 1.58777E-5 (0.116) | 1.66949E-5 (0.122) | 1.77104E-5 (0.130) | 1.89238E-5 (0.139) | 2.03347E-5 (0.149) | 2.19422E-5 (0.161) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.74120E-6 (0.020) | 2.73558E-6 (0.020) | 2.72464E-6 (0.020) | 2.71477E-6 (0.020) | 2.70495E-6 (0.020) | 2.70217E-6 (0.019) | 2.70143E-6 (0.020) | 2.70574E-6 (0.020) | 2.71611E-6 (0.020) | 2.73356E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.33153E-7 (0.006) | 8.36192E-7 (0.006) | 8.42256E-7 (0.006) | 8.48294E-7 (0.006) | 8.54308E-7 (0.006) | 8.60306E-7 (0.006) | 8.66300E-7 (0.006) | 8.72307E-7 (0.006) | 8.78351E-7 (0.006) | 8.84461E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 3.99884E-7 (0.003) | 4.22974E-7 (0.003) | 4.69703E-7 (0.003) | 5.16717E-7 (0.004) | 5.63988E-7 (0.004) | 6.11487E-7 (0.004) | 6.59181E-7 (0.005) | 7.07037E-7 (0.005) | 7.55020E-7 (0.005) | 8.03093E-7 (0.006) |
| CFFE (U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)J= | | | | | | | | | | | |
| | (0.504) | (0.653) | (0.801) | (1.097) | (1.389) | (1.677) | (1.962) | (2.244) | (2.522) | (2.796) | (3.066) |

TABLO XII

Sekizinci yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| İzotop/Ay | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.07450E-5 (0.223) | 3.03914E-5 (0.221) | 2.94866E-5 (0.216) | 2.89867E-5 (0.211) | 2.82920E-5 (0.206) | 2.76028E-5 (0.201) | 2.69193E-5 (0.197) | 2.62418E-5 (0.192) | 2.55707E-5 (0.187) | 2.49062E-5 (0.183) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01360E-5 (0.073) | 1.01793E-5 (0.074) | 1.02645E-5 (0.074) | 1.03468E-5 (0.075) | 1.04260E-5 (0.076) | 1.05021E-5 (0.076) | 1.05751E-5 (0.077) | 1.06448E-5 (0.078) | 1.07112E-5 (0.078) | 1.07743E-5 (0.079) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36325E-2 (99.162) | 1.36052E-2 (99.018) | 1.35503E-2 (98.729) | 1.34948E-2 (98.441) | 1.34387E-2 (98.155) | 1.33820E-2 (97.870) | 1.33247E-2 (97.587) | 1.32668E-2 (97.305) | 1.32083E-2 (97.025) | 1.31492E-2 (96.746) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 5.56739E-5 (0.405) | 7.57200E-5 (0.551) | 1.15582E-4 (0.842) | 1.54972E-4 (1.130) | 1.93871E-4 (1.416) | 2.32262E-4 (1.698) | 2.70125E-4 (1.978) | 3.07441E-4 (2.254) | 3.44192E-4 (2.528) | 3.80359E-4 (2.798) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45563E-5 (0.106) | 1.46201E-5 (0.106) | 1.48410E-5 (0.108) | 1.52501E-5 (0.111) | 1.58486E-5 (0.115) | 1.66375E-5 (0.121) | 1.76176E-5 (0.129) | 1.87894E-5 (0.137) | 2.01533E-5 (0.148) | 2.17094E-5 (0.159) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.74274E-6 (0.020) | 2.73866E-6 (0.020) | 2.73076E-6 (0.020) | 2.72384E-6 (0.020) | 2.71880E-6 (0.020) | 2.71657E-6 (0.020) | 2.71809E-6 (0.020) | 2.72431E-6 (0.020) | 2.73620E-6 (0.020) | 2.75474E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.33179E-7 (0.006) | 8.36249E-7 (0.006) | 8.42388E-7 (0.006) | 8.48525E-7 (0.006) | 8.54662E-7 (0.006) | 8.60805E-7 (0.006) | 8.66966E-7 (0.006) | 8.73161E-7 (0.006) | 8.79410E-7 (0.006) | 8.85739E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 3.98763E-7 (0.003) | 4.21143E-7 (0.003) | 4.66075E-7 (0.003) | 5.11341E-7 (0.003) | 5.56918E-7 (0.004) | 6.02780E-7 (0.004) | 6.48898E-7 (0.004) | 6.95244E-7 (0.005) | 7.41787E-7 (0.005) | 7.88494E-7 (0.005) |
| CFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | | | | | | | | | | | |
| | (0.504) | (0.648) | (0.792) | (1.078) | (1.362) | (1.642) | (1.920) | (2.195) | (2.467) | (2.736) | (3.002) |

TABLO XIII

Dokuzuncu yakıt bölgesinde fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

| İzotop/AY | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.07650E-5 (0.223) | 3.04310E-5 (0.221) | 2.97647E-5 (0.216) | 2.91019E-5 (0.212) | 2.84429E-5 (0.207) | 2.77879E-5 (0.203) | 2.71372E-5 (0.198) | 2.64911E-5 (0.194) | 2.58499E-5 (0.189) | 2.52139E-5 (0.185) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01353E-5 (0.073) | 1.01780E-5 (0.074) | 1.02622E-5 (0.074) | 1.03438E-5 (0.075) | 1.04228E-5 (0.076) | 1.04991E-5 (0.076) | 1.05726E-5 (0.077) | 1.06432E-5 (0.078) | 1.07109E-5 (0.078) | 1.07755E-5 (0.079) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36338E-2 (99.164) | 1.36078E-2 (99.021) | 1.35554E-2 (98.735) | 1.35024E-2 (98.450) | 1.34488E-2 (98.166) | 1.33946E-2 (97.882) | 1.33398E-2 (97.600) | 1.32844E-2 (97.318) | 1.32284E-2 (97.038) | 1.31717E-2 (96.759) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) | 5.56170E-5 (0.403) | 7.52284E-5 (0.547) | 1.14666E-4 (0.835) | 1.53719E-4 (1.120) | 1.92369E-4 (1.404) | 2.30598E-4 (1.685) | 2.68385E-4 (1.963) | 3.05710E-4 (2.239) | 3.42553E-4 (2.512) | 3.78894E-4 (2.783) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) | 1.45607E-5 (0.105) | 1.46284E-5 (0.106) | 1.48561E-5 (0.108) | 1.52706E-5 (0.111) | 1.58739E-5 (0.115) | 1.66676E-5 (0.121) | 1.76533E-5 (0.129) | 1.88324E-5 (0.137) | 2.02059E-5 (0.148) | 2.17747E-5 (0.159) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) | 2.74458E-6 (0.020) | 2.74233E-6 (0.020) | 2.73810E-6 (0.020) | 2.73483E-6 (0.020) | 2.73342E-6 (0.020) | 2.73479E-6 (0.020) | 2.73987E-6 (0.020) | 2.74963E-6 (0.020) | 2.76504E-6 (0.020) | 2.78710E-6 (0.020) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) | 8.33238E-7 (0.006) | 8.36374E-7 (0.006) | 8.42658E-7 (0.006) | 8.48966E-7 (0.006) | 8.55300E-7 (0.006) | 8.61668E-7 (0.006) | 8.68081E-7 (0.006) | 8.74554E-7 (0.006) | 8.81108E-7 (0.006) | 8.87769E-7 (0.006) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 3.98238E-7 (0.003) | 4.20104E-7 (0.003) | 4.64028E-7 (0.003) | 5.08330E-7 (0.003) | 5.52988E-7 (0.004) | 5.97981E-7 (0.004) | 6.43284E-7 (0.004) | 6.88870E-7 (0.005) | 7.34711E-7 (0.005) | 7.80778E-7 (0.005) |
| CFFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]= | (0.504) | (0.646) | (0.788) | (1.071) | (1.352) | (1.631) | (1.908) | (2.182) | (2.453) | (2.722) | (2.989) |

atomik yoğunluklarının değişimi.

| İzotop/Ay | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| U-235 | 3.10998E-5 (0.226) | 3.07765E-5 (0.223) | 3.04537E-5 (0.221) | 2.98094E-5 (0.217) | 2.91678E-5 (0.212) | 2.85291E-5 (0.208) | 2.78935E-5 (0.203) | 2.72614E-5 (0.199) | 2.66330E-5 (0.195) | 2.60086E-5 (0.190) | 2.53886E-5 (0.186) |
| U-236 | 1.00919E-5 (0.073) | 1.01358E-5 (0.073) | 1.01791E-5 (0.074) | 1.02445E-5 (0.074) | 1.03474E-5 (0.075) | 1.04282E-5 (0.076) | 1.05063E-5 (0.076) | 1.05818E-5 (0.077) | 1.06546E-5 (0.078) | 1.07246E-5 (0.078) | 1.07917E-5 (0.791) |
| U-238 | 1.36597E-2 (99.307) | 1.36336E-2 (99.156) | 1.36073E-2 (99.005) | 1.35844E-2 (98.703) | 1.35099E-2 (98.401) | 1.34467E-2 (98.099) | 1.33919E-2 (97.798) | 1.33364E-2 (97.498) | 1.32803E-2 (97.199) | 1.32236E-2 (96.900) | 1.31662E-2 (96.602) |
| Pu-239 | 3.55151E-5 (0.258) (66.22) | 5.65025E-5 (0.411) (75.69) | 7.74090E-5 (0.563) (80.94) | 1.19055E-4 (0.866) (86.55) | 1.60353E-4 (1.168) (89.42) | 2.01282E-4 (1.468) (91.10) | 2.41821E-4 (1.766) (92.15) | 2.81948E-4 (2.061) (92.85) | 3.21639E-4 (2.354) (93.30) | 3.60873E-4 (2.644) (93.60) | 3.99627E-4 (2.932) (93.79) |
| Pu-240 | 1.45389E-5 (0.105) (27.10) | 1.45669E-5 (0.106) (19.51) | 1.46461E-5 (0.106) (15.31) | 1.49074E-5 (0.108) (10.84) | 1.53776E-5 (0.112) (8.57) | 1.60594E-5 (0.117) (7.27) | 1.69559E-5 (0.123) (6.46) | 1.80690E-5 (0.132) (5.95) | 1.94010E-5 (0.142) (5.62) | 2.09539E-5 (0.153) (5.43) | 2.27293E-5 (0.166) (5.33) |
| Pu-241 | 2.74685E-6 (0.020) (5.12) | 2.74773E-6 (0.020) (3.68) | 2.74864E-6 (0.020) (2.87) | 2.75077E-6 (0.020) (2.00) | 2.75405E-6 (0.020) (1.54) | 2.75944E-6 (0.020) (1.25) | 2.76834E-6 (0.020) (1.05) | 2.78157E-6 (0.020) (0.92) | 2.80039E-6 (0.020) (0.81) | 2.82598E-6 (0.020) (0.73) | 2.85956E-6 (0.021) (0.67) |
| Pu-242 | 8.30108E-7 (0.006) (1.59) | 8.33411E-7 (0.006) (1.11) | 8.36729E-7 (0.006) (0.87) | 8.43398E-7 (0.006) (0.61) | 8.50132E-7 (0.006) (0.47) | 8.56935E-7 (0.006) (0.39) | 8.63817E-7 (0.006) (0.33) | 8.70792E-7 (0.006) (0.29) | 8.77880E-7 (0.006) (0.25) | 8.85106E-7 (0.006) (0.22) | 8.92504E-7 (0.006) (0.21) |
| Np-237 | 3.76471E-7 (0.002) | 3.98745E-7 (0.003) | 4.21130E-7 (0.003) | 4.66118E-7 (0.003) | 5.11536E-7 (0.004) | 5.57363E-7 (0.004) | 6.05578E-7 (0.004) | 6.50156E-7 (0.005) | 6.97071E-7 (0.005) | 7.44295E-7 (0.005) | 7.91798E-7 (0.006) |
| CFE [(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)] = | (0.504) | (0.654) | (0.804) | (1.104) | (1.598) | (1.696) | (1.989) | (2.280) | (2.569) | (2.855) | (3.139) |

-üstteki parantez içi değerler toplam yakıtta izotopik oranları yüzde olarak göstermektedir.
-Altta parantez içi değerler pulutonyum yakıtındaki izotopik oranları yüzde olarak göstermektedir.

- Pu-239 un atomik yoğunluğu bu hızlı parçalanmalı hibrid blankette kararlı olarak artar. Blanketin enerji çoğalımı bu tip hibrid güç tesisinin sahip olacağı elektrik üretimine karşı gelecek şekilde relatif olarak yükselir.

- Şekil 4 tesis işletimi sırasında temporal değişimi ve izotopların (CFI) (U-235, Pu-239, Pu-241) artışını göstermektedir.

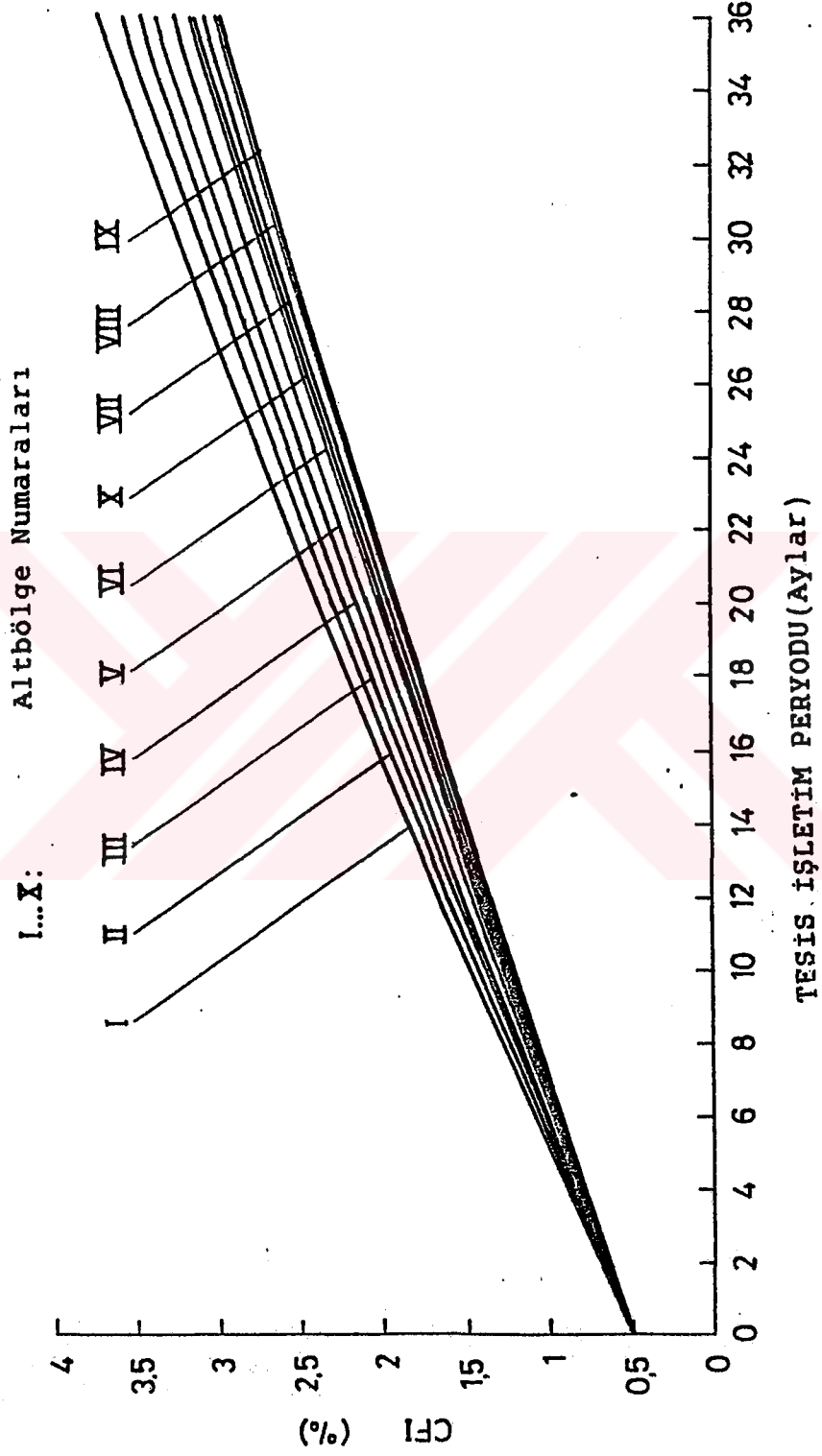
- Fisil yakıt bölgesindeki yakıt çubuklarının pozisyonuna bağlı olarak yaklaşık 5-7 aylık bir gençleştirme zamanından sonra konvansiyonel bir CANDU reaktöründe tekrar kullanılabilir hale gelmektedir.

- Aynı şekilde CFI'nın %1 artması için 6-9 aylık bir gençleştirme süresi gerekir. Bu yakıtın kalitesi konvansiyonel tip bir CANDU reaktöründe daha yüksek yakıt tüketim oranlarının sağlanmasını mümkün kılar [9].

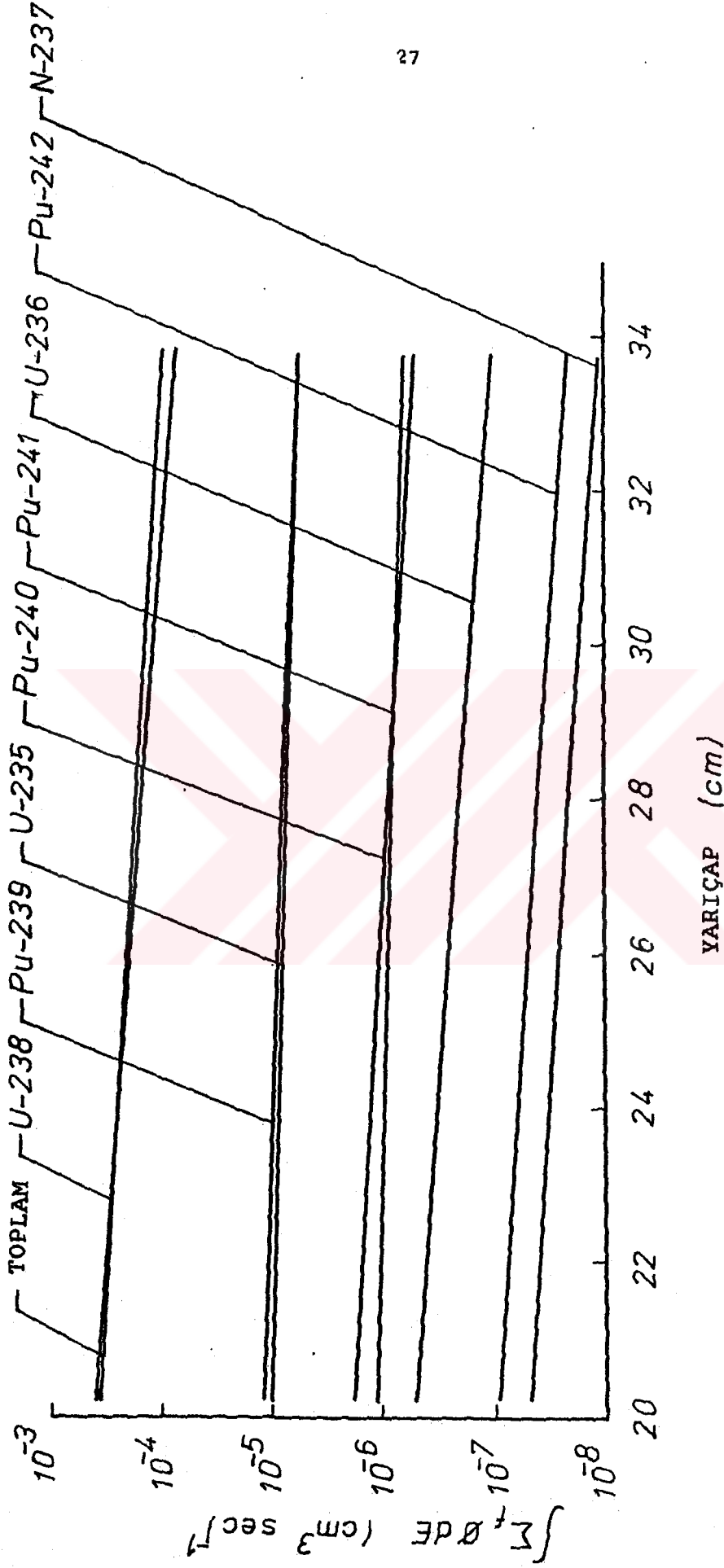
- Konvansiyonel LWRs de tükenmiş CANDU yakıtının kullanılması için 30 aydan fazla gençleştirme periyoduna ihtiyaç duyulur. İlk cidarda daha yüksek nötron akısı, gençleştirme periyodunu daha da kısa sürede tamamlayacaktır.

- Daha önce belirtildiği gibi M değeri 3 yıl içerisinde yaklaşık %50 artmaktadır. Çok uzun bir dönemde M sayısı, tesis işletim periyodunda taze tabii uranyumla yüklenmiş hibrid reaktöründe [11] karşılaştırıldığında pratik olarak sabit kabul edilebilir. Bu çalışmada nükleer yakıtın tüketilen ve üretilen izotopları başlangıçta denge sağlayacak şekildedir. Bunlardan sadece Pu-239 M nin değerinin hızını keser.

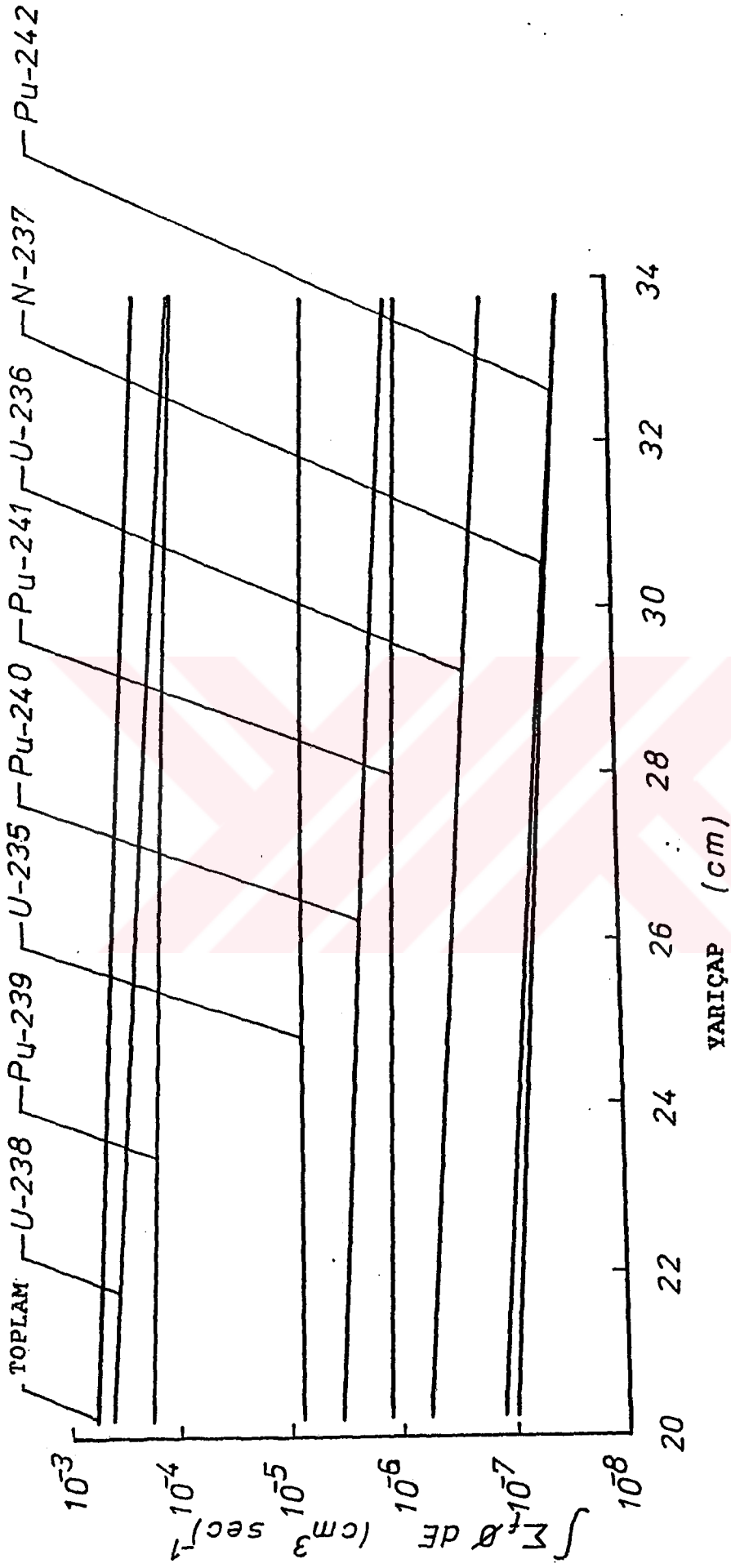
Şekil 5 ve 6 blanket içerisinde farklı izotoplara ait ve 36 ay sonundaki fisyon nötron oranlarını göstermektedir. En etkin fisyon olayı U-238 de meydana gelmekte ve bunu Pu-239 önemli bir takip etmekte ve diğer bütün fisyon bileşenleri oldukça sabit bir fisyon olayına maruz kalırlar.



Şekil 4 : Hava soğutmalı hibrid blankette 3 yıllık bir tesis işletim periyodu boyunca kümülatif fisil yakıt birikimi



Şekil 5 : Hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına füzyon nötron yoğunluğu (başlangıçta)



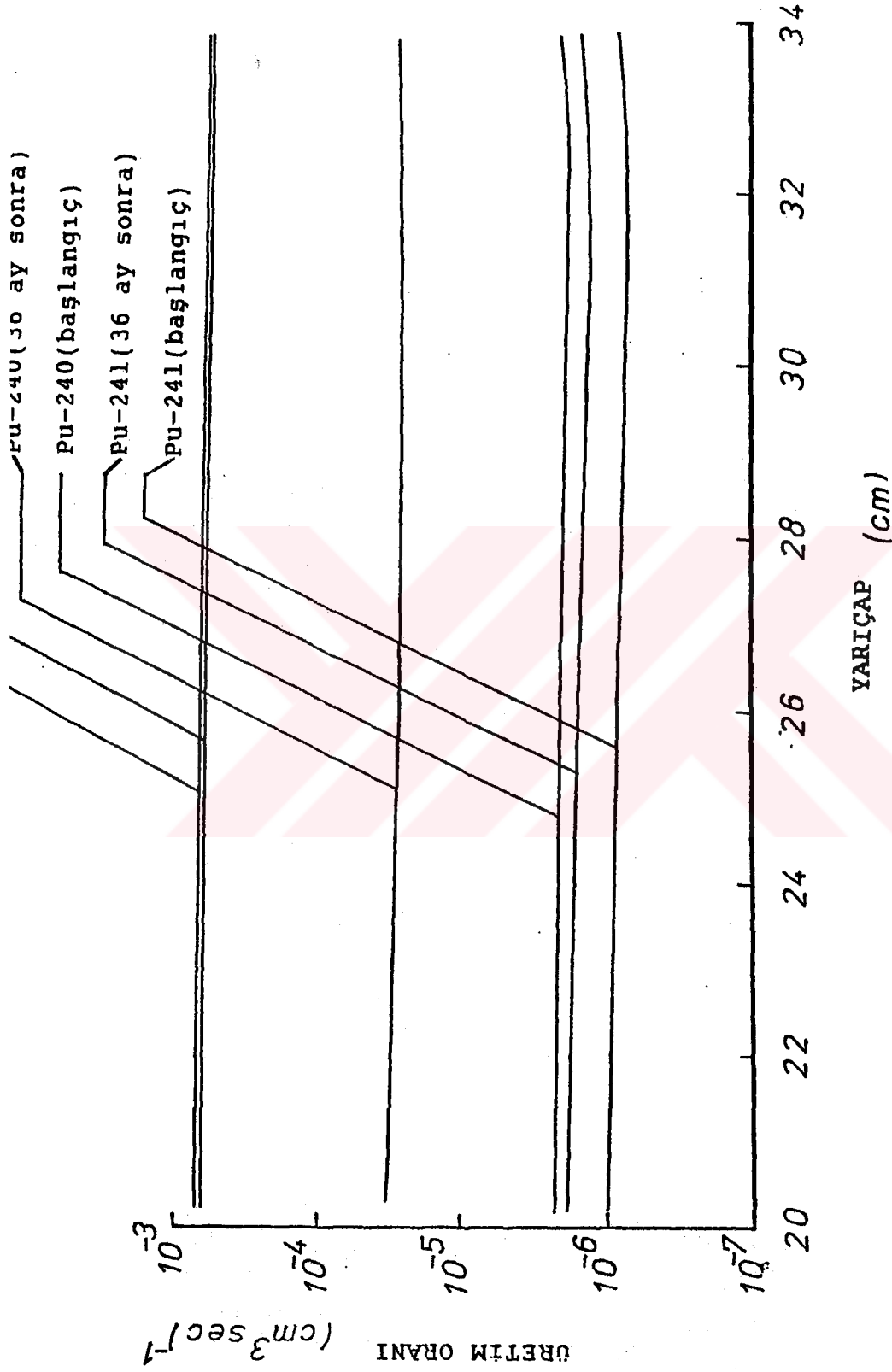
Şekil 6 : Hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına füzyon nötron yoğunluğu (36 ay sonra)

Şekil 7 blanket içerisinde Pu-239, Pu-240 ve Pu-241 in oluşma oranlarını (build-up) göstermektedir. Bunlarda yaklaşık olarak sabittir. Bu yüzden pozitif anlamda çok düşük bir düşme olsa bile fisyon enerji üretim yoğunluğu tesis işletim periyodu boyunca değişmez ve maksimum fisyon güç yoğunluğunun ortalamasına oranı olan β da yaklaşık olarak sabit kalır. Relatif olarak n sayısındaki yavaş artış uzun bir tesis işletim dönemi için tesisin nükleer olmayan kısımlarının optimal olarak kullanılabilmesi sonucunu doğurur.

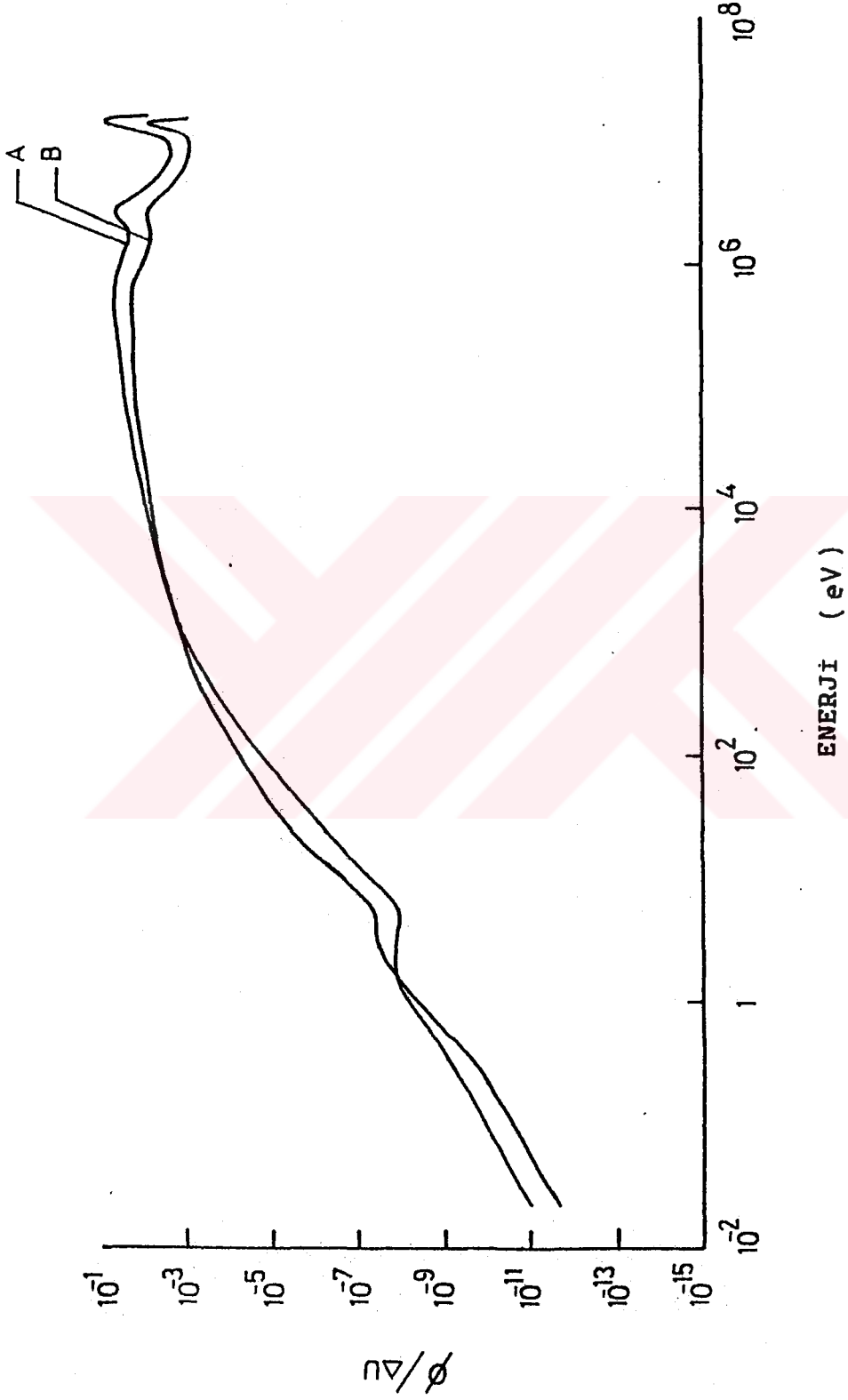
Bu çalışmada gençleştirme nükleer yakıtın yanması sırasındaki reaktif kayıpların telafisi için hesap edildi. Xe-135 gençleştirmeden sonraki birkaç gün içerisinde kaybolacağından yakıttaki hesaplanan fisyon ürünleri (FP_g) için aşırı bir reaktivite göz önüne alınmamıştır. Diğer kararlı ve önemli bir fisyon ürünü Sm-149 reaktör reaktivitesi üzerinde küçük etkileri olacak ve Şekil 4 deki gençleştirme periyotlarına birkaç ay ilave edilmesine neden olacaktır.

Hesaplardaki fisyon ürünlerinin varoluşu, sonucu etkilemez ama nötronik analizde gereksiz komplikasyonlara sebep olabilir.

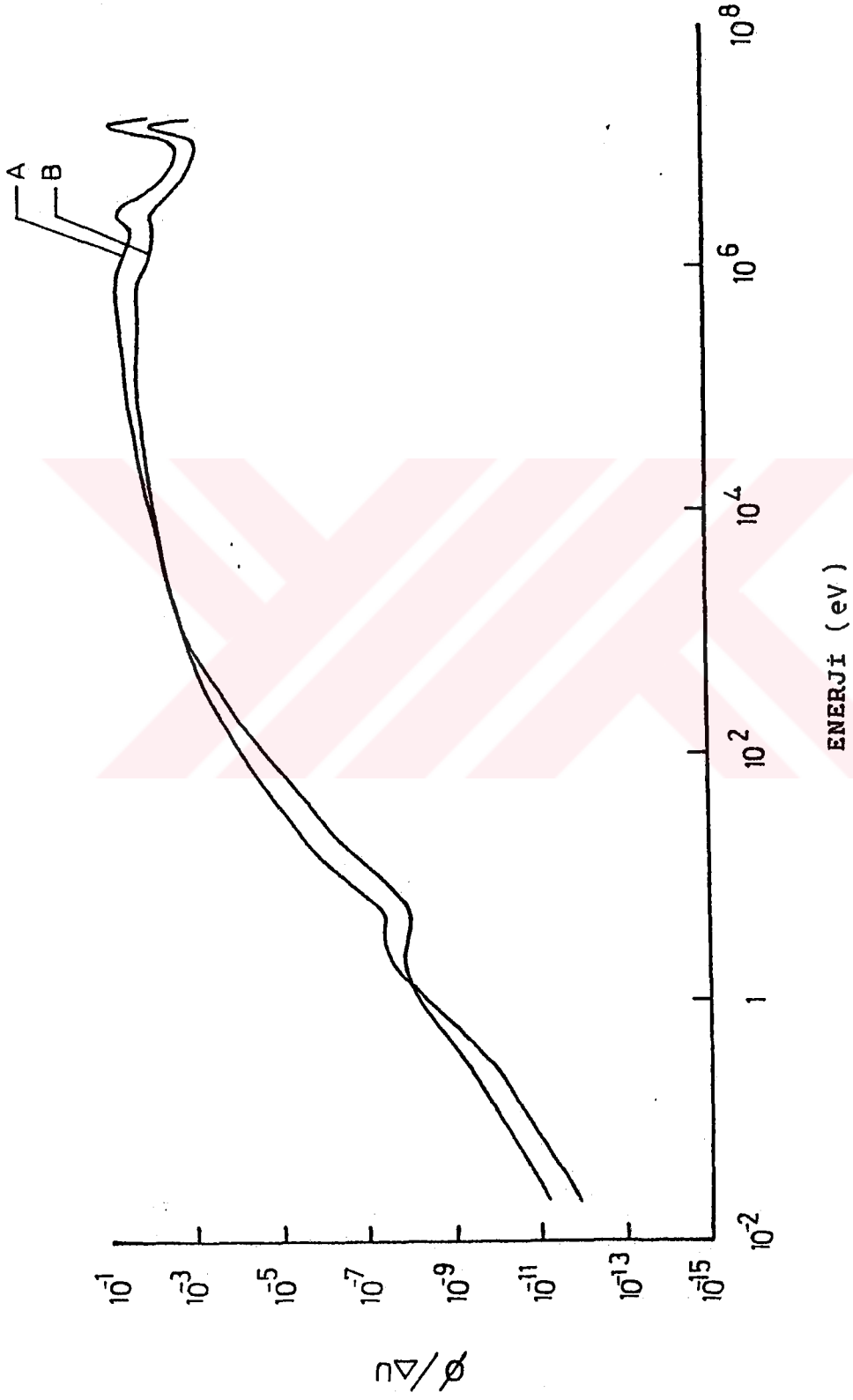
Şekil 20 tesis işletim periyodunun bir fonksiyonu olarak hibrid blankette fisil yakıtın ortalama yanma oranını göstermektedir. Önemli elektrik üretimi ile birlikte çok yüksek yanma değerlerine çıkılabileceği görülmektedir. Giriş bölümünde belirtildiği gibi oksit yakıt sisteminin tam ekonomik çalışabilmesi için 200000 MW gün/ton luk yanmaya ihtiyaç vardır [3,4]. Dikkate alınması gereken bir durumda, Şekil 4 ve 20 den görüleceği gibi aynı CANDU tüketilmiş yakıt yığınları, hibrid blankette gençleştirildikten sonra CANDU reaktörlerinin bütün tiplerinde (Konvansiyonel ve geliştirilmiş) fazladan birkaç çevrimde daha kullanılabilir. 200000 MW.gün/ton luk yanmadan sonraki gençleştirme derecesi LWR için sadece bir çevrim için kullanma imkanı verir.



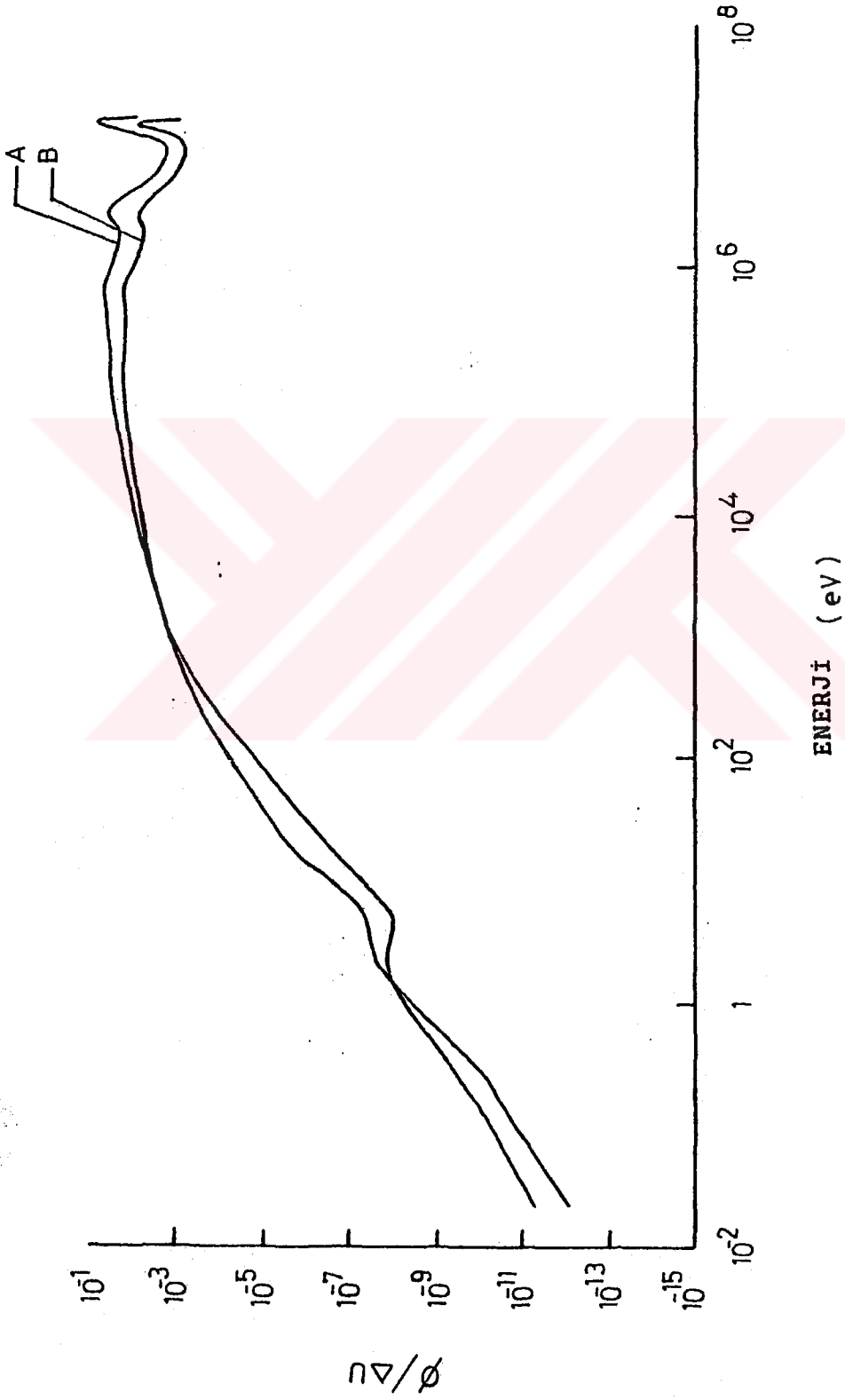
Şekil 7 : Hibrid blankette füzyon nötron başına Pu-239, Pu-240 ve Pu-241'in oluşma oranları



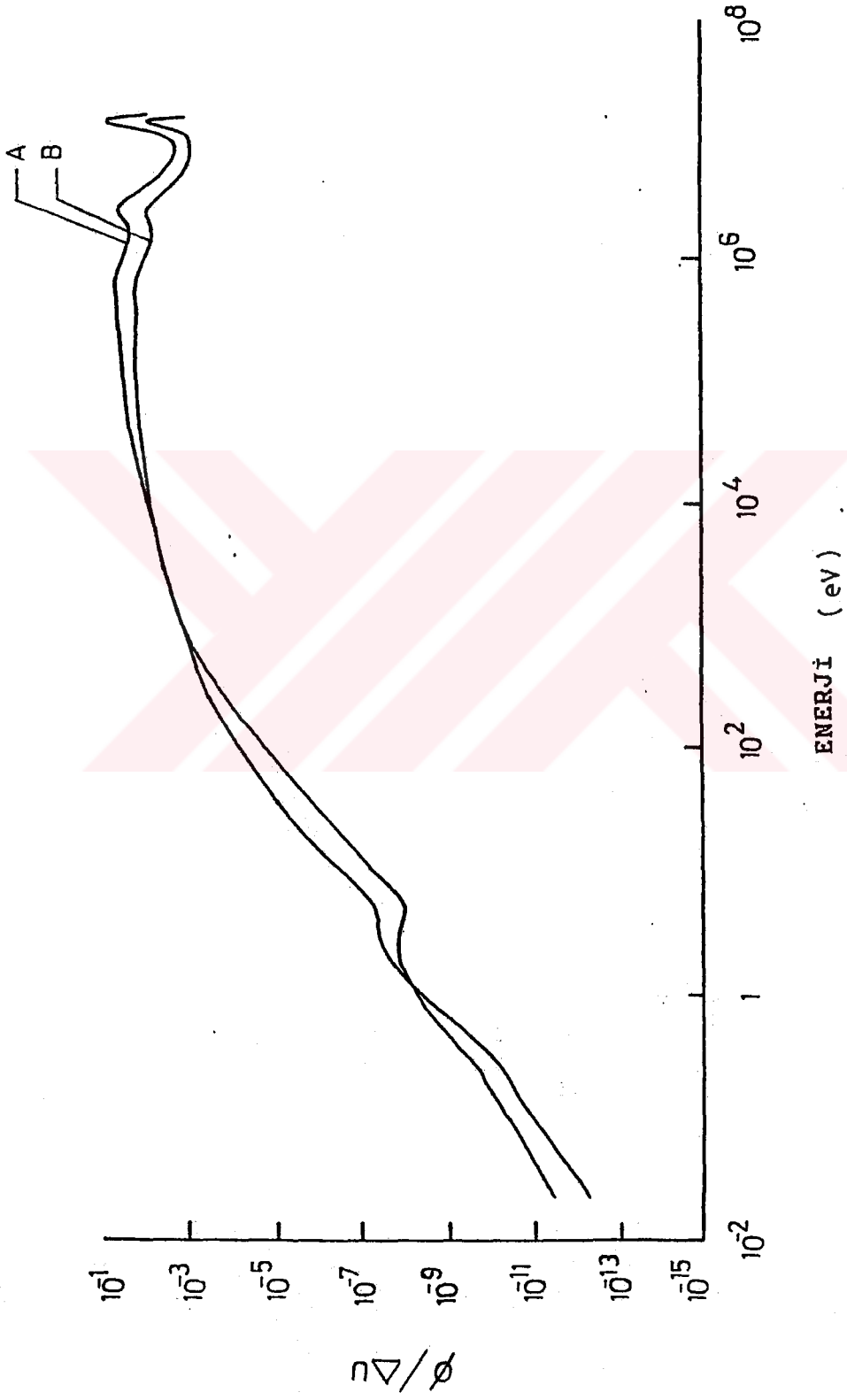
Şekil 8 : Hibrİd blankeeete yakıt bölgesindeki nötron spektrumunu
(başlangıçta)
A : ilk cidara bitişik yakıt bölgesi
B : ilk Li20 bölgesine bitişik yakıt bölgesi



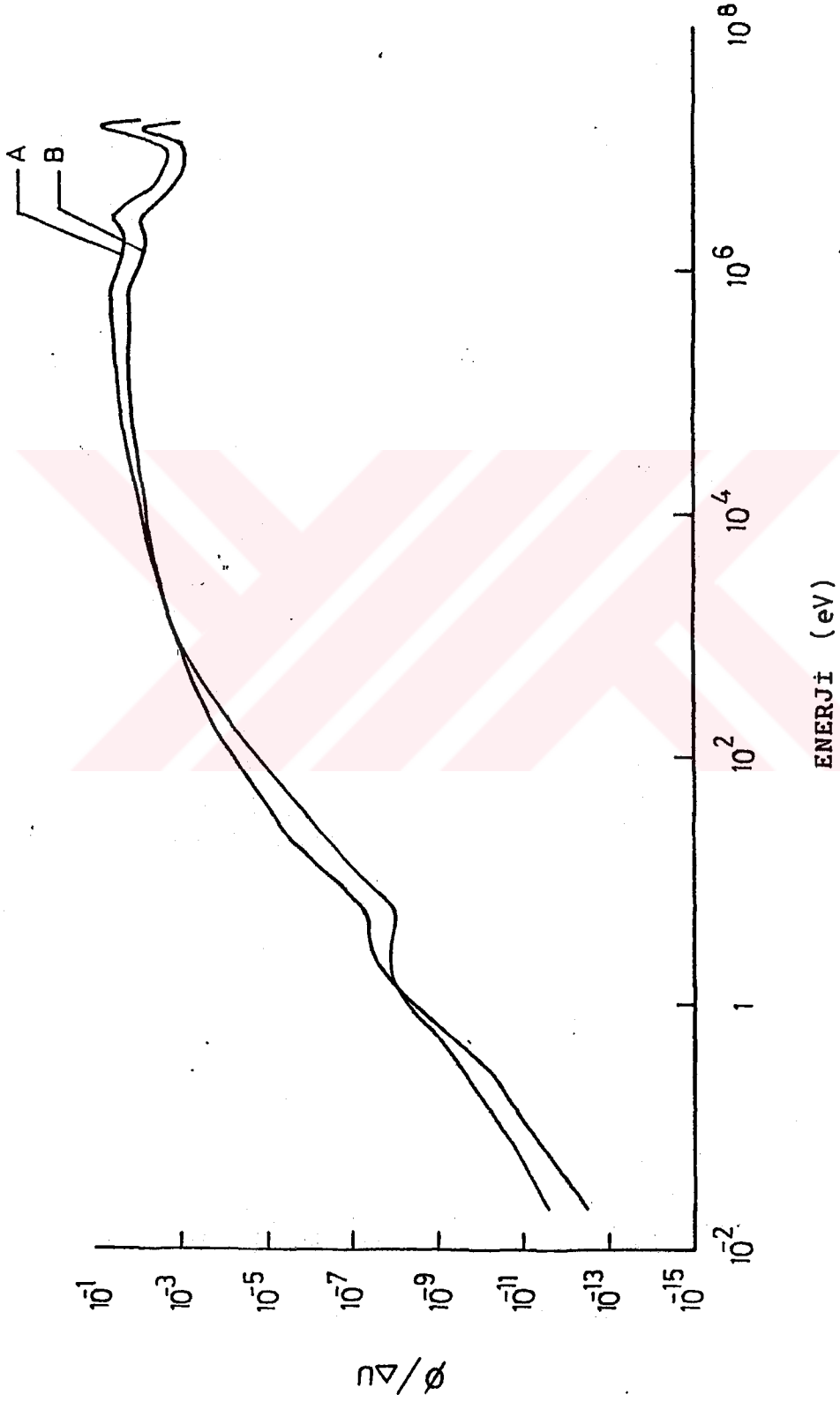
Şekil 9 : Hibrİd blankette yakıt bölgesindeki nötron spekturumu
(2 ay sonra)



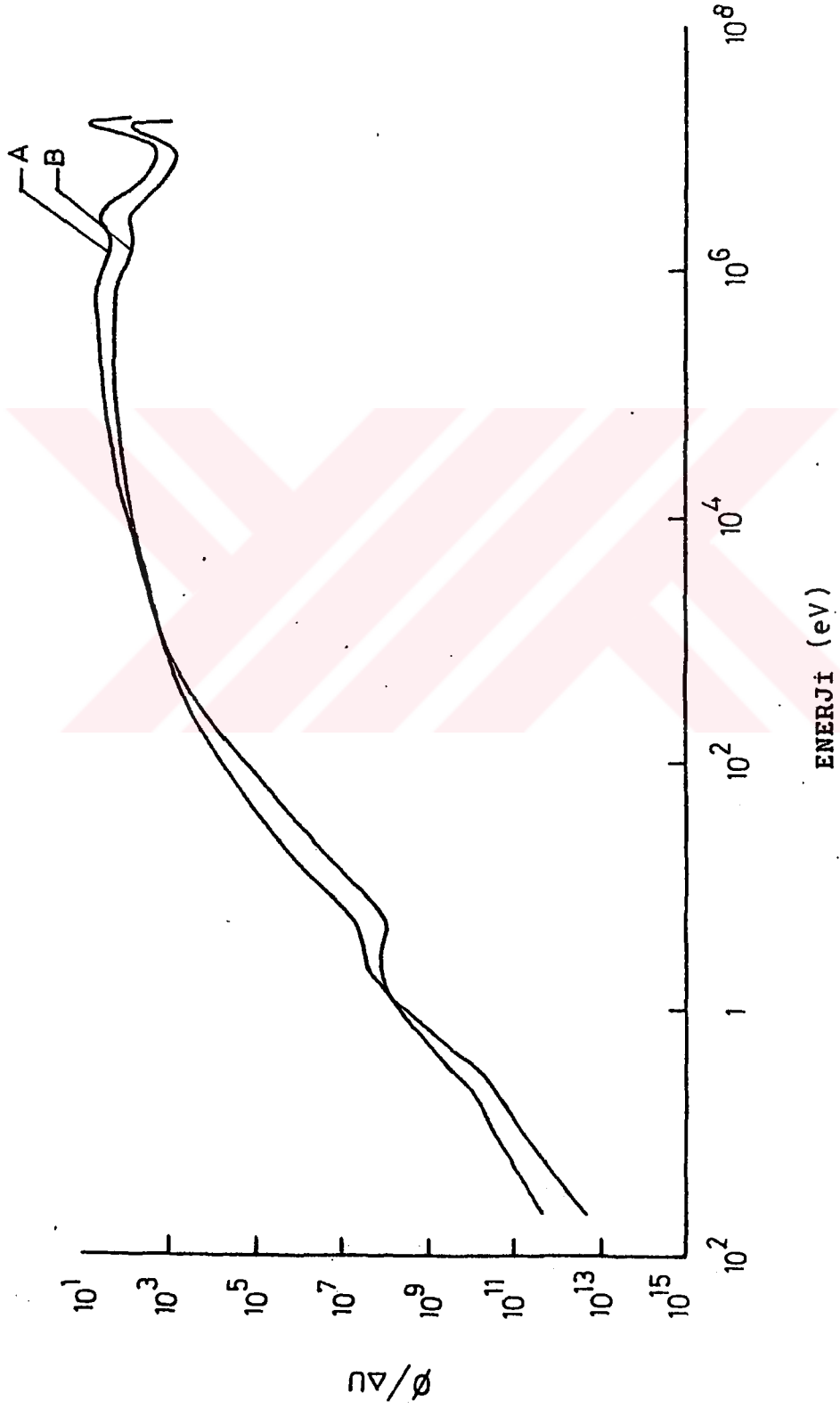
Şekil 10: Hibrİd blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(4 ay sonra)



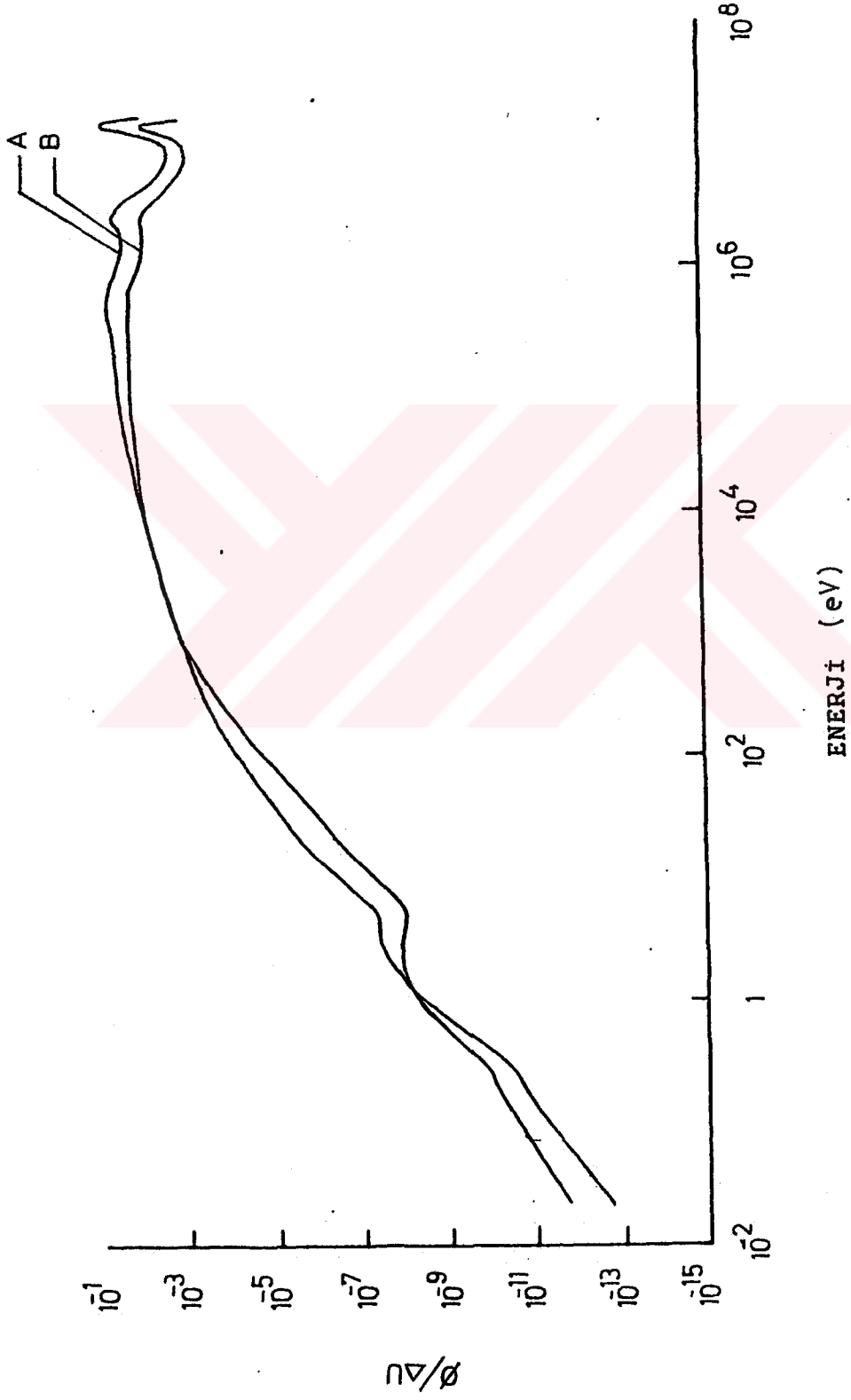
Şekil 11: Hibrİd blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(8 ay sonra)



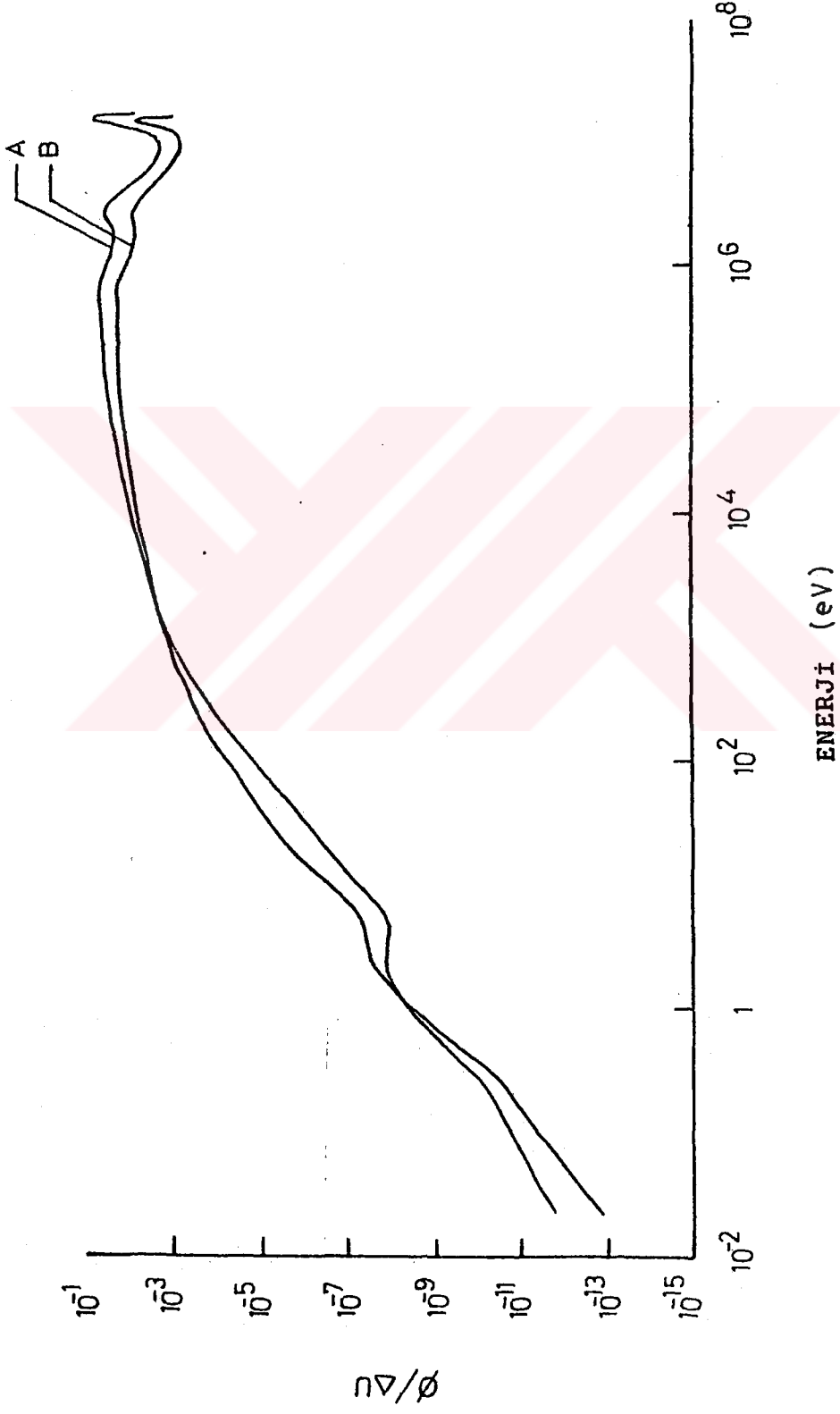
Şekil 12: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(12 ay sonra)



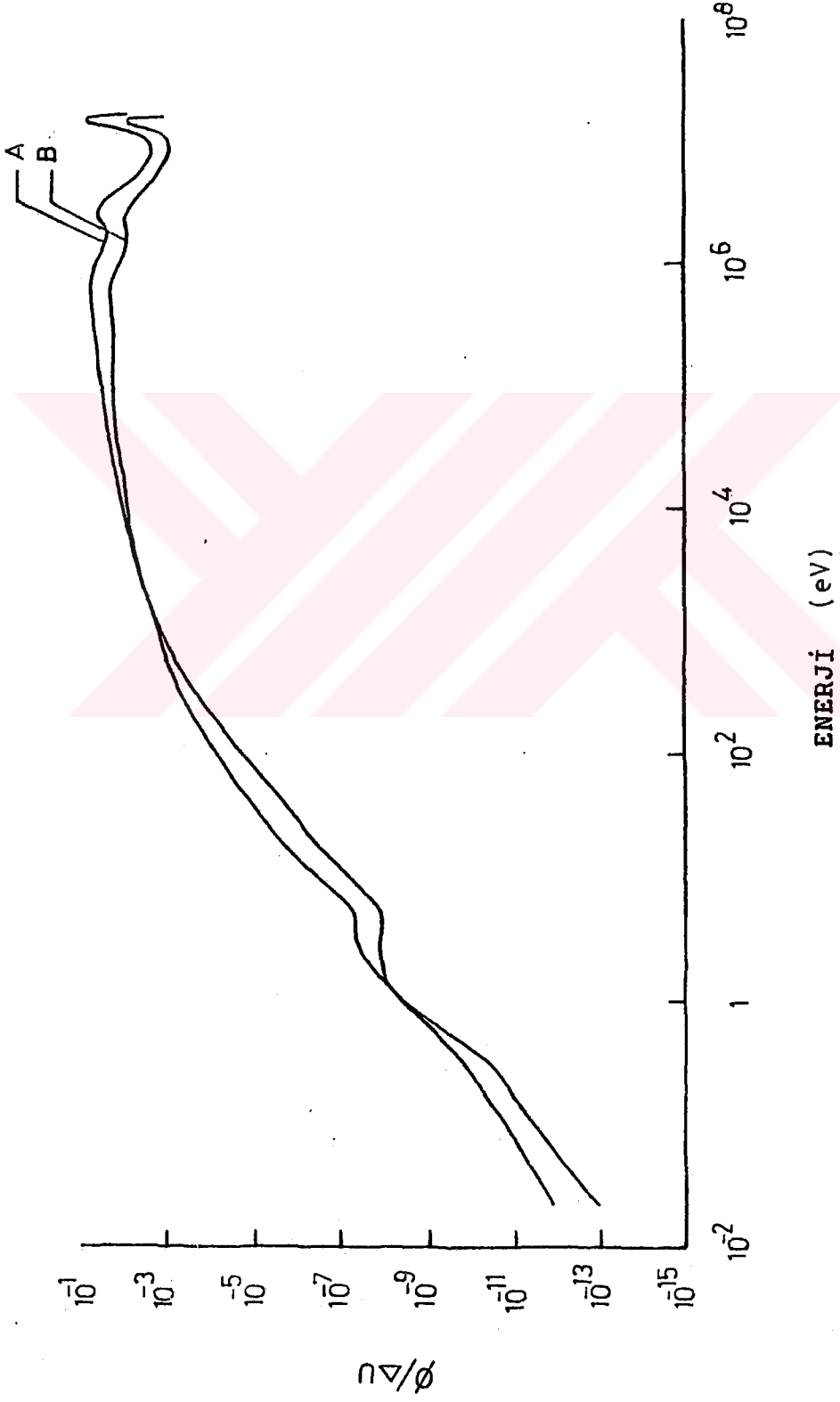
Şekil 13: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(16 ay sonra)



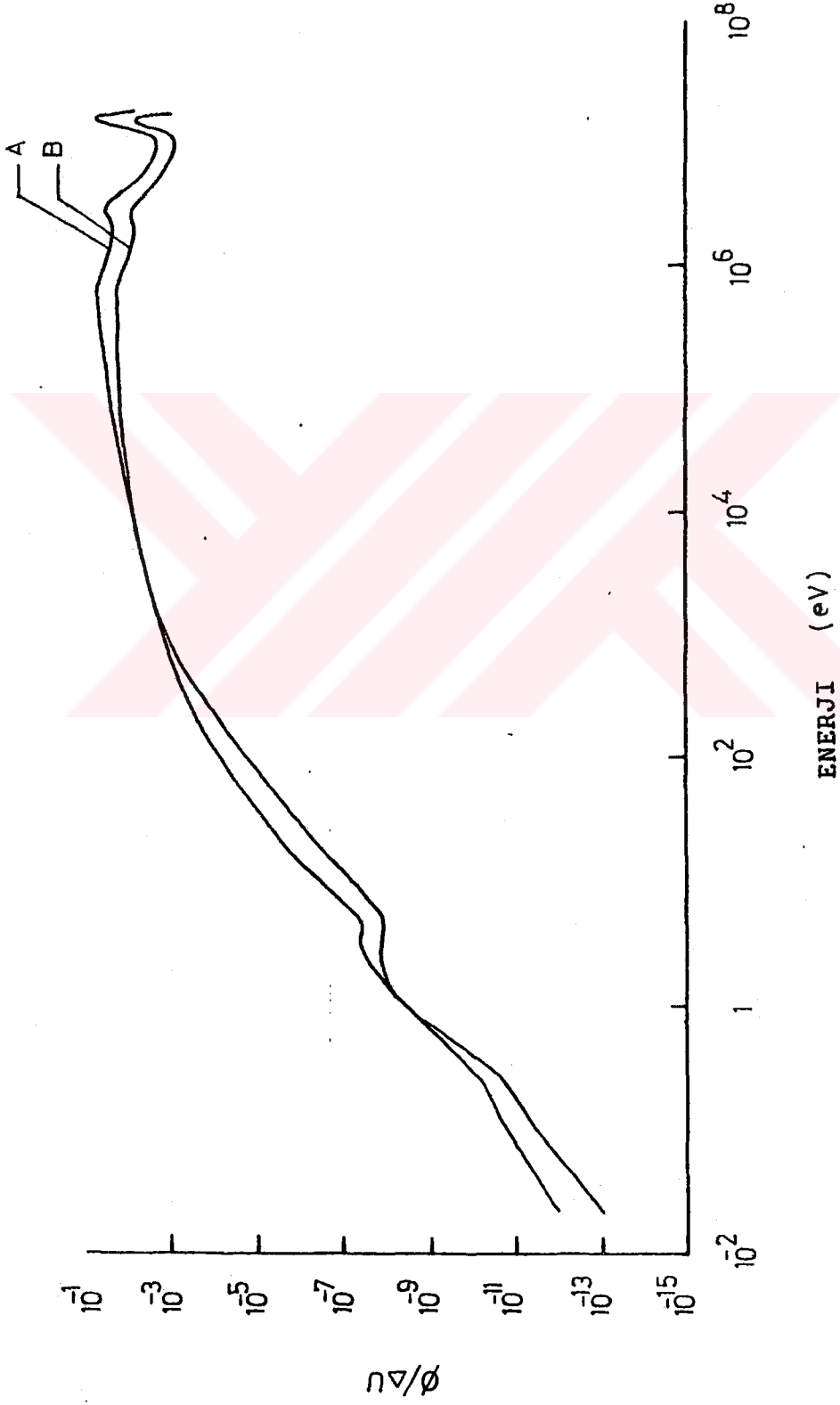
Şekil 14: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumunu
(20 ay sonra)



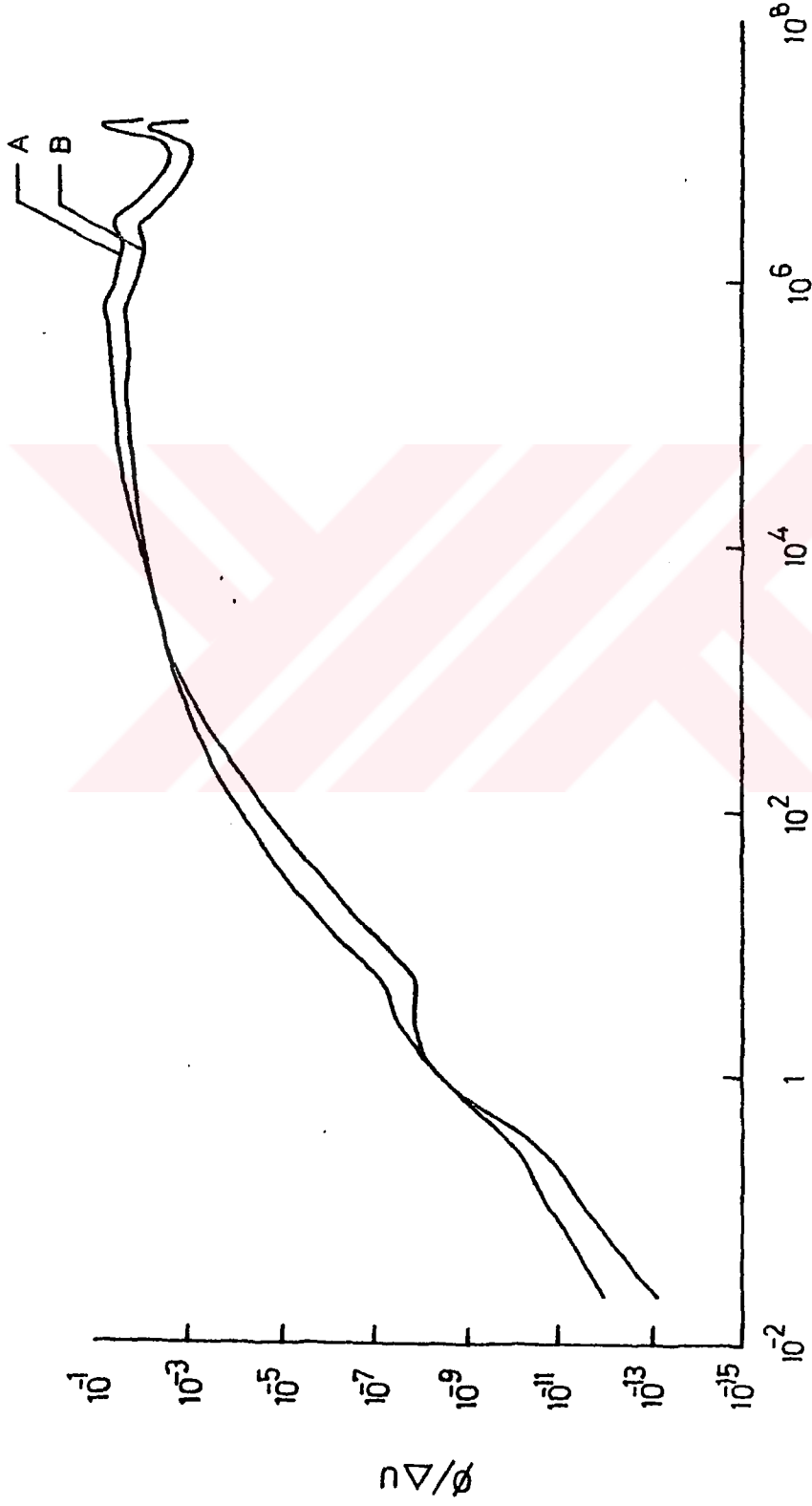
Şekil 15: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(24 ay sonra)



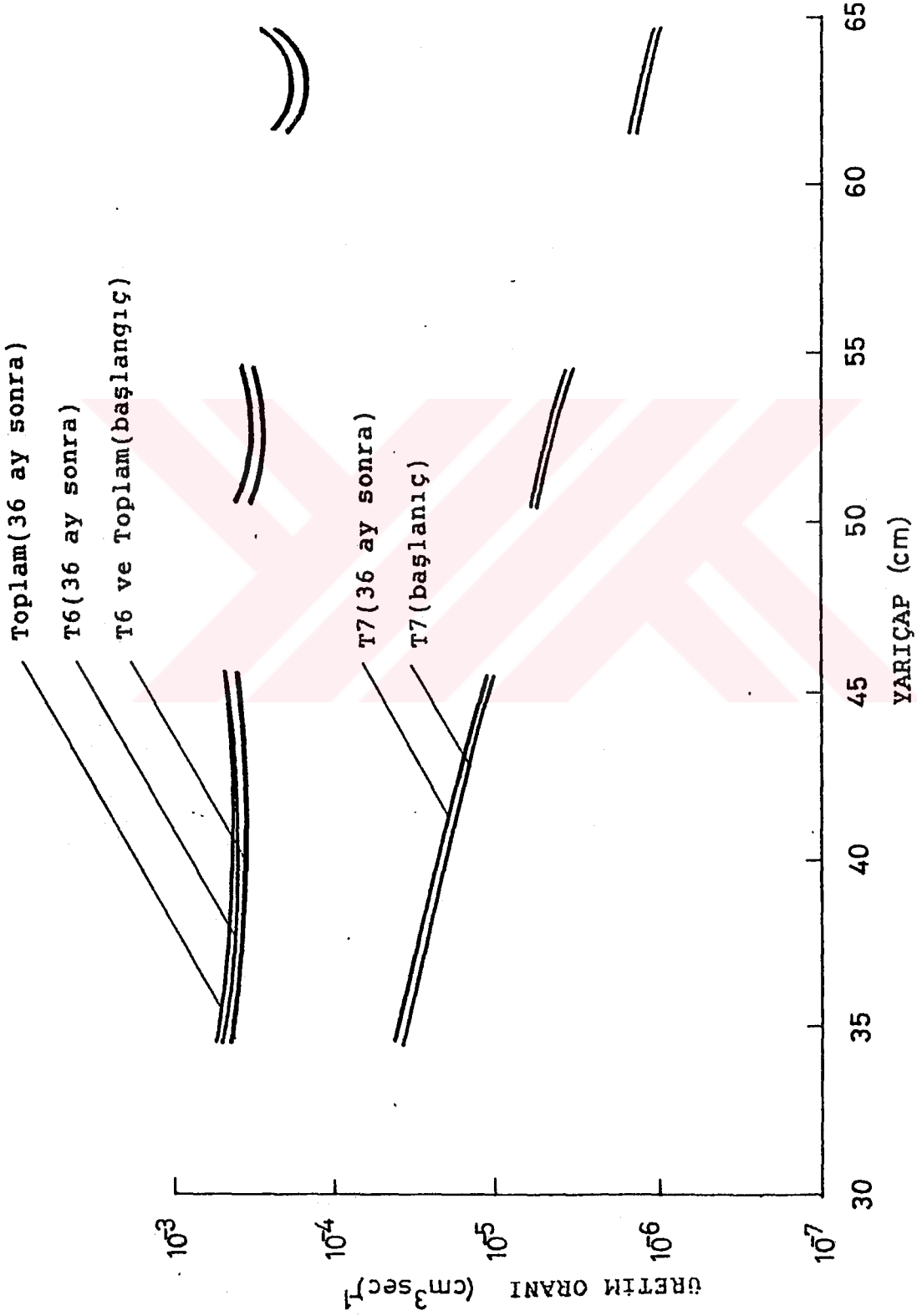
Şekil 16: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(28 ay sonra)



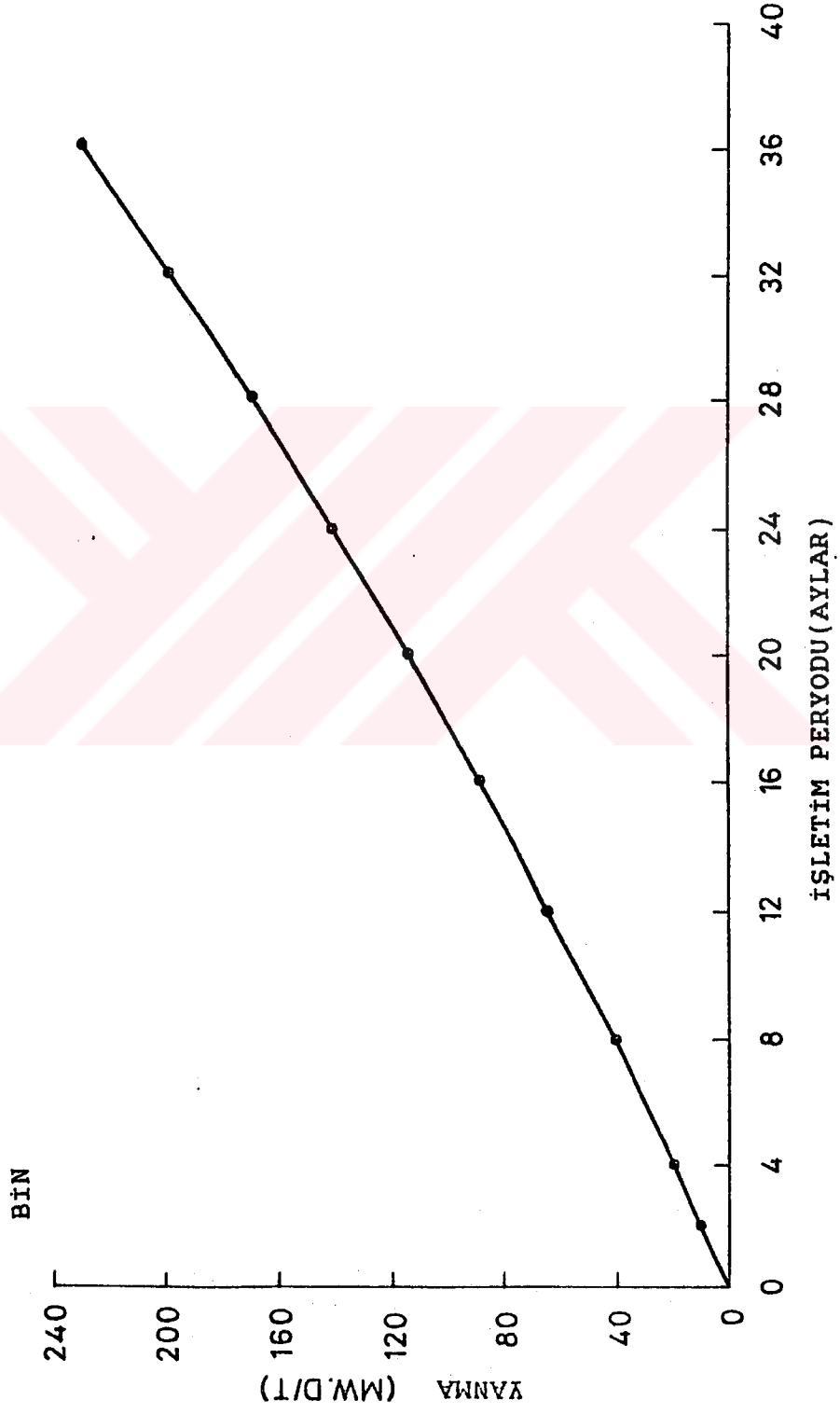
Şekil 17: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumunu
(32 ay sonra)



Şekil 18: Hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu
(36 ay sonra)



Şekil 19: Hibrid blankette füzyon nötron başına trityum üretim oranı



Şekil 20 : Tesis işletim periyodu boyunca hibrit blankette fisil yakıtın ortalama yanma oranı.

B Ö L Ü M 4

SONUÇLAR

Bu çalışmada, yarı katalize edilmiş füzyon nötron sürücülü hibrid blankette CANDU tüketilmiş yakıtının gençleştirilmesinin mümkün olabileceği dikkatlice bir inceleme sonucunda ortaya konmuştur. Burada çıkarılacak ana sonuçlar şöyle sıralanabilir.

a) CANDU tüketilmiş yakıtı kullanan hızlı parçalanmalı yarı katalize füzyon nötron sürücülü bir hibrid blanket mükemmel nötronik performans sergiler. Böyle bir blanket önemli miktarda tesis içi elektrik üretimini sağlarken, dikkate değer bir periyot içerisinde değişik uygulama amaçları için CANDU tüketilmiş yakıtını da gençleştirmektedir.

b) Tüketilmiş yakıt gençleştirme periyodu, konvansiyonel bir CANDU reaktöründe tekrar kullanım için relatif olarak kısadır. (5 ile 7 ay). Bu periyot ileri CANDU uygulamaları için artmaktadır. Yaklaşık 30 aydan sonra tüketilmiş yakıt bir konvansiyonel LWR de kullanım için uygundur.

c) CANDU tüketilmiş yakıtını içinde bulunduran bir hibrid blankete ait başlangıç yakıt yükünde önemli miktarda farklı fisil izotopların varlığı, M blanket enerji çoğalımının relatif olarak yavaş bir düzeyde artmasını ortaya çıkarır. Çünkü Pu-239 dışında bu izotopların tüketilme ve üretilme oranları yaklaşık olarak aynı seviyededir. Esas olarak M'deki tesis işletim periyodları içerisinde tesisin nükleer olmayan kısımları için yapılacak yatırımın iyi bir şekilde kul-

lanılmasına müsaade eder. Böyle bir durum başlangıçta tabii uranyum yüklenmiş bir hibrid blanket için geçerli değildir.

d) Başlangıç yakıtının tabii olmayan karakteri bir hibrid reaktörde tesis işletiminin en az 36 ayı boyunca korunmaktadır. Yakıt geliştirilmesinin bu tipi uluslararası emniyet sınırlarına uygun kabul edilebilir.

Özetle hızlı parçalanmaya dayalı bir hibrid blanket, nötronik davranışın bütün incelenen kriterleri için CANDU tüketilmiş yakıt geliştirilmesi açısından çok uygundur.



Y A R A R L A N I L A N K A Y N A K L A R

- 1) S.ŞAHİN, H.YAPICI, Rejuvenation of CANDU Spent Fuel in a Hybrid Blanket, Transactions of the American Nuclear Society 1989, Vol.59 pp.105-105, Annual Meeting, Atlanta (June 4-8, 1989).
- 2) S.ŞAHİN, H.YAPICI, Investigation of the Neutronic Potential of Moderated and Fast (D,T) Hybrid Blankets for Rejuvenation CANDU Spent Fuel, Fusion Technology (in press).
- 3) LEGGERTT, R.D., R.P. OMBERG, Mixed Oxide Fuel Development, Proceedings of the International Conference on Fast Breeder Systems, Pasco, Washington (1987).
- 4) WALTAR, A.E., L.W. DEITRICH, Status of Research on Key LMR Safety Issues, Nuclear Safety, Vol.29, No.2, pp.125-148 (1988).
- 5) G.L. KULCINSKI, et al., APOLLO-An Advanced Fuel Fusion Power Reactor for the 21 st. Century, Fusion Technology, Vol.15, pp.1224-1233 (March 1989).
- 6) W.W. ENGLE, Jr., ANISN, A One-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering; K-1693, OAK Ridge National Laboratory (1970).
- 7) T.A. AL-KUSAYER, S. ŞAHİN, A. DRIRA CLAW-IV Coupled 30 Neutrons 12 Gamma-Ray Group Section with Retrieval Programs for Radiation Transport Calculations, Radiation Shielding Information Centre OAK Ridge National Laboratory, RSIC-Newletter, pp.4 (May 1988).

- 8) S.ŞAHİN, T. A. AL-KUSAYER, and M. ABDUL RAOOF, Preliminary Design Studies of a Cylindrical Experimental Hybrid Blanket with Deuterium-Tritium Driver, Fusion Technology, Vol.10, pp.84 (1986).
- 9) G. L. BROOKS, Advances in Commercial Heavy Water Reactor Power Stations, Proc. from the 8th. Pasific Basin Nuclear Conference, Trans. American Nuclear Society, Supl. to Vol.56, pp.41 (1988).
- 10) Status and Prospects of Thermal Breeders and Their Effects on Fuel Utilization, Technical Report Series No:195, International Atomic Energy Agency, Vienna, (1979).
- 11) F.R. MYNATT, Analysis of Acceleration Breeder Concepts with LMFBR, GCFF and Molten Salt Type Blankets, Proc, Information Mtg. Accelerator Breeding, Upton, New York, January 18-19, 1977, CONF. 770107.
- 12) S. ŞAHİN, AL-KUSAYER, M. AL-SEMAIR, M. ABDUL RAOOF, Neutronic Investigations of Experimental Hybrid Blankets, Trans. Am. Nucl. Soc. Vol 47, pp. 150-154 (Nov.1984).
- 13) S. ŞAHİN, A. ERIŞEN and Y. ÇEBİ, Realization of a Flat Fission Power Density in a Hybrid Blanket over long Operating Periods, Fusion Technology, Vol.15, no.1, pp.37, (Jan 1989).
- 14) DATA BASE for a CANDU-PHW Operating on a once-through Natural Uranium Cycle, Atomic Energy of Canadian Limited AECL-6593, (1979).
- 15) S. ŞAHİN, M. AL-ESHAIKH, Fission Power Flattening in Hybrid Blankets Using Mixed Fuel, Fusion Technology, Vol.12, pp.395, (1987).

E K L E R



EK-1 : ANISN KODU İÇİN 1. INPUT (BAŞLANGIÇ)

HYBRID BLANKET CALCULATIONS

İS

| | | | | | |
|---|----|-----|---|----|-----|
| 1 | 0 | 3 | 8 | 2 | 1 |
| 0 | 17 | 71 | 0 | 42 | 3 |
| 4 | 45 | 444 | 0 | 94 | 146 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 100 |
| 0 | 0 | 110 | 1 | 70 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

j*

| | | | | | |
|-------|------|--------|----------|-------|------|
| 0.0 | 0.0 | 0.0001 | 1.420892 | 0.0 | 0.0 |
| 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.5 | 0.002 | 0.05 |
| 0.003 | 0.75 | | | | |

T

İS

| | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 7 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 19 | 20 | 200 | 201 | 202 | 203 |
| 204 | 205 | 206 | 207 | 228 | 229 |
| 230 | 231 | 236 | 237 | 238 | 239 |
| 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 |
| 258 | 259 | 280 | 281 | 282 | 283 |
| 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 |
| 290 | 291 | 296 | 297 | 298 | 299 |
| 304 | 305 | 306 | 307 | 312 | 313 |
| 314 | 315 | 372 | 373 | 374 | 375 |
| 376 | 377 | 378 | 379 | 384 | 385 |
| 386 | 387 | 392 | 393 | 394 | 395 |
| 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 |
| 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 |
| 412 | 413 | 414 | 415 | | |

T

*

R

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|
| 0.125324R | 0.716924R | 0.156996R | 0.0000124R | 0.420524R | 0.5288 |
| 0.0499 F | 0.0 | | | | |

R

T

*

R

| | | | | | |
|--------|----------|-----|--|--|--|
| 0.030R | 0.0001 F | 0.0 | | | |
|--------|----------|-----|--|--|--|

T

*

F

*

I

I

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5.59670-5 | 1.33710-4 | 3.70428-4 | 1.66850-3 | 7.67790-3 | 2.11040-2 |
| 1.13457-1 | 9.43041-2 | 1.09189-1 | 1.13257-1 | 1.07276-1 | 1.73381-1 |
| 1.14010-1 | 6.72494-2 | 3.70440-2 | 3.18712-2 | 6.14495-3 | 1.39823-3 |
| 3.15608-4 | 7.07732-5 | 1.60626-5 | 3.55077-6 | 7.06041-7 | 2.32099-8 |
| 0.0 | | | | | |

I

I

| | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 18.729I | 20.011I | 34.0 3I | 46.0 4I | 50.0 5I | 55.0 |
| 61.0 7I | 65.0 | 81.0 | | | |

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5.51639+9 | 5.20697+9 | 4.92474+9 | 4.57061+9 | 4.10513+9 | 3.62346+9 |
| 3.01577+9 | 2.48994+9 | 2.19733+9 | 1.93923+9 | 1.71112+9 | 1.42489+9 |
| 1.11099+9 | 8.65460+8 | 6.74048+8 | 4.70509+8 | 2.85103+8 | 1.72771+8 |
| 1.04746+8 | 6.35320+7 | 3.85519+7 | 2.33775+7 | 1.41770+7 | 8.59829+6 |
| 5.21673+6 | 3.16460+6 | 1.92081+6 | 1.16532+6 | 7.05666+5 | 2.03302+5 |
| 3.0+10 | | | | | |

| | | | | | |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 0.0 | 0.0604938 | 2R0.0453704 | 2R0.0604938 | 2R0.0453704 | 0.0604938 |
| 0.0 | 0.0453704 | 0.0462962 | 2R0.0453704 | 0.0462962 | 0.0453704 |
| 0.0 | 4R0.0453704 | 0.0 | 2R0.0604938 | | |

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| -.9759000 | -.9511897 | -.7867958 | -.5773503 | -.2182179 | +.2182179 |
| +.5773503 | +.7867958 | +.9511897 | -.8164965 | -.7867958 | -.5773503 |
| -.2182179 | +.2182179 | +.5773503 | +.7867958 | -.6172134 | -.5773503 |
| -.2182179 | +.2182179 | +.5773503 | -.3086067 | -.2182179 | +.2182179 |

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1 3R | 2 3R | 3 3R | 4 3R | 5 3R | 6 |
| 7 3R | 8 3R | 9 3R | 10 3R | 11 2R | 12 |
| 13 5R | 14 6R | 15 4R | 16 8R | 17 | |
| 95 | 99 | 103 | 107 | 111 | 115 |
| 119 | 123 | 127 | 131 | 135 | 139 |
| 143 | 139 | 143 | 139 | 143 | |

| | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| 95 6R | 96 6R | 97 6R | 98 10R | 99 10R | 100 |
| 101 10R | 102 10R | 103 10R | 104 10R | 105 10R | 106 |
| 107 10R | 108 10R | 109 10R | 110 10R | 111 10R | 112 |
| 113 10R | 114 10R | 115 10R | 116 10R | 117 10R | 118 |
| 119 10R | 120 10R | 121 10R | 122 10R | 123 10R | 124 |
| 125 10R | 126 10R | 127 10R | 128 10R | 129 10R | 130 |
| 131 10R | 132 10R | 133 10R | 134 10R | 135 10R | 136 |
| 137 10R | 138 4R | 139 4R | 140 4R | 141 4R | 142 |
| 143 | 144 | 145 | 146 | | |

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 35 | 39 | 43 | 47 | 51 | 59 |
| 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 60 |
| 37 | 41 | 45 | 49 | 53 | 61 |
| 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 62 |
| 27 | 55 | 63 | 67 | 71 | 75 |
| 79 | 83 | 87 | 91 | 28 | 56 |
| 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 |
| 88 | 92 | 29 | 57 | 65 | 69 |
| 73 | 77 | 81 | 85 | 89 | 93 |
| 30 | 58 | 66 | 70 | 74 | 78 |
| 82 | 86 | 90 | 94 | 27 | 55 |
| 63 | 67 | 71 | 75 | 79 | 83 |
| 87 | 91 | 28 | 56 | 64 | 68 |
| 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| 29 | 57 | 65 | 69 | 73 | 77 |
| 81 | 85 | 89 | 93 | 30 | 58 |
| 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | 86 |
| 90 | 94 | 27 | 55 | 63 | 67 |
| 71 | 75 | 79 | 83 | 87 | 91 |
| 28 | 56 | 64 | 68 | 72 | 76 |
| 80 | 84 | 88 | 92 | 29 | 57 |

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 65 | 69 | 73 | 77 | 81 | 85 |
| 89 | 93 | 30 | 58 | 66 | 70 |
| 74 | 78 | 82 | 86 | 90 | 94 |
| 27 | 55 | 63 | 67 | 71 | 75 |
| 79 | 83 | 87 | 91 | 28 | 56 |
| 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 |
| 88 | 92 | 29 | 57 | 65 | 69 |
| 73 | 77 | 81 | 85 | 89 | 93 |
| 30 | 58 | 66 | 70 | 74 | 78 |
| 82 | 86 | 90 | 94 | 27 | 55 |
| 63 | 67 | 71 | 75 | 79 | 83 |
| 87 | 91 | 28 | 56 | 64 | 68 |
| 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| 29 | 57 | 65 | 69 | 73 | 77 |
| 81 | 85 | 89 | 93 | 30 | 58 |
| 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | 86 |
| 90 | 94 | 27 | 55 | 63 | 67 |
| 71 | 75 | 79 | 83 | 87 | 91 |
| 28 | 56 | 64 | 68 | 72 | 76 |
| 80 | 84 | 88 | 92 | 29 | 57 |
| 65 | 69 | 73 | 77 | 81 | 85 |
| 89 | 93 | 30 | 58 | 66 | 70 |
| 74 | 78 | 82 | 86 | 90 | 94 |
| 27 | 55 | 63 | 67 | 71 | 75 |
| 79 | 83 | 87 | 91 | 28 | 56 |
| 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 |
| 88 | 92 | 29 | 57 | 65 | 69 |
| 73 | 77 | 81 | 85 | 89 | 93 |
| 30 | 58 | 66 | 70 | 74 | 78 |
| 82 | 86 | 90 | 94 | 27 | 55 |
| 63 | 67 | 71 | 75 | 79 | 83 |
| 87 | 91 | 28 | 56 | 64 | 68 |
| 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| 29 | 57 | 65 | 69 | 73 | 77 |
| 81 | 85 | 89 | 93 | 30 | 58 |
| 66 | 70 | 74 | 78 | 82 | 86 |
| 90 | 94 | 27 | 55 | 63 | 67 |
| 71 | 75 | 79 | 83 | 87 | 91 |
| 28 | 56 | 64 | 68 | 72 | 76 |
| 80 | 84 | 88 | 92 | 29 | 57 |
| 65 | 69 | 73 | 77 | 81 | 85 |
| 89 | 93 | 30 | 58 | 66 | 70 |
| 74 | 78 | 82 | 86 | 90 | 94 |
| 27 | 55 | 63 | 67 | 71 | 75 |
| 79 | 83 | 87 | 91 | 28 | 56 |
| 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 |
| 88 | 92 | 29 | 57 | 65 | 69 |
| 73 | 77 | 81 | 85 | 89 | 93 |
| 30 | 58 | 66 | 70 | 74 | 78 |
| 82 | 86 | 90 | 94 | 15 | 19 |
| 27 | 31 | 16 | 20 | 28 | 32 |
| 17 | 21 | 29 | 33 | 18 | 22 |
| 30 | 34 | 23 | 24 | 25 | 26 |

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 |
| 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 |
| 2.74685-6 | 8.30108-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 |
| 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 |
| 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 |
| 2.74685-6 | 8.30108-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 |
| 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 |
| 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 |
| 2.74685-6 | 8.30108-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 |
| 1.36597-2 | 3.76471-7 | 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.10998-5 | 1.00919-5 | 1.36597-2 | 3.76471-7 |
| 3.55151-5 | 1.45389-5 | 2.74685-6 | 8.30108-7 | 4.63794-3 | 5.70367-2 |
| 3.08374-2 | 3.01356-3 | 4.63794-3 | 5.70367-2 | 3.08374-2 | 3.01356-3 |
| 4.63794-3 | 5.70367-2 | 3.08374-2 | 3.01356-3 | 4.63794-3 | 5.70367-2 |
| 3.08374-2 | 3.01356-3 | 1.12840-1 | 1.12840-1 | 1.12840-1 | 1.12840-1 |

9\$
F
2\$
3R
2R
5R
3\$

| | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|--------|-----|
| 3 | | | | | |
| -1 | -210R | -3 6R | -4 2R | -5 7R | -6 |
| -7 2R | -8 2R | -9 | -1016R | -11 8R | -12 |
| -1324R | -14 | | | | |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 |
| 11 | 13 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 26 | 3 | 1 | 2 | 5 | 9 |
| 10 | 16 | 17 | 20 | 24 | 25 |
| 16 | 17 | 18 | 22 | 31 | 32 |
| 31 | 32 | 1 | 2 | 10 | 16 |
| 17 | 18 | 22 | 1 | 2 | 16 |
| 17 | 25 | 27 | 13 | 16 | 17 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 31 | 32 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 43 | 44 | 16 | 17 | 24 | 25 |
| 26 | 27 | 28 | 29 | 1 | 2 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 31 | 32 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 43 | 44 | 1 | 2 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 16 | 17 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 31 | 32 | 39 | 40 | 41 | 42 |
| 43 | 44 | | | | |

T
T

EK-2 :ANISN KOD'UNA INPUT HAZIRLAMA PROGRAMI

```

IMPLICIT REAL*8 (A,D,N,U,P)
CHARACTER*3 SATIR(24)
CHARACTER*1 IS(444)
CHARACTER*18 ACTIV
DIMENSION DENS(444),ACT(18,112),K(444),VOL(11),D(444)
DATA VOL/0.0,182.0865,194.4015,206.7168,219.0316,231.3468,243.6617
&,255.9765,268.2923,280.6063,292.9222/
: OPEN(21,FILE='EBINP1.INP')
: OPEN(23,FILE='EBINP2.INP')
: OPEN(22,FILE='EBOUT1.OUT')
: OPEN(27,FILE='EBDEGL.OUT')
READ(*,*)KUL
FAKTOR=(0.2779)/KUL
1 READ(21,2) (SATIR(I),I=1,24)
2 FORMAT(24A3)
WRITE(23,2) (SATIR(I),I=1,24)
IF(SATIR(1).NE.'12*')GOTO 1
WRITE(*,2)(SATIR(I),I=1,24)
READ(21,10) (DENS(I),IS(I),K(I),I=1,444)
10 FORMAT(6(3X,F7.5,A1,I1))
9 READ(22,71)ACTIV
71 FORMAT(2X,A18)
IF(ACTIV.NE.'ACTIVITIES BY ZONE')GOTO 9
WRITE(*,71)ACTIV
DO 28 I=1,105,8
READ(22,222)SATIR(1)
: READ(22,222)SATIR(1)
222 FORMAT(A3)
DO 28 J=1,18
READ(22,19)M,ACT(J,I),ACT(J,I+1),ACT(J,I+2),ACT(J,I+3),ACT(J,I+4),
&ACT(J,I+5),ACT(J,I+6),ACT(J,I+7)
28 CONTINUE
19 FORMAT(I6,8(2X,E11.5))
CALL TRIT(ACT,DENS,K,IS)
I=-40
DO 17 J=2,11
I=I+40
U5DEN=DENS(I+27)/10**K(I+27)
U6DEN=DENS(I+28)/10**K(I+28)
U8DEN=DENS(I+29)/10**K(I+29)
P9DEN=DENS(I+31)/10**K(I+31)
P4DEN=DENS(I+32)/10**K(I+32)
P1DEN=DENS(I+33)/10**K(I+33)
P2DEN=DENS(I+34)/10**K(I+34)
NPDEN=DENS(I+30)/10**K(I+30)
DEPLU5=ACT(J,49)*U5DEN/VOL(J)
U5DENY=U5DEN-DEPLU5*FAKTOR

```

```

DEPLU8=ACT(J,65)*UBDEN/VOL(J)
UBDENY=UBDEN-DEPLU8*FAKTOR
DEPLP9=ACT(J,81)*P9DEN/VOL(J)
P9DENY=UBDEN*ACT(J,68)*FAKTOR/VOL(J)+P9DEN-DEPLP9*FAKTOR
DEPLP4=ACT(J,89)*P4DEN/VOL(J)
P4DENY=P9DEN*ACT(J,84)*FAKTOR/VOL(J)+P4DEN-DEPLP4*FAKTOR
DEPLP1=ACT(J,97)*P1DEN/VOL(J)
P1DENY=P4DEN*ACT(J,92)*FAKTOR/VOL(J)+P1DEN-DEPLP1*FAKTOR
DEPLP2=ACT(J,105)*P2DEN/VOL(J)
P2DENY=P1DEN*ACT(J,100)*FAKTOR/VOL(J)+P2DEN-DEPLP2*FAKTOR
DEPLU6=ACT(J,57)*U6DEN/VOL(J)
U6DENY=U5DEN*ACT(J,52)*FAKTOR/VOL(J)+U6DEN-DEPLU6*FAKTOR
DEPLNP=ACT(J,73)*NPDEN/VOL(J)
NPDENY=U6DEN*ACT(J,60)*FAKTOR/VOL(J)+NPDEN-DEPLNP*FAKTOR
WRITE(*,*)U5DENY,U6DENY,U8DENY,P9DENY,P4DENY,P1DENY,P2DENY
&,NPDENY
K(I+27)=DABS(DLOG10(U5DENY))+1
K(I+28)=DABS(DLOG10(U6DENY))+1
K(I+29)=DABS(DLOG10(U8DENY))+1
K(I+31)=DABS(DLOG10(P9DENY))+1
K(I+32)=DABS(DLOG10(P4DENY))+1
K(I+33)=DABS(DLOG10(P1DENY))+1
K(I+34)=DABS(DLOG10(P2DENY))+1
K(I+30)=DABS(DLOG10(NPDENY))+1
DO 45 II=0,30,10
DENS(I+II+27)=U5DENY*10**K(I+27)
DENS(I+II+28)=U6DENY*10**K(I+28)
DENS(I+II+29)=U8DENY*10**K(I+29)
DENS(I+II+31)=P9DENY*10**K(I+31)
DENS(I+II+32)=P4DENY*10**K(I+32)
DENS(I+II+33)=P1DENY*10**K(I+33)
DENS(I+II+34)=P2DENY*10**K(I+34)
DENS(I+II+30)=NPDENY*10**K(I+30)
K(I+II+27)=K(I+27)
K(I+II+28)=K(I+28)
K(I+II+29)=K(I+29)
K(I+II+31)=K(I+31)
K(I+II+32)=K(I+32)
K(I+II+33)=K(I+33)
K(I+II+34)=K(I+34)
K(I+II+30)=K(I+30)
45 CONTINUE
XORAN=U5DENY+U6DENY+U8DENY+P9DENY+P4DENY+P1DENY+P2DENY+NPDENY
U5ORAN=U5DENY/XORAN
U6ORAN=U6DENY/XORAN
U8ORAN=U8DENY/XORAN
P9ORAN=P9DENY/XORAN
P4ORAN=P4DENY/XORAN
P1ORAN=P1DENY/XORAN
P2ORAN=P2DENY/XORAN
NPORAN=NPDENY/XORAN

```

```

XORANT=U5ORAN+P9ORAN+P1ORAN
WRITE(27,40)J
40 FORMAT(//10X,'ZONE=',I3/)
WRITE(27,30)U5DEN,U5DENY,U5ORAN
WRITE(27,31)U6DEN,U6DENY,U6ORAN
WRITE(27,32)U8DEN,U8DENY,U8ORAN
WRITE(27,33)P9DEN,P9DENY,P9ORAN
WRITE(27,34)P4DEN,P4DENY,P4ORAN
WRITE(27,35)P1DEN,P1DENY,P1ORAN
WRITE(27,36)P2DEN,P2DENY,P2ORAN
WRITE(27,37)NPDEN,NPDENY,NPORAN
WRITE(27,38)XORANT
39 FORMAT(/5X,'FAKT=',1PE12.5,'ORAN  =',1PE12.5)
30 FORMAT(5X,'U5DEN=',1PE12.5,5X,'U5DENY=',1PE12.5,5X,'U5ORAN=',
&1PE12.5)
31 FORMAT(5X,'U6DEN=',1PE12.5,5X,'U6DENY=',1PE12.5,5X,'U6ORAN=',
&1PE12.5)
32 FORMAT(5X,'U8DEN=',1PE12.5,5X,'U8DENY=',1PE12.5,5X,'U8ORAN=',
&1PE12.5)
33 FORMAT(5X,'P9DEN=',1PE12.5,5X,'P9DENY=',1PE12.5,5X,'P9ORAN=',
&1PE12.5)
34 FORMAT(5X,'P4DEN=',1PE12.5,5X,'P4DENY=',1PE12.5,5X,'P4ORAN=',
&1PE12.5)
35 FORMAT(5X,'P1DEN=',1PE12.5,5X,'P1DENY=',1PE12.5,5X,'P1ORAN=',
&1PE12.5)
36 FORMAT(5X,'P2DEN=',1PE12.5,5X,'P2DENY=',1PE12.5,5X,'P2ORAN=',
&1PE12.5)
37 FORMAT(5X,'NPDEN=',1PE12.5,5X,'NPDENY=',1PE12.5,5X,'NPORAN=',
&1PE12.5)
38 FORMAT(//,5X,'U5ORAN+P9ORAN+P1ORAN=',1PE12.5)
17 CONTINUE
WRITE(23,10) (DENS(I),IS(I),K(I),I=1,444)
11 READ(21,2,END=100)(SATIR(I),I=1,24)
WRITE(23,2)(SATIR(I),I=1,24)
GOTO 11
100 STOP
END

```

C EK-3: TRITYUM HESAPLAMA PROGRAMI

C
C
C
C
C

TRITYUM VE M'NIN HESABI

```
SUBROUTINE TRIT(ACT,DENS,K,IS)
IMPLICIT REAL*8 (A,D,N,U,P)
CHARACTER*1 IS(444)
DIMENSION ACT(18,112),DENS(444),K(444),D(444)
DO 4 I=1,444
4 D(I)=DENS(I)/10**K(I)
T6=(ACT(12,17)+ACT(14,17)+ACT(16,17))*D(425)
T7=(ACT(12,22)+ACT(14,22)+ACT(16,22))*D(426)
T67=T6+T7
X=0
M=-40
DO 5 L=2,11
J=45
M=M+40
DO 5 I=27,34
J=J+8
5 X=X+D(M+I)*ACT(L,J)
XM=(200*X+4.784*T6)/16.55+1
WRITE(27,20)T6,T7,T67,X,XM
20 FORMAT(3X,'T6=',1PE12.5,3X,'T7=',1PE12.5,3X,
&'TOTAL T=',1PE12.5,3X,'SGF=',1PE12.5,3X,
&'M=',1PE12.5///)
RETURN
END
```

EK-4 :ANISN KODU İÇİN 2. İNPUT (2 AY SONRA)

HYBRID BLANKET CALCULATIONS

| | | | | | | |
|------|-------|------|--------|----------|-------|------|
| 15\$ | 1 | 0 | 3 | 8 | 2 | 1 |
| | 0 | 17 | 71 | 0 | 42 | 3 |
| | 4 | 45 | 444 | 0 | 94 | 146 |
| | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 100 |
| | 0 | 0 | 110 | 1 | 70 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 16* | 0.0 | 0.0 | 0.0001 | 1.420892 | 0.0 | 0.0 |
| | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 0.5 | 0.002 | 0.05 |
| | 0.003 | 0.75 | | | | |
| T | 1 | 2 | 3 | 7 | 9 | 10 |
| 13\$ | 11 | 12 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | 19 | 20 | 200 | 201 | 202 | 203 |
| | 204 | 205 | 206 | 207 | 228 | 229 |
| | 230 | 231 | 236 | 237 | 238 | 239 |
| | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 |
| | 258 | 259 | 280 | 281 | 282 | 283 |
| | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 |
| | 290 | 291 | 296 | 297 | 298 | 299 |
| | 304 | 305 | 306 | 307 | 312 | 313 |
| | 314 | 315 | 372 | 373 | 374 | 375 |
| | 376 | 377 | 378 | 379 | 384 | 385 |
| | 386 | 387 | 392 | 393 | 394 | 395 |
| | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 |
| | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 |
| | 412 | 413 | 414 | 415 | | |
| T | | | | | | |

| | | | | | | |
|-----|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 18* | 0.125324R | 0.716924R | 0.156996R | 0.0000124R | 0.420524R | 0.5288 |
| 24R | 0.0499 F | 0.0 | | | | |
| 24R | T | | | | | |
| 2* | 0.030R | 0.0001 F | 0.0 | | | |
| 2R | T | | | | | |
| 1* | 5.59670-5 | 1.33710-4 | 3.70428-4 | 1.66850-3 | 7.67790-3 | 2.11040-2 |
| | 1.13457-1 | 9.43041-2 | 1.09189-1 | 1.13257-1 | 1.07276-1 | 1.73381-1 |
| | 1.14010-1 | 6.72494-2 | 3.70440-2 | 3.18712-2 | 6.14495-3 | 1.39823-3 |
| | 3.15608-4 | 7.07732-5 | 1.60626-5 | 3.55077-6 | 7.06041-7 | 2.32099-8 |
| F | 0.0 | | | | | |
| 4* | 18.729I | 20.011I | 34.0 3I | 46.0 4I | 50.0 5I | 55.0 |
| 1I | 61.0 7I | 65.0 | 81.0 | | | |
| 3I | | | | | | |
| 5* | 5.51639+9 | 5.20697+9 | 4.92474+9 | 4.57061+9 | 4.10513+9 | 3.62346+9 |
| | 3.01577+9 | 2.48994+9 | 2.19733+9 | 1.93923+9 | 1.71112+9 | 1.42489+9 |
| | 1.11099+9 | 8.65460+8 | 6.74048+8 | 4.70509+8 | 2.85103+8 | 1.72771+8 |
| | 1.04746+8 | 6.35320+7 | 3.85519+7 | 2.33775+7 | 1.41770+7 | 8.59829+6 |
| | 5.21673+6 | 3.16460+6 | 1.92081+6 | 1.16532+6 | 7.05666+5 | 2.03302+5 |
| F | 3.0+10 | | | | | |
| 6* | 0.0 | 0.0604938 | 2R0.0453704 | 2R0.0604938 | 2R0.0453704 | 0.0604938 |
| | 0.0 | 0.0453704 | 0.0462962 | 2R0.0453704 | 0.0462962 | 0.0453704 |
| | 0.0 | 4R0.0453704 | 0.0 | 2R0.0604938 | | |
| 7* | -0.9759000 | -0.9511897 | -0.7867958 | -0.5773503 | -0.2182179 | +0.2182179 |
| | +0.5773503 | +0.7867958 | +0.9511897 | -0.8164965 | -0.7867958 | -0.5773503 |
| | -0.2182179 | +0.2182179 | +0.5773503 | +0.7867958 | -0.6172134 | -0.5773503 |
| | -0.2182179 | +0.2182179 | +0.5773503 | -0.3086067 | -0.2182179 | +0.2182179 |
| 8\$ | 1 3R | 2 3R | 3 3R | 4 3R | 5 3R | 6 |
| 2R | 7 3R | 8 3R | 9 3R | 10 3R | 11 2R | 12 |
| 3R | 13 5R | 14 6R | 15 4R | 16 8R | 17 | |
| 4R | | | | | | |

| | | | | |
|--------|--------|--------|--------|-----|
| 95 | 103 | 107 | 111 | 115 |
| 119 | 127 | 131 | 135 | 139 |
| 143 | 143 | 139 | 143 | |
| 95 6R | 97 6R | 9810R | 9910R | 100 |
| 10110R | 10310R | 10410R | 10510R | 106 |
| 10710R | 10910R | 11010R | 11110R | 112 |
| 11310R | 11510R | 11610R | 11710R | 118 |
| 11910R | 12110R | 12210R | 12310R | 124 |
| 12510R | 12710R | 12810R | 12910R | 130 |
| 13110R | 13310R | 13410R | 13510R | 136 |
| 13710R | 139 4R | 140 4R | 141 4R | 142 |
| 143 | 145 | 146 | | |
| 115 | 43 | 47 | 51 | 59 |
| 119 | 44 | 48 | 52 | 60 |
| 123 | 45 | 49 | 53 | 61 |
| 139 | 46 | 50 | 54 | 62 |
| 96 6R | 63 | 67 | 71 | 75 |
| 10210R | 87 | 91 | 28 | 56 |
| 10810R | 72 | 76 | 80 | 84 |
| 11410R | 29 | 57 | 65 | 69 |
| 12010R | 81 | 85 | 89 | 93 |
| 12610R | 66 | 70 | 74 | 78 |
| 13210R | 90 | 94 | 27 | 55 |
| 138 4R | 71 | 75 | 79 | 83 |
| 144 | 28 | 56 | 64 | 68 |
| | 80 | 84 | 88 | 92 |
| | 65 | 69 | 73 | 77 |
| 35 | | | | |
| 36 | | | | |
| 37 | | | | |
| 38 | | | | |
| 27 | | | | |
| 79 | | | | |
| 64 | | | | |
| 88 | | | | |
| 73 | | | | |
| 30 | | | | |
| 82 | | | | |
| 63 | | | | |
| 87 | | | | |
| 72 | | | | |
| 29 | | | | |

58 86 67 91 76 57 85 70 94 75 56 84 69 93 78 55 83 68 92 77 58 86 67 91 76 57 85 70 94 75

30 82 63 87 72 29 81 66 90 71 28 80 65 89 74 27 79 64 88 73 30 82 63 87 72 29 81 66 90 71

93 78 55 83 68 92 77 58 86 67 91 76 57 85 70 94 75 56 84 69 93 78 55 83 68 92 77 58 86 67

89 74 27 79 64 88 73 30 82 63 87 72 29 81 66 90 71 28 80 65 89 74 27 79 64 88 73 30 82 63

85 70 94 75 56 84 69 93 78 55 83 68 92 77 58 86 67 91 76 57 85 70 94 75 56 84 69 93 78 55

81 66 90 71 28 80 65 89 74 27 79 64 88 73 30 82 63 87 72 29 81 66 90 71 28 80 65 89 74 27

56 84 69 93 78 55 83 68 92 77 58 86 67 91 76 57 85 70 94 75 56 84 69 93 78 19 32 22 26

28 80 65 89 74 27 79 64 88 73 30 82 63 87 72 29 81 66 90 71 28 80 65 89 74 15 28 18 25

91 76 57 85 70 94 75 56 84 69 93 78 55 83 68 92 77 58 86 67 91 76 57 85 70 94 20 33 24

87 72 29 81 66 90 71 28 80 65 89 74 27 79 64 88 73 30 82 63 87 72 29 81 66 90 16 29 23

83 68 92 77 58 86 67 91 76 57 85 70 94 75 56 84 69 93 78 55 83 68 92 77 58 86 31 21 34

79 64 88 73 30 82 63 87 72 29 81 66 90 71 28 80 65 89 74 27 79 64 88 73 30 82 27 17 30

12*

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1.71080-3 | 1.66270-2 | 1.75480-3 | 5.76510-2 | 8.18630-3 | 1.00220-3 |
| 1.71080-3 | 1.66270-2 | 1.75480-3 | 5.76510-2 | 8.18630-3 | 1.00220-3 |
| 1.71080-3 | 1.66270-2 | 1.75480-3 | 5.76510-2 | 8.18630-3 | 1.00220-3 |
| 1.71080-3 | 1.66270-2 | 1.75480-3 | 5.76510-2 | 8.18630-3 | 1.00220-3 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.05355-5 | 1.01345-5 | 1.36057-2 | 4.07263-7 |
| 6.29660-5 | 1.45173-5 | 2.73132-6 | 8.32321-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 3.05355-5 | 1.01345-5 | 1.36057-2 | 4.07263-7 | 6.29660-5 | 1.45173-5 |
| 2.73132-6 | 8.32321-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.05355-5 | 1.01345-5 |
| 1.36057-2 | 4.07263-7 | 6.29660-5 | 1.45173-5 | 2.73132-6 | 8.32321-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.05355-5 | 1.01345-5 | 1.36057-2 | 4.07263-7 |
| 6.29660-5 | 1.45173-5 | 2.73132-6 | 8.32321-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 3.05724-5 | 1.01374-5 | 1.36127-2 | 4.05893-7 | 6.15881-5 | 1.45264-5 |
| 2.73315-6 | 8.32659-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.05724-5 | 1.01374-5 |
| 1.36127-2 | 4.05893-7 | 6.15881-5 | 1.45264-5 | 2.73315-6 | 8.32659-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.05724-5 | 1.01374-5 | 1.36127-2 | 4.05893-7 |
| 6.15881-5 | 1.45264-5 | 2.73315-6 | 8.32659-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 3.05724-5 | 1.01374-5 | 1.36127-2 | 4.05893-7 | 6.15881-5 | 1.45264-5 |
| 2.73315-6 | 8.32659-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.05724-5 | 1.01374-5 |
| 1.36178-2 | 4.04608-7 | 6.04400-5 | 1.45334-5 | 2.73494-6 | 8.32874-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.06053-5 | 1.01387-5 | 1.36178-2 | 4.04608-7 |
| 6.04400-5 | 1.45334-5 | 2.73494-6 | 8.32874-7 | 6.04400-5 | 1.45334-5 |
| 3.06053-5 | 1.01387-5 | 2.73494-6 | 8.32874-7 | 3.06053-5 | 1.01387-5 |
| 2.73494-6 | 8.32874-7 | 1.36178-2 | 4.04608-7 | 2.73494-6 | 8.32874-7 |
| 1.36178-2 | 4.04608-7 | 6.04400-5 | 1.45334-5 | 1.36178-2 | 4.04608-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.06365-5 | 1.01390-5 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 5.93397-5 | 1.45392-5 | 2.73663-6 | 8.33008-7 | 5.93397-5 | 1.45392-5 |
| 3.06365-5 | 1.01390-5 | 1.36219-2 | 4.03318-7 | 3.06365-5 | 1.01390-5 |
| 2.73663-6 | 8.33008-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 2.73663-6 | 8.33008-7 |
| 1.36219-2 | 4.03318-7 | 5.93397-5 | 1.45392-5 | 1.36219-2 | 4.03318-7 |
| 2.75098-2 | 4.06902-3 | 3.06365-5 | 1.01390-5 | 2.75098-2 | 4.06902-3 |
| 5.93397-5 | 1.45392-5 | 2.73663-6 | 8.33008-7 | 5.93397-5 | 1.45392-5 |
| 3.06663-5 | 1.01387-5 | 1.36253-2 | 4.02038-7 | 3.06663-5 | 1.01387-5 |
| 2.73821-6 | 8.33087-7 | 2.75098-2 | 4.06902-3 | 2.73821-6 | 8.33087-7 |
| 1.36253-2 | 4.02038-7 | 5.82734-5 | 1.45442-5 | 1.36253-2 | 4.02038-7 |

