

Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

**İZODER Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği İçin**  
**Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemlerinde Yapılan**  
**Dübelleme İşleminin Yapıların Taşıyıcı Sistemlerine**  
**Etkisinin Değerlendirilmesi Amacıyla Gerçekleştirilen**  
**DeneySEL Çalışma Hakkında**  
**Teknik Rapor**

*(Bu çalışma, İTÜ Döner Sermaye İşletmesi Yönetmeliği Çerçevesinde Hazırlanmıştır.)*

**Hazırlayan**  
Prof.Dr. Ercan YÜKSEL

I. T. Ü.  
İNŞAAT FAKÜLTESİ  
Tarih: 12 Temmuz 2024  
No: 1411828

04.07.2024

Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

## 1. KONU ve KAPSAM

İZODER Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği 28.12.2023 tarih ve 1323422 Papirus Numaralı dilekçe ile İTÜ İnşaat Fakültesi Dekanlığına başvurarak; dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde yapılan dübelleme işleminin yapıların taşıyıcı sistemlerinin kapasiteleri üzerinde etkisi olup olmadığının tespiti için, deneysel bir çalışmanın yapılmasını talep etmiştir.

Çalışma kapsamında yeni ve eski binaları temsilen toplam 56 adet 150 mm × 150 mm × 600 mm boyutlarında beton prizma İZODER tarafından 19.02.2024 tarihinde Laboratuvara getirilmiştir. Yeni ve eski binaları temsil eden beton prizmalar üzerine, ısı yalıtım levhalarının sabitlenmesi amacıyla olası en olumsuz durumun tespit edilmesi için farklı tip (plastik çivili ve çelik çivili) ve sayıda dübel uygulanmıştır. Deney setinin hazırlanmasında uygulamada yaygın olarak kullanılan çapı 9-10 mm olan dübeller kullanılmıştır. Dübel uzunlukları; kullanılan ısı yalıtım malzemesinin kalınlığı (50 mm) ve genel uygulamalar dikkate alınarak dübelin betona 45 mm gireceği göz önünde bulundurularak tayin edilmiştir.

Beton prizmalar üzerinde, ısı izolasyon panellerinin mesnetlenmesi için farklı sayılarda  $\phi$ 9-10 mm çapında 45 mm derinliğinde delikler oluşturulmuştur.

İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan MTS 600 kN ve Instron 5000 kN yükleme sistemleri kullanılarak 46 adet prizma üzerinde “eksenel basınç”, 10 adet prizma üzerinde ise “üç nokta eğilme” deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışmada aşağıdaki “değişkenler matrisi” esas alınmıştır.

- Beton kalitesi (Eski binaları temsilen C14, yeni binaları temsilen C25 hedef beton basınç dayanımı)
- Yalın (dübelsiz referans) durum, plastik veya çelik çivili dübel uygulanmış durumlar ve en olumsuz durumu temsilen sadece dübel deliğinin açıldığı boş (dübelsiz) durum
- Uygulanan dübel / açılan delik (dübelsiz uygulama) sayıları: Basınç deneylerinde beton numunenin bir yüzeyine 1 adet, birbirine dik iki yüzeyine 1'er adet olmak üzere toplam 2 adet ve birbirine dik 2 yüzeyine 2'şer adet olmak üzere toplam 4 adet uygulanması durumları ve eğilme deneylerinde farklı yüzeylerde 1'er adet olmak üzere toplam 3 adet uygulanması durumları)
- Beton prizmanın basınç ve eğilme elemanı olması durumu

Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

- Beton yaşı

Dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde genel olarak birim alan başına 6 adet/m<sup>2</sup> dübel uygulanmaktadır. Bina yüksekliğine ve rüzgar yüklerine bağlı olarak köşe bölgelerde dübel sayıları artırılabilir. Bu deneysel çalışmada bir yüzeye 1 adet dübellemenin yapıldığı durumlar birim alan başına 11 adet/m<sup>2</sup>, bir yüzeye 2 adet yapıldığı durumlar ise birim alan başına 22 adet/m<sup>2</sup> dübel uygulanması durumlarına karşılık gelmekte ve pratik uygulamaların çok üstündeki etkileri ortaya koymaktadır

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1 Beton Prizmaların Hazırlanması

150 mm × 150 mm × 600 mm boyutlarındaki 56 adet prizma hazır olarak İZODER tarafından 19.02.2024 tarihinde teslim edilmiştir.

### 2.2 Delik Açma ve Dübelleme İşlemi

Isı yalıtım levhaları; eski ve yeni binaları temsilen hazırlanmış olan prizma şeklindeki beton deney numunelerinin üzerine, ele alınan 23 farklı senaryo doğrultusunda dübeller ile uygulanmıştır, **Şekil 1**. Beton prizma yüzey/yüzeylerinde  $\phi 9$  mm çapında 45 mm derinliğinde yukarıda verilen değişkenler matrisine uygun olarak muhtelif sayılarda delik açılmıştır. Açılan deliklere; belirlenen sayıda plastik (P) veya (Ç) çivili dübel yerleştirilerek çakılmıştır.

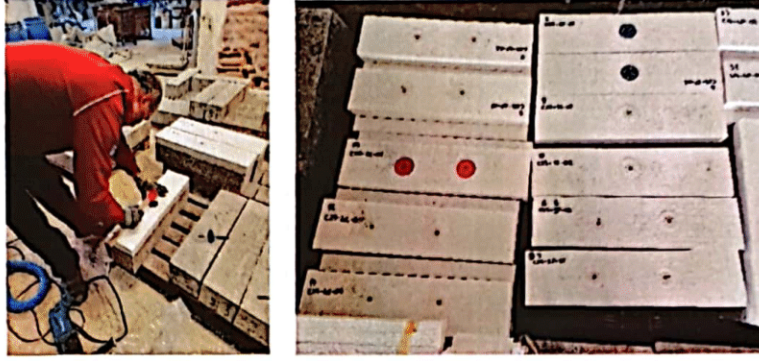
Kullanılan numunelere sistematik isimlendirme yapılmıştır. Örnek olmak üzere, dört numuneye ait etiketlerin açılımı aşağıda verilmiştir.

- C14-01 : 14 MPa hedef beton basınç dayanımı, yalın (dübelsiz referans durum) 01 nolu numune  
C25-4B-02 : 25 MPa hedef beton basınç dayanımı, 4 adet boş delikli (dübelsiz) 02 nolu numune  
C25-2Ç-01 : 25 MPa hedef beton basınç dayanımı, 2 adet çelik çivi, 01 nolu numune  
C14-4P-02 : 14 MPa hedef beton basınç dayanımı, 4 adet plastik çivi, 02 nolu numune

Tarih : 04 Temmuz 2024

Sayı : 2024-020

Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri



**Şekil 1** Beton deney numunelerine ısı yalıtım levhalarının montajı

### 2.3 Basınç Deneyleri

Basınç deneylerinde toplam 46 adet numune kullanılmıştır. Taşıma kapasiteleri dikkate alınarak, eski binaları temsil eden C14 hedef beton basınç dayanımına sahip numeler MTS 600 kN yükleme sisteminde yeni binaları temsil eden C25 hedef beton basınç dayanımına sahip numuneler ise INSTRON 5000 kN yükleme sisteminde denenmiştir.

Özdeş iki yalın numunenin biri MTS 600 kN, diğeri de INSTRON 5000 kN yükleme sisteminde test edilerek gerçekleşen yük-yerdeğiştirme ilişkilerinin benzer olduğu gözlenmiştir, **Şekil 2**.



Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

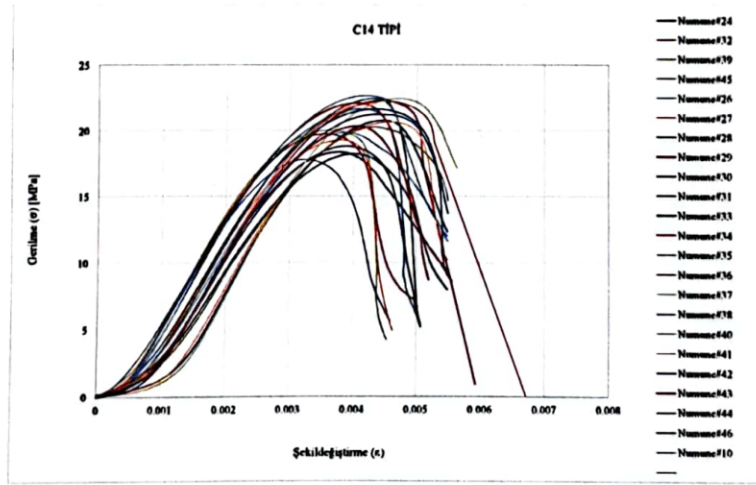
MTS 600 kN

INSTRON 5000 kN

**Şekil 2** Basınç deneylerinde kullanılan yükleme sistemleri

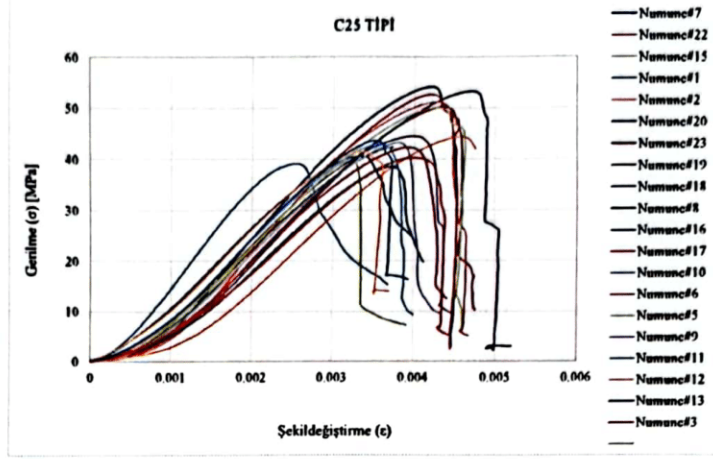
Basınç deneylerinde elde edilen gerilme şekildeğiştirme ilişkileri **Şekil 3 ve 4** de verilmiştir. Prizmaların farklı betonlar ile üretilmiş olması (C14, 2 ayrı günde ve C25, 3 farklı günde üretilmiştir.) ve basınç deneylerinde beton yaşındaki farklılığın (C14, 2 ayrı günde ve C25, 2 farklı günde denenmiştir.) sonuçlardaki saçılmalar üzerinde etkili olduğu değerlendirilmiştir. Pratikte farklı binalarda beton dayanımlarının farklılığı ve hatta aynı binanın farklı bölümlerinde beton dayanımlarındaki değişkenlikle doğal olarak karşılaşılmaktadır.

**Tablo 1** de, basınç deneyinde kullanılan tüm numunelerin üretim ve deney tarihleri ile gerçekleşen kırılma yükü ve basınç dayanımı büyüklükleri verilmiştir.



**Şekil 3** C14 (Hedef beton basınç dayanımı) numunelerinde elde edilen gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri

Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri



**Şekil 4** C25 (Hedef beton basınç dayanımı) numunelerinde elde edilen gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri

**Tablo 1** Basınç Deneyi Sonuçları

Numune No	Üretim tarihi	Deney tarihi	Kırılma Yüğü [kN]	Basınç Dayanımı [MPa]	Yükleme Cihazı	Yükleme Hızı [mm/dk]
1 C25-01	18.01.2024	20.03.2024	880.090	39.12	INSTRON	5
2 C25-02	18.01.2024	03.04.2024	999.259	44.41	INSTRON	5
3 C25-1P-01	18.01.2024	03.04.2024	952.698	42.34	INSTRON	5
4 C25-1P-02	19.01.2024	03.04.2024	925.158	41.12	INSTRON	5
5 C25-2P-01	17.01.2024	03.04.2024	1127.673	50.12	INSTRON	5
6 C25-2P-02	17.01.2024	03.04.2024	1152.219	51.21	INSTRON	5
7 C25-4P-01	17.01.2024	20.03.2024	1219.533	54.20	INSTRON	5
8 C25-4P-02	17.01.2024	03.04.2024	1198.965	53.29	INSTRON	5
9 C25-1Ç-01	18.01.2024	03.04.2024	973.156	43.25	INSTRON	5
10 C25-1Ç-02	18.01.2024	03.04.2024	919.111	40.85	INSTRON	5
11 C25-1Ç-03	19.01.2024	03.04.2024	968.836	43.06	INSTRON	5
12 C25-2Ç-01	19.01.2024	03.04.2024	933.829	41.50	INSTRON	5
13 C25-2Ç-02	19.01.2024	03.04.2024	982.746	43.68	INSTRON	5
14 C25-2Ç-03	18.01.2024	03.04.2024	966.000	42.93	INSTRON	5

6 / 11

Tarih : 04 Temmuz 2024

Sayı : 2024-020

Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

15	C25-4Ç-01	18.01.2024	20.03.2024	892.336	39.66	INSTRON	5
16	C25-4Ç-02	18.01.2024	03.04.2024	867.510	38.56	INSTRON	5
17	C25-4Ç-03	19.01.2024	03.04.2024	906.864	40.31	INSTRON	5
18	C25-1B-01	18.01.2024	03.04.2024	1001.660	44.52	INSTRON	5
19	C25-1B-02	18.01.2024	03.04.2024	955.050	42.45	INSTRON	5
20	C25-2B-01	18.01.2024	03.04.2024	914.652	40.65	INSTRON	5
21	C25-2B-02	18.01.2024	03.04.2024	947.000	42.09	INSTRON	5
22	C25-4B-01	17.01.2024	20.03.2024	1186.032	52.71	INSTRON	5
23	C25-4B-02	17.01.2024	03.04.2024	1131.773	50.30	INSTRON	5
24	C14-01	19.01.2024	20.03.2024	413.306	18.37	MTS	10
25	C14-02	19.01.2024	20.03.2024	394.659	17.54	INSTRON	5
26	C14-1P-01	22.01.2024	02.04.2024	486.732	21.63	MTS	5
27	C14-1P-02	22.01.2024	02.04.2024	433.694	19.28	MTS	5
28	C14-1P-03	19.01.2024	02.04.2024	467.299	20.77	MTS	5
29	C14-2P-01	22.01.2024	02.04.2024	501.415	22.29	MTS	5
30	C14-2P-02	22.01.2024	02.04.2024	505.123	22.45	MTS	5
31	C14-2P-03	22.01.2024	02.04.2024	423.454	18.82	MTS	5
32	C14-4P-01	22.01.2024	20.03.2024	444.278	19.75	MTS	5
33	C14-4P-02	22.01.2024	02.04.2024	410.621	18.25	MTS	5
34	C14-4P-03	22.01.2024	02.04.2024	496.920	22.09	MTS	5
35	C14-1Ç-01	22.01.2024	02.04.2024	446.661	19.85	MTS	5
36	C14-1Ç-02	22.01.2024	02.04.2024	500.290	22.24	MTS	5
37	C14-2Ç-01	22.01.2024	02.04.2024	504.489	22.42	MTS	5
38	C14-2Ç-02	22.01.2024	02.04.2024	474.359	21.08	MTS	5
39	C14-4Ç-01	22.01.2024	20.03.2024	450.305	20.01	MTS	5
40	C14-4Ç-02	22.01.2024	02.04.2024	509.378	22.64	MTS	5
41	C14-1B-01	19.01.2024	02.04.2024	464.521	20.65	MTS	5
42	C14-1B-02	19.01.2024	02.04.2024	486.524	21.62	MTS	5
43	C14-2B-01	19.01.2024	02.04.2024	457.758	20.34	MTS	5
44	C14-2B-02	22.01.2024	02.04.2024	456.139	20.27	MTS	5

7 / 11

*Handwritten signature*

Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

45	C14-4B-01	22.01.2024	20.03.2024	400.207	17.79	MTS	5
46	C14-4B-02	22.01.2024	02.04.2024	477.490	21.22	MTS	5

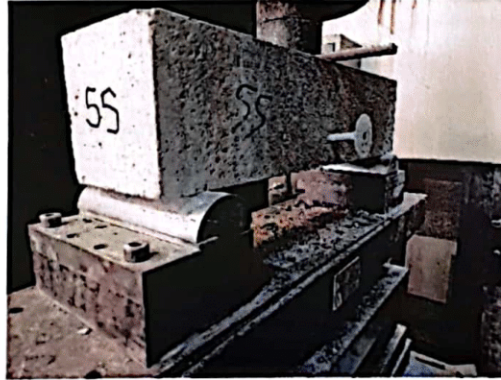
## 2.4 Eğilme Deneyleri

10 adet prizma “üç nokta eğilme deneyine” tabi tutulmuştur. 4 adet C14 ve 6 adet C25 hedef basınç dayanımlı numune kullanılmıştır. Her iki grupta

- 2 şer adet yalın numune
- 2 şer adet 3 boş delikli (dübelsiz) numune

C25 hedef beton basınç sınıfı için ilave olarak 2 adet 3 çelik çivili numune denenmiştir.

Prizma yan yüzlerindeki delikler çekme yüzünden 40 mm yukarıda oluşturulmuştur. Deney düzeneğinde silindirik mesnet elemanları arası açıklık 500 mm olarak alınmıştır. Hidrolik veren kafası ile numune arasına silindirik eleman yerleştirilerek açıklık ortasından yükleme yapılmıştır. Yükleme hızı 0.19 mm/dakika olarak uygulanmıştır, **Şekil 5**.



**Şekil 5** Eğilme deneyinde kullanılan sistem

Eğilme deneylerinde kullanılan numuneler için üretim tarihi, deney tarihi, eğilme yükü ve eğilme dayanımı **Tablo 2** de verilmiştir.



Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

**Tablo 2** Eğilme Deney Numuneleri

Numune No	Üretim tarihi	Deney tarihi	Eğilme Yüklü [kN]	Eğilme Dayanımı [MPa]	Yükleme Cihazı	Yükleme Hızı [mm/dk]
47 C14-01	22.01.2024	10.06.2024	25.00	6.67	INSTRON	0.19
48 C14-02	22.01.2024	10.06.2024	22.00	5.87	INSTRON	0.19
49 C14-3B-01	22.01.2024	10.06.2024	20.00	5.33	INSTRON	0.19
50 C14-3B-02	22.01.2024	10.06.2024	24.00	6.40	INSTRON	0.19
51 C25-01	17.01.2024	10.06.2024	30.00	8.00	INSTRON	0.19
52 C25-02	17.01.2024	10.06.2024	40.00	10.67	INSTRON	0.19
53 C25-3B-01	17.01.2024	10.06.2024	32.00	8.53	INSTRON	0.19
54 C25-3B-02	17.01.2024	10.06.2024	31.00	8.27	INSTRON	0.19
55 C25-3Ç-01	17.01.2024	10.06.2024	26.00	6.93	INSTRON	0.19
56 C25-3Ç-02	17.01.2024	10.06.2024	30.00	8.00	INSTRON	0.19

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İki grup deneyde elde edilen numune davranışları aşağıda karşılaştırılmıştır:

Basınç deneylerinde;

- Prizmaların farklı betonlar ile üretilmiş olması (C14, 2 ayrı günde ve C25, 3 farklı günde) ve basınç deneylerinde beton yaşının farklılığı (C14, 2 ayrı günde ve C25, 2 farklı günde) sonuçlar üzerinde etkili olmuştur.
- C14 hedef basınç dayanımına sahip yalın prizmalarda 17.54 MPa ve 18.37 MPa basınç dayanımları elde edilmiştir.
- C25 hedef basınç dayanımına sahip yalın prizmalarda 39.12 MPa ve 44.41 MPa basınç dayanımları elde edilmiştir.
- C14-02 numunesinde 17.54 MPa, C14-4B-01 numunesinde 17.79 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.

9 / 11

Tarih : 04 Temmuz 2024

Sayı : 2024-020

Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

- C14-01 numunesinde 18.37 MPa, C14-2B-01 numunesinde 20.34 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.
- C14-01 numunesinde 18.37 MPa, C14-1P-03 numunesinde 20.77 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.
- C14-01 numunesinde 18.37 MPa, C14-4Ç-01 numunesinde 20.01 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.
- C25-01 numunesinde 39.12 MPa, C25-4Ç-01 numunesinde 39.66 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.
- C25-01 numunesinde 39.12 MPa, C25-2B-01 numunesinde 40.65 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.
- C25-01 numunesinde 39.12 MPa, C25-1P-01 numunesinde 42.34 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.
- C25-1P-01 numunesinde 42.34 MPa, C25-1Ç-01 numunesinde 43.25 MPa basınç dayanımı gerçekleşmiştir.

**Bu sonuçlara göre; incelenen numunelerde, dübel deliklerinin “prizma basınç dayanımları” üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.**

Eğilme deneylerinde;

- Kırılma tüm numunelerde yükleme kesitinde (açıklık ortasında) gerçekleşmiştir.
- Yalın numunelerde kırılma yükleri; C14-01 ve C14-02 numunelerinde 25 kN ve 22 kN olarak, C25-01 ve C25-02 numunelerinde 30 kN ve 40 kN olarak gerçekleşmiştir. (Numuneler aynı yaştadır.)
- Üç boş delikli (dübelsiz) numunelerde kırılma yükleri; C14-3B-01 ve C14-3B-02 numunelerinde 19.6 kN ve 24.3 kN olarak, C25-3B-01 ve C25-3B-02 numunelerinde 31.1 kN ve 31.5 kN olarak gerçekleşmiştir. (Numuneler aynı yaştadır.)
- Üç çelik çivili numunelerde kırılma yükleri; C25-3Ç-01 ve C25-3Ç-02 numunelerinde 26.5 kN ve 30.0 kN olarak gerçekleşmiştir. (Numuneler aynı yaştadır.)

**Bu sonuçlara göre; incelenen numunelerde, dübel deliklerinin “prizma kırılma yükü” üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.**

Tarih : 04 Temmuz 2024  
Sayı : 2024-020  
Konu : İZODER Dübelleme Deneyleri

#### 4. SONUÇ

İZODER Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneğinin talebi doğrultusunda; dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde yapılan dübelleme işleminin yapılardaki taşıyıcı elemanların yük taşıma kapasiteleri üzerinde etkisi olup olmadığının tespiti için beton prizma deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Deneyleri yapılan numunelerde;

- Beton prizmalar beş farklı tarihte üretildiği için, gerçekleşen basınç dayanımlarında farklı miktarlarda sapma (saçılma) meydana gelmiştir.
- Basınç deneylerinde; değişkenler matrisindeki parametrelerden biri olan dübel deliklerinin varlığının "prizma basınç dayanımı" üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.
- Eğilme deneylerinde; dübel deliklerinin "kırılma yükü" üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak; dış cephe ısı yalıtım sistemlerinde yapılan dübelleme işleminin binaların taşıyıcı sistemine olumsuz yönde bir etkisinin olmadığı görüşüne ulaşılmıştır.

Bilginize sunulur.



Prof.Dr. Ercan YÜKSEL  
İTÜ İnşaat Fakültesi Öğretim Üyesi

  
İMZA TASDİK OLUNUR  
Rapor İçerisinin Sorumluluğu  
İmza Sahiplerine aittir.

11 / 11