

## MARKOV ZİNCİRİ ANALİZ YÖNTEMİNİN LİNYİT İÇEREN ZİRNÂK FORMASYONUNA (PLİYÖSEN, HİNİS) UYGULANMASI -

*Markov Chain analysis applied to lignite bearing Zırnak formation (Pliocene, Hınıs)*

Ali İhsan GEVREK MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA  
İlker ŞENGÜLER MTA Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Bu çalışmada, linyit içeren. Zırnak Formasyonunun litofasiyelerine Markov zinciri analiz yöntemi uygulanmıştır. Doğu. Anadolu'da yeralan Pliyosen yaşlı Zıroak Formasyonu çakıltaşı, silttaşı, kiltası ve yer yer de tuf, aglomera ve linyit içermektedir.

Markov zinciri analizini uygulamak amacı ile Zıroak. Formasyonunda yapılan kömür sondajlarından 5 tanesinin kömürlü seviyelerinde yeralan linyit, tuf, kiltası, silttaşı litofasiyeleri sayılmış ve birbirlerini o kadar araladığı saptanmıştır, Bu verilerden bağımsız olasılı, geçişli olasılı ve fark matriksleri hesaplanmıştır.

Elde edilen, değerlerden, incelenen sondajlarda kesilen, litofasiyelerin birbiri ile olan ilişkileri ve geçişleri istatistiksel olarak, saptanmıştır. Sonuç olarak; sondajlarda linyit-kiltası. ve kiltası-lyinit geçişlerinin, linyit-tuf ve tuf-lyinit geçişlerine sayısal olarak, yakın olduğu bulunmuştur,. Linyit oluşumu ile çökeltme ortamına tuf gelişti arasındaki ilişki istatistiksel olarak, belirlenmiştir.

**ABSTRACT:** In this study Markov chain analysis is applied to lignite bearing Zimak Fonnation which is of Pliocene age and is located at Eastern Anatolia. It is composed of mainly conglomerate, sandstone, siltstone, claystone, limestone and locally tuff» agglomerate and lignite 'beds.

In order to apply Markov chain analysis lignite, tuff, claystone, and siltstone litofacies and their successions are counted from 5 drilling cores of Zimak Formation. Independent trials probability, transition, probability, and difference matrixes are derived from this raw data. Litofacies relationships and transitions have statistically been described and iotepreted.

As a result; lignite-claystone and claystone-lignite transitions are similar to lignite-tuff ani-tuff-lignite transitions. The relationships between the formation of lignite and occurrence tuff have been found statistically.

### GİRİŞ

Markov zinciri analiz yöntemi, olasılıklı istatistiksel, bir metoddur. Aynı zaman aralığında ve aynı ortamda oluşan litofasiyes aralanmalarının birbiri ile ilişkilerini açıklamada kullanılmaktadır (Knimbein, 1968; Gingerich, 1969; Mıall, 1973; Carr, 1982; Davis,, 1986; Evans. 1991)...

Bu çalışmada, yöntem., Doğu Anadolu bölgesinde geniş alanlar kaplayan Zırnak Formasyonunun (İlker, 1966) linyit içeren seviyelerine

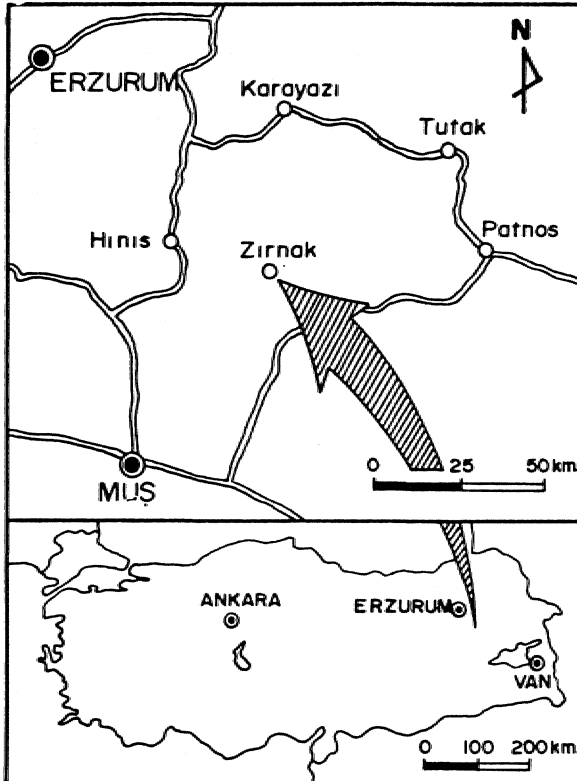
uygulanmıştır (Şekil 1). MTA. Genel Müdürlüğü tarafından 1971-1976 yılları arasında, formasyona adını veren Zırnak Tepe dolayında (Hınıs güneydoğusu) yapılan linyit sondajlarında kesilen litofasiyeler (Selvi, 1977) veri olarak kullanılmıştır.

Akarsu ve göl çökellerinden oluşan, birim, tabanda 150 m. kalınlık sunan çakıltaşı ve san-gri renkli kumlası aralanması ile başlar. Üzerinde ise beyaz-gri renkli, yer yer bol fosilli, mam-tuf» kiltası, silttaşı, linyit ağdalanmasından oluşan ve

ortalama kalınlığı 30 m. olan seviye yeraltıJEn üstte yeraltı san-boz renkli gevşek çimentolu kumtaşı, marn. ve gösel kireçtaşından oluşan seviyenin toplam kalınlığı ise 270 m., kadardır.. (Şekil 2).. Zırnak Formasyonunun toplam kalınlığı 450 m. (Sengiller ve diğ., 1991), yaşı ise Pliyosen'dir (Akay ve diğ., 1989) Linyitler yan. mat özellikte olup egemen olarak, karasal bataklık ürünüdür (Şengüler ve Toprak, 1991).

### ZIRNAK FORMASYONUNA AİT HESAPLAMALAR

Yöntemin uygulanmasına,, öncelikle analiz edilecek litofasiyesinin tanımlanmasıyla başlanmaktadır. Zırnak Formasyonunda analiz edilen litofasiyesler tuf-linyit-silttaşı ve kilttaşıdır. Bunun tabaka kalınlıkları 0.05-3.50 m. arasında değişmekte olup" analizde kalınlıklar değil, litofasiyes sayısı dikkate alınmıştır., 1.Nolu kuyuda litofasiyesler toplamı 22'dir (Çizelge 1a). Analizde ikinci işlem fasiyeslerin sayılması, tekrarlanma oranlarının bulunması ve bir çizelgede gösterilmesidir (Çizelge 1b). Buna sayılan, geçiş matriksi (transition count matrix) denir., Çizelgede sayılan, geçiş matriksinin bileşenleri  $f_{ij}$  sembolleri ile gösterilmiştir. Burada i satır, j sülun rakamlarını belirtir.



Şekil 1 Yer bulduru haritası.

Figure 1 Location map.

$i=j$  olduğu durumlarda "0" sıfır kullanılmış, diğer bir deyişle aynı litofasiyesin üst üste sayılmamasına özen gösterilmiştir. Örneğin, 1 no'lu kuyuda linyit üzerinde 3 defa tuf tabakası yer almaktadır ( $f_{ij} = 3$ ) (Çizelge 1b).

Yöntem gereği, sayılan geçiş matriksinden üç olasılı matriks elde edilir

1) Bağımsız olasılı matriks (Independent trials matrix):

Bağımsız olasılı matriks bileşenleri için  $r_{ij}$  sembolü kullanılır (Mi ali, 1973).

$r_{ij} = S_j / (t - S_i)$ . (1) eşitliği ile hesaplanır,,

Bir no'lu kuyuda toplam litofasiyes sayısı;  $t = 22$  linyit sayısı;  $S_i = 8$  ve tuf litofasiyes sayısı;  $S_j = 5$  dir (Çizelge 1a). Bu değerler yukarıda verilen

KAYATÜRÜ (Lithology)	AÇIKLAMALAR (Explanations)
	Kireçtaşı (Limestone)
	Kumtaşı (Sandstone)
	Marn (Marl)
	Silttaşı ve kilttaşı ardalanması (Siltstone and claystone alternations)
	Tuf (Tuff)
	Linyit, kilttaşı ve silttaşı ardalanması, yer yer tuf arakatlı (Lignite, claystone and siltstone alternations, in places, interbedded with tuff)
	Marn (Marl)
	Kumtaşı (Sandstone)
	Çakıltı (Conglomerate)
	ÖLÇEKSİZ (not to scale)

Şekil 2 Zırnak Formasyonunun genelleştirilmiş dikme kesiti.

Figure 2 Generalized columnar section of Zırnak Formation.

a. Litofasiyeler (Lithofacies)		b. Sayılan geçiş matrisi (fij) ( Transition count matrix )					c. Bağımsız olasılı matrisi (rij) ( Independent trials matrix )							
Linyit (LT)	8		LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KİL	SLT		
Tuf (TUF)	5	LT	0	3	2	3	8	LT	0.00	0.36	0.36	0.29		
Kırtasi (KİL)	5	TUF	3	0	1	1	5	TUF	0.47	0.00	0.29	0.24		
Siltasi (SLT)	4	KİL	4	0	0	0	4	KİL	0.47	0.29	0.00	0.24		
toplam	22	SLT	1	2	1	0	4	SLT	0.44	0.28	0.28	0.00		
							f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> ) ( Chi square values )							
d. Olasılı geçiş matrisi (pij) ( Transition probability matrix )		e. Fark matrisi (dij) ( Diffrence matrix )												
	LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT
LT	0.00	0.38	0.25	0.38	LT	0.00	0.02	-0.11	0.09	LT	0.00	0.01	0.26	0.22
TUF	0.60	0.00	0.20	0.20	TUF	0.13	0.00	-0.09	-0.04	TUF	0.18	0.00	0.15	0.03
KİL	1.00	0.00	0.00	0.00	KİL	0.53	-0.29	0.00	-0.24	KİL	1.15	1.47	0.00	1.18
SLT	0.25	0.50	0.25	0.00	SLT	-0.19	0.22	-0.03	0.00	SLT	0.34	0.71	0.01	0.00
						Toplam					5.71			
Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8														

Çizelge 1. 1 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 1 Statistical data of drilling number 1.

a. Litofasiyeler (Lithofacies)		b. Sayılan geçiş matrisi (fij) ( Transition count matrix )					c. Bağımsız olasılı matrisi (rij) ( Independent trials matrix )							
Linyit (LT)	7		LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KİL	SLT		
Tuf (TUF)	6	LT	0	1	6	0	7	LT	0.00	0.32	0.58	0.11		
Kırtasi (KİL)	11	TUF	3	0	2	1	6	TUF	0.35	0.00	0.55	0.10		
Siltasi (SLT)	2	KİL	4	6	0	1	11	KİL	0.47	0.40	0.00	0.13		
toplam	26	SLT	0	0	2	0	2	SLT	0.29	0.25	0.46	0.00		
							f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> ) ( Chi square values )							
d. Olasılı geçiş matrisi (pij) ( Transition probability matrix )		e. Fark matrisi (dij) ( Diffrence matrix )												
	LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT		LT	TUF	KİL	SLT
LT	0.00	0.14	0.86	0.00	LT	0.00	-0.17	0.28	-0.11	LT	0.00	0.66	0.94	0.74
TUF	0.50	0.00	0.33	0.17	TUF	0.15	0.00	-0.22	0.07	TUF	0.39	0.00	0.51	0.27
KİL	0.36	0.55	0.00	0.09	KİL	-0.10	0.15	0.00	-0.04	KİL	0.25	0.58	0.00	0.15
SLT	0.00	0.00	1.00	0.00	SLT	-0.29	-0.25	0.54	0.00	SLT	0.58	0.50	1.28	0.00
						Toplam					6.84			
Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8														

Çizelge 2, 22 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 2 Statistical data of drilling number 22.

a. Litolojiler (Lithologies)		b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix)					c. Bağımsız olasılıklar matrisi (rij) (Independent trials matrix)					
Linyit (LT)	15		LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KİL	SLT
Tuf (TUF)	13	LT	0	9	5	1	15	LT	0.00	0.52	0.36	0.12
Kilitli (KİL)	9	TUF	7	0	5	1	13	TUF	0.56	0.00	0.33	0.11
Siltli (SLT)	3	KİL	5	3	0	1	9	KİL	0.48	0.42	0.00	0.10
Toplam	40	SLT	3	0	0	0	3	SLT	0.41	0.35	0.24	0.00
							f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> ) (Chi square values)					
d. Olasılıklar geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix)		e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix)										
	LT	TUF	KİL	SLT			LT	TUF	KİL	SLT		
LT	0.00	0.60	0.33	0.07		LT	0.00	0.08	-0.03	-0.05		
TUF	0.54	0.00	0.38	0.08		TUF	-0.02	0.00	0.05	-0.03		
KİL	0.56	0.33	0.00	0.11		KİL	0.07	-0.09	0.00	0.01		
SLT	1.00	0.00	0.00	0.00		SLT	0.59	-0.35	-0.24	0.00		
							Toplam					
							5.49					

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

Çizelge 3.23 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 3 Statistical data of drilling number 23.

a. Litolojiler (Lithologies)		b. Sayılan geçiş matrisi (fij) (Transition count matrix)					c. Bağımsız olasılıklar matrisi (rij) (Independent trials matrix)					
Linyit (LT)	12		LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM		LT	TUF	KİL	SLT
Tuf (TUF)	11	LT	0	5	7	0	12	LT	0.00	0.48	0.48	0.04
Kilitli (KİL)	11	TUF	5	0	5	1	11	TUF	0.50	0.00	0.46	0.04
Siltli (SLT)	1	KİL	7	4	0	0	11	KİL	0.50	0.46	0.00	0.04
Toplam	35	SLT	1	0	0	0	1	SLT	0.35	0.32	0.32	0.00
							f. Ki kare değerleri (X <sup>2</sup> ) (Chi square values)					
d. Olasılıklar geçiş matrisi (pij) (Transition probability matrix)		e. Fark matrisi (dij) (Difference matrix)										
	LT	TUF	KİL	SLT			LT	TUF	KİL	SLT		
LT	0.00	0.42	0.58	0.00		LT	0.00	-0.06	0.11	-0.04		
TUF	0.45	0.00	0.45	0.09		TUF	-0.05	0.00	0.00	0.05		
KİL	0.64	0.36	0.00	0.00		KİL	0.14	-0.09	0.00	-0.04		
SLT	1.00	0.00	0.00	0.00		SLT	0.65	-0.32	-0.32	0.00		
							Toplam					
							4.5					

Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8

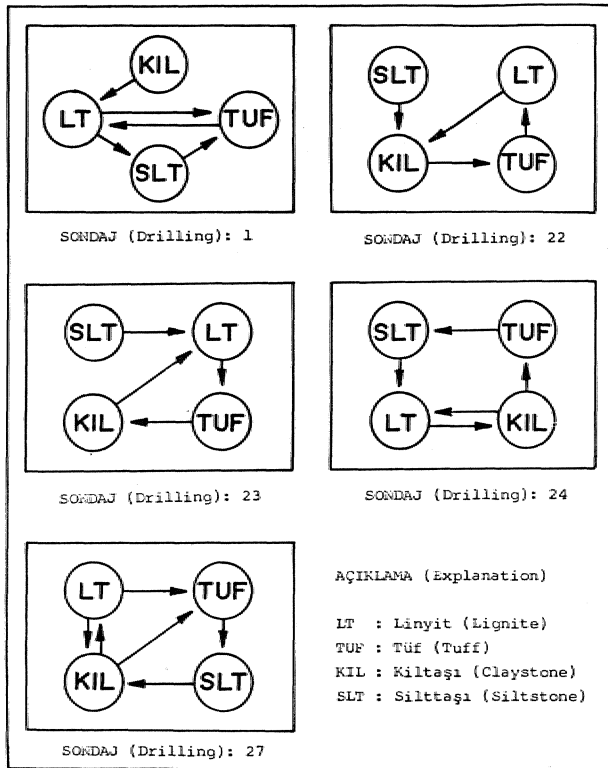
Çizelge 4.24 No.lu sondajın, istatistiksel verileri.

Table 4 Statistical data of drilling number 24.

<b>a. Litofasiesler (Lithofacies)</b>		<b>b. Sayılan geçis matrisi (fij) ( Transition count matrix )</b>						<b>c. Bağımsız olasılı matrisi (rij) ( Independent trials matrix )</b>				
Linyit (LT)	13	LT	TUF	KİL	SLT	TOPLAM	LT	TUF	KİL	SLT		
Tuf (TUF)	8	LT	0	4	9	0	13	0.00	0.25	0.56	0.19	
Kilası (KİL)	18	TUF	2	0	4	2	8	0.35	0.00	0.49	0.16	
Siltası (SLT)	6	KİL	11	4	0	3	18	0.48	0.30	0.00	0.22	
toplam	45	SLT	0	1	5	0	6	0.33	0.21	0.46	0.00	
<b>d. Olasılı geçis matrisi (pij) ( Transition probability matrix )</b>		<b>e. Fark matrisi (dij) ( Difference matrix )</b>					<b>f. Ki kare değerleri (X<sup>2</sup>) ( Chi square values )</b>					
LT	TUF	KİL	SLT	LT	TUF	KİL	SLT	LT	TUF	KİL	SLT	
0.00	0.31	0.69	0.00	0.00	0.06	0.13	-0.19	0.00	0.17	0.39	2.44	
0.25	0.00	0.50	0.25	-0.10	0.00	0.01	0.09	0.23	0.00	0.00	0.38	
0.61	0.22	0.00	0.17	0.13	-0.07	0.00	-0.06	0.63	0.33	0.00	0.25	
0.00	0.17	0.83	0.00	-0.33	-0.04	0.37	0.00	2.00	0.04	1.80	0.00	
											Toplam	8.67
Serbestlik derecesi (degree of freedom) = 8												

Çizelge 5. 27 No.lu sondajın istatistiksel verileri.

Table 5 Statistical data of drilling number 27.



Şekil 3 İncelenen sondajlarda Markov Zinciri Analizine göre litofasiyes geçişleri.

Figure 3 Lithofacies transitions investigated drillings according to Markov Chain Analysis.

(1) no'lu eşitliğe uygulandığında  $r_{ij} = 0.36$  bulunur (Çizelge 1c). Bulunan  $r_{ij}$  değeri, linyit ve tuf litofasiyesleri için bağımsız olasılı matrisi'dir. Yani, bir no'lu kuyuda sayılan toplam 22 litofasiyes içinde, 8 linyit tabakası üzerinde 5 kez tuf tabakasının yerleşiminin istatistiksel ifadesidir.

2) Olasılı geçiş matrisi (Transition probability matrix):

Olasılı geçiş matrisi bileşenleri için  $P_{ij}$  sembolü kullanılır.

$P_{ij} = f_{ij}/S_i$  ..... (2) eşitliği ile hesaplanır.

Bir no'lu kuyuda linyit üzerine gelen tuf tabakasının sayısı;  $f_{ij} = 3$ , toplam linyit tabakasının sayısı;  $S_i = 8$ 'dir (Çizelge 1b). Bu değerler yukarıda verilen (2) no'lu eşitliğe uygulandığında  $P_{ij} = 0.38$  bulunur (Çizelge 1d). Bu sayısal değer, linyit ile tuf tabakası arasındaki geçişin istatistiksel ifadesidir.

3) Fark matrisi (Difference matrix):

Fark matrisi için  $d_{ij}$  sembolü kullanılır.

$d_{ij} = P_{ij} - r_{ij}$  ..... (3) eşitliği ile hesaplanır.

Bir no'lu kuyuda olasılı geçiş matrisi;  $P_{ij} =$

0.38», bağımsız olasılı matiks;  $r_{ij} = 0.36$ 'dır Bu değerler yukanda verilen (3) nolu eşitliğe uygulanığında  $d_{ij} = 0.02$  bulunur (Çizelge 1e).

Yukarıda sözü edilen istatistiksel parametrelerin doğruluk ve güvenlilik kontrolü için ki kave sinaması (chî square test) uygulanmaktadır (Gingerica., 1969; Mäall, 1973).

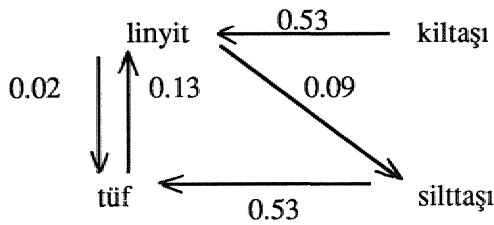
$$\chi^2 = Z^j (f_{ij} - S_{ij})^2 / S_{ij} \dots\dots\dots(4)$$

eşitliği yardımıyla yapılan bu sıralamada ki kare serbestlik derecesi; bağımsız olasılı matiks ( $r_{ij}$ ) çizelgesinde yeralan toplam pozitif rakam sayısından, mutlak değeri sıfır olan rakam sayısı çıkarılarak bulunur (Gingerich, 1969) (Çizelge 1f).

Yukarıda değinilen eşitlikler çalışma sahasında incelenen her kuyuya uygulanmış ve sonuçlar çizelgeler hafinde sunulmuştur (Çizelge 1, 2, 3,4, 5).

Çizelgede yeralan fark matiksindeki (I.e) pozitif değerler lifofasiyeler arasındaki geçişleri göstermektedir. Örneğin; 1 nolu kuyuda, fark matiks çizelgesinde (Le) ilk sırada yeralan linyit (LT) pozitif değere, tuf (TUF) ve siltaşında (SUT) ulaşmaktadır, ikinci sırada yeralan. tüfin matiks yalnız siltaşında pozitifdir.

Üçüncü sıradaki kiltaşının (KIL) matiks linyite pozitif olmaktadır. Son sırada yeralan. siltaşının matiks ise fiilde pozitif değerdedir. Bu pozitif değerler lifofasiyelere uygulandığında, lifofasiyeler arasındaki geçişler bulunur. Buna göre 1 no'luyuda;



geçişleri elde edilmiştir..

Aynı şekilde yukarıdaki işlemler diğer kuyulara da uygulanmış ve elde edilen, ütofasiyeler geçişleri (Şekil 3)'de verilmiştir.

İncelenen kuyularda elde edilen ki kare değerleri; 8 serbestlik derecesine göre; 4.50-8.67 arasında değişmektedir. Bu değerlerin güvenilirlik sınırı % 70-90 arasındadır..

Erkan, 1990'a göre ki kare sinamasının güvenilirlik sınırı % 95 olarak verilmektedir.

Çalışmamızda elde edilen, değerlerin güvenilirlik sınırının altında olması, aıdalanen lifofasiyelerin sayıların azlığına dolayısı ile sedimantasyona bağlıdır.

## SONUÇLAR

Markov zinciri analiz yöntemi» tekrarlanan lifofasiyelerin birbirleri ile olan ilişkilerini ortaya koyar. Bu ilişkinin kökeni ve nedenleri ise ancak fasiyeler analizleri ile açıklanabilir.

İncelenen sondajların ikisinde (24 ve 27 nolu sondajlar) karşılıklı linyit-kiltaş geçişi» birinde (22 nolu sondaj) linyit-kiltaş geçişi, ikisinde ise (1 ve 23 nolu sondajlar) kiltaş-Hnyit geçişi saptanmıştır. Yine, sondajların birinde (1 nolu sondaj) karşılıklı linyit-tuf geçişi, ikisinde (23 ve 27 nolu sondajlar) linyit-tuf geçişi, birinde ise (22 nolu sondaj) tuf-lyinit geçişi istatistiksel olarak saptanmıştır.

Sonuç olarak,, çökme ortamına tuf gelişimi ile linyit oluşumu arasında bağlantı olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Markov Zinciri. Analiz yönteminin, lifofasiyelerin ardalanma sayısı ile orantılı olduğu ortaya çıkmaktadır.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, kendilerine çalışma olanaklarını sağlayan ve destek olan Doç. Dr. Güner ÜNALANPa (MTA), eleştirileri ile katkıda bulunan Doc. Dr., Nizamettin KAZANCI (AÜFF) ve Doç.. Dr. Baki VAROL'a (AÜFF), hesaplamalardaki katkılarından dolayı Dr. Mehmet ŞENER (MTA) ve Fakı OCAKOĞLU'na (MTA) teşekkür ederler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akay, E., Erkan, E., Onay, E., 1939, Muş Tersiyer havzasının stratigrafisi. MTA Dergisi Sayı: 109, S. 59-76.
- Can, T.R., 1982, Log-linear models, Markov chains and cyclic sedimentation. Jour. Sed. Pet Vol. 52,8.905-912...
- Davis, J.C., 1986, Statistics and Data Analysis in Geology,.. John Wiley and Sons, Inc., U.S.A., S, 150-1Ç2.
- Erkan, Y., 1990, Yerbilimciler için istatistik (çeviri) Ankara..
- Evans, I.E., 1991, Facies relationships, alluvial architecture and paleohydrology of a Paleo-

- . gene, humictropical alluvial fan system: Chumstick Formation Washington State USA. Jour. Sed. Pet. Vol. 61, S. 732-755.
- Gingerich, D.D., 1969, Markov Analysis of cyclic alluvial sediments. Jour., Sed, Pet. Vol, 39, S. 330-332.
- İlker» S., 1966, Eizunım-Muş bölgesinde Karaköse J 48 a4, di paftalarının 1/25,000 ölçekli detay petrol etüdü MTA Raporu, No: 4177 (yayınlanmamış).
- Krumbein, W.C., 1968, Statistical models in sedimentology. Sedimentology. Vol. 10, S, 7-23.
- Miall, A.D., 1973, Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain, succession. Sedimentology. Vol. 20, S. 347-364.
- Selvi B., 1977, Erzurum-Hinis-Zimak kömür havzasının raporu» MTA raporu. No: 6379 (yayınlanmamış)..
- Sengiller, L, Özdemir, I., Sulu, K., Gönenç, O., 1991, Muş-Hınıs (Erzurum)-Tütak (Ağrı) Havzasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları .MTA Raporu; No: 9195 (yayınlanmamış).
- Sengiller, L, Toprak, S., 1991, Varto, Hınıs, Bulanık, Malazgirt, yöresi linyitlerinin petrografik özellikleri ,, Türkiye Jeoloji Bülteni. Cilt 34 S. 15-22.