

LÜJYON BASINÇLI SU DENEYLERİNİN  
YORUMLANMASINA ÖZGÜ BİR ÖRNEK:

# Fırat-Gölköy Bent Yeri Deneme Enjeksiyonu

GÜNAY E.İMİ\* &mel Müdürüğü, Ankara

OZ: A. a Houlby'nin önerdiği yöntem bent yerlerindeki deneme enjeksiyonu çalışmalarını değerlendirmek için kullanılmakta olup artan ve eksüen basınçlarda yapılan beş deneyin her biri için lüjyon değerinin hesaplanmasını, yorumlanmasını ve temsil lüjyon değerinin seçimini kapsamaktadır, Bu yazıda, FıratGölköy bent yerindeki deneme enjeksiyonu için yapılan basınçlı su deneyleri Houlby'nin önerdiği biçimde değerlendirilerek lüjyon değerleri hesaplanmış ve sonuçlar örneğine göre yorumlanarak uygun geçirimlili k değerlerinin seçilmeğine çalışılmıştır. Ayrıca bu geçirimlilik değerlerini veren etkenler araştırılmıştır.

ZUSAMMENFASSUNG i Die von A. EX Houlby vorgeschlagene Methode verwendet man bei den Staudämmen für die auswertung von Probe-Injektionen diese Methode umfasst die errechnung der Lugeon Werte, ihre Auswertung, Berechnung und Auswählung der für alle fünf Versuche, die unter steigenden und sinkenden drück durchgeführt sind, In diesem Vortrag wird versucht die beim Fırat - Gölköy Staudamm für Probe Injektion unter Druck durchgeführten Wasser - Versuche nach der von Houlby vorgeschlagenen Methode auszuwerten, die Lugeon Verte zu bestimmen und nach der Ergebnissen die passenden Permeabilitaat zahlen zu wahlen, datmi werden noch die Faktoren von Permiae bilitat werte untersucht,

## GtEti

Bent yerinde yapılan deneme enjeksiyonu ve basınçlı su deneylerinin lüjyon (Lugeon) klasik değerlendirmesi daha önce yapılmış ve sonuçlar yayınlanmıştı\* Bu amaçla enjeksiyon ve kontrol kuyularında yapılan toplam 758 adet basınçlı su deneyinin lüjyon eğrileri çizilerek her kademe için temsili lüjyon değerleri bulunmuştu\* Bir de Houlby'nin önerisine uyularak değerlendirme yapılmasının hem elde edilen sonuçları karşılaştırmak, hem de sağlanacak yeni verileri pratikte uygulama olanağı bulmak yönünden yararlı olacağı düşünülerek böyle bir çalışmaya gidilmiştir.

## BENT YERİ JEÖLÖJİSİ

Burada Fırat-Gölköy bent aksı ve dolayında bulunan jeolojik birimler kısaca anlatılacaktır. Bent yeri yakınında bulunmayan ve enjeksiyonla ilgili olmayan diğer formasyonların anlaşılmasına gerek duyulmamıştır.

Aşağıdaki jeolojik bilgiler\* Y. UraPui bent yeri jeolojisi ile ilgili raporundan (1077) derlenmiştir.

Paleozoyik, Gündoğdu Formasyonu (Sg) olarak adlanan, genellikle kara, çürümüş yüzeyleri boz, kurşuni, taze yüzeyleri siyahımsı, zeytin yeşili, çok gevrek, şistoziteye paralel yanmalı, az mikalı ve yer yer karbonat arakatlı çamurtaşı, şeylden oluşmuştur. Şeyller bol Graptolitli olup paleontolojik tayinlerden yaşının Gotlandiyen olduğu saptanmıştır, Gündoğdu Formasyonu geçirimsiz tabam oluşturur ve bent yerinin hemen güneyinde enjeksiyon perdesinin bağlanabileceği bir konumda bulunur.

Mesozoyik, bent yerinde Kuru Formasyonu (Kk) olarak adlanan ve kireçtaşı ile dolotaşından oluşan birimle başlar. Enjeksiyon kuyularının tamamı bu formasyonda açılmıştır. Açık boz renkli, ince taneli, oldukça sert, orta, kaim katmanlıdır. Arada ince katmanlı killi şeyi ve marn düzeyleri bulunur. Kireçtaşı ile dolotaşım ayrıldığı sağlıklı depdir. Aradaki şeyller yumuşaklığı ve uğradığı baskı ile ezik haldedir. Kalınlığı 340 m. olarak verilmiştir. Yaşı Alt Kretaeadır,

Kuru Formasyonu üzerine dolotaşından oluşan Hanek Dolotası (Kh) gelir. Fakat bent yerinde dokanaklar f ayılı ve bindirmeli olduğundan bu birim görülmez, Dolotaşım üzerinde Aktaş Formasyonu (Ka) bulunur. Bu formasyon kireçtafindan oluşmuştur. Alt kısımlar açık boz, kaim katmanlı, sert, dayammlı, erimeli, yüzeyde daha aşırı erimelidir, Bunun üzerinde ise Beski Kireçtaşı (Kb) bulunur, Laminah, çürüme yüzeyleri saz rengi, taze yüzeyleri koyu boz, ince dokulu, sık eklemli, killi kireçtaşı, sileksitli kireçtaşı, kiltası, mutasından oluşmuştur. Tatlı topografya sunuşu arazide kolay tanınmasını sağlar,

Siluriyen yaşlı Gündoğdu Formasyonu ile Kretase çökelleri arasında açılal diskordans vardır, Senomaniyen yaşlı Hanek Dolotası ile Albiyen yaşlı Kuru Formasyonu arasında ve Hanek Dolotası ile Santoniyen yaşlı Aktaş Formasyonu arasında paralel diskordans vardır. Beski Kireçtaşı altındaki Aktaş Formasyonu ile dokanağı konkordansdır,

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Kenar Kıvrım Kuşağında yer alan bent yeri ve dolayı, Kretase ve Tersiyer sonunda olmak üzere iki tektonik olaydan etkinmiştir. Kretase sonunda oluşan şiddetli kompresyonel kuvvetlerin etkisiyle bindirmeler teşekkül etmiş, Tersiyer sonundaki tektonik hareketler de karışık kenar kıvrımlarını oluşturmuştur.

## FmAT-GÖLKÖY BENT YBBİNBE UYGULANAN BENEİÖ ENJEKSİYONU YÖNTEMİ

Fırat-Gölköy bent aksında ve Fırat nehri kıyısında, sağ sahilde B-1 deneme üçgeni, sol sahilde E-2 deneme üçgeninde uygulanan enjeksiyon yöntemine göre, önce bir kenarının uzunluğu 6 m. olan eşkenar üçgenlerin merkezlerindeki (kenarorta dikmelerinin kesim noktası) E.K-1-1 ve E.K-2-1 no-lu kontrol kuyuları devamlı karot alınarak delinmiş, 2 m. de bir basınçlı su deneyi yapılarak 100 m. ye tamamlanmıştır. Kontrol kuyularının delinmesi tamamlanınca ağzma kadar ince kumla doldurulmuş ve ardından eşkenar üçgenin köşelerindeki deliklerin açılmasına geçilmiştir. Bu deliklerde de de-

vanılı karot alınmış, 2 m, de bir basınçlı su deneyi ve ardından enjeksiyon yapılarak 100 m, ye kadar açılan bu kuyularda yukarıdan aşağı kademe yöntemi uygulanmıştır. Üçgenin köşelerindeki kuyuların enjeksiyonu tamamlanınca ortadaki kontrol kuyularındaki kum ve çimento tesir eden yerler karot alınarak temizlenmiş, bütün kuyuda çift lastik takımla 2 m, de bir basınçlı su deneyleri tekrarlanmıştır\*

Bu deneyler değerlendirilerek lüjyon birimleri hesaplanmış, su kaçığının fazla olduğu görülerek eşkenar üçgenlerin kenarortalarındaki ara deliklerin enjeksiyonuna geçilmiştir. Burada kontrol kuyuları tekrar ağzına kadar temiz kumla doldurulmuştur. Kenarorta kuyularının tamamlanmasından sonra kontrol kuyularında yapılan basınçlı su deneyleriyle enjeksiyonun başarı derecesi denetlenmeye çalışılmıştır\*

Bir kademenin enjeksiyonuna 4/1 su/çimento oranlı ince karışımla başlanmış, basınçta bir yükselme olmazsa sırasıyla 2/1 ve 1/1 oranındaki karışımlara geçilmiştir. Bütün su/çimento enjeksiyonlarında çimento ağırlığının %3-51 oranında bentonit kullanılmıştır.

#### Enjeksiyon basıncı

$F$  (atmosfer) = Kademe ortasının kuyu ağzına olan uzaklığı (m.) x 0.33 formülüne göre uygulanmıştır. Kademedeki istenen basınç tutuktan sonra kuyuya giden karışımın giderek azalması beklenmiş, bir metreye bir dakikada 2 it. veya daha az karışım gitmesi halinde 20 dakika beklenerek o kademenin refü olduğu kabul edilmiştir.

### LÜJYON BASINÇU SU DEJİNEYLERİNİN YORUMLAMASINDA GEİİŞTİRİLEN YÖNTEM

Houlsby, geliştirdiği yöntemi makalesinde kısaca şöyle açıklamaktadır:

1 — Herbiri on dakika devam etmek imkare birbirini izleyen beş adet basınçlı, su deneyi yapılır;

Birinci on dakikada düşük basınç uygulanır, (a basıncı)

İkinci on dakikada orta basınç uygulanır, (b basıncı)

Üçüncü on dakikada yüksek basınç uygulanır, (c basıncı)

Dördüncü on dakikada orta basınç uygulanır, (d basıncı)

Beşinci on dakikada düşük basınç uygulanır, (e basıncı)

2 — Aşağıdaki formül kullanılarak bes deneyin herbiri için bir lüjyon değeri hesaplanır:

Lüjyon birimi =

deneyde kuyuya fiden su (litre)x10 (atmosfer)

deney zam. (10dak)xKadema uzunl. (m)xDeney basıncı

3 — Sonuçlar incelenir, karşılaştırılır ve beş lüjyon değerinden hangisinin temsili geçirimlilik olarak alınacağı kararlaştırılır,

Fırat-Gölköy bent yerindeki basınçlı su deneylerinde a basıncı 3 atm., b basıncı 6 atm., c basıncı 10 atm., d basıncı 6 atm., e basıncı 3 atm, olarak uygulanmıştır. Tablo: 1'de beş değer çeşitli örneklere dayanılarak yorumları gösterilmektedir. Her örneğin dikkatlice incelenmesi sonucu seçilen lüjyon değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır.

Bu yöntemden anlaşılacağı üzere sonuçlar 10 atmosfer basınç kullanıldığında elde edilecek değerlere çevirmektedir. Basınçlarla ilişki kurulurken doğru orantılı olarak düşünülür. Bu, akım laminer olduğunda geçerlidir. Beş deney için oldukça değişik lüjyon değerleri elde edildiğinde akımın laminer olmadığı, diğer bazı etmenlerin bulunduğu anlaşılır. Bu etmenler Tablo: 2'de görüldüğü gibi şu şekilde yorumlanır:

#### A — Grubu 1 Lamner Akım

Beş deneyden elde edilen lüjyon değerleri hemen hemen aynı miktarda ise bu lamner akımdır.

Deney kademesi için beş değer ortalaması (en yakın tam sayı) temsili geçirimlilik olarak alınır.

TABLO:1-Deney sırasında çeşitli durumlardaki lüjyon örneklerinin yorumları ve yüzdeleri

örnek kademe	deney zamanı	deney basıncı (atm.)		deneyde kuyuya giden su (litre)	lüjyon değeri		lüjyon örneği yaklaşık ölçekte genelleştirilmiş örnek	örneğin özelliği ve yorumu	gerçek geçirimsizlik olarak kullanılması gereken lüjyon değeri	her gruptaki gerçek durum yüzdesi	
		isteneni	okunan		yaklaşık ölçekte	her deney için				kademe için seçilen	1, 2 veya 3 lüjyon
E. K-1-1 80.00-82.00	10' 10' 10' 10' 10'	3 6 10 6 3	3 6 10 6 3	a b c d=b e=a	0 0 2 1 0	0 0 0 0 0	0	kuyuya hiç su gitmemiştir veya çok az kaçak vardır. geçirimsiz	lüjyon değeri 0 veya 1 lüjyondan küçüktür.		% 34
E. K-1-1 90.00-92.00	10' - - - -	3 - - - -	2 - - - -		- - - - -	- - - - -	267? - - - -	basınc istenen değere yükselmiyor. geçirimsizlik fazla. pompa kapasitesi dışında	kademe için temsili bir lüjyon değeri genellikle verilemez.		% 7
E. K-1-1 76.00-78.00	10' 10' 10' 10' 10'	3 6 10 6 3	3 6 10 6 3	a b c d=b e=a	26 50 78 56 22	4,3 4,2 4 4,7 3,7	4	beş lüjyon değerinin hepsi eşittir. <b>A Grubu</b> laminer akım	beş lüjyon değerinin ortalaması kullanılır.	% 4	% 5
E. 1-2 36.00-38.00	10' 10' 10' 10' 10'	3 6 10 6 3	3 6 10 6 3	a b c d=b e=a	75 100 115 95 70	12,5 8,3 5,8 8 11,6	6	en yüksek basınçta düşük lüjyon değeri vermiştir. <b>B Grubu</b> çalkantılı akım	en yüksek basınçtaki lüjyon değeri kullanılır.	% 2	% 21
E. K-1-1 30.00-32.00	10' 10' 10' 10' 10'	3 6 10 6 3	3 6 10 6 3	a b c d=b e=a	10 75 100 70 16	1,7 6,2 9 5,8 2,5	6 2 <sup>veya</sup>	yüksek basınçta yüksek lüjyon değeri vermiştir. <b>C Grubu</b> basınçla açma	en düşük (veya orta) basınçtaki lüjyon değeri kullanılır.	% 8	% 4
E. K-1-1 18.00-20.00	10' 10' 10' 10' 10'	3 6 10 6 3	3 6 10 6 3	a b c d=b e=a	20 65 215 150 100	3,3 5,4 10,8 12,5 16,7	17	deney ilerledikçe lüjyon değerleri artmıştır. <b>D Grubu</b> yıkama v.s.	en yüksek lüjyon değeri kullanılır.	% 1	% 7
E. K-1-1 98.00-100.00	10' 10' 10' 10' 10'	3 6 10 6 3	3 6 10 6 3	a b c d=b e=a	270 445 420 230 110	45 37,1 21 19,1 18,3	18	deney ilerledikçe lüjyon değerleri düşmüştür. <b>E Grubu</b> boşluk doldurma	genellikle son lüjyon değeri kullanılır.	% 3	% 4

## B — Grubu: Çalkantılı Akım

"c" yüksek basıncı için hesaplanan lüjyon değeri iki orta basınç deneyi için hesaplanandan daha azsa ve düşük basınç değerleri eşitse akım çalkantılı olarak sınıflandırılır.

Çalkantılı akım niteliğindeki deney kademesinde temsili lüjyon değeri, yüksek basınç için hesaplanan değerdir,

## O — Grubu: Basınçla Açma

"c" yüksek basıncı için bulunan lüjyon değeri iki düşük basınç deneyi için bulunan değerlerden daha büyük ve iki düşük basınçta eşit değerler verdiği zaman kaya kütlelerinin geçici bir genişmesi (açılması) söz konusudur. Yüksek basınçta yüksek değer, kırıkların açılması ve deney suyuyla kırıklardaki malzemenin sıkıştırılması sonucu oluştuğu şeklinde yorumlanmaktadır\*

Kademe için temsili lüjyon değeri en düşük basınçlardan veya düşük basınçlardan aldığı taktirde orta basınçlardan elde edilen değerdir.

## D — Grubu: Yıkama

Yüksek basınç uygulandıktan sonra yüksek basınç Öncesi değerlere bir dönüş olmaz&a beş lüjyon değerindeki artışlar eklem dolgu gerecinin sürekli yıkayıp götürüldüğünü veya deney nedeniyle sürekli kaya hareketlerinin oluşmakta olduğu biçiminde yorumlanır. Bu durumun fazlaca olması, deney basınçlarının çok yüksek bulunduğunu gösteren bir belirtidir.

Kademe için seçilen değer genellikle *hon* kademesinde Ölçülen lüjyon değeridir,

## E — Grubu; Boşlukların Doldurulması

Beş basınç kademesindeki değerlerde giderek düşme, suyun yarı duyarsız olan boşlukları, eklemleri yavaş yavaş doldurmakta olduğunu gösteren bir kanıt olarak yorumlanır.

Temsili değer, son kademesinde elde edilen değerdir. Bununla beraber mümkünse genişletilmiş bir deney tavsiye edilir, Bu deneyde bütün boşluklar doluncaya kadar okumaya başlanmaz,

Beş deney grubunun kapsamı dışında kalan basınçlı su deneyleri iki ana grupta toplanmıştır, Birincisi, hiç su alışı olmayan veya önemsenmeyecek kadar az alış yapan geçirimsiz kademeler, ikincisi ise pompanın su yetiştirememesi nedeniyle fazla su kaçağı olan geçirimli kademelerdir. Geçirimsiz kademeler için lüjyon birimi 1 lüjyondan küçük olup "o" lüjyon alınmıştır. Pompa kapasitesi dışındaki kademeler için bir lüjyon değeri vermek genellikle olanaksızdır, Formüle göre hesaplanan tek lüjyon değeri kademe için geçirimsizlik ölçüsü olarak yazılırsa da bunun gerçek geçirimsizliği temsil etmeyeceği ortadadır.

## ITOAT-GÖLKÖY BENT YERTEBE YAPILAN BASINÇLI SU DENETLERİ VE SONUÇLARININ YORUMU

Bent yerinde yapılan basınçlı su deneyleri ve eifle edilen sonuçlar değerlendirilirken göz önüne alınması gereken birkaç noktayı vurgulamak yerinde olacaktır. Burada önemli bir etmen basınçlı su deneylerinin enjeksiyonla birlikte yürütülmesidir. Bu nedenle, değerlerin bakir bir sahada yapılan deneylere kıyasla bazı farklılıklar göstermesi olağandır. Tablo: 2 ve Tablo\* 3'te bu durum açıkça görülmektedir. E.K-1-1 ve E. K-2-1 kuyulandığı lüjyon değerleri» hiç enjeksiyon yapılmadan elde edilen sonuçlar olması yönüyle buldukları yeri en iyi belirten güvenilir değerlerdir.

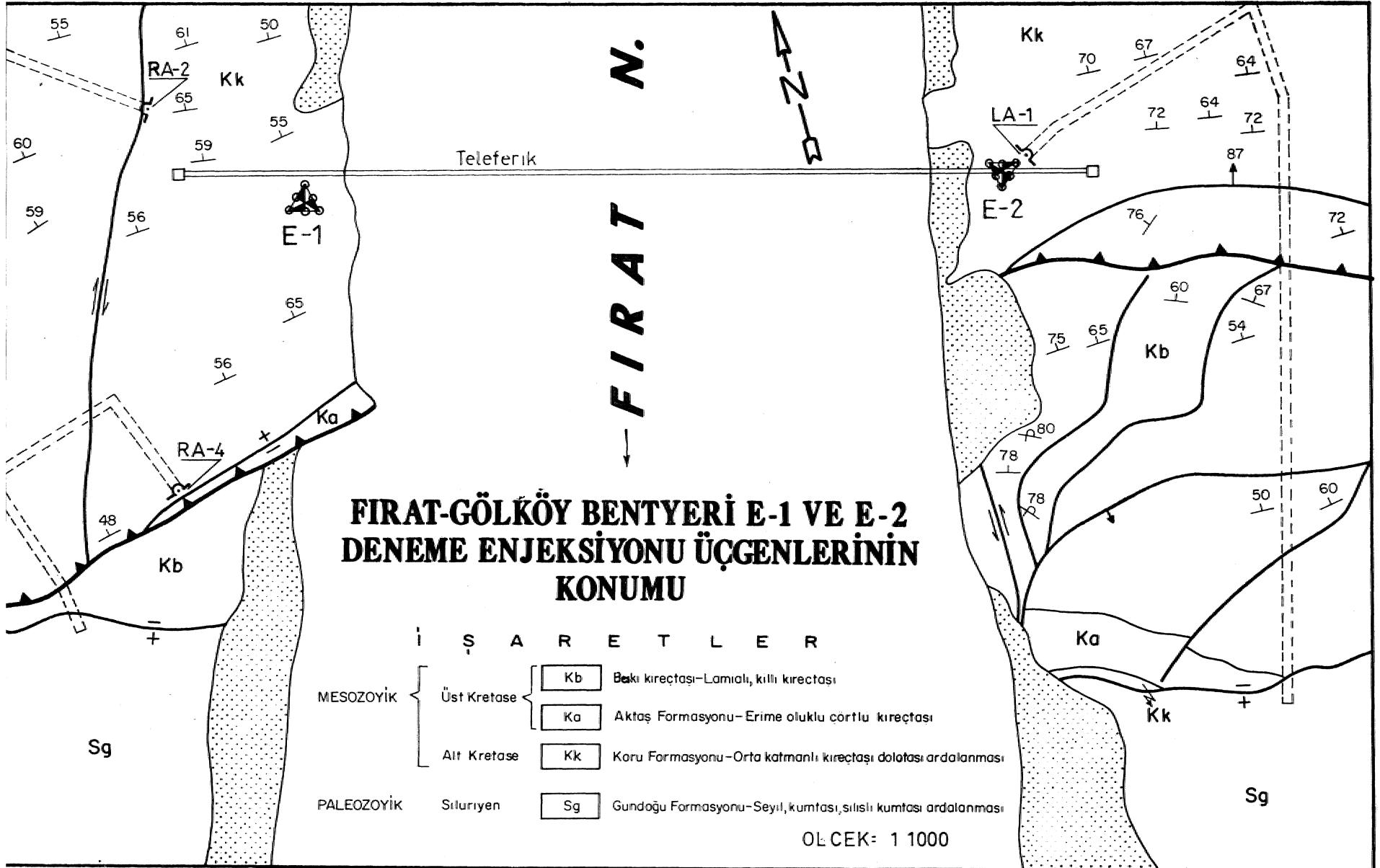
Üçgenlerin köşelerindeki kuyulardan alınan sonuçlar ikinci derecede duyarlıdır. Bu kuyularda su deneyleri ile enjeksiyon birlikte yürütülmüştür. Üçgenlerin kenar ortalarındaki kuyulardan alınan sonuçlar bir çeşit enjeksiyonu kontrol deneyi niteliğindedir. Çünkü bu kuyular açılmadan her iki üçgende de birinci aşama enjeksiyonlar tamamlanmış, diğer bir deyimle kırıklar ve su kaçak yerleri kısmen çimento ile doldurulmuş bulunmaktaydı. Zaten kontrol kuyusundan alınan sonuçlara göre fazla kaçak görülmüş ve kenarorta kuyularının açılmasına gerek duyulmuştur. Durum özetlenirse; E-1 ve E-2 üçgenlerindeki lüjyon değerlerinin giderek azalması enjeksiyon yönteminin bir sonucudur.

TABLE: 2 - Fırat-Gölköy Bentyeri E-1 deneme enjeksiyonu üçgenindeki kuyularda deney sayısı ve deney yüzdeleri

Kuyu no	Kontrol kuyusu		E-1 üçgeninin köşe kuyuları								E-1 üçgeninin kenarorta kuyuları							E-1 Deneme üçgeni TOPLAMI												
	E. K-1-1		E. 1-2		E. 1-3		E. 1-4		E.1-2 E.1-3 E.1-4 Toplamı		E. 1-5		E.1-6		E. 1-7		E.1-5 E.1-6 E.1-7 Toplamı		E-1 Deneme üçgeni TOPLAMI											
	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%	Deney sayısı	Toplam%										
Geçirimsiz <1 lüjyon	4	9	2	4	8	17	3	6	13	9	1	3	2	7	7	20	10	11	27	10										
Pompa kapasitesi dışında	4	9	8	17	9	19	17	36	34	24	2	7	4	14	4	13	10	11	48	17										
<u>1 2 ve 3 lüjyon</u>		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%										
A Grubu-laminer akım	1	25	2	—	—	—	—	—	—	—	2	29	7	1	50	4	—	—	3	25	4	4	11	1						
B Grubu-çalkantılı akım	1	25	2	—	—	5	62	10	3	43	6	8	42	6	—	—	—	—	—	—	—	9	26	3						
C Grubu-basınçla açma	1	25	2	2	50	4	1	13	2	4	57	8	7	37	5	2	29	7	1	50	4	2	66	7	5	42	6	13	37	5
D Grubu-yıkama	1	25	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	6	1					
E Grubu-boşluk doldurma	—	—	—	2	50	4	2	25	4	—	—	—	4	21	3	2	25	7	—	—	—	1	33	3	3	23	3	7	20	3
Toplamlar	4	100	4	100	8	100	7	100	19	100	7	100	2	100	3	100	12	100	35	100										
<u>4 veya daha fazla lüjyon</u>		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%										
A Grubu-laminer akım	3	10	7	6	18	13	1	5	2	3	14	7	10	13	7	2	10	7	4	24	15	1	5	3	7	12	8	20	12	7
B Grubu-çalkantılı akım	16	51	37	24	73	51	15	65	32	11	53	23	50	65	34	13	65	43	9	48	33	5	28	17	27	47	31	93	56	34
C Grubu-basınçla açma	—	—	—	2	6	4	—	—	—	2	9	4	4	52	3	3	15	10	—	—	—	5	33	17	8	16	9	12	7	4
D Grubu-yıkama	7	22	16	1	3	2	5	22	10	1	5	2	7	9	5	1	5	3	5	26	19	3	17	10	9	17	10	23	14	9
E Grubu-boşluk doldurma	5	17	12	—	—	—	2	8	4	4	13	8	6	8	4	1	5	3	1	5	4	3	17	10	5	8	6	16	9	6
Toplamlar	31	100	33	100	23	100	21	100	77	100	20	100	19	100	17	100	56	100	164	100										
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>43</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>100</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>143</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>31</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>100</b>	<b>274</b>	<b>100</b>										

TABLO:3 - Fırat Gököy Bentyeri E-2 deneme enjeksiyonu üçgenindeki kuyularda deney sayısı ve deney yüzdeleri:

Kuyu no:	Kontrol kuyusu		E-2 üçgeninin köşe kuyuları								E-2 üçgeninin kenarorta kuyuları						E-2 Deneme üçgeni TOPLAMI										
	E. K-2-1		E. 2-2		E. 2-3		E. 2-4		E.2-2 E.2-3 E.2-4		E. 2-5		E. 2-6		E. 2-7		E.2-5 E. 2-6 E. 2-7		E-2 Deneme üçgeni TOPLAMI								
	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%	Deney Sayısı	Toplam%							
Geçirimsiz <1 lüjyon	18	37	27	55	23	50	23	48	73	52	30	76	25	80	24	75	79	77	170	58							
Pompa kapasitesi dışında	-		1	2	1	2	1	2	3	2	-		-		-		-		3	1							
<u>1 2 ve 3 lüjyon</u>		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%							
A Grubu-laminer akım	6	60	13	4	40	8	6	43	13	4	31	8	14	38	9	-	-	1	16	3	1	8	1	21	36	7	
B Grubu-çalkantılı akım	-	-	-	-	-	-	2	14	4	1	8	2	3	8	2	2	40	5	-	-	2	2	17	2	5	9	2
C Grubu-basınçla açma	2	20	4	5	50	10	5	36	11	6	46	13	16	43	11	3	60	8	1	100	3	3	50	10	7	59	7
D Grubu-yıkama	1	10	2	1	10	2	-	-	-	-	-	-	1	3	1	-	-	-	-	-	3	1	17	3	1	8	1
E Grubu-boşluk doldurma	1	10	2	-	-	2	1	7	2	2	15	4	3	8	2	-	-	-	-	-	3	1	17	3	1	8	1
Toplamlar	10	100	10	100	14	100	13	100	37	100	5	100	1	100	6	100	12	100	59	100							
<u>4 veya daha fazla lüjyon</u>		%		%		%		%		%		%		%		%		%		%							
A Grubu-laminer akım	1	5	2	3	27	6	2	25	4	1	9	2	6	20	4	-	-	-	-	-	-	-	-	7	11	2	
B Grubu-çalkantılı akım	8	40	17	7	64	15	2	25	4	5	46	11	14	47	10	2	50	5	2	40	7	1	50	3	5	46	5
C Grubu-basınçla açma	3	15	6	1	9	2	2	25	5	1	9	2	4	13	3	1	25	3	2	40	7	-	-	3	26	3	
D Grubu-yıkama	6	30	13	-	-	-	2	25	5	4	36	8	6	20	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	19	4
E Grubu-boşluk doldurma	2	10	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	20	3	1	50	3	3	26	3	5	9	2
Toplamlar	20	100	11	100	8	100	11	100	30	100	4	100	5	100	2	100	11	100	61	100							
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>49</b>	<b>100</b>	<b>46</b>	<b>100</b>	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>143</b>	<b>100</b>	<b>39</b>	<b>100</b>	<b>31</b>	<b>100</b>	<b>32</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>100</b>	<b>293</b>	<b>100</b>							



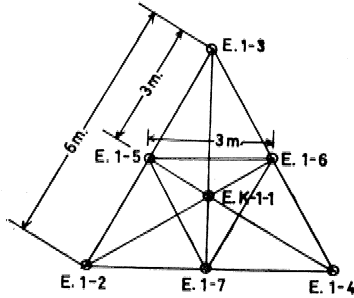
**Şekil 2: Fırat - Gölköy bentyeri E-1 ve E-2 deneme enjeksiyonu üçgenlerinin konumu.**



Sağ ve sol sahil jeolojik yönden bazı farklılıklar göstermektedir. E-1 ve E-2 deneme üçgenlerindeki kuyular aynı formasyonda açıldıkları halde farklı fizik özellikler göstermelerinin nedeni yersel yapı özelliklerine bağlanmalıdır. Bent yerinde sağ sahü, tektonik etkilerden sol sahile nazaran daha fazla etkinmiştir. Sağ ve sol sahilde her iki deneme üçgeni, mansabında bulunan bindirme (şaryaj) düzlemine yakın olmasına rağmen açılan kuyular bu düzlemi kesmemiştir. Derinlere inildikçe hiç olmazsa şaryajın paralanma zonuna girilebileceği ve şerbet alışlarının artabileceği akla gelmişse de böyle bir durumla karşılaşılmamıştır. Bu durumlar gözönüne alınarak her iki üçgenin değerlendirilmesi ayrı ayrı yapılmıştır (Şekil 1, 2),

#### FIRAT GÖLKÖY BENTYERİ

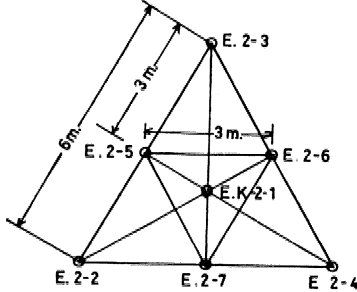
##### SAĞ SAHİL E-1 DENEME ENJEKSİYONU ÜÇGENİ



E-1 deneme üçgeninde  
harcanan katı madde.

a) Çimento =	42 632 kg
b) Bentonit =	1 271 kg.
<b>Toplam =</b>	<b>43 903 kg.</b>

##### SOL SAHİL E-2 DENEME ENJEKSİYONU ÜÇGENİ



E 2 deneme üçgeninde  
harcanan katı madde

a) Çimento =	24 947 kg
b) Bentonit =	919 kg.
<b>Toplam =</b>	<b>25 866 kg.</b>

Şekil 1: Fırat - Gököy bentyeri E-1 ve E-2 deneme enjeksiyonu üçgenleri.

E-1 üçgenindeki (Tablo: 2) B.K-1-1 kuyusundan alınan sonuçlara göre ; 4 lüjyondan fazla geçirimli kademe sayısı ;%92'dir. Bu, oldukça fazla kaçığı ve enjeksiyonun gerekliliğini gösterir, Burada en fazla çalkantılı akım, yıkama ve boşluk doldurma niteliğindeki kaçıklar vardır. Üçgenin köşe kuyularındaki durum kontrol kuyusunun benzeridir\* Bir değişiklik, yıkama ve boşluk doldurma azalırken pompa kapasitesi dışında su kaçığının fazlaşmasıdır. Enjeksiyon yapılırken küçük kırıkların çimento ile dolması, yıkanabilen ve bollukların doldurulması şeklinde görülen kademelerin azalması sonucunu doğurmuştur. Üçgenin kenarorta kuyularından elde edilen sonuçlar da köşe kuyularına yakındır,

Höulsby'ye göre bir deney kademesinde genellikle çeşitli boyutta birçok kırık bulunur. Küçük kırıklar laminer akımı, geniş çatlaklar çalkantılı akımı oluşturur. Toplam etkinin bu iki tip akımın karışımından oluşması doğaldır, Bu nedendir ki E-1 üçgeninde laminer akın sayısı çok azalmıştır. 4 ve daha fazla lüjyon değerlerinde çalkantılı akımın egemen olduğu görülmüştür,

E-2 üçgeninde alınan sonuçlar (Tablo: 3), E-1 üçgenine göre bazı farklılıklar göstermektedir\* Bu üçgende ilk göm çarpan özellik geçirimsiz kademelerin fazlalığıdır, O kadar ki, ilk açılan E,K-2-1 kuyusunda bile kademelerin %32 sinde su kaçığı yoktur. Bu durum giderek artmakta, üçgenin köşelerindeki kuyularda %52 yi, kenarorta kuyularında %75 i bulmaktadır\* E.K-2-1 kuyusundaki alışların 1, 2 ve 3 lüjyon olduğu yerlerde laminer akımın, 4 ve daha fazla olduğu yerlerde çalkantılı akımın egemen olduğu dikkati çeker. Fakat üçgenin köşe noktalarında ve kenarortalarındaki kuyularda alışların 1, 2 ve 3 lüjyon olduğu yerlerde enjeksiyon nedeniyle laminer akım azalmakta, enjeksiyonla kapanan kırıkların basınçla açılarak bir miktar su aldığı anlaşılmaktadır. Bu üçgende kayda değer bir nokta da pompa kapasitesi dışında, fazla geçirimli olan kademelerin azlığıdır. Bunlar üçgenin köşe kuyularında ve her kuyuda birer adet olmak üzere üç tanedir, E\*2-4 kuyusunda 66,00-68,00 m. arasındaki kademede pompa kapasitesi dışında su kaçığı saptanmış ve burada

yapılan enjeksiyonda kademeye toplam 145 ton katı madde verilmiştir, EBL çok çimento harcanan kademe budur, garyaj hattına yakın 87° ile kuzeye eğimli fayın olasılıkla bu seviyelerde E-2 üçgenini keseceği düşünülmüşse de karotlarda fay breşi ve ezilme zonlarma rastlanmamıştır. Ancak bu seviyelerde kil dolgulu, parçalı ve kalsitli zonlar tesbit edilmiştir\* Bunlara bakarak yakın olan şaryaj ve fay düzlemlerinin geliştirdiği ufak karstik boşluklarla bağlantılı olabileceği sonucuna varılmıştır,

Lüjyon eğrileri çizilerek yapılan değerlendirmede su kaçakları genellikle laminer akım niteliğinde yorumlanmıştır. Çalkantılı akım eğrisine çok az rastlanmıştır\* Bu yeni yöntemle çoğunlukta olan laminer akım içindeki (laminer akım olarak yorumlanan) çalkantılı akım ayırtlanarak tersine bir durum ortaya çıkmış ve çalkantılı akımın egemen olduğu görülmüştür. Küçük kırıkların laminer akım, geniş kırıkların çalkantılı akım oluşturması nedeniyle toplam etki bu iki akımın karışımından oluşmuş ve çalkantılı akım 4 veya daha fazla lüjyon değeri elde edilen kademelerde yoğunluk kazanmıştır. Kanımızca bu yazıda yapılan değerlendirme, lüjyon eğrileri çizilerek yapılan değerlendirmeye göre daha ayrıntılı sonuçlar vermiştir, Lüjyon değerleri birkaç lüjyon birimi farklılık gösteriyorsa da farklı gruplandırmaya giren değerler toplam değerlerin %5 i oranındadır. Bu durum, uygulanan yöntemin lüjyon eğrileri çizilerek alınan değerler kadar hassas sonuç verdiğini belirler,

İki yöntemin değerleri arasındaki %5 farkın nedeni, lüjyon eğrileri çizilirken yeraltısuyu tablasının ve borulardaki yük kayıplarının göz önüne alınmasıdır. Houlby, bu etkenleri kendi yönteminde kullanmamakta, yük kayıplarının bir düzeltme gerektirmediği ve su tablasının sathıta düşünülebileceği kanısındadır. Sondaj suyuyla beraber basınçlı su deneyleri yeraltısuyu besler ve deneyden önce sathıta olmayan su tablası kısa zamanda satha yükselir. E-1 ve E-2 üçgenlerinin bulunduğu dikey Fırat nehrinden ancak 4-5 m. kadar yüksektedir.

## **BASINÇLI SU DENEYİ SOOTÇLAEİNİN ENJEKSİYON SONUÇLARIYLA DENEŞİTİLMESİ**

Fırat-Gölköy bent yerinde yapılan deneme enjeksiyonu için önceden hazırlanmış bir yönergeyle enjeksiyonda uygulanacak yöntem, basınç ve karışım oranları verilmiş, bu veriler basınçlı su deneylerinden alınan sonuçlar ne olursa olsun olduğu gibi uygulanmıştır. Belirli su kayıplarına göre karışım oranlarında, enjeksiyon basıncında veya kullanılan dolgu malzemesinde bir değişiklik yapılmamıştır. Burada, karşılaşılan durumlar değerlendirilerek ileride uygulanacak geçirimsizlik perdesi için nelerin gözetilmesi gerektiği üzerinde durulacaktır,

Genellikle 1, 2 ve 3 lüjyon değerlerinde laminer akım egemendi. Bazı yazarlar laminer akımın kayadaki eklemlerde taneli malzemenin varlığını gösterdiğini, bu nedenle bir miktar kimyasal enjeksiyon gerekeceğini belirtmektedirler, Houlby *me* taneli malzemenin bulunmadığı İnce kırıklarda da laminer akıma rastlandığını ve ince karışımlara dönülmeden çimento enjeksiyonu ve kırıklarda açılma yapmayan orta basınçta enjekte edilebileceğini söylemektedir, 1, 2 ve 1 lüjyon değeri veren temellerin enjeksiyonu gereksiz görülmektedir. Fakat düşük lüjyon değeri veren kademelerin duraylı karışımla orta basınçta enjekte edilmesinde yarar vardır, Bent yerinde lüjyon değeri düşük birkaç kademede 4/1 oranlı karışım yerine daha ince olan 10/1 oranlı karışım denenmiş, hacim olarak bir miktar fazla alışı olmasına karşılık katı madde alışı azalma görülmüştür.

Basmıçla açmaya (c grubu) çok az rastlanmıştır. Yıkama (D grubu), Houlby'nin Örneğinde olduğu gibi geçirimsizlik 4 lüjyonu geçtiğinde Önemli ölçüde çoğalmıştır. Boşluk doldurma (E grubu) niteliğindeki kademeler de çok azdır,

Deneme enjeksiyonu sırasında basınç yükselmeyen kademelerde katı madde alışları sanılanın aksine az olmuştur, Her ne kadar diğer gruplarla kıyaslanınca doğal olarak bir fazlalık göze çarparsa da su kaçığına göre oldukça azdır. Bunun nedeni olarak çimento içindeki iri taneler gösterilmiştir, Mardin Çimento Fabrika-

sı'ndan alman Örnekler üzerinde yapılan lahora» tuvar deneyleri sonucu incelik yönünden standartlara uygun olduğu, fakat iş yerinden alman örnekler üzerinde yapılan elek analizlerinde tanelerin iri olduğu saptanmıştır,

HE-1-1 kuyusunda enjeksiyondan önce 4 lüjyondan fazla değer veren kademe oram %81 iken enjeksiyondan sonra bu %44 e düşürülmüştür. Bu durumda sağ âahil E-1 üçgeninde yapılan enjeksiyon başarı sağlayamamıştır. Perde enjeksiyonu sırasında bu sahilde daha etkin önlemlerin alınması gerekir, Houlby, enjeksiyona rağmen 7-10 lüjyon su kaçağı görülen temellere iki veya üç sıralı enjeksiyon perdesi önermektedir. Fırat-Gölköy bent yeri sağ sahili için iki sıralı ve ardalanmalı enjeksiyon perdesi yapılması yerinde olacaktır\*

E.K-2-1 kuyusunda 4 lüjyondan fazla değer veren kademe oranı %41 den %17 ye düşürül-

müştür M; zaten daha az geçirimii olan sol sahilde enjeksiyonun başarı derecesi aynıdır\* Kaçak durumuna bakarak tek sıralı enjeksiyon perdesi yeterli görülebilirse de bindirme ve diğer formasyonları keseceği gözönüne alınarak perde iki sıralı planlanabilir. Ayrıca bent yerinde enjeksiyon perdesinin özel bir konumu vardır. Bent Kuru Formasyonu üzerinde yapılırsa perdenin geçirimsiz Siiriyen şistlerine bağlanabilmesi için enjeksiyon deliklerinin güneye eğimli açılması gerekir. Bu durumda deneme enjeksiyonunda karşılaşılmayan yeni jeolojik etmenler olarak sol sahilde Aktaş Fm. ile Beaki Kireçtaşı ve her iki sahilde bindirme ile fay düzlemleri enjeksiyon programında gözetilmelidir\* Beski Kireçtapmın kırıklı olmasına karşın geçirimliliği daha azdır, Aktaş Formasyonu daha masif ve erimeli olduğu yönle daha geçirimlidir. Fay ve bindirme etkisiyle oldukça paralanmış bu zonlarda enjeksiyonun özenle yapılması gerekir\*

#### KAYNAKLAR

Altuf, Saydım (1971) Lüjyon Basınçlı Su Deneyi - Teori ve Pratik - E.İ.E, yayım, no: 71-31,  
Ertunç, Aziz (1971) Yerinde perméabilité ölçümünde başlıca metödlar, E.İ.E, yayımı, no: 71-35,  
Ertunç, Aziz (1976) Fırat-Gölköy bendi gölalanı geçi» rimsMifinin ve yer kaymalarının jeoloji incelenmesi. Doktora tezi, E.t.E, yayım, no: 76-24.

Qünay, Yılmaz (1977) Fırat-Gölköy bent yeri daneme enjeksiyonu sonuç raporu E.İ.E, yayımı, no: 77-42  
Houlby, A, C, (1976) Routine interpretation of the luffeon water test. The Quartely Journal of Engineering Geology, Vol 9, no: 4 (Lüjyon basmçlı su deneylerinin yorumlanmasmda geliştirilen bir yöntem, Çeviren: Güngör Unay)