

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOĞUK HAVA KOŞULLARINDA RUSYA NORMLARINA GÖRE
BETONARME İMALATLARDA KIZIL ÖTESİ IŞIMA KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sibel YALÇIN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

HAZİRAN 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOĞUK HAVA KOŞULLARINDA RUSYA NORMLARINA GÖRE
BETONARME İMALATLARDA KIZIL ÖTESİ IŞIMA KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sibel YALÇIN
(501121117)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı:Öğr. Gör. Dr. Feyzi HAZNEDAROĞLU

HAZİRAN 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121117 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sibel YALÇIN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**SOĞUK HAVA KOŞULLARINDA RUSYA NORMLARINA GÖRE BETONARME İMALATLARDA KIZIL ÖTESİ İŞİMA KULLANIMI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Öğr. Gör. Dr. Feyzi HAZNEDAROĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Öğr.Gör. Dr. Murat KURUOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Ümit DİKMEN
Boğaziçi Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **01 Haziran 2015**

Anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı tamamlamam için emek sarfedip, yol gösteren değerli tez danışmanım Feyzi Haznedaroğlu'na, sektör ve akademiye bu denli özdeşleştiren, her teknik soruna yaklaşımı ve çözüm sistemleriyle tartışılmaz bir uzman olan Murat Kuruoğlu'na, verdikleri her bir dersin sektörde net bir karşılığı bulunan tüm Yapı İşletmesi hocalarıma, uyguladığı politikalar ve her zaman yenilikçi yaklaşımıyla bu çalışmanın var oluş nedeni olan değerli proje müdürüm Argun Koçulu'ya, sağladığı katkılar ve bu çalışmayı yapacak ortamı sağladığı için hem bir abim hemde saygı değer şefim, proje müdür yardımcım Ali Altunışık'a, bana istihdam sağladıkları için tüm Ant Yapı ailesine, yüksek lisansa başlamakla vesile olan değerli abim-meslektaşım Ergin Aydın'a, yüksek lisansa başvuru dönemimde yardımlarını asla unutamayacağım Karadeniz Teknik Üniversitesi'nin değerli akademisyenleri Tayfun Dede, Hasan Basri Başağa ve Ahmetcan Altunışık'a, bu çalışmayı tamamlarken beni motive eden dostlarım Merve Ceylan, Burçin Sinem Yılmaz, Ekin Eray ve Şeyda Baytekin'e, çalışma içerisinde yardım ve desteklerini esirgemedi katkıda bulunan Emre Gökyiğit'e, yüksek lisans sürecimde her zaman yanımda olan arkadaşım Bilge Akkoca ve kuzenim Yağmur Yalçın'a, meslek hayatımın yol haritasını çizmemde ışık tutan kariyer koçum ve motivasyon kaynağım çok sevdiğim meslektaşım Cüneyt Kars'a, kardeşim Sezgin Yalçın'a, hayatım boyunca 'Her zaman hedefini yüksek tut, ulaşabildiğin kadar gidersin diyerek'beni her alanda destekleyen başarı anahtarım babama, üzerimden dua ve güzel temennilerini eksik etmeyen, yıllarca kendinden önce çocuklarını düşünen sevgili anneme şükranlarımı sunarım.

Haziran 2015

Sibel Yalçın
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Çalışma Yöntemi.....	3
1.3 Tezin İçeriği	4
2. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ	7
2.1 Proje Yönetiminin İşlevleri	8
2.1.1 Proje yönetimi (genel)	9
2.1.2 Maliyet yönetimi	9
2.1.3 Süre yönetimi	9
2.1.4 Kalite yönetimi	9
2.1.5 Sözleşme uygulaması	10
2.1.6 İş güvenliği yönetimi.....	10
2.2 Proje Yönetiminin Süreçleri.....	10
3. KALİTE KAVRAMI	13
3.1 Kalite Kontrolü Kavramı.....	14
3.2 Kalite Güvencesi Kavramı	14
3.3 Kalite Güvence Sistemi	15
3.3.1 Kalite güvence sisteminin denetimi	16
3.3.2 Ürün denetimi.....	17
3.4 Bazı Ülkelerde Betonarme ile İlgili Kalite Kontrol Sistemleri	18
3.4.1 Japonya’da betonarme standartları ve kalite	18
3.4.2 İtalya’da betonarme standartları ve kalite	19
3.4.3 Almanya’da betonarme standartları ve kalite.....	20
3.4.4 İsveç’de betonarme standartları ve kalite.....	21
3.4.5 İngiltere’de betonarme standartları ve kalite.....	21
3.5 Kalite Yönetim Sistemi	24
3.5.1 İnşaat sektörü için KYS tasarımı ve uygulaması	25
4. BETONARME İMALATLARDA KALİTE	27
4.1 Beton, Betonarme Kavramları, Üretim süreçleri ve Standartları	27
4.2 Betonun Sınıflandırılması	29
4.2.1 Kuvamlarına göre hazır beton sınıfları	29
4.2.2 En büyük tane boyutuna göre hazır beton sınıfları	29
4.2.3 Karakteristik basınç dayanımlarına göre hazır beton sınıfları.....	30

4.2.4 Birim ağırlıklarına göre hazır beton sınıfları.....	30
4.3 Taze Ve Sertleşmiş Beton Tanımı Ve Aranılan Özellikler	31
4.4 Beton Dayanımı Belirleme Yöntemleri.....	34
4.5 Beton Dayanımı-Olgunluk Faktörü İlişkisi	35
4.6 Beton Dayanımını Artırıcı Yöntemler.....	36
4.6.1 Sıcak havada beton dayanımını artırıcı yöntemler	37
4.6.2 Soğuk havada beton dayanımını artırıcı yöntemler	38
4.7 Kış Şartlarında Betonarme İmalatında Kullanılan Isıtma Yöntemleri	42
4.7.1 Elektrikli ısıtma battaniyeleri	42
4.7.2 Karbon fiber ısıtma teli ile ısıtma.....	43
4.7.3 Isıtmak cihazları ile doğrudan ısıtma.....	44
4.7.4 Kalorifer sistemiyle dolaylı ısıtma	45
4.7.5 Isıtmadan beton üretim alternatifleri	46
4.7.6 Kızılötesi ısıtmanın inşaat sektöründe uygulandığı diğer imalatlar	47
4.8 Isıtma Sürecinde Isı Yalıtımlı Branda Kullanımı	49
4.9 Isıtma Sürecinde Kızıl Ötesi Lamba Kullanımı	50
5. RUSYA’DA BETONARME İMALATLARIN KALİTE SÜRECİNE	
YÖNELİK BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ	51
5.1 Rusya’da Beton Üretim Süreci Ve Standartları.....	51
5.1.1 Kış döneminde beton üretim işlerinin özellikleri	54
5.2 Beton Ve Yüksek Mukavemetli Betonların Kalite Kontrolü İle Değerlendirme	
Koşulları.....	56
5.3 Kızılötesi Isıtma İle Isıtma Problemlerinin Modellenmesi.....	59
5.3.1 Uygulama projesinin özellikleri	59
5.3.2 Uygulama yapılan projede yaşanan sorunlar.....	60
5.3.3 Isıtma sistemi için seçilen değerlendirme kriterleri.....	61
5.4 Rusya Şartlarında Genel Beton Üretim Süreci	63
5.4.1 Kalıp imalatında derzlerin yerleştirilmesi	63
5.4.2 Beton yerleştirme öncesi hazırlık çalışmaları.....	65
5.4.3 Isıtma tellerinin yerleştirilmesi.....	65
5.4.4 Santralden gelen beton karışımının teslim alınması	77
5.4.5 Beton karışımının getirilmesi ve dökülmesi.....	80
5.4.6 Numune mukavemetinin beton ısisına bağlı olarak değişimi.....	81
5.4.7 Beton kürü ve bakımı	82
5.4.8 Beton kürü yapılan alanın sınırlandırılması	85
5.4.9 Beton küründe soğutma dönemi	85
5.5 Kızılötesi Isıtma İle Isıtmanın Uygulama Süreci	86
5.5.1 Beton yerleştirme öncesi ekipman ve malzeme hazırlıkları.....	87
5.5.2 Isıtma kablolarının montajı.....	88
5.5.3 Kalıp hazırlığı ve gerekli düzenlemeler	90
5.5.4 Beton dökümü ve kür uygulama koşulları.....	91
5.5.6 Kür alanının sağlaması gereken sıcaklık koşulları	94
5.5.7 Beton prizi sonrası çalışma katında üretim yapılması	95
5.6 Isıtma Süresince Kızılötesi Ekipmanın Kullanım Yöntemi	98
6. BETON ISITMA SİSTEM SEÇİMİ KARŞILAŞTIRMALARI	105
6.1 İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Açısından Sistemlerin Karşılaştırılması.....	105
6.2 Beton Kalitesi Açısından Sistemlerin Karşılaştırılması	109
6.3 İmalat Hızını Artırması Bakımından Sistemlerin Karşılaştırılması	110
6.4 Kullanım Kolaylığı Bakımından Sistemlerin Karşılaştırılması.....	111
6.5 Maliyet Açısından Sistemlerin Karşılaştırılması	112

6.6 Yeni Isıtma Sistemi ile Yapım Yönetimi Sürecine Yapılan Temel Katkılar .	116
7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	119
7.1 Isıtma Sistemlerinin Avantaj Ve Dezavantajları	121
7.2 Aşırı Soğuk Ortamda Beton Isıtmada Kızılötesi Ekipman Seçimi Ve Kullanımda Dikkat Edilecek Unsurlar.....	123
KAYNAKLAR	125
EKLER.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	147

KISALTMALAR

CMAA	: The Construction Management Association of America
QSRMC	: Quality Scheme for Ready Mixed Concrete
BRMCA	: British Ready-Mixed Concrete Association
THBB	: Türkiye Hazır Beton Birliği
KGS	: Kalite Güvence Sistemi
ISO	: International Organization for Standardization
JSCE	: Japan Society of Civil Engineers
AIJ	: Architectural Institute of Japan
JIS	: Japanese Industrial Standards
SVQ	: Scottish Vocational Qualifications
SNIP	: Russian Industry Standards and Regulations
DIN	: Deutsches Institut für Normung
KYS	: Kalite Yönetim Sistemi
TS	: Türk Standartları
MPa	: Mega Paskal
ACI	: American Concrete Institute
EYÇ	: Erken Dayanımı Yüksek Çimento
PÇ	: Portland Çimentosu
İSG	: İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği
KCal	: KiloKalori
KW	: KiloWatt
R	: Direnç
ROSTEST	: Rusya Federasyonu Test ve Sertifika Merkezi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Proje yönetim matrisi [3].....	10
Çizelge 4.1: Kıvamlarına göre beton sınıfları.....	29
Çizelge 4.2: En büyük agrega tane boyutuna göre beton sınıfları.	30
Çizelge 4.3: Karakteristik basınç dayanımlarına göre beton sınıfları.....	30
Çizelge 4.4: Birim ağırlıklarına göre beton sınıfları.....	31
Çizelge 4.5: TS EN 206'ya göre çeşitli beton sınıfları.....	33
Çizelge 4.7: Kesit kalınlığına göre yerleştirme sırasında tavsiye edilen beton sıcaklıkları.....	39
Çizelge 5.1: Gost 31914-2012 standardının kabul edildiği ülkeler.	53
Çizelge 5.2: Beton ısı ölçümü kalite kontrol formu.	73
Çizelge 5.3: Beton kalite kontrol formu.	79
Çizelge 5.5: Sıcaklık-zaman-dayanım ilişki grafiği.	97
Çizelge 5.6: Kızılötesi ısıtıcı yüzey temizlik-ısı test sonuçları.....	104
Çizelge 6.1: Mazotlu (ISIMAK) ısıtıcı Dönemlik Maliyet Analizi Tablosu.....	115
Çizelge 6.2: Kızılötesi (ışınma) Isıtıcı Dönemsel Maliyet Analizi Tablosu.....	115

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Çalışmada izlenen yol.	4
Şekil 2.1: İnşaat yatırımı çevrimi [3].	7
Şekil 2.2: Proje yönetim üçgeni [5].	8
Şekil 3.1: Kaizen simgesi.	13
Şekil 3.2: KGS Sistem denetim şeması.	16
Şekil 3.3: Ürün denetim şeması.	17
Şekil 3.5: Dört katmanlı dökümantasyon piramidi.	26
Şekil 4.1: Elektrikli ısıtma battaniyesinin uygulaması.	42
Şekil 4.2: Elektrikli ısıtma battaniyelerinin depolanması.	43
Şekil 4.3: Isımak ısıtıcı ile doğrudan ısıtma.	44
Şekil 4.4: Çalışır halde bir ısımak ısıtıcı.	45
Şekil 4.5: Kalorifer sistemiyle dolaylı ısıtma.	46
Şekil 4.6: Sıva imalatı yapılan alanda kızılötesi yüzeysel ısıtıcı kullanımı.	48
Şekil 4.7: Isı yalıtımlı branda testi.	49
Şekil 5.1: Uygulama projesi şantiye görünümü.	59
Şekil 5.2: Balık kılçığı (Sebe-sonuç) diyagramı.	62
Şekil 5.3: (a) Perde ve (b) döşeme için düşey teknik derz şeması.	63
Şekil 5.4: Izgara çelik hasır örnekleri (Gost 5336-80).	64
Şekil 5.5: Isıtma amacıyla tasarlanmış üç fazlı, yağlı transformatör TMTO, KTPTO.	66
Şekil 5.6: Kolon ve giriş üzerinde ısıtma teli montajı.	67
Şekil 5.7: Düşey taşıyıcılara beton dökümü öncesinde beton borusunun yerleştirilmesi.	70
Şekil 5.8: Kolon ve perde elemanlarına termoelektrik borunun yerleştirilme şeması.	71
Şekil 5.9: Beton ısı kontrol formu bilgi işleme akış şeması.	72
Şekil 5.10: Santralden gelen betonun şantiyede teslim süreç akış şeması.	77
Şekil 5.11: Beton döküm yöntemi seçim kararı akış şeması.	80
Şekil 5.12: Beton ısisına bağlı numune mukavemetinin değişimi.	81
Şekil 5.13: Kalıp sökme kararı akış şeması.	83
Şekil 5.14: Donatı ve kalıbın kapatılması.	87
Şekil 5.15: Perdelerde ısıtma kablolarının montajı.	88
Şekil 5.16: Döşemelerde ısıtma kablolarının montajı.	89
Şekil 5.17: Kolonda ısıtma kablolarının montajı.	90
Şekil 5.18: Döküm öncesi ısımak ve kızılötesi ekipmanların yerleştirilmesi.	91
Şekil 5.19: Beton dökümünde ekipman kullanımı ve ısının korunması.	92
Şekil 5.20: Beton yerleştirmede sağlanması gereken sıcaklıklar.	93
Şekil 5.21: Yerleştirme sonrası beton kürü evresi.	96
Şekil 5.22: Balıkkılçığı diyagramı.	99
Şekil 5.23: Çalışma alanının kapatılması.	100
Şekil 5.24: Beton dökümüne paralel yüzeylerin kapatılması.	101

Şekil 5.25: Yüzey kapatmada uygun branda kullanımı.....	101
Şekil 5.26: Kolon elemanlarında kızıl ötesi cihazların yerleştirme planı.	102
Şekil 6.1: Beton ısıtılırken meydana gelen bir yangın görüntüsü-1, Moskova (2012).....	106
Şekil 6.2: Beton ısıtılırken meydana gelen bir yangın görüntüsü-2, Moskova (2012).....	107
Şekil 6.3: Ahşap kılıf içerisinde kızıl ötesi ısıtma cihazları (infraredler).	108
Şekil 6.4: Beton kalite problemi örneği.	109
Şekil 6.5: Firmanın farklı şantiyelerinde 2014 Ocak ayı dökülen beton hacimleri..	117

SOĞUK HAVA KOŞULLARINDA RUSYA NORMLARINA GÖRE BETONARME İMALATLARDA KIZIL ÖTESİ IŞIMA KULLANIMI

ÖZET

Soğuk iklim koşulları Rusya’da inşaat sürecinin en temel zorluğudur. Çalışmanın amacı; soğuk hava koşullarında imalat yaparken uygun sıcaklık koşullarında ve Rus standartlarında, iş sağlığı ve işçi güvenliğini ön planda tutacak şekilde, imalatı en hızlı şekilde sürdürmeye yardımcı olabilecek, aynı zamanda maliyetide düşürerek, kaba inşaatla öngörülen kaliteyi sağlamak için kızıl ötesi ısıma yöntemini beton üretim sürecinin temel problemi olan beton ısıtmada kullanmaktır.

Beton ısıtması beton mukamet değerlerini, priz alma süresi gibi kalite faktörleriyle ilişki olduğundan çalışma konusu kalite başlığında incelenmektedir.

Çalışma Rusya’da inşaat yapan bir Türk firmasının şantiyelerinden biri bünyesinde yürütülmüştür. Şantiye de yaşanan problemler ve proje yönetim kriterlerinden maliyet, planlama, İSG ve kalite düşünülerek, değişkenler belirlenmiş ve kullanım yöntemini belirlemek amacı ile denemeler yapılmıştır. Seçilen değişkenler; hava sıcaklığı, ısıtma süresi, branda vb.malzeme ile çalışma alanının kapalı olup olmaması, uygulama mesafesi ve malzeme özelliğinden oluşmaktadır.

Kar ve buz olmadığında kalıp altı ısıtmada, kolon yada perdede 1,5 ya da 2 kW’lık kızıl ötesi ısıma kullanılırken, döküm öncesi karı, buz eritmek için 2 kW’lık kızıl ötesi ısıma ile istenen +35°C’lik sıcaklıklara ulaşılabilmesi için yeterli olmamış, 6kW’lık ısıtıcılarla istenen yüzey sıcaklığına erişilebilmiştir. 6kW’lık kızıl ötesi ısıma ile çok daha kısa sürede (1-2 saatte) karı, buz erittiği gibi kalıp ve donatı sıcaklığını da kızıl ötesi ısımanın direkt vurduğu yüzeylerde +45°C’lerde kadar çıkardığı ölçülmüştür.

Kolonlarda; hava sıcaklığı -10°C’nin altına düştüğünde 4 köşeye şekilde görüldüğü gibi 80cm ile 100 cm arasında mesafeden yerleştirilir. Hava sıcaklığı -10°C ile 0°C arasında olduğunda her yüzeye bir 1 adet kızıl ötesi ısıma cihazı bakacak şekilde 80cm ile 100 cm arasında yerleştirilir, hava sıcaklığı 0°C ile +5°C arasında olduğunda sadece çapraz köşelerden 1 adet 2’şer adet 2 kw’lık kızıl ötesi ısıma cihazının 80cm ile 100 cm arasında yerleştirilmesi yeterli olmuştur.

Döşemelerde; döşeme altından 80 cm uzaklıkta kızıl ötesi ısıma cihazının yerleşimi yapılabilir. Kızıl ötesi ısımanın etki alanı, cihazın köşelerinden 45°’lik bir açı yapacak şekilde belirlenir. Hava sıcaklığı -15°C’nin altına düştüğünde döşeme altında 10 m²’ye 1 adet 6 kW’lık kızıl ötesi ısıma ünitesi yerleştirilir, hava sıcaklığı -15°C ile 0°C arasında olduğunda döşeme altında 12-13 m²’ye 1 adet kızıl ötesi ısıma ünitesi yerleştirilir, hava sıcaklığı 0°C ile +5°C arasında olduğunda döşeme altında 15-17 m²’ye 1 adet kızıl ötesi ısıma ünitesi yerleştirilmesi yeterli olmuştur.

Perdelerde; perdelerin geometrik şekline dikkat etmek gerekecektir. 3 metre genişliğe 1 adet kızıl ısıtma ünitesi gelecek şekilde ekipman yerleşimi yapılmasının uygun olduğu görülmüştür.

Değerlendirme kriterleri önem sırasına göre konduğunda en önemli konunun iş sağlığı ve güvenliği ile doğal çevreyi kirletmeme olduğu söylenebilir. Bu kriterde tartışılmasız kızıl ötesi lamba yangın riskinin düşük olmasından, etrafa zehirli gazlar yaymamasından tercih sebebidir. Geçmişte yaşanan beton kalitesi problemleri düşünüldüğünde, homojen bir ısıtma açısından kızılötesi cihaz tercih edilebilir, lakin -15⁰C’ den daha düşük sıcaklıkta ısıtmak cihazlarla kombine edilmiş şekliyle sistem daha verimli çalışmaktadır. Uygulama kolaylığı unsuru açısından değerlendirildiğinde, kızıl ötesi cihazlarda da özen gösterilemesi gereken hafif ve kırılğan bir ekipman olduğu unutulmamalıdır. Kızılötesi araçlar, mazot ile ısıtmak cihazları gibi ortama zararlı mazot kokuları yaymadığı, yakıt donması, yakıtın bitmesi gibi problemler yaşatmadığından yine tercih sırasında öne geçmektedir. Tez çalışmasında baz alınan soğuk havada ısıtma ile beton imalat kalitesi yükseltmeye yönelik sistemi kullanabilmek için şu şartlar sağlanmalıdır: Proje çalışanlarının değişime ve gelişime açık olmalıdır. Elektrik grubu yeterli bir kadroya sahip olmalıdır. Kullanılacak kızıl ötesi ısıtma sayısına göre şantiye elektriği yeterli kw enerjiyi sağlamalıdır. Sistemi denetleyecek bir kalite kontrol grubu olmalıdır. Maliyet açısından değerlendirildiğinde ısıtmak yöntemine göre %24,71 daha az bir maliyetle yapılabilir olduğu hesaplanmıştır. Sistem seçimi ve uygulama kriterleri değiştirilip geliştirilerek optimizasyona gidilebilir.

THE USE of INFRARED RADIATION in ROUGH CONSTRUCTION UNDER COLD WEATHER CONDITIONS ACCORDING TO RUSSIAN STANDARDS

ABSTRACT

In the construction industry; while providing significant benefits from advances in both equipment and method of construction technology and also management technologies, basic labor can not survive without the manpower-intensive sectors. Unless machines is not for construction large structures such as shopping malls, skyscrapers and dams not so possible. However, the sector largely manpower must be used. This is a fact that must be accepted in the labour intensive sector, made perfect construction like on paper drawing and doing a job in quality standards which calculated with formulas companies need for the system which include high details to control the entire process.

The principle of the international study Turkish construction sector was able to purify the traditionalist construction logic that can adapt to this change, they employment people who principle innovation and development and so growing fast and is continuing development with the budget they allocate to innovation. In this way, the construction contractor of Turkish firms in the world rises to the top as the construction industry and also the construction of hundreds of large structural are performed in many countries of the world.

Russia is one of the leading countries in the international contracting services, in many different projects in the country is complemented by the Turkish producer. Due to the cold climate in Russia is fairly difficult works according to the conditions in Turkey. As each country has different standards in Russia has own standard and is dominated by these cold air to anyone who aim to make high-quality production, this way of working will help us.

The main difficulty of construction process in Russia is cold climate conditions. The aim of this research is to apply infrared radiation method for concrete heating, which is the main problem of the reinforced concrete produce process, in appropriate temperature and Russian standards while working in cold weather circumstances, in a way that considers occupational health and safety, in order to maintain the construction in the fastest way and at the same time to decrease the cost and to provide predicted quality for rough construction.

In this study, Employees producer company in Russia in the sector of concrete production processes related to air temperature is an important factor affecting the work programs described in full detail and more sustainable than the current system has been described a new system of making new work on experiments and observations have been made in comparison with the old system.

+5°C be less than the air temperature, which means winter conditions in Russia, regardless of the material used for manufacturing of construction temperature should

be minimum + 2°C. The main problem at this point; serious difficulties to achieve the desired high strength concrete in cold weather conditions is experienced. The temperature of the winter heating season, hours are made to remove these values are expected to manufacturing. This is extend the work period. Also the work done by the area and this area should be associated with the ambient temperature of + 5°C + 15°C. Becasue of these conditions operation time and also cost increase. This is a problem that does not use an improved standard model on 21 construction sites studied to solve seen, the results of the heating means used in the continuation of manufacturing to testing, it was observed that systematic conducted a process unmonitored heating application.

Make uncontrolled heating without being connected to any system, taking strength from the opening of the concrete formwork, then the low-strength structural elements necessary to reheat or make strengthening is caused by inability of the projects completed in the prescribed time. This situation increases the costs of the project and resulted in a serious decline in the profitability of the contractor. Therefore, the priority issues to be solved in the construction of rough concrete or manufacturing any manufacturing while providing the necessary heat-resistance relationship is essential.

In addition to the existing not standardized system often carries a large risk in terms of safety is the fire exit. The smoke of burning diesel as well as high cost of diesel also is working with the heating device used to spread the work environment is causing them to various respiratory problems and gas poisoning.

To summarize the purpose of this study, while producing a solution to the low resistance risk in the production of concrete on the existing system of construction project management through value engineering point of view in terms of other components (safety, cost, time and quality management) is to provide performance improvements. Occupational safety, workers and safer in terms of environmental health, less cost of existing heating system, easy to use, examine the business speed and strength building a new heating pattern as scientific and create a standard model is for quality management in cold weather conditions.

The concept of concrete heating is studied in concrete quality topic because of its direct effect on quality factors such as concrete resistance and setting duration.

This research is conducted in the site of a Turkish company, which works in Russia. The variables are determined by considering the possible site problems and 4 of project management criteria (cost, planning, occupational health and safety, quality) and experiments are done to determine the usage method. The chosen variables are weather temperature, heating duration, covering condition of the particular area, application distance and property of the material.

It is observed that, 2 kW infrared radiation which is applied for the condition of absence of snow and ice on column or beam, is not enough to reach to +35°C goal for beneath formwork heating in order to melt the snow and ice before pouring. The requested surface temperature is achieved by 6 kW heaters. The snow and ice were melted in a very shorter duration (1-2 hours) and the temperature of formwork and reinforcement was reached to 45°C on the surface which absorbs the radiation directly by 6 kW infrared radiation.

Infrared radiation devices are located on each four corners of the beams with 80-100 cm distance when the weather temperature is below -10°C. The devices are located

on each four surfaces of the beams with 80-100 cm distance when the weather temperature is between -10°C and 0°C . Finally, the devices are located on two cross corner with 80-100 cm distance when the weather temperature is between 0°C and $+5^{\circ}\text{C}$.

When it comes to floor applications, infrared radiation devices are located under the floor with 80 cm distance. The effective area of infrared radiation is determined by 45° angle from the corners of the device. The infrared radiation devices were located below the floor as one 6 kW device per 10m^2 area when the weather temperature is below -15°C . The devices were located as one device per $12\text{-}13\text{ m}^2$ when the weather temperature is between 15°C and 0°C . The devices were located as one device per $15\text{-}17\text{m}^2$ when the weather temperature is between 0°C and $+5^{\circ}\text{C}$.

It is essential to consider the shape of the wall for heating of reinforced concrete wall applications. It is observed that locating one infrared radiation device per 3 meter width is enough to get appropriate results.

When evaluation criteria is sorted by the level of importance, it can be said that the most important subjects are occupational health & safety and keeping the environment clean. For these criteria, infrared radiation method is preferred due to low flame risk and zero poisonous gas emission of the infrared lamp. When it is considered quality problems of reinforced concrete in the past, the device can be preferred for homogenous heating. However, the system works more efficient with the combination of ısımak devices for the temperatures below -15°C . In the view of difficulty of application, it should not be forgotten that infrared devices are light and fragile equipments which requires high level of caution. Infrared devices are more preferable rather than ısımak devices because of not having handicaps such as releasing smell of fuel, freezing risk of the fuel and running out of the fuel.

These circumstances should be provided in order to use the heating system for cold weather conditions which increases the quality of the reinforced concrete producing process as mentioned in the thesis:

- Collaborators of the project should be open to change and development.
- The electricity team should have enough members.
- The site electricity should meet the kW requirement according to the number of infrared radiation devices.
- A quality assurance team should be employed to check the system.

It is calculated that the system costs 24,71% less than conventional ısımak method. It is possible to optimize the method by adjusting preferences and application criteria.

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü gerek yönetim teknolojilerinde, gerekse ekipman ve yapım metodu teknolojilerindeki gelişmelerden, önemli faydalar sağlamakla birlikte, temelde insan gücü olmadan da varlığını sürdüremeyen emek yoğun bir sektördür. Alışveriş merkezleri, gökdelenler, barajlar gibi büyük yapıların meydana getirilmesinde makinalar olmazsa olmazdır. Lakin sektör büyük oranda insangücü kullanılmak zorundadır. Emek yoğun imalat yapılan bir sektörde kağıt üzerinde çizilen mükemmellikte, formüllerle hesaplanan kalitede bir işi yapabilmek için detay düzeyi yüksek planlamalara, tüm süreci kontrol edebilecek sistemlere ihtiyaç olduğu kabul edilmesi gereken bir gerçektir. Uluslar arası çalışmayı ilke edinen Türk inşaat sektörü bu değişime ayak uydurabilen gelenekselci inşaat mantığından arınabilmiş, yenilikçi ve gelişimi ilke edinmiş kişi ve kurumlar ile sektör hızla büyümekte, inovasyona ayırdıkları bütçeyle gelişim devam etmektedir. Bu sayede yapım yüklenicisi Türk firmaları, dünya inşaat sektöründe üst sıralara yükselmekte ve yine dünyanın birçok ülkesinde yüzlerce büyük inşaatın yapımını gerçekleştirmektedirler. Yurtdışı müteahhitlik hizmetlerinde öne çıkan ülkelerden biri olan Rusya'da da, ülkenin birçok şehrinde farklı projeler Türk yapımcılar tarafından tamamlanmaktadır. Soğuk iklim koşulları nedeniyle Rusya'da yapım işleri Türkiye şartlarına göre bir hayli zordur. Her ülkenin olduğu gibi Rusya'nın da farklı standartları vardır ve bunlara hakim olup, soğuk havada kaliteli bir üretim yapmayı hedefleyen herkese, bu çalışma yol gösterici olacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı; soğuk hava koşullarında imalat yaparken, Rusya standartlarında uygun sıcaklık koşullarının sağlanması, işçi sağlığı ve iş güvenliğini ön planda tutacak şekilde, imalatı en hızlı şekilde sürdürmeye yardımcı olabilecek, aynı zamanda maliyet optimizasyonunun da temin edilebileceği, betonarme imalatlarda öngörülen kaliteyi sağlayacak biçimde, beton üretim sürecinin temel problemi olan beton ısıtma sorununa yeni bir sistem önermek ve önerilen yeni sistemin deney sonuçlarını analiz ederek, sistemin tanımlanmasıdır.

Bu çalışmada; Rusya'da çalışan yapımcı firmalara, sektörde iş programını etkileyen önemli bir faktör olan hava sıcaklığına ilişkin beton üretim süreci tüm detaylarıyla anlatılmış ve mevcut sistemden daha sürdürülebilir yeni bir sistem üzerinde yeni çalışmalar yapılarak deney ve gözlem sonuçları anlatılmış, eski sistemle karşılaştırması yapılmıştır.

Hava sıcaklığının $+5^{\circ}\text{C}$ den az olması kış koşulları anlamına gelen Rusya'da, imalat yapımı için kullanılan malzeme ne olursa olsun sıcaklık minimum $+2^{\circ}\text{C}$ olmalıdır. Bu noktada esas sorun; soğuk hava koşullarında istenen yüksek beton dayanımını elde edebilmek için ciddi sıkıntılar yaşanmasıdır. Sıcaklığı kış mevsiminde bu değerlere çıkarmak için saatlerce ısıtma yapılmaktadır ve imalat için beklenmektedir. Bu durum iş süresini uzatmaktadır. Ayrıca çalışma yapılan ortamın ve bu ortamla ilişkili ortam sıcaklıklarının $+5^{\circ}\text{C}$ ile $+15^{\circ}\text{C}$ olması gerekmektedir. Bu koşullar işin süresini uzatmaktadır ve dolayısıyla maliyeti artırmaktadır. Bu sorunu çözmek için incelenen 21 şantiyede geliştirilmiş standart bir model kullanılmamakta olduğu görülmüş, kullanılan ısıtma araçlarının sonuçları test edilmeden imalatın devam ettirildiği, sistemetik bir süreç izlenmeyen ısıtma uygulaması yapıldığı gözlemlenmiştir.

Herhangi bir sisteme bağlı olmadan kontrolsüz ısıtma yapmak, betonun dayanımını almadan kalıpların açılmasına, düşük mukavemetli yapı elemanlarını daha sonra tekrar ısıtmak yada güçlendirme yapmak gerektiğinden, projelerin öngörülen sürede bitirilememesine neden olmaktadır. Bu durum projede maliyetleri de artırmakta ve yüklenici karlılığında ciddi düşüşlerle sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla kaba inşaat imalatlarında çözülmesi gereken öncelikli konu beton veya herhangi bir imalat yapılırken gerekli ısı- mukavemet ilişkisi şartını sağlamaktır.

Ayrıca standardize edilmeyen mevcut sistemlerde sık sık yangın çıkmakta olduğundan iş güvenliği açısından büyük bir risk taşımaktadır. Kullanılan ısıtma cihazı mazot ile çalıştığından maliyeti yüksek olduğu gibi yanan mazotun dumanı da çalışma ortamına yayıldığı için, çeşitli solunum problemlerine ve gaz zehirlenmelerine neden olmaktadır.

Özetlemek gerekirse bu çalışmanın amacı, mevcut sistemdeki beton üretimindeki düşük dayanımı riskine karşı bir çözüm üretirken, değer mühendisliği bakışıyla inşaat proje yönetiminin diğer bileşenleri açısından da (iş güvenliği, maliyet, zaman ve kalite yönetimi) performans artışları sağlamaktır. İş güvenliği, işçi ve çevre sağlığı

açısından daha güvenli, mevcut ısıtma sistemlerinden daha az maliyetli, kullanımı kolay, iş hızını ve mukavemeti artırıcı yeni bir ısıtma modelini bilimsel olarak incelemek ve soğuk hava şartlarında kalite yönetimi için standart bir model oluşturmaadır.

1.2 Çalışma Yöntemi

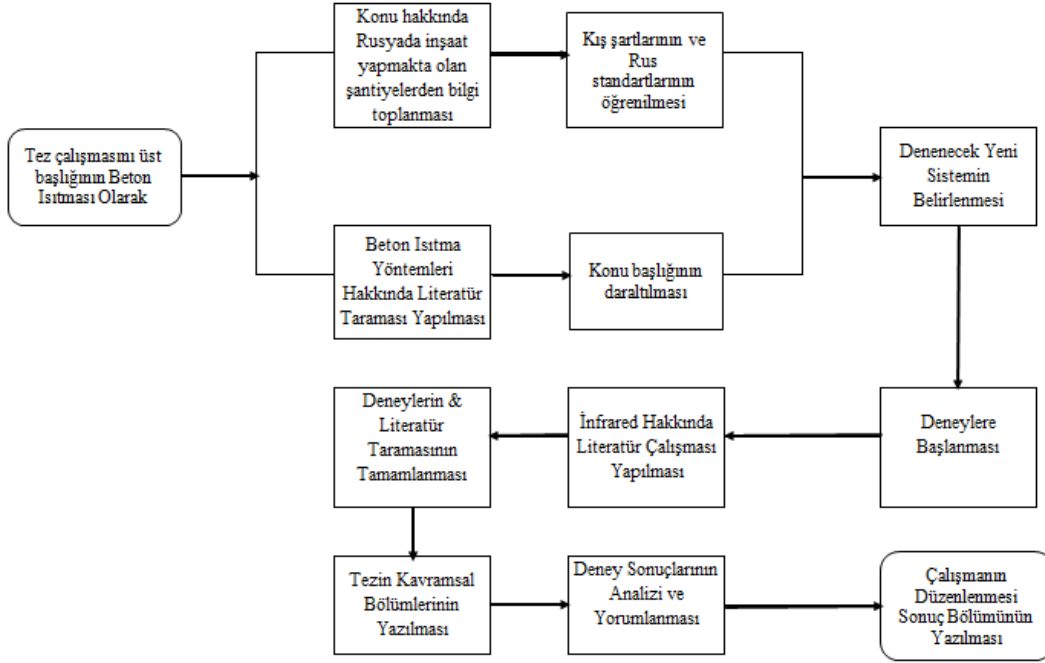
Çalışmanın yürütüldüğü şirket bünyesinde geçmişte gerçekleştirilen imalatlarda yaşanan kalite problemlerini belirleyip üzerinde çalışmaya başlandıktan sonra, öncelikle mevcut sürecin nasıl işlediği, incelenmiş, sürdürülebilir bir yeni süreç tanımlanırken temel değişkenlerin (ısıtma kaynağı, kalite kontrol sistemi vb.) neler olması gerektiği hakkında bilgi toplayıp, paralel olarak imalat süreci gözlemlenmiştir. Sistemdeki gerek iş sağlığı ve güvenliği, gerekse maliyet ve beton mukavemeti sorunları mlmek için soğuk hava şartlarında beton üretim süreci üzerinde yeni bir yöntem seçilmesi, süreç geliştirilmesi ve deneme kararı alınmıştır.

Mevcut sistemlerin incelenip, önerilen yeni sistem için deneyler yapılp reel durumun verileri kayıt altına alındıktan sonra iki farklı sistemin maliyetleri karşılaştırılarak kullanılabirliği araştırılmış, literatürden edilen bilgiler ışığında tüm veriler değerlendirip uygun sistem belirlenmiştir.

Daha sonra edinilen teorik ve pratik bilgilerle literatür taramasına başlandı ve sistem deneme süresince literatür taraması devam ettirilmıştir. İmalat için gereken koşullar belirlenip, farklı sıcaklıklarda testler yapıldıktan sonra tezin üçüncü kısmı yazılmaya başlanmıştır. Gerçek veriler ve yeni deneme sonuçları farklı kriterlere göre karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Son olarak çalışma neticesinde erişilen bulgular iş sürecinde işin mutfağında kazanılan bilgi ve tecrübelerle, kiş şartlarında beton üretim sürecinde kalite kontrol sürecinin bir sisteme oturması için yapılan nerileri içeren sonuç bölümü kaleme alınmış ve girişte tanımlanan amaç doğrutulsunda değerlendirilmış ve sistemin hangi şartlarda ve nasıl uygulanabileceği anlatılmıştır.

Isıtma ve buna bağlı kalite sistemi firmanın faaliyet gösterdiği farklı şantiyelerde uygulanmış, gözlemler sonucu kayıt edilerek deney değişkenlerinin etkisi belirlenmiştir. Deney ve gözlemler sonucuna göre sistem revize edilerek netleştirilmıştir. Aşağıda şekil 1.1’de tez çalışmasında izlenen yol özetlenmiştir.



Şekil 1.1: Çalışmada izlenen yol.

1.3 Tezin İçeriği

Tez çalışmasının giriş bölümünde çalışmanın amacı, izlenen yöntem ve tezin içeriği hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın 2.bölümünde proje yönetiminin işlevleri ve süreçlerine dair bilgi verilmiştir.

Çalışmanın 3.bölümünde literatür araştırması yapılarak kalite kavramı, kalite güvence sistemi ve bazı ülkelerdeki uygulamaları, kalite yönetim sistemi kavramları anlatılmıştır.

Çalışmanın 4.bölümünde betonarme imalatlarda kalite kavramı, sıcak ve soğuk hava şartlarında beton dayanımını artıran faktörler, kış şartlarında ısıtma sistemleriyle ilgili literatürden edilen bilgiler anlatılmıştır. Ayrıca inşaat sektöründe kızıl ötesi ışımanın (infrared) kullanıldığı diğer uygulamalar ile ilgili literatürden edinilen bilgiler bu bölümde anlatılmıştır.

Çalışmanın 5.bölümünde kış şartlarında kalite kontrol sürecinin çerçevesi çizilerek bu sürecin işleyişi, Rus standartları vurgulanarak ve malzeme bilgisi verilerek detaylarıyla aktarılmıştır. Aynı bölümde kullanılan mevcut ısıtma yöntemi açıklanmış, bölümün devamında önerilen yeni ısıtma sisteminine dair prosedürler

detaylı bir şekilde ifade edilmiştir. Kızıl ötesi ısıtma (infrared) kullanılarak yapılan deneyleri sonucu, sistemin betonarme yapı ısıtmada nasıl kullanıldığı anlatılmıştır.

Çalışmanın 6.bölümünde kış şartlarında beton üretim sürecinin eski ısıtma yöntemi ile önerilen yeni ısıtma sistemini karşılaştırmak için belirlenen kriterlere yönelik yapılan çalışmalar anlatılmıştır. Sonrasında bu iki sistem açısından; beton kalitesi, işçi sağlığı ve iş güvenliği, maliyet, çevre ve proje süresine etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamındaki karşılaştırmal, elektrik kablolarıyla ısıtmaya destek olabilecek sözkonusu iki yüzeysel ısıtma sistemi üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın 7.bölümünde soğuk hava koşullarında kızıl ötesi ısıtmanın kaba inşaatta kullanımına yönelik geliştirilen bu modelin sonuçları karşılaştırılmış, değerlendirilen sonuçlar ve kazanılan deneyimler neticesinde önerilerde bulunulmuştur.

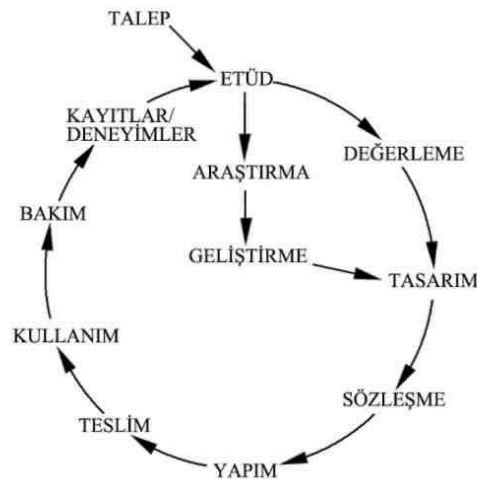
2. İNŞAAT PROJE YÖNETİMİ

İnşaat sektörü gerek sahip olduğu karmaşık yapı gerekse de inşaat projelerinin tek ve tekrarlanamaz olma özelliği nedeniyle kendine özgü bir kimlik taşımaktadır. Her proje ile tekrardan örgütlenmek zorunda olan tarafların çokluğu (mal sahibi, proje müellifleri, yükleniciler, alt yükleniciler, malzeme üreticileri, kamu kuruluşları, çevre örgütleri v.b.) ve her projeye yeniden ele alınması gereken bir çok safhayı (ön fizibilite, tasarım, ihale, imalat, işletme, bakım v.b.) içinde bulundurması nedeniyle inşaat sektörü karmaşık bir sektör olarak adlandırılmaktadır [1].

Projenin başarılı bir sonla noktalanması için sözü edilen mevcut yapının analitik yöntemlerle çözümlenmesi, aşamalar ve taraflar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve buna göre bir örgütlenme modelinin ortaya konması gerekmektedir.

İnşaat sektörünün gün geçtikçe daha da karmaşık bir hal alan yapısını, amaçlara daha rahat erişme maksadıyla modelleyen disiplin olan İnşaat Yönetimi (Construction Management) bu ihtiyaca binaen mühendislik ve işletmenin ortak çalışması neticesinde ortaya çıkmıştır [1].

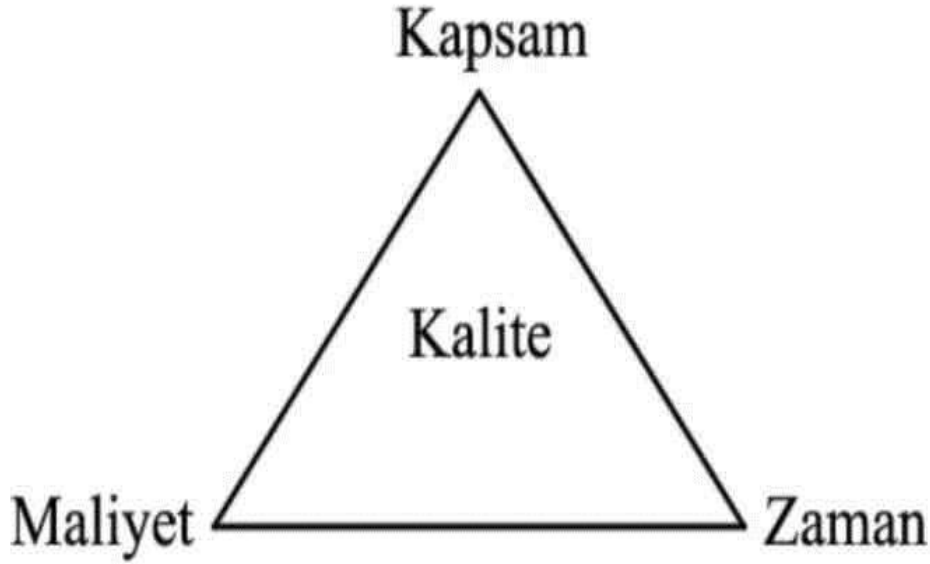
İnşaat proje yönetim disiplini, yapının mal sahibinin hayalindeki halinden başlayarak işin tamamlanıp teslim edilmesi ile sonlanan süreç dahilinde süre, maliyet ve kalite kontrolü için hazırlanmış olan prosedürlerin genel adıdır [2]. İnşaat yatırım süreci Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: İnşaat yatırım çevrimi [3].

Temel manada zaman, para ve malzeme-makine-işçilik üçlüsünü temsilen kullanılan ve kaynak kavramının optimizasyonunu hedef alan proje yönetim disiplinde insan faktörü belirleyici etkenlerden biri konumundadır. İnşaat sektörünün emek yoğun yapısı gereği insan faktörü göz ardı edilemeyecek bir önem taşımaktadır [1].

Proje yönetimin başarısı proje ekibinin beklenen sonucu, maliyet ve zamanı yöneterek gerçekleştirme kabiliyetiyle ölçülebilir. Başarıyı belirleyen üç kısıt bütçe, kapsam ve zaman bir üçgen olarak resmedilebilir. Müşteriler devamlı proje kapsamı, zaman ve maliyet konularında şikayet sunduklarından müşteri memnuniyetini bu üçgenin merkezine yerleştirmek mümkündür. Böylece kaliteli bir ürün ortaya konabilmesi için söz verilen tüm kapsamın, söz verilen bütçe ve söz verilen zaman sınırları dahilinde tamamlanması yeterli olacaktır. Kapsam, maliyet, zaman ve kalite arasındaki bu ilişki Şekil 2.2'de resmedilmiştir [4].



Şekil 2.2: Proje yönetim üçgeni [5].

2.1 Proje Yönetiminin İşlevleri

İnşaat proje yönetiminin sahip olduğu işlevlerin birbirlerinden bağımsız oldukları söylenemez. Bu işlevler proje yönetim sürecinin birbirleriyle ilişkili ve birbirlerini tamamlayıcı unsurları olarak adlandırılmaktadır. Söz konusu işlevler Amerika Proje Yöneticileri Birliği'nin (CMAA) Uygulama Standartları (SOP) kitapçığında proje yönetimi (genel), maliyet yönetimi, süre yönetimi, kalite yönetimi, sözleşme uygulaması, iş güvenliği yönetimi şeklinde sıralanmıştır [6].

2.1.1 Proje yönetimi (genel)

Bu kategori inşaat proje yönetimi ve organizasyonunu genel anlamda ele almaktadır. İnşaat proje yönetim planı ve bu planı oluşturan temel unsurların geliştirilme yolları üzerine yaklaşımlar ortaya koymaktadır. İnşaat proje yönetiminde var olan işlevler arası koordinasyonu sağlama ve belirlenmiş hedeflere ulaşma noktasında yönetim felsefesini oluşturmaktadır [7].

2.1.2 Maliyet yönetimi

Maliyet yönetimi kategorisi proje yöneticisinin tüm projeyi kapsayan bir maliyet yönetim sistemi ve bu işe tahsis edilmiş proje ekibi ile gerçekleşen maliyetlerin proje süresi boyunca yönetilmesi, kontrol edilmesi ve takip edilmesi hususunda yapması gereken çalışmaların esaslarını teşkil etmektedir [7].

2.1.3 Süre yönetimi

İnşaat projelerinin en önemli bileşenleri olan işgücü, ekipman, malzeme, araçlar ve parayı proje süresince randımanlı şekilde kullanmak adına verimli çalışan bir zaman yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Projenin istenilen kalitede, zamanda ve öngörülen bütçe içinde tamamlanabilmesi için doğru planlama ve programlama işlemlerinin yapılması gerekliliği ortadadır [7].

Süre yönetiminin esas bileşenleri olan çizelgelerin geliştirilmesi, takip ve tatbik edilmesi ve tüm bunların düzenli bir şekilde raporlanması inşaat proje yönetiminin süre yönetimi işlevinin taşıdığı iş kalemleridir [7].

2.1.4 Kalite yönetimi

Projenin kalite hedefleri için düzenlenen prosedürler ve politikalar için planlanan, düzenlenen, tatbik ve takip edilen, dosyalanan sistemin yönetimi kalite yönetimi olarak adlandırılmaktadır. Kalite yönetimi projenin istenen standartlarda, şartnamelerde öngörüldüğü şekilde test edilip incelenmesi ve sertifikasyon işlemiyle derecelendirilmesidir [7]. Tez çalışmasında ele alınan beton ısıtması beton kalite kriterlerini doğrudan etkilediği için proje yönetim işlevlerinden kalite yönetimi tabanına oturtturularak değerlendirilmiştir.

2.1.5 Sözleşme uygulaması

Projenin yürürlükte olduğu süreç içerisinde yöneticinin üstlendiği görevlere açıklık getirme ve tüm yapım sözleşmelerinde gerekli olan raporlama işleminin gerçekleştirilmesi sözleşme uygulaması kategorisinde ele alınmaktadır [7].

2.1.6 İş güvenliği yönetimi

Mal sahibine güvenlik yönetimi hizmetlerinin sunulması, bunların takibi iş güvenliği yönetiminin en temel görev alanıdır. Proje yöneticisinin güvenlik konusundaki sorumluluğu projelere göre farklılık arz edebilmektedir. Güvenlik yükümlülükleri proje yöneticisi ve mal sahibi arasındaki sözleşmede açıkça bildirilir [7].

2.2 Proje Yönetiminin Süreçleri

Proje yönetiminin zamansal sınırları, mal sahibinin hayali halindeki proje ile gerçekleşmiş proje arasındaki süreç olarak belirlenmiştir. İnşaat Proje Yönetiminin sınırlar bu şekilde çizildikten sonra, inşaat proje yönetiminin süreçleri ön tasarım, tasarım, ihale ve satın alma, yapım ve yapım sonrası olarak tasnif edilmiştir

Proje yönetim işlevlerinin süreçlerle ilişkisini daha iyi görebilmek açısından düzenlenen inşaat proje yönetim matrisi bir inşaat projesindeki tüm yönetsel işlemlere ışık tutmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1: Proje yönetim matrisi [3].

Fonksiyon \ Süreç	Ön Tasarım	Tasarım	İhale ve Satınalma	Yapım	Yapım Sonrası
Proje Yönetimi					
Maliyet Yönetimi					
Süre Yönetimi					
Kalite Yönetimi					
Sözleşme Uygulaması					
İş Güvenliği Yönetimi					

Bu matris içindeki yürütülecek faaliyetleri irdellemek açısından yukarıdaki çizelgedeki taranan iki hücreyi incelersek;

1-) Ön tasarım evresi ile maliyet yönetiminin kesişiminde yapılan işlemler; yapım maliyetlerinin araştırılması, proje keşfinin yapılması, tasarımcının konsept alternatiflerinin maliyete etkisinin incelenmesi,

2-) Tasarım evresi ile süre yönetiminin kesişiminde yapılan işlemler; tasarım iş programının takip edilmesi, yapımdaki işlem sıralarının belirlenmesi, yapım iş programının oluşturulması, teklif dosyası için projenin tahmini tamamlanma süresinin hesaplanması şeklinde karşımıza çıkacaktır [8].

3. KALİTE KAVRAMI

Beton ısıtması; beton mukavemet değerini ve priz alma süresi gibi kalite faktörleriyle ilişki olduğundan çalışma konusu kalite başlığında incelenmekte ve takip edilmektedir. Kalitenin bilim adamları tarafından çeşitli tanımları yapılmıştır. Bunlardan Juran, [9] kaliteyi kullanıma uygunluk olarak tanımlarken, Crosby [10] kaliteyi ihtiyaçlara itaat etmek olarak tanımlamıştır. Feigenbaum [11] ise kaliteyi müşterilerin ihtiyaçlarına ve şartlarına uygunluk olarak tanımlamaktadır. Kaliteyi neyin oluşturduğu konusunda çok az görüşbirliği vardır. En geniş anlamda iyileştirilebilecek her şey kalitedir. Kaizen, Şekil 3.1’de görülen Japonca bir kelime olan Kai =Değişim, Zen = Daha iyi anlamına gelen iki ayrı kelimenin birleşiminden oluşmakta ve sürekli iyileştirme anlamına gelmektedir [12].



Şekil 3.1: Kaizen simgesi.

Her alandaki üretimin arttığı 1900’lerin ortalarında üretimle birlikte önceleri hatalı üretimleri yakalamaya yönelik bir kalite eğilimi varken bu yerini zamanla hataları önlemeye daha sonra da devamlı gelişime bırakmıştır. Kalite sisteminin maliyetinin pek çok tanımından biri de kalite yönetiminin maliyeti artı yeniden yapılan işlerin maliyetidir [13]. Araştırmalara göre inşaat sürecinde, yeniden yapım işleri maliyetinin sözleşme toplamına göre kayda değer bir oranda olduğu görülmektedir [14]. Buna rağmen şaşırtıcı bir şekilde, yeniden yapım maliyetleri şirket tarafından, kalite maliyetini ölçmenin bir yolu olarak görülmemektedir.

3.1 Kalite Kontrolü Kavramı

Kalite kontrolü, bir işin gereklerinin belli bir tolerans limitleri içinde kalınarak yapılıp yapılmadığının kontrol edilmesidir [15]. Öte yandan Neville kalite kontrolünü belli bir mukavemet seviyesinde olması gereken ölçülen en küçük ve ulaşılması hedeflenen ortalama mukavemet değeri arasındaki farkı kontrol eden işlem olarak tanımlar. Kalite kontrolü buna bağlı olarak da karışım malzemelerinin özelliklerinin değişkenliğinin kontrolü ve betonun mukavemeti ile işlenebilirliğini etkileyen operasyonların (karışım malzemelerinin ölçülmesi, karıştırma, yerleştirme, sıkıştırma ve kür) kontrolü olarak da tanımlanmıştır [16].

Beton mukavemetinin kalite kontrolü aşağıdaki şartların yerine getirilmesi ile tamamlanabilir:

- Sürekli olarak küp basınç mukavemeti ölçülmesi,
- Sistemli olarak sonuçların kontrol edilmesi için analiz yapılması,
- Analiz sonuçları ışığında karışım oranlarının gözden geçirilmesi ve gerekli seviyedeki kalitenin elde edilmesine çalışılması [17].

Betonun kalite kontrolü bir sistem içerisinde sürekli olarak yapılırsa, mukavemette gözlenen herhangi bir azalma erken zamanda gözlenip gerekli önlemler alınabilir [17].

3.2 Kalite Güvencesi Kavramı

Kalite Güvencesi (Quality Assurance) bir ürünün başarılı olarak hizmet verebilmesini sağlayacak planlı ve sistemli şekilde yapılması gereken işler olarak tanımlanabilir [18]. Beton üretiminde standart bir kaliteyi tutturma, doğru karışım hesabı yapmaya, kullanılan malzemelere ve işi yapan yükleniciye bağlıdır. Sözel olarak ifade edersek;

Son ürün = (Tasarım +Malzeme +İşçilik) olarak tanımlanabilir [17].

Kalite güvencesinin sağlanması için aşağıdaki hususların gerçekleşmesi gerekir [17];

- Teknik veya standart bir şartnameye uygunluk,

- Kalite kontrolünün tanımlanan şartları altında üretim yapmış olması,
- Amaca hizmet eden bir ürün olması ve belli bir süre boyunca da bu hizmeti vermeye başarılı olarak devam etmesi.

İngiltere’de kalite temini sağlamak için kurulan QSRMC (Hazır Beton Kalite Kontrol Planı) bu görevi yerine getirmektedir. Bu kuruluşun 120 maddeden oluşan şartnamesi üyelerine ve tesislerine şartlara uyma zorunluluğu getirmektedir. BRMCA (İngiliz Hazır Beton Birliği) de bu kuruluşun yasalarını tamamen desteklemektedir [19]. QSRMC bağımsız bir müdür ve tecrübeli mühendisler tarafından çalıştırılmaktadır. Bu kuruluşun müfettişleri iş idaresi, iş yaptırma, tesis, malzeme, kalite kontrol takibi ve kayıtları hakkında 400’den fazla şartname maddesi ile kontrol yapmaktadır [19].

3.3 Kalite Güvence Sistemi

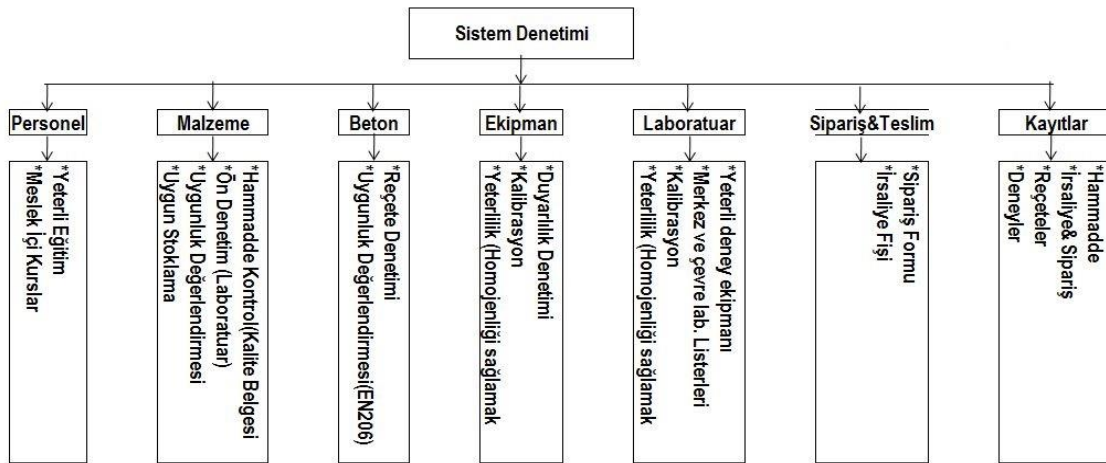
Kaliteye yönelik ilk çalışmalar, Kalite Kontrol şeklinde gerçekleşmekte ve ürünlerin, üretimin en son noktasında denetimini kapsamaktaydı. Bu pahalı ve verimsiz bir denetim şekliydi. Ancak 1950’lerden sonra ürün denetimi yerine Sistem Denetimi’ne geçildi. Bu yöntemde denetimler tüm üretim sürecine yayılarak gerçekleştirilmekte ve denetlenen süreçlerin ürünlerinin de kaliteli olacağı prensibine dayanmaktadır [20].

THBB (Türkiye Hazır Beton Birliği)’ne üye tesislerde Kalite Güvence Sistemi (KGS) sistemi 1996 yılından bu yana uygulanmaktadır. Dünya’da ilk kez 1903 yılında Almanya’da hazır beton patentinin alındığı bilinmektedir. A.B.D’inde ilk hazır beton dağıtımı 1923 yılında Baltimor’da gerçekleşmiş ve 1926 yılında ilk transmikser geliştirilmiştir.İlgiltere’de ise 1931 yılında ilk hazır beton tesisi kurulmuştur [21]. Türkiye’de KGS tarafsız bir genel sekreterin denetiminde yürütülmekte ve sistem ile ürün denetimleri, hazır beton tesislerinin bulunduğu yörelerdeki üniversitelerin öğretim üye ve yardımcılarınca gerçekleştirilmektedir. Ancak, 2004 yılından itibaren KGS, THBB’nin bir İktisadi Kuruluşu haline gelmiş ve 45004 ve 45011 Standardlarına göre akredite olmak ve ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi belgesini almak için hazırlıklara başlamıştır. Bu amaçla, sektör ile ilgili resmi kurumlar, üniversiteler, meslek odaları ve derneklerin temsilcilerinden oluşan bağımsız bir kurul kurulmaktadır.Sistemi belgesini almak için hazırlıklara

başlamıştır. Bu amaçla, sektör ile ilgili resmi kurumlar, üniversiteler, meslek odaları ve derneklerin temsilcilerinden oluşan bağımsız bir kurul kurulmaktadır. İktisadi Kurulda denetim birimi oluşturulacak ve ağırlıklı olarak öğretim üyelerinden oluşan denetim havuzundan seçilecek denetçilerle birlikte denetimler yapılacaktır. Ürün denetimleri ise İktisadi Kurulun personeli tarafından habersiz olarak gerçekleştirilecektir [20]. KGS'ne başvuran hazır beton tesisine sistem denetimi yapılmasının ardından uygun bulunursa kendisine bir yıl geçerli olan KGS belgesi verilir. Denetimler her yıl tekrarlanarak başarılı olan tesislerin belge geçerlilik süreleri bir yıl boyunca uzatılır. Eksiklikleri bulunan tesislere ek süre verilir ve süresi içinde eksikliklerini tamamlamayan tesislerin belgesi iptal edilir. Türkiye Hazır Beton Birliği Kalite Güvence Sistemi 1996 yılından bu yana KGS denetimleri yapmaktadır. KGS Sistem Denetimi ve Ürün Denetimi olmak üzere iki farklı denetimden oluşur [22].

3.3.1 Kalite güvence sisteminin denetimi

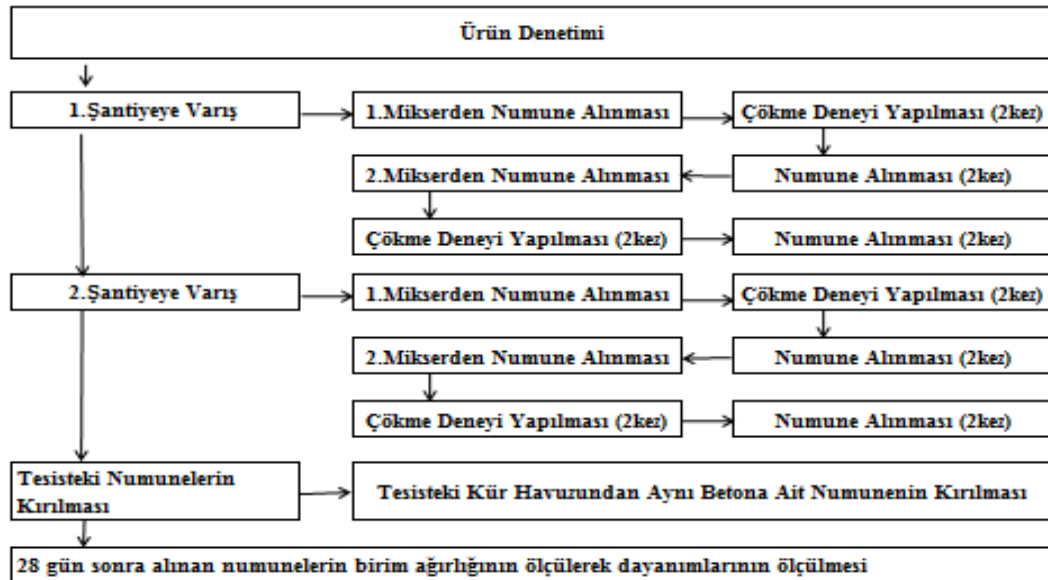
KGS denetleyicileri yılda bir kez yaptıkları denetimlerde aşağıdaki noktaları inceleyerek tesisleri değerlendirirler. Yapılan denetimlerin içeriği şematik olarak Şekil 3.2'de gösterilmiştir [23].



Şekil 3.2: KGS Sistem denetim şeması.

3.3.2 Ürün denetimi

Ürün denetimi de, kalite güvence sisteminin denetimi gibi yılda bir kez KGS belgesi olan tesislerde yapılır. (Şekil3.3) KGS denetleyicileri, bir hazır beton tesisinin beton verdiği 2 ayrı şantiyeye giderek, transmikserden beton örneği alır. Eğer beton pompa ile basılıyor ise, örneğin pompanın ucundan alınması gerekir. Alınan beton örnek üzerinde sıcaklık ölçümü ve kıvam (çökme) deneyi yapılır. Ayrıca beton kalıplara (küp veya silindir) doldurularak basınç dayanımı için saklanır. Beton örnekler üzerine alım tarihi, firma adı, hazır beton firması ve beton sınıfı yazılarak kür havuzlarına konmak üzere ayrılır. Betonlar 28 günlükken, yine denetleyicilerin gözetiminde kırılarak beton basınç dayanımları belirlenir. Şantiyede yapılan deneylerin ve basınç dayanımı deneyinin sonuçları , betonun teslim fişindeki bilgiler ile karşılaştırılır. Ayrıca, teslim fişi incelenerek betonun şantiyeye beklemeden iletilip iletilmediği denetlenir. Teslim fişinin gerekli bilgileri içermesi de gerekir. Ayrıca, beton firmasının havuzunda bulunan ve kırım 28 günü gelmiş olan beton numuneleri üzerinde (6 adet) basınç dayanımı deneyi yapılır. Elde edilen sonuçlara EN 206 spot numune kontrolü uygulanıp bir rapor halinde ilgili hazır beton firmasına gönderilir. Eğer firma, teslim fişinde belirtilen özellikleri taşıyan bir beton göndermiş ise bu denetimden geçmiş sayılır. Eğer önemli eksiklikleri var ise bu denetim tekrarlanır ve firma uyarılır [23].



Şekil 3.3: Ürün denetim şeması.

3.4 Bazı Ülkelerde Betonarme İle İlgili Kalite Kontrol Sistemleri

3.4.1 Japonya'da betonarme standartları ve kalite

Japonya'da 1923'deki büyük depreme kadar betonarme betonunun tasarımı ve üretimi ile ilgili herhangi bir standart oluşturulmamıştı. Daha sonra 1929 ve 1931'de JSCE (Japonya İnşaat Mühendisleri Odası) ve AIJ (Japon Mimarlar Odası) betonarme betonu için şartname oluşturdular [24].

Japonya'da 1950'lerde hazır beton kullanılmaya başlanmış ve 1953'de hazır beton üzerine ilk Japon Endüstriyel Standardı hazırlanmış ve günümüze kadar revize edilerek getirilmiştir. Japonlar 1960'larda artan inşaat hacmi karşısında kalifiye mühendis sıkıntısı ile karşı karşıya kalmışlar ve bunu da Japon Beton Enstitüsü bünyesinde geliştirdikleri kalifiye eleman yetiştirme sistemi ile ortadan kaldırmışlardır. JSCE ve AIJ hazır beton santrallerinin bu mühendisleri çalıştırma zorunluluğunu koydu. Bu standartlarda beton performansı, malzeme test metodları ve test aletleri ile ilgili tüm gereken kurallar da belirlendi [24].

Özetle, Japonya'daki kalite kontrol sistemi aşağıdaki gibidir;

1. Temel beton kalite standartları JASS 5'de (Bina Standart Kanun ve Nizamnamesi) anlatılmaktadır.
2. Beton ve hammaddesi kalite standartları ve test metodları JIS'de (Japon Endüstri Standardı) belirtilmiştir.
3. Şantiyedeki beton işleri kalite kontrolü müteahhit tarafından projeye uygun olarak yukarıda bahsedilen yasalar, ilgili standartlar ve AIJ ve JSCE'deki hükümler çerçevesinde gerçekleştirilir [24].

Hazır betonun kalite kontrolü JIS (Japon Endüstri Standardı) A5308'e göre yapılır, Bu şartname, beton sınıfları ve kalitesi, kullanılacak malzeme, karışım oranları, imalat, taşıma, muayene ve test metodları gibi hükümleri içerir. Sınıflandırma esasen çökme ve nominal beton mukavemetine göre yapılır.

Bu standartlarda beton kalitesi, şantiyeye gönderilmiş haliyle alıcıya boşaltma yapılmadan önce test edilir, ondan sonra imalatçı hiçbir sorumluluk kabul etmez [24].

JIS'de şantiyeye gönderilen her 150 m³ beton için basınç mukavemet testi ve ara sıra da çökme deneyi ve gerekli hallerde de betonda hava miktarı testleri yapılması öngörülmektedir. Basınç mukavemeti beton kalitesinin belirlenmesinde en önemli kriterdir [24].

JIS şartnamesinde, belirtilen mukavemete uyulup uyulmadığı şantiyeye gönderilen betonların test neticelerine (her 150 m³ için 1 test) ve beton mukavemetinin standart sapmasına göre kararlaştırılır. Fakat özellikle küçük ölçekli işlerde test sayısı oldukça az olduğundan imalatçı ile alıcı arasında görüş ayrılıkları doğdu. Bundan dolayı JIS standardı değiştirilerek en az 3 test sonucunun ortalamasının alınması şartı getirildi. üç test yapılması için öngörülen minimum beton miktarı 450 m³ olmasına rağmen, daha az miktardaki betonlar için yapılması gereken test sayısı müşteri ve üretici arasındaki ortak anlaşmaya bağlı olarak değişebilir [24].

3.4.2 İtalya’da betonarme standartları ve kalite

İtalya'da beton kalitesi Kalite Sertifikası ile belirlenir [25]. Bu, tüketiciyi ürünün kalitesini kontrol etme ihtiyacını duymaması için rahatlatma açısından hazır beton üreticisinin sunduğu bir belgedir. Bu garantinin ispatı genellikle imalatçılar birliğinin tayin ettiği ve ürünün standartlara uyumunu test eden bir kuruluş tarafından sağlanır. Bu kuruluş imalatçılar birliğinden tamamen bağımsızdır. Malzeme Kalite Kontrol Birimi (SVQ, Milan) beton konusunda bu rolü üstlenmektedir.

SVQ beton için Kalite Sertifikası verir. Burada betonun, üreticinin açıkladığı karakteristik mukavemete olan uygunluğuna bakılır. Eğer test edilmiş karakteristik mukavemet %5 sapma sınırı içinde ise uygun kabul edilir. SVQ 'nun hizmetinden, müşterilerine ürünlerinin belli bir standarda göre imal edildiğini ispat etmek isteyen hazır beton imalatçıları yararlanır (Kalite Sertifikası elde ederler). Bu hizmetten aynı zamanda prefabrik yapısal elemanlar imal eden üreticiler de yararlanırlar.

SVQ'nun hizmeti aşağıda belirtilen 3 safhada gerçekleşir.

1. Hazır beton üreticisinin ekipman ve test metodlarının yeterliliğinin kontrolü: Bu kontroller en az yılda bir defa tekrarlanır, eğer sonuçlar kötü ise SVQ'nun verdiği sertifika iptal edilir.

2. Üretim sürecindeki standart sapmasının hesaplandığı ön testler yapılır. Her ay 5 örnek alınarak ve her örnekten 20 test yapılarak bir ayda toplam 100 test yapılır. Basınç mukavemet değerleri elde edildikten sonra ortalama değer ve standart sapma bulunur. Sonra toplam üretim sürecinin standart sapması hesaplanır.
3. Üretici hazır beton kurumunun açıkladığı karakteristik mukavemet değerinin test sonuçlarına uygunluğu kontrol edilir. Bu kontroller üreticiye haber vermeden aylık 20 test şeklinde gerçekleştirilir.

3.4.3 Almanya’da betonarme standartları ve kalite

DIN 1045 ve DIN 1084’de kalite kontrolü, BI (B25) ve BII (B35) sınıfları için düşünülmüştür [26]. BI için şantiyede yalnızca iç kalite kontrolü gerekmektedir. BII için ise, şantiyede, prefabrik yapısal elemanlar ve hazır betonu kapsayan, hem iç hem dış bir kalite kontrolü gerekmektedir. Kontrol için gerekli şartlar DIN 1045 Bölüm I’den Bölüm III ’e kadar anlatılmıştır. DIN (Alman Standartları Enstitüsü) 1045’e göre her müteahhit veya imalatçı, eğitimini kanıtlayan belgelere sahip bir beton mühendisi tarafından yönetilen, kalıcı bir beton test merkezine (iç) bağlı olmalıdır. Standart, malzeme, üretim ve gereken özellikleri kapsayan asgari düzeyde bir iç kontrol denetimi şart koşturmaktadır. İç kalite kontrolünün sonuçları en az yılda 2 defa, dış kontrol merkezi tarafından denetlenir ve kalite kontrol raporları en az 5 yıl muhafaza edilir. Her müteahhit, şantiyelerini denetleyecek onaylanmış bir dış kalite kontrol müessesini seçmekle (Beton Test Merkezi F) serbesttir.

İç Kalite Kontrolü:

Pratik tecrübe ve ekonomik gereksinimlerden dolayı 4 değişik iç kalite kontrolü geliştirilmiştir;

- 1) Büyük firmalar yalnızca bu görevi yapacak yeterli sayıda personelden oluşturdukları kendi kalıcı beton test merkezlerini oluştururlar.
- 2) Bağımsız beton test merkezleri uzun süreli sözleşmeler esasına dayalı olarak birkaç küçük firma için iç kontrollük yaparlar. İç denetim sık sık alınan beton mukavemet değerleriyle sınırlanır.

- 3) Ticari bir beton santralının iç kontrol merkezi şantiye veya prefabrike beton fabrikasının kontrolundan sorumludur. Genelde kontrol, üretim ve mukavemet testleri üzerinedir. Fakat bu kontrollerin yetersiz olduğu ve sorunlar yarattığı gözlenmiştir.
- 4) Müteahhidin kendi test merkezini kurması halinde iç denetimin etkisiz olduğu tecrübe ile saptanmıştır.

3.4.4 İsveç’de betonarme standartları ve kalite

İsveç'te fabrika-üretimi beton ürünlerinin kontrolü "İsveç Prefabrik Beton Konseyi" tarafından yürütülür. Kontrol esas olarak çok sık olamayan dış kontrol ve üreticilerin devamlı kendi iç kontrolleri olarak gerçekleştirilir [27].

İsveç bina yasasına göre, malzeme ve çalışma performansının mevcut standartlar ve nizamnamelere olan uygunluğu yerel denetim otoriteleri tarafından denetlenir. Bu şartların ülke genelinde belli yörelere dağılmış imalatçılar tarafından uyulduğunun denetlenmesi oldukça zordur. Bu nedenle, beton ürünleriyle ilgili merkezi bir kalite kontrol sistemi kurulmuştur. Bu sistem içinde olan imalatçıların ürünleri özel bir işaretle (Ψ) işaretlenir. Özel işaretli ürünlere şantiyede ilave bir kontrol gerekmez.

Konsey, Ψ işaretli fabrikaları yılda 2-6 defa sürekli denetime tabi tutar. Bu denetlemelerden tatmin olmazsa ilave ziyaretler gerçekleştirir. İmalatçılar hatalı üretimin iyileştirilmesi konusunda önlemler almaları için ikaz edilir ve gerekli durumlarda ise fabrika kontrol mekanizmasından uzaklaştırılıp Ψ işareti hakkı elinden alınır. Bu durumlarda ürün kullanıcıları ve otoriteler haberdar edilir.

Kontrol esas olarak konsey'in kalıcı personeli tarafından numunelerin genellikle resmi laboratuvarlarda test edilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Konsey, yılda 2 defa, Ψ markalı ürünler üreten fabrikaların listesini yayımlar. Bu liste aynı zamanda farklı yayın ve broşürlerde de basılır.

3.4.5 İngiltere’de betonarme standartları ve kalite

İngiltere'de beton yapıların kalite kontrolü normalde müşterinin kendisi ya da bir temsilcisi tarafından kendi şartnamelerine uygunluğunu araştıran testler ile gerçekleştirilir. Bir kontrol mecburiyeti olmamasına rağmen çoğu hazır beton kuruluşu

BRMCA (İngiliz Hazır Beton Birliği) gibi otorite organizasyonlara üye olmak için başvurmuştur [28].

BRMCA 1968'de kuruldu. Amacı üyelerin teknik standartlara uyumunu sağlayıp alıcılara güvenilir kalitede beton üretilmesini sağlamaktır. BRMCA üyelerinin birliğin şartlarının temel kısımlarına uyumu mecburidir ve İngiltere'de hazır betonun %95'den fazlası bu üyeler tarafından imal edilir. Genellikle beton alıcıları tarafından BRMCA otoritesi kabul edilmiş olup birçok şartnameye bu birliğin onayladığı hazır beton tesislerinden beton satın alınması mecburiyeti konulmaktadır. BRMCA'deki teknik müdür, BRMCA beton teknoloji mühendislerinin muayenelerine bağlı olarak tesislerin denetlenmesini sağlar, onay sertifikalarını gerekirse askıya alır ya da geri çeker. Herhangi bir sertifika geri çekme olayını BRMCA yayınlarında alıcılara duyurur. Onaylanmış tesislerin listeleri yılda 2 defa yayınlanır.

BRMCA 5 bölümden oluşan bir denetleme uygular [29].

A: Üretim ve kontrol personeli,

B: Malzemeler,

C: Aletler,

D: İşletme yönetimi,

E: Tasarımı yapılan karışımların kalite kontrol yöntemleri.

Denetlemenin A-D bölümleri bütün üyeler için mecburidir. E bölümü ise bütün alıcılara gerekli görülmeyebileceği için zorunlu değildir. E tipi denetleme için betonun boşaltılması esnasında düzenli olarak mukavemet testi için numune alınır ve çökme deneyi yapılır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel metodlar kullanılarak analiz yapılır.

Üretim tesisleri, BRMCA üst komitesi kanalıyla, genel müdür tarafından numaralı sertifikalarla yetkili kılınır. Her sertifikanın orijinal onay tarihi mevcut olup geçerliliği yıllık olarak yenilenir. İki tip sertifika mevcuttur.

1) A-D : BRMCA tastikli tesis,

2) E : BRMCA tastikli ve kalite kontrollü tesis.

Tesis kontrolü BRMCA beton teknoloji mühendisi tarafından sorumluluk bölgelerine ayrılarak gerçekleştirilir.

Muayeneler aşağıdaki gibi olur:

- 1) İlk Muayene: Sertifika verilmeden önce yapılır. Tesisin uygun olup olmadığı araştırılır. Gerektiğı kadar devam eder.
- 2) Rutin (A-D onayı almış tesisler): A-D şartlarına uygunluğun devam edip etmediğini kontrol için yılda bir defa yapılır.
- 3) Rutin (E onayı almış tesisler): Bölüm E'ye uygunluğun devam edip etmediğı kontrol edilir.

Kalite kontrol kayıtlarının denetlenmesi yılda iki defa, altı aylık dönüşümlerle yapılır. Muayene tamamlanınca, mühendis yeni tesisler için onay önerilerini, eskiler için ise sertifikayla ilgili açıklamaları yazılı olarak firmaya gönderir. Bölge mühendisinin kontrolü, hazır beton üreticisinin BRMCA ile uyumlu olup olmadığını belirler. Bazı problemlerde mühendisin kendi inisiyatifi kullanması gerekliliğı kaçınılmaz olduğundan ve farklı mühendislerin benzer problemlerde aynı inisiyatifi kullanması için önceden hazırlanmış kontrol listelerine göre kontrol yapılması uygundur.

Kontrol Yöntemi: A-D bölümlerinde, BRMCA personel, malzeme, makine, teçhizat ve işletme yöntemleriyle ilgili teknik standartlara uygunluk arar ve ağırlıkla ölçen ekipman üzerinde rutin kontroller gerçekleştirir.

E, tasarımı yapılan karışımlarla ilgilidir. Yani, üretici, alıcının belirlediğı, öncelikle mukavemet kıstasları çerçevesinde, gerekli karışım oranlarını kendisi belirler. Üretim süresince kalite kontrolünün rutin olarak yapılması masraflı olduğundan (İngiltere'de alıcılar çok değışik beton sınıfları talep ederler) BRMCA tarafından referans karışım sistemi uygulanması gerçekleştirilmiştir.

Bu sistemde kontrol, fabrikanın ürettiğı beton sınıfları içinde orta sıralarda bir beton karışımını referans olarak seçer. Bu karışım üretilmez ise limitler içinde başka bir karışım kullanılabilir. Geçmiş üretim neticeleri veya deneme karışımları kullanılarak, çimento miktarı ve mukavemet ilişkisi kurulur. Bu ilişki, referans karışımdan farklı karışımların sonuçlarının, referans karışıma adapte edilmesinde kullanılır.

Gerçek ve simule edilmiş referans karışım verileri daha sonra, ortalama mukavemet ve standart sapma üzerinde sürekli bir kontrol oluşturmak için analiz edilir (Cusum

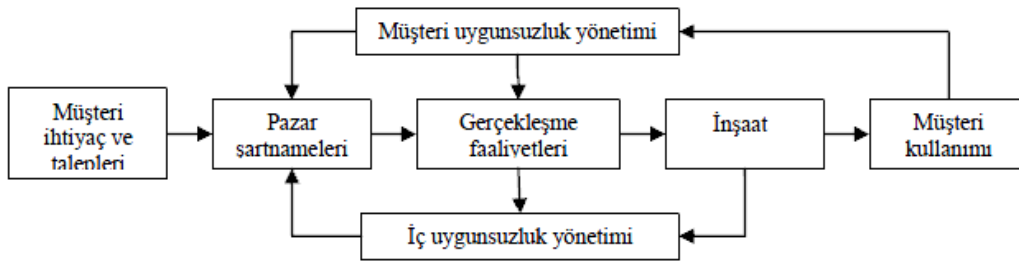
tekniki kullanılır) [14]. İngiltere'de kullanılan bu metod sadece kalitedeki değişikliğin olduğu tarihi değil, ayrıca değişiklik derecesini ve düzeltme için gereken miktarı da vurgular.

Hızlandırılmış kür uygulaması neticesinde elde edilen sonuçlar 28 günlük sonuçların tahmininde kullanılır. Bu hesaplanmış sonuçlar sürekli kontrol edilip, standart sapma ve amaçlanan ortalama mukavemet üzerinde değişiklik olup olmadığı gözlenir. Gerçek 28 günlük sonuçlar metodun doğruluğunu onaylamak için kullanılır.

3.5 Kalite Yönetim Sistemi

Organizasyonlar bir standart takip etmek için tasarlanmamışlardır. Standartlar işleyiş sisteminin etkinliğini arttırmak için kullanılmaktadır. İşleyiş sistemi, organizasyonun bulunduğu pazardaki şartların zorladığı şekliyle müşteri taleplerini karşılamak amacıyla tasarlanmıştır. Kalite yönetim sistemi (KYS), bir organizasyonun tüm stratejik amaç ve hedeflerinin şeffaf olması durumunda en etkin çözümü sağlamaktadır [30].

Organizasyonun stratejik amaç ve hedefleri, organizasyondaki süreçlerde yatmaktadır [31]. Etkin bir KYS oluşturmak için her bir süreç bir sonrakine bağlanmalıdır. İnşaat açısından tipik bir KYS modeli Şekil 3.4 de gösterilmiştir [30].



Şekil 3.4: İnşaat sektörüne yönelik tipik bir KYS modeli.

Süreçlerin birbiriyle ilişkisi bir örümcek ağı şeklindedir ve bu ağdaki boşluklar genellikle verimliliğin ve karlılığın düştüğü yerlerdir.

Süreçlerin neler olduğu, organizasyonun etkinliği ve ekonomik yapısı ile bağlantılı olarak belirlenebilir. Süreçlerin (ana süreçler ve alt süreçler) kesin seçimi bir bakıma subjektif ve organizasyonun tüm etkinliği üzerindeki ekonomik etkisinin sonucudur.

Organizasyonun süreçlerin tanımlandıktan sonra etkin bir KYS oluşturmak için dökümanite edilmiş süreçleri etkili hale getirecek bir strateji belirlemek gereklidir. Bu stratejide etkin KYS yapısının hiyerarşisi şunlardan oluşur:

- Organizasyonun süreçlerini doğru şekilde tanımlayacak ve organizasyonun KYS' sini destekleyecek gerekli politikalar, işlemler, prosedürler, formlar ve kayıtları sağlayacak dokümantasyon,
- Dokümanların günlük bazda operasyonel kullanıma yönelik uygulanması,
- Operasyonel bilginin denetlenmesi, ölçülmesi ve analizi için uygun düzeltici ve önleyici programlar.

KYS, şirket düzeyinde kalitenin sağlanması, korunması ve devam ettirilip geliştirilmesi yolunda şirket işleyiş modeline derinlemesine etkide bulunmaktadır. Şirketlerin bir kalite standardından bahsedebilmesi için bu standartların uluslararası boyutta şirket bünyesinde oluşturulması, dokümanite edilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Kalite el kitapları, kalite hedef ve politikaları, prosedürler, talimatlar, formlar, kayıtlar ve daha pek çok dokümanın oluşturulmasında önemli bir bilgi birikimi ve emek ihtiyacı vardır. Daha sonra, oluşturulan dokümanlar çerçevesinde yönetilen kalite sisteminin en üst düzey yöneticiden en alt çalışana kadar bilinir ve işletilir hale getirilmesi ise ayrı bir çaba istemektedir [30].

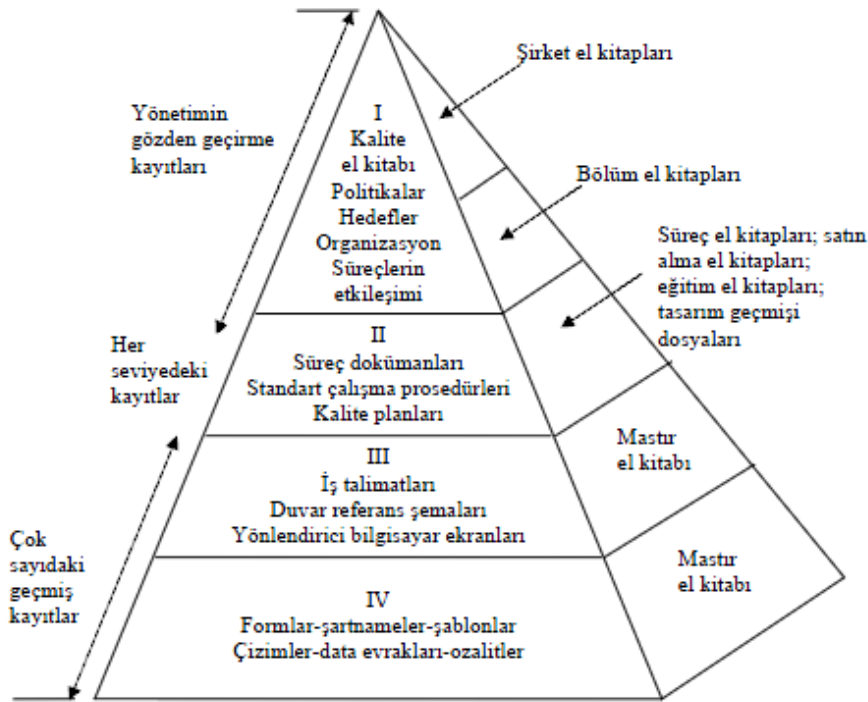
3.5.1 İnşaat sektörü için KYS tasarımı ve uygulaması

KYS sisteminde zorunlu dokümantasyon ihtiyaçları, standart tarafından açıkça talep edilen ve diğer dokümanları bünyesinde barındıran ihtiyaçlardır. Bunu başarmak için, öncelikle tamamen uyumlu ve etkin bir KYS oluşturmak için gerekli olan birkaç doküman takımını kategorize etmek gerekmektedir. Dört anahtar doküman takımı şu şekildedir:

- Standartın zorunlu dokümantasyonu,
- Standartın kapsamındaki dokümantasyon,
- Sertifikasyon kuruluşunun talep ettiği dokümantasyon,
- Gerekli düzenleyici dokümantasyon.

Standarttaki açıkça belirtilen zorunlu dokümantasyon hiyerarşisi, kalite el kitabı, kalite hedefleri, tanımlanmış süreçler ve bunların kontrolü, kontrol planları, prosedürler, ilave dokümanlar, iş talimatları ve kayıtlardan oluşmaktadır. [30] Dört Kademeli Piramit Kavramı: Etkin dokümantasyon yapısı için dört katmanlı dokümantasyon piramidi en etkin formdur [32].

Dört katman yapısı genelde bilinen doküman tipleri için seviyeler sağlamaktadır. Bununla beraber bazı şirketler 2 adet tanımlı seviye içerirken bazıları da altı adet tanımlı seviyeye sahip olabilmektedirler. Seviye sayıları önemsizdir. Önemli olan sistem içerisinde kolayca yön belirlenmesine yardım edecek şekilde gösterilmesidir. KYS dokümantasyonu için Şekil 3.5'deki dört katmanlı yapının kullanımı kullanıcılara iletişimi arttırmak için önerilmektedir. Bir kere dört katman hiyerarşisi kurulduktan sonra tüm dokümantasyon sistemi aşağıya doğru genişleyen bir hareket eğilimindedir. (Örneğin, süreç dokümanlarının sayısı prosedür dokümanlarının sayısından azdır, aynı şekilde onlar da formların sayısından azdır) [30].



Şekil 3.5: Dört katmanlı dokümantasyon piramidi.

4. BETONARME İMALATLARDA KALİTE

4.1 Beton, Betonarme Kavramları, Üretim süreçleri Ve Standartları

Beton; çimento, su, agrega ve kimyasal veya mineral katkı maddelerinin homojen olarak karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, şekil verilebilen, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan bir yapı malzemesidir. İstenilen kalite beton üretimi için hem kaliteli hem ekonomik malzemeler seçilmeli, malzemelerin hangi oranlarda karıştırılacağına belirlenmesi için beton karışım hesaplarının doğru yapılması, karılma işleminin uygun şekilde yapılması, üretilen taze betonun taşınma, yerleştirilme, sıkıştırılma ve yüzey düzeltme işlemlerinin doğru şekillerde yapılması ve her aşamada ‘kalite kontrol’ işlemlerinin yerine getirilmesi gerekmektedir [33]. Betonu oluşturan malzemelerden çimento; ince kum ve iri agrega tanelerini birbirine bağlar. İnce agregalar ise, iri agrega taneleri arasındaki boşlukları doldurup betonun bir bakıma iskeletini oluşturarak üretilen beton elemanına etki eden kuvvetlere karşı koyarlar [34].

Bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya mikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye “taze beton” olarak teslim edilen betona “Hazır Beton” denir. Bu betonlar, şantiye dışında bulunan bir tesiste uygun karışımda hazırlanan, yeterli suyu ya hazırlama tesisinde veya gideceği yere yaklaşıncı ilave edilen, beton karıştırmaya ve taşımaya elverişli vasıtalarla şantiyeye götürülen ve orada basınçla kalıplarına kadar pompalanan betonlardır [35].

Betonarme, beton ile çelik çubukların beraber çalışacak ve birbirlerinin eksikliklerini tamamlayacak şekilde biraya getirilmesiyle oluşturulan kompozit bir yapı malzemesidir [36]. Betonarme elemanların boyutlandırılması ve kesit hesapları, malzeme açısından tasarım aşamasında kabul edilen donatı sınıfına bağlı akma dayanımı ve beton proje sınıfına bağlı basınç dayanımı değerlerine göre yapılır. Betonarme taşıyıcı sistemlerin imalatında, projelendirmede esas alınan proje sınıfına

uygun malzemelerin kullanılması zorunludur. İlgili standartlar, imalatta kullanılan malzemelerin uygunluğunu denetlemek için birtakım deneylerin yapılmasını istemektedir. Beton için sınıf tanımlaması ve uygunluk değerlendirmesi, basınç dayanım testinden yararlanılarak yapılır. Farklı bileşenlerden oluşan betonun *basınç dayanımı*, betonu oluşturan bileşenler ve miktarları, numune boyutları, yaşı ve kür koşulları gibi pek çok parametreye bağlıdır. Bu parametrelerin etkisini en aza indirmek amacıyla, standartlar basınç deneyi yapılacak sertleşmiş beton numunelerinin özelliklerinin tanımlamasını yaparak, aynı parametrik değerlerin ölçülmesini sağlamıştır. Basınç deneyleri sonuçlarına göre, üretilen betonların standartlarda belirlenen uygunluk kriterlerine bağlı nitelik denetimi yapılarak, proje sınıfında kabul edilip edilmeyeceğine karar verilir [37]. Böylece, proje mühendisi tarafından tasarımda kullanılan proje sınıfı, şantiye mühendisi tarafından bu sınıfa uygun beton kullanılıp kullanılmadığının kontrolü sağlanmış olur [38].

Betonun basınç mukavemeti, standart kür koşullarında (18°C-22°C kirece doymuş su içerisinde) saklanmış, 28 günlük silindir veya küp numuneler üzerinden ölçülmektedir. Türkiye’de TS 11222 ve TS EN 206-1 kalite standardına uygun olarak normal ve yüksek dayanımlı betonlar üretilmektedir. Sonuçların uygunluğu TS EN 206-1 standardına göre değerlendirilir.[36] TS11222 ‘Beton- Hazır Beton- Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri’ standardı ise hazır betonu kapsamakta, ancak yerinde yapım betonarme veya prefabrik binalarda veya diğer yapılarda kullanıcak şantiyede veya fabrikada üretilen betonlara da uygulanmaktadır [39]. Avrupa standardı EN 206 ‘Beton-Bölüm1:Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk’ Türkçe’ye çevrilerek görüşülüp kabul edilmiş TS 11222 yerine kullanılabileceği kabul edilmiştir. TS 500 ‘Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları’ standardı yurdumuzda betonarme yapıların tasarlanması ve yapımı ile ilgili kuralları kapsamaktadır.[40] TS 500’ün Avrupa Standartlarında karşılığı Eurocode 2 ya da EN1992, A.B. Devletleri’de ACI 318, İngiltere’de BS 8110’dur [21].

4.2 Betonun Sınıflandırılması

Bilinçli bir kullanıcı, şantiyesinde kullanacağı betonu bir hazır beton tesisine sipariş verirken, aşağıda açıklanan sınıflandırmalara uygun olarak tanımlama yapar. Betonun, kullanacağı yapı elemanının özellikleri, proje gerekleri ve şantiyesinin bununla ilgili ekip ve ekipman durumunu göz önüne alarak tanımlar. Bundan sonrası hazır beton üreticisi için de, kullanıcı için de daha kolaydır [41].

Hazır beton; kıvamlarına göre beş, en büyük agrega tane boyutuna göre dört, karakteristik basınç dayanımlarına göre onaltı, birim ağırlıklarına göre üç sınıfa ayrılır [42].

4.2.1 Kıvamlarına göre hazır beton sınıfları

Betonun işlenebilme özelliği kıvamı ile tayin edilebilmektedir. Kıvam, betonun kullanım yerine, betonu yerleştirme, sıkıştırma, mastarlama imkanlarına ve işçiliğine, şantiyede beton iletim imkanlarına (pompa, kova) bağlı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir. Hazır beton standardı TS 11222’de 5 kıvam bulunmaktadır (Çizelge 4.1). K1, K2, K3, K4 ve K5 sembolleri ile tanımlanan bu kıvamlar çökme (slump) konisi deneyi ile ölçülmektedir.

Çizelge 4.1: Kıvamlarına göre beton sınıfları.

Beton Sınıfı	Kıvam	Çökme (Slump) (cm)
K1	Kuru	$0 \leq \text{çökme} < 5$
K2	Plastik	$5 \leq \text{çökme} < 10$
K3	Akıcı	$10 \leq \text{çökme} < 16$
K4	Çok Akıcı	$16 \leq \text{çökme} < 22$
K5	Yayılan	$22 \leq \text{çökme}$

4.2.2 En büyük tane boyutuna göre hazır beton sınıfları

En büyük agrega tane büyüklüklerine göre betonlar Çizelge 4.2’de belirtildiği gibi sınıflandırılırlar.

Çizelge 4.2: En büyük agrega tane boyutuna göre beton sınıfları.

Beton sınıfı	En Büyük Agrega Tane Boyutu (mm)
D1 (1 nolu)	12
D2 (2 nolu)	22
D3 (3 nolu)	32
D4 (4 nolu)	64

4.2.3 Karakteristik basınç dayanımlarına göre hazır beton sınıfları

Betonun basınç mukavemeti, standart kür koşullarında saklanmış ($20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ kirece doymun su içerisinde), 28 günlük silindir (15 cm çap, 30 cm yükseklik) veya küp (15 cm kenarlı) numuneler üzerinde ölçülür (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3: Karakteristik basınç dayanımlarına göre beton sınıfları.

Beton Sınıfı	Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı (N/mm^2)	Karakteristik Küp Basınç Dayanımı (N/mm^2)
C14	14	16
C16	16	20
C18	18	22
C20	20	25
C25	25	30
C30	30	37
C35	35	45
C40	40	50
C45	45	55
C50	50	60
C55	55	67
C60	60	75
C70	70	85
C80	80	95
C90	90	105
C100	100	115

4.2.4 Birim ağırlıklarına göre hazır beton sınıfları

Birim ağırlıklarına göre betonlar hafif, normal ağırlıklı ve ağır olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4: Birim ağırlıklarına göre beton sınıfları.

Beton Sınıfı	Birim Ağırlık (kg/m ³)
Hafif Beton	Birim ağırlık ≤ 2000
Normal Ağırlıklı Beton	2000 < Birim ağırlık ≤ 2600
Ağır Beton	2600 < Birim ağırlık

4.3 Taze Ve Sertleşmiş Beton Tanımı Ve Aranılan Özellikler

Taze Beton; agrega ve çimento karışımına su katıldıktan sonraki ilk birkaç saatte beton, sıvıya benzer akıcılık özellikleri taşır ve kolayca şekil verilebilir; bu aşamadaki karışıma taze beton denmektedir [43]. Yani, beton malzemelerinin karılma işleminin tamamlandığı andan, betonun katılaştığı ana kadarki betona istenen şeklin verilebildiği evredeki betona taze beton denmektedir [33].

Taze betonun çeşitli özellikleri vardır [44].

- **İşlenebilme ve Kıvam:** Betonun üretmek için bir araya getirilen malzemeler kolayca karılabilir olmalıdır. Üretilen taze beton kalıplardaki yerlerine kolayca yerleşebilir olmalı ve yerine kolayca sıkıştırılabilir olmalıdır.
- **Taze Betonun Sıcaklığı:** Şantiyeye teslim edilen taze beton sıcaklığının +5C° ‘den az, +33C° ‘den fazla olmaması gerekmektedir.
- **Ayrışma ve Terleme:** Ayrışma, taze beton içindeki malzemelerin betonun her bölgesinde eşit olarak dağılımının bozulmasıdır. Beton malzemelerinin karılması, taze betonun taşınması, yerleşmesi ve sıkıştırılması işlemlerinde betonun içindeki iri agrega ve çimento harcı ayrı ayrı bölgelerde kümeleşme göstermemelidir. Kaba agrega taneleri betonun yerleştirilmesi sırasında diğer tanelere göre daha aşağılara çökme eğilimindedir. Özellikle yüksek kıvamdaki betonlarda da su beton içinde yükselerek yüzeyde kalma eğilimindedir.
- **Hava Miktarı:** Taze betonda, hacimce % 0.5-8 hava bulunmaktadır ve bu hava ile dayanım, yoğunluk, dayanıklılık gibi özellikler arasında doğrudan ilişki

mevcuttur. İstenildiğinde donma-çözülme direncinin artırılması için betona hava sürüklenebilmektedir.

- **Birim Ağırlık:** Bir birim hacim içerisinde yer alan taze betonun ağırlığını belirtmektedir. Betonun birim ağırlığı genellikle kg/m^3 veya ton/m^3 olarak ifade edilmektedir. Özgül ağırlığı yüksek olan agregaların oluşturduğu betonun birim ağırlığı da yüksek olmaktadır. Öte yandan, içerisinde daha çok hava boşlukları bulunduran betonun birim ağırlığı daha düşük olmaktadır [33].

Sertleşmiş beton; taze betonun şekil verilebilirliğinin bittiği, katılaşmanın olduğu evredir. Bu evrede, beton istenilen süre içerisinde yeterli dayanımı gösterebilmeli, yeterli dayanıklılığa ve hacim sabitliğine sahip olmalıdır [45].

Sertleşmiş betonun aşağıdaki temel özellikleri göstermesi beklenir: [45].

- **Dayanım:** Beton dayanımı, üzerine gelen statik ve/veya dinamik yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı, betonun gösterebileceği maksimum direnç olarak tanımlanmaktadır [33].

Malzeme kesitinde bir birim alanının taşıyabileceği maksimum yük, maksimum gerilme olarak adlandırılmakta ve kgf/cm^2 veya MPa gibi birimlerle ifade edilmektedir.

Maksimum gerilme miktarı, betonun dayanımını göstermektedir. Yapılan çalışmalar neticesinde, uygun sıcaklık ve nem ortamı sağlandığında betonun dayanımının yaşla beraber arttığı gözlemlenmiş olup, hesaplamalarda daha çok betonun 28 günlük basınç dayanımını esas alınmaktadır. Bunun nedeni, betonun zaman içinde ulaşabileceği en yüksek dayanımının yaklaşık % 70'ini ilk 28 gün içinde elde etmesidir.

Beton 7, 28 veya daha sonraki günler için hedeflenen dayanımdan daha az bir dayanım göstermemelidir. Çizelge 4.5'de TS EN 206'ya göre çeşitli beton sınıflarına göre basınç dayanımları verilmiştir.

Bu tez çalışmasının uygulama deneyleri esnasında döşemelerde C40-45, kolon ve perdelerde C70,90 ve kat yüksekliği fazla olan ($>4,5\text{m}$) teknik katlarda C100 beton dayanım sınıfından betonlar kullanılmıştır.

Çizelge 4.5: TS EN 206'ya göre çeşitli beton sınıfları.

Basınç Dayanımı Sınıfı	En düşük karakteristik silindirik basınç dayanımı (N/mm ²)	En düşük karakteristik küp basınç dayanımı (N/mm ²)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

- **Dayanıklılık (Durabilite):** Değişik türdeki yapılarda kullanılmakta olan beton, hizmet süresi boyunca, bünyesinde yıpranmaya yol açabilecek birçok etkenle karşılaşmaktadır. Beton dayanıklılığı, "hava koşullarından, sülfatlı veya asitli sulardan ve/veya betonun kullanıldığı ortam koşullarından kaynaklanan yıpratıcı kimyasal ve fiziksel olaylar karşısında, betonun hizmet süresi boyunca gösterebileceği direnme kabiliyeti" olarak tanımlanmaktadır. Dayanıklılık, "durabilite" veya "kalıcılık" olarak da adlandırılmaktadır [33]. Sertleşmiş betonun içerisine sızan sularda bulunan sülfatlar veya asitler birtakım kimyasal olaylara neden olmakta ve betonun çatlayıp kırılmasına sebep olmaktadır. Suyu doygun durumdaki sertleşmiş betonun boşluklarındaki suyun soğuk havada buz haline dönüşerek genişmesi ve sonradan çözünmesi ile "donma-çözülme" olarak adlandırılan olayın çok sayıda yer alması sonucunda, beton çatlayıp kırılabilmektedir. Betonarme betonun içerisine yerleştirilmiş olan çelik çubukların korozyonu (paslanması) sonucunda çelik çubukların yüzeyinde oluşan korozyon ürünleri betonda genişleme yaratmakta ve betonun çatlamasına yol açabilmektedir. Betonun içinde bulunan çimentonun kompozisyonunda bulunan alkalilerle, betonda kullanılan agregada bulunabilecek reaktif silika arasında oluşabilecek "alkali-silika reaksiyonları" sonucunda, sertleşmiş betonda yer alacak olan genişlemeler, betonun kırılmasına neden olabilir [45].

- **Hacim Sabitliği:** Betonun içerisindeki suyun fiziksel ve/veya kimyasal nedenlerle azalması (kaybolması) sonucunda betonun boyunda ve hacminde yer alan küçülmeye "büzülme veya rötre" denilmektedir. Sertleşmiş beton, yeterli hacim sabitliğine sahip olmalı, yani istenmeyen ölçüde büzülme, snme veya genleşme göstermemelidir [45].
- **Geirirnililik:** Sertleşmiş betonun yüzeyi ile temas eden sıvılar ve gazlar, betonun içine girerek akış sağlayabilmektedirler. Betonun içindeki sıvıların akış göstermeleri değişik nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bunlar, hava veya su basıncının yarattığı farklılıklar, nemlilik farklılıkları ve betonun içerisindeki sıvıların farklı konsantrasyonlarından doğan olaylardır [33]. Betonun geirirnililiği; suimento oranına, karışım suyuna, çimentoya, agregaya, katkı maddelerine, betonun yaşına, betonun karılmasına, yerleştirilmesine, sıkıştırılmasına ve betona uygulanacak kr işlemine bağlıdır.
- **Dış Görünüş (Estetik):** Beton, görünüş bakımından da göze hoş gelmeli ve mimari açıdan estetik bir görünümde olmalıdır.
- **Isı ve Ses Yalıtımı:** Isıyı ve sesi geçirmemesi kullanım açısından betonu önemli kılmaktadır.
- **Ekonomiklik:** Yukarıdaki zellikleri sağlamak üzere, beton ekonomik olmalıdır.

4.4 Beton Dayanımı Belirleme Yöntemleri

Betonun istenen dayanımı kazanıp kazanmadığı aşağıda sıralanan deney yöntemleri uygulanarak belirlenebilir [46].

- 1) **Taze Betondan rnek Alınması:** Beton dökümü esnasında her 75 m³ beton için en az 6'şar adet standart silindir (15/30cm) rnek alınarak bu örnekler yapıdaki betonun maruz kaldığı hava koşullarında kr edilip 7. günde basınç dayanım deneyine tabi tutulurlar. 7 günlük beton dayanımının, hedeflenen 28 günlük beton dayanımının yaklaşık %70'ini sağlaması halinde kalıp sökümü için beton dayanımının yeterli olduğuna karar verilebilir.
- 2) **Sertleşmiş Betonda Tahribatsız Deney Yöntemleri:** Beton test çekici

ve/veya ultrases test cihazı ile yapılan deneyler ile belirlenen basınç dayanımları, hedeflenen 28 günlük dayanımının yaklaşık %70'ini sağlaması halinde kalıp sökümü için dayanımının yeterli olduğuna karar verilebilir.

- 3) Sertleşmiş Betonda Tahribatlı Deney Yöntemi:** Yapıdaki betondan alınan karot örneklerinin dayanımının, hedeflenen 28 günlük beton dayanımının yaklaşık %70'ini sağlaması halinde kalıp sökümü için beton dayanımının yeterli olduğuna karar verilebilir. Ancak bu yöntem çok sık uygulanan bir yöntem değildir. Çünkü sertleşmiş betondan 1 hafta gibi erken yaşlarda karot alınması tercih edilmediğinden bu işlem için en az 2 hafta beklenilmesi istenmektedir [47].

4.5 Beton Dayanımı-Olgunluk Faktörü İlişkisi

Betonda olgunluk kavramı, kür süresi (t) ile beton sıcaklığının (T) çarpımlarının fonksiyonu ($\text{Olgunluk} = f(T \cdot t)$) olarak tanımlanır. Aynı özellikteki malzemelerle ve malzeme oranlarıyla hazırlanmış olan iki beton, aynı koşullarda ve aynı uzunlukta bir süreyle kür edilmişse doğal olarak aynı dayanımı kazanırlar. Ancak kür süresi ve beton sıcaklığı farklı olduğunda ise her iki betonun dayanım kazanma hızı farklı olur. Değişik sıcaklıklarda ve değişik sürelerde kür edilen betonların aynı olgunluk seviyesinde bulundukları durumda, basınç dayanımlarının yaklaşık aynı olacağı kabul edilir. Olgunluk kavramını en iyi ifade edebilen formül Nurse-Saul tarafından önerilen ve Amerikan Beton Enstitüsü (ACI) tarafından da kullanılmakta olan $M = \sum (T+10) \Delta t$ formülüdür. Burada,

$M = \text{Olgunluk faktörü (}^{\circ}\text{C.gün veya }^{\circ}\text{C.saatt)}$

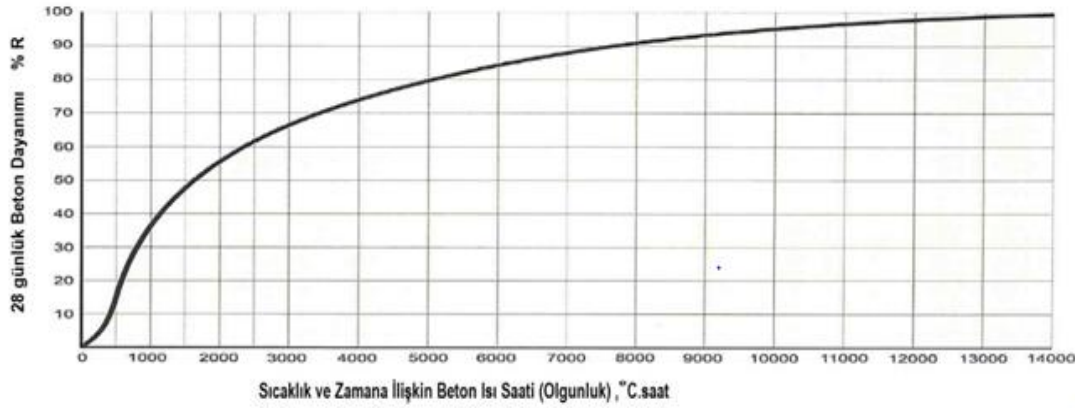
$T = \text{Beton sıcaklığı (}^{\circ}\text{C)}$

$\Delta t = T \text{ sıcaklığında kür süresi (gün veya saat)dir.}$

Yapıdaki betonun ne kadar dayanım kazanmış olduğunun bulunabilmesi için önce yapıda kullanılacak beton laboratuvar koşullarında kür edilerek Şekil-4.6'dakine benzer bir "dayanım-olgunluk faktörü" ilişkisi elde edilir. Buradan normal kür koşullarındaki betonun 28 günlük dayanımının yaklaşık %70'ine hangi olgunlukta ulaştığı belirlenir.

Daha sonra yapıda kullanılan betondan belirli aralıklarla sıcaklık değerleri alınarak $M=\sum(T+10)At$ ilişkisinden olgunluk hesaplanır. Yapıdaki betonun olgunluğu laboratuvardaki betonun 28 günlük dayanımının %70'ine karşılık geldiği olgunluğa eriştiği süre kür süresinin yeterli olduğunu göstermektedir [48].

Çizelge 4.6: Sıcaklık-zaman-dayanım ilişkisi



4.6 Beton Dayanımını Artırıcı Yöntemler

Farklı bileşenlerden oluşan betonun *basınç dayanımı*,

- Betonu oluşturan bileşenler ve miktarları,
- Numune boyutları ve yaşı,
- Kür koşulları parametrelerine bağlıdır [37].

Bunlar içerisinde betonu oluşturan bileşen özellikleri (agrega, çimento, karışım suyu, kimyasal katkıları) ve karışımdaki miktarları betonun uygun özellikte hazırlanması ile ilgilidir. Aldığımız numune boyutları, dayanım testi için kırılan numune yaşları laboratuvar da kullanılan kalıp seçimimize ve kıldığımız numunenin kaç günlük olduğuna bağlıdır. Bu süre 3, 7, 28, 56 günlük sürelerde olabilir. Kırım sonuçları ülkelerin beton kalite kabul kriterleriyle karşılaştırılır.

Beton dayanımı için gerekli kür koşulları sıcak ve soğuk havada beton üretimine göre farklılık gösterir. Beton esas olarak agregası ve çimento hamurundan oluşmaktadır. Çimento hamurunun (ve betonun) kazanacağı dayanım hızı ve miktarı, çimentonun su ile reaksiyonu ile başlayan hidrasyonun ne ölçüde gerçekleşmiş

olduğuna bağlıdır. Hidratasyonun istenen şekilde gerçekleşebilmesi ve devam edebilmesinde beton sıcaklığının ve betonun bulunduğu ortamın sıcaklığının büyük önemi vardır [46].

4.6.1 Sıcak havada beton dayanımını artırıcı yöntemler

TS 1248 Anormal hava koşullarında beton yapım, döküm ve bakım standardı aşır sıcak havayı; beton döküm sırasında ortalama hava sıcaklığının ard arda   gün süre ile $+30^{\circ}\text{C}$ 'nin üstünde bulunduğu süredeki hava durumu olarak tanımlanmaktadır. [50] Olumsuz hava koşullardan biri olan sıcak havalarda üretilecek ve yerleştirilecek betonun olumsuz etkilenmesini önleyecek özel tedbirler alınması gereklidir. Alınması gereken önlemler şu şekilde sıralabilir [51]:

- 1. Betonu oluşturan bileşen malzemelerin mümkün olduğunca soğutularak kullanılması:** Karma suyunun, soğutma tesisleri (chiller) kullanılarak veya buzla soğutulması en etkili ve pratik olanıdır. Agreganın soğutulması çok pratik olmamakla birlikte, güneş ışınlarının direkt etkisinden korunması veya üzeri-etrafı ıslatılarak bulunduğu ortamın nemli tutulması bilinen basit önlemler olarak sıralanabilir. Çimentonun kullanım sıcaklığıyla ilgili bazı standartlar en fazla 70°C olması gerekliliği gibi bir üst sınır koymuşlardır. Çimentonun tipi daha etkili olabilmektedir. Hidratasyon ısısı düşük, puzolanlı çimentolar avantaj sağlamaktadırlar. Karışım suyu, su soğutma tesisleriyle çok düşük sıcaklıklara kadar soğutulabilir. Pratikte suyu $+5^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar soğutabilen tesisler mevcuttur. Su yerine doğrudan kırılmış buz parçaları kullanılabilir. Aslında en etkili yöntemdir, fakat yoğun üretim koşullarında çok pratik olmamaktadır.
- 2. Kimyasal katkı maddelerinin kullanılması:** Priz süresini geciktiren, kıvam kayıplarını azalma yeteneğine sahip, su azaltan kimyasal katkılar kullanılmalıdır.
- 3. Uçucu kül gibi mineral katkılarının kullanılması:** Puzolanik aktivitesi olması nedeniyle, az bir miktar imento yerine ikame edildiğinden; beton sıcaklığının düşmesi, kıvam kayıplarının düşürülmesi ve priz sürelerinin biraz daha uzamasına yardımcı olur.

4. Suyun buharlaşmasını önleyecek veya buharlaşma hızını azaltacak

önlemlerin alınması: Dökümden hemen önce kalıplar ve donatı nemli durumda bulundurulmalıdır. Taze betondaki suyun bir miktarının emilmesi engellenmelidir. Beton zemine dökülecekse zeminin önce ıslatılarak nemli hale getirilmesi sağlanmalıdır. Zeminin de taze betondaki suyun bir miktarını emmesi engellenmelidir. Dökümden önce ve döküm boyunca da çevrenin ıslatılarak ortamdaki bağıl nemin yüksek tutulması sağlanmalıdır.

5. Kür işleminin en kısa zamanda başlatılması ve eksiksiz tamamlanması:

Kür işlemi, sıcak havada beton dökümünün en kritik, olmazsa olmaz işlemidir. Sıcak havada betonun küre ihtiyacı özellikle ilk saatlerde ve ilk günlerde çok önemlidir. Son yüzey düzeltmenin arkasından betonun bütün açık yüzeyleri geçirimsiz bir örtü tabakası ile kaplanmalıdır. Rüzgara karşı da rüzgar koruyucularıyla örtülmelidir. Su kaybı, buharlaşma önlenmelidir. Son yüzey düzeltme işleminin ardından bütün beton yüzeyleri ıslak tutulmaya başlanmalıdır. Betonun sürekli ıslak tutulması bu işin temelidir. Sadece sabah-akşam gibi ara ara yapılan sulama, ıslanma-kuruma şekline dönüşür ki çok faydalı olmayabilir, çatlakları tetikleyebilir [49].

Beton yüzeyini ıslak tutmada;

1. Suyu beton yüzeyinde sürekli havuzlama,
2. Sürekli ıslak çuval ile örtme, yöntemleri bilinen en etkili yöntemlerdir.

Beton yüzeyleri bütün gün boyunca, gece-gündüz sürekli ıslak tutulmalıdır. Kür süresi; çimento tipi, karışım dizaynı, yapı elemanının boyutu ve çevre şartlarına bağlı olarak değişir. Genel kanı; laboratuvar ortamında sürekli su içerisinde kür edilen betonun 28 günlük basınç dayanımının % 70'ini elde edilene kadar kür işlemi aralıksız sürdürülmelidir. Yaz aylarında bu süre 4-7 gün arasındadır [52].

4.6.2 Soğuk havada beton dayanımını artırıcı yöntemler

Beton sıcaklığının düşük olması betonun dayanım kazanma hızını olumsuz etkiler. Düşük sıcaklıklarda çimentonun hidrasyonu çok yavaşladığından priz alma süresi uzar. Hidrasyon hızının yavaş olması hidrasyonun en önemli ürünü olan ve bağlayıcılık özelliği kazandıran kalsiyum-silikat-hidrat (C-S-H) jellerinin oluşumunu

da yavaşlattığından, geç dayanım kazanmaya yol açar. İstenilen dayanımın daha geç sürede kazanılması beton özelliklerini olumsuz etkilediği gibi kalıp alma süresini de geciktirir [49].

Soğuk havada üretilecek ve yerleştirilecek betonun olumsuz etkilenmesini önleyecek özel tedbirler alınması gereklidir. Alınması gereken önlemler şu şekilde sıralabilir: [46].

1. Taze beton sıcaklığının yükseltilmesi için çimento hariç diğer malzeme bileşenlerinin ısıtılması,
2. Betonda ilk günlerde yüksek dayanım sağlayacak türde çimento ve katkı maddesi kullanılması,
3. Betonun soğuk hava koşullarından koruyacak en uygun kalıp türü kullanılması,
4. Beton döküm işinin önceden planlanarak gerekli hazırların yapılması,
5. Uygun izolasyon malzemelerinin seçilmesi, uygun kür yönteminin yeterli süre uygulanması.

1.Betonu oluşturan malzeme bileşenlerinin ısıtılarak kullanılması: Bu beton karışımının ilk sıcaklığını etkileyen bir seçenektir. Soğuk hava koşullarında üretilen betonların sahip olması gereken minimum sıcaklıklar Çizelge 4.7’de tavsiye edilen değerlerden daha az olmamalıdır. Ancak beton karışımının sıcaklığının tavsiye edilen minimum sıcaklıkların aşırı ölçüde üzerinde olmamasına, en fazla 8°C üzerinde olmasına dikkat edilmelidir. Beton karışım sıcaklığını istenilen düzeye yükseltmek amacıyla karışım suyu veya agregalar ayrı ayrı veya her iki malzeme birlikte ısıtılabilir.

Çizelge 4.7: Kesit kalınlığına göre yerleştirme sırasında tavsiye edilen beton sıcaklıkları.

Beton Kesitin Kalınlığı (cm)	Yerleştirilme Esnasında Betonda Olması Gerekli Min. Sıcaklık (°C)
<30	13
30-90	10
90-180	7
>180	5

a) Karışım Suyunun Isıtılması: Beton sıcaklığının yükseltilebilmesi için en etkili ve en kolay olan yöntem suyun ısıtılmasıdır. Bunun nedeni suyun özgül ısı değerinin agrega özgül ısı değerinden yaklaşık 5 kat daha fazla olmasından kaynaklanır. Ancak karışım suyunun ısıtılmasında bazı önemli hususlara dikkat etmek gerekir. ACI 306R-88 (Cold Weather Concreting) ısıtılacak karışım suyu sıcaklığının 60-65°C'ı geçmemesini tavsiye etmiştir. Aksi halde 70-80°C gibi yüksek su sıcaklıkları çimentonun ani prizine neden olur. Ayrıca çimento taneleri karışım esnasında topaklanabilir. Bu nedenle sıcak su ve iri agrega miksera boşaltılarak su sıcaklığı bir miktar düşürülüp, ardından çimento ve ince agrega katılacak şekilde bir ayarlama yapılması uygun olmaktadır.

b) Agregaların Isıtılması: Genellikle hava sıcaklığının kararlı olarak -4°C'ın altında seyrettiği durumlarda yalnızca suyun ısıtılması yeterli olmadığından agregaların da ısıtılması yoluna gidilir. ACI 306R-88(Cold Weather Concreting), çok soğuk havalarda su 60 °C sıcaklığa kadar ısıtılıp kullanılıyor ise agrega sıcaklığının da 50-60 °C olmasını belirtmiştir. Ayrıca agregalar donmamış ve su 60°C sıcaklığa kadar ısıtılıp kullanılmışsa ince agreganın en çok 40°C a kadar ısıtılması yeterlidir. Çok soğuk havalarda agregaların ısıtılmasında en etkili yöntem buhar uygulamasıdır. Agregaya yığını içerisine yerleştirilen borulardaki buhar agreganın oldukça uniform ısınmasını sağlar. Ancak agrega ile doğrudan temas edecek buhar jeti uygulamalarında agrega tanelerinin içindeki nem oranının değişimine dikkat edilmelidir.

2.Uygun türde çimento ve katkı maddesi kullanımı: Düşük sıcaklıklarda çimentonun hidratasyonu yavaşladığından betonun dayanım kazanma hızı da azalır. Ancak kalıpların sökülebilmesi için özellikle ilk günlerde betonun yeterli dayanıma ulaşması gereklidir. Bu nedenle soğuk iklim koşullarında üretilen betonlarda hidratasyon ısısı yüksek olan (örneğin, erken dayanımı yüksek EYÇ 52.5 ve PÇ 52.5 çimentosu gibi) çimento kullanılması daha erken dayanım artışı sağlar. Ayrıca soğuk hava koşullarında bu tip bir çimento kullanmanın yanısıra çimento dozajının artırılması hem hidratasyon ısısının artmasına hem de ilk günlerdeki dayanımın daha yüksek olmasına yardımcı olur.

Hava sürükleyici, priz hızlandırıcı, su azaltıcı ve/veya suyun donma derecesini düşüren (antifriz gibi) katkı maddelerinin kullanımı da soğuk iklim koşullarında beton dökümünde etkili ve yararlı önlemlerdir [53].

3.Uygun tipte kalıp kullanılması: Soğuk hava koşullarında üretilen betonlar için en uygun kalıp tipi iyi bir izolan malzeme olan ahşap kalıpların kullanılmasıdır. Kalıbına yerleştirilen betonun sıcaklığının hızlı bir şekilde kaybolmasını önlemek için kalıp üzerine sıkılan üretilen köpük, kalıpların dış yüzüne serilen saman veya ticari olarak üretilen örtüler kullanılmaktadır.

4.Beton döküm işinin önceden planlanarak gerekli hazırlıkların yapılması: Taze betonun donma olayından korunmasını ve uygun sıcaklıklara sahip olabilmesini sağlayacak bütün hazırlıkların soğuk hava koşullarından önce tamamlanması gereklidir. Donmanın taze betonda oluşturduğu olumsuz etkileri azaltmak üzere, beton teknolojisinin gerektirdiği önlemlerin alınması şarttır. Bu önlemlerin esası, beton üretiminde kullanılan malzemelerin, araç ve gereçlerin sıcaklığını yüksek tutmak ve taze betonun sıcaklığını döküm sırasında ve sonrasında belirli derecenin ($\sim 15^{\circ}\text{C}$) altına düşürmemektir. Ayrıca kullanılacak malzemelerin (su, agrega, çimento tipi, katkı maddesi) nitelikli olması ve beton dizaynının doğru yapılması gereklidir. Beton dökümüne başlamadan betonla temas edecek bütün yüzeyler kontrol edilmelidir. Betonun yerleştirileceği zemin dahil betonla temas edebilecek bütün yüzeylerin en az $+2^{\circ}\text{C}$ tercihen $+10^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta olması ACI 306R-88(Cold Weather Concreting) tarafından tavsiye edilmektedir. Akılcı bir diğer önlem ise beton dökümünü havanın daha sıcak olduğu öğle saatlerinde gerçekleştirmektir.

5.Uygun yalıtım malzeme seçilmesi ve uygun kürün yapılması: Çevresi örtü ile kapatılan yapıda, içerdeki sıcaklığı yüksek tutmak amacıyla motorlu bir ısıtıcıyla sıcak hava üfleme, içeriye buhar vermek ve soba kullanmak gibi yöntemler uygulanabilir. Buhar verme yöntemi sıcaklığın yanı sıra örtü içinde nem de sağlar. Isıtma için soba kullanımında yangın tehlikesine, ortamda oksijen azalmasına ve karbondioksit artışı nedeniyle zehirlenmelere neden olacağından çok dikkatli olunmalıdır. Ayrıca karbondioksit artışı beton yüzeyinde karbonatlaşmaya da neden olur. Beton dökülecek zeminde buzlanma varsa zeminin üzeri dökümden bir kaç gün

önce uygun bir izolasyon malzemesi ile örtülmeli ve buzların çözülmesi sağlanmalıdır. Zeminde ve kalıplarda oluşan buzların erimesi için sıcak hava püskürtülmesi yararlı bir yöntemdir. Betonarme donatılarında buzlanma veya çok düşük sıcaklıklar sakıncalıdır. Çünkü donatı üzerindeki buzun beton dökümünden sonra çözülmesi beton-donatı arasındaki aderansı olumsuz olarak etkiler ayrıca lokal donma yaratabilir. Bu tür olumsuz durumlar için de sıcak hava püskürtmek en etkili yöntemidir.

4.7 Kış Şartlarında Betonarme İmalatında Kullanılan Isıtma Yöntemleri

4.7.1 Elektrikli ısıtma battaniyeleri

Bu yöntemde kullanılan ekipman, evlerde kullanılan elektrikli battaniye ile benzer mantıkla imal edilmiş lakin dış malzemesi, naylon, plastik gibi su yalıtımı sağlayan malzemeler olacak şekilde üretilmektedir. Malzemenin arasına elektrik kabloları döşenmektedir. Yöntem döşeme yüzeyine serilerek, düşey yapı elemanlarında ise sarılarak kullanılır.

Uygulama süreci ise şu şekilde gerçekleştirilir: Kablolar elektrik verildiğinde ortaya çıkan ısıyla beton ısınır. Tamamlanmış döşeme betonu üzerine serilir, elektrik aktif hale getirilerek ısıtma yapılır. (Şekil 4.1, Şekil 4.2) Bu yöntem verebilmiş olduğu sıcaklık nedeniyle; kış şartlarında ve kalınlığı 20cm'nin üzerindeki döşemelerin priz almasında çok etkili olmamaktadır. Islak yüzeyle direkt temas halinde olduğundan elektrik kaçağı durumunda çok tehlike olabilecek bir uygulamadır.



Şekil 4.1: Elektrikli ısıtma battaniyesinin uygulaması.

Kullanılan malzeme kalıp, demir ve diğer ağır ve delici malzemelerle aynı ortamda bulunacağından hızlı imalat yapılan inşaat ortamlarında dikkat eksikliği sonucu malzeme hasar görebilir ve bu koşullarda kullanım güçlüğü söz konusudur. Malzeme hızla deformasyona uğrar.



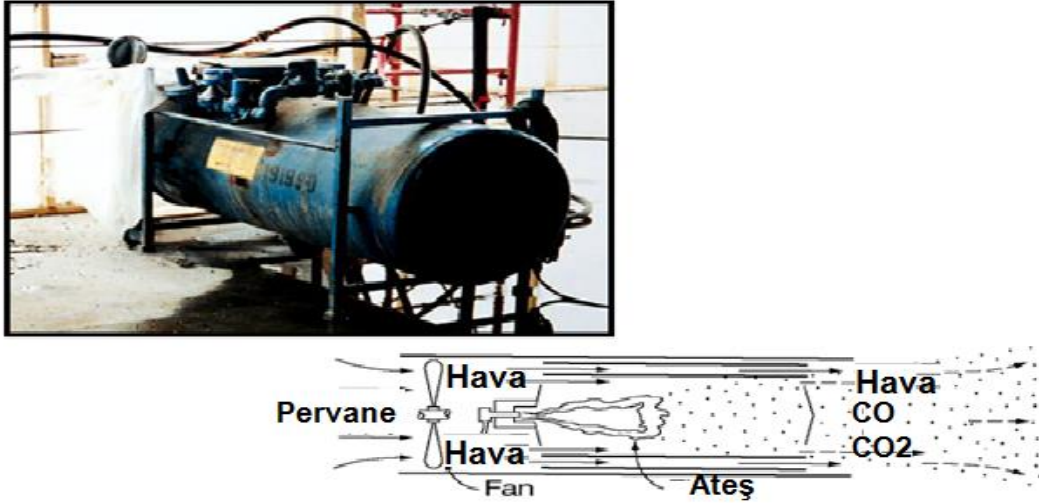
Şekil 4.2: Elektrikli ısıtma battaniyelerinin depolanması.

4.7.2 Karbon fiber ısıtma teli ile ısıtma

Hong-Ming Zhao ve arkadaşlarının (2010) 'Concrete Slab Installed with Carbon Fiber Heating Wire for Bridge Deck Deicing' adlı çalışmasında Çin'de beton döşeme içine **karbon fiber ısıtma teli (CFHW)** gömülerek beton döşemelerde buzun negatif etkilerini önlediğine ilişkin bir çalışma yapmışlardır. Beton döşeme içine gömülü CFHW tipi ısıtma teli ile farklı hava sıcaklıklarında, farklı buz kalınlıklarında buzun çözülmesi için minimum verilmesi gereken 4 farklı deney yapmışlardır. Aynı güç verildiğinde karı eritme ile buz eritme durumları karşılaştırılmış ve karın çok daha hızlı eridiği görülmüştür. Döşeme üzerindeki 10, 40, 70 mm kalınlıklarındaki karın erimesinde sırasıyla 0.75, 2.5, 3.5 saatlik süreler geçtiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada köprü güvertelerinde biriken karın erimesi için, elektro termal bir metot kullanılarak CFHW ısıtma teliyle mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır [54].

4.7.3 Isımak cihazları ile doğrudan ısıtma

Isımak ısıtıcı ekipmanı; sıcak hava üfleyen, direkt ateşlemeli, sıcak yanma gazlarını da ısıttığı hava ile birlikte bulunduğu ortama veren, yüksek sıcaklıkta hava çıkışına sahip seyyar bir ısıtıcıya verilen addır. Şekil 4.3’de görülen ekipman, çoğunlukla kurutma, donmaya karşı koruma, ısıtma, ön ısıtma gibi amaçlara en iyi şekilde hizmet ederler [55].



Şekil 4.3: Isımak ısıtıcı ile doğrudan ısıtma.

Şantiye çalışanları, sera sahipleri gibi kullanıcılar soğuk hava koşulları aniden bastırdığında bu ısıtma araçlarına ihtiyaç duymaktadırlar. 40lt mazot deposuna sahip ısımak cihazında mazot donmadığı ve filtre tıkanmadığı sürece kesintisiz çalışmaya imkân sağlar. Yakıt deposu, ergonomik tutamacı ve tekerlekli sayesinde bir yerden başka bir yere rahatça taşınabilir. Ancak ekipman ağırlığı ısımak büyüklüklerine göre 40 kg -60 kg arasında değişir. Bacaya bağımlı olmaması sayesinde hareket kabiliyeti çok daha fazladır. Cihazın fişi 220V topraklı bir prize bağlanır, yakıt deposuna motorin doldurulur, açma düğmesine basılarak sıcaklık istenen yerde çalıştırılır [55].

- Anında sıcak hava sağlar.
- Lokal ısıtma amaçlı kullanılabilir.
- Tekerlek ve depo kullanılmadan duvara veya tavana monte edilebilir.
- Ortam termostadı bağlayarak otomatik sıcaklık kontrolü yapılabilir.

Elektronik ateşleme ve fotoseli sayesinde tam otomatik bir şekilde çalışabilir. Ancak dezavantajlarına gelince, ateşleme sonrası sadece sıcak hava değil ateş te püskürttüğü için çok tehlikelidir. Ayrıca ekipman taşıma için ergonomik değildir ve son olarak yanarken dışarı zehirli gazlar vermektedir. Şekil 4.4’de çalışır durumdaki bir ısımak cihazı görülmektedir.



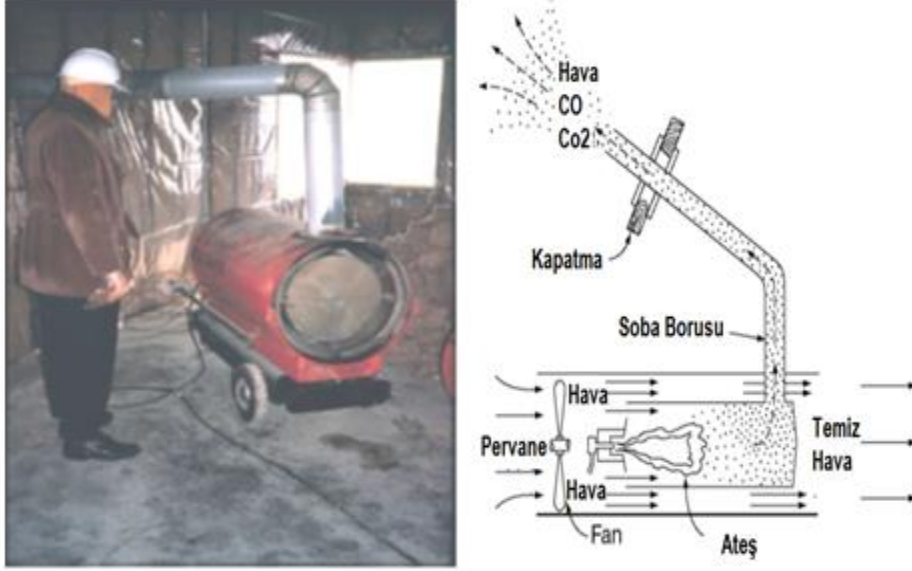
Şekil 4.4: Çalışır halde bir ısımak ısıtıcı.

Isımak ısıtıcılar, inşaat şantiyeleri, oto servisleri, endüstriyel ve ticari ürün kurutma tesisleri, seralar, tavuk çiftlikleri, depolar, hangarlar, iyi havalandırılan kapalı ve yarı kapalı alanlar, ön ısıtma veya donmaya karşı korunma gerektiren makine ve araçlar, donma tehlikesi olan tesisatlar, boru hatları v.b. yerlerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

4.7.4 Kalorifer sistemiyle dolaylı ısıtma

Kalorifer sistemiyle yapılan ısıtma ısımak ile aynı mantıkta çalışır. Fakat sıcak hava doğrudan ortama verilmez boru yardımıyla ısınacak olan ortama iletilir. Isımak ile karşılaştırıldığında, mazot koyan ve kontrol için görevli işçi açısından karbon monoksit ve karbondioksit gazlarını solumadığı için daha sağlıklı bir ısıtma tipi olarak bilinmektedir. Pratik uygulamasını da Şekil 4.5’de görünmektedir. Isıtılacak

ortam baca iletilir. Baca dışında açık yer bırakılmaz ve ısıtma sıcak hava yardımıyla gerçekleştirilir.



Şekil 4.5: Kalorifer sistemiyle dolaylı ısıtma.

4.7.5 Isıtmadan beton üretim alternatifleri

Literatür taraması sırasında Barna, L., Seman, P., and Korhonen, C. (2011). "Energy-Efficient Approach to Cold-Weather Concreting."adlı çalışma incelenmiştir. Çalışmanın çıkış noktası 'Soğuk hava da beton dökümünün pahallı ve enerji verimliliğinin çok düşük olduğudur. Yaygın uygulamalar, betonun yapay ısıtma yapılarak, uygun ortam koşullarının yaratılması ve üretimin bu şekilde gerçekleştirilmesine yöneliktir. Bu çalışmada ele alınan antifrizli beton uygulaması ise, yapay ısıtmaya gerek kalmadan soğuk havada beton dökme için yeni bir yaklaşımdır. Böylelikle zaman, para ve enerji tasarrufu sağlanabilecektir. Antifrizli beton çok sayıda büyük ölçekli alanda uygulanarak, mevcut betonarme inşaat uygulamaları ile uyumlu olduğu gösterilmiştir. Deneyler için bir laboratuvar kurulmuştur, antifriz beton kullanarak dondurucu hava koşullarında beton karışımı ve kürü için aletler geliştirilmek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Sekiz kişilik ekip tarafından antifriz formülleri geliştirilmiştir. Başlangıçtaki testler hava sürükleyicinin uygulanabilir olduğunu ve kilit noktanın beton donma noktası olduğunu göstermiştir.

Testler; -4°C 'deki beton kürü yapıldığında antifrizli beton, $+5^{\circ}\text{C}$ deki beton kadar iyi olduğunu göstermiştir. Yüksek dozajlarda antfriz kullanımının beton için zararlı olmadığı, ancak kullanılacak antifriz karışımlarının yaygın kullanımı öncesinde projeye özel betonda test edilmesi tavsiye edilmektedir [56].

Yukarıda anlatıldığı gibi literatürde aynı amaca hizmet eden birbirinden farklı ısıtma yöntemleri vardır. Bu tez kapsamında kızıl ötesi ısımanın (infrared) betonarme imalatında kullanımına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Mevcut sistemlerle karşılaştırmak için değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Aşağıdaki bölümde anlatıldığı üzere, kızıl ötesi ısımayla ısıtmanın literatürde farklı alanlarda kullanıldığı görülmüş ancak yüzeysel betonarme ısıtma ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

4.7.6 Kızılötesi ısıtmanın inşaat sektöründe uygulandığı diğer imalatlar

Asfalt ısıtma; Jo Sias Daniel (2006) 'Use of an Infrared Joint Heater to Improve Longitudinal Joint Performance in Hot Mix Asphalt Pavements'adlı çalışmasında yol kaplamalarında boyuna eklem çatlamlarının çok sık olduğu ve bunun nedeninin asfalt döküm anoları geçişinde bir yüzeyin soğuk bir yüzeyin sıcak olmasından kaynaklandığını tespit etmiştir. Ayrıca asfalt döküm öncesi döküm yapılacak yüzeyde ön ısıtma yapılmamasının boyuna çatlaklara neden olduğu tespit edilmiştir. Bunu infrared ısıtıcı kullanarak ön ısıtma ve döküm arası ısıtma yapılarak bir şerit boyunca test edilmiş, daha sonra yoğunluk ve mukavemet kontrolü için karot alınmış geçirgenlik testi yapılmış ve kızıl ötesi ısıma ile ısıtılan kısımda daha az çatlama olduğu sonucuna varılmıştır [57].

Toprak ısıtma; Ake Hermansson (2006) 'Numerical Modeling of Thaw Penetration in Frozen Ground Subject to Low-Intensity Infrared Heating' adlı çalışmasında kış şartlarında donmuş toprağın çözünmesini kolaylaştırmak amacıyla, kızıl ötesi ısımayla ısıtmanın etkisini araştırmıştır. Özel 22 kw'lık ısıtma cihazı kullanılarak Utah'da bir park inşasında yaklaşık beş gün boyunca testler yapılmış, elde edilen veriler matematiksel bir model ile kalibre edilmiş ve değerlendirilmiştir. Değişkenler, radyasyon yoğunluğu, hava sıcaklığı ve toprak içerisindeki buz oranı olarak belirlenmiş ve kızıl ötesi ısıtıcılarla başarıya ulaşılmıştır. Toprak içerisindeki buz içeriği, çözülme oranları içerisinde önemli bir etkiye sahipken, sıcaklığı artıran

yüzeysel ısıtıcılarla daha az önemli duruma geçtiği deneylerle test edilerek ispatlanmıştır [58].

Tez konusu bu çalışmada ise kızılötesi deneyleri sonrası diğer şantiyelerin farklı imalatlarında kızıl ışıma kullanılmıştır. Bunlar;

Dış cephe ısıtma; 6kw'lık cihazlar (kızıl ötesi ışıma = infrared) dış cephe kaplamasında çok başarılı olmuştur. 2 kw'lık ve 6 kw'lık 2 farklı büyüklükteki kızılötesi yüzeysel ısıtıcılar aynı ortamda, yüzeye eşit mesafeden yerleştirilerek (1,5 metre), lazer ile yüzey sıcaklığı ölçülerek test edilmiştir. Deneyler sonucu en uygun tip 6 kw'lık kızılötesi yüzeysel ısıtıcı olarak belirlenmiştir. İş kalemi dış cephe imalatı olduğunda dış ortamla birebir temas halinde bir çalışma ortamı söz konusudur. 2 kw'lık kızılötesi yüzeysel ısıtıcılar imalat için yeterli ısıyı vermiştir, ancak ısıtıcının verdiği ısı imalat hızını artıracak yeterlilikte olmamıştır.

Sıva imalatında ısıtma; yaparken de kızıl ötesi ışıma oldukça başarılıdır. Sıva

yapılan yüzeye 2 metre mesafeden 2 kw'lık veya 6 kw'lık kızılötesi yüzeysel ısıtıcılar yerleştirilerek işlem istenen kalite gerçekleştirilir. (Şekil 4 .6)



Şekil 4.6: Sıva imalatı yapılan alanda kızılötesi yüzeysel ısıtıcı kullanımı.

Ortam sıcaklığı +5 °C ile -5°C derece arasında ise 2 kW'lık kızıl ötesi ışımanın kullanımı ekonomik olacaktır, ortam sıcaklığı -5 °C'nin altına düştüğünde 6 kw'lık kızılötesi yüzeysel ısıtıcılar daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. 2 kw'lık ısıtıcılar yetersiz kalmaktadır. Rus normlarında +2⁰C derece sıcaklık sağlandığında sıva imalatına izin verilmektedir. kızılötesi yüzeysel ısıtıcılar ile bu koşul sağlanabileceği

yapılan deneylerle test edilmiştir. Dikkat edilecek temel husus, ısıtıcıları 2 metreden daha yakına konumlandırmamaktır. Yakın mesafeden ısıtma yapıldığında, yüksek sıcaklıkla hızla kuruyan sıva karışımı dökülmektedir.

4.8 Isıtma Sürecinde Isı Yalıtımlı Branda Kullanımı

Bu tez çalışmasının yapıldığı şirket bünyesinde yapılan deneylerle ısı yalıtımlı branda kullanımının sıcaklık üzerinde 7°C ile 12°C arasında ısıtıcı özelliği olduğu test edilerek kanıtlanmıştır. Açık hava da ki demir sıcaklığı Şekil 4.7’de görüldüğü gibi ölçülmüş ve -2°C de iken üzerine Şekil 4.7’deki gibi branda örtüldüğünde $+7^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar sıcaklığı artırdığı test edilerek görülmüştür.

Betonun yerleştirileceği zemin dahil betonla temas edebilecek bütün yüzeylerin en az $+2^{\circ}\text{C}$ tercihen $+10^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta olması ACI 306R-88 (Cold Weather Concrete) tarafından tavsiye edilmektedir. Rusya Federasyonu beton standartlarına göre de beton döküm öncesi kalıp ve demir sıcaklığı minimum $+2^{\circ}\text{C}$ olmalıdır. Bu şartı herhangi bir ısıtıcı kullanılmadan hava sıcaklığı -10°C ’nin üzerindeyken sadece ısı yalıtımlı branda sağlanabildiği görülmüştür. Ama Rusya Federasyonunda hava sıcaklığı -30°C ’lerde olabildiği için bu yöntem tek başına yeterli olmayacaktır. Mevsim geçişlerinde şartnameye göre olması gereken sıcaklık değerine ulaşmak için kullanılmıştır.



Şekil 4.7: Isı yalıtımlı branda testi.

4.9 Isıtma Sürecinde Kızıl Ötesi Lamba Kullanımı

Giriş bölümünde değinildiği gibi, bu tez kapsamında bir Türk firmasınca Rusya’da yüzeysel beton ısıtmada kullanılan *ısımak ısıtma cihazları* ile *yeni kullanıma alınan kızıl ötesi ısıtıcılar* karşılaştırılmıştır. Kızılötesi ısıtıcılar, elektrik ile çalışan çevreye zarar vermeyen cihazlardır. Rusya Federasyonu gibi -40°C’lerin yaşandığı ülkelerde kablolu ısıtma sistemlerinin betonarme imalatlarda kullanımı kaçınılmazdır. Zira betonu iç ısınıyı diğer yöntemlerle arttırmak çok zordur. Ancak kablolu ısıtma sistemlerinde döküm öncesi uygun kalıp, donatı sıcaklıklarını sağlamada etkili olamayacağından, alternatif döküm öncesi ısıtma sistemlerinin de kablolu ısıtma yanında kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Çalışma kapsamında kızıl ötesi ısıtıcılar ile Isimak ekipmanları karşılaştırmak için değişkenler belirlenerek denemeler yapılmıştır. Detaylı kullanım kriterleri ve yöntemi uygulama sonrası belirlenerek bölüm 5.6’da anlatılmıştır.

5. RUSYA’DA BETONARME İMALATLARIN KALİTE SÜRECİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

Yapım yüklenicisi Türk firmaları yıllardır Rus inşaat piyasında yer almakta ve her geçen gün daha büyük projelere imza atmaktadırlar. Projeler için sözleşmede belirlenen yapım sürelerinde işi bitirebilmek alışla gelmişin dışında hava şartlarında ve ülkenin teknik şartnameleriyle oldukça sistematik bir çalışma gerektirmektedir. Büyük ölçekli bu projelerde bir sistem kurmak ve kesintisiz denetlemek olmazsa olmaz bir gerekliliktir.

Kış şartlarında doğru ve yeterli kalitede, uygun maliyette ve hızda, iş sağlığını ve güvenliğini dikkate alan yöntemler kullanmak proje yönetimine odaklanan, kalitenin yanında prestij ve karın geleceğini öngörebilen inşaat yöneticileri ve firma sahipleri için önem arz eder.

Bu çalışma içerisinde beton üretimi için gerekli prosedürler, beton ve beton karışımı için gereksinimler, kış ayı beton üretim özellikleri, inşaat alanında kalite kontrol, betonun teslimat kontrolü, beton karışımının, depolama koşullarının, beton kalitesinin ve kalite kontrolünün genel şeması, normatif referanslar ve eklerle birlikte bilgi verilmiştir. Çalışma öncesi mevcut sistemler değerlendirilmiş ve güvenli, ekonomik ve kullanımı sağlıklı yeni beton ısıtma sistemi anlatılmış; mevcut sistemler ile arasındaki farklar belirlenen ölçütler eşliğinde analiz edilip, değerlendirerek çalışma tamamlanmıştır.

5.1 Rusya’da Beton Üretim Süreci ve Standartları

Türkiye ile Rusya arasındaki şantiye koşulları karşılaştırıldığında hava sıcaklıkları arasında Türkiye’deki bazı iller arasında benzerlikler olsa da, ülke geneli değerlendirildiğinde büyük ölçüde sıcaklık farklılıkları vardır. Rusya’da çalışan yükleniciler açısından alışagelmışin dışındaki bu şartlarda imalat yaparken baz

alınacak kuralların değerlendirilmesi gerekir. Rusya Federasyonu normları *Snip*ler ve *GOST* ta tanımlanmaktadır..

Snip ; Rusya federasyonu ulusal inşaat kod ve standartların bütününe verilen isimdir.

GOST-R, Rusça'da "Norm" kelimesinin karşılığıdır ve R ise Rusya'yı temsil etmektedir [59].

Rusya Federasyonu Devlet standartlarının 30 Temmuz 2002 yılında 64'nolu "Kalite Belgelendirilmesi Zorunlu Olan Ürün ve Hizmetler Kanunu'na" istinaden ürünlere sarı renkte Gost-R sertifikası alınması zorunludur [60].

Gost-R (kalite sertifikası) sertifikasının zorunlu alınması gereken ürünlere sarı renkte sertifika, istek üzerine alınması gereken ürünler için ise mavi renkte sertifika verilmektedir.

Rusya'da beton ve betonarme imalatlar Rus snip ve Gostlarına göre yapılmaktadır. Türkiye'deki TSE belgesi niteliğinde olan sertifikalar Rusya Federasyonu'nda ilgili malın satışını yapmak için ön şart olarak aranmaktadır. Sertifikalar GOSSTANDART Kuruluşunun yetkilendirmiş olduğu ROSTEST (Rusya Federasyonu Test ve Sertifikasyon Merkezi) ve/veya ROSTEST'in yetki verdiği özel firmalar aracılığı ile alınabilmektedir [61].

Anılan sertifikanın üzerinde; sertifika alınan ürünün üretim yeri, ihracatçı firma, ithalatçı firma, malın pozisyon numarası (GTİP), sözleşme tarih ve numarası gibi bilgiler bulunmaktadır [61].

Bir Yıllık Seri Üretim Sertifikası: Sadece numune ve dokümanların incelenmesi sonucu, uzman ziyareti yapılmadan, bir yıllık bir süre için geçerli sertifikalardır. Bu sertifikaların yıllık olarak güncellenmesi gerekmektedir [61].

3 Yıl süreli Gost-R (uygunluk) Sertifikası: Rusya Federasyonu'na ihracatı gerçekleştirilecek ürünlerin üretim yerlerine iki Rostest uzmanının gelerek yaptıkları inceleme neticesinde verilen kalite sertifikasıdır. Uygun görüldüğü takdirde kalite sertifikası sadece mal bazında değil, üretim ve fabrika bazında da verilebilmektedir. Geçerlilik süresi üç yıl olan bu sertifikaya istenildiği kadar değişik ürün çeşidi veya ticari marka eklenebilmektedir [61].

Rusya’da beton sürecinde GOST 31914-2012 ‘‘Beton ve Yüksek Mukavemetli Betonların Kalite Kontrol ve Değerlendirme Koşulları’’ baz alınır [62]. Bu standart aşağıdaki tabloda görülen ülkelerde belirtilen kurumlarca teknik ve uygunluk değerlendirmesi yapılarak kabul görülmüştür (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1: Gost 31914-2012 standardının kabul edildiği ülkeler.

Ülke kısa adı MK (3166 ISO), 004-97	Ülke kodu MK (ISO 3166), 004- 97	Ulusal hükümet vücut inşaat kısaltılmış adı
Azerbaycan	AZ	Kentsel Planlama ve Mimarlık Devlet Komitesi
Ermenistan	AM	Kentsel Kalkınma Bakanlığı
Kazakistan	KZ	İnşaat, Konut ve Kamu Hizmetleri Ajansı
Kırgızistan	KİLOGRAM	State Binası
Moldova	MD	İnşaat ve Bölgesel Kalkınma Bakanlığı
Rusya	RU	Bölgesel Kalkınma Bakanlığı
Tacikistan	TJ	Hükümet altında İnşaat ve Mimarlık Ajansı
Özbekistan	UZ	Gosarkhitektstroy

Rusya Federasyonu’nda beton üretiminde ilgili Gostlar aşağıdaki gibidir.

GOST 7473-2010 Beton karışımları ve özellikleri [63].

GOST 10180-2012 Beton kontrol numuneleriyle dayanımı belirlemek için yöntemler [64].

GOST 10181-2000 Beton karışımlarının test yöntemleri [65].

GOST 12730,5-84 Betonda su direncinin belirlenmesi için yöntemler [66].

GOST 17624-2012 Beton dayanımını belirlemek için ultrasonik yöntem [67].

GOST 18105-2010 Beton dayanımının izlenmesi ve değerlendirilmesi için kurallar [68].

GOST 22690-88 Tahribatsız muayene mekanik yöntemlerin betonda kullanılması [69].

GOST 22685-89 Beton test örnekleri için kullanılan kalıpların özellikleri [70].

GOST 2789-73 Yüzey pürüzlülüğü parametreler ve özellikleri [71].

GOST 10060-2012 Beton donma direncinin belirlenmesi için yöntemler [72].

GOST 24452-80 Beton prizma gücü, elastik modülü ve poisson oranı belirleme yöntemleri [73].

GOST 28570-90 Alınan numuneler üzerinden beton dayanımının belirlenme yöntemleri [74].

5.1.1 Kış döneminde beton üretim işlerinin özellikleri

Tez çalışmasının ana kriteri olan beton üretimi için kış şartları; Rusya normlarında günlük ortalama dış sıcaklığın $+5^{\circ}\text{C}$ daha düşük olduğu ve günlük minimum sıcaklığın 0°C olduğu süreç olarak tanımlanmıştır (Gost, Snip). Bununla birlikte karşılaştırma açısından, kış koşullarında beton üretimi ile ilgili önemli standartlar da bu bölümde değerlendirilmiştir.

TS 1248 Standardına (Anormal Hava Koşullarında Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları) göre soğuk hava tarifi, ortalama hava sıcaklığı ard arda 3 gün boyunca 5°C 'nin altına düştüğü süredeki hava durumudur. Ortalama sıcaklık, TS 1248'de beton döküm yerinde saat 7.00'de, 10.00'da, 13.00'de, 16.00'da ve 19.00'da ölçülen hava sıcaklıklarının aritmetik ortalaması olarak tanımlanmıştır [50].

ACI 306r-88 (Cold Weather Concreting)'e göre günlük ortalama hava sıcaklığı bir gece yarısından bir sonraki gece yarısına kadar geçen süre içerisindeki en düşük ve en yüksek hava sıcaklıklarının ortalaması alınarak hesaplanmaktadır [59].

Hem TS 500'e göre, hem Rus Gostlarına göre kış döneminde beton üretimi günlük ortalama dış sıcaklığın $+5^{\circ}\text{C}$ dereceden daha düşük olduğu ve günlük minimum sıcaklığın 0°C olduğu süreçtir. Kış döneminde tasarımdaki beton özelliklerinde beton üretimi yapabilmek için özel önlemler gerekmektedir.

Kış aylarında yapım çalışması yöntemlerinin seçimini belirleyen temel koşullar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır [63]:

- a) Beton karışımının donmasını önleme prosesi, betonun teslim edilmesi ve beton dökümü.

- b) Beton işlerinde belirli bir temponun sağlanması, proje dayanımı ve beton üzerinden kalıbın sökülmesi için zamandan tasarruf sağlama.
- c) Yapının ısıya karşı çatlama direncinin sağlanması vb. Betonun ekzotermik reaksiyonlarına ve düzensiz ısıtma soğutmaya bağlı olarak ısı farkı ile oluşan çatlakların önlenmesi.

Kış döneminde beton üretiminin genel şartları şöyledir :

- Beton karışımının pozitif belirli sıcaklıklarda yapılması gerekmektedir.
- Hava sıcaklığı -5°C derecenin altına düştüğünde minimum beton karışım sıcaklığı $+10^{\circ}\text{C}$ ile $+20^{\circ}\text{C}$ arasında olacaktır.
- Döküm öncesi ve sırasında beton karışımının donması önlenmeli,
- Beton karışımının reçetesi betonu ne kadar korumak gerektiğini ve tasarımıdaki dayanımına ne zaman ulaşacağı bilgisini içermeli,
- Şantiyeye gelen beton karışımının $+10^{\circ}\text{C}$ ile $+25^{\circ}\text{C}$ arasında bir sıcaklığa sahip olmalı,
- Donmuş agrega buz ve kar dahil topraklar içermemeli,
- Kalıbın ve boru hattının ısıtma çalışmasının yapılması ve yapının beton dökümü öncesi donatı ve kalıbın ısıtılması gerekmektedir ve ayrıca beton dökülecek kısma bitişik olan yapı elemanlarının (kolon, perde) bitişik kısımlarının ısıtma hazırlığının yapılmalı,
- Betonun priz alması için optimum sıcaklığın sağlanması ve betonun ekzotermik reaksiyonu dolayısıyla oluşan ısının korunmasını sağlamak gerekir. Bunun için betonun ısıtma elemanı ile mecburi olarak ısıl işleme tabi tutulmalı,
- Betonarme elemanları termal çatlaklar oluşturmasını engelleyecek şekilde dengeli ısıtma ve soğutma sağlanmalı,
- Beton çalışması yapımından önce mutlaka ısıtıcı yalıtım malzemeleri ile beton yalıtımının sağlanması yada özel ısıtıcılar ile sağlanmalıdır.

Büyük ölçekli projelerde, yapım işleri zamanla yarışılarak tamamlanmaya çalışıldığı için, imalat süreci gece ve gündüz devam etmektedir. Standartlarda verilen ortalama sıcaklık tanımının gün içi ısı ortalaması ile verilmesi, denek şantiyede olduğu gibi üretimin 24 saat sürdüğü işler açısından yeterli bir standart sunmamaktadır.

Gece ile gündüz sıcaklık farklarının yüksek olabildiği ülke koşullarında beton gibi donmadan mukavemetini kazanması gereken hassas bir malzemeyle çalışmak hiç te kolay değildir. Rusyada yılın %80'i kış şartları tanımına girdiği bir ortamda beton dökme çalışmalarında amaç; dona karşı mücadele ederken betona yeterli mukavemeti ve dayanımı kazandırmak ve aynı zamanda istenen yüksek dayanıma mümkün olabilecek en kısa sürede ve en güvenli şekilde ulaşmaktır. Zira yapı kullanırken de betonarme imalatın aynı ağır koşullarında gerekli mukavemeti sağlamaya devam etmesi gerekmektedir.

5.2 Beton ve Yüksek Mukavemetli Betonların Kalite Kontrolü ile Değerlendirme Koşulları

Beton ve Yüksek Mukavemetli Betonların Kalite Kontrol ve Değerlendirme Koşulları GOST 31914-2012'de tanımlanmıştır. Beton karışımının kalite kontrolünde inşaat sahasına teslim, uygunluk, değerlendirme faaliyetleri gerçekleşir.

Kontrol sırasında aşağıdaki işlemlerin yerine getirilmesi gerekmektedir [65].

- GOST 10181 standartlarına uygun olarak beton karışımının akışkanlığının belirlenmesi (slump deneyi);
- GOST 10181 standartlarına uygun olarak beton karışımının ortalama yoğunluğunun belirlenmesi;
- Görsel değerlendirme yapılması;
- Karışımın sıcaklığı belirlenmesi;
- Daha sonraki beton testleri için örnek küp numunelerin alınması gerekmektedir.

Beton karışımını hazırlayan santralden gelen beton karışımı için; kontrol periyodik olarak aşağıdaki gibi gerçekleştirilir:

- Her vardiyada ilk mikserden alınan örnek için aşağıdaki özelliklerin belirlenmesi gerekir: slump deneyi, ortalama yoğunluk ve sıcaklık;
- Son dört mikserden alınan örneklerde slump deneyi ve sıcaklık;
- Belirlenen parametrelerdeki istikrarının sağlanması için her 10 mikserde bir kez slump deneyi ve sıcaklık yapılması gerekmektedir.

Beton karışımının özellikleri belirlendikten sonra aşağıdaki testler yapılması için örnekler alınır:

- Mukavemet testlerinin yapılması için kenar ölçüleri 100 mm olan küp örnekleri alınır. Yaşları 7 ve 28 günlük olan 6 küp numune örneği alınır;
- Beton su geçirmezliği markasının belirlenmesi için, 6 ayda bir kez, GOST 12730.5 standartlarına uygun olarak 6 örnek numune alınır. Silindire alınan örnek kaplarının çapları 150 mm, yükseklikleri 150 mm veya küpe alınacaksa örnekler için ise kenar ölçüleri 150 mm olan küp kaplar olmalıdır [63].

Kontrol için alınan küp örneklerinin, etiketli olması (parti numarası, üretici, beton döküm tarihi, beton sınıfı üzerindeki etikete yazılır) ve test yapılana kadar bağıl nemi $\% 95 \pm 5$ ve sıcaklığı $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ olan alanlarda muhafaza edilmelidir.

Beton dökümü bittikten sonra yapılar yukarıda anlatılan şartlara uygun olarak korunur ve sıcaklıkları koruma altına alınır. Betonarme yapılardaki sıcaklık ölçümü aşağıdaki rejime göre belirlenir.

- İlk 3 gün süresince - Günde 6 kere (4 saatde 1),
- Bundan sonraki 7 gün - Günde 3 kere (8 saat de 1),
- Bundan sonraki 10 gün (mutlaka) - Günde 1 kere, (24saat de 1).

Sıcaklık ölçülmesi ilgili beton yüzeyinin bulunduğu ortamdaki havanın günlük minimum sıcaklığı ile beton yüzeyinin maksimum sıcaklığı arasında fark en az 20°C ye inince ye kadar devam eder.

Dışardaki hava sıcaklığı verileri ve beton sertleşmesi ile ilgili veriler sıcaklık listesine eklenir. Kolon ve perde gibi büyük yapılarda, 3-7 günlük beton mukavemetinin dikkate alınması gerekmektedir. Resim 2.9'a uygun olarak yapılardaki beton mukavemeti, ortalama beton sertleşme sıcaklığına göre belirlenir.

Beton karışımı partilerinde, beton dayanımı kontrolü 7 ve 28 günlük olan ve GOST 18105-2010 standartlarına uygun kontrol örneklerine uygulanır [68].

Parti: Bir seferde bir santralden gelen malzemedir.

Beton mukavemeti, GOST 10180 standartlarına uygun ölçüleri 100x100x100mm olan küp örnekleri ile araştırma sonuçları en az 2 seriden belirlenir [64].

B40 ve B70 cinsi beton için her seriden alınan kontrol örneklerinin miktarı 6 adettir:

- 3 örnek - Test için 7 günlük;
- 3 örnek - Test için 28 günlük kırım içindir.

Küp kontrol örnekleri işaretli olmalı ve test süresine kadar uygun ortam özelliğinde bekletilmelidir.

Kalıp sökümü için mukavemet GOST 18105-2010 standartlarına uygun olmalıdır. Yapıya zarar vermeden yapılacak mekanik kontrol metotları ise: Karot almak (doğrudan metot) yada darbe (dolaylı metot) GOST 22690 ile STO 36554501-011-2008 standartlarına uygun olmalıdır [69] [75].

Beton mukavemetinin kontrolünde betona zarar vermeden mekanik kontrol yaparken kullanılan aletlerin GOST 22690, GOST 17624, STO 36554501-011-2008 ve STO 36554501-009-2007 gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir [75] [76].

Beton mukavemetinin kontrolünde dolaylı olarak kullanılan ve betona zarar vermeyen darbe metodu 2 yöntemle yapılmalıdır.

- GOST 22690 standartlarına uygun olarak yapılan dolaylı zarar vermeyen metot kullanıldığında, aynı test örnek küplerin den yararlanılmaktadır.
- GOST 22690 standartlarına uygun doğrudan zarar vermeyen metot olan karot almada ve dolaylı metot olan darbe de tek bir alandan örnekler alınır.

Test öncesi, aletlerde kalibrasyon yapılması gerekir. Başlangıçta 25-30 bölgede beton hazırlık testleri gerçekleştirilir. Her seçilen bölgelerde beton mukavemetinin belirlenmesi hasarsız metodlar ile ve GOST 22690, STO 36554501-011-2008 standartlarına uygun olarak yapılır. Kalibrasyon eğrilerinin doğruluğunu değerlendirmek için GOST 22690 GOST 17624, STO 36554501-011-2008,

STO365545501-009-2007 ve GOST 18105-2010 standartlarına bağı olarak bilgisayar programları kullanılmalıdır (Excel ya da diğr bağımlı programlar).

5.3 Kızılötesi Işıma İle Isıtma Problemlerinin Modellenmesi

5.3.1 Uygulama projesinin özellikleri

Tez çalışması kapsamında deneylerin yapıldığı projenin özellikleri şu şekilde sıralanabilir. Çalışmanın uygulandığı proje; 228.000 m² inşaat alanına sahip, 0 kotu altında 7 kat olmak üzere iki adet 43 ve 34 katlı ofis binaları ve 22 katlı otel ve rezidans binasından oluşmaktadır. Betonarme imalatlar 155.000 m³ hacmine sahiptir. Ana yüklenici olarak sözleşmenin kapsamı kaba inşaat sürecinin tamamlanıp teslim edilmesidir. Şekil 5.1’de çalışmanın yürütüldüğü şantiyeden bir görünüş sunulmuştur.



Şekil 5.1: Uygulama projesi şantiye görünümü.

Yükseklikleri sırasıyla 167.70 m, 132.90 m ve 82.90 m’dir. Genel olarak perde ve kolonlarda beton sınıfı B70, döşeme sınıfı ise B40’tır. Kat yüksekliği 6 m olan teknik katlarda; beton sınıfı kolonlar için B90, döşemeler için B70, perdeler için ise B100’dür. Perde kalınlıkları 20 cm ile 75 cm arasındadır. Döşeme kalınlıkları ise

32,5cm'dir. Döşemeleri desteklemek amacıyla bazı yerlerde ölçüleri 150*150*60 (h) olan güçlendirme başlıkları bulunmaktadır.

Yüzeysel ısıtma testlerinin yürütüldüğü pilot şantiyede kalıp sistemi hidrolik tırmanır çekirdek kalıptır (Toplam 2.095m²). Hidrolik tırmanır kalıp sistemi yüksek yapılarda emniyetli bir çalışma ortamı sağlar. Donatı vb. malzeme yükleri için uygun alanlar yaratır. İşçilik maliyetlerini azaltır. Standart elemanlardan oluşan sistemin sonraki projelerde de kullanılması mümkündür. Hidrolik pistonlar sayesinde tırmanışını gerçekleştiren bir sistemdir [78]. Kalıp söküm kararı ile kalıplar vinç yardımıyla alınır. Sistem yükseltilmeden kaydırılarak 3 katın betonu dökülebilmektedir. Yüksek yapılardaki betonarme şaft ve perdelerin inşaatı için kullanılan bu sistem sayesinde perde kalıbı ve platform sistemi bir üst kata vinç ihtiyacı olmadan otomatik olarak tırmanabilmektedir. Vinç kullanımını ortadan kaldıran bu sistemin maliyeti kule vinçlere kıyasla çok daha azdır. Çok yüksek yapılarda ve yüksek rüzgâr yükleri altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır [79]. Binayı çevreleyen koruyucu rüzgâr panelleri (toplam 550metre) kullanılmıştır. İnsan ve malzeme düşmesinin önüne geçildiği gibi rüzgârı keserek daha uygun koşullarda çalışma imkânı sağlanmaktadır.

5.3.2 Uygulama yapılan projede yaşanan sorunlar

Çalışmanın yapıldığı şantiyede soğuk hava koşullarından kaynaklı yaşanan sıkıntılar nedeniyle bir çözüm araştırmasına gidilmiştir. Isıtma ile ilgili yaşanan sorunlar şu şekildedir:

1. İş programının gerisinde kalındığından yeni ısıtma sistemi çalışması başladığında işin hızı proje için kritik bir maddedir. Beton dökümü öncesi kalıp, demir imalatı tamamlanmasına rağmen demir ve kalıptaki buzların eritilmesi için 48-50 saat beklenmektedir.
2. Rusya'da hava sıcaklığının her mevsim düşük olması imalat için başlıca sorundur. Isıtma yapı elemanına eşit şekilde yapılamadığında beton prizini almadan kalıpların açılması ve aynı elemanın farklı yüzeylerinde farklı mukavemet değerleri elde edilmektedir.

3. Kullanılmakta olan mevcut yüzey ısıtma cihazı (ısımak) mazot ile çalıştığında karbonmonoksit gazı çıkarmaktadır. Bu gaz çalışmanın yapıldığı şantiyede Ekim 2013-Mayıs2014 tarihleri arasında altı kişi zehirlenmiş, bir çalışanın da akciğer tedavisi olması gerekmiştir. Aynı dönemde mazot deposu doldururken ya da ısımak cihazı çalışırken püskürttüğü ateş nedeniyle yedi çalışan de ileri derecede yanık oluşmuş, biri hayata tutunmak için altı kez cilt ameliyatı olmuştur.
4. Beton yerleştirmeden sonra kalıp sökümü için gerekli mukavemete en hızlı şekilde ulaşmak, imalat hızı açısından önemlidir. Hızlı priz ve yeterli dayanım betonun içerden ve yüzeyden ısıtılmasıyla sağlanmaktadır. Bu sürecin uzun olması iş programı ve maliyet adına sorun teşkil etmektedir.
5. Isıtma dışında santralden gelen betonun, aynı anda farklı sınıflarda beton dökümü yapılan şantiyede mikser - beton pompası eşleşmesindeki systemsizlikten, yanlış beton dökümü yapılan 189 adet farklı yapı elemanı olmuştur. 1.100 m3 beton güçlendirme amacıyla kullanılmıştır. Bu hata yaklaşık 650.000\$'lık (malzeme + işçilik -maaş, yemek, yatak, vize, oturma ücretleri-) ek maliyete neden olmuştur.
6. Düzenli olarak ısı ölçümü yapılmadığı ve ısıtmaya devam edildiği için, kolon, perde sıcaklıklarının 70-80⁰C'lere çıkarak, ani priz alma durumunun gerçekleşmesi, betonun hızla su ve nem kaybetmesi sonucu termal çatlaklar oluşması ise bir başka problemidir.

5.3.3 Isıtma sistemi için seçilen değerlendirme kriterleri

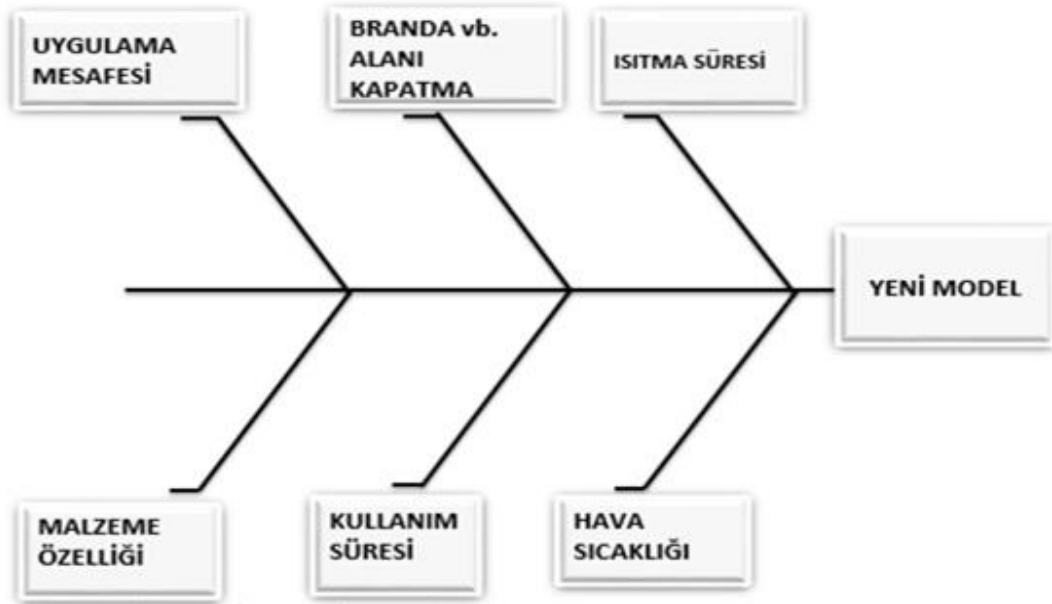
Kalite yönetiminde karar verme için kullanılan araçlardan biri olan ishikawa'nın balık kılçığı modeli bu çalışmada kullanılmıştır. **Balık kılçığı (Sebe-sonuç) diyagramı**, (Şekil 5.2) bir tür kalite diyagramıdır. Şekli nedeniyle balık kılçığı, fonksiyonu nedeniyle sebe-sonuç diyagramı, yaratıcısı Kaoru Ishikawa nedeniyle Ishikawa diyagramı olarak adlandırılır.

Balık kılçığı diyagramı, bir örgütün süreçlerinde ve sistemlerinde ortaya çıkan sonuçları ve onlara etki eden temel sebepleri belirlemeye yardımcı olur. Daha çok mevcut bir problemi doğuran süreçteki faktörleri belirlemede veya daha etkili bir

süreci planlamada kullanılır. Böylece istenilen sonucun girdileri kontrol ederek elde edilmesi sağlanır [77].

Bu çalışmada sorunların çözümüne yönelik seçilen ısıtma sisteminin değerlendirme kriterleri; ısıtma süresi, hava sıcaklığı, kullanım süresi, branda vb. ile kapatılarak oluşturulmak zorunda olan alan, uygulama mesafesi ve malzeme özelliğidir. Bu değişkenler; ısıtma ünitesi kullanırken kısa priz süresine ve hızlı beton mukavemetine ulaşabilmek amacıyla yapılan denemeler sonucunda tespit edilmiştir.

ISHIKAWA DIYAGRAMI (Balık kılçığı Diyagramı)



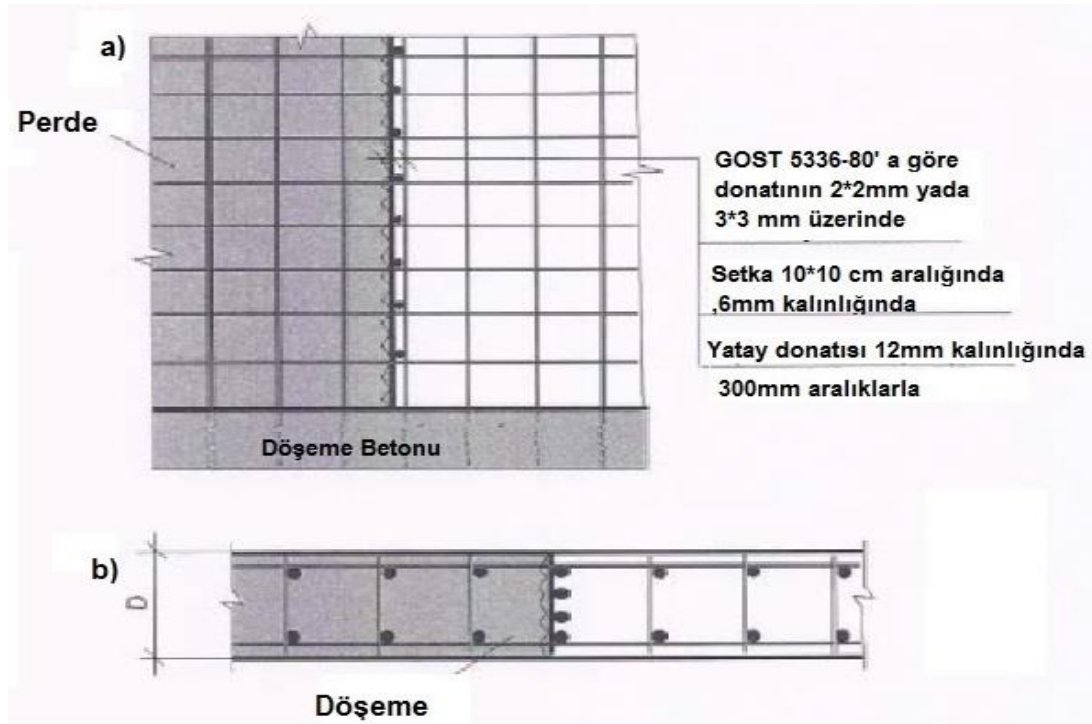
Şekil 5.2: Balık kılçığı (Sebeup-sonuç) diyagramı.

Isıtma süresi hızlı kalıp alıp bir sonraki katta imalat çalışmasının yapılması için, ısıtma için harcanılan enerji miktarı için ve şantiye için gerekli ısıtma ünitesi miktarının belirlenmesi için bilinmelidir. **Hava sıcaklığı** soğuk hava iklimindeki Rusya Federasyonu için başlıca problem olduğu için seçilmiştir. **Branda ile oluşturulacak alan** hem işçilik hemde malzeme ihtiyacının belirlenmesi ve pratik olan ısıtma sistemini belirlemek adına seçilmiştir. **Malzemenin kw** büyüklüğü ortaya çıkacak yüzey sıcaklığın bilinmesi ve mevcut elektrik kapasitesini aşmayacak sayıda ısıtma ünitesi kullanılabilmesi için önemlidir.

5.4 Rusya Şartlarında Genel Beton Üretim Süreci

5.4.1 Kalıp imalatında derzlerin yerleştirilmesi

Yeni sistemin denendiği ana şantiyede; yapıda düzensiz çatlak oluşumunu önlemek için, betonun kuruması sırasında oluşabilecek deformasyonu yüksek gerilmelere bağlı olarak oluşabilecek gerilme çatlaklarını, sıcaklık farkları nedeni ile oluşabilecek rötre çatlaklarını önlemek için ve bunun yanında beton karışımının belirli hacimlerde dökülmesini sağlamak amacıyla döşeme betonlarının çok büyük olduğu durumlarda ve teknik katlarda düşey elemanlar çok yüksek olduğundan beton dökümü parçalar halinde yapılmaktadır. Böylece yapı derzlerle parçalara bölünür ve bu parçalara beton dökümü ayrı ayrı yapılır. Şekil 5.3'e derz şeması görülmektedir.



Şekil 5.3: (a) Perde ve (b) döşeme için düşey teknik derz şeması.

Beton döküm derzlerinin büyüklükleri aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

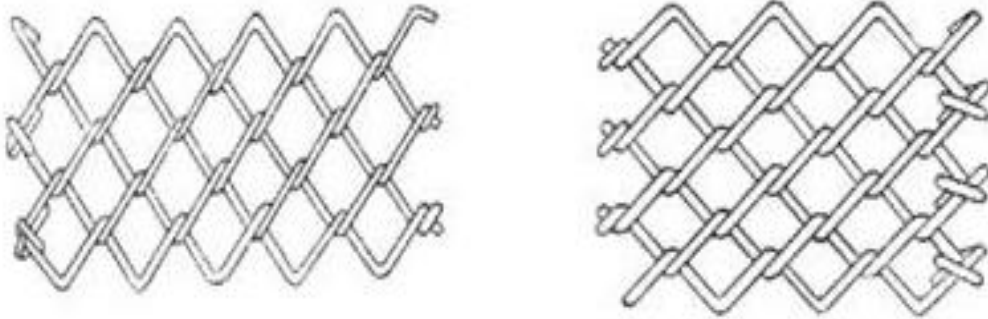
1. Çalışma yüklerinin dağılımı, yapının tipi ve büyüklüğü, bunun yanı sıra bitişik elementlerin bağlantı özellikleri.
2. Sıcaklık değişikliklerine bağlı olarak beton durumundaki değişiklikler.

Binaların tasarımı ile bağlantılı olan birinci faktörde değişiklik yapmak neredeyse imkânsızdır. İkinci faktör ise geniş bir aralıkta teknolojik yöntemler kullanılarak ayarlanabilmektedir. Örneğin beton döküm derzlerinin yerleştirilmesi ve ölçüleri, beton dökümünün sıralaması, beton karışımının uygun değer bileşimi ve sıcaklığı, döküm sonrası sıcaklık değişiminin kontrolde tutulması gibi faktörlerin etkilenme durumuna göre derz yeri değiştirilebilir.

Teknik derzlerin yerleştirilmesi ve yapılması snip 3.03.01 Taşıyıcı ve Çevreleyici Elemanlar tekniğine uygun olmalıdır. Düşey taşıyıcı elemanlarda (perde ve kolonlarda), yatay teknik derzlerle elemanlar yatay olarak bölümlere ayrılır, betonlama aralıkları oluşturulur. Yükseklikleri ise kat yüksekliğine eşittir [80].

Döşemelerde düşey derzler ile döküm alanlarına bölünmüştür ve beton döküm hacmi 250m³'ü de aşmamalıdır. (Gost 6665-91) [81]. Bunun nedeni büyük kütleler halindeki betonu soğuk derz oluşturmada dökme, dökümü tamamlayıp ısıtma sistemlerini çalıştırana kadar beton kalitesinin olumsuz hava koşullarından etkilenmemesi sağlamaya çalışmaktadır. Beton teknik derzlerinin yerleştirilme şeması, tasarım mühendisinin onayı ile yapılır.

Perde ve döşemelerdeki düşey çalışma(tekni) derzleri açıklıkları Şekil 5.4'de gösterilen 2×2 mm yada 3×3 kare kesitli GOST 5336 standartlarına uygun metal hasır donatılardan (setka) oluşturulur, ve bunlar açıklıkları 100×100 kare hücreli, nominal çelik tel çapı Gost 5336-80 'de belirtildiği üzere 5 mm olan setka (hasır donatı) demirine sabitlenir, daha sonra da bunlar donatı demirine sabitlenir. Çalışma (teknik) derz yeri tasarım mühendisinden izin alındığı taktirde değiştirilebilir [82].



Şekil 5.4: Izgara çelik hasır örnekleri (Gost 5336-80)

5.4.2 Beton yerleştirme öncesi hazırlık çalışmaları

Beton karışımı yerleştirme için inşaat sahasına ulaştığında; gelen betonun, onaylı projede belirtilen beton sınıfına ve GOST 7473-2010 standartlarına uygun olması gerekir [63]. Beton karışımının, inşaat sahasına getirilip dökümünün yapılması için aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekmektedir:

- Akışkanlık, slump testi ile ölçülerek GOST 7473-2010 a uygun olmalıdır.
- Beton boşaltımı sırasında beton pompasının akışkanlığı 22 -24 cm;
- Beton karışımının yoğunluğu 2400 ± 20 Kg/m³;
- Sıcaklığı +25°C den fazla olmamalıdır.

Beton yapımı çalışması aşağıdaki sıra ile gerçekleştirilmelidir:

1. Sırada: Düşey taşıyıcı elemanlara beton dökümü (Perde ve kolon)
2. Sırada: Döşeme beton dökümü.

Beton dökümü sıralaması için çalışma derzlerinin Bölüm 5.4.1'deki gibi düzenlenmesi gerekmektedir.

5.4.3 Isıtma tellerinin yerleştirilmesi

- Kolon duvar ve döşeme yapısında beton ısıtılmasında doğrudan doğruya araçsız olarak gerçekleştirilen ısıtma tellerinin markası PNSV, PTPJ ya da bunların benzerleri kullanılır. Bunlar monolitik beton ve betonarme betonu ısıtmak için tasarlanmıştır. Polietilen veya yumuşak PVC izolasyonlu ısıtma tellidir.
- Isıtma tellerine enerji sağlamak için kullanılan üç fazlı, yağlı transformatör tipleri TMTO, KTPTO ya da onların benzerleri, gücü 60-80kw transformatörün düşük tarafında step voltaj kontrolü olan transformatörler kullanılır (Şekil 5.5).
- Teller ile transformatörün bağlanmasında uzunluğu sekonder sargının üzerine uygulanan gerilime bağlı olarak değişen ayrı bölümler belirlenir.



Şekil 5.5: Isıtma amacıyla tasarlanmış üç fazlı,yağlı transformatör TMTÖ,KTPTÖ

- Donatı montajından ve tüm kaynak çalışmaları tamamlandıktan sonra kalıp montajı yapılanaya kadar, yapıya ısıtma parçalarının yerleştirilmesi gerçekleştirilir. Bunun nedeni ise yalıtıma zarar vermemektir. Teller serbest gerilim durumunda ve sıkıca bağlı olmalı ve her 0,5 - 1,0 m de aynı marka yalıtılmış tel kullanılarak donatıya bağlanmalıdır (Şekil 5.6).
- İnce yapılı asansör ve merdiven perdesinin ısıtılması için çekirdek merkez dışında ısıtma telleri elemanın iki tarafına da monte edilir ve bunların sabitlenmesi hasır tel donatısına yapılır.
- Uzun süreli düşük negatif sıcaklıklarda çekirdek merkezindeki perdelerde ısıtma telleri kullanılır.
- Döşemenin ısıtılması için ısıtma telleri, elemanın iki tarafına da monte edilir ve bunların tutturulması hasır tel donatısına yapılır, hasır telin alt ve üst kısmına ısıtma telinin aynısından parça tellerle sabitlenir.
- Uzun süreli düşük negatif sıcaklıklarda, kolon elemanlarının optimum priz alma sıcaklığının sağlanması için ısıtma tellerinin yanında ek bir dışardan ısıtma ihtiyacı vardır.
- Kolon ısıtma amaçlı olarak ısıtma tellerinin kullanılması ve bunların yapının çevresine sabitlenmesi gerekmektedir.

- Isıtma tellerinin kalıplar ile temas etmemesi, yalıtımın olası hasar görmesi için önemlidir ayrıca kalıbın olası bir ısı teması sonucu yanmasını önlemek içinde kalıplar yerleştirilirken mutlaka ısıtma teli (kablosu) dikkatle kontrol edilmelidir.
- Kalıp yerleştirildikten sonra beton dökümüne kadar, ısıtma telleri mutlaka transformatörden gelen ana tellere bağlı olmalı ve bağlantı esnek su geçirmez markaları PVC ve kesiti 2,5 mm² olan bakır teller ile olmalıdır. Isıtma tellerinin bakır teller ile bağlandığı alanlar nemin girmesini engellemek için özenle yalıtılmalıdır.



Şekil 5.6: Kolon ve kiriş üzerinde ısıtma teli montajı.

Daha sonra her döküm parçası için;

- a) Kalıp imalatı yapılması;
- b) Yapıda ısıtma tellerinin yerleştirilmesi;
- c) Beton dökümü için yardımcı borunun yerleştirilmesi; (Beton dökümünün yüksekten dökülmemesi ve segregasyon yapmaması için beton pompasının hortumu bu yerleştirilen boruya ordan da döküm yerine beton ulaşılır.)
- d) Rötire çatlaklarının önlenmesi için hasır donatılarının (setkaların) yerleştirilmesi;
- e) Sıcaklık ölçümü için Krom-Copel termoelektrik çiftinin (borunun) demir donatıya düşey olarak bağlanması;
- f) Mekanizmaların (beton pompa hattı ve vibratörler) hazırlanması;
- g) İzolasyon malzemelerinin hazırlanması;
- h) Beton kalite kontrolü amacıyla kapalı bölümlerin ayarlanması;
- i) Enerji kaynağının (elektrik panosu) beton ısıtma, döküm esnasında gerekli aydınlatmayı sağlamak için hazırlanması ve güvenliğinin sağlanması.

a) Kalıp imalatı yapılması ve kontrolüne ait kontrol listesi

- Kullanılan kalıp malzemelerinin GOST P 52085 standardına uygunluğunun sağlanması [83],
- Kalıp birleştirme elemanlarının dayanımının kontrolü,
- Kalıp iç yüzeyini beton kalıntıları, kaplanan yağ ve pasa karşı temizliğinin kontrolü,
- Atık motor yağlarının kullanılmasına izin verilmemeli,
- Yağlama işlemi ince bir tabaka halinde yapılmalı fazlası uzaklaştırılmalı,
- Kalıp montajı sırasında pas payları için özel sabitleyicilerin (fiksator) kullanılmasının sağlanması,
- Beton dökümünden önce donatı kontrolü,

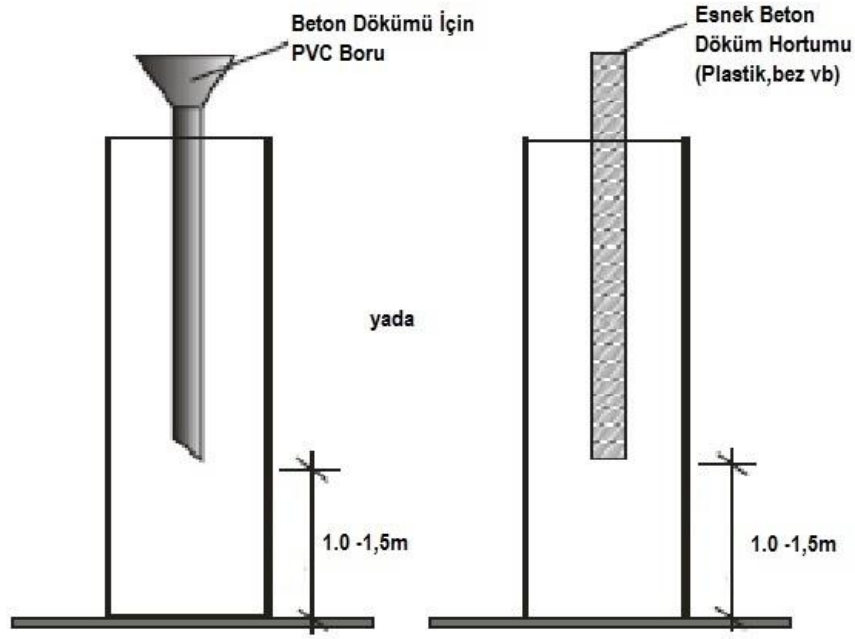
- Daha önceki dökülen beton yüzeyinden; çöplerin, yağ ve gres lekelerinin, bağ tellerinin ve diğer yabancı nesnelerin uzaklaştırılmasına dair kontroller yapılmalıdır.
- Bitişik taşıyıcı elemanlara beton dökümünden önce, elemanların kar ve buzdan temizlenmiş olması gerekmektedir. Temizlik yalnızca kuru yöntemler ile olabilir, örneğin fırça, hava akımı ya da kalorifer ısıtması ile sağlanır. Kar ve buz temizliğinde sıcak su ya da tuz çözeltisi kullanılması kesinlikle yasaktır.
- Perde ve kolonlara beton karışımının dökülmesinden önce ya da bitişik yüzeyli döşemeye beton dökümünden önce donatı mutlaka pozitif sıcaklıklara kadar ısıtılmalıdır. Isıtma işlemi de ısı jeneratörleri yardımı ile (ısımak) yapılır. Önerilen yeni sistemde hava sıcaklığı -10°C 'ye kadar düşene kadar kızıl ötesi ısıtıcılar ile, -10°C 'nin altında ise hem kızılötesi ısıtıcılar, hemde ısımak ısıtıcılar ile desteklenerek, bir sonraki bölümde anlatılan biçimde ısıtma gerçekleştirilir.

b) Beton borusunun yerleştirilmesi

Karışımın katmanlaşmasını önlemek amacı ile belirli alanlarda, çapı 125 mm'den az olmayan beton boruları kullanılabilir. Şekil 5.7'de betonun yüksekten dökülüp segregasyon oluşumunu önlemek için yerleştirilen beton borusu görülmektedir. Bu borular katı pvc ya da daha esnek bez şeklinde pvc boru olabilir. Beton karışımının serbest düşüş yüksekliği segregasyon olmaması için 1,5 m den fazla olmayacak şekilde sınırlandırılır. Daha yüksek olması ayrışmaya ve kalıbın patlamasına neden olur [84].

Şartname hazırlayıcılar veya kontrolörler beton için maksimum serbest düşüş yüksekliği belirlerler çünkü serbest düşüş yüksekliğinin sınırlandırılmasıyla segregasyonun azalacağına inanırlar.

Genel olarak serbest düşüş yüksekliği 1-1.5 m arasında sınırlandırılır ama 0.5m ye kadar indirildiği olur [85]. Bu yükseklik sınırlarını aşp beton yüksekten bırakıldığında; kalıplara gelen basınç etkisiyle kalıplar açılabilmekte ve yüksekten döküm sonucu ayrışma gibi sorunlar olmaktadır.



Şekil 5.7: Düşey taşıyıcılara beton dökümü öncesinde beton borusunun yerleştirilmesi.

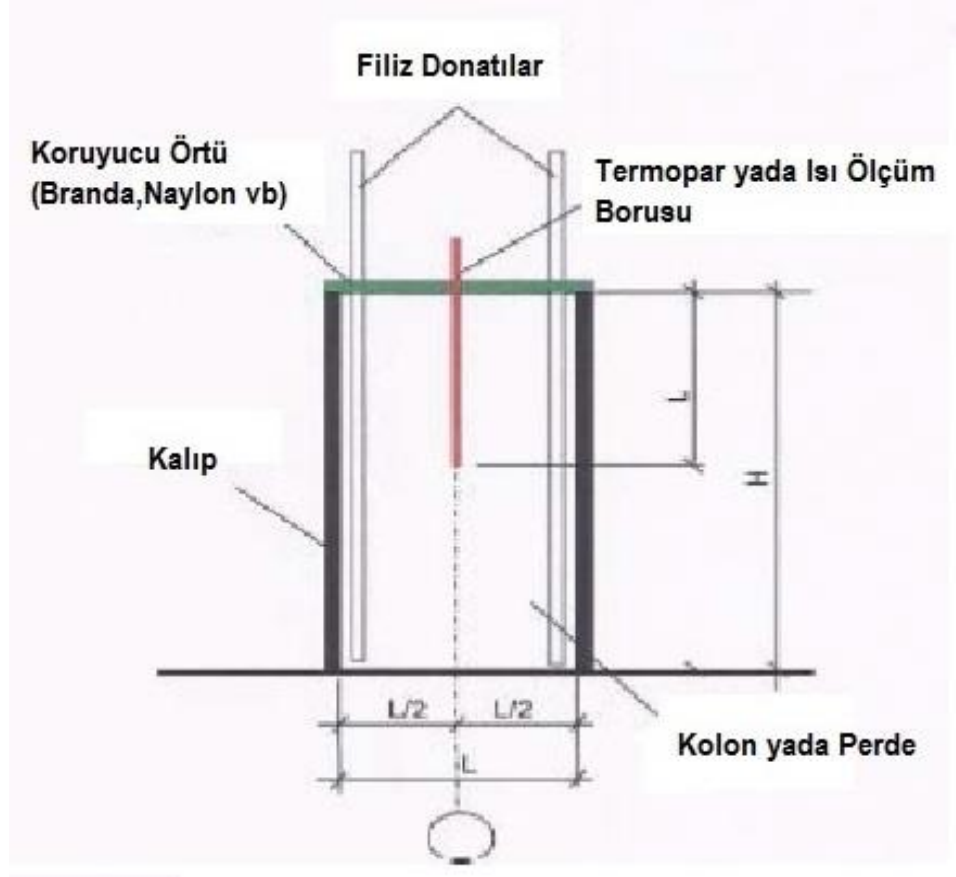
c) Yüzey çatlaklarını önlemek amacıyla çelik hasır yerleştirilmesi

Priz sırasında ısıyla oluşan yüzey çatlaklarını, önlemek için perde ve kolonlardaki pas payları VR-1 (5Bp-1: VR-1 GOST 23279-85) telinden oluşan ve göz aralıkları 100×100 mm önerilir. VR-1 arc veya nokta kaynaklama ile GOST 23279-85 uygun olarak düşük karbonlu yapıdır [86]. Hücreler, kare ya da dikdörtgen şeklinde kaynak yapılmış eklem teller dik sıralar halinde düzenlenmiş oluşturulur, temel amacı - takviye ve betonarme elemanların güçlendirilmesi, onların dayanıklılığını arttırmaktır.

Çatlak sayısını azaltmak amacı ile perdeler yapı tabanından yatay donatı aralıkları 100 mm, yüksekliği 1, 5 m yapılması GOST 23279-85’de önerilir.

d) Krom-Copel çiftinden oluşan termoelektrik borunun yerleştirilmesi

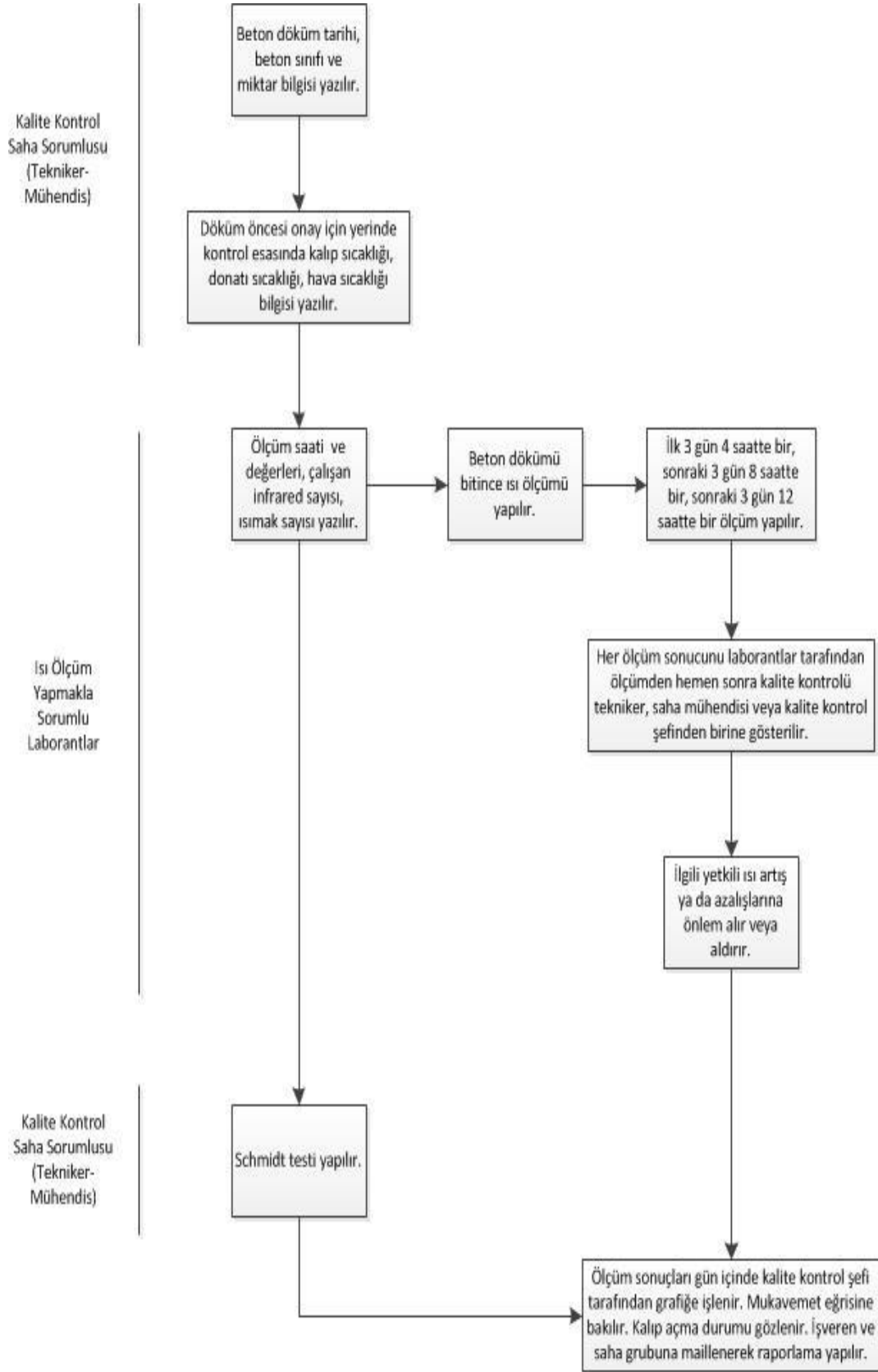
Krom-Copel çiftinden oluşan termoelektrik (borunun) yerleştirilmesindeki amaç betonlanan alanın orta bölgesindeki sıcaklığın kontrol edilmesidir. Kolon, perde ve döşeme elemanlarında termoelektrik borunun yerleştirilme düzeni Şekil 5.8’de gösterilmektedir.



Şekil 5.8: Kolon ve perde elemanlarına termoelektrik borunun yerleştirilme şeması.

Termoelektrik (borunun) döşemeye yerleştirilme şeması beton dökümünden önce araçsız olarak tasarımcıdan onaylı olarak yapılır.

Borunun yerleştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda nem ve sıcaklık için kullanılan yalıtım malzemesinin altından ölçüm yapılır. Termoelektrik boru bağ demirleri yardımıyla, düşey donatı demirlerine bağlanır ve donatıyla beraber yerleştirilir. Ölçüm yapılmadan önce borular 50-70 mm'ye kadar yağ ile doldurulur. Ölçümler aşağıda Şekil 5.9'da verilen işlem akışına ve Çizelge 5.2'de verilen Beton Isı Ölçümü Kalite Kontrol Formu'na göre akış şemasında belirtilen kişiler tarafından yapılarak kayıt altına alınmaktadır.



Şekil 5.9: Beton ısı kontrol formu bilgi işleme akış şeması.

Çizelge 5.2: Beton ısı ölçümü kalite kontrol formu.

[illegible]

Beton kürü yapıldıktan sonra mutlaka boru içerisindeki yağ boşaltılır ve boru kapatılır. Düşey taşıyıcı betonarme imalat üzerinde ayrı ayrı schmidt testi yapılır. Küp numune dayanımının proje değerine uygunluğu kontrol edilir. Ayrıca prototip ısıtma sisteminin test edildiği bu proje açısından 28 günlük numune dayanımlarının tasarımdaki beton dayanımına ulaşma koşulu aranmaktadır. Bu nedenle soğuk havada hidratasyon ısını açığa çıkarabilmek için tasarım dayanımına ulaşana kadar beton içinden ve yüzeyinden ısıtma yapılmaktadır.

e) Beton pompası ve Vibratör mekanizmaların hazırlanması:

Beton pompalarının hazırlığında, öncelikle iki oran çimento, bi oran kum karışımındaki çimento şerbeti basılmaktadır.

Şerbet miktarı iç çapı 125 mm olan beton borularının uzunluğuna göre her doğrusal metrede ortalama 0,018 m³ düzeyindedir. Şerbet ayrı bir kaba alınır, beton döküm alanına boşaltılmaz. Kalite kontrol açısından beton karışımının yerleştirmeye verilmesinden önce beton borularında artık beton kalmamış olmasına dikkat edilir. Bunun için mikserdeki betonun küçük bir kısmının boş bir alana pompalanması gerekmektedir.

Pilot şantiyede yaş betonun sıkıştırılmasında takviye yoğunluğuna bağlı olarak farklı çapta uçlara sahip vibratörler kullanılmaktadır. Şantiye koşullarına göre 32-50 mm çaplı vibratörler tercih edilmektedir.

Çalışacak vibratör sayısının tayini;

- Perde betonu yerleştirme sırasındaki her beton pompasında 2 adet;
- Tekil kolonlarda 2 adet;
- Döşeme betonu yerleştirme sırasında her beton pompasında 2 adet şeklinde belirlenmektedir.

f) İzolasyon malzemelerinin hazırlanması

Betonlanan alanların farklı amaçlarla bakımı için aşağıdaki malzemeler kullanılmaktadır:

- R trelerin  nlenmesi için – suda dağılan bir film oluşturan kompozisyon ( rneğin Sika Antisole ya da analogları) ve plastik film rulosu olarak bilinen evlerde de kullanılan benzer esneklikte streç film gereklidir.
- Ayrıca ısı izolasyonu için rulo termal direnç malzemesi (R) 0,2 m².saat.[ ]C/Kcal( rneğin « zolon PPZ NR») markası 1508 kalınlığı 8 mm TU 2244-017-00203476-98 vb malzemeler ya da R değeri belirtilen 0,2 den daha büyük bir değerde olan malzemeler kullanılabilir.

Kolonlarda kalıplar alındıktan sonra fırça yardımıyla tüm yüzeye bu malzemeler ile k r sürülerek, ardından maksimum 30 dk içerisinde streç film ile kaplama yapılmaktadır, sonrasında beton yüzeyler su ve ısı izolasyonlu branda ile kapatılmaktadır. Ayrıca kolon filizleri de ısı izolasyonlu branda ya da naylon yardımıyla sarılarak başlık yapılmaktadır. Başlık yapılmadığı takdirde üst kısımda donatıların olduğu açık yüzeylerden ısınan hava çıkmakta, yağmur ve kar yağışı etkisiyle kolonların üst ve alt kısımları arasında ısı, mukavemet farkı oluşmaktadır. Bu fark Schmidt çekici ve karot deneyleri sonuçları ile tespit edilerek görülmüş ve anılan bakım sistemlerinin uygulanması ile ısı ve mukavemet farklılıklarının düşürülebildiği de tespit edilmiştir.

Düzgün geometrideki perdelerde kolonlarla aynı işlem uygulanabilmektedir. Lakin bu çalışmanın ana deneylerinin yapıldığı pilot projede düzgün geometri de olmayan perdelerde; k r sürme işleminden sonra streç film ile sarma işleminin çok zor ve uzun zaman alıcı olduğu, ani sıcaklık düşüşüne neden olduğu görülmüş streç film uygulaması yerine, su ve ısı izolasyonlu branda ile kapatılması yeğlenmiştir. Bu elemanlarda da kolonlardakine benzer şekilde demir filizlerinin üzerine naylon veya branda ile başlık yapılarak kapatma işlemi tamamlanmaktadır.

Döşemelerde ise beton dökülürken, perdahlaması tamamlanan kısımlara naylon  rt r lerek döküm devam edilmektedir. Tamamlanan anolar su ve ısı izolasyonlu brandalar ile kapatılır. Bu işlemlerle henüz hidrasyonu tamamlanmış betonun sıcaklığını korumaya yardımcı olunması amaçlanmaktadır. Böylece aynı

zamanda yüzeyde sıcaklık farkından kaynaklanan çatlak oluşumunun da önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Kapatma yapılmayan, kür uygulanmayan, streç film sarılmayan betonarme elemanlarda kalite kontrol birimi tarafından dört saatlik periyodlarla yapılan ısı ölçüm sonuçları ile ısı düşüşleri gözlemlenmekte gerekli olduğunda hemen uyarılarda bulunularak bu eksikliklerin önüne geçilmektedir. Branda, streç film, kür malzemesinin ısı ve dolayısıyla hem çatlak hemde beton mukavemetindeki bu olumlu etkisi dört saatte bir kaydedilen ısı sonuçlarından elde edilen beton dayanımıyla ve schmidt çekiciyle yapılan testlerle görülmüştür.

g) Beton karışımında kalite kontrolü amacıyla kapalı yerlerin ayarlanması

Beton karışımının kalite kontrol testleri için şantiye içerisinde kapalı bir alan oluşturulmalıdır. Aynı anda birbirinden farklı sınıfta beton dökümü gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle sahaya gelen mikserlerden, ilgili beton sınıfını gösteren belge sorumlu kalite kontrol çalışanı tarafından alınıp kontrol edilerek, ilgili forma kaydedilmesi gerekmektedir.

Kalite kontrolü için kullanılan kapalı alanlarda mühendis (değişimli en az bir kişi) ve laborant (değişimli en az üç kişi; slump deneyi yapmak, küp numune örneği almak ve gelen beton sıcaklığını ölçmek için gereklidir. Bununla birlikte donanımlar (standart koni, huni, schmidt çekici alet, metal plaka, el arabası, kova, mala, kürek, termometre, cetvel; ölçüleri 100×100×100 mm olan küp kalıpları gereklidir. Örnekleri saklamak için kap, terazi, ortalama yoğunluğu tespit etmek için kap bulunmalıdır. 7, 28, 56 günlük numuneler için karışıklık yaşanmaması açısından ayrı küp odaları oluşturulması ve sıcaklıkların 25-35 °C arasında tutulması gerekmektedir. Kalite kontrolü için kullanılan kapalı alanların laboratuvar hizmetleri için fonksiyonel olması gerekmektedir. Projenin ihtiyacına göre inşaat teknikeri ve altındaki ekip sayıları belirlenir.

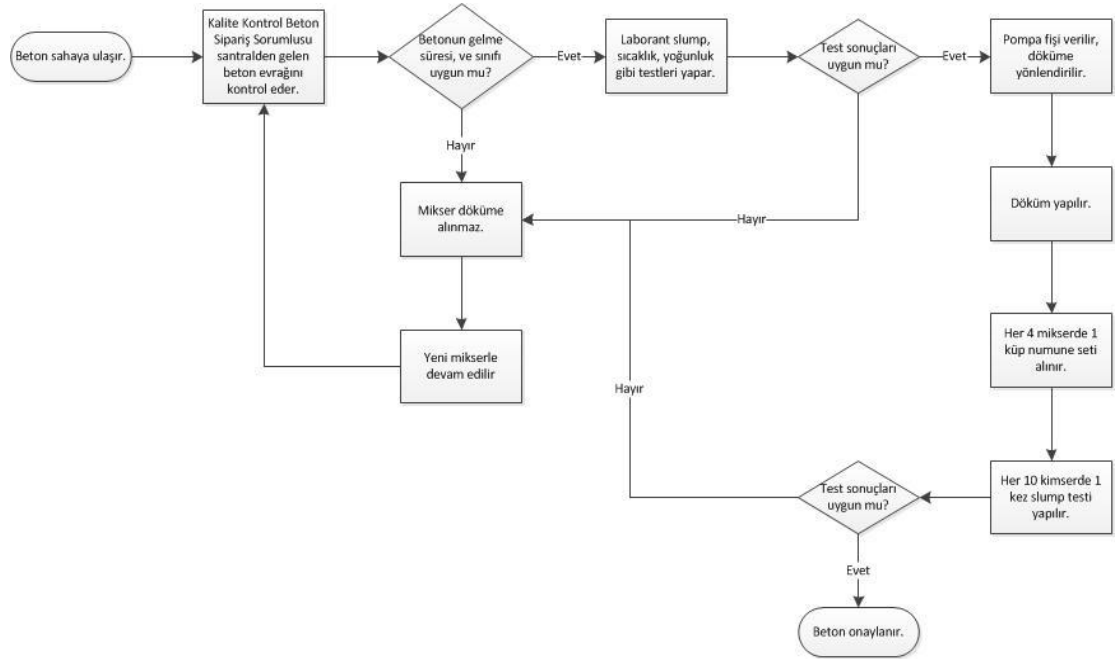
h) Teknik güvenlik amacıyla yapılması gereken faaliyetler Rusya bölgesinde çalışma koşullarının standartları da SNİP ve GOST'larla belirlenmiştir. Tek parça betonarme taşıyıcı elemanların yapımı sırasındaki güvenlik önlemleri için

yapılması gereken faaliyetler SNİP 12-03-2001, SNİP 12-04-2002 standartlarında belirlenmiştir [87] [88].

İşçilere GOST 12.0.004-90 SSBT«İşçi güvenliği için eğitim organizasyonu ve genel hükümler» standartlarına uygun gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir [89]. Çalışmayı gerçekleştirmek için işçiler, sözü geçen standartlardaki yöntemleri bildikten sonra ve iş sağlığı ve güvenliği için gerekli olan giysilerin giyilmesinden sonra sahaya çıkabilir ve ilgili işlerini yapabilir.

5.4.4 Santralden gelen beton karışımının teslim alınması

Beton karışımının teslim alımı inşaat sahasına kalite kontrol departmanından yetkili bir personel tarafından aşağıda görülen işlem akışına göre yapılmaktadır. Böylelikle hem uygun özellik taşımayan betonun dökümü engellenmiş, hemde doğru yapı elemanına döküldüğü denetlenmiştir. Gelen mikser içindeki beton sınıfını ve şantiye bilgilerini gösteren reçete alınarak kontrol edilip Şekil 5.10'daki akış şemasına göre, Ek7.de görülen kontrol formuna kaydedilir.



Şekil 5.10: Santralden gelen betonun şantiyede teslim süreç akış şeması.

Öncelikle betonun santralden çıkış saatine ve pompaya giriş saati arasındaki fark kontrol edilir. Santral çıkışı 2,5 saati aşan betonlar beton slump, sıcaklık gibi

özellikleri olumsuz etkilendiğinden kabul edilmez. Mukavemeti düşük betonlarda 1,5-2 saati geçen betonlarda slump, sıcaklık, yoğunluk ve görsellik testlerine uygun olmadığı takdirde dökülmez. Uygun saat içerisinde döküme girebilecek beton, slump, sıcaklık testleri yapıp, küp numuneleri alındıktan sonra uygun özellikte olduğu görülmüşse beton pompasına kabul edilir.

Buradaki uygunluk, beton boşaltılmadan önce mikserden alınan numuneler üzerinde tespit edilir. Her mikserin beton karışımını boşaltması 1 saati geçmeyecektir. İnşaat alanına betonun karışımının kabulünde naftalin formaldehit dayalı süper akışkanlaştırıcı ile karışımın akışkanlığı GOST 10181 maddesinde gösterilenden düşük olmaması ve aşağıdaki prosedürlere uymak zorundadır:

- Belirtilen koşullara uygun olan beton karışımının mikserde süper akışkanlaştırıcı eklenebilir. Çözelti % 30-35 oranında sunulmaktadır. Konsantrasyon oranı ise 1 m³ de 0,6 -1,0 lt dir. (Süperakışkanlaştırıcının markasına bağlı olup beton karışımında belirtilir.)
- Süper akışkanlaştırıcının beton mikserine girdikten sonra karışım beş dakika maksimum hızda karıştırılır.
- Karışımın akışkanlığını yukarda belirtilen işlemler neticesinde, GOST 10181 maddesine uygun olarak slump testi ile belirlenir.

Yukarıdaki işlemler birkaç kez tekrarlanabilir, süper akışkanlaştırıcı çözeltisinin optimum dozajına ulaşmasına kadar, eklenecek beton karışımının %30'u aşmaması gerekmektedir.

Beton karışımının yukarıdaki şartlara uymadığı durumda yada beton karışımı hakkındaki bilgilerin bulunmaması durumunda beton karışımını kabul edilmez.

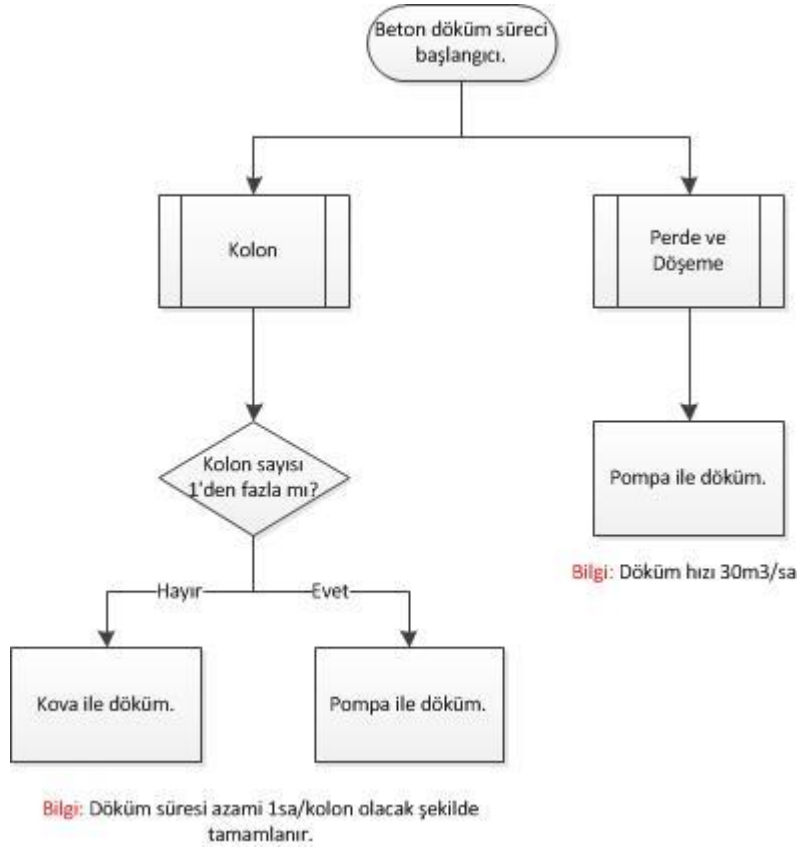
Yukarıdaki prosedürler kalite kontrol laboratuvar temsilcileri tarafından yapılmaktadır. Tüm ölçülen veriler laborantlar tarafından Çizelge 5.3 Beton Kabul Kontrol Formu'na, saha kalite kontrol teknikerlerince Ek4.Beton Kalite Kontrol Formu'na kaydedilir.

Çizelge 5.3: Beton kalite kontrol formu.

		KALİTE KONTROL FORMU QUALİTY CONTROL FORM			Tarih : _____
					Rev. / Rev. No : _____
					Doc. / Doc. : _____
PROJENİN ADI PROJECT NAME		İMALATIN ADI, YERİ / KOTU DEFINITION, LOCATION AND ELEVATION		FORM NO FORM NUMBER	
BETON DÖKÜM TARİH / SAATİ CONCRETE POURING DATE / TIME		 / / 2013			
HAVA KOŞULLARI WEATHER CONDITIONS					
		KABUL ACCEPT	RED REJECT	TARİH/SAAT DATE / TIME	
BETON DÖKÜM ÖNCESİ	1	BETON DÖKÜLECEK İMALATIN NAYLON VE BRANDALARI YERİNDE HAZIR MI		☐	☐
	2	DÖKÜM ÖNCESİ ISITMA BAŞLANMIŞ MI		☐	☐
	3	INFLARED LAMBALARI YETERLİ SAYIDA VE HAZIR MI		☐	☐
	4	ISIMAKLAR YETERLİ SAYIDA VE HAZIR MI		☐	☐
	5	BETONU DÖKÜLECEK İMALATIN ISITMA KABLO HATTI HAZIR MI		☐	☐
	6	BETON SİPARİŞ FORMU VE EKLERİ EKSİKSİZ Mİ		☐	☐
	7	BETON SANTRALİNE BETON SİPARİŞ MAİLİ ATILDI MI		☐	☐
BETON DÖKÜMÜ VE SONRASI	8	SAHAYA GELEN MİKSERLERİN BETON SINIFI VE MİKTARLARI KONTROL EDİLDİ Mİ		☐	☐
	9	MİKSERLER DOĞRU SABİT POMPALARA YÖNLENDİRİLDİ Mİ		☐	☐
	10	YETERLİ SLAMP DENEYİ YAPILIP KAYIT ALTINA ALINDI MI		☐	☐
	11	YETERLİ KÜP NUMUNE TAKIMI ALINDI VE DOĞRU ŞEKİLDE ETİKETLENDİ Mİ		☐	☐
	12	KÜP NUMUNELERİ VİBRASYONA TABİ TUTULDU MU		☐	☐
	13	KÜP NUMUNELERİ UYGUN ORTAMDA KORUMAYA ALINDI MI		☐	☐
	14	BETON BİTİMİNDE TOP ATILDI MI		☐	☐
UYGUN OLMAYAN İMALATLAR NASIL DÜZELTİLECEK					
HAZIRLAYAN					

5.4.5 Beton karışımının getirilmesi ve dökülmesi

Tek bir kolon için beton dökümünde beton kovası kullanılarak veya beton pompası kullanılarak, birden fazla kolon beton dökümü durumunda beton pompası kullanılması, betonun donmadan yerine yerleştirilmesini daha hızlı sağlanması açısından gereklidir. Ayrıca yine betonun donmadan yerine yerleştirilebilmesi açısından, her kolon için beton döküm süresinin bir saati aşmaması gerekmektedir. [48]. (Şekil 5.11).



Şekil 5.11: Beton döküm yöntemi seçim kararı akış şeması.

Perde ve döşeme betonlarının dökümünün, beton pompası kullanılarak yapılması bu ekipmanın gerektirdiği beton döküm hızının da 30 m3/saat'den az olmayacak şekilde olması gerekmektedir. Döşeme betonu karışımının dökülmesi tamamen bitene kadar devam edilmelidir. Beton dökümünde en fazla 1 saatlik bir kesinti olabilir. Bu koşulun amacı ise oluşabilecek teknik (soğuk) derzlerin önüne geçmektir, yarım saat den fazla olan gecikmeler de beton karışımını dökmeden önce dökülmüş kısma 30-50 cm derinliğinde tekrar bir vibrasyon yapılmalıdır.

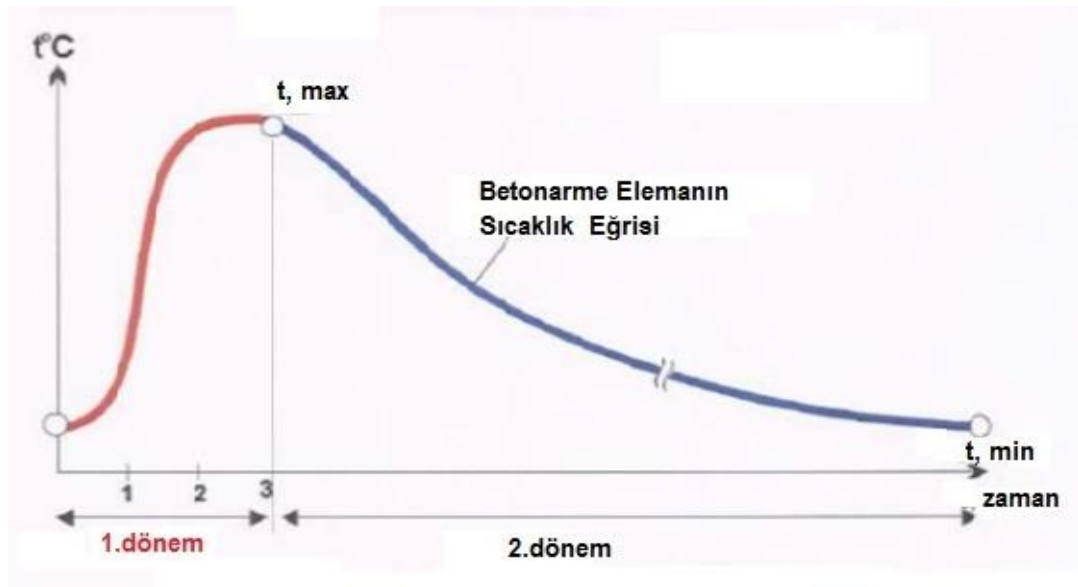
Vibratör sayısı taşıyıcı elemanın türüne bağlıdır: Rus sniplerine göre,

- Kolon betonu yerleştirme sırasında- en az 2 vibratör kullanılmalıdır;
- Perde betonu yerleştirme sırasında- her beton döküm alanında en az 2 vibratör kullanılmalıdır;
- Döşeme beton yerleştirme sırasında- her beton döküm alanında en az 3 vibratör kullanılmalıdır.
- Gerekli vibratör sayısının yarısı kadar yedek vibratör mutlaka bulundurulmak zorundadır.

Betonarme imalatlarda beton yerleştirme işlemleri, teknik derzlerin organizasyonu 5.4.1 bölümüne uygun olarak olmalı ve komşu bölgelerdeki düşey teknik derzlerde beton karışımının birleşmesine dikkat edilmelidir. Eski beton ile yeni beton arasındaki hasır donatılarda (setkalarda) açıklık olmamasına dikkat edilmelidir. Döşeme üst beton katmanının sıklaştırılması ve düzleştirilmesi amacıyla vibratörlü master kullanılması tavsiye edilir.

5.4.6 Numune mukavemetinin beton ısına bağlı olarak değişimi

1. Dönem: Betonarme elemandaki ekzotermik reaksiyon nedeniyle, betonda maksimum değer olan t_{max} seviyesine kadar sıcaklık artışı meydana gelir.(Beton dökümünden sonra yaklaşık iki gün sürer.) Doğal olarak çevreye ısıveren bir reaksiyondur (Şekil 5.12).



Şekil 5.12: Beton ısına bağlı numune mukavemetinin değişimi.

Kalıbın üst kısımdaki açık yüzey su geçirmez bir malzeme ile kapatılmalıdır. Kalıp sökümü beton mukavemeti (20MPa) ya ulaşana kadar, kalıp içerisinde yapının muhafazası sağlanır.

2. Dönem: Yapının soğuma dönemi (Genellikle ikinci günden sonra) sıcaklık düşüş hızı 1°C/saat den az olmayacak şekilde ayarlanmalıdır.(Şekil 5.12) Bunun için, yapının beton sıcaklığı maksimum seviye ulaştıktan sonra, kalıp sökümü yapılır ve suya dayanıklı malzeme ile örtülür daha sonrada ısı yalıtımlı rulo malzeme ile örtülür.

Yapı muhafazası süresi, ısı izolasyonu altındaki beton yüzeyinin sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farka bağlıdır. Sıcaklık farkı 20° C den fazla olmadığı durumlarda örtü kaldırılabilir.

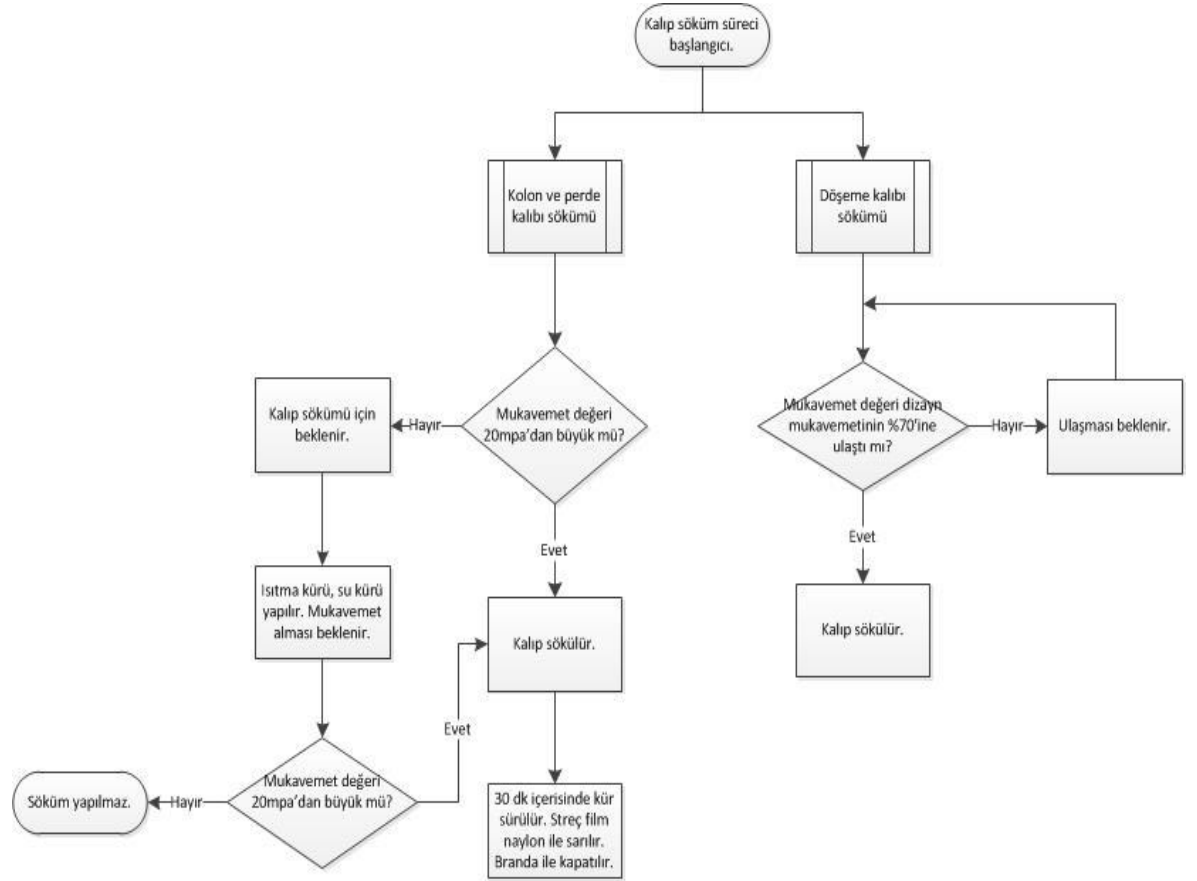
Yatay taşıyıcı yapı elemanları için muhafaza ve bakım aşağıdaki prensiplere uygun olarak gerçekleştirilmelidir:

- Döşeme betonu yerleştirmeden sonra, büzülme çatlaklarını engellemek için, beton karışımının dökümünden 3-5 saat sonra kalıp olmayan betonun açık yüzeyleri dikkatli bir şekilde plastik bir örtü ile (naylon) veya su geçirmez bir malzeme ile örtülmelidir. Ayrıca bindirmelerin 20 cm den az olmaması gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen örtü altındaki betonun muhafaza süresi 5-7 gündür. Bu süre beton dökümü anında hava şartları ile laboratuvar koşulları bağlantılıdır. Döşemenin kısmi yüklere tabi olacağı göz önüne alındığında, sertleşme süresinin ilk dönemlerinde, kalıplar söküldükten sonra maksimum yük alanlarında destekleme dikmeleri yapılması tavsiye edilir. Kullanılacak dikmelerin miktarı, türü, uygulanacak alan ve sökülme süresi ise tasarımcı ile onaylı olarak yapım yöntemlerine yansıtılması gerekir.

5.4.7 Beton kürü ve bakımı

Döşeme beton dökümü ayrı bölgelerde belirli bir sıra ile dökülen beton karışımının önünde hareket edecek şekilde olmalı ve daha sonra ısıtma durdurulmalı ve yalıtım malzemesi örtülmelidir. Kolon ve perdeler beton yerleştirmeden sonra yalıtım malzemesi ile örtülmelidir. Düşey taşıyıcı elemanlara beton yerleştirmede, uzun bir süre boyunca döşemelerin düşey taşıyıcı elemanlarla bağlantı alanlarında elektrikli ısıtıcıların kullanılması gereklidir.

Çalışma alanlardaki kolon ve perdeler deki kalıp sökümü için mukavemet 20,0 Mpa dan az olmamalı, döşeme için ise tasarımda belirlenen mukavemet değerinin en az %70'ini kazanılmış olmalı, daha sonraki adımda betonun priz alması aşağıda anlatılan gereksinimlerine uygun olarak yapılmalıdır. Kalıp sökümüne istenen mukavemet değerleri sağlandığında Şekil 5.13 kalıp sökümü karar akış şemasına göre karar verilir.



Şekil 5.13: Kalıp sökme kararı akış şeması.

Kalıp sökme ardından düşey taşıyıcıların yüzeyine kür malzemesi sürüldükten sonra, yarım saatten daha erken bir sürede çatlakları önlemek amacıyla polietilen naylon ile örtülmelidir. Isıtma sonucu elde edilecek ısı değerleri ısıtılan beton sınıfına göre farklılık gösterir. Çünkü farklı sınıf betonların hidratasyon ısısı farklı olacaktır. Bu durum içeriğindeki çimento dozajıyla ilgilidir. Yerleştirme sonrasında büyüklüklerine bağlı olarak betonarme taşıyıcı elemanlara bakımının uygulanması, ısıtma cihazları ya da elektrikli ısıtıcılar kullanılarak gerçekleştirilir. Eğer beton sıcaklığı +30°C'nin altında ise, elektrikli ısıtıcılar devreye girer. Çalışma yapılan alanlarda talep edilen sıcaklık rejiminin sağlanması için, katlar arasına ısı geçişini

engelleyecek elemanlar ve ısıtıcılar yerleştirilir. Isıtıcıların çalışma rejimi ve miktarı, dışardaki hava sıcaklığı ve istenen sıcaklığı korumak amacı ile belirlenir.

Beton kürü, çekirdek duvarı ve kolonda kalıp söküm gücü (20 MPa) olana kadar uygulanır. Kalıpların sıcak kalmasını sağlamak için, ısı ve nem izolasyonlu branda sarılır ya da branda ile çadır yapılır. Bunun dışında yapının üst kısmına ısı kaybını azaltmak amacıyla filizlerin üzerinden yalıtımlı koruma yapılmalıdır. Kolon ve perde elemanlarında betonun sertleşmesi için, beton da oluşan ekzotermik reaksiyonun hesaplanması ve betonun ısıtma telleri ile ısıtılarak, artı sıcaklıklara çıkarılması ısıtmadaki temel nedendir. Çekirdek perdesi ve kolon betonu yüzeyinde beton yüzey sıcaklığı gerekli değere ulaştıktan sonra, ısı ve nem koruyucu malzeme kaldırılır. Bu süreçte ortam sıcaklığı ve hava sıcaklığı arasındaki fark 20°C yi aşmamalıdır. Kalıp söküldükten sonra kür ve kapatma işlemi 30 dakika içinde tamamlanarak ısı kaybı minimuma indirilmelidir. Her çalışma yapılan alanda ortalama geçirilen zaman 5-7 gün'den oluşmaktadır.

Çalışma yapılan alanda döşeme betonunun kürlenmesi için sıcaklık ve neme karşı korumak gereklidir. Bu amaçla, kalıbın alt tarafını ısıtmak, üst tarafının ise çadır ile örtmek gerekir. Çadır çalışma yapılan sınırı 2 m aşabilir. Döşeme elemanlarında betonun sertleşmesi için pozitif sıcaklıklarda (+20°C ile 35°C arasında) bulunması sağlanır. Bunun dışında beton yüzey tabakası sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki farkın 20°C'den fazla olmayacak şekilde, beton ısıtma telleri ile periyodik olarak ısıtılması sağlanır. Beton kütlelerinin optimum sıcaklıkta kalması açısından ısıtma cihazı açılıp-kapatılarak, soğutma süreci devam ettirilir. Döşeme betonundaki kalıpların sökülmesi için gerekli dayanıma ulaşmaya kadar gerekli olan ısıtma süresi dört saatte bir ölçülen ısı değerleri Çizelge4.2'e kaydedilerek, hesaplanan ısı mukavemet ilişkisiyle belirlenir. Ayrıca demirle döşeme yüzeyine vurularak sertlik kontrol edilir ve gerekli görüldüğünde çekme testi yapılarak dayanım kontrol edilir. Döşeme beton yüzeyinden ısı ve sıcaklık koruyucu izolasyon malzemesinin kaldırılması işlemi, beton yüzeyi sıcaklığının minimum günlük ortalama sıcaklık olan 20°C yi aşmadığında yapılır.

Elemanın tüm bölgelerinde elektrikli ısıtıcılarla ısıtma süresi, betonun mevcut ısısına ve tüm bölgelerde düzenli ısı değerleri sağlanana kadar (+20°C den +35°C ye kadar)

devam eder. Daha sonra elektrikli ısıtma kapatılır. Tek parça betonarme elemanlarda, beton sıcaklık artışı 10°C/saat'i aşmamalıdır.

Beton ısıtma prosesindeki maksimum sıcaklık +35°C yi geçmemelidir. Tahmini beton sıcaklık artışı taze beton sıcaklığına bağlıdır. Tek parçalı monolit elemanlarda, beton soğutma oranı 2-3°C/saat'i aşmamalıdır ve elektrik panosundan gerilim periyodik olarak açılıp kapatılarak bu ısı düşüşleri düzenlenir.

5.4.8 Beton kürü yapılan alanın sınırlandırılması

Tek katlı yapılarda beton kürünün yapıldığı aşağı bölgedeki alanlardaki hava sıcaklığı +5°C'den +15°C ye kadar değişir. Bu bölgedeki veriler projede verilen mukavemet değerlerini sağlamaktadır. Belirtilen alanlarda beton kürü ve beton bakımı, betonun sertleşmesi için pozitif sıcaklıkların sağlanması ve yapının çevresinde de nem ve sıcaklıktan koruma alanının sağlanması gereklidir. Gerekli olan sıcaklık rejiminin sağlanması amacıyla kat aralarında brandadan perde yapılır ve ısıtıcı kullanılarak gerçekleşir.

Kalıp kurulumundan sonra, döşeme betonu dökümünden öncesi, nem ve sıcaklık sağlama amaçlı koruma yapılması ile hava sıcaklığını +5°C'den +15°C'e kadar çıkarılması gerekliyse, ısıtma yapılmalı daha sonra ısı ve su izolasyonlu malzeme kalıp yüzeyinden kaldırılıp, döküm işlemi yapılmaktadır. Betonarme elemanların yüzeyinde rötre çatlakları oluşmasını önlemek amacıyla beton kürünün bulunduğu alanda (çalışma katının bir alt katında) mutlaka hava koşullarına dayanıklı malzeme ile kapatılmalıdır. Sıcaklık farkı oluşumunun önüne geçilmelidir. Zira çalışma katında ısıtılan hava, alt katta kür süresi devam eden ortamda kapatma ve ısıtma olmaz ise negatif sıcaklıklar oluşacağından, ısı farkı hem çatlaklar oluşmasına neden olacak, hem de üst katta yeterli ısı değerine ulaşmada zorlanılacaktır. Başka bir deyişle beton priz alma süresi gecikecektir. Beton için koruma yapılan alanda (kür ortamında) harcanan ortalama kür süresi 5-7 gündür.

5.4.9 Beton küründe soğutma dönemi

Tek katlı yapılarda soğutma alanında, hava sıcaklığı 0°C'den +5°C'ye kadar değişir. Bu alanda beton kürü ve beton bakımı, betonun sertleşmesi için pozitif sıcaklıkların sağlanması ve yapının çevresinde nem ve sıcaklıktan koruma alanının sağlanması gereklidir. Soğutma alanlarından döşemeye geçiş alanlarındaki polietilen ince film

tabakası kaldırılır. Soğutma alanlarındaki hava sıcaklığının düşmesi $+5^{\circ}\text{C}$ ile 0°C 'ye kadar olur. Beton yüzey tabakası ile en düşük günlük hava sıcaklığı farkının 20°C 'yi aşmaması gereklidir. Soğutma yapılan alanlarda geçirilen zaman ortalama olarak 7- 14 gündür.

5.5 Kızılötesi Işıma İle Isıtmanın Uygulama Süreci

Daha önce de vurgulandığı gibi beton ısıtmada 3 tip ısıtma yapılır:

1. Malzeme yüzeyini ısıtma,
2. Çalışılan ortamı ısıtma,
3. Malzemeyi içeriden ısıtma.

Kızılötesi ısıtma ekipmanı, malzeme yüzeyini ısıtmak amacıyla kullanılır. Ortam ısıtma açısından zaman ve enerji kaybı olmadan, yüzeyde hızla gereken ısıya ($45-50^{\circ}\text{C}$) ulaşılır. Isıtılan yüzey sıcaklığı, beton için yeterli olandan daha yüksek olabilirken; ortam ve ısıtma yapılmayan diğer yüzeylerin sıcaklığı hava sıcaklığına eşit yada hava sıcaklığından $3-4^{\circ}\text{C}$ daha yüksek olduğu deneyler sonucunda görülmüştür.

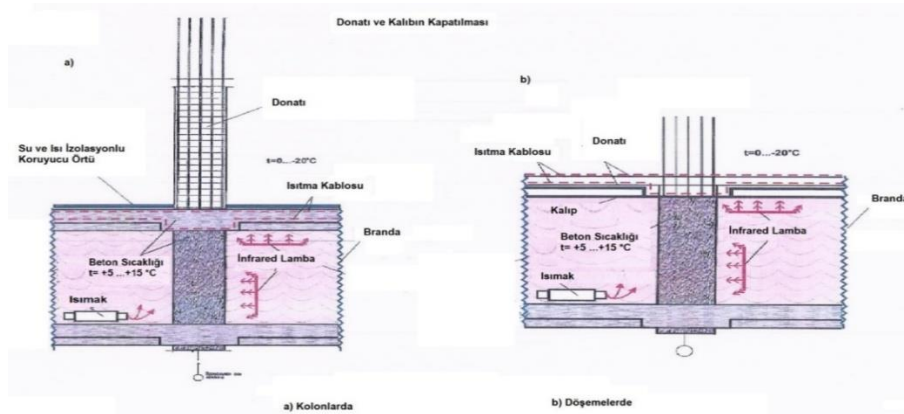
Bu bölümde kış döneminde beton üretim sürecinde yangın güvenliğini artırmak amacıyla geliştirilen kızıl ötesi ısıtma ekipmanı ile beton ısıtma sistemi anlatılmıştır. Daha sonra uygulamada üretim hızında artış sağladığı görülerek, analizler sonucunda karlılığa katkısı tespit edilerek kullanıma devam edilmiştir. Bölüm içerisinde; beton üretim şartları, hava sıcaklığı, üretim sürecinde kullanılacak malzeme sıcaklığı, malzeme ve ekipman kalitesi ve aynı zamanda yüklenici firmanın organizasyon şemasındaki ekibinin uygun özellikte olması, beton üretim santralleri vb gibi konular üzerinde durulmuştur.

Yüzeysel ısıtma amacıyla kızılötesi ısıtma ekipmanlarını kullanmak amacıyla deneyler yapılırken mevcut rus teknik şartnamelerin (SNIP ve GOST) gereksinimleri göz önüne alınmıştır. Sistemin kullanıldığı firmanın yurtdışındaki farklı mühendislik projeleri ve betonarme yapılarda kazandığı inşaat tecrübelerinden ve firmanın beton konusunda uzman akademisyenlerden oluşan danışmanlarının bilgilerinden yararlanılmıştır [90]. Bu çalışmadaki parametreler farklı inşaat projelerinde tasarım kapsamına göre revize edilebilir veya bu sürece yeni parametreler eklenebilir.

5.5.1 Beton yerleştirme öncesi ekipman ve malzeme hazırlıkları

Sistem kurulurken Rusya Federasyonu'nda soğuk hava koşullarında beton üretim süreci konusunda deneyimli proje müdürü ve kalite kontrol birimince hazırlanması gereken ekipmanlar ve yapılması gerekenler belirlenmiştir. Bunlar:

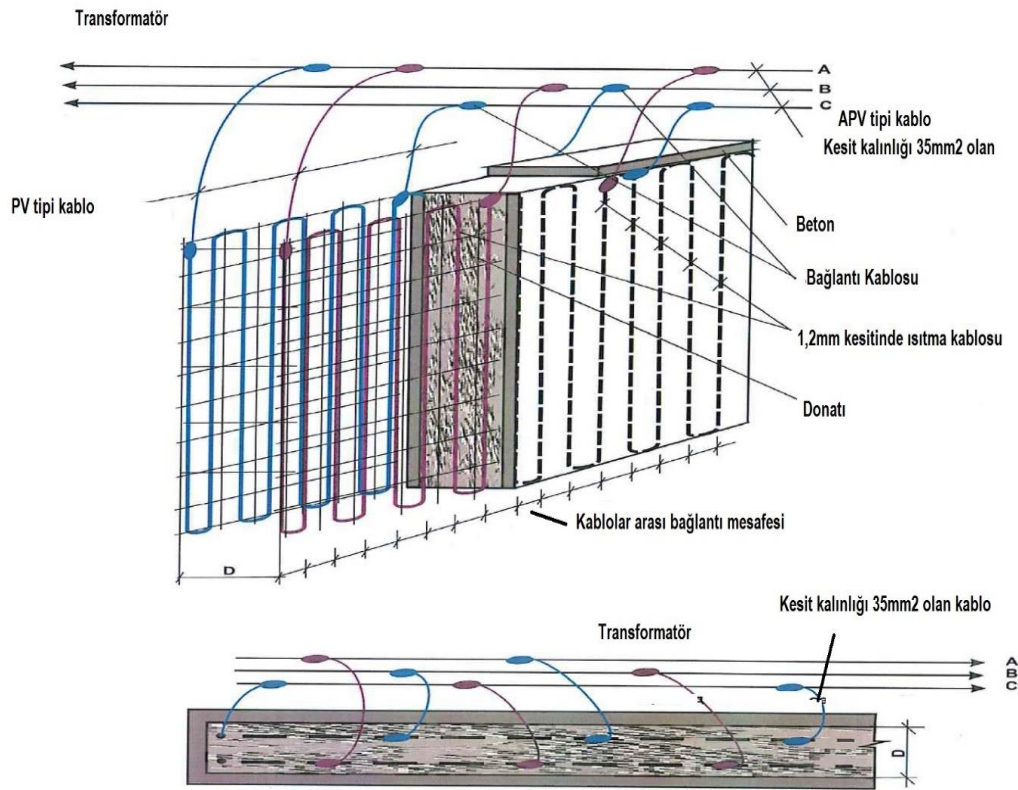
1. Çalışma alanının ve taşıyıcı elemanların ısıtılması için ısıtma ekipmanlarının hazırlanması,
2. Çalışma bölgelerinde bir termal ısıtma sistemi oluşturmak amacıyla, rulo yalıtım malzemelerinin hazırlanması (İzolon PPE HP) (markası 1508, kalınlık 8 mm Etafon ya da muadili)
3. Hesaplanan sayıda ısıtma tellerinin hazırlanması (markaları PNSV-1,2, PNSV-1,4, PTPJ ya da muadilleri, Transformatörler TMTO, KTPTO ya da muadilleri)
4. Ayrıca ısı yalıtımlı malzeme ile beton dökme ve iletme hattına ısı yalıtımı yapılmalı ya da özel ısı kablolarıyla ısıtılmalıdır. Isı yalıtımı, tüm hat boyunca tek parçada yapılmamalı; belirli bölgelerden kontrol yapabilmek amacıyla ayrı bölümler halinde yapılmalıdır.
5. Kolonlarda her yüzeye 1 adet, perdelerde 3 m'de 1 adet, döşemelerde 15m² bir adet olacak şekilde 2kw' lık kızıl ötesi ısıma cihazları hazırlanmalıdır.
6. Donatı ve kalıp montajı tamamlanmış perde ve kolonları su ve dış hava şartlarından korumak için ısı izolasyonlu branda ile Şekil 5.14'deki gibi kapatma yapılmalıdır.



Şekil 5.14: Donatı ve kalıbın kapatılması.

5.5.2 Isıtma kablolarının montajı

Perde, kolon ve döşemelerde beton ısıtması; öncelikle ısıtma kablolarının beton içerisine doğru bir şekilde yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Isıtma kablolarının zarar görmemesi için kablo bağlantısı, varsa kaynak işlerinden sonra ve kalıp montajından önce yapılması uygun olacaktır. Isıtma kabloları çok gergin olmayacak şekilde serbest bir durumda ve güvenilir bir biçimde, Şekil 5.15’de görüldüğü gibi aynı kablo bağ teli olarak kullanılarak 0.5 -1m aralıklar ile hasır donatıya bağlanır. Asansör shaftı perdelerinde ve merdiven perdelerinde, ısıtma kabloları perdenin her iki yüzeyine monte edilir ve hasır donatılara sabitlenir.



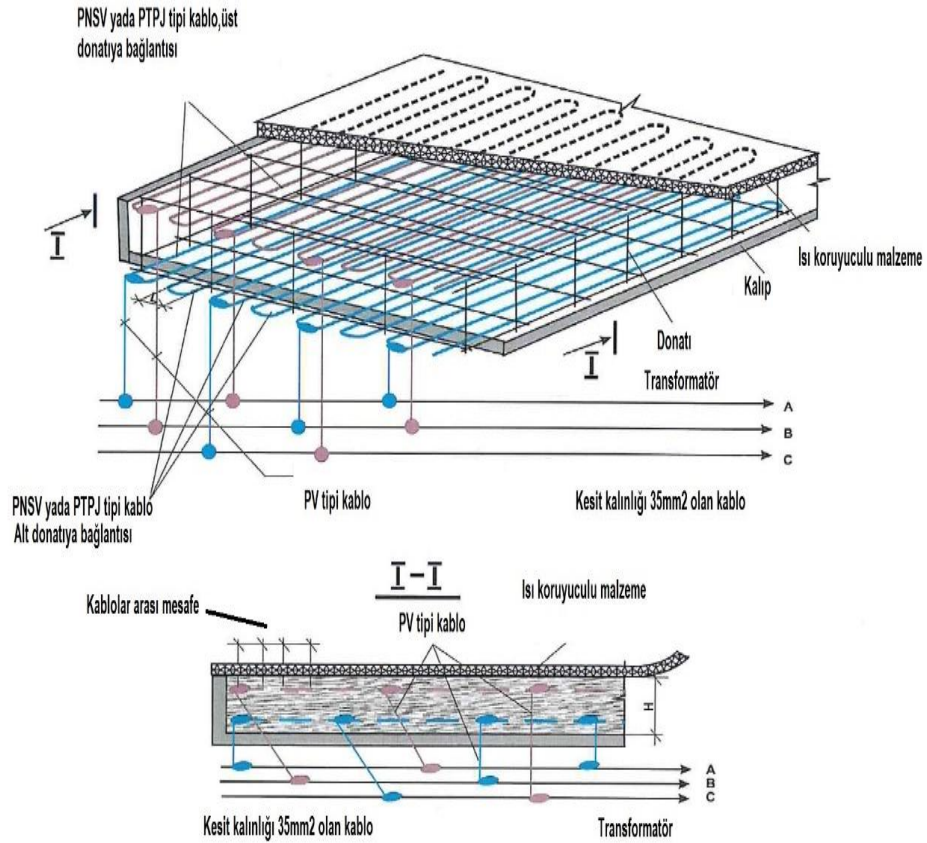
Şekil 5.15: Perdelerde ısıtma kablolarının montajı.

3 fazlı yağlı transformatör beton ısıtmasına özel tasarlanmış TMTO ve KTPTO (ya da bunların muadilleri) tipi 60*80wt trafoların gücü kademeli olarak azaltılarak enerji verimli bir şekilde ısıtma kablolarına aktarılması uygun olacaktır.

Döşemeleri ısıtmak için döşeme demirinin hem alt hem de üst yüzeyindeki hasır donatılara ısıtma kabloları monte edilir, bağlama teliyle donatılara sabitlenir. Kirişleri ısıtmak için ısıtma kabloları kirişin her iki yan yüzeyine monte edilip, yine

demirlere sabitlenir. Döşeme ısıtma kablolarının montajı Şekil 5.16’da görülmektedir.

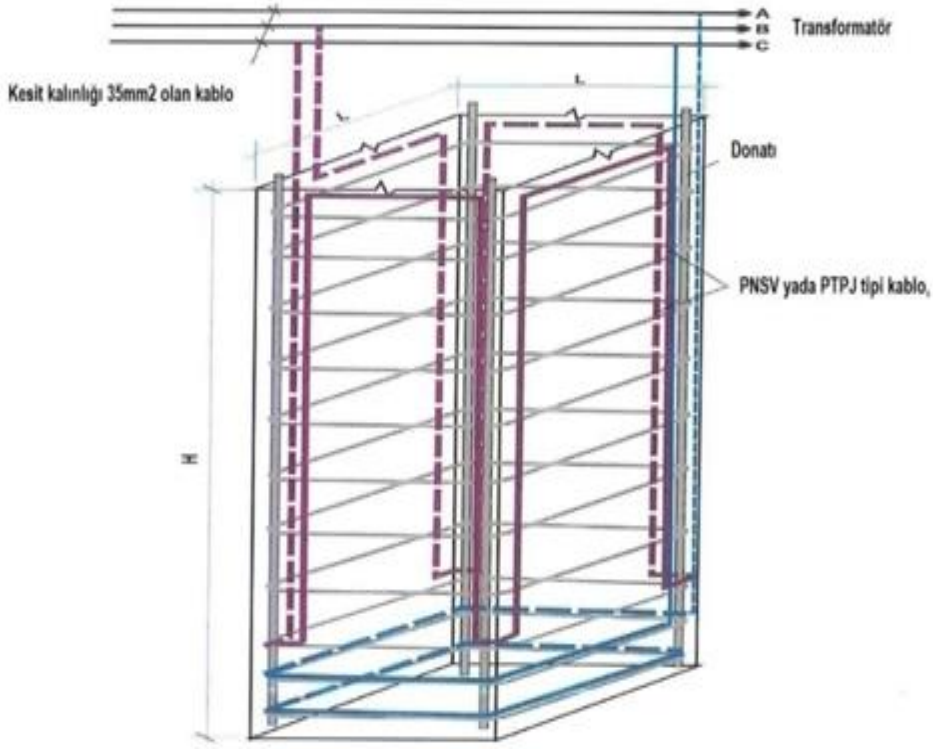
Taşıyıcı sistemin çekirdeğini oluşturan perdeler uzun süre negatif sıcaklıklara maruz kaldığında; ısıtma kabloları, kızılötesi lambalar ve ısımak gibi farklı ısıtma yöntemlerinin kombine edilerek kullanımına imkan tanınması gerekecektir.



Şekil 5.16: Döşemelerde ısıtma kablolarının montajı.

Döşeme betonu yerleştirmek amacıyla kalıp altı kızılötesi lamba ile ısıtılır, sıcaklık 10-15°C arasında ise, döşeme de sadece üst yüzeye kablo montajı yapılmasına izin verilir.

Kolonlarda ısıtma amacıyla, ısı kablolarının kurulumunu ve kolon çevresine montajı Şekil 5.17’de görülmektedir. Uzun süre negatif sıcaklıklarda kalındığında, kolonlarda optimum ısı kürünü sağlamak için, ısıtma kabloları yanında ek bir ısıtma yönteminin kullanımına ihtiyaç vardır. Hava sıcaklığına göre sadece kızılötesi lambalar ya da ısımak ile kombine edilmiş yöntemlerin kullanıma ihtiyaç duyulur.



Şekil 5.17: Kolonda ısıtma kablolarının montajı.

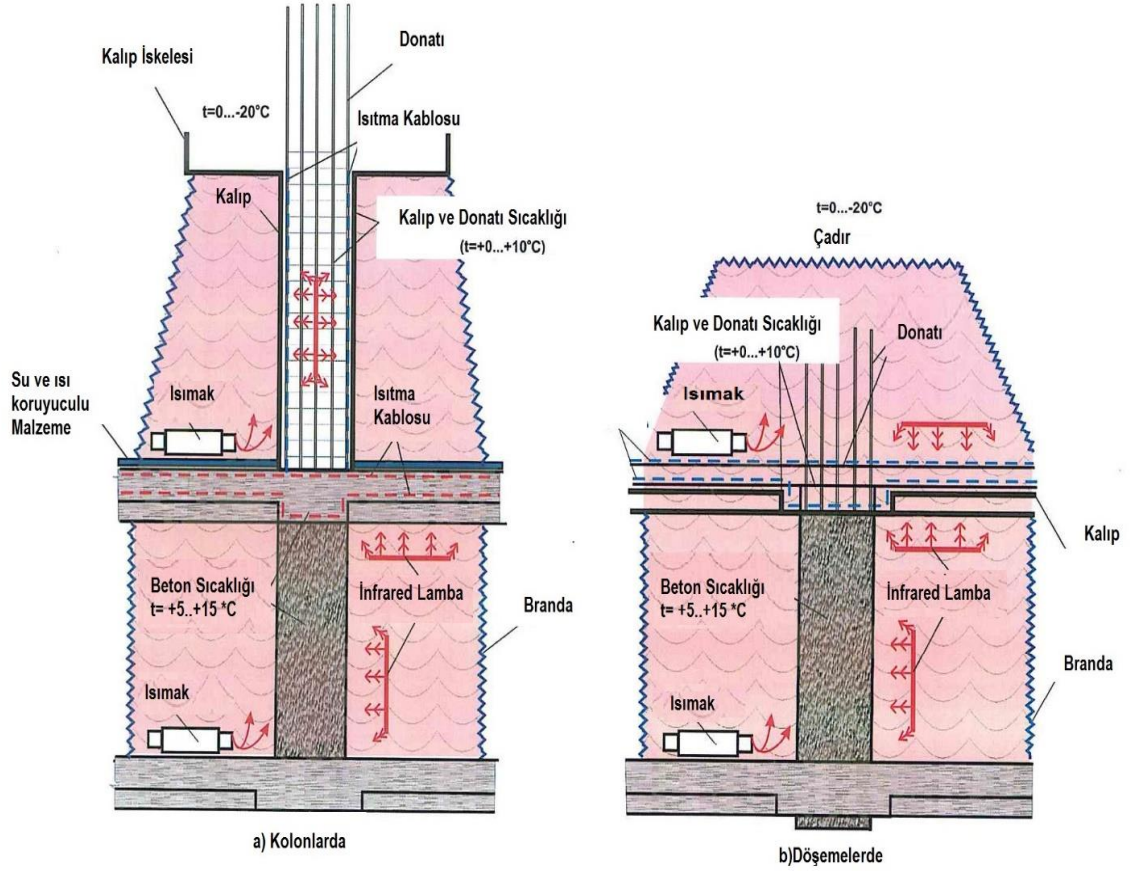
Kalıp montajı yapılırken, kalıpların ısı kablolarına zarar verip vermediği kontrol edilerek, kalıpların ısı kablolarına değmemesinin sağlanması gerekecektir. Kalıp kurulumundan sonra, beton döküm öncesi ısıtma kabloları $2,5\text{mm}^2$ kesitindeki bakır, esnek ve su yalıtımlı ana kablolarla bağlanarak trafodan enerji aktarımı sağlanır. Bakır kablo ile ısıtma kablolarının bağlantısı kötü hava şartlarından nemden, sudan korunmalı ve düz bir hat boyunca yerleştirilmelidir.

5.5.3 Kalıp hazırlığı ve gerekli düzenlemeler

Kalite kontrolü açısından beton dökümünden önce beton birleşim derzlerinin kar ve buzdan arındırılması sağlanmalıdır. Temizlik kuru yöntemlerle sıcak hava kaynağı, fırça ve kazıyıcılar kullanılarak gerçekleştirilir. Temizleme işlemi sırasında buhar, sıcak su veya tuzlu solüsyon kullanmak yasaktır. Buzların eritilmesi için kolon ve perdelerin içine infrared (kızıl ötesi ısıtma) yerleştirilir. (Şekil 5.18a) Bu çalışmanın yapıldığı şantiyede döküm için uygun koşulun daha çabuk sağlandığı kanıtlanmıştır.

Beton karışımını dökmeden önce, perdeler, kolonlar ve bunların birleştiği yüzeydeki yapılar ve donatı pozitif sıcaklığa ulaşınca kadar ısıtılır. Bu yüzey ısıtma kızılötesi lambalar ile gerçekleştirilir. (Şekil 5.18).

Döküm Öncesi Kalıp Hazırlığı



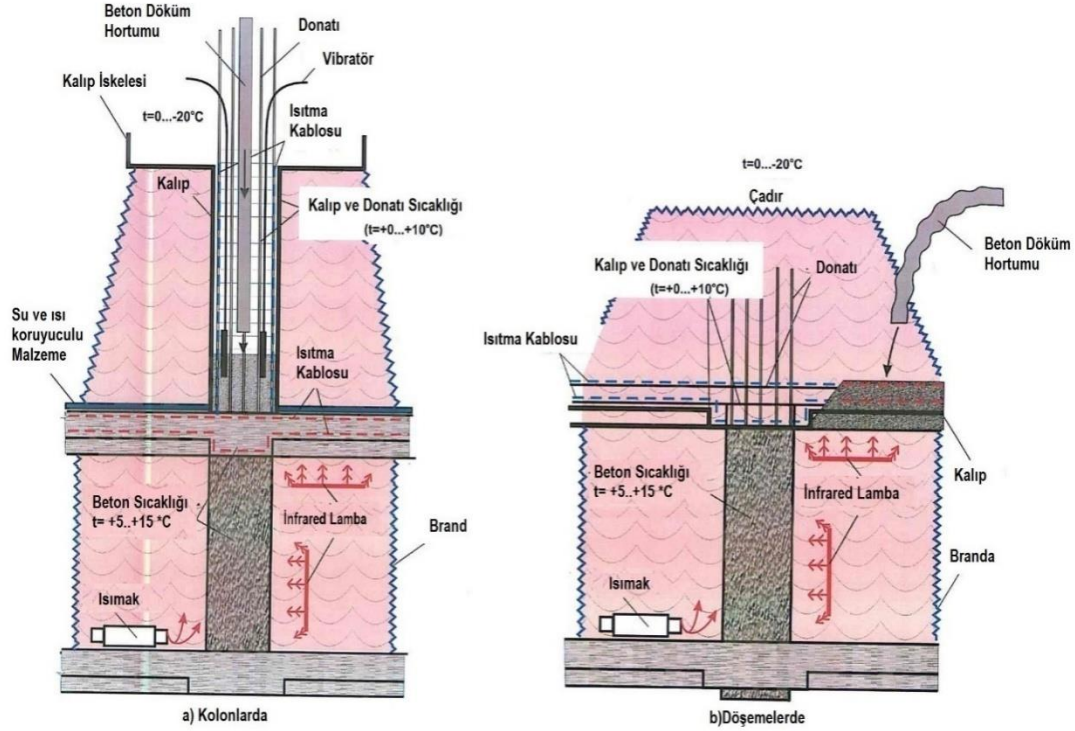
Şekil 5.18: Döküm öncesi ısıtma ve kızılötesi ekipmanların yerleştirilmesi.

5.5.4 Beton dökümü ve kür uygulama koşulları

Perde, kolon ve döşemelerde kış şartlarında beton dökülebilmek için gerekli koşullar şunlardır:

- Bölüm 5.2’de de bahsedildiği gibi Rusya Federasyonu’nda Gost 7473 gereği kolonlarda ve perdelerde beton döküm sürecinin bir saatten kısa sürede tamamlanması gerekmektedir. Beton yerleştirildikten sonra dış hava şartlarından koruma amacıyla Şekil 5.19a gösterildiği gibi imalat izolasyonlu branda ile sarılmaktadır [50].
- Bölüm 4.2.1’te sözü edilen düşey yapı elemanlarda uzun süren beton dökümü durumunda, elektrot ile elektrikli ısıtma yöntemi kullanımının tercih edilmesi gerekmektedir. Bunu yapabilmek için ayrı bir bobin tel bu alanda yapılır ya da kızılötesi lambalar ve ısıtma ekipmanları kullanılarak gerçekleştirilir.

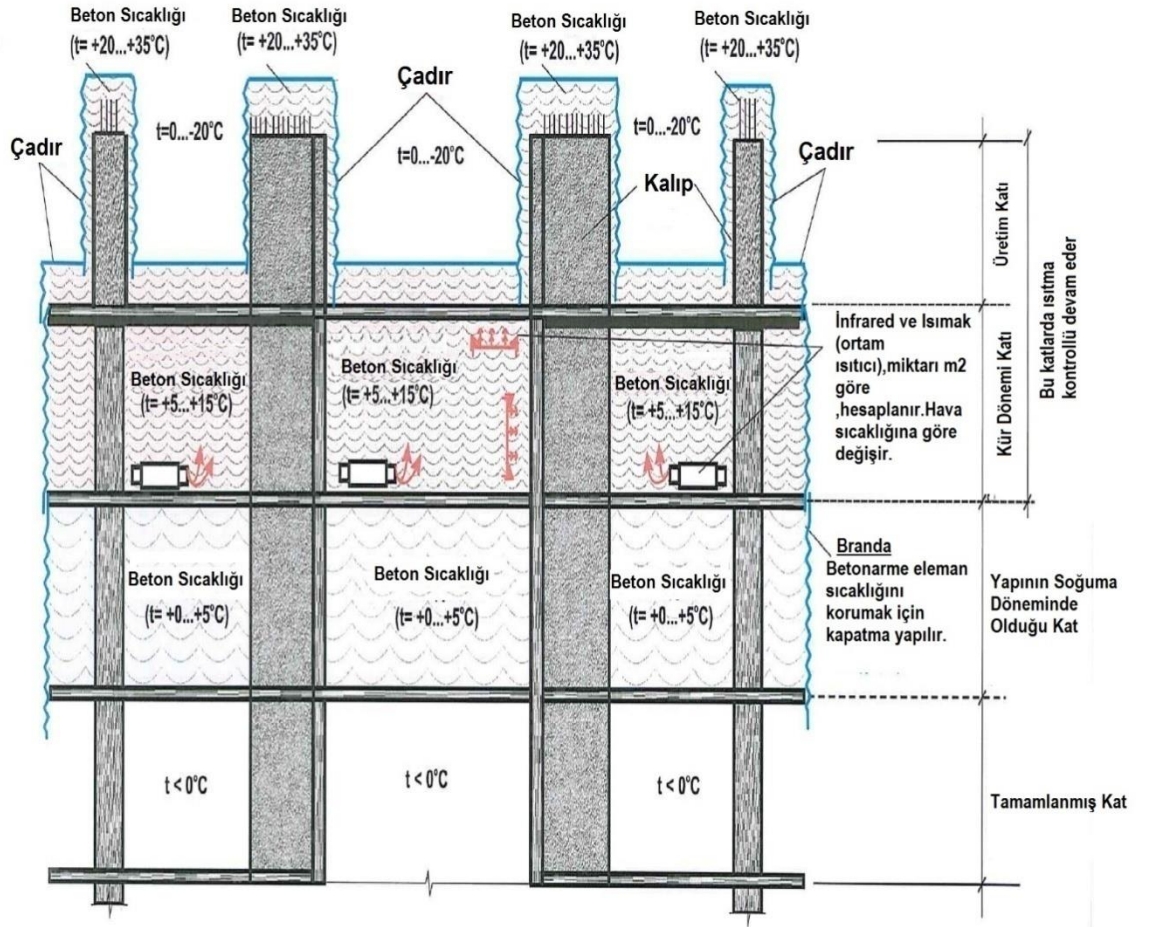
- Döşeme betonunun ise kür çadırı altında anolar halinde yerleştirilmesi uygun çözümdür, beton dökümü tamamlandığı noktada ısıtma kabloları çalıştırılır.
- Şekil 5.19b



Şekil 5.19: Beton dökümünde ekipman kullanımı ve ısının korunması.

- Beton dökümünden sonra imalatların kürü elektrikli kablo, kızılötesi lamba ve ısımak ekipmanları kullanılarak yapılır.
- Beton sıcaklığı 30°C'den düşük olduğunda ısıtma kabloları çalıştırılır.

Beton kürü ve bakımı, kış şartlarında dış ortam ısısı ile yaş beton ısını pozitif sıcaklıklarda tutacak şekilde olmalıdır. Pilot çalışmanın yapıldığı şantiyede 24 saat boyunca beton dökümü öncesi, beton döküm sırası ve sonrasında hem beton karışımını hem kür sürecini kontrol eden Rusya Snipleri'ne hakim akademik danışmanlar kontrolünde Şekil 5.20'de tanımlanan ortam ısıları Gost'a göre belirlenmektedir. Gost normunda dört farklı durum için düşey alan sıcaklığı tanımlanmıştır. Beton yerleştirme öncesi kalıpların ısıtılması amacıyla ısımak ve kızılötesi araçların konumlandırılma biçimleri yine Şekil 5.21'de gösterilmiştir. Ortam sıcaklığı ve beton sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı 20 °C aşmamalıdır. Şekilde de belirtilen beton sıcaklıklarıyla ilgili normlar şu şekilde özetlenebilir:



Şekil 5.20: Beton yerleştirmede sağlanması gereken sıcaklıklar.

1. Üretim alanında beton 20°C ile 35°C arasında olmalıdır.
2. Kür uygulanmakta olan ve tüm betonarme imalatların henüz tamamlandığı kata beton sıcaklığı 5°C - 15°C arasında olmalıdır.
3. Soğutma uygulanan ve küre devam edilen kattaki beton sıcaklığı 0°C ile 5°C arasında olmalıdır.
4. Kür uygulamasına son verilerek imalatın bittiği kattaki taşıyıcı elemanlardaki sıcaklığın ise en azından 0°C olmalıdır.

Taşıyıcı elemanlarda tasarımda öngörülen dayanıma ulaşılabilmesi için gereken ısıtma öncelikle elektrik kabloları taşıyıcı sistem elemanlarının yüzeylerine sarılarak uygulanan ısıtma ve her elemanın etrafına sarılan branda ile korunmaktadır. Ayrıca

kızılötesi ısıtma ekipmanları ve düşük sıcaklıklarda bunların yeterli olmaması durumunda ısıtma cihazları ilave edilerek ısıtma yapılmaktadır.

Beton kürü ve soğuma uygulamalarında ise, uygun ısı düzeyinin ayarlanması ısı yalıtımlı branda, kızıl ötesi ısıtma ile ısıtma ekipmanları ve çok düşük sıcaklıklarda yine bunlar yeterli olmazsa ısıtma cihazları ilave edilerek yapılmaktadır.

Çalışma katının iki kat altındaki bölge, ısı yalıtımlı brandalar ile döşemeden döşemeye ve tüm kat yüksekliğinde kapatılır. Kullanılacak ısıtma ve kızılötesi araç sayısı dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir İmalat katında beton kürü için gereken uygun sıcaklığın karşılanması, araçların gücü ve sayı ile düzenlenmektedir.

5.5.6 Kür alanının sağlanması gereken sıcaklık koşulları

Beton üretim alanının bir alt katının ortam sıcaklığı bölüm 5.5.5’de belirtildiği gibi olmalıdır. Bu alandaki elemanlar tasarımda belirlenmiş mukavemet değerlerine ulaşmış olmalıdır. Beton kürü pozitif sıcaklığın sağlandığı ortamda betonun prizini almasını sağlamak için gerçekleştirilir. Bu ortamın soğuk hava koşullarında sağlanması için pilot şantiyede tüm elemanların çevresi su ve ısı yalıtımlı branda ile çevrilmiştir. Gerekli sıcaklık değeri branda, ısıtma ve kızıl ötesi ısıtıcılar ile sağlanır (Şekil3.12).

Kalıplar kurulduktan sonra, bir üst kat döşemesini dökmek için branda ile çadır kurulmalıdır. Kızılötesi ekipman kullanılarak ihtiyaç duyulan sıcaklık değeri aralığına (5-15⁰C) ulaştırılması sağlanmalıdır. Çalışma katının bir üstündeki katta imalatların yüzeyi ve yan cepheler ısı kaynaklı çatlaklar oluşmaması açısından su ve ısı yalıtımlı branda ile sarılmaktadır. (Şekil5.20)

Soğutma alanı olarak belirlenen Şekil5.20’de de gösterilen çalışma alanının alt katındaki beton sıcaklığının 0⁰C -5⁰C olması gerekliliği Bölüm 5.2’ de açıklanmıştır. Soğuma ortamında gereken sıcaklık izolasyonlu brandalar ile kat çevresi kapatılarak sağlanır. Döşemeler soğumaya bırakıldığında polietilen film naylon kaldırabilir. Soğuma alanındaki taşıyıcı elemanların sıcaklığı 0⁰C’ye kadar azalması, demir montaj hazırlığı tamamlanan elemanlarda olumsuz bir sıcaklık sayılmaz. 0⁰C ortam ve demir sıcaklığı yeterlidir. Bu sıcaklıkta beton yüzey sıcaklığı ortalama hava sıcaklığından 20⁰C aşağıda olabilir. Aradaki fark 20⁰C aşmamalıdır. Yapıların soğuma dönemi 7-14 gündür [63].

Sıcaklık Kontrolü;

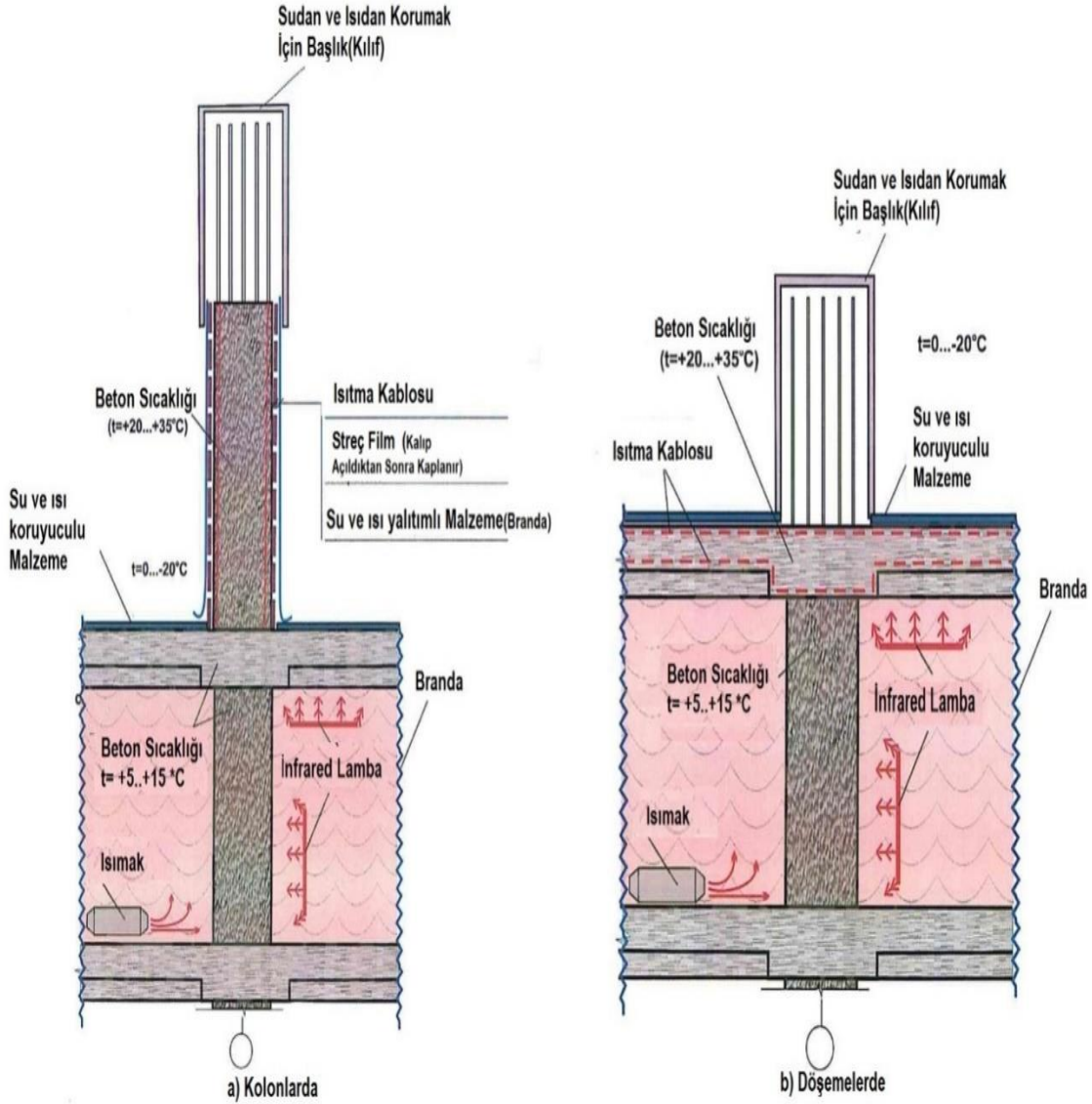
- Elektrikli ısıtma kış döneminde inşaat şartlarına uygunluğu SNİP 12-03-2001 ve SNİP 03-01-87 ye göre kontrol edilmelidir.
- Elektrikli ısıtma parametrelerinin üretim denetimi uzmanların katılımıyla her kule için bir kalfa, bir ekip başı ve ustalar tarafından yapılır.
- Beton ısıtma sıcaklığının kontrolü kürleme ve soğuma periyodunda dört saatlik aralıklarla vardiyada üç kez kontrol edilir. Elektrik akımı ve voltajı ve elektrik kablolarının sıcaklığı denetlenir.
- Beton sıcaklığını ölçmek için dedektörler ve kalıbın iki yüzeyine monte edilmiş termokupl grubu kullanılır. Sonuçlar her yapı elemanı için ayrı kâğıtlarda kayıt altına alınır.

5.5.7 Beton prizi sonrası çalışma katında üretim yapılması

Betonarme taşıyıcı sistem hesap prensipleri gereği, döşemelerin kalıplar açılmadan önce gerekli dayanıma ulaşması ve kolon ile perdelerle etkili yük transferini gerçekleştirebilmesi gerekir. Pilot proje koşullarında kolon ve perdelerde kalıplar alınmadan önce döşemelerin 20Mpa dayanıma ulaşması beklenmektedir. Bu dayanım sağlanana kadar döşeme üstü su ve ısı izolasyonlu branda ile kapalı olması gerekir. Bunun yanında su ve ısı izolasyonu için kolon ve perdelerde donatı filizlerinin açıkta kalan üst kısımlarının da ısı kaybını engellemek için kapatılması gerekmektedir.

Kalıplar alındıktan sonra, yine yüzey ısını korumak amacıyla, kolon ve perdelerin etrafı su ve ısı yalıtımlı branda ile ya sarılmalı ya da çadır kurularak kapatılmalıdır.

Kalıplar açıldıktan hemen sonra Şekil 5.21a'da görüldüğü gibi kolonlar streç film ile hemen sarılmaktadır. Kolon ve perde kalıp sökümü sonrası naylon ve branda ile sarılıp kapatılma süresinin 30 dk'yı geçmemesi, döşemelerde kalıp alınması için ise beton yük aktarımını gerçekleştirecek duruma gelerek nihai dayanımının %80'ine ulaşmış olması gerekir. Kalıp açılımı için döşeme beton mukavemetinin %80 ine ulaşmış olması gerekir. Önceki bölümde aktarıldığı gibi, perde ve kolonların priz alması için 20°C -35°C arasında sıcaklıklarda olması gerekir ve beton yüzeyi ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkı 20°C'den az olması sağlandığında kalıp açılır. Çalışma katının döşeme üzeri 2m yüksekliğinde su ve ısı izolasyonlu branda ile kapatılır. Bunun yanı sıra izolasyonlu branda kolon ve perdelerin başladığı yerlerde konur. (Şekil 5.21b)



Şekil 5.21: Yerleştirme sonrası beton kürü evresi.

Döşemelerde beton sıcaklığının 20°C - 35°C arasında olacak şekilde ısıtma kabloları ve kızılötesi araçlar düzenli olarak açılıp kapatılır. Perde, kolon ve döşemelerde elektrikli ısıtma gerçek beton sıcaklığına bağlıdır ve betonarme elemanların her noktasında 20°C - 35°C arasında olması gerekir. Elektrik kablolarını enerji verilip kesilerek ısıyı dengeli tutmak için kablolar gruplar halinde trafoya bağlanır. Tek parçada dökülen döşemelerde sıcaklık 35°C 'yi geçmemelidir. Sıcaklık artış hızı doğal olarak taze betonunun sıcaklığına bağlı olacaktır ve Çizelge 5.4'dekine göre kabul edillir [48].

Çizelge 5.4: Taze betonun ısıtmaya bağlı sıcaklık artışı.

Taze beton sıcaklığı, °C	Taze betonun +35°C ye kadar olan, ısıtılma zamanı saat
+5	3,0
+10	2,5
+15	2,0

İzotermal kablolu ısıtma sırasında sıcaklık 35°C'den daha yüksek sıcaklıklara çıkmaktadır. Sıcaklığın çok yüksek değerlere çıkışı engellemek için periyodik olarak elektrikli kablo ısıtmasının bağlı olduğu trafo, kızıl ötesi lamba ve ısımak açıp kapatılarak ısı değerleri düzenlenebilir. Betonarme imalatlarda, yeterli mukavemeti alarak kalıplar açılma kadar ısıtma kablolarıyla ısıtma süreci devam eder. Beton dayanımının yaklaşık değeri, ortalama beton sıcaklığı ve zaman ile Çizelge 5.5 görüldüğü gibi belirlendiği bilimsel olarak kanıtlanmıştır.

Çizelge 5.5: Sıcaklık-zaman-dayanım ilişki grafiği.



Beton soğutma hızı saatte 2°C-3°C'yi geçmeyecek şekilde ısıtma sistemleri açılıp kapatılarak gerçekleştirilmektedir. Aksi halde yüzeylerde sıcaklık farkından kaynaklı rötre çatlakları oluşacaktır. Bu azalışları Bölüm 5.2' de anlatıldığı gibi dört saatlik periyotlarda yapılan ısı ölçümlerin sonucu kalite kontrol birimi tespit eder ve ısı düşüşlerini yada yükselişlerini saha grubuna yazılı ve sözlü bildirerek ısıtma cihazlarının (kablolu ısıtma, kızılötesi ısıtma ekipmanları, ısımak vb.) ve brandaların

kapatılma-açılması için talimat verilir. Isıtma 5-7 gün boyunca devam edecektir. Bu süre içerisinde izolasyonlu branda kapalı tutulmaktadır. Brandanın açılması için hava sıcaklığı ile betonarme eleman yüzey sıcaklığı arasındaki farkın 20 °C'den az olması gerekmektedir.

5.6 Isıtma Süresince Kızılötesi Ekipmanın Kullanım Yöntemi

Rusya Federasyonu gibi -40°C'lerin yaşandığı ülkelerde kablolu ısıtma sistemlerinin betonarme imalatlarda kullanımı kaçınılmazdır. Zira betonu diğer yöntemlerle ısıtmak çok zordur. Çünkü çok soğuk havada ısıyı hapsedip taze betonu dışardan etki eden cihazlarla ısıtmak ve priz almasını sağlamak oldukça zordur. Döşemelerde priz almadan beton yüzeyinin üzerine cihaz koyulmaz. Bu nedenle içerden kablolu ısıtma yapılmazsa, dışardan ısıtma yapılana kadar beton donacaktır. Ancak kablolu ısıtma sistemlerinde döküm öncesi uygun kalıp, donatı sıcaklıklarını sağlamada etkili olamayacağından alternatif döküm öncesi ısıtma sistemlerinin de kablolu ısıtma yanında kullanılması zorunlu hale gelmektedir.

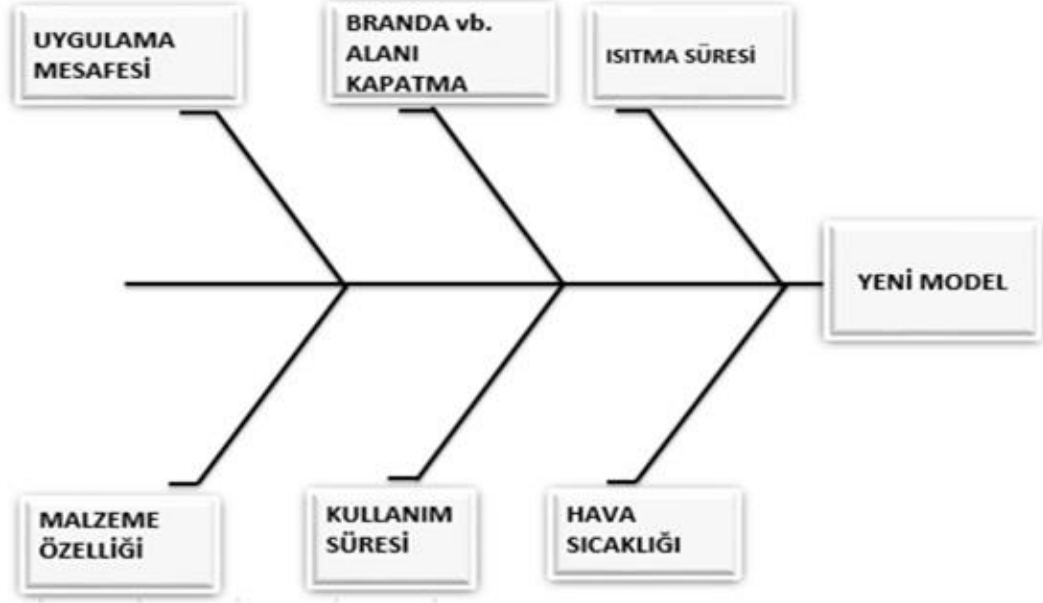
Rusya'da hava sıcaklığı +5°C'nin altına düştüğünde elektrik kablolu beton ısıtma yapılması zorunlu kılınmıştır. Bu durum devlet kurumlarınca Rus standartlarına göre denetlenir ve Çizelge 5.1'deki ülkelerin belirtilen ilgili bakanlıklarına aylık ısı sonuçları iletilir [62].

Giriş bölümünde değinildiği gibi, bu tez kapsamında Rusya'da yüzeysel ısıtmada kullanılmakta olan *ısıtmak cihazları ile kızıl ötesi ısımayla ısıtma cihazları* karşılaştırılmıştır. Kızıl ötesi cihazlarla ısıtma bu tezde incelenen temel yüzey ısıtma sistemidir. Ana ısıtma yöntemi olan kabloyla ısıtmaya gereken desteği kızıl ötesi ısıtma yöntemi ile vererek gerekli ısıtmanın standart bir prosedürle nasıl sağlanabildiği araştırılmış ve uygulamayla desteklenerek standart bir süreç oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında kızıl ötesi ekipmanlarını hangi özelliklerde, ne kadar süre boyunca, hangi şartlarda etkili olduğu test edilmiştir.

Şantiye de yaşanan problemler ve proje yönetim kriterlerinden maliyet, iş programı, İSG ve kalite düşünülerek, değişkenler belirlenmiş ve denemeler yapılmıştır. Seçilen değişkenler: hava sıcaklığı, ısıtma süresi, branda vb.malzeme ile çalışma alanının kapalı olup olmaması, uygulama mesafesi ve malzeme özelliğinden oluşmaktadır. Bu değişkenler aşağıda gösterildiği gibi kalite yönetiminde kullanılan Ishikawa'nın balık

kılçığı modelinde değerlendirilmiştir. Bu değişkenlerin imalat sürecini doğrudan etkileyen en önemli faktörler olduğu için saha mühendisleri, kalite kontrol departmanı ve proje müdürü tarafından deneyimleri sonucu belirlenmiştir. Şekil 5.22’de görülmektedir.

ISHIKAWA DİYAGRAMI (Balıkkılçığı Diyagramı)



Şekil 5.22: Balıkkılçığı diyagramı.

Hava sıcaklığı faktörü;

Isıtma amacıyla kızıl ötesi ısıma (infrared) kullanımında hava sıcaklığı birinci derece belirleyici faktördür. Hava sıcaklık durumuna göre kullanılacak infrared sayısı ve ısıtılacak olan yüzeye kızıl ötesi ısıma (infrared) mesafesi değişkenlik göstermektedir. Hava sıcaklığı düştükçe; donatı ve kalıpdaki buz ve karı eritmek amacıyla da kullanıldığından, kullanılacak kızıl ötesi ısıma (infrared) ünitesi sayısında artış olur. Ayrıca buz ve kar eritmede kullanılacak olan kızıl ötesi ısıma cihazının (infraredin) kapasite (kW) büyüklüğü de değişir.

- Kar ve buz olmadığında kalıp altı ısıtmada, kolon yada perdede 1,5 ya da 2 kW’lık infrared (kızıl ötesi ısıma) kullanılırken, döküm öncesi karı, buzı eritmek için 2 kW’lık infraredler (kızıl ötesi ısıma cihazları) istenen

+35°C'lik sıcaklıklara ulaşılabilmesi için yeterli olmamış, 6 kw'lık ısıtıcılarla istenen yüzey sıcaklığına erişilebilmiştir. (Ek3: Isı Grafik Örnekleri).

- 6 kW'lık infraredler (kızıl ötesi ısıma cihazları) çok daha kısa sürede (1-2 saatte) karı, buz erittiği gibi kalıp ve donatı sıcaklığını da infraredin direkt vurduğu yüzeylerde +45°C'lerde kadar çıkardığı ölçülmüştür.

Çalışma alanının kapatılması:

Kızılötesi ekipman kullanımında da diğer ısıtma araçlarında olduğu gibi ısınacak yüzey yada ortamın dış hava temasının kesilmesi önemlidir.

Kızılötesi ısıtıcılarla yapılan testlerde Şekil 5.23'de görüldüğü gibi kolon çalışması yapılırken döşeme üzerindeki brandanın açılması içeriden ısıtma kablosu, döşeme altından kızıl ötesi cihazlar ile ısıtılan bir alanda yüzeyin açık kalmasıyla ısı düşüşleri başlamaktadır.



Şekil 5.23: Çalışma alanının kapatılması.

- 30 dk içerisinde hava sıcaklığına bağlı olmak kaydıyla 5°C ile 25°C arası ısı düşüşleri yaşanmıştır.
- Yüzey alttan ısıtıldığından, döşeme alt sıcaklığı 45°C ile 50°C arasında iken döşeme üzeri, hava sıcaklığına bağlı olarak (bu test yapıldığında hava sıcaklığı -13°C olarak kaydedilmiştir) 15°C ile 20°C arasında azalmıştır.

Bu da eğer yüzeyde Şekil 5.24'de görüldüğü gibi beton dökümüne paralel naylon ile kapatılmamışsa, yüzeyde sıcaklık farkından kaynaklı çatlaklara neden olmaktadır. Ayrıca alttan ısıtılmakta olan beton, üstteki açıklığa bağlı olarak soğuduğundan,

kalıpların alınabilmesi için gereken mukavemeti alması daha uzun sürecektir. Bu durumda hem daha fazla ısıtma maliyetine, hem de iş süresinin uzamasına neden olacak proje süresini uzatan bir etken olarak karşımıza çıkacaktır.



Şekil 5.24: Beton dökümüne paralel yüzeylerin kapatılması.

Bu nedenle yapılan denemeler sonucunda, istenen hedeflere ulaşma açısından uygun kapatma Şekil 5.25’de görüldüğü gibi kolon filizlerinin üzerinden ve mevcut kolon kenarlarında açıklık kalmayacak şekilde, ısı izolasyonlu branda ile kapatma yapılması olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bir alt katta da branda yardımıyla düşeyde kapatma yapılarak odacıklar oluşturulması gerektiği görülmüştür. Böylelikle ısıtma üniteleriyle daha kısa sürede istenen sıcaklığa ulaşılması, dolayısıyla gerekli mukavemetin sağlanarak verim alınabileceği tespit edilmiştir.



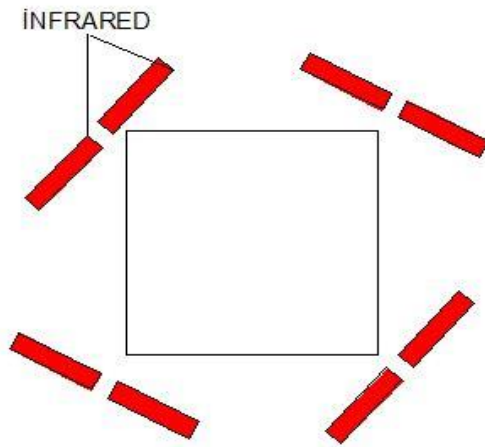
Şekil 5.25: Yüzey kapatmada uygun branda kullanımı..

- Bu süreç kolonlarda -20°C hava sıcaklığı varken kolon betonu iç ısısının branda ile filiz başları dahil kapalı olmak kaydıyla 45°C - 50°C 'lere çıkarmış bunun sonucunda 10-12 saatte kalıp sökümü gerçekleştirilebilecek mukavemet değerlerine ulaşılarak başarı sağlanmıştır.
- Döşemelerde ise 10-12 saat sonra döşeme üzerine çıkılarak çalışma yapılabilecek şekilde prizin alınmasını sağlamıştır.

Uygun uygulama mesafesi:

Kızılötesi ısıtma ekipmanları yerleşimi hava sıcaklığına ve yapı eleman tipine (kolon, perde, döşeme, sıva imalatı vb.) bağlı olarak farklı şekillerde yapılır. Temel deneyler kolon, perde, döşeme imalatlarında ayrı ayrı yapılmış ve tekrarlanmıştır.

Kolonlarda kolon yüksekliğini ortalayacak şekilde ve ısıtma üniteleri dik konumda tutulmak kaydıyla Şekil 5.26 'daki gibi konumlandırılarak uygulama gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.26: Kolon elemanlarında kızıl ötesi cihazların yerleştirme planı.

- Hava sıcaklığı -10°C 'nin altına düştüğünde 4 köşeye şekilde görüldüğü gibi 80 cm ile 100 cm arasında mesafeden yerleştirilir,
- Hava sıcaklığı -10°C ile 0°C arasında olduğunda her yüzeye bir adet kızıl ötesi ısıtıcı (infared) bakacak şekilde 80 cm ile 100 cm arasında yerleştirilir,

- Hava sıcaklığı 0°C ile +5°C arasında olduğunda sadece çapraz köşelerden bir adet ikişer adet 2 kw'lık kızıl ötesi ısıtıcı 80 cm ile 100 cm arasında yerleştirilmesi yeterli olmuştur.

Döşemelerde; döşeme altından 80 cm uzaklıkta kızıl ötesi ısıtıcı yerleşimi yapılabilir. Kızılötesi ısıtıcı etki alanı köşelerinden 45°'lik bir açı yapacak şekilde belirlenir. 45° dışında kalan yüzeylerde tam anlamıyla yeterli olacak ısı elde edilememektedir.

- Hava sıcaklığı -15°C'nin altına düştüğünde döşeme altında 10 m²'ye bir adet 6 kw'lık ısıma ünitesi yerleştirilir,
- Hava sıcaklığı -15°C ile 0°C arasında olduğunda döşeme altında 12-13 m²'ye bir adet ısıma ünitesi yerleştirilir,
- Hava sıcaklığı 0°C ile +5°C arasında olduğunda döşeme altında 15-17 m²'ye bir adet ısıma ünitesi yerleştirilmesi yeterli olmuştur. (Döşemelerde B45 sınıfı beton kullanılmıştır.)

Burada belirlenen mesafe ve miktarlar döşeme kalınlığına ve beton sınıfına göre ve yukarıda anlatılan çalışma ortamının ve yüzeyinin branda ile kapatılarak dış hava sıcaklığıyla bağlantısının engellenmesine de bağlıdır.

Perdelerde; kolonlardakine benzer mantık yürütülür. Ancak perdelerin geometrik şekline dikkat etmek gerekecektir. Perde şekline göre uygun açığı bulacak şekilde yerleşim gerekecektir. 3 metre genişliğe 1 adet ısıma ünitesigelecek şekilde ekipman yerleşimi yapılmasının uygun olduğu görülmüştür. Bu mesafenin uygulanan yapı geometrisine göre değişeceği unutulmamalıdır.

Uygun Isıtıcı Ekipman Özellikleri:

Isıma ünitelerinin 1,5kw, 2kw veya 6 kW'lık oluşu hava sıcaklığına ve ısıtılacak imalata göre değişkenlik gösterir. Hava sıcaklığı azaldıkça kullanılacak ısıma ünitelerinin gücünün artırılması daha iyi sıcaklık değerlerine ulaşabilmesini sağlar. Fizik kanunlarına göre 1,5 kw'lık kızıl ötesi ısıtıcı, 6kw'lık olana göre daha az ısı vermektedir. Tezin ana konusu sadece beton ısıtma olarak belirlendiğinden deneyler betonarme imalatlarda yoğunlaştırılmış ve 2kw'lık ısıma ünitelerinin betonarme imalatların kalitesi açısından uygun dayanımı sağlamada büyük oranda yeterli ve verimlilik açısından uygun olduğu görülmüştür. Literatür taramasında ısıma

(infrared) yoluyla ısıtmanın kullanıldığı diğer imalatlarda daha farklı boyutlarda ünitelerin kullanıldığı bölüm 4.4.6’da anlatılmıştır.

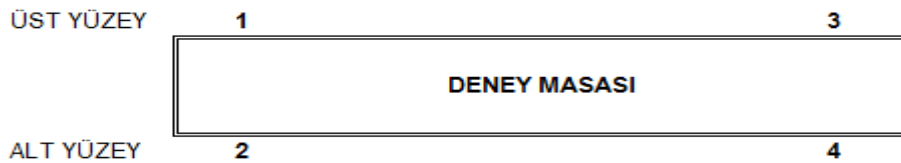
Isıtıcı Ekipmanın Temizliği:

Işıma ünitesi beton dökümü öncesi kalıpta, ve sonrasında betonarme imalatın priziamacıyla kullanıldığından tüm imalat boyunca uzun süre imalat alanında bulunması gerekmektedir. Dolayısıyla çok çabuk kirlenmektedir. Bu kirliliğin ısı değerleri üzerindeki etkisi test edilmiştir.

Testin gerçekleştirildiği masa üzerinde dört farklı nokta belirlenerek deney masası altında döşeme kalıp altına koyar gibi iki adet ısıma ünitesi yerleştirilmiştir. Işıma ünitelerinin biri temiz ve bakımlı, diğerinin ise beton ve toz bulaşmış bakımsız haldeki aynası kirli olarak konumlandırılmıştır. Işıma üniteleri çalıştırılmış ve deney masasının alt ve üst yüzeyinden işaretlenen noktalarının lazerli ölçüm aracıyla sıcaklıkları ölçülmüştür. Farklı sürelerdeki sıcaklık değerleri Çizelge 5.6’da görüldüğü gibi ölçümlenmiştir.

Çizelge 5.6: Kızılötesi ısıtıcı yüzey temizlik-ısı test sonuçları.

	BAKIMSIZ İNFRARED		BAKIMLI İNFRARED	
SAAT/Nokta - °C	1	2	3	4
15:30	24,2	30,1	24,1	34
16:30	31	43	33	55
17:30	39	47,8	39	59,3
18:30	35	52,1	38,9	66,4
4 saatlik artış °C	10,80	22,00	14,80	32,40



Üst yüzeyde kısa süreli uygulamada ısılarda ciddi farklar oluşmazken, özellikle iki saatlik uygulamalarda ve özellikle üst yüzeyde ciddi ısı farkları olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; temiz ve kirli yüzeyli ünitelerde alt yüzeyde istenen sıcaklıklara bir saat farkla ulaşılabildiği görülmüştür. İkinci saatte ulaşılan ısı değerleri arasındaki fark 12°C’yi bulmaktadır. Dört saatteki artışlar Çizelge 5.6 görüldüğü gibidir.

6. BETON ISITMA SİSTEM SEÇİMİ KARŞILAŞTIRMALARI

Önceki bölümde de vurgulandığı gibi soğuk hava koşullarında beton ısıtmada, Malzeme yüzeyini ısıtma, Çalışılan ortamı ısıtma, Malzemeyi içeriden ısıtma olmak üzere, üç tip ısıtma yapılır.

Tez çalışması başında sistem performansını karşılaştırmada kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Söz konusu kriterler: İş güvenliği ve işçi sağlığı, beton kalitesi, kalıp söküm süresinin kısaltma, maliyet, proje süresinin kısaltılması, karlılığın artırılmasıdır. Deneyler bu kriterler göz önünde tutularak yapılmıştır.

Mevcut eski beton ısıtma sistemiyle kıyaslanacak yeni bir yöntem olarak kızılötesi ışımayla ısıtma yöntemi seçilerek, nasıl verimli bir şekilde kullanılacağı araştırılmıştır. Teknik olarak kullanılacak ısıtma aracı sayısı ve mesafeler denemeler sonucu ısı-mukavement ilişkisine göre belirlenmiş, sonrasında geçmiş yıllara dair verileri ile yeni sistemin uygulanmasıyla toplanan veriler, Bölüm 2.5’de değinilen balık kılçığı diyagramında gösterilen kriterler (Şekil5.2) üzerinden karşılaştırılmıştır.

Rusya da inşaatla yapılan her adım Akt (Tutanak) mühendislerince teslim alınır. Akt mühendisi; işveren ile müteahhit arasında sürekli olarak yapılan işleri iş kalemlerine göre teslim alıp, karşılıklı olarak anlaşmaya bağladıktan sonra, bu dökümanların raporlamasını ve veri depolmasını yapan bu konuyla yetkili kişidir. Devlet denetlemeleri esnasında bu akt mühendisleri sorumludur. Örnek projede yeni teknik ve teknolojiler Rus danışman firma ile birlikte işverene kabul ettirilmiş, Gostlara aykırı bir durum olmadığı gösterilmiş ve onaylı olarak kullanılmıştır. Buna göre sağladığı faydalar aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

6.1 İşçi Sağlığı Ve İş Güvenliği Açısından Sistemlerin Karşılaştırılması

Eski ısıtma sisteminde mazotla çalışan ısıtma cihazları kullanılmaktadır. Mazotlu ısıtma cihazları, çalıştığında ortama yaydığı duman nedeniyle çalışan sağlığına zarar veren ısıtma araçları olarak Bölüm 5.3.2 yaşanan sorunlarda verilerle açıklanmıştır.

Dolayısıyla kirli havada çalışılması işçi sağlığını etkilediği gibi performansıda etkileyen bir unsurdur.

Kızılötesi ısıma ile ısıtma sağlayan ekipmanlar ile hava kirliliğine yol açmadan yüzey ısıtmasının yapılması yanında, ısıtmanın dengeli ve homojen olması sağlanabilmektedir. Dolayısıyla ısımak aracı ile karşılaştırıldığında hem işçi solunum şikâyeti ve zehirlenme vakalarının önüne geçilmiş, hem de iş kalitesi artmıştır.

Isımak cihazları ile ısıtma yapılırken, mazotun yanması sonucunda ekipman ateş püskürtmektedir. Eski sistemde, bunun önüne geçilmesi için çeşitli önlemler alınmıştır. Cihaz önündeki yanıcı malzemelerin uzaklaştırılması, önüne ve altına demir levhalar konulması, yangına dayanıklı branda kullanılması gibi çözümler üretilmiştir.

Lakin sürekli imalat yapılan, ahşap, plastik gibi yanıcı malzemelerin bulunduğu bir şantiyede, yapım aşamasında bir yandan da ısımak cihazlarını kullanırken, yangınları önlemek zor olmaktadır. Çıkan yangınların bedeli de oldukça ağır olmaktadır. Can kaybının önüne geçilse de, mal kaybının yaşandığı ısımak cihazları nedeni 3 Nisan 2012 de meydana gelen bir yangının resmini Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Beton ısıtılırken meydana gelen bir yangın görüntüsü-1, Moskova (2012).

Ayrıca başka bir yangın vakası da ısımakların mazotlarını kontrol etmekle sorumlu işçilerin ekipman önünde yorgunluk ve sıcak hava etkisiyle sorumsuzca davranarak uyumasından kaynaklanmıştır. Cihazın püskürttüğü ateş işçi üzerine geldiğinde kıyafetin tutuşmasıyla işçi yanabilmektedir. Bu durumunun önüne geçebilmek için işçilere eğitim verilmekte, ayrıca sürekli cihazla çalışan işçiler kontrol edilerek,

önlemlere uymaları sağlanmaya çalışılmaktadır. Lakin ölümcül şekilde yanma vakaları görüldüğü gibi, ciddi seviyede yanıkların olduğu ölümcül olmayan yangın bağlı kazalar da geçmişte yaşanmıştır.



Şekil 6.2: Beton ısıtılırken meydana gelen bir yangın görüntüsü-2, Moskova (2012).

Solunum yoluyla gerçekleşen zehirlenme durumunda hasta hemen açık havaya çıkarılmalı, soğuktan korunmalı ve hareket edip yorulması önlenmelidir. Zehirlenmeyi ağırlaştıracak bir akciğer hasarına yol açmamak için hastanın yürütülmemesi gerekir. Solunum ileri derece güçleşmişse, hemen yapay solunum uygulanmalıdır. Ayrıca zehirlenme olmasa da günlük olarak yoğurt tüketilmesi zarar görme oranını azaltmaktadır.

Yeni sistemde yüzey ısıtması için kullanılan kızılötesi ısıtıcılardaki en büyük risk, elektrik kaçağından kaynaklı elektrik çarpması olarak görülmektedir. Bunu önlemek için kızılötesi ısıtma cihazı aşağıda görüldüğü gibi yangına karşı dayanıklı boya ile boyanmış ahşap kılıf içerisine alınmıştır. (Şekil 6.3) Bağlantı sonrası mutlaka elektrik kaçağı olup olmadığı elektrik personeli tarafından iş eldivenleri giyilerek, uygun özellikteki kontrol kalemiyle kontrol edilmelidir.

Elektrik çarpması yaşandığında; işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından alınacak önlemler şu şekilde sıralanabilir;

- Elektriği kesmek için sigortaları kullanın,
- Kuru tahta, sopa, ip, deri kemer ya da kuru gazete tomarı ile yaralının elektrik teli ile olan ilişkisini kesiniz,



Şekil 6.3: Ahşap kılıf içerisinde kızıl ötesi ısıma cihazları (infraredler).

- Hastayı giysilerinden çekerek bölgeden uzaklaştırın,
- Şuursuz ve soluk almıyorsa, ağızdan ağıza yapay solunum yapınız,
- Şuursuz fakat soluk alıyorsa, şok durumunu önleyin, ayaklarını yukarı kaldırın, gerekiyorsa kapalı kalp kompresyonu yapın,
- Şuurlu ve soluk alıyorsa, sakin olarak dinlendiriniz ve bir çay kaşığı yemek sodası ve bir çay kaşığı tuzu 1/3 Litre suda eritip, ilk yarım saat içerisinde içiriniz ve kendisine gelince ambulansla hastaneye gönderiniz,
- Varsa yanık tedavisi uygulayınız.[91].

Kızılötesi ısıma ile ısıtma cihazlarında, elektrik çarpması dışında ciddi bir tehlike ile karşılaşılmamıştır. Küçük çaplı çarpmalar sistem deneyleri sırasında yaşanmıştır. Elektrik çarpmaları ciddi boyutta olmaması için gerekli önlemler mutlaka alınmalıdır. Koruyucu kılıf ve kalifiye eleman kullanımı sonrası bu sorun çözülmüştür.

6.2 Beton Kalitesi Açısından Sistemlerin Karşılaştırılması

Isımak cihazları ile ısıtma yapılırken, kolonlarda cihazın doğrudan etkilediği yüzey sıcaklığı 60°C-70°C'lere çıktığında, beton iç sıcaklığı da kablolu termopar ile ölçüldüğünde, 50°C'lere ulaştığı görülmüştür. Lakin kare ve dikdörtgen kolonlarda ısımak cihazların doğrudan etki etmediği diğer üç yüzeyinde mukavemet değerleri çok daha düşük kaldığı tespit edilmiştir. Soğuk hava nedeniyle priz alma süresindeki gecikmenin tam olarak önüne geçilememektedir. Kalıp açılması için beton sıcaklık – mukavemet ilişkisini yakalamış, ısımak ekipmanla ısıtılmış bir kolonun kalıbı açıldığında Şekil 6.4 görülen deformasyonlar ile karşılabilmektedir.



Şekil 6.4: Beton kalite problemi örneği.

Yeterli ısı sağlanmış, ısı -mukavemet ilişkisine göre yeterli dayanımı aldığı görülen, demir ile yüzeyine vurulduğunda sertleşmenin gerçekleştiğini görülmesine rağmen, ısıtmanın her yüzeye homojen bir şekilde etki etmemesinden kaynaklanan prizi almamış kısımlar kalmaktadır. Bu da kalıp açıldıktan sonra taze betonun dökülmesine neden olmaktadır. (Şekil6.4) Bu hataların tamirata yada daha ciddi deformasyonlarda kırılıp tekrar inşa edilmesi hem iş süresini geciktirmekte hem de maliyeti artırmaktadır.

Yüzey schmidt testi yapıldığında da (B90 ve üzeri beton sınıfında N tipi, B90 altı beton sınıfında L tipi alet kullanılarak), ısımağın direkt temas ettiği yüzey ile ortamın sıcaklığı sayesinde ısınan diğer yüzeyler arasında da fark olduğu test edilerek görülmüştür. Direkt sıcak havanın üflendiği yüzeyde, kalıp açıldıktan sonra yapılan testte, L tipi schmidt 10 kere basılmış ve ortalaması 63.2 çıkmıştır. Diğer yüzeylerde ise 10 vuruş ortalaması sırasıyla; 55.6, 58.4, 56.9 değerleri elde edilmiştir.

Kızılötesi ısıma cihazları ile ısıtma yapılırken cihazların yerleşim şekli ve sayısı sıcaklık ve yapı elemanına göre değiştiği Bölüm 5.6 'da detaylı olarak anlatılmıştır. Kolonlarda her yüzeye eşit ısı yayacak şekilde yerleştirildiğinden ısımak cihazlardaki heterojen beton ısıtma sorunu kızılötesi cihazlarda yaşanmamıştır. Her yüzeye aynı büyüklükte kızılötesi cihazlar konulduğundan, içeriden kablolu ısıtma, dışarıdan direkt yüzey ısıtma yapıldığı için, tüm yüzeylerde dayanımın, dengeli ve benzer özellikte olduğu tespit edilmiştir. Isı-mukavemet ilişkisi yakalanarak kalıp açıldığında Şekil 6.4 'de gösterilen sonuçlar yaşanmamıştır. Bu da imalatın yenilenmesi veya onarılması gibi ek maliyete neden olacak çözümlere gerek duyulmadan yapım sürecinin planlandığı gibi ilerlemesini sağlamıştır.

İki ısıtma sistemi bu anlamda karşılaştırıldığında ısımak cihazın önce ortamı ısıttığı, ısınan sıcak hava sayesinde kolon, döşeme vb. ısıtılmak istenen elemanın ısındığı anlaşılmaktadır. Oysa kızılötesi cihaz doğrudan ısınmasını istenen elemana çevrilerek ısıtma yapıldığından daha hızlı ısınma sağlanmaktadır.

Isımak cihazla ortam ısıtma yapıldığından, branda vb. ile kapatılan alanda az da olsa bir açıklık olması halinde, ısınarak yükselen hava o açıklıktan çıkmakta ve ısıtma daha maliyetli hale gelmektedir. Kızılötesi ısımayla ısıtma sistemi yüzey ısıtıldığından bu tarz açıklıklardan daha az etkilenir.

6.3 İmalat Hızını Artırması Bakımından Sistemlerin Karşılaştırılması

İmalat hızını artırma özelliği hava sıcaklığının 0°C'nin altına düştüğü, kar ve buz etkisi olduğu durumlarda test edilebilir bir kriter olmuştur.

Döküm öncesi GOST'a göre kalıp ve donatı sıcaklık şartının sağlanması işlemi sırasında ısımak cihazlar kullanıldığında döşeme kalıp içinde, perde ve kolon donatılarındaki kar ve buz eritmek çok zordur. Döşeme kalıbında donatı montajı, elektrik kablo montajı bittikten sonra ısımak cihazı yerleştirilir, üzerine serilen

branda ile hava teması kesilir, donatı ve kalıp sıcaklığının +2°C üzerine çıkarılmaya çalışılır. Yeterli sıcaklık sağlanana kadar ısıtmaya devam edilir. Döküm şartını sağlamak için yapılan bu ön ısıtma süresi; kar ve buz oranına ve hava sıcaklığına bağlı olarak 4-12 saat arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Kızılötesi cihazlarla ısıtma yapıldığında ise cihaz boyutlarının uygun olmasından yararlanılarak; henüz kolon ve perde içinde donatı ve kablo imalatı devam ederken cihazlar kalıp içine yerleştirilebilmektedir. Döşeme üzerine ise yüzü kalıba bakacak şekilde donatının üzerine yerleştirilebilir. Ekipman, yüzey ısıtması yaptığı için branda ile kapalı olmasa da donatı ve kalıpdaki karı ve buzu eritebilmektedir. Donatı ve ısıtma teli montajı tamamlandığında, üzeri branda ile kapatılarak ısıtmaya devam edilir. Kızılötesi cihazlarla ısıtmada, kar ve buz oranına ve hava sıcaklığına göre değişkenlik göstermekle birlikte, 2 ila 4 saat içinde döküm için gerekli ön koşulun sağlandığı görülmüştür.

Perdelerde Bölüm 5.6'da da bahsedildiği gibi perde geometrisine bağlı olarak ısıtma süreleri değişebilmektedir. Düzgün geometrili olmayan ve bu proje olduğu gibi hidrolik kalıp kullanımından, tam anlamıyla kapatma yapılamayan bir perde sisteminde kabloya ek olarak sadece kızılötesi cihazlar kullanımının imalat hızını artırması açısından, yeterli olmadığı ısı ölçüm sonuçlarına göre görülmüştür. Bu tarz düzgün geometriye sahip olmayan perdelerde mukavemet değeri için infrared (kızıl ötesi ısıtma) yeterlidir, lakin döküm öncesi ısı şartını daha çok çabuk sağlamak ve döküm sonrası kalıp alımı için gereken mukavemet değerine daha kısa sürede ulaşmak için hem ısıtmak hem kızılötesi cihazlar kombine edilerek kullanıldığında sürelerin kısaldığı görülmüştür.

6.4 Kullanım Kolaylığı Bakımından Sistemlerin Karşılaştırılması

Şantiyede betonarme imalatları ısıtmak amacıyla kullanılan mevcut ısıtmak cihazları yaklaşık 40 lt mazot alan metal aksamı 40 kg ağırlığında ekipmanlardır. Enerji kaynağı olarak ayrıca elektrik kullanmaları gerekir. Ağır ekipmanın taşınma gücü nedeniyle, yer değiştirme işlemleri en az iki kişi tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Bunun yanında aşırı soğukta yakıt donmasına bağlı sorunlar yaşanabilmekte, çalışmanın durabileceği bu durum fark edilmediği takdirde beton da donabilir. Bu olumsuzluğu önlemek amacıyla ekipmanın sürekli kontrolü gerekmektedir ve ya mazot yerine daha pahalı olan kerosin kullanımı da düşünülebilmektedir.

Kızılötesi ısıtma cihazı ise hafif ve taşınması kolay bir ekipmandır. Kabloları hazırlanıp, prize taktığınızda sadece elektrik ile çalışabilmektedir. Isımak cihazlarıyla karşılaştırıldığında hem taşınması, hem kullanımı kolaydır. Elektrik kesintisi yaşanmadığı sürece kesintisiz kullanılabilir. Belirli aralıklarla (kalite kontrol ısı ölçüm zamanlarında) kontrol edilmesi yeterlidir. Başında sürekli personel bekletilmesine gerek yoktur.

Isımak cihaza dayalı ısıtma ortam ısıtmalı bir sistemken, kızılötesi (infrared) cihazlarla ısıtma doğrudan yüzey ısıtmalı bir sistemidir. Isımak cihazları ortamı ısıttığından ısı gereken bölgeye getirilip çalıştırılmış olması gerekir. Oysa kızılötesi cihazların lamba etki mesafesi önemli olduğundan, Bölüm 5.6'da belirtilen uygun mesafeye göre montaj yapılması gerekir. Düşey yada yatay olarak belli noktalarda montaj gerektirdiği için ısımak cihazlara göre yerleştirme işçiliği anlamında daha zahmetlidir.

Isımak cihazları, branda gibi hava sirkülasyonu önleyici bir malzeme ile kapatıldığı takdirde etki gösterebilir, kızıl ötesi ısıtıcılar ise kapalı ortamda etkisini artırır. Kızıl ötesi lambalar, açık yüzeyde de yakın mesadefen ısıtma yapabilir, ancak etki süresi artıp, ısıttığı yüzey sıcaklığı düşeceğinden ekonomik olmayacaktır.

6.5 Maliyet Açısından Sistemlerin Karşılaştırılması

Maliyetleri kıyaslamak açısından ısıtma sistemlerinin dönemsel maliyetleri hesaplanmıştır. Yeni sistemi pilot şantiyede kullanmak üzere başta öngörülerde bulunulmuş ve elektrik grubu ve Rus mevzuatına son derece hakim Rus akademisyen danışman eşliğinde kabuller yapılmıştır. Bu amaçla öncelikli olarak aynı şantiyenin 2012-2013 muhasebe ve ambar kayıtları alınmış, ardından yeni sistem kabulleri doğrultusunda yürütülen test sürecindeki yeni sistem maliyetleri de hesaplanmıştır. İki sistem maliyeti dökülen beton miktarına oran olarak 1 m³ beton için ısıtma maliyeti belirlenmiş ve bu birim maliyet karşılaştırması sonucu kızılötesi ısıtma ağırlıklı olmak üzere bir yatırım tercihi yapılmıştır.

Daha sonra 2013-2014 Eylül –Nisan ayları arasındaki ısıtma maliyet kalemleri alınarak gerçek veriler üzerinden maliyet analizi yenilenmiştir. İlgili ısıtmanın kaç m³ beton için yapıldığına bakılarak, 1 m³ beton için kızıl ötesi ısıtıcılar ile ısımak

cihazlara dayalı eski sistem birim maliyeti belirlenmiştir. Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de fizibilite sonucuna göre m³ maliyet değerleri görülmektedir.

Isımak cihazları için mazot maliyeti depo kayıtlarından alınmış, elektrik maliyeti önce şantiyenin kullandığı makinelerin kw hesabı yapılarak, ardından ödenen fatura bedellerinde kullanılan kw değeri üzerinden elektrik grup şefi tarafından hesaplanmıştır. Isımak ekipmanı maliyeti ısıtma sürecinde satın alınan ve aktif kullanılan sayılar üzerinden satın alma ve depo kayıtlarından alınmıştır.

Isımak cihazlar ile ısıtma işlemini gerçekleştirmek ve kontrol etmek için gerekli personelin toplam gideri (maaş, yemek, kamp, vize, SGK, ulaşım vb.) firmanın güncel personel ve muhasebe verilerinden alınmıştır. Dökülen beton hem planlama departmanından, hemde ambar beton giriş kayıtlarından çekilerek karşılıklı kontrol edilerek alınmıştır.

Kızılötesi ısıtıcılar için, elektrik maliyeti kullanılacak cihazın harcayacağı kw hesabı yapılarak, elektrik birim maliyeti ile hesaplanmıştır. Maliyet hesabındaki kızılötesi ısıtıcıların sayısı, bu cihaz için yapılan deneyler sonucu elde edilen kullanım mesafesi-sayısı-süresi bilgilerine dayanarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada uygulama yapılan projenin iş programına paralel olarak, ısıtma programı (cihazların yeri-sayısı) yapılmış ve kümülatif sayı ısıtma programında ısıtma işlemi biten yapı elemanından cihazın alınarak, başka bir yapı elemanında kullanıldığı değerlendirilmiştir. Ek 8-9’da ısıtıcı yerleştirme ve iş programına paralel ısıtma planını gösterilmiştir.

Kızıl ötesi ısıtma yöntemi ile ısıtma işlemini gerçekleştirme ve kontrol için gerekli personelin toplam gideri (maaş, yemek, kamp, vize, SGK, ulaşım vb.) firmanın güncel personel ve muhasebe verilerinden yola çıkarak hesaplanmıştır. Dökülen beton, hem planlama departmanından, hemde ambar beton giriş kayıtlarından çekilerek karşılıklı kontrol edilerek alınmıştır.

Isımak cihazının bir kış dönemi sonucunda yıpranma nedeniyle bir daha kullanılmayacak durumda olacağı kabul edilerek, ısıtıcı maliyeti alınarak, amortisman hesapları bu şekilde yapılmıştır. Makine maliyeti açısından; Çizelge 6.2’de, ekipmanların yedi ayda hurda olmayacağı değerlendirilerek yedi aylık amortisman hesaplanmıştır. Kış dönemi sonunda hurda olacağı varsayılan kızıl ötesi ısıtma cihazının ömrü (kış dönemi ısıtma süreci) 12 ay olarak düşünülmüştür.

Maliyet hesapları bir ay üzerinden yapıldığından cihazın;

Aylık amortisman tutarı = Cihazın Fiyatı / Toplam Kullanım Ömrü(ay)

$$= 2200/12$$

$$= 183,33 \text{ rub/ ay}$$

Çizelge 6.1 Mazotlu (Isımak) Isıtıcı Dönemlik Maliyet Analizi Tablosu.

Dönem	Mazotlu Isıtıcı Çalışan Ekip Personel Maliyeti (ruble)	Mazotlu Isıtıcı Alet Maliyeti (ruble)	Elektrik Maliyeti (Ruble)	Mazot Maliyeti (Ruble)	Toplam Maliyet (ruble)	Dökülen Beton (m3)	Birim Maliyet (ruble/m3)
02.10.2012- 31.05.2013 Arası	12.492.800,00	3.430.055,22	815.616,00	13.142.614,63	29.881.085,85	42.305,00	706,33

Çizelge 6.2: Kızılötesi (Işıma) Isıtıcı Dönemsel Maliyet Analizi Tablosu.

Dönem	İnfrared Elektrikli Isıtıcı Ekip Personel Maliyeti	İnfrared Elektrikli Isıtıcı Alet Maliyeti Saylık (ruble)	1 aylık İnfrared Amortismanı	Elektrik Maliyeti (Ruble)	Toplam Maliyet (ruble)	Dökülen Beton (m3)	Birim Maliyet (ruble/m3)	Aradaki maliyet farkı
01.09.2013- 30.09.2013	1.248.000,00	1.138.940,00	142.367,50	2.117.815,85	3.508.183,35	6.493,50	540,26	24,71%

6.6 Yeni Isıtma Sistemi ile Yapım Yönetimi Sürecine Yapılan Temel Katkılar

1- Bölüm 5.4.3’de beton karışımının sahaya alınması ve miksere yönlendirmesi işlemleri kontrol formları ve fişleri oluşturularak takip edilmiştir . Bu kalite kontrol form denetim sistemi kurulmadan önce yanlış beton dökümü yapılmıştır. Örneğin; kolon ya da perdeye B70 sınıfı beton dökülmesi gerekirken, aynı anda dökümü gerçekleştirilen döşeme için gelmiş olan B40 betonu döküldüğü için maliyeti, zaman ve şirket prestiji açısından sıkıntılı bir süreç yaşanmıştır.

2- Sahadan gelen beton sipariş istek formuna işlenip, daha sonra kalite kontrol ekibince kontrol ve onaydan (Ek.1 Checklist) sonra ise beton dökümüne izin verildiği için, döküm öncesi kalite sorunu yaşatacak paspayı eksikliği, kalıp ve donatı sıcaklığının normlara uymaması, beton dökümü için formda görülen diğer hususların göz ardı edilmesinin önüne geçilmiştir ve Ek1’de görülen kalite kontrol formunun maddeleri tamamlanmış olarak döküm başlatılmaktadır.

3-Kalıp söküm onayının, ölçülen saatlik ısı değerleri üzerinden hesaplanan yaklaşık mukavemet değerleri hesaplanması ve yerinde kontrolün yapılması ardından verilmesi sağlanmıştır. Böylelikle priz almamış betondan erken kalıp alınması önlenmiş, yetersiz mukavemetteki elemanlar üzerinde imalata devam edilmesinin önüne geçilmiştir.

4-Bölüm 4.6’da belirtildiği gibi, pilot çalışma öncesindeki eski üretim sisteminde kızılötesi araçlar dışındaki ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Eski sistemde ana ısıtma olarak kablolu ısıtma beraberinde ısımak araçlarının kullanımı sözkonusudur. Isımak ekipmanının kullanıldığı dönemde, aynı yapı elemanın (özellikle kolon ve perdelerin) farklı yüzeylerinden alınan karot sonuçları birbirinden çok farklı çıkmakta olduğu görülmüştür. Kızılötesi ısıtma araçlarıyla homojen bir ısıtma sağlanabilmesi ile birlikte kolon ve perdelerde aynı elemana ait farklı yüzeylerde birbirine çok yakın mukavemet sonuçları elde edilebilmiştir.

5- Kızılötesi ısımadan yararlanılarak, kolon ve perdelerde kalıpta, donatıda oluşan buzu eritmek amacıyla yapı elemanlarının içine bu ısıtıcılar yerleştirilebilmiştir. Döküm öncesi ısı şartlarına ulaşmaya çalışırken, bir yandan imalata devam edilebilmiş, bir yandan da buzlar eritilerek, 3-4 saat gibi kısa bir sürede +2⁰C’lik sıcaklıklara ulaşılabilmiştir. Eski sistemde ısımak araçları kullanırken, imalat

tamamlanıp branda ile kaplama yapılmasının beklenmesi gerektiğinden, aynı ısı şartlarına ulaşmak için 10-15 saat beklenilmesi gerekmektedir. Yüzey ısıtması amacıyla kızılötesi araçların kullanımıyla, 2014 Ocak ayında 8.005 m³'lük beton dökümü sağlanmış ve firmanın Moskova'daki aktif şantiyeleri arasında en hızlı imalat seviyesine ulaşılabilmiştir. Şekil 6.5'de imalat yapılan farklı şantiyelerin üretim değerleri görülmektedir.

Projeler	Projeye Göre Toplam Beton Hacmi(m ³)	Ocak 2014 Ayı Dökülen Toplam Beton Hacmi(m ³)
A Projesi	175.000,00	3.750,00
B Projesi	70.000,00	2.150,00
C Projesi	11.500,00	300,00
D Projesi	40.000,00	1.130,00
Test Projesi	155.000,00	8.005,00

Şekil 6.5: Firmanın farklı şantiyelerinde 2014 Ocak ayı dökülen beton hacimleri.

6- Pilot çalışmayla gerçekleştirilen yeni sistemde, ısıtma değerleri sık aralıklarla ölçülüp, sürekli kontrol altında tutulduğu için gereksiz ısıtmalardan kaçınılmıştır ve böylece enerji tasarrufu da sağlanabilmiştir. Ayrıca kalıp sökümüne hazır seviyeye gelen betonarme elemanlar en kısa sürede tespit edilerek, söküm onayı verilebilmiş ve imalat sürecinin hızlanması sağlanabilmiştir.

7- Eski sistemde ısıtmak ile ortam ısıtması yapıldığı için ortam sıcaklığı daha çok önem arz ediyordu. Beton dökümün gerçekleştirileceği kat ve 4 kat altı branda vb. gibi izolasyonlu bir malzeme ile kapatılması gerekmekteydi. Ayrıca Bu 4 katta ortam sıcaklığı +5⁰C olmalıydı. İnfraredli sistem ile yüzey ısıtması yapıldığı için şekil5.20'de görüldüğü 2 kat kapatma yeterli olup sadece iki katta +5⁰C şartı sağlanması yeterli olmuştur.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yürütülen tez çalışmasının ana amacı, Rusya Federasyonu'nda inşaat yapan bir yüklenici firmanın yetersizlikleri görülen mevcut beton ısıtma sisteminin geliştirilmesi isteğidir. Soğuk hava koşullarında betonarme imalatlarda özellikle kalite, zaman yönetimi ve İSG uygulamaları konularında sıkıntılar yaratan ısıtma prosedürü ve ünitelerinin geliştirilmesi veya değiştirilmesi ile daha güvenli ve kaliteli bir imalat sürecine geçilmeye çalışılırken, gerek maliyet gerekse süre yönetiminde pilot proje üzerinden seçilecek yeni sistemin etkileri değerlendirilerek, yeni sistemin uygunluğu araştırılmış, yeni ısıtma sisteminin kullanımına karar verildikten sonra da sistemin kalite prosedürleri oluşturulmuştur.

Araştırma ve deneme çalışmaları ile ısıtmada kızıl ötesi ısıtma (infrared) kullanılarak deneyler yapılmıştır. Soğuk hava koşullarında betonarme imalatlarda ısıtmak cihazlarıyla ısıtmaya göre daha güvenli, ekonomik, kullanımı kolay bir sistem olan kızılötesi ekipmanla yüzeysel ısıtmanın, beton ısıtmada kablolu ısıtmayla birlikte başarılı ile uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. Elde edilen bulgular ve avantajlı kullanım özellikleri sayesinde başka şantiyelerde ve firmalarda betonarme yapı projelerinde kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir.

Türkiyede, soğuk hava şartlarında mukavemet kazanma hızını artırmak amacıyla beton ısıtması yapılmakta olduğu literatür taramasının sonucunda görülmüştür. [19] Lakin kablolu ısıtma Türk Standartları'nda yer almamaktadır. Türkiye'de ısıtmanın nasıl yapılacağına dair bir başkaca bir düzenleme de bulunmamaktadır. Bu tez çalışmasında irdelenen yüzeysel ısıtma ekipmanları özelliklerine ve deneysel araştırmalara da rastlanmamıştır

Rusya Federasyonu'nda soğuk hava şartları nedeniyle ısıtmasız betonarme imalat gerçekleştirilmesi düşünülemez. Tez çalışması sürecinde kullanılan betonarme imatlara yönelik ısıtma sistemleri uygulaması ve ortaya çıkan beton kalitesi değerlendirildiğinde; uygun ısıtma yatırımı yapıldığı takdirde hava şartlarının beton üretim sürecini etkilememesinin sağlanabileceği görülmüştür. Bu çalışma

çerçevesinde pilot uygulamaları gerçekleştirilen ısıtma sistemlerinin etkili bir şekilde kullanılmasını ve denetlenmesini sağlayacak bütçe ayrıldığında, kablolu ısıtma beraberinde kızıl ötesi yüzeysel ısıtma ile beton ısıtmasının yapılabileceği ispatlanmıştır. Herhangi bir coğrafyada soğuk hava koşulları, yapım yönetimi sürecini aksattığında veya durdurduğunda, ısıtma maliyeti ile işin gecikmesi, maliyetin artması, kalitenin düşmesi, iş kazalarının artması durumları ile ilgili proje yönetimi analiz teknikleri ve denemeler yapılarak çıkan sonuçlara göre yapım sürecinde etkin çözümler üretilebilir.

Tez çalışmasında baz alınan soğuk havada ısıtma ile beton imalat kalitesi yükseltmeye yönelik bir sistemi kullanabilmek için aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır.

- Proje yöneticilerinin değişime ve gelişime açık olmalıdır.
- Proje çalışanları değişime uyum sağlayabilmelidir.
- Elektrik grubu yeterli bir kadroya sahip olmalıdır.
- Kullanılacak kızılötesi ısıtma ekipmanı sayısına göre yeterli enerjiyi (kw) sağlayacak bir şantiye elektrik planlamasına dikkat edilmelidir.
- Isıtma sistemini denetleyecek bir kalite kontrol grubu olmalıdır.

Bu çalışmadaki parametreler inşaat süresince tasarım konseptine göre imalat sürecinde önem arz eden hususlara göre belirlenmiştir. Isıtma sistemi kurulacak proje özelliklerine göre parameteler revize edilebilir ya da yeni parametreler eklenebilir.

Bu çalışmada odaklanılan kızıl ötesi ısıtma (infrared) ile ısıtma sistemi, enerji kaynağı olarak sadece elektrik kullanıldığından, İSG açısından daha az risk taşımaktadır. Yeni sistemde Kullanılan yüzeysel ısıtma cihazları (infrared), geçmişte kullanılan cihazlara göre (ısıtmak) çok daha hafif olduğundan kullanımı daha kolaydır. En önemlisi beton yüzeyinde homojen ve yüksek değerlerde bir ısıtma yapılmasını sağladığından, kalıp söküm süresinin kısaltılması ve imalat hızını artırması amaçlanmıştır. Bu avantajların dışında karşılaştırmalı maliyet hesaplamaları da yapılarak, daha ekonomik bir çözüm sunduğu da ortaya konmuştur.

Kalite yönetimi alanında yapılan bu çalışmada yeni bir ısıtma sistemini test etmek üzere deneyler yapılarak kullanım yöntemleri belirlenmiş ve iki bileşenli bir ısıtma sistemi oluşturulmuştur. Çalışmayla elde edilen deneyimlerle sonucunda eski ve yeni yüzeysel ısıtma sistemleri arasındaki farklılık şu şekilde özetlenebilir:

7.1 Isıtma Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Isımak Isıtıcı Cihaz Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Isımak cihazı ortam ısını artırmayı açısından hızlı ve etkilidir. Mazot kullanıldığı için ortaya çıkan hava sağlıklı ve zararlıdır. Çalışma esnasında ortaya ateş çıkarabildiği için yangın riski yüksektir, çalıştığı süre boyunca cihazın anılan risklerini kontrol edecek bir kişi mutlaka bulundurulmalıdır.

Kızılötesi (İnfrared) Isıtıcı Cihaz Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

Çevre dostudur, hava kirliliği yaratmaz. Önüne yanıcı maddeler konulmadığı ve temas etmediği sürece yangın riski yoktur. Isıtma kablolarına yakın konulup, kar ve buz eritebilir, kabloları ise eritmediği deneylerle test edilmiştir. Ortam ısı değerini çok değiştirmeyip, yüzey sıcaklığını artırdığı için ortam ısı gerektiren durumlarda, belli bir ısıya ulaşmak için kullanılacak ısıtıcı sayısının artırılması gerekir ki bu m² başına ısıtma maliyetini artırır. Beton ısıtmak için düşüldüğünde 10-15°C'nin altında tek başına yeterli olmamaktadır. Ve birleştirilmiş kombinasyon olarak bu çalışmada anlatılmış olan ısımak cihazları ile kızıl ötesi ısımanın birlikte kullanılması daha etkin ve ekonomik bir yöntem olacaktır.

Birleştirilmiş Kombinasyon

Yapılan çalışmalarda elde edilen deneyimlerle hem ısımak, hem de kızılötesi (infrared) ısıtma cihazlarının kullanımı ile hem betonda hem ince işlerde ısı değerini artırmada daha etkin sonuçlar verdiği görülmüştür. Isımak cihazlar ortam ısını artırarak ısıtma yaparken, kızılötesi ısıtma cihazları ise beton yüzey sıcaklığını artırarak, ortamdaki kar ve buz eritebilmekte ve ortamı imalat için uygun sıcaklığa daha hızlı bir sürede getirebilmektedir. Bu da imalat sürecini hızlandırdığı için iş programı ilerlemesinin kış şartlarından fazla etkilenmeden gerçekleştirilebilmesini sağlamaktadır.

Isımak Cihaz Kullanımında Beton Kalitesi Problemleri

Isımak kullanırken betonda yaşanan kalite problemi, özellikle düşey yapı elemanlarında (kolon, perde, pilon) görülmüştür. -30°C hava sıcaklığına kadar kolon için bir adet ısımak cihazı, kolon iç sıcaklığını 80°C kadar çıkarabildiği için yeterlidir. Kontrollü ısı ölçüm değerlerine göre ısımak cihazları kapatılarak bu sıcaklıklara zaten izin verilmemektedir. Ancak ısımak cihazının konulduğu kolon

kenarında priz süresi hızlı gerçekleşmekte ve uygun sıcaklık değerine ulaşıldığında mukavemet kazanıldığı için kalıp açıldığında, ısımak cihazının doğrudan etkilemediği yüzeyde, priz almamış betonda kalıp açılmasıyla betonun donatıdan ayrıldığı gözlemlenmektedir. Bu da hatalı kolon imalatlarının kırılmasına, yeniden imal edilmelerine, döşeme imalatının devam edememesine, dolayısıyla iş programını da geciktirmesine, sözleşme gereği ceza süresine girilmesine ve sonuçta yüklenici açısından ciddi mali kayıplarla karşılaşılmasına yol açabilmektedir. İkinci bir problem de Bölüm 5.3.2’de belirtilen düzenli olarak dört saatte bir ısı ölçümü yapılmadığı ve ısıtmaya devam edildiği takdirde kolon, perde sıcaklıklarının 70-80°C’lere çıkarak, ani priz alma durumunun gerçekleşmesine, betonun hızla su ve nem kaybetmesi sonucu termal çatlaklar oluşmasıyla karşımıza çıkmaktadır.

Kızılötesi Isıma Cihazları ile Isıtma Sonrası Beton Kalitesi Problemleri

Kızıl ötesi ısıma (infrared) kullanımında homojen bir cihaz yerleşimi ile homojen bir ısıtma yapılması sayesinde, ısımak cihazlarda yaşanan bölgesel priz alamama sorunuyla karşılaşılmamıştır. Mukavemet testleri neticesinde dayanım problemi de olmamıştır. Kızılötesi ısıtma cihazları kullanımının beton kalitesi adına olumsuz bir etkisi olmayıp, yegane negatif etkisi tek başına kullanıldığında -15°C’den düşük ısılarda yeterli ısıtmayı ekonomik olarak sağlayamamasıdır.

Eski ve Yeni Isıtma Sistemlerinin Birim Maliyetleri

Isımak cihazı kullanıldığında m³ beton başına ısıtma maliyeti 706,33 ruble iken kızılötesi cihazlarda bu maliyet 540,26 ruble olarak hesaplandığı çizelge 6.1 ve 6.2’de gösterilmiştir. Isımak cihaz maliyeti ve kızılötesi cihaz maliyetinden yüksektir. Yakıt kıyaslaması için yüzey ısıtma sisteminin kullanılacağı ülkenin enerji (mazot ve elektrik) fiyatlarına göre ayrıca değerlendirilmesi, şantiyenin elektrik kapasitesine uygun tercih mutlaka hesaplanmalıdır.

Çalışmanın başında tespit edilen genel değerlendirme kriterleri önem sırasına göre konduğunda en önemli konunun iş sağlığı ve güvenliği ile doğal çevreyi kirletmeme olduğu söylenebilir. Bu kriterde tartışılmasız kızıl ötesi lamba yangın riskinin düşük olmasından, etrafa zehirli gazlar yaymamasından tercih sebebidir.

Geçmişte yaşanan beton kalitesi problemleri düşünüldüğünde, yüklenici firmaların değerlendirme kriterleri arasında beton kalitesini en önplanda tutacağı düşünülebilir. Homojen bir ısıtma açısından kızılötesi cihaz tercih edilebilir, lakin -15°C’ den daha

düşük sıcaklıkta ısıtma cihazlarla kombine edilmiş üçlü ısıtma sistemi daha verimli çalışmaktadır. Ki beton kalitesi aynı zamanda kalitesizlik sonucu bir mali kayıba neden olacağından kaliteye bağlı maliyet düşüldüğünde de birleştirilmiş kombinasyon en geçerli tercih olacaktır.

Sadece maliyet unsuru düşünüldüğünde yapılan maliyet analizi sonucunu bölüm 6.5’de yer aldığı üzere ısıtma cihazlarının ilk yatırım ve uygulama maliyeti, kızıl ötesi lambalar ile ısıtmanın ilk yatırım ve uygulama maliyeti m³ beton başına %24,71 daha fazladır.

Uygulama kolaylığı unsuru açısından değerlendirildiğinde ise, ısıtma cihazları ağır ve taşınması zorken, kızıl ötesi cihazlarda da özen gösterilemesi gereken hafif ve kırılğan bir ekipman olduğu unutulmamalıdır. Kızılötesi araçlar, ısıtma cihazları gibi ortama zararlı gazlar yaymadığı, yakıt donması, yakıtın bitmesi gibi problemler yaşatmadığından yine tercih sırasında öne geçmektedir.

7.2 Aşırı Soğuk Ortamda Beton Isıtmada Kızılötesi Ekipman Seçimi ve Kullanımda Dikkat Edilecek Unsurlar

Yürütülen çalışma kapsamında kızılötesi ısıtıcıların aşırı soğuk hava koşullarında kullanımı hakkında edinilen tecrübeleri toplamak gerekirse, taşıyıcı sistem elemanı ve hava sıcaklığına göre hangi büyüklükte ısıtıcıların kullanılabileceği ve bu ısıtıcıların nasıl kullanılması gerektiğine dair bilgiler aşağıda Çizelge 7.1’de verilmiştir.

Son olarak ;

1. Türkiye’de soğuk havada beton dökümü TS1248 çerçevesinde ısıtma sistemleri inovasyona teşvik edilebilir. Yeni teknik ve teknolojiler yönetmeliklere girmelidir. Bu konuyla ilgili standartlar gözden geçirilirken akademisyen eşliğinde çalışmalar yapılabilir.
2. Kızıl ötesi ısıtma soğuk hava koşulları altında tekrar denenip optimizasyon yapılabilir.
3. -15⁰C’ye kadar ısıtma ve soğutma sırasında kolon, perde ve döşemelerde ısı kabloları, kızıl ötesi ısıtma tek başına yeterlidir. -15⁰C’nin altında bunların

yanında gerekli güvenlik tedbirleri alınmak kaydıyla ısıtmak ile kombine edilerek kullanılması maliyet ve kalite adına daha uygun görülmüştür.

Çizelge 7.1. Kızılötesi Isıtma Ekipmanı Seçimi ve Kullanım Şekli.

Yapı Elemanı	Kullanım Koşulu -Hava Sıcaklığı	Cihaz Büyüklüğü	Kullanım Şekli
Kolon ve Perde	Kar ve buz olduğunda	6 kw	Donatı montajı sonrası buzları eritecek şekilde içeriye sarkıtarak yerleştirme yapılır.
Kolon	<-10 ⁰ C	2 kw	Elemanın 4 köşesine 80-100cm mesafeden
Kolon	-10 ⁰ C ile 0 ⁰ C	2 kw	Her yüzeye 1 adet infrared 80-100cm mesafeden
Kolon	0 ⁰ C ile +5 ⁰ C	2 kw	Sadece çapraz iki köşeden 1 adet,80-100 cm mesafeden
Perde	Geometrik şekle bağlı olmak kaydıyla	2 kw	3metre genişliğe 1 adet
Döşeme	<-15 ⁰ C	6kw	10m ² 'ye 1 adet
Döşeme	-15 ⁰ C ile 0 ⁰ C	6kw	12-13m ² 'ye 1 adet
Döşeme	0 ⁰ C ile 5 ⁰ C	6kw	15-17m ² 'ye 1 adet

KAYNAKLAR

- [1] **Kuruoğlu, M.** (2002). İnşaat Sektöründe Bilgisayar Destekli Planlama., Çağlayan Kitabevi. İstanbul.
- [2] **Kuruoğlu, M.** (2007). İnşaat Proje Yönetimi Temel İlkeleri-1, İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.
- [3] **İTÜ,** (2010). Yapı İşletmesi Ders Notu, İTÜ Yapı İşletmesi Anabilim Dalı. İstanbul.
- [4] **Nendi, M. W. ve Grashrâa, M. N.** (2004). The Project Management Questions and Answer Book, New York.
- [5] **Url-1:** <[http: \:www.eci.comblog66-the-eze-castle-project-management-diamond.html](http://www.eci.comblog66-the-eze-castle-project-management-diamond.html)> alındığı tarih: 10.10.2013
- [6] **Construcrion Management Association of America (CMAA).** (2010). Standart Construction Management Services and Practice. Virginia.
- [7] **Sorguç, D. ve Kuruoğlu, M.** (2003). İnşaat (Proje) Yönetimin Hizmet ve Uygulama Standardı. İstanbul.
- [8] **Gökyiğit, E.** (2013). Türk İnşaat Sektöründe 4 Boyutlu (4d) Modellemenin Uygulanabilirliği, İTÜ Yapı İşletmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [9] **Juran, J. M.** (1988). On Planning For Quality. New York. The Free Press.
- [10] **Crosby, P.** (1979). Quality Is Free. New York Library.
- [11] **Feigenbaum, A. V.** (1961). Total Quality Control. New York Mc Graw Hill.
- [12] **İdrissova, R.** (2009). Sanayi İşletmelerinde Üretim Süreçlerinde Kaizen Uygulamalarının Performansa Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi.
- [13] **Neese, T. A., Ledbetter, W. B.** (1991). Quality performance management in engineering/construction, AACE Transactions, A2(1) - A2(10).
- [14] **Josephson, P. E.** (1994). Orsaker till fel i byggandet, (in Swedish), Institutionen för Byggnadsekonomi och byggnadsorganisation, Göteborg.
- [15] **Gunnig, J. G.** (1983). Concrete Technology. 1st.edition, Level 4, Londra & New York. Longman Group Limited.
- [16] **Neville, A. M.** (1990). Properties of Concrete. 3rd.edition, Longman Scientific & Technical.
- [17] **Çelik, T. ve Eren, Ö.** (1994). Değişik Ülkelerdeki Hazır Beton Kalite Kontrol Sistemleri, 3.Ulusal Beton Kongresi 'Hazır Beton', Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, İstanbul, s.13-26, 19-21 Ekim.

- [18] **Newman, K. and Peterson, N.** (1993). Why Quality Control. Ermo 83- Conference organized by British Ready Mixed Concrete Association, Londra 22-26 Mayıs, (G7) s.1-8.
- [19] **Dewar, J. D.** (1987). The Specification, Quality-Assurance and Quality Control of Ready- Mixed Concrete. Mun. Engr.4, s.157-168.
- [20] **Özkul, M. H., Taşdemir M. A., Tokyay M., Uyan M.** (1999). Meslek Liseleri İçin Her Yönüyle Beton, İstanbul, Aralık.
- [21] **Özkul, M. H.** (1999). Betonda Kalite Denetimi, İTÜ İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemesi Anabilim Dalı, İstanbul
- [22] **Türkiye Hazır Beton Birliği.** (1996). Kalite Güvence Sistem Kitapçığı, KGS.
- [23] **Özkul M. H. ve Akakın, T.** (1999). Hazır Betonda Kalite Güvence Sistemi, Hazır Beton Dergisi, Türkiye Hazır Beton Birliği, Sayı 36.
- [24] **Shirayama, K., Yanagida, T., and Tomosawa, F.** (1979). Quality Control Sysyems for Concrete Structures in Japan. Proceedings, Quality Control of Concrete Structures, Vol.2, Haziran 17-21, Stockholm, Sweden, s. 281-288
- [25] **Fontana; A. and Scirocco, F.** (1979). First Applications of Quality Control to Structural Materials in Italy. Proceedings, Cjuality Control of Concrete Structures, Vol.2, Haziran 17-21, Stockholm, Sweden, s. 239-248.
- [26] **Müller, K. F., Barlet, U., and Schrub, W.** (1979). External Quality Control Experiences with DİN 1084-Quality Control of Plain and Reinforced Concrete Structures. Proceedings, Quality Control of Concrete Structures, Vol.2, Haziran 17-21, Stockholm, Svveden, s. 273-280.
- [27] **Magnusson, I.** (1979). Quality Checking of Factory Made Concrete Products in Sweden. A Survey. Proceedings, Quality Control of Concrete Structures, Vol.2, Haziran 17-21, Stockholm, Sweden, s. 265-272.
- [28] **Kirkbride, T. W., and Barber, P. M.** (1979). Ready Mixed Concrete Quality Control in the United Kingdom by BRMCA Authorization Scheme. Proceedings, Cjuality Control of Concrete Structures, Vol.2, Haziran 17-21, Stockholm, Sweden, s. 257-264.
- [29] **BRMCA.** (1982). Authorization Scheme for the Production of Ready Mixed Concrete. British Ready Mixed Concrete Association, Mart.
- [30] **Çerçi, E. ve Ergönül, S.** (2010). İnşaat Şirketlerinin Gelişimi Açısından Kalite Yönetim Sisteminin Değerlendirilmesi
- [31] **Stewart, T. A.** (2002). The World According to C.K. Prahalad”, Business 2.0, University of Michigan Business School, January, p. 92.
- [32] **Bradel, T.** (2002). Quality Makes the Grade”, Quality Progress, ASQ, March, p. 86.
- [33] **Erdoğan, T. Y.** (2004). Sorular ve Yanıtlarıyla Beton Malzemeleri, Türkiye Hazır Beton BirliğiYayınları, İstanbul.
- [34] **Postacıoğlu, B.** (1975). Yapı Malzemesi Problemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, No:1011, s:134-291, İstanbul.

- [35] **Özışık, G.** (2000). Beton, Birsen Yayınevi, No: 0029, s:3-109, İstanbul.
- [36] **Celep, Z. ve Kumbasar N.** (1999). Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [37] **Ergün, A.** (2010). Geçmişten Günümüze Standartlarda Betonun Nitelik Denetimi, AKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2010-02 69-82.
- [38] **Akman, M. S.** (1990). Yapı Malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul
- [39] **TS 11222.** (2001). Beton- Hazır Beton- Sınıflandırma, Özellikler, Performans, Üretim ve Uygunluk Kriterleri, Şubat.
- [40] **TS 500.** (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Şubat.
- [41] **Ünal, O., Yurtçu, Ş.** (2007). Betonarme Yapılarda Hazır Beton Kullanımı, Yapı Teknolojileri Dergis, s.51-64.
- [42] **Usta, H.** (2005). Hazır Beton Sektör Araştırması, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayın Organı.
- [43] **Özkul, H., Taşdemir, M. A., Tokyay, M. ve Uyan, M.** (2004). Her Yönüyle Beton, THBB Yayınları, İstanbul.
- [44] **Yardımcı, A.** (2005). Santral Çıkışı İle Şantiye Şartlarında C 20/25 ve C 25/30 Hazır Beton Mukavemetinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s.34-36, Ankara.
- [45] **Gönen, B. C.** (2012). Hazır Beton Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Parametlerin SPSS Yöntemiyle İncelenmesi, Niğde Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- [46] **Türkel, S.** (2007). Soğuk Hava Koşullarında Beton Üretimi, Deprem Sempozyumu, İzmir.
- [47] **ASTM C 42/C 42M-99.** (2002). Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete, Annual Book of ASTM Standards.
- [48] **ACI 308-92.** (1994). Standard Practice for Curing Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 2, pp.308-1 to 11.
- [49] **Erdogan, T. Y.** (2003). Beton, ODTÜ Gelistirme Vakfi Yayıncılık ve İletişim A.S. Yayını, Ankara, Mayıs.
- [50] **TS 1248.** (1989). Betonun Hazırlanması, Dökümü ve Bakımı Kuralları: Anormal Hava Şartları, TSE, Ankara
- [51] **Kadiroğlu, İ.** (2007). Sıcak Havada Beton Dökümü, İzmir İMO.
- [52] **Cilason, N., Aksoy, N.** (2000). Beton Yapı Hasarları Onarım ve Korunması ve Sıcak İklimlerde Beton, Lebib Yalkın Yayınları ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul.
- [53] **Baradan, B., Yazıcı, H. ve Ün, H.** (2002). Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), Dokuz Eylül Üniv. Müh.Fak. Yayın No:298, İzmir.
- [54] **Zhao, H., Wang, S., Wu, Z., and Che, G.** (2010). Concrete Slab Installed with Carbon Fiber Heating Wire for Bridge Deck Deicing.”J. Transp. Eng., 136(6), 500–509.

- [55] **Url-2:** <
http://www.isimakmuhendislik.com.tr/isimak.php?sayfa_id=333333&id=25&l=1> alındığı tarih: 28.12.2013
- [56] **Barna, L., Seman, P., and Korhonen, C.** (2011). Energy-Efficient Approach to Cold-Weather Concreting. J. Mater. Civ. Eng. 23, SPECIAL ISSUE: Energy Efficient and Environmentally Friendly Paving Materials, 1544–1551.
- [57] **Daniel, J.** (2006). Use of an Infrared Joint Heater to Improve Longitudinal Joint Performance in Hot Mix Asphalt Pavements. J. Perform. Constr. Facil., 20(2), 167–175.
- [58] **Hermansson, Å. and Guthrie, W.** (2006). Numerical Modeling of Thaw Penetration in Frozen Ground Subject to Low-Intensity Infrared Heating. Journal of Cold Regions Engineering, 20(1), 4–19.
- [59] **ACI 306R-88.** (1994). Cold Weather Concreting', ACI Manual of practice, Part 2.
- [60] **Url-3:** <
http://www.bureauveritas.com.ua/wps/wcm/connect/bv_comua/Local/Home/bv_com_serviceSheetDetails?serviceSheetId=14283&serviceSheetName=GOST+R+Uygunluk+Sertifikas%25C4%25B1. > alındığı tarih: 18.02.2014
- [61] **Url-4:** <
http://www.dasturkey.com/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=77 > alındığı tarih: 10.02.2014
- [62] **GOST 31914.** (2012). Beton ve Yüksek Mukavemetli Betonların Kalite Kontrol ve Değerlendirme Koşulları.
- [63] **GOST 7473.** (2010). Смеси бетонные. Технические условия, Beton Karışımlarının Özellikleri, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [64] **GOST 10180.** Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам, Test numuneleriyle betonun dayanımını belirlemek için yöntemler, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [65] **GOST 10181.** Смеси бетонные. Методы испытаний., Beton karışımları test yöntemleri., Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [66] **GOST 12730.5.** Методы определения водонепроницаемости., Betonlarda Su Sızdırmazlığın Tayini İçin Yöntem, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [67] **GOST 17624-87.** Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности, Ultrason Yöntemiyle Beton Mukavemetinin Belirlenmesi, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [68] **GOST 18105.** (2010). Бетоны. Правила контроля и оценки прочности' Concretes. Rules for control and assessment of strength., Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).

- [69] **GOST 22690.** Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля., Tahribatsız Muayene İçin Mekanik Yöntemlerle Beton Dayanım Tayini., Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [70] **GOST 22685-89** Beton test örnekleri için kullanılan kalıpların özellikleri.
- [71] **GOST 2789-73** Yüzey pürüzlülüğü parametreler ve özellikleri.
- [72] **GOST 10060.** (2012). Beton donma direncinin belirlenmesi için yöntemler.
- [73] **GOST 24452-80** Beton prizma gücü, elastik modülü ve poisson oranı belirleme yöntemleri.
- [74] **GOST 28570-90** Alınan numuneler üzerinden beton dayanımın belirlenme yöntemleri.
- [75] **STO 36554501-011.** (2008). Контроль качества высокопрочных тяжелых и мелкозернистых бетонов в монолитных конструкциях, Yerinde Dökülen Yüksek Mukavemetli Betonlarda Kalite Kontrol, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [76] **STO 365545501-009.** (2007). Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности', Beton Dayanımını Belirlemek İçin Ultrasonik Yöntem, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST)
- [77] **Mahiroğlu, A ve Buluç, B.** (1999). Eğitimde toplam kalite yönetimi ve kalite yönetiminin araçları. Politeknik Dergisi, 2 (1)
- [78] **Selmanpakoğlu, M.** (2011). Kayar Kalıp ve Uygulamaları, TMH-467-2011-Mart.
- [79] **Url-5:** < http://www.yapikatalogu.com/yapi-oncesi-isler/kalip-iskele/tirmanir-kalip-sistemleri/ mesa-imalat-tirmanir-kalip-sistemi-hcp-hidrolik-tirmanir-platform-sistemi-_651.> alındığı tarih: 18.11.2014
- [80] **SNİP3.03.01-87.** Несущие и ограждающие конструкции', Taşıyıcı ve Çevreleyici Yapılar, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [81] **Gost 6665-91.** Камни бетонные и железобетонные бортовые. Технические условия', Beton ve Betonarme Bordürler, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [82] **GOST 5336-80.** Сетки стальные плетеные одинарные. Технические условия, Çelik Hasırların Teknik Özellikleri, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [83] **GOST P 52085.** Опалубка. Общие технические условия., Kalıp Genel Özellikleri, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).
- [84] **TS 1247.** (2005). Normal Hava Koşullarında Beton Yapım, Döküm ve Bakım Kuralları.
- [85] **Bruce, A.** (2001). Suprenant Concrete International June Vol 23 No.6 Sayfa 44.
- [86] **GOST 23279-85.** Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия, Betonarme

Yapılarda Kaynaklı Hasır Donatılarının Genel Özellikleri,
Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).

[87] **SNIP 12-03.** (2001). Безопасность Труда В Строительстве. ,İnşaat Sektöründe İş Güvenliği, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).

[88] **SNIP 12-04-2002.** Безопасность Труда В Строительстве' ,İnşaat Sektöründe İş Güvenliği, Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).

[89] **GOST 12.0.004-90.** Ссбт. Организация Обучения Безопасности Труда. Общие Положения, SSBT«İşçi güvenliği için eğitim organizasyonu ve genel hükümler», Gosudarstvennye Standarty Devlet Standart Gost (Rusça) (GOST).

[90] **Url-6:** <<http://www.master-concrete.com/>> alındığı tarih: 10.01.2015

[91] **Url-7:** <<http://www.diyadinnet.com/SaglikBilgisi-566&Saglik=elektrik-%C3%A7arpmalar%C4%B1nda-ilk-yard%C4%B1m-neler-yap%C4%B1mal%C4%B1>> alındığı tarih: 21.04.2014

EKLER

EK 1: Checklist

EK 2: Saha Isı Ölçüm Formu

EK 3: Isı Grafik Örnekleri

EK 4: Beton Kalite Kontrol Formu

EK 5: Mikser Pompa Eşleştirme Fişi

EK 6: Isınma Durum Kontrol Formu

EK 7: Beton Kontrol Formu

EK 8: İnfrared Yerleşim Örneği

EK 9: Aylık Döküm Planına Paralel Isıtma Plan Örneği

EK 10: Örnek resimler

EK 1: Checklist

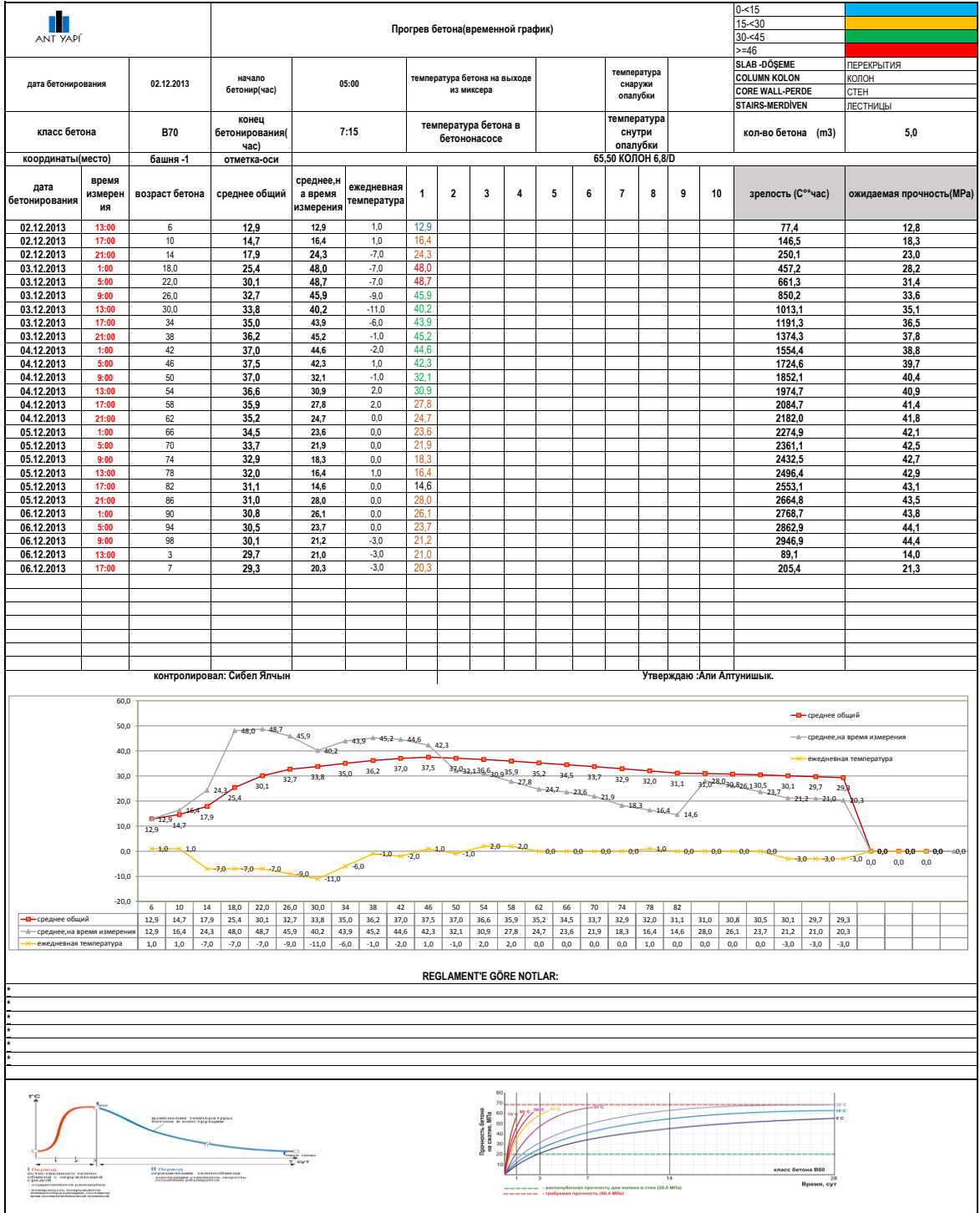
		BETON ve BETONARME KONTROL FORMU CONCRETE and REINFORCEMENT CONCRETE INSPECTION FORM ФОРМА ОСМОТРА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАБОТ				Tarih /Date/Дата:	
		PLOT 11 PROJESİ / PLOT 11 PROJECT / УЧАСТОК 11					
PROJE ADI PROJECT NAME НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА						FORM NO FORM NUMBER/ № формы	
İMALATIN ADI, YERİ / KOTU DEFINITION, LOCATION AND ELEVATION ОПРЕДЕЛЕНИЯ, МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И ОТМЕТКА							
BETON DÖKÜM TARİHİ / SAATİ CONCRETE POURING DATE / TIME ДАТА И ВРЕМЯ ЗАЛИВКИ БЕТОНА		 / / 2013				TEKNADZORUN DAVET SAATİ TECHNADZOR INVITATION TIME / время приглашения технадзора	
HAVA KOŞULLARI / SICAKLIK WEATHER CONDITIONS/TEMPERATURE ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ, ТЕМПЕРАТУРА						TEKNADZORUN GELDİĞİ SAAT TECHNADZOR ARRIVAL TIME/ время прибытия технадзора	
		KABUL ACCEPTED/ПРИНЯТО		RED REJECT/ОТКЛОНЕНО		TARİH /SAAT DATE /TIME	
GENEL	1	APLIKASYON VE KOTLAR APPLICATION & LEVELLING /применение и выравнивание		☐	☐		
	2	YÜZEY TEMİZLİĞİ SURFACE CLEANING /очистка поверхности		☐	☐		
	3	GÜVENLİK ÖNLEMLERİ SAFETY & SECURITY / охрана и безопасность		☐	☐		
	4	DEMİR YÜZEY TEMİZLİĞİ RE-BAR SURFACE CLEANING/очистка поверхности арматуры		☐	☐		
	5	DEMİR ARALIĞI / PAS PAYI ARALIĞI VE YÜKSEKLİĞİ RE-BAR SPACING / SPACERS HEIGHTS & SPACINGS /расстояние между арматурными стержнями/высота		☐	☐		
	6	DEMİR UZUNLUĞU RE-BAR LENGTH/длина арматуры		☐	☐		
	7	DEMİR KANCA / BİNDİRME BOYLARI / BAĞ TELİ RE-BAR HOOK LENGTHS / LAPS / FIXING WIRE /длина арматурных стержней/напуск/фиксация проводом		☐	☐		
	8	DEMİR BETON DÖKÜMÜNE HAZIR RE-BAR READY FOR CONCRETING/арматура, готовая для бетонирования		☐	☐		
KALIP FORMWORK	9	GENEL BOYUTLAR OVERALL DIMENSIONS/рабритные размеры		☐	☐		
	10	KALIP İSKELESİ AYAK ARALIĞI VE TAKVİYESİ FORMWORK SCAFFOLDING SPACECING & SUPPORT / опалубка, леса,опорные элементы		☐	☐		
	11	KALIP İSKELESİ TAKVİYELERİ FORMWORK SCAFFOLDING SUPPORTS / опалубка, леса, опорные элементы		☐	☐		
	12	ŞAKÜL / GÖNYE KONTROLÜ PLUMB / SQUARE AT CORNERS / отвес/площадь углов		☐	☐		
	13	REZERVASYON RESERVATIONS/фиксированное распределение		☐	☐		
	14	KESİM YERİ KONTROLÜ / KALIP PAHLARI VE YERİ TIGHTNESS OF JOINTS / FIXING OF CHAMFERS/ герметичность швов/закрепление фанки		☐	☐		
	15	BETON DÖKÜLEBİLİR FORMWORK READY FOR CONCRETING/опалубка, готовая для бетонирования		☐	☐		
	16	KALIP İSİSİ KONTROLÜ CHECK OF FORMWORK TEMPERATURE / проверка температуры опалубки		☐	☐	İSİ DEĞERİ TEMPERATURE VALUE/значение температуры	
REINFORCEMENT	17	DAĞITIM BOMU KONTROLÜ CHECK OF BOOM/проверка стрелы		☐	☐		
	18	BETON BORU HATTI KONTROLÜ CHECK OF CONCRETE PIPELINE/проверка бетонопровода		☐	☐		
	19	AYDINLATMA LIGHTING/освещение		☐	☐	Miktar Quantity/объем	
	20	VİBRATOR / KONVEKTÖR CONCRETE VIBRATOR / CONVECTOR/ вибратор для уплотнения бетона/конвектор		☐	☐	Miktar Quantity/объем	
CONCRETE	21	İSİTMA / KAPATMA HEATING / COVERAGE /прогрев/покрытие		☐	☐		
	22	İNFLARED LAMBA INFLARED LAMP/инфракрасные лампы		☐	☐	Miktar Quantity/объем	
	23	BETON SINIFI PROJE GÖRE KONTROL EDİLDİ Mİ CONCRETE TYPE/тип бетона		☐	☐	B40 B70 B90	
	24	BETON DÖKÜM YÜKSEKLİĞİ (max 1.5m) CONCRETE POURING HEIGHT (max 1.5m)/высота заливки бетона(макс.1,5м)		☐	☐		
	25	SLUMP SLUMP/осадка		☐	☐		
	26	ALINAN NUMUNE SAYISI TEST CUBE QUANTITY/испытания кубов бетона, количество		☐	☐		
	27	ELEKTRİK İŞLERİ ELECTRICAL WORKS/работы по электрике		☐	☐		
	28	MEKANİK İŞLER MECHANICAL WORKS/механические работы		☐	☐		
UYGUN OLMAYAN İMALATLAR NASIL DÜZELTİLECEK METHOD OF CORECTION OF INAPPROPRIATE WORKS МЕТОДЫ ИСПРАВЛЕНИЯ НЕСООТВЕТСТВУЮЩИХ РАБОТ							

Karar Veren / Tarih:
Approved by / Date:
Утверждено/ Дата:

EK 2: Saha Isı Ölçüm Formu

[illegible]

EK 3: Isı Grafik Örnekleri



EK 4: Beton Kalite Kontrol Formu

	KALİTE KONTROL FORMU QUALİTY CONTROL FORM	Tarih :
		Rev. / Rev. No :
		Doc. / Doc. :

PROJENİN ADI PROJECT NAME	FORM NO FORM NUMBER
İMALATIN ADI, YERİ / KOTU DEFINITION, LOCATION AND ELEVATION	
BETON DÖKÜM TARİH / SAATİ CONCRETE POURING DATE / TIME	 / / 2013
HAVA KOŞULLARI WEATHER CONDITIONS	

		KABUL ACCEPT	RED REJECT	TARİH / SAAT DATE / TIME	
BETON DÖKÜM ÖNCESİ	1	BETON DÖKÜLECEK İMALATIN NAYLON VE BRANDALARI YERİNDE HAZIR MI			
	2	DÖKÜM ÖNCESİ ISITMA BAŞLANMIŞ MI			
	3	INFLARED LAMBALARI YETERLİ SAYIDA VE HAZIR MI			
	4	ISIMAKLAR YETERLİ SAYIDA VE HAZIR MI			
	5	BETONU DÖKÜLECEK İMALATIN ISITMA KABLO HATTI HAZIR MI			
	6	BETON SİPARİŞ FORMU VE EKLERİ EKSİKSİZ Mİ			
	7	BETON SANTRALİNE BETON SİPARİŞ MAİLİ ATILDI MI			
BETON DÖKÜMÜ VE SONRASI	8	SAHAYA GELEN MİKSERLERİN BETON SINIFI VE MİKTARLARI KONTROL EDİLDİ Mİ			
	9	MİKSERLER DOĞRU SABİT POMPALARA YÖNLENDİRİLDİ Mİ			
	10	YETERLİ SLAMP DENEYİ YAPILIP KAYIT ALTINA ALINDI MI			
	11	YETERLİ KÜP NUMUNE TAKIMI ALINDI VE DOĞRU ŞEKİLDE ETİKETLENDİ Mİ			
	12	KÜP NUMUNELERİ VİBRASYONA TABİ TUTULDU MU			
	13	KÜP NUMUNELERİ UYGUN ORTAMDA KORUMAYA ALINDI MI			
	14	BETON BİTİMİNDE TOP ATILDI MI			

UYGUN OLMAYAN İMALATLAR NASIL DÜZELTİLECEK

HAZIRLAYAN

EK 5: Mikser Pompa Eşleştirme Fişi

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

ANT YAPI PLOT 11 -MİKSER FİŞİ		
TARİH -SAAT		
SIRA NO		
PLAKA NO		
FİRMA ADI		
BETON SINIFI		KULE NO
POMPA NO		

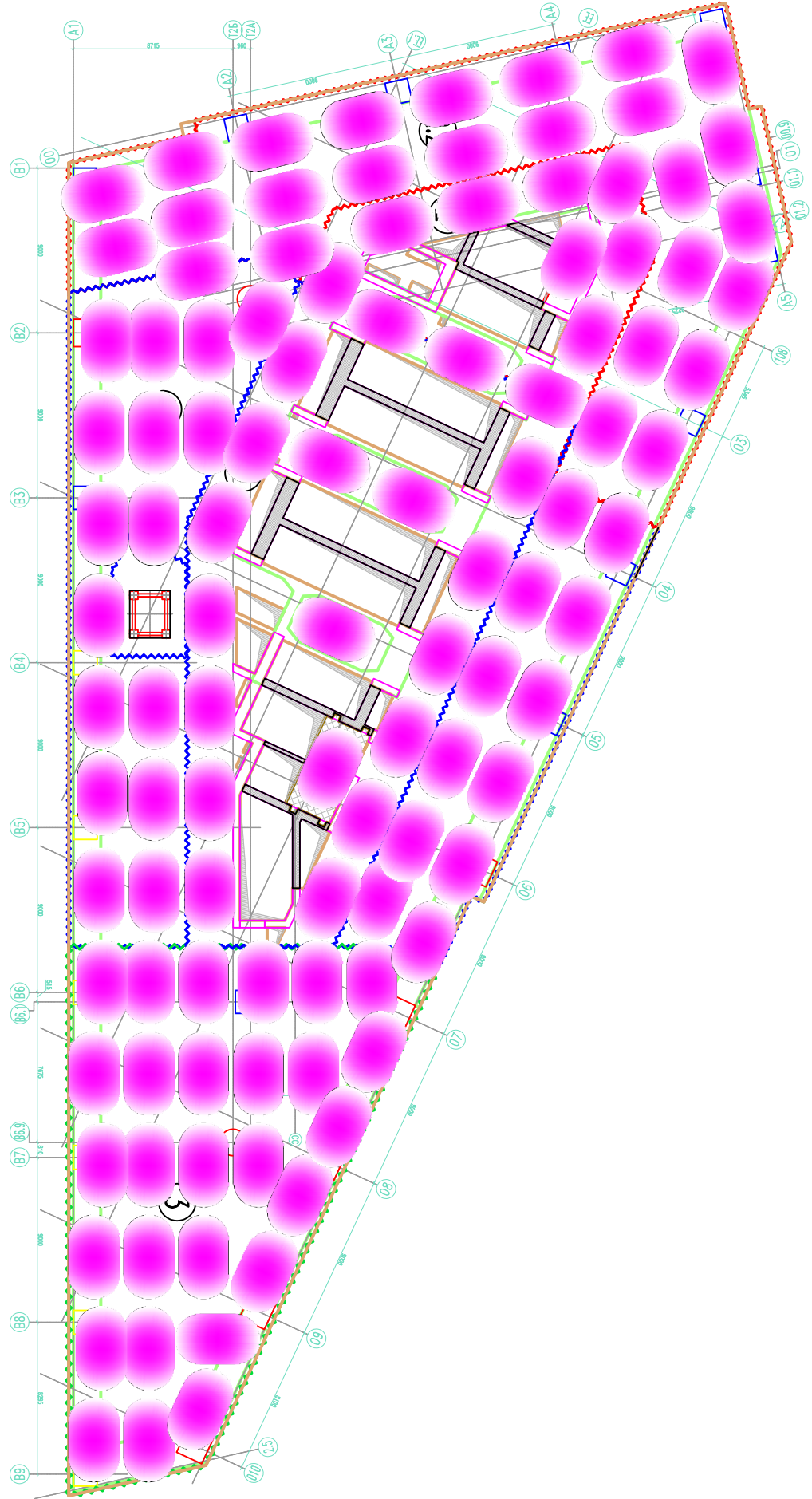
EK 6: Isınma Durum Kontrol Formu

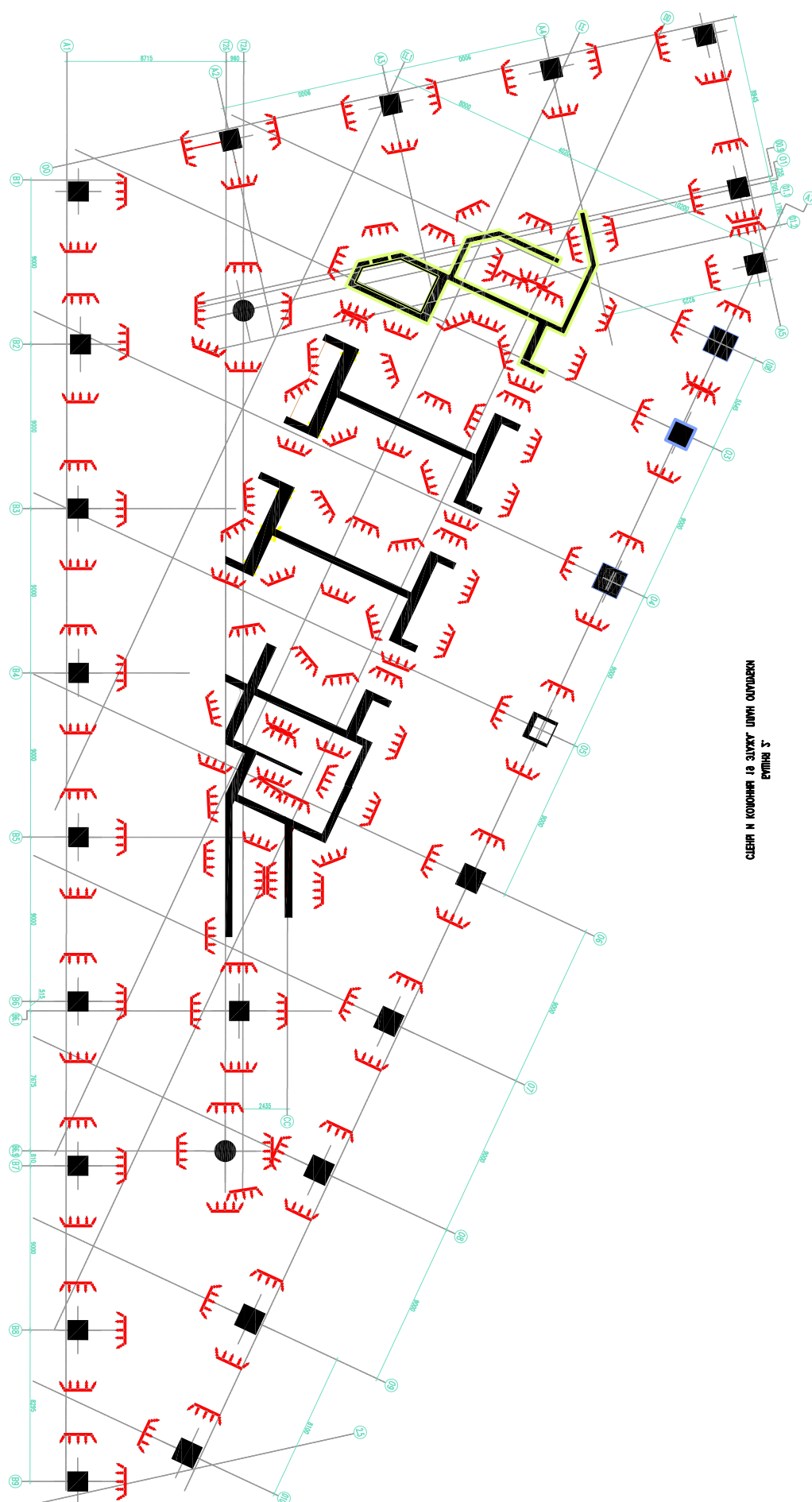
[illegible]

EK 7: Beton Kontrol Formu

[illegible]

EK 8: İnfrared Yerleşim Örneği



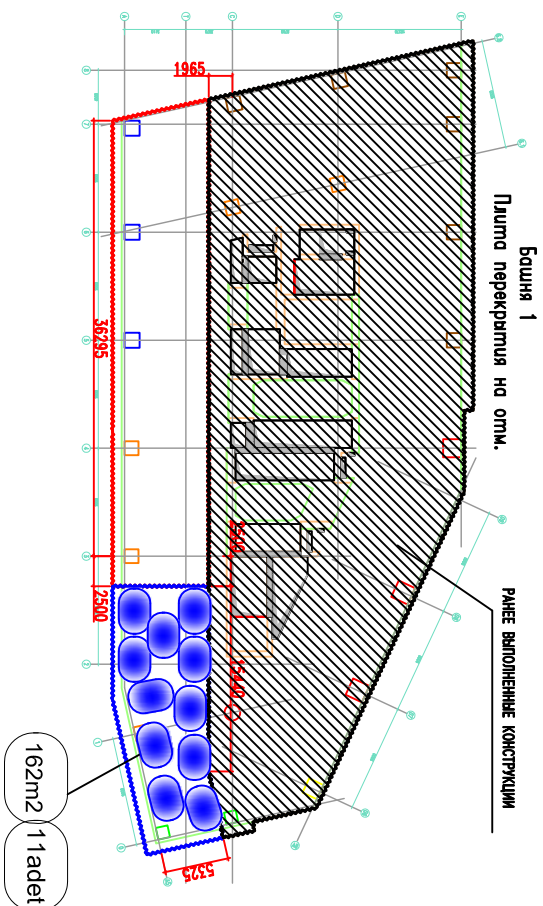


MOSCOW CENTRAL TRANSPORTATION TERMINAL
PLOT 11 - MIBC MOSCOW CITY

CONCRETE POURING & HEATING SCHEDULE

November 2013

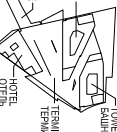
Architectural floor plan of a building. A red hatched area in the lower-left corner is labeled with a large blue circle containing the number "1.1". The plan shows various rooms, corridors, and structural elements, with numerous dimension lines and labels in different colors (red, blue, green, orange) indicating measurements and specific features.



02.11.13

на бетон перекрытия = 57 м³
Колон и стена = 13 м³

Датировка	Ф.И.О.	Подпись	Дата
Терминальный	Ковалев К.И.		
Аккредитация	Сергей Ситкин		



ТОВАР 1
ТОВАР 2
БАЛЕТ 2
ПАСПОРТ
МОСТ
ОТЕЛЬ

ТЕРМИНАЛ
(ТЕРМИНАЛЬНЫЙ)

ОТЕЛЬ

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

ЗНАЧАЮЩИЕ СЛОВА ИЛИ ОБЪЕКТЫ Б.Р. [английский язык] РЫБА
 CLIENT : CITRINIENST B.V.
 Contracteur : ZANTVAP INE
 МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМИНАЛ, СОВЕТСКИЙ КОМПЬЮТЕР, ПЕРИ-И
 МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ТЕРМИНАЛ, СОВЕТСКИЙ КОМПЬЮТЕР, ПЕРИ-И

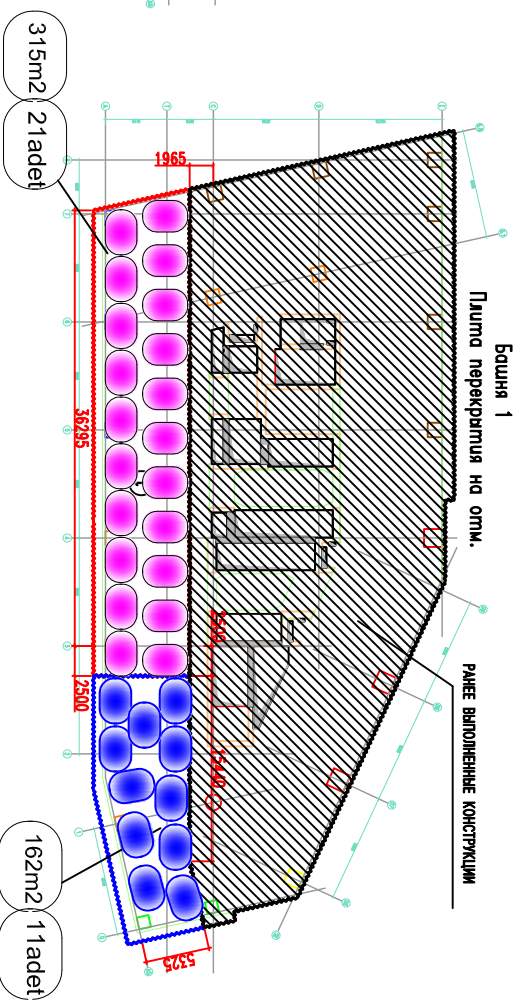
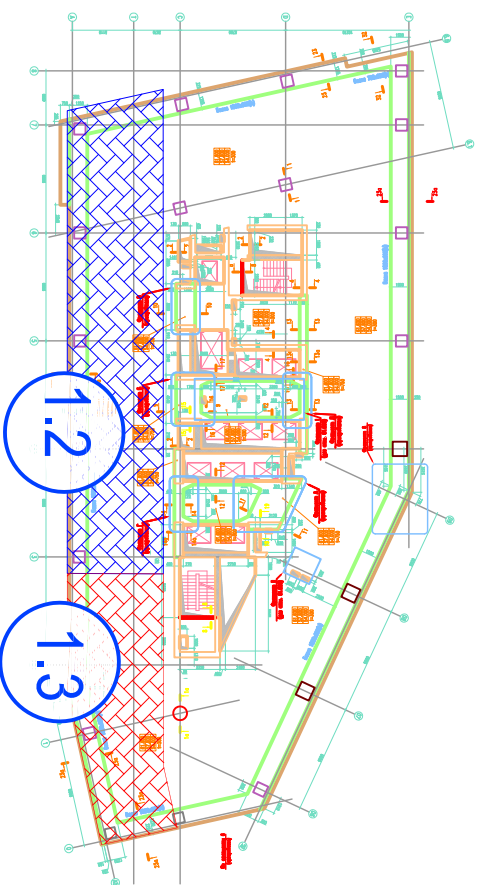
Аккредитация сделана на Белом

План переплывания
 на отв. - 35,300

Скор.	Вет.	Время
4		21

АИТ ЗАП

ПЛИТА ПЕРЕКРЫТИЯ ПЛАН ОТАУБКИ +54.00



04.11.13

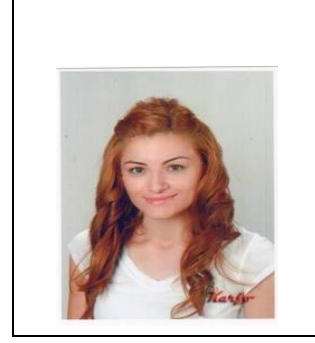
на бетон перекрытия = 123 м³
Колон и стена = 21.10 м³

06.11.13

на бетон перекрытия = 57 м³
Колон и стена = 13 м³

[illegible]

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Sibel YALÇIN

Doğum Yeri ve Tarihi : Sinop – 09.08.1989

E-Posta : sibelyalcin57@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2007, KTÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Bölümü
- **Yükseklisans** : 2015, İTÜ, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı İşletmesi Programı