

BITUMLU KÖMÜRDE TEMSİLİ FLOTASYON TEST TEKNİKLERİ

LABORATORY TEST TECHNIQUES FOR A BITUMINOUS COAL

Sait KIZGUT* ***Dilek ÇUHARADOĞLU*****
Yakup KESKİN Vecihi GÖRGÜLÜ*******

ÖZET

Çalışma, laboratuvar test tekniklerinin uygulanabilirliklerinin pratik olarak karşılaştırılması amacı ile Türkiye Taşkömürü İşletmesi (TTK) Armutçuk Lavuarı flotasyon girişi şlam kömürde gerçekleştirilmiştir. Uygulanan test teknikleri literatürde tanımlandığı şekliyle "tree- ağaç", "release" ve "timed release" laboratuvar flotasyon test teknikleridir. Yöntemlerin temsil niteliklerini belirlemek amacıyla testler farklı iki operatör tarafından değişik reaktif miktarlarında gerçekleştirilmiştir. Flotasyonda farklı boyut gruplarının yüzebilirliklerinin değerlendirilmesi amacıyla, flotasyon ürünleri +250 um, -250+53 um ve -53 um de sınıflandırılarak genel test sonuçları üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

ABSTRACT

This study is a practical comparison of some laboratory test techniques, tree, timed release and release, on the Armutçuk Coal Mine of Turkish Hard Coal Enterprise (TTK). Tests were carried out by two operator by using various reagent dosages to determine the representability of the test techniques. Flotation products were classified at +250 urn, -250+53 um and -53 um to take into account their different flotation rate..

* Dr. Maden Yük. Müh. ZKÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ZONGULDAK

** Yrd. Doç. Dr. Maden Yük. Müh. ZKÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ZONGULDAK

*** Maden Yük. Müh. ZKÜ Maden Mühendisliği Bölümü, ZONGULDAK

**** Kimya Müh. TTK Merkez Laboratuvarı, ZONGULDAK

1. GİRİŞ

Kömürlerin flote edilebilirliklerinin belirlenmesi ve tesis çalışma kontrolünün sağlanması amacıyla uygulanan yaygın laboratuvar testleri; "tree-ağaç," "release", "timed release" ve "batch" yöntemleridir (1). Yaygın olarak laboratuvar ölçekli bir flotasyon hücresinde gerçekleştirilen bu testler yanısıra, pilot çaplı flotasyon cihazlarında da "sürekli" flotasyon testleri yapılmaktadır (2). Genel olarak bir test yöntemi olmamakla birlikte bu konuda ASTM (American Society for testing Materials) tarafından çalışmalar sürdürülmektedir (3).

Bu çalışma, yukarıda sözü edilen test tekniklerinden ; "tree-ağaç," "release", "timed release" testlerinin TTK Armutçuk Lavuar'ı flotasyon girişinden alınan numune üzerinde yapılan laboratuvar uygulamaların içermektedir. Genel olarak flotasyonda ve özelde kömür flotasyonunda farklı boyut gruplarındaki parçacıkların farklı yüzme oranları göstermesinden dolayı test ürünleri literatürde yaygın olarak belirtilen yakın yüzme oranları gösteren boyut gruplarında sınıflandırılmıştır. Bunun yanısıra uygulanan test yöntemlerinin farklı operatörler tarafından uygulanması sonucu göstereceği genel değişim eğilimi de çalışmada değerlendirilmiştir.

Kömür flotasyonunda iri, (yaklaşık +250 µm) ve ince, (yaklaşık -20 µm) oranının aşırı miktarda artması bu boyut gruplarının zayıf yüzebilirliklerinden dolayı flotasyon işlemini zorlaştırdığı ve sonuçları etkilediği değişik yazarlarca belirtilmiştir (4, 5, 6). Normal uygulama koşullarında, iri boyutlu kömür taneciklerinin zayıf yüzebilirliklerinin nedeni olarak, halihazırda kullanılan toplayıcının büyük kısmının ince boyut grupları tarafından adsorblanması, böylece toplayıcının ince tanelere bağlanması gösterilmektedir (7, 8,9).

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

Deneylerde kullanılan numuneler TTK Armutçuk Lavuar'ı flotasyon girişinden alınmıştır. Numune, flotasyon ünitesi girişinde reaktif ilavesinden önce alınmış

olmasına rağmen, dolaşım suyundan gelen bir miktar reaktifin numuneye karıştığı bilinmektedir. Deney numuneleri herhangi bir sınıflandırma işlemine tabi tutulmaksızın, sadece homojenliği sağlayacak şekilde harmanlanarak doğrudan kullanılmıştır. Deney numunesi boyut analizi ve boyut gruplarında kül dağılımları Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere numunede azalan boyutla birlikte kül miktarında aşırı bir artış vardır ve +250 um külü -53 um boyut külünün yaklaşık yansıdır. Bunun yanısıra bir diğer önemli gözlem +425 um boyut grubundaki aşırı yığılımdır. Bunun "doğal flotasyon boyutu" olan -500 um de bulunamayacağı ve dolayısıyla bunun sistemden kaynaklanan iri boyut kaçaklarından oluştuğu düşünülebilir.

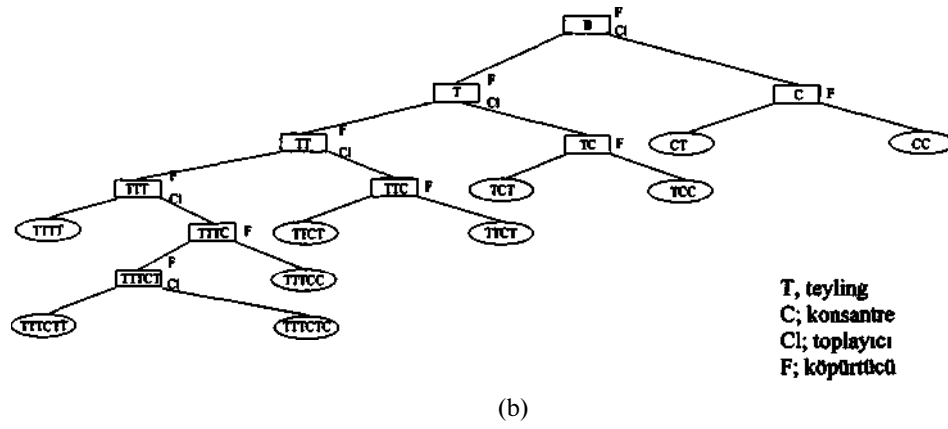
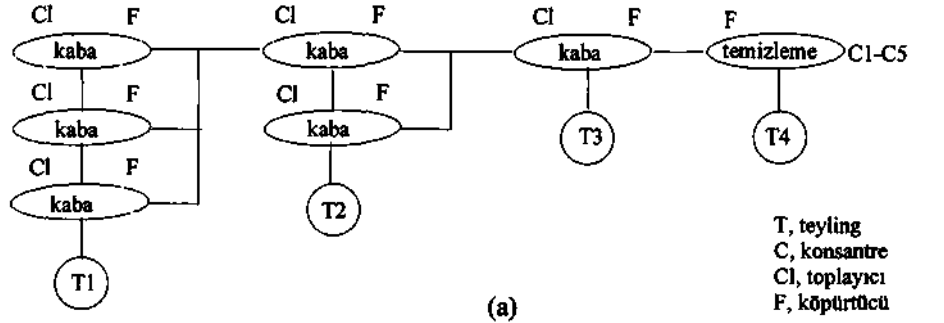
Tablo 1. Deney numunesi boyut analizi ve boyut gruplarında kül dağılımları

Boyut (um)	Miktar (ağırlıkça) (%)	Toplamlı Miktar (%)	Kül (%)
+425	15,81	15,81	12,70
-425+300	25,88	41,69	16,40
-300+250	6,05	47,74	30,20
-250+180	6,35	54,09	34,90
-180+150	5,34	59,43	48,25
-150+106	6,66	66,08	55,76
-106+75	5,14	71,22	62,10
-75+53	2,50	73,72	61,20
-53	26,28	100,00	70,30
Toplam	100,00		39,78

2.2. Yöntem

Tüm flotasyon testleri iki operatör tarafından yaklaşık %10 katı yoğunluğunda (ağırlıkça), 1500 d/d karıştırma hızında, Humboldt-Wedag laboratuvar tipi flotasyon makinasında 3 litrelik hücrede yapılmıştır. Hava, makina emişi ile sağlanmış olup, test sırasında hava musluğu sonuna değin açılmıştır. Testler sırasında reaktif katılmasını takiben yaklaşık bir dakikalık bir kıvamlandırma yapılmıştır. Elde edilen tüm test ürünleri 250 ve 53 um de elenerek sınıflandırılmış, miktar ve kül belirlemesi sonrasında hesaben birleştirilmiş ve birleştirilen test ürünleri kül sırasına göre dizilerek değerlendirilmiştir.

Kullanılan reaktifler, gaz yağı (toplayıcı) ve izo oktanol (köpürtücü) dur. Testler sırasında kullanılan toplam toplayıcı miktarı her bir test için yaklaşık 1000 ve 1500 g/t ve köpürtücü miktarı 100 g/t civarında olup çeşitli test aşamalarında pülpe katılmıştır.



Şekil 1. Timed-release (a) ve tree (b) test yöntemleri örnek şematik gösterimi

Şematik olarak Şekil 1 .a'da örneği verilen timed-release yönteminde dört aşamalı bir kaba flotasyonu takiben, kaba flotasyon yüzenleri yalnızca köpürtücü ilavesi ile yeniden yüzdürülerek 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 saniye zaman aralıklarında ürünler sürekli olarak toplanmıştır.

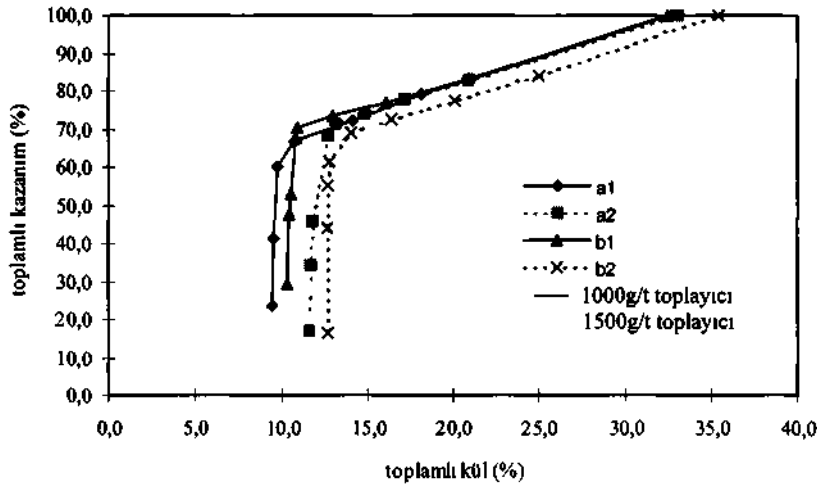
Release test, TTK ilgili birimlerince uygulandığı şekliyle dört aşamalı bir flotasyon işleminden oluşmaktadır. Bu, timed-release testin temizleme aşamasının olmadığı

yöntemdir. Reaktifler TTK'ca uygulandığı şekliyle ikinci ve dördüncü flotasyon aşamalarında katılmıştır.

Uygulanan tree-ağaç yöntemi örneği şematik olarak Şekil 1 .b'de verilmiştir. Yöntem, alınan ürünlerin dallandırılarak yüzdürülmesinden oluşmaktadır. Yüzen veya batan miktarının toplam beslenen miktarın %2'sinden az olmasına değin dallandırma devam ettirilebilmektedir. Yüzen ürünlerin yeniden yüzdürülmesinde yalnızca köpürtücü ilave edilmiş olup, diğer aşamalarda hem toplayıcı hem de köpürtücü ilave edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Testlere ait sonuçlar boyut gruplarında dağılım dahil olmak üzere; timed release test için Tablo 2 ve 3'de, release test için Tablo 4 ve 5'de, tree-ağaç test için Tablo 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 2. Timed-release test toplam küllü - toplam kazanım değişimleri, a; birinci operatör, b; ikinci operatör

Sonuçlar genel olarak, yöntemlerin kendi içinde farklı operatör ve reaktif miktarlarında değişimi ve uygulanan yöntemlerin farklı reaktif miktarları için değişimi

Tablo 2. "Timed release" test sonuçları, 1000 g/t gazyağı ve 100 g/t izo oktanol

Operatör al		Boyut gruplarında Kazanım ve Kül Dağılımları							Operatör bl		Boyut gruplarında Kazanım ve Kül Dağılımları						
Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm			Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm		
Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)
1	23,6	9,42	57,2	7,12	37,9	12,05	4,9	15,94	1	29,4	10,36	63,8	8,60	32,0	13,29	4,2	14,80
2	17,9	9,69	66,4	6,99	28,2	14,77	5,4	16,30	2	18,2	10,48	62,9	7,80	31,9	15,06	5,2	14,88
3	18,5	10,24	75,5	7,51	17,7	19,64	6,8	16,04	3	5,3	11,97	66,4	7,59	27,9	20,99	5,7	19,06
4	6,6	19,47	58,2	10,92	36,2	32,19	5,6	26,04	4	14,5	12,02	66,1	7,44	27,9	21,10	6,0	20,18
5	5,5	56,03	0,0	0,00	37,5	39,12	62,5	66,92	5	3,0	12,89	50,6	7,21	40,5	18,96	8,9	17,62
6	7,1	58,23	18,8	35,54	39,3	63,49	41,9	63,52	6	2,7	63,58	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	63,58
7	3,9	81,62	0,0	0,00	37,1	82,41	62,9	81,14	7	3,8	76,23	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	76,23
8	16,8	90,01	21,2	88,48	0,0	0,00	78,8	90,42	8	6,1	81,07	0,0	0,00	39,8	80,38	60,2	81,62
9	-	-	-	-	-	-	-	-	9	16,8	89,63	25,8	88,64	0,0	0,00	74,2	89,98

Tablo 3. "Timed release" test sonuçları, 1500 g/t gazyağı ve 100 g/t izo oktanol

Operatör a2		Boyut gruplarında Kazanım ve Kül Dağılımları							Operatör b2		Boyut gruplarında Kazanım ve Kül Dağılımları						
Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm			Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm		
Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)
1	16,7	11,61	50,5	7,52	39,5	16,00	10,0	15,00	1	16,6	12,64	55,8	7,48	36,3	19,20	7,9	18,90
2	17,6	11,87	62,8	7,06	30,3	20,36	6,9	18,30	2	27,4	12,67	58,0	7,55	34,5	20,34	7,5	16,93
3	11,6	11,91	56,2	6,78	34,3	18,07	9,5	20,00	3	11,1	12,94	55,8	7,42	36,8	20,09	7,4	18,90
4	21,9	14,66	49,6	7,84	39,7	22,50	10,7	17,15	4	6,3	13,05	52,8	7,20	39,1	19,94	8,3	17,73
5	3,1	23,14	40,3	10,76	39,0	32,12	20,7	30,28	5	7,4	25,14	49,3	12,34	41,7	37,60	9,0	37,34
6	2,8	55,30	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	55,30	6	3,7	60,02	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	60,02
7	3,8	63,19	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	63,19	7	4,8	76,10	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	76,10
8	4,9	79,80	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	79,80	8	6,8	80,47	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	80,47
9	17,5	90,56	23,8	90,13	0,0	0,00	76,2	90,70	9	15,9	90,58	26,4	89,20	0,0	0,00	73,6	91,07

Tablo 4. "Release" test sonuçları, 1000 g/t gazyağı ve 100 g/t izo oktanol

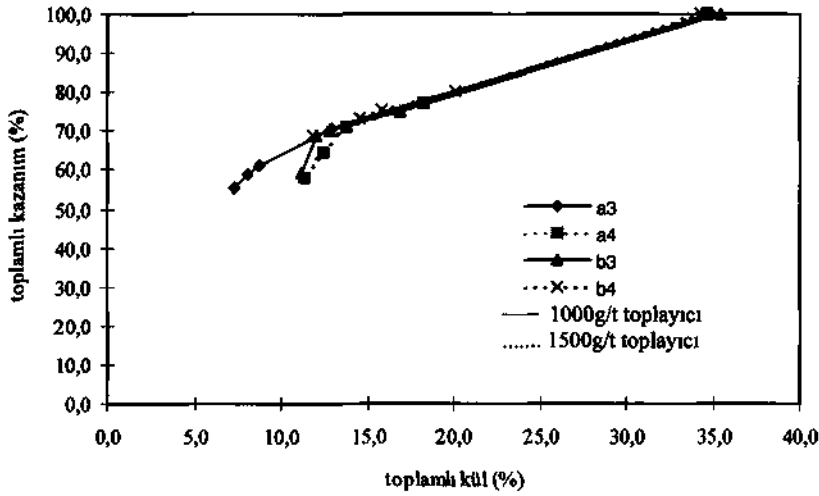
Operatör a5		Boyut gruplarında Kazanım ve KÜl Dağılımları							Operatör b5		Boyut gruplarında Kazanım ve KÜl Dağılımları						
Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm			Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm		
Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)
1	55,3	7,26	57,8	4,70	32,7	10,53	9,5	11,56	1	59,4	11,19	54,4	6,20	36,8	17,00	8,8	17,70
2	3,4	20,29	54,3	12,90	33,7	31,10	12,0	23,39	2	9,4	17,40	49,4	9,10	38,1	23,20	12,6	32,50
3	2,1	27,61	42,1	14,00	0,0	0,00	57,9	37,50	3	1,4	49,80	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	49,80
4	9,6	39,65	37,4	18,83	38,5	51,00	24,1	53,75	4	4,7	77,84	20,2	90,97	41,9	82,10	37,9	80,70
5	29,5	87,21	16,6	83,52	41,9	89,44	41,5	86,43	5	25,1	90,76	10,5	90,80	28,0	91,19	61,5	90,56

Tablo 5. "Release" test sonuçları, 1500 g/t gazyağı ve 100 g/t izo oktanol

Operatör a6		Boyut gruplarında Kazanım ve KÜl Dağılımları							Operatör b6		Boyut gruplarında Kazanım ve KÜl Dağılımları						
Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm			Kısmi Veriler		+250 µm		-250 +53 µm		-53 µm		
Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Ürünler	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)	Kazanım (%)	Kül (%)
1	58,0	11,39	57,4	6,90	35,1	18,00	7,5	14,80	1	68,6	11,89	59,7	6,00	32,6	22,00	7,7	14,90
2	6,6	21,99	44,9	8,80	40,3	29,40	14,8	41,85	2	4,7	53,45	29,0	36,70	0,0	0,00	71,0	60,30
3	6,3	27,27	43,5	13,10	41,7	39,90	14,8	33,30	3	2,0	62,10	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	62,10
4	6,0	71,01	20,1	49,14	47,2	78,20	32,7	74,10	4	4,8	85,90	0,0	0,00	0,0	0,00	100,0	85,90
5	23,1	89,31	14,1	87,84	43,8	92,20	42,1	86,80	5	19,8	91,84	16,8	91,10	41,3	93,30	41,9	90,69

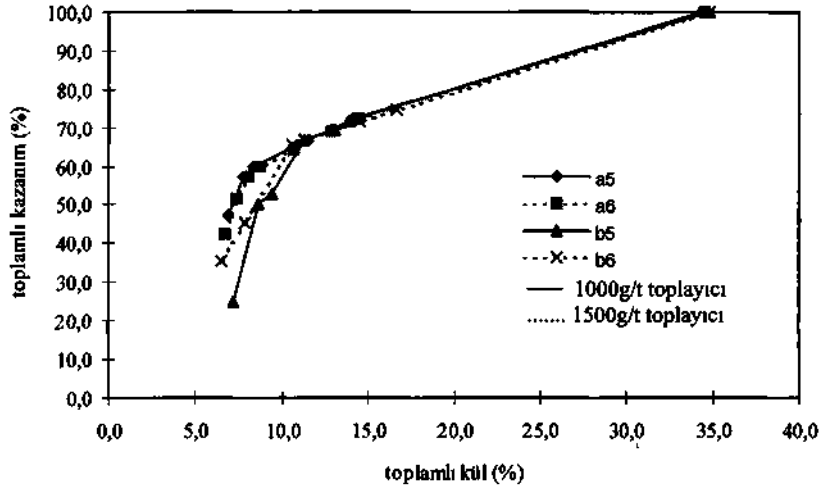
açısından değerlendirilmiştir. Boyut gruplarının farklı ürünlerdeki kazanımları da ayrıca değerlendirilmiştir.

Şekil 2'de timed-release toplam küllü ve toplam kazanım değişim grafikleri verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi düşük küllü bölgelerde 1000 g/t gazyağı uygulaması (sürekli hat) ile "a" ve "b" operatörleri arasında genel bir uyum söz konusu iken, 1500 g/t gazyağı uygulaması (kesikli hat) ile aynı miktarda kazanım için küllü içeriğinde 4-5 puanlık bir artış meydana gelmiştir. Genel hatları ile yaklaşık %13 küllü değerinin üzerinde her iki reaktif miktar için bir uyum söz konusudur.



Şekil 3. Release test toplam küllü - toplam kazanım değişimleri, a; birinci operatör, b; ikinci operatör

Şekil 3'de görüldüğü şekliyle, release test uygulaması için düşük küllü bölgesinde ne farklı operatör ne de farklı toplayıcı miktarları açısından pek bir uyum yoktur, "a" operatörünün elde edebileceği en düşük küllü ürün yaklaşık %6 küllü iken "b" operatörü için bu değer %12 civindedir. Bu sonuç genel olarak operatörün köpük toplamadaki kişisel eğiliminin etkisi olarak yorumlanabilir. 1500 g/t toplayıcı uygulaması ile yaklaşık %50 civarında bir kazanım için %6'luk küllü değerinden iki katına yakın bir artış meydana gelmiştir.

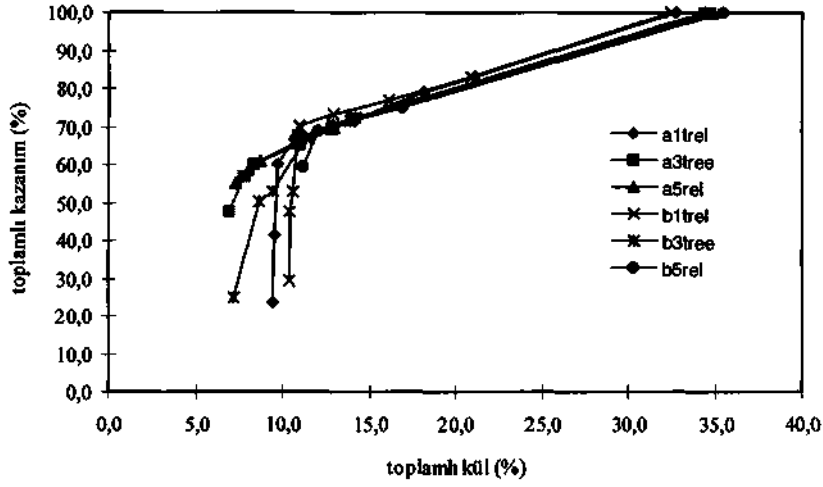


Şekil 4. Tree-ağaç test toplam küllü - toplam kazanım değişimleri, a; birinci operatör, b; ikinci operatör

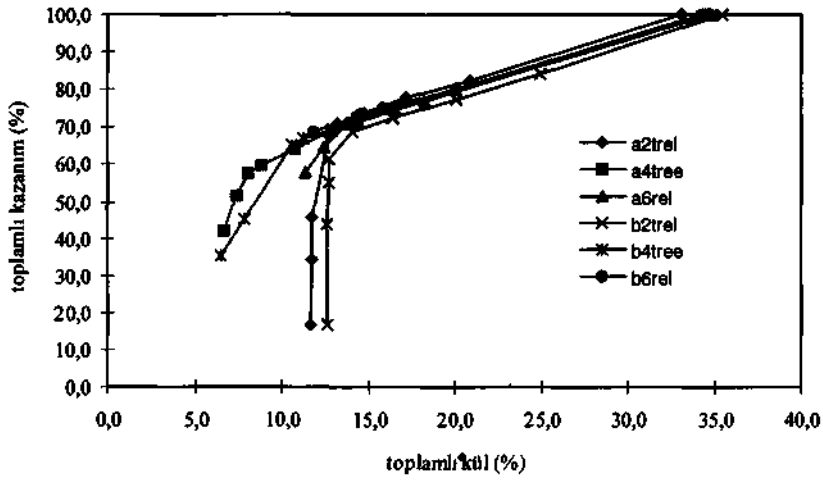
Tree-ağaç testi uygulamasında (Şekil 4) "a" operatörü için her iki toplayıcı miktarı için genel anlamıyla bir uyum söz konusudur, "b" operatörü sonuçları yaklaşık %8 küllü civarı sonrasında aynı eğilimi göstermekte ancak, yaklaşık %11 küllü civarına değin "a" operatöründen daha düşük kazanım değerleri vermekte ve sonrasında aynı eğilimi göstermektedir.

Boyut gruplarının test ürünleri içindeki oransal dağılımları değerlendirildiğinde timed-release testte genel anlamıyla normal bir dağılım, yüksek küllü ürünlerde düşük küllü boyut gruplarının olmayışı, gözlenmiştir (Tablo 2). Yine genel bir yaklaşımla ifade edilecek olursa -53 μm boyut grubu diğer boyut gruplarına göre daha yüksek küllü değerlerinde yer almıştır. Tree-ağaç test uygulamasında (Tablo 4) "a" operatörü testlerinde, genelde az miktarlarda, düşük küllü içeren iri boyutlu malzeme yüksek küllü ürünlere karışmıştır. Burada yazarların gözlemleri sonucu belirtilmesi gereken nokta, bu yüksek küllü ürüne karışmış iri boyut grubunun 500 μm nin üzerinde olmasıdır.

Aynı reaktif miktarları için test yöntemleri değerlendirilecek olursa 1000 g/t toplayıcı kullanımında (Şekil 5) "a" operatörü tree-ağaç ve release test sonuçları uyumlu



Şekil 5. 1000 g/t toplayıcı sonucu test yöntemlerinde toplam küll - toplam kazanım değişimleri, a; birinci operatör, b; ikinci operatör



Şekil 6. 1500 g/t toplayıcı sonucu test yöntemlerinde toplam küll - toplam kazanım değişimleri, a; birinci operatör, b; ikinci operatör

Çizelge 1: Optimum sondaj lokasyonlarına karşılık gelen LOKV değerleri

<u>Sondaj No</u>	<u>LOKV</u>
1	10.963
2	10.807
3	10.666
4	10.536
5	10.419
6	10.302
7	10.181

4. SONUÇLAR

Şekil 4 de görüldüğü gibi LOKV kriteri optimum lokasyonları genellikle pano kenarlarına yerleştirme eğilimi göstermektedir. Bu, pano kenarlarında ortaya çıkan yüksek hata varyanslarının doğal bir sonucudur. LOKV kriterine dayanan yöntem, ocak planlamasına yardımcı olacak ek sondajların belirlenmesinde kullanılabilir. Yöntem basittir ve krigingden başka bir bilgisayar programı gerektirmez. Ancak örneklerin gerçek değerlerine bağlı değildir ve ekonomik parametreler içermez.

KAYNAKLAR

1. CRESSIEN.A.C, Statistics for spatial data, John Wiley & Sons, New York, 1991, 900 p.
2. BARNES, R.J., Sample design for geologic site characterization, in Armstrong, M., ed., Geostatistics, Vol. 2, Kluwer, Dordrecht, 1989, pp.809-822.
3. GERSHON, M., Comparison of geostatistical approaches for drilling site selection *APCCM87L, 1987*, -pp. -93-100
4. ENGLUND, E.J., and HBRAVUN., Conditional simulation, Practical application for sampling optimization, in Soares, A., ed., Geostatistics, vol. 2, Kluwer, Dordrecht, 1992, pp. 613-624
5. MTA, Sivas-Kangal kömür yatağı fizibilite araştırma raporu, cilt 2 (rezerv), 1976, 32 sayfa.
6. TERCAN, A. E., KULAKSIZ, S-, ve ŞENTURK, A., Tülovası Borat Yatağı Rezervinin Jeostatistiksel Kestirimi, Madencilik, 1994, Cilt XXXIII, sayı 2, 19-24 .