



T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



Administered by
THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP



TÜRKİYE'DE BİNA GÜÇLENDİRME VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ ALANINDA KULLANILAN GÜNCEL UYGULAMALAR



Proje Ekibi

Dr. Timurhan Timur

Prof. Dr. Uğurhan Akyüz

İnş. Yük. Müh. Caner Soydaş

Dr. Cem Haydaroglu

İnş. Yük. Müh. Sebla Çınar

Mimar Elif Senel Münir

Mak. Müh. Burç Güneri

Elk. Elkt. Müh. Emine Kazanç

Grafik Tasarım

Yük. Şhr. Pln. Tuğçe Gürleyen

Uluslararası Finans Kaynaklı Sismik Güçlendirme Daire Başkanlığı

Proje Uygulama Birimi

Daire Başkanı Önder Yurdakul

AR-GE Şube Müdürü Dr. Duygu Özkır

İnş. Müh. Utku Özden

Dr. Ozan Demirel

Elk. Elkt. Müh. Özlem Erdem Yüksel

İnş. Yük. Müh. Zeynep Ünsal

Yapı İşleri Genel Müdürlüğü

Genel Müdür Murat Oral

Genel Müdür Yardımcısı Namık Güver

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

Mustafa Kemal Mahallesi 2082. Cadde No:52 Çankaya / Ankara

Telefon: +90 312 410 10 00

Bu kitap, Japon Hükümeti adına faaliyet gösteren GFDRR (Küresel Afet Azaltma ve Yeniden Yapılanma Kurumu)'ın doğrudan desteği ve Dünya Bankası'nın finansmanı ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Uluslararası Finans Kaynaklı Sismik Güçlendirme Daire Başkanlığı tarafından yönetilen "WB/CS-TA-02" kodlu "İleri Mühendislik Uygulamaları ve Kapasite Geliştirme için Teknik Destek Danışmanlık Hizmetleri" projesi kapsamında ARUP tarafından hazırlanmıştır.

Bu kitapta yer alan bilgiler danışman firmanın araştırmaları ve güvenilir kaynaklardan derlenmiştir. Bu bilgiler genel rehber niteliği taşımakta olup, bina özelinde yapılacak çözümlerde doğrudan kullanılmadan önce gerekli mühendislik hizmetinin alınması gerekmektedir.

Kitabın içeriği, yasal, akademik veya mali tavsiye niteliği taşımaz. Kitapta yer alan görüşler uzman görüşleridir ve kurumları bağlamaz.

Bu kitapta kullanılan kaynaklar ve görseller ilgili sahiplerine aittir. Telif hakkı ihlali durumunda, lütfen bizimle iletişime geçiniz.

Bu çalışma telif hakkına tabidir. Dünya Bankası, bilgi yayılımını teşvik ettiği için, bu çalışma ticari olmayan amaçlarla, kaynak gösterildiği sürece, kısmen veya tamamen çoğaltılabilir.

Lütfen bu çalışmaya şu şekilde atıfta bulunun: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2025). *Türkiye'de Bina Güçlendirme Ve Enerji Verimliliği Alanında Kullanılan Güncel Uygulamalar*. Ankara.

ARUP



İçindekiler

İÇİNDEKİLER	i
TABLO LİSTESİ	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vii
FOTOĞRAF LİSTESİ	xvi
KISALTMALAR	xviii
1. GİRİŞ	1
2. KAPSAM	3
3. YÖNTEM	5
3.1 KAMU BİNALARI ENVANTER ARAŞTIRMASI.....	6
3.2 KAMU BİNALARI İÇİN YAPILMIŞ ENERJİ ETÜT ÇALIŞMALARI.....	14
3.3 ANKET ÇALIŞMASI.....	17
3.3.1 Yapısal Güçlendirme Anketi.....	17
3.3.2 Yapısal Güçlendirme Anketi Sonuçları.....	19
Katılımcı Bilgileri.....	19
Güçlendirmenin Uygulandığı Taşıyıcı Sistemlerin Dağılımı.....	21
Betonarme Çerçeve Sistemler.....	21
Betonarme Perde Sistemler.....	23
Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler.....	25
Ön Üretimli Betonarme Sistemler.....	27
Çelik Çerçeve Sistemler.....	29
Çelik Çaprazlı Sistemler.....	31
Yığma Binalar.....	33
Güçlendirmenin Etkileri.....	35
Anket Sonuçları Hakkında Genel Değerlendirmeler.....	36
3.3.3 Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi.....	36
3.3.4 Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi Sonuçları.....	38
Katılımcı Bilgileri.....	38
Enerji Verimliliğini Arttırıcı Önlemler Alınan Bina Profili.....	40
Kullanılan Enerji Verimliliğini Arttırıcı Yöntemler.....	42
Anket Sonuçları Hakkında Genel Değerlendirmeler.....	47
3.4 FİRMALAR İLE GÖRÜŞMELER.....	47
3.5 EVÖ VE GÖMÜLÜ KARBON PUANLAMA CETVELLERİ.....	48
4. TÜRKİYE'DE DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN GELİŞİMİ	51
4.1 İSTANBUL SİSMİK RİSKİN AZALTILMASI VE ACİL DURUM HAZIRLIK PROJESİ (İSMEP).....	56



5.	TÜRKİYE'DE UYGULANMIŞ VE UYGULANMAKTA OLAN DEPREME KARŞI GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	59
5.1	BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞLARINDAKİ GENEL ZAFİYETLER VE GÜÇLENDİRME STRATEJİSİ	59
5.2	KONVANSİYONEL GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	67
5.2.1	<i>Betonarme Elemanlarla Sargılama (Mantolama)</i>	<i>67</i>
5.2.2	<i>Çelik Elemanlarla Sargılama</i>	<i>73</i>
5.2.3	<i>LF ile Sargılama (FRP)</i>	<i>79</i>
5.2.4	<i>Betonarme Perde Eklenmesi</i>	<i>86</i>
5.2.5	<i>Çelik Çapraz Eklenmesi</i>	<i>92</i>
5.2.6	<i>Kütle Azaltılması</i>	<i>99</i>
5.2.7	<i>Birleşimlerin Çelik Elemanlarla Güçlendirilmesi</i>	<i>102</i>
5.2.8	<i>Çelik Yapısal Elemanların Çelik ile Güçlendirilmesi</i>	<i>105</i>
5.2.9	<i>Dışarıdan Çerçeve Eklenmesi</i>	<i>108</i>
5.2.10	<i>Mevcut Yığma/Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi</i>	<i>111</i>
5.2.11	<i>Mevcut Yığma/Dolgu Duvarların LF'ler ile Güçlendirilmesi</i>	<i>117</i>
5.3	YENİLİKÇİ GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	122
6.	TÜRKİYE'DE UYGULANMIŞ VE UYGULANMAKTA OLAN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ARTIRICI YÖNTEMLER	125
6.1	PASİF YÖNTEMLER	126
6.1.1	<i>Bina Cephesi ve Çatısında Yalıtım Uygulanması</i>	<i>126</i>
6.1.2	<i>Yalıtımlı Cephe Kapısı & Pencere Sistemleri Kullanılması</i>	<i>134</i>
6.1.3	<i>Güneş Kırıcı / Gölgeleme Cephe Elemanları Eklenmesi</i>	<i>139</i>
6.1.4	<i>Low-e ve Güneş Kontrol Özellikli Üçlü Doğrama Kullanımı</i>	<i>150</i>
6.1.5	<i>Petek Arkası Isı Yalıtımı</i>	<i>156</i>
6.1.6	<i>Tesisat Boruları, Vanalar, Tanklar ve Havalandırma Kanallarında Isı Yalıtımı</i>	<i>159</i>
6.2	AKTİF YÖNTEMLER	163
6.2.1	<i>Çatı GES Sistemi Kurulumu</i>	<i>163</i>
7.	TÜRKİYE'DE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARININ GELİŞİMİ	169
8.	İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GEREKSİNİMLERİ	173
9.	ÇEVRESEL VE SOSYAL ETKİLER	177
10.	DEĞERLENDİRMELER	179
11.	REFERANSLAR	185
	YAPISAL GÜÇLENDİRME ANKETİ SORULARI	191
	ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMLERİ ANKETİ SORULARI	221
	ANKETE KATILIM SAĞLAYAN PAYDAŞLAR	241



Tablo Listesi

Tablo 1:	2000 Bina Sayımı Kullanım Amacı ve Taşıyıcı Sistem Tiplerine Göre Bina Yüzdeleri	10
Tablo 2:	2001-2015 Yapı İzin İstatistikleri Kullanım Amacı Ve Taşıyıcı Sistem Tiplerine Göre Bina Yüzdeleri	10
Tablo 3:	KADEV Projesi Örnek EVÖ Özet Tablosu	16
Tablo 4:	Katılımcıların Çalıştıkları Güçlendirme Projesi Sayıları	19
Tablo 5:	Firmalarda Çalışan Teknik Personeller ve Kadın Çalışan Oranları	20
Tablo 6:	Katılımcıların Çalıştıkları Güçlendirme Projelerindeki Taşıyıcı Sistem Yüzdesel Dağılımı.....	21
Tablo 7:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Çerçeve Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı	22
Tablo 8:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Çerçeve Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	23
Tablo 9:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perde Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı	24
Tablo 10:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perde Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	25
Tablo 11:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perdeli Çerçeve Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı.....	26
Tablo 12:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perdeli Çerçeve Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	27
Tablo 13:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Ön üretimli Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı	28
Tablo 14:	Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Ön üretimli Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	29
Tablo 15:	Katılımcıların Çalıştıkları Çelik Çerçeve Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı.....	30
Tablo 16:	Katılımcıların Çalıştıkları Çelik Çerçeve Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	31
Tablo 17:	Katılımcıların Çalıştıkları Çaprazlı Çelik Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı.....	32
Tablo 18:	Katılımcıların Çalıştıkları Çaprazlı Çelik Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	33
Tablo 19:	Katılımcıların Çalıştıkları Yığma Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı.....	34
Tablo 20:	Katılımcıların Çalıştıkları Yığma Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı.....	35



Tablo 21:	Firmaların Enerji Verimliliği Alanında Çalıştığı Proje Sayısı	39
Tablo 22:	Firmada Çalışan Sayısı ve Kadın Çalışan Oranı.....	40
Tablo 23:	Katılımcıların Çalıştıkları Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı	40
Tablo 24:	Katılımcıların Çalıştıkları Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı	41
Tablo 25:	Gömülü karbon puanlama cetveli kriterleri	49
Tablo 26:	Enerji verimliliği önlemleri puanlama cetveli kriterleri	50
Tablo 27:	Deprem Talimatnameleri/Yönetmelikleri Tarihleri.....	52
Tablo 28:	Betonarme Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi	63
Tablo 29:	Betonarme Perdeli Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi	64
Tablo 30:	Çelik Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi	65
Tablo 31:	Yığma Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi	66
Tablo 32:	Mantolama ile Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli	71
Tablo 33:	Mantolama Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	73
Tablo 34:	Çelik elemanlarla sargılama güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli	78
Tablo 35:	Çelik Elemanlarla Sargılama Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	79
Tablo 36:	FRP Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	85
Tablo 37:	LF ile Sargılama (FRP) Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları.....	86
Tablo 38:	Binaya Dışarıdan Betonarme Perde Ekleme İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	90
Tablo 39:	Binaya İçeriden Betonarme Perde Ekleme ile Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	90
Tablo 40:	Binaya Dıştan Betonarme Perde Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	92
Tablo 41:	Binaya İçten Betonarme Perde Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	92
Tablo 42:	Binaya dıştan çelik çapraz ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli.....	96
Tablo 43:	Binaya içten çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli.....	97



Tablo 44:	Binaya Dıştan Çelik Çapraz Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	98
Tablo 45:	Binaya İçten Çelik Çapraz Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	99
Tablo 46:	Kütle Azaltılması İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	101
Tablo 47:	Birleşimlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesi yönteminin gömülü karbon puan cetveli	104
Tablo 48:	Birleşimlerin Çelik Elemanlarla Güçlendirilmesi Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	105
Tablo 49:	Çelik Yapısal Elemanların Çelikle Güçlendirilmesi Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	107
Tablo 50:	Çelik Yapısal Elemanların Çelikle Güçlendirilmesi Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	108
Tablo 51:	Dışarıdan çerçeve ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli	111
Tablo 52:	Hasır Çelik Donatılı Sıva İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli	116
Tablo 53:	Hasır Çelik Donatılı Sıva İle Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	117
Tablo 54:	LF İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli	121
Tablo 55:	LF İle Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları	122
Tablo 56:	Çatı ve Cephe Yalıtımı EVÖ Puan Cetveli	127
Tablo 57:	(TS 825, 2008) standardına göre iklim bölgelerinde izin verilen azami ısı geçirgenlik (U) değeri	128
Tablo 58:	TS-825 standardına göre Türkiye'nin 5 iklim bölgesinde bulunan iller	129
Tablo 59:	Çatı ve Cephe Yalıtımı Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	133
Tablo 60:	Yalıtımlı Kapı ve Pencere Kullanımı EVÖ Puan Cetveli	136
Tablo 61:	Yalıtımlı Kapı ve Pencere Kullanımı Gömülü Karbon Puan Cetveli	139
Tablo 62:	Güneş kırıcı ekleme EVÖ puan cetveli	142
Tablo 63:	Güneş kırıcı ekleme gömülü karbon puan cetveli.....	144
Tablo 64:	Perde Kullanımı EVÖ Puan Cetveli	145
Tablo 65:	Perde Kullanımı Gömülü Karbon Puan Cetveli	149
Tablo 66:	Low-e Üçlü Doğrama Kullanımı EVÖ Puan Cetveli.....	151
Tablo 67:	Low-e Üçlü Doğrama Kullanımı Gömülü Karbon Puan Cetveli	155



Tablo 68:	Petek arkası ısı yalıtımı EVÖ puan cetveli	157
Tablo 69:	Petek Arkası Isı Yalıtımı Gömülü Karbon Puan Cetveli.....	158
Tablo 70:	Tesisat Isı Yalıtımı EVÖ Puan Cetveli.....	160
Tablo 71:	Tesisat ısı yalıtımı gömülü karbon puan cetveli	163
Tablo 72:	Çatı GES kurulumu EVÖ puan cetveli	165
Tablo 73:	Kuzey Yarımkürede 30° Enlemde Yerleşik GES Dizileri Eğim Açısının ve Yöneliminin Fonksiyonu Olarak Güç Üretimi Tipik İndirgeme Faktörleri	167
Tablo 74:	Çatı GES kurulumu gömülü karbon puan cetveli	168
Tablo 75:	Türkiye Brüt Elektrik Enerjisi Üretiminde Birincil Enerji Kaynak Paylarının Yıllar İtibariyle Gelişimi- [TEİAŞ]	171
Tablo 76:	Yapısal Güçlendirme Yöntemleri Karşılaştırma Tablosu	182
Tablo 77:	Enerji Verimliliği Önlemleri (EVÖ) Karşılaştırma Tablosu	183



Şekil Listesi

Şekil 1:	Envanterdeki Binaların Yapım Yıllarına Göre Dağılımı	7
Şekil 2:	İkamet Edilen Binaların İnşa Yılına Göre Hanehalkı Oranı (Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması, 2021).....	8
Şekil 3:	Envanterdeki Binaların Kullanım Amacına Göre Dağılımı	9
Şekil 4:	Envanterdeki Binaların Kullanım Türü Ve Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı	9
Şekil 5:	Envanterdeki Binaların Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı	10
Şekil 6:	Envanterdeki Binaların Kat Sayısı ve Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı	11
Şekil 7:	Yığma Bina Stoğunun Kullanım Amacına Göre Kendi İçinde Yüzdesel Dağılımı	11
Şekil 8:	Envanterdeki Binaların Yapım Yılı ve Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı	12
Şekil 9:	Eğitim Binalarının Yapım Yıllarına Göre Dağılımı	13
Şekil 10:	Güçlendirme Anketine Katılım Durumu.....	18
Şekil 11:	Güçlendirme Projelerinde İş Deneyimi Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı	20
Şekil 12:	Katılımcı Firmada Çalışan Teknik Personel Sayısının Dağılımı	20
Şekil 13:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Betonarme Çerçeve Sistemler İçin)	22
Şekil 14:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Betonarme Çerçeve Sistemler İçin)	23
Şekil 15:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Sistemler İçin).....	24
Şekil 16:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Sistemler İçin)	25
Şekil 17:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler İçin).....	26
Şekil 18:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler İçin).....	27
Şekil 19:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Ön üretimli Betonarme Sistemler İçin)	28
Şekil 20:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Yüzdesel Dağılımı (Ön üretimli Betonarme Sistemler İçin).....	29



Şekil 21:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Yüzdesel Dağılımı (Çelik Çerçeve Sistemler İçin).....	30
Şekil 22:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Çelik Çerçeve Sistemler İçin).....	31
Şekil 23:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Çelik Çaprazlı Sistemler İçin).....	32
Şekil 24:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Çelik Çaprazlı Sistemler İçin).....	33
Şekil 25:	Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Yüzdesel Dağılımı (Yığma Yapılar İçin)	34
Şekil 26:	Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Yığma Yapılar İçin)	35
Şekil 27:	Güçlendirme Sonunda Binaların Yüzde Kaçının Fonksiyonunun Veya Kullanım Amacının Değiştiği Sorusuna Verilen Cevap (Tüm Taşıyıcı Sistem Tipleri İçin)	35
Şekil 28:	Güçlendirme Anketine Katılım Durumu.....	37
Şekil 29:	Katılımcıların Yeşil Bina Tasarlamış Olma Durumu Yanıtları	39
Şekil 30:	Katılımcıların alan ısıtma sistemleri için önerdikleri EVÖ'ler.....	42
Şekil 31:	Katılımcıların yenilenebilir enerji üretimi üzerine önerdikleri EVÖ'ler	42
Şekil 32:	Katılımcıların kontrol ve otomasyon sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler.....	43
Şekil 33:	Katılımcıların havalandırma sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler	43
Şekil 34:	Katılımcıların önerdiği pasif enerji verimliliği önlemleri	44
Şekil 35:	Katılımcıların soğutma sistemleri için önerdiği EVÖ'ler	45
Şekil 36:	Katılımcıların önerdiği enerji depolama çözümleri.....	45
Şekil 37:	Katılımcıların fan, pompa ve motorlar üzerine önerdiği EVÖ'ler	46
Şekil 38:	Katılımcıların aydınlatma sistemi için önerdikleri EVÖ'ler.....	46
Şekil 39:	Türkiye Diri Fay Haritası	51
Şekil 40:	1997 Yılında Yayınlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	54
Şekil 41:	Türkiye Deprem Tehlike Haritası (2018)	56
Şekil 42:	Betonarme Eleman ile Kolon Sargılama Tipik Detayı – (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006)	67
Şekil 43:	Betonarme ile Sargılama Uygulama Aşamaları - (Obinna, 2023)	69
Şekil 44:	Kolon Mantolamasında Donatıların Katlar Arasındaki Sürekliliği (Celep, 2022).....	70



Şekil 45:	Çelik Elemanlarla Sargılama Tipik Detayı - (Steel Jacketing of Columns, tarih yok).....	74
Şekil 46:	Çelik Plaka İle Sargılama Tipik Detayı- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006).....	75
Şekil 47:	Elipitik Çelik Plaka İle Sargılama Tipik Detayı- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006).....	76
Şekil 48:	Çelik Elemanlar İle Sargılama Tipik Detayı – [Arup–Sanayi Yapısı Güçlendirme Projesi]	77
Şekil 49:	Farklı Kolon Geometrisine Göre LF Sargı Uygulama Şekilleri - (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).....	80
Şekil 50:	LF ile Sargılama Kullanım Amaçları- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006).....	83
Şekil 51:	Betonarme Perde Eklenmesi Tipik Gösterimi - (Gala, ve diğerleri, 2013-2014)	87
Şekil 52:	Dış Perdenin Mevcut Kirişlere Bağlantısı (Celep, 2022).....	87
Şekil 53:	Mevcut Yapılara Çelik Çapraz Eklenmesi- (Canbay, 2024).....	93
Şekil 54:	Mevcut Yapılara Çelik Çapraz Eklenmesi – [Arup – Okul Binası Güçlendirme Projesi]	95
Şekil 55:	Kat Azaltılarak Kütle Azaltılması	99
Şekil 56:	Çelik Moment Aktaran Birleşim Güçlendirmesi- (Khelifa, Khennane, & Oudjene, 2022)	102
Şekil 57:	Kolonların Plakalar İle Güçlendirilmesi- (Tsavdaridis, 2013)	105
Şekil 58:	Bina Çıkmalarına Dıştan Çerçeve Eklenmesi Örnek Projesi - (Kaplan S. , 2010)	109
Şekil 59:	Ters Yük Varken, Yeni Perde ve Kirişlerin Eski Mevcut Binaya Dikilerek Sabitlenmesi- (Kaplan S. , 2010).....	110
Şekil 60:	Yığma Duvarların Betonarme Tabaka ile Güçlendirilmesi Tipik Detayı-	112
Şekil 61:	Betonarme Çerçeve Binalarda Yığma Duvarların Betonarme Tabaka İle Güçlendirilmesi Tipik Detayı- (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)	114
Şekil 62:	Yığma Binalarda Yığma Duvarların Betonarme Tabaka İle Güçlendirilmesi Tipik Detayı- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006).....	115
Şekil 63:	Yığma Duvarların LF ile Güçlendirilmesi Tipik Detayı (Yığma Binalar İçin) – [Arup Kataloğu].....	118
Şekil 64:	Betonarme Çerçeve Binalarda Yığma Duvarların LF İle Güçlendirilmesi Tipik Detayı – (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)	120



Şekil 65:	Üzerinde Yürünen Yalıtımlı Teras Çatı Detayı – [Arup Facade Glossary]	131
Şekil 66:	Üzerinde Yürünmeyen Yalıtımlı Teras Çatı Detayı - [Arup Facade Glossary]	131
Şekil 67:	Çatı ve Cephe Isı Yalıtımı Birleşim Detayı – [Arup]	132
Şekil 68:	Tipik Taş Giydirme Cephe Arkası Yalıtım Detayı – [Arup]	132
Şekil 69:	İçeriden Yalıtım Eklenmiş Teras Çatı Detayı – [Arup Facade Glossary]	134
Şekil 70:	Yalıtımlı Pencere Profilleri – [Schüco]	135
Şekil 71:	Yalıtımlı Kapı Profilleri – [Schüco]	135
Şekil 72:	Şematik Döner Kapı Planı	136
Şekil 73:	Farklı Yönlerde Bakılan Cephe İçin Güneş Kırıcı Yerleşim Önerileri- [Arup Facade Glossary]	140
Şekil 74:	Alüminyum Giydirme Cepheye Entegre Edilmiş Güneş Kırıcı Detayı – [Arup]	141
Şekil 75:	Alüminyum Cam Giydirme Cepheye Entegre Edilmiş Güneş Kırıcı Detayı – [Aksoy Alüminyum]	141
Şekil 76:	Alüminyum Cam Giydirme Cephe Sistemine Entegre Edilmiş Stor Perde Detayı – [Arup]	148
Şekil 77:	Üç Camlı Alüminyum Cam Giydirme Cephe Sistemi Şematik Kesit- [Arup]	153
Şekil 78:	Hidronik Isıtma Sistemli Bir Binanın Dış Cephe Termografi Görüntüsü. Radyatör Bulunan Bölgelerde Isı Köprüleri Oluşmuş- (Yalıtım Uygulama, 2024)	156
Şekil 79:	Yansıtıcı Yüzeyli Petek Arkası Yalıtım Malzemesi ve Tipik Uygulama Detayı	156
Şekil 80:	Uzun Dönem Ham Petrol Varil Fiyatı Grafiği [Macrotrends.Net]	170
Şekil 81:	Uzun Dönem Doğalgaz Fiyatı Grafiği. Birim: ABD Doları / MMBtu - [tradingeconomics.com]	170
Şekil 82:	G20 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Üretiminin Birincil Enerji Tüketimine Oranı- [data.oecd.org – Veriler 2021 veya daha yeni kaynaklara dayanmaktadır]	172
Şekil 83:	Yapısal Güçlendirme Anketi Karşılaştırmalı Sayfası	191
Şekil 84:	Soru-1 Katılımcı İsmi	191
Şekil 85:	Soru-2 Daha önce Türkiye'de mevcut bir yapının yerinde uygulanmış güçlendirme projesinde çalıştınız mı?	191
Şekil 86:	Soru-3 güçlendirme projesinde görevleriniz neydi?	191
Şekil 87:	Soru-4 Yaklaşık kaç farklı yapının güçlendirme projesinde çalıştınız?	192



Şekil 88:	Soru-5 Toplam güçlendirme projesi iş deneyiminiz kaç m2'dir?	192
Şekil 89:	Soru-6 Firmanızda çalışan teknik personel sayısı kaçtır?	192
Şekil 90:	Soru-7 Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?	192
Şekil 91:	Soru-8 Çalıştığınız yapıları yük taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırdığınızda yaklaşık oranları nasıl olurdu?	193
Şekil 92:	Soru 9 Betonarme çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.	194
Şekil 93:	Soru-10 Çalıştığınız betonarme çerçeve sistem yapıları yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	194
Şekil 94:	Soru 11/1 Çalıştığınız betonarme çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	195
Şekil 95:	Soru-11/2 Çalıştığınız betonarme çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	196
Şekil 96:	Soru-12 Betonarme çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?	196
Şekil 97:	Soru-13 Betonarme perde sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.	197
Şekil 98:	Soru-14 Çalıştığınız betonarme perde sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	197
Şekil 99:	Soru-15/1 Çalıştığınız betonarme perde sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	198
Şekil 100:	Soru-15/2 Çalıştığınız betonarme perde sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	198
Şekil 101:	Soru-16 Betonarme perde sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?.....	199
Şekil 102:	Soru-17 Betonarme perdeli çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.	199
Şekil 103:	Soru-18 Çalıştığınız betonarme perdeli çerçeve sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	200
Şekil 104:	Soru-19/1 Çalıştığınız betonarme perdeli çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	201



Şekil 105:	Soru-19/2 Çalıştığınız betonarme perdeli çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	202
Şekil 106:	Soru-20 Betonarme perdeli çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?	203
Şekil 107:	Soru-21 Ön üretimli betonarme sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.	203
Şekil 108:	Soru-22 Çalıştığınız Ön üretimli betonarme sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	204
Şekil 109:	Soru-23/1 Çalıştığınız Ön üretimli betonarme sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	205
Şekil 110:	Soru-23/2 Çalıştığınız Ön üretimli betonarme sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	206
Şekil 111:	Soru-24 Betonarme Ön üretimli sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?	207
Şekil 112:	Soru-25 Çelik çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.....	207
Şekil 113:	Soru-26 Çalıştığınız çelik çerçeve sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	208
Şekil 114:	Soru-27/1 Çalıştığınız çelik çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	209
Şekil 115:	Soru-27/2 Çalıştığınız çelik çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	210
Şekil 116:	Soru-28 Çelik çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?	211
Şekil 117:	Soru-29 Çelik çaprazlı çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.	211
Şekil 118:	Soru-30 Çalıştığınız çelik çaprazlı çerçeve sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	212
Şekil 119:	Soru-31/1 Çalıştığınız çelik çaprazlı çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	213
Şekil 120:	Soru-31/2 Çalıştığınız çelik çaprazlı çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	214



Şekil 121:	Soru-32 Çelik çaprazlı çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?	215
Şekil 122:	Soru-33 Yığma binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.	215
Şekil 123:	Soru-34 Çalıştığınız yığma yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	216
Şekil 124:	Soru-35/1 Çalıştığınız yığma yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	217
Şekil 125:	Soru-35/2 Çalıştığınız yığma yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?	218
Şekil 126:	Soru-36 Yığma binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zafiyetler nelerdi?	219
Şekil 127:	Soru-37 Güçlendirme sonunda binaların yüzde kaçının fonksiyonu veya kullanım amacı değişti?	219
Şekil 128:	Soru-38 İlk soru için verdiğiniz katılımcı bilgisinin, anket sonuçlarının kullanıldığı proje çıktılarında "katkıda bulunanlar" olarak paylaşılmasını onaylıyor musunuz?	219
Şekil 129:	Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi Karşılama Sayfası	221
Şekil 130:	Soru-1 Katılımcı İsmi	221
Şekil 131:	Soru-2 Daha önce Türkiye'de mevcut bir binanın (ön veya detaylı) enerji etüdünü yapıp bir (ön veya detaylı) enerji etüt raporu hazırladınız mı?	221
Şekil 132:	Soru-3 Daha önce Türkiye'de mevcut bir bina için hazırlanmış enerji etüt raporuna göre elektrik, mekanik, mimari veya yapısal uygulama projesi hazırladınız mı?	222
Şekil 133:	Soru-4 Daha önce Türkiye'de bir yeşil bina tasarladınız mı? (Bu ankette "yeşil bina"; enerji verimliliği, yenilenebilir enerji üretimi, kaynak verimliliği unsurlarından bir veya birkaçını barındıran binaları tanımlamaktadır.)	222
Şekil 134:	Soru-5 Yukarıdaki sorulardan en az birine "Evet" yanıtı verdiniz mi?	222
Şekil 135:	Soru-6 Yaklaşık kaç farklı binanın enerji verimliliği projesinde çalıştınız veya yeşil bina tasarladınız?	222
Şekil 136:	Soru-7 Firmanızda çalışan teknik personel sayısı nedir?	223
Şekil 137:	Soru-8 Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?	223
Şekil 138:	Soru-9 Çalıştığınız mevcut binaların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl oranlısınız? Yüzde olarak belirtiniz.	223
Şekil 139:	Soru-10/1 Çalıştığınız projelerdeki mevcut binaların veya tasarımını yaptığınız yeşil binaların kullanım amacına göre oranları yaklaşık nedir?	224



Şekil 140:	Soru-10/2 Çalıştığınız projelerdeki binaların veya tasarımını yaptığınız yeşil binaların kullanım amacına göre oranları yaklaşık nedir?	225
Şekil 141:	Soru-10/3: Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	226
Şekil 142:	Soru-11/1 Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	226
Şekil 143:	Soru 11/2 Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	227
Şekil 144:	Soru-12/1 Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	227
Şekil 145:	Soru-12/2 Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	228
Şekil 146:	Soru-12/3 Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	228
Şekil 147:	Soru-13/1 Çalıştığınız projelerde kontrol ve otomasyon üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	229
Şekil 148:	Soru 13/2 Çalıştığınız projelerde kontrol ve otomasyon üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	229
Şekil 149:	Soru-14/1 Çalıştığınız projelerde havalandırma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	230
Şekil 150:	Soru 14/2 Çalıştığınız projelerde havalandırma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	231
Şekil 151:	Soru-15/1 Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	232



Şekil 152:	Soru-15/2 Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	232
Şekil 153:	Soru-15/3 Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	233
Şekil 154:	Soru 16/1 Çalıştığınız projelerde soğutma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	233
Şekil 155:	Soru 16/2 Çalıştığınız projelerde soğutma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	234
Şekil 156:	Soru-17/1 Çalıştığınız projelerde enerji depolama üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	235
Şekil 157:	Soru-17/2 Çalıştığınız projelerde enerji depolama üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	235
Şekil 158:	Soru-18/1 Çalıştığınız projelerde fan, pompa ve motorlar üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	236
Şekil 159:	Soru-18/2 Çalıştığınız projelerde fan, pompa ve motorlar üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.	237
Şekil 160:	Soru-19/1 Çalıştığınız projelerde aydınlatma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	238
Şekil 161:	Soru-19/2 Çalıştığınız projelerde aydınlatma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.....	239
Şekil 162:	Soru-20 Yeşil bina tasarımı veya mevcut binalar için enerji etüdü yaptığınız projelerde işveren tarafından talep edilen, veya firmanız tarafından geliştirilen yenilikçi bir enerji verimliliği yöntemi var mı? Evet ise lütfen açıklayınız.	240

Fotoğraf Listesi

Fotoğraf 1:	Perde Duvar İlavesi Yöntemi ile Güçlendirme (Güçlendirme Öncesi Ve Güçlendirme Uygulaması Sırasında Bina Ön Cephe Görüntüsü)	53
Fotoğraf 2:	Fotoğraf-1'deki Binanın Güçlendirme Sırasında ve Güçlendirme Sonrasındaki Ön Cephe Görüntüsü	53
Fotoğraf 3:	sıllave Kolon ile Güçlendirme	53
Fotoğraf 4:	Betonarme Eleman ile Kolon Sargılama aUygulama Örneği – © HİLTİ	67
Fotoğraf 5:	Uygulama Örnekleri – © HİLTİ	71
Fotoğraf 6:	Çelik Elemanlarla Sargılama Uygulama Örneği – (Kaplan & Yılmaz, 2012)	77
Fotoğraf 7:	LF ile Sargılama Uygulama Örneği- (Jdashevsky, 2024)	84
Fotoğraf 8:	LF ile Sargılama Uygulama Örneği- (FRP Applications, 2024)	84
Fotoğraf 9:	Betonarme Perde Eklenmesi Örnek Uygulama - (Rasol, Eren, & Şensoy, 2014)	87
Fotoğraf 10:	Betonarme Perde Eklenmesi Örnek Uygulama- (Utkucu, Budakoğlu, & Gülen, 2011)	89
Fotoğraf 11:	Betonarme Dışarıdan Çapraz Eklenmesi (Celep, 2022)	93
Fotoğraf 12:	Yeni Yapıda Çelik Çapraz Kullanılarak Tasarım ve Uygulama Örneği –	96
Fotoğraf 13:	Örnek Ahşap Döşeme-Yığma Duvar Bağlantısı - (Guerrini, Salvatori, Senaldi, & Penna, 2021)	103
Fotoğraf 14:	Dıştan Çerçeve Eklenmesi Örnek Projesi - (YAHAGI Engineering, tarih yok)	109
Fotoğraf 15:	Yığma Duvarların Hasır Çelik ile Güçlendirilmesi © HİLTİ	112
Fotoğraf 16:	Farklı iklim bölgelerinden yapı örnekleri – [Stock Image]	127
Fotoğraf 17:	Mevcut Bir Yapının Teras Çatısına Eklenen Yalıtım Katmanı - [Arup]	131
Fotoğraf 18:	Rüzgarlık Dış Doğramasında Kayar Kapı İç Doğramasına Döner Kapı Kullanılarak Enerji Verimliliği Sağlanan Müze Girişi	135
Fotoğraf 19:	Cephesinde Hareketli Gölgeleme Elemanları Kullanılmış Yapı Örneği- [Stock Images]	140
Fotoğraf 20:	Cephesinde Hareketli Dikey Güneş Kırıcı Elemanlar Kullanılmış Yapı Örneği- [Stock Images]	140
Fotoğraf 21:	Cepheye Entegre Edilmiş Sürme Panjur Sistemi- [Schüco]	142



Fotoğraf 22:	Özbekistan-Taşkent'te Genleştirilmiş Perfore Alüminyum Gölgeleme Elemanı İle Enerji Verimliliği Sağlanmış Otel Cephesi- [Arup]	143
Fotoğraf 23:	İrlanda – Dublin'de A&L Goodbody Corporate Offices Yapısının Cephesinde Kullanılan Gölgeleme Elemanları - [Studioworks, Arup]	143
Fotoğraf 24:	İngiltere–Surrey'de Lavender&Tamworth Community Nurseries Kreş Yapılarında Kullanılan Dış Gölgeleme Elemanları - [Peter Cook, Arup]	143
Fotoğraf 25:	Stor Perde Kullanım Örnekleri- [Stock Images].....	145
Fotoğraf 26:	Ofis Alanlarında Kullanımı Çok Yaygın Olan Jaluzi Örneği - [Stock Images]	146
Fotoğraf 27:	Almanya'da Okul Cephesinde Dış Stor Kullanımı Örneği - [Serge Ferrari].....	146
Fotoğraf 28:	Işıklık Altına Monte Edilmiş Otomatik Perde Sistemi Örneği - [EŞM].....	148
Fotoğraf 29:	İç Mekanda Güneş Işıklarının Etkisi- [Stock Images]	150
Fotoğraf 30:	Düşük Emisyonlu Güneş Kontrol Camı Sistemi Kullanılmış Yapı Örneği- Konya Tropikal Kelebek Bahçesi ve Böcek Müzesi - [Arup]	151
Fotoğraf 31:	Konya Tropikal Kelebek Bahçesi Ve Böcek Müzesi İç Mekan - [Selçuklu Belediyesi]	152
Fotoğraf 32:	Dış Ortam Boru ve Vana Yalıtım Uygulama Görüntüsü	159
Fotoğraf 33:	Bina İç Teknik Hacimde Doğru Yapılmış Bir Tesisat İzolasyonu	160
Fotoğraf 34:	Yükseltilmiş Konstrüksiyona Yerleştirilmiş Bir Çatı GES Uygulaması	164

Kısaltmalar

ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
Bakanlık	Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BMS	Bina Otomasyon Sistemi
ÇŞİDB	Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EMS	Enerji İzleme Sistemi Kurulumu
EPS	Enerji Performans Sözleşmesi
ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EVD	Enerji Verimliliği Danışmanlık (Firması)
EVÖ	Enerji Verimliliği Önlemi
HRV	Isı Geri Kazanımlı Havalandırma Sistemi
KABEV	Kamu Binalarında Enerji Verimliliği Projesi
KADEV	Kamu Binalarında Deprem Dayanımı ve Enerji Verimliliği Projesi
KAYES	Kamu Binalarının Envanterinin Çıkarılması Çalışmaları
KLF	Karbon Lifli Fiber
LP	Lifli Polimerler
NSEB	Neredeyse Sıfır Enerjili Bina
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli



TA-02	İleri Mühendislik Uygulamaları ve Kapasite Geliştirme için Teknik Destek Danışmanlık
WB/CS-TA-02	İleri Mühendislik Uygulamaları ve Kapasite Geliştirme için Teknik Destek Danışmanlık
TBDY-2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	BM Çevre Programı
VAP	Verimlilik Artırıcı Proje
VRV	Variable Refrigerant Flow (Değişken Soğutucu Akışı)
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizması
YİGM	Yapı İşleri Genel Müdürlüğü
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü





1. Giriş

Ülkemiz, aktif bir deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Özellikle eski binalarımız, mühendislik hizmetlerindeki eksiklikler ve malzeme ile işçilik kalitesindeki yetersizlikler nedeniyle afetlere karşı oldukça kırılgandır. Bu durumu göz önünde bulundurarak, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından "Kamu Binalarında Deprem Dayanımı ve Enerji Verimliliği (KADEV)" projesi geliştirilmiştir. Proje, üç ana bileşenden oluşmaktadır:

- i. Kamu binalarında deprem dayanıklılığı ve enerji verimliliği iyileştirmelerine yönelik yatırımlar.
- ii. Gelişmiş teknik yardım ve kapasite geliştirme.
- iii. Proje uygulama desteği.

Bu bileşenlerden ikincisi kapsamında geliştirilen ve Arup tarafından yürütülen "İleri Mühendislik Uygulamaları ve Kapasite Geliştirme için Teknik Destek Danışmanlık (WB/CS-TA-02)" ile aşağıdaki anahtar faaliyetlerin yapılması planlanmıştır:

- a) Mevcut binaları güçlendirmek ve enerji verimli hale getirmek için yenilikçi mühendislik yaklaşımlarını belirleme,
- b) Yenilikçi mühendislik yaklaşımları konusunda eğitim ve kapasite geliştirme,
- c) Binaların deprem güvenliğinin hızlı yöntemler ile değerlendirilebilmesi için küresel en iyi uygulamaları araştırma.

Projenin ana amacı, Türkiye'deki özellikle kamu binası stoğunun hızlı, etkin ve uygun maliyetle güçlendirilmesi için dünyada kullanımda olan yenilikçi yöntemlerin araştırılmasıdır. Depreme karşı güçlendirme ile birlikte uygulanabilecek yenilikçi ve düşük maliyetli enerji verimliliği iyileştirme yöntemleri de araştırılacaktır. Amaç iki farklı konuda fayda sağlayacak yöntemlerin bir arada uygulanabilme imkanını belirlemek ve buna yönlendirerek toplam faydayı artırmaktır. Araştırma çalışması sonrasında bu yöntemler hem tasarım hem de uygulama safhalarında tecrübe edilecektir. Projenin son safhasında danışmanlık, eğitim, seminer gibi yollar ile derlenen bilginin sektör paydaşlarına ulaştırılması hedeflenmektedir.

Kitabın "Kapsam" bölümünde yapılan çalışmanın içeriği anlatılmıştır. "Yöntem" kısmında kitabın hazırlanmasında izlenen metodoloji anlatılmıştır.



“Türkiye’de Depreme Karşı Güçlendirme Yöntemlerinin Gelişimi” bölümünde güçlendirmenin ülkemizdeki tarihçesi ana hatları ile ortaya konulmuştur. “Türkiye’de Depreme Karşı Güçlendirme Yöntemlerinin Gelişimi” kısmında ülkemizde yoğun olarak kullanılan ve güçlendirmede geleneksel yöntemler olarak tanımlanabilecek her yöntem ile ilgili bilgiler belirlenmiş başlıklar altında irdelenmiştir. “Türkiye’de Uygulanmış ve Uygulanmakta Olan Enerji Verimliliğini Artırıcı Yöntemler” bölümünde de benzer şekilde mevcut binalarda enerji verimliliğini artırıcı yöntemler irdelenmiştir. Kitabın “Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Politikalarının Gelişimi” kısmında ise ülkemizin enerji kaynakları ve enerji politikaları hakkında ve TA-02 projesi kapsamında bilgi verilmiştir. Sekizinci bölümde “İş Sağlığı ve Güvenliği Gereksinimleri” yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmelikleri ile ilgili standartları açıklamıştır. Kitabın “Çevresel ve Sosyal Etkiler” kısmı da mevcut binalarda yapılacak her türlü inşaat çalışmasının çevresel ve sosyal etkilerini değerlendirmiştir. Son olarak “Değerlendirmeler” kısmında da kitap kapsamındaki çıkarımlar değerlendirilip, sunulmuştur. Kitabın en son kısmında ise sırası ile “Referanslar”, “Yapısal Güçlendirme Anketi Soruları”, “Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi Soruları”, ve “Ankete Katılım Sağlayan Paydaşlar” kısımları sunulmuştur.

2. Kapsam

Bu kitap TA-02 projesinin 2. görevi olarak tanımlanan araştırma safhasının ilk aşaması olan “Türkiye’deki Mevcut Güçlendirme ve Enerji Verimliliği Uygulamalarının Araştırılması” sonucunda ulaşılan bilgilerin detaylıca sunulmasını içermektedir. Kitap kapsamında Türkiye’deki mevcut kamu binaları yapı stoğu, Türkiye’de yaygın kullanılan güçlendirme ve enerji verimliliği iyileştirme yöntemleri ve Türkiye’de binaların güçlendirilmesi yaklaşımının gelişimi ele alınmıştır.

Projenin araştırma konusu kamu binalarıdır. Sayısı yüzbinleri bulan kamu binası stoğu içinde özel olarak hangi tip binalara yoğunlaşılması gerektiği ile ilgili bir envanter taraması da yine mevcut durumun değerlendirildiği bu kitap içerisinde ele alınmıştır.

TA-02 projesinin aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Binalarda yapısal güçlendirme ve enerji verimliliğinin artırılması için kullanılan geleneksel yaklaşımların dezavantajlarını azaltan veya ortadan kaldıran yenilikçi yöntemlerin araştırılması. Bu çerçevede yapılacak alt çalışmalar şunlardır:
 - Türkiye’deki yerel uygulamaların araştırılması,
 - Dünyadaki yenilikçi yöntemlerin araştırılması,
 - Kanıtlanmış en iyi uygulamaların ve yaklaşımların hem ulusal hem de uluslararası düzeyde inceleyerek, ilişkili yatırım maliyetleri, faydalar, fırsatlar, zorluklar, çevresel-sosyal, mesleki sağlık ve güvenlik konularını ele alıp, uygulamaları sırasında öğrenilen dersleri ile birlikte belgelenmesi,
 - Ağır hasarlı binaların kısa süreli kullanımına olanak sağlayan geçici önlemlerin araştırılması,
 - Yeni binaların sürdürülebilir tasarımında yenilikçi yaklaşımların araştırılması,
 - Binaların sismik güvenliğini değerlendirmek için hızlı ve uygun maliyetli küresel uygulamaların araştırılması,
 - Enerji verimliliği ile yapısal güçlendirme tekniklerinin bütünleşik bir şekilde değerlendirilmesi ve geliştirilmesi.
- Araştırma alanındaki en iyi uygulamaların ulusal ve uluslararası düzeydeki yatırım maliyetlerini, faydalarını, yarattığı fırsatları, zorluklarını, çevresel, sosyal, iş sağlığı ve güvenliği sorunlarını, uygulama sırasında çıkartılan dersler ile birlikte sunmak,
- Düzenlenen teknik geziler aracılığıyla yenilikçi teknolojilerin saha uygulamalarını gözlemlemek,
- Yapılan araştırma sonuçlarının projeye katkı sağlayabilecek sektör paydaşları ile paylaşılması ve raporlanması,



- Araştırma sonuçlarının tasarım ve yapım aşamalarının uygulanabilirliğinin kontrolü,
- Yenilikçi uluslararası yöntemlerin uygulanmasında tercih edilen standart ve yönetmeliklerin araştırılması,
- Araştırma sonuçlarının sunumlar, eğitimler ve materyaller aracılığıyla yayılması.

Yenilikçi güçlendirme ve enerji verimliliği uygulamalarını araştırmadan önce projenin tanımlı aşamalarından biri de Türkiye'deki güncel güçlendirme ve enerji verimliliğini artırıcı uygulamaların araştırılıp derlenmesidir. Bu aşamanın sonunda da bu teknik değerlendirme raporu kitap formatında hazırlanmıştır.

Bu teknik değerlendirme raporunun esas amacı Türkiye'deki mevcut durumun fotoğrafını çekebilmektir. Kitapta Türkiye'de bu alanda yapılagelen güçlendirme ve enerji verimliliği yöntemleri ayrı ayrı ele alınmış ve detaylıca açıklanmıştır. Her bir yöntemin kullanıldığı durumlar, uygulama aşamaları, avantaj ve dezavantajları, kullanım kısıtları, tasarım ve uygulamada sık görülen hatalar vurgulanmıştır.

TA-02 projesi, kaynak ve işgücü verimini azami seviyeye çıkarmak adına yapısal güçlendirmelerle eşzamanlı yürütülebilecek pasif enerji verimliliği önlemlerine (EVÖ) ağırlık vermektedir. Güçlendirme projeleri esnasında yapı içinde veya dışında zaten inşaat çalışmaları yapılacaktır. Bu esnada enerji verimliliğini artırmak adına uygulanabilecek önlemler açıklanmıştır. Güçlendirme projelerinin uygulaması esnasında oluşabilecek yapı kullanımını kısmen veya tamamen durdurma, yıkım ve yapım işleri, mevcut elektrik ve mekanik tesisatın sökülmesi gibi durumlar varken enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması hem inşaat yükünü azaltacak hem kaynakları en verimli kullanmak adına yardımcı olacaktır.

Pasif önlemlerin önceliklendirilmesinin bir diğer sebebi ise pasif önlemlerin genellikle yoğun inşaat çalışması gerektirmeleridir. Binada kapsamlı bir inşaat çalışması yürütülürken pasif EVÖ'lerin hayata geçirilmesi, güçlendirme çalışmasından bağımsız başka bir tadilat yapılmasına göre tercih sebebidir ayrıca proje yönetimi ve uygulamasında verimlilik sağlayacaktır.

Bazı EVÖ'ler binaya ilave yapısal yükler getirecektir. Bu EVÖ'lerin uygulanabilmesi için binanın gereksinim duyduğu ilave taşıma kapasitesi, yapısal güçlendirme projelerinin çözümü esnasında hesaba katılmalıdır. Kitapta binaya ilave yük getirecek aktif ve pasif yöntemler açıklanmıştır.

Kitap kapsamında sunulan EVÖ'ler hem gömülü karbon hem de enerji performansı ve uygulanabilirlik adına ayrı iki tabloda puanlanmıştır. Kitapta açıklanan yapısal güçlendirme yöntemleri ise gömülü karbon etkisi üzerine değerlendirilmiştir. Bina kullanım ömrü boyunca sebep olunan karbon salımının üçte birinin bina inşaatı sırasında (yapı malzemeleri, ekipmanlar, nakliye, enerji vb.) gerçekleştiği göz önüne alındığında, gömülü karbonu azaltmak 2053 sıfır emisyonlu Türkiye hedefimiz için önemli bir araçtır.

3. Yöntem

Kapsam bölümünde belirtilen konuların araştırılması amacıyla birkaç farklı kaynak kullanılmıştır.

a) Odak Bina Tipolojisinin Belirlenmesi

ÇŞİDB ile görüşülüp kamu binalarına ait envanter bilgileri talep edilmiştir. Bu bilgilerin talep edilmesindeki amaç kamu binalarının genel özelliklerinin anlaşılmasıdır. Bu kapsamda;

- Kamu Binalarının Envanterinin Çıkarılması Çalışmaları (KAYES) projesi kapsamında hazırlanan envanter çalışması sonucunda 230.623 adet kamu binasının taşıyıcı sistemleriyle ilgili temel bilgiler bakanlık tarafından paylaşılmıştır.
- Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) Türkiye'deki bina envanterine ilişkin kamuya açık verileri incelenmiştir.
- Bakanlık tarafından "Kamu Binalarında Deprem Dayanımı ve Enerji Verimliliği Projesi" (KADEV) envanterinden üç üniversite kampüsündeki toplam 10 binaya ait enerji verimliliği değerlendirme sonuçları paylaşılmıştır.
- ÇŞİDB'den, Kamu Binalarında Enerji Verimliliği (KABEV) projesine ait 13 adet detaylı enerji etüt raporu alınmış ve bu projenin amaçlarına uygun olduğu için EVÖ'leri değerlendirilmiştir.

Söz konusu bilgiler kullanılarak güçlendirilmek üzere yenilikçi yöntemler önerilecek hedef bina kitlesi daha net anlaşılmıştır. Bu sayede, önerilen yöntemlere ilişkin daha sağlıklı ve kesin değerlendirmeler yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir.

Elde edilen sonuçlar Bölüm 3.1 ve Bölüm 3.2'de paylaşılmıştır.

b) Anket Çalışması

Ülkemizde kullanılmakta olan depreme karşı güçlendirme yöntemleri ve enerji verimliliğini artırıcı yöntemleri olabildiğince geniş çaplı olarak belirleyebilmek amacıyla iki ayrı anket oluşturulmuştur. Anketler ÇŞİDB'nin de desteğiyle, Türkiye genelinde hizmet vermekte olan tasarım, tedarik, danışmanlık ve uygulama yapan firma ve kişilere ayrıca konu ile ilgili oda ve derneklerle de paylaşılmıştır.

Anketin amacı Türkiye'de uygulanan mevcut yöntemler ile ilgili genel eğilimleri tespit edebilmektir. Her bir anket sorusuna verilen cevaplar sonucunda ortaya çıkan ham veriler değerlendirme aşamasında yorumlanmıştır.

Elde edilen işlenmemiş sonuçlar Bölüm 3.3'te paylaşılmıştır.



c) Firmalarla Görüşmeler

Konu ile ilgili faaliyet gösteren bazı sektör paydaşlarıyla görüşmeler gerçekleştirilmiş; tamamladıkları tasarımlar ve uygulama örneklerine ilişkin bilgiler edinilmiştir. Bu kapsamda, tasarım ve uygulama süreçlerinde karşılaşılan sorunlar ile çözüm önerilerine dair detaylı veriler toplanmıştır. Alınan yorum ve değerlendirmeler ışığında raporun nihai haline karar verilmiştir.

d) Literatür Taraması

Deprem yönetmeliklerimiz, yabancı şartname ve yönetmelikler ile ülkemizde yayın yapan teknik dergiler, kitaplar ve diğer yayınlar taranarak ülkemizde kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Mevcut güçlendirme uygulamalarının anlatıldığı ve raporun ana gövdesini oluşturan Bölüm 5'te derlenen bilgiler, proje ekibinin konu hakkındaki deneyimlerine ve bununla birlikte yapılan literatür taramalarına dayanmaktadır. Yapılan araştırmalara ilişkin kaynaklar raporun sonunda "Referanslar" bölümünde belirtilmiştir.

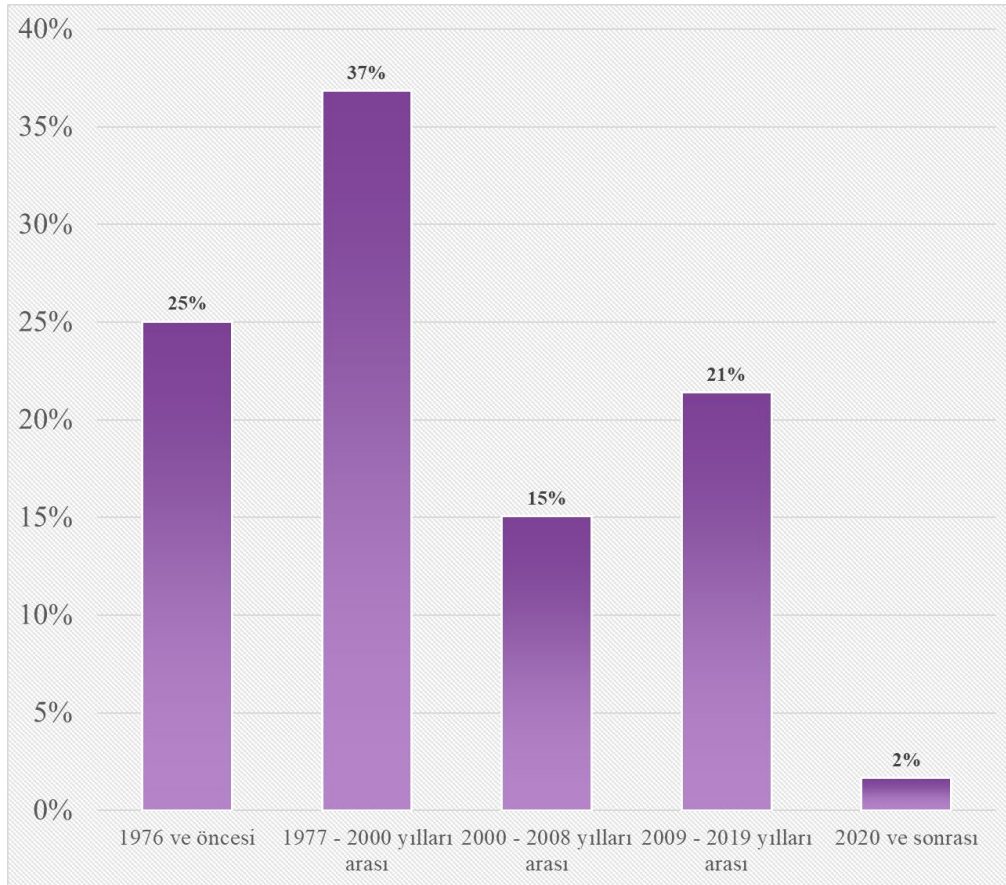
3.1 Kamu Binaları Envanter Araştırması

Türkiye'deki mevcut kamu binası stoğu ile ilgili en kapsamlı veri, ÇŞİDB tarafından yürütülmüş olan envanter çalışması sonucunda toplanmıştır. Bakanlığın bizimle paylaştığı bu veri paketi yurt genelinde toplam 230.623 binaya ait temel bilgileri içermektedir. Bu bilgiler:

- Binanın yapım yılı,
- Binanın taşıyıcı sistem türü,
- Binanın kat sayısı,
- Binanın kullanım amacı'dır.

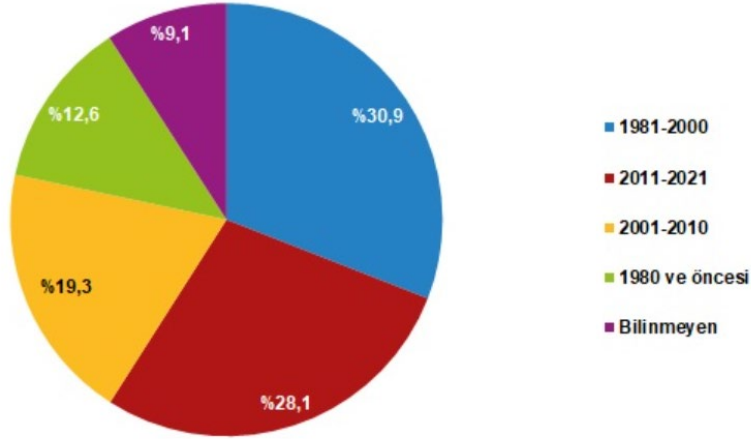
Her bina kendine has taşıyıcı sistem özelliklerine sahiptir. Bu nedenle her binanın deprem etkisi altındaki davranışı farklıdır. Eksiklik ve zayıflıkları ve bunlara bağlı olarak geliştirilecek çözüm önerileri, başka bir deyişle güçlendirme yöntemleri farklı olacaktır. Her güçlendirme yönteminin etkili olduğu ve kullanılabildiği bina tipleri de çeşitlilik göstermektedir. Ancak benzer temel karakteristik özelliklere sahip binalarda prensip olarak aynı yöntemler uygulanabilir. Bu nedenle araştırma sonucunda önerilecek yöntemlerin elimizdeki bina stoğuna uygunluğu aranması gereken ilk şart olmalıdır. Örneğin betonarme binalar için önerilecek bir yenilikçi yöntem yığma binalar için uygulanabilir olmayabileceğinden, eğer bina stoğumuzun çoğu yığma yapı ise, sorunumuz için bir çözüm de olmayacaktır. Benzer şekilde 2000 yılı öncesi yapılmış, malzeme kalitesi düşük, dayanım ve süneklik eksikliği bulunan binalarda mevcut eleman kapasitelerini artırmadan ya da deprem talebini azaltmadan bir güçlendirme mümkün olmayacaktır. Dolayısı ile yenilikçi güçlendirme yöntemlerinin uygunluğu bu çerçevede değerlendirilmelidir. Bu nedenle, proje kapsamında öncelikle yenilikçi güçlendirme yöntemleri önerilecek bina tiplerinden hangilerine odaklanılması gerektiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Şekil 1’de paylaşılan envanter verilerinden binaların yapım yıllarına göre dağılım grafiği çıkartılmıştır. Paylaşılan grafikte binalar ülkemizdeki deprem yönetmeliklerinin yayın tarihleri dikkate alınarak gruplanmıştır. 1998’de yayınlanan ABYHYH (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYHYH-1998), 1998) yönetmeliğinin 2000 yılında ruhsat alan binalar ile yoğun olarak uygulandığı, 2007 yılında yayınlanan DBYBHY yönetmeliğince (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007) 2009 yılından itibaren yoğun olarak kullanıldığı değerlendirilerek, yönetmeliklerin yayın yıllarından sonraki ikinci yıl göz önünde bulundurularak bir sınıflandırma yapılmıştır. 2000 yılının ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı ve uygulamasında bir milat olarak değerlendirildiği düşünüldüğünde tespit edilen dağılım dikkat çekicidir. **Envanterdeki binaların %62’si 2000 yılı öncesi yapılmış binalardır.**



Şekil 1: Envanterdeki Binaların Yapım Yıllarına Göre Dağılımı

Türkiye’deki konut ve işyeri tipi özel mülkiyete tabi bina stoğu ile ilgili net bilgiler bulunmamaktadır. Bununla birlikte TÜİK’in nüfus üzerinden binaları sınıflandırdığı çalışmalar mevcuttur. TÜİK’in kamuya açık paylaştığı veriler Şekil 2’de gösterilmiştir. Bu veriler göz önüne alındığında, 2021 yılında yapılan Türkiye Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması (Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması, 2021) verilerine göre **2000 yılı öncesi binalarda oturan hane halkı oranımız yaklaşık %43,5’tir.** Bu oranın çalışmanın yapıldığı 2021 yılından bugüne bir miktar azalmış olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

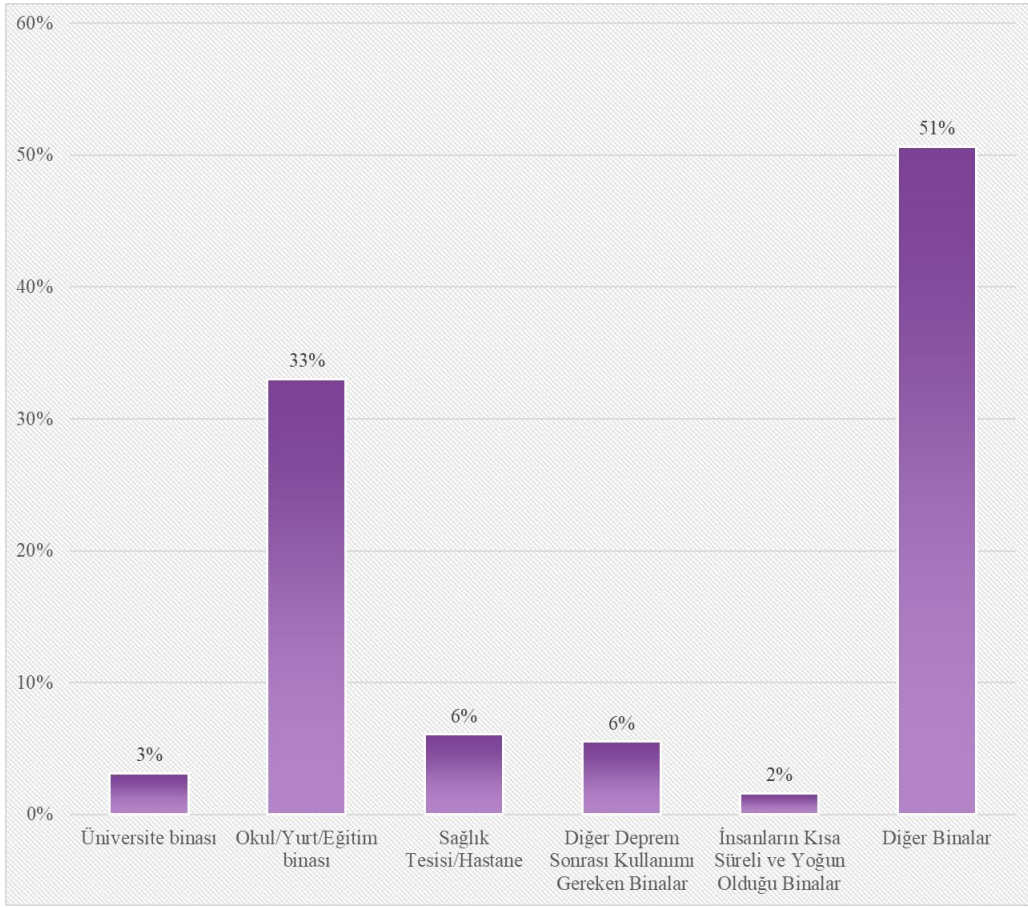


Şekil 2: İkamet Edilen Binaların İnşa Yılına Göre Hanehalkı Oranı (Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması, 2021)

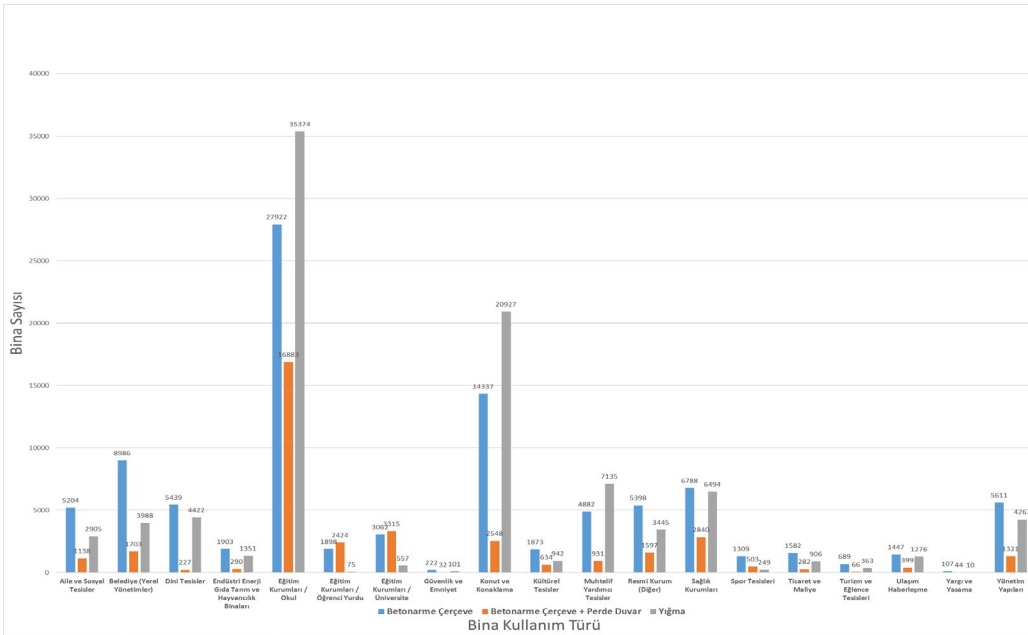
Şekil 3'te envanterdeki binaların kullanım amacına göre dağılımı verilmiştir. Bakanlığın paylaştığı envanterdeki binalar TBDY-2018'de belirlendiği gibi bina önem sınıflarına göre değerlendirildiğinde envanterin yaklaşık %50'sinin konut, lojman, misafirhane gibi deprem güvenliği açısından standart öneme sahip binalar olduğu görülmektedir. Envanterdeki binaların yaklaşık %45 kadarı ise okul, hastane ve yurt gibi TBDY-2018'de yüksek bina önem sınıfı katsayısı ile tasarlanması istenen binalardır. Bu binaların da çok büyük bir bölümü (toplam bina sayısının yaklaşık %35'i) eğitim binalarıdır.

Bir binanın tasarımında kullanılan bina önem katsayısının yüksek olması aynı zamanda bu binaların hedef deprem performans düzeylerinin daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, bu binaların güçlendirme ihtiyaçları aynı malzeme özellikleri ile benzer bir taşıyıcı sisteme sahip konut binalarının güçlendirme gereksinimlerinden farklıdır. Benzer karaktere sahip iki binada benzer güçlendirme yöntemi kullanılsa dahi, daha yüksek deprem performansı beklenen binada güçlendirme miktarı ve dolayısıyla maliyeti fazla olacaktır. Üstelik bina önem katsayısının 1.5 olarak kullanıldığı okul, hastane, yurt gibi binalar TBDY-2018'deki tanımı ile deprem sonrası kullanımı gereken, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalardır. Bu doğrultuda, söz konusu yapılar; deprem anında ve sonrasında ortaya çıkan etkilerden daha fazla insanın doğrudan etkilenebileceği kamu binalarıdır. Toplam içerisindeki oranı, güçlendirme gereksinimi ve muhtemel benzer karakteristikleri düşünülerek, araştırma konusu olan yenilikçi yöntemlerin odaklanacağı bina grupları olarak **“Eğitim Binaları” öne çıkmaktadır. Bununla birlikte “Sağlık Yapıları” ve yine deprem sonrası kullanımı gerekli “İdari Binalar”** da proje çerçevesinde inovatif güçlendirme ve enerji verimliliği çözümü önerilebilecek diğer binalardır.

Şekil 4'te gösterilen bina kullanım türlerini taşıyıcı sistem tipleri ile eşleştirdiğimiz aşağıdaki grafikte ise envanterdeki en büyük payın yığma ve betonarme okul binalarında olduğu açıkça görülmektedir.

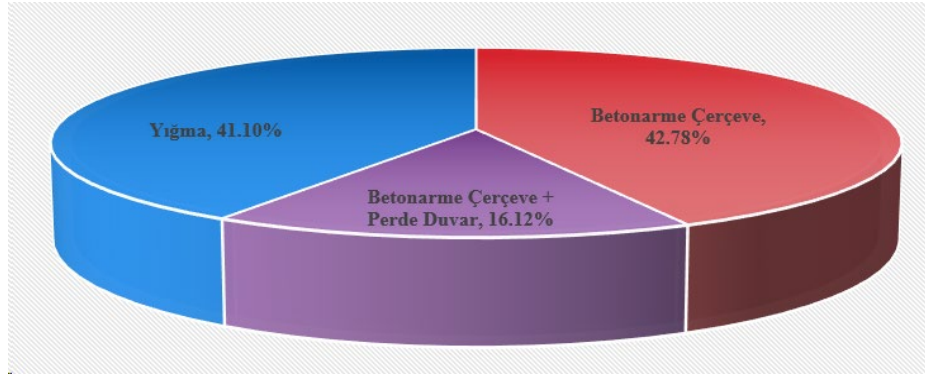


Şekil 3: Envanterdeki Binaların Kullanım Amacına Göre Dağılımı



Şekil 4: Envanterdeki Binaların Kullanım Türü Ve Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı

Taşıyıcı sistem türü açısından kamu binalarının büyük çoğunluğunu betonarme ve yığma binalar oluşturmaktadır. Envanter verilerine göre, yığma bina stoğu %41 gibi dikkat çekici bir orana sahiptir. Betonarme yapılar arasında ise çerçeve sistemler, toplam envanterin %42'sini oluşturarak en yaygın taşıyıcı sistem türü olarak öne çıkmaktadır. Şekil 5'te envanterdeki binaların taşıyıcı sistem tipine göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 5: Envanterdeki Binaların Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı

TÜİK'in 2000 yılı bina sayımı verilerine dayanılarak yapılan bir akademik çalışmada da (Ay & Azak, 2021) özel mülkiyetli binaların taşıyıcı sistemde dağılımı aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Tablo 1). Burada iskelet sistem olarak belirtilen taşıyıcı sistemden kasıt betonarme çerçeve ile betonarme perdeli çerçeve ile düşük oranda olduğunu tahmin ettiğimiz çelik ve ahşap çerçeve sistemlerdir. Sonuçta belirlenen oranlar envanter verileri ile genel olarak paralellik göstermektedir. **Bu çalışmada da yığma bina stoğu toplam yapı stoğunun yaklaşık yarısı olarak görünmektedir.**

Tablo 1: 2000 Bina Sayımı Kullanım Amacı ve Taşıyıcı Sistem Tiplerine Göre Bina Yüzdeleri

Kullanım amacı	Yığma	İskelet	Prefabrik	Tünel kalıp	Toplam
İkamet amaçlı	%44,43	%41,29	%0,17	%0,076	%85,97
İkamet amaçlı olmayan	%6,72	%7,18	%0,12	%0,005	%14,03

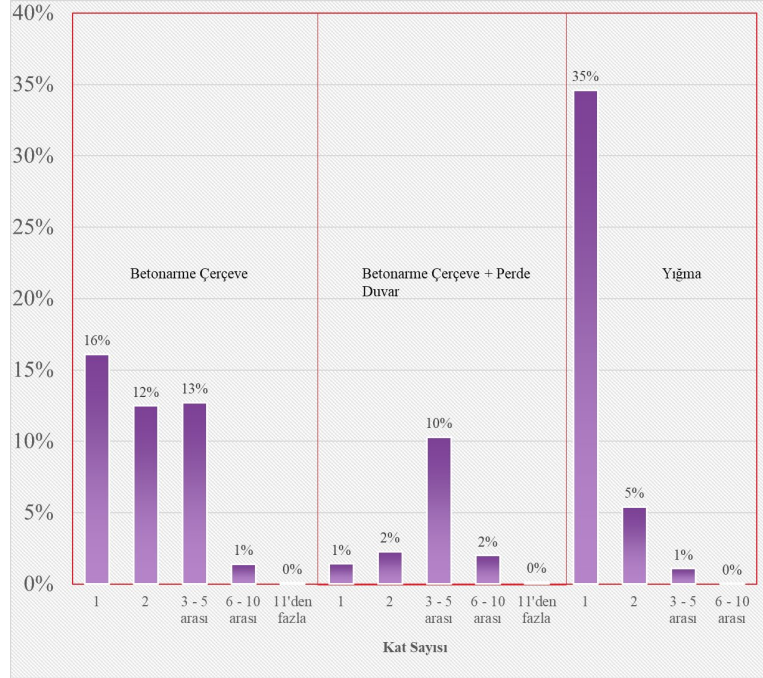
Yine aynı çalışmada (Ay & Azak, 2021) kullanılan TÜİK verilerine göre 2000 yılından sonra yığma bina ruhsatı için başvuru yapı izinlerinde önemli oranda düşüş yaşanmıştır. **2000 yılı sonrasında betonarme sistemler toplam başvuru sayısının %90'ından daha fazladır.**

Tablo 2: 2001-2015 Yapı İzin İstatistikleri Kullanım Amacı Ve Taşıyıcı Sistem Tiplerine Göre Bina Yüzdeleri

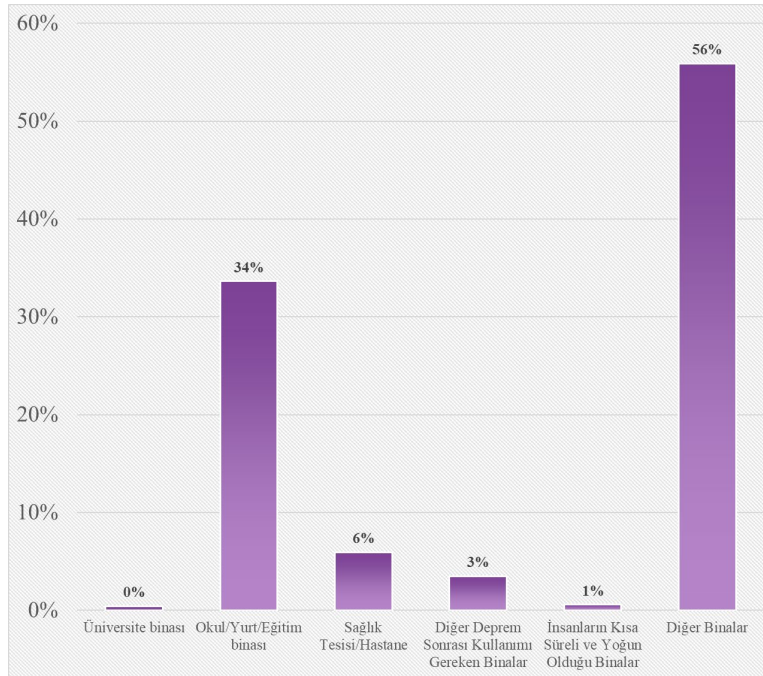
Kullanım amacı	Yığma	Çelik iskelet	Ahşap iskelet	Betonarme iskelet	Kompozit	Prefabrik	Toplam yüzde
İkamet amaçlı	%5,19	%0,18	%0,20	%79,29	%0,51	%0,30	%85,67
İkamet amaçlı olmayan	%0,51	%0,91	%0,06	%11,51	%0,36	%1,00	%14,33

KAYES kapsamında elde edilen envanter verilerindeki yığma binaların büyük çoğunluğu (yaklaşık %35'i) tek katlı yapılardır. İki katlı yığma binalar envanterdeki tüm binaların yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır. Yığma binaların önemli bir bölümünün okul binaları olduğu daha önce de vurgulanmıştır. Bunun yanında sağlık ocağı, aile sağlığı merkezi, lojman, cami, muhtarlık gibi farklı amaçlarla kullanılan binalar bulunmaktadır. Binaların önemli bir kısmı taşrada bulunmaktadır. Şekil 6'da

envanterdeki binaların kat sayısı ve taşıyıcı sistem tipine göre dağılımı verilmiştir. Şekil 7’de ise yığma bina stoğunun kullanım amacına göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 6: Envanterdeki Binaların Kat Sayısı ve Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı

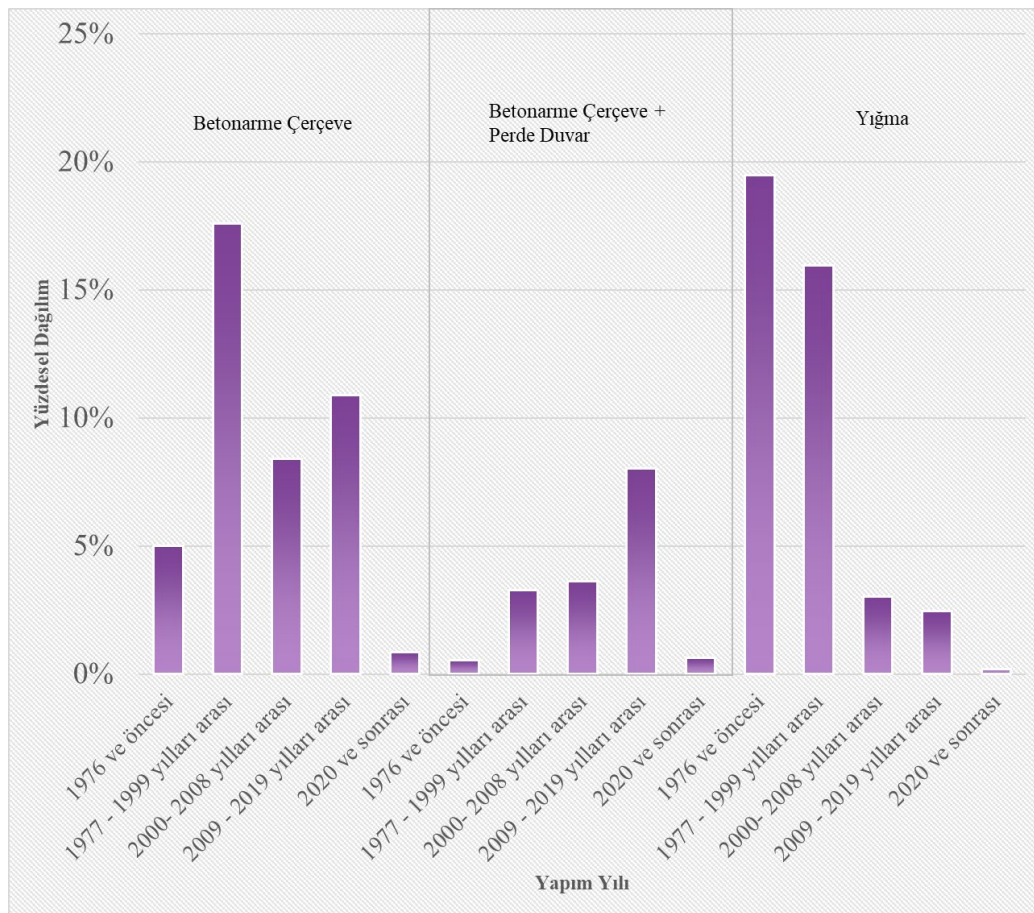


Şekil 7: Yığma Bina Stoğunun Kullanım Amacına Göre Kendi İçinde Yüzdesel Dağılımı

Yığma bina envanterinin önemli bir bölümü eğitim yapılarıdır ve 2000 yılı öncesi yapılmış yapılardır. 1976 yılı öncesinde yapılmış yığma binalar tüm envanterin yaklaşık %20'sine tekabül etmektedir. 1976-2000 yılları arasında yapılmış yığma

binalar ise toplam bina stoğunun yaklaşık %15'idir. **Dolayısı ile yığma binaların %90'a yakınının 2000 yılı öncesi yapılmış binalar olduğu anlaşılmaktadır.**

Envanterdeki betonarme çerçeve sisteme sahip binaların %5'i 1976 yılı öncesinde yapılan binalardır. 1976-2000 yılları arasında yapılan ve betonarme çerçeve sisteme sahip olan binalar ise toplam envanterin %17'sidir. Şekil 8'de envanterdeki binaların yapım yılları ve taşıyıcı sistem tipine göre dağılımları verilmiştir.

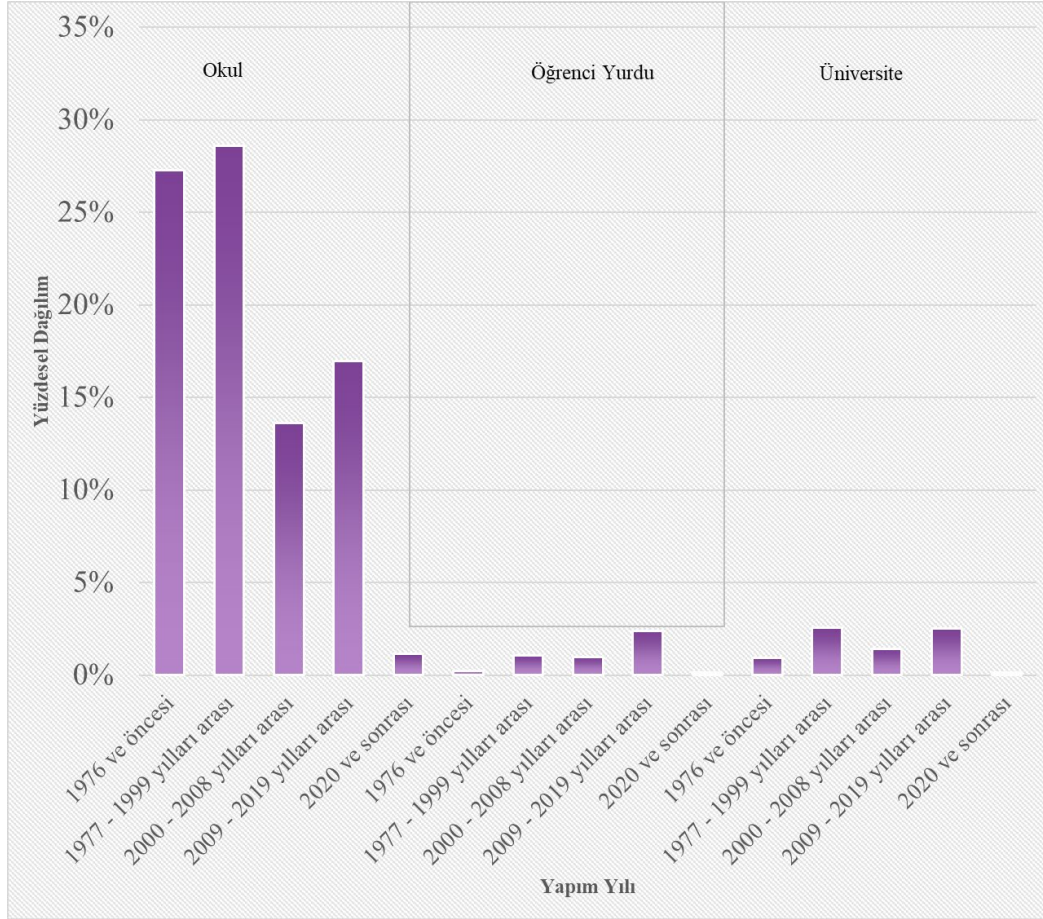


Şekil 8: Envanterdeki Binaların Yapım Yılı ve Taşıyıcı Sistem Tipine Göre Dağılımı

Envanterdeki en fazla sayıda yapıya sahip olan eğitim binalarını özel olarak incelediğimizde bunların da önemli kısmının ilk, orta ve lise seviyesinde okullar olduğu aşağıdaki tablodan görülebilmektedir. Bu binaların yarısından fazlası 2000 yılı öncesi yapılmış yapılardır. Şekil 9'da eğitim binalarının yapım yıllarına göre dağılım grafiği verilmiştir.

Bu sonuçlara göre **“2000 yılı öncesi yapılmış tek katlı yığma okul binaları”** envanter içerisindeki binaların sayıca önemli bir kısmını (envanterdeki toplam bina sayısının yaklaşık %13'ü) oluşturduğu belirlenmiştir. Tek katlı yığma okul binaları çoğunlukla taşradaki köy okullarının da içerisinde bulunduğu binalardır. Bu okulların bir bölümü kullanımda olmayabilir. Önemli bir kısmının da Millî Eğitim Bakanlığı'nın güncel okul standartlarını karşılamayacağı değerlendirilmektedir. Tek katlı olmaları sebebi ile

yıkılıp yeniden yapılma maliyetlerinin yenilikçi yöntemler ile güçlendirme maliyetlerinden daha düşük olması beklenebilir. Bu binaların gereklilik durumunda güçlendirme yerine yenilenmeleri güncel okul standartlarına uyum açısından da değerlendirilmelidir.



Şekil 9: Eğitim Binalarının Yapım Yıllarına Göre Dağılımı

Eğitim binalarının çoğunun yığma binalar olduğu fakat 2000 yılı sonrası yapılmış eğitim binalarının çoğunluğunun betonarme çerçeve veya perdeli sisteme sahip binalar olduğu görülmektedir.

Bu sonuçlara göre yenilikçi yöntem önerileri üretilecek betonarme binalar da “**2000 yılı öncesi yapılmış 5 kata kadar çerçeve veya perdeli sisteme sahip eğitim binaları**” ile “**2000 yılı sonrası yapılmış 5 kata kadar çerçeve veya perdeli sisteme sahip eğitim binaları**” olmak üzere iki ayrı kategoriye ayrılabilir. 2000 yılı gerek malzeme gerekse de depreme dayanıklı tasarım ve yapım esasları açısından bir milat sayılabilir. Eğitim binaları mimari ve yapısal açıdan benzerlikler gösterir. Bu benzerliklere yükseköğretim kurumları ve öğrenci yurtlarında da rastlanabilir. Bunun yanında diğer resmi kurum binaları da taşıyıcı sistem özellikleri açısından eğitim binalarına yakın özellikler göstermektedir.

3.2 Kamu Binaları için Yapılmış Enerji Etüt Çalışmaları

Ülkemizde enerji verimliliği etüt çalışmaları enerji verimliliği danışmanlık şirketlerince (EVD) yürütülür. İlgili yasal çerçeveyi oluşturan kanun ve yönetmelikler listelenmiştir:

- 18/04/2007 tarihli Enerji Verimliliği Kanunu
Amaç: Enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır.
- 27/10/2011 tarihli Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik
Amaç: Enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.
- 24/07/2012 tarihli T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından yayınlanan Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Tebliğ
Amaç: Enerji verimliliği ile ilgili eğitim, etüt, proje ve danışmanlık hizmetlerinin yürütülmesi amacıyla, üniversitelerin, makina mühendisleri odasının, elektrik mühendisleri odasının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesinde uygulanacak usul ve esasları belirlemektir.
- 24/08/2022 tarihli Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Uygulama Usul ve Esasları 24/07/2012 tarihli ilgili tebliğin güncellenmiş sürümüdür.

Bu bağlamda EVD firmaları temel olarak:

- Mevcut yapılardaki enerji performansını tespit etmek, bunun için kalibre ölçüm cihazlarıyla test ve ölçümler yapmak,
- Enerji verimsiz noktaların tespit edilmesine EVÖ'ler önermek,
- TC ETKB tarafından sağlanan Verimlilik Artırıcı Proje (VAP) ve gönüllü anlaşma desteklerinden yararlanmak üzere başvuruda bulunmak,

görevlerini yürütürler. Buna ek olarak dünyada ve ülkemizde önemli bir enerji verimliliği finansman modeli olan EPS (enerji performans sözleşmesi) modeli hizmet alımlarına danışmanlık edebilirler. Enerji etüt raporu kapsamında sundukları EVÖ'lerin proje tasarım firmaları tarafından uygulama projelerinin çizimini denetleyebilir, EVÖ'lerin sahada uygulamasını denetleyebilirler.

Kamu otoriteleri kamu binalarında enerji verimliliğini artırmak adına iç ve dış kaynaklı çeşitli projeler yürütmektedir. Bunlara önemli bir örnek olan KABEV projesi, Dünya Bankası tarafından fonlanarak, ÇŞİDB-Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (YİGM) tarafından ETKB desteği ile uygulanmaktadır.



Bir diğer örnek olan KADEV Projesinin amacı da benzer olup, enerji kullanımı bakımından verimsiz olan ve deprem riski yüksek olan kamu binalarının (eğitim binaları, yurtlar, hastaneler ve idari binalar) depreme karşı güçlendirilmesi ve enerji verimliliğinin sağlanmasıdır. Benzer şekilde Dünya Bankası finansmanı ile ÇŞİDB YİGM kontrolünde ilerlemektedir.

Bahsi geçen projeler dahil tüm kamunun enerji verimliliği projelerinde etüt raporları yukarıda detaylarıyla bahsedilen EVD firmaları tarafından hazırlanmaktadır. Bu enerji etüt raporları Türkiye'deki mevcut EVÖ'lerin en önemli kaynağıdır. Tablo 3'te KADEV raporlarından alınan örnek bir EVÖ özet tablosu gösterilmektedir.

Kamunun hem politik çerçeve hem de KABEV ve KADEV gibi önemli projeler ışığında öncülük ettiği enerji verimliliği sektöründe ülkedeki mevcut uygulamaların göstergeleri olarak ÇŞİDB tarafından paylaşılan KADEV etüt raporları incelenmiştir. ÇŞİDB'nin Arup ile paylaştığı 3 etüt raporunda aşağıdaki binalar incelenmiştir:

- Boğaziçi Üniversitesi Sarıtepe (Kilyos) Kampüsü
 - 1. Öğrenci Yurdu – 2002 – 9.482 m²
 - Yabancı Diller Yüksek Okulu – 1991 – 9.336 m²
 - Sosyal Tesis – 1994 – 1.080 m²
- Boğaziçi Üniversitesi Uçaksavar Kampüsü
 - Öğrenci yurdu – 2022 – 19.700 m²
- İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü Vadi Bölümü
 - Vadi Yurdu B Binası – 1994 – 5.151 m²
 - Vadi Yurdu C Binası – 1994 – 5.179 m²
 - Vadi Yurdu D Binası – 1994 – 5.161 m²
 - Vadi Yurdu E Binası – 1994 – 5.177 m²
 - Vadi Yurdu Spor Salonu – 1994 – 1.298 m²
 - Vadi Yurdu Yemekhane – 1994 – 1.350 m²

Buna ek olarak Arup, Türkiye'de çeşitli enerji verimliliği projeleri yürütmektedir. Bir diğer Dünya Bankası fonlu proje kapsamında Arup'un erişimi altında olan 13 adet KABEV raporunda önerilen enerji verimliliği önlemleri incelenmiştir.

Son olarak Arup'un Türkiye'deki enerji verimliliği çalışmaları hakkındaki bilgisi, kendi yürüttüğü etüt ve projelerde uyguladığı çözümler, Türkiye'de bulunan en kapsamlı ve güncel sektörel kaynak olan TCETKB – Temmuz 2023 – (Enerji Verimliliği Eğitim Kitabı, 2023)'nda önerilen çözümler derlenmiş, TA-02 projesi amaç ve kapsamına uygun olan önlemler seçilmiştir.



Tablo 3: KADEV Projesi Örnek EVÖ Özet Tablosu

No.	Enerji Verimliği Önlemi [EVÖ]	Enerji Tipi [elektrik, doğalgaz]	Hesaplanan Yıllık Enerji Tasarrufu [kWh]
1	Öğrenci Yurdu binasında: 1. Pencere -kapı ve doğrama yapısı U değeri=2,0 olacak şekilde çift camlı doğramalı ısı yalıtımlı pencere kullanılması 2. Toprak temaslı duvarların bina içerisinden 6 cm'lik XPS yapılması 3. C Bloкта yer alan ana giriş kapısının termal yalıtıma sahip ikamesi ile değiştirilmesi. (11,5m ²) önerilerinin birlikte uygulanması	Doğalgaz	114. 123, 91
2	Sosyal tesis binasında: 1. 657,11 m ² dış hava temaslı duvar yapısı 8 cm taş yünü ile izole edilmesi 2. 690,94 m ² binanın tabanına 6 cm XPS ile izolasyon güçlendirmesi yapılması 3. 151,57m ² binaya ait pencere ve doğramaların U=2,0 sağlayacak şekilde yenilemesinin yapılması 4. 144,32 m ² PVC kapı doğrama ve pencereleri (U=2,0) ve 29,83 m ² diğer kapı ve doğramalarında U=2,1 olacak şekilde yenilenmesi	Doğalgaz	96. 537, 00
		Elektrik	5.094, 30
3	Yabancı Diller Okulu A Blok 1. Toprak temaslı duvar 6 cm XPS uygulanması 2. Pencere ve doğrama U=1,9 olacak şekilde yenilenmesi 3. U=2,3 olacak şekilde kapıların yenilenmesi Yabancı Diller Okulu B Blok 1. Mevcut izolasyonun hava temaslı duvardan alınarak yerine 10 cm taş yünü uygulaması yapılması 2. Pencere ve doğrama U=1,5 olacak şekilde yenilenmesi 3. Kapı değişimleri 2,3 olacak şekilde revizyon yapılması 4. Taban alanına 6 cm XPS ile yalıtım yapılması	Doğalgaz	85. 470, 65
		Elektrik	16.878,95
4	Öğrenci Yurdu mevcut ısıtma sisteminin yertipi yoğunmalı kazan ile değiştirilmesi ve ısıtma sisteminin rehabilite edilmesi	Doğalgaz	237. 157,96

3.3 Anket Çalışması

Türkiye’deki güncel uygulamaları doğrudan bu alanda çalışan kişi ve firmalardan öğrenebilmek ve elde edilen verinin ölçülebilir, karşılaştırılabilir ve değerlendirilebilir olmasını sağlayabilmek adına sektör paydaşları ile 6 Şubat 2024 ve 26 Şubat 2024 tarihleri arasında bir anket çalışması yapılmıştır.

3.3.1 Yapısal Güçlendirme Anketi

Yapısal güçlendirme anketinin ana amacı ülkemizde hangi güçlendirme yöntemlerinin yaygın olarak kullanıldığını belirlemek ve ilgili katılımcılar tarafından uygulanan, yenilikçi uygulamalar hakkında bilgi alabilmektedir. Bu anlamda hazırlanan anket bir veri tabanı elde etmekten ve bu veri tabanına göre çıkan sonuçların nedenlerini araştırmaktan ziyade, sektörde güçlendirme ile ilgilenen paydaşlar arasında genel maksatlı bir eğilim yoklaması niteliğindedir. Doğal olarak anket sorularına verilen yanıtlar kantitatif değerlendirmeye tabi tutulmuş ancak anket sonuçlarındaki istatistiksel dağılımın sayısal sonucundansa katılımcıların daha çok ve daha az tercih ettikleri yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, hangi tip taşıyıcı sistemlerde hangi güçlendirme yöntemlerinin tercih edildiği, güçlendirme yapılan binaların yapım yıllarına ve kullanım türüne göre dağılımı da anket sonucunda öğrenilmek istenen bilgiler arasındadır.

Şunu özellikle belirtmek gerekir ki bu anket çalışması bilimsel tabanlı ve akademik araştırmalarda da kullanılmak amacı ile hazırlanmamış ancak verilen cevaplar ile sektörde bugüne kadar güçlendirme uygulamaları ile yoğun olarak çalışan tüm paydaşların da bildiği ve tahmin ettiği mevcut pratiği yansıtabileceği fikri ile geliştirilmiş ve rapora eklenmiştir. Anket sonuçları rapor içeriğini ve rapor kapsamında yapılan araştırmaları doğrudan etkilememiştir.

Anket sonuçları değerlendirilirken her bir katılımcının cevapları kendi içerisinde normalize edilmiş ve eğilim sonuçları değerlendirilmiştir. Her bir soru için verilen cevaplar katılımcıların çalıştıkları güçlendirme proje sayısı ve/veya toplam bina alanı üzerinden ağırlıklı ortalamalar hesap edilerek değerlendirilmemiştir. Bunda en büyük sebep; kullanıcıların verdikleri cevapların ağırlığını beyan ettikleri çalışılan proje sayısına göre değerlendirmemektir. Zira birkaç kullanıcı tarafından çok yüksek sayıda beyan edilmiş ve doğruluğu teyit edilemeyecek çalışılan proje sayısı bilgisine göre verileri ağırlıklı bir değerlendirmeye tabi tutmak, diğer kullanıcıların verdiği cevapları yok saymak anlamına gelebilir. Böylece yapılacak istatistiksel değerlendirmeler de yanlış sonuçlara mahal verebilir.

Anket, Microsoft Office Forms altyapısı kullanılarak tarafımızdan hazırlanmış, ÇŞİDB tarafından çevrimiçi ortamda paydaşlara gönderilmiştir. Paydaşlar belirlenirken ilgili konuların farklı alanlarında çalışan bireylerin en geniş katılımın sağlanması hedeflenmiştir. Bu anlamda ilgili konularda çalıştığı bilinen tasarımcı, tedarikçi ve yükleniciler belirlenmiştir. Bununla birlikte anket, üyeleri ile paylaşımları üzere belirlenen dernek ve odalara gönderilmiştir. Anket, yine aynı maksatla akademisyen ve öğretim elemanları ile paylaşılması üzere belirlenen üniversite bölüm başkanlıkları ile de paylaşılmıştır. Sonuç olarak anket;

- 72 tasarımcı firma,
- 8 tedarikçi firma,
- 7 yüklenici firma,
- Üyeleri ile paylaşılacak üzere 18 dernek ve oda,
- Akademisyen ve öğretim üyeleri ile paylaşılacak üzere 25 devlet üniversitesi inşaat mühendisliği bölüm başkanlığı ile paylaşılmıştır.

Anketin yayınlandığı 6 Şubat 2024'ten 26 Şubat 2024 tarihine kadar 124 farklı firma/şahıs/akademisyen tarafından ankete giriş yapıldığı tespit edilmiştir. Anketin ulaştığı kişi veya firmalardan 21'i katılımcı olarak daha önce bir güçlendirme projesinde çalıştığını beyan ederek sonraki sorulara kısmen ya da tamamen cevap vermişlerdir.

2. Daha önce Türkiye'de mevcut bir yapının yerinde uygulanmış güçlendirme projesinde çalıştınız mı?

[More Details](#)

● Evet, çalıştım	21
● Hayır, çalışmadım	103



Şekil 10: Güçlendirme Anketine Katılım Durumu

Anket sonuçları 3.3.2 Anket Sonuçları başlığında özetlenmiştir.

Toplam 38 sorudan oluşan ankette sırası ile şu ana başlıklar altında sorulara yanıt aranmıştır:

1. Katılımcının güçlendirme konusunda çalıştığı alan (tasarımcı, uygulamacı, danışman vb.) ve güçlendirme tecrübesi
2. Çalışılan güçlendirme projelerindeki taşıyıcı sistem türlerinin (betonarme çerçeve, çelik çerçeve, yığma vb.) dağılımı
3. Her bir taşıyıcı sistem türü için kullanılan güçlendirme yöntemleri (mantolama, perde ekleme, çelik takviye vb.)
4. Güçlendirilen her bir taşıyıcı sistem türünün yapım yıllarına göre dağılımı
5. Güçlendirilen her bir taşıyıcı sistem türünün kullanım amacına göre dağılımı
6. Güçlendirilen her bir taşıyıcı sistem için tespit edilen zayıflık türleri
7. Güçlendirme sonucu binanın fonksiyonunun değişip değişmediği

3.3.2 Yapısal Güçlendirme Anketi Sonuçları

Katılımcı Bilgileri

3. soru olarak ankete kısmen ya da tamamen yanıt veren 21 katılımcının tecrübe ettikleri güçlendirme projesindeki görevleri sorulmuş ve “tasarımcı, uygulamacı, danışman ve tedarikçi” seçeneklerinden birden fazlasını seçme imkânı verilerek cevaplamaları istenmiştir. Anket katılımcılarının profili bu sorunun cevapları ile aşağıdaki gibi ortaya çıkmaktadır:

- Katılımcıların **üçü** daha önce güçlendirme projelerinde tasarımcı, uygulamacı, danışman ve tedarikçi
- **Biri** tasarımcı, uygulamacı ve danışman
- **Dördü** tasarımcı ve danışman
- **Biri** danışman
- **Sekizi** tasarımcı
- **Biri** tedarikçi
- **Üçü** de uygulamacı

olarak görev aldığını beyan etmiştir. Bu sonuçlardan ankete çoğunlukla tasarımcılar tarafından cevap verildiği görülmektedir.

4. soruda katılımcılara, kaç farklı yapının güçlendirme projesinde çalıştıkları sorulmuştur. Ancak, elde edilen verilerde iki katılımcının bu soruya yanıt vermekten kaçındığı, üç katılımcının ise gerçekçi sınırların oldukça üzerinde sayılar verdiği görülmüştür. Aşağıdaki Tablo 4’te kırmızı ile işaretlenen ve boş olarak görülen hücrelerdeki bu cevaplar filtrelendiğinde 16 yanıtın ortalaması olarak katılımcıların 31 projede çalıştıkları sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 4: Katılımcıların Çalıştıkları Güçlendirme Projesi Sayıları

	Yaklaşık kaç farklı yapının güçlendirme projesinde çalıştınız?
Katılımcı-1	5
Katılımcı-2	9
Katılımcı-3	1000
Katılımcı-4	2000
Katılımcı-5	15
Katılımcı-6	6
Katılımcı-7	2
Katılımcı-8	3000
Katılımcı-9	
Katılımcı-10	1
Katılımcı-11	
Katılımcı-12	200
Katılımcı-13	10
Katılımcı-14	100
Katılımcı-15	5
Katılımcı-16	100
Katılımcı-17	10
Katılımcı-18	1
Katılımcı-19	2
Katılımcı-20	15
Katılımcı-21	20

5. soru olarak katılımcılara toplam güçlendirme projesi iş deneyimlerini alan olarak belirtmeleri istenmiştir. Ankete katılanların büyük çoğunluğunun güçlendirme iş deneyimi 100.000 m² ile 1.000.000 m² arasındadır. 2.000.000 m² deneyimin üzerinde iki katılımcı bulunmaktadır.

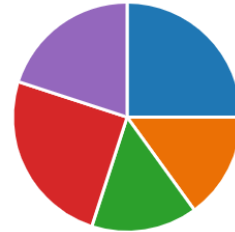
0-20.000 m ²	6
20.000-100.000 m ²	5
100.000-1.000.000 m ²	8
1.000.000-2.000.000 m ²	0
>2.000.000 m ²	2



Şekil 11: Güçlendirme Projelerinde İş Deneyimi Sorusuna Verilen Cevapların Dağılımı

6. soruda katılımcıların firmalarında çalışan sayıları sorulmuştur. Verilen yanıtlar aşağıda Şekil 12’te grafiksel olarak gösterilmiştir.

0 - 5	5
6 - 10	3
11 - 15	3
16 - 40	5
> 40	4



Şekil 12: Katılımcı Firmada Çalışan Teknik Personel Sayısının Dağılımı

7. soruda firmada katılımcılardan çalışan kadın personelin yüzdesel oranını belirtmeleri istenmiştir. Aşağıda Tablo 5’ten görülebileceği gibi ankete cevap veren firmalarda çalışan kadın oranı %30’un üzerinde görülmektedir. Ancak bu verinin doğruluğu teyide muhtaçtır.

Tablo 5: Firmalarda Çalışan Teknik Personeller ve Kadın Çalışan Oranları

	Firmanızda çalışan teknik personel sayısı nedir?	Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?
Katılımcı-1	0 - 5	3
Katılımcı-2	11 - 15	10
Katılımcı-3	16 - 40	20
Katılımcı-4	6 - 10	66,6
Katılımcı-5	0 - 5	1
Katılımcı-6	11 - 15	14
Katılımcı-7	0 - 5	40
Katılımcı-8	11 - 15	40
Katılımcı-9	> 40	
Katılımcı-10	16 - 40	40
Katılımcı-11	16 - 40	50
Katılımcı-12		
Katılımcı-13	0 - 5	0
Katılımcı-14	> 40	35
Katılımcı-15	> 40	30
Katılımcı-16	16 - 40	40
Katılımcı-17	6 - 10	2
Katılımcı-18	> 40	30
Katılımcı-19	0 - 5	0
Katılımcı-20	16 - 40	35
Katılımcı-21	6 - 10	50

Güçlendirmenin Uygulandığı Taşıyıcı Sistemlerin Dağılımı

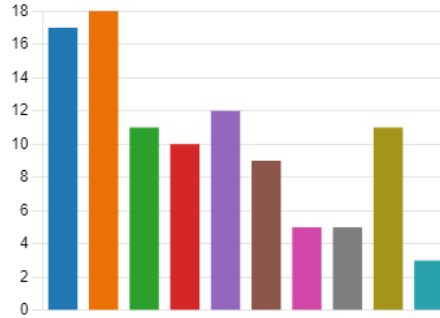
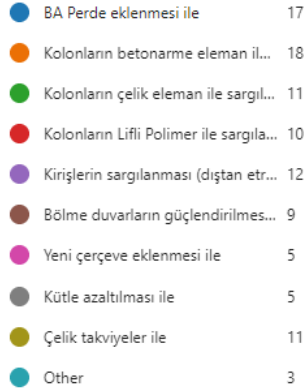
8. soruda katılımcıların güçlendirme projelerinde çalıştıkları yapıları taşıyıcı sistem türüne göre sırası ile; betonarme çerçeve sistem, betonarme perdeli sistem, betonarme perdeli çerçeve sistem, ön üretimli betonarme sistem, çelik çerçeve sistem, çelik çaprazlı sistem ve yığma yapı için oransal olarak sınıflandırmaları istenmiştir. Tablo 6’da cevap olarak verilen oranlar normalize edilerek sunulmuştur. Cevaplara göre **en çok güçlendirilen taşıyıcı sistem türü betonarme çerçeve sistemleri olduğu görülmüştür.**

Tablo 6: Katılımcıların Çalıştıkları Güçlendirme Projelerindeki Taşıyıcı Sistem Yüzdesel Dağılımı

	Betonarme çerçeve sistem (%)	Betonarme perde sistem (%)	Betonarme perdeli çerçeve sistem (%)	Prekast betonarme sistem (%)	Çelik çerçeve sistem (%)	Çelik çaprazlı sistem (%)	Yığma yapı (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	29	19	24	10	5	5	10	100
Katılımcı-2	10	20	20	0	10	25	15	100
Katılımcı-3	30	5	10	5	20	20	10	100
Katılımcı-4	37	40	1	1	1	0	20	100
Katılımcı-5	33	0	0	0	33	17	17	100
Katılımcı-6								
Katılımcı-7	66	0	33	0	0	0	1	100
Katılımcı-8	14	1	50	10	1	9	15	100
Katılımcı-9	95	0	2	0	0	0	3	100
Katılımcı-10	60	30	10	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	15	0	25	15	10	15	20	100
Katılımcı-12	60	0	20	20	0	0	0	100
Katılımcı-13	10	0	0	10	50	30	0	100
Katılımcı-14	65	5	5	1	15	1	8	100
Katılımcı-15	40	0	10	50	0	0	0	100
Katılımcı-16	20	5	15	15	20	20	5	100
Katılımcı-17	30	0	30	0	0	0	40	100
Katılımcı-18	20	30	10	0	20	20	0	100
Katılımcı-19	0	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-20	35	25	25	5	0	0	10	100
Katılımcı-21	50	20	20	0	0	0	10	100
Ortalama	36	10	15	12	9	8	9	

Betonarme Çerçeve Sistemler

9. sorudan itibaren katılımcıların betonarme çerçeve sistemlere ilişkin yaptıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak betonarme çerçeve sistemlerde en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazla tercih edebilmelerine olanak sağlanan bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 13’te verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Beklenildiği gibi katılımcı 21 firmadan 18’i **kolonların betonarme elemanlar ile sargılanması (mantolama)** yöntemini kullandığını, 17 firma da taşıyıcı sisteme **betonarme perde eklenmesi** yöntemini kullandığını beyan ederek bu iki yöntemi en çok tercih edilen yöntemler olarak öne çıkarmıştır. Sektörde nispeten yeni bir yöntem olan kolonların lifli polimer (LF) ile sargılanması yönteminin de ciddi oranda kullanımının arttığı görülebilmektedir.



Şekil 13: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Betonarme Çerçeve Sistemler İçin)

10. soruda güçlendirilen betonarme çerçeve sisteme sahip binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur. Aşağıda gösterilen Tablo 7’de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan anlaşıldığı üzere en çok **1977-2000 yılları arasında yapılmış** betonarme çerçeve sisteme sahip binalar güçlendirilmiştir.

Tablo 7: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Çerçeve Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

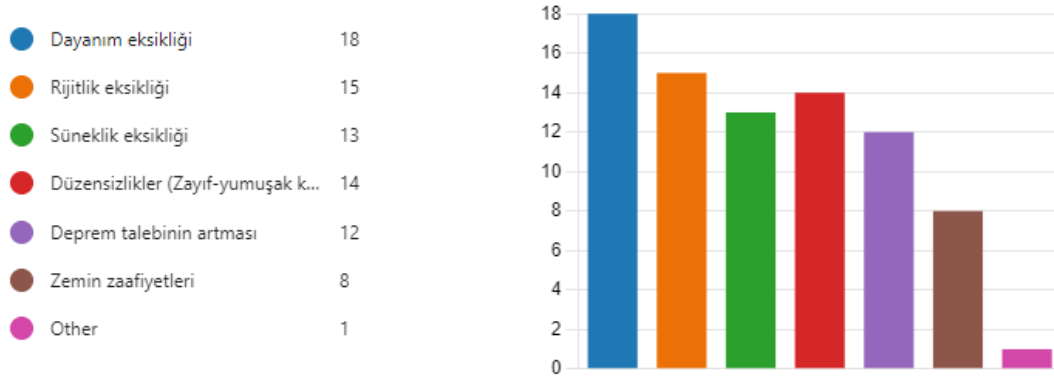
	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	11	22	22	44	0	0	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3	0	10	60	30	0	0	100
Katılımcı-4	0	10	50	30	10	0	100
Katılımcı-5	0	53	32	16	0	0	100
Katılımcı-6							0
Katılımcı-7	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-8	2	8	75	10	4	1	100
Katılımcı-9	10	15	68	5	2	0	100
Katılımcı-10	0	100	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	15	25	25	25	10	0	100
Katılımcı-12	5	5	80	10	0	0	100
Katılımcı-13	0	0	0	100	0	0	100
Katılımcı-14	13	8	18	50	13	0	100
Katılımcı-15	0	0	40	40	20	0	100
Katılımcı-16	5	10	40	25	15	5	100
Katılımcı-17	20	20	60	0	0	0	100
Katılımcı-18	20	10	10	10	40	10	100
Katılımcı-19	20	0	80	0	0	0	100
Katılımcı-20	0	15	65	20	0	0	100
Katılımcı-21	9	55	27	9	0	0	100
Ortalama	8	19	44	22	6	1	

11. soruda güçlendirilen betonarme çerçeve sisteme sahip binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur ve Tablo 8’de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodaki bilgilere göre, **konut, işyeri ve otel türü ile sanayi yapıları** gibi özel yapılar için çerçeve sistem güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok yapılmıştır. Bir kullanıcı tarafından verilen bina kullanım amaçları dışında “Endüstriyel Ekipman Yapıları” için de betonarme çerçeve güçlendirmesi yapıldığı beyan edilmiştir.

Tablo 8: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Çerçeve Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar (%)	Diğer kamusal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Alışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	15	19	19	15	7	4	4	4	4	4	4	4	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	80	0	100
Katılımcı-4	70	5	2	0	12	5	5	0	1	0	0	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	21	0	53	0	0	0	26	0	100
Katılımcı-6	0	0	15	0	15	15	15	0	0	0	40	0	100
Katılımcı-7	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-8	41	5	10	0	10	3	8	0	0	2	20	0	100
Katılımcı-9	5	0	1	0	0	2	90	0	0	0	1	1	100
Katılımcı-10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	5	5	0	0	5	0	40	0	0	0	45	0	100
Katılımcı-12	10	0	0	0	10	0	20	0	0	0	0	60	100
Katılımcı-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
Katılımcı-14	6	6	1	1	3	6	58	3	2	1	12	0	100
Katılımcı-15	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	0	100
Katılımcı-16	0	0	2	0	0	3	28	0	0	2	60	5	100
Katılımcı-17	0	0	0	0	0	0	70	0	0	10	20	0	100
Katılımcı-18	20	0	70	0	10	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	0	100
Katılımcı-20	20	0	20	0	20	0	15	0	0	5	10	10	100
Katılımcı-21	0	10	10	0	60	10	10	0	0	0	0	0	100
Ortalama	16	2	7	1	8	2	28	0	0	1	24	9	

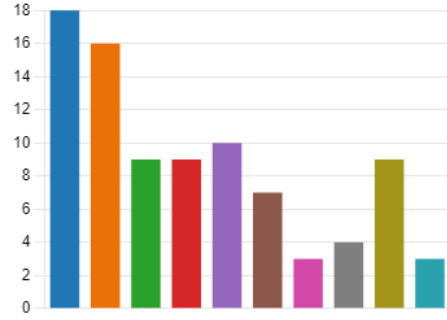
12. soruda betonarme çerçeve sistemlerde kullanıcılardan tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek **dayanım eksikliği** olmuştur.



Şekil 14: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Betonarme Çerçeve Sistemler İçin)

Betonarme Perde Sistemler

13. sorudan itibaren katılımcıların betonarme perde sistemlere ilişkin yaptıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak betonarme perde sistemlerde en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazla tercih edebilmelerine olanak sağlanan bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 15'te verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Beklenildiği gibi bu sistem için katılımcı 21 firmadan 18'i **betonarme perde eklenmesi** yöntemini en çok kullanılan yöntem olarak cevaplamıştır.



Şekil 15: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Sistemler İçin)

14. soruda güçlendirilen betonarme perde sisteme sahip binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 9'da katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **1977-2000 yılları arasında yapılmış** betonarme perde sisteme sahip binalar güçlendirilmiştir.

Tablo 9: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perde Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

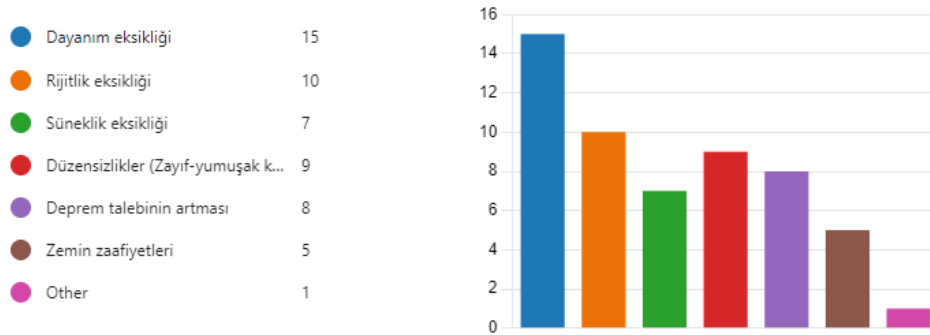
	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	19	19	19	19	14	10	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3							
Katılımcı-4	0	0	40	30	30	0	100
Katılımcı-5	0	80	20	0	0	0	100
Katılımcı-6							
Katılımcı-7	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-8	0	0	78	11	11	0	100
Katılımcı-9							
Katılımcı-10	0	100	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	10	15	25	25	25	0	100
Katılımcı-12							
Katılımcı-13							
Katılımcı-14	13	8	5	25	25	25	100
Katılımcı-15							
Katılımcı-16	5	10	35	25	25	0	100
Katılımcı-17							
Katılımcı-18							
Katılımcı-19	20	0	80	0	0	0	100
Katılımcı-20	0	15	65	20	0	0	100
Katılımcı-21	0	50	30	10	10	0	100
Ortalama	7	25	40	15	11	3	

15. soruda güçlendirilen betonarme perde sisteme sahip binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 10'da katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi **konut, işyeri ve otel türü ile okul üniversite ve yurt binaları** için perde sistem güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok çalışılmıştır.

Tablo 10: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perde Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar (%)	Diğer kamusal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Alışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	9	9	13	13	13	13	9	4	4	4	4	4	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3													
Katılımcı-4	40	10	10	0	20	0	20	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	0	30	70	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-6													
Katılımcı-7	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-8	80	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-9													
Katılımcı-10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	15	15	0	0	0	0	45	0	0	0	25	0	100
Katılımcı-12													
Katılımcı-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-14	17	6	6	0	6	6	56	6	0	0	0	0	100
Katılımcı-15													
Katılımcı-16	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-17													
Katılımcı-18	40	0	50	0	10	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19													
Katılımcı-20	20	0	20	0	25	0	10	0	0	5	10	10	100
Katılımcı-21	10	10	10	0	60	10	0	0	0	0	0	0	100
Ortalama	25	4	9	1	10	4	31	1	0	1	14	1	

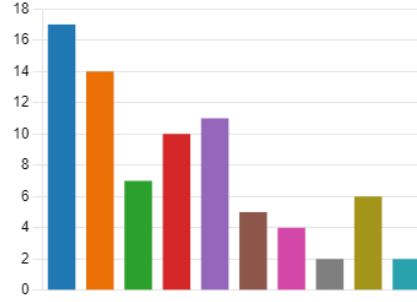
16. soruda betonarme perde sistemlerde kullanıcılardan tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek **dayanım eksikliği** olmuştur.



Şekil 16: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Sistemler İçin)

Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler

17. sorudan itibaren katılımcıların betonarme perdeli çerçeve sistemlere ilişkin yaptıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak betonarme perdeli çerçeve sistemlerde en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazla tercih edebilmelerine olanak sağlanan bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 17’de verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu sistem için de beklenildiği gibi katılımcı 21 firmadan 17’si **betonarme perde eklenmesi** yöntemini en çok kullanılan yöntem olarak cevaplamıştır.



Şekil 17: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler İçin)

18. soruda güçlendirilen betonarme perdeli çerçeve sisteme sahip binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur ve Tablo 11’de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **1977-2000 yılları arasında yapılmış** betonarme perdeli çerçeve sisteme sahip binalar güçlendirilmiştir.

Tablo 11: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perdeli Çerçeve Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

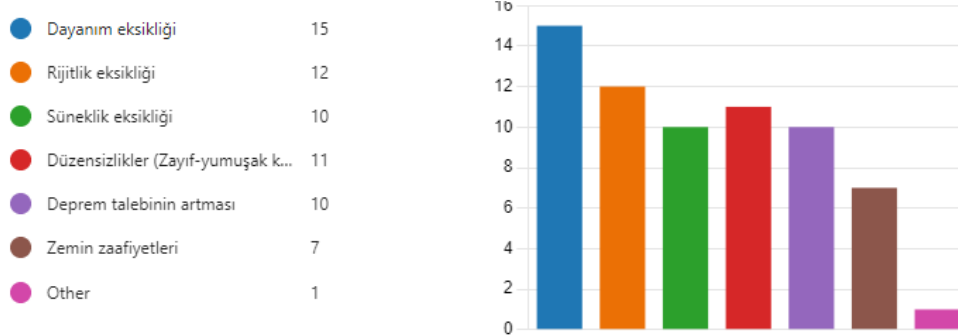
	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	18	24	12	12	12	24	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3	0	0	70	30	0	0	100
Katılımcı-4	0	0	40	30	30	0	100
Katılımcı-5	0	64	36	0	0	0	100
Katılımcı-6							
Katılımcı-7	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-8	0	13	70	10	5	2	100
Katılımcı-9	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-10	0	100	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	0	25	25	25	25	0	100
Katılımcı-12							
Katılımcı-13	0	0	0	100	0	0	100
Katılımcı-14							
Katılımcı-15	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-16	0	15	45	20	15	5	100
Katılımcı-17							
Katılımcı-18							
Katılımcı-19							
Katılımcı-20	0	15	65	20	0	0	100
Katılımcı-21	50	20	10	10	10	0	100
Ortalama	6	20	47	19	6	2	

19. soruda güçlendirilen betonarme perdeli çerçeve sisteme sahip binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur ve Tablo 12’de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi **konut, işyeri ve otel türü, okul, üniversite ve yurt binaları ile sanayi yapıları** için perde sistem güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok çalışılmıştır.

Tablo 12: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Perdeli Çerçeve Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hem en kullanılması gerekli kamusal yapılar (%)	Diğer kamusal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Alışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	80	0	100
Katılımcı-4	40	10	10	0	10	10	20	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	70	0	100
Katılımcı-6													
Katılımcı-7	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-8	41	5	10	0	10	3	8	0	0	2	20	0	100
Katılımcı-9	40	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	10	10	0	0	0	0	45	0	0	0	35	0	100
Katılımcı-12													
Katılımcı-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-14													
Katılımcı-15	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-16	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-17	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-18	40	0	40	0	20	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19													
Katılımcı-20	20	0	20	0	25	0	10	0	0	5	10	10	100
Katılımcı-21	10	10	10	0	50	20	0	0	0	0	0	0	100
Ortalama	20	3	6	0	7	3	36	0	0	1	22	1	

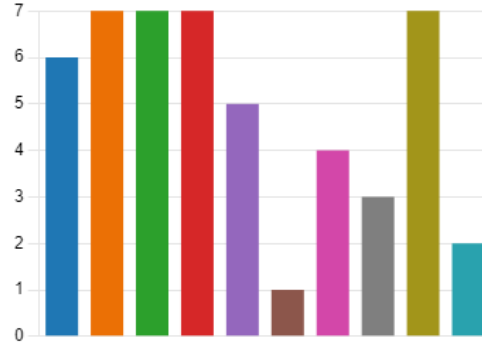
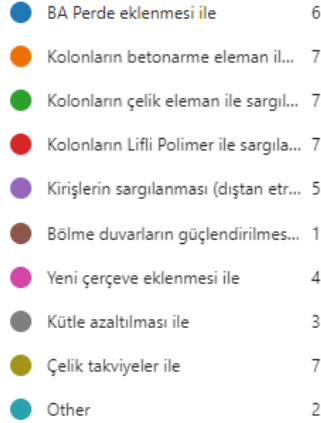
20. soruda kullanıcılardan betonarme perdeli çerçeve sistemlerde tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek **dayanım eksikliği** olmuştur.



Şekil 18: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Betonarme Perdeli Çerçeve Sistemler İçin)

Ön Üretimli Betonarme Sistemler

21. sorudan itibaren katılımcıların ön üretimli betonarme sistemlere ilişkin katıldıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak ön üretimli betonarme sistemlerde en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazla tercih edebilmelerine fırsat verilmiş, bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 19'da verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Betonarme Ön üretimli sistemlerde **kolonların çeşitli yöntemlerle sargılanması** en çok tercih edilen yöntem olarak öne çıkmıştır.



Şekil 19: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Ön üretimli Betonarme Sistemler İçin)

22. soruda güçlendirilen ön üretimli betonarme sisteme sahip binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 13'te katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **1977-2000 yılları arasında yapılmış** betonarme ön üretimli sisteme sahip binalar güçlendirilmiştir. Bununla birlikte nispeten 2000 yılı sonrası yapımda ön üretimin payının artması ile birlikte 2000-2009 yılları arasında yapılan Ön üretimli betonarme sistemlerin de önemli oranda güçlendirildiği anlaşılmaktadır.

Tablo 13: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Ön üretimli Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	17	17	17	17	17	17	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3	0	0	70	30	0	0	100
Katılımcı-4	0	0	30	40	30	0	100
Katılımcı-5	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-6							
Katılımcı-7							
Katılımcı-8	0	0	80	15	3	2	100
Katılımcı-9							
Katılımcı-10							
Katılımcı-11	0	0	20	40	40	0	100
Katılımcı-12							
Katılımcı-13	0	0	0	100	0	0	100
Katılımcı-14	0	0	60	40	0	0	100
Katılımcı-15	0	0	80	10	10	0	100
Katılımcı-16	0	0	80	20	0	0	100
Katılımcı-17							
Katılımcı-18							
Katılımcı-19							
Katılımcı-20							
Katılımcı-21							
Ortalama	4	4	51	31	9	2	

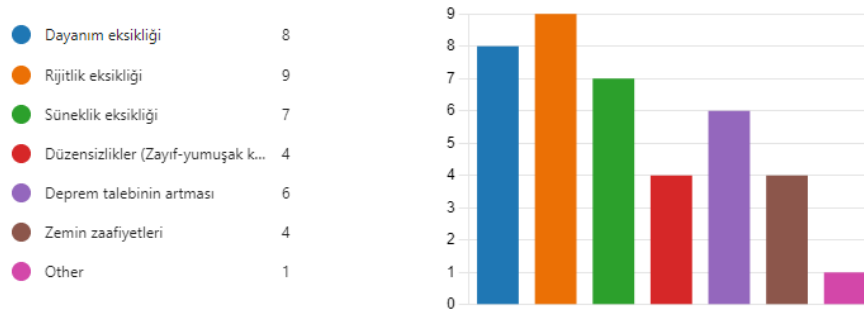
23. soruda güçlendirilen betonarme Ön üretimli sisteme sahip binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur ve Tablo 14'te katılımcıların verdikleri cevaplar

normalize edilerek sunulmuştur. Beklendiği gibi **sanayi yapıları** için Ön üretimli betonarme sistem güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok çalışılmıştır.

Tablo 14: Katılımcıların Çalıştıkları Betonarme Ön üretimli Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamu sal yapılar (%)	Diğer kamu sal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Akışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	100
Katılımcı-4	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-6													
Katılımcı-7													
Katılımcı-8	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0	100
Katılımcı-9													
Katılımcı-10													
Katılımcı-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-12													
Katılımcı-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-17													
Katılımcı-18													
Katılımcı-19													
Katılımcı-20													
Katılımcı-21													
Ortalama	6	6	1	1	1	1	3	1	1	1	79	1	

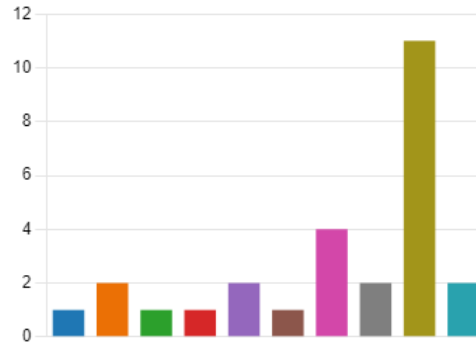
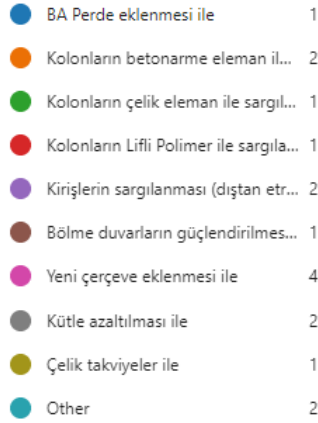
24. soruda betonarme ön üretimli sistemlerde kullanıcılardan tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek bu sistem için **rijitlik eksikliği** olmuştur.



Şekil 20: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Yüzdesel Dağılımı (Ön üretimli Betonarme Sistemler İçin)

Çelik Çerçeve Sistemler

25. sorudan itibaren katılımcıların çelik çerçeve sistemlere ilişkin katıldıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak çelik çerçeve sistemlerde en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazlasını tercih edebilmelerine olanak sağlanan bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 21'de verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Çelik çerçeve sistemlerde beklenildiği gibi **çelik takviyeler kullanılması** en çok tercih edilen yöntem olarak öne çıkmıştır.



Şekil 21: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Yüzdesel Dağılımı (Çelik Çerçeve Sistemler İçin)

26. soruda güçlendirilen çelik çerçeve sisteme sahip binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 15'te katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **1977-2000 yılları arasında** yapılmış çelik çerçeve sisteme sahip binalar güçlendirilmiştir.

Tablo 15: Katılımcıların Çalıştıkları Çelik Çerçeve Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

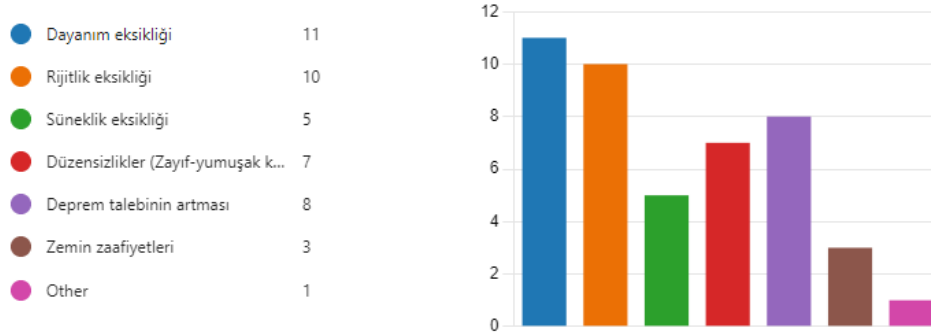
	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	17	17	17	17	17	17	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3	0	70	30	0	0	0	100
Katılımcı-4	0	0	20	60	20	0	100
Katılımcı-5	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-6	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-7							
Katılımcı-8	0	0	75	19	6	0	100
Katılımcı-9							
Katılımcı-10							
Katılımcı-11	0	0	0	35	35	30	100
Katılımcı-12							
Katılımcı-13	0	0	0	100	0	0	100
Katılımcı-14	0	20	40	40	0	0	100
Katılımcı-15							
Katılımcı-16	5	0	65	15	15	0	100
Katılımcı-17							
Katılımcı-18							
Katılımcı-19							
Katılımcı-20							
Katılımcı-21							
Ortalama	4	12	43	28	8	4	

27. soruda güçlendirilen betonarme Ön üretimli sisteme sahip binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 16'da katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Beklendiği gibi **sanayi yapıları** için çelik çerçeve sistem güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok çalışılmıştır.

Tablo 16: Katılımcıların Çalıştıkları Çelik Çerçeve Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hem en kullanılması gerekli kamusal yapılar (%)	Diğer kamusal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Akışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3	10	0	0	0	0	30	0	0	0	0	60	0	100
Katılımcı-4	0	50	0	0	0	0	20	0	0	0	30	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-7													
Katılımcı-8	0	5	0	0	0	0	5	0	0	0	90	0	100
Katılımcı-9													
Katılımcı-10													
Katılımcı-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-12													
Katılımcı-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-14	0	20	0	0	0	0	20	20	0	0	20	20	100
Katılımcı-15													
Katılımcı-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100
Katılımcı-17													
Katılımcı-18	50	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19													
Katılımcı-20													
Katılımcı-21													
Ortalama	8	7	5	1	1	3	7	2	1	9	55	2	

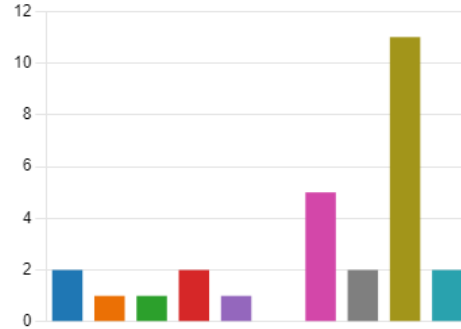
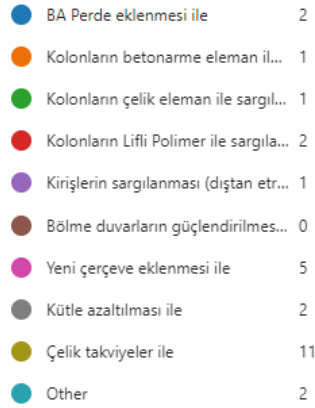
28. soruda çelik çerçeve sistemlerde kullanıcılardan tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek bu sistem için **dayanım eksikliği** olmuştur.



Şekil 22: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Çelik Çerçeve Sistemler İçin)

Çelik Çaprazlı Sistemler

29. sorudan itibaren katılımcıların çelik çaprazlı sistemlere ilişkin katıldıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak çelik çaprazlı sistemlerde en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazlasını tercih edebilmelerine olanak sağlanan bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 23'te verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Çelik çerçeve sistemlerde beklenildiği gibi **çelik takviyeler kullanılması** en çok tercih edilen yöntem olarak öne çıkmıştır.



Şekil 23: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Sayısal Dağılımı (Çelik Çaprazlı Sistemler İçin)

30. soruda güçlendirilen çaprazlı çelik sisteme sahip binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 17’de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **1977-2000 ve 2000-2009 yılları arasında yapılmış** çaprazlı çelik sisteme sahip binalar güçlendirilmiştir.

Tablo 17: Katılımcıların Çalıştıkları Çaprazlı Çelik Sistem Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

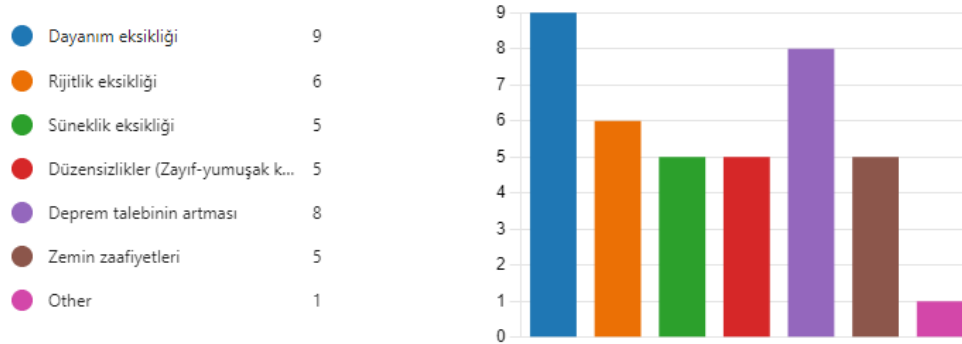
	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	17	17	17	17	17	17	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3	0	0	70	30	0	0	100
Katılımcı-4	0	0	0	30	70	0	100
Katılımcı-5	0	0	100	0	0	0	100
Katılımcı-6							
Katılımcı-7							
Katılımcı-8	0	0	80	15	5	0	100
Katılımcı-9							
Katılımcı-10							
Katılımcı-11	0	0	35	35	30	0	100
Katılımcı-12							
Katılımcı-13	0	0	0	100	0	0	100
Katılımcı-14	0	0	20	40	40	0	100
Katılımcı-15							
Katılımcı-16	0	0	15	65	20	0	100
Katılımcı-17							
Katılımcı-18							
Katılımcı-19							
Katılımcı-20							
Katılımcı-21							
Ortalama	4	4	36	36	18	2	

31. soruda güçlendirilen çaprazlı çelik sisteme sahip binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 18’de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Beklendiği gibi **sanayi yapıları** için çaprazlı çelik sistem güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok çalışılmıştır.

Tablo 18: Katılımcıların Çalıştıkları Çaprazlı Çelik Sistem Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar (%)	Diğer kamusal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Akışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	30	100
Katılımcı-4	0	50	0	0	0	0	10	0	0	0	40	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-6													
Katılımcı-7													
Katılımcı-8	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	85	5	100
Katılımcı-9													
Katılımcı-10													
Katılımcı-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-12													
Katılımcı-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-14	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-15													
Katılımcı-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100
Katılımcı-17													
Katılımcı-18	40	0	40	0	20	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19													
Katılımcı-20													
Katılımcı-21													
Ortalama	7	11	4	1	3	1	4	1	1	1	64	4	

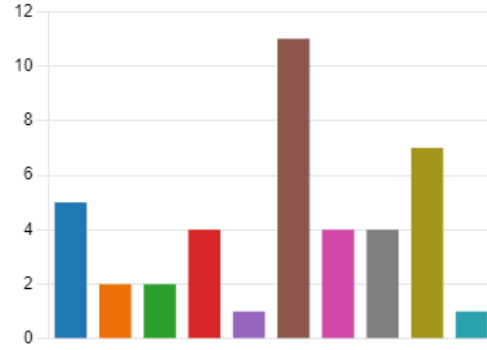
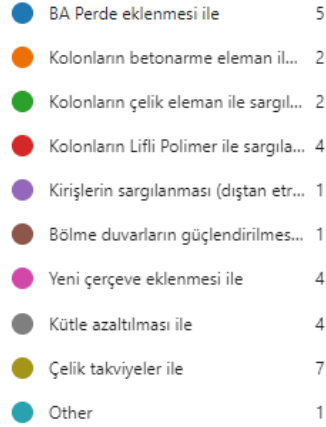
32. soruda çelik çaprazlı sistemlerde kullanıcılardan tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek bu sistem için de **dayanım eksikliği** olmuştur.



Şekil 24: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Çelik Çaprazlı Sistemler İçin)

Yığma Binalar

33. sorudan itibaren katılımcıların yığma binalara ilişkin katıldıkları güçlendirme projelerinin detayları sorulmuştur. İlk olarak yığma binalarda en çok tercih ettikleri güçlendirme yöntemlerini seçmeleri istenmiştir. Seçenekler içerisinde birden fazlasını tercih edebilmelerine olanak sağlanan bu soruda en çok tercih edilen güçlendirme yöntemleri hakkında fikir edinilmesi amaçlanmıştır. Şekil 25'te verilen cevaplar grafiksel olarak gösterilmiştir. Yığma binalarda beklenildiği gibi **bölme duvarların güçlendirilmesi** en çok tercih edilen yöntem olarak öne çıkmıştır.



Şekil 25: Binaların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlere Verilen Cevapların Yüzdesel Dağılımı (Yığma Yapılar İçin)

34. soruda güçlendirilen yığma binaların yapım yıllarına göre yüzdesel dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 19'da katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **tarihi yapılar ve 2000 yılı öncesi yapılmış** yığma binalar güçlendirilmiştir.

Tablo 19: Katılımcıların Çalıştıkları Yığma Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

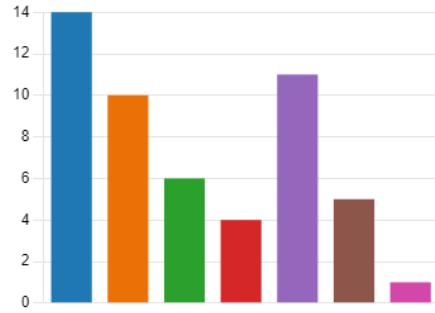
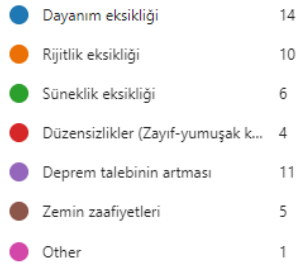
	Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar (%)	1977 öncesi (%)	1977 - 2000 yılları arası (%)	2000 - 2009 yılları arası (%)	2009 - 2020 yılları arası (%)	2020 sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	17	17	17	17	17	17	100
Katılımcı-2	25	25	25	25	0	0	100
Katılımcı-3	0	0	60	40	0	0	100
Katılımcı-4	0	40	30	20	10	0	100
Katılımcı-5	0	100	0	0	0	0	100
Katılımcı-6							
Katılımcı-7							
Katılımcı-8	10	10	50	20	10	0	100
Katılımcı-9	10	20	70	0	0	0	100
Katılımcı-10							
Katılımcı-11	70	30	0	0	0	0	100
Katılımcı-12							
Katılımcı-13							
Katılımcı-14	40	40	20	0	0	0	100
Katılımcı-15							
Katılımcı-16	90	0	10	0	0	0	100
Katılımcı-17	0	20	80	0	0	0	100
Katılımcı-18	50	50	0	0	0	0	100
Katılımcı-19	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-20	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-21	33	67	0	0	0	0	100
Ortalama	36	28	24	8	2	1	

35. soruda güçlendirilen yığma binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 20'de katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Beklendiği gibi **tarihi kamu binaları ile konut, otel tipi özel binalar** için yığma bina güçlendirmesi kullanıcılar tarafından daha çok çalışılmıştır.

36. soruda çelik çaprazlı sistemlerde kullanıcılardan tespit edilen zafiyet türlerini belirtmesi istenmiştir. Katılımcıların birden fazla şıkkı işaretlemesine olanak sağlanan bu soruda en fazla işaretlenen seçenek bu sistem için de **dayanım eksikliği** olmuştur.

Tablo 20: Katılımcıların Çalıştıkları Yiğma Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

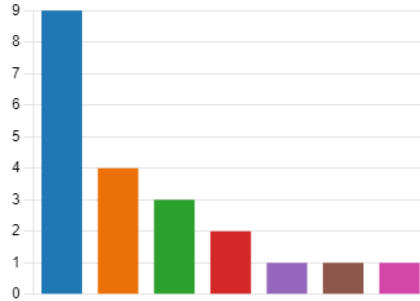
	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Müzeler (%)	Deprem sonrası hem en kullanılması gerekli kamusal yapılar (%)	Diğer kamusal binalar (%)	Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar (%)	Alışveriş merkezleri (%)	Sinema, tiyatro ve konser salonları (%)	Camiler (%)	Sanayi yapıları (%)	Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	0	100
Katılımcı-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	30	100
Katılımcı-4	40	0	0	0	15	15	30	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-6													
Katılımcı-7													
Katılımcı-8	70	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	100
Katılımcı-9	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-10													
Katılımcı-11	35	0	0	0	0	0	35	0	30	0	0	0	100
Katılımcı-12													
Katılımcı-13													
Katılımcı-14	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-15													
Katılımcı-16	0	0	0	0	0	90	10	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-17	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-18	60	0	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-20	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-21	0	0	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Ortalama	16	1	5	5	2	21	34	1	3	2	9	3	



Şekil 26: Binaların Deprem Davranışı ile İlgili Tespit Edilen Genel Zafiyetlerin Sayısal Dağılımı (Yiğma Yapılar İçin)

Güçlendirmenin Etkileri

37. soruda tüm bina tipleri için güçlendirme sonunda binaların yüzde kaçının fonksiyonunun değiştiği sorulmuştur. Kullanıcıların önemli bir kısmı binaların fonksiyonlarının değişmediğini belirtmiştir.



Şekil 27: Güçlendirme Sonunda Binaların Yüzde Kaçının Fonksiyonunun Veya Kullanım Amacının Değiştiği Sorusuna Verilen Cevap (Tüm Taşıyıcı Sistem Tipleri İçin)



Anket Sonuçları Hakkında Genel Değerlendirmeler

Elde edilen anket verileri, yapı mühendislerinin mevcut saha deneyimleri ve sektörel gözlemleriyle örtüşmekte olup, beklenmedik bir bulgu içermemektedir. En çok güçlendirilen taşıyıcı sistemler **1977-2000 yılları arasında yapılmış betonarme çerçeve sistemlerdir**. Güçlendirmelerin daha çok konut tipi binalar için yapıldığı anlaşılmaktadır. Hemen hemen tüm taşıyıcı sistemler için genel zafiyet türü **dayanım eksikliğidir**. Özellikle 2000 öncesi yapı malzemesi kalitesi düşünüldüğünde elde edilen sonucun öngörülebilir olduğu ifade edilebilir. Betonarme binalarda en çok kullanılan güçlendirme yöntemi **kolonların betonarme elemanlar ile mantolanması ve sisteme yeni perde eklenmesidir**. Bu yöntemler, geleneksel olarak tasarım ve uygulama süreçlerinde öncelikli tercih edilenler arasında yer almaktadır.

3.3.3 Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi

Türkiye’de binaların enerji verimliliği ön veya detaylı etüt raporları kamuya açık bir portalda yayınlanmamaktadır. Bu sebeple Türkiye’de etüt faaliyetlerini yürüten ve ETKB tarafından yetkilendirilen EVD firmalarına önerdikleri EVÖ’lerini araştıran bir anket gönderilmiştir.

Enerji verimliliği tadilatlarında etüt kadar önlemlerin projelendirilmesi ve yeşil bina tasarlayan firmaların kapasiteleri de önemlidir. Bu doğrultuda anket enerji verimliliği önlemlerini tasarlayan proje tasarım firmalarına ve yeşil bina tasarlayan mimari ofislere gönderilmiştir.

Enerji verimliliği önlemleri anketinin ana amacı ülkemizde hangi enerji verimliliğini artırıcı yöntemlerin yaygın olarak kullanıldığını belirlemek ve eğer katılımcılar tarafından uygulanmışsa, yenilikçi uygulamalar hakkında bilgi alabilmektedir. Bu anlamda hazırlanan anket bir veri tabanı elde etmekten ve bu veri tabanına göre çıkan sonuçların nedenlerini araştırmaktan ziyade, sektörde güçlendirme ile ilgilenen paydaşlar arasında genel maksatlı bir eğilim yoklaması niteliğindedir. Doğal olarak anket sorularına verilen yanıtlar kantitatif değerlendirmeye tabi tutulmuş ancak anket sonuçlarındaki istatistiksel dağılımın sayısal sonucundansa katılımcıların daha çok ve daha az tercih ettikleri yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanı sıra, hangi bina sistemlerinde hangi enerji verimliliğini artırıcı yöntemlerin tercih edildiği, güçlendirme yapılan binaların yapım yıllarına ve kullanım türüne göre dağılımı da anket sonucunda öğrenilmek istenen bilgiler arasındadır.

Şunu özellikle belirtmek gerekir ki bu anket çalışması bilimsel tabanlı ve akademik araştırmalarda da kullanılmak amacı ile hazırlanmamış ancak verilen cevaplar ile sektörde bugüne kadar güçlendirme uygulamaları ile yoğun olarak çalışan tüm paydaşların da bildiği ve tahmin ettiği mevcut pratiği yansıtabileceği fikri ile geliştirilmiş ve rapora eklenmiştir. Anket sonuçları rapor içeriğini ve rapor kapsamında yapılan araştırmaları doğrudan etkilememiştir.

Anket sonuçları değerlendirilirken her bir katılımcının cevapları kendi içerisinde normalize edilmiş ve eğilim sonuçları değerlendirilmiştir. Her bir soru için verilen cevaplar katılımcıların çalıştıkları enerji verimliliği proje sayısı üzerinden ağırlıklı ortalamalar hesap edilerek değerlendirilmemiştir. Buradaki en büyük sebep az sayıda katılımcı tarafından alınan cevaplardan birkaçında çok yüksek sayıda belirtilmiş ve

olağanın ötesindeki tek bir sorunun cevabı sebebi ile diğer kullanıcıların verdikleri cevapların yok sayılmasına neden olacak ve doğru olmayan bir istatistiksel değerlendirme yapmamaktır. Ankette proje sayıları da aralık olarak belirtildiğinden bu tür bir ağırlıklı ortalama hesabı yanlış değerlendirmelere neden olabilecektir.

Anket, Microsoft Office Forms altyapısı kullanılarak tarafımızdan hazırlanmış, ÇŞİDB tarafından çevrimiçi ortamda paydaşlara gönderilmiştir. Paydaşlar belirlenirken ilgili konuların farklı alanlarında çalışan en geniş katılımın sağlanması hedeflenmiştir. Bu anlamda ilgili konularda çalıştığı bilinen danışman ve tasarımcı firmalar belirlenmiştir. Bununla birlikte anket, üyeleri ile paylaşımları üzere belirlenen dernek ve odalara gönderilmiştir. Anket, yine aynı maksatla akademisyen ve öğretim elemanları ile paylaşılması üzere belirlenen üniversite bölüm başkanlıkları ile de paylaşılmıştır. Sonuç olarak anket;

- 44 lisanslı enerji verimliliği danışmanı firma,
- 11 bu alanda hizmet verdiği bilinen diğer firma,
- 13 Yeşil bina tasarımcısı firma
- 7 Yeşil bina dönüşümü üzerine çalışan firma
- Üyeleri ile paylaşılacak üzere makine mühendisleri odası ve elektrik mühendisleri odaları dahil olmak üzere 24 Dernek ve Oda ile
- Akademisyen ve öğretim üyeleri ile paylaşılacak üzere 25 Devlet Üniversitesinin mimarlık, makine mühendisliği ve elektrik mühendisliği bölüm başkanlıkları

ile paylaşılmıştır.

Anketin yayınlandığı 6 Şubat 2024'ten 26 Şubat 2024 tarihine kadar 212 farklı firma/şahıs/akademisyen tarafından ankete giriş yapıldığı tespit edilmiştir. Anketin ulaştığı kişi veya firmalardan 23'ü olarak daha önce bir enerji etüdü yaptığını beyan etmiştir. 21 firma ise sonraki sorulara da cevap vermek sureti ile anket verilerinin değerlendirilmesinde katılımcı olarak değerlendirilmiştir.

2. Daha önce Türkiye'de mevcut bir binanın (ön veya detaylı) enerji etüdünü yapıp bir (ön veya detaylı) enerji etüt raporu hazırladınız mı?

[More Details](#)

[Insights](#)

- Evet, ön etüt çalışması yapıldı (ö... 10
- Evet, detaylı etüt çalışması yapıl... 13
- Hayır 187



Şekil 28: Güçlendirme Anketine Katılım Durumu



Ankette firma sınıflandırması aşağıdaki ölçütlerle yapılmıştır:

- Ön veya detaylı enerji etüdü hazırlayabilme
- Etüt raporlarındaki önlemler uyarınca mekanik, elektrik, mimari uygulama projesi hazırlayabilme
- Yeni binaları yeşil bina özellikli tasarlayabilme (Raporda “yeşil bina” terimi, 19 Şubat 2022 tarihinde (Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 2022) güncellemesi ile birlikte neredeyse sıfır enerjili bina (NSEB) kriterlerine uygun enerji performansı gösteren bina olarak tanımlanmıştır. Buna göre yeşil binalar birincil enerji tüketiminin en az %10'unu yenilenebilir kaynaklardan karşılamalı, B sınıfı veya üstü enerji performansı göstermelidir.
- Firmadaki çalışan sayısı

Toplam 20 sorudan oluşan ankette firmaların önerdiği aktif ve pasif EVÖ'ler aşağıdaki sistemlere bölünerek sorgulanmıştır:

- Kazan ve hidrolik tesisatlı alan ısıtma
- Güneş enerjisi ile sıcak su veya elektrik temini
- Kontrol ve otomasyon
- Havalandırma
- Pasif önlemler
- Soğutma
- Enerji depolama
- Elektrik motorları, fan ve pompalar
- Aydınlatma

3.3.4 Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi Sonuçları

Katılımcı Bilgileri

Ankete 212 dönüş alınmıştır. Katılımcılardan 23 tanesi bu alanda uzman olduğunu belirtmiştir. **21 katılımcı** ise önerdikleri enerji verimliliği önlemlerine ilişkin soruları yanıtlamıştır.

3. soru olarak ankete kısmen ya da tamamen yanıt veren 21 katılımcının tecrübe ettikleri enerji verimliliği projeleri sorulmuş ve “elektrik, mekanik, mimari ve yapısal uygulama projesi” yapıp yapmadıkları seçeneklerinden birden fazlasını seçme imkânı verilerek cevaplamaları istenmiştir. Anket katılımcılarının profili bu sorunun cevapları ile aşağıdaki gibi ortaya çıkmaktadır:

Anket katılımcılarından 7'si bir uygulama projesi hazırlamadığını beyan etmiş ve fakat bu firmalar detaylı veya ön etüt çalışması yaptıklarını beyan etmişlerdir. 4 firma elektrik, 8 firma mekanik, 2 firma mimari uygulama projesi yaptığını beyan etmiştir.

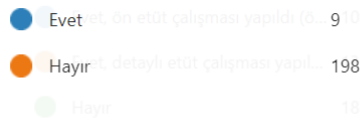
4. soruda katılımcılara yeşil bina tecrübeleri sorulmuştur. 9 katılımcı yeşil bina tecrübesi olduğunu belirtmiştir. Ankete cevap veren 5 kişi bu soruyu cevaplamamıştır.

4. Daha önce Türkiye’de bir yeşil bina tasarladınız mı? (Bu ankette “yeşil bina”; enerji verimliliği, yenilenebilir enerji üretimi, kaynak verimliliği unsurlarından bir veya birkaçını barındıran binaları tanımlamaktadır.)

[More Details](#)

More Details

Insights



Şekil 29: Katılımcıların Yeşil Bina Tasarlamış Olma Durumu Yanıtları

6. soruda katılımcılara kaç farklı binanın enerji verimliliği projesinde çalıştıkları sorulmuştur. Tablo 21’de sunulan sonuçlara göre katılımcıların çalıştıkları ortalama proje sayısı 10-50 arasındadır.

Tablo 21: Firmaların Enerji Verimliliği Alanında Çalıştığı Proje Sayısı

	Yaklaşık kaç farklı binanın enerji verimliliği projesinde çalıştınız veya yeşil bina tasarladınız?
Katılımcı-1	10 – 50 arası
Katılımcı-2	10 – 50 arası
Katılımcı-3	50'den fazla
Katılımcı-4	50'den fazla
Katılımcı-5	1 – 10 arası
Katılımcı-6	50'den fazla
Katılımcı-7	10 – 50 arası
Katılımcı-8	50'den fazla
Katılımcı-9	10 – 50 arası
Katılımcı-10	1 – 10 arası
Katılımcı-11	50'den fazla
Katılımcı-12	1 – 10 arası
Katılımcı-13	1 – 10 arası
Katılımcı-14	1 – 10 arası
Katılımcı-15	1 – 10 arası
Katılımcı-16	1 – 10 arası
Katılımcı-17	50'den fazla
Katılımcı-18	1 – 10 arası
Katılımcı-19	1 – 10 arası
Katılımcı-20	1 – 10 arası
Katılımcı-21	1 – 10 arası

7. soruda katılımcıların firmalarında çalışan sayıları ve **8. soruda** da çalışanlardaki kadın oranı sorulmuştur. Ankete verilen cevaplar Tablo 22’de gösterilmiştir. Verilen cevaplardan firma çalışan sayılarının ortalama 40’ın altında, kadın çalışan oranının ise %10 ila %50 aralığında olduğu görülmektedir.

Tablo 22: Firmada Çalışan Sayısı ve Kadın Çalışan Oranı

	Firmanızda çalışan teknik personel sayısı kaçtır?	Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?
Katılımcı-1	0-5	1 – 10 arası
Katılımcı-2	11-15	1 – 10 arası
Katılımcı-3	6-10	50'den fazla
Katılımcı-4	0-5	1 – 10 arası
Katılımcı-5	>40	10 – 50 arası
Katılımcı-6	11-15	10 – 50 arası
Katılımcı-7	6-10	10 – 50 arası
Katılımcı-8	>40	10 – 50 arası
Katılımcı-9	6-10	10 – 50 arası
Katılımcı-10		
Katılımcı-11	11-15	50'den fazla
Katılımcı-12	0-5	
Katılımcı-13	>40	1 – 10 arası
Katılımcı-14		
Katılımcı-15	16-40	10 – 50 arası
Katılımcı-16	>40	10 – 50 arası
Katılımcı-17	>40	10 – 50 arası
Katılımcı-18	16-40	1 – 10 arası
Katılımcı-19	0-5	1 – 10 arası
Katılımcı-20	>40	10 – 50 arası
Katılımcı-21	16-40	1 – 10 arası

Enerji Verimliliğini Arttırıcı Önlemler Alınan Bina Profili

9. soruda katılımcılara çalıştıkları binaların yapım yıllarına göre yüzdeleri sorulmuştur. Aşağıda Tablo 23'te katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi en çok **2001 yılı sonrası yapılmış** binalarda enerji verimliliği uygulamaları yapılmıştır. Bu durumun ortaya çıkmasının yeni bina tasarımlarında enerji verimliliğine verilen önemin artması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 23: Katılımcıların Çalıştıkları Binaların Yapım Yıllarına Göre Yüzdesel Dağılımı

	1980 öncesi (%)	1981 - 2000 yılları arası (%)	2001 ve sonrası (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	10	70	20	100
Katılımcı-2	0	5	95	100
Katılımcı-3	30	40	30	100
Katılımcı-4	5	45	50	100
Katılımcı-5	0	70	30	100
Katılımcı-6	20	30	50	100
Katılımcı-7	5	25	70	100
Katılımcı-8	20	20	60	100
Katılımcı-9	0	30	70	100
Katılımcı-10	0	100	0	100
Katılımcı-11	0	20	80	100
Katılımcı-12	0	0	100	100
Katılımcı-13	1	44	55	100
Katılımcı-14	0	0	100	100
Katılımcı-15	0	20	80	100
Katılımcı-16	20	20	60	100
Katılımcı-17	15	70	15	100
Katılımcı-18	1	20	79	100
Katılımcı-19	100	0	0	100
Katılımcı-20	40	33	27	100
Katılımcı-21	5	5	90	100
Ortalama	13	32	55	

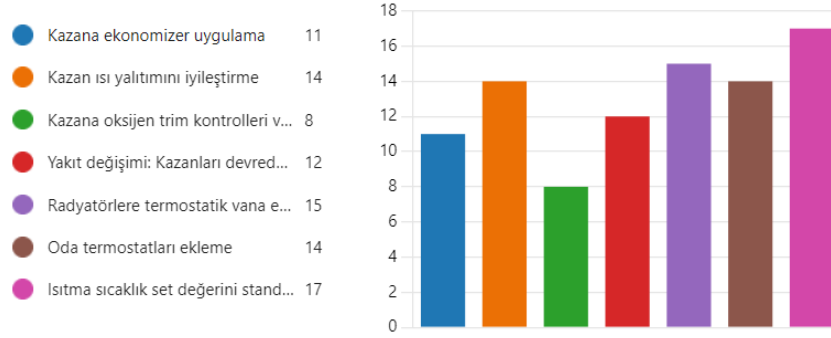
10. soruda çalışılan mevcut veya yeni binaların kullanım amacına göre dağılımı sorulmuştur. Aşağıda Tablo 24'te katılımcıların verdikleri cevaplar normalize edilerek sunulmuştur. Tablodan görülebildiği gibi **konut ve altyapı tesislerinde** enerji verimliliği uygulamaları daha çok yapılmıştır.

Tablo 24: Katılımcıların Çalıştıkları Binaların Kullanım Amacına Göre Yüzdesel Dağılımı

	Kamu binaları (ofisler, bakanlık binaları, belediyeler gibi idari binalar) (%)	Okul, üniversite ve yurt binaları (%)	Spor salonları (%)	Hastaneler (%)	Otel (%)	Müzeler, tiyatrolar, kültürel yapılar (%)	Konutlar (%)	Ticari binalar – ofisler (%)	Ticari binalar – marketler, AVM'ler ve diğer alışveriş amaçlı yapılar (%)	Sanayi tesisleri (%)	Altyapı tesisleri (pompa istasyonları, telekomünikasyon merkezleri vb.) (%)	Toplam (%)
Katılımcı-1	15	19	19	15	8	4	4	4	4	4	4	100
Katılımcı-2	25	0	0	0	0	0	25	0	0	0	50	100
Katılımcı-3	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	80	100
Katılımcı-4	70	5	2	0	12	5	5	0	1	0	0	100
Katılımcı-5	0	0	0	0	21	0	53	0	0	0	26	100
Katılımcı-6	0	0	15	0	15	15	15	0	0	0	40	100
Katılımcı-7	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100
Katılımcı-8	41	5	10	0	10	3	8	0	0	2	20	100
Katılımcı-9	5	0	1	0	0	2	91	0	0	0	1	100
Katılımcı-10	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-11	5	5	0	0	5	0	40	0	0	0	45	100
Katılımcı-12	25	0	0	0	25	0	50	0	0	0	0	100
Katılımcı-13												
Katılımcı-14	6	6	1	1	3	6	58	3	2	1	12	100
Katılımcı-15	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	100
Katılımcı-16	0	0	2	0	0	3	29	0	0	2	63	100
Katılımcı-17	0	0	0	0	0	0	70	0	0	10	20	100
Katılımcı-18	20	0	70	0	10	0	0	0	0	0	0	100
Katılımcı-19	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	80	100
Katılımcı-20	22	0	22	0	22	0	17	0	0	6	11	100
Katılımcı-21	0	10	10	0	60	10	10	0	0	0	0	100
Ortalama	16	2	7	1	10	2	29	0	0	1	25	

Kullanılan Enerji Verimliliğini Arttırıcı Yöntemler

11. soruda katılımcıların ısıtma sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler sorulmuş ve Şekil 30'da ortaya çıkan sonuçlar gösterilmiştir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 17'si "Isıtma sıcaklık set değerini standartlara göre sınırlama (örn. ofisler için 21 °C)" seçeneğini, 15'i "Radyatörlere termostatik vana ekleme" seçeneğini işaretlemiştir. Önlemler arasında yaygın olarak bu iki önlemin öne çıktığı görülmüştür.



Şekil 30: Katılımcıların alan ısıtma sistemleri için önerdikleri EVÖ'ler

Alan ısıtma önlemleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Kazana ekonomizer uygulama
- Kazan ısı yalıtımını iyileştirme
- Kazana oksijen trim kontrolleri ve modülasyonlu brülör ekleme
- Yakıt değişimi: Kazanları devreden çıkarıp ısı pompaları kurma
- Radyatörlere termostatik vana ekleme
- Oda termostatları ekleme
- Isıtma sıcaklık set değerini standartlara göre sınırlama (örn. ofisler için 21 °C)

12. soruda katılımcılara binalarda hangi yenilenebilir enerji üretimi yöntemini önerdiği sorulmuş ve sonuçlar Şekil 31'de verilmiştir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 20'si fotovoltaik güneş panelleri ile elektrik üretimi seçeneğini, 14'ü ise solar termal sistemlerle alan ısıtma ve kullanma sıcak suyu temini çözümünü işaretlemiştir. Güneş enerjisi kaynaklı elektrik ve ısı üretimi çözümlerinin yaygın olarak kullanıldığı belirlenmiştir.



Şekil 31: Katılımcıların yenilenebilir enerji üretimi üzerine önerdikleri EVÖ'ler

Yenilenebilir enerji üretimi yanıt seçenekleri şunlardır:

- Alan ısıtma ve/veya sıcak su üretimi için güneş enerjili su ısıtıcıları kurulumu
- Güneş fotovoltaik (PV) panelleri kurarak elektrik üretimi (çatı, otoparklar vb.)

13. soruda katılımcıların otomasyon sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler sorulmuştur. Şekil 32'de sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 17'si "enerji izleme sistemi kurulumu" seçeneğini, 14'ü Bina Otomasyon Sistemi (BMS) senaryoları ile güçlendirme ve "BMS sıcaklık set değeri ve zaman ayarı" seçeneğini işaretlemiştir. En yaygın öneriler olarak bu üç önlem öne çıkmıştır.

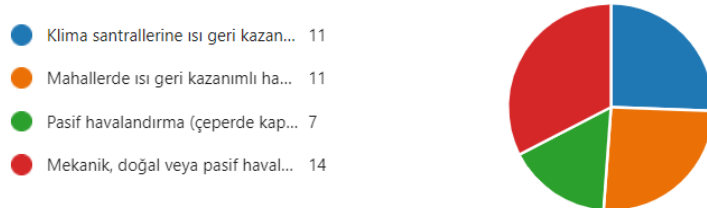


Şekil 32: Katılımcıların kontrol ve otomasyon sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler

Kontrol ve otomasyon önlemleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Enerji verimliliğini optimize etmek için BMS senaryoları ile güçlendirme
- Bina otomasyon sistemi sıcaklık set değeri ve zaman ayarları
- Talep kontrolü için mahallere / kanallara sensörler yerleştirme: Sıcaklık, nem, CO₂
- Binaya mutlak basınç sensörleri kurma: Hava sızıntısını önlemek için pozitif basınçlandırma
- Enerji izleme sistemi kurulumu (EMS), bina fonksiyonları enerji tüketiminin süzme sayaçlar ile takibi (örn. Soğutma, aydınlatma)

14. soruda katılımcıların havalandırma sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler sorulmuştur. Şekil 33'te sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 14'ü "free cooling" seçeneğini, 11'i "klima santrallerine ısı geri kazanım hücresi ekleme" ve "mahallerde ısı geri kazanımlı havalandırma sistemi (HRV) kullanımı" seçeneğini işaretlemiştir. En yaygın öneriler olarak bu üç önlem öne çıkmıştır.

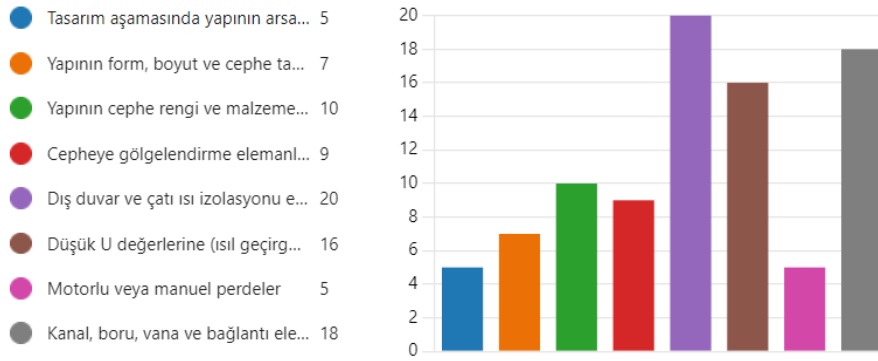


Şekil 33: Katılımcıların havalandırma sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler

Havalandırma sistemi önlemleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Klima santrallerine ısı geri kazanım üniteleri ekleme
- Mahallerde HRV üniteleri kullanımı
- Pasif havalandırma (çeperde kapatılabilir hava ızgaraları, havalandırma bacaları vb.)
- Mekanik, doğal veya pasif havalandırma yoluyla serbest soğutma (free cooling)

15. soruda katılımcıların önerdikleri pasif EVÖ'ler sorulmuştur. Şekil 34'te sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 20'si "dış duvar ve çatı izolasyonunu artırma" seçeneğini, 18'i "yapının form, boyut ve cephe dolu/boş oranını belirlerken enerji verimini gözetme" seçeneğini işaretlemiştir. En yaygın öneriler olarak bu iki önlem öne çıkmıştır.



Şekil 34: Katılımcıların önerdiği pasif enerji verimliliği önlemleri

Pasif enerji verimliliği önlemleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Tasarım aşamasında yapının arsadaki konumunu ve yönünü belirlerken mahallerin işlev ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurma
- Yapının form, boyut ve cephe tasarımını (dolu/boş oranı) belirlerken enerji verimliliği açısından avantajlı olanı seçme
- Yapının cephe rengi ve malzemesinin seçiminde enerji verimliliğini dikkate alma
- Cepheye gölgelendirme elemanları ekleme
- Dış duvar ve çatı ısı izolasyonu ekleme
- Düşük U değerlerine (ısı geçirgenlik) sahip, rijit (daha az hava sızıntısı sağlayan) çerçeveli, Low-e (ışınım ile ısı kaybını azaltan) ve güneş kontrolü (güneşten gelen enerjiyi yansıtan) özellikli üçlü cam kullanımı
- Motorlu veya manuel perdeler
- Kanal, boru, vana ve bağlantı elemanları üzerine ısı yalıtımı uygulama

16. soruda katılımcıların soğutma sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler sorulmuştur. Şekil 35'te sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 15'i "çiller gruplarında kısmi yük yönetimi" seçeneğini, 14'ü "split klimalar yerine eşzamanlı ısıtma – soğutma yapabilen klima sistemi (VRV) kullanımı" seçeneğini işaretlemiştir. En yaygın öneriler olarak bu iki önlem öne çıkmıştır.

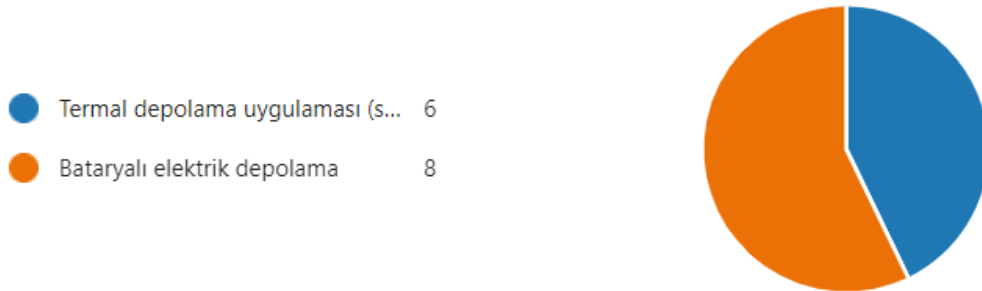


Şekil 35: Katılımcıların soğutma sistemleri için önerdiği EVÖ'ler

Soğutma sistemi önlemleri yanıt seçenekleri:

- Split klima sistemlerini devreden çıkarıp, eş zamanlı ısıtma ve soğutma yapabilen VRV'ler kullanma
- Toprak kaynaklı ısı pompaları kurulumu, açık/kapalı çevrim sondaj kuyuları inşası
- Isı pompaları ile eş zamanlı soğutma ve sıcak su üretimi eldesi
- Çiller gruplarının (2 ve daha fazla adet) en yüksek verimde çalışmasını sağlayacak şekilde kısmi yük yönetimi

17. soruda katılımcıların önerdikleri enerji depolama çözümleri sorulmuştur. Şekil 36'da sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 8'i "bataryalarla elektrik depolama" seçeneğini, 7'si "termal enerji depolama" seçeneğini işaretlemiştir. Enerji depolama çözümlerinin ise sıklıkla önerilmediği belirlenmiştir.

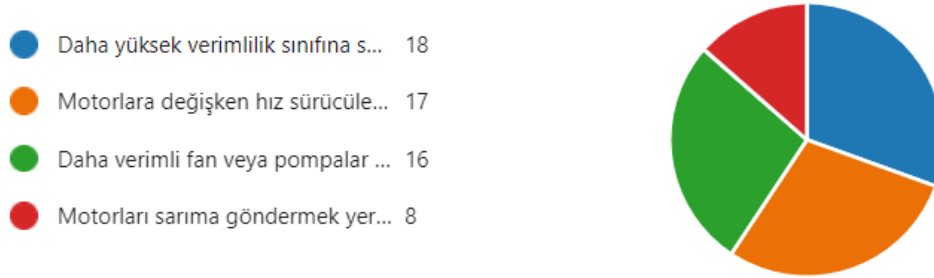


Şekil 36: Katılımcıların önerdiği enerji depolama çözümleri

Enerji depolama çözümleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Termal depolama uygulaması (soğutma için buz veya ısıtma için sıcak su deposu)
- Bataryalı elektrik depolama

18. soruda katılımcıların fan, pompa ve motorlar üzerine önerdikleri EVÖ'ler sorulmuştur. Şekil 37'de sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişiden 18'i "IE4 veya IE5 sınıfı yüksek verimli elektrikli motorlar ile değişim" seçeneğini, 17'si "motorlara hız sürücüsü ekleme" seçeneğini işaretlemiştir. En çok önerilen iki yöntem, diğer seçeneklere kıyasla daha belirgin şekilde öne çıkmıştır.

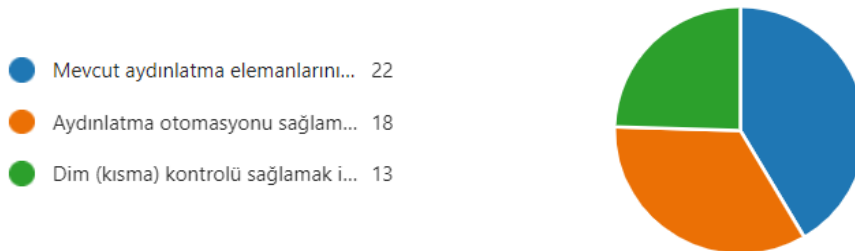


Şekil 37: Katılımcıların fan, pompa ve motorlar üzerine önerdiği EVÖ'ler

Fan, pompa ve motor önlemleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Daha yüksek verimlilik sınıfına sahip (IE4, IE5) elektrikli motorları ile değişim
- Motorlara değişken hız sürücüsü takma (ayrıca frekans invertörleri olarak da bilinir)
- Kayış tahrikli fanları direkt motor tahrikli hale dönüştürme
- Daha verimli fan veya pompalar kullanma
- Motorları sarıma göndermek yerine yenileme

19. soruda katılımcıların ısıtma sistemleri üzerine önerdikleri EVÖ'ler sorulmuştur. Şekil 38'de sonuçlar görülmektedir. Anket sorularının tamamına cevap veren 21 kişi olmasına rağmen bu soruya 22 yanıt gelmiştir. 22'si "LED armatür ile değişim" seçeneğini, 18'i "varlık sensörleri ile aydınlatma otomasyonu kurulumu" seçeneğini işaretlemiştir. En yaygın öneriler olarak bu iki önlem öne çıkmıştır.



Şekil 38: Katılımcıların aydınlatma sistemi için önerdikleri EVÖ'ler

Aydınlatma sistemi önlemleri yanıt seçenekleri şunlardır:

- Mevcut aydınlatma elemanlarını LED ile değiştirme
- Aydınlatma otomasyonu sağlamak için varlık sensörleri ekleme
- Dim (kısmi) kontrolü sağlamak için günışığı sensörleri ekleme

Anket Sonuçları Hakkında Genel Değerlendirmeler

Enerji verimliliği anketi gönderilen yaklaşık 210 kişi ve kurumdan 21'i birden fazla soruya yanıt vermiştir. Yalnızca bir soruda 22 kişi ve kurum işaretleme yapmıştır.

Anket sonuçları, Türkiye'deki geleneksel enerji verimliliği uygulamalarının geçtiğimiz 10 yılda teknolojik gelişim gösterdiğini kanıtlar niteliktedir. Bundan yalnızca 10 sene önce çiller grupları yüke göre sırayla devreye girer, bir çiller %100 yüke ulaştığında sonraki çalışmaya başlardı. Ankette soğutma sistemleri sorusuna gelen yanıtlar içinde çillerlerin kısmi yük optimizasyonu yapılarak eş zamanlı çalıştırılması çözümü ilk ikiye girmiştir. Benzer şekilde BMS sistemlerine akıllı senaryolar eklenmesi, ısı ve elektrik enerjisi depolama yöntemlerinin önerilmesi gibi yenilikçi çözümlerin artık Türkiye'deki EVD firmaları tarafından önerildiği anket sonuçlarından gözlemlenmektedir.

"Enerji verimliliğinde en iyi yöntem geleneksel yöntemdir" düsturunun da hala geçerli olduğunu anket sonuçları göstermiştir. Örneğin duvar ve çatı izolasyon katmanını artırma, iç ortam sıcaklık set değeri kontrolleri gibi çözümler hala öncelikli uygulamalar arasında yer almaktadır. Pasif çözümler arasında bina yönü ve cam/duvar oranı optimizasyonu çözümünün üst sıralarda yer alması, tasarımların ilk günden daha enerji odaklı yapıldığını göstermektedir. Pasif ve geleneksel yöntemlerin bu denli kanıksanmış olması, yenilikçi yöntemlere adaptasyon için umut vericidir.

3.4 Firmalar ile Görüşmeler

Araştırma safhasında güçlendirme alanında faaliyet gösteren birçok tasarımcı, danışman, tedarikçi ve uygulamacı ile doğrudan görüşülmüş, gerek ülkemizdeki mevcut uygulamalar gerekse de dünyadaki yenilikçi yöntemler hakkında görüş alışverişinde bulunulmuştur. Bununla birlikte katılım sağlanan konferans, sektör buluşması ve gezilerle sektördeki diğer paydaşlardan bilgi toplanmış ve yürütülen proje hakkında bilgi verilmiştir.

- **Depreme Dayanıklı Binalar Zirvesi:** 20-23 Aralık 2023 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenen zirvede depreme dayanıklı bina ve güçlendirme alanında faaliyet gösteren tasarımcı, uygulamacı ve tedarikçi firmalar ile kamuya açık bir tanıtım ve bilgilendirme faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Zirvede katılımcı olarak stant açarak bu alanda yaptığımız çalışmalarımızı ziyaretçiler ile paylaşmamızın yanı sıra, zirvede Dr. İnş. Yük. Müh. Timurhan Timur tarafından hızlı deprem güvenliği değerlendirme yöntemleri hakkında bir de sunum yapılmıştır. Bununla birlikte zirveye katılım sağlayan yaklaşık 30 firma ile birebir görüşmeler gerçekleştirilmiş ve güçlendirme tecrübeleri ve uyguladıkları güçlendirme yöntemleri hakkında bilgi alınmıştır. Bu görüşmelerde ülkemizde geleneksel güçlendirme yöntemlerinin yoğunlukla tercih edildiği, betonarme binalarda güçlendirmenin daha fazla uygulandığı ve en çok kullanılan yöntemlerin geleneksel kolon mantolama ve binaya perde ilavesi olduğu teyit edilmiştir.
- **7. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (7ICEES):** 18. Dünya Sismik İzolasyon, Enerji Dağılımı ve Yapıların Aktif Titreşim Kontrolü Konferansı (18WCSI) ile ortak etkinlik olarak 6-10 Kasım 2023 tarihlerinde Antalya Belek'te düzenlenmiştir. Deprem mühendisliğindeki yenilikçi yaklaşımların dünya çapında birçok uzman ve akademisyenin katılımcı olup



sunumlar yaptığı konferansa Arup'tan projede çalışan iki yapı mühendisi arkadaşımız dinleyici olarak katılım göstermiştir. Konferansa katılan diğer firma yetkilileri ve uzmanlar ile proje hakkında görüş alışverişinde bulunulmuş, kullanılan mevcut güçlendirme teknikleri ve yenilikçi yöntemler ile ilgili görüş ve önerileri alınmıştır.

- **Üretim Tesis Ziyareti:** Uluslararası Deprem Mühendisliği Konferansı sırasında tanışılan firma yetkililerinin daveti üzerine İtalya'da bulunan üretim tesisleri ve bina uygulamalarını yerinde incelemek üzere Bakanlık çalışanlarının da katılımı ile İtalya'ya bir teknik inceleme gezisi düzenlenmiştir. Firmanın özellikle yığma binalar için ürettiği güçlendirme ve aynı zamanda enerji verimliliği çözümleri yerinde incelenmiş ve ürünler hakkında detaylı bilgi alınmıştır. Enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile deprem güvenliğini artırıcı güçlendirme uygulamalarının yığma yapılar için birlikte kullanıldığı bir çözüm sunan ilgili yöntem, yenilikçi güçlendirme uygulamaları raporunda değerlendirilecektir.

Ayrıca ofisimize davet edilen ve uyguladıkları güçlendirme yöntemleri hakkında bilgi paylaşan çeşitli firma ve uzmanlarla görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Ancak bu rapor kapsamında, söz konusu firma ve uzmanların isimlerine tek tek yer verilmeyecektir.

3.5 EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri

Yapısal güçlendirme yöntemleri, gömülü karbon miktarı ve belirlenen performans kriterleri doğrultusunda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. EVÖ de benzer şekilde hem gömülü karbon etkisi hem de sağladığı enerji tasarrufları başta olmak üzere çeşitli performans kriterlerine göre puanlanmıştır.

Puanlamalarda her kriter toplam yapısal ve çevresel etkisi doğrultusunda ağırlıklandırılmıştır. Örneğin, EVÖ değerlendirme cetvelinde yüksek oranda enerji verimliliği sağlayan önlemler en yüksek ağırlıkla değerlendirilmiştir. Buna karşılık kısa sürede uygulayabilme kriteri ise enerji verimliliğine ve gömülü karbona dolaylı etkilerinden dolayı daha düşük bir ağırlığa sahip olmuştur.

Benzer ağırlıklı puanlama metodu gömülü karbon cetvelinde de mevcuttur. Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanma kriteri bu alanda en yüksek ağırlığa sahiptir. Yapısal güçlendirme ve enerji verimliliği önlemlerinin binanın kullanım ömrünü uzatması bir diğer yüksek ağırlıklı kriterdir. Binaların yıkılıp yapılmasını geciktirmek veya engellemek, gömülü karbon adına önemli kazanımlar getirecektir.

Muhakkak ki yapısal güçlendirme yöntemleri ve enerji verimliliği önlemleri uygulamada farklılık gösterecektir. Binanın veya sistemlerin ne kadarlık bölümü üzerine uygulandığı, binanın güçlendirme öncesi durumu, uygulama yoğunluğu gibi kıstaslar gerçek uygulama üzerinde detaylı olarak hesaplanabilir. Bu raporda verilen puanlama cetvelleri yalnızca yöntemleri karşılaştırma maksatlıdır. Cetveller evet-hayır şeklinde seçim yapılacak kriterlerden oluşmakta ve ağırlıkları uyarınca sonuç puana ulaşmaktadır.

İnşaat işlerinde sürdürülebilirlik hesabı (BS EN 15978-1, "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method", 2011) kodlu İngiliz standardı ve benzeri standartlar uyarınca yapılmaktadır. (BS EN



15978-1, "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method", 2011) Standardına göre inşaat aktivitelerinin hayat döngüsü karbon değerlemesi aşağıdaki göstergelere göre yapılmaktadır:

- **Kullanılan malzemeler:** Hammadde
- **Kullanılan malzemeler:** Nakliye
- **Kullanılan malzemeler:** Üretim
- **İnşaat:** Nakliye
- **İnşaat:** İnşaat süresince harcanan enerji
- **Kullanım:** Kullanım esnasında sebep olunan işletme karbonu
- **Kullanım:** Bakım aktiviteleri
- **Kullanım:** Tamirat
- **Kullanım:** Yenileme
- **Kullanım:** Tadilatlar (örneğin binada fonksiyon değişimi)
- **Devreden çıkarma:** Yıkım ve söküm işlemleri
- **Devreden çıkarma:** Nakliye
- **Devreden çıkarma:** Atığın işlenmesi / geri dönüşümü
- **Devreden çıkarma:** Geri dönüştürülemeyen atık

Standardın öngördüğü kriterlerden kullanım kaynaklı karbon salımları çıkarılmış ve gömülü karbon cetveli oluşturulmuştur. Malzeme, nakliye ve atık bileşenleri cetvellerde detaylandırılmış ve ağırlıklar atanmıştır.

Gömülü karbon hesap cetvelindeki kriterler ve ağırlıkları Tablo 25'te gösterilmiştir.

Tablo 25: Gömülü karbon puanlama cetveli kriterleri

Ağırlık	Kriter
10.7%	Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem
17.9%	Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem
3.6%	İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama
10.7%	Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi
7.1%	Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir
3.6%	Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem
3.6%	Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması
7.1%	Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem
14.3%	Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir
17.9%	Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem
3.6%	İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem

Arup uzmanlarınca, herhangi bir standarda bağlı olmadan tamamen Arup personelinin tecrübeleri doğrultusunda hazırlanan ayrıca ÇŞİDB görüşü üzerinde de bağlayıcılığı olmayan bu puanlamanın yorumlama yöntemi aşağıda yer almaktadır.

50 puan üstü karbon puanına sahip önlemler **düşük çevresel etkiye** sahiptir.

70 puan üstü karbon puanına sahip önlemler yerel ve döngüsel ekonomiyi destekleyen, gömülü karbonu azaltan önlemlerdir.

EVÖ hesap cetvelinde ise, gömülü karbon cetvelinden ayrı olarak kullanım esnasında sebep olunan karbon salımı önceliklendirilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği, ülkedeki teknik kapasite, malzemelerin yerel temini ve nakliyesi gibi unsurlar da eklenerek daha detaylı bir puanlama cetveli elde edilmiştir. Evet – Hayır şeklinde yanıtlanabilecek kriterler ağırlıkları oranında sonuç puana etki eder.

EVÖ hesap cetvelindeki kriterler ve ağırlıkları Tablo 26’da gösterilmiştir.

Tablo 26: Enerji verimliliği önlemi puanlama cetveli kriterleri

Ağırlık	Kriter
14.3%	Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem
11.4%	Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)
8.6%	Binadaki konfor seviyesini artıran önlem
2.9%	Malzeme temininin kolaylığı
5.7%	Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği
2.9%	Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme
2.9%	Bina ağırlığını çok artırmayan önlem
2.9%	Kısa sürede uygulayabilme
5.7%	Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem
8.6%	Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem
5.7%	Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem
2.9%	Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmadan uygulayabilme
5.7%	Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem
8.6%	Yüksek iş güvenliği riski oluşturmadan uygulayabilme
11.4%	Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)

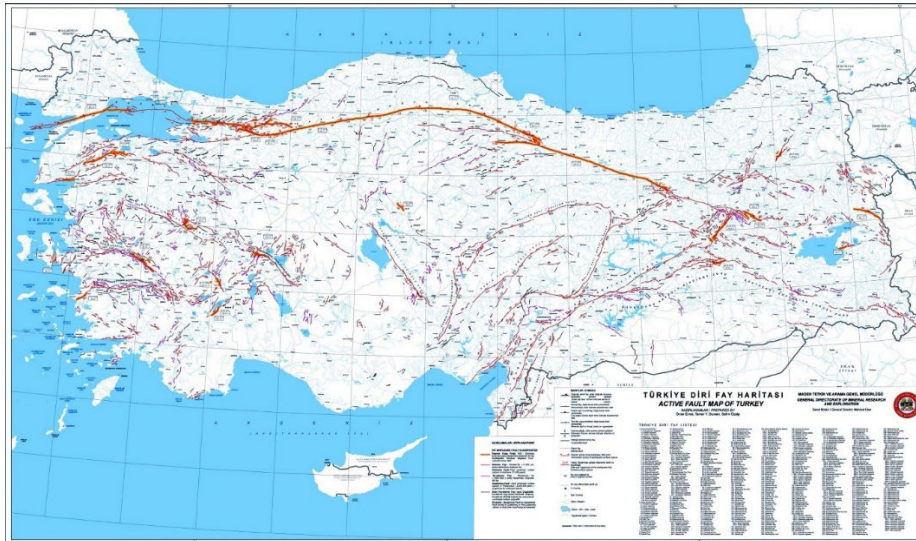
EVÖ’lerin gerçek uygulamasında önleme ilişkin detaylar hesaplanır. Binanın uygulama öncesi ve sonrası enerji tüketimleri ölçülür ve tasarruflar belgelenir. Bu rapordaki EVÖ puanlaması, önlemleri karşılaştırmak maksadıyla yapılmıştır.

Arup uzmanlarınca, herhangi bir standarda bağlı olmadan tamamen Arup personelinin tecrübeleri doğrultusunda hazırlanan ayrıca ÇŞİDB görüşü üzerinde de bağlayıcılığı olmayan bu puanlamanın yorumlama yöntemi aşağıda yer almaktadır.

- **50 puan altındaki önlemler** (örneğin yenilenebilir enerji santralleri) görece büyük yatırım gerektiren, daha kapsamlı proje ve uygulama yönetimi talep eden önlemlerdir. Politika veya kurumsal hedefler sebebiyle uygulanabileceği gibi, çevresel etki adına öncü bir duruş göstermek adına uygulanabilir.
- **50 puanı geçen önlemler**, politika çerçevesi veya kurumsal hedefler gereği uygulanmalıdır.
- **70 puanı geçen önlemler** ilgili sistemler bulunan tüm binalarda uygulanmalıdır.

A stylized illustration of a sustainable city skyline. It features a mix of modern high-rise buildings in shades of blue, green, and orange, alongside traditional houses. Several wind turbines and solar panels are integrated into the landscape, which is also populated with green trees. The entire scene is set against a light blue sky with soft, white clouds.

Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Hatları arasında kalan Anadolu Plâğı her yıl 9 ila 25mm/yıl hareket etmektedir (Utkucu, Budakoğlu, & Gülen, 2011). Bu fayların yanında irili ufaklı birçok diri fay ile birlikte, şiddetli depremler üretme potansiyeline sahip doğuda Güneydoğu Anadolu Fay Hattı, Malatya, Deliler ve Sarız fay hatları, İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz Gölü Fay Hattı, Ege Bölgesi'nde vadiler boyunca ilerleyen Büyük Menderes, Gediz, Simav ve Afyon-Akşehir fay hatları bulunmaktadır. Şekil 39'da Türkiye diri fay hattı haritası verilmiştir.



Şekil 39: Türkiye Diri Fay Haritası

Nüfus dağılımının depremsellik ile ilişkisi hakkında yakın tarihli bir çalışma olmamakla birlikte 1997 (Özmen, Nurlu, & Güler, 1997) ve 2011 (Avcı, 2011) yıllarında yapılan çalışmalara göre Türkiye nüfusunun yaklaşık %42-%45'i 1997 yılında yayınlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda 1. Derece deprem bölgesi olarak tanımlanan yüksek depremselliğe sahip bölgelerde yaşamaktadır. Bu büyük oran, depremin gerek can güvenliği ve gerekse de ekonomik ve toplumsal hayatımız için ne kadar büyük bir risk taşıdığını anlatmak için yeterlidir. Bu büyük riske karşı mevcut yapı stoğumuzun depreme dirençli hale getirilmesi ülkemiz için bir zorunluluktur.

Türkiye Cumhuriyeti ilk büyük depremini 1939 yılında Erzincan'da yaşamıştır. Bu depremten hemen sonra 1940 yılında İtalyan Deprem Yönetmeliği Kodu (Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaat Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi (ZMYİAİYT-1940), 1940) ülkemizde çevrilip, kullanılmaya başlanmıştır. Deprem talimatnameleri / yönetmelikleri gelişimi Tablo 27'de verilmiştir.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’ler kapsamında depreme ilaveten su baskını ve yangın afetinden korunmayla ilgili kısımlar da vardır.

Tablo 27: Deprem Talimatnameleri/Yönetmelikleri Tarihleri

Yürürlüğe girdiği yıl	Adı
1940	Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi
1944	Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi
1949	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1962)
1968	ABYYHY-1968
1975	ABYYHY-1975
1998	ABYYHY-1998
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)
2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)

1999 yılında Marmara Bölgesinde yaşanan iki büyük deprem ülkemizde Deprem Mühendisliği'nin gelişimi ve Depreme Karşı Yapı Tasarımı ve Mevcut Yapıların Güçlendirilmesi konusunda bir dönüm noktası olmuştur. (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998), 1998) dahil önceki hiçbir talimatname/yönetmelikte mevcut yapıların değerlendirilmesi ile ilgili bir kısım yoktur. Bununla birlikte mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi çalışmalarının 1992 Erzincan depremi sonrasında akademik çevrelerce araştırılması hızlanmıştır.

1992 Erzincan depremi sonrası Türkiye'nin önde gelen üniversitelerinden akademisyen grupları ile sahada yapılan çalışmalar ve ardından devam eden güçlendirme tasarımları ile Türkiye'de, toplu anlamda ilk bina güçlendirme uygulamaları yapılmıştır. Bilindiği kadarı ile deprem sonrası İTÜ koordinasyonunda bir grup akademisyen Erzincan'daki özel binaların, ODTÜ koordinasyonundaki bir grup akademisyen de kamu binalarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi amacı ile görevlendirilmişlerdir. Fotoğraf 1 ve Fotoğraf 2'de Erzincan'da deprem sonrası ilave perdeler ile güçlendirilen bir binada inşaat aşamaları gösterilmiştir. Fotoğraflar, dönemin iş sağlığı ve güvenliği önlemleri konusundaki uygulamaları sergilemesi açısından da ayrıca manidardır.

Yapıların deprem davranışlarının anlaşılmasıyla ilgili TÜBİTAK destekli ilk akademik çalışma 1971 yılındaki "Dolgulu çerçevelerin davranış ve mukavemeti" isimli TÜBİTAK MAG Proje No:25 künyesiyle Uğur Ersoy, Şafak Uzsoy ve Emin Aktan (Ersoy, Özsoy, & Aktan, 1971) tarafından yapılmıştır. TÜBİTAK destekli çalışmalar akademik çevrelerde devam etmiş ve TÜBİTAK İNTAG destekli büyük deneysel çalışma ile dayanımı ve rijitliği yetersiz çerçevelerin bazı gözlerinin betonarme dolgu ile doldurularak perde duvar gibi davrandığı, yatay yük taşıma kapasitesini ve yanal rijitliği artırdığı gösterilmiştir (TÜBİTAK İNTAG Proje No.537, 1998). Dolgu duvarların kaldırılarak betonarme perde duvar ilave edilmesi 1992 Erzincan depremi sonrasında ilk defa uygulanmıştır.



Fotoğraf 1: Perde Duvar İlavesi Yöntemi ile Güçlendirme (Güçlendirme Öncesi Ve Güçlendirme Uygulaması Sırasında Bina Ön Cephe Görüntüsü)



Fotoğraf 2: Fotoğraf-1'deki Binanın Güçlendirme Sırasında ve Güçlendirme Sonrasındaki Ön Cephe Görüntüsü

İlk güçlendirme uygulamalarından biri de taşıyıcı sisteme yeni kolon ilave edilmesidir.



Fotoğraf 3: İlave Kolon ile Güçlendirme



Şekil 40: 1997 Yılında Yayınlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

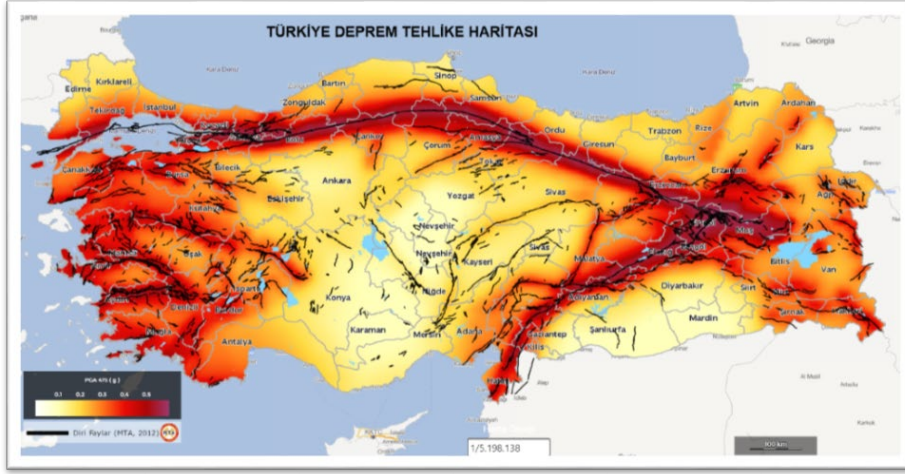


İlk olarak dönemin diğer uluslararası deprem yönetmeliklerine paralel şekilde güncellenen ABYYHY-1998 hem tasarımcılar hem de uygulamacılar tarafından önceki yıllara göre titizlikle takip edilmeye başlanmıştır. Yaşanan deprem ile birlikte toplumdaki farkındalık yükselmiş, neticesinde uygulama ve denetimler sıklaşmıştır. Hazır beton ve nervürlü demir kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Öte yandan deprem yönetmeliğinde uygulanması şart koşulan donatı detayları ile imalatla kullanılan malzeme kalitesinin kontrolü, yapı denetim sisteminin yurt genelinde zorunlu tutulmaya başlandığı 2011 yılından sonra yüksek seviyelere çıkmıştır. 2000'li yıllarda ivme kazanan konut sektörü hızla yeni binalar üretirken, 2010 sonrasında devreye giren kentsel dönüşüm yasaları ile birlikte eski bina stoğu eritilmeye başlanmıştır. Bu süreçte deprem yönetmelikleri 2007 ve 2018 yıllarında iki defa daha yenilenerek bina tasarım ve uygulama standartları yükseltilmiştir.

ABYYHY-1998 yeni binaların depreme dayanıklı tasarımı hakkında kurallar getirirken, içeriğinde mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesinde uygulanması gereken kurallara ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bu dönemdeki güçlendirmelerde pratikte yapılan uygulama; mevcut binanın da yeni bina gibi değerlendirildiği ancak betonarme binalarda özellikle süneklik koşullarının sağlanmadığı durumlarda taşıyıcı sistem davranış katsayısının (R) düşük kabul edilerek analiz ve tasarımların yapılması şeklindeydi.

Artan güçlendirme talebi ile tasarım ve uygulamadaki tutarsızlıklar DBYBHY-2007 ile giderilmeye çalışıldı. 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007), yeni betonarme yapıların tasarımına ilişkin olarak 1998 tarihli yönetmeliğe kıyasla sınırlı değişiklikler içermektedir. Ancak yönetmeliğin esas yeniliği, mevcut yapıların deprem güvenliğini artırmaya yönelik güçlendirme esaslarını kapsamlı biçimde ele almasıdır. Ayrıca mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili özel bir bölüm eklenmiştir. Bu bölümde farklı yapı malzemesi ile yapılmış mevcut binalardan bilgi toplanmasından, binaların doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerine kadar birçok kural getirilmiştir. Böylece yapısal performans kavramı ve performansa dayalı bina değerlendirmesi ilk kez deprem yönetmeliğimize girmişti. Uygulanabilecek güçlendirme yöntemleri 2018 yılında güncellenen deprem yönetmeliği olan TBDY-2018 ile hemen hemen aynıdır.

Sonrasında TBDY-2018 yönetmeliğinde kapsamlı bir değişikliğe gidilmiştir. TBDY-2018 ile binaların depreme dayanıklı tasarımı ve mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili en büyük yenilik şüphesiz yenilenen Türkiye Deprem Tehlike Haritasıdır. Yenilenen harita ile farklı olasılıksal deprem tehlikelerine ait tasarım parametreleri, binanın bulunduğu koordinatlara özel olarak belirlenebilmektedir. Tasarım spektrumu grafiğinin belirlenmesi de TBDY-2018 ile değişmiştir. Bu değişiklikler sonucunda bazı bölgelerde bina tasarım spektrumu değerleri belirli periyot aralıklarında 1998 ve 2007'de yayınlanan deprem yönetmelikleri ile belirlenen değerlerin üzerinde, bazı bölgelerde ise altında kalmaktadır. Bu durum 2000-2018 yılları arasında tasarlanıp uygulanmış binalar için bile mevcut bina değerlendirmesi yapılması durumunda güçlendirme ihtiyacı sonucuna ulaşılmasına sebep olabilmektedir. Şekil 41'de Türkiye Deprem Tehlike Haritası verilmiştir.



Şekil 41: Türkiye Deprem Tehlike Haritası (2018)

2000 yılında Üniversite destekli bir projeye yapılar da sismik temel yalıtım sistemlerinin kullanılması konusu araştırılmaya başlanmıştır. 2013 yılında Sağlık Bakanlığı deprem riski yüksek bölgelerde inşa edilecek 100 yatak ve üzeri kapasiteli hastanelerde sismik temel yalıtım sistemlerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu sistemlerin sadece yeni yapılacak yapılar da değil mevcut binalar da kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılmış ve en büyük uygulama İstanbul Başibüyük Hastanesi'nde gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında bazı tarihi yapıların güçlendirilmesinde de sismik temel yalıtım sistemi uygulanmıştır (ör. Zeynel Bey türbesi).

Sismik temel yalıtım sistemlerinin mevcut yapılar da bazı sıkıntılar (sismik boşluk, yüksek yanal deplasman, doğalgaz, kanalizasyon, temiz su sistemlerinin yenilenmesi ihtiyacı vb.) yaratması sebebiyle alternatif yöntem arayışları devam etmiştir. Bu alternatiflerden bir tanesi de sönümleyicilerdir. Kullanıldığı seviyede herhangi bir deplasman artışına sebep olmadığı için sismik boşluk bırakılmasına gerek olmaması, kolay ve süratli montaj-demontaj edilebilirliği, mevcut yapının boşaltılmadan kısa sürede uygulama imkânı sebebiyle kullanıcı dostu güçlendirme yöntemlerinden biri olan sönümleyiciler son yıllar da özellikle sanayi tesislerinin güçlendirilmesinde tercih edilmektedir.

4.1 İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi (İSMEP)

2006 yılında İstanbul Valiliği bünyesinde kurulmuş olan ve İstanbul'da deprem riskini azaltmakla birlikte acil durum hazırlıklarını artırmayı amaçlayan İSMEP, Türkiye'nin ilk risk azaltma projesi olarak bilinir. İstanbul Proje Koordinasyon Birimi (İPKB) tarafından 6 Şubat 2006 tarihinden beri yürütölmekte olup İstanbul'da olası bir deprem felaketine karşı öncesinde, ya da deprem sırasında ve sonrasında yapılacak faaliyetleri içermektedir. Bahsi geçen bu proje İstanbul ve halkını özellikle deprem kaynaklı meydana gelebilecek tüm felaketlere karşı hazırlayabilmek adına önemli adımlar atmıştır. Ayrıca bu proje, sadece İstanbul'da olası bir depremden kaynaklanabilecek riskleri azaltmayı amaçlamakla kalmamış, aynı zamanda bu riskleri önleyici yaklaşımları kazandırmayı da hedeflemiştir.



İSMEP 2006 yılında Dünya Bankası (WB)'ndan alınan 310 Milyon Euroluk ilk kredi ile İPKB tarafından başlatılmış olup, zamanla çok uluslu kalkınma bankası ve finans kuruluşları ile 2,5 milyar euro'luk hacme ulaşmıştır. Dünya Bankası (WB), Avrupa Yatırım Bankası (EIB), Avrupa Konseyi Kalkınma Bankası (CEB), İslam Kalkınma Bankası (IsDB), Alman Kalkınma Bankası (KfW), Asya Altyapı Yatırım Bankası (AIIB) ve Ekonomik İş Birliği Teşkilatı Ticaret ve Kalkınma Bankası'nın (ECO Bank) sonrasında Suudi Kalkınma Fonu (SFD) da İSMEP Projesi'ne kredi veren kuruluşlardan olmuştur. 2024 yılının mart ayında SFD ile yapılan anlaşma ile 55 milyon dolarlık kredi proje kapsamında kullanılmaya başlanmıştır (İstanbul Proje Koordinasyon Birimi, 2024).

Depreme karşı dirençli hale getirilen yapılarda mimari tasarımın ve teknik donanımın usulüne uygun entegrasi sağlanarak enerji verimliliği, sağlık ile birlikte hijyen standartları, hizmet sürekliliği, afet sırasında kesintisiz görev yapma gibi kazanımları elde etmeyi amaçlayan İSMEP, yapıların standart ve konfor düzeyini artırmaktadır. Bu proje genel olarak A, B ve C olmak üzere üç ana bileşene odaklanmaktadır. Bu üç ana odak resmi internet sitesinden derlenerek aşağıda detaylandırılmıştır:

A Bileşeni (Kamu Binalarının Acil Durum Hazırlık Kapasitesinin Artırılması):

İstanbul halkının ve kamu kurumlarının olası bir deprem sırasında müdahale kapasitelerinin artırılması ve afete karşı bilinç oluşturulması amacıyla İPKB tarafından yapılan çalışmalardır. Bu bileşen kapsamında afet veya acil durumlarda ilk müdahalelerden sorumlu kurum ve kuruluşların ihtiyaç duyduğu ekipmanların tedariğini gerçekleştirmek, iletişim, iş birliği ve koordinasyonu sağlıklı bir şekilde yürütebilmek adına gerekli altyapıların yapımı ya da yenilenmesi çalışmaları yine İPKB tarafından bu bileşen kapsamında üstlenilmiştir.

B Bileşeni (Kamu Binalarında Deprem Riskinin Azaltılması):

İstanbul'da bulunan ve proje kapsamında olan okul, hastane, yurt, idari ve sosyal hizmet binalarını depreme karşı dayanıklı, güvenli, modern ve enerji verimli yapılara dönüştürmek için yapılan güçlendirme veya yeniden yapım çalışmalarıdır. Buna ek olarak, kültürel miras sayılan yapılar da proje kapsamına girmekte ve bu yapıların da olası deprem felaketi sırasında karşılaşılabileceği risklerin veya alacağı hasarların azaltılması amaçlanmaktadır.

C Bileşeni (İmar ve Yapı Mevzuatının Etkin Uygulanması için Belediyelerle Birlikte Çalışılması):

Depreme hazırlık çalışmaları içerisinde belediyelerin yapı ruhsatı vermesi ve planlama süreçleri içerisinde karşılaşılan problemlerin İPKB tarafınca tespit edilip çözümlenmesi çalışmalarıdır. Bu kapsamda pilot belediyeler olarak Bağcılar ve Pendik belediyeleri seçilmiştir. Bu belediyelerde bulunan tapu, ruhsat ve dijital imar arşivindeki belgelere erişim sağlanıp numarataj bilgileri eşleştirilmiştir. Ek olarak ise halka daha sağlıklı hizmet verebilmek adına elektronik doküman yönetim sistemi, hizmet masası ve çağrı merkezi kurulumuna yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu bileşen ile inşaat ve yapı denetim süreçleri şeffaf ve izlenebilir hale gelmiştir. Son olarak yapılan bu çalışmalar ile sadece İstanbul ile sınırlı kalmamış, Türkiye'nin dört bir yanında 'Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar' başlıklı yönetmelik hakkında eğitimler verilmiştir.



Şimdiye dek İstanbul'da 1408 okul binası, 115 sağlık binası, 39 yurt binası, 57 idari bina ve 23 tane sosyal hizmet binası İSMEP kapsamında olası İstanbul deprem felaketine karşı hazırlanmış olan yapılardandır. İstanbul'daki okul binalarından 422'si yıkılıp yeniden yapılmış, 968'inde ise depreme karşı güçlendirme yapılmıştır. Mevcut sağlık binalarından 8'i tekrar inşa edilmiş, 107 tanesi ise depreme karşı güçlendirilmiştir. Yeniden yapımı tamamlanmış olan sağlık binaları arasında Prof. Dr. Cemil Taşçıoğlu Şehir Hastanesi, Prof. Dr. Süleyman Yalçın Şehir Hastanesi ve Kartal Dr. Lütfi Kırdar Şehir Hastanesi bulunmaktadır.

İSMEP projesi çerçevesinde güçlendirilen binalarda geleneksel yöntemler kullanılmıştır. Tek istisna, 829 Sismik izolatör kullanılarak olası bir deprem felaketine karşı meydana gelebilecek hasarları minimize etmek veya önlemek amacı ile güçlendirilmesi tamamlanmış ve Sağlık Bakanlığı'na teslim edilmiş olan Marmara Üniversitesi (Başbüyük) Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi'dir. Projelerde kullanılmış olan sismik izolatörlerin montaj öncesinde ABD ve İtalya'da prototip testleri yapılmıştır. Bu testlerden geçen izolatörler üretim bandında numune alınarak tekrar teste tabi tutulmuş ve sonrasında sahada uygulanması tamamlanmıştır.

Sağlık kuruluşu dışında ise Kültür ve Turizm Bakanlığı himayesinde bulunan, aralarında Yıldız Sarayı, Topkapı Sarayı gibi büyük miras kapsamında değerlendirilen yapıların da içlerinde bulunduğu toplam 176 tarihi eser, deprem risklerini değerlendirebilmek adına yetkililer tarafından özel veri tabanına aktarılmıştır ve takibi yapılmaktadır (İstanbul Proje Koordinasyon Birimi, 2024).

Güçlendirme ve yeniden yapım faaliyetleri sırasında yeni yapı inşaatlarından farklı olarak birçok zorlukla karşılaşmaktadır. İPKB tarafından yayınlanan "Güçlendirme ve Yeniden Yapım Çalışmaları" rehber kitabında başlıca zorluklar arasında, inşaat alanlarında şantiye kurmak için yeterli boş alanın olmayışı, özellikle kamu binalarında ince planlama gereksinimi ve sahadaki özel çözümlerin geliştirilmesi sayılmaktadır. Şantiye alanlarının aktif kullanımda olan binalara yakınlığı, ek güvenlik önlemleri almayı gerektirir. Depremsellik analizleri sırasında binanın temel sistemi öngörülenden farklı çıkabilir bu da analiz sürecine geri dönülmesine yol açabilir. Ayrıca, lojistik sıkıntılar, malzeme ve hafriyat taşımada yaşanan zorluklar da önemli sorunlar arasında yer alır.

İPKB resmi internet sitesinde acil durum ve doğal afet öncesi, sırası ve sonrasında binalarda ve şehirlerde yapılması gereken uygulamalar ile alakalı çok sayıda broşür, eğitim ve kılavuz mevcuttur. Bunlar dışında "Sürdürülebilirlik Stratejisi Kılavuzu 2023" de yayınlanmış olup projeler sürecinde edinilmiş olan tecrübeler paylaşılmıştır.

5. Türkiye’de Uygulanmış ve Uygulanmakta Olan Depreme Karşı Güçlendirme Yöntemleri

5.1 Binaların Deprem Davranışlarındaki Genel Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi

Bu noktada güçlendirme yaklaşımında sıkça kullanılan kavramları da raporun devamını kolay takip edebilme adına açıklamak okuyucu açısından faydalı olacaktır.

Dayanım: Bir yapıda yapısal sistemi oluşturan elemanların, üzerlerine uygulanan yükleri karşılama kapasitesini ifade eder. Bir malzemenin veya yapının genelinin ne kadar gerilmeyi kaldırabileceği, göçme noktasından önceki ölçüsüdür.

Süneklik: Bir yapısal sistemin, yapısal elemanlarının veya bağlantılarının göçmeden önceki deformasyon yapabilme kapasitesini ifade eder. Bu deformasyonlar genellikle plastik veya elastik olmayan deformasyonlar olarak adlandırılır ve yapısal bileşenlerin bazılarında hasara neden olur. Süneklik, aşırı yüklenen yapı elemanlarının göçmeye sebep olmadan şekil değiştirmeye izin vermesi ve gerilmenin eleman veya sistem içerisinde yeniden dağılmasını sağlamaya olanak vermesi sebebiyle yapıda sahip olunması istenilen bir özelliktir.

Kapasite Tasarım Prensibi: Kapasite tasarımının amacı, bir binanın elastik ötesi davranışını kontrol altında tutabilmektir. Kapasite tasarım prensibine göre öncelikle elemanların gevrek göçmesinin önüne geçilir, sonrasında belirli parçaların diğerlerinden önce plastikleşmesi sağlanır. Böylece yapının toptan göçmesinden önce mümkün olan en fazla seviyede enerji yutumunu gerçekleştirecek elastik ötesi davranışı sağlanarak, depreme karşı daha ekonomik ve güvenli bir tasarım yapılması hedeflenir.

Deprem Talebi: Bir yapıda deprem sırasında beklenen iç kuvvetleri ve deformasyonları ifade eder. Deprem talebi, zemin hareketinin özelliklerine (zemin durumu, depremin büyüklüğü ve süresi gibi) ve yapının dinamik özelliklerine (kütlesi, rijitliği ve doğal titreşim periyotları gibi) bağlıdır. Sismik tasarımdaki amaç, yapının, sismik talebi karşılamak için yeterli kapasiteye sahip olmasını sağlamaktır.

Etki: Depremin bir binaya etkisi, binanın yapısal sistemi, yerel zemin koşulları ve sismik aktivitenin özelliklerine göre belirlenir. Amaç, bir binanın çökmeden deprem tarafından üretilen bu etkilere (kuvvet ve deformasyonlara) dayanabilecek şekilde tasarlanmasıdır.

Performans Hedefleri: Sismik tasarımın birincil amacı insan hayatını korumaktır. Bunun sağlanması, binaların çökmeden şiddetli depremlere dayanacak şekilde tasarlanmasıyla gerçekleştirilir. İkincil amaç, binayı gerekli durumda güçlendirerek depremden sonra kullanılabilir hale getirmektir. Bunu sağlamak için binanın göçmeden, sünek davranacak şekilde tasarlanması gerekir. Eğer binanın deprem performansı, deprem sonucunda içerisinde can kaybı yaşanmadan, ancak depremden sonra bir



güçlendirmeye maruz kalacağı şekilde veya yıkılıp yeniden yapılması şeklinde planlanıyorsa Kontrollü Hasar (Can Güvenliği) Performansı hedefleniyor demektir. Bu, standart yapılar için şiddetli depremlerde hedeflenen standart performans seviyesidir. Eğer deprem sonrasında yapının çok sınırlı ve onarılabilir hasarlara uğraması hedefleniyorsa, yapıda Sınırlı Hasar (Hemen Kullanım) Performans seviyesi hedefleniyor demektir. Binanın depremde onarılamayacak düzeyde büyük hasarlar alması ve buna rağmen kısmen ya da tamamen yıkılmasının önüne geçilmek isteniyor ise bu durumda yapı için Göçmenin Önlenmesi Performans seviyesi hedeflenmiş anlamına gelmektedir.

Bina Önem Katsayısı: Deprem tasarımında önem katsayıları, binayla ilişkilendirilen risk derecesini yansıtmak için kullanılır. Deprem sonrası hemen kullanımı gerektiren hayati öneme sahip veya birçok insanı barındıran binalar daha yüksek önem katsayıları ile tasarlanırlar. Bu binalar, daha düşük önem katsayılarına sahip binalardan daha şiddetli depremlere dayanacak şekilde tasarlanırlar. Tipik olarak yeni tasarlanacak okul binaları için bina önem katsayısı $I = 1.5$ iken, konut binalarında bu katsayı $I = 1.0$ 'dır. Bu sayede bir okul binası aynı özelliklere sahip bir konut binasının 1.5 katı kadar deprem kuvvetlerine dirençli olacak şekilde tasarlanır.

Hedef Performans Seviyeleri: Bir deprem bölgesindeki bir binanın deprem performans hedefi, beklenen yer hareketi düzeyine ve binanın önemine göre belirlenir. Bina, bu kriterlerden belirlenen deprem kuvvetlerine dayanabilecek yeterli dayanıma ve sünekliğe sahip olacak şekilde tasarlanır.

Bu kavramlar, deprem bölgelerindeki binaların tasarımı ve değerlendirmesi için temel niteliktedir. Mühendislerin bir binanın deprem sırasında nasıl davranacağını anlamalarına ve binanın performansını iyileştirmek için stratejiler geliştirmelerine yardımcı olurlar.

Deprem mühendisliğinde hem mevcut hem de yeni binaların tasarımında bazı prensipler dikkate alınır. Bu prensipler, binaların normal koşullarda sadece güvenli olmasını değil, aynı zamanda depremler tarafından üretilen kuvvetlere karşı makul bir koruma seviyesine ulaşmayı da sağlar. Bunlar, öngörülemez ve potansiyel olarak yıkıcı depremler karşısında dayanıklı binalar tasarlamadaki kilit kavramlardır.

Binaların deprem davranışları dikkate alındığında olası yapısal zafiyetler aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilir;

1. Rijitlik Yetersizliği

Bu durum genellikle taşıyıcı sistemin genelini ilgilendirmekte olup sistem bazında bir zafiyettir. Eleman boyutları ve malzeme kalitesindeki yetersizlik başlıca sebeplerindendir.

Deprem sırasında binanın bütünsel bir davranış mekanizması sağlayamamasından dolayı binanın aşırı deformasyon yapmasına ve dolayısıyla ileri düzeyde hasar görmesine ve hatta göçmesine neden olabilir.

2. Dayanım Yetersizliği



Bu durum taşıyıcı sistemin geneli veya lokal olarak bazı elemanlar için geçerli olabilir. Eleman boyutları, malzeme kalitesi, betonarme binalar özelinde donatı yetersizliği sonucunda ortaya çıkabilecek bir zafiyettir.

Deprem sırasında taşıyıcı elemanların beklenenden çok daha fazla hasar görmesine, hatta göçmesine neden olabilir.

3. Süneklik Yetersizliği

Bu durum genellikle eleman bazında bir zafiyettir, ancak taşıyıcı sistem elemanlarında yaygın bir şekilde bulunuyorsa, sistemin genel davranışında da ciddi bir zafiyet yaratır.

Deprem anında taşıyıcı elemanların gevrek davranmasına, dolayısıyla lokal veya sistemsel olarak ileri düzeyde hasar ve göçmeye neden olabilir.

4. Taşıyıcı Sistem Konfigürasyonu ve Yük Akışındaki Zafiyetler

Binaların burulma düzensizliği, yumuşak kat, kısa kolon gibi deprem davranışını olumsuz etkileyebilecek düzensizliklere sahip olması ve taşıyıcı sistem elemanlarının süreklilik oluşturmayacak şekilde düzenlenmiş olması nedeniyle oluşabilecek zafiyetlerdir.

Deprem anında binada lokal hasarlara, bölgesel veya toptan göçmeye sebep olabilir.

5. Eleman Bazında Detaylandırma Zafiyetleri

Çelik binalarda plastikleşmenin, bağlantı detayları yerine taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak şekilde tasarlanıp uygulanmaması ya da betonarme elemanlarda donatı detaylandırmasının istenilen mekanizma durumlarını yaratacak şekilde düzenlenmemesi sonucu binada oluşan zafiyetlerdir.

6. Temel Sistemi ve Zemin Nedeniyle Oluşabilecek Zafiyetler

Temellerde çekme kuvvetlerinin çok yüksek olması ve dolayısıyla yüksek seviyelerde dönmelerin meydana gelmesi, zemin taşıma kapasitesinin aşılması, zemin sıvılaşması olması ve buna bağlı olarak aşırı deformasyonlar nedeniyle oluşabilecek zafiyetlerdir.

Deprem anında binaların dönmesi, devrilmesi ve aşırı zemin oturmaları gibi sonuçlar doğurabilir.

Söz konusu zafiyetlerin giderilmesi amacıyla farklı güçlendirme yöntemleri kullanılabilir. Güçlendirme yöntemi stratejisi oluşturulurken zafiyetin net olarak belirlenmiş olması ve söz konusu zafiyete yönelik en uygun yöntemin seçilmesi kritik öneme sahiptir. Üç ana zafiyet türüne göre ülkemizde kullanılmakta olan en uygun güçlendirme stratejileri aşağıda özetlenmiştir.

1. **Rijitlik Yetersizliği:** Taşıyıcı sisteme rijitliği yüksek elemanlar (betonarme perde veya çelik çapraz) eklemek en etkili güçlendirme yöntemidir. Yığma bölme duvarların taşıyıcı hale getirilmesi de önemli bir etki yaratır. Kolonların betonarme elemanlarla sargılanmasının da rijitlik artırıcı etkisi olsa da bu etki



diğer yöntemlere göre oldukça kısıtlıdır. Rijitlik artırıcı yöntemler uygulandığında yeni temel imalatı veya mevcut temellerin güçlendirilmesi ihtiyacı neredeyse kesindir.

2. **Dayanım Yetersizliği:** Bu zafiyetin çözümü için mevcut elemanların dayanımını artırıcı yöntemler (betonarme, çelik plakalar veya LF ile sargılama) kullanılabilir. Özellikle bölgesel olarak bazı elemanlarda yetersizlik olması durumunda ilk tercih edilebilecek yöntemlerdir. Taşıyıcı sistemin genelinde söz konusu zafiyet olması durumunda, deprem etkilerinin akışını değiştirecek şekilde sistemde yeni elemanlar oluşturarak (betonarme perde, çelik çapraz eklenmesi veya yığma bölme duvarların güçlendirilmesi) mevcut elemanlar üzerindeki talebin azaltılması daha etkili bir yöntem haline gelebilir. Kütle azaltılması gibi yöntemler de ilave etki yaratmak için tercih edilebilir. Dayanım artırıcı yöntemler uygulandığında, yüksek ihtimalle mevcut temellerde güçlendirme ihtiyacı olacaktır.
3. **Süneklik Yetersizliği:** LF'ler ile sargılama, uygulama kolaylığı ve yapının diğer alanlarına (mimari, tesisat, vb.) olabilecek en az müdahale gerektirmesi nedeniyle, bu konudaki en etkili yöntemdir. Diğer sargılama yöntemleri de sünekliği artırmada etkilidir. Süneklik artışı ile birlikte temelde ilave bir güçlendirme ihtiyacı ihtimali düşüktür.

Yukarıda belirtilen yöntemlerin yanında, etkili şekilde deprem talebinin azaltılmasını sağlayacak yenilikçi yöntemlerin kullanılması da düşünülebilir. Bu yöntemler deprem yalıtım sistemleri ve pasif enerji sönümleyici sistemlerdir. Söz konusu yöntemlerin mevcut binalar üzerinde kullanımı henüz çok sınırlı olsa da son yıllarda artış eğilimindedir. Ayrıca, bina taşıyıcı sistem türüne göre de daha çok karşılaşılabilecek zafiyet türleri ve kullanılabilecek güçlendirme yöntemleri farklılık gösterebilir. Aşağıda gösterilmiş olan tablolarda, sırasıyla Tablo 28 betonarme çerçeve binalar, Tablo 29 betonarme perdeli çerçeve binalar, Tablo 30 çelik çerçeve binalar ve son olarak Tablo 31'de yığma binalar için önerilen güçlendirme stratejileri zafiyet türü göz önünde bulundurularak listelenmiştir. Yazı karakteri koyulaştırılmış yöntemler en etkili yöntemler olarak öne çıkmaktadır.

Bu bölümün devam eden kısımlarında konvansiyonel güçlendirme yöntemleri ile ilgili detaylar paylaşılmıştır. Buradaki amaç yöntemlerin genel özelliklerini tanımlamak ve birbirleriyle karşılaştırmalarını yapabilmektir. Yenilikçi yöntemlerle ilgili sadece genel bilgilendirme yapılmıştır. Bu yöntemlerle ilgili bilgiler yenilikçi güçlendirme yöntemlerinin araştırma sonuçlarının sunulacağı raporda detaylı olarak paylaşılacaktır.

Tablo 28: Betonarme Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi

Betonarme Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi						
Zafiyet Türü			Güçlendirme Stratejisi			
			Kapasite Artırıcı Yöntemler	Konfigürasyon Düzenleme	Talep Azaltıcı Yöntemler	
Rijitlik Yetersizliği			Betonarme Perde Eklenmesi		Sismik Yalıtım Sistemleri	
			Çelik Çapraz Eklenmesi		Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
			Bölme Duvarların Güçlendirilerek Taşıyıcı Sisteme Bağlanması		Kütle Azaltma	
			Dışardan Yeni Çerçeve Eklenmesi			
Dayanım Yetersizliği	Lokal	Basınç	Betonarme, Çelik Plaka ve Lifli Polimer ile Sargılama			
		Kesme	Betonarme, Çelik Plaka ve Lifli Polimer ile Sargılama			
		Eğilme	Betonarme ile Sargılama			
	Genel				Sismik Yalıtım Sistemleri	
					Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
					Kütle Azaltma	
		Bölme Duvarların Güçlendirilerek Taşıyıcı Sisteme Bağlanması	Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma			
Süneklik Yetersizliği	Lokal	Lifli Polimer, Çelik Plaka ve Betonarme ile Sargılama				
	Genel	Lifli Polimer, Çelik Plaka ve Betonarme ile Sargılama				
					Sismik Yalıtım Sistemleri	
					Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
				Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma		
Detaylandırmada Yetersizlik	Bindirme Boyu	Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama				
	Ankraj Boyu	Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama				
Taşıyıcı Sistem Konfigürasyonunda Düzensizlikler	Zayıf Kolon - Güçlü Kiriş	Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama			Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma	
	Burulma Düzensizliği	Mevcut Elemanların Dayanımını Artırma		Binayı Parçalara Ayırma		
		Yeni Eleman (Perde, Çelik Çapraz) Ekleme				
	Komşu Binalarla Çarpışma	Betonarme Perde Eklenmesi		Binalar Arasındaki Dilatasyonu Genişletme		
				Binaları Birbirine Bağlama		
	Kısa Kolon	Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama		Kısa Kolon Etkisine Neden Olan Elemanları Düzenleme		
	Düşey Eleman Süreksizliği	Yeni Eleman (Kolon, Perde, Çelik Çapraz) Ekleme				
Temel ve Zemin'deki Yetersizlik	Temel Boyutları	Temelde Betonarme ile Sargılama			Sismik Yalıtım Sistemleri	
	Sıvılaşma	Zemin İyileştirmesi			Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
	Zemin Taşıma Kapasitesi	Temelde Betonarme ile Sargılama			Kütle Azaltma	
		Temel Sisteminde İyileştirme (Kazık İlavesi)				
		Zemin İyileştirmesi				

Tablo 29: Betonarme Perdeli Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi

Betonarme Perdeli Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi						
Zafiyet Türü			Güçlendirme Stratejisi			
			Kapasite Artırıcı Yöntemler	Konfigürasyon Düzenleme	Talep Azaltıcı Yöntemler	
Rijitlik Yetersizliği			Betonarme Perde Eklenmesi		Sismik Yalıtım Sistemleri	
			Çelik Çapraz Eklenmesi		Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
					Kütle Azaltma	
Dayanım Yetersizliği	Lokal	Basınç	Betonarme, Çelik Plaka ve Lifli Polimer ile Sargılama			
		Kesme	Betonarme, Çelik Plaka ve Lifli Polimer ile Sargılama			
		Eğilme	Betonarme ile Sargılama			
	Genel				Sismik Yalıtım Sistemleri	
					Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
					Kütle Azaltma	
					Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma	
Süneklik Yetersizliği	Lokal		Lifli Polimer, Çelik Plaka ve Betonarme ile Sargılama			
	Genel		Lifli Polimer, Çelik Plaka ve Betonarme ile Sargılama		Sismik Yalıtım Sistemleri	
						Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri
					Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma	
Detaylandırmada Yetersizlik	Bindirme Boyu		Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama			
	Ankraj Boyu		Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama			
Taşıyıcı Sistem Konfigürasyonunda Düzensizlikler	Burulma Düzensizliği		Mevcut Elemanların Dayanımını Artırma	Binayı Parçalara Ayırma		
			Yeni Eleman (Perde, Çelik Çapraz) Ekleme			
	Komşu Binalarla Çarpışma		Betonarme Perde Eklenmesi	Binalar Arasındaki Dilatasyonu Geniştirme	Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
				Binaları Birbirine Bağlama		
	Kısa Kolon		Betonarme, Çelik ve Lifli Polimer ile Sargılama	Kısa Kolon Etkisine Neden Olan Elemanları Düzenleme		
	Düşey Eleman Süreksizliği		Yeni Eleman (Kolon, Perde, Çelik Çapraz) Ekleme			
Temel ve Zemin'deki Yetersizlik	Temel Boyutları		Temelde Betonarme ile Sargılama		Sismik Yalıtım Sistemleri	
	Sıvılaşma		Zemin İyileştirmesi		Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
	Zemin Taşıma Kapasitesi		Temelde Betonarme ile Sargılama		Kütle Azaltma	
			Temel Sisteminde İyileştirme (Kazık İlavesi)			
			Zemin İyileştirmesi			

Tablo 30: Çelik Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi

Çelik Çerçeve Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi					
Zafiyet Türü			Güçlendirme Stratejisi		
			Kapasite Artırıcı Yöntemler	Konfigürasyon Düzenleme	Talep Azaltıcı Yöntemler
Rijitlik Yetersizliği			Çelik Çapraz Eklenmesi		Sismik Yalıtım Sistemleri
			Mafsallı Birleşimlerin Ankastreye Dönüştürülmesi		Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri
					Kütle Azaltma
Dayanım Yetersizliği	Lokal	Basınç	Çelik Plaka Ekleyerek Güçlendirme		
		Kesme	Çelik Plaka Ekleyerek Güçlendirme		
		Eğilme	Çelik Plaka Ekleyerek Güçlendirme		
	Genel			Sismik Yalıtım Sistemleri	
				Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
				Kütle Azaltma	
Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma					
Süneklik Yetersizliği	Lokal	Birleşimleri Detaylarını İyileştirme			
	Genel	Birleşimleri Detaylarını İyileştirme			Sismik Yalıtım Sistemleri
					Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri
					Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma
Detaylandırmada Yetersizlik	Hatalı Birleşim Detayları	Birleşimleri Detaylarını İyileştirme			
	Uygun Olmayan Ek Yerleri	Çelik Plaka Ekleyerek Güçlendirme			
Taşıyıcı Sistem Konfigürasyonunda Düzensizlikler	Burulma Düzensizliği	Mevcut Elemanların Dayanımını Artırma	Binayı Parçalara Ayırma		
		Yeni Eleman (Çelik Çapraz) Ekleme			
	Komşu Binalarla Çarpışma	Çelik Çapraz Eklenmesi	Binalar Arasındaki Dilatasyonu Genişletme	Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
			Binaları Birbirine Bağlama		
	Düşey Eleman Süreksizliği	Yeni Eleman (Kolon, Perde, Çelik Çapraz) Ekleme			
Temel ve Zemin'deki Yetersizlik	Temel Boyutları	Temelde Betonarme ile Sargılama		Sismik Yalıtım Sistemleri	
	Sıvılaşma	Zemin İyileştirmesi		Pasif Enerji Sönümleme Sistemleri	
	Zemin Taşıma Kapasitesi	Temelde Betonarme ile Sargılama			Kütle Azaltma
		Temel Sisteminde İyileştirme (Kazık İlavesi)			
		Zemin İyileştirmesi			

Tablo 31: Yığma Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi

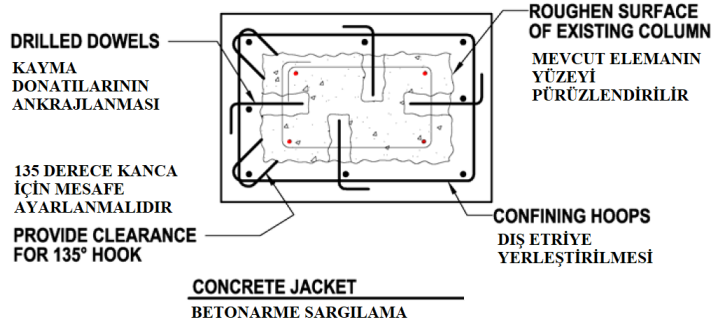
Yığma Binaların Deprem Davranışındaki Olası Zafiyetler ve Güçlendirme Stratejisi					
Zafiyet Türü			Güçlendirme Stratejisi		
			Kapasite Artırıcı Yöntemler	Konfigürasyon Düzenleme	Talep Azaltıcı Yöntemler
Rijitlik Yetersizliği			Betonarme Perde Eklenmesi		Sismik Yalıtım Sistemleri
			Çelik Çapraz Eklenmesi		Pasif Enerji Sönümlleme Sistemleri
			Yığma Duvarların Hasır Donatı ve Özel Siva ile Güçlendirilmesi		Kütle Azaltma
			Yığma Duvar Eklenmesi		
Dayanım Yetersizliği	Lokal	Basınç	Yığma Duvarların Hasır Donatı ve Özel Siva ile Güçlendirilmesi		
		Kesme	Yığma Duvarların Lifli Polimerler ile Güçlendirilmesi		
		Eğilme	Yığma Duvarların Hasır Donatı ve Özel Siva ile Güçlendirilmesi		
	Genel				Sismik Yalıtım Sistemleri
					Pasif Enerji Sönümlleme Sistemleri
					Kütle Azaltma
Süneklik Yetersizliği	Genel				Yeni Eleman Ekleyerek Mevcut Elemanlar Üzerindeki Talebi Azaltma
					Sismik Yalıtım Sistemleri
					Pasif Enerji Sönümlleme Sistemleri
Detaylandırmada Yetersizlik	Diyaframa Bağlantı Eksikliği		Duvarlar ile Diyafram Arasında İlave Bağlantı Oluşturulması		
Taşıyıcı Sistem Konfigürasyonunda Düzensizlikler	Burulma Düzensizliği		Mevcut Elemanların Dayanımını Artırma	Binayı Parçalara Ayırma	
			Yeni Eleman (Perde, Çelik Çapraz, Yığma Duvar) Ekleme		
	Komşu Binalarla Çarpışma		Yeni Eleman (Perde, Çelik Çapraz, Yığma Duvar) Ekleme	Binalar Arasındaki Dilatasyonu Genişletme	Pasif Enerji Sönümlleme Sistemleri
				Binaları Birbirine Bağlama	
Temel ve Zemin'deki Yetersizlik	Temel Boyutları		Temelde Betonarme ile Sargılama		Sismik Yalıtım Sistemleri
	Sıvılaşma		Zemin İyileştirmesi		Pasif Enerji Sönümlleme Sistemleri
	Zemin Taşıma Kapasitesi		Temelde Betonarme ile Sargılama		Kütle Azaltma
			Temel Sisteminde İyileştirme (Kazık İlavesi)		
			Zemin İyileştirmesi		

5.2 Konvansiyonel Güçlendirme Yöntemleri

Bu çalışma kapsamında belirtilen “Sınır Değerler”, “Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar”, vb. hususların TAMAMI Arup firmasının tecrübelerini ve değerlendirmesini içermekte olup herhangi resmi bir geçerliliği/ uygulama zorunluluğu bulunmamaktadır.

5.2.1 Betonarme Elemanlarla Sargılama (Mantolama)

Mevcut betonarme kolon elemanlarının güçlendirilmesi amacı ile etrafının yeni betonarme elemanlarla sargılanması en yaygın kullanılan güçlendirme yöntemlerinden biridir. Kiriş ve perdeler için de bu yöntem uygulanabilmektedir. Bu yöntemde mevcut bir betonarme elemanın etrafına ilave olarak düzenlenmiş düşey ve yatay donatılar ile yeni beton tabakası eklenerek eleman kesiti büyütülür. Mevcut kesitin yüzeyi pürüzlendirilerek ve içerisine ankraj edilen kesme donatıları etkisi ile yeni ve mevcut kesitin birlikte çalışması, böylece yapısal elemanın taşıma kapasitesinin artırılması sağlanır. Şekil 42’de betonarme eleman ile kolon sargılama tipik detayı verilmiştir.



Şekil 42: Betonarme Eleman ile Kolon Sargılama Tipik Detayı – (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006)



Fotoğraf 4: Betonarme Eleman ile Kolon Sargılama Uygulama Örneği – © HİLTİ

Yöntemle ilgili detaylı bilgiler aşağıdaki bölümlerde paylaşılmıştır.



Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve
- Yerinde Dökme Betonarme Perdeli Çerçeve
- Ön Üretimli Betonarme

Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin esas amacı eleman bazında eksenel, kesme ve eğilme dayanımını artırmaktır. Aynı zamanda;

- Sistem bazında rijitlik artırmaya ve
- Eleman bazında süneklik artırmaya etkisi vardır.

Rijitlik açısından genel olarak yeterli olup, eleman dayanımı açısından yetersiz olan betonarme çerçeve veya perdeli çerçeve binalarda kullanılması düşünülebilir.

Mevcut malzeme özellikleri ve eleman geometrik özelliklerine bağlı olarak, LF ile sargılama yapmanın sınırlı etki yaratacağı durumlarda, süneklik artırmak için de bu yöntem tercih edilebilir.

Pratikte bu yöntemin;

- Binaya betonarme perde eklenmesi yöntemiyle birlikte,
- Kütle azaltılması yöntemiyle birlikte,
- Kolon ve/veya kirişlerin eleman bazında güçlendirilmesi amacıyla kullanılması önerilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018) – Bölüm 15
- Tasarım sırasında dikkate alınacak malzeme özellikleri:
 - Eklenecek yeni donatılar yönetmeliklerin tanımladığı standart donatı kalitesinde olacaktır.
 - Yeni betonun iyi yerleşmiş olduğundan emin olmak için beton karışımı uygun şekilde ayarlanmalıdır. Genellikle kendinden yerleşen beton veya kıvamı daha akışkan olan betonların kullanılması gerekecektir.
 - (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018) Bölüm 15'te belirtildiği şekilde, karakteristik malzeme dayanım değerleri kullanılarak tasarım yapılacaktır.
- Betonarme kolonlarda yapılacak sargılama tasarımlarında, kolonun zafiyet türüne göre tasarım ve uygulama detayları farklılık gösterebilir.
 - Basınç ve kesme dayanımı yetersizliği olması durumunda katlar arası düşey donatı sürekliliği şartı aranmadan, alt kat döşemesi üstünden üst

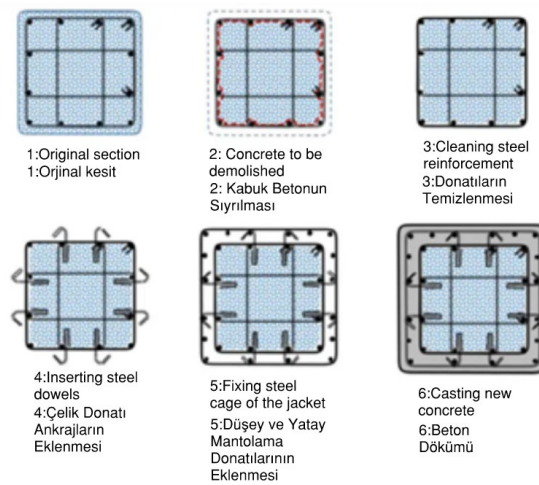


kat döşemesi altına kadarki bölgede kolonda sargı betonu ve sargı donatısı uygulaması yapılır. Bu uygulama için (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018), Bölüm 15 ve 7.3.4.2’de verilen kurallara uyulacaktır.

- Eğilme dayanımı yetersizliği olması durumunda sargı betonu içerisine yeni eklenen düşey donatılar katlar arası sürekli olacak şekilde teşkil edilecek, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulacaktır. Bu uygulama için TBDY-2018, Bölüm 15 ve 7.3.4’te verilen kurallara uyulacaktır.
- Sarılmış kolonun eğilme, kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları ile yeni eklenen kesit betonunun tasarım dayanımı kullanılacak, ancak elde edilen dayanımlar ve rijitlik 0.9 ile çarpılarak azaltılacaktır (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).
- **Konstrüktif Kurallar:**
 - Sargı betonu kalınlığı en az 100 mm olmalıdır (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).
 - Betonda açılan deliğe ankraj uygulaması yapılmadan önce portatif üfleyici kullanılarak açılan deliklerin temiz ve tozdan arındırılmış olması sağlanmalıdır.
 - Projede hesaplanan ankraj gömme derinliklerine uyulması ve ankraj edilen donatıların epoksi ve türevi gibi aderans sağlayıcı malzemeler ile yapıştırıldıktan sonra çekme deneyine tabi tutularak gerekli aderansın sağlandığından emin olunması gereklidir.

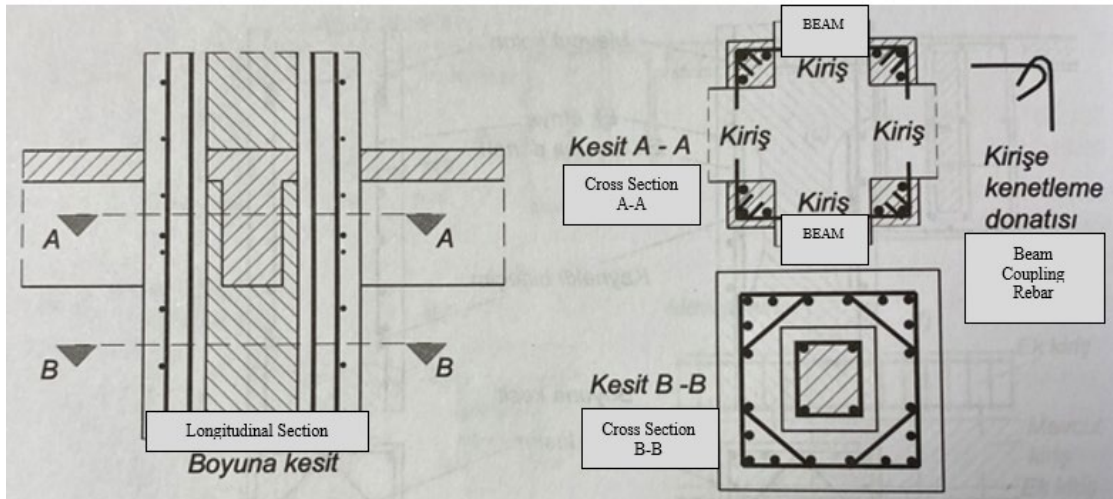
Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Şekil 43’de betonarme ile sargılama uygulama aşamaları verilmiştir.



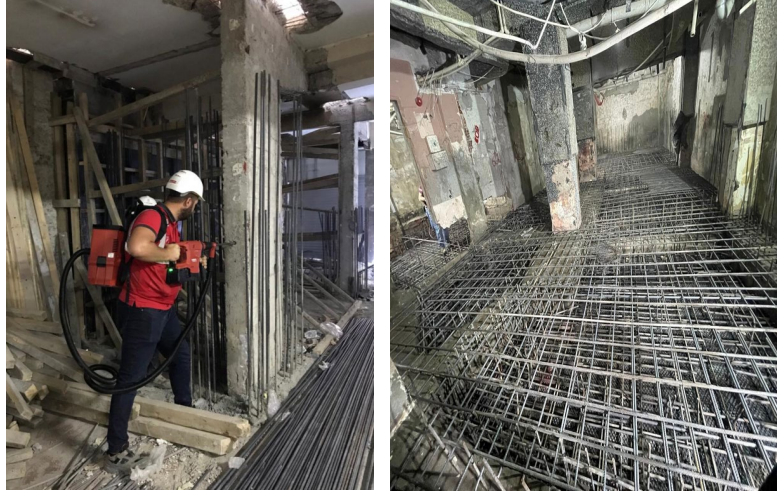
Şekil 43: Betonarme ile Sargılama Uygulama Aşamaları- (Obinna, 2023)

1. Mevcut kolonun pas payı sıyrılır.
2. Mevcut donatılarda korozyon varsa, donatılar korozyondan arındırılır.
3. Yeni beton ile aderansı artırmak için beton yüzeyi pürüzlendirilir ve/veya aderans artırıcı kimyasallar kullanılır.
4. Yeni beton ile mevcut kesit arasındaki yük akışını sağlayabilmek amacıyla, mevcut kesite kayma donatıları ankraj edilir. Bunların kesitin bir yüzünden girip diğer yüzünden çıkacak şekilde sürekli elemanlarla oluşturulması tercih edilir. Bu mümkün değilse tasarımda belirlenen ankraj boyuna uyularak imalat yapılmalıdır.
5. Mevcut kesitin etrafına yeni donatılar yerleştirilir. Dıştan tüm kesiti saracak olan etriyenin 135° kanca detayının uygulanabilmesi amacıyla yeterli mesafe yaratılması şarttır. Bu da sargılama kalınlığının artmasına neden olacaktır.
6. Boyuna donatıların alt ve üst katta sürekliliğini sağlamak amacıyla döşemede delikler açılarak donatılar ilerletilir. Donatıların sürekliliği Şekil 44'de verildiği gibi kolon köşelerinden, kirişleri katetmeden, döşemede açılacak boşluklardan da sağlanabilir (Celep, 2022). Elemanın sadece eksenel yük kapasitesini artırmak amacıyla sargılama yapılıyorsa, donatıların katlar arasında sürekli olma zorunluluğu yoktur. Döşemede açılan delikler aynı zamanda yeni betonun dökümü için kullanılabilir.



Şekil 44: Kolon Mantolamasında Donatıların Katlar Arasındaki Sürekliliği (Celep, 2022)

7. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulacaktır.
8. Kolonların bağlandığı kirişlerin durumu da kontrol edilerek, kirişlerde de mantolama yapılması gerekebilir.
9. Mantolanmış kolon kesitinin temele kadar devam ettirilmesi gerekecektir. Mevcut temel kesitinin yetersiz bulunarak, temel mantolamasının yapılması da yüksek olasılıklıdır.



Fotoğraf 5: Uygulama Örnekleri – © HİLTİ

Maliyet

Kullanılacak malzemeler, konvansiyonel şekilde inşa edilecek yeni binalarda kullanılan malzemelerle aynıdır. Ancak mevcut bir binada ve zaman zaman kısıtlı alanlarda çalışma zorluğu nedeniyle işçilik, yeni bina inşaatına göre birkaç kat daha maliyetli olacaktır.

Temele kadar inilmesi gerekliliği işçiliği ve dolayısıyla maliyeti ciddi anlamda artıracaktır.

Ayrıca tesisat ve ince işlerin yenilenmesi durumunda binanın yıkılıp yeniden yapılma maliyetine yaklaşan seviyede maliyet çıkabilir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Tablo 32: Mantolama ile Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Hayır
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Hayır
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Hayır
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Hayır
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	32



Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri*). Tablo 32’de mantolama ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Bina kolonları, kirişleri ve perdeleri etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile birlikte değerlendirilebilir. Taşıyıcıların cephe hattının dışına doğru büyütülmesini gerektiren durumlarda, cephedeki ısı yalıtımının (bkz. Bölüm 6.1.1) bu bölgelerde yeniden yapılması gerekecektir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Temel kazısı yapılma gerekliliği, duvarların ve döşemelerin kısmi olarak kaldırılması, tesisat elemanlarının kaldırılması, bina içine donatı çeliği ve kalıp malzemelerinin taşınması, beton dökümü gibi işlemlerin yapılması gerektiği düşünüldüğünde, bina içerisinde iş güvenliği ve kullanıcı sağlığının gözetilmesi amacıyla binanın tamamen boşaltılması gerekebilir.
- İşin süresi binanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterecektir. İnce işlerinin tamamlanması da dahil olmak üzere, tahmini olarak 6 ila 12 ay sürebilir.
- Bina içine malzeme (demir donatı, kalıp malzemesi, vs.) taşınması, beton dökümü sırasında betonun ilgili konuma nakliyesi uygulama zorluğu yaratacaktır.
- Yeni betonun iyi yerleşmiş olduğundan emin olmak için beton karışımı uygun şekilde ayarlanmalıdır. Genellikle kendinden yerleşen beton veya kıvamı daha akışkan olan betonların kullanılması gerekecektir.
- Minimum sargı kalınlığı TBDY-2018’de 100 mm olarak belirtilmiştir. Ancak uygulama detayları ve ihtiyaç duyulan donatı miktarı düşünüldüğünde bunun 150 mm olması daha uygundur (Celep, 2022). Betonarme çerçeve sisteme sahip bir binada kolon sargılanması sonrasında binanın rijitliğinin artması nedeniyle deprem kuvvetlerinde de artış olacak ve dolayısıyla kolon sargılama kalınlığının bir miktar daha artırılması, kirişlerin de sargılanması ihtiyacını ortaya çıkabilecektir.
- Mevcut ve yeni betonun birlikte çalışabilmesi için iyi bir pürüzlendirme ve yeterli miktarda kesme donatısı bağlantısı uygulanmalıdır. Pürüzlendirilen yüzeylerindeki tozların temizlenmesi aderans açısından önemlidir. Benzer şekilde kimyasal ankraj ile mevcut betona bağlanacak olan kesme elemanlarında, açılan boşluklarda bırakılan toz, kimyasal malzeme ile mevcut beton arasında bir zar görevi görerek ankraj elemanlarının beklenen kapasiteye ulaşmamasına neden olmaktadır. Kullanılan kesme donatısının

yeterliliği hesap ile gösterilmesi gerektiği gibi uygulamada da sıkı şekilde kontrol edilmelidir.

- İdeal olarak eleman çepeçevre sargılanır. Ancak mimari sınırlamalar nedeniyle üç, iki veya tek taraftan sargılama yapmak durumunda kalınabilir (Celep, 2022). Bu durumda eleman kapasitesi istenen düzeyde olmayacağı için tasarımcının gerçekçi şekilde kapasite hesaplaması gerekecektir. Örneğin, sadece yeni eklenen betonarme kısmın kapasitesi dikkate alınarak, mevcut elemanın kapasitesi hiç dikkate alınmayacak şekilde hesaplamalar yapılabilir.
- Kolonların mantolanması nedeniyle etrafında bulunan duvarların, zemin ve tavan kaplamalarının ayrıca o bölgede bulunan tesisat elemanlarının kaldırılması gerekecektir. Mantolanacak kolon sayısına bağlı olarak, tesisat ve ince işlerin bina genelinde yenilenmesi gerekebilir.
- Uygulamada genellikle karşılaşılan problemler;
 - Ekim yapılan donatılarda yeterli ankraj boyunun sağlanmaması,
 - Katları arası donatı sürekliliğinin sağlanmasındaki zorluklar,
 - Mevcut beton yüzeyinde yetersiz pürüzlendirme,
 - Mevcut beton ile çalışmayı sağlayacak yetersiz kayma donatısı kullanımı.

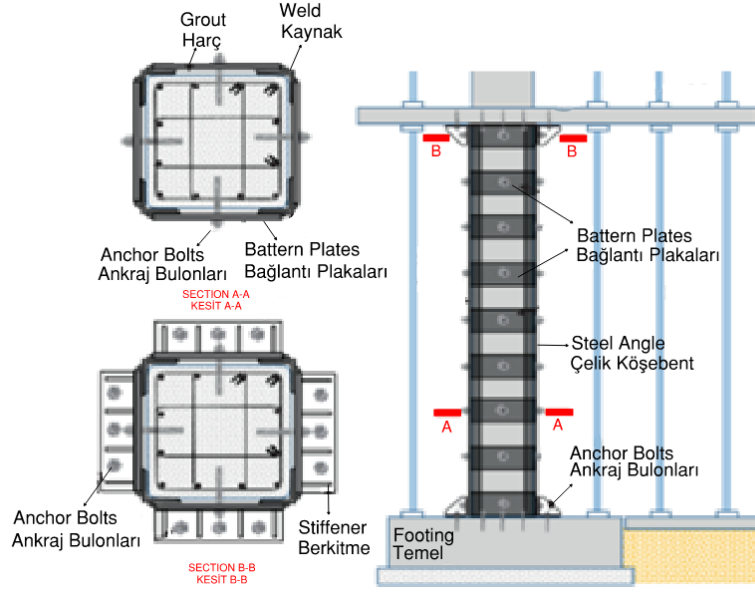
Mantolama ile güçlendirme yönteminin avantajları ve dezavantajları Tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33: Mantolama Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina iç alan kullanımında kısıtlama
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
	Binanın bölgesel veya tamamen boşaltılması gerekliliği
	Mimari, mekanik ve elektrik tesisatların muhtemel yenilenme ihtiyacı

5.2.2 Çelik Elemanlarla Sargılama

Çelik elemanlarla sargılama yöntemi beton ile mantolamanın uygulanabilir olmadığı veya tercih edilmediği durumlarda yapısal elemanların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çelik sargı, dikdörtgen veya kare betonarme kolonların dört köşesine köşebentlerin yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu dört köşebendin yatay düzlemde belirli aralıklarla çelik plakalar ile birbirine bağlanması sonucu oluşturulur. Şekil 45’de çelik elemanlarla sargılama tipik detayı verilmiştir.



Şekil 45: Çelik Elemanlarla Sargılama Tipik Detayı- (Steel Jacketing of Columns, tarih yok)

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve
- Yerinde Dökme Betonarme Perdeli Çerçeve
- Ön Üretimli Betonarme

Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin esas amacı eleman bazında dayanım artırmaktır. Genellikle basınç, kesme ve eğilme dayanımı artışı amacıyla kullanılır.

Aynı zamanda;

- Eleman bazında süneklik artırmaya,
- Çatlak kontrolünün sağlanmasına olumlu katkı yapar.

Rijitlik açısından genel olarak yeterli olup, eleman dayanımı açısından yetersiz olan betonarme çerçeve veya perdeli çerçeve binalarda kullanılması düşünülebilir.

Mevcut malzeme özellikleri ve eleman geometrik özelliklerine bağlı olarak, LF ile sargılama yapmanın sınırlı etki yaratacağı durumlarda, süneklik artırmak için de bu yöntem tercih edilebilir.

Pratikte bu yöntemin;

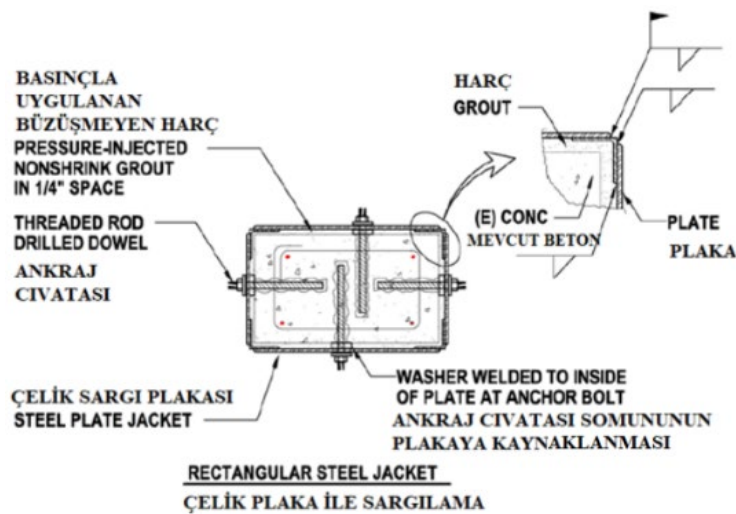
- Binaya betonarme perde eklenmesi yöntemiyle birlikte,
- Kütle azaltılması yöntemiyle birlikte,
- Kolon ve/veya kirişlerin eleman bazında güçlendirilmesi amacıyla kullanılması önerilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018 – Bölüm 15
- Tasarımda dikkate alınması gereken kurallar:
 - Eklenecek çelik malzeme özellikleri TBDY-2018’de tanımlanan kalitelerde olmalıdır.
 - Döşemelere başlık plakaları ile basınç aktarımının sağlandığı hesapla gösterilmelidir.
 - Çelik sargı ile bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan en az %50 uzun olması gereklidir.
 - Çelik sargının donatı bindirme bölgesinde kolonun karşılıklı yüzlerinde düzenlenen en az 16 mm çapında iki sıra bulonlu ankrajla sıkıştırılması gereklidir.
- Konstrüktif kurallar:
 - Köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalıdır.
 - Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır.
 - Çelik sargının kolon eğilme-eksenel yük kapasitesini artırması için köşebentlerin alt ve üst döşemeler arasında sürekli olması (boşlukların alınması) gerekmektedir.
 - Bindirme ekinin kolonun alt ucunda yapılmış olması durumunda en az iki sıra bulonlu ankraj alt döşemenin sırasıyla 250 ve 500 mm üzerinde yapılması gereklidir.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

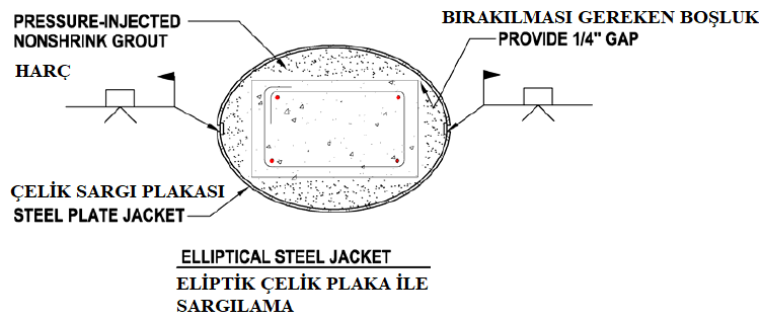
Şekil 46’da çelik plaka ile sargılama tipik detayı verilmiştir.



Şekil 46: Çelik Plaka İle Sargılama Tipik Detayı- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006)

1. Betonarme elemanlar ile sargılama yönteminin aksine, bu yöntemde betonarme yapı elemanlarında paspayı sıyırma işlemi yapılmasına gerek yoktur. Çelik sargı, doğrudan betonarme eleman yüzeyine uygulanabilir.
2. Öncelikle köşebentler betonarme elemanın köşelerine yerleştirilir. Bu işlem yapılırken köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmayacak veya minimum seviyede kalacak şekilde elemanlar konumlanmalıdır.
3. Yatay plakalar köşebentlere sahada kaynaklanarak birleşimler elde edilir. Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır.
4. Yatay plakalar belli aralıklarla mevcut betonarme elemana ankraj edilmelidir. Bu işlem yapılırken mevcut betonarme elemanın donatısına zarar verilmemelidir. Bu amaçla, ilk adımda betonarme eleman üzerinde ankraj delikleri açılmalı, daha sonra hassas ölçü alınarak çelik plakalarda delikler açılmalıdır. Mevcut betonarme elemanlara yapılacak ankrajların proje aşamasında hesaplanmış minimum gömme derinliğini sağlaması, açılan ankraj deliklerinin uygun şekilde temizlenmesi ve aderans sağlayıcı kimyasalların bu deliklere uygun şekilde doldurulması, bu işlemlerin ardından ankraj yapılması gereklidir.
5. Köşebent ve plakaların mevcut betonarme eleman ile arasında kalan boşluk uygun özellikte harç ile doldurulmalı, arada boşluk bırakılmamalıdır.
6. Çelik sargının kolon eğilme - eksenel yük kapasitesini artırması için köşebentlerin alt ve üst döşemeler arasında sürekli olması (boşlukların alınması) ve döşemelere başlık plakaları ile basınç aktarımının sağlandığı hesaplara gösterilmelidir.
7. Gerekirse köşebentlere ön yükleme yapılarak mevcut betonarme kolon kesitinin düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yükü azaltılabilir.
8. Mevcut elemanın en/boy oranının düşük olduğu durumlarda (ince uzun dikdörtgen olma durumu), eliptik şeklindeki plaka ile sargılama yapılabilir.

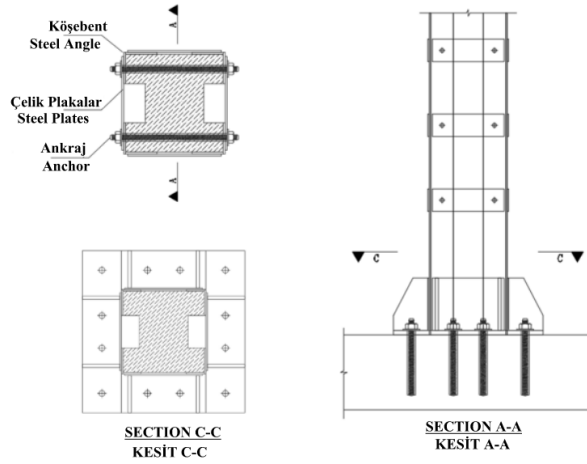
Şekil 47’de eliptik çelik plaka ile sargılama tipik detayı verilmiştir. Şekil 48’de bir sanayi yapısında güçlendirme örneği verilmiştir.



Şekil 47: Eliptik Çelik Plaka İle Sargılama Tipik Detayı- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006)



Fotoğraf 6: Çelik Elemanlarla Sargılama Uygulama Örneği – (Kaplan & Yılmaz, 2012)



Şekil 48: Çelik Elemanlar ile Sargılama Tipik Detayı – [Arup–Sanayi Yapısı Güçlendirme Projesi]

Maliyet

Beton ile kolon mantolama işlemindeki gibi yoğun kalıp-donatı işçiliği ve beton dökümü işlemleri uygulanmamaktadır. Buna karşın çelik profil ve plakaların mevcut betonarme kolonlara uyacak şekilde hazırlanması, ankraj ve kaynak işçiliği gibi etmenler sebebiyle yapı ihtiyacına da bağlı olarak değişmekle birlikte yüksek güçlendirme maliyetlerine sebep olabilmektedir.

Temele kadar inilmesi gerekliliği, işçiliği ve dolayısıyla maliyeti ciddi anlamda artıracaktır. Ayrıca tesisat ve ince işlerin yenilenmesi durumunda binanın yıkılıp yeniden yapılma maliyetine yaklaşan seviyede maliyet çıkabilir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri). Tablo 34’te çelik elemanlarla sargılama güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 34: Çelik elemanlarla sargılama güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Hayır
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Hayır
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Hayır
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	54

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Bina kolonları, kirişleri ve perdeleri etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile değerlendirilebilir. Bu yöntemin binanın kenar aks kolonlarında kullanımı kısıtlıdır. Ancak kullanılması durumunda, cephedeki ısı yalıtımının (bkz. Bölüm 6.1.1) bu bölgelerde yeniden yapılması gerekecektir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Dört tarafı açık olan kolonlara uygulanabilir. Bina kenar ve köşe akslarda kullanımı özel detaylar gerektirir.
- Kolon köşelerinde kullanılacak köşebentlerin katlar arasında sürekliliği önem arz ettiğinden, kiriş genişliklerinin kolon genişliklerinden korniyerlerin devam edebileceği kadar küçük olması uygulamayı önemli ölçüde kolaylaştıracaktır.
- Çelik köşebentlerin katlar arası ve temele kadar sürekliliğinin olması gerekir. Bu nedenle temel kazısı yapılma gerekliliği oluşacaktır. Ayrıca duvarların ve döşemelerin kısmi olarak kaldırılması, tesisat elemanlarının kaldırılması, bina içine çelik profil ve plakaların taşınması, kaynak ve ankraj gibi işlemlerin yapılması gerektiği düşünüldüğünde bina içerisinde iş güvenliği ve kullanıcı sağlığının gözetilmesi amacıyla binanın tamamen veya bazı durumlarda kısmen boşaltılması gerekecektir.
- İşin süresi binanın büyüklüğüne ve güçlendirilecek kolon adedine göre değişiklik gösterecektir. İnce işlerin tamamlanması da dahil olmak üzere, tahmini olarak 6 ila 12 ay sürebilir.

- Bina içine malzeme (çelik profil, çelik plakalar, vs.) taşınması, eklenecek çelik köşebentlerin mevcut betona ankraj işleminin mevcut donatılara zarar verilmeden yapılması uygulama zorluğu yaratacaktır.
- Çelik profil ve plakalar arasında yapılacak kaynak, saha kaynağı olacağından yeterli imalat kalitesini sağlayabilmek adına ortam şartlarına bağlı olarak ek önlemler alınması gerekecektir. Plaka kalınlığına bağlı olarak elemanlar elle taşınma için çok ağır hale gelebilir. Böyle durumlarda parça sayısının artırılması ve dolayısıyla sahada kaynak işçiliğinin artırılması gerekecektir.
- Betonarme elemanlarla çelik güçlendirme elemanlarının birlikte çalışabilmesi için yapılan ankrajların betonarme içinde yeterli aderansı sağlaması gereklidir. Bu nedenle mevcut beton basınç dayanımının minimum 15 MPa olması önerilir.

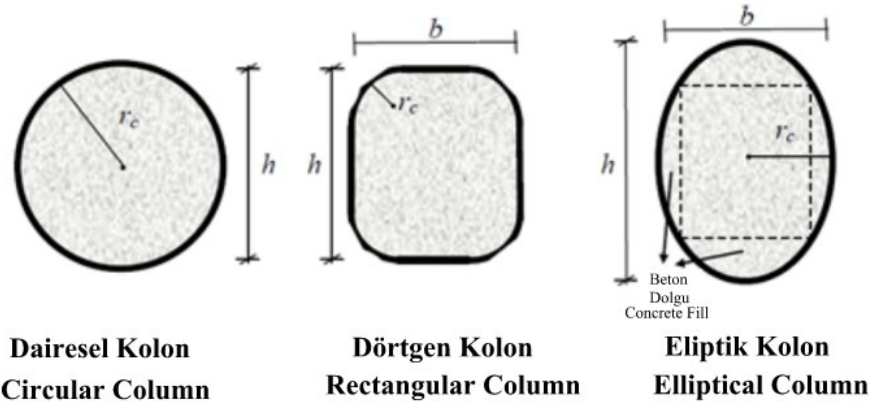
Çelik elemanlarla sargılama güçlendirme yönteminin avantajları ve dezavantajları Tablo 35'te verilmiştir.

Tablo 35: Çelik Elemanlarla Sargılama Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina iç alan kullanımında kısıtlama
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Bina ağırlığını ciddi oranda artırmamak	Binanın boşaltılması gerekliliği
Mevcut kolon boyutlarının kısıtlı büyümesi nedeni ile mevcut mimarinin minimum oranda etkilenmesi	Saha kaynağında imalat kalitesini sağlama zorluğu ve ankraj esnasında mevcut elemanlara zarar verme riski
Betonarme mantolamadan farklı olarak mevcut kolonun pas payının sıyrılmasına gerek olmaması	

5.2.3 LF ile Sargılama (FRP)

LF tabakasının kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile sargılama sağlanır. LF sargı ile betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları artırılır. Ayrıca boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda uygulanarak bu yetersizliğin olumsuz etkileri giderilebilir. Şekil 49'da farklı kolon geometrisine göre LF sargı uygulamaları verilmiştir.



Şekil 49: Farklı Kolon Geometrisine Göre LF Sargı Uygulama Şekilleri- (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve
- Yerinde Dökme Betonarme Perdeli Çerçeve
- Ön Üretilmiş Betonarme

Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin esas amacı eleman bazında sünekliğin artırılması ile eksenel ve kesme dayanımını artırmaktır.

Aynı zamanda;

- Bindirme boyu yetersizliği bulunan elemanların zafiyetlerinin giderilmesine,
- Çatlak kontrolünün sağlanmasına olumlu katkı yapar.

Rijitlik açısından genel olarak yeterli olup, eleman dayanımı açısından yetersiz olan betonarme çerçeve veya perdeli çerçeve binalarda kullanılması düşünülebilir.

Süneklik ve kesme dayanımı açısından yetersiz olan, ancak eğilme dayanımı yeterli olan elemanlarda betonarme ile sargılama yapmak yerine bu yöntem tercih edilir. Basınç dayanımı artışına ihtiyaç duyulduğunda eleman geometrik özellikleriyle ilgili kısıtlamalar nedeniyle bu yöntemin uygulanması yeterli etkiyi yaratmayabilir.

Pratikte bu yöntemin;

- Binaya betonarme perde eklenmesi yöntemiyle birlikte,
- Kütle azaltılması yöntemiyle birlikte,
- Kolon ve/veya kirişlerin eleman bazında güçlendirilmesi amacıyla kullanılması önerilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018– Bölüm 15

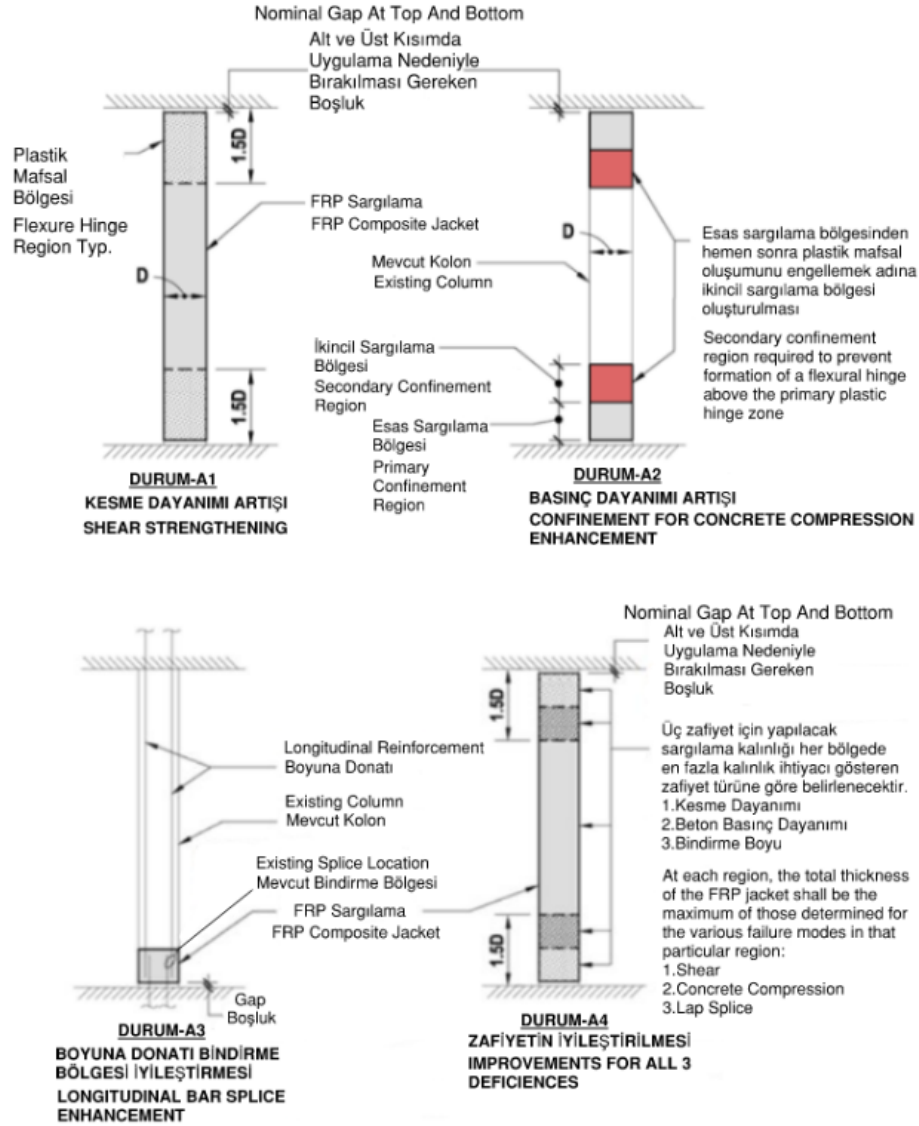


- Tasarım sırasında dikkate alınacak malzeme özellikleri:
 - Sargılanan betonun malzeme dayanımı ile ilgili bir kısıt bulunmamakla birlikte pratikte 10 Mpa üzerinde basınç dayanımı olan kolonlarda kullanılması tercih edilir.
 - Tam sargı ile tüm betonarme kesit çevresinin sarılması yöntemi kullanılmalıdır.
- Betonarme kolonlarda yapılacak sargılama tasarımlarında, kolonun zafiyet türüne göre tasarım ve uygulama detayları farklılık gösterebilir.
 - Kesme dayanımı yetersizliği olması durumunda, LF sargılama kolonlara şeritler halinde veya sürekli olarak uygulanacaktır. Tasarım hesaplarında seçilen yöntemle ilgili olarak TBDY-2018, Bölüm 15 ve EK.15B.1.'de her bir durum için verilen kurallara uyulacaktır.
 - Eksenel basınç dayanımı yetersizliği olması durumunda LF sargı ile güçlendirme, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranının iki buçuktan büyük olmaması şartına bağlanmıştır. Bu şart sağlanıyorsa yapılacak sargı uygulaması için TBDY-2018, Bölüm 15 ve EK.15B.2.'de verilen kurallara uyulacaktır.
 - Kolon sünekliğinin artırılması amacıyla LF sargılama yapılabilmesi için, kolon kesitinin uzun boyutunun kısa boyutuna oranının iki buçuktan büyük olmaması ayrıca elips kesitlerde uzun boyutun kısa boyuta oranının üçten büyük olmaması şartı aranmaktadır. Bu şartlar sağlanıyorsa yapılacak sargı uygulaması için TBDY-2018, Bölüm 15 ve EK.15B.3.'de verilen kurallara uyulacaktır.
 - Kolonlarda yetersiz bindirme boyu sebebiyle sargılama yapılacaksa ve kolon boyuna donatıları nervürlüyse gerekli LF sargı kalınlığı TBDY-2018, Bölüm 15 ve EK.15B.4.'de verilen kurallara uyularak belirlenecektir. Kesit boyut oranı ikiden büyük olan veya boyuna donatıları düz yüzeyli olan kolonlar için sargı etkisi yetersiz olacağından bindirme bölgelerinin güçlendirilmesi LF sargı ile yapılamaz.
 - Kolon-kiriş birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi hedefleniyorsa, bu birleşim bölgelerinde liflerin asal çekme gerilmelerine paralel doğrultuda yapıştırılması ile uygulama yapılmalıdır. Uygulanacak güçlendirme detaylarının etkinliği deneysel olarak kanıtlanmış olmalıdır ve gerekli hesaplar TBDY-2018, Bölüm 15 ve EK.15B.3.'de ve EK.15B.5.'de verilen kurallara uyularak yapılacaktır.
- Betonarme perdelerde kesme dayanımını artırmak amacıyla kullanılabilir.
- Konstrüktif Kurallar:
 - Tam sargı ile tüm betonarme kesit çevresinin sarılması yöntemi kullanılmalıdır.



- Tüm çevre sarıldıktan sonra sargı sonunda 200 mm bindirme yapılmalıdır.
- Genel düz lif çizgisinden sapan liflerin yerel görünümü 5 dereceden fazla olmamalıdır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
- LF sargı sistemi, gerekmesi durumunda FRP kompozitleriyle aynı malzemeden yapılmış uygun bir FRP ankraj (sabitleme) sistemi içerecektir (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020). Ankraj sistemi aşağıdaki gereksinimleri karşılamalıdır;
 - ✓ FRP ankraji en az 10 mm çapında ve en az 10 kN kapasiteye sahip olacaktır. Betonda açılan deliğe ankraj uygulaması yapılmadan önce portatif üfleyici kullanılarak açılan deliklerin temiz ve tozsuz olması sağlanacaktır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
 - ✓ FRP ankrajının beton içine gömülü uzunluğu minimum 100 mm olacaktır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
 - ✓ FRP ankrajları gerekli boyutlarda hazırlanacak olup ankraj boyunun yarısı beton içine girecek ve diğer yarısı da dışarıda kalacak şekilde teşkil edilecektir. Beton içine girecek kısımda bükülerek çubuk haline getirilmiş FRP kumaş malzeme tamamen epoksi yedirilerek betondaki deliklere yerleştirilecektir. Ankrajın dışta kalan yarısında kumaş lifleri ayrılıp fan şekline getirilecek ve tamamen epoksi yedirilerek betonarme elemanın dış yüzeyine yapıştırılacaktır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
 - ✓ FRP ankrajları FRP sisteminin kurulumu sırasında takılacaktır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020)
 - ✓ FRP sistemleri 5°C'nin üzerindeki ve 45°C'nin altındaki sıcaklıklarda uygulanmalıdır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
 - ✓ FRP sistemi uygulanacak yüzeyin bağıl nemi %80'i geçmemelidir (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
 - ✓ Epoksi uygulaması yapılan alan herhangi başka bir uygulama yapılmadan önce en az 12 saat boyunca kürlenmeye bırakılacaktır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
- Dikdörtgen kolonlarda kolon köşelerinin en az 30mm yuvarlatılması ile uygulama yapılmalıdır (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).
- LF Sargı uygulaması üretici tarafından önerilen yöntemle uygun olarak gerçekleştirilmelidir (Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi, 2020).

Aşağıda gösterilen Şekil 50’de LF ile sargılamanın kullanım amaçları anlatılmıştır.



Şekil 50: LF ile Sargılama Kullanım Amaçları- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006)

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

1. Betonarme elemanlar ile sargılama yönteminin aksine, bu yöntemde betonarme yapı elemanlarında paspayı sıyırma işlemi yapılmasına gerek yoktur. Yapı yüzeyi, LF sargının yapışmasını sağlamak için temizlenir ve gerekirse onarılır.
2. Yüzeydeki boşluklar doldurulur, çatlaklar onarılır ve varsa eski kaplamalar temizlenir.
3. Yapı yüzeyine epoksi reçine gibi özel bir yapıştırıcı uygulanır.
4. Hazırlanan yüzeye belirlenen yönlere göre LF sargılar uygulanır.

5. LF sargılar yerine sabitlenir ve uygun bir şekilde gerilir.
6. Yapılan işlemler sonrasında ek bir kaplama veya son katman uygulanabilir, yapının estetik görünümü için gerekli düzenlemeler yapılır.



Fotoğraf 7: LF ile Sargılama Uygulama Örneği- (Jdashevsky, 2024)



Fotoğraf 8: LF ile Sargılama Uygulama Örneği- (FRP Applications, 2024)

Maliyet

LF sargılama tekniği ile güçlendirme esnasında güçlendirilen yapının boşaltılması zorunlu değildir. Bir yandan yapı kullanılırken bir yandan da yapı içerisinde lokal olarak güçlendirme yapılarak ilerlenebilir. Sargılama işlemi yapılan yapısal eleman kesitlerinde büyüme olmaz, mevcut bina mimarisi minimum seviyede etkilenir ve yapım süresi kısadır. Buna karşın işçilik maliyetleri, özel bilgi ve tecrübe gerektirdiğinden yüksek olup, benzer şekilde özel bir malzeme kullanıldığından malzeme maliyetleri de yüksektir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz.3.5 3.5EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri). Tablo 36'da FRP güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 36: FRP Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Hayır
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	68

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile kullanılmasına bir engel yoktur. Bina kolonları, kirişleri ve perdeleri etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile değerlendirilebilir. Yöntemin cephe kolonlarında kullanılması durumunda, cephedeki ısı yalıtımının (bkz. Bölüm 6.1.5) bu bölgelerde yeniden yapılması gerekecektir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Bu yöntem mevcut kolonun doğrudan düşey yük taşıma kapasitesini arttırmaktan ziyade sargı etkisini artırması nedeni ile kapasiteye olumlu etki yapar. Mevcut normal gerilmelere ilave olarak gelecek gerilmeler için etkili olabilirler. Dolayısı ile mevcut düşey yükler altında yetersizliği olan kolonlarda kullanılması sorun yaratabilir. Mevcut normal gerilmeleri sorunlu kolonlar için özel yöntemler ile ancak kullanılabilirler.
- Yapılacak uygulama için belirlenen kurallar yapıdaki güçlendirme ihtiyacının çeşidine göre değişmektedir. Kesme kapasitesi yetersizliği, eksenel kuvvet ve basınç dayanımı yetersizliği, süneklik ve bindirme boyu yetersizliği gibi durumlar için farklı tasarım kuralları bulunmaktadır.
- Kolonlarda bindirme boyu yetersizliğinden kaynaklanan güçlendirme ihtiyacı varsa, boyuna donatıları düz olan kolonlarda LF'ler ile sargılama işlemi uygulanamaz.
- Kolonların geometrik şekline bağlı olarak kesitlerinin uzun doğrultusu ve kısa doğrultusu arasında belirli bir oran sınırı vardır. Bu sınırlar aşıyorsa LF sargı işlemi uygulanamaz.

- Özel malzemeler kullanıldığı ve özel işçilik gerektirdiği için nispeten yüksek maliyetlere sebep olabilir.

Tablo 37’de FRP ile güçlendirme yönteminin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 37: LF ile Sargılama (FRP) Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

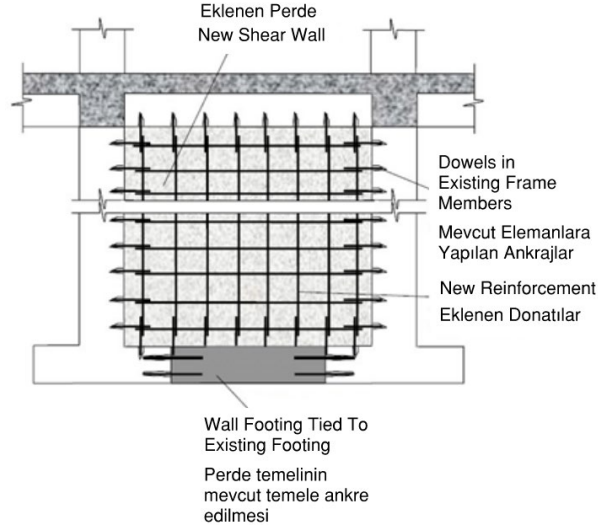
Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina yatay rijitliğini artıramaması
Bina ağırlığının değişmemesi	Yüksek malzeme ve işçilik maliyetleri
Bina iç alan kullanımında kısıtlama olmaması	Özel işçilik tecrübesi gerektirmesi
Bina kullanımı devam ederken uygulanabilmesi	Eğilme dayanımına etkisinin kısıtlı olması
Yapısal eleman kesitlerinin büyümemesi	Eleman en-boy oranına bağlı olarak etkisinin sınırlı hale gelmesi

5.2.4 Betonarme Perde Eklenmesi

Betonarme çerçeve sistem ile tasarlanmış mevcut yapılar, depreme karşı güçlendirilirken betonarme perde ekleme yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Mevcut yapıya betonarme perde eklenmesi depremden kaynaklanan yatay yüklerin büyük kısmının perdeler tarafından taşınmasını sağlar.

Bu yöntemle mevcut yapı içine ve dışına çerçeve oluşturacak şekilde betonarme perde eklemesi yapılabilir. İlave betonarme perdeler mevcut betonarme kolonların arasına, kolonlara dış merkezli şekilde veya bina cephesine dik payanda biçiminde eklenebilir. Ayrıca, mevcut binalara genişletme veya eklemeler yapılması durumunda betonarme perde eklenmesi yapılabilir. Şekil 51’de betonarme perde eklenmesi ile güçlendirme yönteminin tipik gösterimi verilmiştir.

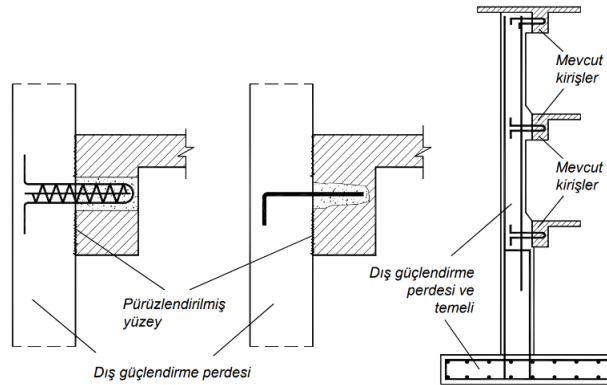
Betonarme perde ilavesi, mevcut bir binanın dış cephesine dışarıdan uygulanabilir. Bu yöntem sayesinde bina içerisinde herhangi bir inşaat faaliyeti yürütülmesine gerek kalmaksızın, mevcut kullanım alanları minimum düzeyde etkilenecek yapı dışarıdan güçlendirilebilir. Dışarıdan perde eklenmesi durumunda perdenin mevcut betonarme sisteme bağlantısı kat seviyelerindeki kirişlere ekilecek kesme donatıları ile yapılabilir. Ancak bu bağlantı elemanları deprem yüklerini yeni yapılacak perdelerle ileteceği için oldukça kritiktir. Bununla birlikte binanın kenar aks kolonlarının mantolanması sureti ile de ilave edilecek perdelerin mevcut sistemle olan bütünleşmesi artırılabilir (Celep, 2022).



Şekil 51: Betonarme Perde Eklenmesi Tipik Gösterimi- (Gala, ve diğerleri, 2013-2014)



Fotoğraf 9: Betonarme Perde Eklenmesi Örnek Uygulama- (Rasol, Eren, & Şensoy, 2014)



Şekil 52: Dış Perdenin Mevcut Kirişlere Bağlantısı (Celep, 2022)

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve
- Yerinde Dökme Betonarme Perdeli Çerçeve
- Ön Üretilmi Betonarme
- Yığma



Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin esas amacı, sistem bazında rijitliği artırmak veya tüm deprem etkilerini karşılayabilecek şekilde yeni bir sistem oluşturmaktır. Her iki durumda da, dayanım artışına ciddi oranda katkı sağlamaktadır.

Rijitlik açısından yetersiz olan betonarme çerçeve veya betonarme perdeli çerçeve binalarda kullanılması düşünülebilir. Ayrıca, dayanımı çok yetersiz olan (örneğin boyutları ve/veya malzeme kalitesi çok düşük olan) çerçeve binalarda, mevcut elemanların sadece düşey yük taşıma kapasitesinin kullanılacağı, deprem etkilerine karşı etkilerinin neredeyse hiç dikkate alınmayacağı; tüm deprem etkilerinin yeni eklenecek perdelerle karşılanacağı şekilde bir sistem kurulması durumu da değerlendirilebilir. Binaya perde eklemek sureti ile mevcut kolon ve/veya perdelerdeki depremden kaynaklı etkiler azaltılabilir.

Pratikte bu yöntem tek başına uygulandığında binanın rijitliğini ve dayanımını artırma konusunda çok etkilidir. Ayrıca;

- Kütle azaltılması yöntemiyle birlikte,
- Kolon ve/veya kirişlerin eleman bazında sargılama ile güçlendirilmesi yöntemleriyle birlikte,

kullanılması önerilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018 – Bölüm 15
- Tasarım sırasında dikkate alınacak malzeme özellikleri:
 - Eklenecek yeni donatılar yönetmeliklerin tanımladığı standart donatı kalitesinde olacaktır.
 - Yeni betonun iyi yerleşmiş olduğundan emin olmak için beton karışımı uygun şekilde ayarlanmalıdır. Genellikle kendinden yerleşen beton veya kıvamı daha akışkan olan betonların kullanılması tercih edilir.
 - TBDY-2018 Bölüm 15'te belirtildiği şekilde, karakteristik malzeme dayanım değerleri kullanılarak tasarım yapılacaktır.
 - Mevcut yapılara betonarme perde eklenmesi durumunda, sistem zafiyetine göre tasarım ve uygulama detayları farklılık gösterebilir.
- Konstrüktif Kurallar:
 - Eklenecek perde kalınlığı en az 250 mm olmalıdır.
 - Eklenecek perdenin ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda TBDY-2018 bölüm 7.6.5'e göre perde uç bölgesi oluşturulacaktır.
 - Perde ucunda mevcut kolon bulunması durumunda mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

1. Mevcut kolonlar arasına perde ekleniyor ise mevcut kolonların paspayı sıyrılır.
2. Mevcut donatılarda korozyon varsa, donatılar korozyondan arındırılır.
3. Yeni beton ile aderansı artırmak için beton yüzeyi pürüzlendirilir ve/veya aderans artırıcı kimyasallar kullanılır.
4. Yeni beton ile mevcut kesit arasındaki yük akışını sağlayabilmek amacıyla, mevcut kesite kayma donatıları ankraj edilir. Bunların kesitin bir yüzünden girip diğer yüzünden çıkacak şekilde sürekli elemanlarla oluşturulması tercih edilir. Bu mümkün değilse tasarımda belirlenen ankraj boyuna uyularak imalat yapılmalıdır.
5. Yeni donatılar yerleştirilir.
6. Boyuna donatıların alt ve üst katta sürekliliğinin sağlanması gerekiyorsa döşemede ve/veya kirişlerde delikler açılarak donatılar ilerletilir.
7. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulacaktır.
8. Yeni eklenen betonarme perde elemanın temele kadar devam ettirilmesi gerekmektedir. Mevcut temel kesitinin yetersiz bulunarak, temel kesitinin büyütülmesi/genişletilmesi de yüksek olasılıklıdır. İlave edilen perde temelinin, mevcut temel ile birlikte çalışması sağlanmalıdır.
9. Yeni eklenen betonarme perde elemanların yük aktardığı kirişler de kontrol edilmelidir. Bu kirişlerde güçlendirme ihtiyacı oluşabilir.



Fotoğraf 10: Betonarme Perde Eklenmesi Örnek Uygulama- (Utkucu, Budakoğlu, & Gülen, 2011)

Maliyet

Kullanılacak malzemeler, konvansiyonel şekilde inşa edilecek yeni binalarda kullanılan malzemelerle aynıdır. Ancak, mevcut bir binada ve zaman zaman kısıtlı alanlarda çalışma zorluğu nedeniyle işçilik yeni bina inşaatına göre birkaç kat daha maliyetli olacaktır.

Temele kadar inilmesi gerekliliği işçiliği ve dolayısıyla maliyeti ciddi anlamda artıracaktır.

Ayrıca tesisat ve ince işlerin yenilenmesi durumunda binanın yıkılıp yeniden yapılma maliyetine yaklaşan seviyede maliyet çıkabilir.

Perdelerin sadece bina dışında uygulanması durumunda bina içine kısıtlı müdahale olacağı için maliyet anlamında olumlu etkisi olacaktır.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri*). Tablo 38’de binaya dıştan betonarme perde ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir. Tablo 39’da ise binaya içten betonarme perde ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 38: Binaya Dışarıdan Betonarme Perde Ekleme İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Hayır
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Hayır
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	43

Tablo 39: Binaya İçeriden Betonarme Perde Ekleme ile Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Hayır
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Hayır
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Hayır
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Hayır
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	32



Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Binaya perde eklenmesi mevcut mimari yerleşim ve tesisat sistemini diğer yöntemlere oranla daha fazla etkileyebilir. Eklenen perdeler etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile değerlendirilebilir. Isıtma tesisatında revizyona gidilmesi durumunda petek arkası ısı yalıtımı (bkz. Bölüm 6.1.5) düzenlemesi değerlendirilebilir. Betonarme perdelerin binanın dış akslarında konumlandırılması durumunda cephelerin yenilenmesi gerekeceği için cephe elemanları ile ilgili önerilen tüm iyileştirme yöntemleri (bkz. Bölüm 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4) bu yöntemle birlikte kullanılabilir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Temel kazısı yapılma gerekliliği, duvarların ve döşemelerin kısmi olarak kaldırılması, tesisat elemanlarının kaldırılması, bina içine donatı çeliği ve kalıp malzemelerinin taşınması, beton dökümü gibi işlemlerin yapılması gerektiği düşünüldüğünde bina içerisinde iş güvenliği ve kullanıcı sağlığının gözetilmesi amacıyla binanın tamamen boşaltılması gerekecektir.

İşin süresi binanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterecektir. İnce işlerinin tamamlanması da dahil olmak üzere, tahmini olarak 6 ila 12 ay sürebilir.

Bina içine malzeme (demir donatı, kalıp malzemesi, vs.) taşınması, beton dökümü sırasında betonun ilgili konuma nakliyesi uygulama zorluğu yaratacaktır.

Yeni betonun iyi yerleşmiş olduğundan emin olmak için beton karışımı uygun şekilde ayarlanmalıdır. Genellikle kendinden yerleşen beton veya kıvamı daha akışkan olan betonların kullanılması gerekecektir.

Mevcut binaya betonarme perde eklenmesi nedeniyle etrafında bulunan duvarların, zemin ve tavan kaplamalarının, o bölgede bulunan tesisat elemanlarının kaldırılması gerekecektir. Eklenecek perde sayısına bağlı olarak, tesisat ve ince işlerin bina genelinde yenilenmesi gerekebilir.

Uygulamada genellikle karşılaşılan problemler;

- Ekim yapılan donatılarda yeterli ankraj boyunun sağlanmaması,
- Katlar arası donatı sürekliliğinin sağlanmasındaki zorluklar,
- Mevcut beton yüzeyinde yetersiz pürüzlendirme,
- Mevcut beton ile çalışmayı sağlayacak yetersiz kayma donatısı kullanımı.

Tablo 40 ve Tablo 41’de sırasıyla binaya dıştan ve içten betonarme perde eklenmesi güçlendirme yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 40: Binaya Dıştan Betonarme Perde Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina dışında iskele kurulumu ve cephe sökümü gerekliliği
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Mimari, mekanik ve elektrik tesisatların kısmi yenilenme ihtiyacı
Rijitliği önemli ölçüde artırması	Simetrik olarak yerleştirilmediğinde binada burulma etkileri meydana gelebilmesi
Binadaki düzensizlikleri azaltma imkânı	Yeni ve büyük boyutlarda temel ihtiyacına neden olabilmesi
Mevcut elemanlardaki deprem etkilerini azaltması	

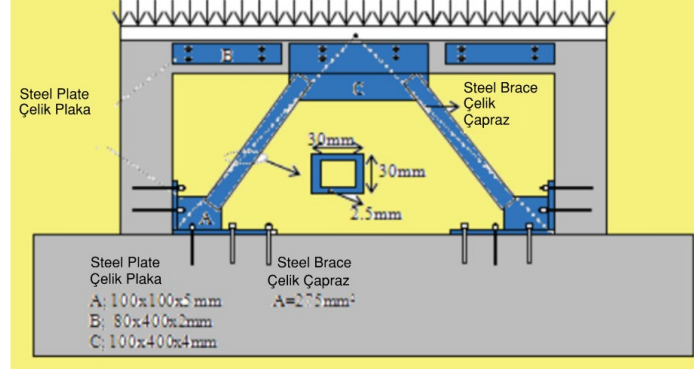
Tablo 41: Binaya İçten Betonarme Perde Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina iç alan kullanımında kısıtlama
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Rijitliği önemli ölçüde artırması	Binanın tamamen boşaltılması gerekliliği
Binadaki düzensizlikleri azaltma imkânı	Mimari, mekanik ve elektrik tesisatların yenilenme ihtiyacı
Mevcut elemanlardaki deprem etkilerini azaltması	Simetrik olarak yerleştirilmediğinde binada burulma etkileri meydana gelebilmesi
	Yeni ve büyük boyutlarda temel ihtiyacına neden olabilmesi

5.2.5 Çelik Çapraz Eklenmesi

Mevcut betonarme veya çelik çerçeve sistemine sahip olan yapıların depreme karşı güçlendirilmesinde, çelik çapraz eklenmesi yöntemi etkili bir çözüm sunar. Bu yöntem, mevcut yapıdaki taşıma kapasitesini artırarak depremden kaynaklanan yatay yükleri daha etkin bir şekilde absorbe etmeyi amaçlar. Çelik çaprazlar, genellikle mevcut betonarme veya çelik kolonlar arasına eklenir. Betonarme perde eklenmesi ile sağlanan avantajlar benzer şekilde çelik çapraz eklenerek de elde edilebilir. Betonarme perde eklemeye karşın en önemli avantajı, eklenen aks aralığının tamamen kapanmamasıdır. Betonarme perde eklenmesi ile benzer etki yapar.

Bu güçlendirme yöntemi, tasarımcı inşaat mühendisleri tarafından detaylı bir analiz ve tasarım süreci sonrasında uygulanmalıdır. Yapının özelliklerine bağlı olarak çaprazların boyutları, malzeme seçimi ve yerleştirme konumu belirlenir, böylece mevcut yapının deprem dayanıklılığı artırılarak daha güvenli bir hale getirilir. Şekil 53’de mevcut yapılara çelik çapraz eklenmesi yöntemi anlatılmıştır.

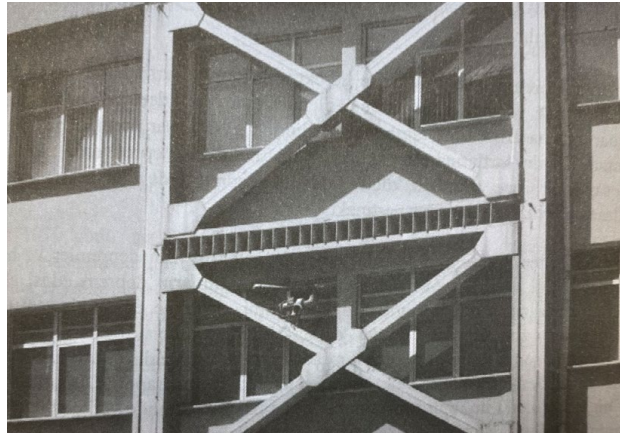


Şekil 53: Mevcut Yapılara Çelik Çapraz Eklenmesi- (Canbay, 2024)

Bu yöntemin uygulanmasında mevcut beton kalitesi kritik önemdedir. Bu yöntemi çok düşük dayanıma sahip mevcut betonlara uygulamak çelik elemanların bağlandığı birleşim bölgelerinde deprem anında betonun parçalanmasına sebep olabilir.

Düşük beton kalitesine sahip bir yapıda çelik elemanlar ile mevcut betonarme sistemi birbirine bağlayan bağlantıların büyük yapılmasına ihtiyaç duyulur (Celep, 2022).

Çelik çaprazlar bina içerisine yerleştirilebilecekleri gibi, bina çerçevelerine dışarıdan da bağlanabilir. Ancak bu durumda mevcut sisteme bağlantıdaki dış merkezlikten kaynaklı ilave etkilerin de göz önüne alınması gereklidir (Celep, 2022).



Fotoğraf 11: Betonarme Dışarıdan Çapraz Eklenmesi (Celep, 2022)

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Bu yöntem hemen hemen tüm taşıyıcı sistem türlerinde uygulama bulabilme esnekliğine sahiptir. Genel olarak yöntemin kullanılabileceği taşıyıcı sistem türleri şunlardır:

- Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve
- Yerinde Dökme Betonarme Perdeli Çerçeve
- Ön Üretimli Betonarme
- Çelik Çerçeve
- Çelik Çaprazlı Çerçeve
- Yiğma



Yapısal Davranışa Etkisi

Çelik çapraz ekleme yönteminin esas amacı, betonarme perde eklenmesi ile benzerdir; taşıyıcı sistemin rijitliğini artırmak veya tüm deprem etkilerini alacak şekilde yeni bir sistem oluşturmaktır. Her iki durumda da dayanım artışına ciddi oranda katkı sağlamaktadır. Özellikle, betonarme ve çelik çerçeve binalarda rijitlik açısından yetersizlik durumlarında etkili bir çözüm sunabilir.

Pratikte, çelik çapraz ekleme yöntemi bir dizi farklı güçlendirme stratejisiyle birlikte kullanılabilir. Bu stratejiler şunları içerir:

- Binaya betonarme perde eklenmesi yöntemiyle birlikte,
 - Kütle azaltılması yöntemiyle birlikte,
 - Kolon ve/veya kirişlerin eleman bazında sargılama ile güçlendirilmesi yöntemleriyle birlikte,
- kullanılabilir.

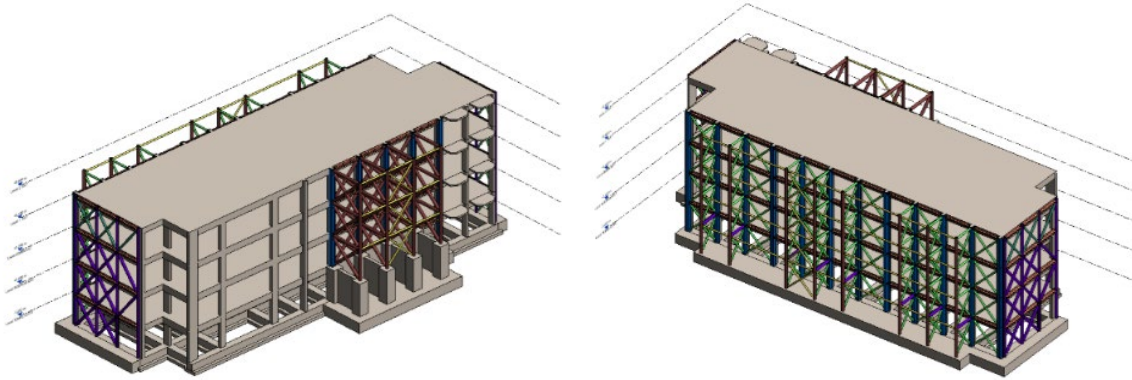
Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018 – Bölüm 15
- Tasarım sırasında dikkate alınacak malzeme özellikleri:
 - Eklenecek yeni çelik çapraz elemanlar yönetmeliklerin tanımladığı standart yapısal çelik kalitesinde olacaktır.
 - Bu yöntemin betonarme sistemlerde kullanılabilmesi için mevcut malzeme dayanımının yüksek olması ya da bağlantı yapılacak kolonların mantolanarak güçlendirilmesi gerekmektedir.
 - Çaprazların bağlantı detayları kritik öneme sahiptir. Bağlantı elemanları eklenen çelik elemanın plastikleşmesine izin verecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu nedenle özellikle betonarme sistemlere yapılan uygulamalarda mevcut betonarme sisteme ankrajlarının doğru tasarlanması ve bağlandığı betonarme elemanın ezilmemesi özellikle kontrol edilmelidir.
 - Yeni eklenecek çelik çapraz elemanlarla birlikte birleşimlerin yönetmeliklere göre tasarlanması gerekecektir.
 - TBDY-2018 Bölüm 15'te belirtildiği şekilde, karakteristik malzeme dayanım değerleri kullanılarak tasarım yapılacaktır.
 - Mevcut betonarme sisteme uygulanması durumunda betonarme elemanlarda kullanılacak ankraj bulon kalitesinin ISO 8.8'den düşük olmaması tavsiye edilir.
- Mevcut yapılara çelik çapraz eleman eklenmesi durumunda, sistem zafiyetine göre tasarım ve uygulama detayları farklılık gösterebilir.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

1. Mevcut betonarme binaya uygulanması durumunda, çelik çaprazların eklenmesi için bölgesel güçlendirmeler (kolon ve kirişlerin sarılması gibi) yapılması gerekiyorsa öncelikle bu işlemler tamamlanır.
2. Yeterli dayanıma sahip mevcut betonarme kolon ve kirişlere kimyasal ankraj uygulaması için uygun büyüklükte delikler açılır.
3. Açılan delikler uygun dayanımlı ankraj bulonları ve kimyasal ile doldurulur.
4. Mevcut çelik yapılara uygulanması durumunda yeterli kapasiteye sahip birleşim plakası kaynak veya bulonlu birleşim ile mevcut elemanlara bağlanır.
5. Bağlantı plakası kullanılan ankraj bulonlarının yerleşimine göre hazırlanan plakalar yerleştirilerek, ankraj bulonlarının somunları sıkılır, betonarme ile arasında kalan boşluklar yüksek dayanımlı harç ile doldurulur.
6. Mevcut betonarme kolonlar arasına çelik çaprazlar ekleniyor ise mevcut kolonda yüzey düzeltmesi yapılır. Kolon ve kirişlerin birleşim noktasına çapraz bağlantı plakaları konumlandırılıp ankraj yapılması gerekeceği için, beton malzeme kalitesi kritik öneme sahiptir. Malzeme kalitesinin yetersiz olması nedeniyle ankrajın yapılamadığı durumlarda mevcut elemanlara betonarme ile sargı yapılması gerekebilir. Bu durumda betonarme ile sargı kurallarına uygun hareket edilmelidir (Bkz. 5.2.1).
7. Yeni çapraz elemanlar ile mevcut betonarme kolon ve kiriş kesitleri arasındaki yük akışını sağlayabilmek amacıyla, mevcut kesitlere ankraj yapılır.
8. Mevcut çelik yapıya çapraz ekleniyorsa, çapraz elemanların bağlantısının yapılabilmesi amacıyla mevcut çelik elemanlara birleşim plakaları eklenir. Bunlar genellikle saha kaynağıyla yapılmakla birlikte, tasarıma bağlı olarak cıvatalı birleşimler de olabilir.

Çaprazların bağlanacağı noktalar düzenlendikten sonra eklenecek çelik eleman yerine oturtulur ve bağlantıları yapılır.



Şekil 54: Mevcut Yapılara Çelik Çapraz Eklenmesi – [Arup – Okul Binası Güçlendirme Projesi]



Fotoğraf 12: Yeni Yapıda Çelik Çapraz Kullanılarak Tasarım ve Uygulama Örneği – [Arup – İstanbul Modern Müzesi]

Maliyet

Kullanılacak malzemeler, konvansiyonel şekilde inşa edilecek yeni binalarda kullanılan malzemelerle aynıdır. Ancak, mevcut bir binada ve zaman zaman kısıtlı alanlarda çalışma zorluğu nedeniyle işçilik yeni bina inşaatına göre birkaç kat daha maliyetli olacaktır. Betonarme perde eklemeye göre donatı işçiliği ihtiyacı düşüktür. Ağırlığı yüksek çelik profillerin yerine ulaştırılması ve monte edilmesi maliyeti etkileyecek faktörlerdendir.

Mevcut tesisat sistemine minimum düzeyde etki edecektir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Tablo 42: Binaya dıştan çelik çapraz ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	61

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri*).

Tablo 42’de binaya dıştan çelik çapraz ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 43’de binaya içten çelik çapraz ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 43: Binaya içten çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Hayır
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Hayır
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Hayır
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	46

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Binaya çelik çapraz eklenmesi betonarme perde eklenmesine oranla mevcut mimari yerleşim ve tesisat sistemini daha az etkileyecektir ancak yine de önemli etkileri olabilir. Eklenen çelik çaprazların etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile değerlendirilebilir. Isıtma tesisatında revizyona gidilmesi durumunda petek arkası ısı yalıtımı (bkz. Bölüm 6.1.5) düzenlemesi değerlendirilebilir. Betonarme perdelerin binanın dış akslarında konumlandırılması durumunda cephelerin yenilenmesi gerekeceği için cephe elemanları ile ilgili önerilen tüm iyileştirme yöntemleri (bkz. Bölüm 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4) bu yöntemle birlikte kullanılabilir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Çelik çapraz eklenen noktalarda kapı, pencere boşlukları bırakılmasına ve tesisat geçişlerine olanak vermesi, betonarme perde eklenmesine göre avantajlıdır. Betonarme binalara uygulanırken, malzeme kalitesinin, çapraz elemanların bağlandığı noktalardaki yük akışını sağlayabilecek düzeyde olması gerekir.



Duvarların ve döşemelerin kısmi olarak kaldırılması, tesisat elemanlarının kaldırılması, bina içine yapısal çelik ve ankraj malzemelerinin taşınması, beton/grout dökümü gibi işlemlerin yapılması gerektiği düşünüldüğünde bina içerisinde iş güvenliği ve kullanıcı sağlığının gözetilmesi amacıyla binanın tamamen veya kısmen boşaltılması gerekecektir.

Ancak, sadece bina dışından uygulama yapılabilirse, bina içinde hiçbir imalatın yapılmaması ve dolayısıyla binanın faaliyetlerine devam etmesi mümkün olabilir.

Betonarme perde eklenmesi ile kıyaslandığında, çelik elemanların ön üretimli olarak inşaat sahasına getirilmesi nedeniyle toplam inşaat süresi açısından olumlu etkisi vardır. İşin süresi binanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterecektir. İnce işlerinin tamamlanması da dahil olmak üzere, tahmini olarak 3 ila 6 ay sürebilir.

Bina içine malzeme (ankraj, yapısal çelik, vs.) taşınması ve istiflenmesi, imalatlar sırasında uygulama zorluğu yaratacaktır.

Mevcut binaya çelik çapraz eklenmesi nedeniyle etrafında bulunan duvarların, zemin ve tavan kaplamalarının, o bölgede bulunan tesisat elemanlarının kaldırılması gerekecektir. Eklenecek çelik çapraz eleman sayısına bağlı olarak, tesisat ve ince işlerin bina genelinde yenilenmesi gerekebilir.

Uygulamada genellikle karşılaşılan problemler;

- Yetersiz mevcut eleman kapasitesi,
- Mevcut betonarmeye bağlanan elemanlarda yeterli ankraj boyunun ve adedinin sağlanamaması,
- Mevcut eleman ile eklenen çelik çapraz elemanın birleşiminin uygunsuz yapılması.

Tablo 44 ve Tablo 45'te sırasıyla binaya dıştan ve içten çelik çapraz eklenmesi güçlendirme yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 44: Binaya Dıştan Çelik Çapraz Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme olması	Bina dışında iskele kurulumu ve cephe sökümü gerekliliği
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Mimari, mekanik ve elektrik tesisatların kısmi yenilenme ihtiyacı
Diğer uygulamalara göre daha hızlı olması	Saha kaynağında imalat kalitesini sağlama zorluğu ve ankraj esnasında mevcut elemanlara zarar verme riski
Bina ağırlığının ciddi oranda artmaması	
Bina içinde kullanımın devam etme imkânı	
Rijitliği önemli ölçüde artırması	
Binadaki düzensizlikleri azaltma imkânı	

Tablo 45: Binaya İçten Çelik Çapraz Eklenmesi Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Bina içinden uygulanması durumunda; Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme olması	Bina iç alan kullanımında kısıtlama
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Diğer uygulamalara göre daha hızlı olması	Binanın içinin kısmi boşaltılması gerekliliği
Bina ağırlığının ciddi oranda artmaması	Mimari, mekanik ve elektrik tesisatların yenilenme ihtiyacı
Rijitliği önemli ölçüde artırması	Saha kaynağında imalat kalitesini sağlama zorluğu ve ankraj esnasında mevcut elemanlara zarar verme riski
Binadaki düzensizlikleri azaltma imkânı	

5.2.6 Kütle Azaltılması

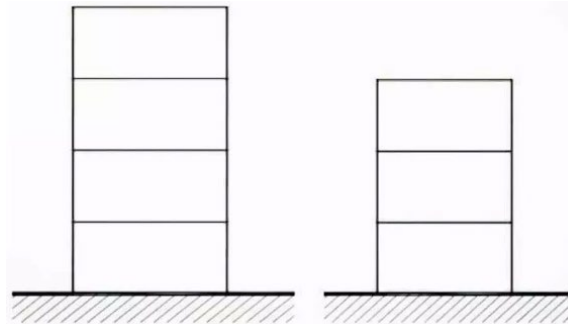
Binanın toplam kütlesinin azaltılması yöntemi temelde mevcut elemanlarda hem düşey yüklerden hem de deprem etkilerinden kaynaklı gerilmeyi azaltmayı amaçlamaktadır. Betonarme binalarda yapının kendi ağırlığı yüksek olduğu için bu yöntemin kullanılabilmesi için kapsamlı bir değişiklik gereklidir. Bu yöntem çoğunlukla diğer güçlendirme yöntemleri ile birlikte, onların etkilerini artırmak amacı ile kullanılır.

Binanın toplam kütlesinin azaltılması, aynı zamanda binaya etki edecek deprem yüklerinin azaltılması anlamına gelmektedir ve bunun yapılabildiği durumlarda binaların deprem performansına ciddi anlamda olumlu etki yapılması muhtemeldir.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Kütlenin azaltılması genellikle deprem etkilerinin önemli olduğu uzun ve ağır yapılar için daha faydalıdır. Çok katlı binalarda doğrudan kat sayısı azaltılarak uygulanabilir. Toplam kütlenin azaltılması, deprem sırasında atalet kuvvetlerinin azaltılmasına yardımcı olur. Kütle dağılımında veya yerleşiminde düzensizlikler olan binalarda, deprem etkilerinin daha düzgün dağılımını sağlamak için kütle azaltımından faydalanılabilir.

Bodrum çevre perdesi olmayan binalarda, bodrum katta betonarme çevre perdeler eklenmesi; taşıyıcı sistem elemanlarının deprem etkilerine maruz kalacağı kat sayısını azaltmakta ve dolayısıyla binanın toplam kütlesinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.



Şekil 55: Kat Azaltılarak Kütle Azaltılması



Kütle azaltımı için başlıca uygulama yöntemleri:

- Üstten bir ya da birkaç katın yıkılarak yapının kat sayısının azaltılması,
- Ağır çatıların hafifletilmesi ve/veya çatıda bulunan ağır yüklerin kaldırılması veya zemine indirilmesi,
- Ağır balkonların/çıkımların hafifletilmesi ya da kaldırılması,
- Ağır cephelerin/döşeme kaplamalarının kaldırılması ya da daha hafif malzeme bileşenli olanları ile değiştirilmesi,
- Ağır bölme duvarlarının kaldırılması ya da hafif malzeme ile değiştirilmesi,
 - Ağır balkonların/çıkımların hafifletilmesi ya da kaldırılması,
 - Bina içinde depo (malzeme, su deposu, vb.) olarak kullanılan ve ağır yüklerin bulunduğu alanların işlevini bina dışına taşıyarak bu alanların hafifletilmesi,
- Binanın kullanım amacının değiştirilerek hareketli yüklerin hafifletilmesi,

olarak özetlenebilir.

Ölü ağırlığı hafif olan ya da çok katlı olmayan yapılar için kütle azaltımı etkili bir yöntem değildir.

Yapısal Davranışa Etkisi

Kütlenin azaltılması yapının toplam ağırlığının azalmasına neden olur. Toplam ağırlığın azalması eleman bazında normal gerilmeleri azaltabilir. Kütlenin azalması binanın doğal titreşim periyodunu da azaltır. Periyodun azalmasının deprem davranışına etkisi daha karmaşıktır. Özellikle yüksek binalarda kütlenin azalması deprem yüklerinin de aynı oranda azalmasına sebep olmayabilir. Ancak özellikle doğal titreşim periyodu tasarım spektrumu grafiğinin plato bölgesinde kalan binalarda kütle azaltılması güçlendirmede etkili bir yöntem olarak kullanılabilir. Kütlenin azaltılması, yapının toplam ağırlığının azalmasını sağlayarak deprem esnasında binaya etki eden sismik kuvvetleri azaltır. Daha hafif yapılar genellikle daha düşük deprem kuvvetlerine maruz kalır ve bu da binanın yanal kuvvete dayanıklı taşıyıcı elemanlarına olan talebini en aza indirir.

Kütle azaltımı doğal periyodu değiştirebilir, potansiyel olarak yapıyı deprem etkisinin baskın olduğu periyotlardan uzaklaştırarak binadaki deprem etkilerinin azalmasına neden olabilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

Kütle azaltımı deprem etkileri azaltırken, yapı üzerinde oluşan kuvvetlerin yeniden dağılımına yol açabilir. Bu durum, deprem yüklerinin etkili bir şekilde aktarılmasını sağlamada bazı yetersizlikler ortaya çıkarabilir. Bu sebepten taşıyıcı sistemin yanal yük aktarım mekanizmasında bazı düzenlemeler yapılması gerekebilir.



Kütle azaltma yönteminin binanın statik ve dinamik davranışına etkisi detaylı analiz modelleri ile incelenmelidir. Deprem davranışındaki değişiklikler ayrıntılı yapısal analizler ve mümkünse testler yoluyla doğrulanmalıdır. Analitik modeller, kütle azaltma tekniklerinin etkinliğini doğrulamak için deprem etkileri altındaki davranışı doğru bir şekilde temsil etmelidir.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Kütle azaltımı belirli yapısal veya yapısal olmayan elemanların kaldırılmasını gerektiriyorsa, yıkım işlemi onaylı planlara göre gerçekleştirilmelidir. İstenmeyen hasarları önlemek için kaldırma işlemi kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Özellikle binanın üst katlarının kaldırılması esnasında mevcut sistem elemanlarına en az zararı verecek uygulamalar seçilmelidir. İşlem tamamlandığında mevcut taşıyıcı elemanlar kontrol edilmeli, gerekiyorsa lokal onarım ve güçlendirmeye gidilmelidir.

Maliyet

Temelde kütle azaltımı için gerekli maliyet yıkım maliyetidir. Yıkım maliyeti, yıkılacak bölümün büyüklüğüne, yüksekliğine ve mevcut yapı özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Ancak inşaat maliyetinden çok, kullanılabilir alan azalacağı için yaratacağı ek maliyetler diğer yöntemlere göre çok daha yüksektir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri*). Tablo 46'da kütle azaltılması ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 46: Kütle Azaltılması İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Evet
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	79

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Ancak kütle azaltılmasının özellikle kat azaltılması yolu ile sağlandığı durumlarda bina cephe ve çatı yalıtımı uygulamalarının (bkz. Bölüm 6.1.1) değerlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte yine kat azaltılması durumunda mevcut tesisat sistemlerinde de revizyona gidilmesi gerekebilir (bkz. Bölüm 6.1.6).

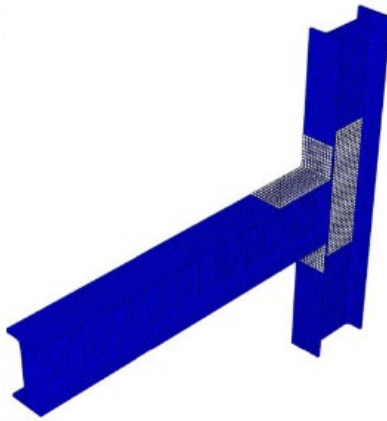
Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Orijinal tasarım ve malzemelerin korunmasının öncelikli olduğu tarihi veya mimari açıdan önemli yapılarda kütle azaltımı yöntemi uygun değildir. Bu gibi durumlarda, binanın estetiği üzerinde daha az etkisi olan diğer güçlendirme yöntemleri tercih edilmelidir.

- Kütle azaltılması yönteminin binanın deprem performansına etkileri detaylı analizler ile belirlenmelidir.
- Kütle azaltılması sırasında mevcut bina taşıyıcı sistem elemanlarına en az hasar verecek şekilde gerekli önlemler alınmalıdır.

5.2.7 Birleşimlerin Çelik Elemanlarla Güçlendirilmesi

Ön üretimli betonarme kolon-kiriş birleşimleri ve çelik binalarda kolon-kiriş, çapraz-kolon-kiriş birleşimleri gibi ve bunlara benzer tüm birleşimlerin taşıma kapasiteleri veya performansı yetersiz olan birleşimlerin güçlendirilmesi amacı ile çelik elemanlarla takviye yoluna gidilebilir. Ek olarak döşemelerin diyafram davranışı göstererek yatay yükleri düzlemleri içinde düşey taşıyıcılara aktarabilmeleri için ahşap ve çelik kirişler ile ön üretimli betonarme döşemelerin düşey taşıyıcılara bağlandıkları noktalardaki birleşimleri çelik plaka ve cıvatalarla takviye edilir.



Şekil 56: Çelik Moment Aktaran Birleşim Güçlendirmesi- (Khelifa, Khennane, & Oudjene, 2022)



Fotoğraf 13: Örnek Ahşap Döşeme-Yığma Duvar Bağlantısı- (Guerrini, Salvatori, Senaldi, & Penna, 2021)

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Çelik Yapılar
- Ahşap Yapılar
- Yığma Yapılar
- Ön Üretimli Betonarme Yapılar

Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin amacı taşıyıcı sistem elemanları arasındaki birleşimlerin dayanımını artırmaktır. Bu amaç doğrultusunda;

- Çelik ve Ön üretimli betonarme binalarda birleşim kapasitelerinin artırılması,
 - Çelik ve Ön üretimli betonarme binalarda mafsallı birleşimlerin ankastre hale getirilmesi, dolayısıyla bina taşıyıcı sisteminin moment aktaran çerçeveye dönüştürülmesi amacıyla birleşimlerin güçlendirilmesi,
 - Farklı yapı türlerinde diyafram etkisinin ve diyaframdan yük akışının sağlanabilmesi amacıyla döşemeler ile düşey taşıyıcılar arasındaki birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi yoluna gidilebilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar-2018, TS EN 13369, TS 647
- Tasarım güçlendirilecek birleşimin ihtiyacına göre ilgili birleşime özel olarak uygulanacaktır.
- Kolon-kiriş birleşimlerinin güçlendirilerek moment çerçevesine dönüştürülmesi durumunda birleşimler üzerlerine etkiyecek moment etkisini güvenle taşıyacak şekilde çelik elemanlarla güçlendirilecektir.
- Konstrüktif Kurallar:

Kullanılacak tüm çelik elemanlar yapının özelliğine uygun olarak korozyona karşı korunmalıdır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

1. Yapılacak olan güçlendirme birleşime özel ve o birleşimin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yapılmalıdır.
2. Mevcut çelik ve Ön üretilmiş betonarme yapılarda güçlendirme genellikle çelik plakaların mevcut elemanlara kaynaklanmasıyla uygulanmaktadır. Uygun olması durumunda bu uygulama kimyasal ankrajlar da kullanılarak yapılabilir.

Maliyet

Birleşimlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesi lokal bir güçlendirme olup maliyetler kullanılan çelik miktarının ağırlığına göre belirlenecektir. Çelik birim fiyatlarına işçilik ve yerinde montaj da dahil olacaktır. Özellikle ahşap, yığma ve tarihi yapılardaki daha detaylı işçilikten dolayı maliyetler artacaktır.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri).

Tablo 47’de birleşimlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesi yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 47: Birleşimlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesi yönteminin gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	71

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Bu yöntem lokal bir güçlendirme yöntemi olduğundan binanın geneline etki edecek kadar kapsamlı bir etkisi ancak diğer yöntemler ile birlikte kullanılması durumunda geçerli olur.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Çelik yapılarda birleşimlerin güçlendirilmesi için kullanılacak elemanların çelik kalitesi en az güçlendirilecek eleman kalitesiyle eşdeğer veya daha yüksek olmalıdır.
- Tarihi yapılar, ahşap ve yığma yapılarda güçlendirilen birleşimlerin üzeri mimari kaplamalarla kaplanacak ve birleşimler açıkça görülemeyecekse kullanılacak tüm çelik malzemenin uygun yöntemlerle galvanizlenerek korozyona karşı korunması önerilir.
- Sahada uygulanacak tüm kaynakların üçüncü taraf gözetim yetkililerince uygunlukları kontrol edilmelidir.

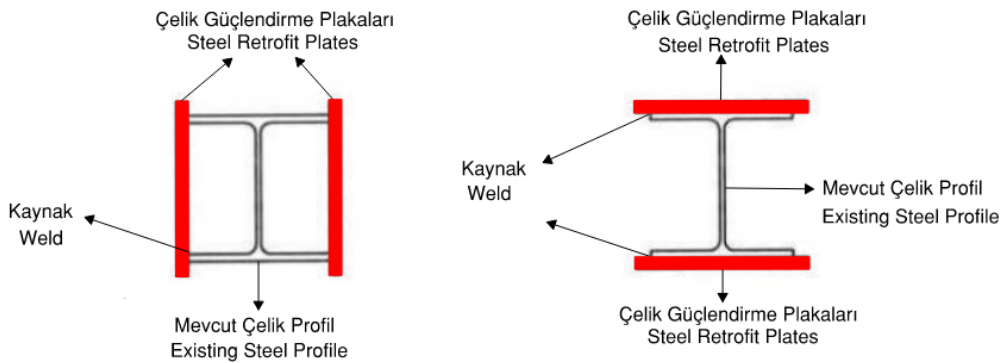
Tablo 48’de birleşimlerin çelik elemanlarla güçlendirilmesi yönteminin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 48: Birleşimlerin Çelik Elemanlarla Güçlendirilmesi Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Hızlı uygulanabilir olması	Saha kaynağında imalat kalitesini sağlama zorluğu
Malzeme kalitesinin kontrol edilebilir olması	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Bina ağırlığının ciddi oranda artmaması	Korozyondan koruma ihtiyacının olması
	Yapı tipine bağlı olarak birleşimlerin üzerlerinin mimari olarak kaplanması durumunda çeliklerin korozyon durumunun kolaylıkla takip edilememesi.

5.2.8 Çelik Yapısal Elemanların Çelikle Güçlendirilmesi

Mevcut çelik yapısal elemanların yük taşıma kapasitelerinin ve/veya rijitliklerinin artırılması gereken durumlarda elemanlar çelik plaka veya profillerle takviye edilir. Şekil 57’de kolonların plakalar ile güçlendirilmesi yöntemi anlatılmıştır.



Şekil 57: Kolonların Plakalar İle Güçlendirilmesi- (Tsavdaridis, 2013)

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Çelik Yapılar

Yapısal Davranışa Etkisi

- Çelik elemanların yük taşıma kapasitelerinin artırılması
 - Mevcut çelik elemanın ihtiyacına göre çelikle güçlendirilip alanı, mukavemet momenti gibi kesit özelliklerinin artırılmasıyla yük taşıma kapasitesinin artırılmasıdır.
- Yanal ötelemelerin azaltılması
 - Deprem etkisinde yapısal sistemin yatay hareketinin azaltılarak sınırlandırılması özellikle mevcut çerçeve sistemine yeni çeliklerin eklenerek rijitliğinin artırılmasıyla olur.
- Yapısal sistem içinde yatay yük dağılımının değişmesi
 - Güçlendirilen elemanların rijitliklerindeki değişimden dolayı yatay yükün elemanlar üzerindeki dağılımı değişecektir. Ortaya çıkan yeni yük dağılımı altında güçlendirilen sistemin güvenli olduğu gösterilmelidir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018, Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar-2018.
- Tasarım; güçlendirilecek elemanın ihtiyacına göre o elemana özel olarak uygulanacaktır.
- Güçlendirme çeliklerinin malzeme kalitesi mevcut çeliklerle aynı veya daha yüksek olacaktır.
- Konstrüktif Kurallar:
 - Mevcut çelik elemanların takviyesi söz konusu olduğunda yeni çeliklerin birleşimlerinin civatayla yapılması mümkün olmayıp saha kaynağıyla yapılacaktır.
 - Yerinde yapılacak olan kaynakların mutlaka kalitesi kontrol edilecektir.
 - Mevcut çelikler üzerinde kaynak yapılacak bölgelerdeki boya, kaynak öncesinde temizlenecek ve kaynaklama sonrasında hem eski hem de yeni çelik elemanlar korozyona karşı korunacaktır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

1. Mevcut çeliklerin kaliteleri belirlenir.
2. Mevcut çelik sistemin ihtiyacına göre çelik güçlendirme elemanları seçilir.
3. Yeni çeliklerin imalat resimleri hazırlanarak atölyede üretimleri gerçekleştirilir.

4. Kaynaklanacak bölgeleri hariç çelik elemanlar boyanarak sahaya iletilir.
5. Kaynak öncesi varsa mevcut çelikler üzerindeki boya temizlenir.
6. Kaynak işlemi sonrasında yetkili firmalarca yerinde kaynak testi yapılarak tüm kaynaklar için “uygun” onayı alınır. Aksi durumda gerekli kaynak düzeltmeleri yapılır.
7. Kaynak bölgesi ve mevcut çeliklerdeki boyasız bölgeler boyanarak korozyon koruması tamamlanır.

Maliyet

Çelikte güçlendirme eleman bazında veya sistem bazında bir güçlendirme olabilir. Toplam maliyet kullanılan çelik miktarının ağırlığına göre belirlenecektir. Birim fiyatlara malzeme, işçilik ve montaj dahildir. Kaynak kontrolleri üçüncü taraf bağımsız kuruluşlar tarafından yapılacak olup ücreti ayrıca mal sahibi tarafından karşılanacaktır.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri*). Tablo 49’da çelik yapısal elemanların çelikte güçlendirilmesi yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 49: Çelik Yapısal Elemanların Çelikte Güçlendirilmesi Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	57

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile kullanılmasına bir engel yoktur.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Güçlendirme için kullanılacak elemanların çelik kalitesi en az güçlendirilecek elemanın kalitesine eşdeğer veya daha yüksek olmalıdır.
- Kullanılacak kaynak elektrotu kalitesi TBDY-2018'e uygun olarak en az E480 veya daha yüksek olmalıdır.
- Tüm kaynaklar sertifikalı kaynakçılar tarafından yapılmalıdır.
- Kullanılan tüm çeliklere korozyondan koruma uygulanmalıdır.

Tablo 50'de çelik yapısal elemanların çelik ile güçlendirilmesi yönteminin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 50: Çelik Yapısal Elemanların Çelik ile Güçlendirilmesi Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Hızlı uygulanabilir olması	Saha kaynağında imalat kalitesini sağlama zorluğu
Malzeme kalitesinin kontrol edilebilir olması	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Bina ağırlığının ciddi oranda artmaması	Korozyondan koruma ihtiyacının olması

5.2.9 Dışarıdan Çerçeve Eklenmesi

Dışarıdan çerçeve eklenmesi yöntemi ülkemizde nadiren uygulama alanı bulsa da oldukça etkili olabilecek bir yöntemdir. Bu yöntemde mevcut zayıf taşıyıcı sisteme tam entegre yeni ve daha güçlü bir çerçeve ile deprem etkilerinin karşılanması amaçlanır.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Bu güçlendirme yöntemi orta yükseklikte, en fazla 6-8 katlı betonarme binalarda tercih edilmektedir. Çelik çerçeveli yapılarda da uygulanabilmektedir. Ülkemizde yaygın olarak görülen çıkmalı betonarme yapıların deprem davranışının iyileştirilmesi için oldukça etkili bir yöntemdir. Birçok farklı yapısal düzenleme ve malzeme seçenekleri ile yapılan uygulamaları mevcuttur.

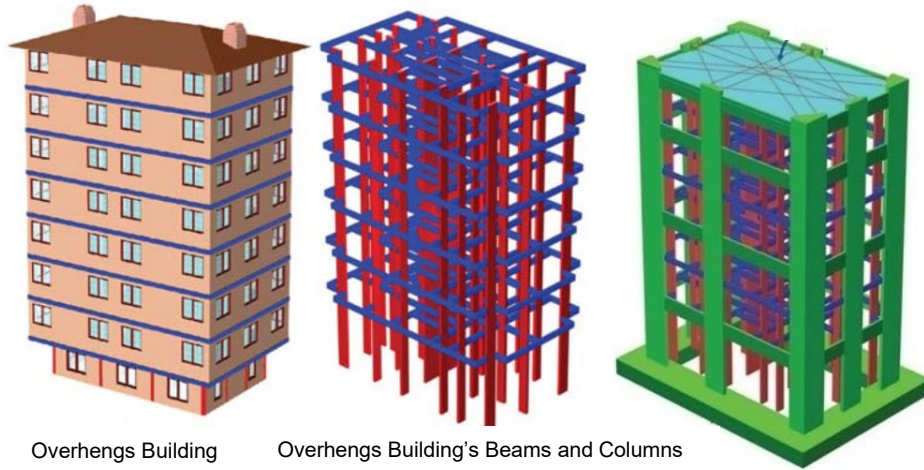
Yapısal Davranışa Etkisi

Dıştan çerçeve eklenmesi güçlendirme yöntemi, yapı sistemi için oldukça etkili bir yöntemdir. Dış taşıyıcı sistem bir bütün olarak mevcut yapıya bağlanır, böylece deprem etkisi altında birlikte çalışabilirler. Dış çerçeve sayesinde, kuvvet aktarma mekanizması, yanıl yer değiştirmesi ve mevcut yapının deprem hasarı önemli bir şekilde azaltılabilir, dolayısı ile mevcut binanın genel yapısal deprem davranışı açıkça iyileştirilebilir. Dış çerçeve, mevcut yapısal davranış bütünlüğünü olumlu yönde gerçekleştirir. Aynı zamanda, mevcut yapının diğer zayıf kısımları dolaylı olarak güçlendirilerek yapısal kapasite veya sağlamlık daha düzgün hale getirilebilir. Buna ek olarak, inşaat süreci harici bir şekilde sürdürüldüğü için, yapının servis durumunu çok ileri seviyede etkilemeden ve genel olarak rahatsız edici olmayan bir çalışma ile yapısal iyileştirme sağlanabilir. Ayrıca, yeni eklenen dış çerçevenin düşey yükleri taşımada etkinliğinin olmadığı, sadece yatay sismik yükleri taşımada etkin olduğu unutulmamalıdır.

Dış cephede çerçeve eklenerek güçlendirme teknolojisi, benzer alternatiflere göre hem deprem performansı hem de işlevsel performans (yani iç mekânın kesintiye uğramaması) açısından avantajlar içermekte ve aynı zamanda yeni mühendislik malzemeleri, yeni yapı tipleri ve yeni yapısal detaylarla bağlantı kurma imkanı sağlayarak yeni bir yol açmakta ve deprem riski olan bölgelerdeki eski binalar için bazı avantajlar sağlamaktadır.



Fotoğraf 14: Dıştan Çerçeve Eklenmesi Örnek Projesi- (YAHAGI Engineering, tarih yok)



Şekil 58: Bina Çıkımlarına Dıştan Çerçeve Eklenmesi Örnek Projesi- (Kaplan S. , 2010)

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

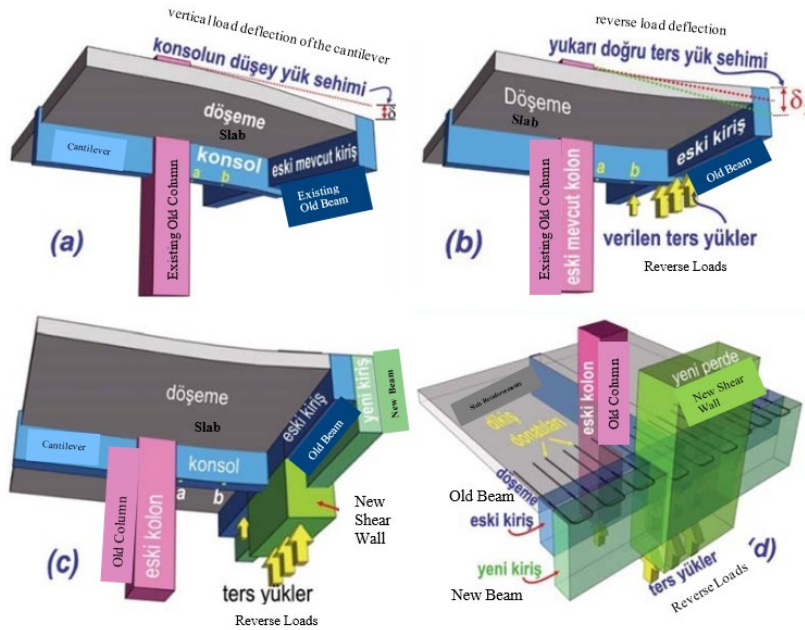
Dışarıdan çerçeve eklemede asıl amaç deprem durumunda yatay etkinin tamamını ya da tamamına yakını karşılamak ve oluşan enerjinin tamamını bu yeni yapıda tüketmektir. Dıştan çerçeve ekleme sisteminde genel olarak düşey yüklerin taşınması dikkate alınmaz. Eğer mevcut yapıda düşey yükler altında bir yetersizlik durumu varsa yapı elemanları ayrıca güçlendirilmelidir ya da ek güçlendirme elemanları eklenmelidir.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Yapılacak yeni perde ve kirişlerin donatıları hazırlandıktan sonra (beton dökümünden önce) yeni yapılacak perde ve kirişleri mevcut binaya sabitleyecek bağlantılar yapılmalıdır.

Yeni temel yapıldıktan ve betonu gerekli mukavemete sahip olduktan sonra, yeni temelden eski yapıya krika vb. gibi aletler kullanılarak ile ters yük uygulanmalı ve mevcut yapı yukarı doğru kaldırılmalıdır. Yük uygulaması sırasında dengeli yük artımı yapılmasına dikkat edilmelidir.

Yeni yapılacak deprem perdelerini birleştirecek olan yeni kirişler, yatay yüke karşı çerçeve oluşturması için analiz sonuçlarına göre boyutları düzenlendikten sonra istenilen katta yapılabilir. Şekil 59'da ters yük varken yeni perde ve kirişlerin mevcut binaya bağlanarak sabitlenmesi anlatılmıştır.



Şekil 59: Ters Yük Varken, Yeni Perde ve Kirişlerin Eski Mevcut Binaya Dikilerek Sabitlenmesi- (Kaplan S. , 2010)

Maliyet

İlgili güçlendirme yöntemi, kullanılan malzeme ve teknolojiye de bağlı olarak kısa vadede pahalı olabilmektedir. Fakat uzun vadede, sağlamış olduğu sürekli iyileştirme ve yapısal performansa katkısının yapı ömrü boyunca değişmemesi, ayrıca kullanım ömrü boyunca ilave bakım gerektirmemesi hususları dikkate alınarak toplam maliyeti değerlendirilmelidir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri).

Tablo 51’de dışarıdan çerçeve ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 51: Dışarıdan çerçeve ekleme ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	61

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

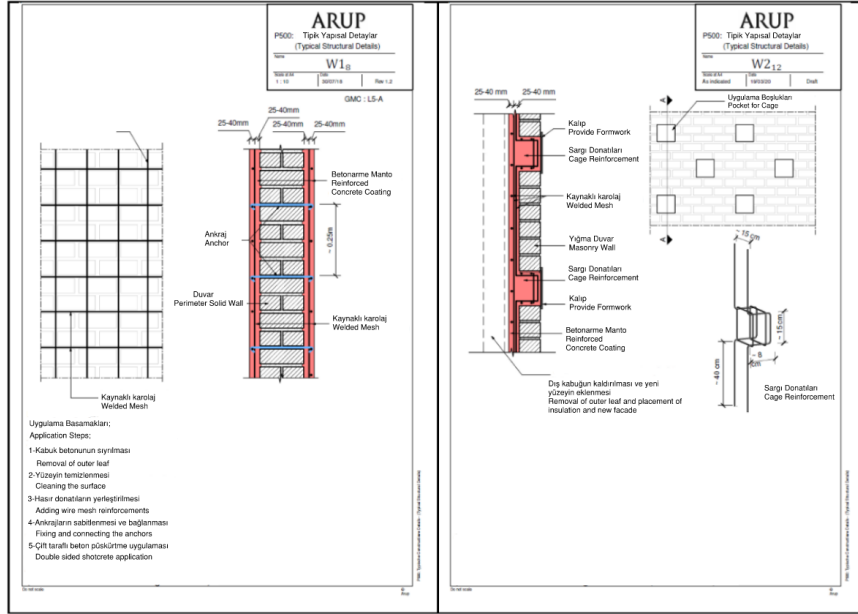
Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasına bir engel yoktur. Özellikle bina dış cephesine müdahale yapılacağından cephe elemanları ile ilgili önerilen tüm iyileştirme yöntemleri (bkz. Bölüm 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4) bu yöntemle birlikte kullanılabilir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Bu yöntem özellikle bina cephelerinin ilave bir çerçeve yapmak için yeterli arazi sınırı olması durumu için uygulanabilir. Yeni çerçevenin mutlaka yeterli dayanıma sahip bir temel üzerine oturması gerekmektedir. Plan alanı büyük binalarda eklenecek çerçevelerin oransal katkısı daha düşük olacaktır. Bitişik nizamlı binalarda uygulanması daha zordur. Mevcut bina ile yeni eklenen çerçeve birlikte çalışabilecek şekilde bağlanmalıdır.

5.2.10 Mevcut Yığma/Dolgu Duvarların Hasır Çelik Donatılı Özel Sıva ile Güçlendirilmesi

Mevcut yığma duvarların güçlendirilmesi amacı ile tek veya iki yüzüne çelik hasır donatı yerleştirilmesi ve belli kalınlıkta özel sıva ile kapatılması sonucu güçlendirilmesi, bu tip elemanların pratik olarak güçlendirilmesi amacıyla kullanılabilecek en yaygın yöntemdir. Şekil 60’ta yığma duvarların hasır çelik donatılı özel sıva ile güçlendirilmesi tipik detayı anlatılmıştır.



Şekil 60: Yığma Duvarların Betonarme Tabaka ile Güçlendirilmesi Tipik Detayı- [Arup Kataloğu]

Yönteme ilişkin tipik bir uygulama örneği fotoğrafı aşağıda (Fotoğraf 15: Yığma Duvarların Hasır Çelik ile Güçlendirilmesi) verilmiştir.



Fotoğraf 15: Yığma Duvarların Hasır Çelik ile Güçlendirilmesi © HİLTİ

Yöntemle ilgili detaylı bilgiler aşağıdaki bölümlerde paylaşılmıştır.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Yığma
- Yığma Dolgu Duvarlı Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve

Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin esas amacı eleman bazında kesme dayanımını ve sistem bazında rijitliği artırmaktır. Aynı zamanda;



- Eleman bazında süneklik artırmaya,
- İki yüzden uygulanması durumunda düzlem dışı devrilmeye karşı dayanımı artırmaya etkisi vardır.

Dayanım yetersizliği bulunan yığma binalarda dayanımı artırmak amacıyla, yığma dolgu duvarlı betonarme çerçeve binalarda sistem rijitliğini artırma ve mevcut elemanlardaki talebi azaltma amacıyla kullanılması düşünülebilir.

Tek başına kullanıldığında bodrum hariç 3 kata kadar olan binalarda kullanılmasına izin verilmektedir (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Pratikte bu yöntemin;

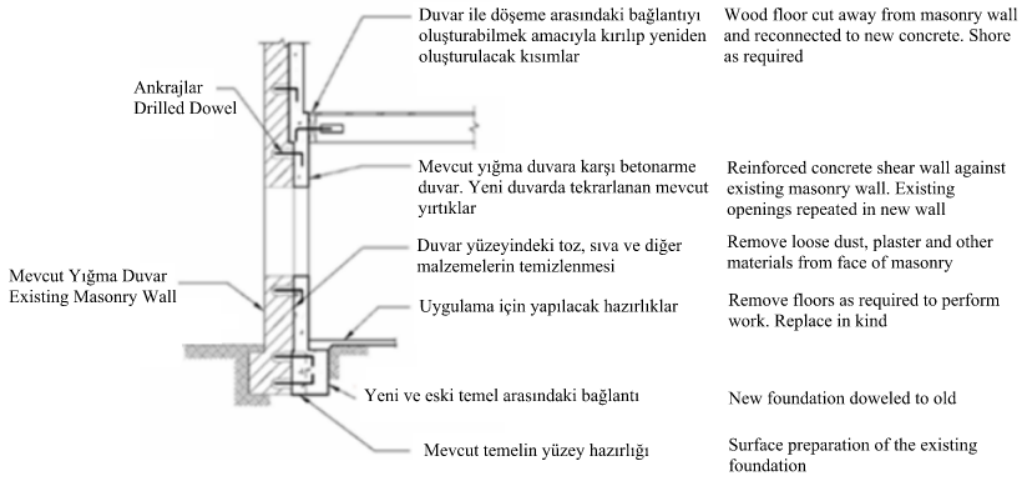
- Kolon ve/veya kirişlerin sargılaması ile,

kullanılması önerilir.

Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018 – Bölüm 15
- Tasarım sırasında dikkate alınacak malzeme özellikleri:
 - Eklenecek hasır donatılar yönetmeliklerin tanımladığı standart donatı kalitesinde olacaktır.
 - Özel sıva tabakasının basınç dayanımı en az 5MPa olacaktır.
 - TBDY-2018 Bölüm 15'te belirtildiği şekilde, karakteristik malzeme dayanım değerleri kullanılarak tasarım yapılacaktır.
- Betonarme çerçeve arasındaki dolgu duvarların güçlendirilmesi amacıyla kullanıldığında;
 - Sıva tabakasının kalınlığı en az 30 mm, hasır donatı ile sıva yüzeyi arasındaki kalınlık (beton örtüsü) en az 20 mm olmalıdır.
 - Güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır (TBDY-2018).
 - Donatılı sıva tabakası ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak çerçeve ankraj çubuğunun en küçük çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 300 mm olmalıdır (TBDY-2018).
 - TBDY 2018'de belirtilen modelleme ve hesap kuralları takip edilmelidir.

- **Konstrüktif Kurallar:**
 - Donatılı sıva tabakası ile mevcut dolgu duvarın birlikte çalışmasının sağlanması için duvar düzlemine dik yönde, her bir metrekare duvar alanında dört adet gövde ankrajı yapılmalıdır.
 - Duvara dik yönde yapılacak gövde ankraj çubukları dolgu duvarın harç derzleri içine gömülmeli ve çubuk çapı en az 8 mm, ankraj derinliği çubuk çapının en az on katı olmalıdır.
 - Duvar düzlemine paralel ve dik doğrultuda yapılacak tüm ankraj çubukları açılacak deliklere epoksi esaslı bir malzeme ile ekilmeli ve uçları L şeklinde 90 derece bükülerek hasır donatısının içine geçirilmelidir.
 - Güçlendirilecek dolgu duvarların temele kadar devam ettirilmesi ve bu elemanlar için yeni temel tasarımı yapılması gerekmektedir.
- **Yığma binalarda duvarların güçlendirilmesi amacıyla kullanıldığında;**
 - Duvarın düzlem içi kesme dayanımını artırmanın yanında düzlem dışı devrilmeye karşı da güçlendirme sağlamaktadır.
 - Mevcut döşeme sistemi ile duvar arasındaki yük akışını sağlamak amacıyla döşemeye ilave bağlantılar yapılması gerekecektir.



Şekil 62: Yığma Binalarda Yığma Duvarların Betonarme Tabaka İle Güçlendirilmesi Tipik Detayı- (FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, 2006)

1. Yığma duvar üzerindeki sıva tabakası kaldırılmalıdır.
2. Konstrüktif kurallar takip edilerek hem betonarme çerçeve elemanlara hem de yığma duvara, belli aralıklarla kayma donatıları ankraj edilmelidir.
3. Yığma binalarda, döşeme ile yeni tabaka duvar bağlantısını sağlamak amacıyla döşemeye bağlantı elemanları ankraj edilmelidir.
4. Hasır donatı yerleştirildikten sonra, yığma duvar yüzeyi nemlendirilmeli ve özel sıva uygulaması yapılmalıdır. Bu uygulama yapılırken “shotcrete” yöntemi kullanılabilir.
5. Temellere etkiyen yüklerin değişimi nedeniyle temelde güçlendirme ihtiyacı tespit edildiye, temel kazısı yapılarak mevcut temellerin yeni betonarme eleman eklenerek sargılanması gerçekleştirilmelidir.

Maliyet

Kullanılacak malzemeler, konvansiyonel şekilde inşa edilecek yeni binalarda kullanılan malzemelerle aynıdır. Betonarme elemanlarla sargılama yöntemine kıyasla daha kolay uygulanabilecek bir yöntemdir. Kalıp kurma ve beton dökme gibi adımlar yerine özel bir sıva yapılmaktadır. Bu da maliyeti önemli ölçüde azaltıcı bir parametredir.

Temele kadar inilmesi gerekliliği işçiliği ve dolayısıyla maliyeti ciddi anlamda artıracaktır.

Ayrıca tesisat ve ince işlerin yenilenmesi durumunda önemli bir maliyet artışı söz konusu olabilir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri).

Tablo 52’de hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 52: Hasır Çelik Donatılı Sıva İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Hayır
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Hayır
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	46

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasında bir engel yoktur. Yığma duvarlar etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile birlikte değerlendirilebilir. Yığma duvarlara dışarıdan müdahale edilmesinin gerekeceği durumlarda mevcut cephe sistemine bağlı olarak 6.1.1, 6.1.26.1.3 ve diğer bölümlerde verilen uygulamalar da değerlendirilebilir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Esas olarak bu yöntem kullanılarak yapılan güçlendirmelerde bodrum hariç 3 kattan daha yüksek binalarda uygulanmasına TBDY-2018 tarafından izin verilmemektedir.
- Temel kazısı yapılma gerekliliği, duvarların ve döşemelerin kısmi olarak kaldırılması, tesisat elemanlarının kaldırılması, bina içine donatı çeliği taşınması, özel sıva uygulaması gibi işlemlerin yapılması gerektiği düşünüldüğünde bina içerisinde iş güvenliği ve kullanıcı sağlığının gözetilmesi amacıyla binanın tamamen bölümler halinde belli süreyle boşaltılması gerekecektir.
- İşin süresi binanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterecektir. İnce işlerinin tamamlanması da dahil olmak üzere, tahmini olarak 3 ila 6 ay sürebilir.

- Bina içine malzeme (demir donatı, vs.) taşınması, uygulama zorluğu yaratacaktır. Ancak beton dökümü yerine özel sıva uygulanacağı için betonarme ile sargılama yöntemine oranla daha pratik bir yöntemdir.
- İdeal olarak yapılan güçlendirmenin elemanın her iki yüzüne de uygulanması önerilir. Ancak belli durumlarda (bitişik nizam binalarda komşu duvarlar, vb.) sadece tek yüzden uygulamak zorunda kalınabilir. Bu durumda ankrajların önemi artmaktadır.
- Çok kalın bir tabaka olmadığı için tesisat ve mimari elemanlara etkisi sınırlı kalabilir.

Tablo 53'de hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirme yönteminin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 53: Hasır Çelik Donatılı Sıva ile Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina iç alan kullanımında kısıtlama
Yüklenicilerin bu alandaki tecrübesi	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Sargı tabakasının görece ince olması	Binanın boşaltılması gerekliliği
	Yapının genel dayanım artışının sınırlı olması
	Bodrum hariç 3 kattan daha yüksek binalarda uygulanamamasına getirilen kısıtlama

5.2.11 Mevcut Yığma/Dolgu Duvarların LF'ler ile Güçlendirilmesi

Mevcut yığma duvarların güçlendirilmesi amacı ile tek veya iki yüzüne LF eklenmesi sonucu güçlendirilmesi, bu tip elemanların pratik olarak güçlendirilmesi amacıyla kullanılabilecek yöntemlerden biridir. Şekil 63'te yığma duvarların LF ile güçlendirilmesi yönteminin tipik detayı verilmiştir.

Yöntemle ilgili detaylı bilgiler aşağıdaki bölümlerde paylaşılmıştır.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

- Yığma Dolgu Duvarlı Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve
- Yığma – Bu tip binalardaki kullanımı ülkemizde yok denecek kadar azdır.

Yapısal Davranışa Etkisi

Bu yöntemin esas amacı eleman bazında kesme dayanımını ve sünekliği artırmaktır. Aynı zamanda düzlem dışı devrilmeye karşı dayanımı artırmaya da etkisi vardır.

Dayanım yetersizliği bulunan yığma binalarda dayanımı artırmak amacıyla, yığma dolgu duvarlı betonarme çerçeve binalarda bölme duvarları sistemin parçası haline getirerek rijitliği artırma ve mevcut elemanlardaki talebi azaltma amacıyla kullanılması düşünülebilir.

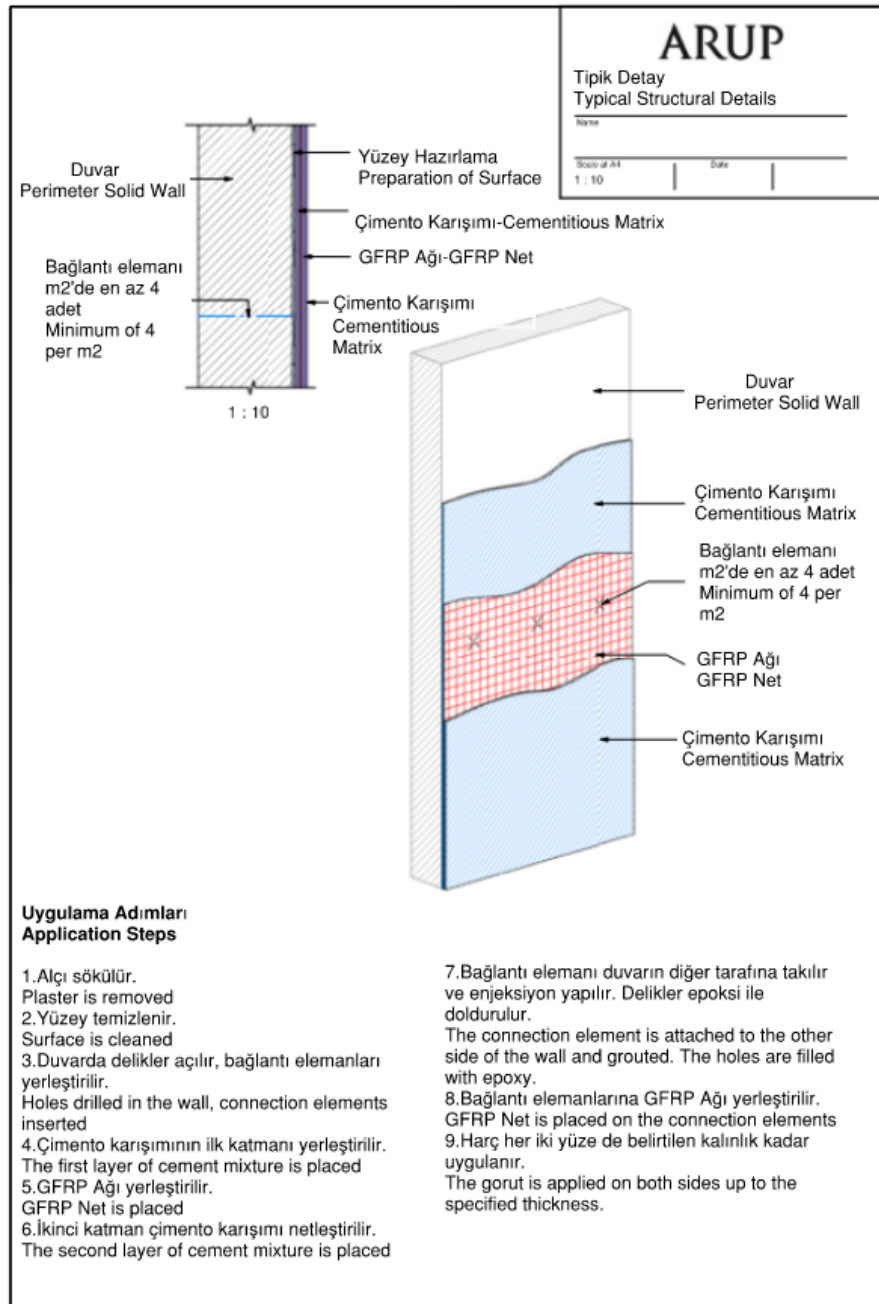
Yığma binalarda kullanıldığında esas olarak sünekliliğin artırılmasına katkı sağlar.

Tek başına kullanıldığında bodrum hariç 3 kata kadar olan binalarda kullanılmasına izin verilmektedir (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018).

Pratikte bu yöntemin;

- Kolon ve/veya kirişlerin sargılanması ile,

kullanılması önerilir.



Şekil 63: Yığma Duvarların LF ile Güçlendirilmesi Tipik Detayı (Yığma Binalar İçin) – [Arup Kataloğu]



Tasarım Kriterleri / Hesap Kabulleri

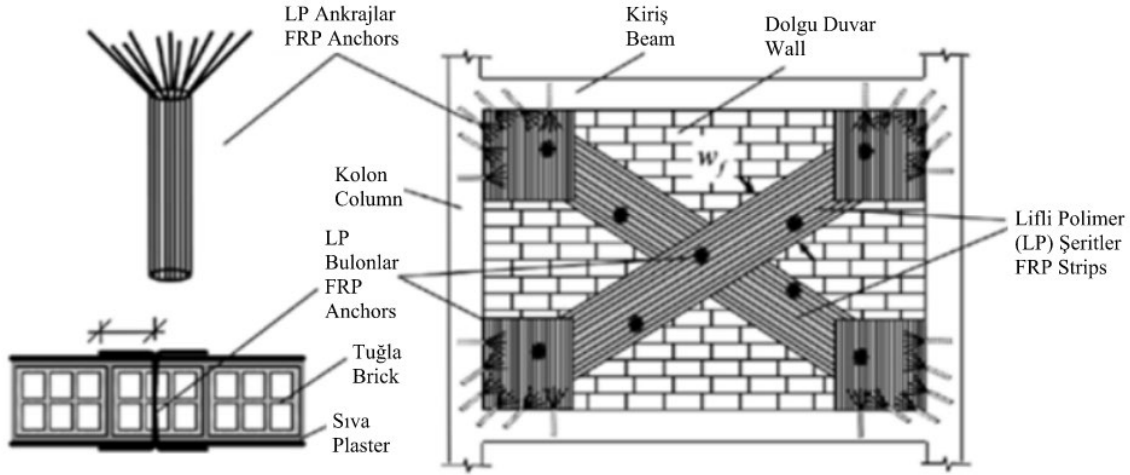
- Kullanılacak Yönetmelik: TBDY-2018 – Bölüm 15
- Uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında olan dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan LF'ler (LP) ile artırılabilir.
- Betonarme çerçeve arasındaki dolgu duvarların güçlendirilmesi amacıyla kullanıldığında;
 - Mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır (TBDY-2018).
 - Köşe bölgelerde yük dağılımını sağlayabilmek ve betonarme çerçeve ile LP şeritler arasında yeterli sayıda ankraj yerleştirebilmek için şerit genişliğinin 1.5 katından az olmayan genişlikte kare LP levhalar kullanılacaktır.
 - LF uygulaması duvarın iki tarafından yapılacak ve LP şeritler duvar kalınlığınca geçen LP bulonlar ile duvara sabitlenecektir. LP bulonlar arasındaki mesafe 600 mm'den fazla, bulunun köşegen şerit kenarına uzaklığı ise 150 mm'den fazla olamaz.
- Köşegen LP şerit ile çerçeve arasındaki yük aktarımını sağlamak için LP ankrajlar kullanılacaktır. LP ankrajlar LP şeritlerin epoksi ile doyurulması ve bir silikon çubuk etrafına sarılması ile oluşturulacaktır. LP ankrajların uçları yelpaze şekline getirilecek ve en az dört adet ankraj köşegen LP şerit yönünde olacak şekilde beton içinde açılan tozdan arındırılmış deliğe epoksi enjekte edilerek yerleştirilecektir. Ankraj yapımında çubuk etrafına sarılan LP'nin genişliği 100 mm'den az olmayacaktır. Ankraj deliğinin çapı 10 mm'den, derinliği ise 150 mm'den küçük olmayacaktır. Buna göre hazırlanan bir ankrajın çekme dayanımı olarak, 20 kN veya silikon çubuk etrafına sarılan LP'nin çekme kapasitesinin %30'undan küçük olanı olarak alınacaktır (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018). Yığma binalarda duvarların güçlendirilmesi amacıyla kullanıldığında;
 - Duvarın sünekliliğini ve düzlem içi kesme dayanımını artırmanın yanında düzlem dışı devrilmeye karşı da güçlendirme sağlamaktadır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Şekil 64'te betonarme çerçeve binalarda yığma duvarların LF ile güçlendirilmesi tipik detayı verilmiştir.

1. Bir önceki bölümde açıklanan konstrüktif kurallar takip edilerek hem betonarme çerçeve elemanlara hem de yığma duvara, belli aralıklarla LF ankraji yapılmalıdır.
2. Yığma binalarda, döşeme ile LF bağlantısını sağlamak için LF'ler döşeme altına kadar uzatılmalı ve noktasal ankrajlar yapılmalıdır.

3. LF uygulandıktan sonra üzerine koruyucu sıva katmanı uygulanmalıdır.
4. Temellere etkiyen yüklerin değişimi nedeniyle temelde güçlendirme ihtiyacı tespit edildiyse, temel kazısı yapılarak mevcut temellerin yeni betonarme eleman eklenerek sargılanması gerçekleştirilmelidir.



Şekil 64: Betonarme Çerçeve Binalarda Yığma Duvarların LF ile Güçlendirilmesi Tipik Detayı – (TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2018)

Maliyet

Kullanılacak malzemeler yakın zamana kadar ithal edilen malzemeler olup günümüzde Türkiye’de üretilmektedirler. Ancak hammaddesinin ithal olması nedeniyle maliyeti klasik inşaat malzemelerine göre fazladır.

LF ile güçlendirme esnasında, güçlendirilecek duvarların konumuna ve iş planlamasına bağlı olarak binanın boşaltılmasına gerek kalmayabilir veya kısa süreli kısmen boşaltılarak uygulama yapılabilir. Bir yandan yapı kullanılırken bir yandan da yapı içerisinde lokal olarak güçlendirme yapılarak ilerlenebilir. Sargılama işlemi yapılan yapısal eleman kesitlerinde büyüme olmaz, mevcut bina mimarisi minimum seviyede etkilenir ve yapım süresi kısadır. Buna karşın işçilik maliyetleri, özel bilgi ve tecrübe gerektirdiğinden yüksek olup, benzer şekilde özel bir malzeme kullanıldığından malzeme maliyetleri de yüksektir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Güçlendirme uygulamalarının karbon ayak izlerini karşılaştırabilmek amacı ile her bir yöntem gömülü karbon miktarına etki edebilecek parametrelere göre değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri). Tablo 54’te LF ile güçlendirme yönteminin gömülü karbon puan cetveli verilmiştir.

Tablo 54: LF İle Güçlendirme Yönteminin Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Hayır
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Hayır
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	54

Birlikte Kullanılabileceği Enerji Verimliliği Artırıcı Yöntemler

Bu yöntemin yine bu raporda verilen diğer enerji verimliliğini artırıcı yöntemler ile birlikte kullanılmasında bir engel yoktur. Yığma duvarlar etrafındaki borular, havalandırma kanalları vb. tesisat elemanlarının kaldırılmasının gerekeceği durumlarda, tesisatta yapılabilecek iyileştirmeler (bkz. Bölüm 6.1.6) ile değerlendirilebilir. Yığma duvarlara dışarıdan müdahale edilmesinin gerekeceği durumlarda mevcut cephe sistemine bağlı olarak 6.1.1 ve 6.1.2’de verilen uygulamalar da değerlendirilebilir.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

- Esas olarak bu yöntem kullanılarak yapılan güçlendirmelerde bodrum hariç 3 kattan daha yüksek binalarda uygulanmasına TBDY-2018 tarafından izin verilmemektedir.
- Temel kazısı yapılma gerekliliği dışındaki işlemler diğer yöntemlere göre nispeten daha kolay taşınabilir malzeme ve ekipman ile yapılabilir. Bina boşaltılmadan işlem yapılması mümkün olabilir veya binanın kısmen ve kısa süreli boşaltılması gerekebilir.
- İşin süresi binanın büyüklüğüne göre değişiklik gösterecektir. İnce işlerinin tamamlanması da dahil olmak üzere, tahmini olarak 3 ila 6 ay sürebilir.
- İdeal olarak yapılan güçlendirmenin elemanın her iki yüzüne de uygulanması önerilir. Ancak belli durumlarda (bitişik nizam binalarda komşu duvarlar, vb.) sadece tek yüzden uygulamak zorunda kalınabilir. Bu durumda ankrajların önemi artmaktadır.
- Çok kalın bir tabaka olmadığı için tesisat ve mimari elemanlara etkisi sınırlı kalabilir.

Tablo 55'te LF ile güçlendirme yönteminin avantajları ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 55: LF İle Güçlendirme Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
Kolay temin edilebilen malzeme	Bina içinde imalat yapma ile ilgili zorluklar
Sargı tabakasının görece ince olması	Özel işçilik gerektirmesi
Bina boşaltılmadan veya kısmen ve kısa süreli boşaltılarak uygulanabilme ihtimali	Yapının genel dayanım artışının sınırlı olması
	Bodrum hariç 3 kattan daha yüksek binalarda uygulamasına getirilen kısıtlama

5.3 Yenilikçi Güçlendirme Yöntemleri

Bu rapor içerisinde Bölüm 4'te anlatıldığı gibi, 1990'lerden başlayarak günümüze kadar mevcut binaların depreme karşı güçlendirilmesi konusuna yönelik çalışmalar artmış; uygulanan yöntemlerin çeşitliliği ve teknik kapasitesi önemli ölçüde gelişmiştir. Özellikle 2000'li yıllardan bu yana yenilikçi yöntemlerin kullanılması konusunda girişimler olmuş ve son on yıl içerisinde bunların kullanımı kademeli olarak artış göstermiştir. Bu rapor kapsamında konvansiyonel yöntemler bir önceki bölümde detaylı olarak açıklanmıştır. Yenilikçi yöntemler ise ayrıca incelenecek ve detaylı bilgiler bu aşamanın sonunda hazırlanacak raporda sunulacaktır. Aşağıda, ülkemizde bugüne kadar kullanılmış olan yenilikçi yöntemler hakkında özet bilgi paylaşılmaktadır.

1999 Gölcük Depremi sırasında hasar gören bazı binalarda depremi takip eden birkaç yıl içerisinde deprem yalıtım sistemleriyle güçlendirme yapılmıştır. Bunlar;

- Atatürk Havalimanı – Çatıyı taşıyan kolonların tepesine sürtünmeli sarkaç tipi deprem yalıtım elemanları yerleştirilmiş ve binanın deprem performansı iyileştirilmiştir. Bu aynı zamanda Türkiye'deki ilk deprem yalıtım sistemi uygulaması olarak bilinmektedir.
- Deprem sırasında ciddi hasar alan Bolu Tüneli yaklaşım viyadüklerinde sürtünmeli sarkaç tipi deprem yalıtım elemanları kullanılarak güçlendirme yapılmıştır.
- İstanbul'da Tarabya Oteli deprem yalıtım sistemi kullanılarak güçlendirilmiştir.

Deprem yalıtım sistemleri sayesinde, binaların periyodu artırılmakta, görece deplasmanları ve binalardaki deprem etkileri, diğer bir deyişle deprem talebi ciddi anlamda azaltılabilmektedir. Sürtünmeli sarkaç ve farklı özelliklerde kauçuk yalıtım elemanları başlıca tipleridir. 2000'li yıllarda ağırlıklı olarak yurtdışından ithal edilen bu elemanların bazı türleri artık ülkemizde de üretilmektedir.

2010'lu yılların sonu ve 2020'li yıllarda, sayıları az da olsa pasif enerji sönüm sistemleri ile güçlendirme uygulamaları yapılmıştır. Söz konusu sistemlerin endüstriyel tesisler ve ofis binalarında uygulamaları vardır. Bu sistemlerin ana amacı enerji sönüm kapasitesini artırarak deprem talebini azaltmaktır. Ülkemizde sürtünme ve viskoz



malzeme esaslı sönüm cihazları temin edilebilmektedir. Ağırlıklı olarak yurtdışında üretilerek ülkemize getirilen cihazlardır.

Burkulması önlenmiş çaprazlar da yenilikçi yöntemlerden biridir. Günümüze kadar ülkemizde kullanılması çok sınırlı olmuştur ve kullanıldığında da yeni binalarda tercih edilmiştir. Güçlendirme amacıyla kullanıldığına dair herhangi bir örneğe rastlanmamıştır. Ancak yakın zamanda ülkemizde de üretilmeye başlanmasıyla kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Yukarıda bahsedilen yöntemler dışında İstanbul merkezli bir firmanın esnek karaktere sahip özel çelik plakalarla uyguladığı özel bir güçlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntem, Anıtkabir dahil çok sayıda bina ve yapıda uygulanmıştır. Ana amacı eleman bazında dayanım ve sünekliğin artırılmasıdır.

Yenilikçi yöntemler projenin esas araştırma konusunu oluşturmakta olup, bir sonraki aşamanın sonunda dünya genelinde kullanılmakta olan yenilikçi yöntemlere ait kapsamlı rapor teslim edilecektir.



6. Türkiye’de Uygulanmış ve Uygulanmakta Olan Enerji Verimliliğini Artırıcı Yöntemler

Türkiye, sürekli artan nüfusu nedeniyle yeni yapı ihtiyacının devamlı olarak gündemde olduğu bir ülkedir. Konut, ticari binalar, kamu binaları, sanayi kuruluşları gibi fonksiyonlardaki yeni bina ihtiyacı sürekli mevcut olmaktadır. Türkiye, bir asırlık tarihinin ilk üç çeyreğinde yalnızca bina talebine cevap vermeye odaklanmıştır. Son çeyrek asırda ise bina enerji performansına önem verildiği gözlemlenmiştir.

14 Haziran 2000 tarihinde *TS-825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları* standardının zorunlu hale gelmesi, 5 Aralık 2008 tarihinde *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*’nin yayınlanması gibi hamlelerin bulunduğumuz yüzyılda yapıldığını görüyoruz. Böylece binaların yalnızca fonksiyonel ihtiyaçları karşılamasına değil, enerji performansına da odaklanıldığını belirtebiliriz. Küresel piyasalardaki enerji arzındaki dalgalanmalar ve fiyat istikrarsızlığı, Türkiye gibi enerji ithalatçısı konumundaki ülkeler için bir diğer motivasyon kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyadaki birincil enerji tüketiminin üçte birinden sorumlu olan binalarda, aşağıda gruplandırabileceğimiz bileşenler üzerinde enerji kaçakları yaşanmaktadır:

- Enerji yönetimi, tesis işletmesi ve bakımlar
- Kontrol ve otomasyon
- Aydınlatma
- Kazanlar, alan ısıtma tesisatı, kullanma sıcak suyu tesisatı
- Buhar sistemleri
- Bina kabuğu ve ısı yalıtımı
- Atık ısı
- Yenilenebilir kaynaklardan ısı ve elektrik üretimi
- Priz yükleri
- Basıncı hava sistemleri
- Elektrik motorları, fan ve pompalar
- Elektrik tesisatı, dağıtım ve kompanzasyon
- Isıtma, havalandırma, iklimlendirme cihazları
- Hava kanalları, mekanik tesisat
- Soğutma sistemleri



Bahsedilen tüm bina bileşenleri, binanın enerji performansına etki etmektedir. Türkiye 2053 sıfır karbon salımı hedefine ulaşabilmek için, öncelikle binalar NSEB (neredeyse sıfır enerjili bina) seviyesine getirilmelidir. Enerji talebi, enerji verimliliği önlemleriyle olabildiğince azaltılmalı, kalan enerji talebi ise yenilenebilir kaynaklardan sağlanmalıdır.

Bina bileşenlerinin etüt edilmesi ardından enerji etüt-proje uzmanları sistemlerdeki enerji kaçaklarını saptarlar. Bunlara çözüm geliştiren enerji verimliliği önlemleri (EVÖ) önerirler.

EVÖ'ler; mimari, elektrik, mekanik ve bazen de yapısal tasarım uzmanları tarafından uygulama projesine aktarılır. Finans uzmanları tarafından önlemlerin hayata geçirilmesi için en doğru finansman modeli belirlenir.

EVÖ'ler etki ettikleri bina bileşenleri üzerinden anlamlı iki gruba ayrılabilir. Bunlardan ilki olan aktif önlemler; binanın aydınlatma, soğutma, kullanma sıcak suyu temini gibi sistemlerini oransal ve talebe karşılık verecek seviyede çalıştırmayı hedef alır. En amaca yönelik tesisatın kurulması, en teknolojik ve enerji verimli ekipmanların kullanımı sayesinde ilgili sistemin en az seviyede enerji tüketerek aynı çıktıyı sağlamasını hedefler.

Yenilenebilir enerji üretimi de aktif önlem olarak sınıflandırılır.

İkinci grup ise pasif önlemlerdir. Bu küme altında binanın durağan bileşenleri üzerinden enerji verimliliğini artırmak hedeflenir. Bina kabuğu (duvar, çatı, toprak temaslı döşeme, pencereler vb.) ısı performansını üzerine yapılan tüm iyileştirmeler bu gruba girer. Mekanik tesisatın ısı kaybı ve kazancını azaltacak yalıtım önlemleri, binanın yazın güneşe daha az maruz kalmasını sağlayacak ağaçların dikilmesi pasif önlemlere örnekler oluşturur.

Bu rapor kapsamında Türkiye'de uygulanan enerji verimliliği önlemleri irdelenmektedir. Projenin amacı gereği pasif enerji önlemlerine öncelik verilmiştir. Pasif önlemler daha inşaat yoğun uygulama gerektirdiği ve genellikle binaya ölü ve dinamik ağırlık getirdikleri için, yapısal güçlendirme yöntemleriyle birlikte uygulanması önemli bir kaynak verimliliği yaratmaktadır.

Tüm önlemler hem enerji performansı hem gömülü karbon perspektifinden puanlanmıştır. Böylece, enerji tasarrufu odağımızın yanında, döngüsel ve sürdürülebilir bir ekonomiye erişmenin önemi de vurgulanmıştır. Düşük karbon ayak izine sahip, yerel kaynaklardan temin edilmiş, yeniden kullanılabilir veya dönüştürülebilir malzemeler gömülü karbonu azaltmaktadır.

6.1 Pasif Yöntemler

6.1.1 Bina Cephesi ve Çatısında Yalıtım Uygulanması

Bir binanın dış duvarları, pencereleri, kapıları, çatısı ve temeli; içeriği dışarıdan ayıran ve yapının iç mekanlarını dış hava koşullarından koruyan kabuğunu oluşturur. Isı her zaman yapı kabuğunun sıcak tarafından daha soğuk olan tarafına doğru akar. Bina kabuğundan içeriye veya dışarıya doğru en çok tartışılan ısı akışı çeşitleri ısı iletimi

(kondüksiyon), sızdırma (infiltrasyon) ve güneş ışıdır (güneş radyasyonu) (Upgrading the Building Envelope, 2008). Dış duvar ve çatıya ısı yalıtım katmanlarının eklenmesi kondüksiyonu azaltarak yapının yaz aylarında sıcaktan, kış aylarında ise soğuktan korunmasını sağlar. Bu, enerji verimliliğini sağlamanın en çok bilinen ve uygulanan yöntemidir. İyi yalıtılmış duvar ve çatılar, ısıtma ve soğutma talebini azaltarak enerji kullanımını ve fatura maliyetini düşürür.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ve TS-825 Standardı, yeni ve mevcut binaların bu belgelerde belirtilen minimum enerji performans seviyesine uymasını istemektedir. Gerekli yalıtım katmanlarını eklemek, yapının bu şartları yerine getirmesini sağlar.



Fotoğraf 16: Farklı iklim bölgelerinden yapı örnekleri – [Stock Image]

EVÖ Puanı

Tablo 56: Çatı ve Cephe Yalıtımı EVÖ Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Evet
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Evet
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Hayır
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Hayır
Kısa sürede uygulayabilme	Evet
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Hayır
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	61
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [100]	73

EVÖ puan hesabı 3.5- *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri* bölümünde anlatılmıştır.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Hem yeni hem de mevcut yapılarda uygulanabilmektedir. Cephe kaplaması mantolama yapılacak yapılarda da alt konstrüksiyonlu taş / seramik / metal panel kaplama olan yapılarda da kaplama arkasında kullanılabilir.

Tasarım Kriterleri

Bina dış yüzeylerinin ısı yalıtım özellikleri belirlenirken hesaplar (TS 825, 2008) gereklerine göre yapılır. (TS 825, 2008)'de tanımlanan hesap yöntemi kullanılarak ısıtma sisteminin iç ortama iletmesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak bulunmaktadır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplamıdır.

(TS 825, 2008)'e göre binada ısı kaybeden toplam yüzeyin ısıtılmış yapı hacmine oranı ($A_{top}/V_{brüt}$) için sınırlanan ısıtma enerjisi değerleri aşılmamalıdır.

Binalarda ısı yalıtım kuralları ile ilgili standart olan (TS 825, 2008)'te zorunlu kılınan değerler Tablo 57'da gösterilmiştir.

Tablo 57: (TS 825, 2008) standardına göre iklim bölgelerinde izin verilen azami ısıl geçirgenlik (U) değeri

	U_D (W/m ² K)	U_T (W/m ² K)	U_t (W/m ² K)	U_P (W/m ² K)
1.Bölge	0,66	0,43	0,66	1,8
2.Bölge	0,57	0,38	0,57	1,8
3.Bölge	0,48	0,28	0,43	1,8
4.Bölge	0,38	0,23	0,38	1,8
5.Bölge	0,36	0,21	0,36	1,8

* U_D : Dış duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı

* U_T : Tavanın ısıl geçirgenlik katsayısı

* U_t : Zemine oturan tabanın / döşemenin ısıl geçirgenlik katsayısı

* U_P : Pencerenin ısıl geçirgenlik katsayısı

İllere göre iklim bölgeleri Tablo 58’de belirtilmiştir.

Tablo 58: TS-825 standardına göre Türkiye’nin 5 iklim bölgesinde bulunan iller

Plaka	Şehir	İklim Bölgesi	Plaka	Şehir	İklim Bölgesi	Plaka	Şehir	İklim Bölgesi
1	ADANA	1	22	EDİRNE	2	43	KÜTAHYA	3
2	ADİYAMAN	2	23	ELAZIĞ	3	44	MALATYA	3
3	AFYON	3	24	ERZİNCAN	4	45	MANİSA	2
4	AĞRI	5	25	ERZURUM	5	47	MARDİN	2
68	AKSARAY	3	26	ESKİŞEHİR	3	48	MUĞLA	1
5	AMASYA	2	27	GAZİANTEP	2	49	MUŞ	4
6	ANKARA	3	28	GİRESUN	2	50	NEVSEHİR	3
7	ANTALYA	1	29	GÜMÜŞHANE	4	51	NİĞDE	3
75	ARDAHAN	5	30	HAKKARİ	4	52	ORDU	2
8	ARTVİN	3	31	HATAY	1	80	OSMANİYE	1
9	AYDIN	1	33	İÇEL	1	53	RİZE	2
10	BALIKESİR	2	76	İĞDIR	3	54	SAKARYA	2
74	BARTIN	2	32	ISPARTA	3	55	SAMSUN	2
72	BATMAN	2	34	İSTANBUL	2	63	ŞANLIURFA	2
69	BAYBURT	4	35	İZMİR	1	56	SİİRT	2
11	BİLECİK	3	46	K.MARAŞ	2	57	SİNOP	2
12	BİNGÖL	3	78	KARABÜK	3	73	ŞIRNAK	2
13	BİTLİS	4	70	KARAMAN	3	58	SİVAS	4
14	BOLU	3	36	KARS	5	59	TEKİRDAĞ	2
15	BURDUR	3	37	KASTAMONU	3	60	TOKAT	3
16	BURSA	2	38	KAYSERİ	4	61	TRABZON	2
17	ÇANAKKALE	2	79	KİLİS	2	62	TUNCELİ	3
18	ÇANKIRI	3	71	KIRIKKALE	3	64	UŞAK	3
19	ÇORUM	3	39	KIRKLARELİ	3	65	VAN	4
20	DENİZLİ	2	40	KIRŞEHİR	3	77	YALOVA	2
21	DİYARBAKIR	2	41	KOCAELİ	2	66	YOZGAT	4
81	DÜZCE	2	42	KONYA	3	67	ZONGULDAK	2

Yalıtım malzemelerinin kalınlık, yoğunluk ve ısı yalıtım değerleri bina ısı yalıtımı hesaplarına uygun olarak belirlenir.

Malzeme:

* TS EN 13162’ye uygun, mekanik olarak tespit edilen taş yünü/ mineral yünü ısı yalıtımı levhası.

* TS EN 13164’e uygun, ekstrüde polistiren levha



Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Duvar yalıtımı:

- Paneller, imalatçının tavsiyelerine uygun olarak aralarında boşluk kalmayacak şekilde döşenmelidir.
- Duvar yüzeyi tamamen temizlenmeden yalıtım plakaları serilmemelidir.
- Yalıtım plakaları m²'ye en az 5 adet tespit elemanı ile duvara sabitlenmelidir.
- Köşe dönüşlerinde ve pencere kapı pervazlarında mutlaka uygun köşe profilleri kullanılmalıdır.
- Isı yalıtım plakaları üzerine sıva uygulanacak ise ortalama ağırlığı 165 gr/m² ağırlığında sıva filesi serilmelidir.

Çatı yalıtımı:

Taş yünü ısı yalıtımı levhası:

- Çatı yüzeyi tamamen temizlenmeden yalıtım plakaları serilmemelidir.
- Kenar ve köşelere çok küçük parçalar getirilmemelidir.
- Paneller, imalatçının tavsiyelerine uygun olarak zikzaklı, aralarında boşluk kalmayacak şekilde tespit edilmiş olarak yerleştirilmelidir.
- Varsa yürüme yolları, yalıtım katmanı ile membran arasına tatbik edilen bir yük yayıcı tabaka ile tamamen desteklenmelidir.
- Buhar kontrol tabakasının, tespit elemanlarının, su geçirmez örtünün ve yürüme yollarının inşaatının bütün yönlerini belirlerken membran imalatçısının tavsiyesi alınmalıdır.
- Levhalar şaşırtılarak döşenmeli, ek yerleri süreklilik oluşturmamalıdır.

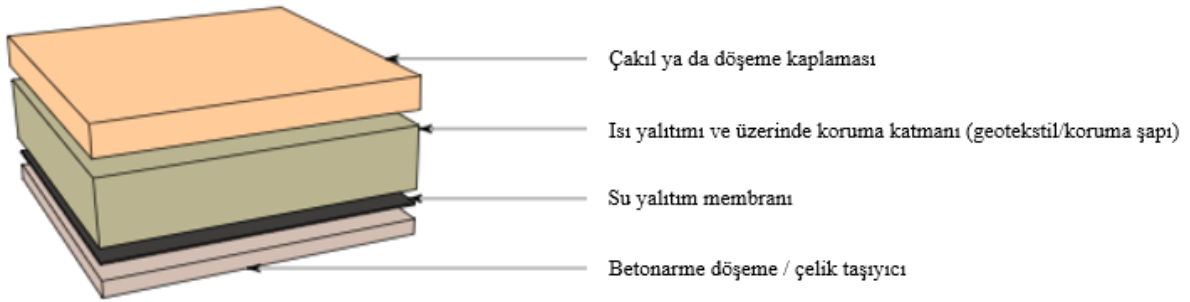
Ekstrüde polistiren ısı yalıtım levhası: (EPS)

- Çatı yüzeyi tamamen temizlenmeden yalıtım plakaları serilmemelidir.
- Kenar ve köşelere çok küçük parçalar getirilmemelidir.
- Levhalar çatı yüzeyinde boşluk kalmayacak şekilde serilmelidir.
- Levhaların uçmasını engellemek için her levha yeteri kadar çatı yüzeyine yapıştırılmalıdır.
- Çatı yalıtımlarında kullanılan levhalar zırlı ve binili tipte seçilmelidir.
- Çatı yürüme yollarında levhaların ezilmesini önleyici tedbirler alınmalıdır.
- Yapıştırıcı malzeme üretici önerileri doğrultusunda seçilmelidir.
- B2- normal alev alan ve B1- zor alev alan yangıcılık sınıfında farklı tiplere sahip EPS malzemelerinin kullanımı konusunda yangın danışmanı görüşü alınmalı; bu tarz malzemelerin koruyucu bir döşeme katmanı (koruma betonu) altında kullanılması tercih edilmelidir.



Fotoğraf 17: Mevcut Bir Yapının Teras Çatısına Eklenen Yalıtım Katmanı - [Arup]

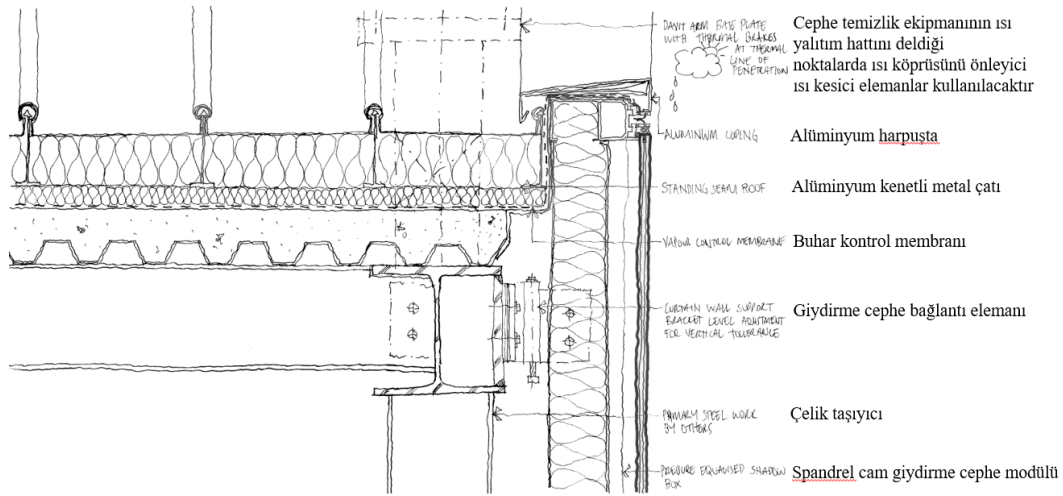
Tipik teras çatı katmanları:



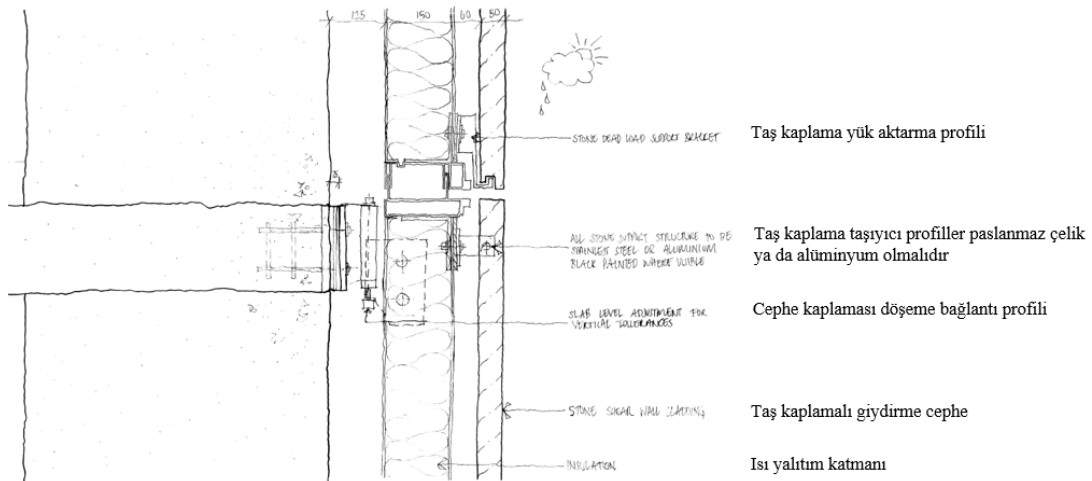
Şekil 65: Üzerinde Yürünen Yalıtımlı Teras Çatı Detayı – [Arup Facade Glossary]



Şekil 66: Üzerinde Yürünmeyen Yalıtımlı Teras Çatı Detayı- [Arup Facade Glossary]



Şekil 67: Çatı ve Cephe Isı Yalıtımı Birleşim Detayı – [Arup]



Şekil 68: Tipik Taş Giydirm Cephe Arkası Yalıtım Detayı – [Arup]

Maliyet

İnşaat çalışması gerektiren bina çeperi izolasyonunu iyileştirme çalışmaları, yüksek maliyetine rağmen kendini ödeyen bir enerji verimliliği önlemidir. Türkiye’de özellikle dış cepheden yapılan mantolama uygulamaları 2010’lu yılların başlarında ticari bankalar tarafından kredilendirilmiş, birçok uygulama firması ülke genelinde çalışmalar yapmıştır.

EVÖ’lerin geri ödeme süresi odaklı fizibilite analizi yapıldığı için bu anlamda uygun ve etkili bir yöntemdir.

Yapısal güçlendirme çalışmalarıyla birleştirildiğinde uygulamada maliyet avantajı yaratacaktır.

Yerel malzeme temini mümkün olan, tasarım ve uygulama kapasitesi mevcut bir önlemdir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Tablo 59: Çatı ve Cephe Yalıtımı Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	61

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

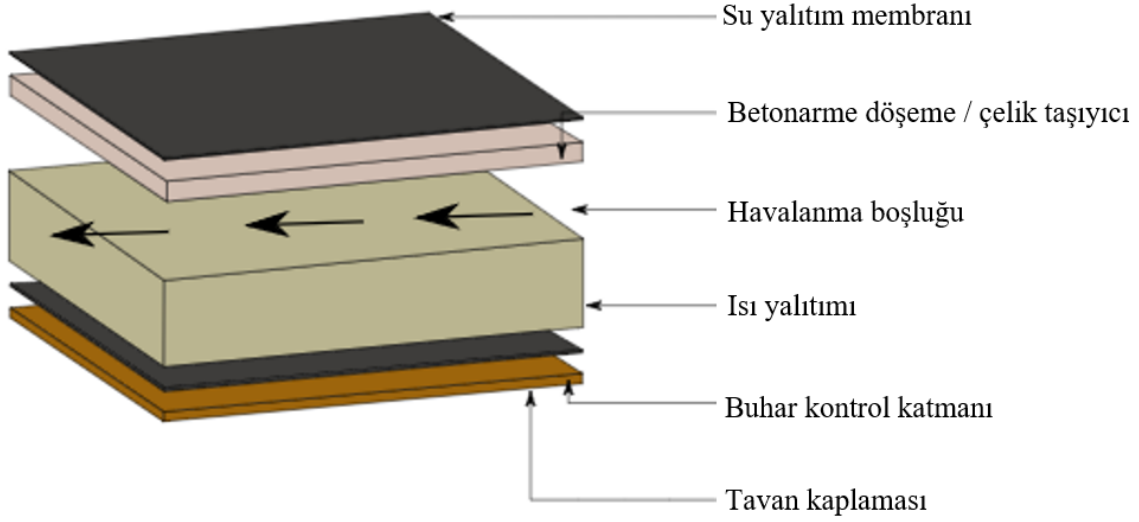
Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Isı yalıtımının maksimum derecede etkili olabilmesi için sürekli ve eşit bir katman halinde; kesinti ya da delinme olmadan uygulanması gerekmektedir. Delinmeler ısı köprüleri yaratırken kesintiler ise yalıtım katmanından hava geçişine izin vererek yalıtımın etkisini azaltırlar. Yapısal taşıyıcı bağlantıları ve hava geçirmezlik gibi gereklilikler nedeniyle ısı köprülerinden kaçınmak her zaman mümkün değildir. Bu; özellikle mevcut bir yapıya yalıtım eklendiği durumlar için geçerlidir. Yeni yapılacak yapılar için ise ısı yalıtımının projenin erken safhalarında düşünülmesi önemlidir. Yalıtım katmanındaki kesinti ve delinmeler kaçınılmaz olduğunda, ısı köprülerinden kaynaklanan etkinin ısıl iletkenlik hesaplarında dikkate alınması gerekmektedir. ısı köprülerinin etkisi; yalıtım katmanının düşük bir ısıl iletkenliğe sahip olduğu durumlarda daha kritik hale gelir.

Konstrüksiyonlu kaplama kullanılan cephelerde yalıtımın yapılması ya da yenilenmesi için cephe kaplamasının komple sökülmesi gerekecektir.

Daha önce cephe yalıtım katmanı olmayan yapılarda, yalıtım katmanı ilavesi nedeniyle cephe ve çatı detaylarında düzenleme yapılması gerekecektir.

Yalıtımsız bir teras çatıya sonradan yalıtım eklenebilmesi için mevcut tüm katmanların sökülmesi gerekecektir. Kıрма çatılarda ise çatı kaplama malzemesinin türüne göre içeriden yalıtım katmanı uygulama yoluna gidilebilir. (Bkz. Şekil 69)



Şekil 69: İçeriden Yalıtım Eklenmiş Teras Çatı Detayı – [Arup Facade Glossary]

6.1.2 Yalıtımlı Cephe Kapısı & Pencere Sistemleri Kullanılması

Kapı ve pencere açıklıkları, bina cephesinin ısı yalıtımı bakımından en zayıf noktalar. Enerji verimliliği sağlamak için bu açıklıkların iyi yalıtılması gerekir.

Yeni bir inşaatta doğru kapı ve pencere/cam sistemlerini seçmek daha kolaydır; ancak mevcut binalardaki kapı ve pencerelerin ısı yalıtım özelliklerini iyileştirmek için de yöntemler bulunmaktadır.

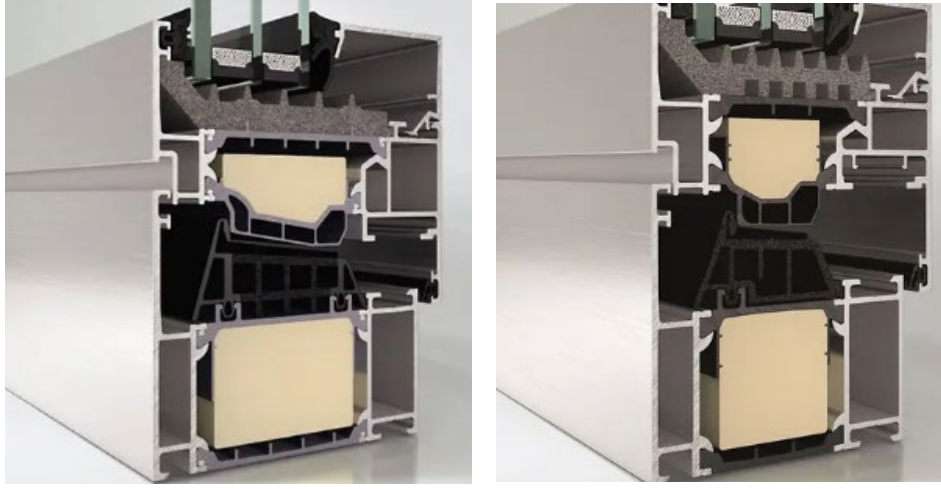
Conta değişimiyle hava sızıntısını önleme: Bu yöntem hem kapılarda hem de pencerelerde eksik contalardan kaynaklanan hava sızıntısını önler. Binanın ısı kaybını azaltır.

Daha sert (metal) çerçeveler kullanarak pencerede sızıntıyı önleme: Basınç farkı nedeniyle, pencereler özellikle köşelerde esneklik gösterir ve hava sızıntısını engelleyemez. Daha sağlam çerçeveler bunu azaltır.

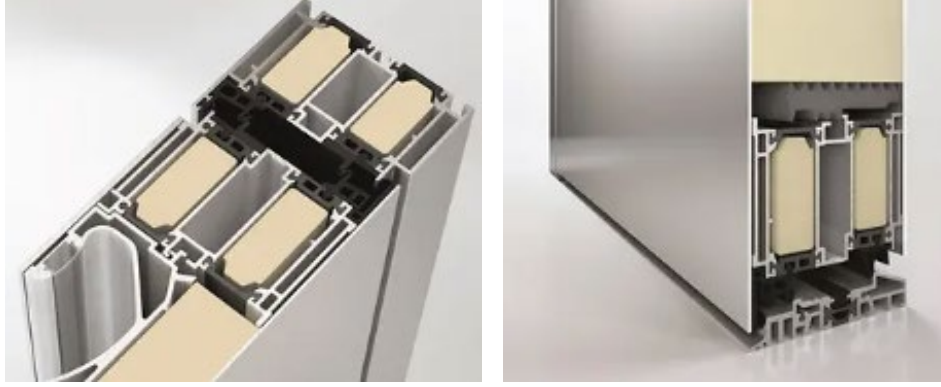
Tek camlı doğramaların çift camlı doğramalar ile değiştirilmesi: Mevcut tek camlı doğramaların, (*) U değeri $2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ 'den düşük çift camlı sistemler ile değiştirilmesi ısı kayıplarının minimuma indirilmesi açısından etkili bir önlem olacaktır.

(*) U-değeri ($\text{W/m}^2 \text{ K}$): Camın orta kısmından geçen (yani kenar etkileri olmadan) ısı aktarımını karakterize eden ve her iki taraftaki ortam sıcaklıkları arasındaki ısı farkına göre ısı aktarım hızının sabit durum yoğunluğunu ifade eden cam parametresi olup; değer ne kadar düşükse yalıtım değeri o kadar büyük olur. Daha düşük U-değerine sahip camlar, daha yüksek yalıtım özelliği nedeniyle dışarıdaki hava koşullarından etkilenmeden iç mekân sıcaklığını sabit tutmaya yardımcı olur (Glossary, 2024)

Düşük U değerine sahip kapı kullanımı: Mevcut kapıların düşük U değerine sahip modellerle değiştirilmesi enerji verimliliği açısından faydalı olacaktır.



Şekil 70: Yalıtımlı Pencere Profilleri – [Schüco]

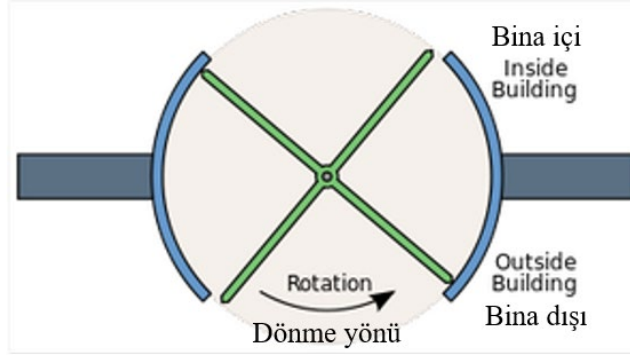


Şekil 71: Yalıtımlı Kapı Profilleri – [Schüco]

Kapı modeli değiştirilmesine ek ya da alternatif olarak yapı girişlerine rüzgarlık şeklinde ikinci bir kapı eklenmesi ya da içeriye dışarıdan soğuk ya da sıcak hava transferini kısıtlayan döner kapı kullanımı da enerji verimliliğini artıran önlemler arasındadır. (Bkz. Fotoğraf 18, Şekil 72 Şematik Döner Kapı Planı)



Fotoğraf 18: Rüzgarlık Dış Doğramasında Kayar Kapı İç Doğramasına Döner Kapı Kullanılarak Enerji Verimliliği Sağlanan Müze Girişi



Şekil 72: Şematik Döner Kapı Planı

Manuel ve otomatik alternatifleri bulunan döner kapılar binaya insan giriş çıkışı olurken bile cephenin her zaman kapalı kalmasını sağladığından ortam sıcaklığının korunmasına yardımcı olur (Geçiş Distemleri-Döner Kapılar, 2024).

EVÖ Puanı

Tablo 60: Yalıtımlı Kapı ve Pencere Kullanımı EVÖ Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Evet
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Evet
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Hayır
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Evet
Kısa sürede uygulayabilme	Evet
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Hayır
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	64
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [100]	79

EVÖ puan hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Hem yeni yapılacak hem de mevcut yapılarda kullanılabilir. Özellikle tekil pencere ve kapıların çok kullanıldığı okul ya da idare yapılarında uygulanabilir.



Tasarım Kriterleri

Tüm alüminyum profiller TS EN 12020-1/-2 ve TS EN 755' e uygun olmalıdır.

Genel olarak cephe sisteminde fitil ve contalar dış hava şartlarını iç ortamdan yalıtım için kullanılır. BS 4255-1'e göre fitil boyutları ve profilleri, kullanıldığı yerde sızdırmazlık görevini yerine doğru olarak getirebilecek şekilde seçilmeli ve uygulanmalıdır.

Tüm fitil ve contalar; paslanmaya, ozon ve UV kaynaklı yıpranma ve bozulmaya karşı dayanımlı olmalıdır.

Cam Özellikleri:

Işık geçirgenliği, gölgeleme katsayısı gibi özellikler mekanik gereklilikler ışığında belirlenecektir.

Isı iletim katsayısı özelliği bina ısı yalıtımı hesaplarına uygun olmalıdır.

Tasarım prensipleri:

Cephe sistemi; mimari proje ve detay resimlerinde belirtilen detaylara uygun, gerekli rüzgâr ve statik dayanımı hesaplarla kontrol edilerek profil boyutları ve taşıyıcı elemanlar dizayn edilecektir. Sistem bir bütün olarak diğer sistemler ile uyum içerisinde gerekli ve yeterli dış ortam yalıtımını yapacak şekilde detaylandırılacaktır.

Performans kriterleri:

Hava geçirimsizliği: TS EN 12152 ve TS EN 12153'e uygun

Su geçirimsizliği: TS EN 12154 ve TS EN 12155'e uygun

Isıl özellikler: TS EN 13947'e uygun

Darbe dayanımı: TS EN 14019'a uygun.

Ses geçirgenliği: TS EN ISO 140-5'e uygun

Rüzgâr yüklerine karşı dayanım: TS EN 13116'ya uygun

Yangın Direnci: TS EN 1364-3 ve TS EN 1364-4'e uygun

Standartlar:

Tüm cam elemanlar BS 952'ye ve;

Tüm temel soda kireç silikat cam mamuller TS EN 572 'ye

Tüm kaplamalı camlar TS EN 1096'a

Tüm borasilikat camlar TS EN 1748'e

Tüm ısıya mukavemeti artırılmış (kısmi temperlenmiş) soda kireç silikat camlar TS EN 1863'a

Tüm termal olarak temperlenmiş, soda kireç silikat emniyet camları TS EN 12150'ye

Tüm termal olarak temperlenmiş borosilikat emniyet camları TS EN 13024'e



Tüm lamine camlar TS EN ISO 12543'e uygun olmalıdır.

Cam kalitesi:

Cam panellerin yüzeyi temiz olmalı ve bünyesinde çizik, baloncuk, çatlak, dalga, çukur ve başka kusurlar bulunmamalıdır.

Cam kenarları:

Cam kenarları genel olarak zarar görmemiş olmalıdır. Derinliği 2 mm'den küçük olan ve yüzeyde 5 mm'den fazla yayılmayan çentik ve kabuklar kabul edilebilir. Bu çentikler uygulamadan önce zımparalanarak kusurlu yüzeyin düzleştirilmesinden sonra cam montajı yapılmalıdır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Mevcut yapılarda cephedeki doğramalar ve kapılar duvar ve diğer yapı elemanlarına zarar vermeyecek şekilde söküldükten sonra fabrikada üretilen yeni doğrama ve kapılar yüklenici tarafından yerine yerleştirilir. Cephede ısı köprüsü sorunu yaşanmaması için mevcut yalıtım katmanlarının yeni doğrama sistemi ile birleşim noktalarında ek imalat, tamir gibi işlemlerin yapılması önemlidir.

Tespit ankrajlarıyla emniyete alma: Sadece imalat sırasında oluşturulmuş olan deliklerden yapılmalıdır.

Mekanik tespit elemanlarının ve civataların sıkılması: Üretici tarafından belirlenen ve yayınlanan tork şemalarına uygun olarak yapılmalıdır. Diferansiyel hareket amaçlı tespit elemanları ve civatalar fazla sıkılmamalıdır.

Koruyucu örtüler: Cam giydirme cephe elemanları üzerindeki koruyucu örtü, kaplama ve filmleri sadece montajı kolaylaştırmanın zorunlu olduğu ve bittikten sonra ulaşmanın mümkün olmadığı yerlerde çıkarılmalıdır.

Bileşenler tespit esnasında zedelenmemeli ve bütün açık parçalar kurulumdan sonra doğru işleme için kontrol edilmeli ve gerekiyorsa tekrar ayarlanmalıdır.

Kullanım esnasında çekme, çevirme, zedeleme veya diğer hareketleri engellemek için tespitler güvenli olmalıdır.

Zedelenmeleri düzeltmek için yerinde düzeltme işlemi planlanmayacak, kesilmeyecek, boyanmayacak veya taşlanmayacaktır.

Birleştirilmemiş profillerin sonuna monte edilecek çerçeve malzemeleri, denizlik, eşik ve benzerleri gevşetilmelidir. Köşe ekler aksi belirtilmedikçe düz birleştirilmelidir.

Maliyet

Pencere ve kapılar enerji performansına direkt etki ettiği gibi, konfor şartları üzerine de önemli etkiye sahip cephe elemanlarıdır. Kontrolsüz hava akışını kesemeyen, contaları eksik veya eskimiş, rijit olmayan çerçeveli, ısı transfer katsayısı yüksek pencere ve kapılar binanın iklimlendirme yükünü büyük oranda artırır.

İnşaat çalışması gerektiren ve görece masraflı bu enerji verimliliği önlemi, kendini hızla geri ödeyecek tasarruflar yarattığı için uygun bir önlemdir.

Bina iç / dış cephelerinden herhangi birinde çalışma gerektiren tüm yapısal güçlendirme yöntemleriyle beraber uygulandığında maliyet avantajı elde edilecektir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 61: Yalıtımlı Kapı ve Pencere Kullanımı Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	64

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

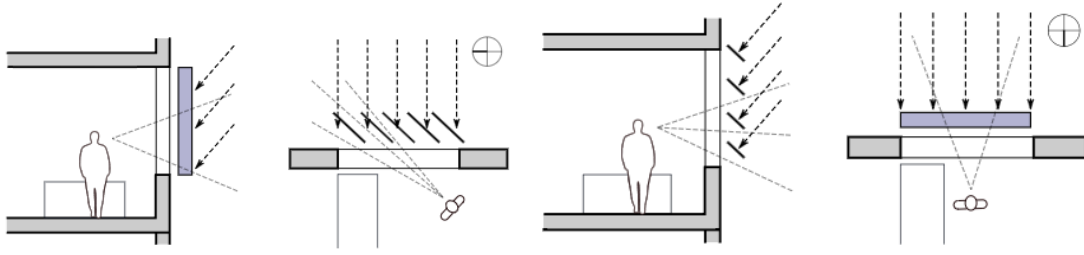
Rüzgarlık eklenmesi düşünülen mevcut yapılarda mimari planda iç ya da dış mekânda yeterli alan olup olmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Benzer şekilde döner kapı eklenmesi planlanan mevcut yapılarda döner kapı için üst ve altta kapı mekanizmasının sığabileceği boşluk olup olmadığı kontrol edilmelidir.

6.1.3 Güneş Kırıcı / Gölgeleme Cephe Elemanları Eklenmesi

Pencerelerin önündeki güneş kırıcı elemanlar, mimari cephe tasarımının vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Sadece güneş kontrolü sağlamakla kalmaz, aşırı ısınmayı önlerken aynı zamanda cepheye hareket ve ritim kazandırır; kullanıcıların konfor seviyesini artırır.

Güneş kırıcı bazen pencere önündeki basit bir panjur, ahşap kepenk ya da saçak olabileceği gibi, bazen de alüminyum giydirme cepheye entegre alüminyum lamellerden oluşan daha karmaşık bir sistem olabilir. Güneş kırıcıların çok farklı çeşitleri olmakla beraber en etkin olanların yatay elemanlar olduğu bilinmektedir.



Şekil 73: Farklı Yönlere Bakan Cepheler İçin Güneş Kırıcı Yerleşim Önerileri- [Arup Facade Glossary]



Fotoğraf 19: Cephesinde Hareketli Gölgeleme Elemanları Kullanılmış Yapı Örneği- [Stock Images]

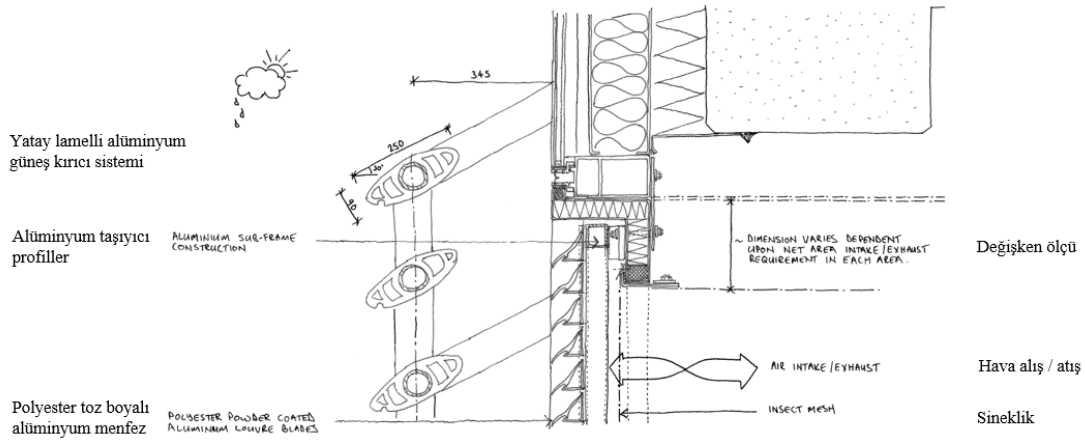


Fotoğraf 20: Cephesinde Hareketli Dikey Güneş Kırıcı Elemanlar Kullanılmış Yapı Örneği- [Stock Images]

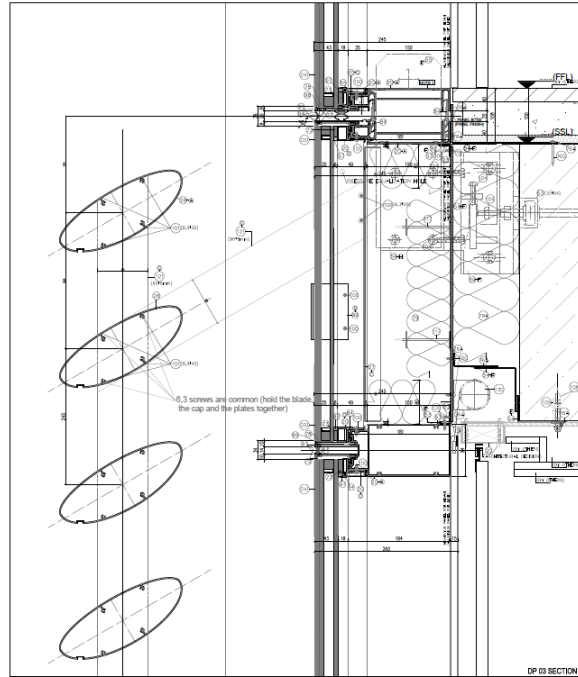
Giydirme cam cepheli yüksek binaların sayısındaki artışla beraber, yatay ve dikey güneş kırıcı elemanların iç mekâna giren güneş miktarının kontrolü konusundaki önemi daha da artmıştır. Enerji Verimliliği Eğitim Kitabı TCETKB, 2023'te belirtildiği

üzere “yazın hareketli gölgeleme elemanlarıyla yapının güneş radyasyonu ile olan ısı kazançları minimize edilebilir ve böylece ısı kazançları yaklaşık %7 civarında azaltılabilir. Bu iyileştirmeler ayrıca gelecekte sağlanacak HVAC ekipmanlarının boyutunu küçülterek EVÖ projelerinin yatırım maliyetlerini azaltabilecektir.”

Yine aynı kaynakta yer alan “Yaprağını döken ağaçların binanın/yapının güney yönüne dikilmesi de bir başka doğal enerji verimliliği önlemi (EVÖ) olup bu EVÖ ile yazın güneş etkileri azalırken, kışın da güneş ışınlarının girişi engellenmemiş olacaktır.” maddesi ile sadece cephe ile birebir ilişkili elemanların değil aynı zamanda ağaçların da bir güneş kırıcı işlevi gördüğü vurgulanmaktadır.



Şekil 74: Alüminyum Giydirme Cepheye Entegre Edilmiş Güneş Kırıcı Detayı – [Arap]



Şekil 75: Alüminyum Cam Giydirme Cepheye Entegre Edilmiş Güneş Kırıcı Detayı – [Aksoy Alüminyum]



Fotoğraf 21: Cepheye Entegre Edilmiş Sürme Panjur Sistemi- [Schüco]

EVÖ Puanı

EVÖ puan hesabı 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri* bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 62: Güneş kırıcı ekleme EVÖ puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Hayır
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Evet
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Evet
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Hayır
Kısa sürede uygulayabilme	Evet
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Hayır
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	89
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [/100]	67

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Hem yeni hem de mevcut yapılarda; yapının cephesinde kullanılan cam sistemlerin tipine uygun olarak seçilip uygulanabilir. Tekil pencere sistemleri olan yapı cepheleri için tekil gölgeleme elemanları tasarlanması daha uygun olacakken, daha büyük alana sahip sürekli cam cepheli yapılarda sürekli gölgeleme sistemleri düşünülmelidir. Mevcut yapılarda sonradan eklenecek gölgeleme sistemlerinin mevcut cephe tasarımı ile uyumu göz önünde bulundurulmalıdır.



Fotoğraf 22: Özbekistan-Taşkent'te Genleştirilmiş Perfore Alüminyum Gölgelendirme Elemanı İle Enerji Verimliliği Sağlanmış Otel Cephesi- [Arup]



Fotoğraf 23: İrlanda – Dublin’de A&L Goodbody Corporate Offices Yapısının Cephesinde Kullanılan Gölgeleme Elemanları- [Studioworks, Arup]



Fotoğraf 24: İngiltere–Surrey’de Lavender&Tamworth Community Nurseries Kreş Yapılarında Kullanılan Dış Gölgeleme Elemanları- [Peter Cook, Arup]

Tasarım Kriterleri

Gölgeleme elemanlarının binanın hangi cephesine yerleştirileceğine karar verilirken yapının özellikle doğu / batı / güney yönlerinde günışığına maruz kalma süresi dikkate alınmalıdır. Güneş kırıcı ihtiyacı özellikle yazın uzun sürdüğü sıcak iklim bölgelerindeki şehirlerde daha fazladır.

Maliyet

Hem uygun maliyetli hem enerji performansı ve konfor seviyesine olumlu etki eden bir çözümdür. Dış cephede uygulanacak yapısal güçlendirme yöntemleriyle birleştirildiğinde maliyet tasarrufu elde edilecektir.

Tüm EVÖ'lerin binanın değerini yapılan yatırımdan daha da fazla artırdığı birçok araştırma raporunda önerilmektedir. Cephe gölgeleme elemanları gibi yapıya estetik bir değer katan unsurlar bu anlamda daha da iyi performans göstermektedir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

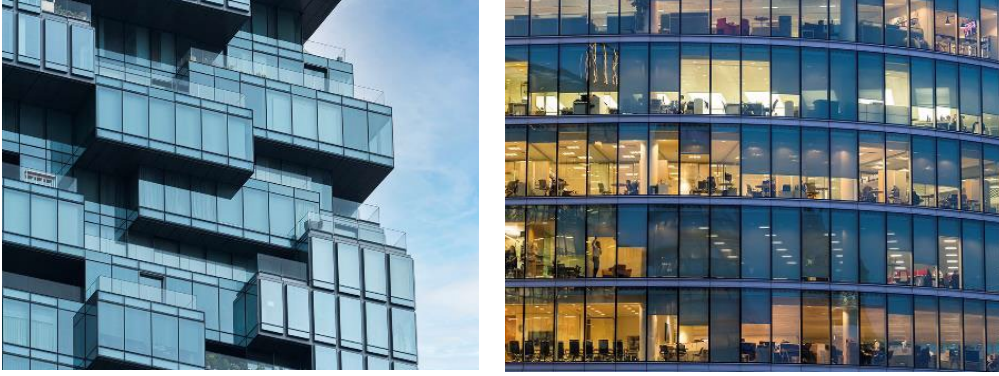
Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 63: Güneş kırıcı ekleme gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Evet
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	89

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Soğuk iklimlerde gün ışığından yararlanmak daha öncelikli olduğundan gölgeleme elemanı kullanımı yerine doğru cam seçimi yapmak yeterli olacaktır. Camdan içeriye geçen güneş enerjisini tanımlayan solar faktörü yüksek camlar; soğuk iklimler için daha uygundur.



Fotoğraf 25: Stor Perde Kullanım Örnekleri- [Stock Images]

EVÖ Puanı

EVÖ puan hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 64: Perde Kullanımı EVÖ Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Hayır
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Evet
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Evet
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Evet
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Evet
Kısa sürede uygulayabilme	Evet
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Evet
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Evet
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	86
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [/100]	84

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Hem yeni hem de mevcut yapılarda; yapının cephesinde kullanılan cam sistemlerin tipine uygun olarak seçilip uygulanabilir. İç mekâna uygun stor perde çeşitleri olduğu gibi dış mekânda kullanılabilecek perde çeşitleri de mevcuttur.



Fotoğraf 26 Ofis Alanlarında Kullanımı Çok Yaygın Olan Jaluzi Örneği- [Stock Images]



Fotoğraf 27: Almanya’da Okul Cephesinde Dış Stor Kullanımı Örneği- [Serge Ferrari]

Tasarım Kriterleri

Yapının farklı mahallerinin işlevi, kullanım saatleri, güneşe maruz kalma süresi ve yönüne uygun olarak farklı perde çeşitlerine ihtiyacı olabilir. Bu perdeler tek tek kullanılabileceği gibi farklı kombinasyonlar halinde de kullanılabilir. Aşağıda örnek olarak paylaşılan tüm değerler mahalın işlev ve ihtiyacına uygun olarak farklılaştırılabilir.

Yansımaya kontrolü perdeleri:

- Malzeme: Kumaş
- Kumaş Nitelikleri: Sert ve yumuşak / pamuklu veya onaylanmış kumaştan ışık geçirgenliğine izin veren kumaş (EN 14501: 2005'te tanımlanan toplam ışık iletimi T dif-h) Güneş / parlama kontrol gölgesi için % 5-10, Kumaş dokuma sıklığı (EN 14501: 2005'te tanımlandığı şekilde TV n-n), güneş / parlama kontrol gölgesi için % 1-3'tür.
- Şeffaflık: Yarı geçirgen
- Ağırlık: 415 g / m² EN ISO 2286-3'e göre
- Kalınlık: DIN EN ISO 2286-3'e göre 0,48 mm



- Solar yutma AS: 11
- Solar iletme TS: 20
- Solar yansıtma RS: 69
- Alev geciktirici: B1 (DIN 4102-1), M1 (NF P 92-503-507), BS 5867-2, B-s1 (EN 13501)
- Renk Haslığı: DIN EN ISO 105-B02'ye göre 7/8,
- Performans:
- 1- Bu spesifikasyonda tanımlanan ışık iletim kriterleri, EN 14500: 2008 ve EN 14501: 2005'te tanımlanan normal ışık geçirgenliğine (Tv, dif-h) işaret eder.
- 2- Aşağıdaki ışık iletim performans verileri mimarın gözden geçirilmesi ve onaylanması için gönderilecektir. Tüm testler EN 14500: 2008 ve EN 14501: 2005'te tanımlananlara uygun olacaktır.
- normal / normal ışık geçirgenliği (Tv, n-n)
- normal / difüz ışık geçirgenliği (Tv, n-dif)
- normal / yarım küre ışık geçirgenliği (Tv, n-h)
- difüz / yarım küre ışık geçirgenliği (Tv, dif-h)
- normal / yarı küresel görünür yansıma (R, n-h)
- normal / difüz görünür yansıma (R, n-dif)

Difüzyon perdeleri:

- Malzeme: Kumaş
- Kumaş Nitelikleri: Sert ve yumuşak / pamuklu veya onaylanmış kumaştan ışık geçirgenliğine izin veren kumaş (EN 14501: 2005'te tanımlanan toplam ışık iletimi T dif-h) % 15-30 ışık kontrolü / difüzyon gölgesi. Kumaş dokuma sıklığı (EN 14501: 2005'te tanımlandığı şekilde TV n-n) ışık kontrolü / difüzyon gölgesi için % 0-0,5'tir.
- Şeffaflık: Yarı geçirgen
- Ağırlık: 265 g / m²
- Kalınlık: DIN EN ISO 2286-3'e göre 0,57 mm
- Solar yutma AS: 3,6
- Solar iletme TS: 39
- Solar yansıtma RS: 58
- Alev geciktirici: B1 (DIN 4102-1), M1 (NF P 92-503-507), BS 5867-2, B-s1 (EN 13501)
- Renk Haslığı: DIN EN ISO 105-B02'ye göre 6/7. Malzeme Renk Listesinde belirttiği gibi

Karartma perdeleri:

- Kumaş Özellikleri: Kaplanmış cam elyaf ipliklerle örülmüş kumaş. Işığı %100 kesmeli.
- Ağırlık: 650 gr / m² EN ISO 2286-2

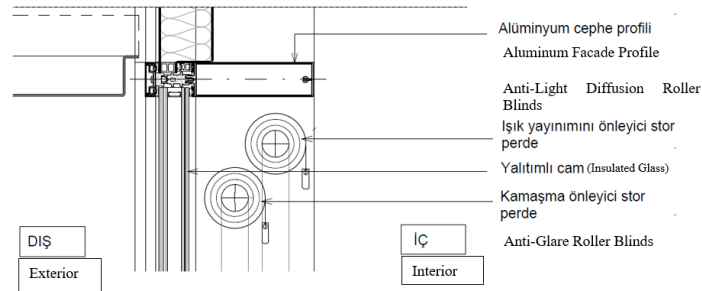
- Kalınlık: EN ISO 2286-3'e göre 0,55 mm
- Alev geciktirici: B1 (DIN 4102-1), M1 (NF P 92-503-507),
- Renk Haslığı: DIN EN ISO 105-B02'ye göre 7/8.

Dış cephe gölgelik perde sistemleri:

- Bitiş: Kumaş: Hava koşullarına dirençli kumaş, kötü hava koşulları ve UV' ye karşı koruma ve su geçirmezlik sağlayacak nitelikte ve yarı saydam olacaktır. Kolay bakım için güçlendirilmiş toz direnci ile birlikte sarkmayı önleyici öngerilmeli teknoloji ile üretilmiş olmalıdır. Su itici apreli kumaş kullanılmalıdır
- Teknik özellikler;
- Ağırlık: 620 g/m² (EN ISO 2286-2)
- Gerilme Mukavemeti (eğri/örgü): 220/220 daN/ 5 cm (EN ISO 1421)
- Yırtılma Mukavemeti (eğri/örgü): 25/20 daN (DIN 53.363)
- Normal / yarım küre ışık geçirgenliği (Tv, n-h): 4
- Solar yutma AS: 39
- Solar iletme TS: 9
- Solar yansıtma RS: 52
- Alev geciktiriciliği: B-s2, d0/EN 13501-1

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Stor perdeler pencere ve giydirme cam cephe sistemine olduğu kadar cam kapı üzerine ve ışıklık altına da monte edilebilir.



Şekil 76: Alüminyum Cam Giydirme Cephe Sistemine Entegre Edilmiş Stor Perde Detayı – [Arup]



Fotoğraf 28: Işıklık Altına Monte Edilmiş Otomatik Perde Sistemi Örneği- [EŞM]

Dış cepheye monte edilen stor perdeler seçilen tipe göre UV ışınlarının %96'ya kadarının; yalıtımlı çift camlı doğramalar önünde kullanıldığında ısı'nın %95-97 kadarının, tek camlı doğramalar önünde kullanıldığında ise ısı'nın en az %93'ünün içeriye girişini engelleyebilir (Geçiş Distemleri-Döner Kapılar, 2024).

Maliyet

Perde ve storlar güneş ısı kazanımını kesmenin en geleneksel ve düşük maliyetli yoludur. Bununla birlikte, gelişen teknoloji ile otomasyon sistemine bağlı motorlu perdeler de birçok binada uygulanmaya başlamıştır. Otomasyon sistemine bağlı motorlu perde sistemleri ile tesis yönetimleri ısı kazanımı istenen dönemlerde perdeleri otomatik olarak açık tutarken, soğutma sezonunda ise kapatabilmektedir.

Uygun maliyetli ve konfor adına gerekli olan bu çözüm, bahsedilen teknolojik gelişmeler ile birlikte maliyetini daha hızlı çıkarır duruma gelmiştir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Tablo 65: Perde Kullanımı Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Evet
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Hayır
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	86

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Bu yöntemin farklı bir uygulaması olan motorlu storlar yenilikçi yöntemler başlığı altında ayrıca ele alınacaktır.

6.1.4 Low-e ve Güneş Kontrol Özellikli Üçlü Doğrama Kullanımı

Cam ve pencereler günümüz mimarisinde daha sık kullanıldığı için bina enerji performansı üzerindeki etkileri artmıştır. Bu bağlamda cam üreticileri teknolojik camlar üreterek özellikle cam giydirme binalarda ısı performansını daha üst seviyeye çıkarmayı hedeflemektedir.

Metal alaşımlı özel filmler, argon veya vakum ayırıcılar ve 3 sıra camdan oluşan cam sistemleri, standart tek cama oranla 6 kata kadar daha az ısı geçişine olanak tanımaktadır. Bu da enerji performansı adına çok büyük bir adımdır.

Low-e üç camlı sistemlerin performans bileşenleri aşağıda listelenmiştir.

Low-e Kaplama: Low-e (düşük emisivite veya salım) kaplamalar, cam yüzeyine uygulanan ince, neredeyse görünmez metal veya metal oksit tabakalardır. Bu kaplamalar, camdan geçebilecek kızılötesi ve ultraviyole ışığın miktarını azaltmaya yardımcı olurken görünür ışık iletimini etkilemeden yaparlar.

Bu teknolojik kaplamanın güneş kontrol filmlerine göre dikkat çekici farkı, kızılötesi ışınları geri içeri yansıtarak kış aylarında binanın ısınıp dışarıya kaybetmesini azaltmasıdır.

Enerji Tasarrufu: Low-e kaplamalar, pencereler aracılığıyla ısı transferini en aza indirmeye yardımcı olur. Kış aylarında iç mekandaki ısıyı odanın içine yansıtarak ısı kaybını azaltır; yaz aylarında ise dışarıdaki ısıyı dışa doğru yansıtarak iç mekânı daha serin tutar. Ayrıca üç kat cam ve aralarındaki soy gazlar veya boşluklar, pencere U değerini düşüren diğer faktörlerdir.

UV Koruma: Ayrıca, güneşin zararlı ultraviyole (UV) ışınlarının önemli bir kısmını engeller, binaların içindeki mobilyaları, halıları ve sanat eserlerini zarar görmekten korur.

Güneş Kontrol Filmleri: Üçlü cam sistemi, aralarında genellikle argon veya kripton gibi soy gazlarla dolu yalıtımlı boşluklar bulunan üç cam katmanını içerir. Güneş kontrol filmleri, yaz aylarında pencereden geçebilecek yüksek enerjili güneş ışınlarının UV ögesini geri yansıtmak, barındırdığı ısıyı yönetmek amacıyla tasarlanmıştır. Sıcak iklimlerde ve mevsimlerde soğutma ihtiyacını azaltır.

Isı Yalıtımı: Üçlü cam sistemi, özellikle Low-e (düşük emisyonlu) kaplamalar ile birleştirildiğinde, bir binanın içi ve dışı arasındaki ısı transferini önemli ölçüde azaltır. Bu, daha durağan bir iç mekân sıcaklığı sağlarken ısıtma ya da klima ihtiyacını azaltır.



Fotoğraf 29: İç Mekanda Güneş Işınlarının Etkisi- [Stock Images]

EVÖ Puanı

EVÖ puan hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 66: Low-e Üçlü Doğrama Kullanımı EVÖ Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Hayır
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Evet
Malzeme temininin kolaylığı	Hayır
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Hayır
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Hayır
Kısa sürede uygulayabilme	Hayır
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Hayır
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	50
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [/100]	57

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Yöntem yeni yapılacak ve alüminyum giydirme cephe tasarımına sahip yapılarda kullanılabilir. Karasal ve sıcak iklimlerde (Ege – Akdeniz bölgesi); uzun süre boyunca güneş ışığına maruz kalan cephelerde kullanımı daha etkili olacaktır.

Cephesinde alüminyum giydirme cephe kullanılan kamu binaları çoğunlukla yerel yönetimlere ait ofis yapıları, hastaneler, kültür merkezi gibi yapılardır.



Fotoğraf 30: Düşük Emisyonlu Güneş Kontrol Camı Sistemi Kullanılmış Yapı Örneği- Konya Tropikal Kelebek Bahçesi ve Böcek Müzesi - [Arup]



Fotoğraf 31: Konya Tropikal Kelebek Bahçesi Ve Böcek Müzesi İç Mekan- [Selçuklu Belediyesi]

Tasarım Kriterleri

Cam Özellikleri:

- Işık geçirgenliği, gölgeleme katsayısı gibi özellikler mekanik gereklilikler ışığında belirlenecektir.
- Isı iletim katsayısı özelliği bina ısı yalıtımı hesaplarına uygun olmalıdır.

Tasarım prensipleri:

- Cephe sistemi; mimari proje ve detay resimlerinde belirtilen detaylara uygun, gerekli rüzgâr ve statik dayanımı hesaplarla kontrol edilerek profil boyutları ve taşıyıcı elemanlar dizayn edilecektir. Sistem bir bütün olarak diğer sistemler ile uyum içerisinde gerekli ve yeterli dış ortam yalıtımını yapacak şekilde detaylandırılacaktır.

Performans kriterleri:

- Hava geçirimsizliği: TS EN 12152 ve TS EN 12153'e uygun
- Su geçirimsizliği: TS EN 12154 ve TS EN 12155'e uygun
- Isıl özellikler: TS EN 13947'e uygun
- Darbe dayanımı: TS EN 14019'a uygun.
- Ses geçirgenliği: TS EN ISO 140-5'e uygun
- Rüzgâr yüklerine karşı dayanım: TS EN 13116'ya uygun
- Yangın Direnci: TS EN 1364-3 ve TS EN 1364-4'e uygun

Standartlar:

- Tüm cam elemanlar BS 952'ye ve;
- Tüm temel soda kireç silikat cam mamuller TS EN 572 'ye
- Tüm kaplamalı camlar TS EN 1096'a

- Tüm borosilikat camlar TS EN 1748'e
- Tüm ısıyla mukavemeti artırılmış (kısmi temperlenmiş) soda kireç silikat camlar TS EN 1863'a
- Tüm termal olarak temperlenmiş, soda kireç silikat emniyet camları TS EN 12150'ye
- Tüm termal olarak temperlenmiş borosilikat emniyet camları TS EN 13024'e
- Tüm lamine camlar TS EN ISO 12543'e uygun olmalıdır.

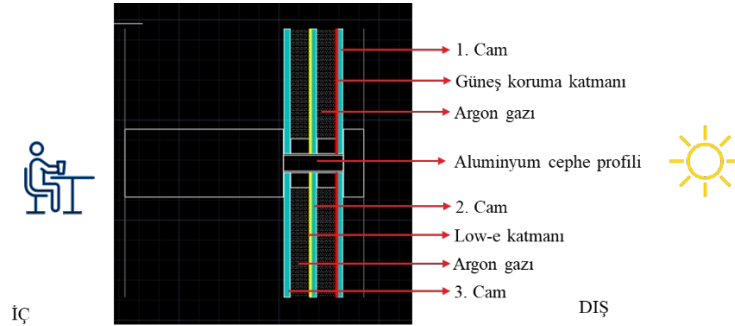
Cam kalitesi:

Cam panellerin yüzeyi temiz olmalı ve bünyesinde çizik, baloncuk, çatlak, dalga, çukur ve başka kusurlar bulunmamalıdır.

Cam kenarları:

Cam kenarları genel olarak zarar görmemiş olmalıdır. Derinliği 2 mm'den küçük olan ve yüzeyde 5 mm'den fazla yayılmayan çentik ve kabuklar kabul edilebilir. Bu çentikler uygulamadan önce zımparalanarak kusurlu yüzeyin düzleştirilmesinden sonra cam montajı yapılmalıdır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları



Şekil 77: Üç Camlı Alüminyum Cam Giydirme Cephe Sistemi Şematik Kesit- [Arup]

Cephe sistemi; mimari proje ve detay resimlerinde belirtilen detaylara uygun, gerekli rüzgâr ve statik dayanımı hesaplarla kontrol edilerek profil boyutları ve taşıyıcı elemanlar dizayn edilir. Cam boyutları ve kalınlıkları yüklenici tarafından yapılacak statik ve rüzgâr yükü hesaplamalarına uygun olarak seçilir. Sistem bir bütün olarak diğer sistemler ile uyum içerisinde gerekli ve yeterli dış ortam yalıtımını yapacak şekilde detaylandırılacaktır. İmalat öncesinde doğrama sisteminin küçük bir bölümünün örnek imalatı (mock-up) yapılarak görsel onay alınmalıdır.

Mevcut yapılarda cephedeki doğrama sistemi duvar ve diğer yapı elemanlarına zarar vermeyecek şekilde söküldükten sonra fabrikada üretilen yeni cephe sistemi yüklenici tarafından yerine yerleştirilir. Cepheye ısı köprüsü sorunu yaşanmaması için mevcut yalıtım katmanlarının yeni doğrama sistemi ile birleşim noktalarında ek imalat, tamir gibi işlemlerin yapılması önemlidir.



Montaj sırasında dikkate alınması gerekenler:

- Tespit ankrajlarıyla emniyete alma: Sadece imalat sırasında oluşturulmuş olan deliklerden yapılmalıdır.
- Mekanik tespit elemanlarının ve cıvataların sıkılması: Üretici tarafından belirlenen ve yayınlanan tork şemalarına uygun olarak yapılmalıdır. Diferansiyel hareket amaçlı tespit elemanları ve cıvatalar fazla sıkılmamalıdır.
- Koruyucu örtüler: Cam giydirme cephe elemanları üzerindeki koruyucu örtü, kaplama ve filmleri sadece montajı kolaylaştırmanın zorunlu olduğu ve bittikten sonra ulaşmanın mümkün olmadığı yerlerde çıkarılmalıdır.
- Bileşenler tespit esnasında zedelenmemeli ve bütün açık parçalar kurulumdan sonra doğru işleme için kontrol edilmeli ve gerekiyorsa tekrar ayarlanmalıdır.
- Kullanım esnasında çekme, çevirme, zedeleme veya diğer hareketleri engellemek için tespitler güvenli olmalıdır.
- Zedelenmeleri düzeltmek için yerinde düzeltme işlemi planlanmayacak, kesilmeyecek, boyanmayacak veya taşlanmayacaktır.
- Birleştirilmemiş profillerin sonuna monte edilecek çerçeve malzemeleri, denizlik, eşik ve benzerleri gevşetilmeli; köşe ekler aksi belirtilmedikçe düz birleştirilmelidir.

Maliyet

Tek camların çift camlı sistemler ile değiştirilmesine göre pahalı olan bu çözüm; çift camlı sistemlere sonradan güneş kontrol filmi taktırma ihtiyacı ve artan ısıtma soğutma yükleri düşünüldüğünde oldukça gerekli ve yatırımını ödeyen bir çözümdür.

Özellikle teknolojik olmayan camların kullanıldığı giydirme cephe binalarda cephe yanındaki bina sakinlerinin rahatsızlığı, binanın belli bölümlerini kullanıma elverişsiz kılarak daha büyük maddi kayıplara sebebiyet verebilir.

Konfor ve enerji performansına büyük etkisi göz önüne alınarak, yüksek maliyetine karşın uygulanabilir bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye’de çeşitli üreticiler tarafından bu camların üretiliyor olması, yerel tedarik avantajını getirerek lojistik masraflarında tasarruf sağlar.

Bina cephesinde çalışma gerektiren tüm yapısal güçlendirme yöntemleriyle eşzamanlı planlandığında daha da büyük maliyet avantajı sağlanacaktır.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Cam, yüzde yüz geri dönüştürülebilen bir ürün olduğundan üçlü cam sisteminde geri dönüştürülmüş camların kullanılması karbon ayak izi açısından olumlu olacaktır. Ayrıca mevcut binalarda sökülen camların da geri dönüşüm firmalarına aktararak yeniden değerlendirilmesi sağlanmalıdır.

Tablo 67: Low-e Üçlü Doğrama Kullanımı Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Hayır
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Hayır
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	50

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Ofis yapısı, hastane, kültür merkezi gibi işlevlere sahip alüminyum cam giydirme cephe alanı yüksek mevcut yapılarda üçlü cam sistemi kullanılmasına karar verilmeden önce enerji verimliliği konusunda detaylı bir analiz yapılarak; yatırım maliyeti ve bu yenileme yapıldığı takdirde sağlanacak enerji tasarrufu değerinin karşılaştırılması faydalı olacaktır.

Üç camlı doğrama sistemi mevcut yapılarda sadece camın değil çerçevenin de değiştirilmesini gerektirecektir. Üç camlı sistem alüminyum çerçevelere daha kolay entegre edilebilirken, PVC çerçeve ve kanat profillerine entegrasyonu için bir ar-ge çalışması yapılması gerekmektedir.

Sistem içinde kullanılan argon gazı doğramanın sistem olarak yalıtım değerini artırmak için eklenmiştir. Renksiz, kokusuz, asal bir gaz olup yanıcı patlayıcı değildir. Herhangi bir toksik etkisi ya da çevreye verdiği herhangi bir zarar bulunmamaktadır. Zaman içinde doğrama sistemindeki argon gazının (yaklaşık yılda %1 oranında) azaldığı bilinmektedir, bu azalma sağlık açısından bir sorun yaratmamakla birlikte, yıllar sonra doğrama ısı yalıtım değerinin bir miktar düşmesine neden olabilir.

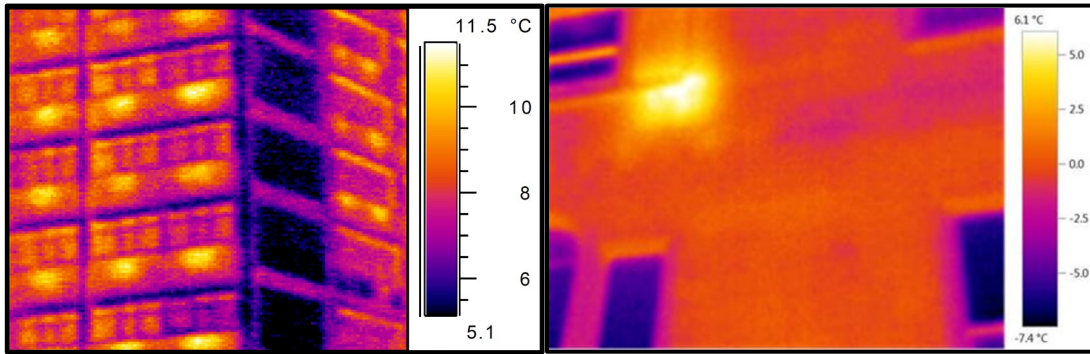
Bu yöntem alternatif olarak yapının cam cephe oranına bakılarak mevcut doğrama sistemini değiştirmeden sadece cam filmi uygulanmasına da karar verilebilir. Cam yüzeyine uygulanacak her türlü film kaplama işlemi yapılırken film desenlerinin mutlak suretle birbirini takip edecek şekilde kaplanmış olması gerekmektedir. Kullanılacak laminasyon filmi şeffaf olmalı, cam içerisinde kabarcık bırakmamalı, zamanla ısı

farklılıklarından ve güneş ışınlarından kaynaklı sararmamalı veya görsel deformasyona uğramamalıdır.

6.1.5 Petek Arkası Isı Yalıtımı

Bu EVÖ, çeper ısı izolasyonunu artırma ve ısı köprülerini azaltma çözüm ailelerinin bir parçasıdır.

Radyatörlü hidrolik (sulu) ısıtma sistemlerinin gözle görülür bir kusuru, radyatör arkasında bulunan duvarın aşırı ısınması, bu sebeple dış ortama iletim yoluyla fazla ısı aktarmasıdır.



Şekil 78: Hidronik Isıtma Sistemli Bir Binanın Dış Cephe Termografi Görüntüsü. Radyatör Bulunan Bölgelerde Isı Köprüleri Oluşmuş- (Yalıtım Uygulama, 2024)

Radyatörden dış ortama doğru akan ısının ışıınım ve iletim mekanizmalarıyla gerçekleşen kısmını azaltmak için, yansıtıcı yüzey (alüminyum) kaplamalı petek arkası izolasyon levhaları eklenmelidir. Isı veya ışıınım kalkanı olarak da bilinir. Parlak yüzey, radyatörden ışıınım yoluyla gelen ısı transferini azaltır. Parlak yüzeyin arkasındaki izolasyon malzemesi ise duvarın iç yüzeyinden dış yüzeyine iletim yoluyla gerçekleşen ısı transferini azaltır.

Çözümün daha etkili olabilmesi için, yapısal güçlendirme yapılan binalarda radyatörler zaten sökülecekse, radyatör peteklerinin duvardan daha mesafeli bir konuma yerleştirilmesi önerilir.



Şekil 79: Yansıtıcı Yüzeyli Petek Arkası Yalıtım Malzemesi ve Tipik Uygulama Detayı

EVÖ Puanı

EVÖ puan hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 68: Petek arkası ısı yalıtımı EVÖ puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Evet
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Hayır
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Evet
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Evet
Kısa sürede uygulayabilme	Evet
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Evet
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Evet
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	82
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [/100]	89

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Radyatörlü sulu (hidrolik) sistemle ısıtılan tüm binalarda uygulanabilir.

Tasarım Kriterleri

Malzemenin (radyatöre bakan) dış yüzeyi alüminyum veya benzer yansıtıcı nitelikte metalik kaplamalı olmalıdır.

Malzemenin (duvara monte edilen) iç yüzü cam yünü, taş yünü veya polietilen köpükten imal edilmelidir.

Polietilen köpük içeren malzemeler TS EN 14313:2016 standardına uygun olmalıdır.

Cam yünü içeren malzemeler TS EN 13167+A1 standardına uygun olmalıdır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Yalnızca dış duvarların önündeki radyatörlerde uygulanır. İç mahallerde bulunan veya iç duvarlara monte radyatörlere uygulama gerekmez.

Radyatör peteği ölçülerinde yalıtım malzemesi kesilir. Dört kenarına çift taraflı yapışkan bant uygulanır. İki kişinin yapışkan bant uygulanmış izolasyon malzemesini gergin tutarak radyatör arkasına aktarması, eşzamanlı olarak duvara yapıştırması uygundur. Radyatör – duvar arası boşlukta taşıyıcı mesnetler var ise, izolasyon malzemesinde ilgili bölümler kesilmeli ve mesnet çevresini kapsayacak şekilde uygulama yapılmalıdır.

Eski binalarda daha sık görülen radyatör önü dekoratif nesnelerin kullanımı (hazeran, panel, separatör, perde) engellenmelidir. Radyatörler hem taşınım hem ışıınım yoluyla

ısı yayarlar. Önlerinde bulunan panel ve diğer nesneler radyatör verimini yüksek oranda düşürür.

Birlikte Uygulanacak Yapısal Güçlendirme Yöntemleri

Bina içindeki duvarlarda inşaat faaliyeti gerektiren yapısal güçlendirme yöntemleri esnasında ya da bina içi tesisatların değiştirilmesine gerek duyulan güçlendirme uygulamalarında uygulanabilir.

Maliyet

Düşük maliyetli bir çözümdür. Malzeme yaygın ve temini kolaydır.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Tablo 69: Petek Arkası Isı Yalıtımı Gömülü Karbon Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	82

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

2053 Türkiye sıfır karbon salımı hedefleri uyarınca fosil yakıtlı kazanlar ve radyatör sistemleri zamanla devreden çıkarılacaktır. En verimli ısıtma sistemi alternatifi olarak (yer kaynaklı) ısı pompaları öngörülmektedir. Isı pompaları, doğalgaz kazanları gibi 90-70 °C rejiminde çalışamaz. Isı pompaları veya vakum tüplü güneş enerjisi gibi kaynaklarla sağlanacak ısıtma için yerden ısıtma tesisatı gerekir. Böylelikle ısıtma sistemi 40-35 °C rejiminde çalışabilir. Bu durum göz önüne alındığında, bu enerji verimliliği önleminin halihazırda radyatörlü ısıtma sistemi kurulu olan binalarda uygulanması önerilir. Yeni binalarda ise inşaat aşamasında yerden ısıtma tesisatı uygulanmalıdır.

Malzemenin arka yüzünde bulunan polietilen köpük yanıcı bir malzemedir. Yanma esnasında zehirli gaz salımı yapmamakla birlikte, yanarken damlama yapar ve yangın yayılımını hızlandırabilir. Uygulamadan önce yangın danışmanının görüşü alınmalıdır.

6.1.6 Tesisat Boruları, Vanalar, Tanklar ve Havalandırma Kanallarında Isı Yalıtımı

Yüzeylerden ışınlım, taşınım ve iletim yoluyla gerçekleşen ısı transferini, tüm mekanikleri içerecek tek formüle indirgeyebiliriz:

$$q [W/m^2] = U [W/m^2.K] \cdot (T_{iç} [K \text{ veya } ^\circ C] - T_{dış} [K \text{ veya } ^\circ C])$$

q: Yüzeyin birim alanından gerçekleşen ısı transferi

U: Isıl geçirgenlik katsayısı

Not: Pencere, duvar, çatı, kapı gibi yapı elemanlarının tüm ısı iletim mekaniklerini kapsayan ısı geçirgenlik performansını gösterir. Saydam yüzeylerde ise güneş ışığından gelen ısı kazancını ırdelen *gölgeleme katsayısı (SC)* ve *güneş ısı kazancı katsayısı (SHGC)* hesaplara dahil edilir.

Formül, termodinamiğin sıfırıncı kanunu ile tanımlanan bir fiziksel olguyu da göstermektedir: ısı, sıcak ortamdandan soğuk ortama akma eğilimindedir. Sıcaklık farkı ne kadar büyürse, ısı transferi o kadar artar.

Radyatörlü ısıtma sistemlerinde ısıtma suyu rejimi 90-70°C'ye çıkabilmekte, ortalama 80 °C'ye varabilmektedir. Isı talebi azaldığında 70-50°C veya daha düşük sıcaklık rejimlerine inilir.

Fan-coiller ve klima santralleri (havalı ısıtma sistemleri) görece daha soğuk giriş suyuyla çalışabilseler de, anma kapasitesine ulaşmak için genelde 70°C sıcaklıkta su girişi gerektirirler. Isı talebi azaldığında 45 °C giriş suyu sıcaklığına inilebilir.

Standartlara göre kış ayları (ısıtma sezonu) iç ortam sıcaklığının 21°C olduğu düşünöldüğünde, neredeyse 60°C'lik bir sıcaklık farkı söz konusu. Bu, bina çeperindeki sıcaklık farkının neredeyse dört katı.

Binalarda toplam uzunluğu kilometrelerle ifade edilebilen tesisat boru ve kanallarında, onlarca metrekairelik kolektör ve tank yüzeylerinde uygun yalıtım yapılmaması halinde özellikle ısıtma sistemlerinin verimli çalışması beklenemez. Soğutma sistemlerinde yeterli yalıtım yoksa ısı kayıpları yaşanacağı gibi, yoğunlaşma problemi de baş gösterecektir.



Fotoğraf 32: Dış Ortam Boru ve Vana Yalıtım Uygulama Görüntüsü

Tesisat yalıtımı 4 ana ögeyi kapsamalıdır:

- Borular
- Dirsekler, T'ler, vanalar, çek valfler ve diğer armatürler
- Tank, kazan, boyler, kolektör gibi yassı yüzeyli elemanlar
- Havalandırma kanalları

Tüm bu yüzeylere uygulanan yalıtım malzemeleri genel prensip olarak içte yalıtım sağlayan bir katmana (cam yünü, poliüretan veya polistiren köpüğü vb.) sahiptir. Dışında alüminyum ya da galvaniz gibi ısı yansıtıcı bir yüzey bulundurulur. Soğuk veya toprak altı hatlar için buhar kesici özellikte folyo ile kaplama yapılabilir.

Tesisat yalıtımı yerinde imalat veya prefabrik ürünleri monte etme şeklinde uygulanabilir. Kanallar için yapıştırmaya hazır panel ve şilteler, borular için tek yanı kesilerek kullanılabilen boru şeklinde prefabrik yalıtım ürünleri mevcuttur. Vanalar için boyuta özel üretilmiş vana ceketleri bulunmaktadır.



Fotoğraf 33: Bina İçi Teknik Hacimde Doğru Yapılmış Bir Tesisat İzolasyonu

EVÖ Puanı

Tablo 70: Tesisat Isı Yalıtımı EVÖ Puan Cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Evet
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Hayır
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Hayır
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Evet
Kısa sürede uygulayabilme	Evet
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Hayır
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Evet



Kriter	Olumlu
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Evet
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulanabilme	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulanabilme	Evet
Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	82
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [/100]	81

EVÖ puan hesabı 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri* bölümünde anlatılmıştır.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Sulu sirkülasyona sahip ısıtma veya soğutma yapılan tüm binalarda (kazan, çiller, sudan suya ısı pompaları vb.) tesisat boruları ve vanalara uygulanabilir.

Paket iklimlendirme cihazları (rooftop vb.) veya DX bataryalı klima santralleri içeren VRV sistemleriyle ısıtma soğutması sağlanan binalarda hava kanalı izolasyonları uygulanabilir.

Tüm kullanma sıcak suyu tesisatı ve tanklarında uygulanabilir.

Tasarım Kriterleri

Yalıtım ürünleri elastomerik kauçuk köpüğü, ekstrüde veya genleştirilmiş polistiren köpüğü, cam yünü, taş yünü, polietilen köpüğü, poliüretan köpüğü gibi düşük ısı geçirgenliğe sahip malzemeden imal edilmelidir.

Polietilen köpük içeren malzemeler TS EN 14313:2016 standardına uygun olmalıdır.

Cam yünü içeren malzemeler TS EN 13167+A1 standardına uygun olmalıdır.

EPS polistiren köpük içeren malzemeler TS EN 13163+A2 standardına uygun olmalıdır.

Isıtma merkezi başka binada bulunan, bölgesel veya jeotermal ısıtmadan faydalanan, toprak altı ısı hatlarına sahip sistemler için ön yalıtımlı borular TS EN 253 standardına uygun olmalıdır.

Prefabrik taş yünü içeren yalıtım ürünleri TS EN 14303 standardına uygun olmalıdır.

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Küçük çaplı tesisat boruları için boru biçiminde prefabrik ısı yalıtım malzemeleri kullanılır. Havalandırma kanalları ve diğer tank, vb. yüzeyler için levha/şilte şeklindeki ısı yalıtım malzemeleri ile uygulama yüzeyi boşluksuz şekilde kaplanarak yapılır.

Yalıtım malzemelerinin kanal vb. tesisat elemanlarına birleşik üretilmesi de söz konusudur. Yalıtımlı esnek hava kanalları, alüminyum kaplı poliüretan kanallar ve cam yünü prefabrik kanallar gibi kendinden yalıtımlı borular ve havalandırma kanalları kullanılabilir.



Aşırı sıcaklık ve sıcaklık değişimleri sebebiyle tesisatlar çalışır durumdayken asla yalıtım uygulaması yapılmamalıdır. Çelik borular ve kapların üzerindeki pas çıkartılmalı ve bir kat antipas boyası uygulanıp 2 gün kurumaya bırakılmalıdır. Yalıtım yapıldıktan sonra 36 saat geçmeden tesisatlar çalıştırılmamalıdır.

Soğutma sistemlerinde yoğunlaşmayı önlemek, açık havadaki veya yer altındaki boru sistemlerini dış hava koşullarından korumak ve bazı ısı yalıtım malzemelerini güneşin ultraviyole ışınlarından korumak için, kaplamasız ısı yalıtım malzemelerinin üzerine kaplama yapılabilir. Isı yalıtım malzemeleri, galvaniz veya alüminyum ceketlerle kaplanabilir veya PVC ile kaplanabilir. Prefabrik alüminyum folyo kaplı ısı yalıtım malzemelerinde, uygulama yapışkan bant ve buhar kesici folyo ile tamamlanır.

Kauçuk ve polietilen köpüğünden üretilen prefabrik boru biçimindeki yalıtım ürünleri, yeni yapılan tesisatlarda açık uçundan boruya geçirilir. Yalıtım malzemesi boruya geçirildikten sonra uçlara fırça kullanılarak yapıştırıcı uygulanır. Yapıştırıcının çok fazla kurummasına müsaade etmeden prefabrik boru elemanlarının uçları birleştirilerek tam yapışmanın sağlanması için kenarlarından kuvvetlice bastırılır.

Hali hazırda döşenmiş tesisat borularının açık ucu bulunmadığı için yalıtım malzemesinin boruya geçirilmesi bir tarafından kesilmesi ile sağlanır. Malzeme uzunlamasına keskin bir bıçak vasıtasıyla kesilir. Yarıktan tesisat borusuna geçirilmesinin ardından yarık boyunca oluşan her iki kenara da eşit miktarda yapıştırıcı sürülür. Her iki tarafından basınç uygulanarak birleştirme işlemi yapılır.

Büyük çaplı borular için prefabrik ürünler bulunamayabilmektedir. Bu durumda şilte halindeki yalıtım malzemesi borunun ölçüsü alınarak kesilir ve boru çevresine uygulanır.

Tesisatlarda yer alan vana, çek valf, pislik tutucu vb. armatürlerde ısı kaybını önlemek ve yoğunlaşma kontrolü amacıyla uygulama yapılır. Elastomerik kauçuk köpük vananın ölçülerine uygun olarak kesilip yapıştırılabilir. Özel olarak imal edilmiş kullanıma hazır vana ceketleri veya vana kutuları kullanılarak yalıtım yapılabilir.

Havalandırma kanallarında yapılacak olan uygulamalarda kendinden yapışkanlı veya yapışkansız levha biçimindeki ısı yalıtım malzemeleri kullanılabilir.

Birlikte Uygulanacak Yapısal Güçlendirme Yöntemleri

Bina içindeki tesisatın sökülmesi gereken veya gerekmeyen tüm yapısal güçlendirme yöntemleriyle beraber uygulanabilir. Tesisatın sökülmesi durumunda prefabrik yalıtım malzemeleri kullanılarak imalat hızlandırılabilir.

Maliyet

Düşük maliyetli bir enerji verimliliği önlemidir. Isıtma ve soğutma sistemlerinin iklimlendireceği bölgeye doğru hizmet edebilmesi ve enerji verimliliğini artırmak adına maliyetten bağımsız olarak uygulanması önerilen bir çözümdür.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Tablo 71: Tesisat ısı yalıtımı gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Evet
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Evet
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Evet
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümünden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Evet
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	82

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Herhangi bir kısıtlama yoktur. Türkiye 2053 ve Avrupa 2050 hedefleri uyarınca ısıtma sistemlerinde dolaşan sıcak su sıcaklıkları düşecek olsa bile hem ısıtma hem soğutma hatlarında yalıtıma hala ihtiyaç duyulacaktır.

6.2 Aktif Yöntemler

6.2.1 Çatı GES Sistemi Kurulumu

Fotovoltaik (PV) paneller kullanarak çatı güneş enerji santrali (GES) kurulumu ülkemizde en fazla sayıda proje hayata geçirilmiş yenilenebilir enerji üretim yöntemidir.

11 Ağustos 2022’de yayınlanan “*Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*” uyarınca binalar için aynı ya da farklı dağıtım bölgesinde bulunması fark etmeksizin lisanssız arazi güneş enerji santrali kurulumuna olanak verilmiştir:

“Belediyeler ve bunların bağlı kuruluşları ile sanayi tesisleri ve tarımsal sulama amaçlı tesisler tarafından bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünün iki katı ve diğer kişiler bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücü ile sınırlı olmak kaydıyla, tüketim tesisi ile aynı ya da farklı ölçüm noktasında kurulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurabilir.”

Çatı alanının bina iç tüketimini karşılamadığı hallerde arazi uygulamaları düşünülebilir. Burada bahsettiğimiz önlemlerde çatı güneş enerji santralleri çözümüne odaklanıyoruz.



Güneş pilleri veya fotovoltaikler (PV), güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürmek için yarı iletken malzemeler kullanır. Yarı iletken ışığa maruz kaldığında, ışığın enerjisini emer ve negatif yüklü elektronlara aktarır. Bu enerji, elektronların malzeme içinde elektrik akımı olarak akmasına sebep olur. Oluşan akım ızgara görünümlü iletken metal yüzeyler aracılığıyla taşınır. Üretilen elektrik bina iç tüketimine ve fazlası var ise elektrik şebekesine aktarılır.

Günümüzde güneş panelleri 195 W/m^2 DC (doğru akım) pik (azami) güç seviyesine ulaşmıştır. Çatı uygulamalarında 6 ila 9 dönüm arası alanda 1 MW DC güç elde etmek mümkün olmuştur. Doğrusal akımın şebekeye veya yüke aktarılana kadar AC (alternatif akım) çevrim, sıcaklık ve iletim sebepli kayıpları %5 ila %15 arasında öngörülebilir. Fotovoltaik panellerin günümüzde ticari ömrü 25 yıla kadar çıkmıştır. Paneller, her yıl anma gücünü belli oranda kaybederler. Paneller genel yaklaşım olarak ilk 10 yılda %10, kalan 15 yılda ise ilave %15-20 güç kaybederler.

Solar PV dizileri, çatılara, açık arazilere, bina dışlarına gölgeleme cihazları olarak veya kanopiler olarak monte edilebilir. Özellikle sıcak iklimlerde yükseltilmiş konstrüksiyon ile yapılacak çatı uygulamaları, çatıya temas eden güneş ışınlarını keserek binanın soğutma yükünü azaltır. Aynı zamanda, panellerin altında oluşan hacme yerleştirilecek iklimlendirme cihazları ve hava kanalları güneş ışığına maruz kalmadığı için daha verimli çalışır. Soğutma döneminde ısı kazançları azalır. Kanalları kaplayan yalıtım malzemeleri ve elektromekanik ekipmanlar güneşe maruz kalmadığı için kullanım ömürleri uzar.



Fotoğraf 34: Yükseltilmiş Konstrüksiyona Yerleştirilmiş Bir Çatı GES Uygulaması

Çatı GES sistemleri özellikle şehirde bulunan binalar için en önemli yenilenebilir enerji kaynağına dönüşmüştür. Rüzgâr santrallerinin getirdiği yapısal yük ve şehirlerin rüzgâr hızını azaltması sebebiyle rüzgâr enerjisi birçok binada uygulanamamaktadır. Biyokütle, jeotermal ve güneş enerjisi sık yapılaşma alanlarında uygulanabilir çözümler olarak karşımıza çıkarken, çatı GES sistemleri bunlar içerisinde bölgesel bağımlılığı en az olandır.

EVÖ Puanı

EVÖ puan hesabı 3.5 - *EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri* bölümünde anlatılmıştır.

Çatı GES uygulamasının bu EVÖ değerlendirmesinde düşük puan almasının bazı sebepleri mevcuttur. Öncelikle, güneş paneli hücreleri, hücrelerin yerleştirildiği panel

ve konstrüksiyon yapıları enerji yoğun sanayi faaliyetleri ile üretilmektedir. Bu durum gömülü karbon puanını çok düşürmektedir.

Yakın zamana kadar Türkiye’de güneş paneli hücreleri üretilemiyordu. 2023 ve 2024 yılında üretime başlaması öngörülen bazı fabrikalar ile hücredeki ithalat bağımlılığı azalacaktır. Yine de ithal ürünlerin nakliyesinden doğan karbon salımı gömülü karbon puanını düşürmektedir.

Tablo 72: Çatı GES kurulumu EVÖ puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yüksek oranda enerji verimliliği artıran önlem	Evet
Düşük maliyetli önlem (4 yıl altında geri ödeme süresine sahip)	Hayır
Binadaki konfor seviyesini artıran önlem	Hayır
Malzeme temininin kolaylığı	Evet
Ülkedeki teknik ve uygulama kapasitesinin yeterliliği	Evet
Bina kullanımını engellemeden uygulayabilme	Evet
Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Hayır
Kısa sürede uygulayabilme	Hayır
Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Hayır
Pasif enerji verimliliği artırıcı önlem	Hayır
Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Hayır
Fazla kırma, inşaat faaliyeti ve atık oluşturmada uygulayabilme	Evet
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Yüksek iş güvenliği riski oluşturmada uygulayabilme	Hayır
Gömülü Gömülü karbon puanı (karbon puanlama cetvelinin sonucu)	32
ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖNLEMİ TOPLAM PUANI [100]	38

Pasif bir EVÖ olmaması, bakım ve temizleme ihtiyacı, binaya yapısal yük getirme gibi unsurlar sebebiyle puan daha da düşmektedir.

“En temiz enerji, kullanılmayan enerjidir” düsturuyla enerji tüketimini en aza indirmek, yenilenebilir enerji üretimi yöntemlerine göre daha çevre dostudur. Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynakları mevcut fosil yakıtlı şebeke elektriği ve ısı tüketen bina hizmetlerine göre çok daha çevreci bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Düşük puana rağmen uygulanması iyi bir projelendirme ve fizibilite eşliğinde önerilmektedir.

Yöntemin Uygulanabileceği Yapı Türleri

Teras (düz) çatı, beşik çatı ve kırma çatıya sahip tüm binalarda yeterli çatı alanı varsa uygulanabilir. Tüm otopark ve yürüyüş yolu gibi alanların üstünü kapatarak kullanılabilir.

Binanın yapısal tipi fark etmemekle birlikte, çatının ve binanın ilave yük taşıma kapasitesi yapısal uzmanı mühendisler tarafından etüt edilmeli, gerekli olması halinde uygulamadan önce bina güçlendirme yöntemleri uygulanmalıdır.

Ülkemizde hem çatı GES konstrüksiyonunun zayıf imal edilmesi, hem çatı GES’ten kaynaklı yüklerin analiz edilmemesi sebebiyle kopan paneller ve çöken çatılar

görülmektedir. Tüm mühendislik projelerinde can güvenliği bir numaralı ölçüttür. Çatı GES uygulamalarının yapı mühendislerince projelendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gereklidir.

Tasarım Kriterleri

Hem malzeme alımı hem uygulama aşamasında çatı GES projelerinde denetimler yapılmalıdır. Bunlar arasında:

- I. Kurulum ve montaj kontrolleri
- II. Termografik testler
- III. Flash test
- IV. Mekanik yükleme testi
- V. Donma testi
- VI. İmalat süreci kontrolü
- VII. Tasarım ve kurulu güç doğrulama
- VIII. Devreye alma ve şebeke bağlantısı öncesi test ve kontroller

Fotovoltaik güneş panellerinin kalite standartları arasında aşağıdakiler bulunur:

IEC 61730: Fotovoltaik (PV) modül güvenlik niteliği

IEC 61215: Kristalin silikon karasal fotovoltaik (PV) modüller- Tasarım değerlendirmesi ve tip kabulü

TS EN 61345: Fotovoltaik (PV) ünitelerin UV (Ultraviole) deneyi

TS EN 62716: Fotovoltaik (PV) modüllerin amonyak paslanma deneyi

IEC 61446: İnce filmlili düz alanlı fotovoltaik modüller- tasarım nitelikleri ve tip onayı

IEC 62446: Güneş panellerin el (elektrolüminesans) testi

TS EN 61701: Fotovoltaik (PV) modüllerin tuzlu su korozyon deneyi

IEC 62782: Fotovoltaik modüllerin mekanik yük testi

IEC 62804: Fotovoltaik modüller PID deneyi

IEC TS 63209-1:2021: PV modülleri uzun dönem dayanıklılık testi

Tipik Uygulama Aşamaları ve Detayları

Sabit dizilimler bir optimal eğimle yerleştirilir ve bazı dikkate değer istisnalar dışında, maksimum enerji üretimi için panellerin genellikle kuzey yarımkürede güneye ya da güney yarımkürede kuzeye bakması gerekir. Kurulumun enlemi, sistemden elde edilen yıllık çıktıyı en üst düzeye çıkarmak için kabaca en uygun eğimdir. Ülkemiz için daha hassas güneş PV panel eğimi “S” ise:

$$S = \text{Enlem} - 8^\circ$$

denklemleri kullanılarak belirlenebilir.

Fotovoltaik güneş panelleri için birçok ayarlanabilir montaj sistemi vardır. Paneller, dizideki diğer panellerin gölgelenmesine neden olmayacak şekilde uygun aralıklarla yerleştirilmelidir. Çatı kurulumlarında baca ya da diğer çıkıntılar gibi yapı bileşenlerine de gölgeleme nedeniyle ayrıca dikkat edilmelidir.

Daha düşük eğim veya yatay kurulumlar yaz verimini en üst düzeye çıkarabilir.

Tasarımcılar, PV dizisini biraz güneyin batısına yönlendirerek öğleden sonra güneşlenme miktarını artırmak isteyebilir. Böylece binada elektrik talebinin en yoğun olduğu zamanlarda üretimin artırılması hedeflenebilir.

Tablo 73 PV dizi yönü ve eğim açısının nadiren yıllık beklenen çıktıyı %10'dan fazla düşürdüğü göstermektedir. Özellikle beşik ve kırma çatı uygulamalarında yönlendirme mevcut çatı yüzeyinin eğimine sabit veya yakın olacaktır.

Tablo 73: Kuzey Yarımkürede 30° Enlemde Yerleşik GES Dizileri Eğim Açısının ve Yöneliminin Fonksiyonu Olarak Güç Üretimi Tipik İndirgeme Faktörleri

Yön	PV dizisinin yataya göre eğim açısı					
	0°	18°	30°	45°	60°	90°
Güney	0,89	0,97	1,00	0,97	0,89	0,58
GGD veya GGB	0,89	0,97	0,99	0,96	0,88	0,59
Güneydoğu veya Güneybatı	0,89	0,95	0,96	0,93	0,85	0,60
DGD veya BGB	0,89	0,92	0,91	0,87	0,79	0,57
Doğu veya Batı	0,89	0,88	0,84	0,78	0,70	0,52

Tek ve çift eksenli izleme sistemleri, PV çıktısını sırasıyla %30'a ve %35'e kadar artırabilir, ancak her bir izleme cihazı ilk yatırım ve işletme-bakım maliyetlerinde önemli artışlar getirir. Rüzgâr yükleri, izleme sistemleriyle kurulan PV dizileri için sabit monteli dizilere göre daha büyük bir sorun olabilir.

Herhangi bir çatı GES projesi için yapısal uygunluk iki adımda saptanır:

- I. Mevcut çatı çerçevesinin (taşıyıcı elemanlarının) taşıma kapasitesini belirleme: Bu adımda, tüm çatı yapısal elemanları analiz edilmeli ve yük taşıma kapasiteleri belirlenmelidir. Yeni ve mevcut çatı çerçeveleri, güneş enerjisi sisteminin kurulmasından kaynaklanan ek yükü güvenli bir şekilde karşılamak için yeterli kapasiteye sahip olmalıdır. Ölü yük, rüzgâr ve kar yükü, deprem davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Yeni binalar veya güçlendirme uygulanacak binalarda PV sistem ağırlığı, proje aşamasında tasarıma dahil edilebilir. Mevcut binalar için bu süreç daha karmaşıktır. Çatı yapısal elemanına ilişkin projelerin elde edilmesi, buna göre yük taşıma kapasitelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Birçok durumda, bu çizimler/planlar mevcut değildir ve bu nedenle, gerekli bilgilerin toplanması ve yapısal planların oluşturulması için yapısal bir etüt gereklidir. Bazı durumlarda çelik sınıfını veya diğer yapısal elemanların dayanımını belirlemek için laboratuvar testleri gerekebilir.
- II. Bina taşıma kapasitesini belirleme: Bu adımda ise çatı GES kaynaklı ilave yüklerin binanın taşıyıcı çerçevesi üzerine etkisi analiz edilmeli, binanın bu ilave yükleri kaldırabileceğinden emin olunmalıdır. Üstte bahsedilen yöntemler bu aşamada da uygulanmalıdır.

Birlikte Uygulanacak Yapısal Güçlendirme Yöntemleri

Uygun alan olması durumunda bina güçlendirmesi yapılacak tüm projelerde çatı GES uygulamasının getireceği ilave yükler hesaba dahil edilerek kullanılabilir.

Maliyet

Günümüzde çatı GES uygulamalarında 1 MW DC pik güç için maliyet 800.000 USD+KDV olarak öngörülebilir. Tüm yenilenebilir enerji santrali yatırımlarında olduğu gibi oldukça pahalı bir enerji önlemidir. Öte yandan, gerek günümüzde beş yılın altında kendini ödeyebilen örnekler bulunması, gerekse de net sıfır emisyon yolunda binaların kaçınılmaz enerji tüketimlerini yenilenebilir kaynaklardan karşılama zorunluluğu olması sebebiyle uygulanması önerilen bir enerji önlemidir.

Karbon Ayak İzine Etkisi

Gömülü karbon puanı hesabı 3.5 - EVÖ ve Gömülü Karbon Puanlama Cetvelleri bölümünde anlatılmıştır.

Yenilenebilir enerji santralleri yüksek gömülü karbona sahip olsa bile hizmet süresi boyunca barındırdıkları gömülü karbonun misli miktarda karbon salımını engelledikleri için uygulanabilir çözümlerdir.

Tablo 74: Çatı GES kurulumu gömülü karbon puan cetveli

Kriter	Olumlu
Yerel malzeme ile uygulanabilir önlem	Hayır
Düşük gömülü karbona sahip malzemelerle uygulanan önlem	Hayır
İskele kurulumu ve cephe sökümü gerektirmeyen uygulama	Hayır
Uygulama esnasında düşük enerji tüketimi	Hayır
Hafif ve küçük malzeme & binaya kolay nakledilebilir	Hayır
Mevcut elektrik mekanik sistemlerin sökülmesini gerektirmeyen önlem	Evet
Binanın iç kaplamaları, kapılar gibi mevcut ince işler ve tefrişatın korunması	Evet
Düşük moloz veya atık oluşturan, atığı kolay nakledilebilir önlem	Evet
Kullanılan malzemeler sökümden sonra dönüştürülebilir	Evet
Mevcut binaları yeniden kullanmayı sağlayan veya ömrünü uzatan önlem	Hayır
İçeriye yüksek miktarda malzeme taşınması gerekmeyen önlem	Evet
GÖMÜLÜ KARBON PUANI [/100]	32

Notlar, Öneriler ve Kısıtlamalar

Avrupa Birliği 2050 ve Türkiye 2053 sıfır emisyon hedefi doğrultusunda binaların tükettiği tüm enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmek zorunda olacaktır. Bu bağlamda fotovoltaik güneş panelleri, güneş termal kolektörleri, biyokütle kazanları, jeotermal ısıtma ve elektrik üretimi sistemleri şehirlerde bulunan binalar için öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken kaynaklardır.

Enerji depolama sistemleri ile birleştirilen yenilenebilir enerji santrali uygulamaları binaya katma değer kattığı gibi enerji arzına karşı dayanıklılığını da artırır.

7. Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Politikalarının Gelişimi

Türkiye, zengin yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip bir coğrafyadır. Öte yandan, günümüzde ısınma, ısıtma işlemler, elektrik üretimi gibi amaçlarla yaygın olarak kullanılan doğalgaz ile ulaşım ve petrokimya endüstrisinde kullanılan petrol ürünleri gibi yeraltı kaynakları açısından fakirdir. Ülkemizde en yaygın bulunan fosil enerji kaynağı kömürdür. Kömür, birim enerji üretimi için doğalgaza kıyasla 2 kat fazla karbon salımı yapar.

1970 yılı öncesi ve 1980-2000 yılları arasında küresel piyasalarda fosil yakıt fiyatlarının düşük seyrettiğini gösteren grafikler Şekil 80 ve Şekil 81’de verilmiştir. 2000 yılı ve sonrasında fiyatlarda yaşanan küresel artışlar, dünyanın yeni yeni farkına varmaya başladığı atmosferdeki karbondioksit moleküllerinin oranı ve küresel ısınmaya etkisinin fark edilmesiyle birleşince, küresel politikalarda enerji verimliliğinin önemini artırmaktadır.

Türkiye, 2022 yılında brüt elektrik üretiminin %39,5’ini yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamış olsa da ülke genelinde tüketilen birincil enerjinin yalnızca %15,2’si yenilenebilir kaynaklardan karşılanmıştır. Ülkemiz, ısınma, ısıtma işlemler ve ulaşım başta olmak üzere teknolojik altyapısı doğalgaz ve petrole dayalı hizmetler için ithalat yapmak durumundadır. Dünya kömürden hızla uzaklaşırken, Avrupa 2050 ve Türkiye 2053 sıfır karbon salımı hedefleri doğrultusunda Türkiye diğer fosil enerji kaynaklarından da uzaklaşmayı hedeflemektedir.

Bu geniş çerçevede konuyu değerlendirdiğimizde en ucuz ve temiz enerjinin kullanılmayan enerji olması düsturuyla iki sonuca varıyoruz; ilk olarak enerji verimliliği, 2053 yılına kadar Türkiye’nin ithalat ve enerji bağımlılığını azaltıcı etkiye sahip olacaktır. İkinci olarak 2053’e kadarki süreçte yapılması gereken yenilenebilir enerji yatırımı gereksinimini azaltacaktır.

Binalar, dünyada tüketilen birincil enerjinin yaklaşık üçte birinin sebebidir. TA-02 projesi kapsamında binalarda güçlendirme ve enerji verimliliği tadilatlarının eşgüdüm halinde ele alınması, Türkiye’yi sıfır karbon salımı hedeflerine yaklaştırırken, uygulama kolaylığı ve maliyet avantajı sağlayacaktır. Güçlendirilen ve enerji performansı yükseltelen binalar daha uzun süre hizmette kalacak; yıkım ve yeniden inşa sebebiyle doğacak gömülü karbon etkisi azaltılacaktır.



Şekil 80: Uzun Dönem Ham Petrol Varil Fiyatı Grafiği – [Macrotrends.Net]



Şekil 81: Uzun Dönem Doğalgaz Fiyatı Grafiği. Birim: ABD Doları / MMBtu - [tradingeconomics.com]

Türkiye’de enerji verimliliği alanındaki politikaların gelişimi aşağıda sıralanmıştır:

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS, 1992): BM Çevre Programı (UNEP) ile Dünya Meteoroloji Örgütü’nün (WMO) 1988’de ortaklaşa kurduğu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli’nin (IPCC) ortaya koyduğu insan kaynaklı faaliyetlerin neden olduğu küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı, 1992 yılında toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda (Rio Dünya Zirvesi) BMİDÇS imzaya açılmıştır. Sözleşmede 197 taraf ülke bulunmaktadır. Ülkemiz ilgili sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde 189. Taraf olarak katılmıştır. Taraf ülke olarak Türkiye’nin iklim değişikliği ile mücadele etmek için politika geliştirmek ve uygulamak, mevcut sera gazı emisyonlarını ve emisyonlarla ilgili verileri BMİDÇS’ye bildirmek yükümlülüğü bulunmaktadır.

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (10/05/2005): Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımı, enerji kaynak çeşitliliğinin artması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesini amaçlayan kanundur.

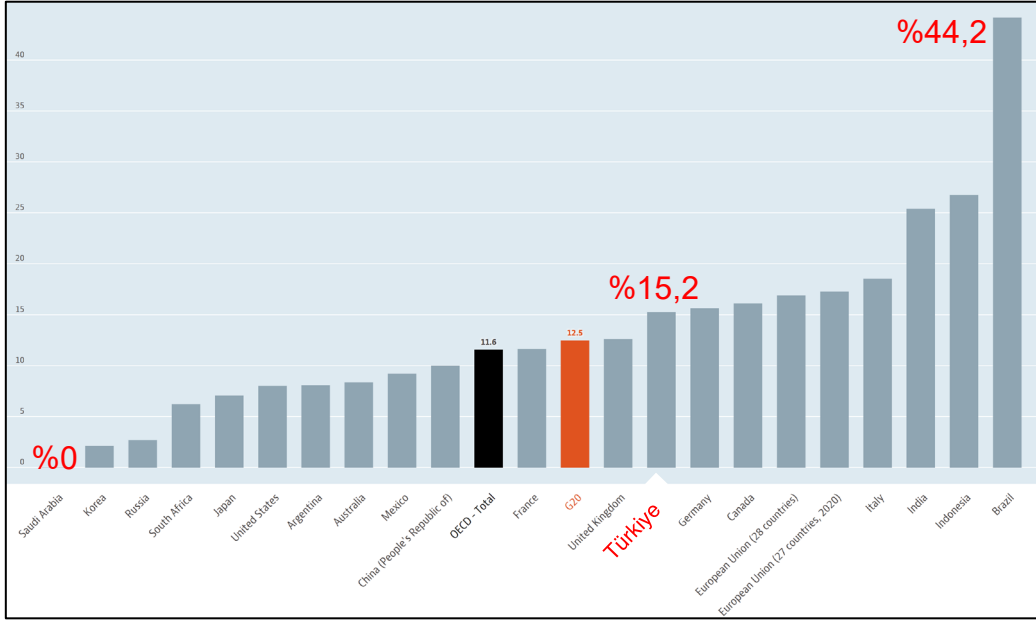


Türkiye’de, özellikle 2005 ve 31/12/2020 tarihleri arasında devreye giren yenilenebilir enerji santrallerine 10 yıl süreyle uygulanan YEKDEM (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması) destekleri, I Sayılı Cetvel uyarınca kaynak tipine göre 7,3 ila 13,3 ABD doları cent/kWh arasında gerçekleşmiştir. Bu dönemde güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji kaynaklı üretim santrallerinin elektrik üretimindeki payının hızla yükseldiği gözlenmiştir. Gelişen teknolojiler ve üretim yatırımlarının etkisiyle üretilen enerji başına yenilenebilir enerji santrali yatırım maliyetleri hızla düşmeye devam etmiş, yenilenebilir enerji santrali yatırımları 2020 sonrasında da cazibesini korumaya devam etmiştir. Tablo 75’te ülkemizde elektrik üretimi için kullanılan enerji kaynaklarındaki hızlı değişim gösterilmiştir. Şekil 82’de Türkiye’nin birincil enerji tüketimindeki yenilenebilir oranının OECD ve G20 ülkeleri ortalamasının üstünde olduğu gösterilmektedir.

Tablo 75: Türkiye Brüt Elektrik Enerjisi Üretiminde Birincil Enerji Kaynak Paylarının Yıllar İtibariyle Gelişimi- [TEİAŞ]

Yıllar	Toplam Termik	Toplam Hidrolik	Toplam Jeotermal + Rüzgar + Güneş	Genel Toplam
2000	75,2	24,7	0,1	100
2001	80,3	19,6	0,1	100
2002	73,8	26,0	0,2	100
2003	74,8	25,1	0,1	100
2004	69,2	30,6	0,2	100
2005	75,4	24,4	0,2	100
2006	74,8	25,1	0,2	100
2007	81,0	18,7	0,3	100
2008	82,8	16,8	0,5	100
2009	80,6	18,5	1,0	100
2010	73,8	24,5	1,7	100
2011	74,8	22,8	2,4	100
2012	73,0	24,2	2,8	100
2013	71,6	24,7	3,7	100
2014	79,5	16,1	4,3	100
2015	68,5	25,6	5,8	100
2016	67,7	24,5	7,8	100
2017	71,4	19,6	9,1	100
2018	68,8	19,7	11,5	100
2019	57,6	29,2	13,1	100
2020	59,6	25,5	14,9	100
2021	66,5	16,7	16,8	100
2022	60,5	20,3	19,2	100

5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (02/05/2007): Türkiye’de enerji verimliliğini teşvik etmek ve düzenlemek amacıyla çıkarılan bu kanun, enerji verimliliği politikalarının temelini oluşturmuştur. Son güncelleme 25/12/2021 tarihinde gelmiştir.



Şekil 82: G20 Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Üretiminin Birincil Enerji Tüketimine Oranı- [data.oecd.org – Veriler 2021 veya daha yeni kaynaklara dayanmaktadır]

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008): Her fonksiyondaki binanın birincil enerji tüketimini sınırlandırmaktadır. Enerji ve karbon salım limiti bina fonksiyonuna göre değişir. Yeni binaların en az C performans seviyesine sahip olması gerekmektedir. Zorunlu olarak alınan ve yenilenen enerji kimlik belgeleri (EKB) BEP-TR portalında saklanmaktadır.

2022 yılında gelen güncelleme ile 2000 m² üzeri binalar NSEB statüsünde olmak zorundadır. B sınıfı ve üzeri enerji performansı göstermeli, birincil enerjisinin en az %10'unu yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamalıdır.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Şartları Standardı (2008): 5 iklim bölgesi için bina kabuğunun asgari yalıtım seviyesini tanımlamaktadır. Pasif enerji verimliliği önlemlerini belirlemek adına temel politika belgesidir.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (UEVEP) 2017-2023 (02/01/2018): Türkiye'nin enerji verimliliği politikalarını güçlendirmek ve daha etkili bir şekilde uygulamak için hazırlanan bir eylem planıdır. Bu eylem planı, enerji verimliliği alanında yapılacak çalışmaları belirlemiş ve uygulanacak politika önlemlerini ortaya koymuştur.

Paris Anlaşması (PA): 4 Kasım 2016 yılında yürürlüğe giren, 2020 sonrası enerji politikalarının çerçevesini oluşturan anlaşmadır. Günümüzde 197 taraf ülkenin 187'si anlaşmayı imzalamıştır. Türkiye, 6 Ekim 2021 tarihinde anlaşmayı parlamentoda oylayarak kabul etmiş, 10 Kasım 2021 tarihinde yürürlüğe almıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Ticaret Bakanlığı, Yeşil Mutabakat Eylem Planı (2021): Türkiye'nin sürdürülebilir ve kaynağı etkin bir ekonomiye geçişine katkı sağlamak, Türkiye'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı ile öngörülen kapsamlı değişikliklere uyum sağlamasına yardımcı olmak amacıyla yeşil ve döngüsel ekonomiyi destekleyen ticari eylemleri hayata geçirmeyi amaçlar.

8. İş Sağlığı ve Güvenliği Gereksinimleri

Öncelikle tüm çalışmalar başta Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği olmak üzere 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve ilgili yönetmeliklere uygun olarak yürütülmelidir. Bunun dışında makine-ekipman bakımı ve belgelendirilmesinde yine Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) ilgili dokümanları geçerlidir. Farklı yöntemler için kullanılabilen makine yelpazesi de farklılık gösterebilir. Ancak en temel olarak tüm yöntemlerde kullanılabilen olan beton pompası, mobil vinç ve sepetli vinçler, yükseltilebilir seyyar platformlar, iskeleler, kompresörler gibi ekipmanların bakımı, kontrolü ve uygunluğu için TS EN 12001, TS ISO 21573-1, TS EN 13000, TS EN 280-1, TS EN 280-2, TS EN 12810-1, TS EN 12810-2, TS EN 12811-1, TS EN 12811-2, TS EN 12811-3, TS EN 12811-1, TS EN 12812 ve TS EN 1012-1 standartları kullanılmalıdır.

Uygulanacak farklı yöntemler birbiri ile benzer iş güvenliği tehlikeleri ve riskleri ortaya çıkarabileceği gibi birbirinden farklı tehlike ve riskler de içerebilmektedir. Genel olarak; yüksekten düşme, yüksekten malzeme düşmesi, mobil vinç ile malzeme kaldırılması, malzeme çarpması – sıçraması - batması, sıkışma, hareketli ekipmanlar ile temas, çalışma yapılan alanda enerji sistemlerinin izole edilmemesi, demir bükme-kesme makineleri, kalıp hazırlanması, kalıp yağı kullanılması, kalıp sökümü, basınçlı beton pompaları hortumları, takılma-düşme, malzeme taşınması, elle yük taşıma, yangın, elektrikli el aletleri, kablo, priz ve panolar, kaçak akım rölesi eksikliği, titreşim, havalandırma eksikliği, toz, gürültü, termal konfor eksikliği, el aletlerinin kullanımı, aydınlatma eksikliği, yemek-istirahat alanlarının ayrılmaması, acil durum hazırlığı bulunmaması, eğitim-bilgi eksikliği, talimat eksikliği, uyarı-bilgi levhaları eksikliği, kişisel koruyucu donanım kullanmama, pnömotik ekipmanların kullanılması, kaynak işleri, kaynak ışınları, kaynak tüpleri, periyodik bakımların yapılmaması, kimyasalların kullanılması ve malzeme güvenlik bilgi formlarının eksik olması, gece çalışmaları, tetanoz vb. aşıların eksikliği, geçiş amaçlı merdivenlerin kullanımı, el merdiveni, seyyar iskele kullanımı, iskele kurulumu, sahanın dağınık bırakılması ve tertip-düzen eksikliği, yapılan işlerde ehil gözetmen nezareti eksikliği, çalışma ve geçiş alanlarının ayrılmaması gibi tehlike ve riskler görülebilir.

Genel olarak tüm yöntemler için uygulamalarda sıklıkla yüksekten düşme ve yüksekten malzeme düşmesi tehlikesi olduğu söylenebilir. Yüksekten düşme ve yüksekten malzeme düşmesi konusunda alınması gereken önlemler toplu korumaya yönelik olmalı, yetersiz kaldığı durumlarda yüksekten düşmeyi önleyici kişisel koruyucu donanımlar ve sistemler kullanılmalıdır. Yüksekten düşme konusunda iş güvenliği mevzuatı dışında TS EN 1263-1 ve TS EN 1263-2 Geçici iş donanımları - Güvenlik ağıları, TS 13885/T1 Yüksekte çalışma ve kurtarma için teorik ve uygulama eğitimleri, TS EN 341 Yüksekten düşmeye karşı personel koruyucu teçhizat, TS EN 354 Kişisel koruyucu donanım - Belirli bir yükseklikten düşmeye karşı - Bağlama tertibatı, TS EN 355 Kişisel koruyucu donanım - Yüksekten düşmeye karşı - Enerji absorplayiciler, TS EN 358 Kişisel koruyucu donanım-Belirli bir yükseklikte çalışma güvenliğini sağlamak ve düşmeyi önlemek için-Tutma sistemleri, çalışma konumu için kemerler ve halatlar, TS EN 360 Kişisel koruyucu donanım - Yüksekten düşmeye karşı



- Geri sarmalı tipte düşme önleyiciler, TS EN 361 Kişisel koruyucu donanım - Belirli bir yükseklikten düşmeye karşı - Tam vücut kemer sistemleri, TS EN 362 Yüksekten düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım - Bağlayıcılar, TS EN 795 Düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım-Ankraj cihazları, TS EN 813 Düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım – Alt emniyet kemerleri, TS EN 12275 Bağlayıcılar (bağlantı halkaları) gibi TSE standartları geçerlidir.

Kırım-yıkım işlemleri sırasında moloz düşmesi, parça sıçraması, malzeme çarpması-batması gibi tehlikeler ortaya çıkabilir. Kullanılan delici aletlerin gürültü ve titreşimi takip edilmeli, çalışanlar uzun süre gürültü ve titreşime maruz bırakılmamalıdır.

Mevcut binalara ilave yapılması gerektiği durumlarda, mevcut temel veya elamanların sıyırma işlemi gerekliliğinde asbest kontrolünün yapılması gereklidir. Özellikle eski binalarda asbest ile ilgili riskler değerlendirilmeli, asbest tehlikesi tespit edilirse Asbestle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik hükümleri uygulanmalıdır. Her halükârda çalışanların maruz kaldığı havadaki asbest konsantrasyonunun, sekiz saatlik zaman ağırlıklı ortalama değerinin 0,1 lif/cm³'ü geçmemesi sağlanmalıdır.

İnşaat işlerinde yine birçok ölümlü ve ciddi yaralanmalı kazalar elektrik sebebi ile yaşanmaktadır. Elektrik işlerine önem verilmeli ve özen gösterilmelidir. Kullanılan tüm el aletleri, elektrikli el aletleri ve benzeri her türlü araç, makine ve ekipman düzenli bir bakıma tabi tutulmalıdır. Tüm alet ve ekipmanlar yetkin kişilerce onaylanmış olmalıdır.

Uygulama yapacak çalışanların ehil olması gereklidir, mesleki yeterliliği ve varsa gerekli diğer mesleki eğitimlerinin yanında yapacağı işe uygun iş sağlığı ve güvenliği eğitimi almaları gereklidir. Görev yapacak personelin MYK Belge Kodu ile Meslek Standardı Adı şöyle sıralanabilir: 10UMS0081-3 Ahşap Kalıpçı, 11UMS0176-3 Panel Kalıpçı, 09UMS0028-3 Tünel Kalıpçısı, 10UMS0082-3 Betonarme Demircisi, 11UMS0135-3 Sıvacı, 11UMS0157-3 Duvarcı, 18UMS0707-3 Püskürtme Beton Makinesi Operatörü, 15UMS0463-2 İnşaat İşçisi, 12UMS0186-3 Betoncu, 11UMS0132-3 Isı Yalıtımcısı, 11UMS0156-3 Alçı Sıva Uygulayıcısı, 14UMS0399-3 Elektrik Tesisatçısı, 14UMS0399-4 Elektrik Tesisatçısı, 16UMS0554-5 Elektrik Tesisatçısı, 12UMS0275-4 Endüstriyel ve Yapısal Çelik Konstrüksiyon İşçisi, 11UMS0175-3 Mobil Vinç Operatörü, 11UY0010-3 Çelik Kaynakçısı.

Tüm çalışmalarda öncelikle toplu koruma önlemleri uygulanmalı, bunun ardından kişisel koruyucu yöntemler de eklenmelidir. Çalışanlara gerekli olan her türlü kişisel koruyucu donanım sağlanmalı ve kullandırılmalıdır. Kullanılacak başlıca kişisel koruyucu donanımlar ve ilgili standartları:

İş ayakkabıları ve ayak koruyucular için: TS EN ISO 20345, TS EN ISO 20346, TS EN ISO 20347, TS EN ISO 11611.

Baret ve kafa koruyucular için: TS EN 397+A1.

Vücut koruyucular için: TS EN ISO 20471, TS EN ISO 11611.

İş gözlüğü ve göz ve yüz korucular için: TS EN 166, TS EN 169, TS EN 170, TS EN 171, TS EN 172, TS EN 175, TS EN 379.



Eldiven ve el koruyucular için: TS EN ISO 21420, TS EN 388+A1, TS EN 12477, TS EN 12477/A1, TS EN 407, TS EN 511, TS EN 60903.

Düşme koruyucular ve paraşüt tipi emniyet kemerleri için: TS EN 341, TS EN 354, TS EN 355, TS EN 358, TS EN 360, TS EN 361, TS EN 362, TS EN 795, TS EN 813, TS EN 12275.

İşitme koruyucular için: TS EN 352-1, TS EN 352-2.

Solunum koruyucular için: TS EN 136, TS EN 140, TS EN 143, TS EN 149, TS EN 14387.

Kalıp ve demir işlerinde yüksekte çalışmalarda gerekli önlemler alınmalıdır. Beton dökülmesi öncesinde teknik kontrolleri yapılmış beton döküm makineleri kullanılmalıdır, beton pompası basıncı göz önünde bulundurulmalı ve çalışanlara kontrolsüz teması engellenmelidir.

Delik delme işlemleri sırasında bol kıyafetler giyilmemelidir. Kullanılan kimyasal dübel, vb. malzemelerin kullanım talimatları ve malzeme güvenlik bilgi formları mevcut olmalıdır.

FRP gibi yöntemlerin uygulanması sırasında yapıştırıcı olarak kullanılan epoksi esaslı yapıştırıcı kimyasalların göz ve gıda ile temasından kaçınılmalı, el ile karıştırılmamalı ve içine solvent malzemeler karıştırılmamalıdır. Malzeme güvenlik bilgi formları mevcut olmalı, kullanılan kimyasallar uygulama alanına sadece kullanılacak miktar kadar getirilmeli ve üretici talimatlarına uygun şekilde muhafaza edilmelidir. Ortamda yeterli havalandırma sağlanmalı, kullanıcı talimatı mevcut ise uygun solunum koruyucular kullanılmalıdır.

Çalışma esnasında daima göz koruyucu, eldiven, giysi ve maske kullanılmalıdır.

Çelik çalışmaları sırasında kullanılacak kaynak aletleri, pnömotik aletler ve kompresörler bakımlı olmalı, uygunluk raporları bulunmalı ve üretici talimatlarına uygun olarak kullanılmalıdır. Kaynak işlerine ehil olmayan çalışanlar acil durum dışında müdahale etmemelidir. Kaynak işlerinde çalışanlar kaynak ışınlarından, ısısından korunmalıdır. Ortam havalandırması yeterli olmalı gerekli ise kaynak gazları cebri olarak uzaklaştırılmalı ve gerekli gaz maskeleri kullanılmalıdır. Kullanılan kaynak sistemine uygun müdahaleyi sağlayacak yangın söndürücüler temin edilmelidir.

Dış cephe ve çatı işlerinde yüksekte düşme ve yüksekte malzeme düşmesi önlemleri alınmalıdır. Korkuluklar Yapı İşlerinde İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetmeliği Ek-4'e, güvenlik ağıları kurulumu TS EN 1263-1 ve TS EN 1263-2'e, dikey yaşam hattı ile beraber paraşüt tipi emniyet kemerleri ise TS 13885/T1 Yüksekte çalışma ve kurtarma için teorik ve uygulama eğitimleri, TS EN 341 Yüksekte düşmeye karşı personel koruyucu teçhizat, TS EN 354 Kişisel koruyucu donanım - Belirli bir yükseklikten düşmeye karşı - Bağlama tertibatı, TS EN 355 Kişisel koruyucu donanım - Yüksekte düşmeye karşı - Enerji absorblayıcılar, TS EN 358 Kişisel koruyucu donanım-Belirli bir yükseklikte çalışma güvenliğini sağlamak ve düşmeyi önlemek için-Tutma sistemleri, çalışma konumu için kemerler ve halatlar, TS EN 360 Kişisel koruyucu donanım - Yüksekte düşmeye karşı - Geri sarmalı tipte düşme önleyiciler, TS EN 361 Kişisel koruyucu donanım - Belirli bir yükseklikten düşmeye karşı - Tam



vücut kemer sistemleri, TS EN 362 Yüksekten düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım - Bağlayıcılar, TS EN 795 Düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım-Ankraj cihazları, TS EN 813 Düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım – Alt emniyet kemerleri, TS EN 12275 Bağlayıcılar (bağlantı halkaları) gibi TSE standartlarına uygun olmalı ve toplu koruma önlemlerine öncelik verilerek kullanımı belirtilen sıra ile sağlanmalıdır. Dış cephe ve çatı yalıtım işlerinde yangın ile ilgili tehlikeler özellikle değerlendirilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.



9. Çevresel ve Sosyal Etkiler

Mevcut bir binada yapılacak her inşaat çalışmasının az ya da çok çevreyi ve binanın sakinlerini etkileyeceği muhakkaktır. Ancak önemli olan bu çalışmanın ne kapsamda yapılacağı binanın kullanımını tamamen engelleyip engellemeyeceği, yapılacak çalışmanın çevreyi, binada ve bölgede yaşayanları ne kadar etkileyeceğidir.

Çevresel etkiler açısından, güçlendirme çalışmaları sırasında kullanılan malzemelerin ve yöntemlerin sürdürülebilir olması önemlidir. Toz, gürültü ve çevresel kirlilik yaratabilecek her türlü malzeme dikkate alınmalıdır. Örneğin, enerji verimliliği yüksek malzemelerin kullanılması ve atık yönetiminin doğru yapılması çevreye olan etkiyi azaltabilir.

Sosyal etkilerine gelince, bu tür çalışmalar sırasında bina sakinlerinin geçici olarak yerinden edilmesi gerekebilir, ya da özellikle kamu binalarında kamu hizmeti alan vatandaşların bir süre binayı kullanamamaları ve sonucunda hizmette yaşanan aksamalar kısa vadede topluluk üzerinde stres ve rahatsızlık yaratabilir. Ancak uzun vadede, güçlendirilmiş binaların sağladığı güvenlik ve enerji tasarrufu gibi faydalar toplum için olumlu sonuçlar doğurabilir.

Bir binada yapılacak inşaat çalışmalarının çevresel ve sosyal etkilerini değerlendirmek için çeşitli faktörleri göz önünde bulundurmak önemlidir. Her binanın yapısal ve enerji güçlendirmesi ihtiyacı ve özellikleri farklı olduğundan güçlendirmenin etkilerini de bina özelinde değerlendirmek gerekir. Bu etkiler kullanılacak yöntem ile ilgili olduğu kadar yöntemin kullanılacağı bina, binada yöntemin kullanılacağı bölge ve kullanılacak yöntemin niceliği ile de ilişkilidir.

İnşaat süreci sırasında oluşabilecek gürültü, toz ve hava kirliliği gibi faktörlerin çevreye olan etkisi değerlendirilmelidir. Mevcut binalardaki ilk ve en önemli risk çevreye asbestin salınımıdır. Asbest özellikle eski inşaatlarda yoğun olarak kullanılan ve sağlığa zararlı olduğu bilinen bir madde olarak mevcut binalarda kırım, döküm işlerinin her aşamasında kontrol edilmeli ve izin verilen değerler altında tutulduğundan emin olunmalıdır.

Genel olarak mevcut beton yüzeylerinde yoğun sıyırma yapılan betonarme kolon mantolaması ve perde eklenmesi yöntemlerinde daha yoğun toz oluşumu beklenir. Güçlendirme eğer bina içerisinden yapılıyor ise gürültü ve tozun etkisi daha çok bina içerisinde sınırlı kalacaktır. Bu durumda binanın kullanımı olumsuz etkilenecek ancak komşu binalara olan etkiler azalacaktır.

Güçlendirmenin dışarıdan yapıldığı durumlarda gürültü ve tozdan kaynaklı çevresel ve sosyal etkiler artarken bina kullanımı ile ilişkilendirilebilecek etkiler azalacaktır.

Paspayı sıyırma ile beraber, binadan kat kaldırılması, ağır duvarların iptali, sıva ve kaplamaların kaldırılması gibi işlemlerde önemli oranda toz ve inşaat atığı ortaya çıkar. Bu nedenle özellikle betonarme binaların yine betonarme elemanlar ile güçlendirilmesinde ya da yığma binaların demirli beton ile güçlendirilmesinde çevresel ve sosyal etkiler nispeten daha yüksektir.



Atık yönetimi planı oluşturularak, inşaat sürecinde ortaya çıkabilecek atıkların kontrol altına alınması ve geri dönüşümü sağlanmalıdır.

Genel olarak çimento ve dolayısı ile beton doğal kaynaklar kullanılarak üretilse de betonun nakliyesi ve şantiye içerisinde taşınması birçok durumda çevreyi kirletici sonuçlara neden olmaktadır. Öte yandan LF'lerin kullanımına ya da çelik elemanlar ile güçlendirme uygulamalarında bu tip çevresel etkiler: gürültü, çevre kirliliği ve sosyal etkiler görece daha düşük kabul edilebilir.

İnşaat sürecinde artan araç trafiği, bina çevresindeki ulaşım altyapısının etkilenmesine neden olabilir. Bu durum, çevredeki trafik yoğunluğunu artırarak hava kalitesini olumsuz etkileyebilir.

İnşaat süresince alınacak trafik düzenleme önlemleri ve alternatif ulaşım yöntemleri ile çevresel etkiler minimize edilmelidir. Özellikle beton kullanımında bu etkilerin artacağı da göz önünde bulundurulmalıdır.

10. Değerlendirmeler

Betonarme sistemlerde en çok tespit edilen zafiyet, dayanım eksikliği olmuştur. 2000 yılı öncesi üretilmiş yapı stoğumuzun fazlalığı ve bu dönemde uygulanan elle karılan beton uygulamasının sonucu olarak beton kalitelerinin düşük olması, yine bununla birlikte nervürsüz düz demir uygulamasının 2000 yılı öncesi yaygınlığı dikkate alındığında beklenen bir sonuç olarak öne çıkmaktadır.

Çoğunlukla endüstri yapılarında, çerçeve sistem olarak kullanılan ön üretilmiş betonarme yapılarda, Şekil 20’de verilen anket sonuçlarına göre dayanım eksikliği, rijitlik eksikliği ve süneklik eksikliği zafiyetleri nerede ise başa baştır. Endüstri yapılarında kat yüksekliklerinin fazlalığı sebebi ile rijitlik eksikliği beklenmekle birlikte, fabrika ortamında üretimi yapılan ve bu nedenle imalatla kontrollü olunması beklenen bir yapı sisteminde dayanım ve süneklik eksikliğinin de anket sonucunda üst sıralarda çıkması düşündürücüdür. Dayanım eksikliğinin artan deprem etkileri nedeni ile oluşmuş olabileceği muhtemeldir.

Yığma binalar için dayanım eksikliği, Şekil 26’da verilen anket sonucuna göre yine en önemli zafiyet türüdür. Yığma bina stoğumuzun çok büyük bir bölümünün 2000 yılı öncesi imal edildiği sonucu Bölüm 3.1’de vurgulanmıştı. Zayıf duvar ve sıva malzemesi sonucu dayanım eksikliği beklenen bir zafiyet türüdür. Yine duvar kalınlıklarının, uzunluklarının, düzensiz ve fazla kapı-pencere boşluklarının bulunması sebebi ile rijitlik eksikliği anket sonucunda yığma binalarda diğer bir önemli zafiyet olarak öne çıkmıştır. Genel olarak gevrek malzeme ile inşa edilen yığma binalar için süneklik eksikliği ise beklenen bir zafiyet türüdür.

Ülkemizde endüstri yapılarında yoğun olarak tercih edilen bir yapı malzemesi olan çelik çerçeve ve çaprazlı sistemlerde en önemli zafiyetin dayanım eksikliği olarak öne çıkması düşündürücüdür. Ancak Şekil 22 ve Şekil 21’de görüldüğü gibi deprem talebinin artması da önemli bir zafiyet olarak belirlenmiştir. Dayanım eksikliği, artan deprem etkileri nedeni ile oluşmuş olabileceği gibi bağlantıların tasarım prensiplerinde yönetmelik şartlarının değişimi ile de ortaya çıkmış olabilir.

Türkiye’deki güçlendirme ve enerji verimliliğini iyileştirme araştırmaları sonunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

1. Mevcut kamu binası stoğu içerisinde en büyük pay eğitim yapılarına aittir.
2. Tek katlı 2000 yılı öncesi yapılmış yığma okul binalarının envanterdeki binaların yaklaşık %13’ünü oluşturmaktadır.
3. Betonarme binalarda en çok tercih edilen güçlendirme uygulamaları kolon sargılanması ve binaya perde eklenmesi yöntemidir.
4. Betonarme kolonların son yıllarda FRP ile sarılması uygulamasında artış gözlenmektedir.
5. Kütle azaltma yönteminin genellikle diğer güçlendirme yöntemlerini takviye amacı ile kullanıldığı anlaşılmaktadır.



6. Yığma yapılar için önerilen güçlendirme yöntemlerinin ısı yalıtımları kullanılmak sureti ile enerji verimliliği uygulamaları ile entegre edilmesi uygulanması kolay ve etkili bir çözüm olarak görülmektedir.
7. En çok uygulanan enerji verimliliği iyileştirme yöntemi olarak bina cephelerine ısı yalıtımı uygulaması yöntemi öne çıkmaktadır.
8. Cam cepheli binalarda güneş kırıcı, perde ve cam filmi uygulamaları hem düşük maliyetleri hem de etkinlikleri sebebi ile değerlendirilebilir.
9. Güçlendirme yöntemlerinin binanın içerisinde kullanılması durumunda tesisatların yenilenmesi bazı durumlarda gerekli olabilmektedir. Bina içinden yapılması gereken uygulamalar binanın kullanımını da kısıtlamaktadır.

Yapılan araştırmalar ve değerlendirmeler sonucunda güçlendirme ve enerji verimliliği yöntemleri belirlenen kriterler açısından puanlanarak aşağıdaki tablolarda karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda ilgili yöntem projeye özel gereklilikler göz önüne alınarak belirlenebilir. Ulaşılan bu sonuçlar projenin ileriki safhalarında kullanılmak üzere değerlendirilecektir.



Tablo 76: Yapısal Güçlendirme Yöntemleri Karşılaştırma Tablosu

Yöntem No	Güçlendirme Yöntemi	Deprem Performansına Etkisi	Yerel Malzeme Tedariki İmkânı	İşçilik ve Yapım Kolaylığı	Yapım Sürecinde Kullanım İmkânı Seviyesi	İnce İş Kalemlerine En Az Müdahale Gereksinimi	İç Mekân Fonksiyonunun Korunması	İSG Açısından Güvenlik Düzeyi	İnşaat Süresinin Kısalığı	Yöntemin Ekonomikliği	Kısa Sürede Tasarlanabilirlik	Bina Ömrüne Etkisi	Düşük Bakım Gereksinimi	İklim Şartlarına Dayanıklılığı	Çevresel ve Sosyal Olumsuz Etki Azlığı	Gömülü Karbon Puanı	Birlikte Uygulanabileceği Enerji Verimliliği Önlemleri
1	Betonarme ile Sargılama	●●●○●	●●●●●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●○○○●	32	1, 7
2	Çelik Elemanlarla Sargılama	●●●○●	●●●●●	●●○○●	●●○○●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	54	1, 7
3	Lifli Polimer ile Sargılama	●●○○●	●●●○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●●●	●●●●●	68	7
4a	Betonarme Perde Eklenmesi (İçten)	●●●●●	●●●●●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●○○○●	32	1, 6, 7
4b	Betonarme Perde Eklenmesi (Dıştan)	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●●●	●●●○●	43	1, 2, 3, 5
5a	Çelik Çapraz Eklenmesi (İçten)	●●●●●	●●●●●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●○○○●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●●●	●●●○●	46	1, 6, 7
5b	Çelik Çapraz Eklenmesi (Dıştan)	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	61	1, 2, 3, 5
6	Kütle Azaltılması	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●○●	●●●●●	●●●●●	●○○○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	79	1, 7
7	Birleşimlerin Güçlendirilmesi	●●○○●	●●●●●	●●○○●	●●●○●	●○○○●	●●●●●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	71	-
8	Çelik Yapısal Elemanların Çelik Plakalarla Güçlendirilmesi	●●●○●	●●●●●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	57	-
9	Dışardan Çerçeve Eklenmesi	●●●○●	●●●●●	●●●○●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	61	1, 2, 3, 5
10	Yığma Duvarların Hasır Donatı ve Özel Sıva ile Güçlendirilmesi	●●●○●	●●●●●	●●●○●	●○○○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	46	1, 2, 3, 5, 7
11	Yığma Duvarların Lifli Polimer ile Güçlendirilmesi	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	54	1, 2, 3, 5, 7
Ortalama		●●●○●	●●●○●	●●●○●	●○○○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●○○○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●●●○●	●○○○●		



En Yüksek Performansı



En Düşük Performansı İfade Etmektedir.

Tablo 77: Enerji Verimliliği Önlemleri (EVÖ) Karşılaştırma Tablosu

	Yüksek enerji verimliliği	Düşük maliyet, hızlı geri ödeme	Binadaki konfor seviyesini artırma	Malzeme temininin kolaylığı	Ülkede yeterli Teknik kapasite	Bina kullanımını engellememe	Bina ağırlığını çok artırmayan önlem	Kısa sürede uygulayabilme	Bina dışında veya yüksekte çalışma gerektirmeyen önlem	Pasif enerji verimliliği önlemi	Yoğun bakım ihtiyacı gerektirmeyecek önlem	Düşük inşaat işleri gereksinimi	Mevcut tesisat sökülmeden uygulanabilir	Düşük iş güvenliği riski	Gömülü karbon puanı	Toplam EVÖ puanı
Bina Cephesi Yalıtım	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır	61	73
Yalıtımlı Kapı & Pencere	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır	64	79
Güneş Kırıcı	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Hayır	89	67
Stor / Perde Kullanımı	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	86	84
Low-e ve Güneş Kontrol Camları	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Hayır	50	57
Petek arkası ısı yalıtımı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	82	89
Tesisat Yalıtımı	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	82	81
Çatı GES	Evet	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır	32	38

LEJANT	
	Yüksek performans
	Uygun performans
	Düşük performans



11. Referanslar

- (1962). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1962)*. T.C. İmar ve İskan Bakanlığı.
- (1968). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1968)*. T.C. İmar ve İskan Bakanlığı.
- (1975). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1975)*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- (1998). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998)*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- (1998). *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY-1998)*. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- Akbaş, A., & Çalışkan, Ö. (2023). Deprem Etkisinde Hasar Alan Betonarme Yapıların Düzensizlik Türleri Yönü ile İncelenmesi. *All Sciences Proceedings*.
- Anastasia, K., & Athanasios, E. (2013). Correlation of Structural Seismic Damage with Fundamental Period of RC Buildings. *Open Journal of Civil Engineering*, 3, 45-67.
- Arel, E., & Önalp, A. (2012). Geotechnical properties of Adapazari silt. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 71, 71(4), 709-720.
- Arnold, C. (2013). *Earthquake Effects on Buildings*. USA: Federal Emergency Management Agency.
- Avcı, S. (2011). Türkiye’de Nüfusun Deprem Bölgelerine Göre Dağılışı (1935–2010). *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*(6), 301-326.
- Ay, B. Ö., & Azak, T. E. (2021). Türkiye’de Değişen Yapı Özelliklerinin Karşılaştırmalı İncelemesi. *Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36 (4), 1111-1126.
- Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması*. (2021). Haziran 24, 2024 tarihinde TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu): <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bina-ve-Konut-Nitelikleri-Arastirmasi-2021-45870#:~:text=T%C3%BCrkiye'deki%20hanehalklar%C4%B1n%C4%adesinden alındı>
- Bina ve Konut Nitelikleri Araştırması, 2021*. (2022, Aralık 27). Haziran 24, 2024 tarihinde TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu): <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bina-ve-Konut-Nitelikleri-Arastirmasi-2021-45870#:~:text=T%C3%BCrkiye'deki%20hanehalklar%C4%B1n%C4%B1n%20%17%2C,ise%20%259%2C5%20oldu. adresinden alındı>

(2022). *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*. Resmi Gazete.

Bird Proofing of Solar Panels. (2024, Haziran 24). Haziran 24, 2024 tarihinde Solar Panel Cleaners UK: https://solarpanelcleanersuk.com/bird-proofing-of-solar-panels/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxS4aNTM88jKpVExsb0ezf0ySY576EY0QNKkuufjbqRoJYfolM-RahBoCofMQAvD_BwE adresinden alındı

(2011). *BS EN 15978-1, "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method"*. London: British Standards Institution.

Canbay, E. (2024, Haziran 24). *Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirmesi*. Haziran 24, 2024 tarihinde IMO: https://eski.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0f124ec125d030b_ek.pdf?tipi=1&tu=10 adresinden alındı

Celep, Z. (2022). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. İstanbul: Beta Basım.

Chiauzzi, L., Masi, A., Mucciarelli, M., Cassidy, J., Kutyn, K., Traber, J., . . . Yao, F. (2012). Estimate of fundamental period of reinforced concrete buildings: code provisions vs. experimental measures in Victoria and Vancouver (BC, Canada). *15WCE*.

Chun, Y.-S., Yang, J.-S., Chang, K.-K., & Lee, L.-H. (2000). Approximate Estimations of Natural Periods for Apartment buildings with Shear-Wall Dominant Systems. *12WCEE*.

(2018). *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Esaslar*.

(2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*. Resmi Gazete.

Enerji Verimliliği Eğitim Kitabı. (2023). Ankara: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.

Ersoy, U., Özsoy, Ş., & Aktan, E. (1971). *Dolgulu çerçevelerin davranış ve mukavemeti*.

(2006). *FEMA 547 Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings*. USA.

Fırat, S., Arman, H., & Kutanis, M. (2009). Assessment of liquefaction susceptibility of Adapazari City after 17th August 1999 Marmara earthquake. *Scientific Research and Essay*, 1012-1023.

FRP Applications. (2024, Haziran 24). Haziran 24, 2024 tarihinde AFZIR: <https://afzir.com/en/strengthening-with-frp/frp-applications/> adresinden alındı

Gabr, A. (2012). The uncertainties of using replacement soil in controlling settlement. *J Am Sci*, 8(12), 662-665.



- Gala, D. K., Shah, S. Y., Bhamare, M. B., Kadam, M. T., Barad, M. M., & Satpute, S. S. (2013-2014). *Seismic Performance Study of R.C. Buildings with Shear Wall*. Sanjay Ghodawat Group of Institutions, Civil Engineering. Kolhapur: Shivaji University. doi:10.13140/RG.2.2.21176.34561
- Geçiş Distemleri-Döner Kapılar. (2024, Haziran 24). Haziran 24, 2024 tarihinde Dormakaba: <https://www.dormakaba.com/tr-tr/teklif/urunler/gecis-sistemleri/doner-kap%C4%B1lar> adresinden alındı
- Glossary. (2024, Haziran 24). Haziran 24, 2024 tarihinde GUARDIAN GLASS: <https://www.guardianglass.com/me/en/tools-and-resources/resources/glossary.glossaryfilter.1.20> adresinden alındı
- Guerrini, G., Salvatori, C., Senaldi, I., & Penna, A. (2021). Experimental and Numerical Assessment of Seismic Retrofit Solutions for Stone Masonry Buildings. *Geosciences*, 11(6), 230.
- HİLTİ. (2024, Haziran 24). Fotoğraflar Hilti tarafından, tedarik sağladıkları projelerden temin edilmiştir.
- Huang, Y., & Yu, M. (2013). Review of soil liquefaction characteristics during major earthquakes of the twenty-first century. *Nat Hazards*, 65, 2375–2384.
- İstanbul Proje Koordinasyon Birimi. (2024, 09 06). T.C. İstanbul Valiliği IPKB İstanbul Proje Koordinasyon Birimi: <https://www.ipkb.gov.tr/> adresinden alındı
- Jdashevsky. (2024, Haziran 24). *Solutions for Seismic Retrofit & Repair*. Haziran 24, 2024 tarihinde structural-me: <https://www.structural-me.com/Services/seismic-strengthening/> adresinden alındı
- Kalkan, E., Gülkan, P., Yılmaz, N., & Çelebi, M. (2009). Reassessment of probabilistic seismic hazard in the Marmara region. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 99(4). doi:10.1785/0120080285
- Kaplan, H., & Yılmaz, S. (2012). Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Buildings. *Earthquake-Resistant Structures-Design, Assessment and Rehabilitation*, 407-428.
- Kaplan, S. (2010). Mevcut Binaların Depreme Karşı Güvenceye Alınmasında Binayı Sırtlayıp, Kucaklayıp Depremi Emniyetle Savacak Yeni Bir Güçlendirme Yöntemi. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*, 55/210-1-2(459-460), 47-55.
- Keçeli, A., & Cevher, M. (2018). Zemin Hakim Periyodu ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi. *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, 17(2), 203-224. doi:10.30706/uybd.463982
- Khelifa, M., Khennane, A., & Oudjene, M. (2022). Modelling of Strengthened Steel Connections under Static and Cyclic Loading. *Buildings*, 12(11). doi:https://doi.org/10.3390/buildings12111962
- Krimgold, F., Green, M., Hattis, D., Barry, W., & Heintz, J. A. (2009). *FEMA P-420 Engineering Guideline for Incremental Seismic Rehabilitation*. (W. T. Holmes,



- T. R. McLane, U. Morelli, C. Rojahn, & C. Scawthorn, Dü) Redwood City, California: Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency.
- Kumar , D., & Sengupta, S. (2022). A-State-of-the-Art Review of Soil Liquefaction Mitigation Methods. *Recent Developments in Sustainable Infrastructure (ICRDSI-2020)—GEO-TRA-ENV-WRM*, 207, 263-273.
- (2020). *Lifli Polimer (FRP) Uygulama Teknik Şartnamesi*. ARUP.
- Obinna, U. (2023, May 16). *Jacketing of Reinforced Concrete (RC) Columns*. Structville: <https://structville.com/jacketing-of-rc-columns> adresinden alındı
- Özmen, B., Nurlu, M., & Güler, H. (1997). *Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi*. AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ , T.C BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI , Ankara.
- Öztürk, H., Davis, C. A., Kuşku, İ., Dalğış, S., & Kasapçı, C. (2024). Soil liquefaction and subsidence disaster in İskenderun related to the 6 February 2023 Pazarcık (Mw:7.7) and 20 February Defne (Mw:6.4) earthquakes, Türkiye. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 33(1). doi:<https://doi.org/10.55730/1300-0985.1900>
- Rasol, M., Eren, Ö., & Şensoy, S. (2014). *Seismic Performance Assessment and Strengthening of a Multi-Story RC Building through a Case Study of “Seaside Hotel*.
- Selçukhan, O., & Ekinçi, A. (2020). Zemin İyileştirme Yöntemleri ve Yaygın Kullanımına Bağlı Değerlendirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, 23, 481-496.
- Setiawan, H., Serikawa, Y., Sugita, W., Kawasaki, H., & Miyajima, M. (2018). Experimental study on mitigation of liquefaction-induced vertical ground displacement by using gravel and geosynthetics. *Geoenvironmental Disasters*, 22(5).
- Shmerling, A., & Gerdtts , M. (2022). A Design Methodology for the SeismRetrofitting of Existing Frame Structures Post-Earthquake Incident Using Nonlinear Control Systems. *Buildings*, 12(11).
- Sianko, I., Ozdemir, Z., Khoshkholghi, S., Garcia, R., Hajirasouliha, I., Yazgan, U., & Pilakoutas, K. (2020). A practical probabilistic earthquake hazard analysis tool: case study Marmara region. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(6), 2523-2555.
- Steel Jacketing of Columns*. (tarih yok). Haziran 24, 2024 tarihinde Jtcvietnam: <https://jtcvietnam.edu.vn/steel-jacketing-of-columns-dntwhd4m/> adresinden alındı
- Şengül, T., & Vitoşoğlu, Y. (2023). *Geoteknik Mühendisliğinde Yenilikçi Araştırmalar*. (M. İ. Onur, Dü.) Gaziantep, Türkiye: Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.
- TBDY-2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. (2018). Ankara: Resmi Gazete.



- Transition Bath*. (2024, Haziran 24). Haziran 24, 2024 tarihinde Transition Bath: <https://transitionbath.org/> adresinden alındı
- (2008). TS 825. Resmi Gazete. Aralık 2023 tarihinde alındı
- Tsavdaridis, K. D. (2013). Strengthening Techniques: Code-deficient Steel Buildings. K. D. Tsavdaridis, M. Beer, E. Pateli, I. Kougoumtzoglou, & I. Siu-Kui Au (Dü) içinde, *Encyclopedia of Earthquake Engineering*. SpringerVerlag. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-642-36197-5_207-1
- (1949). *Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (TYBYY-1949)*. T.C. Bayındırlık Bakanlığı.
- Upgrading the Building Envelope. (2008). *Energy Star ® Building Manual*. içinde United States.
- Utkucu, M., Budakoğlu, E., & Gülen, L. (2011). 8 Mart 2010 Başyurt (Karakoçan) Depremi (Mw=6.0) Telesismik Kaynak Özellikleri: Sismotektonik Çıkarımlar. 1. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*. Ankara.
- Wang , G. (2009). *Consolidation of soft clay foundations reinforced by stone columns under time dependent loadings*. J Geotech Geoenviron Eng ASCE.
- YAHAGI Engineering*. (tarih yok). Haziran 24, 2024 tarihinde YAGAHİ: <https://www.yahagi.co.jp/en/> adresinden alındı
- Yalıtım Uygulama. (2024, Haziran 16). *TCETKB Isı Yalıtımı Enerji Yöneticisi Sunumları*, 16. Haziran 24, 2024 tarihinde alındı
- (1953). *Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (YBYHYH-1953)*. T.C. İmar ve İskan Bakanlığı.
- (1944). *Zelzele Mintıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi (ZMMYT-1944)*. T.C. Bayındırlık Bakanlığı.
- (1940). *Zelzele Mintıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi (ZMYİAİYT-1940)*. T.C. Bayındırlık Bakanlığı.



Yapısal Güçlendirme Anketi Soruları

Yapısal Güçlendirme Anketi

...

BİLGİLENDİRME

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü Uluslararası Finans Kaynaklı Sismik Güçlendirme Daire Başkanlığı AR-GE Şube Müdürlüğü tarafından, ARUP Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti uhdesinde, "Kamu Binalarında Deprem Dayanımı ve Enerji Verimliliği Projesi" çerçevesinde yürütülen "WB/CS-TA-02" kodlu "İleri Mühendislik Uygulamaları ve Kapasite Geliştirme için Teknik Destek ve Danışmanlık Hizmetleri" işi kapsamında; depreme dayanıklı ve sürdürülebilir bina tasarımı konularındaki yenilikçi yöntemlerin belirlenip, bu yöntemlerin kamu binalarına uygulanması ve uluslararası en iyi uygulamaların Türkiye'de hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Çalışmanın sonuçları, edinilen bilgilerin kitlelere ulaşması ve yayılmasının sağlanması amacıyla uygulayıcılarla paylaşılacak olup, bu anket ile katkılarınızı rica etmekteyiz.

Next

Page 1 of 33

Şekil 83: Yapısal Güçlendirme Anketi Karşılama Sayfası

Katılımcı bilgisi

Firma ya da şahıs ismi *

Şekil 84: Soru-1 Katılımcı İsmi

Daha önce Türkiye'de mevcut bir yapının yerinde uygulanmış güçlendirme projesinde çalıştınız mı? *

☐ Evet, çalıştım

☐ Hayır, çalışmadım

Back

Next

Page 2 of 33

Şekil 85: Soru-2 Daha önce Türkiye'de mevcut bir yapının yerinde uygulanmış güçlendirme projesinde çalıştınız mı?

Güçlendirme projesinde görevleriniz neydi?

☐ Tasarımcı

☐ Uygulamacı

☐ Danışman

☐ Tedarikçi

Şekil 86: Soru-3 güçlendirme projesinde görevleriniz neydi?



Yaklaşık kaç farklı yapının güçlendirme projesinde çalıştınız?

The value must be a number

Şekil 87: Soru-4 Yaklaşık kaç farklı yapının güçlendirme projesinde çalıştınız?

Toplam güçlendirme projesi iş deneyiminiz kaç m2'dir?

- ☐ 0-20.000 m2
- ☐ 20.000-100.000 m2
- ☐ 100.000-1.000.000 m2
- ☐ 1.000.000-2.000.000 m2
- ☐ >2.000.000 m2

Şekil 88: Soru-5 Toplam güçlendirme projesi iş deneyiminiz kaç m2'dir?

Firmanızda çalışan teknik personel sayısı nedir?

- ☐ 0 - 5
- ☐ 6 - 10
- ☐ 11 - 15
- ☐ 16 - 40
- ☐ > 40

Şekil 89: Soru-6 Firmanızda çalışan teknik personel sayısı kaçtır?

Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?

Number must be between 0 ~ 100

Back

Next

Page 2 of 33

Şekil 90: Soru-7 Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?



Yük taşıyıcı sistem

Çalıştığınız yapıları yük taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırdığınızda yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Betonarme çerçeve sistem

Number must be between 0 ~ 100

Betonarme perde sistem

Number must be between 0 ~ 100

Betornarme perdeli çerçeve sistem

Number must be between 0 ~ 100

Prekast betonarme sistem

Number must be between 0 ~ 100

Çelik çerçeve sistem

Number must be between 0 ~ 100

Çelik çaprazlı sistem

Number must be between 0 ~ 100

Yığma yapı

Number must be between 0 ~ 100

[Back](#) [Next](#)

Page 3 of 33

Şekil 91: Soru-8 Çalıştığınız yapıları yük taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırdığınızda yaklaşık oranları nasıl olurdu?



Betonarme çerçeve sistem - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (dıştan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya Lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

Back Next Page 4 of 33

Şekil 92: Soru 9 Betonarme çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

Betonarme çerçeve sistem - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? Sayıca yüzde (%) olarak belirtiniz.

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back Next Page 5 of 33

Şekil 93: Soru-10 Çalıştığınız betonarme çerçeve sistem yapıları yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Betonarme çerçeve sistem - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 94: Soru 11/1 Çalıştığınız betonarme çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?

Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

Back Next

Page 6 of 33

Şekil 95: Soru-11/2 Çalıştığınız betonarme çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?

Betonarme çerçeve sistem - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

☐ Dayanım eksikliği

☐ Rijitlik eksikliği

☐ Süneklik eksikliği

☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)

☐ Deprem talebinin artması

☐ Zemin zaafiyetleri

☐ Other

Back Next

Page 7 of 33

Şekil 96: Soru-12 Betonarme çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?



Betonarme perde sistem - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (diştan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya Lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

Back Next

Page 8 of 33

Şekil 97: Soru-13 Betonarme perde sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

Betonarme perde sistem - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirildiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back Next

Page 9 of 33

Şekil 98: Soru-14 Çalıştığınız betonarme perde sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Betonarme perde sistem - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayınca yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 99: Soru-15/1 Çalıştığınız betonarme perde sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?

Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

Back Next

Page 10 of 33

Şekil 100: Soru-15/2 Çalıştığınız betonarme perde sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Betonarme perde sistem - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

- ☐ Dayanım eksikliği
- ☐ Rijitlik eksikliği
- ☐ Süneklik eksikliği
- ☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)
- ☐ Deprem talebinin artması
- ☐ Zemin zaafiyetleri
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 11 of 33

Şekil 101: Soru-16 Betonarme perde sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

Betonarme perdeli çerçeve sistem - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (dıştan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya Lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 12 of 33

Şekil 102: Soru-17 Betonarme perdeli çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.



Betonarme perdeli çerçeve sistem - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back

Next

Page 13 of 33

Şekil 103: Soru-18 Çalıştığınız betonarme perdeli çerçeve sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Betonarme perdeli çerçeve sistem - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 104: Soru-19/1 Çalıştığınız betonarme perdeli çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

Back **Next**

Page 14 of 33

Şekil 105: Soru-19/2 Çalıştığınız betonarme perdeli çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Betonarme perdeli çerçeve sistem - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

- ☐ Dayanım eksikliği
- ☐ Rijitlik eksikliği
- ☐ Süneklik eksikliği
- ☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)
- ☐ Deprem talebinin artması
- ☐ Zemin zaafiyetleri
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 15 of 33

Şekil 106: Soru-20 Betonarme perdeli çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

Prekast betonarme sistem - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (dıştan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya Lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 16 of 33

Şekil 107: Soru-21 Ön üretimli betonarme sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.



Prekast betonarme sistem - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? Sayıca yüzde (%) olarak belirtiniz.

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back

Next

Page 17 of 33

Şekil 108: Soru-22 Çalıştığınız Ön üretimli betonarme sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Prekast betonarme sistem - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 109: Soru-23/1 Çalıştığınız Ön üretimli betonarme sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

[Back](#) [Next](#)

Page 18 of 33

Şekil 110: Soru-23/2 Çalıştığınız Ön üretimli betonarme sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Prekast betonarme sistem - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

- ☐ Dayanım eksikliği
- ☐ Rijitlik eksikliği
- ☐ Süneklik eksikliği
- ☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)
- ☐ Deprem talebinin artması
- ☐ Zemin zaafiyetleri
- ☐ Other

Back Next

Page 19 of 33

Şekil 111: Soru-24 Betonarme Ön üretimli sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

Çelik çerçeve sistem - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (dişan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

Back Next

Page 20 of 33

Şekil 112: Soru-25 Çelik çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.



Çelik çerçeve sistem - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? Sayıca yüzde (%) olarak belirtiniz.

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back

Next

Page 21 of 33

Şekil 113: Soru-26 Çalıştığınız çelik çerçeve sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Çelik çerçeve sistem - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 114: Soru-27/1 Çalıştığınız çelik çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

[Back](#) [Next](#)

Page 22 of 33

Şekil 115: Soru-27/2 Çalıştığınız çelik çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Çelik çerçeve sistem - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

- ☐ Dayanım eksikliği
- ☐ Rijitlik eksikliği
- ☐ Süneklik eksikliği
- ☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)
- ☐ Deprem talebinin artması
- ☐ Zemin zaafiyetleri
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 23 of 33

Şekil 116:Soru-28 Çelik çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

Çelik çaprazlı çerçeve sistem - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (dıştan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya Lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 24 of 33

Şekil 117: Soru-29 Çelik çaprazlı çerçeve sistem binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.



Çelik çaprazlı çerçeve sistem - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? Sayıca yüzde (%) olarak belirtiniz.

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back

Next

Page 25 of 33

Şekil 118: Soru-30 Çalıştığınız çelik çaprazlı çerçeve sistem yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Çelik çaprazlı çerçeve sistem - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 119: Soru-31/1 Çalıştığınız çelik çaprazlı çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

Back **Next**

Page 26 of 33

Şekil 120: Soru-31/2 Çalıştığınız çelik çaprazlı çerçeve sistem yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Çelik çaprazlı çerçeve sistem - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

- ☐ Dayanım eksikliği
- ☐ Rijitlik eksikliği
- ☐ Süneklik eksikliği
- ☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)
- ☐ Deprem talebinin artması
- ☐ Zemin zaafiyetleri
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 27 of 33

Şekil 121: Soru-32 Çelik çaprazlı çerçeve sistem binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

Yığma - Güçlendirme teknikleri

Binaların güçlendirilmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.

- ☐ BA Perde eklenmesi ile
- ☐ Kolonların betonarme eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların çelik eleman ile sargılanması
- ☐ Kolonların Lifli Polimer ile sargılanması
- ☐ Kirişlerin sargılanması (dıştan etriye ile veya lifli polimerler ile)
- ☐ Bölme duvarların güçlendirilmesi (Donatılı özel sıva ile veya Lifli polimerler ile)
- ☐ Yeni çerçeve eklenmesi ile
- ☐ Kütle azaltılması ile
- ☐ Çelik takviyeler ile
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 28 of 33

Şekil 122: Soru-33 Yığma binaların güçlendirmesinde kullandığınız yöntemleri işaretleyiniz.



Yığma - Yapım yılı

Çalıştığınız yapıların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl sınıflandırırsınız? Sayıca yüzde (%) olarak belirtiniz.

Tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapılar

Number must be between 0 ~ 100

1977 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1977 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2000 - 2009 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2009 - 2020 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2020 sonrası

Number must be between 0 ~ 100

Back

Next

Page 29 of 33

Şekil 123: Soru-34 Çalıştığınız yığma yapıların yapım yıllarına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Yığma - Yapıların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki yapıların kullanım amacına göre ayırsanız yaklaşık oranları nasıl olurdu? **Sayıcı yüzde (%) olarak belirtiniz.**

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler

Number must be between 0 ~ 100

Deprem sonrası hemen kullanılması gerekli kamusal yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Diğer kamusal binalar

Number must be between 0 ~ 100

Konut, işyeri, otel ve bina türü yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 124: Soru-35/1 Çalıştığınız yığma yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Alışveriş merkezleri

Number must be between 0 ~ 100

Sinema, tiyatro ve konser salonları

Number must be between 0 ~ 100

Camiler

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi yapıları

Number must be between 0 ~ 100

Bina tipi olmayan köprü, viyadük, tünel, demiryolu hattı gibi altyapı tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

[Back](#) [Next](#)

Page 30 of 33

Şekil 125: Soru-35/2 Çalıştığınız yığma yapıların kullanım amacına göre dağılımını yüzdesel olarak belirtir misiniz?



Yığma - Zayıflık tipi

Binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

- ☐ Dayanım eksikliği
- ☐ Rijitlik eksikliği
- ☐ Süneklik eksikliği
- ☐ Düzensizlikler (Zayıf-yumuşak kat, burulma düzensizliği vd.)
- ☐ Deprem talebinin artması
- ☐ Zemin zaafiyetleri
- ☐ Other

[Back](#) [Next](#) Page 31 of 33

Şekil 126: Soru-36 Yığma binaların deprem davranışı ile ilgili tespit ettiğiniz genel zaafiyetler nelerdi?

Güçlendirme sonunda binaların yüzde kaçının fonksiyonu veya kullanım amacı değişti?

- ☐ Hiçbirinin değişmedi
- ☐ %5'e kadar
- ☐ %5 - %10 arası
- ☐ %10 - %25 arası
- ☐ %25 - %50 arası
- ☐ %50'den fazla
- ☐ Tamamı

[Back](#) [Next](#) Page 32 of 33

Şekil 127: Soru-37 Güçlendirme sonunda binaların yüzde kaçının fonksiyonu veya kullanım amacı değişti?

* Required

Onam

İlk soru için verdiğiniz katılımcı bilginin, anket sonuçlarının kullanıldığı proje çıktılarında "katkıda bulunanlar" olarak paylaşılmasını onaylıyor musunuz? *

- ☐ Evet
- ☐ Hayır

[Back](#) [Submit](#) Page 33 of 33

Şekil 128: Soru-38 İlk soru için verdiğiniz katılımcı bilginin, anket sonuçlarının kullanıldığı proje çıktılarında "katkıda bulunanlar" olarak paylaşılmasını onaylıyor musunuz?



Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi Soruları

Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi

BİLGİLENDİRME

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü Uluslararası Finans Kaynaklı Sismik Güçlendirme Daire Başkanlığı AR-GE Şube Müdürlüğü tarafından, ARUP Mühendislik ve Müşavirlik Ltd. Şti uhdesinde, "Kamu Binalarında Deprem Dayanımı ve Enerji Verimliliği Projesi" çerçevesinde yürütülen "WB/CS-TA-02" kodlu "İleri Mühendislik Uygulamaları ve Kapasite Geliştirme için Teknik Destek ve Danışmanlık Hizmetleri" işi kapsamında; depreme dayanıklı ve sürdürülebilir bina tasarımı konularındaki yenilikçi yöntemlerin belirlenip, bu yöntemlerin kamu binalarına uygulanması ve uluslararası en iyi uygulamaların Türkiye'de hayata geçirilmesi hedeflenmektedir. Çalışmanın sonuçları, edinilen bilgilerin kitlelere ulaşması ve yayılmasının sağlanması amacıyla uygulayıcılarla paylaşılacak olup, bu anket ile katkılarınızı rica etmekteyiz.

Next

Page 1 of 16

Şekil 129: Enerji Verimliliği Önlemleri Anketi Karşılama Sayfası

* Required

Katılımcı bilgisi

Firma ya da şahıs ismi *

Back **Next**

Page 2 of 16

Şekil 130: Soru-1 Katılımcı İsmi

Daha önce Türkiye'de mevcut bir binanın (ön veya detaylı) enerji etüdünü yapıp bir (ön veya detaylı) enerji etüt raporu hazırladınız mı?

☐ Evet, ön etüt çalışması yapıldı (ölçüm hizmetini içermeyen seviye)

☐ Evet, detaylı etüt çalışması yapıldı (ölçüm hizmeti ve detaylı fizibilite içeren seviye)

☐ Hayır

Şekil 131: Soru-2 Daha önce Türkiye'de mevcut bir binanın (ön veya detaylı) enerji etüdünü yapıp bir (ön veya detaylı) enerji etüt raporu hazırladınız mı?



Daha önce Türkiye'de mevcut bir bina için hazırlanmış enerji etüt raporuna göre elektrik, mekanik, mimari veya yapısal uygulama projesi hazırladınız mı?

- ☐ Evet, elektrik uygulama projesi yapıldı (zayıf ve kuvvetli akım, otomasyon, aydınlatma, yenilenebilir enerji vb.)
- ☐ Evet, mekanik uygulama projesi yapıldı (ısıtma, soğutma, havalandırma, ısı geri kazanım, biyokütle yakıtlı yenilenebilir enerji santrali, kojenerasyon, yalıtım, cam filmi vb.)
- ☐ Evet, mimari uygulama projesi yapıldı (yalıtım, gölgeleme elemanları, pasif havalandırma, mimari plan revizyonları vb.)
- ☐ Evet, yapısal uygulama projesi yapıldı (yapısal güçlendirme, yeni bir teknik hacim ekleme vb.)
- ☐ Hayır

Şekil 132: Soru-3 Daha önce Türkiye'de mevcut bir bina için hazırlanmış enerji etüt raporuna göre elektrik, mekanik, mimari veya yapısal uygulama projesi hazırladınız mı?

Daha önce Türkiye'de bir yeşil bina tasarladınız mı? (Bu ankette "yeşil bina"; enerji verimliliği, yenilenebilir enerji üretimi, kaynak verimliliği unsurlarından bir veya birkaçını barındıran binaları tanımlamaktadır.)

- ☐ Evet
- ☐ Hayır

Şekil 133: Soru-4 Daha önce Türkiye'de bir yeşil bina tasarladınız mı? (Bu ankette "yeşil bina"; enerji verimliliği, yenilenebilir enerji üretimi, kaynak verimliliği unsurlarından bir veya birkaçını barındıran binaları tanımlamaktadır.)

Yukarıdaki sorulardan en az birine "Evet" yanıtı verdiniz mi?

- ☐ Evet
- ☐ Hayır

Şekil 134: Soru-5 Yukarıdaki sorulardan en az birine "Evet" yanıtı verdiniz mi?

Yaklaşık kaç farklı binanın enerji verimliliği projesinde çalıştınız veya yeşil bina tasarladınız?

- ☐ 1 – 10 arası
- ☐ 10 – 50 arası
- ☐ 50'den fazla

Şekil 135: Soru-6 Yaklaşık kaç farklı binanın enerji verimliliği projesinde çalıştınız veya yeşil bina tasarladınız?



Firmanızda çalışan teknik personel sayısı nedir?

☐ 0-5

☐ 6-10

☐ 11-15

☐ 16-40

☐ >40

Şekil 136: Soru-7 Firmanızda çalışan teknik personel sayısı nedir?

Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?

☐ 1 – 10 arası

☐ 10 – 50 arası

☐ 50'den fazla

Şekil 137: Soru-8 Firmanızda çalışan kadın personelin yüzdesel oranı nedir?

Yapım yılı

Çalıştığınız mevcut binaların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl oranlarsınız? Yüzde olarak belirtiniz.

1980 öncesi

Number must be between 0 ~ 100

1981 - 2000 yılları arası

Number must be between 0 ~ 100

2001 ve sonrası

Number must be between 0 ~ 100

[Back](#) [Next](#)

Page 5 of 16

Şekil 138: Soru-9 Çalıştığınız mevcut binaların yapım yıllarını değerlendirdiğinizde nasıl oranlarsınız? Yüzde olarak belirtiniz.



Binaların kullanım amacı

Çalıştığınız projelerdeki mevcut binaların veya tasarımı yapıtığınız yeşil binaların kullanım amacına göre oranları yaklaşık nedir?

Kamu binaları (ofisler, bakanlık binaları, belediyeler gibi idari binalar)

Number must be between 0 ~ 100

Okul, üniversite ve yurt binaları

Number must be between 0 ~ 100

Spor salonları

Number must be between 0 ~ 100

Hastaneler

Number must be between 0 ~ 100

Oteller

Number must be between 0 ~ 100

Müzeler, tiyatrolar, kültürel yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Şekil 139: Soru-10/1 Çalıştığınız projelerdeki mevcut binaların veya tasarımı yapıtığınız yeşil binaların kullanım amacına göre oranları yaklaşık nedir?



Konutlar

Number must be between 0 ~ 100

Ticari binalar – ofisler

Number must be between 0 ~ 100

Ticari binalar – marketler, AVM’ler ve diğer alışveriş amaçlı yapılar

Number must be between 0 ~ 100

Sanayi tesisleri

Number must be between 0 ~ 100

Altyapı tesisleri (pompa istasyonları, telekomünikasyon merkezleri vb.)

Number must be between 0 ~ 100

Çalıştığınız projelerdeki yapıların başka kullanım amacı var mıydı?

☐ Evet

☐ Hayır

[Back](#) [Next](#)

Page 6 of 16

Şekil 140: Soru-10/2 Çalıştığınız projelerdeki binaların veya tasarımı yaptığınız yeşil binaların kullanım amacına göre oranları yaklaşık nedir?



Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

- ☐ Kazana ekonomizer uygulama
- ☐ Kazan ısı yalıtımını iyileştirme
- ☐ Kazana oksijen trim kontrolleri ve modülasyonlu brülör ekleme
- ☐ Yakıt değişimi: Kazanları devreden çıkarıp ve ısı pompaları kurma
- ☐ Radyatörlere termostatik vana ekleme
- ☐ Oda termostatları ekleme
- ☐ Isıtma sıcaklık set değerini standartlara göre sınırlama (örn. ofisler için 21 °C)

Şekil 141: Soru-10/3: Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Şekil 142: Soru-11/1 Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 7 of 16

Şekil 143: Soru 11/2 Çalıştığınız projelerde alan ısıtma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

☐ Alan ısıtma ve/veya sıcak su üretimi için güneş enerjili su ısıtıcıları kurulumu

☐ Güneş fotovoltaik (PV) panelleri kurarak elektrik üretimi (çatı, otoparklar vb.)

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Şekil 144: Soru-12/1 Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 8 of 16

Şekil 145: Soru-12/2 Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Çalıştığınız projelerde kontrol ve otomasyon üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

☐ Enerji verimliliğini optimize etmek için BMS'i (bina otomasyon sistemi) senaryolarla güçlendirme

☐ Bina otomasyon sistemi sıcaklık set değeri ve zaman ayarları

☐ Talep kontrolü için mahallere / kanallara sensörler yerleştirme: Sıcaklık, nem, CO2

☐ Binaya mutlak basınç sensörleri kurma: Hava sızıntısını önlemek için pozitif basınçlandırma

☐ Enerji izleme sistemi kurulumu (EMS), bina fonksiyonları enerji tüketiminin süzme sayaçları ile takibi (örn. Soğutma, aydınlatma)

Şekil 146: Soru-12/3 Çalıştığınız projelerde yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı üzerine aşağıdaki yöntemlerden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Şekil 147: Soru-13/1 Çalıştığınız projelerde kontrol ve otomasyon üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 9 of 16

Şekil 148: Soru 13/2 Çalıştığınız projelerde kontrol ve otomasyon üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Çalıştığınız projelerde havalandırma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

- ☐ Klima santrallerine ısı geri kazanım üniteleri ekleme
- ☐ Mahallerde ısı geri kazanımlı havalandırma (HRV) üniteleri kullanımı
- ☐ Pasif havalandırma (çeperde kapatılabilir hava ızgaraları, havalandırma bacaları vb.)
- ☐ Mekanik, doğal veya pasif havalandırma yoluyla serbest soğutma (free cooling)

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Şekil 149: Soru-14/1 Çalıştığınız projelerde havalandırma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back

Next

Page 10 of 16

Şekil 150: Soru 14/2 Çalıştığınız projelerde havalandırma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

- ☐ Tasarım aşamasında yapının arsadaki konumunu ve yönünü belirlerken mahallerin işlev ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurma
- ☐ Yapının form, boyut ve cephe tasarımını (dolu/boş oranı) belirlerken enerji verimliliği açısından avantajlı olanı seçme
- ☐ Yapının cephe rengi ve malzemesinin seçiminde enerji verimliliğini dikkate alma
- ☐ Cepheye gölgelendirme elemanları ekleme
- ☐ Dış duvar ve çatı ısı izolasyonu ekleme
- ☐ Düşük U değerlerine (ısıl geçirgenlik) sahip, rijit (daha az hava sızıntısı sağlayan) çerçeveli, Low-e (ışınım la ısı kaybını azaltan) ve güneş kontrolü (güneşten gelen enerjiyi yansıtan) özellikli üçlü cam kullanımı
- ☐ Motorlu veya manuel perdeler
- ☐ Kanal, boru, vana ve bağlantı elemanları üzerine ısı yalıtımı uygulama

Şekil 151: Soru-15/1 Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Şekil 152: Soru-15/2 Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 11 of 16

Şekil 153: Soru-15/3 Çalıştığınız projelerde hangi pasif enerji verimliliği yöntemlerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Çalıştığınız projelerde soğutma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

☐ Split klima sistemlerini devreden çıkarıp, eş zamanlı ısıtma ve soğutma yapabilen VRV'ler kullanma

☐ Toprak kaynaklı ısı pompaları kurulumu, açık/kapalı çevrim sondaj kuyuları inşası

☐ Isı pompaları ile eş zamanlı soğutma ve sıcak su üretimi eldesi

☐ Çiller gruplarının (2 ve daha fazla adet) en yüksek verimde çalışmasını sağlayacak şekilde kısmi yük yönetimi

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Şekil 154: Soru 16/1 Çalıştığınız projelerde soğutma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 12 of 16

Şekil 155: Soru 16/2 Çalıştığınız projelerde soğutma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Çalıştığınız projelerde enerji depolama üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

☐ Termal depolama uygulaması (soğutma için buz veya ısıtma için sıcak su deposu)

☐ Bataryalı elektrik depolama

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Şekil 156: Soru-17/1 Çalıştığınız projelerde enerji depolama üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

[Back](#) [Next](#)

Page 13 of 16

Şekil 157: Soru-17/2 Çalıştığınız projelerde enerji depolama üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Çalıştığınız projelerde fan, pompa ve motorlar üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

- ☐ Daha yüksek verimlilik sınıfına sahip (IE4, IE5) elektrik motorları ile değişim
- ☐ Motorlara değişken hız sürücülerini takma (ayrıca frekans invertörleri olarak da bilinir)
- ☐ Daha verimli fan veya pompalar kullanma
- ☐ Motorları sarıma göndermek yerine yenileme

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Şekil 158: Soru-18/1 Çalıştığınız projelerde fan, pompa ve motorlar üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 14 of 16

Şekil 159: Soru-18/2 Çalıştığınız projelerde fan, pompa ve motorlar üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Çalıştığınız projelerde aydınlatma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.

- ☐ Mevcut aydınlatma elemanlarını LED ile değiştirme
- ☐ Aydınlatma otomasyonu sağlamak için varlık sensörleri ekleme
- ☐ Dim (kısmı) kontrolü sağlamak için günışığı sensörleri ekleme

Enerji verimliliği yöntemi (1)

Enter your answer

Açıklama (1)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (2)

Enter your answer

Açıklama (2)

Enter your answer

Şekil 160: Soru-19/1 Çalıştığınız projelerde aydınlatma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Enerji verimliliği yöntemi (3)

Enter your answer

Açıklama (3)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (4)

Enter your answer

Açıklama (4)

Enter your answer

Enerji verimliliği yöntemi (5)

Enter your answer

Açıklama (5)

Enter your answer

Back Next

Page 15 of 16

Şekil 161: Soru-19/2 Çalıştığınız projelerde aydınlatma üzerine aşağıdaki enerji verimliliği yöntemlerinden hangilerini önerdiniz? Seçenekler içerisinde yazmayan çözümleri listeye ekleyiniz.



Yeşil bina tasarımı veya mevcut binalar için enerji etüdü yaptığınız projelerde işveren tarafından talep edilen, veya firmanız tarafından geliştirilen yenilikçi bir enerji verimliliği yöntemi var mı? Evet ise lütfen açıklayınız.

☐ Evet

☐ Hayır

Back

Submit

Page 16 of 16

Şekil 162: Soru-20 Yeşil bina tasarımı veya mevcut binalar için enerji etüdü yaptığınız projelerde işveren tarafından talep edilen, veya firmanız tarafından geliştirilen yenilikçi bir enerji verimliliği yöntemi var mı? Evet ise lütfen açıklayınız.



Ankete Katılım Sağlayan Paydaşlar

Türkiye'deki mevcut binaların yapısal güçlendirme uygulamalarında kullanılan yöntemleri araştırdığımız anketimizi yanıtlamak sureti ile rapora verdiği katkılarından ötürü aşağıda ismi alfabetik sıra ile verilen paydaşlarla birlikte isminin belirtilmesini istemeyen tüm katılımcılara teşekkürü bir borç biliriz;

- Baytec Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti.
- Batuhan Bayar
- Ferhat Pakdamar
- Hilti Türkiye
- İkra Grup Mimarlık Mühendislik İnşaat Ltd. Şti.
- İZ Mühendislik
- Konkan Mühendislik Müş. İnş. Ltd. Şti.
- Milatek Mühendislik Müşavirlik Mimarlık
- Modern Mühendislik Müşavirlik Ve Danışmanlık Hizmetleri A.Ş.
- OTS Proje Müşavirlik İnşaat San Tic Ltd Şti
- Seyfi Ertan
- Sinan Aydın
- Suat YILDIRIM YLD Yıldırım Mühendislik A.Ş.
- SVS Müşavirlik Mühendislik A.Ş.
- Tamer SARI / Sigma Mühendislik

Türkiye'deki mevcut binaların enerji verimliliğini arttırıcı önlemlerin araştırılması amacı ile hazırladığımız anket çalışmasına cevap vermek sureti ile rapora sunduğu katkılarından ötürü aşağıda isimleri alfabetik sıra ile verilen paydaşlara teşekkürlerimizi bir borç biliriz:

- A.V.D. Enerji Verimliliği Danış. Eğit. İnş. Elek. Mak. İth. İhr. San. Ve Tic. Ltd.Şti.
- Akdeniz Üniversitesi Enerji Yöneticisi Dr. Çiğdem Işıkyürek
- BEST Enerji Yönetimi
- Bursa Tek Enerji
- Dicle Üniversitesi
- ELTEMTEK A.Ş.



- Eltemtek A.Ş.
- Epod Enerji Mühendislik Taahhüt San. Tic. Ltd. Şti.
- Filiz İÇİER
- Funda Kerestecioğlu
- Gazi Üniversitesi
- İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Yapı İşleri Ve Teknik Daire Başkanlığı
- İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
- Olimpos Danışmanlık Enerji Ltd. Şti. - Dr. İbrahim Çakmanus
- Serkan Emin
- Setaş Enerji Ltd Şti
- Süleyman Haliloğlu
- Transterm Endüstriyel Enerji A.Ş.
- Ümit Önal
- VET Enerji Danışmanlık



**T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞI**



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



Administered by
THE WORLD BANK
IBRD • IDA | WORLD BANK GROUP

