

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

85042

**KAYNAKTA ISIL GERİLMELER İLE  
OLUŞAN HATALARIN,  
ISIL YÖNLENDİRME İLE ÖNLENMESİ**

**Mak. Müh. A. Semih KİREÇTEPE**

**F.B.E. Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı İmal Usulleri Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM BÜYÜK MURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Tez Danışmanı : Yr.Doç.Dr. Can KARAHASANOĞLU**

Yr.Doç.Dr. Can KARAHASANOĞLU

Prof. Nurullah Biletteki

İSTANBUL, 1999

Prof. Dr. A. TOPUZ

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. KAYNAKTA OLUŞAN ISIL GERİLMELER.....	3
3. ISIL GERİLMELERİN OLUŞTURDUĞU HATALAR.....	5
3.1. Çekme ve Çarpılmalar (Distorsiyon).....	5
3.2. Çatlaklar.....	7
3.3.Yanma Olukları ve Çentikler.....	8
4. ISIL GERİLMELERİN NEDEN OLDUĞU KAYNAK HATALARININ GİDERİLME YÖNTEMLERİ.....	9
4.1.Endüstride Öteden Beri Uygulanan Yöntemler.....	9
4.1.1.Kaynak İşlemine Başlamadan Önce Alınan Önlemler.....	9
4.1.2.Kaynak İşlemi Sırasında Alınan Önlemler.....	9
4.1.3.Kaynak İşlemi Sonrasında Düzeltme İşlemleri.....	9
4.2.Geçmiş önem araştırmaları ve sonuçları.....	10
4.2.1. Su İçerisinde Kaynak Yapılarak Isıl Yönlendirme.....	10
4.2.2. Kaynak Sonrası İzole İle Isıl Yönlendirme.....	13
4.2.3. Punta Kaynağında Pülvarize Su Püskürtme Yöntemi ile Isıl Yönlendirme.....	14
4.2.4. MAG Kaynağında Pülvarize Su Püskürtme Yöntemi ile Isıl Yönlendirme.....	14
4.2.5. Elektrik Ark Kaynağında Pülvarize Su Püskürtme Yöntemi ile Isıl Yönlendirme .....	16
5.YAPILAN DENEYSSEL ÇALIŞMALAR.....	36
6.SONUÇLAR.....	106
KAYNAKLAR.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	109

## **SİMGE VE KISALTMALAR :**

<b>EN3/5/8</b>	3/5/8 mm Kalınlık Elektrik Ark Kaynağı İle Normal Kaynak
<b>ES3/5/8</b>	3/5/8 mm Kalınlık Elektrik Ark Kaynağı İle Pülvarize Su Soğutmalı
<b>K</b>	Kaynak bölgesi, kaynak banyosu
<b>K1</b>	kaynak banyosu Yanı 1 mm
<b>K10</b>	kaynak banyosu ile 10 mm
<b>Kp</b>	Kilo Pound
<b>N</b>	Normal
<b>ITAB</b>	Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
<b>MN3/5/8</b>	3/5/8 mm Kalınlık MAG Kaynağı ile Normal Kaynak
<b>MS3/5/8</b>	3/5/8 mm Kalınlık MAG Kaynağı ile Pülvarize Su Soğutmalı Kaynak
<b>MBS3/5/8</b>	3/5/8 mm Kalınlık MAG Kaynağı ile Sabit su ile (Bez Yardımı ile) Soğutmalı Kaynak

## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 2.1. Kaynakta Isı İle Oluşan Çarpımların Mekanizması
- Şekil 3.1. Çeşitli Çekme Ve Çarpılma Şekilleri
- Şekil 3.2. Çekme Ve Çarpılma Tiplerinin Etkileri
- Şekil 3.3. Çeşitli Çatlak Tipleri
- Şekil 3.4. Yanma Olukları (Şematik), Çentikler
- Şekil 4.1. Su İçerisinde Kaynağın Distorsiyon Değerleri Karşılaştırması
- Şekil 4.2. Su İçerisinde Kaynağın Kopma Değerleri Karşılaştırması
- Şekil 4.3. Distorsiyon Değerlerinin Karşılaştırılması
- Şekil 4.4. Punta Kaynağı Karşılaştırması
- Şekil 4.5. MAG Kaynağı Karşılaştırması
- Şekil 4.6. MAG Kaynağı İç Yapı Karşılaştırılması
- Şekil 4.7. Elektrik Ark Kaynağı Distorsiyon Karşılaştırılması
- Şekil 4.8. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırılması
- Şekil 4.9. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırılması
- Şekil 4.10. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırılması
- Şekil 4.11. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırılması
- Şekil 4.12. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırılması
- Şekil 4.13. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırılması
- Şekil 4.14. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırılması
- Şekil 4.15. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırılması
- Şekil 4.16. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırılması
- Şekil 4.17. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırılması
- Şekil 4.18. EN5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 4.19. EN5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 4.20. EN5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 4.21. ES5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 4.22. ES5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 4.23. ES5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 4.24. ES5 Kaynağı İç Yapı
- Şekil 5.1. Su Püskürtme Uygulaması (Şematik)
- Şekil 5.2. Kaynak Bölgesi Isıl Dağılımı
- Şekil 5.3. ES Kaynağı
- Şekil 5.4. EN Kaynağı (Aparat Üzerinde)
- Şekil 5.5. MS Kaynağı (Aparat Üzerinde)
- Şekil 5.6. MBS Kaynağı (Bez Yardımı İle)
- Şekil 5.7. ES Kaynağı (Aparat Üzerinde)
- Şekil 5.8. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Distorsiyon)
- Şekil 5.9. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Distorsiyon)
- Şekil 5.10. Sertlik - Konum Grafiği (Elektrik ark)
- Şekil 5.11. Sertlik - Konum Grafiği (Elektrik ark)
- Şekil 5.12. Sertlik - Konum Grafiği (Elektrik ark)
- Şekil 5.13. Sertlik - Konum Grafiği (Elektrik ark)
- Şekil 5.14. Sertlik - Konum Grafiği (Elektrik ark)
- Şekil 5.15. Sertlik - Konum Grafiği (Elektrik ark)

- Şekil 5.16. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Sertlik)  
Şekil 5.17. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Sertlik)  
Şekil 5.18. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Sertlik)  
Şekil 5.19. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.20. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.21. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.22. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.23. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.24. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.25. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.26. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.27. Sertlik - Konum Grafiği (MAG)  
Şekil 5.28. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Sertlik)  
Şekil 5.29. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Sertlik)  
Şekil 5.30. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Sertlik)  
Şekil 5.31. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Sertlik)  
Şekil 5.32. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Sertlik)  
Şekil 5.33. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Sertlik)  
Şekil 5.34. Kopma Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.35. Kopma Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.36. Kopma Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.37. Kopma Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.38. Kopma Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.39. Kopma Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.40. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Kopma)  
Şekil 5.41. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Kopma)  
Şekil 5.42. Karşılaştırma Grafiği (Elektrik ark - Kopma)  
Şekil 5.43. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.44. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.45. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.46. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.47. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.48. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.49. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.50. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.51. Kopma Grafiği (MAG)  
Şekil 5.52. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Kopma)  
Şekil 5.53. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Kopma)  
Şekil 5.54. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Kopma)  
Şekil 5.55. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Kopma)  
Şekil 5.56. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Kopma)  
Şekil 5.57. Karşılaştırma Grafiği (MAG - Kopma)  
Şekil 5.58. Gerilme - Uzama Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.59. Gerilme - Uzama Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.60. Gerilme - Uzama Grafiği (Elektrik ark)  
Şekil 5.61. Gerilme - Uzama Grafiği (MAG)

- Şekil 5.62. Gerilme - Uzama Grafiği (MAG)  
Şekil 5.63. Gerilme - Uzama Grafiği (MAG)  
Şekil 5.64. MS Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.65. MS Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.66. MN Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.67. MN Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.68. MBS Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.69. MN Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.70. MS Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.71. MS Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.72. ES Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.73. ES Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.74. ES Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.75. EN Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.76. EN Kaynağı İç Yapı  
Şekil 5.77. EN Kaynağı İç Yapı



## **ÖZET**

**Günümüzde, tasarım ve üretimde optimizasyon yöntemlerinden biri olan kaynak teknolojisi ve üretim sisteminin önemi açıktır. Kaynak işlemine bu özeliğini kazandıran tasarım ve üretimdeki esnekliğıdir ve teknolojik gelişmeler ile paralel yönde artmaktadır.**

**Ancak kaynak işleminin temeli olan ısının, esas metali olumsuz yönde etkileyerek dezavantaj oluşturması, bu yöntemde aşılması gereken en önemli engeldir.**

**Bunun için uygulanan yeni bir yöntem olan; Kaynaktaki ısı gerilmenin, ısı yönlendirilme ile önlenmesi, Kısaca; Kaynak bölgesinde oluşan ısının, kontrol altında ve kaynak banyosunu etkilemeden pülvarize su ile ortamdan uzaklaştırılması işlemidir.**

**Bu işlem; St37 Saçlarda, kaynak banyosu ve esas metal arasındaki geçiş bölgesinde, ferritik bir yapı oluşturarak, malzemenin tokluk kazanıp mekanik değerlerinin iyileşmesini, kaynak kabiliyetinin yükselmesini, dolayısı ile distorsiyonların azalmasını sağlamaktadır.**

**Yöntemin geliştirilerek endüstride uygulama alanı bulması; maliyetlerde azalma ve yeni tasarım sınırları gibi çok önemli sonuçlar sağlayacaktır. Bu nedenle çalışmada yapılmış olan deneyler, olanakları daha geniş ortamlarda, daha kontrollü tekrarlanarak, sonuçlar malzeme bilimi bakış açılarıyla değerlendirilmelidir.**

## **ABSTRACT**

**Nowadays, production system the importance of welding technology as one of the design and production optimisation methods is obvious.**

**By effecting main metals in a negative way, heat, the basis of the welding process, becomes a disadvantage and therefore constitutes the most important obstacle to be overcome in this process.**

**To achieve this a new method as heat treatment is avoid by heat canalised is applied. In other words this is the process of keeping the heat produced in the welding zone, under control and eliminating it by means of pulverised water without affecting the Liquid Welding zone.**

**Bye creating a ferrous structure in the passage zone, between St37 iron Sheets, liquid welding zone and main metal as well as by improving its mechanical values and welding capability after achieving Material Toughness, this process helps to minimise distortions.**

**By finding application in industry being constantly developed this methods will ensure very important results such as in cost reduction and new design capacities. For this reason the experiments is this study being repeated in better conditions and capabilities and the results should be evaluated from the point of view of the science of material.**

## 1- GİRİŞ :

Günümüzdeki konstrüksiyonlar iş verimi ve güvenliğini artırmaya, boyutları ve ağırlığı küçültmeye, aynı zamanda malzeme ve üretim giderlerini azaltmaya yöneliktir. Buna paralel olarak birleştirme teknolojisi de sürekli bir şekilde yeni problemler ile karşı karşıya kalmaktadır.

Bugün kaynak teknolojisi, pek çok bilimsel ve teknik yaklaşımları içerisine alan özellikli bir düşünce üzerine kurulmuştur. Bununla beraber kaynak tekniğinin gelişmesi, uygulayıcıların edindikleri yeni bilgileri, karşılaştıkları pratik problemlere uygulamaları sonucu olmuştur. Dolayısı ile kaynak gelişiminin temelini, artan ihtiyaçlar ve bunlara yönelik uygulamalarda karşılaşılan problemlerin çözümü oluşturmuştur.

Esası uygulamaya yönelik olan kaynağın gelişimi sonucu, geçen yıllar süresince, metal endüstrisinin kaynak işlemlerine karşı tutumu; önceleri metallerin kaynak edilebilir ve edilemez diye ayırt edilmesi iken son günlerde, sadece her ne olursa olsun metallerin kaynak kabiliyeti üzerine konuşmak ve geliştirmek yönünde olmuştur.

Bu koşullar altında günümüzde ve gelecekte önemi giderek artan imalat yöntemi olan kaynakta yeni uygulamalara yönelik çalışmalar incelenmelidir.

Böyle bir amaçla; kaynak sorunlarının giderilmesinin önemi ile yola çıkılmıştır. Sorunlar günümüzde kullanılan klasik sayılabilecek yöntemler ile birlikte yeni yaklaşımlar ile çözülmeye çalışılmış, yeni fikirler oluşturulmuştur.

Kaynağın yapılmasını sağlayan en önemli etki olan ısı faktörünün oluşturduğu istenmeyen etkiler, yine en önemli bozucu faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu etkinin zararlarının en aza indirilmesi için, Endüstride bu güne kadar uygulanan yöntemler özetle incelendikten sonra yeni yöntemler üzerinde, özellikle uygulamaya yönelik deneyler ve sonuçları irdelenmiştir.

Yeni yöntemler olarak anlatılmak istenen uygulama; Kaynak operasyonları sırasında oluşan ve çeşitli kaynak hatalarına yol açan ısı gerilmelerin, ısının işlem bölgesinden kontrollü uzaklaştırılması ile önlenmeye çalışılmasıdır.

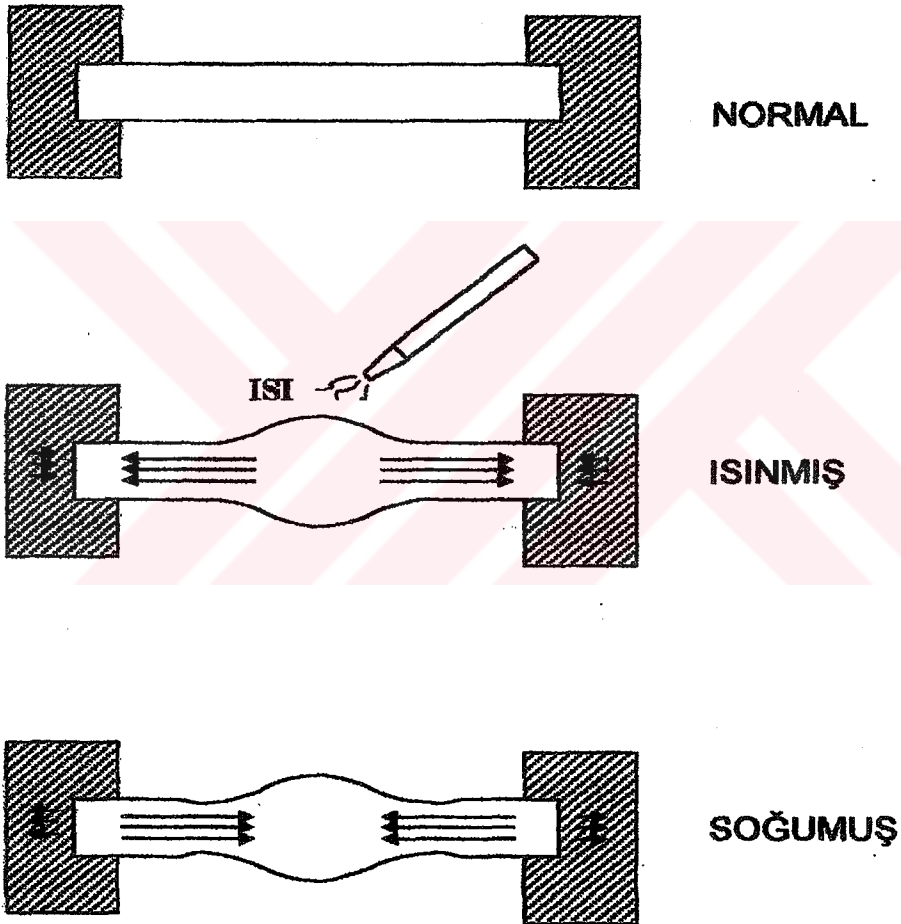
Burada çalışmalara ışık tutan örnekler; Kaynak işleminin bir çeşit döküm gibi düşünülüp, dökümün yapıldığı kaynak banyosu bölgesinin, katı ve katı hal özelliklerini koruması arzu edilen, çevre metali, en az etkileyen tüm işlemlerin çok dar bölgeye sıkıştırıldığı, Elektro Diffüzyon ve Laser Kaynağıdır. Bu kaynaklardaki ortam, şartlar elverdiğince, Endüstride en yaygın kullanılan Elektrik Ark, MAG, Punta kaynaklarına taşınmaya çalışılmıştır.

Yani kısaca; Kaynakta, ısı gerilim ile kaynak hatalarına yol açan, ısının kontrollü uzaklaştırılması işlemi; Kaynak bölgesinde oluşan yüksek ısının, kaynak banyosunu etkilemeden, su ile transfer edilmesi işlemidir. Bu işlem uygulamaya yönelik deneylerle irdenmiştir.

Bu sırada, Kaynakta oluşan ısı gerilmeler, ısı gerilmelerin oluşturduğu hatalar, Hataların giderilme yöntemleri, Yeni uygulama deneyleri, deney sonuçlarının incelenmesi sırası takip edilmiştir.

## 2. KAYNAKTA OLUŞAN ISIL GERİLMELER:

Bir metalik çubuk önce ısıtılıp, sonra ilk başlangıçtaki sıcaklığına kadar soğutulursa, düzgün bir serbest uzama ve kendini çekme oluşur, uzama ve kendini çekme miktarı aynıdır. Diğer taraftan böyle ideal bir durum kaynak sırasında olmadığından, kendini çekme ve büzülme problemleri meydana gelir.



Şekil 2.1. Kaynakta Isı İle Oluşan Çarpılmaların Mekanizması

Şekil 2.1. deki gibi ankastre bir metal çubuk ısıtıldığında genişlemediğinden, oluşan basma kuvvetleri akma sınırını aşar ve yığılma meydana gelir. Soğuma sırasında ankastre metal eski

haline dönemez. Çekme kuvvetleri akma sınırını aşarsa malzeme en zayıf bölgesinden büzülme oluşturur, gevrek ise kırılır.

Kaynakta oluşan ısı gerilmelerin ortaya çıkardığı kaynak hataları temel nedeni bu şekilde açıklanabilir.

Kaynakta ısı gerilim hatalarının oluşmasında etkin diğer sebepleri, aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

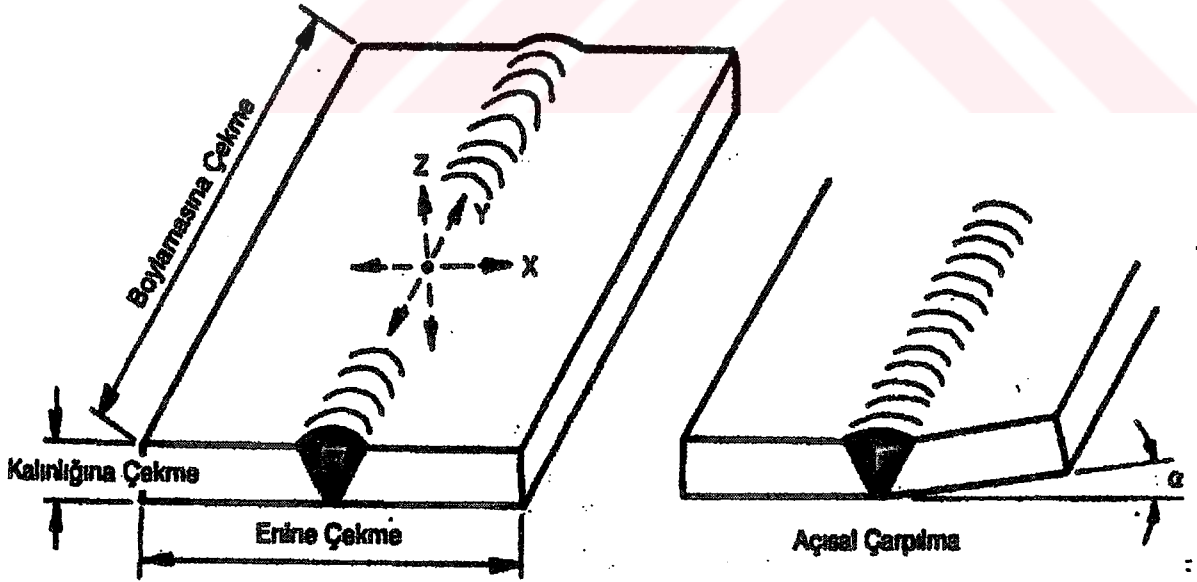
- a- Isıl genleşme katsayısı,
- b- Konstrüksiyon rijitlik derecesi,
- c- Isıl iletkenlik katsayısı,
- d- Kaynak hızı,
- e- Kaynak metalinin erime sıcaklığı,
- f- Akma sınırı,
- g- Elastiklik modülü
- h- Ortam ısısı
- i- Parça hacmi ve formu

### 3. ISIL GERİLMELERİN OLUŞTURDUĞU HATALAR:

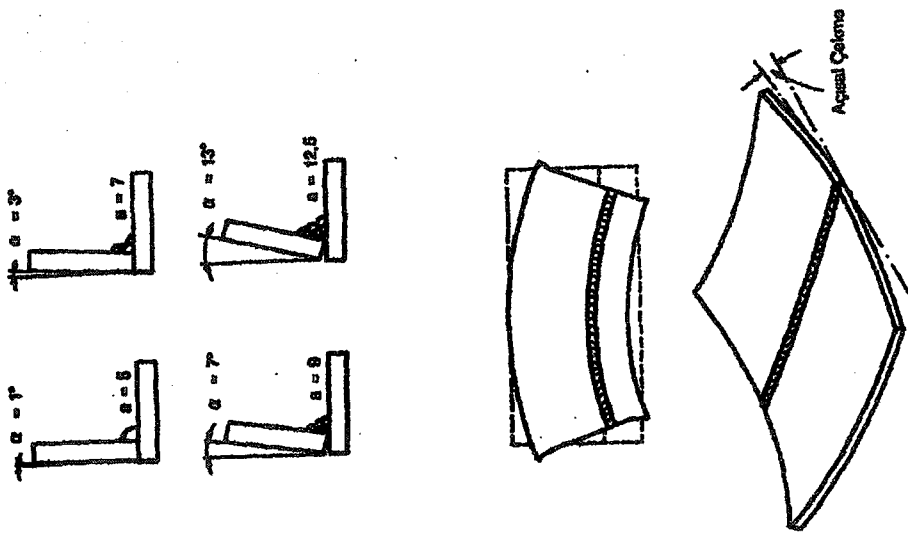
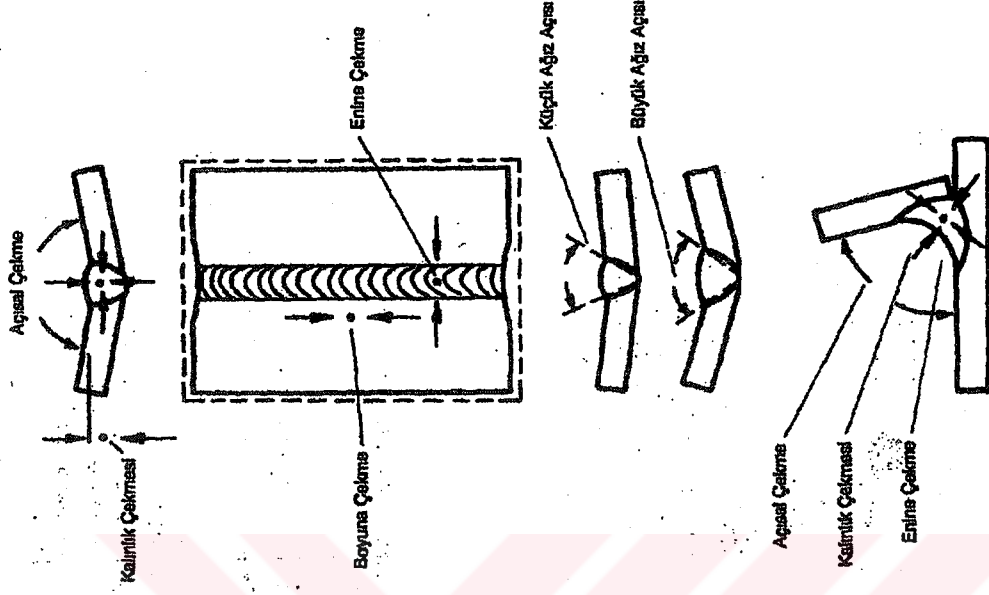
#### 3.1. Çekme ve Çarpılmalar (Distortion) :

Kaynakta sadece ısı gerilmelerinin oluşturduğu hataları iki başlık altında toplayabiliriz. Kaynak sırasında ısı etkisi altında kalan ana metal ve kaynak metalinin genişlemesinin engellenmesi, parçada basma ve çekme gerilmelerinin oluşmasına neden olur. Bu gerilmeler plastik alanda ise, plastik şekil değişimi yani distorsiyon kırılma değerini aşarsa; kırılmalar, çatlaklar oluşur. Aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler ;

- Enine çekme
- Boyuna çekme
- Açısal distorsiyon
- Kalınlık çekmesi



Şekil 3.1. Çeşitli Çekme ve Çarpılma Şekilleri

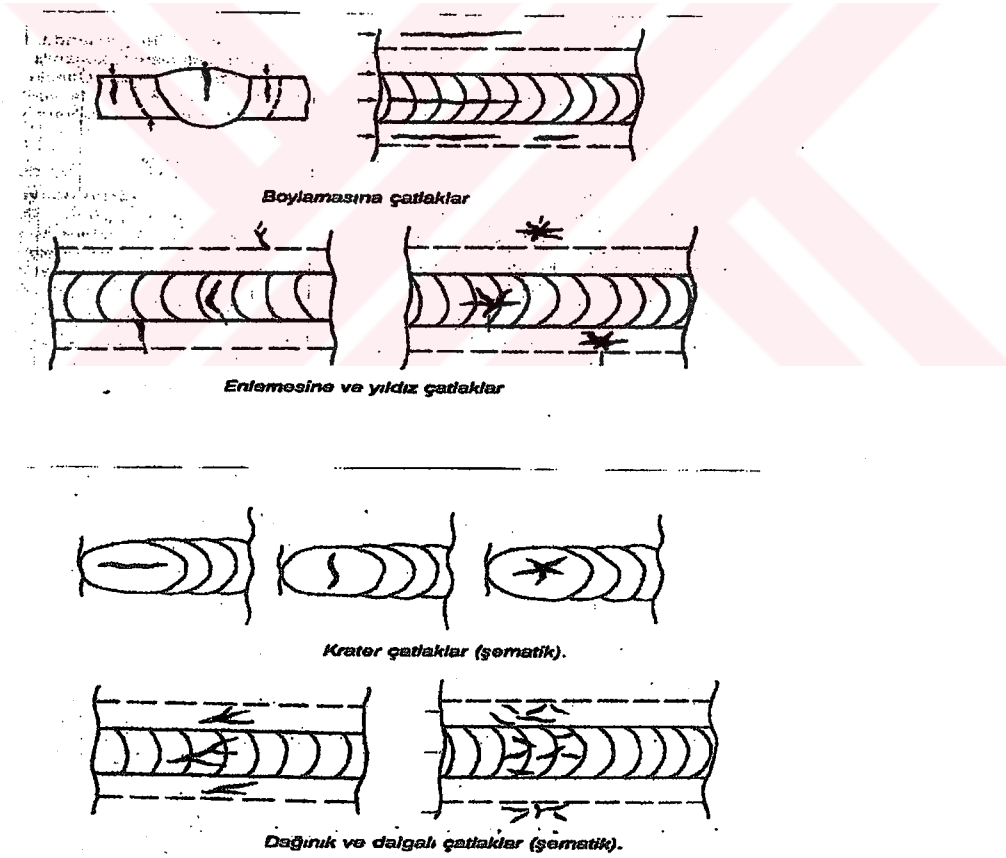


Şekil 3.2.Çeşitli Çekme ve Çarpılma tiplerinin etkileri

### 3.2. Çatlaklar :

En tehlikeli kaynak hatasıdır. Kaynak metalinde, esas metalde, Isı Tesiri Altındaki Bölgede (ITAB) ve birleşme yerinde oluşabilir. Aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler.

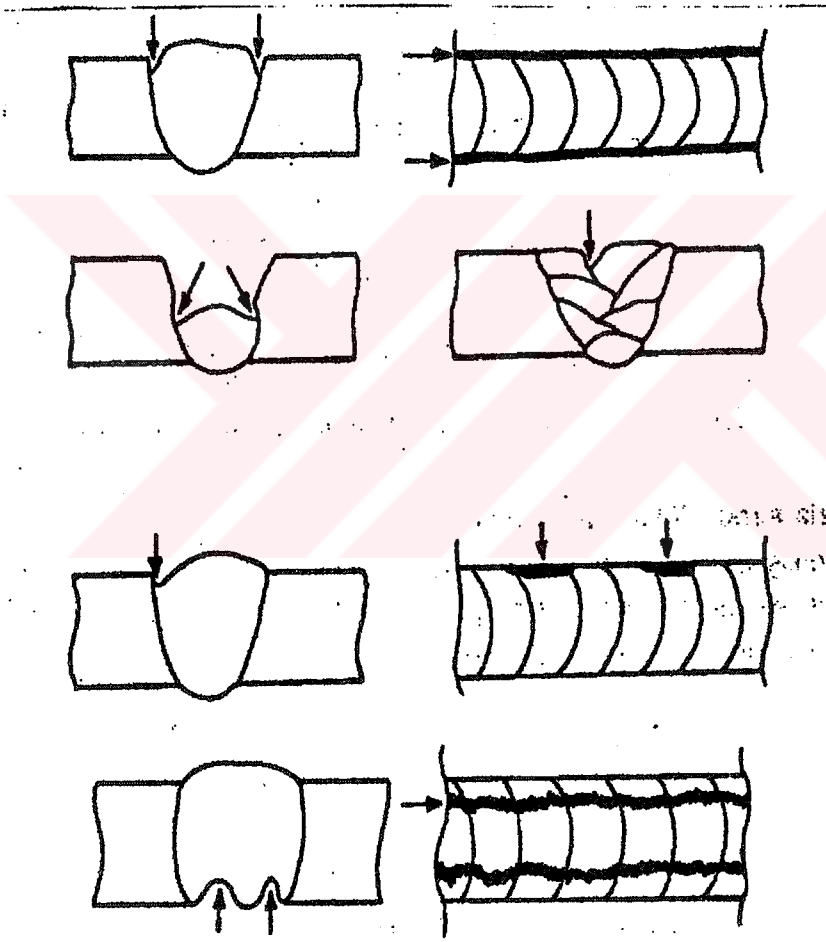
- Boylamasına çatlaklar
- Enlemesine çatlaklar
- Yıldız çatlaklar
- Krater çatlakları
- Dağınık çatlaklar
- Mikro çatlaklar



Şekil 3.3. Çeşitli çatlak tipleri

### 3.3. Yanma Olukları ve Çentikler :

Kaynak yapılan parça üzerindeki ısı dağılımının ve gerilmelerin dolaylı olarak oluşturabileceği bir etkidir. Genelde tecrübesiz operatör, uygun şartlarda olmayan kaynak yöntemi ve iş parçasından doğabilir. Ancak parçanın mukavemet değerini düşürerek çatlak oluşumuna neden olabilir.



Şekil 3.4. Yanma Olukları (Şematik), Çentikler

#### **4. ISIL GERİLMELERİN NEDEN OLDUĞU KAYNAK HATALARININ GİDERİLME YÖNTEMLERİ :**

##### **4.1. Endüstride Öteden Beri uygulanan yöntemler :**

Giriş bölümünde, ısıl gerilmeler anlatılırken asıl problemin, kaynak işleminde ortaya çıkan yüksek ısının iş parçasında oluşturduğu ısıl dengesizlik olduğu belirtilmişti. Hatalar önlenirken, uygulanan tüm yöntemlerin esası; ya bu ısıl dengesizliğin olabildiğince giderilmesi, ya da meydana gelen gerilmenin malzemenin konstrüktif mukavemet fonksiyonelliğini bozmaması ile sağlanır. Burada iş parçasının fonksiyonu önem kazanır. Ancak parçanın fonksiyonu ne olursa olsun alınan tedbirleri aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.

**4.1.1. Kaynak işlemine başlamadan önce alınan önlemler ; Ön tavlama işlemleri, uygun kaynak ortamı (kaynak ağzı gibi) hazırlanması, uygun proje hazırlanması, kaynak planı oluşturulması, malzeme seçim kriterleri, dış ortam etkilerinin azaltılması gibi,**

**4.1.2. Kaynak İşlemi sırasında alınan önlemler ; Konstrüktif önlemler alınması (parçanın puntalanması gibi..), Uygun kaynak sırası takip edilmesi, operatörün kalifiye seçilmesi, sünek malzemelerin kullanılması, parçada ısıl denge sağlanması, pasoların zaman geçirmeden atılması gibi,**

**4.1.3. Kaynak işlemi sonrasında düzeltme işlemleri ; Parçanın kaynaktan sonra ısıl işlemle geriliminin alınması, alevle tavlama, tekrar kaynak (boşluk vs için..), mekanik düzeltme işlemleri,**

Görüldüğü üzere yukarıda belirtilen işlemlerin hepsi ya tasarımcı açısından kısıt oluşturmakta, ya da ek maliyetler, zaman kayıpları veya fonksiyonunu yerine getiremeyen parçaya neden olmaktadır.

**Bu nedenle kaynakta en büyük sorunu teşkil eden kontrol dışı ısının bir şekilde kontrol edilerek, sistemden uzaklaştırılması veya sistem dengesini bozmaması bu tezin konusunu oluşturmuştur.**

Kaynak bölgesinde ortaya çıkan ısının kontrolü aşağıda anlatılan çalışmalarda irdelenerek açıklık kazanmasına çalışılmıştır.

#### **4.2. Geçmiş Dönem Araştırmalar ve Sonuçları :**

##### **4.2.1. Su İçerisinde Kaynak Yapılarak Isıl Yönlendirme :**

Daha önce yapılan bir doktora çalışmasında (Kaynaklar - 11), kaynaklı parçalarda bölgesel ısı yığılmalarından oluşan ısıl gerilme ve etkilerini azaltabilmek için parçalar su içerisinde kaynak yapılmış, hem ısı yığılma bölgesi daraltılmış, hem de kaynak bölgesinden parça içine doğru yayılan ısı azaltılmıştır. Elektron ışın kaynağı gibi bazı kaynak yöntemlerinde ısı olabildiğince kaynak bölgesine yoğunlaştırılmakta ve parçanın toplam sıcaklığı düşürülmekte, iş parçası üzerindeki etki, yani hatalar minimize edilebilmektedir. Dolayısı ile bu çalışmada kaynak bölgesinden çıkan ısının parça içerisine yayılması engellenmeye çalışılmıştır. Ancak bu çalışmada ve çözüm arayışında işlem ani soğutma olarak algılanmamalıdır. Çünkü parça büyüklüğüne oranla en az şekilde ısınmaktadır. Bunun için 0.4 mm ve 20 mm arasında değişik kalınlıklardaki parçalar, Punta, MAG, Elektrik Ark Kaynağı yöntemleriyle hem normal şartlarda hem de su altında birleştirilmişlerdir.

Yapılan deneyler sonucunda; ince saç parçalarda, punta ve MAG kaynağı ile yapılan kaynakların; mukavemet değerlerinin kötü olmasına rağmen su içinde yapılan kaynakta çarpılma (distorsiyon) oluşmadığı, normal kaynakta ise çok büyük oranda distorsiyon olduğu, kalın saçlarda ise, su içerisinde yapılan kaynakta, normal şartlara nazaran distorsiyonun arttığı görülmüştür. Sonuçların distorsiyon açısından yararlanılabilir olduğu açıktır. Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. de sonuçlar görülebilir.

Çalışmanın sonuç bölümünde; kaynağın içerisinde yapıldığı, banyo su sıcaklığının 35°C civarında tutulmaya çalışıldığı, su sıcaklığının ve tazeliğinin (içerisinde kaynak yapılmamışlığının) kaynak banyosunu ve kaynak kalitesini büyük ölçüde etkilediğinin gözlemlendiği belirtilmiştir. Ayrıca parçaların su içerisine tamamen daldırılmadan kaynak

ELEKTROD İLE KAYNAK

PARÇA BOYUTLARI	5 mm SAÇ		10 mm SAÇ		15 mm SAÇ		20 mm SAÇ	
	NOR. SU İÇİNDE	ACISAL DİST. (°)	NOR. SU İÇİNDE	ACISAL DİST. (°)	NOR. SU İÇİNDE	ACISAL DİST. (°)	NOR. SU İÇİNDE	ACISAL DİST. (°)
100x100	0°17'	1°26'	1°49'	3°48'	1°43'	5°23'	1°58'	5°51'
100x150	0°	0°33'	1°59'	3°2'	0°52'	4°5'	1°55'	5°3'
100x200	0°17'	2°20'	1°26'	3°20'	1°51'	4°9'	1°10'	5°41'
200x100	0°36'	1°49'	0°26'	3°2'	0°34'	2°56'	2°14'	3°30'
200x150	0°28'	1°41'	0°20'	3°27'	0°37'	4°15'	1°17'	4°13'
200x200	0°3'	2°50'	0°52'	2°5'	0°20'	6°13'	3°2'	4°50'
300x100	0°10'	2°7'	0°56'	1°51'	0°36'	5°59'	1°11'	4°33'
300x150	0°5'	0°52'	0°11'	3°30'	0°27'	4°14'	1°47'	5°23'
300x200	0°11'	0°52'	0°8'	3°6'	0°56'	4°30'	2°8'	3°40'

PUNTA KAYNAK YÖNTEMİ

PARÇA BOYUTLARI	SAÇ KALINLIĞI : 0,4 mm		SAÇ KALINLIĞI : 0,6 mm		SAÇ KALINLIĞI : 0,8 mm	
	NORMAL SU İÇİNDE	PUNTA SAYISI	NORMAL SU İÇİNDE	PUNTA SAYISI	NORMAL SU İÇİNDE	PUNTA SAYISI
50x150	5	0,027	5	0,266	5	0,267
50x150	7	0,035	7	0,025	7	0,015
50x150	10	0,05	10	0,466	10	0,033
100x150	5	0,033	5	0,017	5	0,026
100x200	7	0,045	7	0,043	7	0,035
100x300	10	0,053	10	0,031	10	0,035

MAG KAYNAK YÖNTEMİ

PARÇA BOYUTLARI	SAÇ KALINLIĞI : 1 mm			SAÇ KALINLIĞI : 1,5 mm			SAÇ KALINLIĞI : 2 mm			SAÇ KALINLIĞI : 2,5 mm		
	NORMAL	SU İÇİNDE	İKİ TARAFTA	NORMAL	SU İÇİNDE	İKİ TARAFTA	NORMAL	SU İÇİNDE	İKİ TARAFTA	NORMAL	SU İÇİNDE	İKİ TARAFTA
50x100	0	0	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0
50x150	0,174	0,058	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0
50x200	0,316	0,079	15	0	0	10	0	0	0	0	0	0
100x100	0	0	10	0	0	10	0	0	0	0	0	0
100x150	0,128	0,085	15	0	0	10	0	0	0	0	0	0
100x200	0,09	0,045	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0
150x100	0	0	15	0	0	7	0	0	0	0	0	0
150x150	0,04	0,04	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0
150x200	0,08	0,06	15	0	0	13	0	0	0	0	0	0
200x100	0	0	15	0	0	5	0	0	0	0	0	0
200x150	0,025	0,033	15	0	0	7	0	0	0	0	0	0
200x200	0,033	0,033	15	0	0	10	0	0	0	0	0	0

Şekil 4.1. Su İçerisinde Kaynağın Distorsiyon Değerleri Karşılaştırması

## KOPMA DEĞERLERİ AÇISINDAN

PUNTA KAYNAĞI (EŞ PARÇALAR)		MAG KAYNAĞI (EŞ PARÇALAR)		ELEKTROD KAYNAĞI (EŞ PARÇALAR)	
SU İLE	NORMAL	SU İLE	NORMAL	SU İLE	NORMAL
240 Kp	240 Kp	1080 Kp	1200 Kp	720 Kp	880 Kp
540 Kp	510 Kp	2320 Kp	4160 Kp	2020 Kp	2380 Kp
740 Kp	880 Kp	4920 Kp	5740 Kp	2180 Kp	2580 Kp
		8220 Kp	9080 Kp	2220 Kp	3260 Kp
					Kalınlık
					1 mm
					2 mm
					2 mm
					3 mm

yapıldığında veya farklı soğutma yöntemleri uygulandığında sonuçların değişebileceğinden bahsedilmiştir.

#### 4.2.2. Kaynak Sonrası İzole İle Isıl Yönlendirme :

Yine ısı gerilmeleri ve bunların etkisiyle oluşan şekil bozukluklarını en aza indirebilmek için yapılan Lisans Bitirme Tezinde (Kaynaklar - 12), kaynak sıcaklığı kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. Ancak burada, su altında kaynak yapmak yanında, kaynak işlemine kısmi dökümmüş gibi yaklaşılarak, parçaya mümkün olan en az ısıyı verip, o ısıyı muhafaza ederek, yavaş soğumanın oluşmasını sağlamaya çalışılmıştır. Yapılan deneylerde; 1,2,3,5 ve 10 mm saçlar, önce normal ortamda, MAG kaynağı ve ergimeyen elektrod ve ilave malzeme arasında ark oluşturularak (TIG) birleştirilmiş, daha sonra izoleli ortamda ve sonrada su altında kaynak yapılmıştır. Burada, parçalardaki distorsiyonlar ve sıcaklık dağılımları üzerinde durulmuştur.

Deneylerin incelenmesi sonucunda, beklendiği gibi izoleli ortamda normal ortama göre yüksek sıcaklık değerleri oluşmuş ancak, yavaş soğuma ile parçalardaki gerilmeler dolayısı ile distorsiyonun azaltılabileceği hakkında destekleyici sonuçlar görülmemiştir. Bunun yanında su altında yapılan birleştirmede, soğuma hızının yüksek tutulması gerilmelerin azaltılmasını ve distorsiyonların minimize edilmesini sağladığı tekrar gözlenmiştir. Sonuç değerleri Şekil 4.3. de görülmektedir.

Kalınlık	Hava (Normal)	İzole	Su Altı
5 mm	3°	2,8°	1,55°
10 mm	1,9°	2°	1°
1 mm	6,6°	2°	-1,7°
2 mm	5°	-5,6°	-6,6°
3 mm	6,3°	6,8°	2,3°

Şekil 4.3. Distorsiyon değerlerinin Karşılaştırılması.

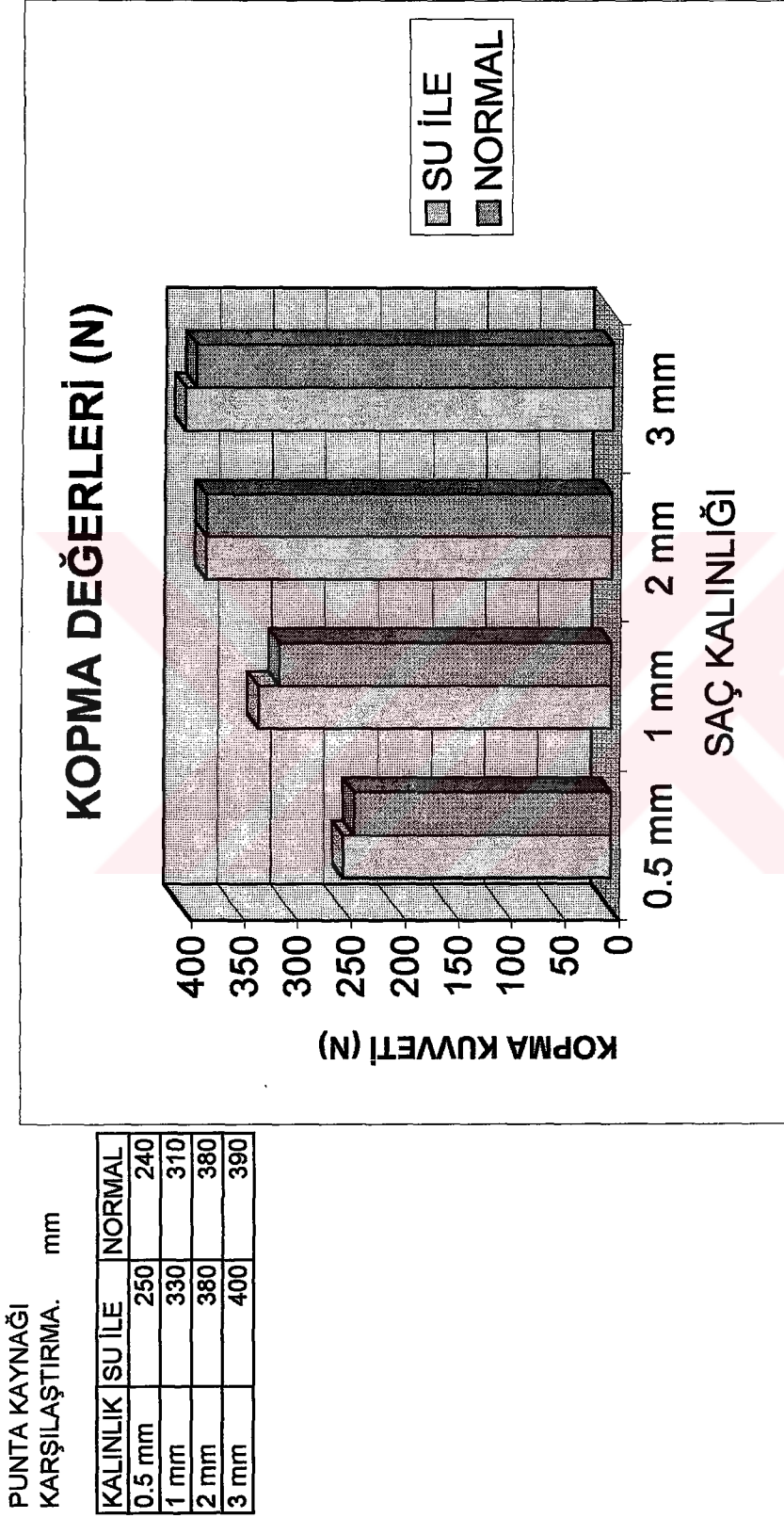
Bu sonuçlar eşliğinde, kaynaklı parçalarda, bir önceki çalışmada da desteklendiği gibi kaynak ortamı ısısının, parçanın kompleksine yayılması önlenmediği takdirde yani sadece birleştirilmek istenilen bölgede hapsedilmesinin, kaynağın ve parçanın daha az etkileneceği düşüncesinin ağırlık kazanması ışığında, bu tezin konusunu oluşturan araştırmalara ve çalışmalara hız kazandırılmıştır. 1998-1999 Öğretim Yılında konuyla ilgili iki yıl içi projesi ve bir Yüksek Lisans seminer çalışması yürütülmüş, çıkan sonuçlar irdelenerek bu çalışmanın temelini oluşturan deneyler şekillendirilmeye çalışılmıştır.

#### **4.2.3. Punta Kaynağında Pülvarize Su Püskürtme Yöntemi ile Isıl Yönlendirme ;**

Isıl gerilmelerden doğan distorsiyon ve mekanik dayanım kayıplarının giderilmesi amacıyla, yıl içi proje çalışması olarak yapılan çalışmada (Kaynaklar - 10), punta kaynağı ortamındaki ısı manuel bir su püskürtme aparatı kullanılarak uzaklaştırılmaya çalışılmıştır. Böylece yapılan birleştirme, normal şartlarla karşılaştırılmıştır. Su püskürtme aparatı elle kumanda edilen, verilen su miktarında süreksizlik gösteren basit bir düzenektir. Deney süresince, sistemde yeterince kontrol altında tutulamamıştır.

Deneyde 0,5-1-2-3 mm kalınlığında, 100 x 250 mm ebatlarında St12 ve St33 saclar kullanılmıştır. Saclar önce normal ortamda punta ile birleştirilmiş, daha sonra eş özelliklerdeki diğer sac parçalar, punta operasyonundan hemen sonra pülvarize su püskürtülerek işlem tamamlanmıştır. Daha sonra parçalar muayene için hazırlanmış ve böylece iki farklı işlem karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucunda, su altında birleştirilen parçalarda oluşan distorsiyonun daha az olduğu, (Karşılaştırma, gözle yapılmış proje raporuna katılan fotoğraflarla belgelenmiştir. Birim parçada düzensiz yayılması nedeni ile ölçülememiştir.) ITAB' ın küçüldüğü gözlenmiştir. Mukavemet değerlerinde ise yine oluşan ısının yönlendirilmeye çalışıldığı kaynak işlemi değerleri, diğerinden daha yüksektir. Sonuçlar Şekil 4.4 de görülmektedir.



Şekil 4.4. Punta Kaynağı Karşılaştırması

#### 4.2.4. MAG Kaynağında Pülvarize Su Püskürtme Yöntemi ile Isıl Yönlendirme ;

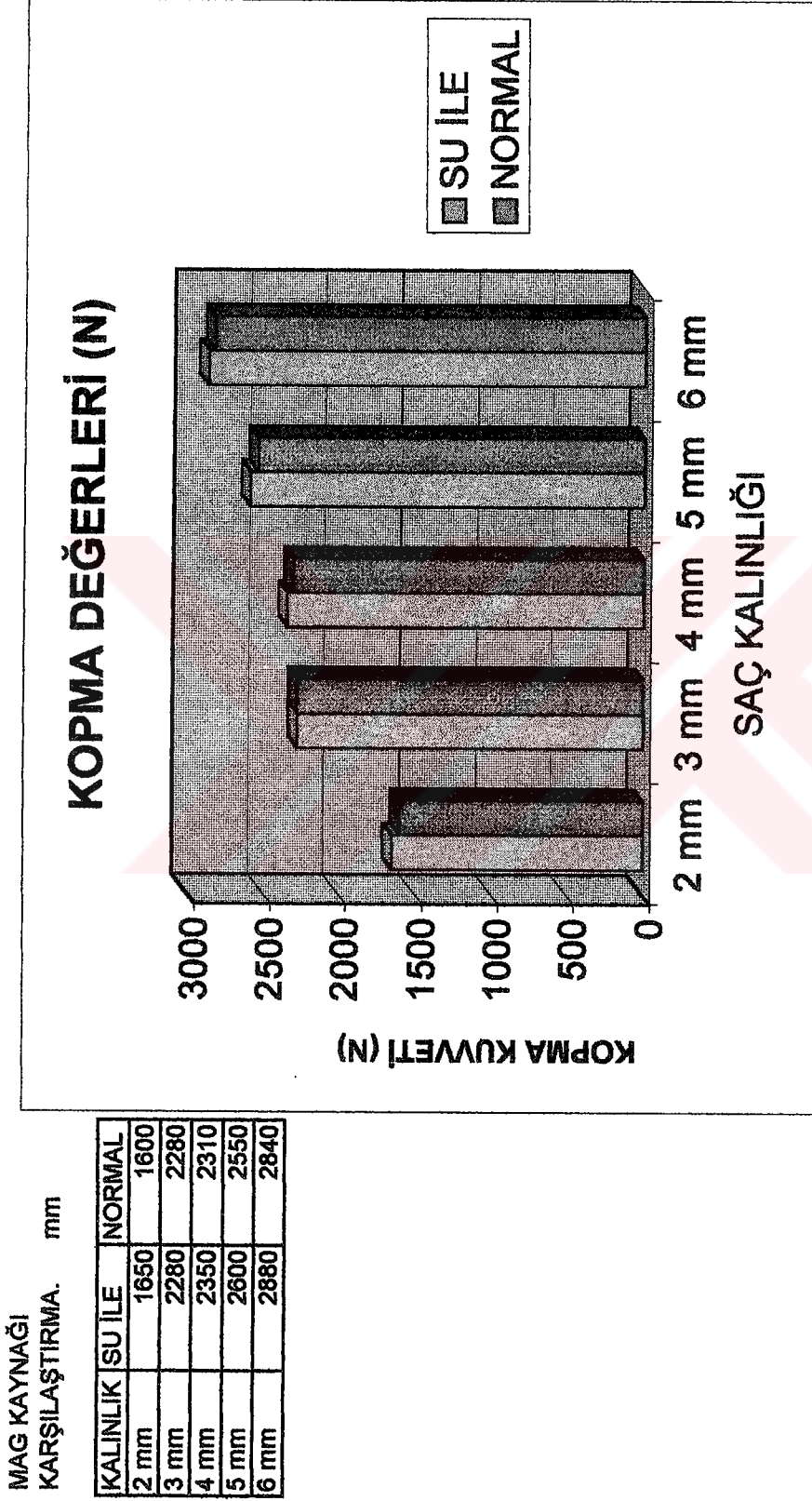
Yine aynı amaçla yıl içi projesi olarak yapılan çalışmada (Kaynaklar - 9), MAG Kaynağında birleştirme işlemi yapılmaya çalışılmıştır. 2-3-4-5-6 mm kalınlığında, 100 x 250 mm boyutlarında saç levhalar serbest halde önce normal ortamda kaynatılmış, daha sonra pülvarize su altında kaynak banyosuna zarar vermeden birleştirilmiştir. Ancak burada pülvarize su aparatı basit özeliği ve süresizliği nedeni ile sorun çıkarma meyili göstermiştir. Su püskürtülürken amaç kaynağın normal seyrini etkilemeden, ortaya çıkan ısının belirli miktarda su ile ortamdan alınmasıdır. Kaynak işlemi sonrasında, parçalar muayene amacı ile hazırlanmış, 20 mm eninde çekme çubukları ve metalografik gözlem için deney parçası alınmıştır.

Sonuçta pülvarize su altında yapılan MAG kaynaknağında da distorsiyonun az olduğu mukavemet değerlerinin daha üstün olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan metalografik muayenede, ana doku, geçiş dokusu ve kaynak banyosu dikkate alındığında, pülvarize su altında yapılan kaynağın, ana dokusunun farksız, geçiş dokusundaki bantlı yapının diğerine göre büyük ölçüde yok olduğu, kaynak banyosundaki aşırı irileşip düzensiz bir yapı göstermesi yerine daha ince yapı ve eş yönlü bir karakter göstermiştir. Bu yapının avantajının çekme diyagramında görüldüğü belirtilmiştir. Sonuçlar Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 de gözlenebilir.

#### 4.2.5. Elektrik Ark Kaynağında Pülvarize Su Püskürtme Yöntemi ile Isıl Yönlendirme :

Aynı bilgiler ve varsayımlar ışığında Y.Lisans Semineri olarak yapılan çalışmada ( Kaynaklar - 13 ), Kaynak sırasında oluşan ısıl gerilmelerin, parça özelliklerinin bozulmaması amacı ile ısının kontrollü uzaklaşması yoluyla azaltılması için daha önce yapılan kaynak yöntemlerine ek, elektrik ark kaynağı yönteminde kaynak banyosu etkilenmeyecek şekilde pülvarize su püskürtülmesi işlemi kullanılmıştır. Bu işlemde su, kaynak bölgesinde, kaynak yönü tersinde, 2-3 cm kadar arkasına 0,1-0,15 lt/dk debi ile püskürtülmüştür. Burada da daha önceki çalışmalarda kullanılan, basit ve elle kumandalı püskürtme aparatı kullanılmıştır. Deney süresince püskürtülen su miktarının, açısının, etki bölgesinin önemli olduğu gözlenmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda konu irdelenmiştir. Kullanılan Parçalar (Saçlar), Üretimleri sırasında



Şekil 4.5. MAG Kaynağı Karşılaştırması

Normal Kaynak Banyosu 6 mm



Normal Kaynak Geçiş Bölgesi



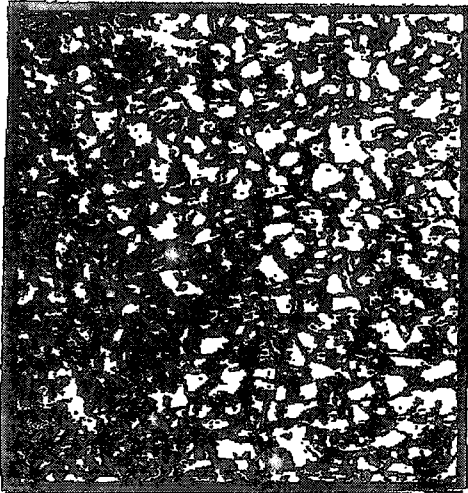
Su Soğutmalı Kaynak Banyosu 6mm



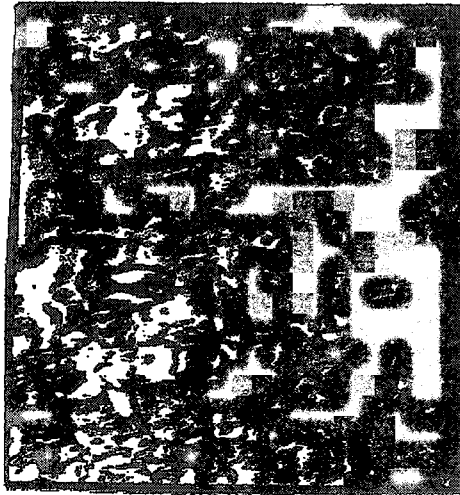
Su ile Kaynak Geçiş Bölgesi 6 mm



Normal Kaynak Ana Doku 6 mm



Su Soğutmalı Kaynak Ana Doku 6 mm



Şekil 4.6. MAG Kaynağı İç Yapı Karşılaştırması

oluşan iç gerilimleri deneylere yansıtılmaları için, 800°C de Normalize edilmiş, fırında kontrollü soğuma uygulanmıştır (2 saat). Elektrodlar; 140°C de, 1 saat kurutulmuştur.

Deney parçaları aşağıdaki boyut ve özelliklerdedir;

<u>Parça boyutu</u>	<u>Malzeme</u>
1 mm x 150 mm x 200 mm	St37 Normalize edilmiş (Gerilimi Giderilmiş)
2 mm x 150 mm x 200 mm	St37 Normalize edilmiş (Gerilimi Giderilmiş)
3 mm x 150 mm x 200 mm	St37 Normalize edilmiş (Gerilimi Giderilmiş)
4 mm x 150 mm x 200 mm	St37 Normalize edilmiş (Gerilimi Giderilmiş)
5 mm x 150 mm x 200 mm	St37 Normalize edilmiş (Gerilimi Giderilmiş)

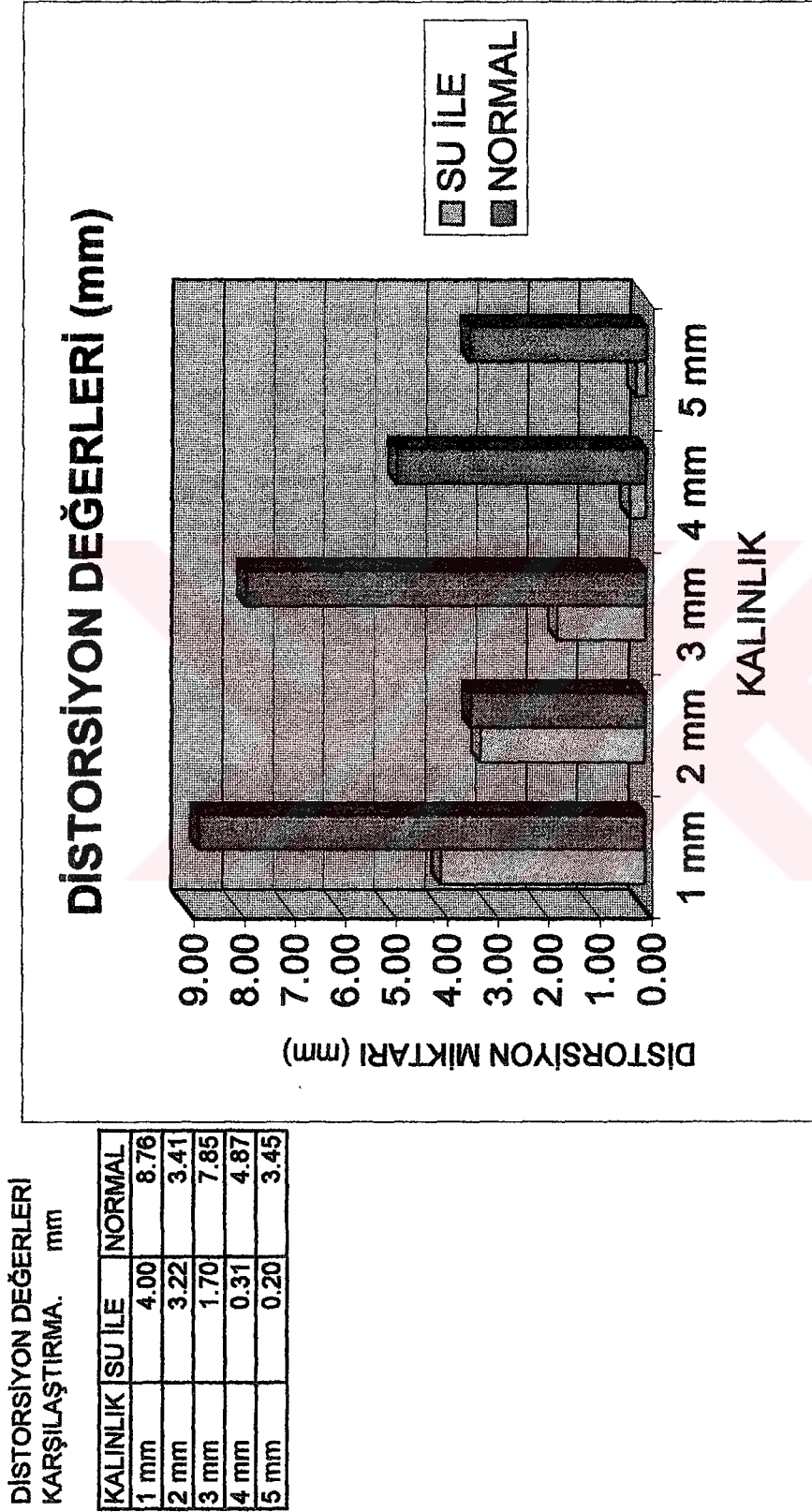
Kullanılan elektrodlar özellikleri;

<u>Parça boyutu</u>	<u>Elektrod cinsi</u>	<u>Akım Değ.</u>
1 mm x 150 mm x 200 mm	çap 2mm AS FOX SUMER	175 A
2 mm x 150 mm x 200 mm	çap 2,5 mm AS R 143	200 A
3 mm x 150 mm x 200 mm	çap 2,5 mm AS R 143	225 A
4 mm x 150 mm x 200 mm	çap 3,25 mm BÖHLER FOX ETİ	250 A
5 mm x 150 mm x 200 mm	çap 3,25 mm BÖHLER FOX ETİ	300 A

Ortam sıcaklığı	: 10 – 15 °C (Serbest)
Kullanılan su	: 5-7°C Şehir suyu – 2-3 sertlik (Serbest)
Kaynak Hızı	: 5-10 cm/dk (Kısmen Kontrol altında)
Su debisi	: 0,1-0,15 lt/dk (Kısmen Kontrol altında)

Belirtilen şartlar altında önce normal kaynak yapılmış, daha sonra pülvarize su altında şartlar değiştirilmeden tekrarlanmıştır. Parçalar 2 saat kadar bekletilip distorsiyon değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.7. de de görüleceği üzere, normal kaynak ve su ile yapılan kaynakta büyük bir fark görülmektedir. Daha sonra parçalardan giotinde deney parçaları kesilerek kopma değerleri ,sertlik ölçümleri ve metalografik muayene bakalitleri elde edilmiştir. Sonuç Grafik Şekilleri devam eden sayfalardadır. (Şekil 4.8. den, Şekil 4.23. e kadar)

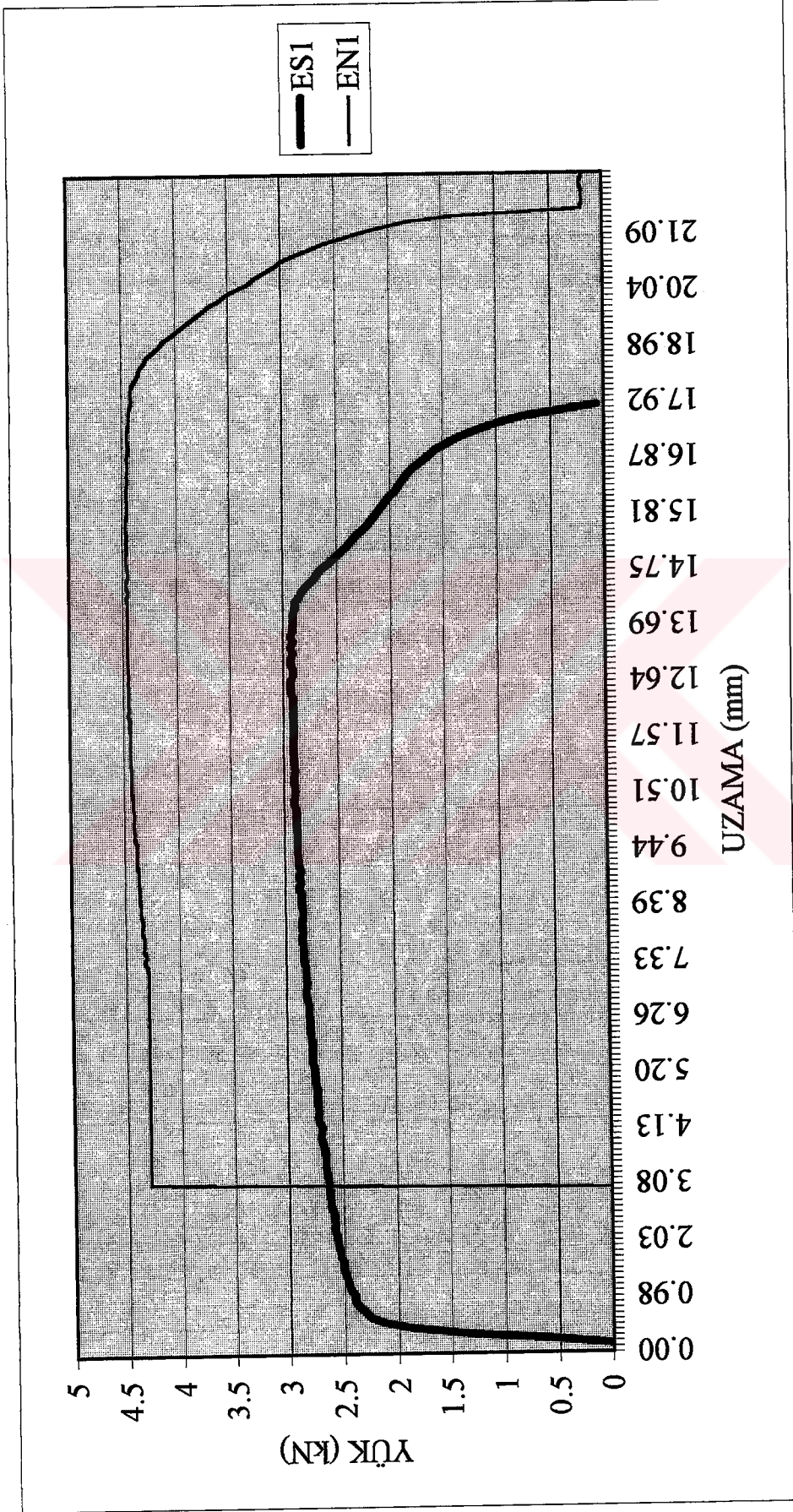
Sonuçları irdelemeye iç yapıdan başlarsak; Kaynaklı parçalar üç farklı iç yapı gösterirler. En dış, ısıdan etkilenmemiş Ana metal, Isı etkisi ile değişmiş Geçiş yapısı ve Düzensiz, Kaynak yeri iç yapısı. Şekil 4.17/20/21 deki foğraflar incelendiğinde, en dış bölgelerde ana metalin esas yapısını koruduğu görülmektedir.(ferrit + Perlit yapı). Şekil 4.18/20/22/23 incelendiğinde ise kaynak içi ve geçiş yapısında kaynağa yakın bölgelerde tane yapısı büyümüş, Perlit Lamelleri ayrılma eğilimi göstererek, iğnemsî bir yapıya dönüşmüştür. Bu bölgede ani soğutulanların tane yapısı daha küçük olduğu için sertlik ve mukavemet değerlerinin yüksekliği normaldir. Geçiş bölgesinde su ile soğutma ferrit oranını artırarak sünek ve yumuşak bir özellik oluşturmuştur. Böylece malzemenin sünekliği artabilmiştir. Bu da K1 bölgesinde sertliği düşürerek kendini belli etmektedir. Çekme, Serlik değerleri de içi yapı yorumlarınca desteklenmektedir. Kopma diyagramları ayrıntıyla incelenince parçaların kopma değerlerinin artmakla kalmayıp çekme diyagramlarının genişlediği, yani parçaların tokluğunun arttığı gözlenmiştir. Genel olarak sertlik değerleri kaynak bölgesinde yüksek olmasına rağmen dayanımın fazla olması K1 bölgesindeki ferrit yoğunluğundan kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir..



DİSTORSİYON DEĞERLERİ  
KARŞILAŞTIRMA. mm

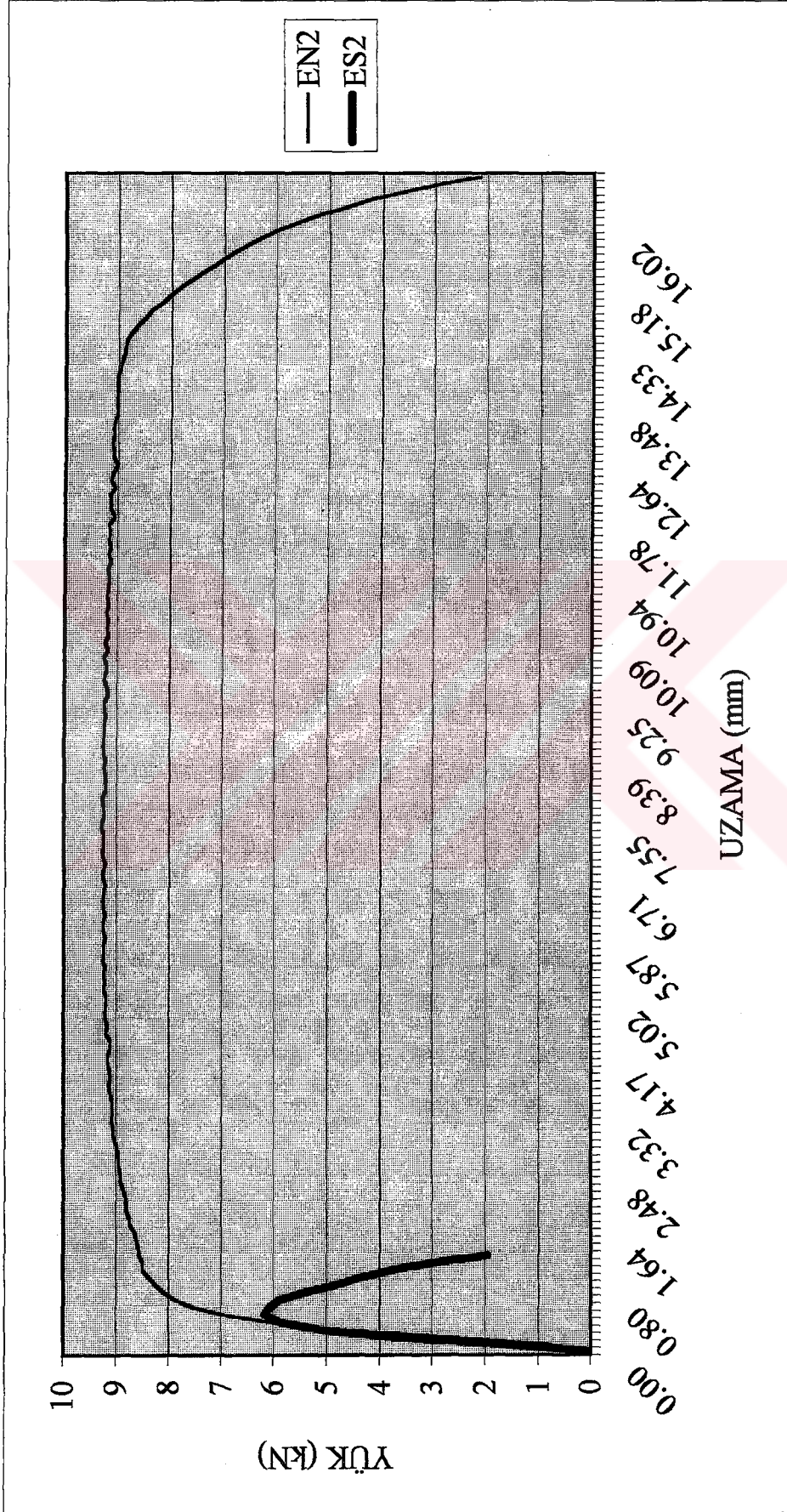
Şekil 4.7. Elektrik Ark Kaynağı Distorsiyon Karşılaştırması

ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİSİ KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI (1 mm SAC)



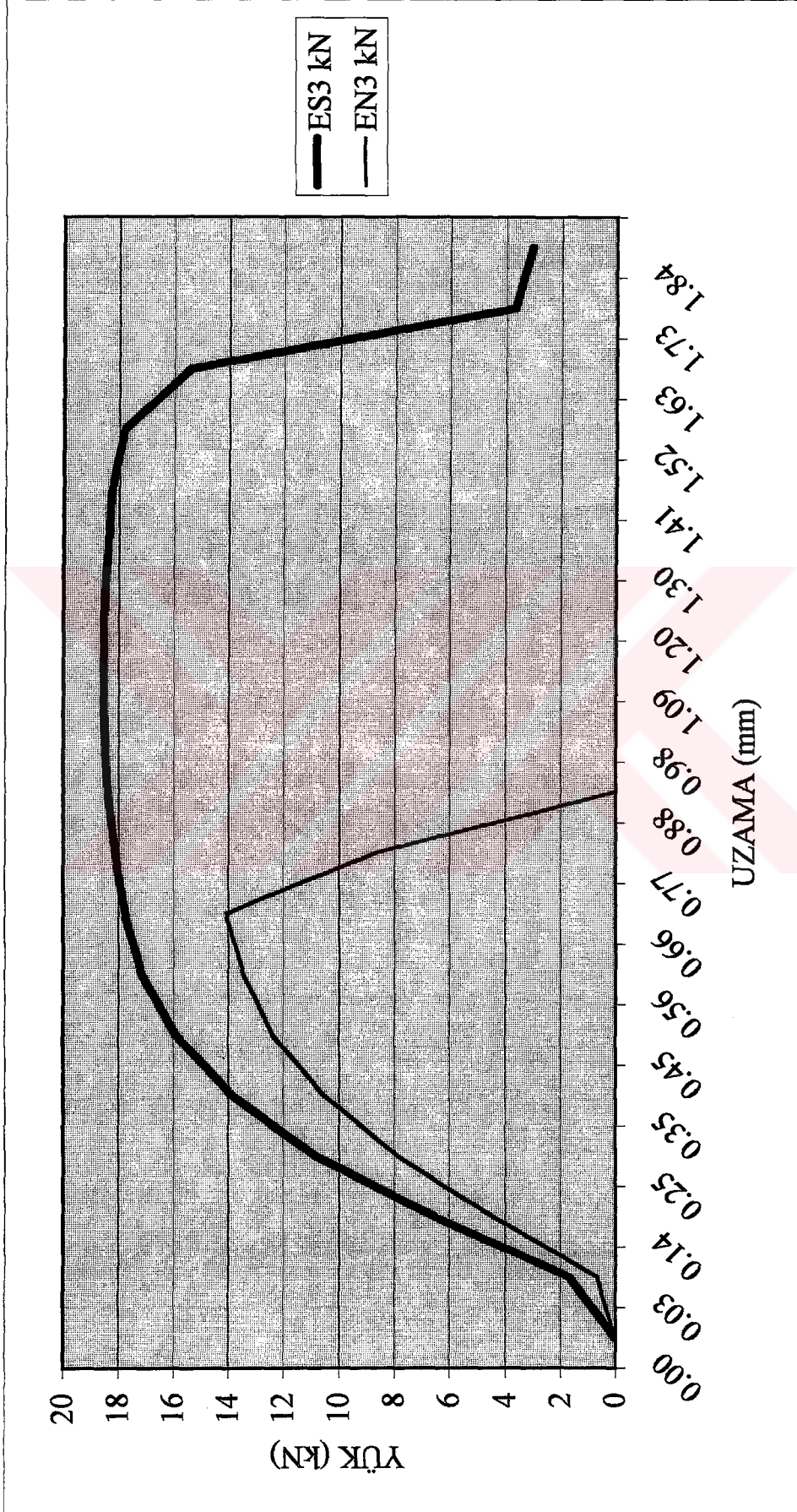
Şekil 4.8. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırması

ELEKTROD İLE YAPILAN KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI (2 mm SAC)



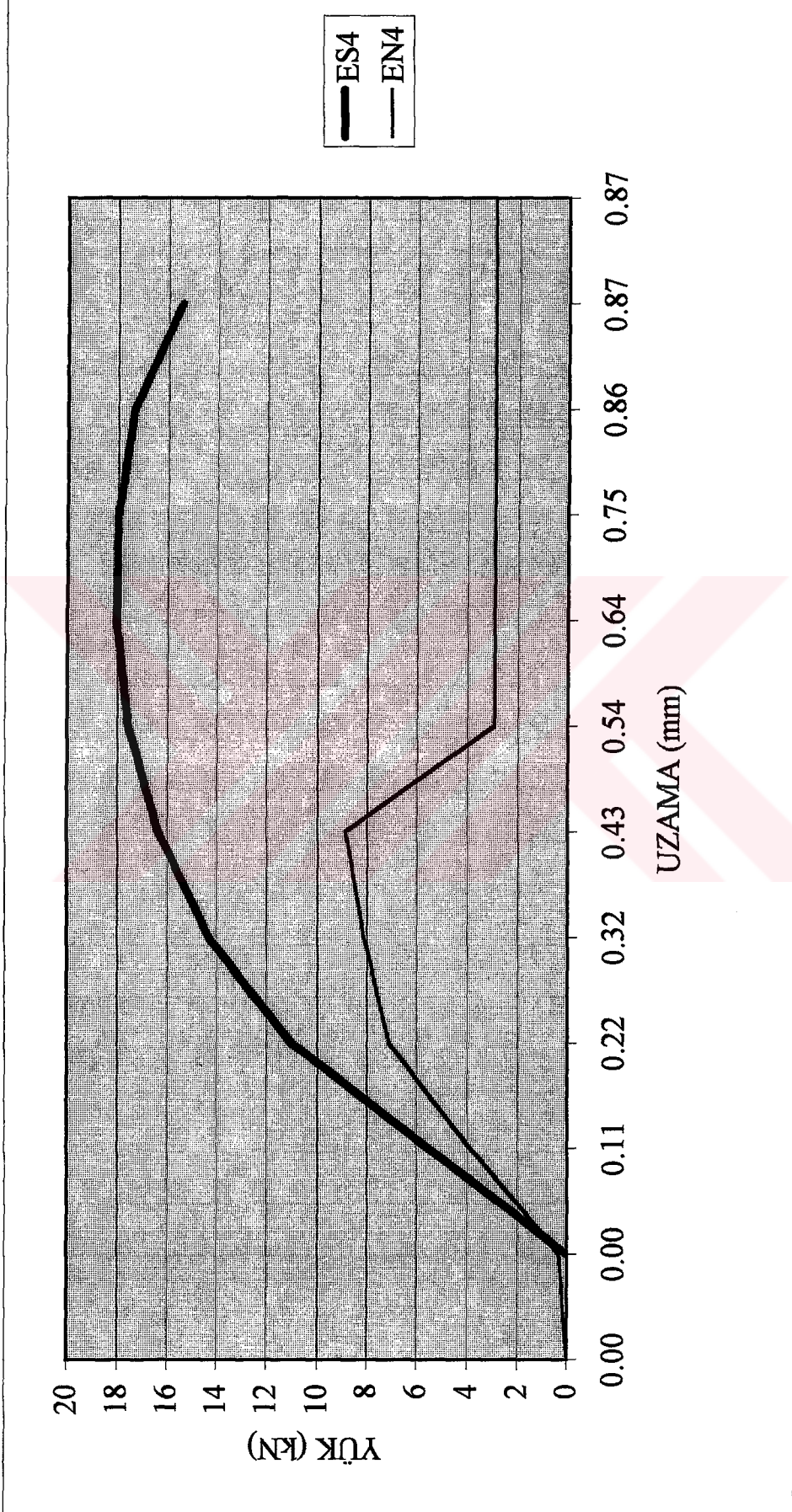
Şekil 4.9. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırması

ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ (3 mm SAC)



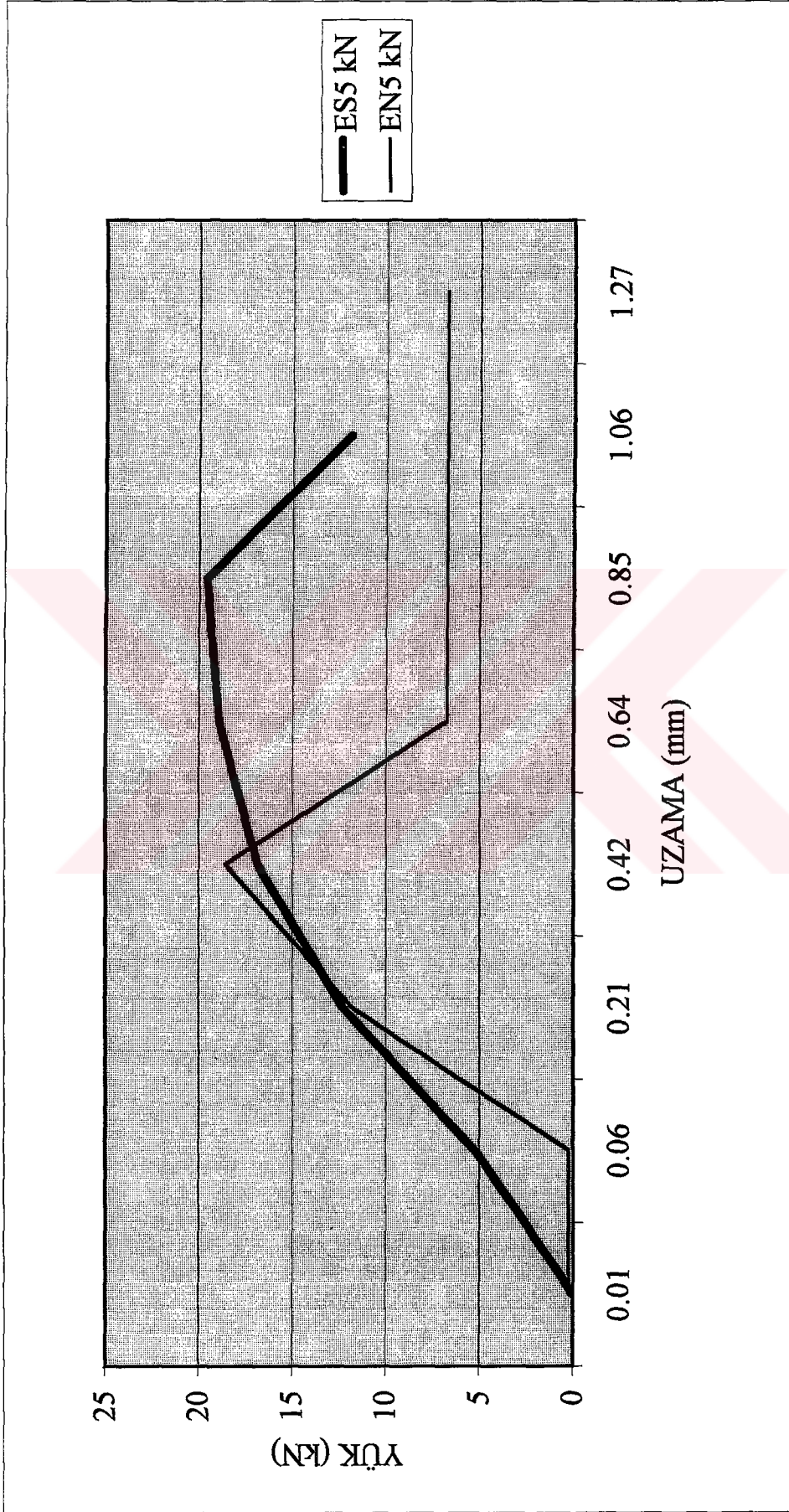
Şekil 4.10. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırması

ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ (4 mm SAC)



Şekil 4.11. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırması

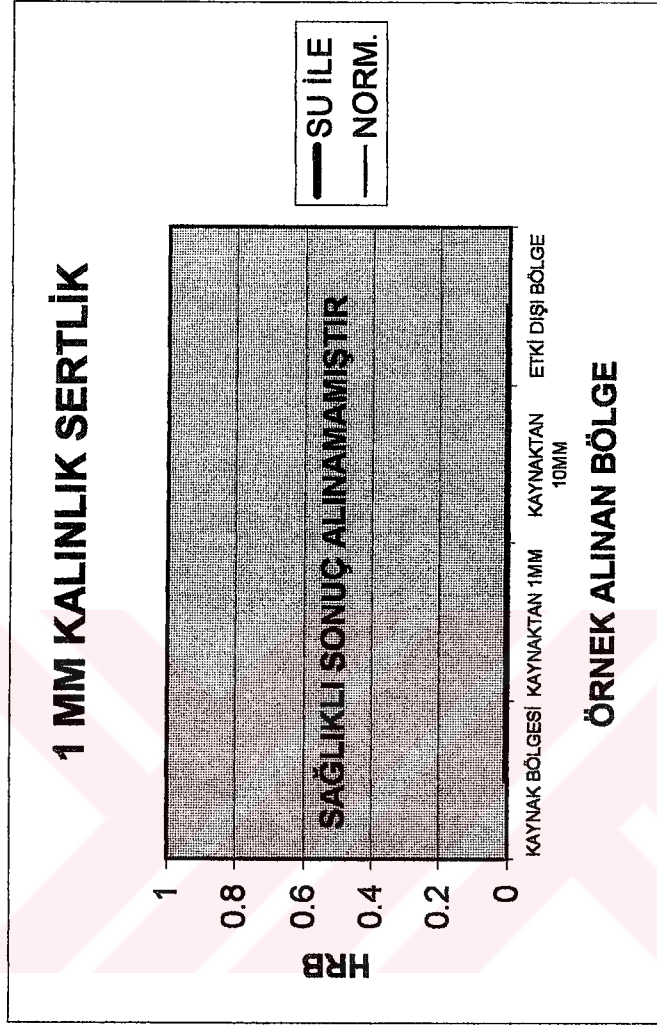
ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ (5 mm SAC)



Şekil 4.12. Elektrik Ark Kaynağı Karşılaştırması

SERTLİK DEĞERLERİ HRB  
1 MM KALINLIK

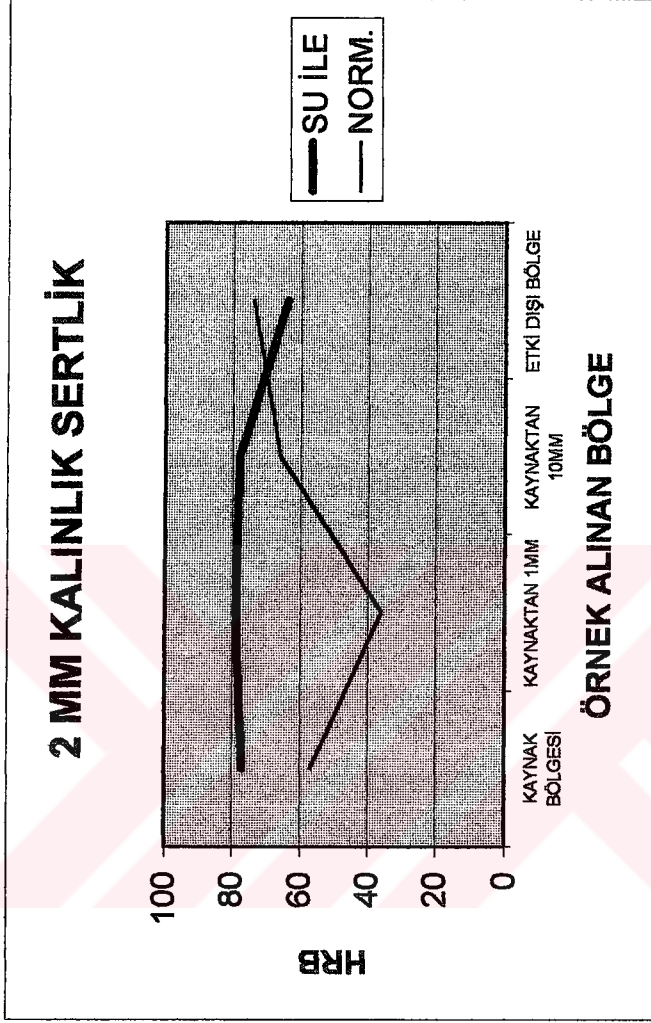
	SU İLE	NORM.
KAYNAK BÖLGESİ	0	0
KAYNAKTAN 1MM	0	0
KAYNAKTAN 10MM	0	0
ETKİ DIŞI BÖLGE	0	0



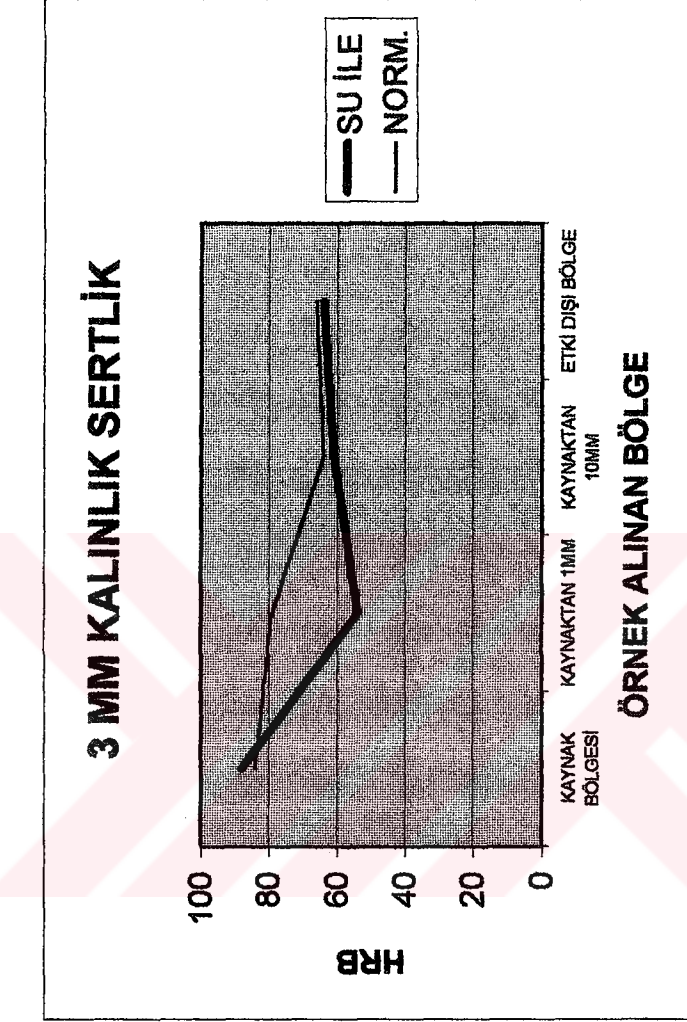
Şekil 4.13. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırması

SERTLİK DEĞERLERİ HRB  
2 MM KALINLIK

	SU İLE	NORM.
KAYNAK BÖLGESİ	77	57
KAYNAKTAN 1MM	79	36
KAYNAKTAN 10MM	78	66
ETKİ DIŞI BÖLGE	64	74



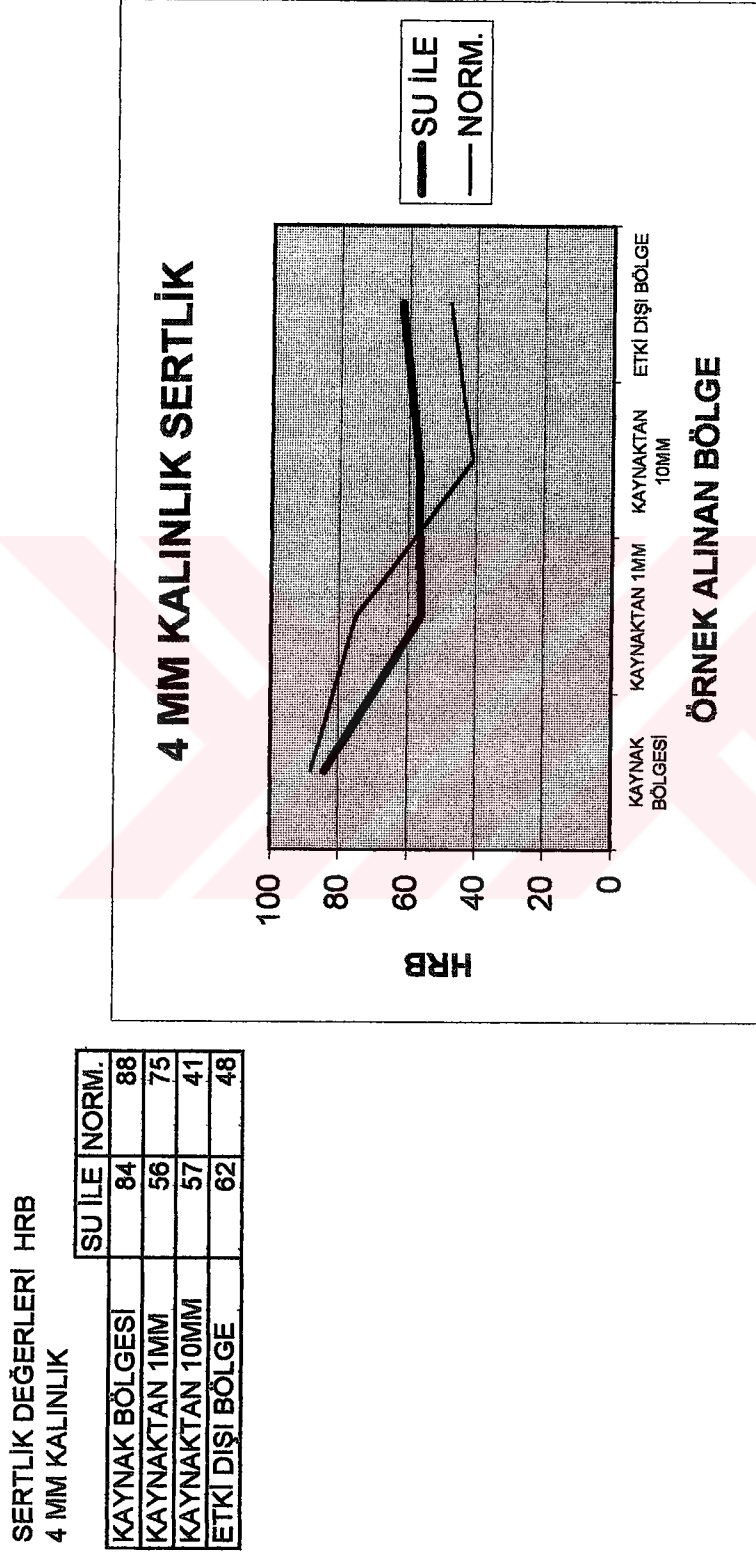
Şekil 4.14. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırması



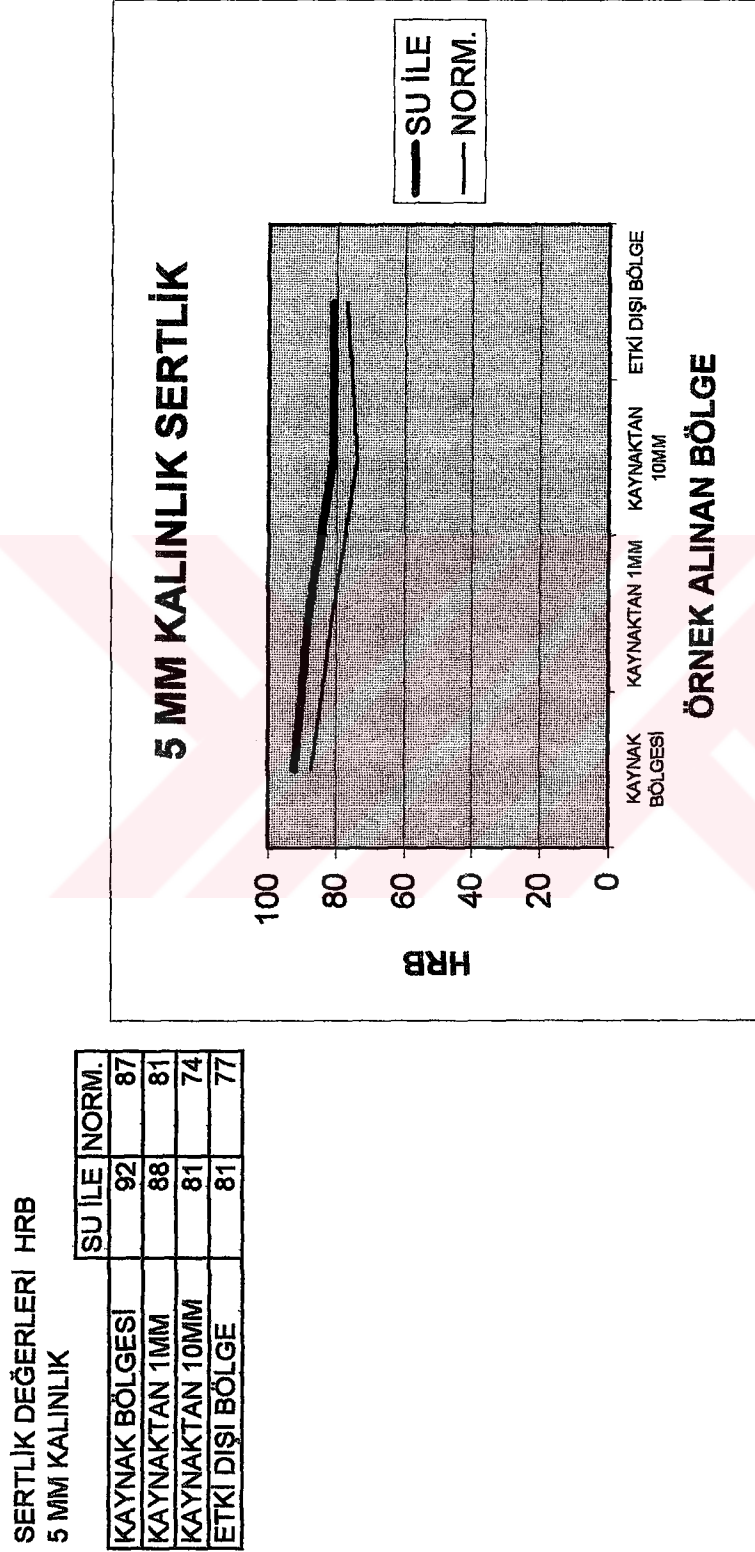
SERTLİK DEĞERLERİ HRB  
3 MM KALINLIK

	SU İLE	NORM.
KAYNAK BÖLGESİ	88	84
KAYNAKTAN 1MM	54	79
KAYNAKTAN 10MM	61	64
ETKİ DIŞI BÖLGE	64	66

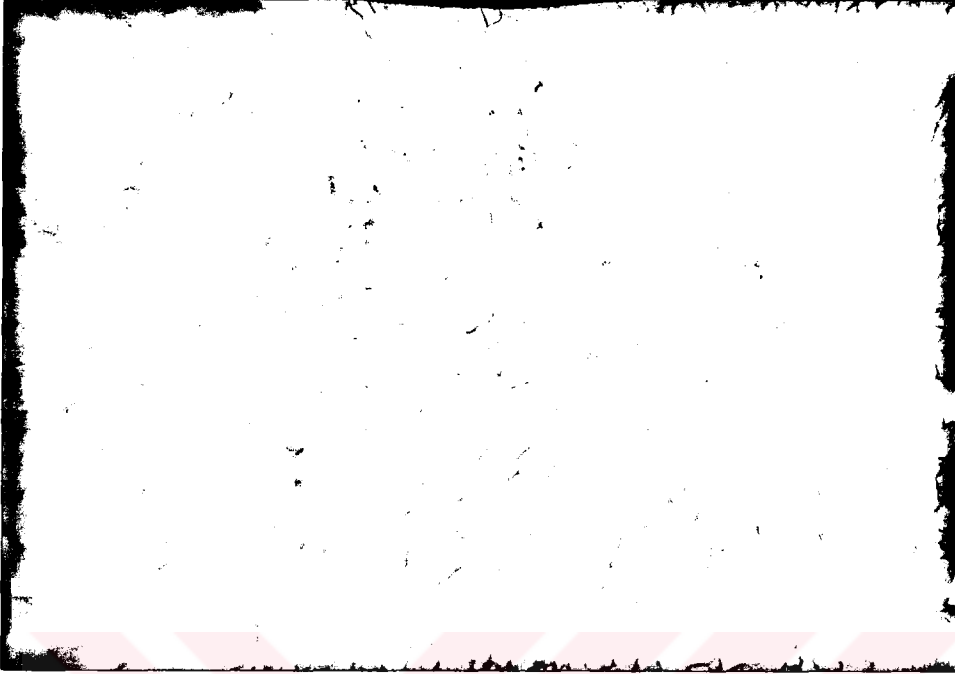
Şekil 4.15 Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırması



Şekil 4.16. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırması

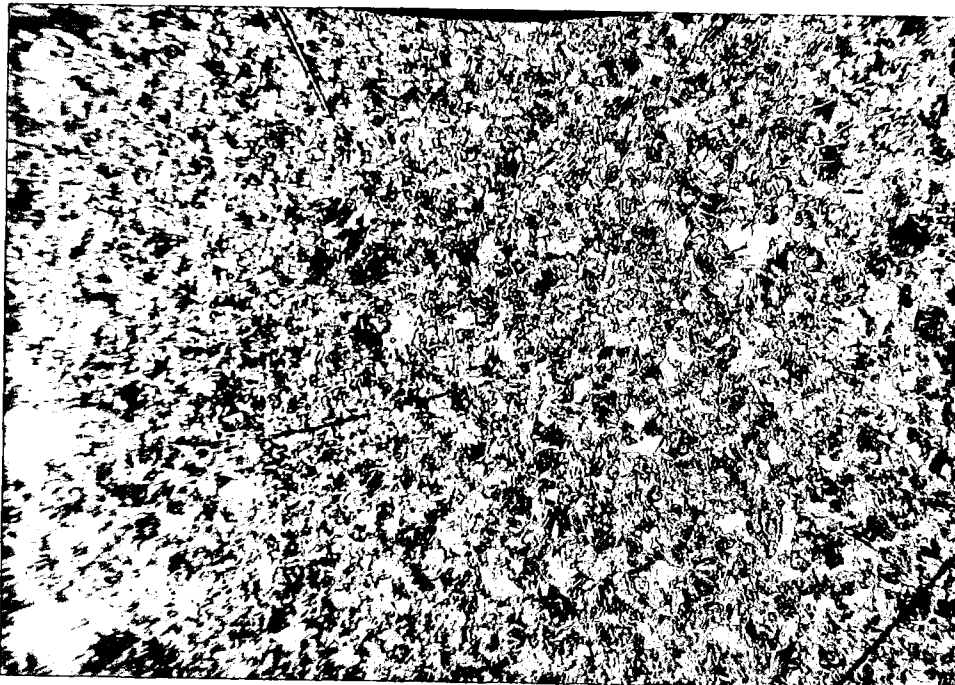


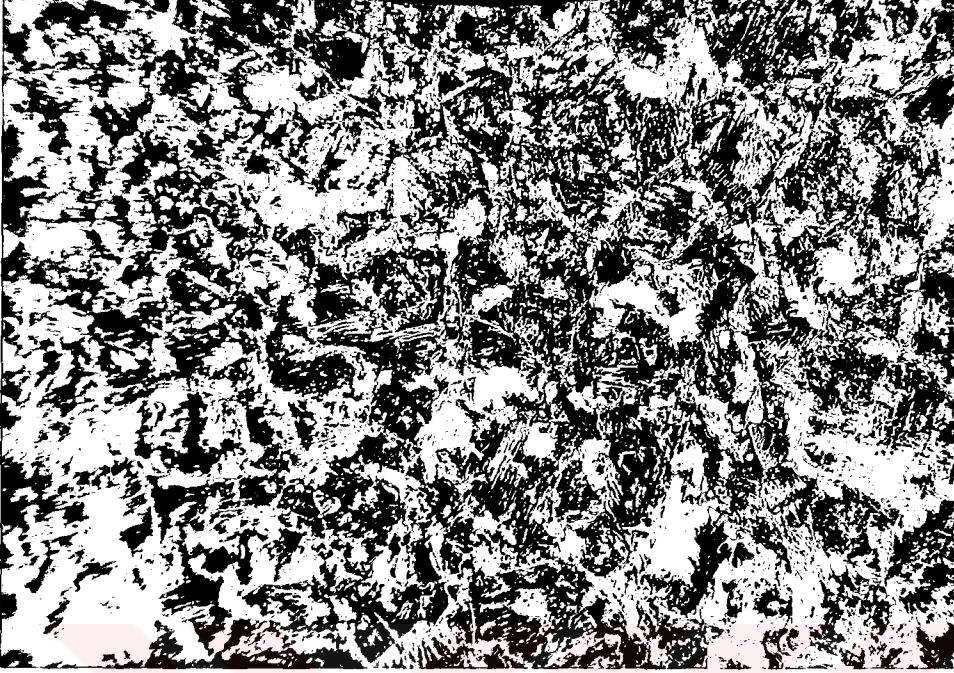
Şekil 4.17. Elektrik Ark Kaynağı Sertlik Karşılaştırması



Şekil 4.18. EN5 Kaynağı K10 ve Dış Bölge x 200 büyütme

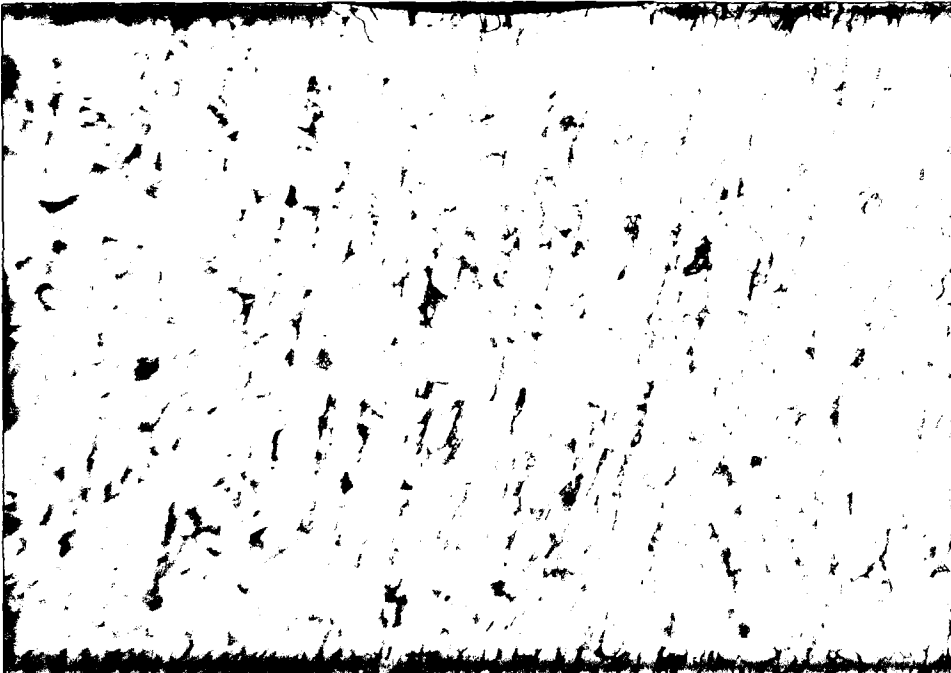
Şekil 4.19. EN5 Kaynağı, K + K1 Geçiş Bölgesi x 100 büyütme

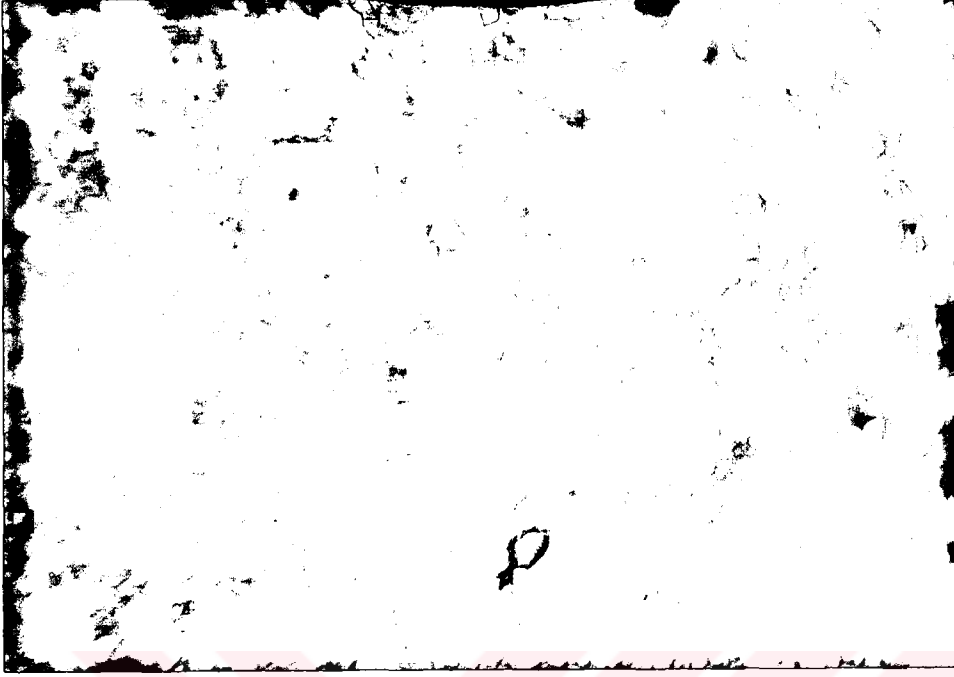




Şekil 4.20. EN5 Kaynağı K Bölgesi x 100 büyütme

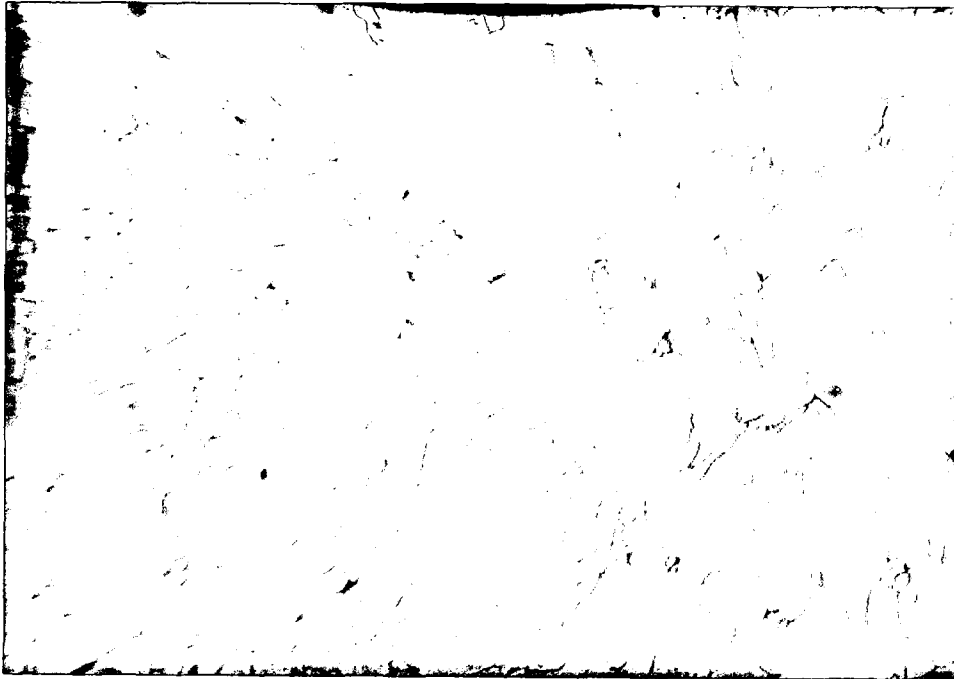
Şekil 4.21. ES5 Kaynağı, En Dış Bölge Dik Kesit x 200 büyütme





Şekil 4.22. ES5 Kaynağı En dış Bölge Yatay Kesit x 200 büyütme

Şekil 4.23. ES5 Kaynağı, K1 Bölgesi x 200 büyütme





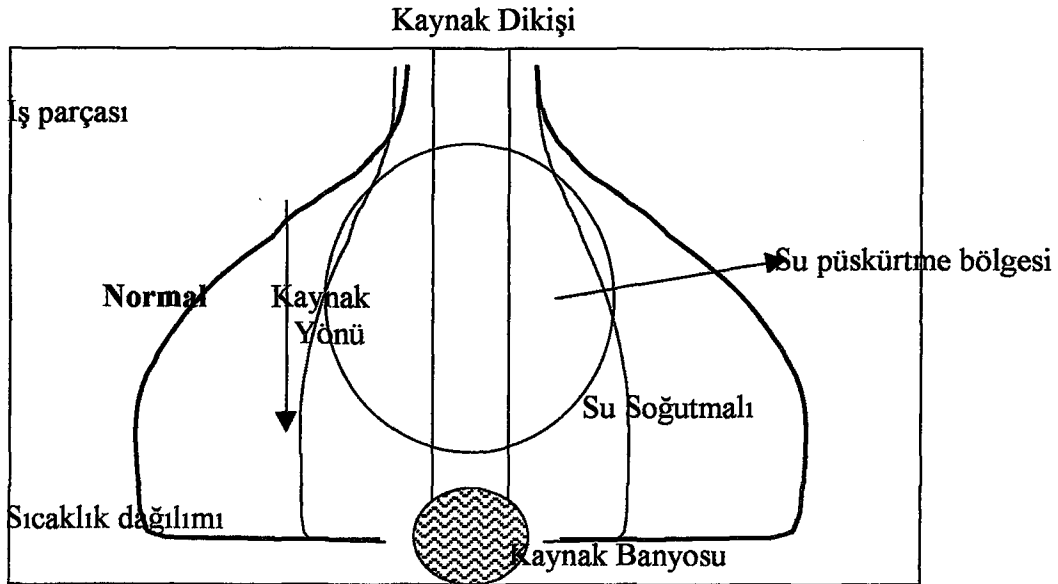
Şekil 4.24. ES5 Kaynağı K Bölgesi

x 200 büyütme

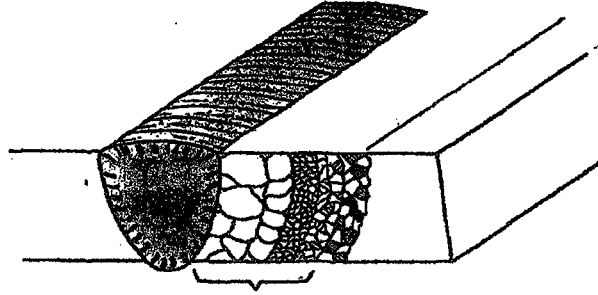
## 5. YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR :

Genel olarak incelenen geçmiş dönem çalışmalarında, ısıl gerilmeleri oluşturan ısının, parça içerisinden fazla yayılmadan atılmasının en optimal çözüm olduğu söylenebilir. Ancak Endüstride uygulanabilirliğinin sağlanabilmesi için, daha fazla şart kontrol altına alınabilmelidir.

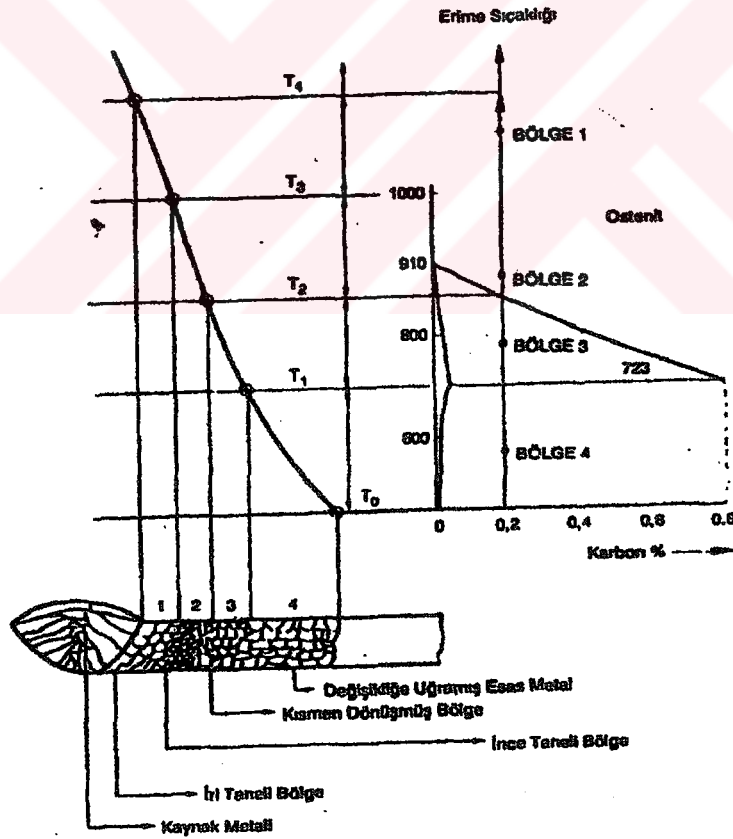
Bu nedenlerle, pülvarize su miktarının, hızının, konumunun, ısısının kontrol altında tutulması amacıyla, Kaynak konumu-Sıcaklık, Sıcaklık-zaman grafiklerinden, uygun su verme sıcaklığı (Yani kaynak sonrasında su püskürtülmesi sonucu en iyi sonucu sağlayabilecek Sıcaklık-Konum aralığı bölgesi), Kaynağın hangi bölgesine su püskürtüleceği belirlenmesi ve ayrıca uygun su miktarı için, yine aynı grafiklerde uygun konumun taşıdığı enerji miktarının, ne kadar miktar suyun, ne kadar zamanda buharlaşmasıyla atılabileceği hesaplanmaya çalışılmıştır. Teoride hesaplanan su miktarının, pratikte hiç bir işlevselliği olmadığı görülerek bu çalışmalardan vaz geçilmiş, tez kapsamına alınmamıştır. Ancak Pülvarize suyun püskürtüleceği en verimli bölgenin Şekil 5.1. ve Şekil 5.2. de de görüldüğü gibi normalizasyon sıcaklığının oluştuğu, Isı tesiri altındaki bölge içerisinde, kaynak banosunun etkilenmeyeceği yer olan; eriyik metale 25-40 mm uzaklıkta soğumaya başlayan kaynak dolgusu olduğuna karar verilmiştir. Geçmiş dönem deneysel çalışmalarında kararı desteklemektedir.



Şekil 5.1. Su Püskürtme Uygulaması (Şematik)



Isının tesiri altındaki bölge



Şekil 5.2. Kaynak Bölgesi Isıl Dağılımı

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, en verimli sonuçları Elektrik ark kaynağı ve MAG kaynağında görülebileceği belirlenmiş, son deneyler de bu kaynak yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5 maddelerinde belirtilen çalışmaları doğrular nitelikte tasarlanmış, daha fazla şartın kontrol edilmesine çalışılmıştır. Yine normal şartlarda kaynatılan saçlar, şartlar değiştirilmeden Pülvarize su püskürtülerek kaynatılmıştır. Ancak bu sırada su püskürtme aparatı olarak boya tabancası kullanılmıştır. Boya tabancası debi ve açısı ayarlı ve süreklilik arzettiği için daha fazla şartın kontrol altında olmasını sağlamıştır. Deney Şartları aşağıdaki gibidir.

#### Kullanılan Saç Parça Özellikleri ;

3 mm x 100 mm x 200 mm	St 37
5 mm x 100 mm x 200 mm	St 37
8 mm x 100 mm z 200 mm	St 37

Parçalar 800°C de normalize edilmiş, fırında 2 saat süresince yavaş soğutularak iç gerilimleri giderilmiştir. Deney sırasında, 8 mm saçların kaynağı, kaynak ağzı açılmaması için açılı olarak yardımcı aparat üzerinde yapılmıştır (Şekil 5.4). Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Elektrodlar 140°C de 1 saat kurutulmuştur.

#### Kullanılan kaynak teli ve Elektrodlar;

Kaynak Teli	: Çap: 0,8 mm - EN440 G3Si1 (Gedik - Geka 11827 Parti kodlu)
Elektrodlar	: Çap: 3,25 Rutil E5122R18
Ortam Isısı	: ~25°C
Soğutma Suyu Isısı	: ~ 8-9°
Su debisi	: 0,75 ~ 0,8 lt/dk
Kaynak Hızı	: 5 cm/dk ~ 10 cm/dk
MAG Amper ayarları	: 3 mm - 150 A
	5 mm - 175 A
	10 mm - 200 A

Elektrik Ark Amper : 3 mm - 200 A  
5 mm - 210 A  
10 mm - 225 A

Belirtilen şartlarda önce elektrik ark kaynağı normal yollarla (Şekil 5.4.), Daha sonra Pülvarize su soğutmalı şekilde yapılmıştır (Şekil 5.3.). Ardından MAG kaynağı aynı yöntemlerle uygulanmıştır. MAG kaynağı uygulaması sırasında, soğutmada kullanılan su ve hava karışımının kaynak banyosunu bozabileceği gözlenmiş, koruma sacı yanında, daha önce belirtilen bölgeye denk gelecek şekilde konula ıslak bez vasıtası ile sabit bir su akışı sağlanarak (Şekil 5.7) , sistem kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu yöntemde ölçümler arasına alınmıştır.

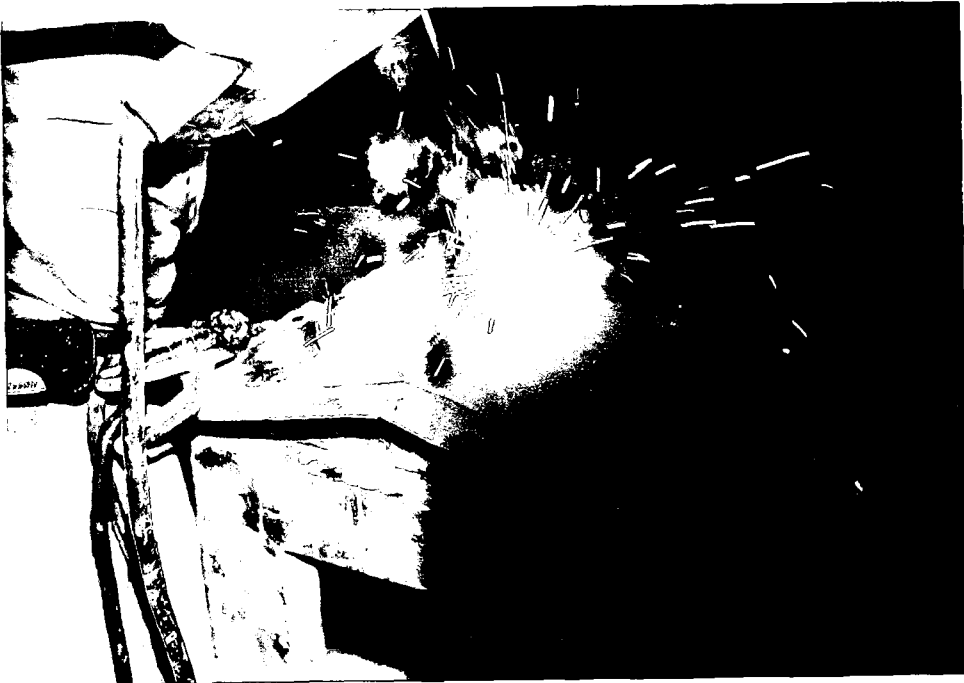
İşlemlerin fotoğrafları , Şekil 5.3.ten Şekil 5.8.e kadar gösterilmiştir.

Uygulamanın ardından, parçalar 2 saat kadar bekletildikten sonra, distorsiyon değerleri ölçülmüş (Şekil 5.8 - 5.9), ardından testerede 10 mm kalınlığında 2 şer set deney parçası alınmış, deney parçalarında sertlik taraması yapılmış (Şekil 5.10 / 5.32), parçalar kopana dek çekme testi sonrasında (Şeki 5.34 / 5.63), eş parçaların 3mm ve 5mm kalınlarda olanlarından Metalografik fotoğraflar için bakalitler alınmış, fotoğraflara yer verilmiştir (Şekil 5.64 / Şekil 5.77). Takip eden sayfalarda tüm sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Su Soğutmalı Elektrik ark Kaynağı (ES) (Koruma sacı ile)

Şekil 5.4. Normal Elektrik Ark Kaynağı (EN) (Aparat Üzerinde)

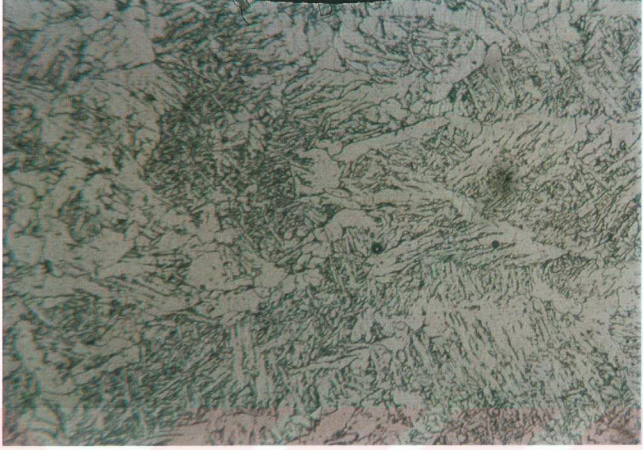




Şekil 5.5. Su Soğutmalı MAG Kaynağı (MS) (Aparat Üzerinde)

Şekil 5.6. Sabit Su Soğutmalı (Islak Bez Yardımı ile) MAG Kaynağı (MBS)





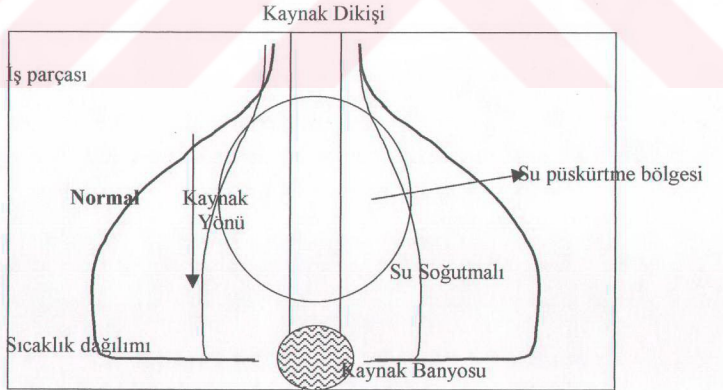
Şekil 4.24. ES5 Kaynağı K Bölgesi

x 200 büyütme

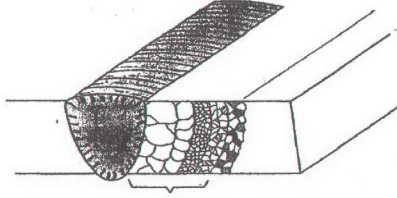
## 5. YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR :

Genel olarak incelenen geçmiş dönem çalışmalarında, ısı gerilmeleri oluşturan ısının, parça içerisinde fazla yayılmadan atılmasının en optimal çözüm olduğu söylenebilir. Ancak Endüstride uygulanabilirliğinin sağlanabilmesi için, daha fazla şart kontrol altına alınabilmelidir.

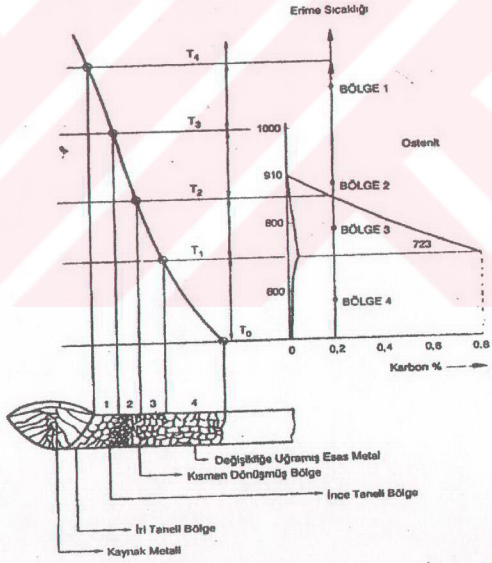
Bu nedenlerle, pülverize su miktarının, hızının, konumunun, ısısının kontrol altında tutulması amacıyla, Kaynak konumu-Sıcaklık, Sıcaklık-zaman grafiklerinden, uygun su verme sıcaklığı (Yani kaynak sonrasında su püskürtülmesi sonucu en iyi sonucu sağlayabilecek Sıcaklık-Konum aralığı bölgesi), Kaynağın hangi bölgesine su püskürtüleceği belirlenmesi ve ayrıca uygun su miktarı için, yine aynı grafiklerde uygun konumun taşıdığı enerji miktarının, ne kadar miktar suyun, ne kadar zamanda buharlaşmasıyla atılabileceği hesaplanmaya çalışılmıştır. Teoride hesaplanan su miktarının, pratikte hiç bir işlevselliği olmadığı görülerek bu çalışmalardan vaz geçilmiş, tez kapsamına alınmamıştır. Ancak Pülverize suyun püskürtüleceği en verimli bölgenin Şekil 5.1. ve Şekil 5.2. de de görüldüğü gibi normalizasyon sıcaklığının olduğu, Isı tesiri altındaki bölge içerisinde, kaynak banosunun etkilenmeyeceği yer olan; eriyik metale 25-40 mm uzaklıkta soğumaya başlayan kaynak dolgusu olduğuna karar verilmiştir. Geçmiş dönem deneysel çalışmalarda karar desteklemektedir.



Şekil 5.1. Su Püskürtme Uygulaması (Şematik)



*Isının tesiri altındaki bölge*



Şekil 5.2. Kaynak Bölgesi Isıl Dağılımı

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, en verimli sonuçları Elektrik ark kaynağı ve MAG kaynağında görülebileceği belirlenmiş, son deneyler de bu kaynak yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5 maddelerinde belirtilen çalışmalarını doğrular nitelikte tasarlanmış, daha fazla şartın kontrol edilmesine çalışılmıştır. Yine normal şartlarda kaynatılan saçlar, şartlar değiştirilmeden Pülvarize su püskürtülerek kaynatılmıştır. Ancak bu sırada su püskürtme aparatı olarak boya tabancası kullanılmıştır. Boya tabancası debi ve açısı ayarlı ve süreklilik arzettiği için daha fazla şartın kontrol altında olmasını sağlamıştır. Deney Şartları aşağıdaki gibidir.

#### Kullanılan Saç Parça Özellikleri ;

3 mm x 100 mm x 200 mm	St 37
5 mm x 100 mm x 200 mm	St 37
8 mm x 100 mm z 200 mm	St 37

Parçalar 800°C de normalize edilmiş, fırında 2 saat süresince yavaş soğutulmuş iç gerilmeleri giderilmiştir. Deney sırasında, 8 mm saçların kaynağı, kaynak ağzı açılmaması için açılı olarak yardımcı aparat üzerinde yapılmıştır (Şekil 5.4). Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Elektrodlar 140°C de 1 saat kurutulmuştur.

#### Kullanılan kaynak teli ve Elektrodlar;

Kaynak Teli	: Çap: 0,8 mm - EN440 G3Si1 (Gedik - Geka 11827 Parti kodlu)
Elektrodlar	: Çap: 3,25 Rutil E5122R18
Ortam Isısı	: ~25°C
Soğutma Suyu Isısı	: ~ 8-9°
Su debisi	: 0,75 ~ 0,8 lt/dk
Kaynak Hızı	: 5 cm/dk ~ 10 cm/dk
MAG Amper ayarları	: 3 mm - 150 A
	5 mm - 175 A
	10 mm - 200 A

Elektrik Ark Amper : 3 mm - 200 A  
5 mm - 210 A  
10 mm - 225 A

Belirtilen şartlarda önce elektrik ark kaynağı normal yollarla (Şekil 5.4.), Daha sonra Pülvarize su soğutmalı şekilde yapılmıştır (Şekil 5.3.). Ardından MAG kaynağı aynı yöntemlerle uygulanmıştır. MAG kaynağı uygulaması sırasında, soğutmada kullanılan su ve hava karışımının kaynak banyosunu bozabileceği gözlenmiş, koruma sacı yanında, daha önce belirtilen bölgeye denk gelecek şekilde konula ıslak bez vasıtası ile sabit bir su akışı sağlanarak (Şekil 5.7) , sistem kontrol altında tutulmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu yöntemde ölçümler arasına alınmıştır.

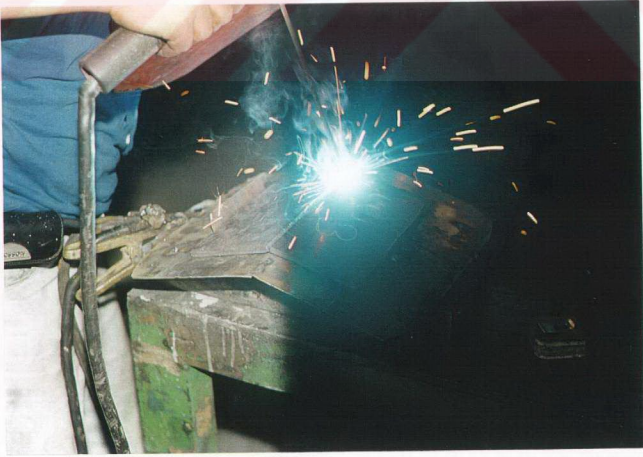
İşlemlerin fotoğrafları , Şekil 5.3.ten Şekil 5.8.e kadar gösterilmiştir.

Uygulamanın ardından, parçalar 2 saat kadar bekletildikten sonra, distorsiyon değerleri ölçülmüş (Şekil 5.8 - 5.9), ardından testerede 10 mm kalınlığında 2 şer set deney parçası alınmış, deney parçalarında sertlik taraması yapılmış (Şekil 5.10 / 5.32), parçalar kopana dek çekme testi sonrasında (Şeki 5.34 / 5.63), eş parçaların 3mm ve 5mm kalınlarda olanlarından Metalografik fotoğraflar için bakalitler alınmış, fotoğraflara yer verilmiştir (Şekil 5.64 / Şekil 5.77). Takip eden sayfalarda tüm sonuçlar gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Su Soğutmalı Elektrik ark Kaynağı (ES) (Koruma sacı ile)

Şekil 5.4. Normal Elektrik Ark Kaynağı (EN) (Aparat Üzerinde)





Şekil 5.5. Su Soğutmalı MAG Kaynağı (MS) (Aparat Üzerinde)

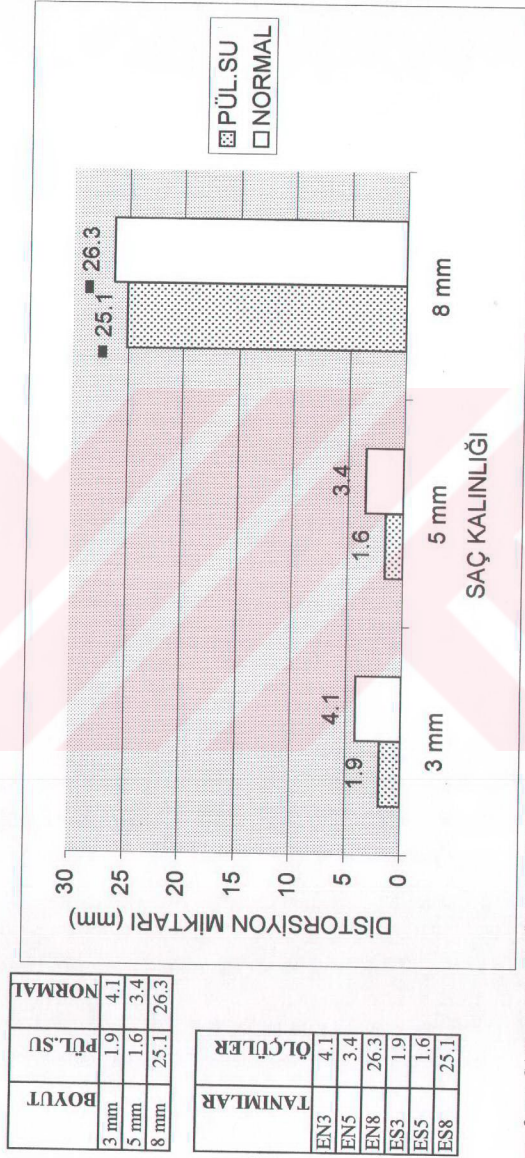
Şekil 5.6. Sabit Su Soğutmalı (Islak Bez Yardımı ile) MAG Kaynağı (MBS)





Şekil 5.7. Su Soğutmalı Elektrik Ark Kaynağı (ES) (Aparat Üzerinde)

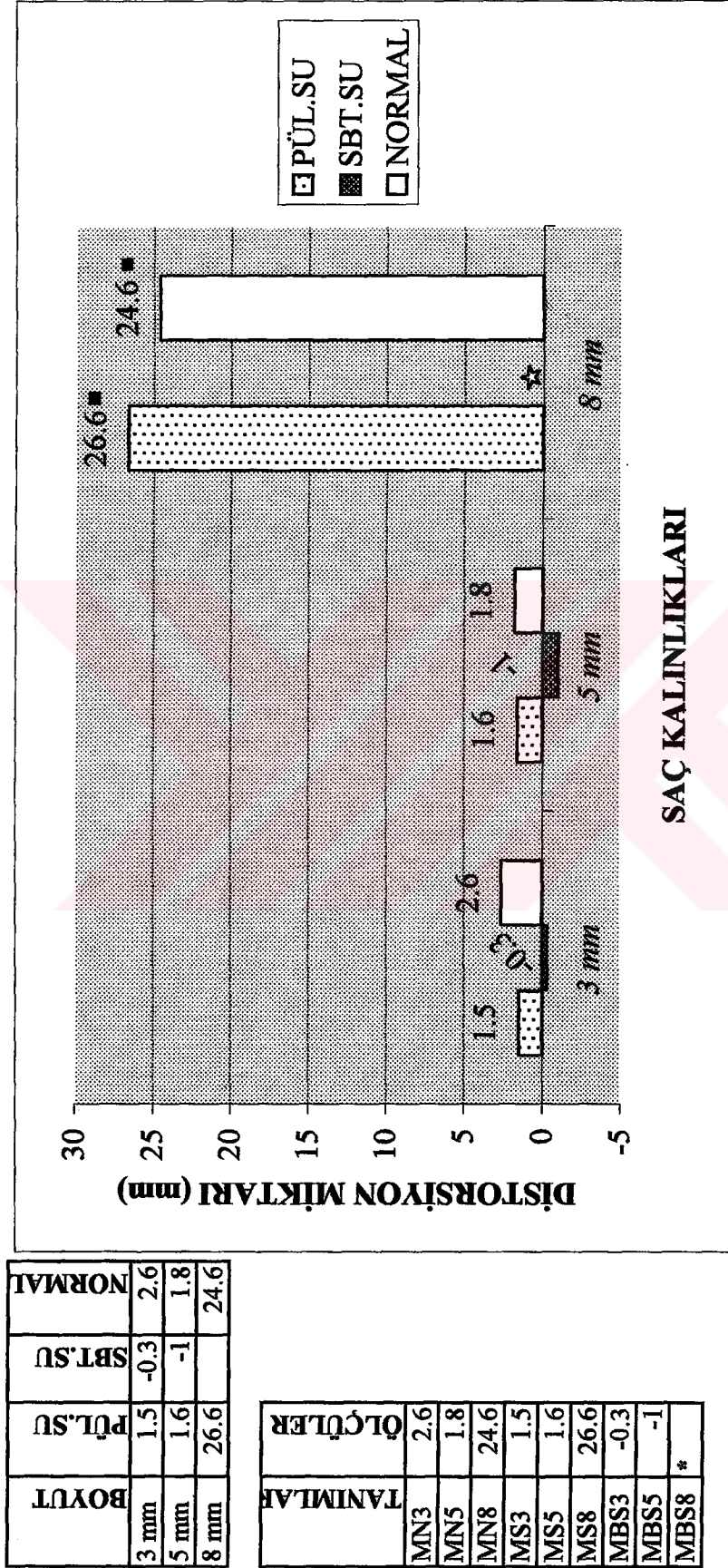
## ELEKTROD KAYNAĞI DISTORSİYON DEĞERLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU



- 8 mm SAÇLAR DAHA ÖNCE ANLATILAN SEBEPLERLE KAYNAK YÖNÜ İLE TERS AÇIDA KONUMLANDIRILDIĞI İÇİN BU DEĞERLER TERS ORANTILIDIR.

Şekil 5.8.

## MAG KAYNAĞI DİSTORSİYON DEĞERLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

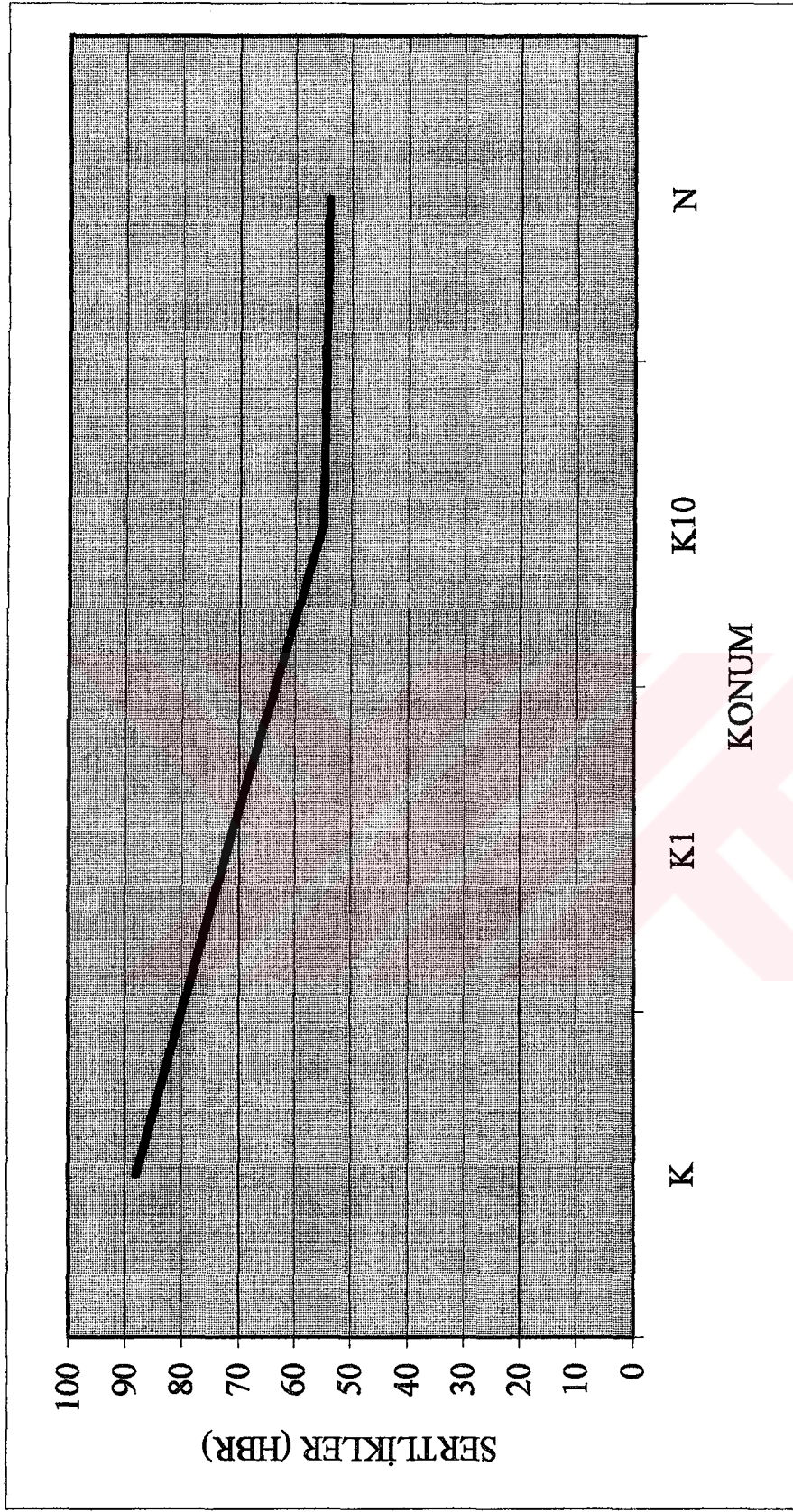


\* SAĞLIKLI ÖRNEK ALINAMAMIŞTIR.

■ 8 mm SAÇLAR DAHA ÖNCE ANLATILAN SEBEPLERLE KAYNAK YÖNÜ İLE TERS AÇIDA KONUMLANDIRILDIĞI İÇİN BU DEĞERLER TERS ORANTILIDIR.

Şekil 5.9.

## ELEKTROD İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (3 mm SAC)

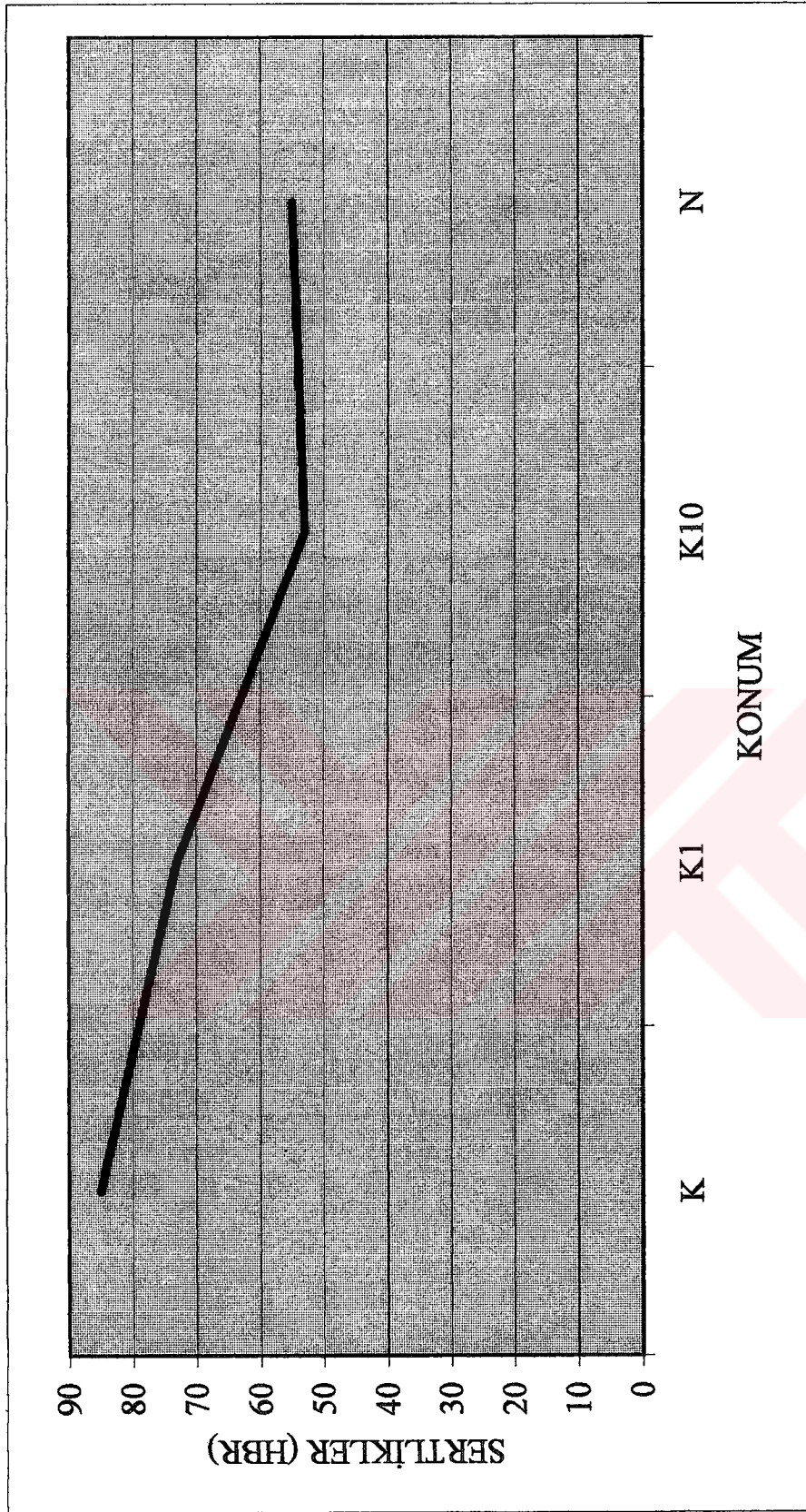


EN3

KONUM	SERTLİKLER (HBR)
K	88
K1	72
K10	55
N	54

Şekil 5. 10

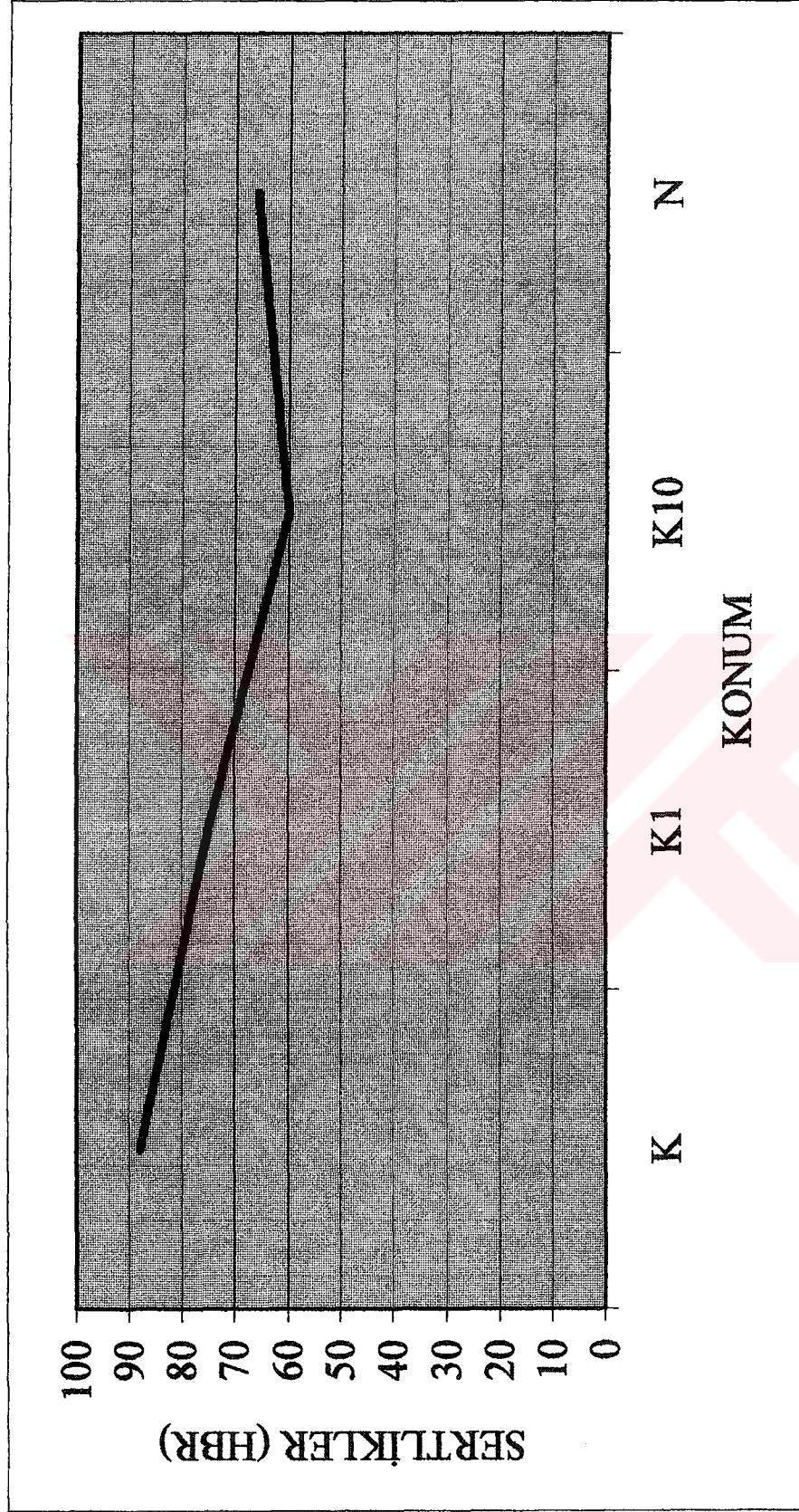
## ELEKTROD İLE NORMAL KAYNAK (5mm SAC)



KONUM	SERTLİKLER
K	85
K1	73
K10	53
N	55

Şekil 5.11

## ELEKTRODLA YAPILAN NORMAL KAYNAK (8 mm SAC)

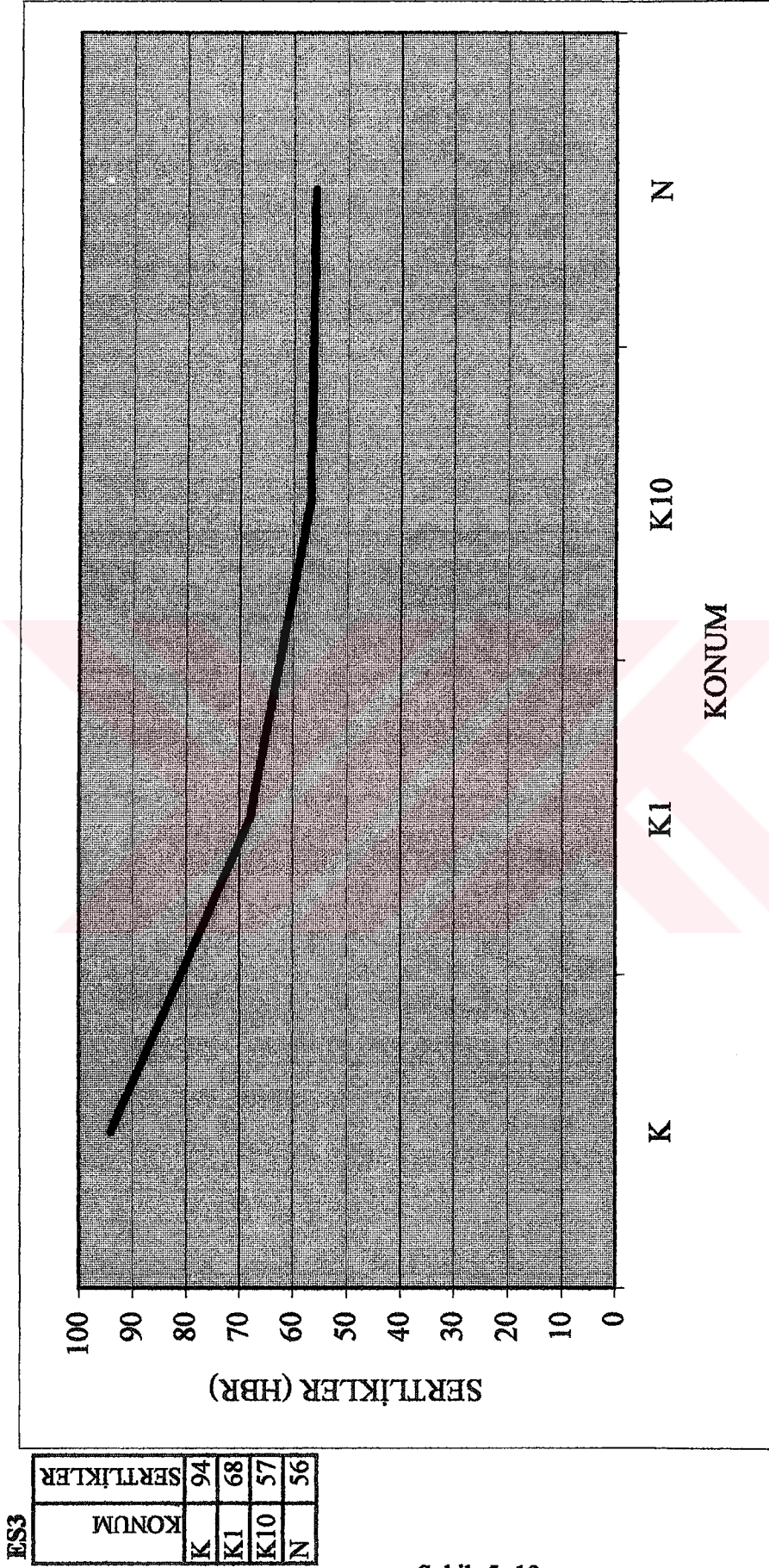


KONUM	SERTLİKLER
K	88
K1	75
K10	60
N	66

Şekil 5. 12

ELEKTROD İLE YAPILAN PULVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (3 mm SAC)

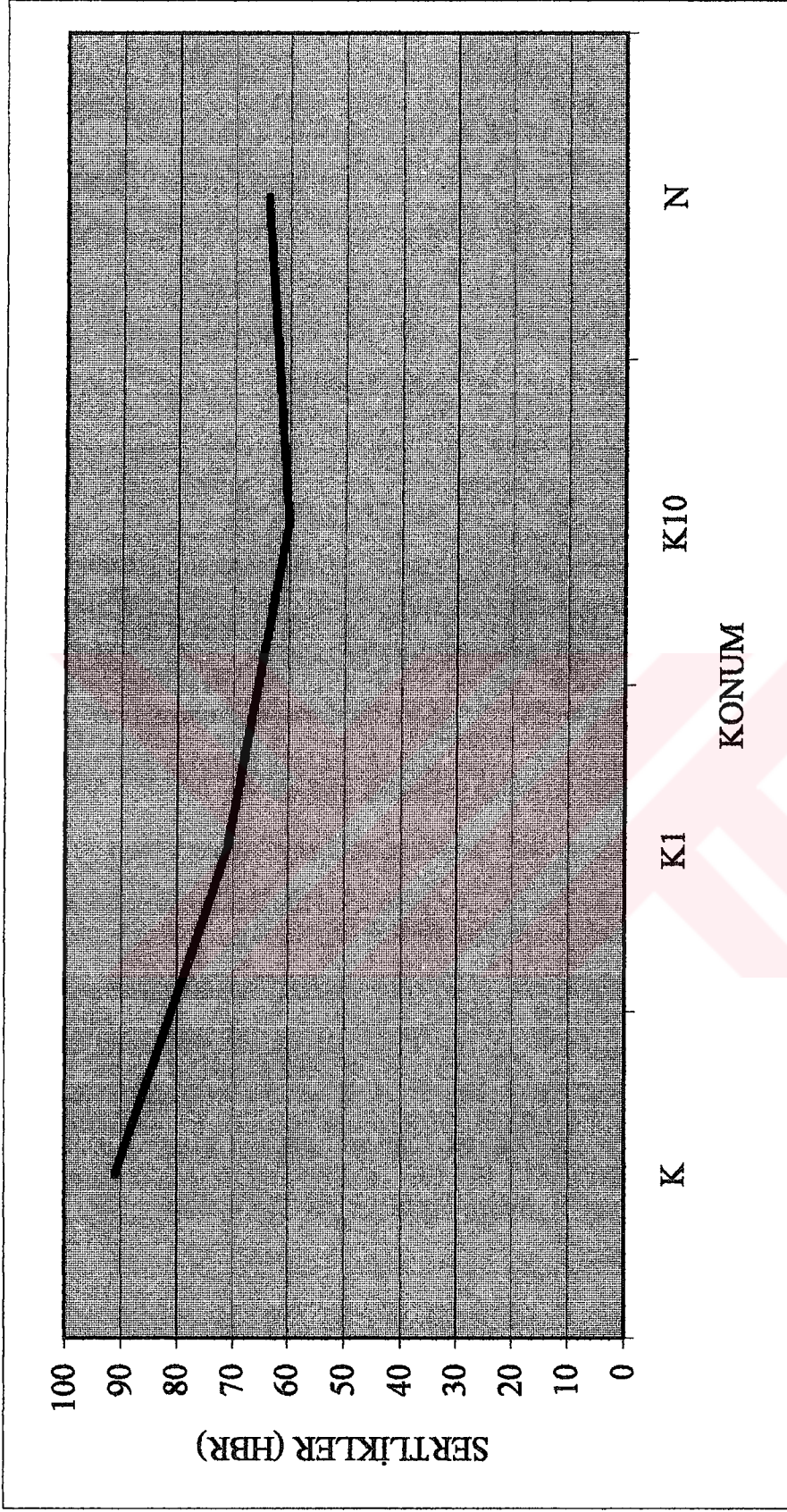
48



Şekil 5. 13

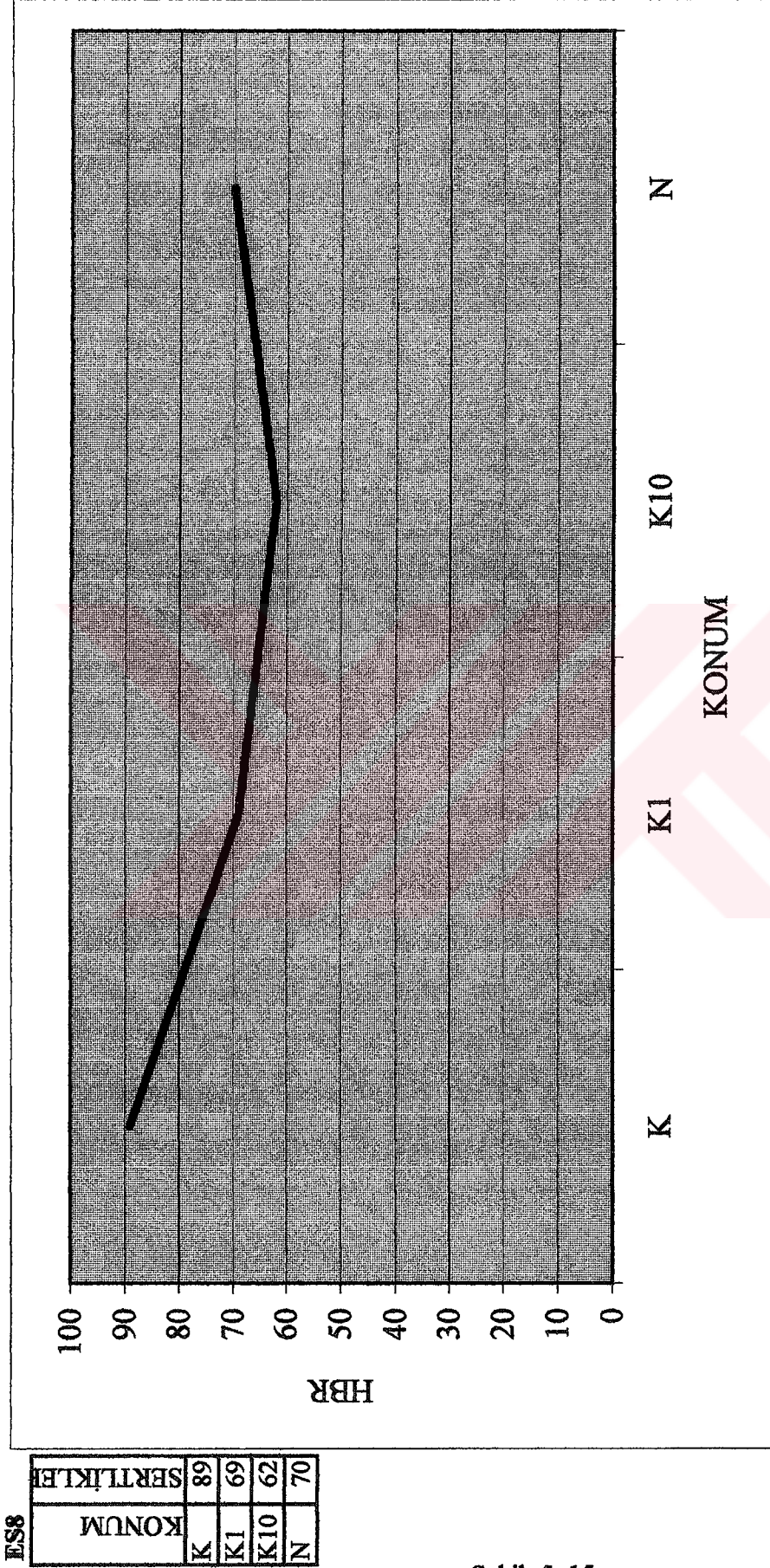
ELEKTROD İLE YAPILAN PULVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (5 mm SAC)

KONUM	SERTLİKLER
K	91
K1	71
K10	60
N	64



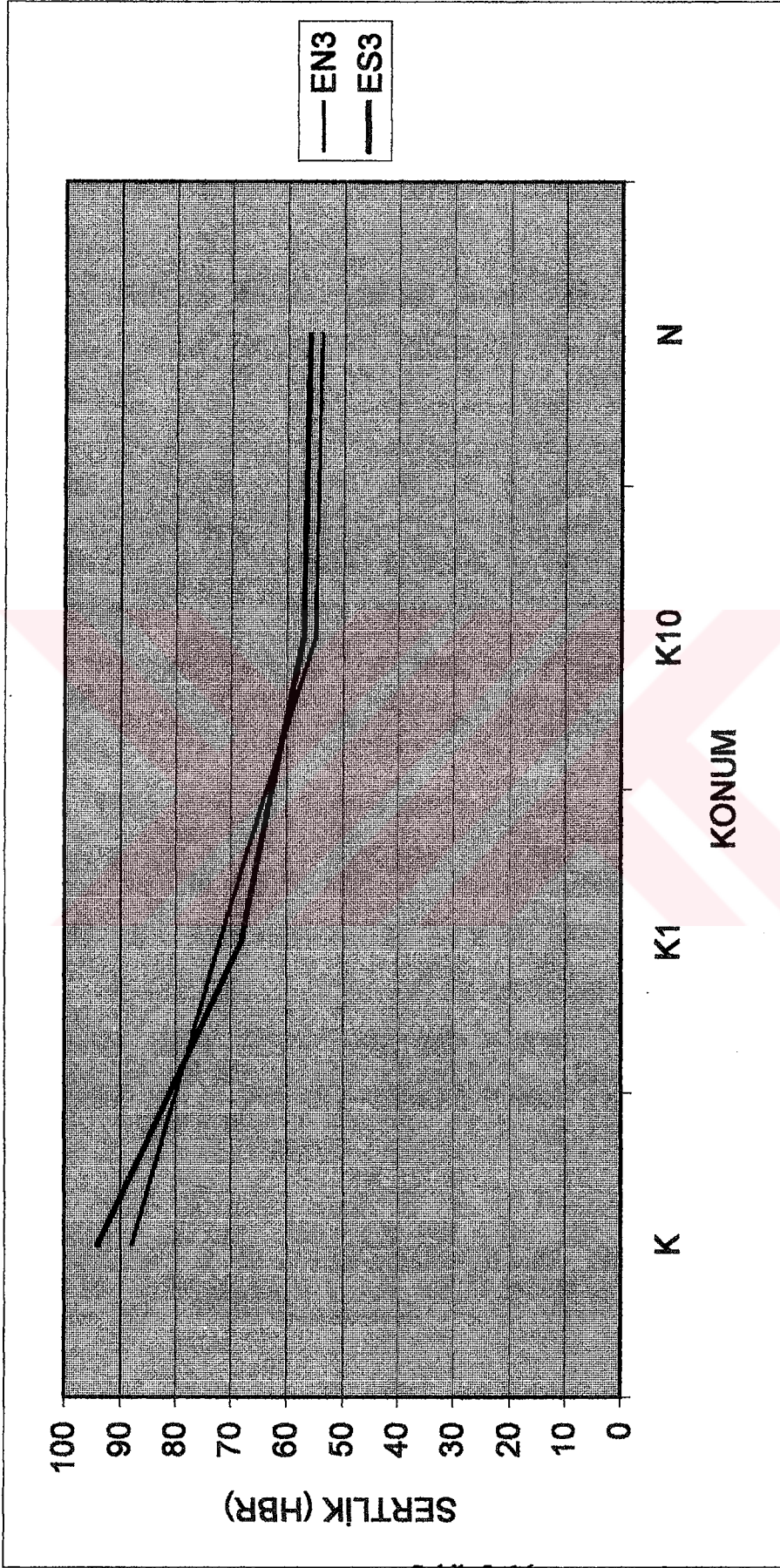
Şekil 5.14

## ELEKTROD İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (8 mm SAC)



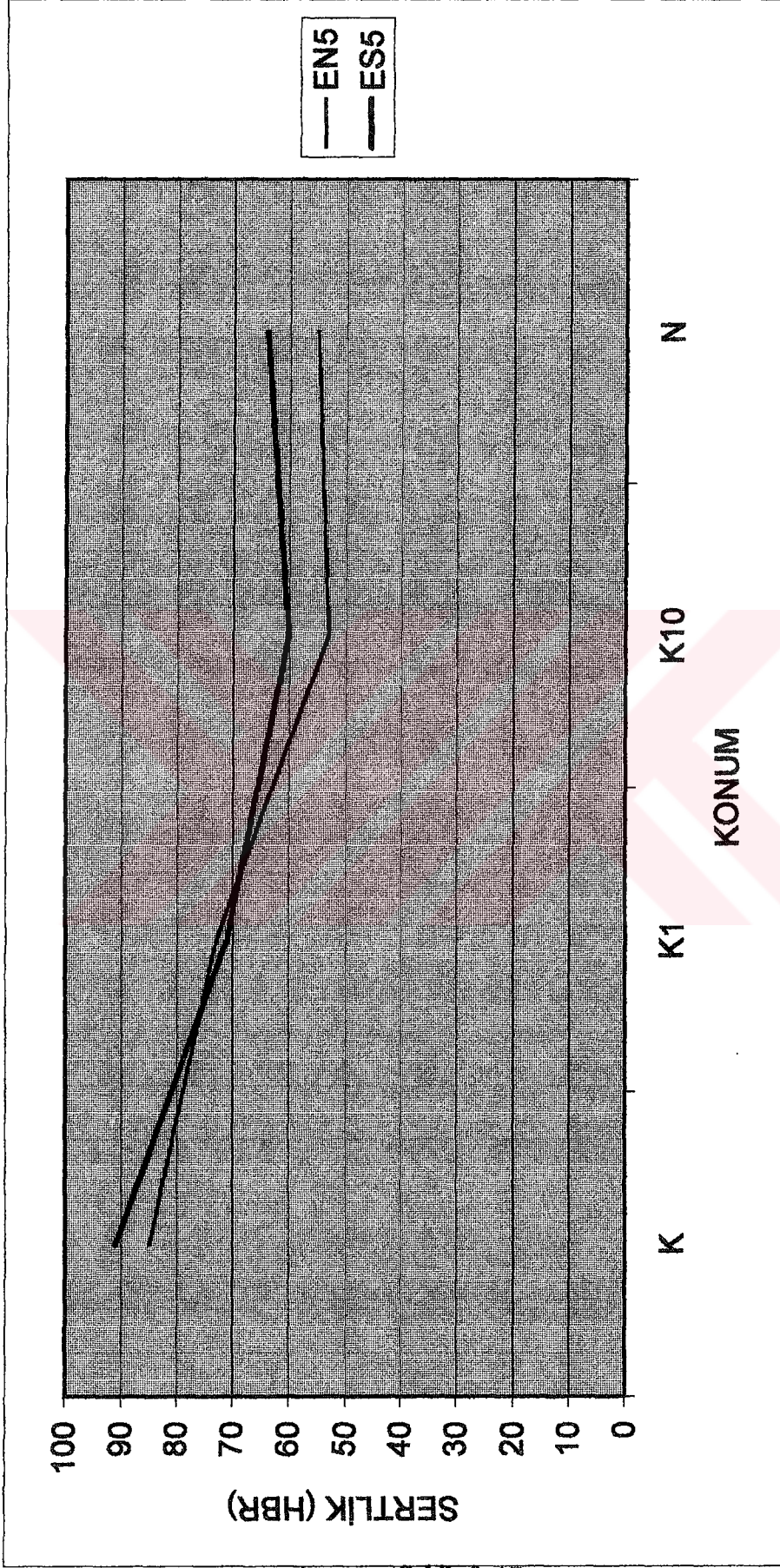
Şekil 5. 15

### 3 mm SAÇTA ELEKTROD KAYNAĞI SERTLİK KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI



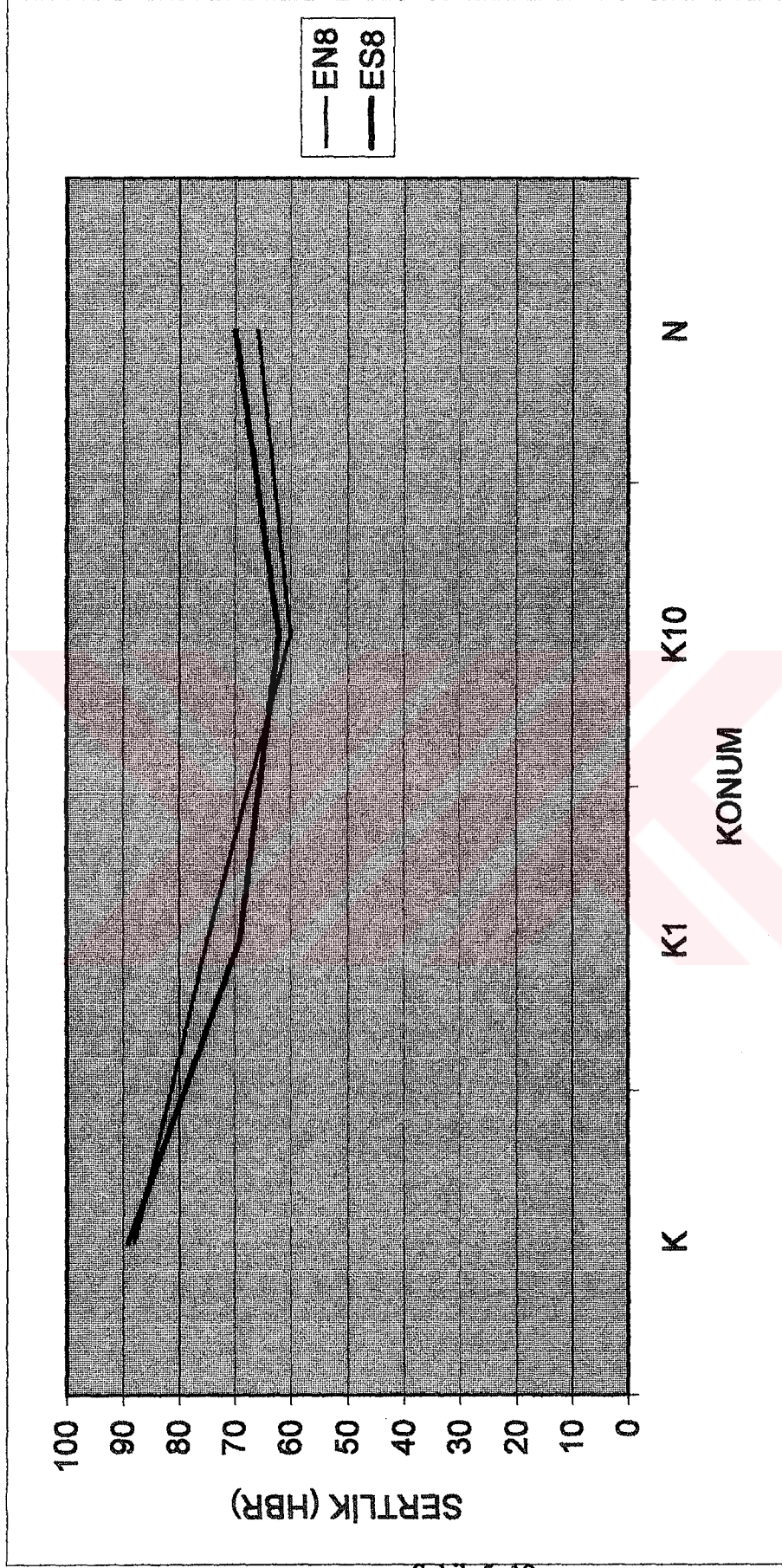
Şekil 5.16

# 5 mm SAÇTA ELEKTROD KAYNAĞI SERTLİK KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI



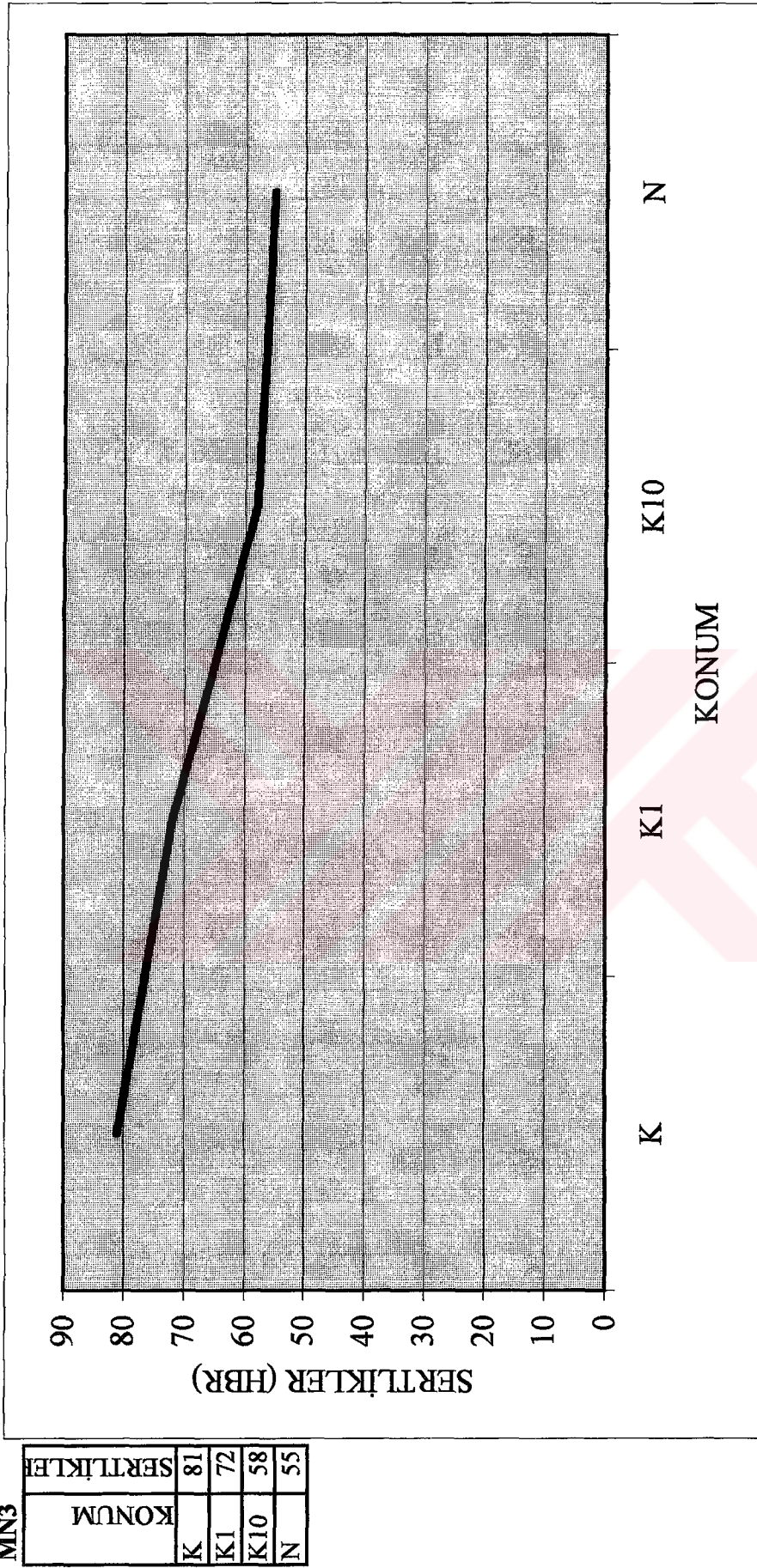
Şekil 5. 17

# 8 mm SAÇTA ELEKTROD KAYNAĞI SERTLİK KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ



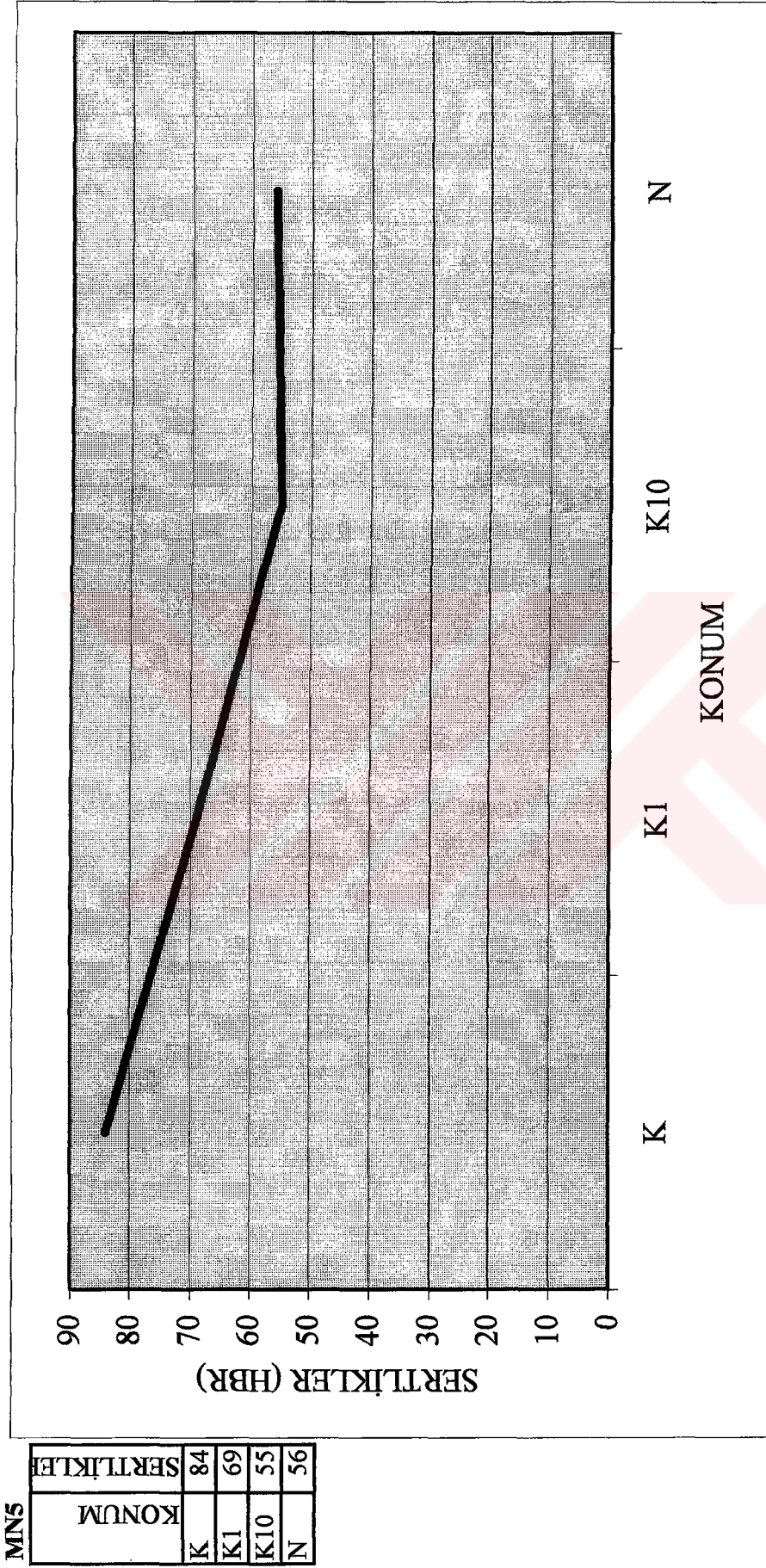
Şekil 5. 18

## MAG İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (3 mm SAC)



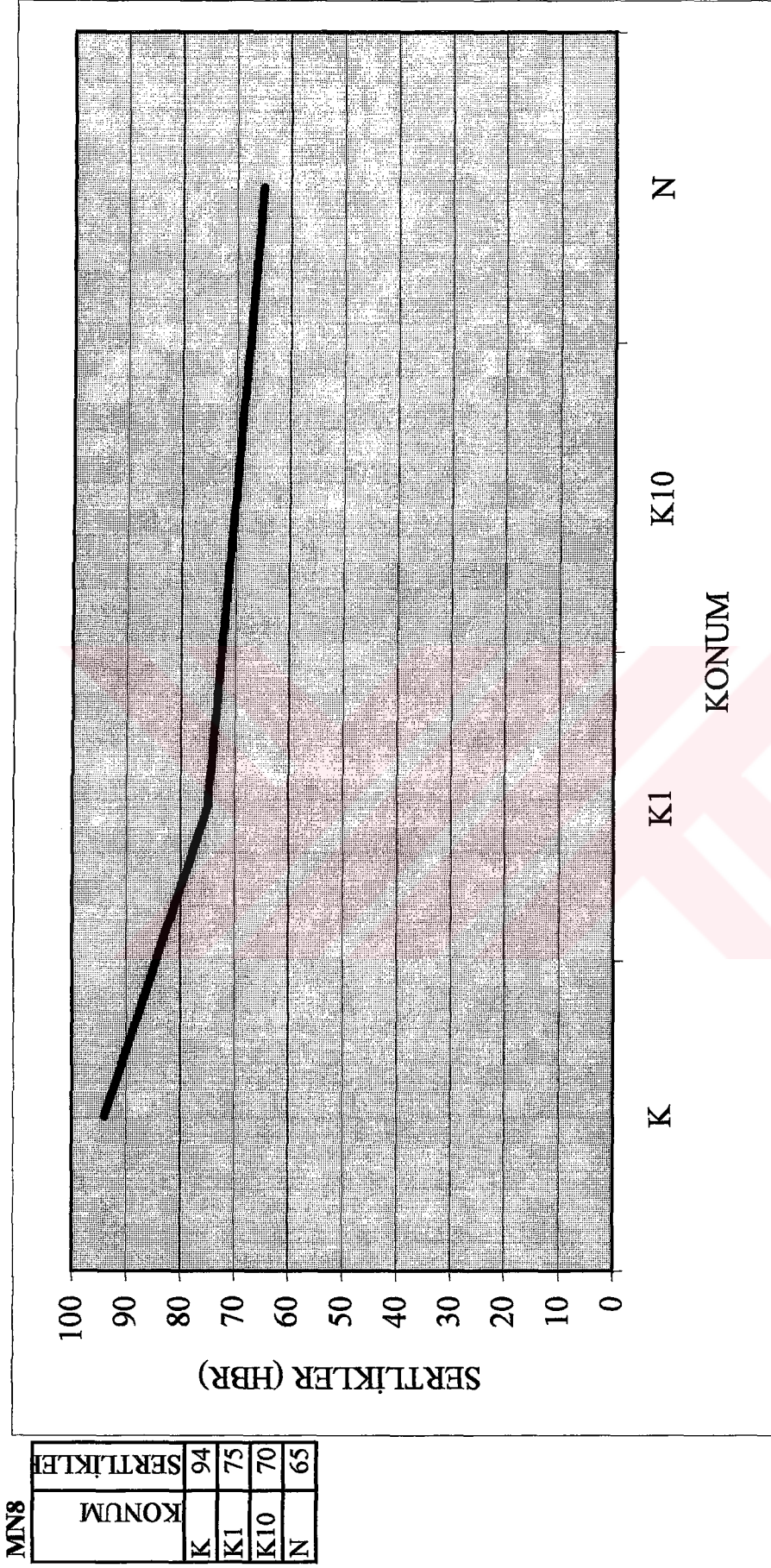
Şekil 5.19.

## MAG İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (5 mm SAC)



Şekil 5.20.

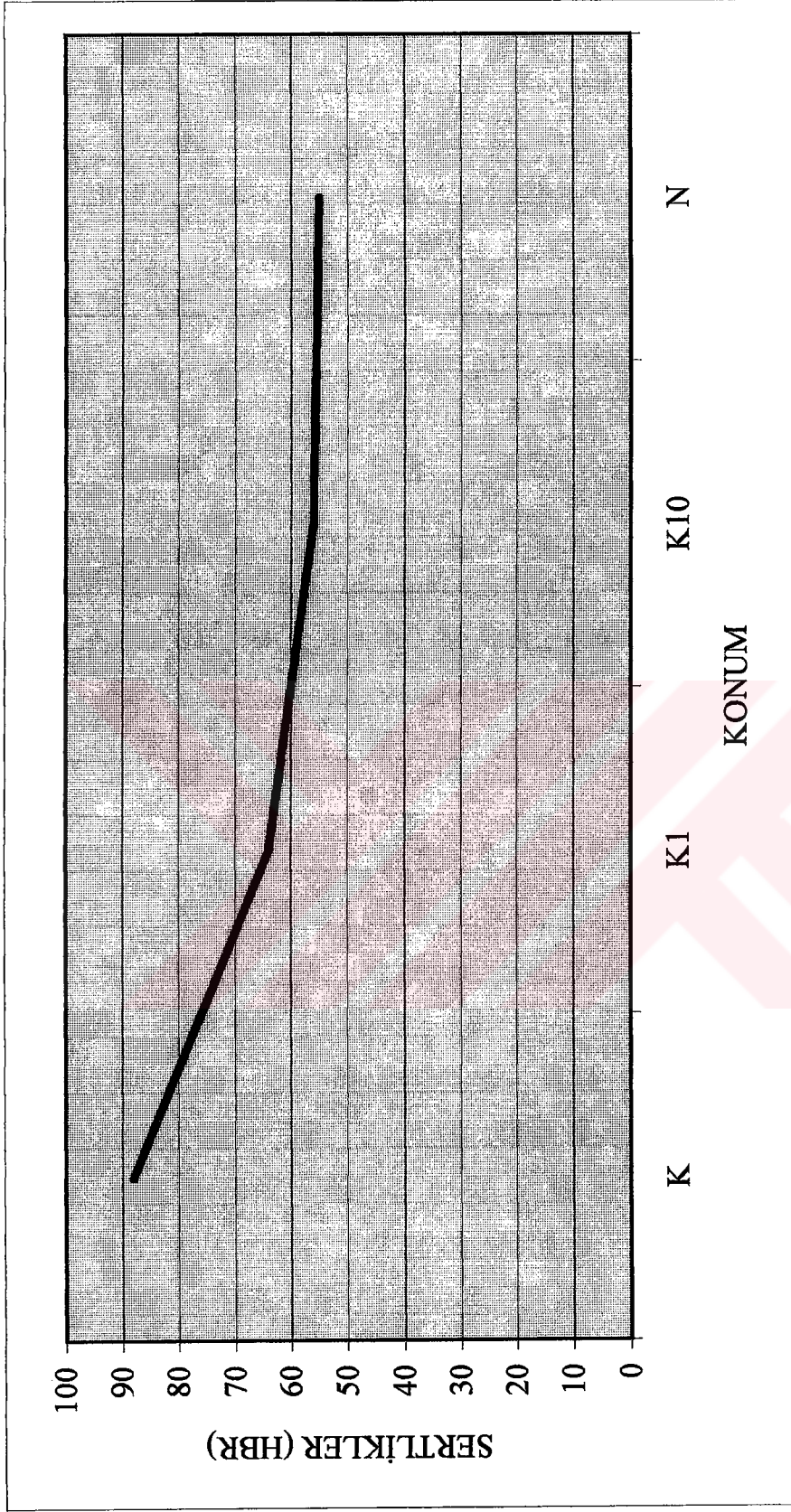
## MAG İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (8mm SAC)



Şekil 5.21.

## MAG İLE YAPILAN PULVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (3 mm SAC)

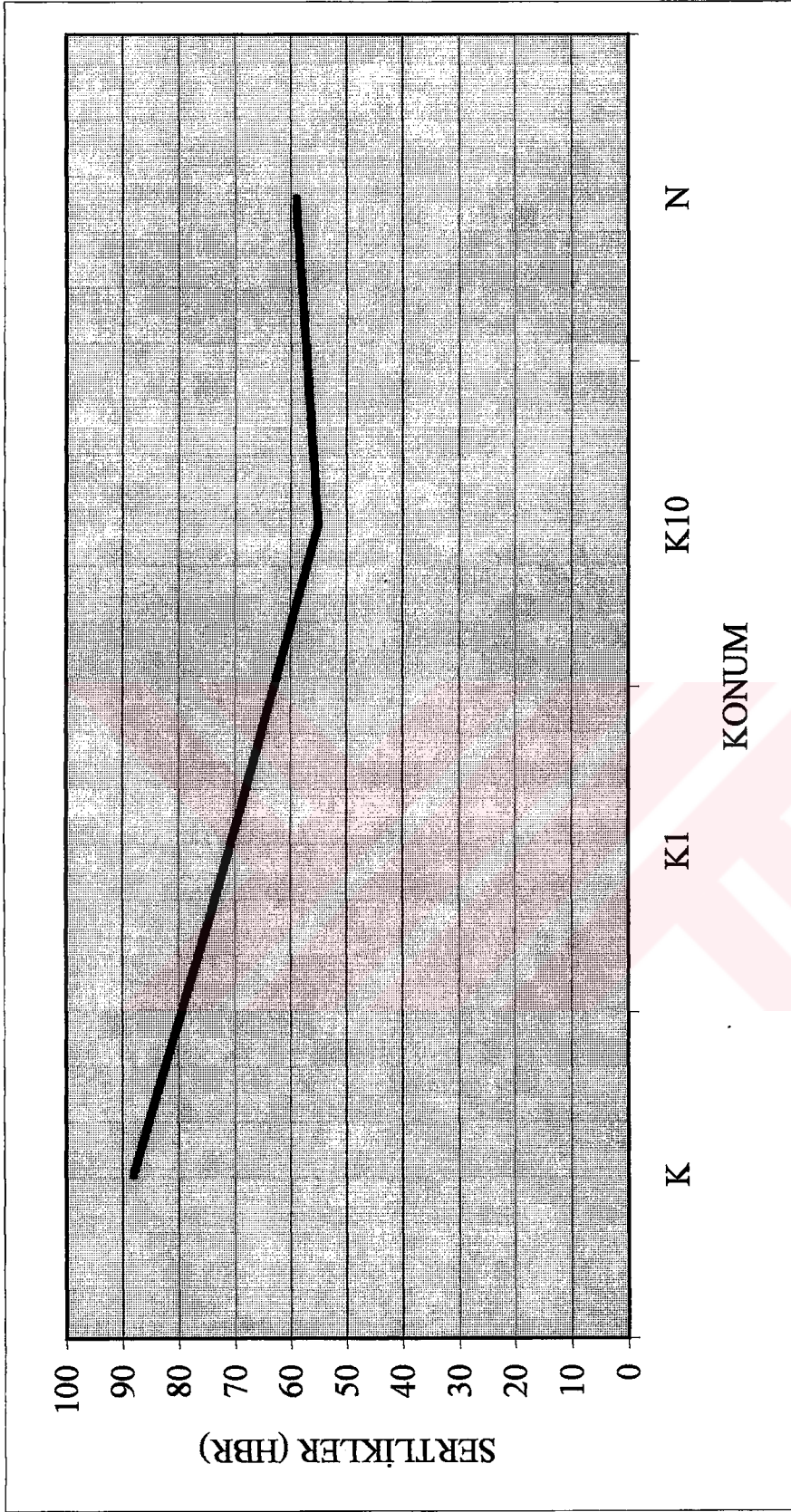
MS3	
KONUM	SERTLİKLER
K	88
K1	64
K10	56
N	55



Şekil 5.22.

## MAG İLE YAPILAN PULVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (5 mm SAC)

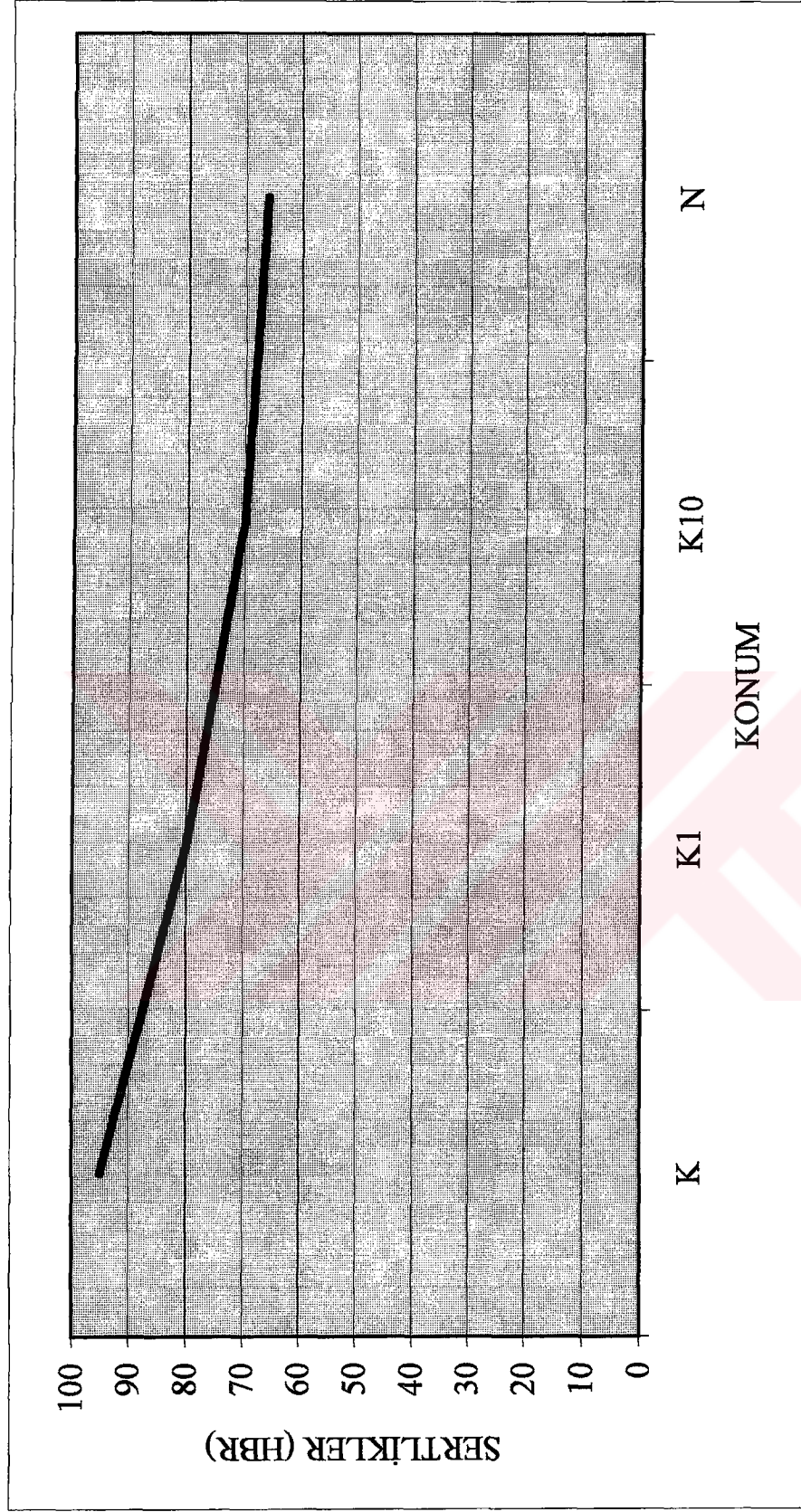
MSS	KONUM	SERTLİKLER
	K	88
	K1	71
	K10	55
	N	59



Şekil 5.23.

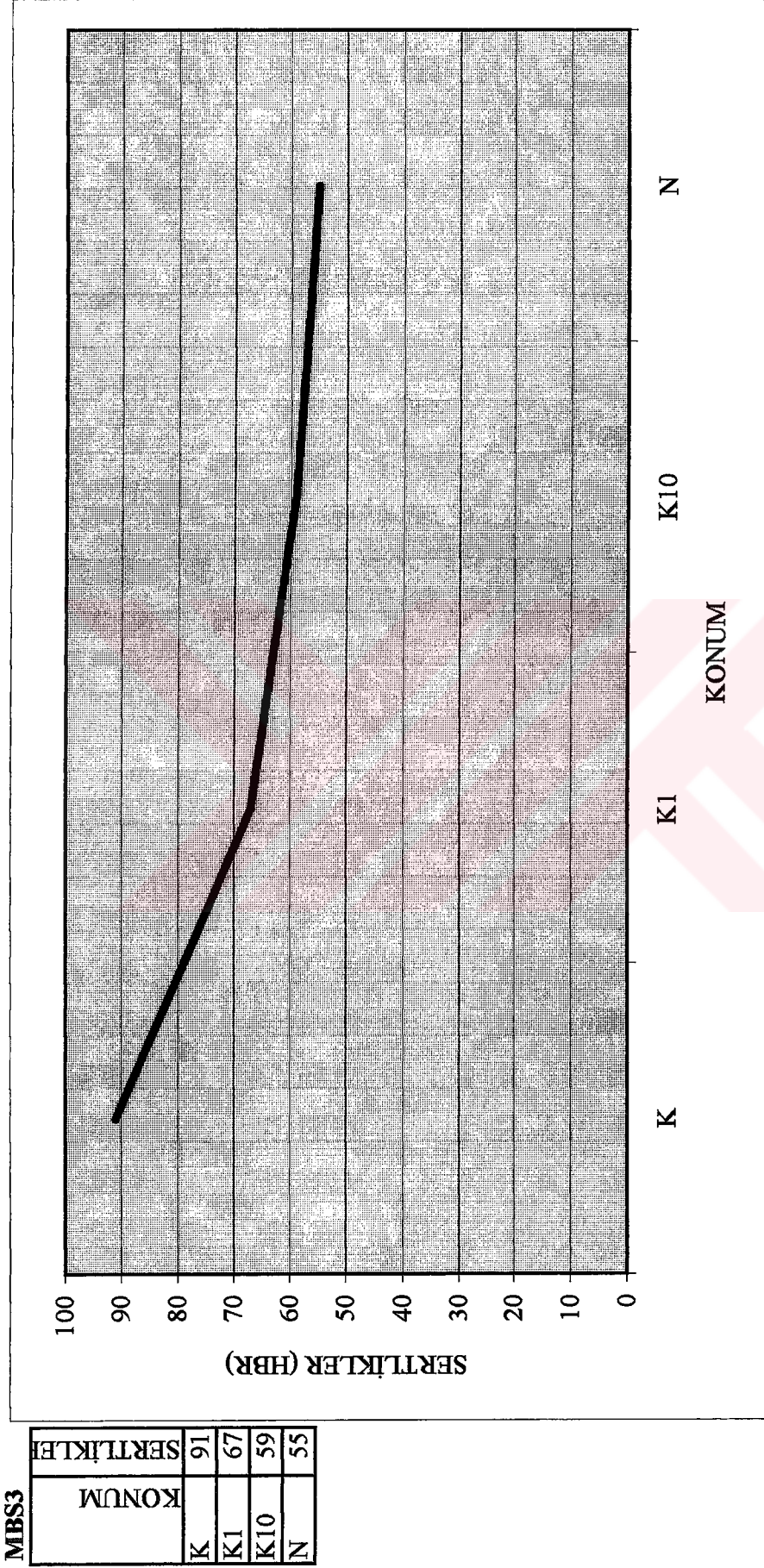
MAG İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (8mm SAC)

KONUM	SERTLİKLER
K	95
K1	80
K10	70
N	66



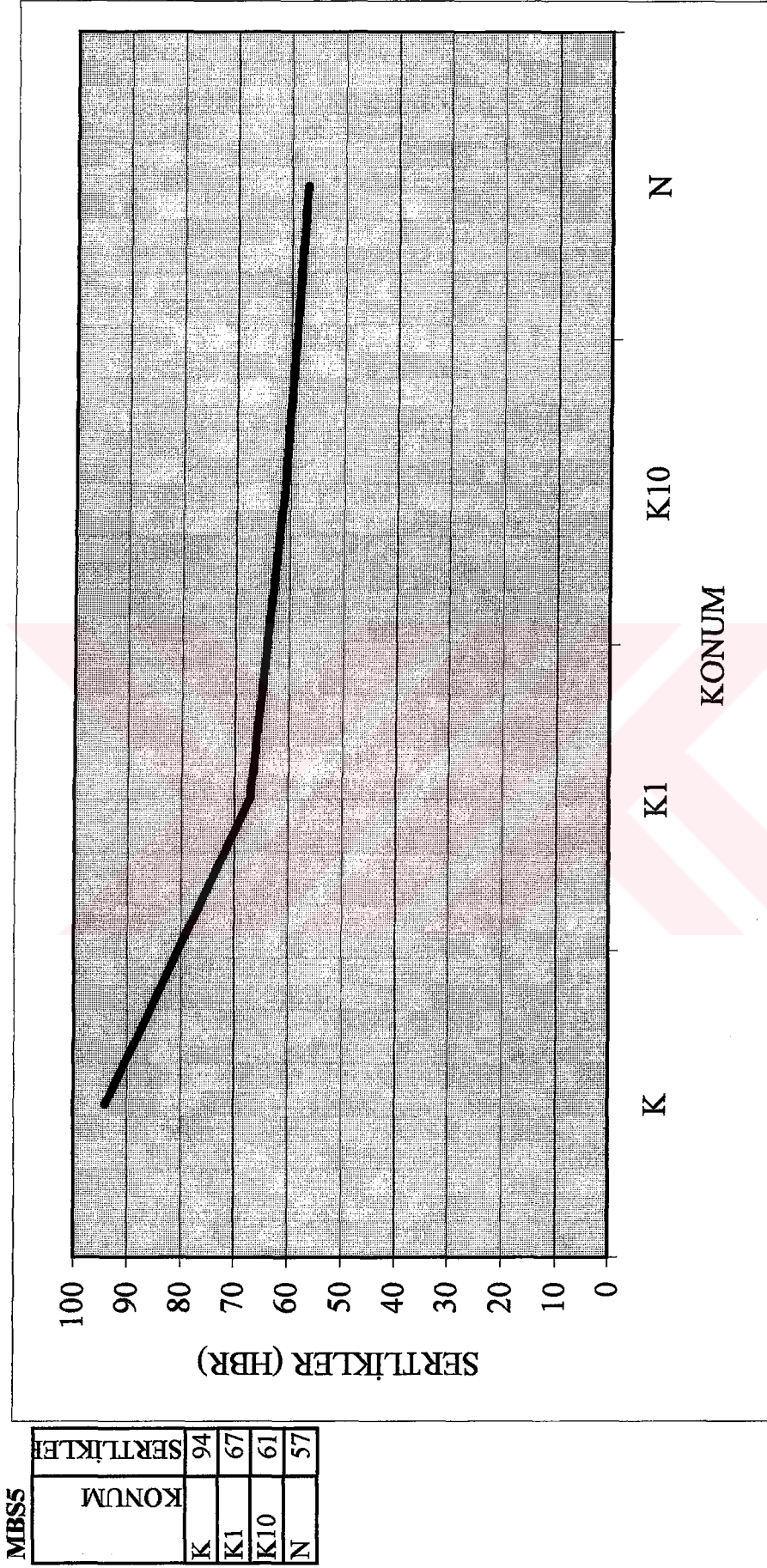
Şekil 5.24.

MAG İLE YAPILAN SABİT SU SOĞUTMALI (ISLAK BEZ YARDIMI İLE) KAYNAK (3mm SAC)



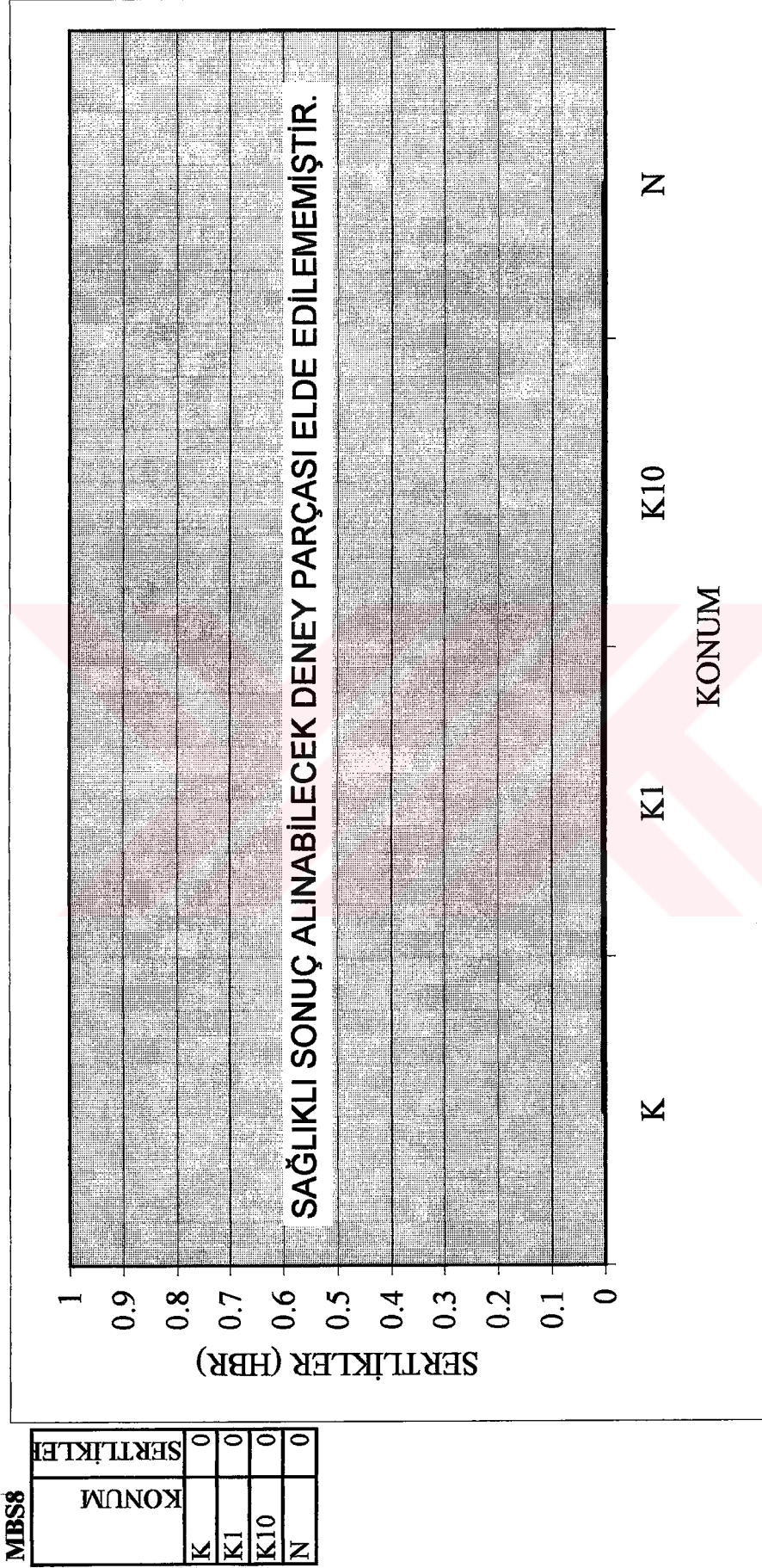
Şekil 5.25.

MAG İLE YAPILAN SABİT SU SOĞUTMALI (ISLAK BEZ YARDIMI İLE) KAYNAK (5mm SAC)



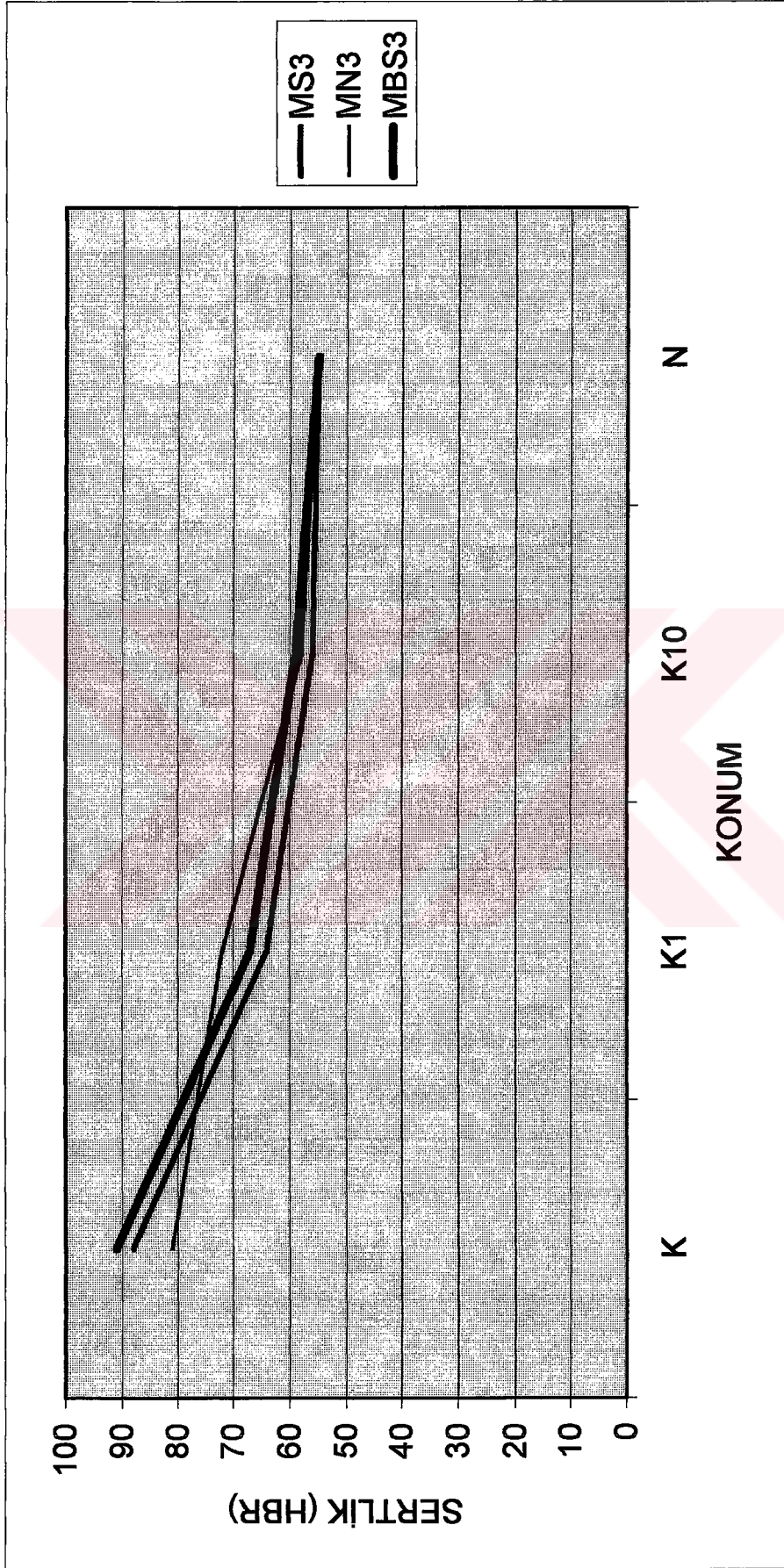
Şekil 5.26.

MAG İLE YAPILAN SABİT SU SOĞUTMALI (ISLAK BEZ YARDIMI İLE) KAYNAK (8mm SAC)



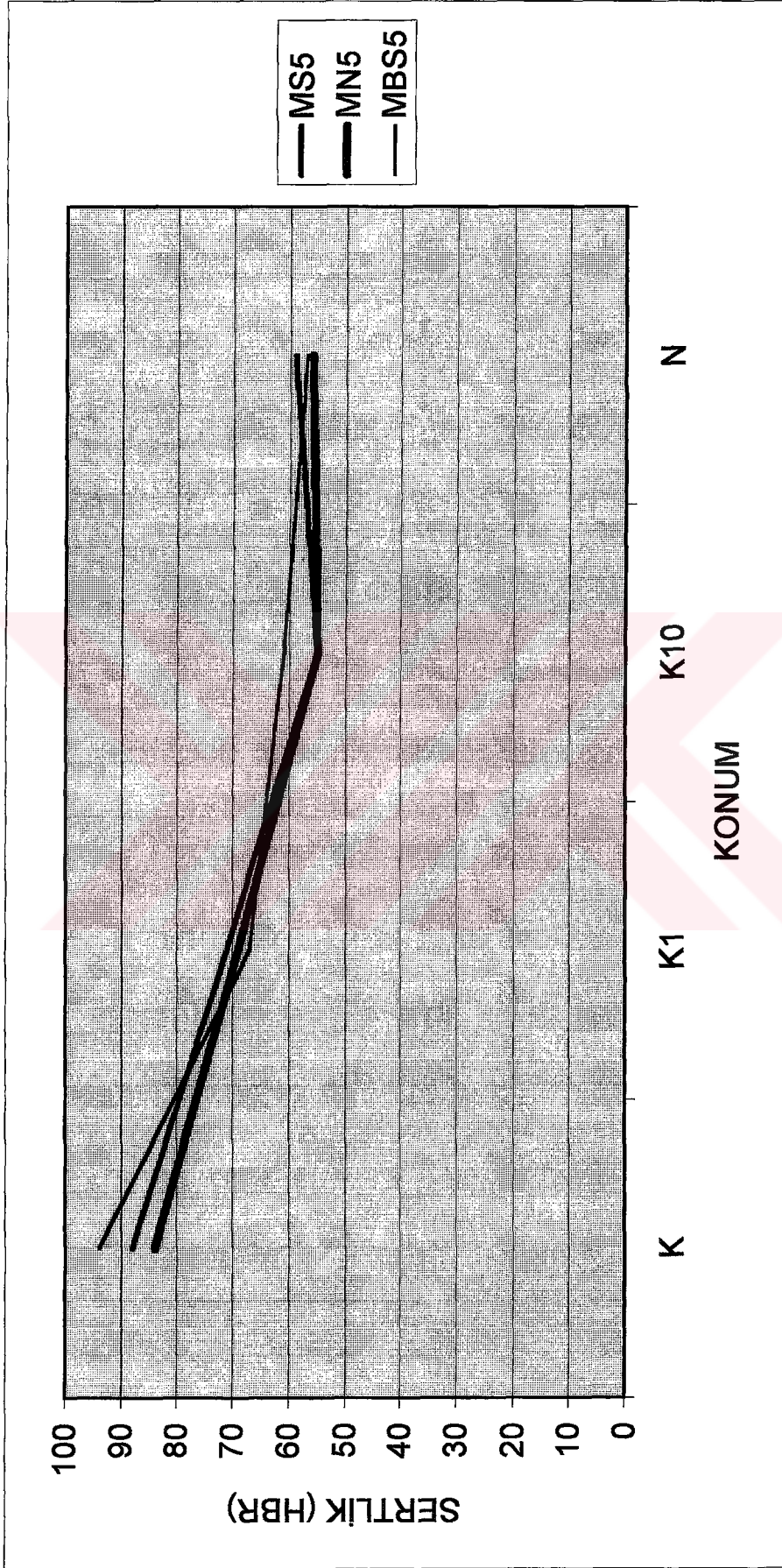
Şekil 5.27.

3 mm SAÇTA MAG KAYNAĞI SERTLİK KARSILASTIRMA TABLOSU



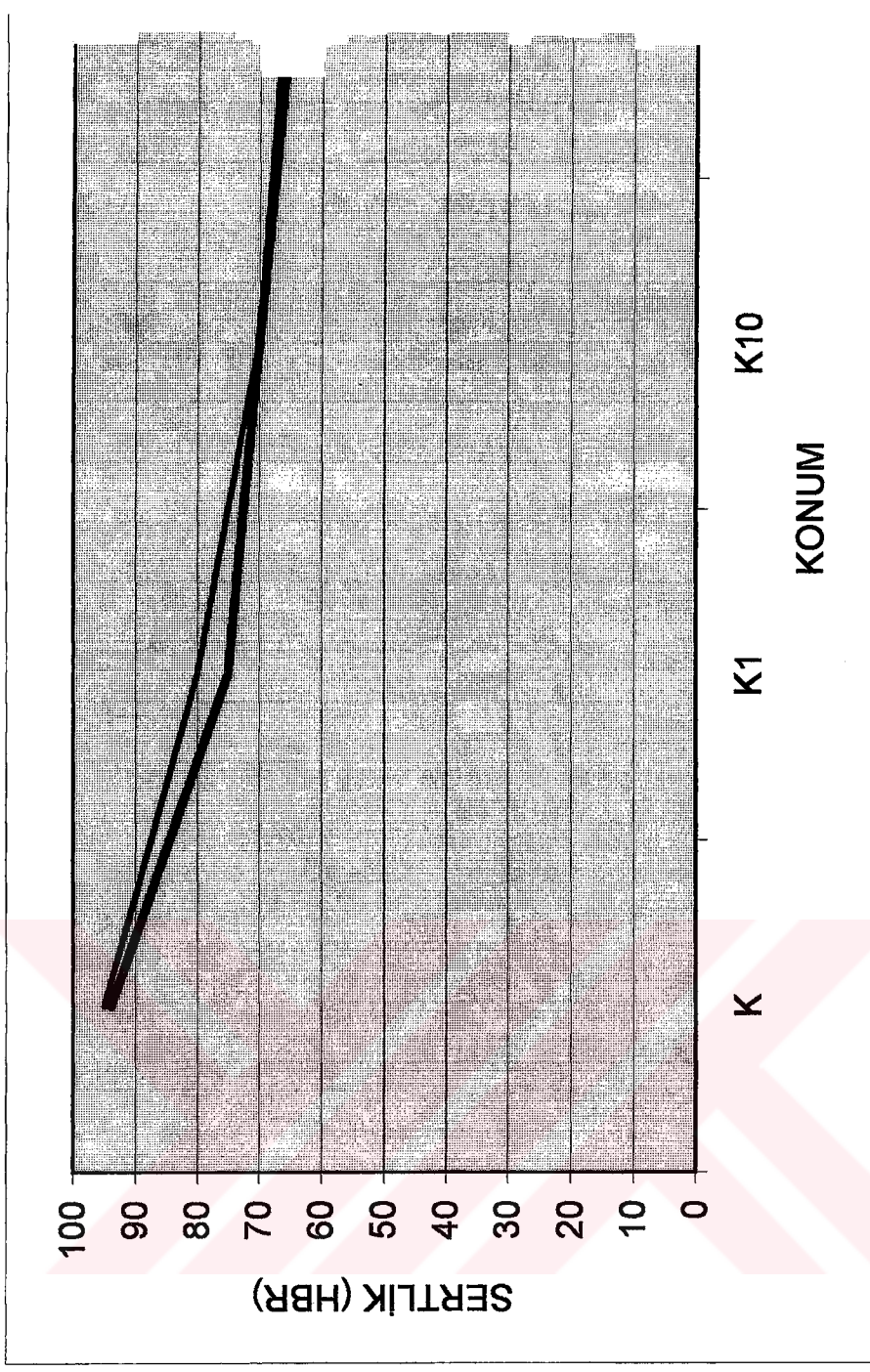
Şekil 5.28.

5 mm SAÇTA MAG KAYNAĞI SERTLİK KARSILASTIRMA TABLOSU



Şekil 5.29.

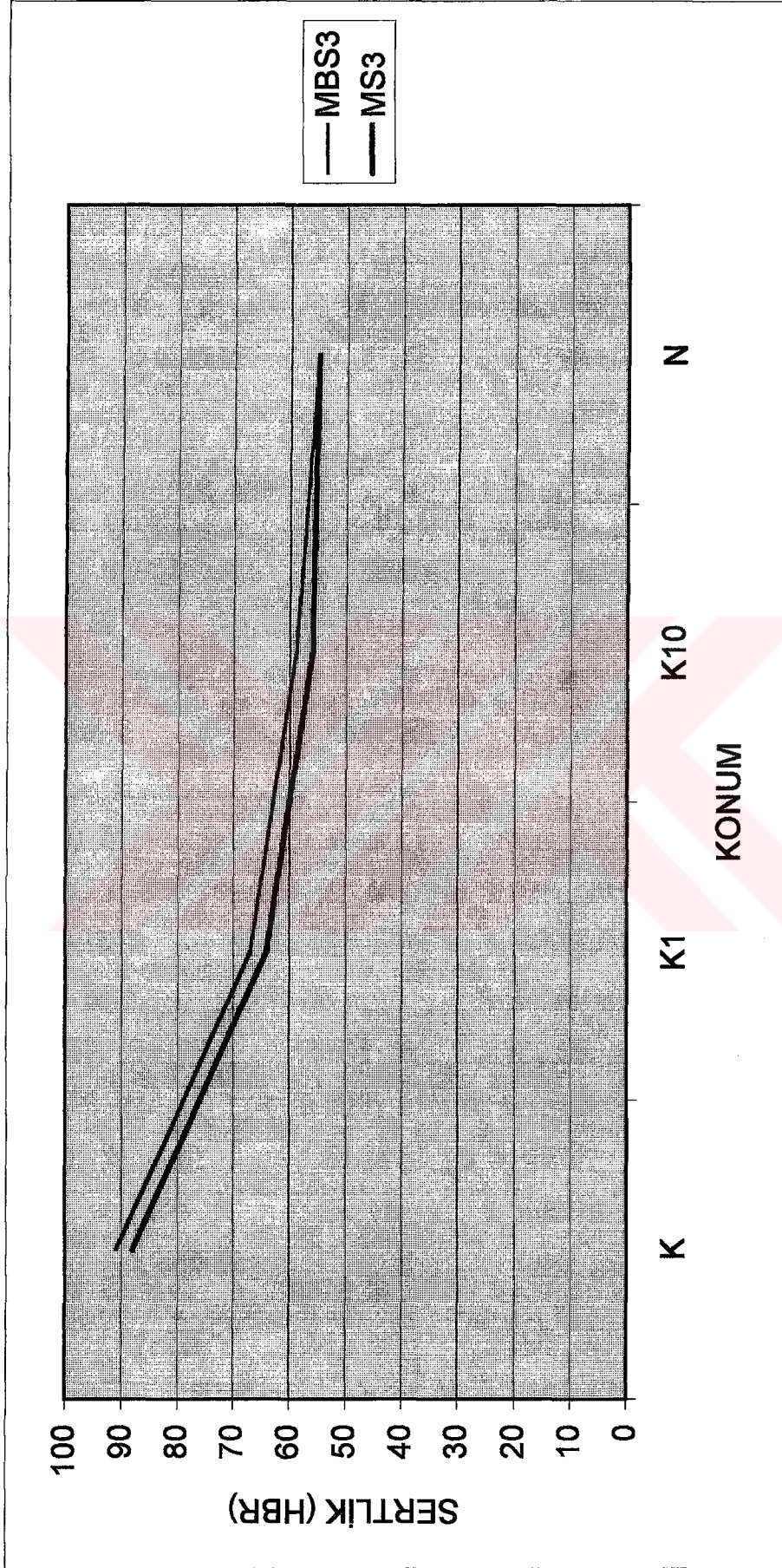
8 mm SAÇTA MAG KAYNAĞI SERTLİK KARSILASTIRMA TAB



Şekil 5.30.

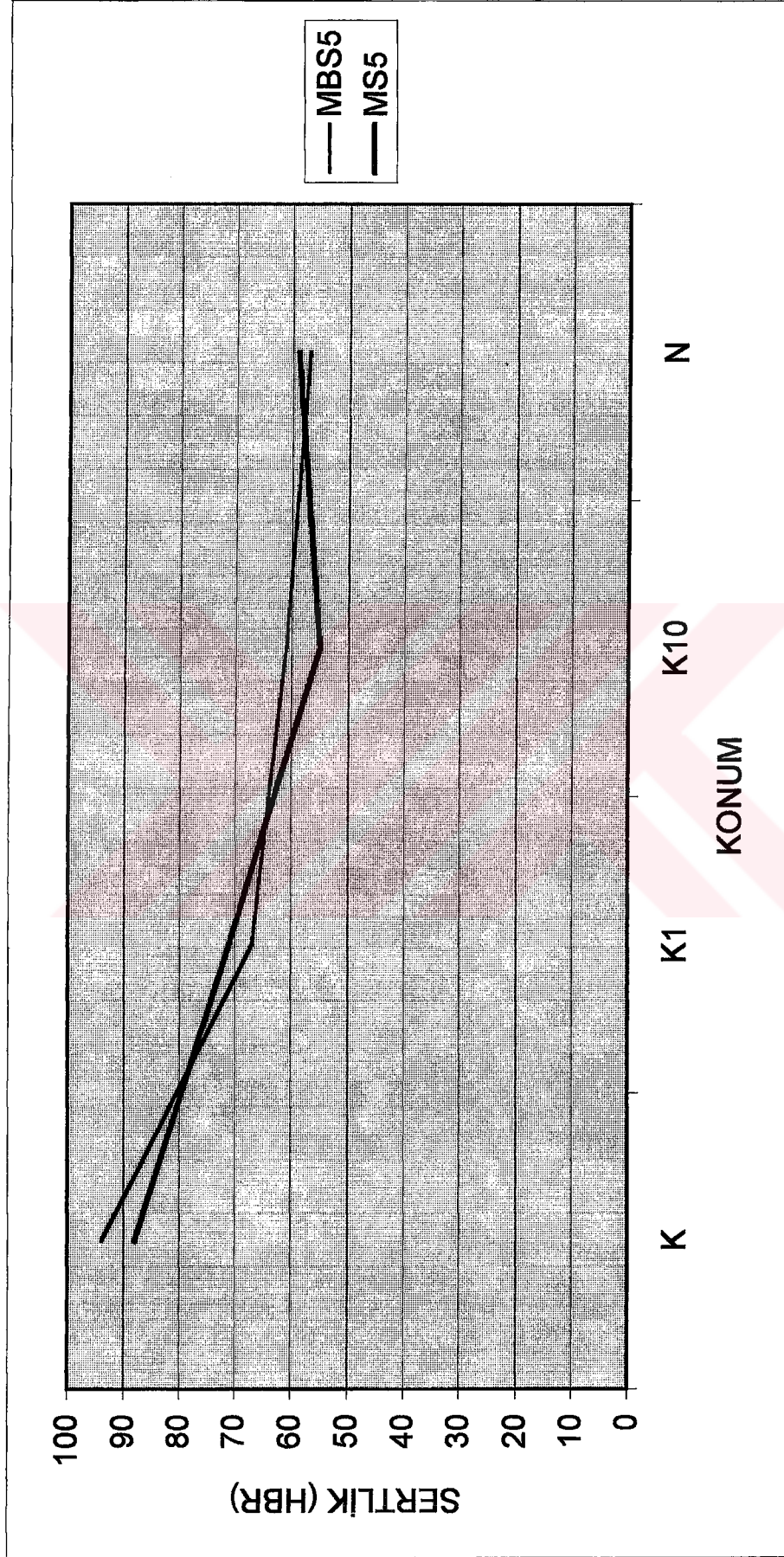
3 mm SAÇ MAG KAYNAĞINDA SU SOĞUTMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI

66



Şekil 5.31.

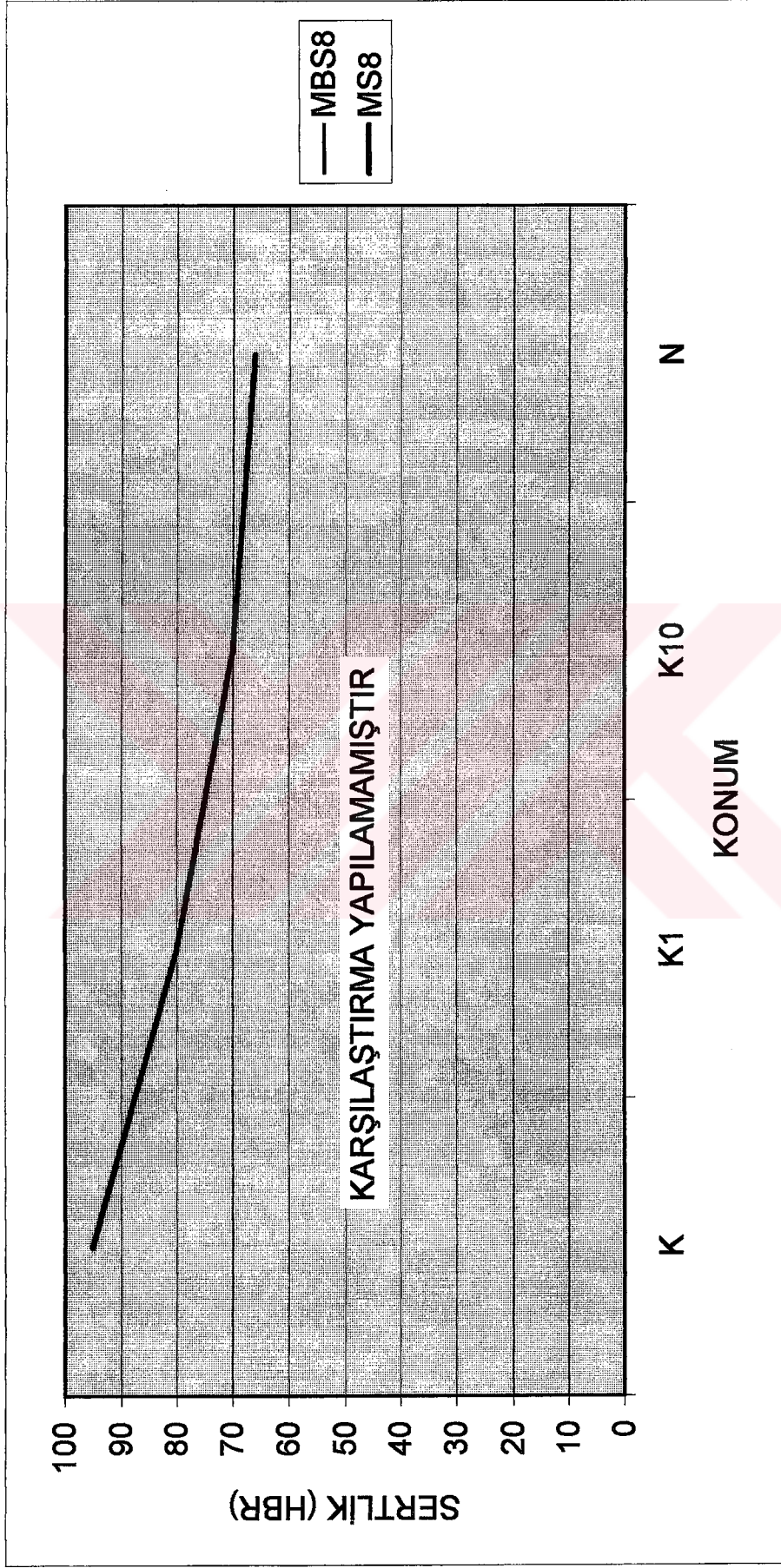
5 mm SAÇ MIG KAYNAĞINDA SU SOĞUTMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI



Şekil 5.32.

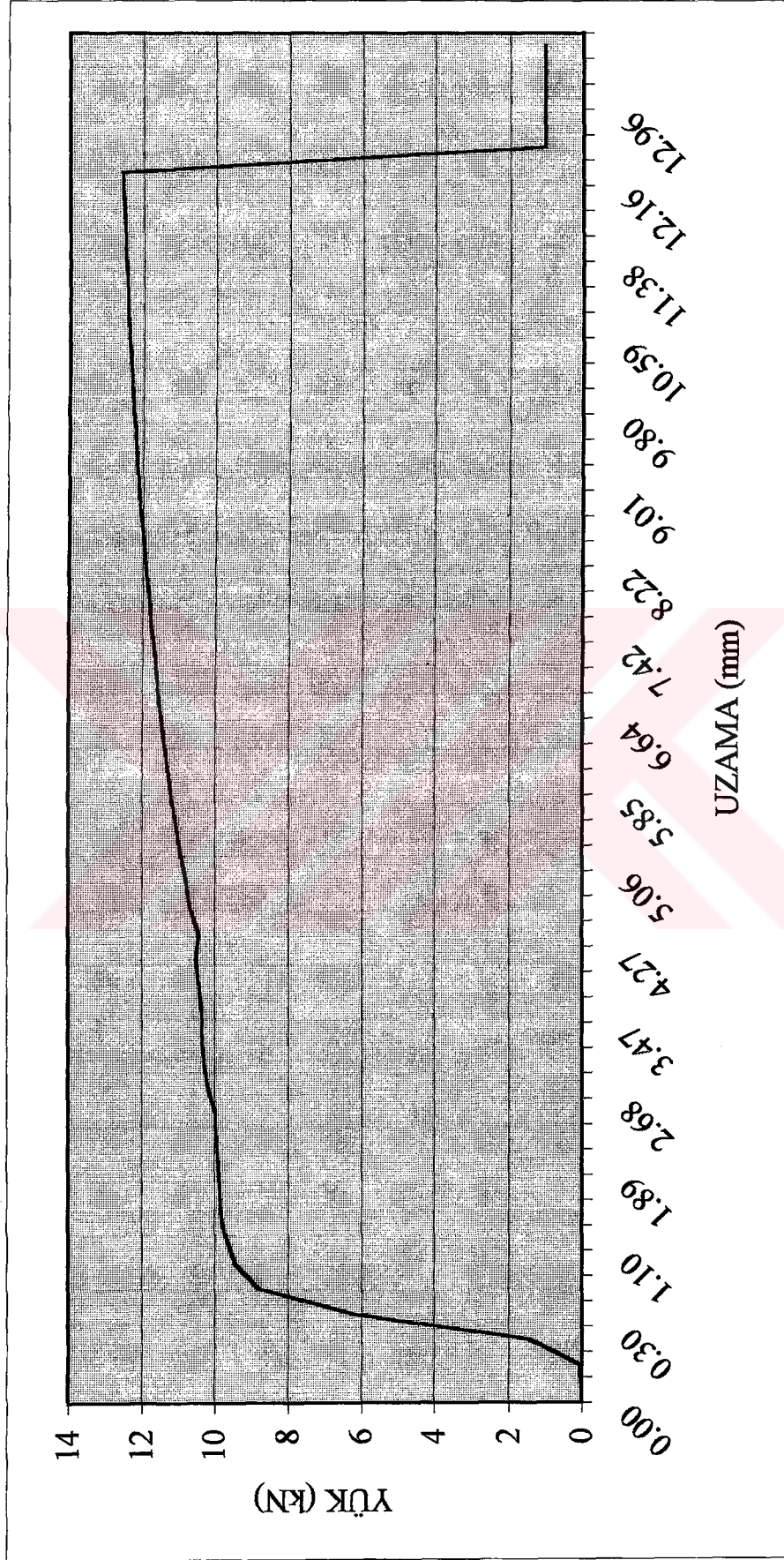
8 mm SAÇ MAG KAYNAĞINDA SU SOĞUTMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMA GRAFIĞI

68



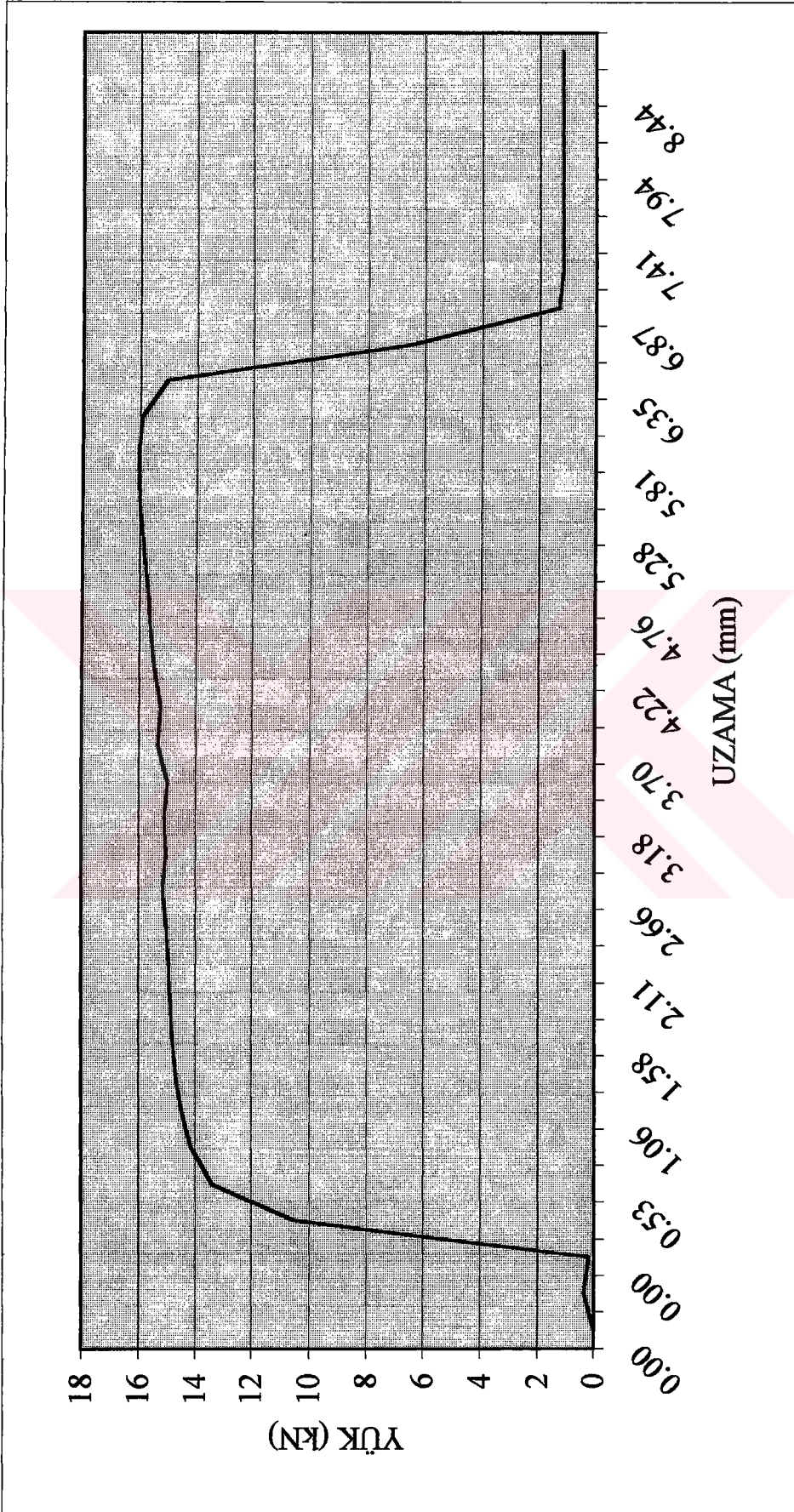
Şekil 5.33.

## ELEKTROD İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (3 mm SAC)



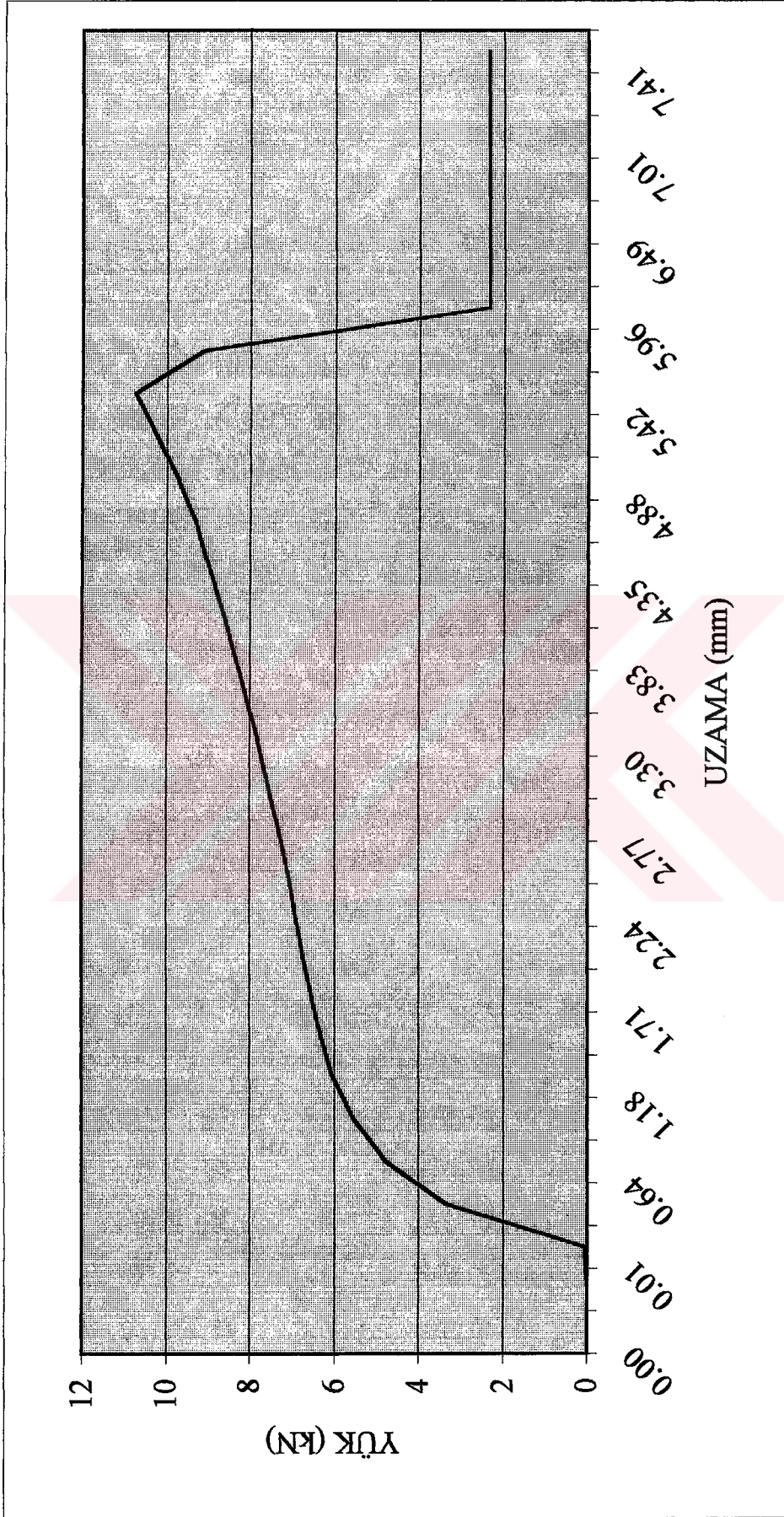
Şekil 5.34.

## ELEKTROD İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (5 mm SAC)



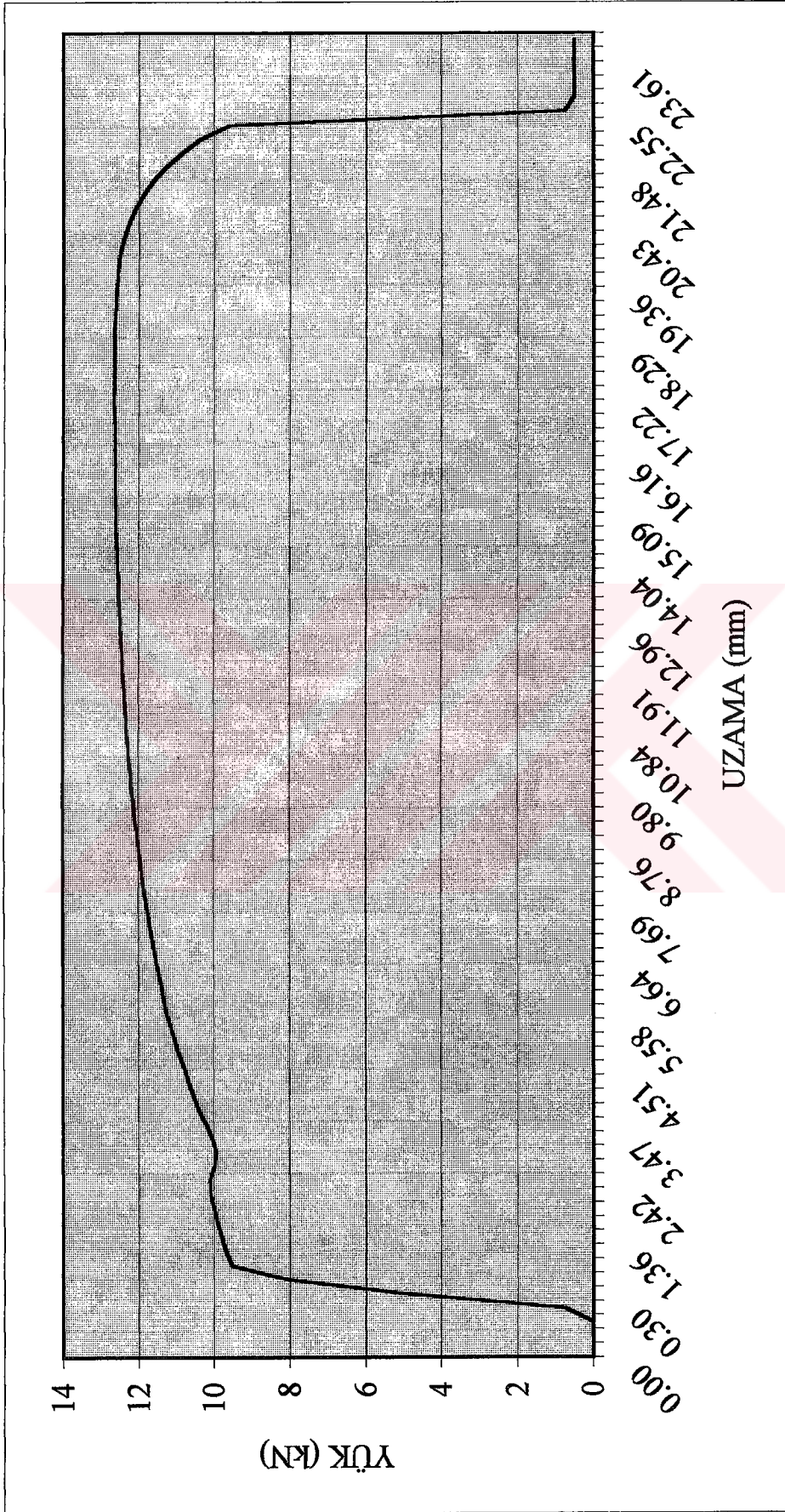
Şekil 5.35.

## ELEKTROD İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (8 mm SAC)



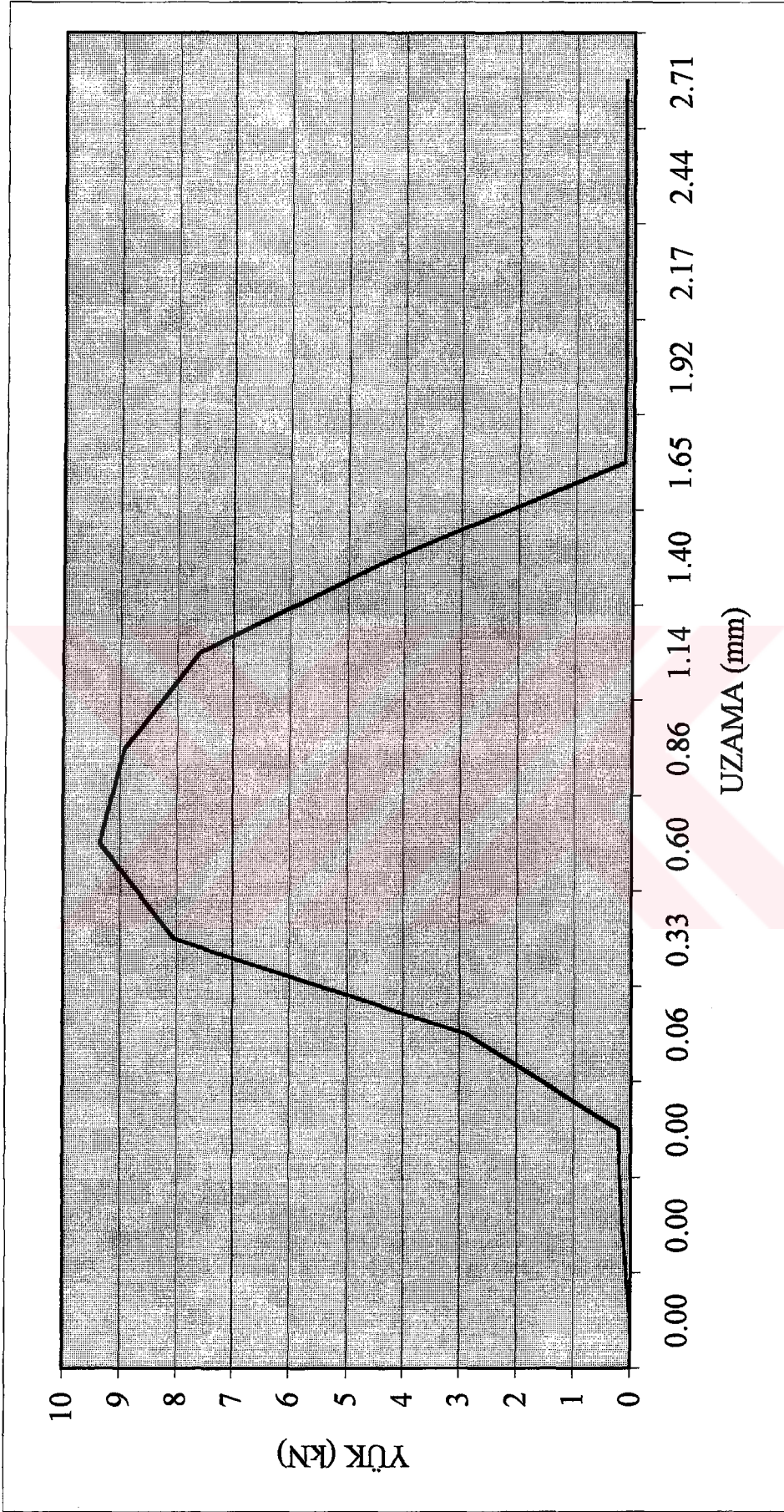
Şekil 5.36.

ELEKTROD İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (3 mm SAC)



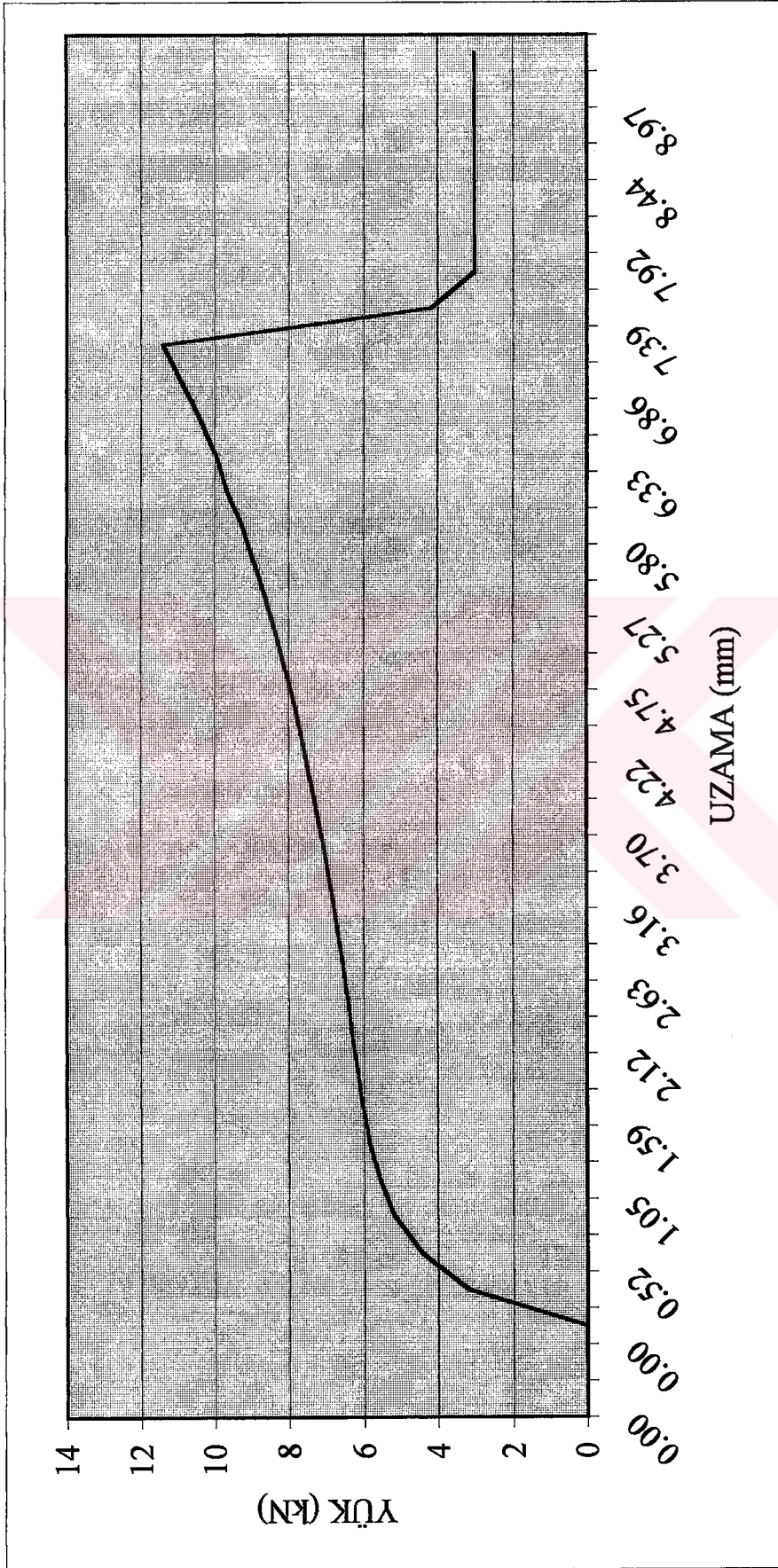
Şekil 5.37.

## ELEKTRODLA YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (5 mm SAC)



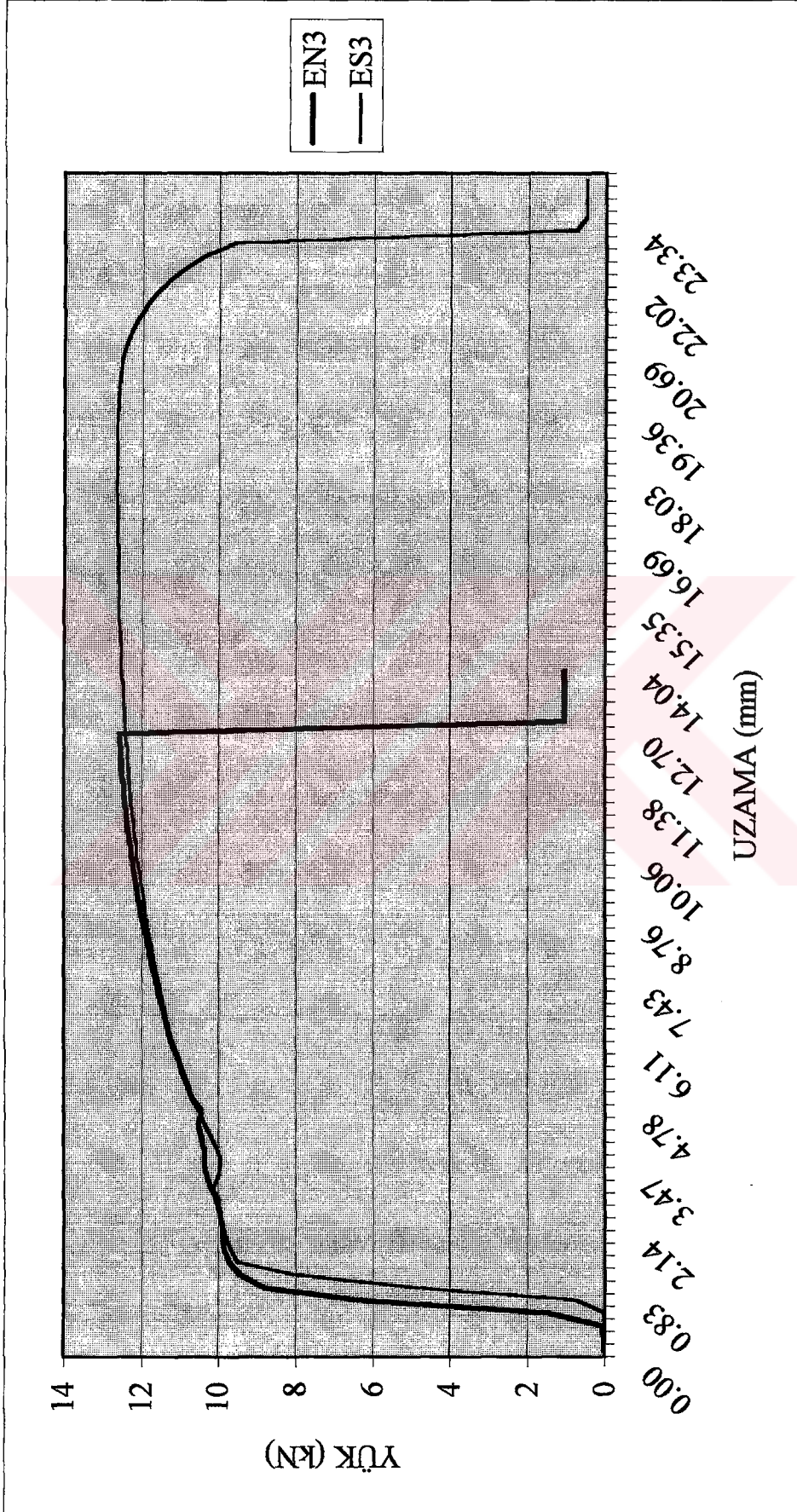
Şekil 5.38.

ELEKTROD İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (8 mm SAC)



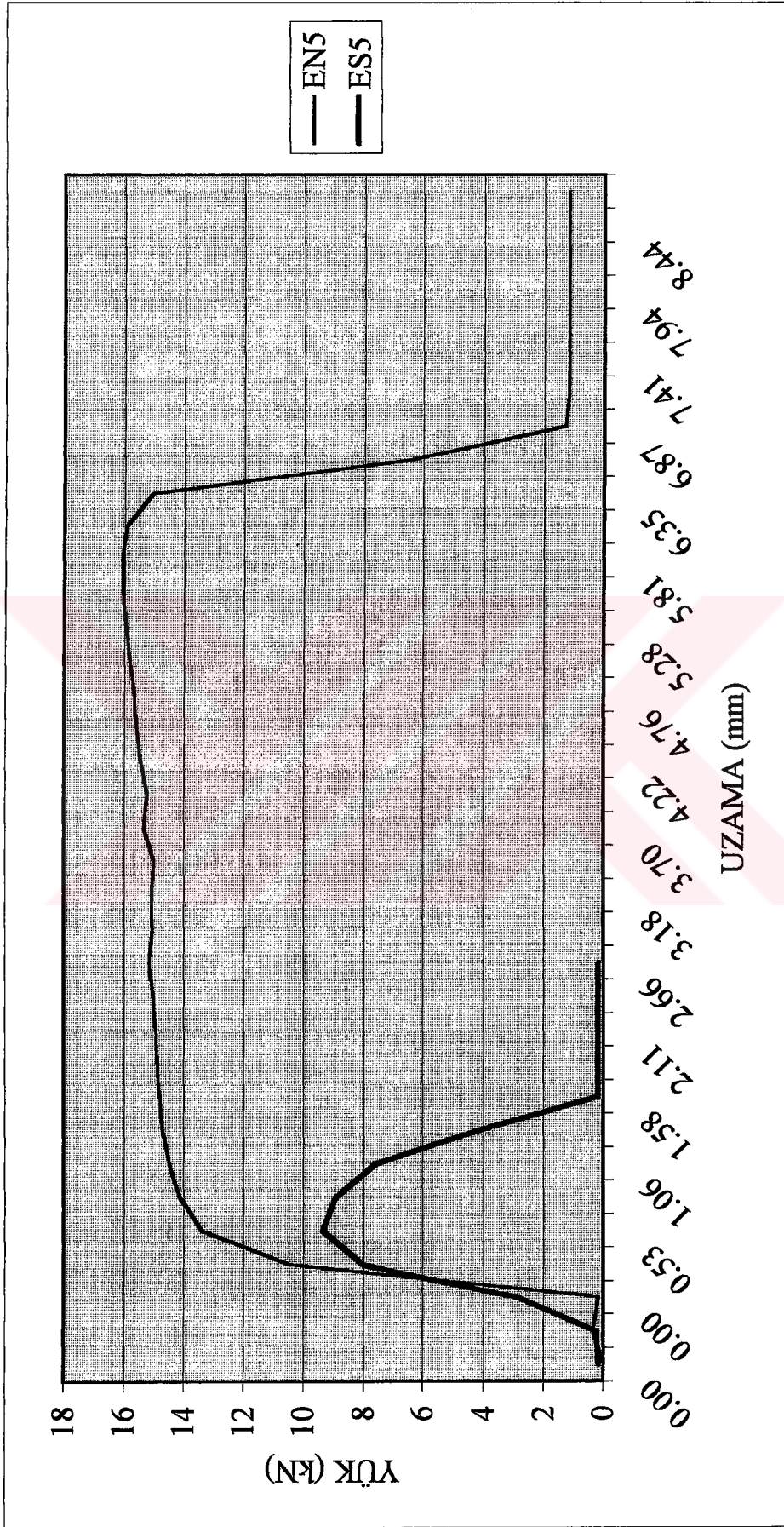
Şekil 5.39. T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

## ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAĞIN KOPMA EĞRİSİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (3 mm SAC)



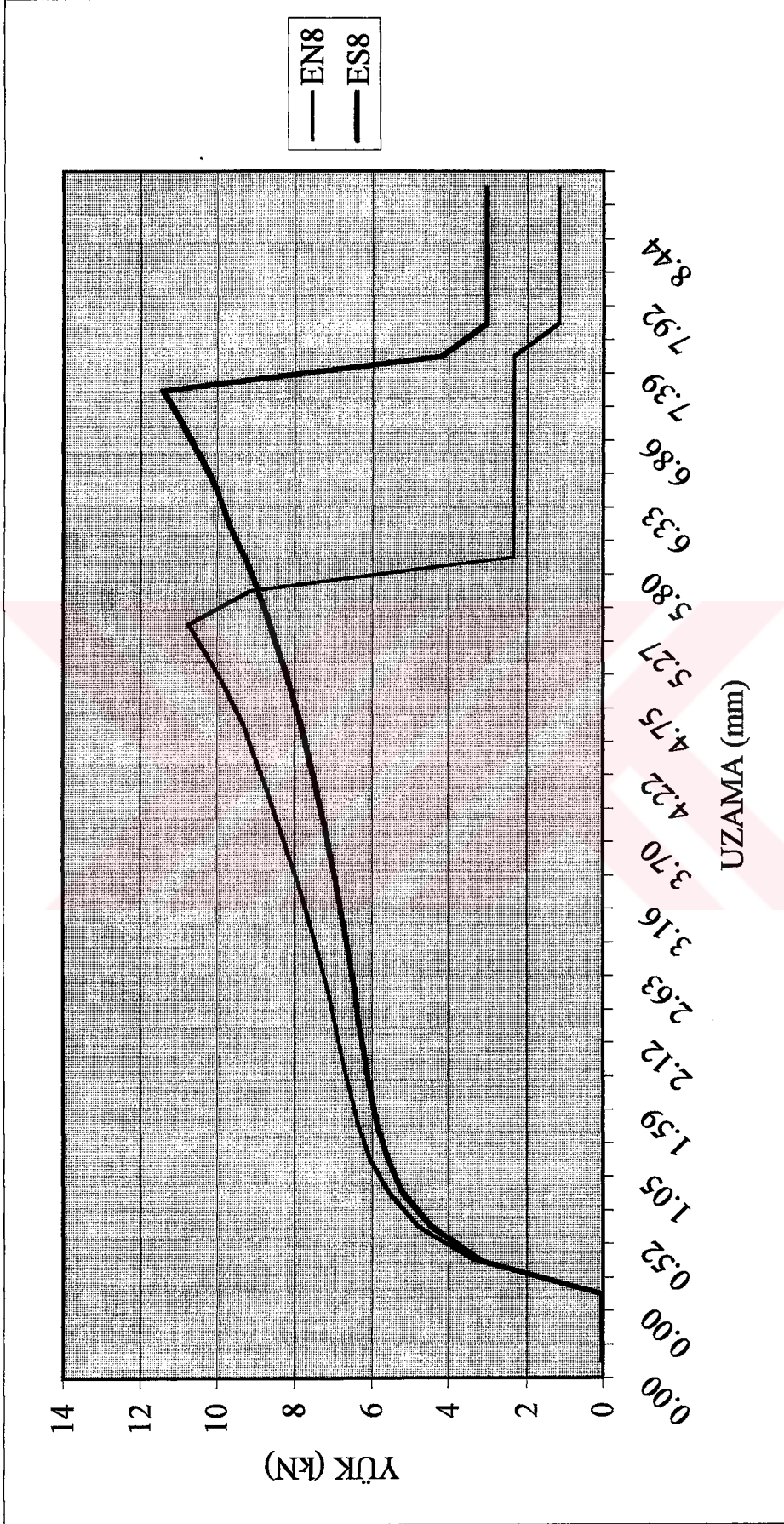
Şekil 5.40.

ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (5 mm SAC)



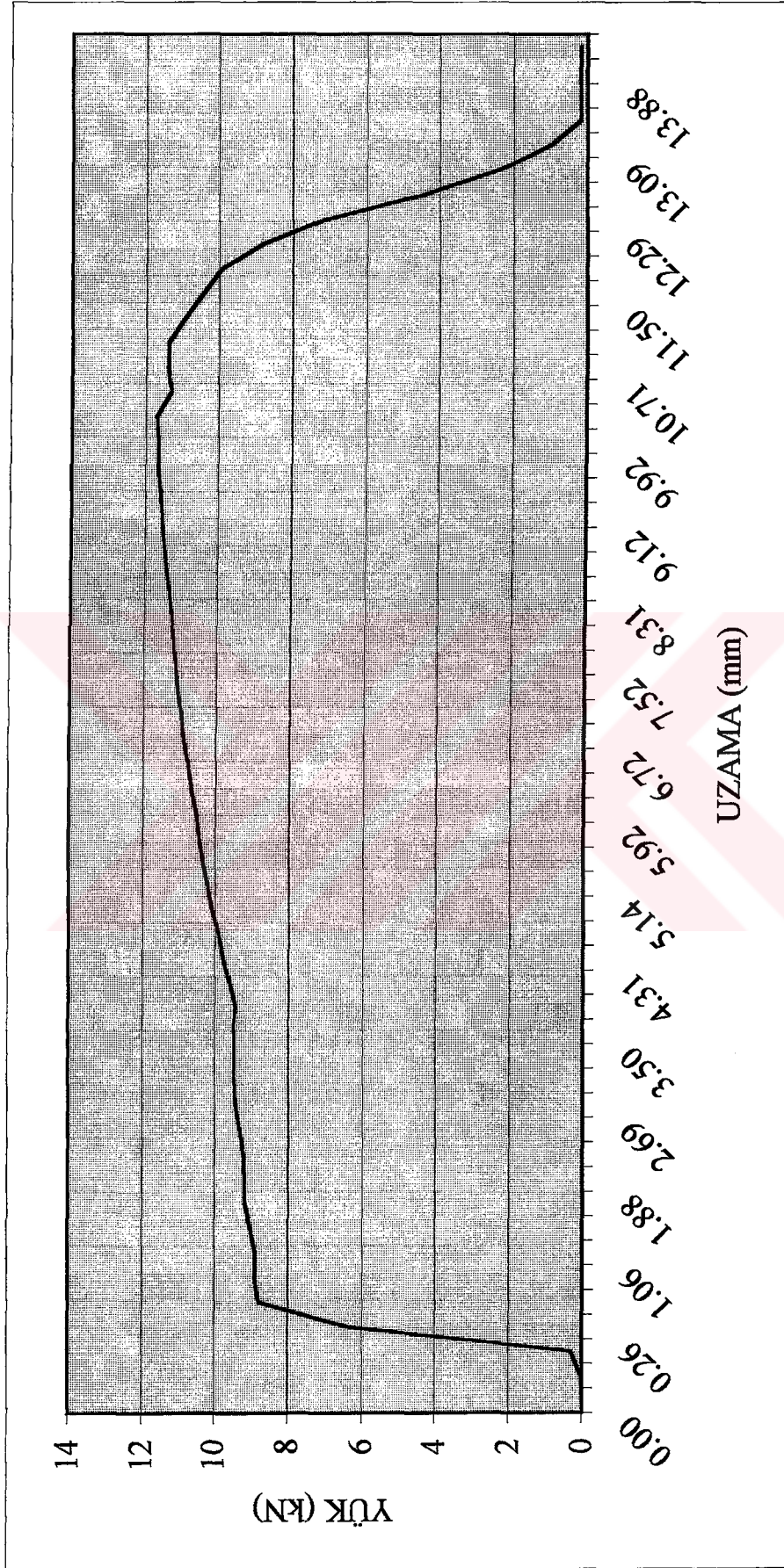
Şekil 5.41.

ELEKTROD İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (8 mm SAC)



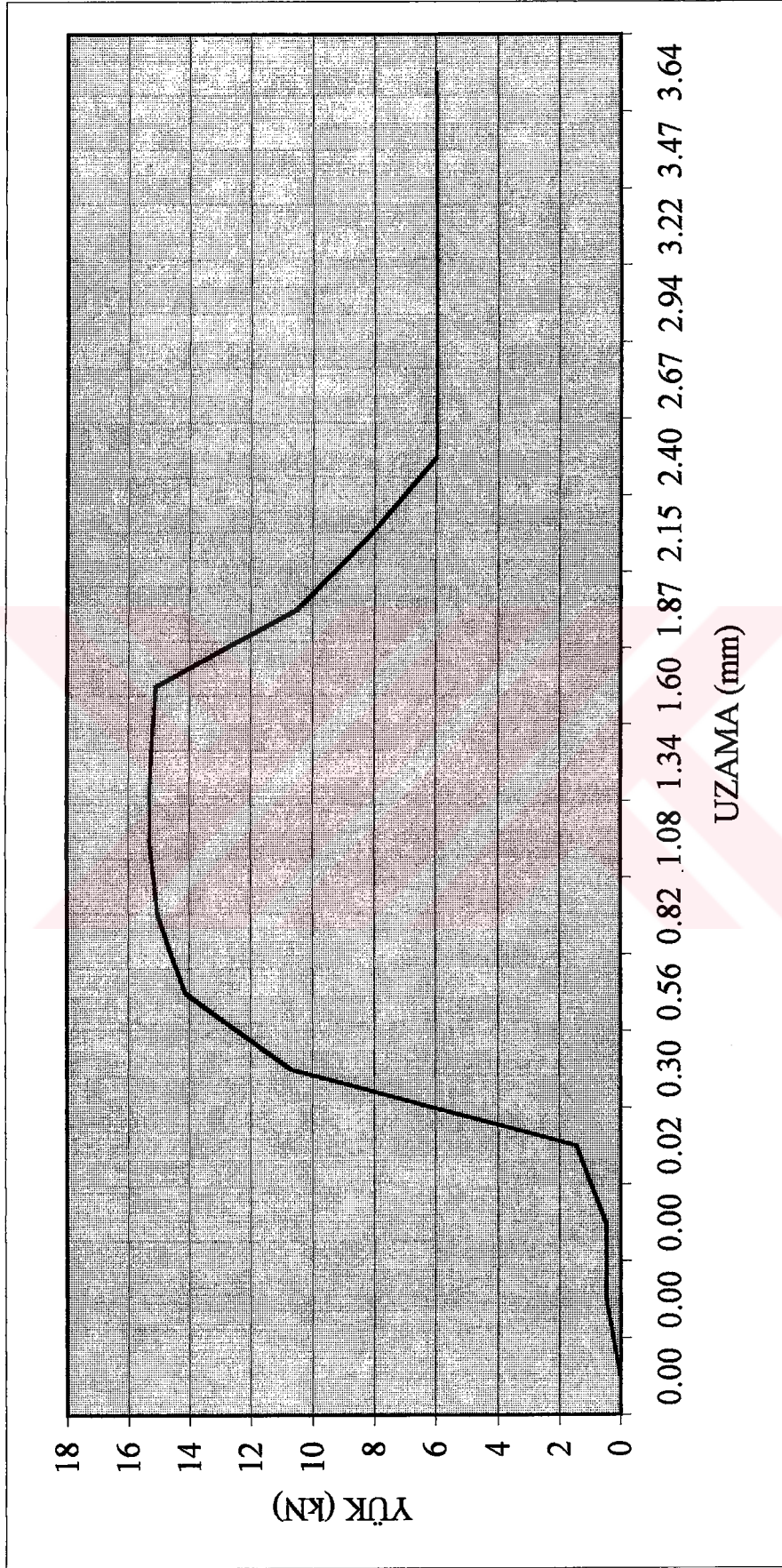
Şekil 5.42.

## MAG İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (3 mm SAC)



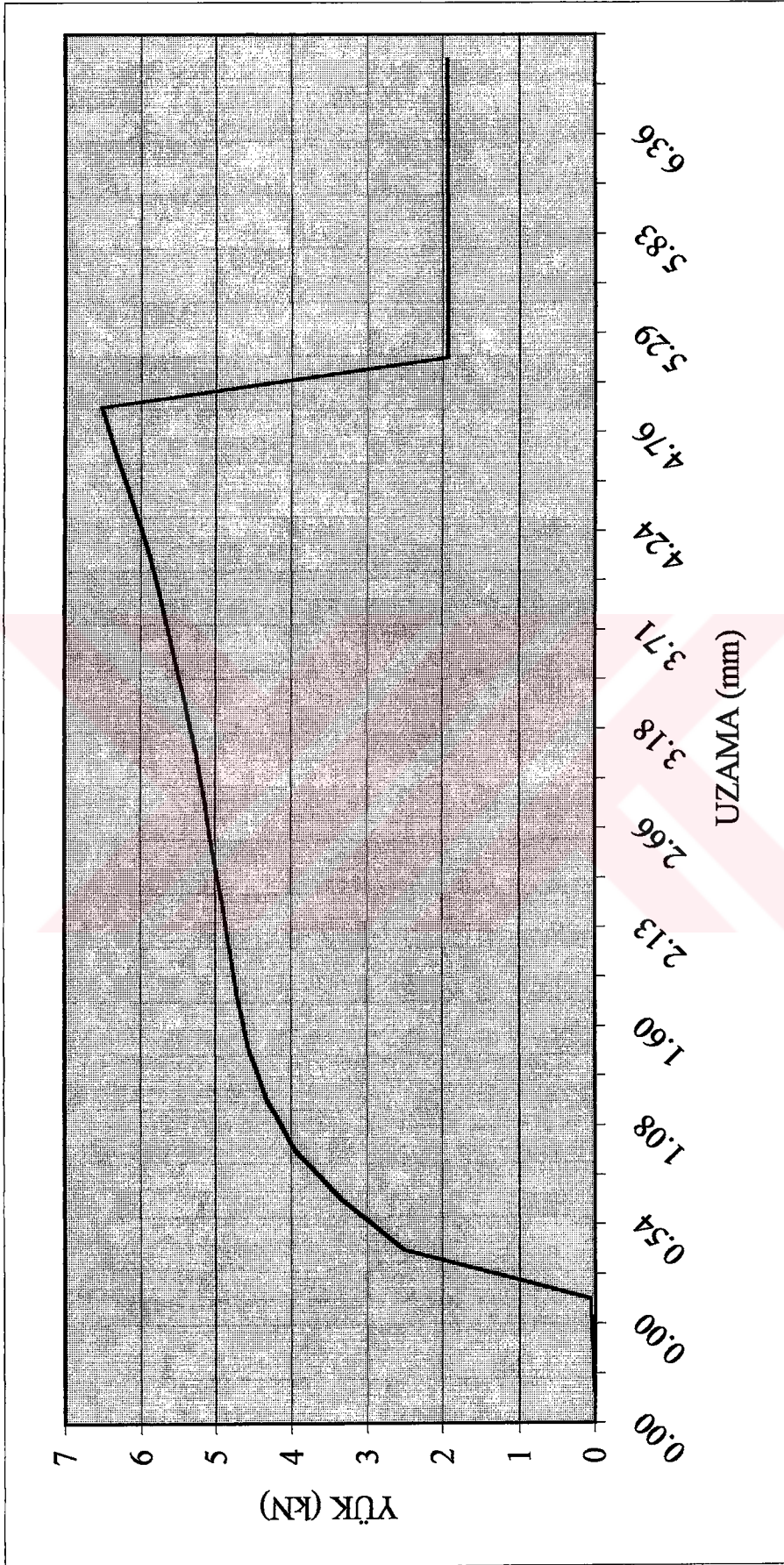
Şekil 5.43.

## MAG İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (5 mm SAC)



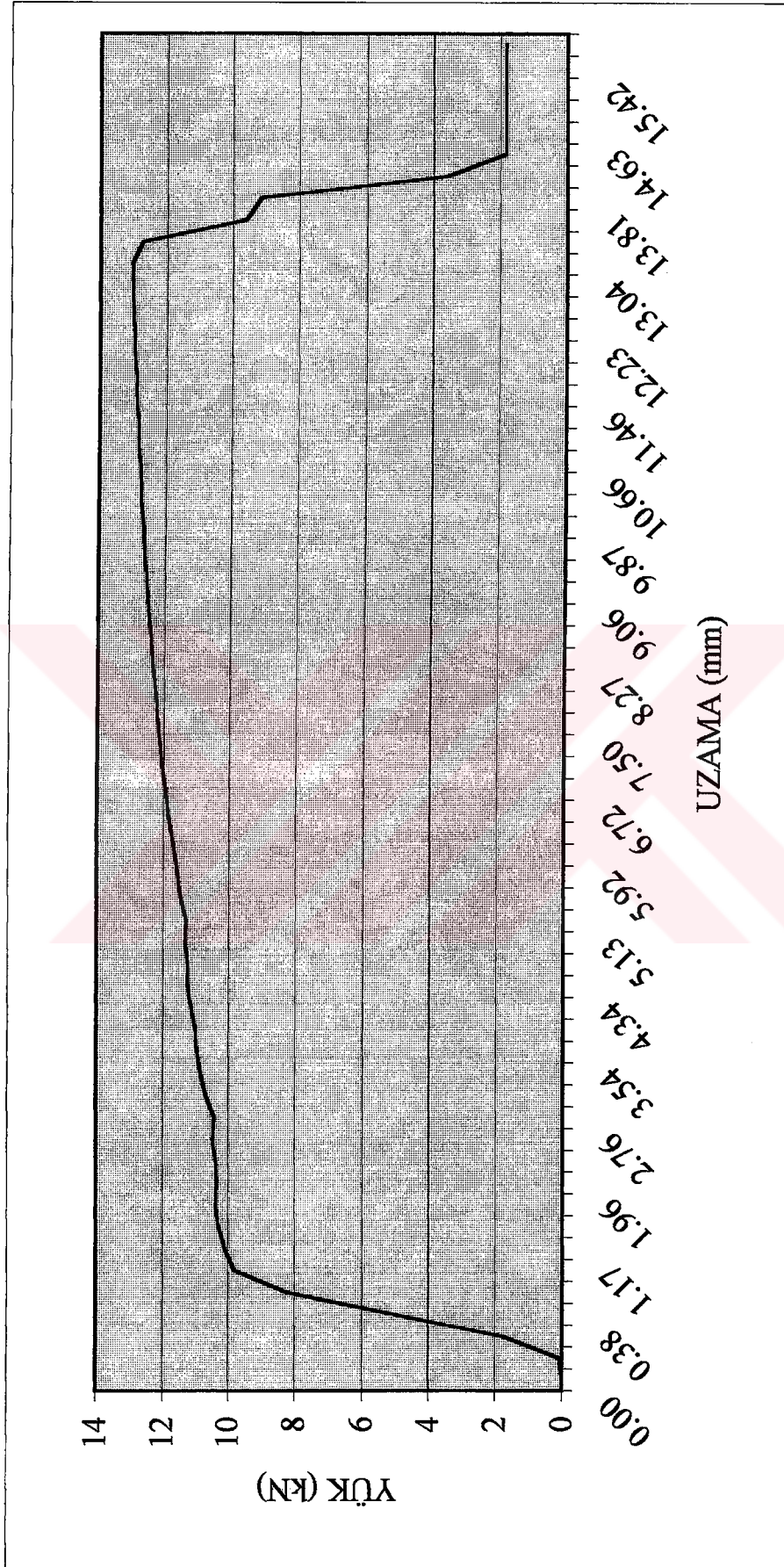
Şekil 5.44.

## MAG İLE YAPILAN NORMAL KAYNAK (8 mm SAC)



Şekil 5.45.

MAG İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (3 mm SAC)



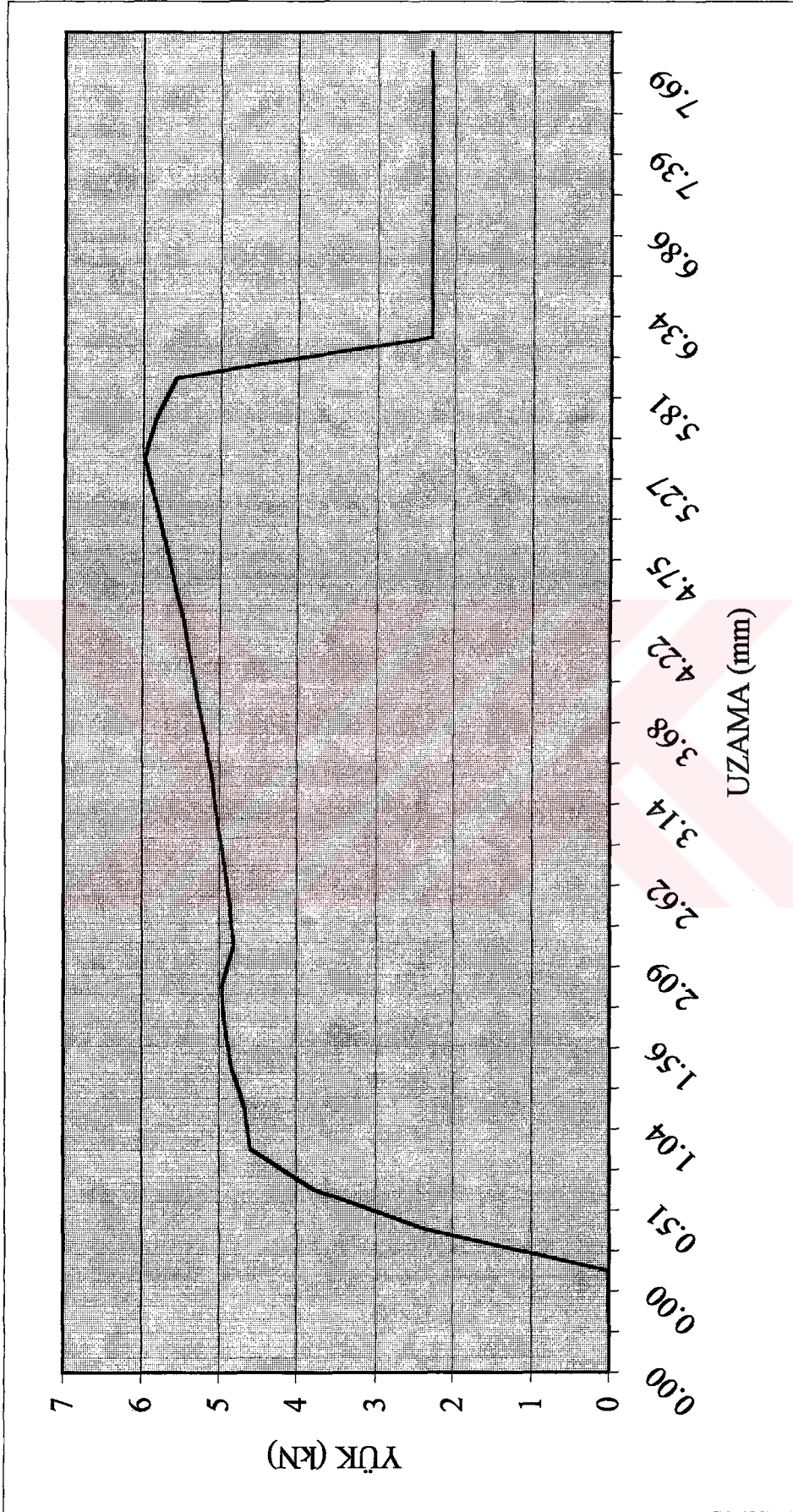
Şekil 5.46.

## MAG İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (5 mm SAC)



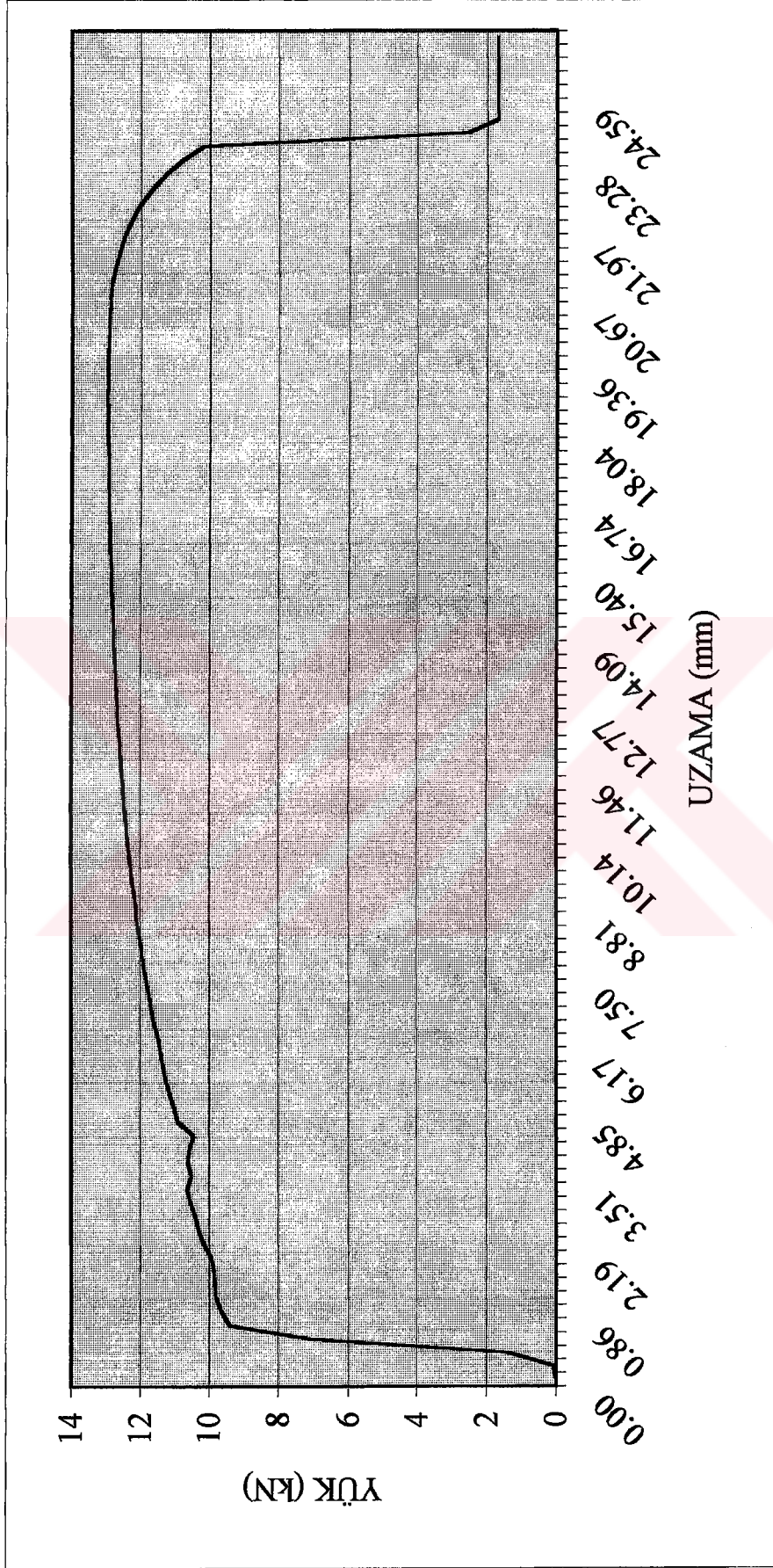
Şekil 5.47.

MIG İLE YAPILAN PÜLVARİZE SU SOĞUTMALI KAYNAK (8 mm SAC)



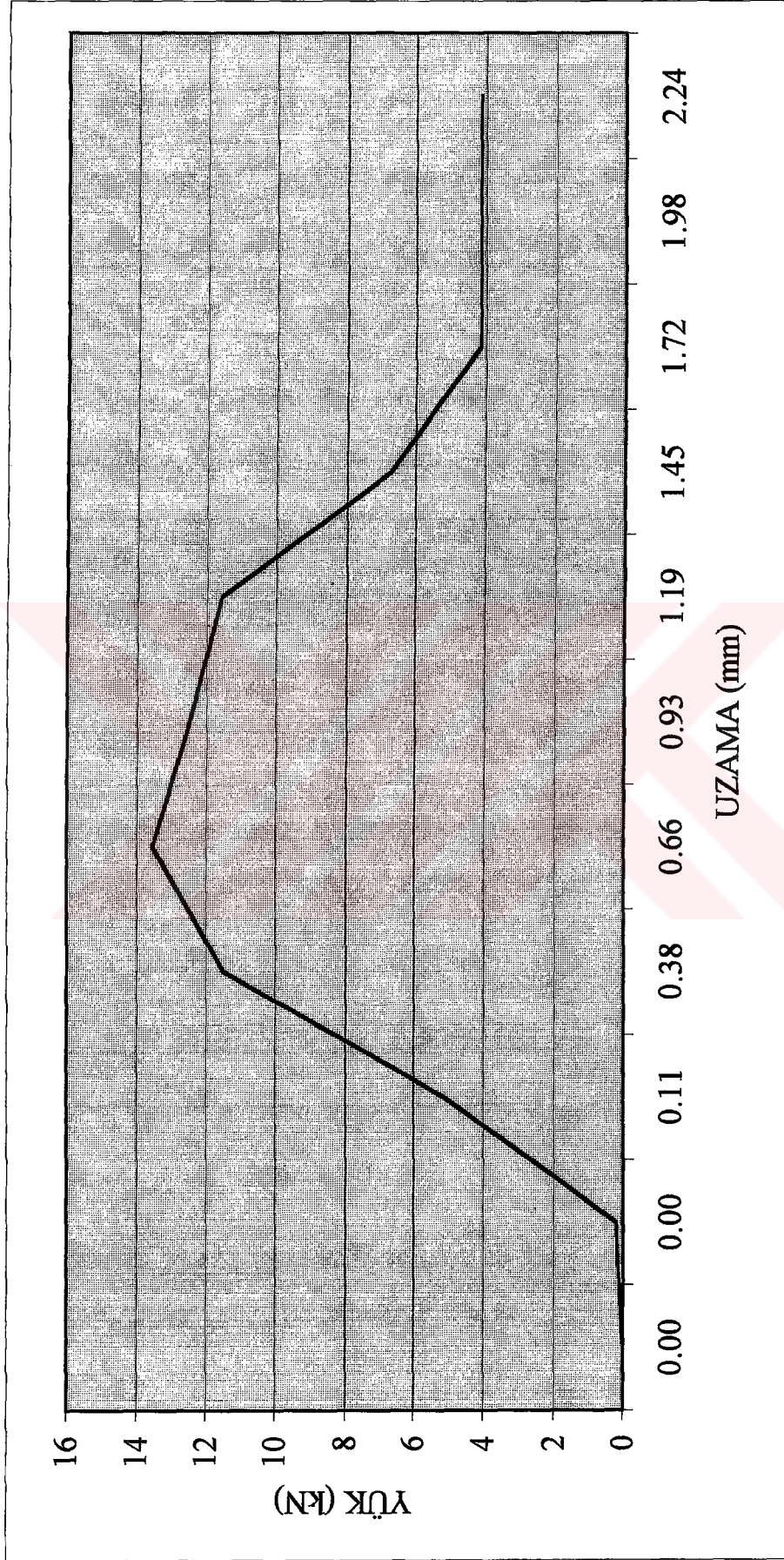
Şekil 5.48.

MAG İLE SABİT SU SOĞUTMALI (ISLAK BEZ YARDIMI İLE) KAYNAK (3 mm SAC)



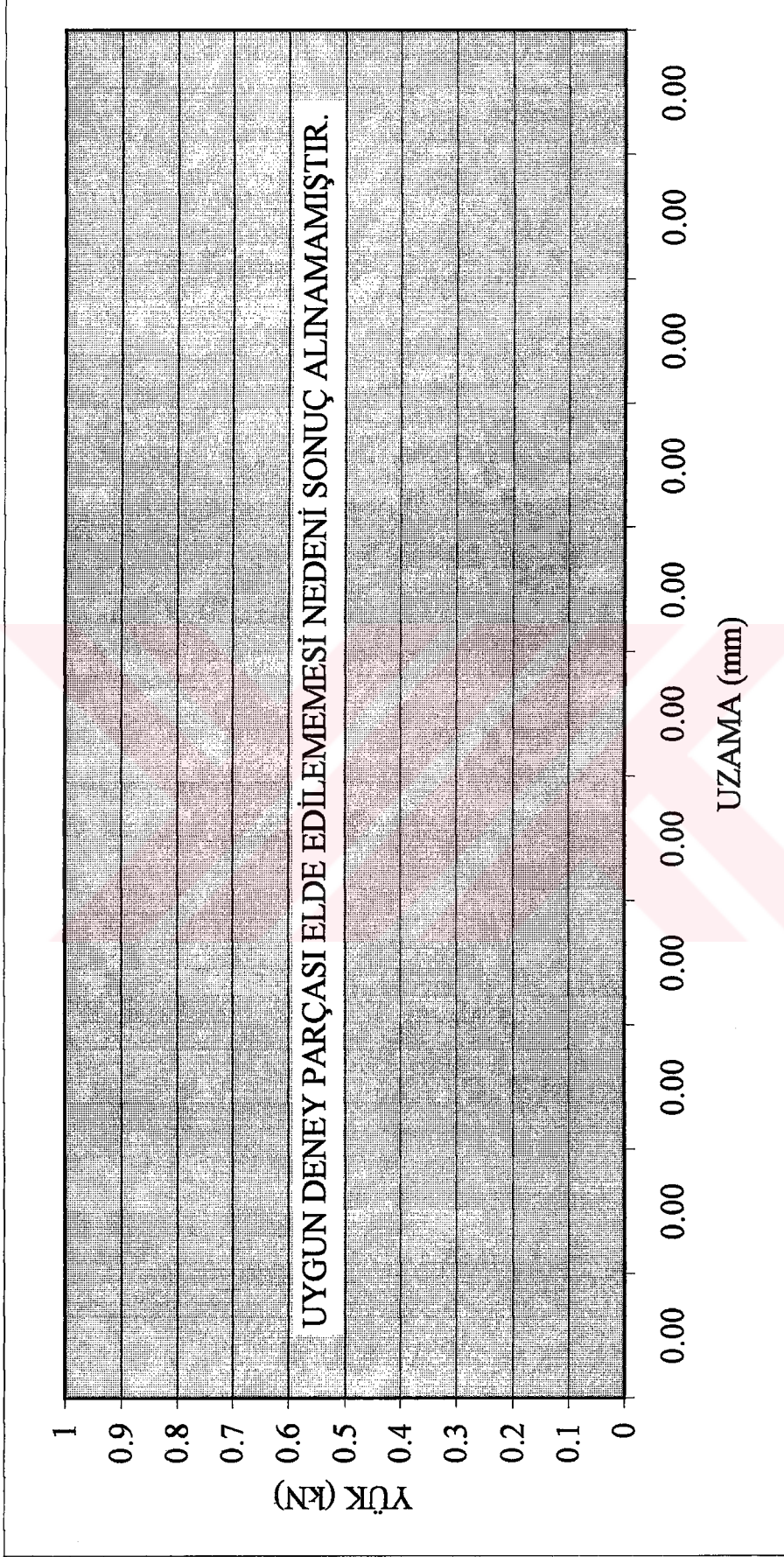
Şekil 5.49.

MAG İLE YAPILAN SABİT SU SOĞUTMALI (ISLAK BEZ YARDIMI İLE) KAYNAK (5 mm SAC)



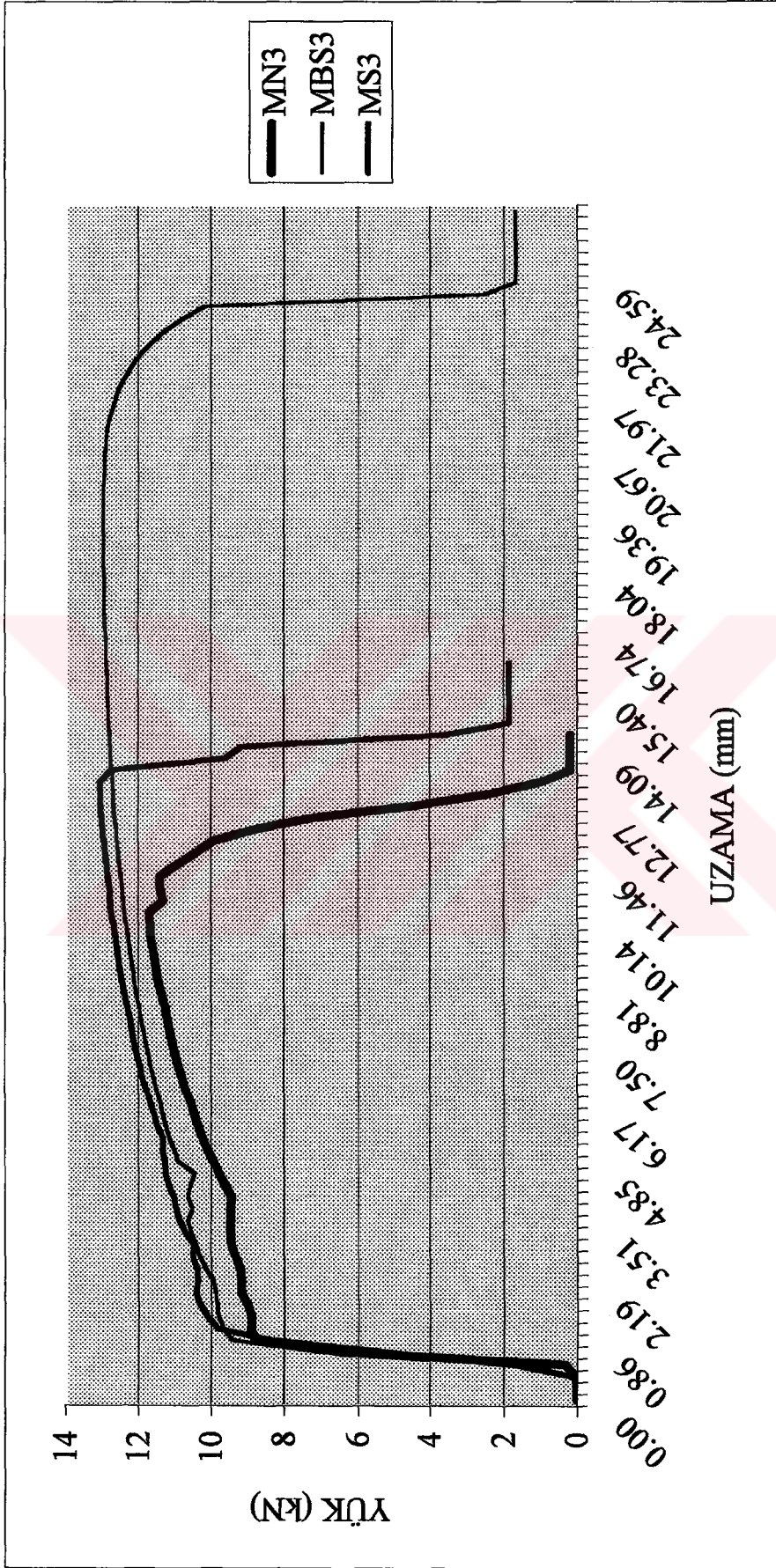
Şekil 5.50.

MAG İLE YAPILAN SABİT SU SOĞUTMALI (ISLAK BEZ YARDIMI İLE) KAYNAK (8 mm SAC)



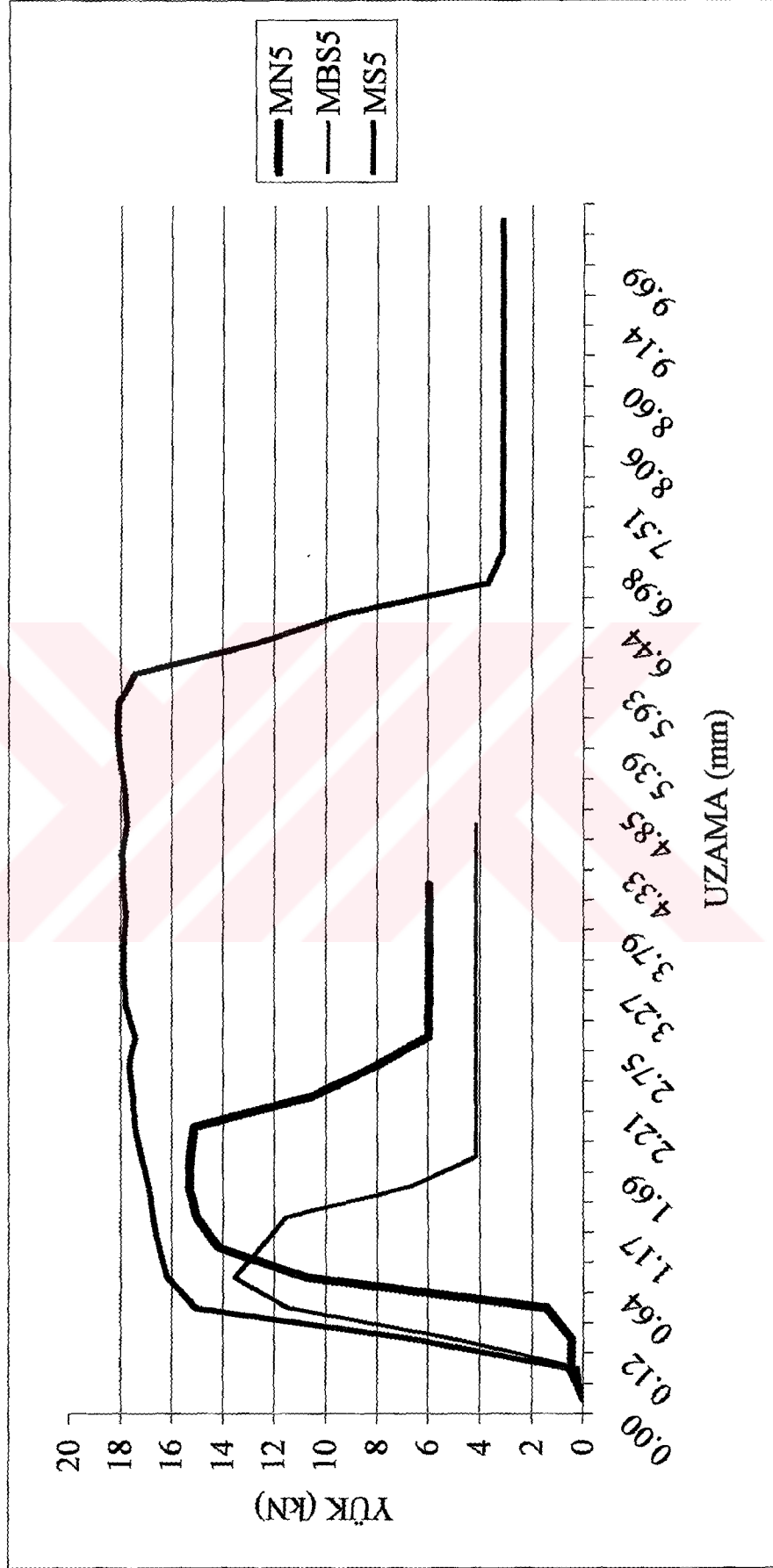
Şekil 5.51.

## MAG İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (3 mm SAC)



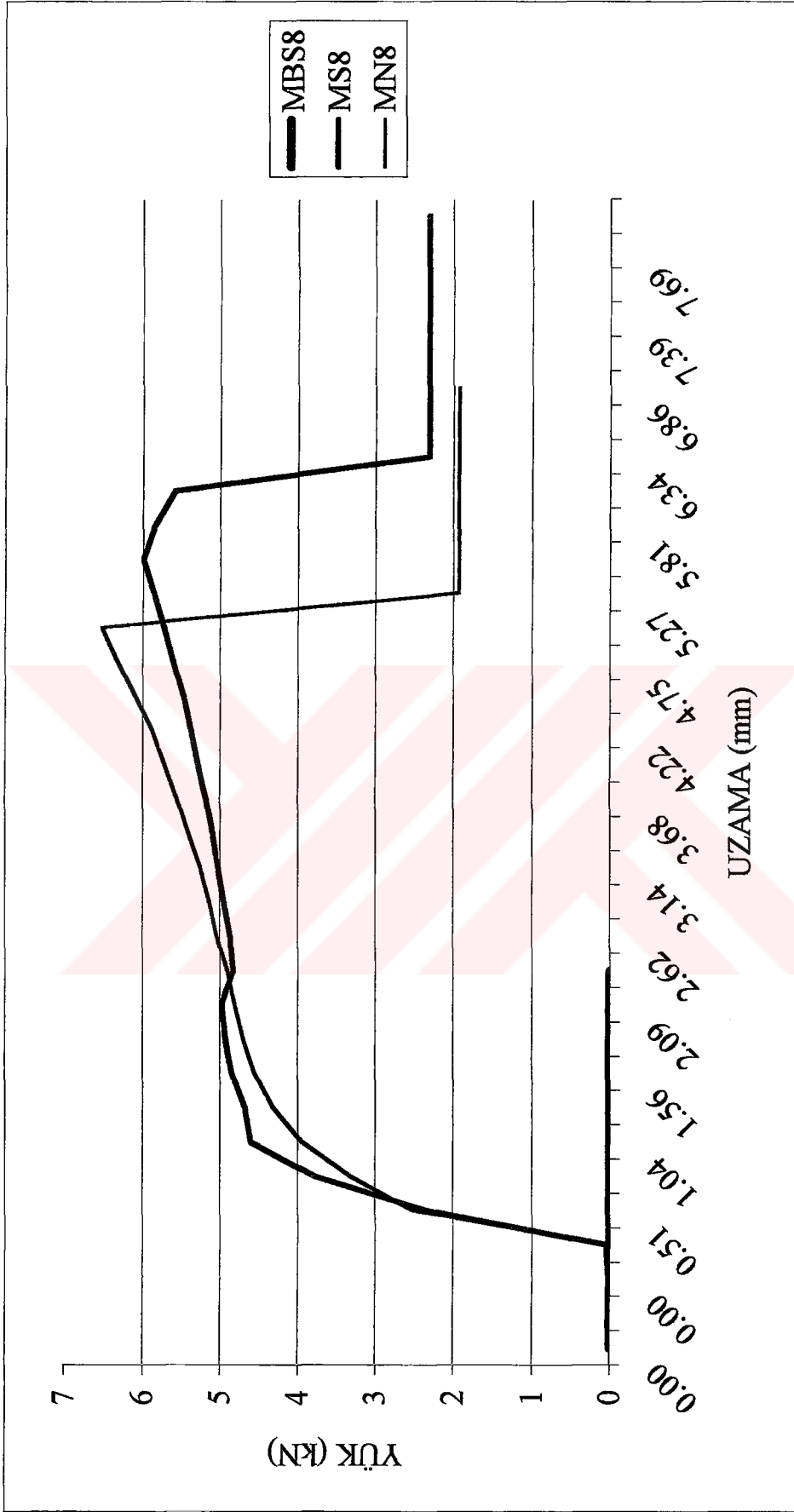
Şekil 5.52.

MAG İLE YAPILAN KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (5 mm SAC)



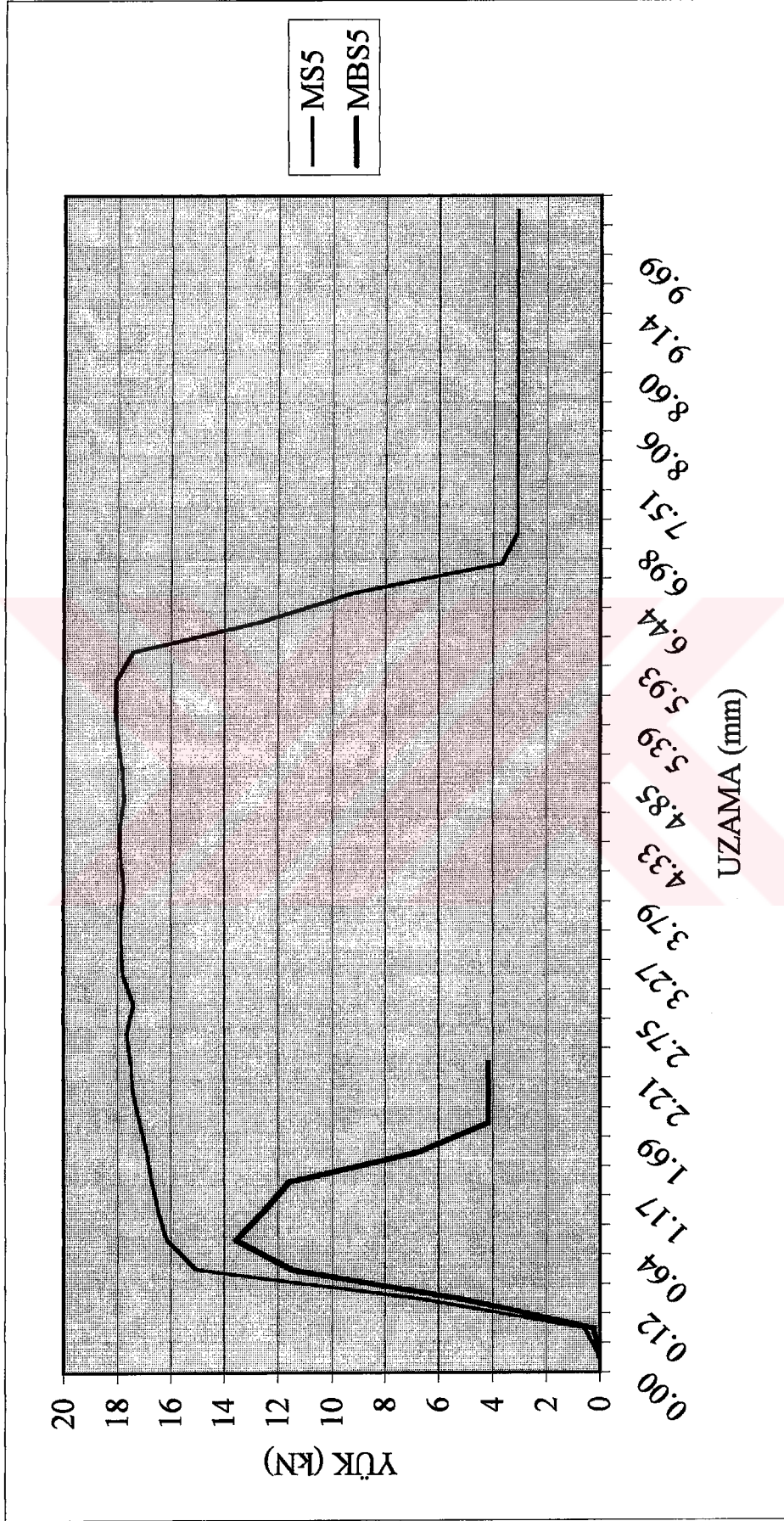
Şekil 5.53.

## MAG İLE YAPILAN KAYNAĞIN KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (8 mm SAC)



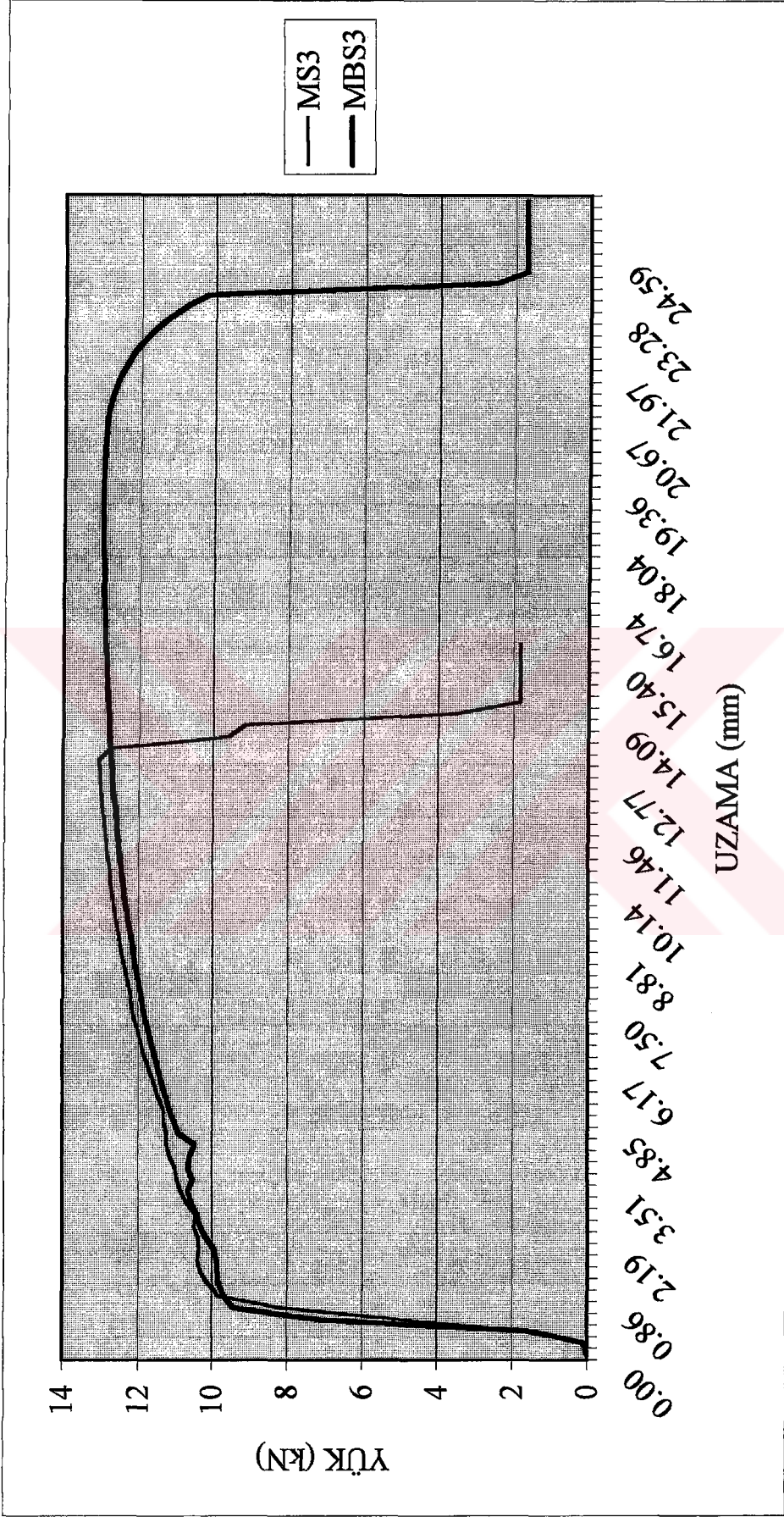
Şekil 5.54.

MAG İLE YAPILAN SU SOĞUTMALI KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (5 mm SAC)



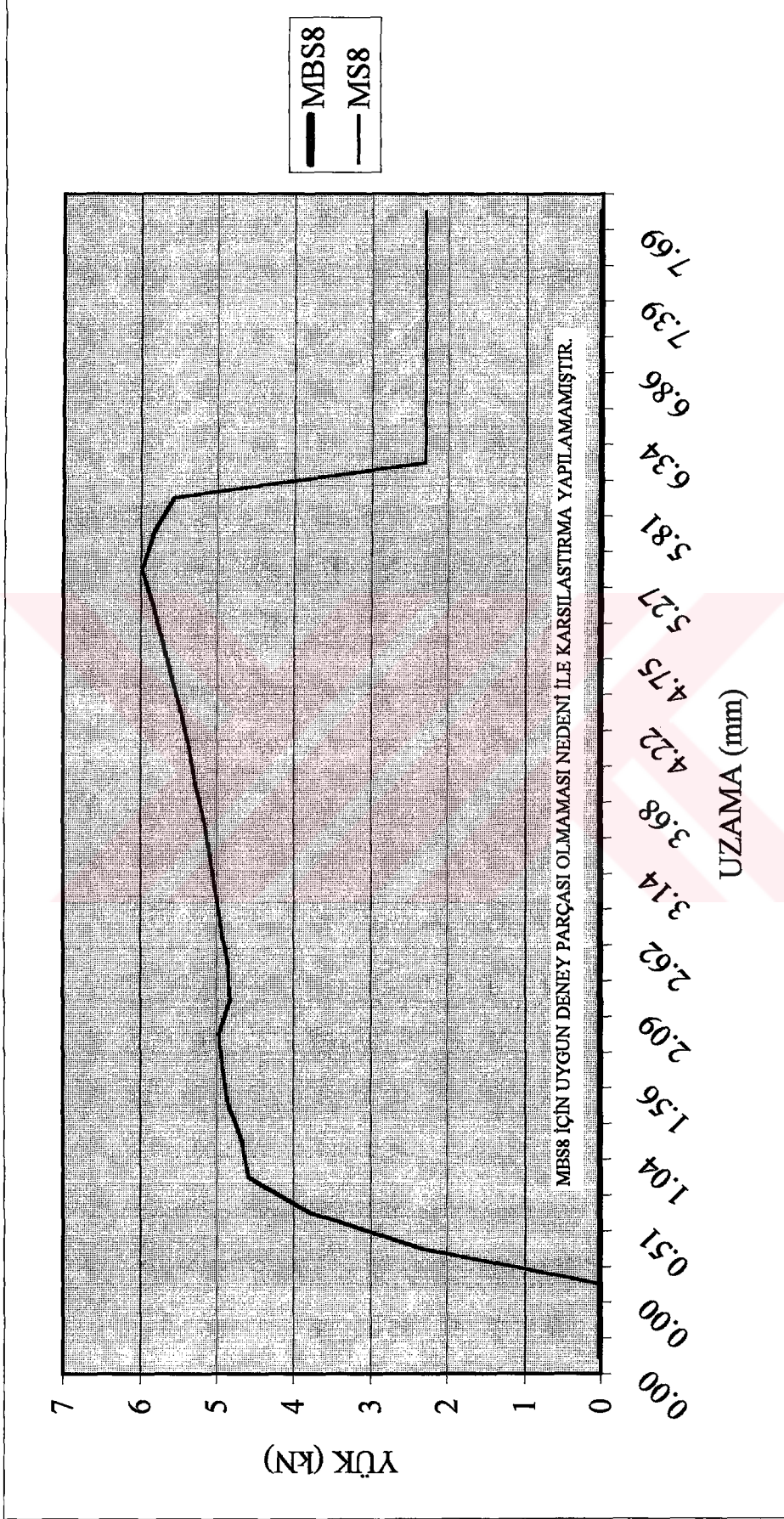
Şekil 5.55.

MAG İLE YAPILAN SU SOĞUTMALI KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (3 mm SAC)



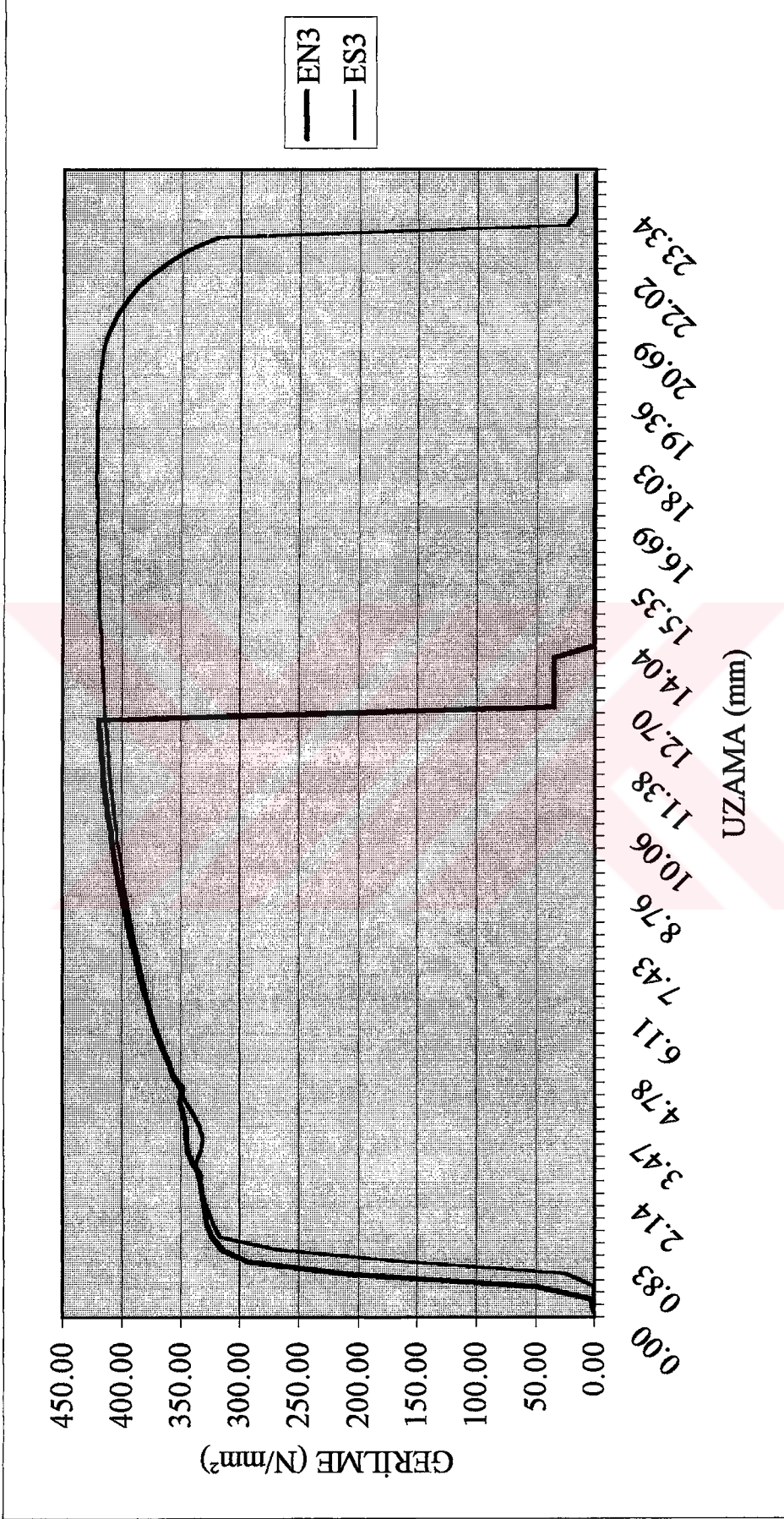
Şekil 5.56.

MAG İLE YAPILAN SU SOĞUTMALI KAYNAK KOPMA EĞRİLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (8 mm SAC)



Şekil 5.57.

ELEKTRİK ARK KAYNAĞI KOPMA EĞRİLERİ BİRİM KESİTTEKİ GERİLME KARŞILAŞTIRMA  
TABLOSU (3 mm SAC)



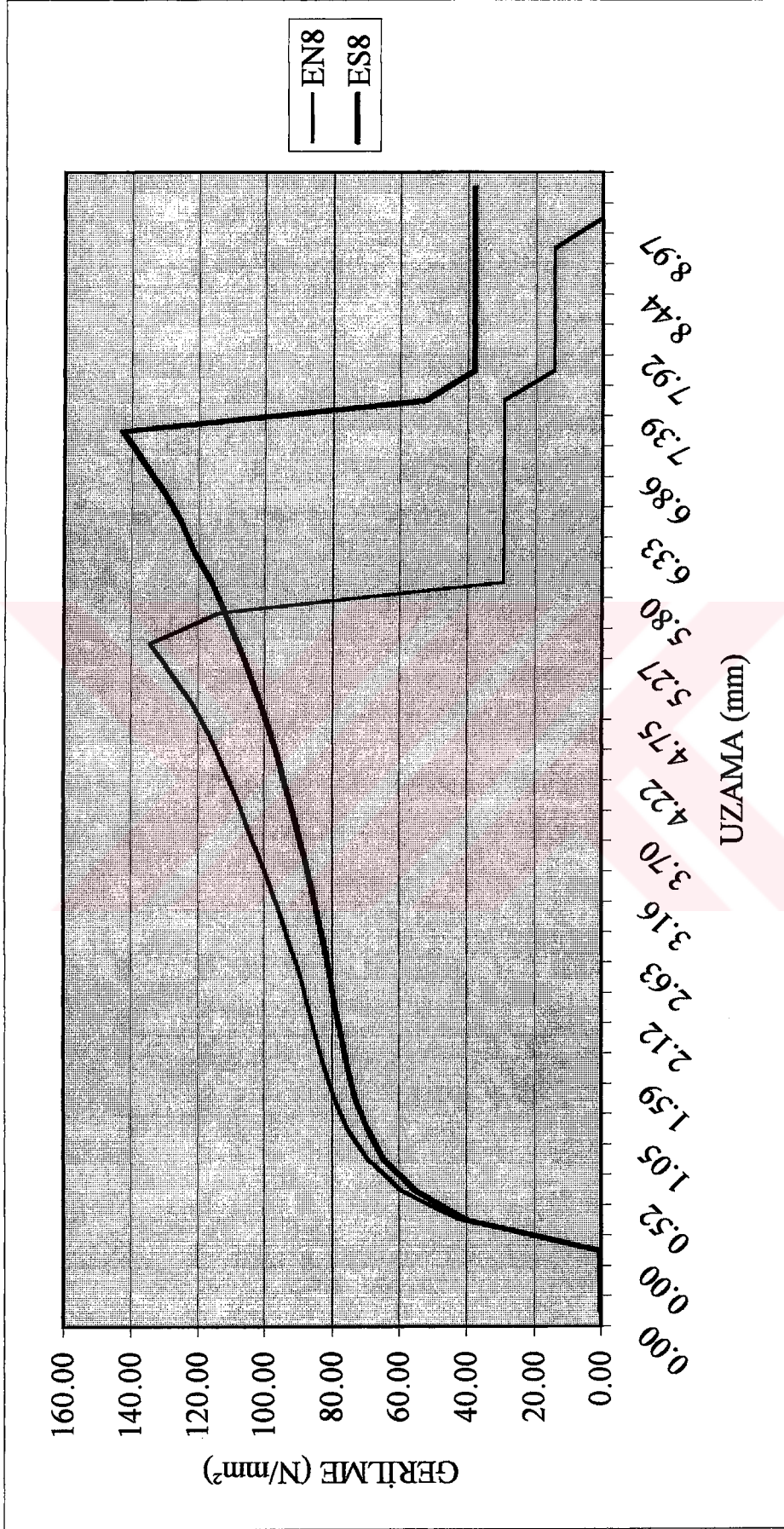
Şekil 5.58.

ELEKTRİK ARK KAYNAĞI KOPMA EĞRİLERİ BİRİM KESİTTEKİ GERİLME KARŞILAŞTIRMA  
TABLOSU (5 mm SAC)



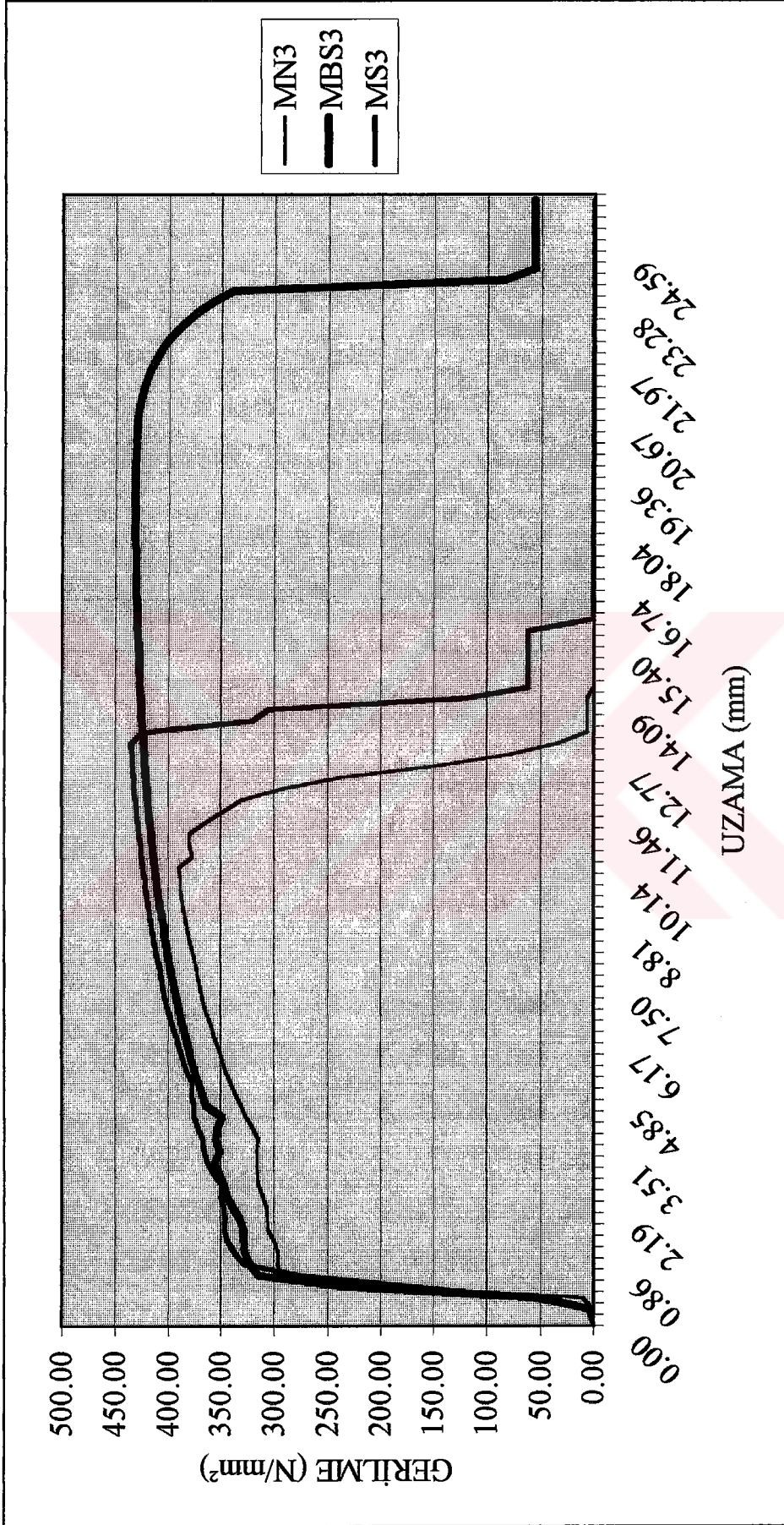
Şekil 5.59.

ELEKTRİK ARK KAYNAĞI KOPMA EĞRİLERİ BİRİM KESİTTEKİ GERİLME KARŞILAŞTIRMA  
TABLOSU (8 mm SAC)



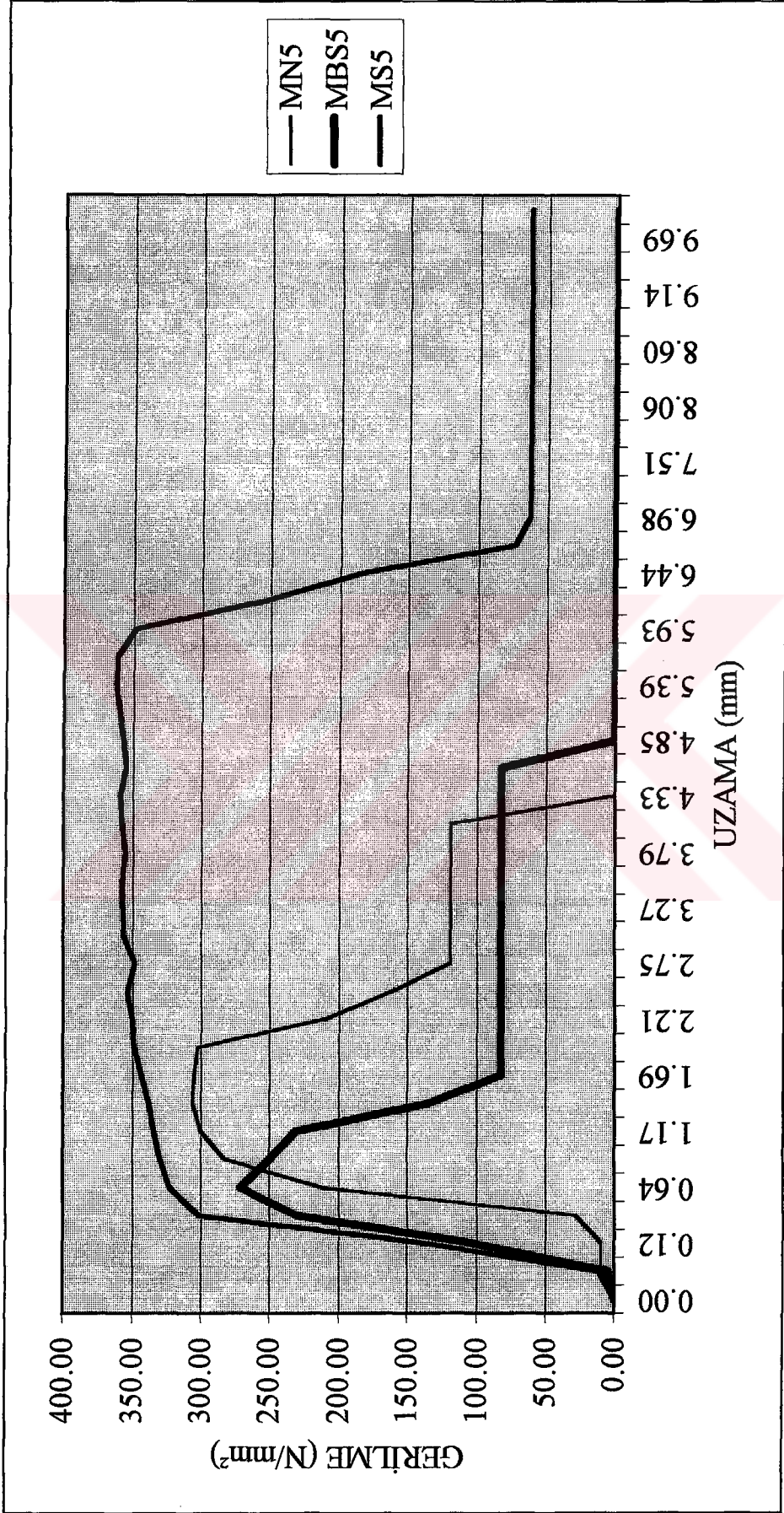
Şekil 5.60.

MAG KAYNAĞI KOPMA EĞRİLERİ BİRİM KESİTEKİ GERİLME KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (3 mm SAC)



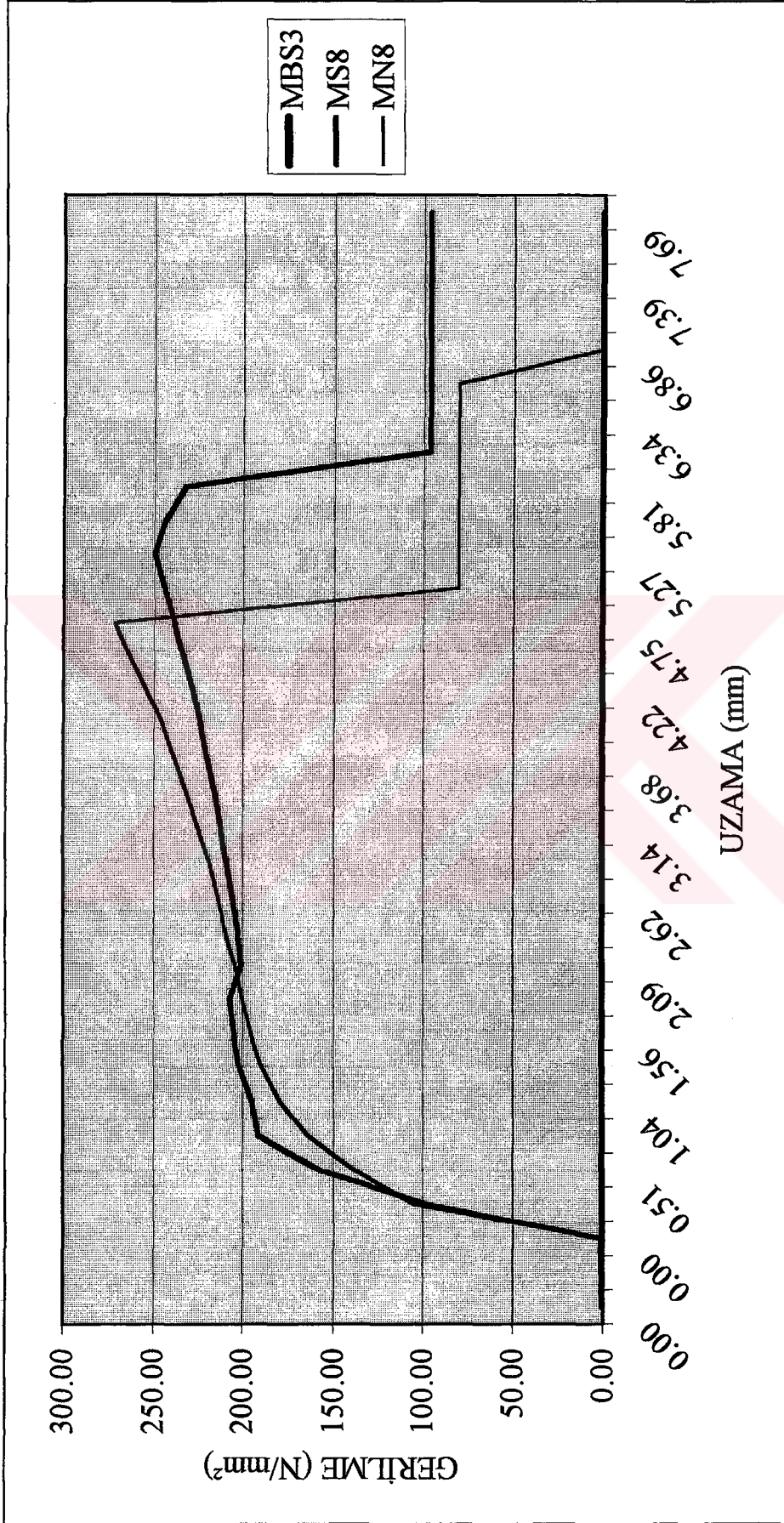
Şekil 5.61.

## MAG KAYNAĞI KOPMA EĞRİLERİ BİRİM KESİTTEKİ GERİLME KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (5 mm SAC)

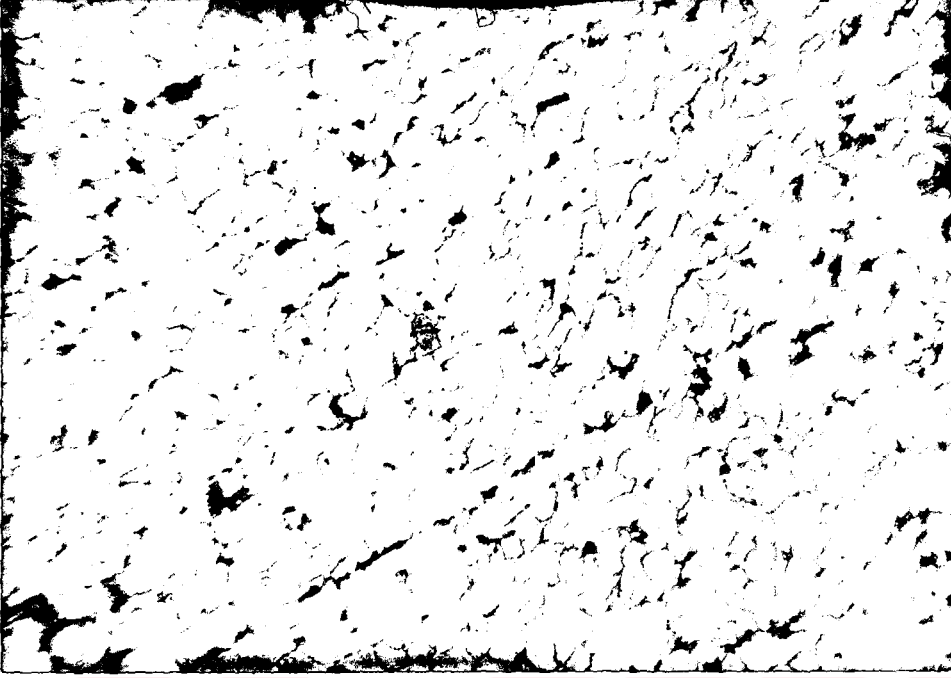


Şekil 5.62.

MAG KAYNAĞI KOPMA EĞRİLERİ BİRİM KESİTTEKİ GERİLME KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (8 mm SAC)



Şekil 5.63.

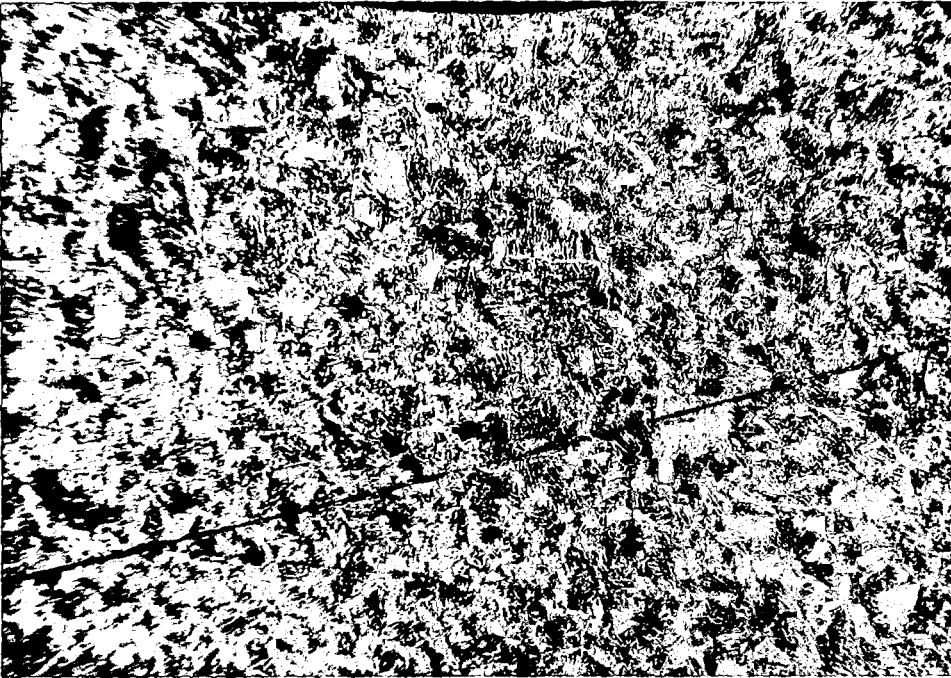


Şekil 5.64. MS Kaynağı K10 Bölgesi

x 200 büyütme

Şekil 5.65. MS Kaynağı, K+K1 Bölgesi

x 50 büyütme



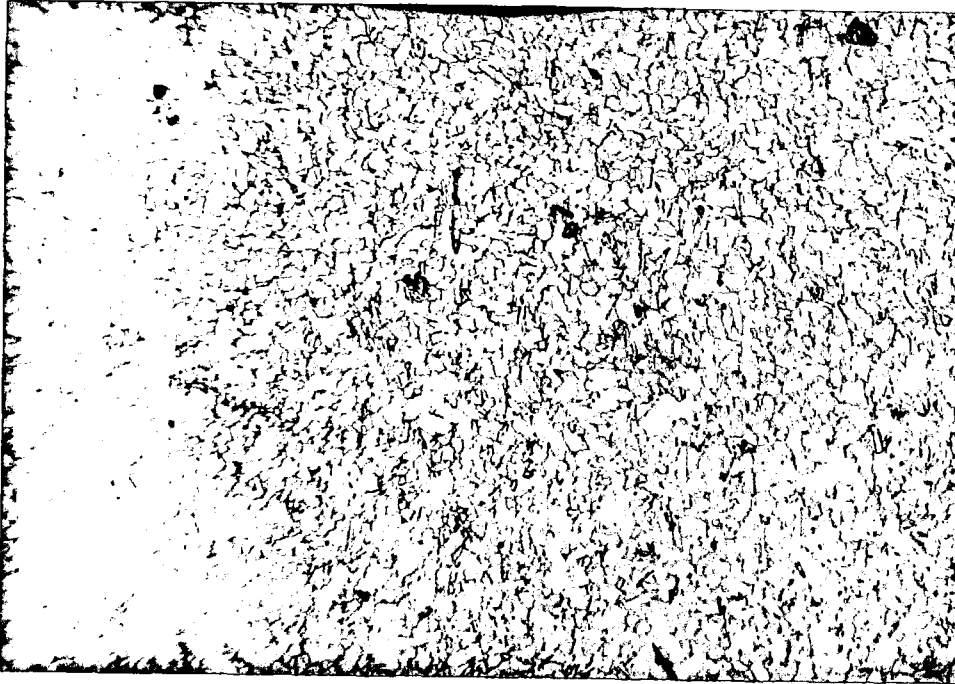


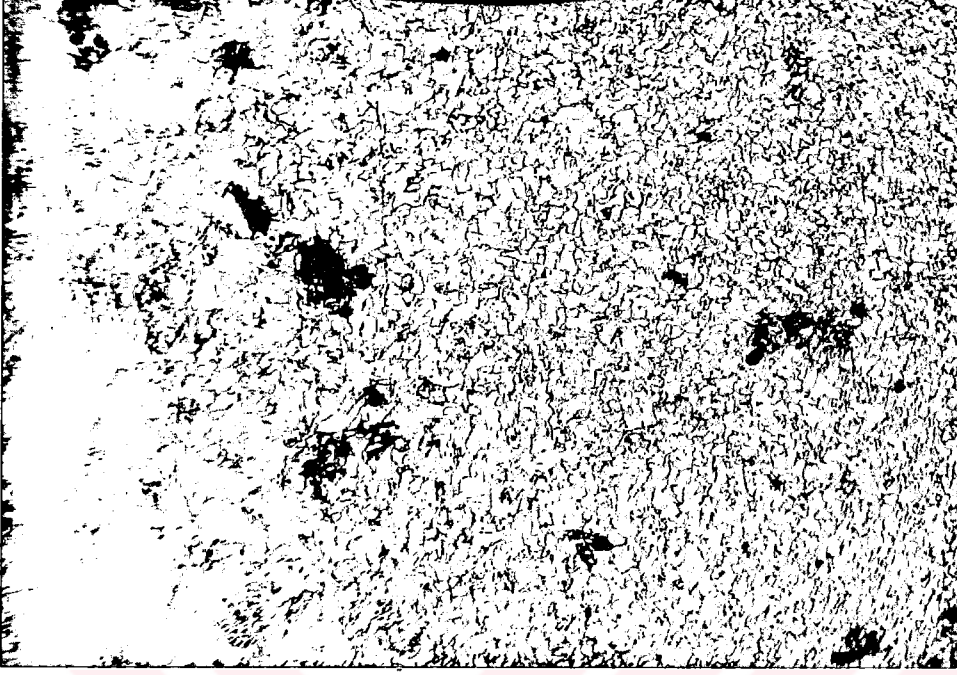
Şekil 5.66. MN Kaynağı K Bölgesi

x 100 büyütme

Şekil 5.67. MN Kaynağı, K1 Bölgesi

x 100 büyütme



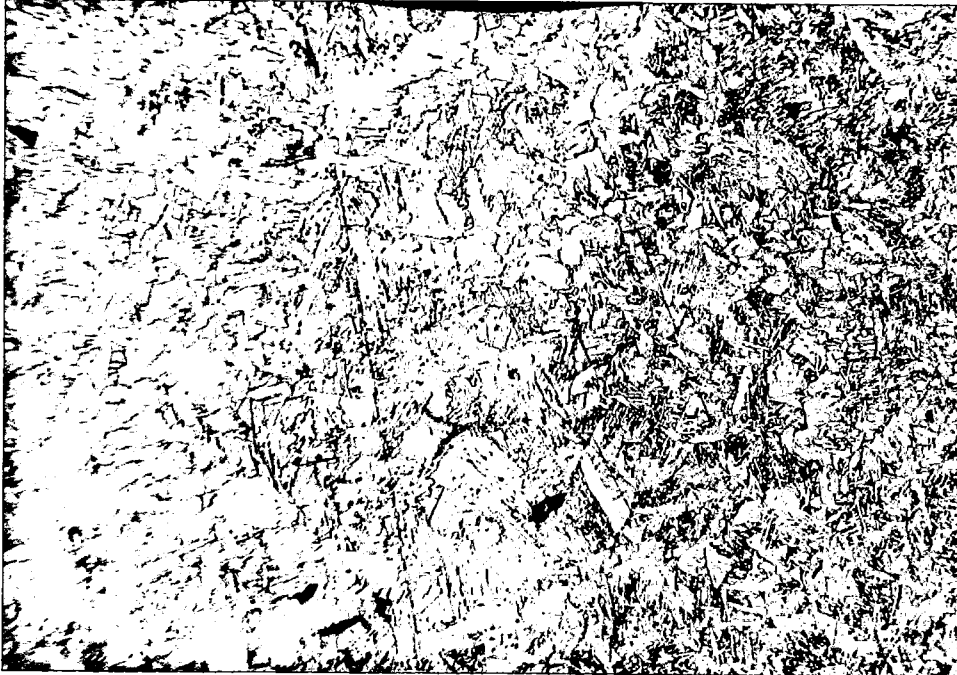


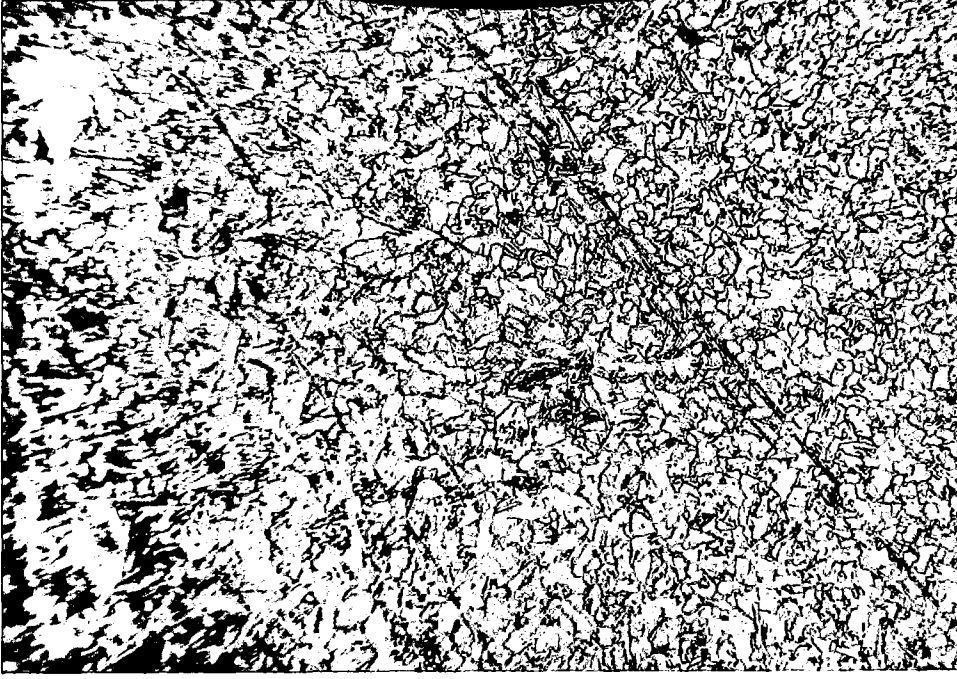
Şekil 5.68. MBS Kaynağı K+K1 Bölgesi

x 100 büyütme

Şekil 5.69. MN Kaynağı, K+K1 Bölgesi

x 100 büyütme



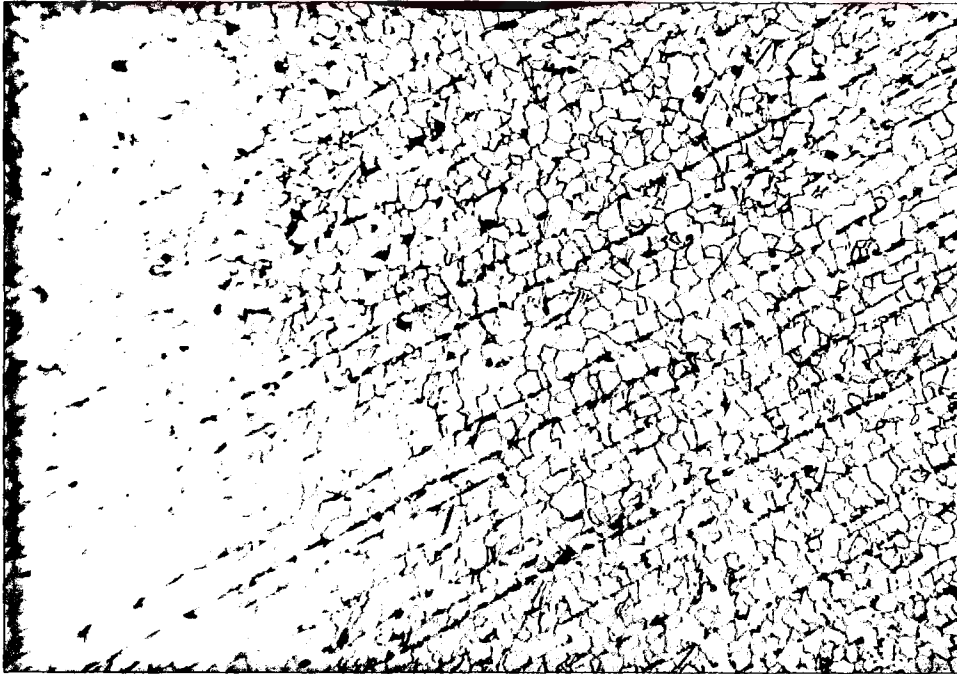


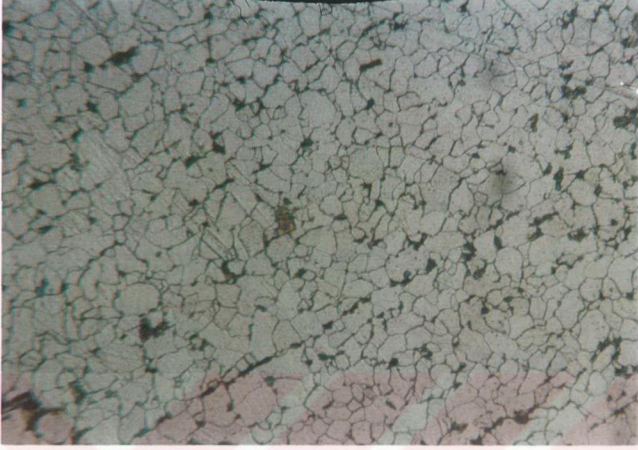
Şekil 5.70. MS Kaynağı K+K1 Bölgesi

x 100 büyütme

Şekil 5.71. Ms Kaynağı, En Dış Bölge

x 100 büyütme



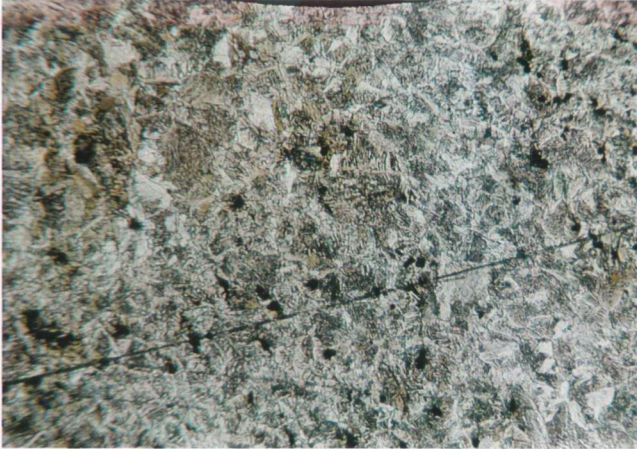


Şekil 5.64. MS Kaynağı K10 Bölgesi

x 200 büyütme

Şekil 5.65. MS Kaynağı, K+K1 Bölgesi

x 50 büyütme



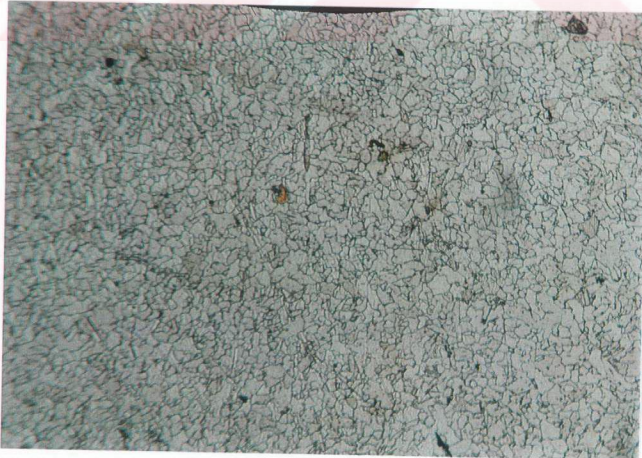


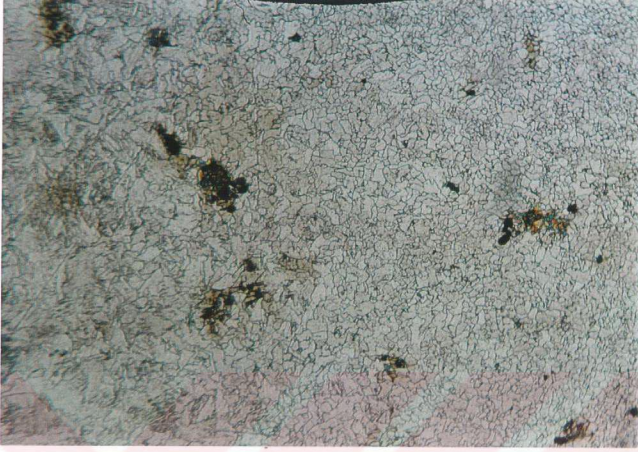
Şekil 5.66. MN Kaynağı K Bölgesi

x 100 büyütme

Şekil 5.67. MN Kaynağı, K1 Bölgesi

x 100 büyütme



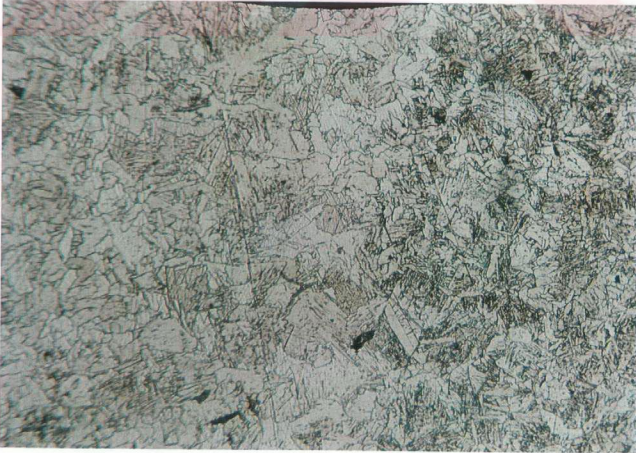


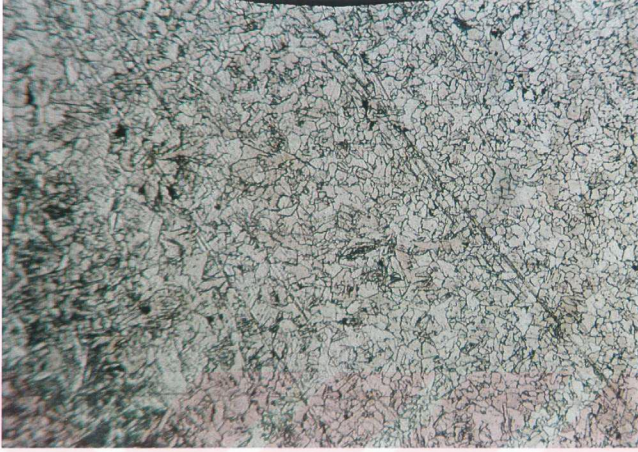
Şekil 5.68. MBS Kaynağı K+K1 Bölgesi

x 100 büyütme

Şekil 5.69. MN Kaynağı, K+K1 Bölgesi

x 100 büyütme



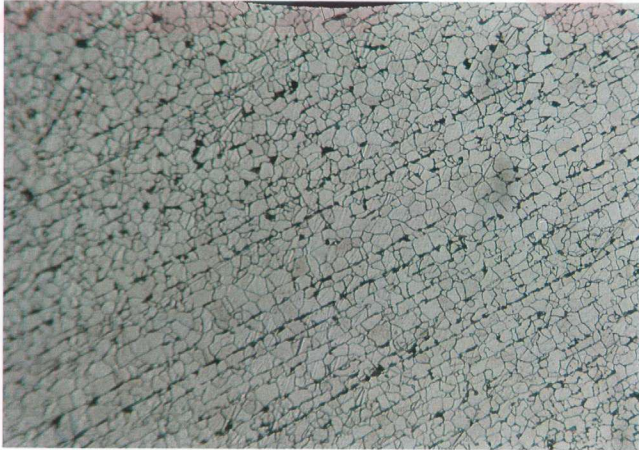


Şekil 5.70. MS Kaynağı K+K1 Bölgesi

x 100 büyütme

Şekil 5.71. Ms Kaynağı, En Dış Bölge

x 100 büyütme



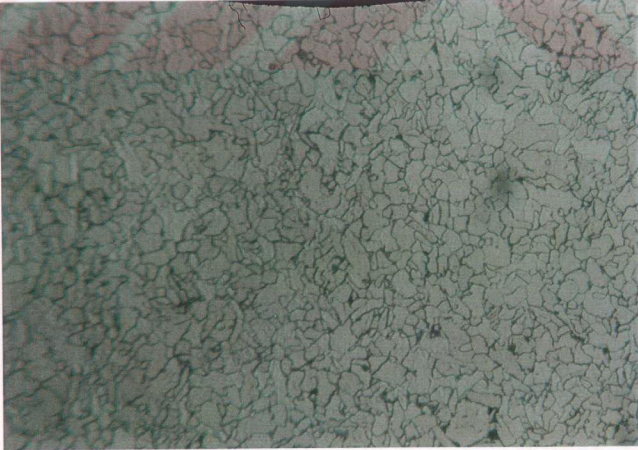


Şekil 5.72. ES Kaynağı K Bölgesi

x 200 büyütme

Şekil 5.73. ES Kaynağı, K10 Bölgesi

x 200 büyütme



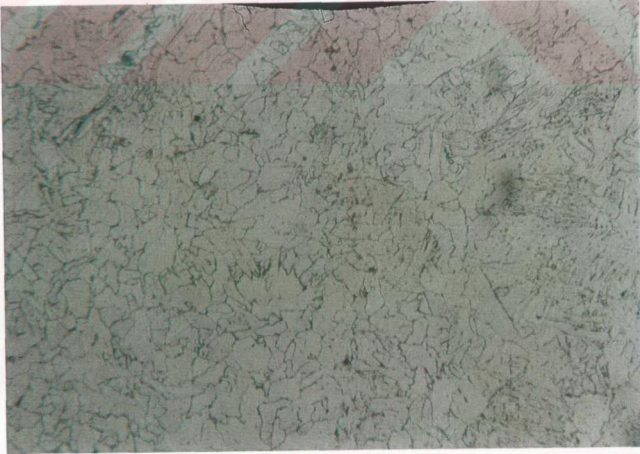


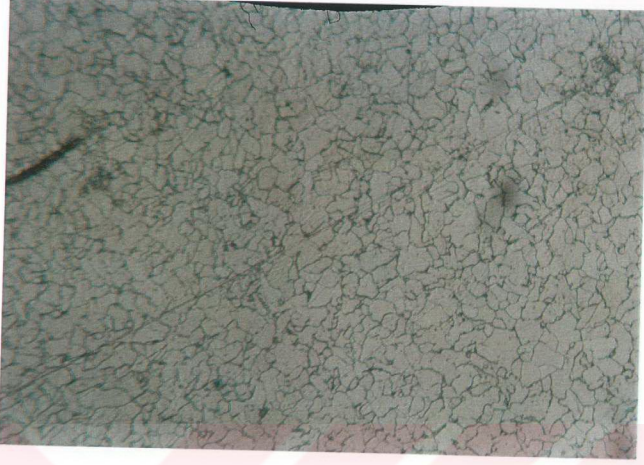
Şekil 5.74. ES Kaynağı K+K1 Geçiş Bölgesi

x 200 büyütme

Şekil 5.75. EN Kaynağı, K Bölgesi

x 200 büyütme



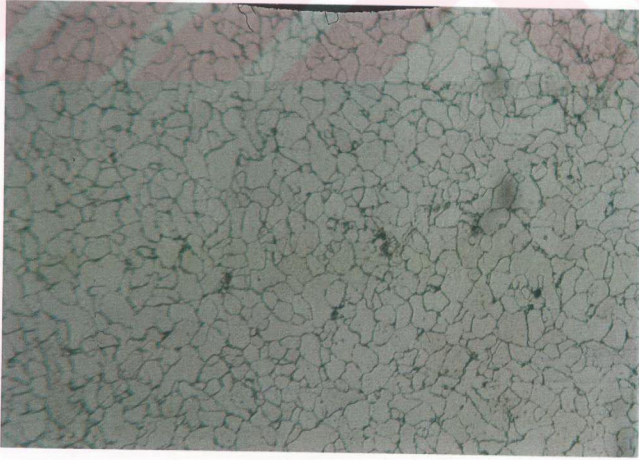


Şekil 5.76. EN Kaynağı K+K1 Geçiş Bölgesi

x 200 büyütme

Şekil 5.77. EN Kaynağı, K10 Bölgesi

x 200 büyütme



## 6. SONUÇLAR :

Daha önce ve şimdi yapılan deney sonuçları incelendiğinde, kaynak bölgesinde oluşan ısı, sistemden kontrollü ve çabuk bir şekilde uzaklaştırıldığı yani bir yönlendirme olduğu takdirde, kaynaklı parçada iyileşme elde edildiği söylenebilir.

Kaynaktaki bu uygulama sonucu, oluştuğu gözlenen iyileşme, kaynaklı parçanın mekanik değerleri ölçülerek gösterilmeye çalışılmıştır. Yapılan deneylerde, sistem, kontrol altına alınabilmesi oldukça güç ve çok fazla değişken içerdiği için, tüm ölçümler karşılaştırma esasına dayandırılmıştır. Tek değişken su uygulamasıdır. Ayrıca kalınlığa göre dağılımı da gözleyebilmek amacıyla 3 farklı kalınlıkta sac parça üzerinde uygulanmıştır.

Pülvarize su uygulaması ile kaynaklı parçalarda sağlandığı düşünülen bu iyileşme; temelde, Distorsiyon değerleri ve Kopma Grafikleri ile gözlenmiş, muhtemel nedenleri ise sertlik taraması ve metalografik yapı fotoğrafları ile araştırılmıştır.

4.2.3 / 4.2.4 / 4.2.5 / 5. Maddelerinde gösterilmeye çalışılan pülvarize su uygulamalı kaynak ve 4.2.1. maddesindeki su altında yapılan kaynak deney sonuçlarında, distorsiyon değerlerinin daha küçük olduğu, parçalarının çarpılmalarının azaldığı gözlenmiş ve ölçülmüştür. Ancak bu ölçüm sonuçlarını değer olarak etkileyen değişkenlerin belirlenmesi için çok sayıda deney yapılmalıdır. Uygulamanın demir dışı metallerdeki sonuçları da araştırılmalıdır.

Kopma grafiklerinde ise genel anlamda pülvarize su uygulamasının, bazı sapmalar içersede uzama ve maksimum dayanım miktarını artırdığı söylenebilir. Su uygulama yöntemi değişken olarak alındığında (deneyler bu sonuca yönelik tasarlanmamasına rağmen), Basit aparatla, boya tabancası ile veya Sabit su (Islak bez ile uygulama) ile ısı yönlendirme yönteminden birisinin üstünlüğünü söyleyebilecek bir veri oluşmamıştır (Şekil 55,56,57).

Aynı şekilde kalınlık farkı değişken olarak alındığında Şekil 58 'den Şekil 63 'e kadar olan tablolardaki grafiklerden, kaynağın tek paso ile yapıldığı ve deneylerin bu ölçümlere yönelik tasarlanmadığıda düşünülürse, belirleyici bir sonuç çıkartılamamaktadır.

İyileşmeyi sağlayan asıl etki mikro yapıda oluşan değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Kaynağın arkasından gelen, gerek pülvarize su, gerek ıslak bez ile soğutma ve gerekse MAG Kaynağı karışım gazının sağladığı üfleme soğuması, kritik soğuma hızını aştığında Lamelli Perlit taneleri, İğneli yapıya dönüşme eğilimi göstermiştir. Artan ısı ile büyüyen tane yapısı, ani soğumanın etkisi ile küçük tane yapısına dönüşmüş ve sertlikle birlikte mukavemeti artırmıştır. Bu arada ısı tesiri altındaki bölgede, aynı anda yaklaşık 800°C civarında ani soğumaya maruz kalarak ferritik karakter taşıyan homojen bir yapı oluşturmuştur. Tokluk ve Süneklilik sağlayan bu yapı kaynaktan uzaklaştıkça ana metal yapısı olan ferrit + perlit birleşimine dönüşmüştür.

Kısaca açıklanmaya çalışılan bu olay sertlik grafiklerindeki K1 bölgesinin düşüklüğünü açıklamaktadır. Yapılan sertlik taramaları da karşılaştırma esasına dayandırılmıştır. Bu nedenle daha farklı sertlik ölçme teknikleri ile araştırma yapılmamıştır. Genel olarak yönlendirilmiş soğuma yani uygulanan pülvarize su parçanın sertleşmesine neden olmasına rağmen geçiş dokusunun daha yumuşak olmasını sağlamıştır. İç yapı fotoğraflarında da ayrıntı ile gözlenebilen bu etki, sağlayabileceği yararlar düşünülünce üzerinde durulup kontrol altında geliştirilmeye açıktır. Sistemi etkileyen tüm değişkenler teker teker sabitlenip deneyler daha fazla sayıda tekrarlanırsa, iyileşmeyi sağlayan ve kontrol eden etkenler dahada netleşecek, uygulama endüstriye kazandırılacaktır.

**KAYNAKLAR :**

- 1- AMERICAN WELDING SOCIETY WEB SITE.
- 2- Anık, S., (1983), Kaynak Teknolojisi El Kitabı, İstanbul.
- 3- Anık, S., (1991), Kaynak Tekniği El Kitabı, İstanbul.
- 4- Anık, S., Tülbentçi K., Kaluç, E., (1991), Örtülü Elektrod İle Elektrik Ark Kaynağı, İstanbul.
- 5- AUSTRALIA WELDING SOCIETY WEB SITE.
- 6- CANADA WELDING SOCIETY WEB SITE.
- 7- Doğan, M., (1979), Kaynakta Isınmanın Meydana Getirdiği Biçim Değişmeleri Ve Isıl Gerilmeleri Tetkiki Ve Önleme Çareleri, İstanbul.
- 8- Oğuz, B., (1989), Ark Kaynağı, İstanbul
- 9- Mumcu, B., (1999), Su Soğutmalı Mag Kaynağı, Yıl İçi Projesi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış), İstanbul.
- 10- Moumin, İ., (1999), Su Soğutmalı Punta Kaynağı, Yıl İçi Projesi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış), İstanbul.
- 11- Karahasanoğlu, C., (1985), Su Altında Kaynak Yöntemi ile Isıl Gerilmelerin Yönlendirilmesi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (Yayınlanmamış), İstanbul.
- 12- Karadeniz, T., (1998), Kaynak İşleminde Sıcaklık Dağılımının Yönlendirilmesi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Lisans Bitirme Tezi, (Yayınlanmamış), İstanbul.
- 13- Kireçtepe, A.S., (1999), Kaynakta Isıl Gerilmeler İle Oluşan Hataların Isıl Yönlendirme İle Önlenmesi, Yıl İçi Seminer Notları, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış), İstanbul.