

YAPI SİSTEMLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YENİ NESİL MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI



BİDGE Yayınları

**YAPI SİSTEMLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YENİ NESİL
MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI**

Editör: RUKİYE KOÇKAR TUĞLA

ISBN: 978-625-372-805-2

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 16.08.2025

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	5
TÜRKİYE’DE BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLE İLGİLİ YÜRÜRLÜKTE OLAN MEVZUATIN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ	7
YUSUF EŞİDİR.....	7
FATİH NALÇACI.....	7
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN	7
YEŞİL HASTANE TASARIM ARAÇLARI	29
FATMA NUR DOĞAN.....	29
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN	29
YAPILARDA PASİF VE AKTİF TERMOGRAFINİN UYGULAMA ALANLARI	52
RUKİYE KOÇKAR TUĞLA	52
YAPILARDA PARAMETRİK TASARIM YÖNTEMİNİN KULLANIMINA YÖNELİK BİR BİBLİYOMETRİK ANALİZ .	70
ALPEREN SARI	70
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN	70
İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 3D BASKI TEKNOLOJİSİ.....	93
Merve ABANOZ.....	93
DEPREM SONRASI BETONARME YAPILARDA MEYDANA GELEN HASARLARIN İRDELENMESİ	111
YASEMİN BARAN.....	111

DOĞANIN TAŞKIN YÜZÜ: OLUŞUMU, ZARARLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	135
ESRA GERGER.....	135

ÖNSÖZ

Günümüzde yapı sistemleri enerji etkin, çevre dostu, afetlere karşı dirençli ve teknolojik olarak ileri seviyede çözümler sunan karmaşık mühendislik ürünleri haline gelmiştir. Sürdürülebilirlik ilkeleri çerçevesinde tasarlanan yapılar; uzun ömürlü, çevreye duyarlı ve toplumun değişen ihtiyaçlarına karşı işlevsel bir mühendislik anlayışını yansıtmaktadır.

Bu kapsamda hazırlanan “Yapı Sistemlerinde Sürdürülebilir ve Yeni Nesil Mühendislik Yaklaşımları” başlıklı kitapta; enerji verimliliği, yapı sistemlerinde uygulanan yenilikçi tasarım yöntemleri, ısı görüntüleme (infrared termografi) ve 3D baskı teknolojisi gibi yöntemlerin kullanımı ile deprem, sel gibi afet risklerine karşı dayanıklı yapı sistemlerini konu alan yedi farklı özgün bölüm bulunmaktadır. Bu kitap yapı sektöründe ki tasarım, üretim ve kontrol süreçlerini yenilikçi bir bakış açısı ile ele almakta; güncel, bütüncül ve disiplinler arası bir perspektif sunmaktadır.

Her bölüm, alanında uzman araştırmacıların katkılarıyla hazırlanmış; bilimsel bilgiyle uygulama deneyimini bir araya getiren, mevcut ve yeni sistemleri kıyaslayan, nitelikli içerikler sunmaktadır. Bu sayede eser, yapı alanında sürdürülebilirliği, mevcut teknoloji trendlerini ve geleceğe yönelik çözüm önerilerini bir arada değerlendirme fırsatı sunmaktadır.

Bu kitabın; akademisyenler, araştırmacılar, sektör profesyonelleri, inşaat mühendisliği ve mimarlık öğrencileri başta olmak üzere alanla ilişkili tüm öğrenciler için faydalı bir kaynak

olacağına inanıyoruz. Yenilikçi birçok bölümü içeren bu kitabın literatüre katkı sağlamasını diler; kitaba katkı sağlayan tüm yazarlara ve yayın sürecine katkı sunan tüm paydaşlara içten teşekkürlerimizi sunarız.

Editör

Dr. Öğr. Üyesi Rukiye KOÇKAR TUĞLA

Kastamonu Üniversitesi

TÜRKİYE’DE BİNALARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLE İLGİLİ YÜRÜRLÜKTE OLAN MEVZUATIN İÇERİK ANALİZİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

**YUSUF EŞİDİR¹
FATİH NALÇACI²
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN³**

Giriş

Şehirleşmenin ve ulaşım imkânlarının artması, teknolojik gelişmeler, iklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkileri gibi birçok faktöre bağlı olarak hem hane halklarının yaşam alanlarında kullandığı hem de endüstrinin gereksinim duyduğu enerji ihtiyacı ve tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Küresel COVID-19 salgınının etkisinin geçmeye başladığı 2022 yılında, Rusya ve Ukrayna arasında başlayan savaş ve küresel enerji kaynaklarının, özellikle doğalgaz rezervlerinin önemli bir kısmının Rusya topraklarında

¹ Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği (Teknoloji Fakültesi) Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0003-0221-729X

² Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği (Teknoloji Fakültesi) Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0003-0344-7329

³ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Orcid: 0000-0003-1246-6468

olması dünyayı bir enerji krizi ile baş başa bırakmıştır. Bu nedenle diğer ürünlerde tedarik zincirinde yaşanan aksaklıklar nispeten çözülmeye başlamasına rağmen, enerji tedarik zinciri COVID-19 ve ardından Rusya-Ukrayna savaşı ile daha da zayıflamıştır. Bu durum küresel ölçekte enerji fiyatlarında olağanüstü artışlara sebep olmuştur. Bu nedenle hem diğer ülkeler için hem de Türkiye için enerji verimliliğinin sağlanması daha önemli hale gelmiştir. 2022 yılında tüketiciler için rekor seviyede artan enerji fiyatları ve enerjiye güvenilir erişimin sağlanması tüm ülkeler için acil politik ve ekonomik zorunluluklar olarak ortaya çıkarmıştır. Enerji verimliliği ile ilgili eylemlere, enerjinin finansal anlamda karşılanabilirliği, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması hedeflerine aynı anda katkı sağlaması nedeniyle birçok ülke tarafından öncelik verilmiştir.

Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı oldukça yüksektir. Türkiye enerjisinin yaklaşık %74'ünü ithal kaynaklardan karşılamaktadır (Dışişleri Bakanlığı, 2023). Ayrıca gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye'nin ekonomik büyümesi ile orantılı olarak enerji talebi de artmaktadır. Yıllık elektrik enerjisi talebi dünyada ortalama %3 artış gösterirken, Türkiye'de bu oran %4,6 olarak gerçekleşmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Dolayısıyla enerji verimliliğinin sağlanması Türkiye için hem ekonomik hem stratejik olarak çok önemli bir konudur. Türkiye'de 2007 yılında yayınlanan Enerji Verimliliği Kanunu ile birlikte enerji kullanımında verimliliğin artırılarak tasarruf edilmesi ile ilgili çabalar hız kazanmıştır. Küresel ölçekte yaşanan gelişmeler ile son yıllarda söz konusu çabalar ivmelenmiştir. 2017-2023 yıllarını kapsayan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında yer alan eylemlerin hayata geçirilmesi için yaklaşık 10,9 milyar ABD doları yatırımın 2023 yılına kadar tamamlanması ve bu yolla 23,9 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP)

enerji tasarrufunun sağlanması planlanmaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023).

Enerji verimliliği ile ilgili hedeflere ulaşılabilmesinde düzenleyici politikaların rolü oldukça önemlidir. Kanunlar, kararnameler, yönetmelikler, tebliğler ve genelgeler gibi yasal düzenleme araçları kullanılarak geliştirilen mevzuat, ülkeler açısından daha iyi ekonomik, sosyal ve çevresel sonuçların elde edilmesine olanak sağlamaktadır. 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanununun yürürlüğe girmesinin ardından, enerji verimliliği ile ilgili hususları düzenleyen ve enerji verimli dönüşümü destekleyen teşvik mekanizmalarını da barındıran birçok yasal düzenleme devreye alınmıştır. Yasal düzenlemelerin büyük bir bölümü inşaat sektörü ve binalar ile ilişkilidir.

Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye'de, çeşitli sektörlerde yapısal ve uygulamaya yönelik eksiklikler bulunmaktadır. Buna ek olarak, ülke nüfusunun sürekli artış göstermesi ve farklı ülkelerden alınan göç hareketleri, mevcut yetersizlikleri daha da belirgin hâle getirmektedir. İnşaat sektörü, Türkiye ekonomisi açısından stratejik bir öneme sahip olup, yalnızca barınma ihtiyacını karşılamaya yönelik değil, aynı zamanda diğer sektörlerin gelişimini tetikleyen ve ekonomik büyümeye katkı sağlayan lokomotif bir sektör konumundadır (Gültekin & Sarı, 2022). Bununla birlikte, inşaat sektörü yalnızca ekonomik büyümeye katkısıyla değil, aynı zamanda enerji tüketimini artırıcı etkisiyle de dikkat çekmektedir. Sektörün nihai çıktılarından biri olan binalar, küresel ölçekte toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ından sorumludur (Ramesh, Prakash & Shukla, 2010). Bu bağlamda, Türkiye gibi enerji talebi sürekli artan ve enerji kaynakları açısından dışa bağımlılığı yüksek olan ülkelerde, enerji verimliliğinin sağlanması açısından bina kaynaklı enerji tüketiminin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, yapı sektörüne

yönelik enerji verimliliği politikalarının geliştirilmesi ve uygulanmasında binalara öncelik verilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili uygulamaları destekleyen yasal düzenlemelerin incelenerek sistematik bir şekilde ortaya konması, farklı ana amaçlarla yazılmış mevzuat metinleri içinde enerji verimliliğine dair yer alan hususların enerji verimliliği perspektifi ile ele alınarak literatüre kazandırılması ve mevzuatta konuya ilişkin yer alan hususların incelenerek eksikliklerin tespit edilmesidir. Bu kapsamda literatür taraması ve içerik analizi yöntemi kullanılarak Türkiye’de enerji verimliliği uygulamalarının gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen yasal düzenlemeler incelenmiştir.

Yapılan araştırma sonucunda doğrudan enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla yayınlanan Enerji Verimliliği Kanunu, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği gibi mevzuat ile hayata geçirilen düzenlemelerin farklı paydaşların rollerini, yetki ve sorumluluklarını net bir biçimde ortaya koyduğu, teşvik ve destek mekanizmalarını düzenlediği, teknik çözümlerde izlenmesi gereken yöntemin bilimsel olarak doğruluğunu sağladığı tespit edilmiştir. Ancak enerji verimliliğini dolaylı olarak etkileyen İmar Kanunu, Kat Mülkiyeti Kanunu, Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun gibi mevzuatta enerji verimliliğine gereken önemin verilmediği gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra yasal düzenlemelerde yalnızca binaların kullanımı sırasında gereken aydınlatma, ısıtma-soğutma, havalandırma gibi operasyonel aşamada kullanılan enerjinin (kullanım enerjisi) azaltılmasına yönelik düzenlemelerin olduğu, binaların inşa edilmesi aşamasına kadar harcanan enerjiyi tanımlayan gömülü enerjinin azaltılmasına yönelik bir düzenleme olmadığı anlaşılmıştır. Gömülü enerji, bir malzemenin ya da ürünün üretimi aşamasında hammadde temini, imalat, nakliye dâhil olmak üzere kullanılan bütün enerjinin toplamı olarak ifade edilmektedir.

Gömülü enerji kavramının veya tanımının mevzuatta yer almadığı tespit edilmiştir.

Metodoloji

Bu çalışma kapsamında enerji verimliliği ile ilgili mevzuat literatür taraması ve içerik analizi yöntemi ile ele alınmıştır. Bu amaçla enerji verimliliği ile ilgili uluslararası kuruluşlar, kamu kurumları, akademi, sivil toplum kuruluşları ve özel sektörün yaptığı çalışmalar incelenmiş, enerji verimliliği ile ilgili atıf yapılan yasal düzenlemeler tespit edilmiştir. Tespit edilen yasal düzenlemeler içerik analizi yöntemi ile ayrıntılı olarak incelenmiş, çalışma konusu ile ilgili hangi alanlarda nasıl düzenlemeler yapıldığı ortaya konmuş, geliştirilmeye açık hususlara dair bulgular çıkarılmış ve öneriler yapılmıştır.

Literatür taramaları, genelde alışılmışın dışında ve çelişkili bir iklimde bir konunun teferruatlı kapsamını anlamak için kritik araçlar sağlayan öncelikli olarak nitel sentezlere dayalı araştırma çıktılarıdır (Khirfan, Peck & Mohtat, 2020). Literatür taraması birçok araştırmacı tarafından araştırma konusunun netleştirilmesinin ardından herhangi bir araştırma projesinin aşamaları arasında ikinci sıradaki aşama olarak görülmektedir (Seuring & Gold, 2012). Bu nedenle araştırmanın ilerleyen aşamalarının sorunsuz bir şekilde başarıya ulaşmasında literatür taramaları kritik öneme sahiptir.

İçerik analizi yönteminin bulucularından biri olan Berelson’a göre (Berelson, 1952, ss. 55), “içerik analizi, iletişimin açık içeriğinin nesnel, sistematik ve nicel olarak tanımlanmasına yönelik bir araştırma tekniğidir”. İçerik analizi, nitel verilerde (örneğin metinlerde) belirli kelimelerin, kavramların veya temaların varlığını saptamak, bunların anlamlarını ve aralarındaki ilişkileri incelemek amacıyla kullanılan sistematik bir araştırma yöntemidir (Columbia Üniversitesi, 2023). Bu yöntem aracılığıyla araştırmacılar, belirli kelimelerin, kavramların veya temaların varlığını ortaya

koyabilmekte, ne tür anlamlar taşıdığını tespit edebilmekte ve aralarındaki ilişkiyi analiz edebilmektedir.

Bu araştırma kapsamında enerji verimliliği kavramının Türkiye’de yürürlükte olan mevzuat bağlamında nasıl ele alındığı, enerji verimliliği konusuna hangi mevzuatta ne kadar yer verildiği ve farklı mevzuatta enerji verimliliği ile ilgili ortak noktaların ve karşılıklı atıfların varlığı araştırılmıştır. Bu yolla enerji verimliliği konusunda çalışan araştırmacıların faydalanabileceği kapsamlı bir derleme ortaya konmuştur.

Binalarda Enerji Verimliliği ile İlgili Mevzuatın İncelenmesi ve Bulgular

Binalarda enerji verimliliği ile doğrudan veya dolaylı olarak ilgili olan güncel mevzuatın başlıklarına, yayımlandığı tarihlere ve en son güncellendiği tarihlere Tablo 1’de yer verilmiştir. Tablo 1’de yer verilen mevzuat dışında da enerji verimliliğine dair düzenlemeler olmasına rağmen, yapılan araştırmanın kapsamı enerji verimliliği ile en çok ilgili olduğu düşünülen mevzuat ile sınırlandırılmıştır.

Tablo 1 Binalarda enerji verimliliği ile ilgili yürürlükteki mevzuat

Mevzuat Başlığı	İlk Yayımlanma Tarihi	En Son Değiştirilme Tarihi	Değişiklik Sayısı
5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu	18.04.2007	04.06.2024	7
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	05.12.2008	24.06.2025	7
Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik	27.10.2011	21.09.2024	7
Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik	05.02.2022	05.02.2022	0
Enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği	02.03.2021	02.03.2021	0

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ	01.11.2017	25.04.2025	1
Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarının Eğitim ve Denetimine Dair Tebliğ	07.01.2021	27.11.2024	1
2019/18 sayılı Kamu Binalarında Enerji Tasarrufu ile ilgili Cumhurbaşkanlığı Genelgesi	16.08.2019	16.08.2019	0
Bankaların Kredi İşlemlerine İlişkin Yönetmelik	21.12.2023	21.12.2023	0
3194 Sayılı İmar Kanunu	03.05.1985	12.12.2024	40
634 Sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu	02.07.1965	01.04.2022	16
6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun	31.05.2012	12.12.2024	12
Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği	03.07.2017	11.03.2025	20
TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı	14.06.1983	20.02.2025	5

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği: Enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik en kapsamlı ve uygulamaya dönük mevzuat düzenlemelerinden biridir. Yönetmelik, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak, enerji israfını önlemek ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak amacıyla uygulanacak usul ve esasları ayrıntılı biçimde düzenlemektedir. Bu yönetmelik kapsamında, yönetmelik hükümlerine aykırı olan binalara yapı ruhsatı ve yapı kullanma izin belgesi verilmemesi temel ilke olarak benimsenmiştir. Yönetmelikte ayrıca, Enerji Kimlik Belgesi düzenlemeye yetkili kuruluşlardan başlayarak; yatırımcı kuruluşlar, bina sahipleri, bina yöneticileri, enerji yöneticileri, işletmeciler, kuruluşlar, işverenler ya da temsilcileri ile tasarım ve uygulama süreçlerinde görev alan mühendis ve mimarlar, üreticiler ve uygulayıcı yükleniciler başta olmak üzere tüm paydaşların görev, yetki ve sorumlulukları açık biçimde tanımlanmıştır.

Binalarda enerji verimliliğinin sağlanması kapsamında; mimari tasarım, hava dolaşımı ve sızdırmazlık, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin projelendirilmesi, ısı yalıtımı, ısıtma ve soğutma sistemlerinin tasarımı ve uygulanması, elektrik tesisatı ve aydınlatma düzenlemeleri, sıhhi sıcak su hazırlama ve dağıtım sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu ile Neredeyse Sıfır Enerjili Binalara (NSEB) ilişkin tasarım esaslarına yönelik teknik hükümler, bu yönetmelik kapsamında belirlenmiştir.

Enerji Kimlik Belgesinin düzenlenmesi, Enerji Kimlik Belgesi vermeye yetkili kuruluşların uyması gereken hususlar ve Enerji Kimlik Belgesinin BEP-TR yazılımı kullanılarak düzenlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Yönetmeliğin ekinde bu yönetmelik kapsamında uyulması ve takip edilmesi gereken Türk Standartlarının ve Avrupa Standartlarının listesi verilmiştir (Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2008).

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik: Enerjinin etkin kullanımı, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomik yükünün azaltılması ve çevrenin korunması amacıyla, enerji kaynakları ile enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına yönelik usul ve esasları belirlemek üzere bu yönetmelik yayımlanmıştır. Yönetmeliğin, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin binalar özelinde olmayan genele şamil hususları düzenleyen şekli olduğu söylenebilir. Bu yönetmelikte yalnızca tüketim boyutu değil, üretim boyutu da ele alınmıştır.

Yönetmelik kapsamında elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımı ve tüketimi süreçlerinde enerji verimliliğinin artırılmasına, termik santrallerden açığa çıkan atık ısının değerlendirilmesine, açık alan aydınlatmalarında verimlilik esaslarının uygulanmasına, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif yakıtların kullanımının teşvik edilmesine ve ilgili idari yaptırımlara ilişkin hükümlere yer

verilmiştir. Endüstriyel işletmelerde verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesi başvuru, değerlendirme ve uygulama süreçlerinin nasıl olacağı ortaya konmuştur (Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, 2011).

Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik: Enerjiyle ilişkili ürünlerin piyasaya arzı veya hizmete alınması sürecinde, bu ürünlerin tasarımında uyulması gereken zorunlu koşulların çerçevesi bu yönetmelikle belirlenmiştir. Bu kapsamda, enerji verimliliğinin artırılması, çevresel koruma düzeyinin yükseltilmesi ve enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesi yoluyla sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu yönetmelik ile enerjinin tahmini tüketimi, geri kazanım olanakları gibi parametrelerin ölçülerek üreticilerin çevreye duyarlı ürünler geliştirmesinin hükümleri düzenlenmiştir. Bu yönetmelik kapsamına giren ürünlerin, yetkili kuruluşlarca yayımlanan uygulama tebliğleri ile belirleneceği hüküm altına alınmıştır. Bu yönetmelik kapsamında çıkarılan uygulama tebliğlerine örnek olarak ‘Bilgisayarlar ve Bilgisayar Sunucuları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ’ verilebilir. Bu tebliğ ile bilgisayar ve bilgisayar sunucularının piyasaya sürülmesine ilişkin çevreye duyarlı tasarım gerekleri birçok teknik kriter ile ortaya konmuştur. Bir diğer örnek olarak, “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Çevreye Duyarlı Tasarım Gerekliliklerine Dair Tebliğ” gösterilebilir. Söz konusu tebliğ kapsamında, ev tipi bulaşık makineleri ile ankastre ev tipi bulaşık makinelerinin piyasaya arzı ve/veya hizmete sunulmasına ilişkin çevreye duyarlı tasarım gereklilikleri ve bu ürünlere yönelik ilave bilgi sağlama yükümlülüklerine dair teknik şartlar belirlenmiştir.

Avrupa Birliği tarafından çıkarılan yönetmelik ve kriterlere uyumlu olarak Türkiye’de düzenlenen ilgili mevzuat, piyasaya arz

edilen enerji kullanan ürünlerin minimum gerekliliklerini ortaya koymaktadır. Bu gerekliliklerin karşılanması ile ürünler CE sertifikası alabilmekte ve Avrupa Birliği ülkelerinde satılabilmektedir. Ürünlerde CE işareti Fransızca “Conformité Européenne” Türkçe “Avrupa Uygunluğu” anlamına gelmektedir. CE işareti, bir ürünün Avrupa Birliği Yeni Yaklaşım Direktifleri ve ilgili harmonize Avrupa standartlarına uygun olarak tasarlanıp üretildiğini simgeleyen bir uyumluluk işaretidir (Türk Standartları Enstitüsü, 2023). Binaların enerji performansı önemli olduğu kadar, binaların içerisinde kullanılan teçhizat, alet ve ekipmanların da enerji performansı oldukça önemlidir. Bu nedenle Avrupa pazarı kadar Türkiye pazarında da CE etiketli ürünlerin yaygınlaştırılması önem arz etmektedir (Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik, 2010).

Enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği: Bu yönetmelik ve bu kapsamda çıkarılan tebliğler ile, enerjiyle ilgili ürünlerin etiketlenmesi ve kullanım sırasında enerji ile diğer kaynak tüketimine ilişkin standart ürün bilgilerinin ve tamamlayıcı bilgilerin sağlanması amaçlanmaktadır. Böylece müşterilerin, daha verimli ürünleri tercih ederek enerji tüketimini azaltmaları hedeflenmektedir. Genel olarak bu yönetmelik ile tedarikçilerin, satıcıların ve yetkili kuruluşların yükümlülükleri belirlenmiş; piyasa gözetimi, denetimi ve kontrolüne ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiş; risk teşkil eden ürünlere yönelik tedbirler ile bu ürünlere uygulanacak standartların Avrupa Birliği mevzuatı ile uyumlaştırılmasına dair hükümler ortaya konulmuştur. (Enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği, 2021).

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ: Bu tebliğ, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında hazırlanmıştır. Tebliğin amacı mevcut ve yeni binaların enerji verimliliğini etkileyen tüm parametrelerin, konutlar, ofisler, eğitim binaları, sağlık binaları, oteller, alışveriş ve ticaret merkezleri

gibi farklı kullanım türlerinde değerlendirilmesi ve bina enerji performans sınıfının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş olan bina enerji performansı hesaplama yönteminin yayımlanmasını sağlamaktır. Enerji Kimlik Belgesi düzenlenmesi için yapılması gereken teknik hesaplamaları içermektedir. Tüm hesaplamalar bu dokümanda yer alan yöntemlerle yapılmaktadır (Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ, 2017).

Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarının Eğitim ve Denetimine Dair Tebliğ: Bu tebliğ, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında hazırlanmıştır. Enerji Kimlik Belgesi düzenleyecek uzmanlar ile bu uzmanlara eğitim verecek eğitici kuruluşlarda görev alan eğitimcilere yönelik eğitim süreçlerini, eğitimler sonrası yapılacak sınavları, eğitici kuruluşların yetkilendirilme usullerini, eğitim faaliyetlerinin yürütüleceği merkezleri ve hem eğitici kuruluşların hem de Enerji Kimlik Belgesi düzenleyecek uzmanların faaliyetlerinin denetlenmesine ilişkin usul ve esasları belirlemeyi amaçlamaktadır (Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarının Eğitim ve Denetimine Dair Tebliğ, 2021).

2019/18 sayılı Kamu Binalarında Enerji Tasarrufu ile ilgili Cumhurbaşkanlığı Genelgesi: 2023 yılı sonuna kadar kamu binalarında %15 enerji tasarrufu sağlanması hedefi konmuştur. 2023 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı verilerine göre, 2019-2021 yılları arasında 543 milyon TL'ye karşılık gelen yatırım tutarı ile kamu binalarında 31,9 bin TEP enerji tasarrufu gerçekleştirilmiştir (2019/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi, 2019).

Bankaların Kredi İşlemlerine İlişkin Yönetmelik: Konut, taşıt ve tüketici kredilerine ilişkin sınırlamaları düzenleyen 12/A Maddesinde yapılmış olan düzenleme ile Enerji Kimlik Belgesine sahip enerji sınıfı yüksek olan binalar için kredi değer oranının artırılması ile hane halklarının kullanacağı konut kredilerinde, enerji verimliliği yüksek olan binalar için kredi limitleri artırılmıştır. İlgili

düzenleme yönetmelikte şu şekilde yer almıştır: “Tüketicilere, konut edinmeleri amacıyla kullanılacak kredilerde ve taşıt kredileri hariç konut teminatlı kredilerde, kredi tutarının teminat olarak alınan konutun değerine oranı %80’i aşamaz. Bu oran, 18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ile alt düzenlemelerine istinaden düzenlenen Enerji Kimlik Belgesi bulunan; enerji performansı A sınıfı olan konutlar için %90’ı, enerji performansı B sınıfı olan konutlar için %85’i aşamaz” (Bankaların Kredi İşlemlerine İlişkin Yönetmelik, 2023).

3194 Sayılı İmar Kanunu: Bu kanunun temel amacı, yerleşim alanları ve bu alanlardaki yapılaşmaların planlama, fen, sağlık ve çevre koşullarına uygun şekilde gelişmesini sağlamaktır. Ayrıca kanunda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına, Enerji Kimlik Belgesi hazırlanmasına ilişkin iş ve işlemleri denetleme, mevzuata aykırı durumlarda işlem yapma, aykırılıkların giderilmesi için düzenleme yapma ve onay verme yetkileri verilmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının; köyler ve kırsal nitelik taşıyan diğer yerleşim yerlerinde enerji verimliliği yüksek, iklim duyarlılığı gözetilmiş ve ekolojik özelliklere sahip plan ve projelerin hazırlanmasını sağlayabileceği, bu niteliklere sahip binaların inşa edilmesini destekleyebileceği veya uzun vadeli krediler yoluyla bu tür projelere finansal katkı sunabileceği bu kanun ile hüküm altına alınmıştır. Ayrıca, belediye ve mücavir alan sınırları içinde inşa edilecek binalara ilişkin benzer bir düzenlemeye yer verilmemiştir (3194 Sayılı İmar Kanunu, 1985).

634 Sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu: Bu kanunda enerji verimliliğine dair doğrudan bir hüküm bulunmamaktadır. Ancak binalarda ısı yalıtımının sağlanması, ısıtma sistemlerinde yakıt dönüşümü yapılması, ısıtma sisteminin ferdi sistemden merkezi sisteme ya da merkezi sistemden ferdi sisteme dönüştürülmesine ilişkin düzenlemelere yer verilmiştir. Söz konusu düzenlemelerin, kat maliklerinin hem sayı hem de arsa payı bakımından oybirliğiyle

alacakları karar doğrultusunda gerçekleştirilebileceği hüküm altına alınmıştır (634 Sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu, 1965).

6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun: Bu kanunda enerji verimliliği ile doğrudan ilişkili herhangi bir hükme yer verilmemektedir. Kanunun uygulama yönetmeliğinde, uygulama alanlarına yönelik hazırlanacak planlarda, alanın özellikleri doğrultusunda enerji verimliliğinin, iklim duyarlılığının ve yaşam kalitesinin artırılmasının esas alınması gerektiği vurgulanmıştır. Ancak söz konusu hususlara ilişkin somut, bağlayıcı veya düzenleyici herhangi bir teknik kriterin getirilmemiştir (6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, 2012).

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği: Bu yönetmelik ile enerji verimliliğine ve binaların enerji ile ilgili altyapısının sağlandığı alanlara ilişkin bazı düzenleme ve istisnalar getirilmiştir. Genel ilke olarak yapı ruhsatı talep edilen projelerde enerji verimliliği ile ilgili hükümler içeren mevzuata uyulacağı belirtilmiş, enerji odaları emsal harici tutulmuştur. Enerji verimliliği sistemlerinin bulunduğu alanlar ve enerji odaları katlar alanı hesabına dâhil edilmeyen kullanımlar arasında sıralanmıştır.

Bu yönetmelikte üç yerde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine atıf yapılmış, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde belirtilen ve binada zorunlu olarak bulunması gereken birimlerin yapılaşma koşullarına göre bu yönetmelik ile de binada bulundurulması zorunlu tutulmuştur. Bu tarz birimler belli koşullara bağlı olarak mimari projede yer alması gereken ısı geri kazanım sistemleri ve yenilenebilir enerji kullanımı için düzenlenen alanlardan oluşmaktadır. Kalorifer daireleri ve bacalar ile ısıtma ve buhar tesislerinin Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine uygun olarak düzenlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu birimlerin tasarım kriterlerine ise Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinin

“Isıtma ve Soğutma Sistemleri Tasarım ve Uygulama Esasları” başlıklı kısmında detaylıca yer verilmiştir. Pencereelerde de benzer şekilde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine ve TSE standartlarına uyulması zorunlu tutulmuştur.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde ise pencereler için mimari tasarımın ısı yalıtımında sürekliliği sağlayacak şekilde olması, ısıl geçirgenlik katsayısına dair hesaplar, ısı köprülerinin önlenmesi, toplam pencere alanının dış duvar alanına oranı, cam ve çerçeve tiplerine dair kriterler, bina sızdırmazlık hesapları gibi hususlar yer almaktadır. Çatılara yerleştirilecek fotovoltaiik paneller ve güneş enerjili su ısıtıcıları, çatı örtüsünde yer alan bina bileşenlerinin çatı örtüsünü en fazla 60 cm aşması ile ilgili sınırlamaya tabi tutulmadığı görülmektedir. Enerji verimliliğine ilişkin hususlarda, yapı ruhsatının alındığı tarihte yürürlükte olan mevzuatın gerektirdiği tedbirlerin alınması zorunlu tutulmuştur. Mevcut binalarda taşıyıcı sistemi etkilememek ve en az C sınıfı Enerji Kimlik Belgesine sahip olacak şekilde tadilat yapmak koşuluyla ısı yalıtımı uygulamaları yapmak ve binanın kendi ihtiyacı için yapılacak güneş kaynaklı yenilenebilir enerji sistemleri yapı ruhsatı gerektirmeyen inşa faaliyetleri olarak sıralanmıştır.

Yapı kullanma izninin alınması için idareye yapılacak başvuruda Enerji Kimlik Belgesinin yer alması koşulu yer almakta ve başvuru sahibinden istenecek bilgi ve belgeler arasında sıralanmaktadır. İlgili idarelere, mevzuat çerçevesinde binaların yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanıp yararlanmadığını denetleme yükümlülüğü getirilmiştir. Binalarda enerji performansını etkileyecek nitelikte herhangi bir tadilat yapılması durumunda, tadilat sonrası binanın güncel enerji performansını gösteren Enerji Kimlik Belgesinin yeniden düzenlenmesi zorunlu kılınmıştır. Bununla birlikte, enerji kimlik belgelerinin incelenmesi ve denetlenmesi konusunda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği

Bakanlığı yetkili kılınmıştır (Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği, 2017).

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı: Bu çalışmada 2025'te yürürlüğe giren ve önemli yenilik ve geliştirmeler içeren yeni TS 825 dikkate alınmıştır. Standart Türkiye'de binaların enerji verimliliği açısından uyması gereken asgari ısı yalıtım gerekliliklerini hem ısıtma hem de soğutma performansı çerçevesinde belirleyen temel bir teknik düzenlemedir. Enerji mevzuatı içinde binalarda enerji verimliliği hedeflerine ulaşmak açısından merkezi bir role sahiptir. Özellikle 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (BEPY) ile doğrudan ilişkilidir. Yeni standart Enerji Kimlik Belgesi ile daha uyumlu hale getirilmiştir.

TS 825'e uygun olarak hazırlanan projeler, Enerji Kimlik Belgesi düzenlenmesi için ön koşuldur. Yeni binalarda ruhsat aşamasında, mevcut binalarda ise yenileme aşamasında standarda uygunluk kontrol edilmektedir. Standardın amacı, yeni yapılan ve mevcut binalarda ısı kayıplarını en aza indirmek, yakıt tüketimini azaltmak, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamak ve sera gazı salımlarını azaltmaktır. Bu bağlamda yeni TS825'te duvar, çatı, döşeme, pencere gibi bina bileşenleri için uygulanması gereken maksimum ısı geçirgenlik katsayıları (U değerleri) Türkiye'nin altı farklı iklim bölgesine göre belirlenmiş, eski standarda göre düşürülen U değerleri ile daha kalın ve daha nitelikli ısı yalıtım malzemeleri kullanılması zorunlu hale gelmiştir (TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, 2025)

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında Türkiye'de binalarda enerji verimliliğinin artırılması ile ilgili yürürlükte olan yasal düzenlemeler literatür taraması ve içerik analizi yöntemi ile derlenerek enerji verimliliği ile ilgili mevzuata dair genel bir resim ortaya konmuş,

mevzuatta yer alan eksikliklere yönelik bulgulara ulaşılmış, Türkiye'nin gelecek yıllarda enerji verimliliği konusunda daha başarılı ilerlemeler kaydedebilmesi için yapılması gereken yasal düzenleme ihtiyaçlarına dair öneriler geliştirilmiştir.

Enerji verimliliği ile ilgili temel mevzuat altyapısını oluşturan Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde, enerji verimliliğine ve yönetim, idari yapılanma, yetkilendirme, teşvik ve destekler, teknik zorunluluklar, yaptırımlar gibi birçok hususa kapsamlı olarak değinilmiştir. Bu yasal düzenlemeleri destekleyen Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ ile de teknik hususlar bilimsel temellere dayandırılarak ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Bunun yanı sıra Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik, Enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği, Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği Kapsamında Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarına, Eğitici Kuruluş ve Eğiticilere Verilecek Eğitimlere Dair Tebliğ ile de enerji verimliliğinde önemli etkiye sahip olan çevresel etkilerin azaltılması, tüketicinin bilinçlendirilmesi, eğitim ve yaygınlaştırma faaliyetleri gibi daha spesifik alanlara yönelik düzenlemeler yapılmıştır.

Enerji verimliliği ile doğrudan ilgili olan yasal düzenlemeler haricinde, ana konusu enerji verimliliği olmayıp enerji verimliliğinin sağlanmasına dair kritik öneme sahip yasal düzenlemeler de mevcuttur. Bunlar 3194 Sayılı İmar Kanunu, 634 Sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu, 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ve Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği olarak sıralanabilir. Bu yasal düzenlemeler yeni yapılı çevrenin oluşturulması ve var olan yapılı çevrenin yenilenmesi konularındaki temel mevzuattır. Çalışma kapsamında içerik analizi yöntemi ile incelenen bu mevzuatta, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği haricinde enerji verimliliğine yeterince değinilmediği bulgusuna ulaşılmıştır. Özellikle Afet Riski Altındaki Alanların

Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında kentsel dönüşüm faaliyetleri gerçekleştirilirken enerji verimliliği kriterlerinin sağlanması önem arz etmektedir. Ancak bu kanunda enerji verimliliği ifadesi dahi yer almamaktadır. Kat Mülkiyeti Kanununda da yalnızca ısıtma sisteminin değiştirilmesi durumunda kat malikleri tarafından nasıl karar alınacağına ilişkin hususlar düzenlenmiştir. Bu kanunda da enerji verimliliğinin sağlanmasına dair bir hüküm bulunmadıkça mevcut bina stokunda istenen seviyede enerji verimli dönüşümün sağlanamayacağı düşünülmektedir.

Bir başka önemli bulgu ise, enerji verimliliğine dair yalnızca binaların kullanım evresinde harcanan enerji tasarrufunun düşünülmüş olmasıdır. Oysa binaların enerji tüketimi ve karbon salımlarının incelenmesinde yaygın ve etkin bir bilimsel yöntem olan yaşam döngüsü analizi perspektifi ile bakıldığında binalarda enerji tüketiminin kullanım enerjisi ve gömülü enerji olarak iki farklı safhada ele alındığı bilinmektedir (Chastas, Theodosiou, & Bikas, 2016; Gültekin & Ersöz, 2013). Gömülü enerji binanın inşası da dahil olmak üzere binalarda kullanılan yapı malzemelerinin üretimi için gerekli olan maden çıkarma, imalat, nakliye benzeri proseslerin bütününde kullanılan enerjinin toplamıdır. Binanın kullanım evresinde tüketilen enerjinin azaltılması kadar, gömülü enerjinin azaltılması da önem taşımaktadır. Gömülü enerji, henüz Türkiye’de yürürlükte olan mevzuatta yer bulmamış bir kavramdır. Gömülü enerjinin azaltılmasına dair yasal düzenlemelerin hayata geçirilmesi, bütüncül bir enerji verimliliği yönetimi açısından önem arz etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Bilim İnsanı Destekleme Programları (BİDEB) 2211-A kapsamında desteklenmiştir.

Bu alışma Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2025-9615 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

2019/18 sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi. (16/08/2019). Resmi Gazete (Sayı: 30860): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/08/20190816-10.pdf> adresinden alındı.

3194 Sayılı İmar Kanunu. (09/05/1985). Resmi Gazete (Sayı: 18749): <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18749.pdf> adresinden alındı.

5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu. (02/05/2007). Resmi Gazete (Sayı: 26510): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502-2.htm> adresinden alındı.

6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. (31/05/2012). Resmi Gazete (Sayı: 28309): <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120531-1.htm> adresinden alındı.

634 Sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu. (02/07/1965). Resmi Gazete (Sayı: 12038): <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/12038.pdf> adresinden alındı.

Bankaların Kredi İşlemlerine İlişkin Yönetmelik. (21/12/2023). Resmi Gazete (Sayı: 32406): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/12/20231221-3.htm> adresinden alındı.

Berelson, B. (1952). *Content Analysis in Communication Research*. Glencoe, IL: The Free Press.

Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ. (01/11/2017). Resmi Gazete (Sayı: 30227): <https://resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/11/20171101M1-1.htm> adresinden alındı.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. (05/12/2008).
Resmi Gazete (Sayı: 27075):
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm>
adresinden alındı.

Chastas, P., Theodosiou, T., & Bikas, D. (2016). Embodied energy in residential buildings-towards the nearly zero energy building: A literature review. *Building and Environment, Volume 105*, 267-282.

Columbia Üniversitesi. (2023). *Columbia Üniversitesi Nüfus Sağlığı Yöntemleri*. 18/01/2023 tarihinde <https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/content-analysis> adresinden alındı.

Dışişleri Bakanlığı. (2023). *Türkiye'nin Enerji Stratejisi*. 18/01/2023 tarihinde https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa adresinden alındı.

Enerji Etiketlemesi Çerçeve Yönetmeliği. (02/03/2021).
Resmi Gazete (Sayı: 31411):
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/03/20210302-22.pdf>
adresinden alındı.

Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik. (07/10/2010). Resmi Gazete (Sayı: 27722):
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/10/20101007-7.htm>
adresinden alındı.

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. (27/10/2011). Resmi Gazete (Sayı: 28097): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/10/20111027-5.htm> adresinden alındı.

Enerji Kimlik Belgesi Uzmanlarının Eğitim ve Denetimine Dair Tebliğ. (07/01/2021). Resmi Gazete (Sayı: 31357):

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210107-11.htm>
adresinden alındı.

Gültekin, A. B., & Ersöz, B. A. (2013). Ecological building design and evaluation in Ankara. *Gradevinar*, 65 (11), 1003-1013.

Gültekin, A. B., & Sarı, A. (2022). Adaptation of Construction Sites to Covid-19 Pandemic: Safe Construction Site Certificate for Turkish Construction Sector. *GRID-Architecture Planning and Design Journal*, 5 (2), 301-324.

Khirfan, L., Peck, M., & Mohtat, N. (2020). Systematic content analysis: A combined method to analyze the literature on the daylighting (de-culverting) of urban streams. *MethodsX*, 7, 100984.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği. (03/07/2017). Resmi Gazete (Sayı: 30113): <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/07/20170703-8.htm>
adresinden alındı.

Ramesh, T., Prakash, R., & Shukla, K. K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings*, 42 (10), 1592-1610.

Seuring, S., & Gold, S. (2012). Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17 (5), 544–555.

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). 2023 Yılı Cumhurbaşkanlığı Yıllık Programı. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/11/2023-Yili-Cumhurbaskanligi-Yillik-Programi.pdf> adresinden alındı.

TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı. (2025). Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Türk Standartları Enstitüsü. (2023). *CE İşareti*.
<https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=12&ParentID=98>
adresinden alındı.

YEŞİL HASTANE TASARIM ARAÇLARI

FATMA NUR DOĞAN¹
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN²

Giriş

İnşaat sektörü küresel ölçekte su kaynaklarının %42, enerji kaynaklarının %40 ve malzeme kaynaklarının %30'unun tüketimine sebep olmaktadır. Hava kirliliğinin %24'ü, içme suyu kirliliğinin %40'ı, CO² salımının %35'i ve sera gazı salımının %50'si inşaat sektöründen kaynaklanmaktadır (Eşidir & Gültekin, 2023:109-131, 224). Ozon tabakasının incelmesine sebep olan kimyasalların yaklaşık yarısı inşaat sektörü tarafından üretilmektedir. İnşaat sektörünün temel bileşeni olan binaların yapım sürecinde %40 toprak israfı meydana gelmektedir (Sarı & Gültekin, 2022:191). İnşaat sektörünün çevreye verdiği bu zararın azaltılması amacıyla söz konusu oranların en az düzeye indirilmesi elzemdir. Bu çerçevede son yıllarda inşaat sektöründe binaların yeşil tasarım ölçütleri ile tasarlanması kaçınılmaz hale gelmiştir.

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Orcid: 0000-0002-2821-2342

² Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Orcid: 0000-0003-1246-6468

İnşaat sektörünün başlıca bileşenlerinden olan hastaneler, toplum sağlığını koruma ve geliştirme misyonu ile kritik bir rol üstlenmekte ancak bu duruma paralel olarak yüksek miktarlarda kaynak tüketimi ve atık üretimi nedeniyle çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu bağlamda hastanelerde enerji, su ve malzemenin daha verimli kullanımı, yenilenebilir kaynakların tercih edilmesi ve atıkların azaltılması hedeflenmelidir. Böylece hastaneler de yeşil binalar olarak hem çalışanların hem de hastaların sağlığını destekler hale gelebilir. Ayrıca, diğer bina tiplerinden farklı olarak hastaneler sterilizasyon gereklilikleri ve hasta, ziyaretçi, sağlık çalışanlarını içeren karmaşık kullanıcı gruplarının özel ihtiyaçları gibi kendine özgü sorunlar barındırmaktadır. Bu durum son yıllarda sağlık sektörü için yeşil tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesini bir gereklilik haline getirmiştir. Bu gerekliliğe cevap vermek üzere süreç içerisinde yeşil hastane tasarım araçları ve hastane değerlendirme kategorilerini içeren yeşil bina sertifikaları kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar ve sertifikalar hastanelerin çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasında rehberlik eden önemli platformlar haline gelmiştir (Doğan & Gültekin, 2025).

Bu çalışmanın amacı söz konusu yeşil hastane tasarım araçlarının araştırılmasıdır. Hastane değerlendirme kategorilerini içeren yeşil bina sertifikaları çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Yeşil bina kavramı, bu kavramın gelişimi ve yeşil hastane tasarımı ölçütleri araştırılmıştır. Hastanelerin işlevlerini çevre dostu uygulamalar ile yerine getirebilmesi, hastaların iyileşme süreçlerinin hızlanması ve personelin çalışma verimliliğinin artırılması için farklı ülkelerde yararlanılan zorunluluk veya gönüllülük esaslı yeşil hastane tasarım araçları incelenmiştir. Bu araçların kapsadığı yeşil hastane tasarımına yönelik ilke, yönetmelik ve sınırlamalar sunulmuştur.

Yeşil Binalar ve Hastaneler

Yeşil Bina Tasarımı

Binalar, yapı malzemelerinin hammaddelerinin çıkarılmasından başlayarak, kullanım ömrünün sonuna kadar yaşam döngüleri boyunca çeşitli çevresel etkilere neden olmaktadır (Gültekin, 2021:1-14,256). Bu etkilerin azaltılmasına yönelik olarak ortaya çıkan yeşil bina kavramı, kullanıcıların sağlık, konfor ve üretkenliklerini korumayı ve geliştirmeyi amaçlayan; yapım ve kullanım süreçlerinde doğal kaynakların tüketimine duyarlılık gösteren binaları ifade etmektedir (Gültekin & Yavaşbatmaz, 2013a). Bu bağlamda yaşam döngüsü evrelerinde çevreyi kirliletmeyen; enerji, malzeme ve su kaynaklarından en yüksek verimlilikle yararlanan; bakım-onarım maliyetlerini, binaya bağlı hastalıkları, atıkları ve çevresel kirliliği azaltmaya yönelik katkılar sağlayan binalar yeşil binalar olarak tanımlanmaktadır (Gültekin & Yavaşbatmaz, 2013b:449-461). Özetle, yaşam döngüsünün tüm aşamalarında (planlama, tasarım, yapım, işletme, bakım, yenileme ve yıkım) çevre dostu yaklaşımlar benimseyen ve doğal kaynakları verimli şekilde kullanan yapılar yeşil bina olarak tanımlanmaktadır (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2023).

Yoğun enerji ve kaynak tüketimi sebebiyle çevreyi ve insan sağlığını etkileyen binalar arasında hastane binaları da yer almaktadır. Hastaneler, karbon salımlarının yanı sıra zehirli maddeleri ve kirli suyu kapsayan atıklar üretmektedir. Dolayısıyla hastaneler çok yüksek düzeylerde enerji tüketicisi olan binalar ve toksinler, tehlikeli kimyasallar ve kirli su dahil olmak üzere çevresel atıkların başlıca üreticisi olan binalar arasında kabul edilmektedir (International Federation of Medical Students' Associations [IFMSA], 2015). Bu bağlamda hastanelerin de yeşil bina tasarım ölçütleri dikkate alınarak tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

Yeşil Hastane Tasarımı

Günümüzde hastaneler büyük alanlara inşa edilen ve 24 saat faaliyet gösteren ve hizmet veren işletmelerdir. Bu sebeple hastanelerde enerji ve su tüketimi, diğer sektörlerdeki işletmelerden daha yüksek düzeydedir (Atalıç, 2014). Ayrıca, hastaneler yüksek miktarda sera gazı salımına sebep olmakta ve yılda yaklaşık 5 milyon ton atık üretmektedir. Bu atıkların bir kısmı zehirli kimyasalları da içermektedir. Sağlık sektörü bir yandan bu çevresel sorunları çözme çabası içindeyken diğer yandan bu sorunların kaynağını teşkil etmektedir. Sağlık sektöründe kaynakların kısıtlı olması, atık depolama ve bertaraf alanlarının yetersizliği, zehirli maddelerin kullanımı ve yönetimi konusunda yetersiz eğitim ve yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu yöntemlerle kullanılmasına yönelik düşük teşvikler hastanelerde yeşil kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Çilhoroz & Işık, 2018:161-169).

Yeşil kavramı, hastanelerde kaynakların temiz ve yenilenebilir alternatiflerle değiştirilmesi, enerji, su ve malzemelerin daha verimli şekilde kullanılması ve israfın önlenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Kılıç & Güdük, 2018:161-174). Hastanelerin çevresel etkilerinin minimize edilerek yüksek performanslı, sağlıklı, çevre dostu ve konforlu bir iyileştirme ortamında sağlığı iyileştirecek yeşil bir modele dönüştürülmesi, 21. yüzyılın en önemli hedeflerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda yeşil hastane kavramı, hastanelerin enerji ve su tüketimini, sebep olduğu sera gazı salımını, ürettiği zehirli kimyasal ve tıbbi atıkları en aza indirmeye yönelik çabalar ile ortaya çıkmıştır. Sağlık hizmetlerini çevre dostu bir bakış açısıyla bütünleştirme gayretiyle süreç içerisinde yaygınlaşmaya başlamıştır (Palteki, 2013).

Yeşil hastane kavramı, çevreyle dost bir yapıyı yerleşimde inşa edilen, geri dönüştürülebilir yapı malzemeleri ve yapı ürünlerinin tercih edildiği, inşaat aşamasından hizmet sürecine kadar çevre bilincini koruyan sürdürülebilir hastaneleri tanımlamaktadır (Terekli, Özkan & Bayın, 2013). Yeşil hastanelerin temel amacı, sürdürülebilir bir sağlık altyapısı oluşturmaktır. Söz konusu sürdürülebilir altyapı yalnızca enerji tasarrufu sağlamak, sera gazı salımlarını ve atıkları azaltmakla sınırlı olmayıp daha geniş bir vizyonu tanımlamaktadır. Kaliteli, çevre dostu ve kaynakları verimli kullanan kurumlar olarak yeşil hastaneler hem hastalara hem de topluma en yüksek düzeyde hizmet sunmayı hedeflemektedir (Gedük, 2017:136-141).

Yeşil Hastane Tasarım Araçları

Hastaneler, hastaların tedavi ve iyileşme sağlamak amacıyla, sağlıklı bireylerin ise mevcut refah durumlarını korumak ve bakım hizmeti almak amacıyla başvurdukları sağlık kurumlarıdır (Özdemir, 2017). Dünya Sağlık Örgütü, hastaneleri “...Müşahede, teşhis ve rehabilitasyon gibi sağlık hizmetlerinin verildiği, hastaların uzun veya kısa süreli tedavi gördükleri, yataklı kurumlar” olarak tanımlamaktadır (WHO, 2025).

Hastanelerin tasarımında steril ortam gereksinimlerine uygun olmayan yapı malzemeleri kullanmak, hastalar ve çalışanların sağlığını koruyacak uygun iç mekân hava kalitesini sağlayamamak, iyileşmeyi olumsuz yönde etkileyecek mimari kararlar almak gibi faktörler, hastanelerin insan sağlığını olumsuz etkileyen binalara dönüşmesine sebep olabilmektedir (Sungur, 2006; Terekli, Özkan & Bayın, 2013). Hastanelerin işlevlerini yerine getirebilmesi ve iyileştirici bir ortam yaratması için farklı ülkelerde birtakım yeşil hastane tasarım araçlarından yararlanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar, yeşil hastane tasarımında dikkate alınması gereken ilke, yönetmelik ve sınırlamaları kapsamaktadır. Yeşil hastane tasarım

araçlarının bazıları zorunlu olarak, bazıları ise gönüllülük esası ile uygulanmaktadır. Kullanılan araçlar hem hastaların iyileşme süreçlerini hızlandıran hem de personelin çalışma verimliliğini arttıran çevre dostu ve sağlıklı ortamlar yaratmak amacıyla bir yol haritası niteliğindedir (Kırbaş, 2012:15-30).

Yeşil hastane tasarım araçları, insan sağlığını ve çevreyi korumayı amaçlayan, enerji verimliliği, yeşil tedarik, tesis tasarımını içeren hasta merkezli yaklaşımlardır (Alkaabi & Aliaradin, 2023). Hastaneler, sağlık sorunlarını azaltma ve insan sağlığına yönelik potansiyel riskleri ortadan kaldırma hedeflerine ulaşmaya çalışırken, tehlikeli atık üretmeleri kaçınılmazdır. Hastanelerin ilgili faaliyetleri sırasında üretilen bu atıklar, tıbbi atık olarak tanımlanmaktadır. Tıbbi atıkların diğer atıklara göre enfeksiyon riski daha yüksektir. Tıbbi atıklar, hastanelerdeki her türlü bulaşıcı, patolojik ve keskin atıkları kapsamaktadır (Terekli, Özkan & Bayın, 2013). Yeşil hastane tasarım araçları, atık üretimini yönetmek amacıyla 5R kuralına (reduce-azaltma, reuse-yeniden kullanma, recycle-geri dönüştürme, rethink-yeniden düşünme ve research-araştırma) odaklanan yeşil bina tasarımını esas almaktadır (Lattanzio & ark., 2022). Bu çalışmada Tablo 1’de sunulan yeşil hastane tasarım araçları incelenmiştir.

Tablo 1. İncelenen yeşil hastane tasarım araçları

NO	YEŞİL HASTANE TASARIM ARAÇLARI	İNGİLİZCE AÇILIMI	YILI	ÜLKESİ
1	Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu Mevcut ve Yeni Yapılacak Sağlık Tesislerinde Uyulması Gereken Asgari Teknik Standartlar Genelgesi	-	2010 2015	Türkiye Türkiye
2	ABD Savunma Bakanlığı Askeri Sağlık Tesisleri Tasarım Ölçütleri	Unified Facilities Criteria Design: Military Medical Facilities	2016	ABD
3	Sağlık Tesisleri İçin Tasarım ve Yapım Kılavuzu 2006	Guidelines for Design and Construction of Healthcare Facilities 2006 - FGI 2006	2006	ABD
4	Avustralya Sağlık Tesisleri Rehberi	Australasian Health Facility Guidelines - Australasian HFG	2007	Avustralya
5	Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri	Health Care Without Harm - HCWH	1996	Asya- Avrupa- ABD- Kanada
6	Yeşil Sağlık Uygulamaları	Practice Greenhealth	2008	ABD
7	Sağlıklı Hastaneler Girişimi	Healthier Hospitals Initiative - HHI	2012	ABD
8	Küresel Yeşil ve Sağlıklı Hastaneler Ağı	Global Green and Healthy Hospitals Network-GGHH	2011	Yaklaşık 80 ülke
9	Sağlık Hizmetleri için Yeşil Kılavuz	Green Guide for Health Care - GGHC	2002	ABD
10	Hastanelerde Sürdürülebilirlik Yol Haritası	Sustainability Roadmap for Hospitals	2008	ABD

Kaynak: (Doğan & Gültekin, 2025)

Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu / Mevcut Yeni Yapılacak Sağlık Tesislerinde Uyulması Gereken Asgari Teknik Standartlar Genelgesi

Türkiye'de etkin ve kaliteli sağlık hizmeti sunulabilmesi, sağlık tesislerinin uluslararası standartlara uygun olarak tasarlanması ve inşa edilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda, son yıllarda Türkiye'de hastane tasarımına yönelik olarak devlet tarafından çeşitli düzenlemeler yapılmış ve yeni tasarım yöntemleri devreye alınmıştır. Söz konusu düzenleme ve yöntemler mimarlık, inşaat mühendisliği, makine mühendisliği, elektrik mühendisliği gibi farklı disiplinlere ilişkin tasarım standartlarını kapsamaktadır (Şener, 2017). 2010 yılında “Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu” ve 2015 yılında “Mevcut ve Yeni Yapılacak Sağlık Tesislerinde Uyulması Gereken Asgari Teknik Standartlar Genelgesi” yayımlanmıştır. İlgili kılavuz ve genelge, sağlık binalarının tasarım, yapım ve işletme süreçlerine ilişkin yol gösterici belgeler olarak büyük önem taşımaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı [TCSB], 2024).

Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu, Türkiye'de günümüzün beklenti ve ihtiyaçlarını karşılayan, sağlıklı ortamlar sunan hastanelerin tasarlanmasını amaçlamaktadır. Kılavuzda ayrıca yeni sağlık tesislerinin tasarım ve onarım süreçlerinde kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına yönelik hedefler de bulunmaktadır (Özdemir, 2017). Kılavuz, sağlık tesislerinin öncelikle zarar vermemek amacıyla tasarlanmasını zorunlu kılarken, enfeksiyon önleyici önlemlerin tasarımdaki rolünü de vurgulamaktadır (Bartley, Olmsted & Haas, 2010).

Türkiye'de sağlık binalarına ilişkin başvurular, Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu ilkelerine dayanmaktadır. Bu kılavuzun bazı maddeleri, yeşil hastane konseptini destekler niteliktedir. Ayrıca, T.C. Sağlık Bakanlığı İnşaat

ve Onarım Daire Başkanlığı tarafından 2012 yılında yayımlanan “Mevcut ve Yeni Yapılacak Sağlık Tesislerinde Uyulması Gereken Asgari Teknik Standartlar Genelgesi” nin 33. maddesinde “200 yatak ve üzeri tüm hastanelerde inşaat aşaması sırasında yüklenici firma tarafından bu binalara LEED sertifikası alınması zorunludur.” şartı yer almaktadır (TCSB, 2012). Bu şart da Türkiye’de yeşil hastanelerin tasarımına yönelik önemli bir adım olarak kabul edilebilir.

ABD Savunma Bakanlığı Askeri Sağlık Tesisleri Tasarım Ölçütleri

ABD Savunma Bakanlığı Askeri Sağlık Tesisleri Tasarım Ölçütleri, 3007-MIL-STD-3007 Askeri Standartları kapsamında hazırlanmaktadır. Askeri sağlık tesislerinin planlama, tasarım, inşa, kullanım, sürdürülebilirlik ve restorasyon süreçlerine ilişkin bir tasarım rehberidir (Unified Facilities Criteria [UFC], 2016). Bu rehber, askeri sağlık tesislerinin planlanması, tasarımı ve inşası için zorunlu politikalar sağlayan ve zorunlu tasarım ölçütlerini içeren genel bir tasarım kaynağı olarak kabul edilebilir. Bu bağlamda, rehber kendi zorunluluklarını sunarken, inşa edilmesi planlanan sağlık tesislerinden sorumlu tasarım ekibinin hangi aşamalarda başka hangi zorunluluklara tabi olduğunu da belirtmektedir (Özdemir, 2017). Rehberde belirtilen ölçütler ve atıfta bulunulan diğer gereklilikler çerçevesinde, sağlık tesislerinde ekonomik, işlevsel, enerji tasarrufu sağlanan sürdürülebilir mimari tasarımların gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

Sağlık Tesisleri için Tasarım ve Yapım Kılavuzu 2006

Sağlık Tesisleri Tasarım ve Yapım Kılavuzu, sağlık tesislerinin tasarım ve inşasında rehberlik eden temel tasarım ve yapım ölçütlerini içeren referans bir kaynaktır (Facility Guidelines Institute [FGI], 2006). Kılavuz, Tesis Yönergeleri Enstitüsü (Facility Guidelines Institute-FGI) tarafından 2006 yılında yayımlanmıştır.

Enstitü bu süreçte Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute - ANSI) ve Sağlık Rehberleri Revizyon Komitesi (Health Guidelines Revision Committee - HGRC) ile iş birliği yapmıştır.

Tesis Yönergeleri Enstitüsü (FGI), sağlık kurumlarında hasta ve personelin sağlığını asgari sürdürülebilir tasarım standartları çerçevesinde sağlayarak sağlıklı bir yapıyı çevre oluşturmayı hedeflemektedir. Enstitünün bu bağlamda yayımladığı bu kılavuz bireysel sağlık tesislerine özel bir sürdürülebilirlik rehberi değildir ancak içeriğinde bu konuyu kapsayan unsurlara yer verilmiştir. Kılavuzun sürdürülebilir sağlık tesisleri için bir temel oluşturması ve gelecekteki çalışmalar için yol gösterici bir araç olarak kullanılması planlanmıştır (Özdemir, 2017).

Sağlık Rehberleri Revizyon Komitesi (HGRC), sağlık kurumlarının planlama, tasarım ve inşa aşamalarında farklı perspektifleri temsil eden gönüllülerden oluşan bir kuruluştur. Bu komite, kılavuza ilişkin önerileri ve görüşleri değerlendirerek sağlık kurumları ile ilgili fikir alışverişini desteklemekte ve gelen öneriler doğrultusunda kılavuzda gerekli revize işlemlerini gerçekleştirmektedir (FGI, 2006).

Tesis Yönergeleri Enstitüsü (FGI), kılavuzu yenilemek ve güncellemek için Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers-ASHRAE) ve Amerikan Sağlık Hizmetleri Mühendisliği Derneği (The American Society for Health Care Engineering-ASHE) ile iş birliği yapmaktadır. ASHRAE 170'in Kasım 2013'e kadar onaylanan tüm ekleri içeren 2013 baskısı, Sağlık Tesisleri Tasarım ve Yapım Kılavuzunun dördüncü bölümü olarak dahil edilmiştir (FGI, 2014). ASHRAE kapsamında binalarda enerji tasarrufu, ısıl konfor, iç mekân hava kalitesi, soğutucu salımlarının azaltılması gibi alanları ele alan 87 adet aktif standart

bulunmaktadır. ASHE, sağlık hizmetleriyle ilişkili olan çevreyi optimize etmeye odaklanan en büyük dernektir. Bu standardın amacı, yüksek performanslı, sürdürülebilir sağlık tesislerinin tasarımı, inşası ve işletilmesi için prosedürler, yöntemler ve sertifikalandırma gereklilikleri oluşturmaadır (Amerikan Sağlık Hizmetleri Mühendisliği Derneği [ASHE], 2021).

Avustralya Sağlık Tesisleri Rehberi

Avustralya Sağlık Tesisleri Rehberi, Yeni Güney Galler Hkmeti'nin (NSW) sağlık tesislerinin tasarım gereksinimlerine yönelik bilgi sağlamak amacıyla 2007 yılında geliştirilmiştir. Bu rehber, Avustralya Sağlık Altyapısı İttifakı'nın ortak girişimi olarak hazırlanmıştır (Australasian Health Facility Guidelines [AusHFG], 2006). Yeni sağlık tesislerinin planlanmasına yönelik genel tasarım ölçütlerini sunan bir kaynaktır. Bu rehber, sağlık alanındaki sürekli gelişmeler ışığında periyodik olarak gözden geçirilmekte ve güncellenmektedir. Bina tasarımı ve sağlık hizmetleri ile ilgili teknolojik yenilikleri içeren bu rehberin kullanımı Avustralya'da zorunludur (zdemir, 2017). Rehberin hedefleri aşağıda verilmiştir (AusHFG, 2006):

- Sağlık tesisi kullanıcılarına sağlıklı bir ortamda bulunma, tedavi olma ve çalışma imkânı sunmak için en uygun koşulları sağlamak.
- Hastaların, yakınlarının, personelin ve ziyaretçilerin ihtiyaçlarına cevap veren güvenli ve işlevsel sağlık tesisleri tasarlamak.
- Sağlık tesislerinin planlanması ve tasarımında etkili ve uygun çözümler geliştirmek.
- Eyalet genelinde nitelikli sağlık hizmetlerinin sürdürülebilir şekilde sunulmasına katkıda bulunmak.

Tüm ilgili süreçlerde maliyet etkinliğini göz önünde bulundurmak.

Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri

Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri, 1996 yılında 28 kuruluşun bir araya gelmesiyle Zararsız Sağlık Koalisyonunu oluşturmak amacıyla kurulmuştur. Bu kuruluşun temel misyonu, “Önce Zarar Vermeyin” ilkesidir. Halk sağlığını iklim değişikliğinden korumak için yenilenebilir enerji kullanımı, karbon salımını azaltma ve afetlere karşı dayanıklı sağlık tesisleri oluşturmayı hedeflemektedir. Ayrıca, sürdürülebilir tedarik zincirinin (etik, sağlıklı ve sürdürülebilir ürün ve hizmetler) dönüşümünü sağlamak amacıyla sağlık sektörünün satın alma gücünün kullanılması gerektiğine dikkat çekmektedir (Health Care Without Harm-Asia [HCWH-A], 2017). Sağlık sektörü paydaşlarına yönelik eğitimler, rehberlik faaliyetleri, örnek uygulama tanıtımları ve politika değişikliği odaklı faaliyetler yürütmektedir (Health Care Without Harm-Europe [HCWH-E], 2018). Asya, Avrupa, ABD-Kanada olmak üzere üç bölgesel ofisi vardır. Kuruluşun çalışma alanları aşağıda verilmiştir:

- Kimyasallar: Zararlı kimyasalların kullanımından kaçınılması veya bunların daha güvenli alternatiflerle değiştirilmesi
- Yenilenebilir enerji: Güneş, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerjilerin kullanımı
- Gıda: Sağlıklı, güvenli, sürdürülebilir gıdaların kullanımı ve tanıtımı
- İlaçlar: Sürdürülebilir üretim, kullanım ve imhasını sağlayarak ilaçların çevre üzerindeki etkisini azaltmak için yenilikçi yeşil ürünlerin teşvik edilmesi

- Ulaşım: Karbon salımlarını azaltan ulaşım stratejilerinden yararlanılması
- Atık: Sıfır atık stratejilerinin uygulanması, atıkların zararlı etkilerinin azaltılması, yanmadan sürdürülebilir imha yöntemlerinden yararlanılması
- Su: Güvenli bir su kaynağına erişim sağlanması, su verimliliği sağlanması, su kirliliğinin azaltılması, atık suyun arıtılması
- Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri kuruluşu gönüllü olarak faaliyet göstermektedir. Temel hedefleri aşağıda verilmiştir (Özdemir, 2017):
- Sağlıklı yapı ürünleri, yapı malzemeleri ve yapı kimyasallarına ilişkin pazar ve politika geliştirilmesinin desteklenmesi
- Tıbbi atık miktarını azaltılması, çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve çevre dostu atık yönetimi sistemlerinden yararlanılması
- Sağlık binalarının tasarım, inşa, kullanım ve yıkım aşamalarında çevresel etkilerin en aza indirilerek sağlıklı çevre koşullarının oluşturulması
- Sürdürülebilir gıda üretimi, dağıtımı, yerinde sağlıklı gıda üretimi ve sağlıklı satın alma sistemlerinin teşvik edilmesi
- Sağlık çalışanları için sağlıklı ve güvenli çalışma alanlarının sağlanması
- Sağlık hizmetlerinde kullanılan kimyasallar konusunda hastalar, çalışanlar ve toplumu bilinçlendirerek farkındalık oluşturulması

Yeşil Sağlık Uygulamaları

Yeşil Sağlık Uygulamaları, 2008 yılında kurulan, ABD’deki sağlık kuruluşlarına faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla sürdürülebilirlik önlemleri sunan bir ağ kuruluşudur. Üyeleri arasında hastaneler, sağlık sistemleri, sağlık personelleri, halk sağlığı kuruluşları ve sürdürülebilir sağlık çalışmaları yürüten diğer paydaşlar bulunmaktadır (Aver, 2021). Üye hastaneler, sürdürülebilirlik çalışmalarında kuruluşun çeşitli kılavuzlarından (atık yönetimi izleme aracı, anestezi gaz kontrol listesi gibi) yararlanabilmektedir. Ayrıca üyeler arasında görüş alışverişi yapılabilmesi amacıyla eğitim, çevrimiçi seminer ve atölye çalışması gibi etkinlikler gerçekleştirilmektedir. Üyelerin enerji kullanımı, su kullanımı ve atık miktarı gibi verileri izlenmekte, analiz edilmekte ve paylaşılmaktadır (Practice Greenhealth, 2020).

Kuruluşun çalışma alanları binalar, kimyasallar, enerji, gıda, sürdürülebilir tedarik, ulaşım, atık, iklim değişikliği, yönetime katılım ve yeşil ameliyathaneler gibi konuları kapsamaktadır. Kuruluş, gönüllü olarak faaliyet göstermektedir. Temel hedefleri aşağıda verilmiştir (Practice Greenhealth, 2020):

- Üye hastaneler ve derneklere etkin bir atık yönetim sistemi sunarak atık üretiminin kaynağında önlenmesi
- Enerji, su ve malzeme kaynaklarının verimli kullanılması
- Karbon salımlarının azaltılması
- Binaların bakım-onarım ve dönüşümüne olanak tanıyan esnek tasarımlar geliştirilmesi
- Çalışanlar için sağlıklı ve güvenli çalışma koşulları sağlanması
- İnşaat süreçlerinde çevresel zararların en aza indirilmesi

- Geri dönüşüm uygulamalarının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması
- Zararlı kimyasal atıkların kontrol altına alınması ve kaynağında azaltılmasının sağlanması

Sağlıklı Hastaneler Girişimi

Sağlıklı Hastaneler Girişimi, ABD’de sağlık hizmetleri sektöründe çevre dostu ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek amacıyla 2012 yılında, sağlık sektöründeki yeni girişimciler ve gönüllü ekipler tarafından Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri, Yeşil Sağlık Uygulamaları ve Sağlık Tasarım Merkezi (Center for Health Design- CHD) iş birliğiyle kurulmuştur. Bu girişim, sağlık sektöründeki çevresel ayak izlerini azaltmayı ve bu alanda ilerleme kaydetmeyi amaçlayan bir kuruluştur. Kuruluşun amaçları aşağıda verilmiştir (Healthier Hospitals Initiative [HHI], 2024):

- Enerji tüketiminin azaltılması
- Atıkların azaltılması
- Daha sağlıklı ürünlerin kullanılması
- Daha az zehirli olan ürünlerin kullanılması
- Daha sağlıklı gıda hizmetleri sunulması
- Sağlık modellerinin yenilenmesi

Küresel Yeşil ve Sağlıklı Hastaneler Ağı

Küresel Yeşil ve Sağlıklı Hastaneler projesi, Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri- HCWH tarafından 2011 yılında başlatılmıştır. Ağ kapsamında Sağlık ve Küresel Politika Enstitüsü (HGPI)’nün de resmi olarak katılmasıyla birlikte 2023 itibariyle 80’den fazla ülkede 62 000 hastane ve sağlık merkezini temsil eden 1 750’den fazla üye bulunmaktadır. Üyeler arasında yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası iş birlikleri yapılmakta, başarılı uygulamalar ve uygulama sırasında

karşılaşılan sorunlar paylaşılmaktadır. Ağın temel hedefi, sağlık kurumlarının çevresel zararlarının azaltılması ve sağlık sektörünün halk sağlığı açısından iyileştirilmesidir. Ağın amaçları aşağıda verilmiştir (Global Green and Healthy Hospitals Network [GGHH], 2023).

- Liderlik: Halk sağlığına öncelik verilmesi
- Kimyasallar: Zararlı kimyasalların daha güvenli seçeneklerle değiştirilmesi
- Atık: Atıkların azaltılması, geri dönüşüm ve güvenli imha uygulamaları
- Enerji: Temiz ve yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji tasarrufu uygulamaları
- Su: Su tasarrufu ve güvenli bir içme suyu kaynağı sağlanması
- Ulaşım: Düşük karbon salımlı ulaşım yöntemlerinin kullanılması
- Gıda: Sürdürülebilir, sağlıklı, yerel gıda satın alma uygulamaları
- İlaç: İlaç kullanımındaki risklerin kontrolü ve güvenli imhası
- Binalar: Yeşil ve sağlıklı hastane mimarisinin teşvik edilmesi
- Satın Alma: Güvenli ve sürdürülebilir kaynak kullanımı

Sağlık Hizmetleri için Yeşil Kılavuz

Sağlık Hizmetleri için Yeşil Kılavuz projesi, Zarar Vermeden Sağlık Hizmetleri- HCWH (Bkz. Bölüm 2.3.5) tarafından 2002 yılında başlatılan ve desteklenen bir projedir. Sağlık sektöründe

hizmet veren tasarımcılar, mühendisler, tesis yöneticileri, çevre ve yeşil bina uzmanları gönüllü olarak projenin çalışma gruplarında yer almıştır. Bu proje, sağlık sektöründe geniş paydaş katılımı ile sürdürülebilir önlemlerin tanımlandığı, uygulama ölçütlerinin belirlendiği, teknik rehberlik kılavuzlarının ve eğitim kaynaklarının geliştirildiği ilk çalışmadır. Sağlık Hizmetleri için Yeşil Kılavuzun amaçları aşağıda verilmiştir (Green Guide for Health Care [GGHC], 2024):

- Hasta güvenliğinin ve konforunun sağlanması
- Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması
- İyileşme ortamlarının yüksek performans ile sağlanması
- Toplumun sağlığının korunması

Süreç içerisinde kılavuzda yer alan değerlendirme sistemine bakım onarım, sürdürülebilir gıda, yeşil satın alma gibi yeni ölçütler eklenmiştir. Ayrıca, projenin çalışma grupları ve ABD Yeşil Binalar Derneği'nin 7 yıllık ortak çalışması ile sağlık tesisleri için rehber olması öngörülen bir sistem geliştirilmiştir (Büyükçınar, 2022). Böylece Sağlık Hizmetleri için Yeşil Kılavuz, sağlık kurumları için geliştirilen "LEED Healthcare" sertifikasının temelini oluşturmuştur (Aver, 2021). LEED Healthcare sertifikası, zararlı maddelerden kaçınılması, doğa içinde tedavi ve yenilenebilir kaynakların tercih edilmesi gibi yaklaşımları kapsamaktadır.

Hastanelerde Sürdürülebilirlik Yol Haritası

Hastanelerde Sürdürülebilirlik Yol Haritası, 2008 yılında sağlık tesislerinin çevre dostu uygulamalara geçişini desteklemek için tasarlanmış web tabanlı bir platformdur. Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği (ASHRAE) ile Sağlık Kaynakları ve Malzeme Yönetimi Derneği (AHRMM) tarafından geliştirilen bu platform, sürdürülebilir uygulamaları geliştirmek ve

Çevresel etkileri azaltmak amacıyla sağlık tesislerine yol haritaları ve örnek eylem planları sunarak rehberlik etmektedir (zdemir, 2017). Hastanelerde Sürdürülebilirlik Yol Haritasının amaçları aşağıda verilmiştir (American Hospital Association [AHA], 2024):

- Sürdürülebilirliğin nceliklendirilmesi
- Enerji verimliliği ve su verimliliğinin arttırılması
- Kimyasal kullanımının azaltılması
- Atık üretiminin azaltılması

Sonuç ve neriler

Hastaneler, yüksek enerji ve su tüketimi, karmaşık atık yönetimi süreçleri ve çevresel etkileri gibi özellikleriyle diğer bina türlerinden ayrılmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmada yapılan araştırma yeşil bina ve yeşil hastane kavramlarının hem çevresel hem de sağlık açısından sürdürülebilir ve yenilikçi yaklaşımlar sunduğunu göstermektedir. Çeşitli ülkelerdeki farklı rehberler, yeşil hastane tasarımınnn küresel bir önem taşıdığını ve farklı bölgesel ihtiyaçlara yönelik stratejiler geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, ulusal ve uluslararası ölçekte geliştirilen yeşil bina sertifika sistemlerinin bazılarının hastane binalarına özgü değerlendirme ltleri ve puanlamaları bulunmaktadır. Bu çalışmada incelenen yeşil hastane tasarım araçları dışında, yeşil bina sertifika sistemleri de yeşil hastanelerin tasarımı için birer araç olarak kabul edilebilir. Bu çalışmaya konu olan yeşil hastane tasarım araçlarından ve yeşil bina sertifika sistemlerinden yararlanılmasının yeşil hastane projelerinin yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Kaynakça

AHA (2024). *American Hospital Association, Sustainability Roadmap for Health Care*. (06/10/2024 tarihinde <https://www.aha.org/sustainability> adresinden ulaşılmıştır).

Alkaabi, A. & Aljaradin, M. (2023). Sağlık Hizmetinin Geleceği için Yeşil Hastaneler: Bir İnceleme. *Al-Kitab Saf Bilimler Dergisi*. <https://doi.org/10.32441/kjps.06.02.p4>.

ASHE (2021). *ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 189.3-2021*. (08/10/2024 tarihinde <https://www.ashe.org/standard-189-3> adresinden ulaşılmıştır).

Atalı, H. (2014). *Hastanelerde Sürdürülebilirlik ve ISO 14001: Yönetici Tutumları zerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur.

AusHFG (2006). *Australasian Health Facility Guidelines (Australasian HFG-AusHFG)*. (05/10/2024 tarihinde https://aushfg-prod-com-au.s3.amazonaws.com/AusHFG%20Complete%20Version%201_0.pdf adresinden ulaşılmıştır).

Aver, . (2021). *Yeşil Hastane Derecelendirme Sisteminin Geliştirilmesi: Türkiye rneği*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2021.

Bartley, J., Olmsted, R. & Haas, J. (2010). Sağlık Hizmeti Tasarımı ve Yapımına İlişkin Güncel Görüşler: Daha Güvenli, Daha Temiz Ortamlar İçin Pratik ıkarımlar, *Amerikan Enfeksiyon Kontrolü Dergisi*, 38 5 Ek1, S1 (12). <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.04.195>.

Büyükçınar, R. (2022). *Yeşil Hastane Yapılarının Tasarım Süreçlerinin Proje Yönetimi Açısından İncelenerek rnek Bir Proje*

Üzerinden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2022.

Çilhoroz, Y. & Işık O. (2018). Yeşil Hastane Sertifika Sistemleri. *Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi* 2019;6 (1): 161-169.

Doğan, F.N. & Gültekin, A. B. (2025). *Yeşil hastane tasarımı için Türkiye'ye özgü bir sertifika önerisi: ECOCARE-TR*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

EPA (2023). *U.S. Environmental Protection Agency – EPA, Green Buildings, United States Environmental Protection.* (22/12/2023 tarihinde <https://www.epa.gov/land-revitalization/green-buildings> adresinden ulaşılmıştır).

Eşidir, Y. & Gültekin, A. B. (2023). İnşaat Sektörü Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları ve İnşaat Sektörünün İklim Değişikliğine Uyumu. İzzet Arı (Ed.), *Sürdürülebilir Kalkınma ve İklim Değişikliği: Bağınlar ve Örnekler* içinde (1. Baskı, 109-131, 224 sayfa), ISBN: 978-625-365-313-2, Ankara: Gazi Kitabevi

FGI (2006). *Guidelines for Design and Construction of Healthcare Facilities.* (08/10/2024 tarihinde <https://www.fgiguideines.org> adresinden ulaşılmıştır).

FGI (2014). *Majör Changes, 2014 FGI Guidelines.* (08/10/2024 tarihinde <https://www.fgiguideines.org/guidelines/2014-fgi-guidelines/major-changes/> adresinden ulaşılmıştır).

Gedük E.A. (2017). Hastanelerde Kurumsal Sosyal Sorumluluğun Önemi. *HSP Dergisi* 2017;4 (2): 136-141.

GGHC (2024). *Green Guide for Health Care.* (06/10/2024 tarihinde <http://www.gghc.org/> adresinden ulaşılmıştır).

GGHH (2018). *Global Green and Healthy Hospitals Network- “Annual Report 2018”*. *Global Green and Healthy Hospitals*. (28/09/2024 tarihinde <https://www.greenhospitals.net/> adresinden ulaşılmıştır).

Gültekin, A. B. (2021). A Conceptual Framework for Sustainable Building Design. Yamaçlı, R., Tokman, L. Y. (Ed.), *Sürdürülebilir Bina Tasarımı İçin Kavramsal Bir Çerçeve* içinde (1-14, 256), ISBN: 978-605-69034-8-9, Eskişehir: Eskişehir Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Yayınları 2.

Gültekin, A. B. & Yavaşbatmaz, S. (2013a). *Sustainable Tall Building Design: Evaluation of LEED Certificated Tall Buildings*. Saarbrücken – Germany: LAP Lambert Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-36665-9.

Gültekin, A. B. & Yavaşbatmaz, S. (2013b). Sustainable Design of Tall Buildings. Croatia: *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers Gradevinar*, 65 (5): 449-46, ISSN: 1333-9095.

HCWH-A (2017). *Asia in The Global Climate and Health Movement-2017 Annual Report. Health Care Without Harm Asia-HCWH-Asia*. (19/10/2024 tarihinde <https://noharm-asia.org/content/asia/hcwh-asia> adresinden ulaşılmıştır).

HCWH-E (2018). *Reducing The Carbon Footprint of Healthcare Through Sustainable Procurement. Health Care Without Harm Europe*. (19/09/2024 tarihinde <https://europe.noharm.org/> adresinden ulaşılmıştır).

HHI (2024). *Healthier Hospitals Initiative*. (05/10/2024 tarihinde https://practicegreenhealth.org/healthierhospitals?utm_source=healthierhospitals.org/ adresinden ulaşılmıştır).

IFMSA (2015). *International Federation of Medical Students' Associations. IFMSA Policy Statement Environmentally Sustainable Healthcare Facilities. Adopted during the 64th August Meeting General Assembly in Ohrid, FYR of Macedonia.* (24/12/2023 tarihinde https://ifmsa.org/wp-content/uploads/2015/05/2015AM_PS_Environmentally-Sustainable-Healthcare-Facilities.pdf adresinden ulaşılmıştır).

Kılıç, C. H. & Güdük, . (2018). Yeşil Hastane Kavramı ve Türkiye’deki Son Kullanıcıların Beklentileri zerine Bir Hastane rneği, Araştırma Makalesi, Gümüşhane, Gümüşhane Üniversitesi *Sağlık Bilimleri Dergisi*, *GSBD* 2018; 7 (1): 164-174.

Kırbaş, C. (2012). Hastanelerde Mimari-Mekanik Proje Tasarımı ve Uygulama Esasları, *Tesisat Mühendisliği Dergisi* 901ecf5238108aa ek, (127):15-30.

Lattanzio, S., Stefanizzi, P., D'ambrosio, M., Cuscianna, E., Riformato, G., Migliore, G., Tafuri, S. & Bianchi, F. (2022). Atık Yönetimi ve Yeşil Hastane Perspektifi- Sistematik Bir Anlatı İncelemesi. *Uluslararası Çevre Araştırmaları ve Halk Sağlığı Dergisi*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315812>.

Özdemir, M. (2017). *Yeşil Hastane Tasarım Ölçütlerinin İrdelenmesi ve Tasarıma İlişkin Çözüm Önerileri*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Palteki, A. S. (2013). *İstanbul'daki Kamu Hastanelerinin Yeşil Hastane Ölçütlerine Uygunluklarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Practice Greenhealth (2020). *Practice Greenhealth*.
(28/09/2024 tarihinde <http://www.practicegreenhealth.org/>
adresinden ulaşılmıştır).

Sarı, A. & Gültekin, A. B. (2022). *Digital Transformation of Construction Sector Through 3D Printing Technology: Rebuild or Retrofit?*, Transformation in Architecture, Generis Publishing, ISBN: 979-8-88676-551-9, 191 pages, Republic of Moldova, 2022.

Sungur Ergenoğlu, A. (2006). *Sağlık Kurumlarının İyileştiren Hastane Anlayışı ve Akreditasyon Bağlamında Tasarımı ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şener, M. (2017). Türkiye’de Devlet Hastanesi Mimarlığının Gelişimi Üzerine Bir İnceleme, *Yapı Dergisi*, (423):132-137.

TCSB (2012). *T.C. Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Dairesi Başkanlığı-Mevcut ve Yeni Yapılacak Sağlık Tesislerinde Uyulması Gereken Asgari Teknik Standartlar Sayı: B.10.0.İOD.0.07.00.00-10-6, 13.* (10/10/2024 tarihinde https://dosyasb.saglik.gov.tr/Eklenti/48073/0/sygm-gpdf.pdf?_tag1=C5D146D0580D2478888FB8DA10A9918C58E92003 adresinden ulaşılmıştır).

TCSB (2024). *T.C. Sağlık Bakanlığı, E-Kütüphane Sistemi, Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu.* (06/07/2024 tarihinde <https://ekutuphane.saglik.gov.tr/Yayin/414> adresinden ulaşılmıştır).

Terekli, G., Özkan, O. & Bayın, G. (2013). Çevre Dostu Hastaneler: Hastaneden Yeşil Hastaneye, Ankara, *Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi*, 2 (12).

UFC (2016). *Design: Military Medical Facilities.* (29/09/2024 tarihinde http://www.wbdg.org/FFC/DOD/UFC/ARCHIVES/ufc_4_510_01_2016_c1.pdf adresinden ulaşılmıştır).

YAPILARDA PASİF VE AKTİF TERMOGRAFINİN UYGULAMA ALANLARI

RUKİYE KOÇKAR TUĞLA¹

Giriş

Yapı denetimi inşaat mühendisliğinde önemli çalışma alanlarından biridir. Yapı denetimde genellikle uygulanan temas gerektiren ve/veya yapıdan numune örneği alınan zaman alıcı ve yapıya zarar verme riski taşıyan tahribatlı uygulamalardır. Son yıllarda gelişen temassız ve tahribatsız muayene yöntemleri, inşaat mühendisliğinde giderek daha fazla önem kazanmıştır. Bu yöntemlerden birisi de infrared termografi (IRT) yöntemidir. IRT yöntemi yapı elemanlarının yüzey sıcaklık dağılımlarını görüntüler, yüzey sıcaklıklarını analiz eder, görünmeyen hasarların veya enerji kayıplarının tespitini mümkün kılar.

IRT yönteminde ısı görüntüleri genel olarak pasif ve aktif olmak üzere iki ana yöntemle elde edilir. Pasif termografi harici bir ısı kaynağı kullanılmadan, yapının mevcut durumu üzerinde oluşan sıcaklık farkları kullanılarak, dış ortamdan kaynaklanan ısı değişimlerini görüntüleme prensibine dayanır. Pasif termografi

¹ Dr. Öğr.Üyesi, Kastamonu Üniversitesi, İnşaat Bölümü, Orcid:0000-0001-9731-4206

yöntemi genellikle elemanlardaki ısıl düzensizliklerin takip edilmesinde kullanılır (Avdelidis ve Moropoulou, 2003). Aktif termografi ise harici bir ısı kaynağı (halojen lamba, ısıtıcı vb) ile yüzeye ısı verilerek, yüzey altında oluşan ısıl tepkilerin termal kamera ile izlenmesi prensibine dayanır (Wiggenhauser, 2002; Maldague, 2001). Bu yöntem genellikle yapı elemanlarında yüzey altı boşluklar, ayrışmalar, çatlaklar veya yoğuşma gibi gözle görünmeyen gizli hasarların ortaya çıkarılmasında etkilidir (Tuğla Tuğla, Tavukçuoğlu ve Arslan, 2013; Tuğla ve Tavukçuoğlu, 2016).

Bu çalışmada, pasif ve aktif termografi yöntemleri hem kuramsal hem uygulamalı olarak incelenmiş; inşaat mühendisliğinde yapı izleme, denetleme ve malzeme özelliklerinin tespiti gibi alanlarda yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Amaç, mühendislik alanında, enerji verimliliği çalışmalarında, yapı denetim uygulamalarında infrared termografi yönteminin potansiyelini göstermek, yöntemin Türkiye’de de yaygın ve doğru kullanımının artmasına katkı sağlamaktır.

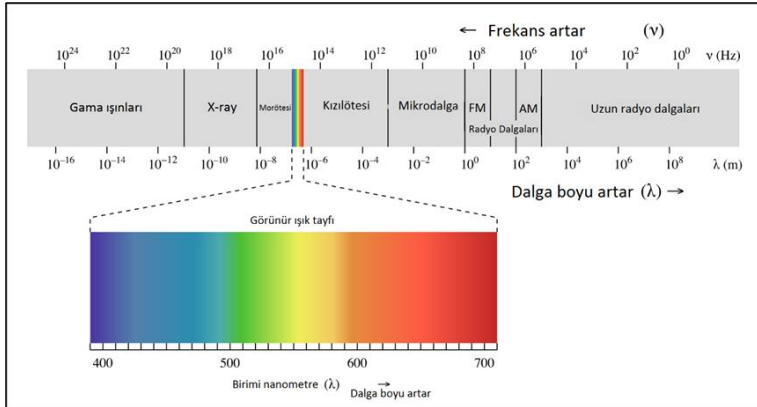
Infrared Termografi Yöntemi ve Çalışma Prensibi

InfRared Termografi (IRT) Türkçe’de Kızılötesi Isıl Görüntüleme yöntemi olarak da bilinir. Kızılötesi ısıl görüntüleme (IRT) yöntemi mutlak sıfırdan farklı enerji yayan cismin yüzeyindeki ısıyı görüntüleyen (Serra, Tadeu ve Simões, 2017) ve sıcaklık dağılımını belirleyen tahribatsız bir muayene yöntemidir. Bu yöntemde ısıl görüntüleri almak için ısıya karşı duyarlı termal kameralar kullanılmaktadır.

Bütün nesneler sıcaklığına bağlı olarak etraflarına bir miktar ısı enerjisi (ışınım/radyasyon) yayarlar. Fakat bu enerji her zaman aracısız görülemeyebilir. İnsanlar elektromanyetik spektrumda (Şekil 1) görünür ışık da denilen dalga boyu 400 ile 700 nanometre aralığında olan kısmı çıplak gözle görebilirler (Açıkbilim, 2019). IRT yöntemi ise elektromanyetik spektrum içinde yer alan ve dalga

boyu yaklaşık 0,75-10 μm olan kızılötesi (IR) bölgeyi kullanır (Maldague, 2001; Ocana, Guerrero ve Requena, 2004). IRT yönteminde kullanılan termal kameralar 3-14 μm dalga boyuna sahip kısa ve uzun dalga boylarını görüntüleyebilir (Ocana vd, 2004; Titman, 2001; Maldague, 2001).

Şekil 1 Elektromanyetik spektrumda verilen ışık tayfı

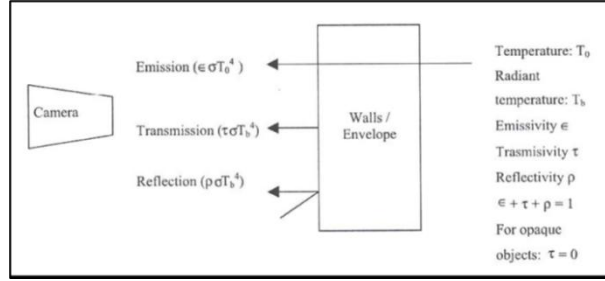


Kaynak: (Wikipedia, 2019)

IRT yöntemi yüzey sıcaklığı ile yayılan ısı enerjisi arasındaki ilişkileri tanımlayan üç temel fizik prensibine dayanır. Bu temel prensipler Planck Yasası, Stefan–Boltzmann Yasası ve emisivite kavramıdır. Planck Yasası temelinde tüm nesnelerin sıcaklığa bağlı olarak elektromanyetik ışınım (radyasyon) yaydığını belirtir. Stefan–Boltzmann Yasası ise basitçe bir cismin yüzeyindeki sıcaklığının artmasıyla çevresine daha fazla ısı enerjisi yaydığını ifade eder. Teknik olarak yayılan toplam ışınımın (radyasyonun), mutlak sıcaklığın dördüncü kuvvetiyle (T^4) orantılı olduğunu ifade eder (Çengel, 2011). Bu prensipler doğrultusunda kullanılan termal kameralar, bu ışınım bileşenlerinin (yayım, yansıma ve geçiş) toplam etkisini algılar (Ocana vd., 2004) (Şekil 2). IRT yöntemi, yüzeylerden yayılan bu enerjiyi algılayarak sıcaklık dağılımı haritalarını oluşturur. Fakat yüzeyden yayılan bu toplam enerji,

emisivite değeri ve çevresel etkiler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Şekil 2 Termal kamera tarafından görüntü alma prensibi



Kaynak: (Ocana vd, 2004)

Emisivite değeri ısıyın yüzeyde yayılım faktörüdür (Ocana vd, 2004). Her bir cisim 0 ile 1 arasında yer alan farklı bir yayılım değerine sahiptir. Yüzey yayılım (emisivite) değeri maksimum olan (1) yüzeye karacisim denir (Çengel, 2011) Aynı sıcaklıkta cisimlerin yüzeylerinden yayılan ışıyım, karacisim tarafından yayılan ışıyım değerinden azdır. Yapı malzemeleri için emisivite değeri deneyssel olarak belirlenebilmektedir. Deneyssel olarak belirlenemeyecek durumlarda ise literatürde verilen 0,90-0,95 arasında yer alan emisivite değeri kullanılabilmektedir. (Çengel, 2011; Avdelidis ve Moropoulou 2004; Flir, 2001). Emisivite değeri düşük (0'a yakın) veya yüksek (1'e yakın) olması durumu termal kamera ile yapılan sıcaklık ölçüm sonucunu etkileyen önemli bir faktördür (Ocana vd., 2004; Maldague, 2001).

IRT yönteminde çevresel faktörlerde önemlidir. Bu faktörler mevsimsel farklılıklara bağılı olarak değışen ortam sıcaklığı, bağılı nem, rüzgar hızı vb. gibi iklimatik özellikler ve termal kamera ile ölçüm yapılacak cisim arasındaki mesafe, açı gibi fiziksel özelliklerdir (Balaras ve Argiriou, 2002; Titman, 2001).

İnfrared Termografi Yöntemi ile Ölçüm Teknikleri

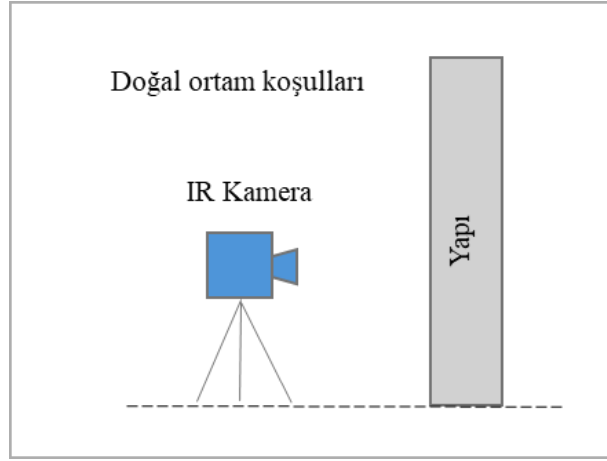
IRT yönteminde kullanılan iki ana ölçüm tekniği vardır. Bunlar pasif ve aktif termografi diye isimlendirilir. Cismin yüzeyine etki eden sıcaklık dağılımındaki farklılığın doğal yollarla mı yoksa harici bir ısı kaynağıyla mı sağlandığına bağlı olarak gruplandırılır. IRT ölçüm yöntemleri aşağıda verilmiştir (Maldague, 2001).

1. Pasif Termografi
2. Aktif Termografi
 - Darbeli/atımlı termografi (Pulse Thermography-PT),
 - Senkronize/eş zamanlı termografi (Lock-in Thermography-LT)
 - Darbe/atımlı fazlı termografi (Pulse Phase Thermography -PPT)

Pasif Termografi

Cisimlerin üzerinde herhangi bir harici ısı kaynağının etkisi olmadan, yani doğal koşullarda oluşan ısı akışını ölçen bir ölçüm tekniğidir (Grinzato, Bison ve Marinetti, 2002). Pasif termografi de incelenmek istenen yüzeyden termal kamera vasıtasıyla görüntü alınır ve bu görüntü nitel ya da nicel olarak incelenebilir. Pasif termografi için basit bir düzenek Şekil 3’de gösterilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3 Pasif termografi yöntemini tarifleyen basit bir düzenek



Pasif termografi yöntemiyle cisimlerdeki ısı düzensizlikler tespit edilir (Avdelidis ve Moropoulou, 2003). Malzemelerin yüksek ısı ataletleri sayesinde yüzeylerindeki ısı farklılıklar; bozulmalar, ısı kaçakları vb. gibi sorunlar pasif termografi yöntemiyle incelenebilmektedir. Ayrıca ısıtma ve soğutma sistemlerinde meydana gelen ısı kaçaklar da bu yöntemle kolayca tespit edilebilmektedir (Grinzato vd., 2002) Bir canlının vücut ısını, ya da çalışan bir makine parçasının ısını tespit etmek pasif termografiye örnek olarak verilebilir (Resim 1).

Resim 1 Pasif termografi ile doğal ortamda bir insanın vücut ısısı ve çevredeki cisimlerin ısı görüntüsü



Aktif Termografi

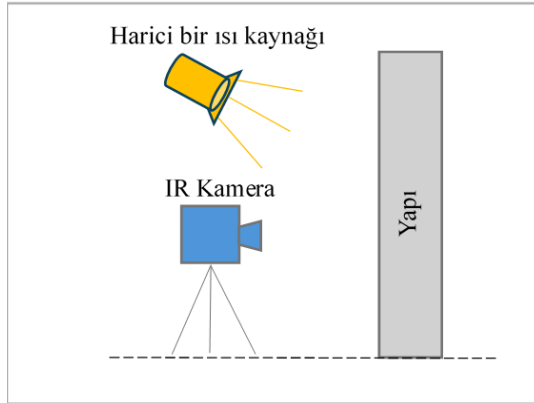
Pasif termografisini aksine aktif termografi de incelenen yüzeye dışarıdan harici bir ısı kaynağı ile ısıtma uygulanmaktadır. Aktif termografinin çalışma esnasında çalışma yüzeyine ısı verilir ve daha sonra yüzey sıcaklığı termal kameralar ile kayıt edilir (Wiggenhauser, 2002; Maldague, 2001). Aktif termografi için basit bir düzenek Şekil 4’de gösterilmiştir (Şekil 4). Kayıt etme işlemi belli bir zaman diliminde ve ard arda gerçekleşiyorsa buna *ardışık ısı görüntüleme* denilmektedir. Isıtma işlemi ile görüntü alma işlemi eş zamanlı olarak gerçekleşir.

Aktif termografide yaygın olarak kullanılan harici ısı kaynakları radyatör, ısıtıcı, ısı kabini, halojen lamba, saç kurutma makinesi vb. Isının yüzeye homojen olarak yayılmasını sağlamak elde edilen sonuçların doğruluğu bakımından önemlidir. Isıtma süreleri ve bunun için harcanan enerji incelenen malzemenin özelliklerine bağlıdır (Grinzato, Vavilov ve Kauppinen, 1998).

Aktif termografi birçok endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Maldague, 2001). Fakat özellikle metal ve homojen olmayan malzemelerin ısı karakterizasyonlarını belirleme çalışmalarında karşılaşılmaktadır. Bu yöntemle birçok yapı elemanın

sağlıklı ve/veya kusurlu bölgeleri tespit edilebilmektedir. Bu bölgelerden elde edilen yüzey sıcaklık verileriyle de nicel analiz yapılmakta ve yüzey karakteristikleri sayısal olarak ifade edilmektedir. Aktif termografi yöntemi ayrıca yapı duvarlarının, yapı cephelerinin ısııl özelliklerini, enerji performanslarını belirlemede de kullanılabilen pratik ve tahribatsız bir yöntemdir (Grinzato vd., 1998; Koçkar Tuğla, Tavukcuoglu ve Yazıcıoğlu, 2025). Aktif termografi yöntemi kullanılarak yapılan bir çalışma örneği Resim 2’de gösterilmiştir. Burada incelenen yüzey arka taraftan bir ısı kabini vasıtasıyla ısıtılmış; ısıtılan yüzeyin tam karşı tarafından termal kamera ile görüntü alınmıştır. Aktif termografide ısıtıcı termal kamera ile aynı yüzeyde bulunabileceği gibi (Şekil 4) farklı yüzeylerde de konumlandırılabilir (Resim 2).

Şekil 4 Aktif termografi yöntemini tarifleyen basit bir düzenek



Resim 2 Aktif termografi yönteminin kullanıldığı bir deney düzeneği: Burada incelenen alan ısı kabini ile arkadan ısıtılmış eş zamanlı olarak termal kamera ile ısı görüntü takibi yapılmıştır.



Kaynak: (Koçkar Tuğla vd., 2025)

Aktif termografi ile ölçüm üç farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar darbeli/atımlı termografi (Pulse Thermography-PT), senkronize/eş zamanlı termografi (Lock-in Thermography-LT) ve darbe fazlı/atımlı fazlı termografi (Pulse Phase Thermography -PPT) gibi üç farklı şekilde uygulanmaktadır (Maldague, 2001). Bu üç farklı yöntemin karşılaştırması Tablo 1’de kısaca verilmiştir.

Tablo 1 Aktif Termografi Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırması

Yöntem	Isı Uygulanış Şekli	Avantajları	Dezavantajları	Kullanım Alanı
Pulse Thermography (PT)	Kısa, ani ve güçlü ısı darbesi	Hızlı, basit uygulama	Derin kusur tespiti sınırlı	Yüzey ve yüzeğe yakın kusur tespiti
Lock-in Thermography (LT)	Sürekli, periyodik (genellikle sinüzoidal) ısı uyarımı	Derinlik bilgisi verir, yüksek hassasiyet	Karmaşık ekipman ve analiz	Derin kusur tespiti
Pulse Phase Thermography (PPT)	Ani ısı darbesi + frekans/faz analiz (hibrit yöntem)	Hem yüzey hem derin kusur tespiti	Veri işleme gerektirir, diğer yöntemlere göre karmaşıktır.	Yüzey ve derin kusurların detaylı analizi
<i>Kaynak: (Maldague, 2001)</i>				

Pasif ve Aktif Termografinin Yapılarda Kullanım Alanları

İnfrared termografi yöntemi günümüzde yapı cepheleri, yapı elemanları ve yapı malzemelerinin incelenmesi amacıyla dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle tarihi yapıların koruma ve onarım çalışmalarında; malzeme bozulmalarında, ısıl problemlerin ve/veya çatlakların tespiti ve analizinde, enerji verimlilik kapsamında başarılı bir yöntemdir. IRT yöntemi tahribatsız bir yöntem olduğu için yapı sektöründe hızlıca yer edinmiştir. Yapılar üzerinde pasif ve aktif termografi yönteminin kullanıldığı birçok bilimsel çalışma vardır. Pasif ve aktif termografinin kullanıldığı çalışmaların bir kısmı Tablo 2’de listelenmiştir.

Tablo 2 Pasif ve Aktif Termografinin Yapılarda Kullanım Alanları

Kullanım Alanı	Kullanılan Yöntem	Kaynaklar
Binaların ısııl değerlendirilmesi	Pasif Termografi	Balaras ve Argiriou, 2002; Kylili vd. 2014
Isı köprülerinin tespiti	Pasif Termografi	Tuğla vd., 2013; Zalewski vd., 2010
Nem tespiti	Pasif Termografi	Tuğla vd., 2013
Delaminasyon / boşluk tespiti (beton, duvar)	Aktif Termografi	Maierhofer, Arndt ve Röllig, 2007
Beton Kirişlerin Dayanıklılık Tespiti	Aktif Termografi	Lai vd., 2013
Kompozit yapılarda porozite değerlendirilmesi	Aktif Termografi	Toscano, Meola ve Carlomagno, 2013
Tarihi yapı veya malzeme analizi	Pasif ve Aktif Termografi	Tavukçuoğlu, 2009; Theodorakeas vd., 2015
Drenaj sistemi incelemeleri	Pasif Termografi	Tavukçuoğlu vd., 2005
Bina enerji performansı ve U Değeri	Pasif Termografi	Nardi vd., 2016; Sayın ve Tavukçuoğlu, 2016; Koçkar Tuğla, 2024
Sıva altı tabaka kontrolü	Aktif Termografi	Freitas, Freitas ve Barreira, 2014
Yapı duvarlarının ısııl yayınlılık değerinin Belirlenmesi	Aktif Termografi	Koçkar Tuğla vd, 2025
Yapı Ceplerinin Isıl Özellikleri	Pasif Termografi	Koçkar Tuğla, 2022
Yapı duvarlarının ısııl sorunlarının sayısal analizi	Aktif Termografi	Tuğla vd., 2013; Tuğla ve Tavukçuoğlu, 2016

İnfrared termografi (IRT) yönteminin hem pasif hem de aktif termografi marifetiyle yapılarda birçok alanda kullanıldığı anlaşılmaktadır (Tablo 2). Bu çalışmaların sonuçları, IRT yönteminin yapıların enerji performansının belirlenmesi, ısııl/nemsel sorunlarının tespiti, mazleme özelliklerinin incelenmesi,

yapıların denetlenmesi, kontrolü vb. işlerde başarılı olduğunu ve işe yaradığını göstermiştir.

Pasif ve Aktif Termografi ile Uygulama Örneği

Çalışmanın bu kısmında pasif ve aktif termografi yöntemi ile alınan ısı görüntüleri birlikte verilmiş ve basit bir nitel analiz uygulaması yapılmıştır. Burada mevcut bir yapı duvarının sıvalı fakat boyasız yüzeyi (Resim 4a) pasif ve aktif termografi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. İncelenen yapı duvarının delikli tuğla duvar dolgu malzemesi kullanılarak inşa edildiği bilinmektedir.

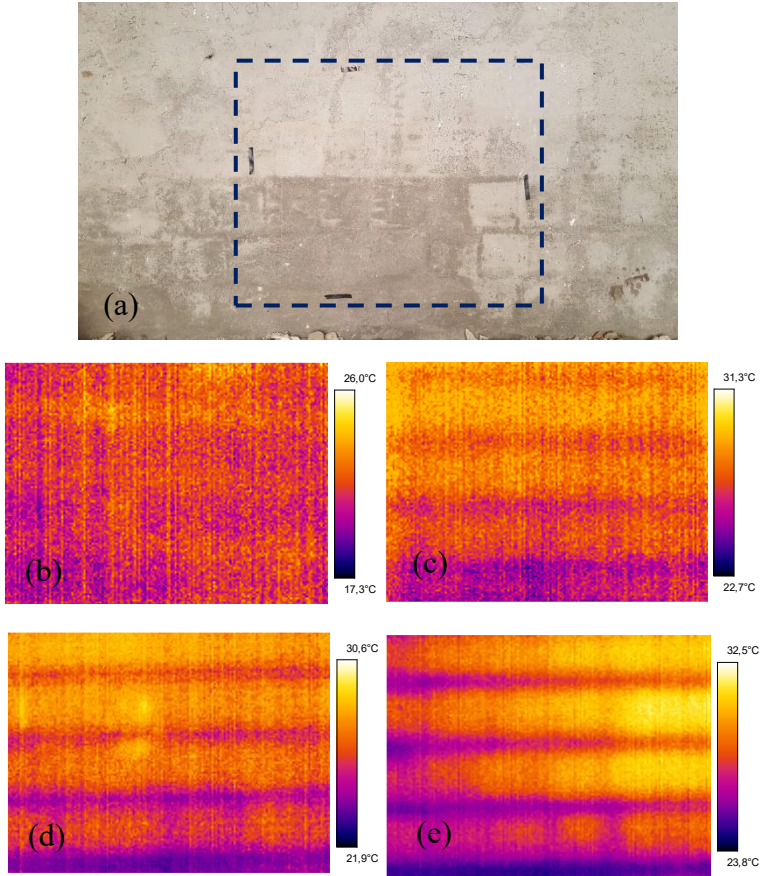
Pasif termografi yönteminde duvarın mevcut koşullardaki durumu korunmuş ve sadece duvar yüzeyinden termal kamera ile ısı görüntü alınmıştır. Aktif termografi yönteminde ise duvar yüzeyi harici bir ısıtıcı (ufo) yardımıyla ısıtılmıştır (Resim 3). Isıtma ile aynı yönden ve eş zamanlı olarak termal kamera ile görüntü alınmıştır. Çalışma ortamının iklim koşulları anemometre ile kontrol edilmiştir (Resim 3).

Resim 3 Örnek uygulama için hazırlanan aktif termografi düzeneği



Her iki yöntem ile aynı duvar yüzeyinden ısı görüntüleri alınmıştır. Duvar yüzeyinde incelenen alan çerçeve ile sınırlandırılarak gösterilmiştir. Resim 4’ de alınan ısı görüntüleri bu sınırlandırılmıştır çalışma alanından alınan ısı görüntüleri göstermektedir (Resim 4).

Resim 4 İncelene örnek duvar yüzey alanı (a); pasif termografi ile alınan ilk görüntü (b) ve son görüntü (c); aktif termografi ile alınan ilk görüntü (d) ve son görüntü



Isıl görüntülere bakıldığı zaman duvar yüzeyindeki farklı ısı özelliklerine sahip malzemelerin örneğin tuğla yüzeyi ile harç yüzeyinin aktif termografi ile çekilen görüntüde daha ayırt edilebilir

olduğu görülmektedir (Resim 3). Tuğlaların bulunduğu yüzeyler harçlı derzlerin bulunduğu yüzeylere göre daha sıcak bir görüntü vermiştir. Malzeme ısıl ataletlerinin farklı olması dolayısıyla bu durum beklenen bir sonuçtur.

Sonuç olarak her iki yöntemde ısıl görüntü almada başarılıdır. Fakat yapılacak analizin türüne, araştırmanın kapsamına ve varılmak istenen hedefe göre yöntemler tercih edilmelidir.

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak infrared termografi yöntemi; yapı enerji performansının belirlenmesi, ısıl ve nem sorunlarının analizi, yapı kusuru tespiti ve inceleme çalışmaları vb. gibi birçok alanda aktif olarak kullanılan tahribatsız bir muayene yöntemidir. Hem pasif hem de aktif termografi kullanımı yapılarda tercih edilebilir. Yöntem seçiminde yapılacak çalışmanın türü etkindir. Örneğin malzeme ısıl özelliklerinin incelenmesi hedeflenen bir çalışma yapılacaksa aktif termografi tercih edilmelidir. Çünkü aktif termografi ile elde edilen ısıl görüntülerin bu alanda yapılacak çalışmalarda daha işlevsel olacağı düşünülmektedir. İlaveten çalışmalarda ortam koşullarındaki değişikliğin de sonuçları etkileyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

İncelenen literatür kadarıyla infrared termografi yönteminin genellikle yabancı ülkelerde yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. IRT alanında yapılan araştırmalar sonucu yapılarda birçok alanda IRT yönteminin kullanımının mümkün olduğu bilinmektedir. IRT yöntemi kullanılarak hem eski hem mevcut yapıların denetlenmesi, takibi/izlenmesi ve korunması çalışmalarında Türkiye’de standart bir ölçüm yöntemi oluşturulması önemlidir. Öncelikle yöntemi yaygın ve doğru kullanabilen uzmanların yetişmesi gereklidir. Üniversite ve/veya kurum/kuruluşların AR-GE laboratuvarında IRT yönteminin dahil edildiği çalışmaların artırılması gerektiği düşünülmektedir.

Kaynakça

Avdelidis, N. P., & Moropoulou, A. (2003). Emissivity considerations in building thermography. *Energy and Buildings*, 35, 663-667.

Wiggenhauser, H. (2002). Active ır-applications in civil engineering. *Infrared Physics & Technology*, 43, 233–238.

Maldague, X. P. V. (2001). *Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing*. Wiley-Interscience.

Tuğla R., Tavukçuoğlu A., & Arslan M. (2013). Examination of thermal properties and failures of brick walls by the use of infrared thermography and hot box method. *International conference & exhibition on Application of efficient & renewable energy technologies in low cost buildings and construction*, Ankara, Türkiye, 180-199.

Tuğla R., ve Tavukçuoğlu A. (2016). Tuğla duvarlarda ısıtıl sorunların kızıl ötesi ısıt görüntüleme ile belirlenmesi. *3. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik ve Erişilebilirlik*, Ankara.

Serra, C., Tadeu, A., & Simões, N. (2017). Heat transfer modeling using analytical solutions for infrared thermography applications in multilayered buildings systems. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 115, 471–478. doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.08.042

Açık bilim (2019). *Elektromanyetik spektrum*. (01.09.2019 tarihinde <http://www.acikbilim.com/2013/11/dosyalar/elektromanyetik-spektrum-bize-ne-anlatiyor.html> adresinden ulaşılmıştır.)

Ocana, S. M., Guerrero, I. C., & Requena, I. G. (2004). Thermographic survey of two rural buildings in Spain. *Energy and Buildings*, 36, 515–523. doi:10.1016/j.enbuild.2003.12.012

Titman, D. J. (2001). Applications of thermography in non-destructive testing of structures. *NDT & E International*, 34, 149-154. doi.org/10.1016/S0963-8695(00)00039-6

Wikipedia (2019). *Thermal diffusivity value*. (01.09.2019 tarihinde <http://en.wikipedia.org/wiki> adresinden ulaşılmıştır.)

Çengel, Y. (2011). *Isı ve kütle transferi pratik bir yaklaşım (Üçüncü Baskı)*. İzmir: Güven Kitapevi, 1-70.

Avdelidis, N. P., & Moropoulou, A. (2004). Applications of infrared thermography for the investigation of historic structures. *Journal of Cultural Heritage*, 5, 119–127. doi.org/10.1016/j.culher.2003.07.002

Flir (2001). *ThermaCAM PM695 operator's manual, emissivity tables*. Flir Systems AB 1, 454-557.

Balaras, C. A., & Argiriou, A. A. (2002). Infrared thermography for building diagnostics. *Energy and Buildings*, 34, 171-183. doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00105-0

Grinzato, E., Bison, P.G., & Marinetti, S. (2002). Monitoring of the ancient buildings by the thermal method. *Journal of Cultural Heritage*, 3, 21–29. doi.org/10.1016/S1296-2074(02)01159-7

Grinzato, E., Vavilov, V., & Kauppinen, T. (1998). Quantitative infrared thermography in buildings. *Energy and Buildings*, 29, 1-9. doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00039-X

Koçkar Tuğla, R., Tavukcuoglu, A., ve Yazıcıoğlu, S. (2025). Yapı duvarlarının ısı yayınlılık ölçümleri için standart bir laboratuvar test yönteminin geliştirilmesi: Kızılötesi ısı görüntüleme ve korumalı sıcak kutunun birlikte kullanımı. *Gazi*

Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 40(1), 529-540. Doi:10.17341/gazimmfd.1296046

Kylili, A., Fokaides, P., A., Christou, P., & Kalogirou, S., A. (2014). Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: A review, *Applied Energy*, 134, 531–549. doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.005

Zalewski, L., Lassue, S., Rousse, D., & Boukhalfa, K. (2010). Experimental and numerical characterization of thermal bridges in prefabricated building walls. *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2869–2877. doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.026

Maierhofer, C., Arndt, R., & Röllig, M. (2007). Influence of concrete properties on the detection of voids with impulse-thermography. *Infrared Physics & Technology*, 49(3), 213–217. doi.org/10.1016/j.infrared.2006.06.007

Lai, W. L., Kou, S. C., Poon, C. S., Tsang, W. F., & Lee, K. K. (2013). A durability study of externally bonded FRP–concrete beams via full-field infrared thermography (IRT) and quasi-static shear test. *Construction and Building Materials*, 40, 481–491. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.105

Toscano, C., Meola, C., & Carlomagno, G. M. (2013). Porosity distribution in composite structures with infrared thermography. *Journal of Composites*, Article ID 140127, 1-8. doi.org/10.1155/2013/140127

Tavukçuoğlu, A. (2009). Tarihi yapıların tahribatsız yöntemlerle muayenesi. *Kagir Yapılarda Koruma ve Onarım Semineri*, 187-200.

Theodorakeas, P., Cheilakou, E., Ftikou, E., Kou, M. (2015). Passive and active infrared thermography: An overview of applications for the inspection of mosaic structures. *Journal of*

Physics: Conference Series, 655, Article ID 012061.
doi:10.1088/1742-6596/655/1/012061

Tavukçuoğlu, A., Düzgüneş, A., Caner-Saltık, E. N., & Demirci, Ş. (2005). Use of IR thermography for the assessment of surface-water drainage problems in a historical building, Ağzıkarahan (Aksaray), Türkiye. *NDT & E International*, 38, 402–410. doi.org/10.1016/j.ndteint.2004.11.003

Nardi, I., Paoletti, D., Ambrosini, D., Rubeis, T., & Sfarra, S. (2016). U-Value Assessment by Infrared Thermography: A Comparison of Different Calculation Methods in A Guarded Hot Box. *Energy and Buildings*, 122, 211-221. doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.017

Sayın, M., ve Tavukçuoğlu, A. (2016). Cephelerin ısı yalıtımlılık durumlarının ısı görüntüleme ile değerlendirilmesi. *Yalıtım Dergisi*, İstanbul: B2B Medya, 152, 46-54.

Koçkar Tuğla, R. (2024). Bina Enerji Performansı Artırma Uygulamalarının Isıl Geçirgenlik Katsayısına Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(4), 1490-1500. doi.org/10.17780/ksujes.1490789

Freitas, S. S., Freitas, V. P., & Barreira, E. (2014). Detection of façade plaster detachments using infrared thermography: A nondestructive technique. *Construction and Building Materials*, 70, 80–87. doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.094

Koçkar Tuğla, R. (2022). Mevcut Yapı Cephelerinin Isıl Özelliklerinin Nicel Kızılötesi Isıl Görüntüleme Yöntemi ile Yerinde İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 25(4), 1633-1643. doi.org/10.2339/politeknik.868410

YAPILARDA PARAMETRİK TASARIM YÖNTEMİNİN KULLANIMINA YÖNELİK BİR BİBLİYOMETRİK ANALİZ

**ALPEREN SARI¹
ARZUHAN BURCU GÜLTEKİN²**

Giriş

İnşaat sektörü, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla miktarının ve istihdamın yaklaşık %10'ununa katkı sunarak küresel ölçekte en büyük sektörlerden birisi olduğunu göstermektedir (Gültekin & Sarı, 2022; ILO, 2017). Bir yerdeki oluşumun ilk adım sektörü olması sebebiyle lokomotif sektör olarak da bilinir. İnşaat sektörü sayesinde sektör ile doğrudan ilişkili yapı malzemesi, mobilya, gayrimenkul gibi sektörlerin yanında makine, ulaştırma, gıda gibi nispeten daha uzak pek çok sektörün de piyasası genişlemektedir.

Teknolojik ilerlemelere ve pek çok avantaj elde edilmesine rağmen ihtiyaç duyulan konfor şartlarının sağlanmasına yönelik küresel ölçekteki malzeme tüketimi son yüzyılda yaklaşık 8 kat

¹ Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği (Teknoloji Fakültesi) Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0003-0360-8727

² Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Orcid: 0000-0003-1246-6468

artmıştır (Krausmann & ark., 2009). Kentleşme gibi sebeplerle malzeme tüketiminin önümüzdeki 40 yılda mevcut rakamın 2 katına çıkacağı öngörülmektedir (Al-Obaidi & ark., 2017). Bunun yanında savaşlar, yurtiçi ve ülkeler arası göç, küresel ve artan konfor talepleri düşünüldüğünde öngörülen rakamın çok daha üstüne çıkılması ihtimali bulunmaktadır.

İnşaat sektörü çok büyük bir sektör olmasına rağmen tasarımdan üretime, üretim süreci içerisindeki tüm girdi ve çıktılara ve hatta sonuç ürünün sunulmasına kadar pek çok adım geleneksel olarak ilerlemektedir. Bu da malzeme tüketiminin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Diğer sektörlerin malzeme tüketim miktarını artıran sebeplerinin yanında inşaat sektöründe küresel ısınma ve iklim değişikliği, mevcut yapıların yapısal, estetik veya rantasal amaçlarla dönüşümü gibi sebepler de yer almaktadır.

İnşaat sektörü, malzeme tüketiminin yanında yapının tasarımından kullanımına kadar kapsadığı tüm süreçler bakımından emeğin ön plana çıktığı sektörlerin başında gelmektedir (Sarı & Gültekin, 2022). Özellikle dijitalleşmenin henüz yeterince sağlanamadığı adımlar sebebiyle sektör içerisindeki çeşitli süreçler insan gücüyle ilerletilmektedir. Bu konuda ilk dikkat çeken aşama hem emek hem de maddi olarak öne çıkan uygulama aşaması olsa da tasarım aşamasında hala yapılması gereken pek çok şey bulunmaktadır.

Tasarım aşamasında kullanılan dijital uygulamalarda genellikle hedef, fiziksel eylemlerin gerçekleştirilmesi ve somut ürünlerin kullanımı öncesi sanal tasarımların oluşturulmasına yöneliktir. Bu tasarımlar genel olarak iki veya üç boyutta teknik çizimler ve görselleştirmeleri içeren tasarım, mühendislik ve hesaplama işlemlerinden ibarettir. Halbuki simülasyonlar, sonuçların modellenmesi ve analizi gibi hesaplamalı tasarım yöntemleri ile

tasarım sürecindeki dijital dönüşüm çok daha ileri bir noktaya ulaşabilmektedir (Coenders, 2021).

Geleneksel tasarım uygulamalarına meydan okuyan hesaplamalı tasarım yöntemlerinden günümüzde en öne çıkan parametrik tasarımdır. 2020 yılında hesaplamalı tasarımın alt başlıklarına yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Web of Science (WOS), Scopus ve Science Direct gibi öne çıkan veri tabanlarında yapılan taramalarda parametrik tasarımın en popüler terim olduğu tespit edilmiştir. Özellikle son 20 yılda parametrik tasarım üzerine yapılan çalışmalardaki artış dikkate değerdir (Caetano, Santos & Leitaao, 2020).

Bu çalışmada genel olarak parametrik tasarım kavramının yapılarıdaki varlığı araştırılmaktadır. Söz konusu araştırma kapsamında parametrik tasarım kavramının inşaat sektörüne girişinin, yıllara sair yapılan akademik çalışmaların, hangi ülkelerde hangi yazarlar tarafından çalışıldığının, parametrik tasarım yöntemi ile yapı tasarımında hangi alt alanlara odaklanıldığının ve odak noktalarına nasıl ulaşıldığının tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda WOS ve Scopus veri tabanlarında araştırmalar yapılarak yayın listeleri oluşturulmuştur. Elde edilen bibliyometrik veriler analiz edilmiştir. Ayrıca VOSviewer adlı yazılım ile görsel haritalar oluşturulmuştur. Çalışma sonunda yapılarda parametrik tasarım yönteminin akademik açıdan kullanımı ayrıntılı şekilde ortaya koyulmuştur. Yapılan çalışma, yapı ve parametrik tasarım kavramlarının kesişiminde çalışacak akademisyenler ve araştırmacılar için yol gösterici nitelikte olacaktır.

Parametrik Tasarım Yönteminin Yapılarda Kullanımı

Parametre, Türk Dil Kurumu Sözlüğü'ne göre matematiksel bir ifade olup değişken anlamına gelmektedir (TDK, 2025). Parametrik kelimesi ise sonuca müdahale edilebilmesi amacıyla değişkenlerin kullanılmasını ifade eder. Parametrik kelimesinin

hangi tarihlerden itibaren kullanıldığı bilinmemektedir. Literatürde 1800'lü yılların sonlarını da 1980'li yılları da işaret eden çalışmalar yer almaktadır (Eltaweel & Su, 2017). Parametrik kavramının inşaat sektöründe kullanımı özellikle tasarım bağlamında ilerlemektedir. Parametrik tasarım, tasarımı belirli sembolik parametrelere dayandıran, veriler değiştirildiğinde farklı sonuçların elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir (Özdemir & Yıldırım, 2018). Bu yöntemde temel olarak bir elemanı oluşturan çizginin konumu, ölçüleri, kalınlığı vb. yerine sembolik parametreler yer almaktadır. Sembolik parametrelerle oluşturulan dizgi ile yapı elemanları veya yapı elde edilebilmektedir.

Küçük ölçekli ve basit geometrideki yapıların tasarımları, genellikle mimar ve mühendislerin sezgilerine, bilgilerine ve deneyimlerine göre şekillenmektedir. Halbuki küçük veya büyük ölçekli olsun tüm yapıların tasarım süreci karmaşıktır. Bu karmaşıklığın daha sistematik olarak çözümlenmesi şarttır. Karşılaşılan sorunların küçük parçalara düzenli olarak ayrıldığı farklı çözümler ortaya koyan parametrik tasarım, yapıların tasarımında alternatif bir araç olarak ön plana çıkmaktadır (Özdemir & Yıldırım, 2018). Bunun yanında farklı çözümler sunması sebebiyle parametrik tasarımda sadece sonuç ürün değil, süreç de değerlidir. Tasarımcıların parametrelere müdahalesi sonucu oluşan değişiklikler, tasarımcılar tarafından yapının derinlemesine keşfedilmesini sağlar.

Yapının konumundan kaynaklı olarak maruz olduğu çevre, yapı tasarımında en önemli faktörlerden birisidir (Kızılörenli & Tokuç, 2022). Çevreye uyumlu ve esnek yapılar, çevre ile yapı arasındaki etkileşimin kuvvetli olduğu yapılardır (Kahramanoğlu & Çakıcı Alp, 2021). Dinamik bir yapıda olan çevre, tasarımcılar için hem mücadele edilmesi gereken bir sorun hem de gerçek tasarımcı kimliklerini ortaya koyabilecekleri bir fırsattır. Bu mücadelede başarıya ulaşabilmek için yapının tasarımında pek çok alternatif

denenmeli, hatta bu denemelerin simülasyonları yapıp analiz edilmelidir. Geleneksel tasarım yönteminde yapı tasarımında herhangi bir unsura müdahale, tüm sürecin tekrarlanması anlamına gelmektedir. Özellikle büyük ölçekli yapıların tasarımı ve farklı disiplinlerle iş birliği düşünüldüğünde, tasarımlar, simülasyonlar ve analizler oldukça karmaşık, zaman alıcı ve maliyetli olacaktır. Söz konusu sorunların çözümüne yönelik olarak karmaşık ilişkilerin belirli parametrelerle temsil edilmesi ve bu parametrelerin birbiriyle ilişkilendirilerek sistematik şekilde yönetilmesi, tasarım sürecinin rasyonelleşmesine olanak sağlayacaktır. Parametrik modeller aracılığıyla süreç tekrarlarının azaltılması, performans odaklı çözüm alternatiflerinin hızlı biçimde değerlendirilmesini ve karar alma mekanizmalarının etkinliğini destekleyecektir (Eltaweel & Su, 2017; Ercan & Elias-Ozkan, 2015).

El yordamıyla basit ölçekte parametrik tasarım yapılabilmektedir. Kural ve oranlar belirlenerek, değer setleri üretilerek modüler ya da tekrarlayan sistemler oluşturulabilir. Ancak bu durum hem karmaşık ve hataya açık hem de zaman alıcıdır. Büyük projeler ve disiplinlerin ortak çalışmaları düşünüldüğünde yüzlerce veya binlerce alternatifin denenebilmesi için parametrik tasarımın bilgisayar yazılımları ile desteklenmesi gerekmektedir. Rhinoceros yazılımının görsel programlama eklentisi olan Grasshopper ve Autodesk Revit yazılımı için geliştirilmiş olan görsel programlama eklentisi Dynamo, parametrik tasarım konusunda öne çıkan yazılımlardır. Bina çevresi ve enerji analizleri için bu yazılımlara bağlı olarak çalışan Ladybug, Honeybee, DIVA gibi ek yazılımlardan da yararlanılabilmektedir.

Metodoloji

Bu çalışmaya konu olan analiz için WOS ve Scopus veri tabanlarından yararlanılmıştır. Bu veri tabanlarında yapılan taramalarda mümkün olduğunca aynı dil kullanılmıştır. ‘Parametrik

tasarım (parametric design)’ ve “bina-yapı (building)” anahtar kelimeleri seçilerek konuya geniş bir ölçekte yaklaşım amaçlanmıştır. ‘Yapı’ anahtar kelimesi ‘ve (and)’ şeklinde bağlanarak parametrik tasarım kavramının geçtiği makaleler içerisinde ‘yapı’ anahtar kelimesinin olması şartı aranmıştır.

Scopus veri tabanında gerçekleştirilen taramalarda ilk olarak belirlenen anahtar kelimelerin ‘tüm alanlar (all fields)’ kategorisi altında seçilmesi durumu kontrol edilmiştir. Ancak 6981 yayın ile karşılaşılmıştır. Yayın sayısının fazlalığı, yayınlar üzerinde yapılacak analizi güçleştirecektir. Bunun yanında ‘tüm alanlar’da yapılan taramalar, irdelenmek istenen konudan bağımsız ya da konuya uzak birçok yayının tarama sonuç listesinde yer almasına sebep olmaktadır. Yazarların bu alandaki deneyimlerine (Esidir & Gültekin, 2023; Yanılmaz & Gültekin, 2025) ve yaptığı araştırmalara dayanarak aşağıda sıralanan iyileştirmeler yapılmıştır:

- Anahtar kelimelerin makalede daha çarpıcı yerler olan ‘makale başlığı, özet, anahtar kelimeler (article title, abstract, keywords)’ kategorisinde yer alma durumu irdelenmiştir. Böylece tespit edilen yayın sayısı 1266’ya düşmüştür.
- 1987’den 2025 yılına kadar yayımlanmış tüm belgeler yıllık bazda incelendiğinde 2006 yılına kadar yıllık yayın sayısı 10’un, 2011 yılına kadar da 50’nin altındadır. Sonraki yıllarda bu rakamlar yükselmektedir. Tarama işlemlerine son 15 yıl (2011 ve sonrası) baz alınarak devam edilmiştir. Böylelikle listedeki yayın sayısı 1172 olarak güncellenmiştir.
- Belge tiplerinde bir filtreleme yapılmadığı için tarama yapılan belgeler içerisinde makale, konferans bildirisi, kitap bölümü ve çeşitli incelemeler yer almaktadır. Makale çalışmalarının daha kapsayıcı olacağı

öngörülerek yayın listesindeki niteliği artırmaya yönelik olarak sadece makalelerle tarama çalışmasına devam edilmiştir. Bu durumda yayın sayısı 548 olmuştur.

- Akademide evrensel dil İngilizcedir. Dolayısıyla İngilizce olarak yazılmış bilimsel çalışmalar çok daha fazla kabul görmekte, okunmakta ve atıf almaktadır. 548 yayının 500'ü (%91,24) İngilizce olarak yazılmıştır. Taramalara bu 500 İngilizce yayın ile devam edilmiştir.
- Yayınlar, çalışma alanlarına göre kategorize edildiğinde mühendislik, enerji gibi 'alanların yanı sıra sosyal bilimler, bilgisayar bilimleri, matematik, kimya, sağlık, psikoloji, dünya ve gezegen bilimleri, biyokimya, genetik ve moleküler biyoloji gibi toplam 22 kategori yer almaktadır. Bu kategorilerin, çalışmanın ana fikriyle ilişkisi göz önünde bulundurularak mühendislik ve enerji çalışma alanları dışındaki tüm alanlar tarama filtresinden kaldırılmıştır. Böylece listedeki yayın sayısı 442'ye düşmüştür.

Yapılan kısıtlamaların yanında yazar ismi, kaynağın başlığı, anahtar kelime, bir kuruma/organizasyona bağlılık, finansman sponsoru, ülke, kaynak tipi ve açık erişim konularında da filtre olanakları yer alsa da herhangi bir sınırlamaya gidilmemiştir. 442 yayından oluşan liste, virgülle ayrılmış değerler (CSV-Comma-Separated Values) formatında dış ortama çıkartılmıştır.

WOS veri tabanında gerçekleştirilen taramalarda Scopus veri tabanındaki taramalara benzer dil kullanılmıştır. Web of Science Temel Koleksiyonu üzerinden gerçekleştirilen taramalarda yine 'parametrik tasarım' ve 'bina-yapı' anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Anahtar kelimelerin bulunduğu alanın seçiminde 'topic (konu)' kategorisi seçilmiştir. 'Konu' kategorisi, yayınlardaki başlık, özet, anahtar kelime ve yazar kelimelerinin taranmasını

sağlamaktadır. İlk aşamada 1167 yayın ile karşılaşılmıştır. Yazarın bu alandaki deneyimlerine ve yaptığı araştırmalara dayanarak aşağıda sıralanan iyileştirmeler yapılmıştır:

- WOS Temel Koleksiyonu arşivinde ‘parametrik tasarım’ ve ‘yapı’ anahtar kelimelerinin kesiştiği ilk bilimsel çalışma 1992’de yayımlanmıştır. Scopus veri tabanındaki taramaya benzer bir dilin seçilmesi amacıyla son 15 yıla (2011 ve sonrası) odaklanılmıştır. Genel tarama sonucu elde edilen 1167 yayının %91’ine karşılık gelen 1059 yayın ile taramalara devam edilmiştir.
- Bildiri, kitap bölümü, mektup gibi belge tipleri yerine daha kapsayıcı ve yüksek nitelikli olan makaleler tarama kısıtı olarak seçilmiştir. Bu duruma göre yayın listesindeki güncel yayın sayısı 662 olmuştur.
- Mevcut yayın listesinde İngilizce dilinde yazılmış yayın oranı (%96,68) oldukça yüksektir. Taramalara 640 adet İngilizce dilinde yazılmış makale ile devam edilmiştir.
- Listedeki yayınların uygulamalı fizik, analitik kimya, hücre doku mühendisliği, bilgisayar bilimleri ve yapay zekâ, robotik, yönetim, optik, telekomünikasyon gibi toplam 81 bilim kategorisinde yer aldığı görülmüştür. Çalışma fikriyle ilintili olan mimarlık, inşaat mühendisliği ve yapı teknolojisi bilim kategorileri seçilerek listedeki yayın sayısı 311 olarak güncellenmiştir.

Araştırmacının profili, editörler, WOS başlığı altında olsa da detay indeks verileri, bir kuruma/organizasyona bağlılık, yayıncılar, fonlama kuruluşu gibi detay kısıtlamalara gidilmemiştir. 311 yayının yer aldığı liste, sekmeyle ayrılmış dosya (Tab Delimited File) olarak dış ortama aktarılmıştır.

Böylelikle bibliyometrik analizlerde kullanabilmek amacıyla Scopus ve WOS veri tabanlarında benzer bir dil kullanılarak yapılan taramalarda sırasıyla 443 ve 311 yayına dair detay bilgi elde edilmiştir. Elde edilen tüm veriler, VOSviewer yazılımına yüklenerek bibliyometrik analiz çalışmalarında kullanılmıştır.

Analizler ve Tartışma

Scopus ve WOS veri tabanlarından elde edilen 443 ve 319 adet yayının listesi ve bu yayınlara ait bibliyometrik veriler, yayınların yılları, çalışma kategorileri, yazarları, aralarındaki ilişkiler ve ülkeleri, yayınlarda kullanılan kaynaklar ve anahtar kelimeler kapsamında değerlendirilmiştir.

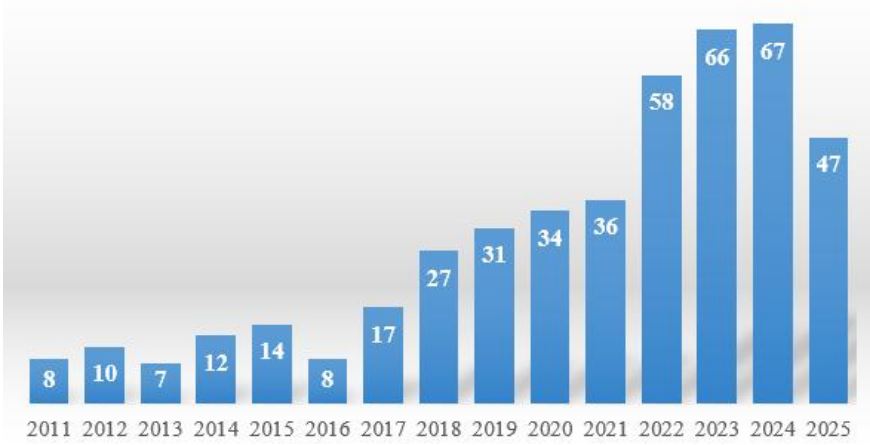
3. Yayın yılları

Şekil 1 ve Şekil 2’de sırasıyla Scopus ve WOS veri tabanından elde edilen yayın listesinin yayın yıllarına göre dağılım grafikleri yer almaktadır. Her iki grafikte de son 15 yıla (2011 ve sonrası) ait analizler yer almaktadır.

Şekil 1 Yıllara göre yayın sayıları (Scopus taraması)



Şekil 2 Yıllara göre yayın sayıları (WOS taraması)

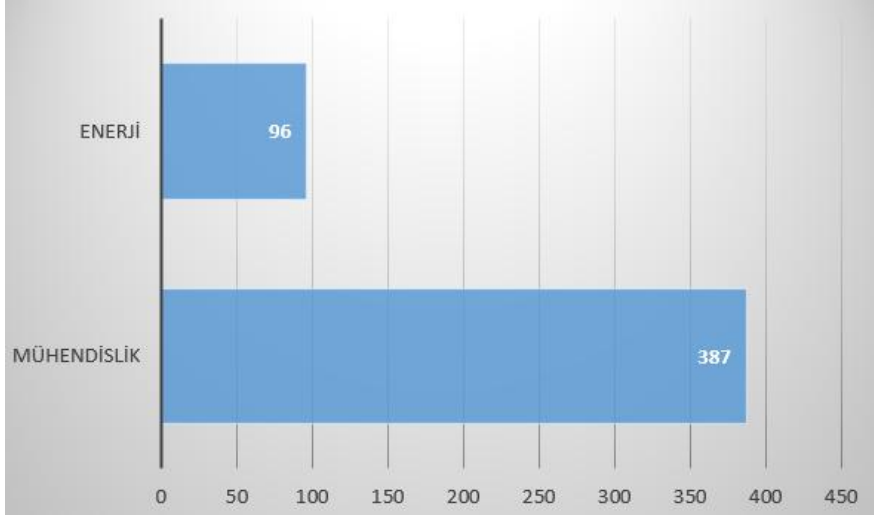


2025 yılının henüz tamamlanmadığı ve dolayısıyla yayın sayısının bu sebeple düşük olduğu kabul edildiğinde hem Şekil 1 hem de Şekil 2'ye göre yıllar geçtikçe yayın sayısında artış gözlemlenmektedir. Scopus veri tabanından oluşturan 442 yayının yer aldığı listenin çok büyük ağırlığı 2017 yılı sonrasına aittir. Şekil 2'de yer alan ve WOS veri tabanında yapılan analizlerde de benzer durum söz konusudur. 2019 yılı itibariyle önceki yıllara göre yayın sayıları katlanmıştır.

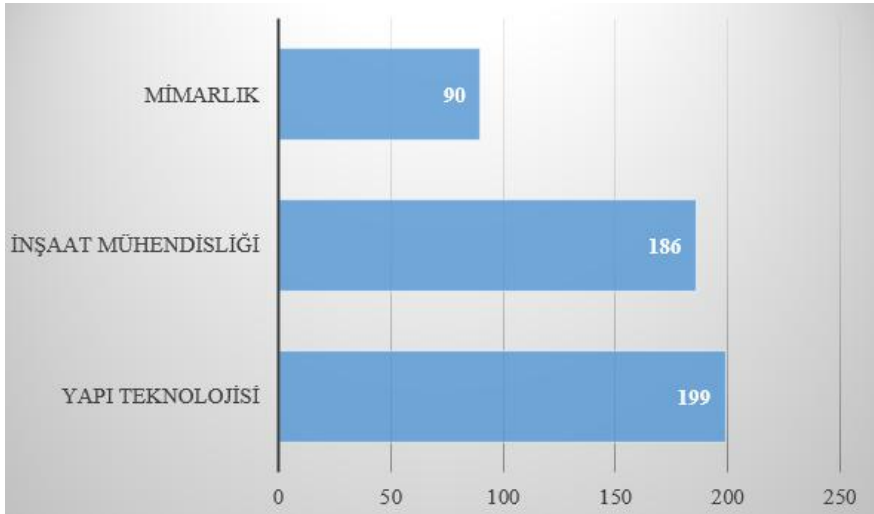
4. Çalışma kategorileri

Şekil 3 ve Şekil 4'te sırasıyla Scopus ve WOS veri tabanlarından elde edilen yayınların çalışma kategorilerine göre dağılımları yer almaktadır. Veri tabanlarındaki sistem ve bölümlenme farklılığı sebebiyle bilim ve çalışma alanları kategorileri bakımından taramalarda aynı dil kullanılamamıştır.

Şekil 3 Yayınların çalışma kategorilerine göre dağılımı (Scopus taraması)



Şekil 4 Yayınların çalışma kategorilerine göre dağılımı (WOS taraması)



Şekil 3 incelendiğinde ‘Mühendislik’ kategorisinde 387, ‘Enerji’ kategorisinde 96 yayın bulunmaktadır. Şekil 4

incelendiğinde ise ‘Yapı Teknolojisi’ kategorisinde 199, ‘İnşaat Mühendisliği’ kategorisinde 186, ‘Mimarlık’ kategorisinde ise 90 çalışmanın yer almaktadır. Tablolardaki yayın sayıları ile yayın listelerindeki toplam yayın sayılarında tutarsızlık bulunmaktadır. Bu durum çalışmaların birden fazla kategoride yer alması durumundan kaynaklanmaktadır. Çalışma kategorisi sınırlaması olmadan tüm çalışma kategorileri arasında bir değerlendirme yapıldığında Scopus veri tabanındaki yayınların %42’si ‘Mühendislik’, %10,4’ü ise ‘Enerji’ alanındadır. WOS veri tabanındaki yayınların ise yaklaşık olarak %64’ü ‘Yapı Teknolojisi’, %60’ı ‘İnşaat Mühendisliği’ ve %30’u ‘Mimarlık’ alanında yer almaktadır.

5. Yazarlık

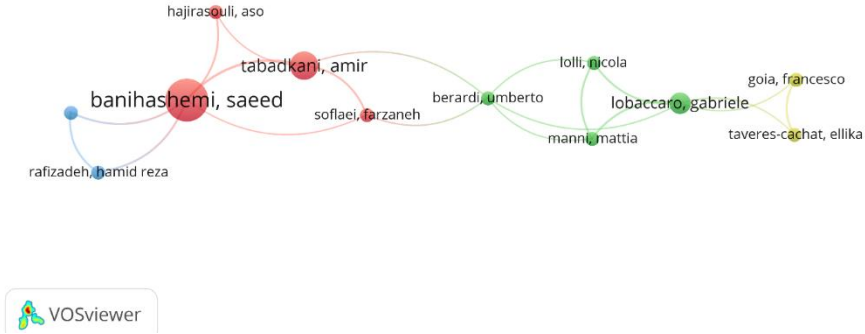
Tablo 1 ve Tablo 2’de sırasıyla Scopus ve WOS veri tabanından elde edilen yayın listelerindeki yayınları hazırlayan yazarların kayıt sayıları yer almaktadır. Bu tablolar sayesinde dünya genelinde yüksek indeksli dergilerde en çok yayın yapmış olan, konunun öncüleri olarak nitelendirilerek takip edilmesi gereken yazarlara ulaşılmıştır.

Tablo 1 Yazarların yazarlık kayıt sayısı (Scopus taraması)

Sıra	Yazar bilgisi	Kayıt Sayısı	Sıra	Yazar bilgisi	Kayıt Sayısı
1	Brown, N. C.	7	17	Hinkle, L. E.	3
2	Banihashemi, S.	6	18	Hu, P.	3
3	Alaghmandan, M.	5	19	Ibrahim, A.	3
4	Alsukkar, M.	5	20	Khidmat, R. P.	3
5	Eltaweel, A.	5	21	Kustiani	3
6	Grobman, Y. J.	5	22	Lobaccaro, G.	3
7	Shepherd, P.	5	23	Lu, W. Z.	3
8	Bande, L.	4	24	Luo, X.	3
9	Dzwierzynska, J.	4	25	Naboni, E.	3
10	Fukuda, H.	4	26	Orr, J.	3
11	Maksoud, A.	4	27	Sangiorgio, V.	3
12	Su, Y.	4	28	Solnosky, R.	3
13	Tabadkani, A.	4	29	Wang, J.	3
14	Choi, H. S.	3	30	Wortmann, T.	3
15	Dong, Y.	3	31	Wu, S.	3
16	Gaspari, J.	3	32	Zhang, N.	3

Tablo 1’de sunulan ve Scopus veri tabanından çıkarılan yayın listesine göre en çok yazarlık kaydı bulunan kişi, 7 yazarlıkla Penn State Üniversitesi’nden Nathen C. Brown’dır. 3 ve üzeri yazarlık kaydı bulunan yazar sayısı 32’dir. Şekil 5’te sunulduğu gibi ortak yazarlık durumları VOSviewer üzerinden analiz edilmiştir. En az 2 yayını olan yazarlar arasında yapılan değerlendirmeye göre 4 farklı grup ve bunları birleştiren 3 yazardan bahsedilebilir. Birleştirici yazarlar Saeed Banihashemi, Umberto Berardi ve Gabriele Lobaccaro’dur. Bunun yanında görsel haritada bulunan yazarların üzerindeki noktanın büyüklüğü, o yazarların bağ kuvvetini ifade etmektedir.

Şekil 5 Scopus tabanlı yayın listesinde ortak yazarlık bağlantı analizi (VOSviewer)

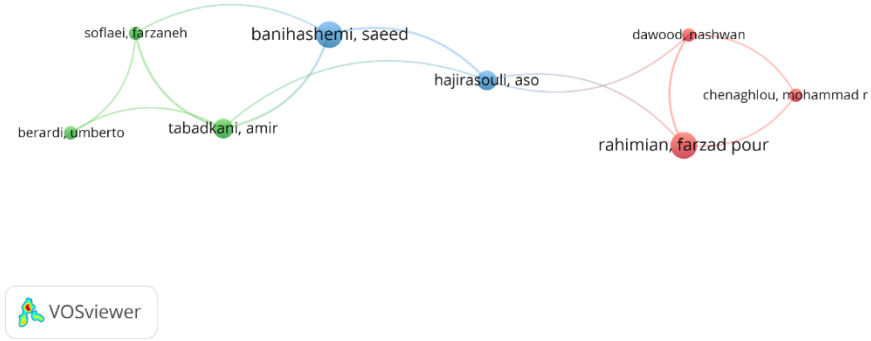


WOS veri tabanı analizlerini sunan Tablo 2'ye göre en yüksek yazarlık kaydı bulunan yazar yine Nathen C. Brown'dır. Yayın listesine göre toplam 905 yazar kaydı bulunurken, 3 ve üzeri yazarlık kaydı bulunan yazar sayısı sadece 22'dir. VOSviewer analizleri verilen Şekil 6'da en az 2 yayını olan yazarlar arasındaki ortak çalışmalar dikkat çekmektedir. Buna göre 3 ayrı grup ve bunları birbirine bağlayan Saeed Banihashemi ve Aso Hajirasouili isimli 2 yazar ön plana çıkmaktadır.

Tablo 2 Yazarların yazarlık kayıt sayısı (WOS taraması)

Sıra	Yazar bilgisi	Kayıt Sayısı	Sıra	Yazar bilgisi	Kayıt Sayısı
1	Brown, N. C.	7	12	Hariyadi, A.	3
2	Eltaweel, A.	6	13	Hinkle, L. E.	3
3	Grobman, Y. J.	6	14	Hosseini, S. M.	3
4	Alaghmandan, M.	4	15	Lu, W. Z.	3
5	Banihashemi, S.	4	16	Orr, J.	3
6	Fukuda, H.	4	17	Park, J.	3
7	Rahimian, F. P.	4	18	Solnosky, R.	3
8	Shepherd, P.	4	19	Su, Y.	3
9	Bande, L.	3	20	Tabadkani, A.	3
10	Dzwierzynska, J.	3	21	Wang, J. L.	3
11	Hajirasouli, A.	3	22	Wang, T. H.	3

Şekil 6 WOS tabanlı yayın listesinde ortak yazarlık bağlantı analizi (VOSviewer)

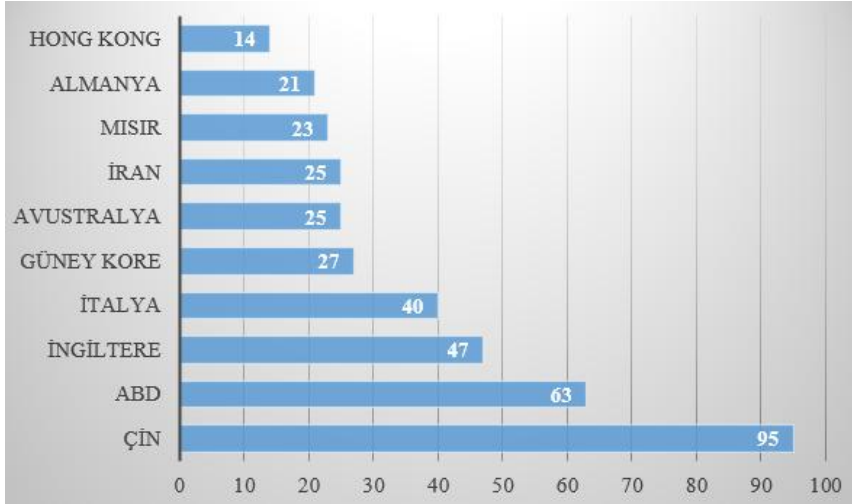


Farklı veri tabanlarında yapılan incelemelerde pek çok yazar ortak olarak yer alırken, farklı yazarların da bulunduğu gözden kaçırılmamalıdır. Veri tabanı dolayısıyla dergi farklılıkları ve filtreleme yapılan çalışma kategorilerinde eşitlik sağlanamaması gibi sebepler yazar farklılığı durumuna sebep olmaktadır.

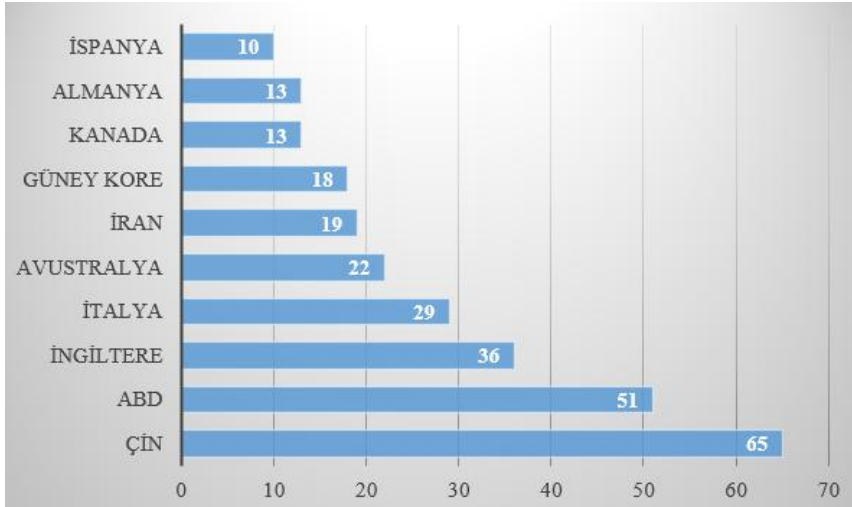
6. Ülkeler

Scopus ve WOS veri tabanlarından elde edilen yayın listelerindeki yayınların yazarlarının kurumsal olarak bağlı oldukları ülkeler bazında dağılım incelenmiştir. Şekil 7’de ve Şekil 8’de her iki veri tabanında ilk 10 ülkenin dağılımı sunulmaktadır.

Şekil 7 Yayın yazarlarının ülkeleri (Scopus taraması)



Şekil 8 Yayın yazarlarının ülkeleri (WOS taraması)



Grafiklere genel olarak bakıldığında ilk onda pek çok Avrupa ülkesinin yanı sıra Kanada, Mısır, Uzak Doğu'dan Güney Kore ve ambargolarla pek çok kısıtlamaya rağmen kendisini öne çıkarmayı başaran İran yer almaktadır. Şekil 7 ve 8'de sunulan grafikler incelendiğinde, Kanada, İspanya ve Mısır'ın hem Scopus hem de

WOS veri tabanlarında yer aldığı, ancak bu ülkelerin sıralamalarında belirli farklılıkların bulunduğu görülmektedir. Her ne kadar söz konusu ülkeler her iki veri tabanında da ilk on içerisinde yer almasa da genel sıralamada üst sıralarda konumlandıkları ifade edilebilir. Bununla birlikte, Scopus veri tabanında ayrı bir ülke olarak listelenen Hong Kong'un, WOS veri tabanında Çin ile birlikte değerlendirilmesi dikkat çekici bir durumdur. Bu durum, ilgili veri tabanlarının ülke temelli sınıflandırma yaklaşımlarında belirli farklılıkların mevcut olduğunu ortaya koymaktadır.

7. Yayımlanan dergiler

Hazırlanan çalışmaların doğru dergilere gönderilmesi, kabul olasılıklarının artması bakımından çok önemlidir. Elde edilen yayın listelerindeki yayınların en çok yer aldığı dergiler kontrol edilmiştir. Scopus ve WOS veri tabanlarındaki taramalara göre yayınların bulundukları ilk 10 dergi (eşit sayılar görüldüğü için 11 dergi) Tablo 3 ve Tablo 4'te sunulmaktadır.

Tablo 3 Yazarların yazarlık kayıt sayısı (Scopus taraması)

Sıra	Dergi Adı	Kayıt Sayısı
1	Buildings	34
2	Sustainability	30
3	Automation in Construction	26
4	Journal of Building Engineering	24
5	Building and Environment	14
6	Energy and Buildings	13
7	International Journal of Architectural Computing	12
8	Journal of Asian Architecture and Building Engineering	11
9	Energies	10
10	Architectural Science Review	9
11	Applied Sciences	9

Tablo 4 Yazarların yazarlık kayıt sayısı (WOS taraması)

Sıra	Dergi Adı	Kayıt Sayısı
1	Buildings	40
2	Automation in Construction	31
3	Journal of Building Engineering	24
4	International Journal of Architectural Computing	19
5	Building and Environment	15
6	Architectural Science Review	13
7	Journal of Asian Architecture and Building Engineering	13
8	Energy and Buildings	12
9	Frontiers of Architectural Research	8
10	Journal of Architectural Engineering	7
11	Sustainable Cities and Society	7

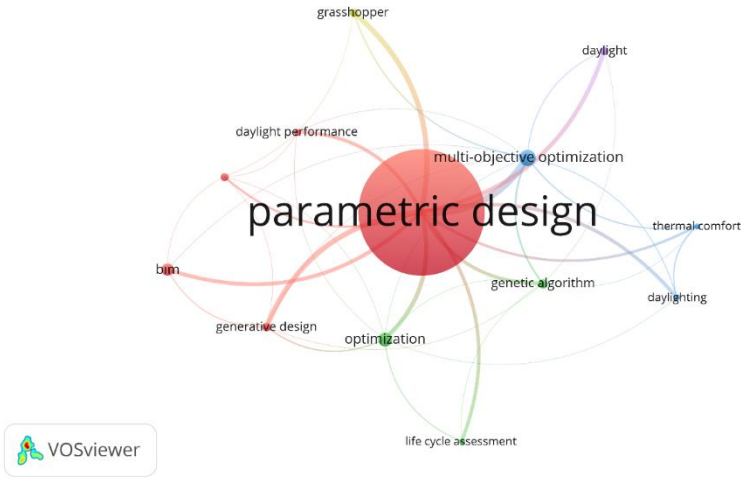
Tarama sonucunda veri tabanlarından alınan yayın listelerindeki sayılar aynı olmadığı için tablolardaki yayın sayılarının karşılaştırılması doğru olmayacaktır. Ancak tablolar karşılaştırıldığında 8'er derginin aynı olduğu ve hatta sıralamaların bile birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Dergi bilgisinin yanında yayıncı bilgisi de oldukça değerlidir. Scopus veri tabanına göre oluşturulan ve Tablo 3'te yer alan dergiler önde gelen yayıncılardan MDPI, Elsevier, Sage, Taylor & Francis tarafından yayımlanmaktadır. WOS veri tabanından elde edilen ve Tablo 4'te yer alan dergiler ise MDPI, Elsevier, Sage, Taylor & Francis ve bir önceki tablodan farklı olarak ASCE tarafından yayımlanmaktadır.

8. Anahtar kelimeler

Bibliyometrik bir analizde araştırılması gereken bir diğer nokta da yayınlarda kullanılan anahtar kelimelerin birlikte görülme sıklıklarıdır. Elde edilen görseller, çalışmada fikir olarak başlanılan noktadan hangi noktalara gidilebileceği konusunda yol gösterici olacaktır. Scopus veri tabanında ulaşılan yayın listesindeki yayınlarda toplam 1594 anahtar kelime yer almaktadır. Daha net bağlantıların görülebilmesi amacıyla anahtar kelimenin varlığı

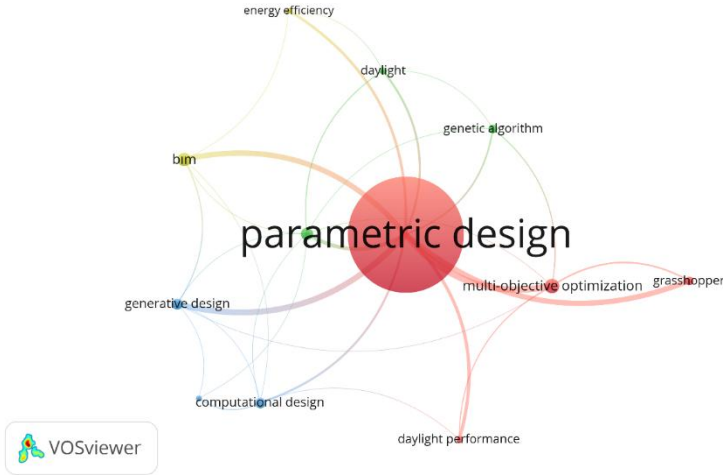
minimum 10 olarak ayarlanarak Şekil 9 oluşturulmuştur. Anahtar kelimelerin bulunma sıklığına göre büyükten küçüğe sıralaması ‘parametrik tasarım, çok amaçlı optimizasyon, üretken tasarım, optimizasyon, genetik algoritma, Grasshopper, günışığından yararlanma, BIM, günışığı, ısıl konfor, günışığı performansı, yaşam döngüsü değerlendirmesi ve hesaplamalı tasarım’ şeklindedir.

Şekil 9 Scopus tabanlı yayın listesinde anahtar kelimelerin birlikte görülme durumu (VOSviewer)



Şekil 10’da WOS veri tabanından elde edilen yayın listesindeki yayınlara odaklanılmıştır. Kullanılan toplam 1167 anahtar kelime arasındaki bağların daha net görülebilmesi için çeşitli denemeler yapılmıştır. Yapılan diğer analiz ile daha denk bir sonuç elde edebilmek amacıyla anahtar kelimelerin bulunma sıklığı minimum 7 olarak seçilmiştir. Sonuç olarak toplam 12 anahtar kelime ön plana çıkmıştır. Bu anahtar kelimeler bulunma sıklıklarına göre büyükten küçüğe ‘parametrik tasarım, çok amaçlı optimizasyon, üretken tasarım, BIM, optimizasyon, Grasshopper, hesaplamalı tasarım, günışığı performansı, günışığı, enerji verimliliği, genetik algoritma ve parametrik modelleme’dir.

Şekil 10 WOS tabanlı yayın listesinde anahtar kelimelerin birlikte görülme durumu (VOSviewer)



Her iki veri tabanından elde edilen anahtar kelimelerin birlikte bulunma durum analizleri birbirlerine oldukça benzerdir. Genel olarak parametrik tasarım yöntemleriyle günışığı ve ısı konfor analizleri yapılmış, enerji verimlilikleri hesaplanmış ve bu sonuçlar optimize edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmalarda çoğunlukla Grasshopper yazılımının kullanıldığı tespit edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Son yıllarda parametrik tasarım kavramının popülerleştiği gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, söz konusu kavramın inşaat sektöründeki yeri ve hangi tematik alanlarda yoğunlaştığını belirlemek amacıyla bir bibliyometrik analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizde, “parametrik tasarım” ve “yapı” anahtar kelimeleri kullanılarak belirli filtreleme kriterleri çerçevesinde Scopus ve WOS veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Scopus veri tabanında 443, WOS veri tabanında ise 311 yayından oluşan yayın listeleri elde edilmiştir. Elde edilen yayınların bibliyometrik verileri dış ortama aktarılmış ve analiz sürecinde hem veri tabanlarının

yerleşik analiz araçlarından hem de VOSviewer yazılımından yararlanılmıştır. Yayın listelerinde yer alan çalışmalar; yayın yılı, çalışma kategorisi, yazar bilgileri, yazarların kurumsal ve coğrafi dağılımı, yayımlandıkları dergiler ve anahtar kelimeler açısından analiz edilmiştir. Analiz bulguları, tablo ve grafikler ile görselleştirilerek sunulmuştur.

Gerçekleştirilen bibliyometrik analiz ile parametrik tasarım yönteminin inşaat sektöründeki yerinin nasıl şekillendiği, bu alanda öne çıkan yazarlar, yayınların yoğunlaştığı dergi türleri ve çalışmalarda odaklanılan tematik alanlar anahtar kelimeler aracılığıyla belirlenmiştir. Analiz bulguları, bilgisayar destekli sistemlerin entegrasyonu ile parametrik tasarım yönteminin özellikle yapıların enerji verimliliğine yönelik çalışmalar için önemli bir potansiyel sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, elde edilen çok sayıda alternatif çözümün değerlendirilerek en uygun sonuç kümesine varılabilmesi için optimizasyon tekniklerinin etkin biçimde kullanılabileceği görülmüştür.

Bu çalışma, daha geniş kapsamlı bir araştırmanın bir ön çalışması niteliğindedir. Belirlenen temel anahtar kelimeler ve anahtar alanlar üzerinden daha ayrıntılı araştırmalar yapılmalı, net boşluklar üzerine yeni çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

Kaynakça

Al-Obaidi, K. M., Azzam Ismail, M., Hussein, H., & Abdul Rahman, A. M. (2017). Biomimetic building skins: An adaptive approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1472–1491.

Caetano, I., Santos, L. & Leitaao, A. (2020). Computational Design in Architecture: Defining Parametric, Generative, and Algorithmic Design. *Frontiers of Architectural Research*, 9, 287-300.

Coenders, J. L. (2021). Next Generation Parametric Design. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 62, 153-166.

Eltaweel, A. & Su, Y. (2017). Parametric design and daylighting: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 1086–1103.

Ercan, B. & Elias-Ozkan, S. T. (2015). Performance-based parametric design explorations: A method for generating appropriate building components. *Design Studies*, 38, 33-53.

Esidir, Y. & Gültekin, A. B. (2023). A Bibliometric Analysis on Life Cycle Assessment of Bricks. *Periodica Polytechnica Architecture*, 54 (1), 63–72.

Gültekin, A. B. & Sarı, A. (2022). Adaptation of Construction Sites to Covid-19 Pandemic: Safe Construction Site Certificate for Turkish Construction Sector. *GRID - Architecture Planning and Design Journal*, 5 (2), 301-324.

ILO (2017). *Global Estimates of Modern Slavery: Forced Labour and Forced Marriage*. (18/07/2025 tarihinde https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_575479/lan_g--en/index.htm adresinden ulaşılmıştır).

Kahramanoğlu, B. & Çakıcı Alp, N. (2021). Kinetik Sistemli Bina Cephelerinin Modelleme Yöntemlerinin İncelenmesi. *AURUM Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 5 (1), 119-138.

Kızılörenli, E. & Tokuç, A. (2022). Parametric optimization of a responsive façade system for dayligh performance. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 7 (1), 72-81.

Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H., & Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*, 68 (10), 2696–2705.

Özdemir, M., & Yıldırım, M. T. (2018). Production of Three-Dimensional Form Alternatives from Iconic Building Plans in Parametric Design Environment. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 6 (1), 19-30.

Sarı, A. & Gültekin, A. B. (2022). Digital Transformation of Construction Sector through 3D Printing Technology: Rebuild or Retrofit? Merve Tuna (Ed.), *Transformation in Architecture* içinde (s. 57-75). Moldova: Generis Publishing.

TDK (2025). *Türk Dil Kurumu Sözlükleri*. (18/07/2025 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/> adresinden ulaşılmıştır).

Yanılmaz, B. B. & Gültekin, A. B. (2025). A Bibliometric Analysis on Hybrid Rainwater Reuse-Greywater Recycling Systems in Buildings. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 13 (2), 243-261.

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE 3D BASKI TEKNOLOJİSİ

Merve ABANOZ¹

Giriş

Küresel ölçekte nüfusun büyük kısmı kentleşmiş yerleşim alanlarında ikamet etmektedir. Şehirlerdeki bu artış şehir içindeki alanların yoğun şekilde kullanımını beraberinde getirecektir. Birleşmiş Milletler'in 2019 yılında yaptığı tahmine göre, 2050 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %68'inin şehir yaşamını sürdüreceği öngörülmektedir (Zhongming vd., 2020). Kentlerdeki bu hızlı nüfus artışı, birçok yapısal ve sosyal sorunu da beraberinde getirecektir. Artan nüfus yoğunluğunu karşılayabilmek için yapıların daha hızlı, ekonomik ve daha verimli bir şekilde inşa edilmesi gerekecektir. Bu gereksinimler, inşaat sektörünü yeni teknolojilere yönlendirmektedir. Bu teknolojilerden biri olarak da üç boyutlu baskı (3B baskı) öne çıkmaktadır.

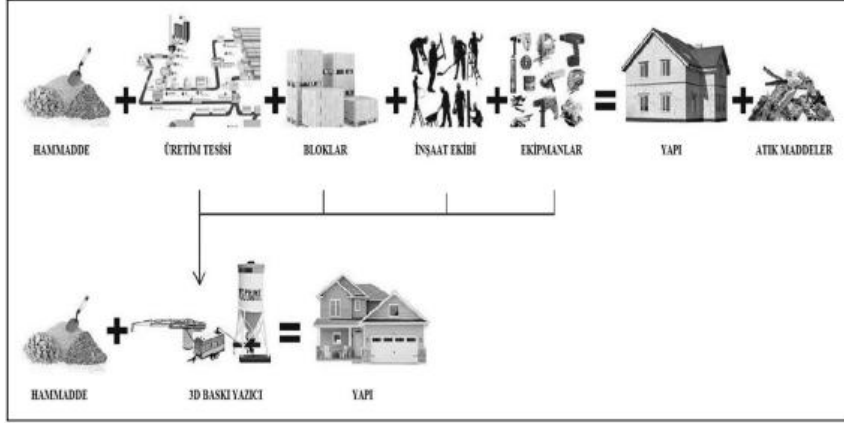
Üç boyutlu (3D) baskı (aynı zamanda eklemeli üretim olarak da bilinir), 3D bilgisayar destekli tasarım modelinden herhangi bir kalıp ve bağlantı elemanı kullanmadan karmaşık şekil geometrilerini otomatik olarak üretebilen gelişmiş bir üretim sürecidir.(Tay vd.,

¹ Öğr.Gör., Kastamonu Üniversitesi, Abana Sabahat Mesut Yılmaz Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Orcid: 0000-0002-1123-1299

2017). Günümüzde farklı gereksinimlere yönelik olarak dijital ortamda geliştirilen tasarımlar, üç boyutlu yazıcı teknolojisi kullanılarak somut nesnelere dönüştürülebilmektedir. Bu teknoloji; üretim sürecinin pratikliği, tasarım çeşitliliği ve maliyet açısından sağladığı avantajlar nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir (Conner vd., 2014).

Bu teknoloji, tıptan otomotive kadar pek çok alanda kullanılmakta olup, son yıllarda inşaat sektöründe de uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde inşaat sektörü, bu tarz teknolojik yenilikler sayesinde köklü bir değişim sürecine girmektedir. Uzun yıllardır kullanılan geleneksel yapı üretim teknikleri, inşaat sektöründe hâlen yaygınlığını korumaktadır, buna karşılık son dönemlerde 3D yazıcı teknolojilerinin gelişimiyle birlikte bina üretiminde bu yenilikçi yöntem giderek daha fazla ilgi görmektedir (Lim vd., 2012). Geleneksel yapı üretim tekniklerinde inşaat süreci genellikle uzun zaman almakla birlikte, üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin entegrasyonu bu süreyi önemli ölçüde azaltmaktadır. Söz konusu teknolojiler sayesinde, yapıların tamamlanma süreleri günler hatta saatler düzeyine indirgenebilmektedir (Roussel, 2018). Bunun yanı sıra, üç boyutlu baskı teknikleri, klasik yapı yöntemleriyle gerçekleştirilemeyen karmaşık ve özgün geometrik formların inşasında kullanılabilme imkânı sunmaktadır. (Yuan vd., 2019). Otomatik yapı üretim sistemleri, yapıların yerinde ve tek seferde inşa edilmesini mümkün kılmakta; bu da montaj süreçleri, ekipman taşınması, iş gücü masrafları ve inşaat sırasında karşılaşılan iş kazası risklerini önemli ölçüde azaltır (Uygunoğlu vd.,2019) (Şekil 1).

Şekil 1 Geleneksel yöntemle ile 3D baskı otomatik yapı üretiminin karşılaştırılma şeması



Kaynak: (Uygunoğlu vd., 2019)

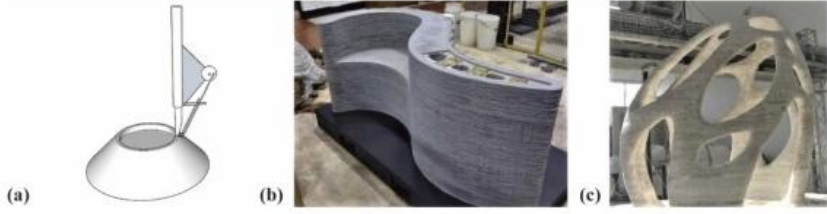
Bu teknoloji, yapı elemanlarının ve malzemelerinin üretiminde hız, özelleştirme ve sürdürülebilirlik gibi avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmada, bazı baskı yöntemleri, malzeme türleri ele alınacak, 3D uygulama örnekleri sunulacaktır.

3D Baskı Yöntemleri

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin inşaat sektörüne entegrasyonu ile en küçük yapı elemanından tamamına kadar çeşitli ölçeklerde üretim yapabilen yazıcılar geliştirilmiştir. Bu cihazlar, farklı uygulama alanlarında ve farklı zamanlarda kullanılmış olup, yapılan araştırmalar doğrultusunda inşaat sektöründe üç boyutlu yazıcıların kullanımı konusunda önemli gelişmeler sağlamıştır. (Felek, 2019).

Kontür işleme, Beton baskı ve D-Shape, beton yapılar için kullanılan üç ana 3D baskı yöntemidir. Kontür işleme ve Beton Baskı her ikisi de ekstrüzyon bazlı katmanlama teknikleri olarak sınıflandırılabilir (Cai vd.,2024) (Şekil 2).

Şekil 2 Beton baskı işlemi: (a) Kontur İşleme, (b) Beton Baskı ve (c) D Shape



Kaynak: (Cai vd., 2024)

Enrico Dini tarafından 2007 yılında geliştirilen D-Shape, inşaat sektörüne yönelik olarak tasarlanan ve bu alanda geliştirilen ilk üç boyutlu yazıcı olarak kabul edilmektedir (Akbaba ve Akbulut, 2021) (Şekil 3).

Şekil 3 D-Shape 3D Yazıcı



Kaynak: (Akbaba ve Akbulut, 2021)

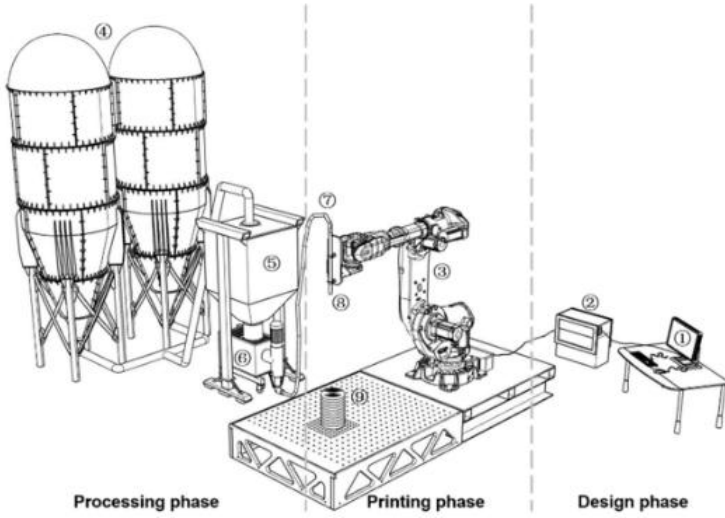
3D Yazıcılarla Üretilen Bazı Yapı Malzeme Türleri

Yapı malzemeleri üretiminde yaygın olarak kullanılan birkaç 3D baskı yöntemi vardır.

Beton Malzemeler

İnşaat sektöründe 3D baskının en yaygın uygulama alanlarından biri, beton yapı elemanlarının üretimidir. Bu yöntemde özel olarak formüle edilmiş bir beton karışımı, yazıcı tarafından katman katman dökülerek duvarlar, kolonlar gibi elemanlar üretilir. Beton, çimento, su, agrega ve gerektiğinde çeşitli katkı maddelerinin belirli oranlarda bir araya getirilmesiyle elde edilen, boşluk kalmayacak şekilde kalıplara yerleştirilen ve uygun kür koşullarında sertleşerek istenilen form ve dayanımı kazanan kompozit bir yapı malzemesidir (Kocataşkın,1991). Bu malzeme yerinde kullanılmadan önce yapı elemanlarının boyut ve şekillerine göre hazırlanan kalıplar içerisine yerleştirmektedir. Betonun mukavemetine ulaşması hem kalıp içerisinde hem de kalıplar söküldükten sonra devam etmektedir. Bu teknik, geleneksel beton döküm yöntemine dayanır. Ancak 3B yazıcı teknolojisi kullanılarak beton, kalıplar olmaksızın katman katman inşa edilmektedir. Üç boyutlu yazıcılarla beton üretimi; üç ana evreden oluşmaktadır. Bunlar tasarım, üretim ve baskı süreçleridir. Tasarım sürecinde, bilgisayar destekli programlar aracılığıyla istenilen geometrik yapı elemanlarının dijital modelleri oluşturulur. Agrega, su, çimento karıştırılarak üretim aşaması gerçekleştirilir. Baskı aşamasında ise hazırlanan harç, pompa yardımıyla nozula iletilir ve katmanlar halinde belirlenen noktalara üst üste uygulanarak yapı elemanları şekillendirilir (Şekil 4) (Arı,2023).

Şekil 4 3B yazıcı teknolojisi kullanılarak beton malzemenin üretim şeması: (1) Beton baskı tasarımı için bilgisayar, (2) Oluşturulan tasarım kodunu okumak ve kontrol etmek için robot kontrolörü, (3) 6 eksenli robotik kol, (4) Çimento ve agregaların bulunduğu depolar, (5) Kuru karıştırıcı, (6) Islak karıştırıcı ve pompa, (7) pompalama hortumu, (8) Baskı nozulu ve (9) Basılı örnek



Kaynak: (Li vd., 2020)

3B yazıcıların kullanılarak üretilen betonlar ile inşa süresi kısalmaktadır., işçilik maliyeti ve işçilik hataları azalmaktadır. Bu doğrultuda bu teknolojinin bazı avantaj ve dezavantajları:

Avantajları:

- Kalıp ihtiyacını ortadan kaldırır.
- Karmaşık geometriler düşük maliyetle üretilebilir.
- Mimari açıdan özgün yapı elemanları üretimi kolaylaşır.
- Şantiyede oluşan atık miktarı büyük ölçüde düşer.
- İnşaat süreci hızlı bir şekilde tamamlanabilir.

- İşçilik maliyeti ve işçilik hatalarında azalma sağlanır.
- Erişimi zor bölgelerde inşa kolaylığı sağlar.

Dezavantajları

- Malzeme kıvamının ve priz süresinin kontrolü.
- Donatı yerleştirme (çelik takviye) sınırlamaları.
- Standartlara uygunluk ve yapı güvenliği.
- Yüksek ekipman maliyetleri ve eğitim gerekliliği

Metal Malzemeler

Günümüzde mimarlık ve inşaat sektörlerinde dijital üretim teknolojilerinin, özellikle üç boyutlu (3B) yazıcıların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojilerin dikkat çeken uygulamalarından biri ise, metal malzeme kullanılarak gerçekleştirilen üretimlerdir.

3D yazıcı teknolojisi, sinterlenmiş ve birbirine bağlanmış metal tozlarının yüksek güçlü lazerler kullanılarak katmanlar hâlinde birleştirilmesiyle metal nesnelerin üretilmesine olanak tanımaktadır. Bu üretim yöntemi, karmaşık metal parçaların tek seferde imal edilmesine olanak tanıyarak hem üretim sürecini kısaltır hem de enerji tüketimini minimize eder. Ayrıca, dijital ortamda yönetilen parça envanteri ve hızlanan tedarik süreci sayesinde lojistik giderlerinde belirgin bir azalma sağlanır. Fakat bu teknolojiyle üretilen metal bileşenlerde, mikro yapısal çeşitlilikler ve oluşabilecek kusurlar, malzeme yüzeyinin pürüzlülüğünde değişimlere neden olabilmektedir. Bu durum malzemenin mekanik özelliğinde zayıflamalara yol açmaktadır. Bu bağlamda, üç boyutlu baskı ile elde edilen metal bileşenlerin üretim yaklaşımı, malzemenin mikro yapı özellikleri ve mekanik direnç

gereksinimlerine uygun şekilde optimize edilmelidir (Kanyılmaz vd., 2022).

Geleneksel inşaat ürünleri üretim yöntemlerinden farklı olarak, metal 3D baskı, prizmatik olmayan kesitler, iç destekleme, açıklıklar, fonksiyonel olarak derecelendirilmiş elemanlar, kontrollü ısınma ve soğutma ile termal olarak indüklenmiş gerilmeler yoluyla değişken mikro yapılar ve mekanik özellikler oluşturmak için hazır fırsatlar sunmaktadır. Katmanlı üretim, inşaat sektörü için birçok fırsat sunarken, aynı zamanda daha dijital bilgiye sahip mühendisler, gelişmiş hesaplamalı analizlerin daha fazla kullanılması ve yapılar için tasarım ve doğrulama konusunda yeni bir düşünme biçimi gibi yeni zorluklar ve talepler de getirecektir (Buchanan ve Gardner, 2019).

Her ne kadar bazı zorluklar barındırsa da metal 3D baskının sağladığı tasarım esnekliği ve işlevsellik potansiyeli, onu gelecekteki üretim yöntemlerinin temel unsurlarından biri haline getirmektedir.

Amsterdam'da inşa edilen 3B yazıcıyla yapılmış yaya köprüsü, dünya çapında öncü bir mühendislik ve tasarım projelerinden biridir. Bu köprü, Joris Laarman Lab tarafından tasarlanmış, mühendislik danışmanlığı Arup tarafından sağlanmış ve üretimi ise Hollanda merkezli ileri üretim firması MX3D tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). 12 metre uzunluğundaki paslanmaz çelik yaya köprüsü, 2021 yılından bu yana Amsterdam'ın eski şehir merkezindeki kanallardan birinin üzerinden geçmektedir (Şekil 6; MX3D, n.d.)

Şekil 5 3D yazıcı teknolojisinden yararlanılarak yapılan çelik köprü



Kaynak: (MX3D, n.d., <https://mx3d.com/industries/mx3d-bridge/>)

Şekil 6 3D yazıcı teknolojisinden yararlanılarak yapılan çelik köprü



Kaynak: (ArchDaily,n.d., <https://www.archdaily.com/965339/mx3d-bridge-joris-laarman-lab-plus-mx3d-plus-arup>)

AirMesh, Singapur Teknoloji ve Tasarım Üniversitesi'ndeki (Singapore University of Technology and Design) AirLab tarafından geliştirilen yenilikçi dijital tasarım ve üretim teknolojilerini sergileyen, paslanmaz çelikten 3D baskı ile üretilmiş bileşenlerden oluşan dünyanın ilk mimari yapısıdır (AIRLAB,2019). Şekil 7'de bu yapıya ait bir görsel verilmiştir.

Şekil 7 3D baskı ile üretilmiş, AirMesh yapısının görünümü



Kaynak: (AIRLAB, (2025). <https://airlab.sutd.edu.sg/2019/12/19/airmesh/>)

Bazı 3D Baskı Teknolojisi Örnekleri

2021 yılında ISTON firması 2021 yılında, 3D yazıcı teknolojiyle 155 metrekarelik üç oda ve bir salon içeren bir yapıyı inşa etmiştir. (St Endüstri Haber, 2021) (Şekil 8).

Şekil 8 İstanbul'da ISTON firması tarafından 3B yazıcı teknolojiyle yapılan ev



Kaynak: (Arı, 2023)

Mimar Mario Cucinella – MCA ve 3D yazıcı üreticisi WASP arasında bir iş birliğinden doğan TECLA, tamamen yerel kaynaklı kil kullanılarak 3D yazıcıyla inşa edilmiştir (Pintos, 2021) (Şekil 9).

Şekil 9 3D Baskılı Tecla Ev



Kaynak: (ArchDaily, 2021. <https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architects>)

Apis Cor firması, Dubai Belediyesi için iki katlı bir idari yapıyı 3B baskı yöntemi kullanarak üretmiştir. 640 m² ve 9.5 metre yüksekliğinde olan bu yapı yalnızca taşınabilir 3B baskı makinesi ve üç işçi yardımıyla tamamlanmıştır. Ekstra bir montaj ihtiyacı olmadan tamamen sahada üretilen bu bina yenilikçi bir yapı örneği olarak öne çıkıyor. (Dağ, 2019) (Şekil 10).

Şekil 10 3D Baskılı Tecla Ev



Kaynak: (3D3Teknoloji, 2019. <https://3d3teknoloji.com/blog/dunyadaki-en-buyuk-3d-baski-bina/>)

Tor Alva (Şekil 11) veya bilinen diğer adıyla Beyaz Kule 11 kişinin yaşadığı Mulegns'te bulunuyor. Dikkat çekici bu yapı, 30 metre yüksekliğe ulaşıyor ve 32 beyaz sütundan oluşuyor. 4 kat boyunca yükselip üst kısımlarda daralarak yukarıda kubbe biçimde açıldığı estetik ve karmaşık strüktüre sahip bir tasarım. Tor Alva'nın inşası yaklaşık beş ayda tamamlandı ve bu sürecin 900 saati yalnızca 3D baskıya ayrıldı. Yapının parçaları, üç boyutlu yazıcılarla ayrı ayrı üretildikten sonra Mulegns'e taşındı ve mevcut bir binanın üzerine yerleştirildi. Bu projeyi farklı kılan en önemli unsur ise, 3D yazıcıyla üretilen yapı bileşenlerinin sadece estetik değil, aynı zamanda taşıyıcı işlevi de üstleniyor olmasıdır (Nuvembag, 2025).

Şekil 11 3D Tor Alva Binası



Kaynak: (Nuvem Mag, n.d., <https://www.nuvemmag.com/post/dunyanin-en-yuksek-3d-yaziciyla-uretilmis-binasi-30-metre-ulasarak-tamamlandi>)

Açılımı “Building on Demand” olan The BOD Kopenhag’da (Şekil 12) inşa edilen yaklaşık 50 metrekarelik bu ofis yapısı; lobi, çalışma alanı, mutfak ve tuvaletten oluşmaktadır. Geleneksel yapılardan farklı olarak düz duvarlara yer verilmemiştir. Beton kullanılarak tamamen 3B baskı teknolojisiyle üretilmiştir. The BOD, diğer 3B baskı yapılarından ayrılarak yalnızca duvarlarıyla değil, temelinin belirli bölümleriyle de 3B baskı teknolojisini kullanmış ve böylece bu yöntemle yapılabileceklerin sınırlarını bir adım daha öteye taşımıştır (Gülsün, n.d.).

Şekil 12 The BOD, Kopenag



Kaynak: (Yapı Dergisi, n.d., <https://yapidergisi.com/3b-baski-ile-uretilen-yapilar/>)

Japonya merkezli Lib Work, çevre dostu bir 3D baskı konut teknolojisini tanıttı. Bu teknoloji, beton yerine toprak kullanarak, "Lib Earth House Construction" adıyla geliştirilmiş bir yöntem sunuyor. Dev bir 3D yazıcıyla çalışan bu sistemde, toprak, kireç ve doğal lifler gibi malzemeler, geleneksel yapı malzemelerine alternatif olarak kullanılıyor. (Donanimhaber, 2025). Yapı Şekil 13'te görülebilir.

Şekil 13 3D baskı ile üretilmiş ev yapısı



Kaynak: (Donanimhaber, 2025. <https://www.donanimhaber.com/cimento-yerine-toprakla-insa-edilen-3d-baskili-ev--194357>)

Sonuç ve Öneriler

3D baskı teknolojisi kullanımı, son yıllarda inşaat sektöründe giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır. Bu teknoloji, maliyetleri düşürme, çevresel etkileri azaltma, üretkenliği artırma açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Malzeme bilimi ve 3D yazıcı teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, yapıların daha dayanıklı ve sağlam bir şekilde inşa edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu gelişmeler, yalnızca inşaat süreçlerini hızlandırmakla kalmayıp, aynı zamanda tasarımda daha fazla esneklik sunmakta, atıkları minimize etmekte ve sürdürülebilir yapı üretimi için yeni fırsatlar sunmaktadır.

Bu teknolojinin sağladığı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda önümüzdeki yıllarda yapı üretiminde daha yaygın bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Ancak, bu dönüşümün başarılı olabilmesi için öncelikle sektör genelinde belirli standartların oluşturulması ve mühendislik hesaplamalarının bu yeni teknolojilere adapte edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, 3D baskı teknolojisinin potansiyelinden en iyi şekilde faydalanabilmek için meslek içi eğitimlerin yaygınlaştırılması ve uzmanlık alanlarının geliştirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Eğitim kurumları ve sektördeki profesyoneller, bu yeni teknolojiyi anlamak ve kullanmak için gerekli bilgi ve becerilere sahip olmalıdır.

Sonuç olarak, 3D baskı teknolojisinin inşaat sektöründe daha yaygın bir şekilde kullanılması, sadece verimliliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda sürdürülebilir ve çevre dostu yapıların üretimini destekleyecek önemli bir adım olacaktır.

Kaynakça

Akbaba, A. İ., & Akbulut, E. (2021). 3 Boyutlu yazıcılar ve kullanım alanları. *ETU Synthesis Journal of Economic and Administrative Sciences*, 3, 19-46.

AIRLAB. (2019). AirMesh. *AIRLAB*. (16 Haziran 2025 tarihinde <https://airlab.sutd.edu.sg/2019/12/19/airmesh/> adresinden ulaşılmıştır.)

Arı, A. C. (2023). 3 Boyutlu yazıcı teknolojisiyle üretilen yapı malzemeleri ve inşaat sektöründe kullanımlarının incelenmesi. *International Social Sciences Studies Journal*, 9(114), 7829-7840.

Buchanan, C., & Gardner, L. (2019). Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, Applications, Opportunities and Challenges. *Engineering Structures*, 180, 332-348.

Cai, J., Wang, J. S., Zhang, Q., Du, C., Meloni, M., & Feng, J. (2024). State-of-the-art of mechanical properties of 3D printed concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e03847.

Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof, A. N., Rodomsky, L. M., Rodomsky, C. M., Jordan, D. C., Limperos, J. W. (2014). Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services. *Additive manufacturing*, 1, 64-76.

Dağ, E. (2019). Dünyadaki en büyük 3D baskı bina. *3D3 Teknoloji Blog*. (17 Haziran 2025 tarihinde <https://3d3teknoloji.com/blog/dunyadaki-en-buyuk-3d-baski-bina/> adresinden ulaşılmıştır.)

Donanimhaber (2025). Çimento yerine toprakla inşa edilen 3D baskılı ev. *Donanimhaber*. (18 Haziran 2025 tarihinde <https://www.donanimhaber.com/cimento-yerine-toprakla-insa-edilen-3d-baskili-ev--194357> adresinden ulaşılmıştır.)

Felek, S. Ö. (2019). Mimari yapılarda 3 boyutlu yazıcıların kullanımı. *International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry*, 3(3), 289-296.

Kanyilmaz, A., Demir, A. G., Chierici, M., Berto, F., Gardner, L., Kandukuri, S. Y., Kassabian, P., Kinoshita, T., Laurenti, A., & Paoletti, I. (2022). Role of metal 3D printing to increase quality and resource-efficiency in the construction sector. *Additive Manufacturing*, 50, 102541.

Kocataşkın, F., (1991). Betonun dünü bugünü yarını. 2. Ulusal Beton Kongresi, Yüksek Dayanımlı Beton, Kardeşler Matbaası, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 23–42.

Li, Z., Hojati, M., Wu, Z., Piasente, J., Ashrafi, N., Duarte, J. P., Nazarian, S., Bilén, S. G., Memari, A. M., & Radlińska, A. (2020). Fresh and hardened properties of extrusion-based 3D-printed cementitious materials: A review. *Sustainability*, 12(14), 5628.

Lim S., Buswell R.A., Le T.T., Austin S.A., Gibb A.G.F., Thorpe T.(2012). Developments in constructionscale additive manufacturing processes, *Automation in Construction*, 21, 262-268.

MX3D. (n.d.). *MX3D Bridge*. (15 Haziran 2025 tarihinde <https://mx3d.com/industries/mx3d-bridge> adresinden ulaşılmıştır.)

Nuvmag. (2025). Dünyanın en yüksek 3D yazıcıyla üretilmiş binası 30 metreye ulaşarak tamamlandı. *Nuvmag*. (18 Haziran 2025 tarihinde <https://www.nuvmag.com/post/dunyanin-en-yuksek-3d-yaziciyla-uretilmis-binası-30-metreye-ulasarak-tamamlandı> adresinden ulaşılmıştır.)

Pintos, P. (2021). MX3D Smart Bridge / JorisLaarman Lab + MX3D + Arup. *ArchDaily*. (15 Haziran 2025 tarihinde <https://www.archdaily.com/965339/mx3d-bridge-joris-laarman-lab-plus-mx3d-plus-arup> adresinden ulaşılmıştır.)

Pintos, P. (2021). *TECLA* - Technology and Clay 3D-Printed House / Mario Cucinella Architects.*ArchDaily*. (17 Haziran 2025 tarihinde <https://www.archdaily.com/960714/tecla-technology-and-clay-3d-printed-house-mario-cucinella-architect> adresinden ulaşılmıştır.)

Roussel N.(2018). Rheological requirements for printable concretes. *Cement and Concrete Research*, 112, 76-85.

St Endüstri Haber. (2021). *Türkiye’de bir ilk! Robotik 3D yazıcı ile ev inşa edildi.* St Endüstri Haber Merkezi. (17 Haziran 2025 tarihinde <https://www.stendustri.com.tr/turkiyede-bir-ilk-robotik-3d-yazici-ile-ev-insa-edildi> adresinden ulaşılmıştır.)

Tay, Y. W. D., Panda, B., Paul, S. C., Noor Mohamed, N. A., Tan, M. J., & Leong, K. F.(2017). 3D printing trends in building and construction industry: A review. *Virtual and Physical Prototyping*, 12(3), 261-276.

Uygunoğlu, T. (2019). 3D teknolojisi ile üretilen yapı malzemeleri ve özellikleri. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(3), 279-288.

Yapı Dergisi. (t.y.). 3B baskı ile üretilen yapılar. (18 Haziran 2025 tarihinde <https://yapidergisi.com/3b-baski-ile-uretilen-yapilar/> adresinden ulaşılmıştır.)

Yuan Q., Li Z., Zhou D., Huang T., Huang H., Jiao D., Shi C.(2019) .A feasible method for measuring the buildability of fresh 3D printing mortar. *Construction and Building Materials*, 227(3), Issue 116600.

Zhongming, Z., Linong L., Wangqiang Z., & Wei, L. (2020). *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization.*

DEPREM SONRASI BETONARME YAPILARDA MEYDANA GELEN HASARLARIN İRDELENMESİ

YASEMİN BARAN¹

Giriş

Türkiye aktif deprem kuşaklarından Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almaktadır. Konumu ve Jeolojik yapısından dolayı çok sayıda aktif fay mevcuttur. Deprem, yapıların taşıyıcı sistemleri üzerinde ani ve büyük etkilere neden olan doğal bir afettir. Özellikle betonarme yapılar, yüksek rijitlikleri nedeniyle depremlerden önemli ölçüde etkilenirler. Türkiye’deki yapı stoğunun büyük kısmını farklı yükseklikteki betonarme yapılar oluşturmaktadır. Türkiye gibi aktif fay hatları üzerinde bulunan ülkelerde, betonarme yapıların depreme dayanıklı şekilde tasarımı ve inşası büyük önem taşımaktadır. Ancak, yapıların sadece tasarım aşaması değil, aynı zamanda kullanım süreci, malzeme kalitesi ve bakım-onarım durumu da hasarın boyutunu belirlemede etkili olmaktadır. Deprem sonrası yapılarda meydana gelen hasarlar, sadece yapısal güvenlik açısından değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik kayıplar açısından da önemli sonuçlar doğurmaktadır. Bu bölümde yaşanan depremler sonrasında betonarme yapılarda meydana gelen tipik hasar türleri, bu hasarların nedenleri ve mühendislik açısından çıkarılabilecek dersler irdelenecektir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orcid: 0000-0002-0757-4280

Betonarme Yapıların Depreme Karşı Davranışı

Betonarme yapıların iki ana malzemesi beton ve donatıdır. Betonarme betonun basınç dayanımı ile çeliğin çekme dayanımının birlikte çalıştığı taşıyıcı sistemlerdir. Şekil değiştirme açısından bakıldığında beton gevrek bir davranış sergilerken donatı sünek bir davranış göstermektedir. Bu nedenle betonarme sistemlerinin niteliğini bu iki malzemenin kullanım şekli ve kalitesi belirler.

Betonarme yapılar, deprem etkisi altında karmaşık bir davranış sergiler. Deprem sırasında yapıya etki eden yatay ve düşey kuvvetler, taşıyıcı sistem elemanlarında önemli iç kuvvetlerin oluşmasına neden olur. Betonarme sistemlerin depreme karşı performansı, malzeme özellikleri, kesit boyutları, donatı düzeni ve detaylandırma gibi birçok parametreye bağlıdır (Paulay&Priestley, 1992). Deprem anında, betonarme elemanlar enerji sönmüleme ve şekil değiştirme kapasitesi sayesinde, yapının göçmesini önleyici bir rol üstlenir. Özellikle sünek davranış sergileyen sistemler, deprem enerjisinin büyük bir kısmını plastik şekil değiştirmeler yoluyla absorbe edebilir (Ersoy & Özcebe, 2011). Ancak, gevrek davranış gösteren veya yetersiz detaylandırılmış yapılar, ani ve göçmeye neden olabilecek hasarlara daha açıktır. Bu nedenle, betonarme yapıların depreme karşı güvenliğinin sağlanmasında, yönetmeliklere uygun tasarım ve uygulama büyük önem taşımaktadır.

Deprem Sonrası Betonarme Yapılarda Gözlemlenen Tipik Hasar Türleri

Deprem sonrası betonarme yapılarda meydana gelen hasarlar titizlikle incelenmelidir. Hasar türlerinin detaylı olarak incelenmesi, hem mevcut yapıların güçlendirilmesi hem de yeni yapıların depreme dayanıklı tasarlanması için gereklidir. Deprem sonrası betonarme yapılarda gözlemlenen hasar türleri, yapının taşıyıcı sistem özelliklerine, malzeme kalitesine, uygulama detaylarına ve depremin büyüklüğüne bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir.

Hasarlar genellikle yapının zayıf noktalarında yoğunlaşmakta ve hem yapısal hem de yapısal olmayan elemanlarda ortaya çıkmaktadır (Saatçioğlu & Özcebe, 1989). Betonarme yapılarda en sık rastlanan hasar türleri arasında sıva çatlakları, duvar hasarları, kolon ve kirişlerde meydana gelen çeşitli hasarlar, birleşim bölgelerinde oluşan zayıflıklar, yumuşak ve zayıf kat hasarları, çekiçleme etkisi, perde duvarlarda gözlemlenen hasarlar, donatı korozyonu ve zemin sıvılaşmasından kaynaklanan hasarlar yer almaktadır. Bu hasar türlerinin doğru şekilde tanımlanması ve analiz edilmesi, hem mevcut yapıların güçlendirilmesi hem de yeni yapıların tasarımında kritik öneme sahiptir. Aşağıda, deprem sonrası betonarme yapılarda en sık karşılaşılan hasar türleri alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.

9. Sıva Çatlakları

Betonarme yapılarda deprem hasarlarının başlangıç aşamasıdır. Deprem sonrası betonarme yapılarda en sık karşılaşılan hasarlardan biri sıva çatlaklarıdır. Sıva çatlakları genellikle yapının taşıyıcı sisteminde meydana gelen deformasyonların, yapısal olmayan kaplama malzemelerine yansması sonucu oluşur. Bu çatlaklar, çoğunlukla giriş ve kolonların birleşim bölgelerinde, duvar köşelerinde, tesisat borularının üzerinde ve pencere kenarlarında gözlemlenir (N. Bayülke, 1989). Sıva çatlaklarının analizi, yapının genel hasar durumu hakkında ön bilgi sunar ve detaylı inceleme gerekliliğini ortaya koyar.

10. Dolgu Duvar Hasarları

Dolgu duvar hasarları sıva çatlaklarından sonra ikinci aşamada gözlemlenen çatlak türüdür. Deprem etkisiyle betonarme çerçeve sistemli binalarda dolgu duvarlar, taşıyıcı sistem dışında olmalarına rağmen yapının sismik davranışını doğrudan etkileyebilmektedir. Türkiye’de yapılan çalışmalarda, dolgu duvarlar genellikle sadece düşey yük olarak modellenirken, gerçek

depremler sırasında çerçeve ile etkileşime girerek rijitlik artışı, burulma ve yumuşak kat gibi düzensizliklerin oluşumuna neden olabilmektedir (Bayrak & Bıkçe, 2019).

Ayrıca, perde duvarlarda meydana gelen çatlaklar ve ezilmeler, taşıyıcı sistemin zayıflamasına yol açabilir. Duvar hasarlarının değerlendirilmesi, yapının deprem sonrası güvenliğinin belirlenmesinde kritik bir adımdır. Dolgu duvarlarda ileri düzeyde gözlemlenen hasarlar yapının taşıyıcı sisteminde hasar olabileceğini göstermektedir (Yüksel, 2008).

Resim 1 Dolgu Duvar Hasarları



Kaynak: (Vapur, İ, Kara, İ. F., & Akın, 2023; Atar, M. & ark., 2023)

11. Kolon Hasarları

Betonarme kolonlar, düşey yük taşıyıcı sistemin temel elemanlarıdır ve yatay deprem kuvvetlerine karşı yapının stabilitesini sağlar. Kolon hasarları, genellikle yapının genel stabilitesini ve göçme riskini doğrudan etkiler. Deprem sonrası

yapılan saha incelemelerinde, kolonlarda kesme, basınç, kısa kolon, burulma gibi farklı hasar türleri gözlemlenmiştir (Saatçioğlu & Özcebe, 1989). Bu hasarların oluşumunda, kolonun boyutları, donatı düzeni, detaylandırma kalitesi ve yapının genel tasarımı belirleyici rol oynar. Kolonlarda meydana gelen hasarlar, çoğu zaman yapının göçmesine veya ağır hasar almasına neden olabileceğinden, bu tür hasarların doğru şekilde tanımlanması ve değerlendirilmesi büyük önem taşır. Aşağıda, kolonlarda en sık rastlanan hasar türleri alt başlıklar halinde incelenmiştir.

- Kolonlarda Kesme Hasarları

Kolonda kesme hasarı, kolonun kısa mesafede yüksek yatay kuvvetlere maruz kalması sonucu, genellikle diyagonal çatlaklar şeklinde ortaya çıkar. Bu tür hasarlar, özellikle yetersiz etriye aralığı ve düşük beton kalitesi olan kolonlarda sıkça görülür (Paulay&Priestley, 1992). Kolonda kesme hasarı, kolonun ani ve gevrek şekilde göçmesine yol açabileceğinden, yapısal açıdan en tehlikeli hasar türlerinden biridir.

Resim 2 Kolonda Kesme Hasarı



Kaynak: (Kocaman, C. & ark.,2011)

- Kolonlarda Basınç Hasarları

Kolonda basınç hasarı, kolonun üst ve alt uçlarında, özellikle yüksek eksenel yükler altında ezilme ve betonun parçalanması

şeklinde gelişir. Bu tür hasarlar, genellikle yetersiz enine donatı ve düşük beton dayanımı ile ilişkilidir (Ersoy & Özcebe, 2011). Kolonda basınç hasarı, kolonun taşıma kapasitesini önemli ölçüde azaltır ve göçme riskini artırır. Beton kalitesi ve donatı yerleşimi bu hasarın önlenmesinde önemli rol oynar.

Resim 3 Kolonda Basınç Hasarı



Kaynak: (AlAsadi, S., 2022)

- Kısa Kolon Hasarları

Türkiye’ de çok sık karşılaşılan yapısal hasar türüdür. Kolon serbest boyunun kısa olması nedeniyle yanal yer değiştirme yapamaz ve çok büyük kesme kuvvetine maruz kalır. Bu büyük kesme kuvveti kolonda kesme hasarına neden olur. Bu durumda, kolonun alt ve üst bölgelerinde yoğun çatlaklar ve ezilmeler gözlemlenir (Yüksel, 2008). Kısa kolon hasarı, kesme kırılması hasarıdır ve pencere, parapet veya dolgu duvar gibi nedenlerle serbest yüksekliği kısıtlanan kolonlarda görülür. Kısa kolonlarda hasar genellikle ani ve gevrek kırılmalar şeklindedir.

Resim 4 Kısa Kolon Hasarları



Kaynak: (Kocaman, C.& ark.,2011; Çırak, İ. F., 2011)

- Kolonlarda Burulma Hasarları

Kolonlarda burulma hasarı, düzensiz planlı yapılarda veya deprem sırasında yapıya asimetrik yatay yüklerin etkimesiyle kolonlarda burulma momentlerinin oluşması sonucu meydana gelir. Bu tür hasarlar genellikle boyuna donatıların dışa doğru burkulması ve beton örtüsünün dökülmesiyle karakterize edilir ve taşıyıcı sistemde beklenmedik dayanım kayıplarına neden olabilir. Kolonlarda burulma hasarı, özellikle kolon uç bölgelerinde ve etriyenin seyrek olduğu durumlarda meydana gelir (Çırak, İ. F., 2011).

Resim 5 Kolonda Burulma Hasarları



Kaynak: (Arslan, M.H. & Korkmaz, H.H.,2007; Al Asadi, S., 2022)

12. Kiriş Hasarları

Betonarme yapılarda kirişler, yatay yükleri taşıyan ve düşey taşıyıcı elemanlara aktaran önemli yapısal elemanlardır. Kirişler, deprem sırasında önemli yatay ve düşey kuvvetlere maruz kalır. Kirişlerde meydana gelen hasarlar, genellikle kolonlara göre daha az göçme riski taşısa da, yapının genel rijitliği ve deprem performansı üzerinde belirleyici rol oynar (Paulay&Priestley, 1992). Deprem sonrası yapılan incelemelerde, kirişlerde eğilme, kesme ve donatı burkulması gibi çeşitli hasar türleri gözlemlenmiştir. Bu hasarların oluşumunda, kirişin boyutları, donatı düzeni, detaylandırma kalitesi ve birleşim bölgelerinin tasarımı etkili olmaktadır (Ersoy & Özcebe, 2011). Aşağıda, kirişlerde en sık rastlanan hasar türleri alt başlıklar halinde ele alınmıştır.

- Kirişlerde Eğilme Hasarları

Kirişlerde eğilme hasarı, kirişin açıklık ortasında veya mesnet bölgelerinde, moment etkisiyle oluşan çatlaklar ve beton ezilmeleri şeklinde ortaya çıkar. Bu tür hasarlar, genellikle yetersiz boyuna donatı veya düşük beton dayanımı ile ilişkilidir. Kirişlerde eğilme hasarı, kirişin sünek davranış göstermesini sağlayabilir; ancak aşırı deformasyonlar, yapının servis dışı kalmasına yol açabilir (Saatçioğlu & Özcebe, 1989).

Resim 6 Düğüm Noktasında Mafsallaşma ve Kirişte Eğilme Hasarı



Kaynak: (Sezen, H. & ark., 2003)

- Kirişlerde Kesme Hasarları

Kirişlerde kesme hasarı, kirişin mesnet bölgelerinde, yüksek yatay kuvvetlerin etkisiyle diyagonal çatlaklar ve betonun parçalanması şeklinde gelişir. Yetersiz etriye aralığı ve düşük beton kalitesi, kesme hasarının başlıca nedenlerindendir. Kirişlerde kesme hasarı, ani ve gevrek göçmeye yol açabileceğinden, yapısal açıdan kritik öneme sahiptir (Paulay & Priestley, 1992).

Resim 7 Kirişlerde Kesme Hasarları



Kaynak: (Çağatay, İ. H. 2024)

- Kirişlerde Burkulma Hasarları

Kirişlerde, özellikle plastik mafsal bölgelerinde, boyuna donatının burkulması veya kopması sıkça gözlemlenir. Yetersiz etriye düzeni ve uygun olmayan detaylandırma, donatı burkulmasının başlıca nedenlerindendir. Kirişlerde burkulma hasarı, kirişin taşıma kapasitesini azaltır ve yapının genel dayanımını olumsuz etkiler (Ersoy & Özcebe, 2011). Ayrıca bu hasarlar yapısal bütünlüğü zedeleyen önemli bir problemdir, doğru etriye yerleşimi ve bakım, bu hasar türlerini önlemek için kritik önem taşır.

13. Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Hasarları

Kolon-Kiriş birleşim bölgeleri, moment ve kesme kuvvetlerinin yoğunlaştığı karmaşık davranış bölgeleridir. Ayrıca deprem sırasında betonarme çerçeve sistemlerin en kritik noktalarından biridir. Bu bölgeler, hem kolonlardan hem de kirişlerden gelen kuvvetlerin birleştiği ve aktarıldığı alanlar olduğundan, deprem etkisiyle yüksek kesme kuvvetlerine ve karmaşık gerilme durumlarına maruz kalır (Park & Paulay, 1975). Betonarme bina tasarımında hasarların kolonlarda değil, kirişlerde eğilme mafsalları olarak oluşması yapının sünek bir davranış sergilemesi açısından gereklidir. Bu şekilde oluşan hasarların kontrollü ve enerji sönmüleyecek biçimde olması hedeflenmektedir. Bu durumun sağlanması için deprem yönetmeliklerinde güçlü kolon-zayıf kiriş ilkesi ile tasarım yapılmaktadır (TBDY 2018). Yetersiz detaylandırılmış birleşim bölgelerinde, betonun ezilmesi, donatıların burkulması ve birleşim bölgesinde diyagonal çatlaklar sıkça gözlemlenir. Birleşim bölgesi hasarları, yapının genel stabilitesini ve enerji sönmüleme kapasitesini önemli ölçüde azaltır. Bu nedenle, birleşim bölgelerinin deprem yönetmeliklerine uygun şekilde detaylandırılması ve güçlendirilmesi, yapı güvenliği açısından büyük önem taşır.

Resim 8 Kolon – Kiriş Birleşim Bölgesi Hasarları



Kaynak: (Çağatay, İ. H., 2024), (Sezen, H. & ark., 2003)

14. Yumuşak Kat Hasarları

Yumuşak kat hasarları yapısal düzensizliklerin başında gelen, yüksek risk taşıyan bir hasar türüdür. Bir katın yatay ötelenmesi, üst katlara göre çok daha büyükse ve bu fark, yapının sünekliğini aşacak düzeye ulaşıyorsa bu durum kritik hale gelir. Yumuşak kat davranışı genellikle düşeyde rijitlik düzensizliği olarak sınıflandırılır ve yönetmeliklerde bu duruma karşı özel önlemler alınması zorunlu kılınmıştır (TBDY, 2018). Yumuşak kat hasarı, betonarme yapılarda özellikle zemin veya birinci katta, üst katlara göre çok daha düşük rijitliğe sahip katlarda meydana gelen ciddi bir yapısal zafiyettir. Bu durum genellikle, ticari amaçlarla kullanılan zemin katlarda duvarların kaldırılması veya geniş açıklıkların bırakılması sonucu oluşur (Arnold & Reitherman, 1982). Deprem sırasında, yumuşak katlar diğer katlara göre çok daha fazla yatay deplasman yapar ve bu bölgede yoğun plastik şekil değiştirmeler meydana gelir. Yumuşak

kat hasarı, çoğu zaman kolonlarda ciddi kesme ve eğilme hasarına, hatta katın tamamen göçmesine yol açabilir. 1999 Marmara Depremi, 2011 Van Depremi ve 2023 Kahramanmaraş depremleri gibi büyük depremlerde, yumuşak kat etkisi nedeniyle birçok binada ağır hasar ve can kaybı yaşanmıştır. Bu nedenle, yeni yapılarda yumuşak kat oluşumunun önlenmesi ve mevcut yapılarda ise güçlendirme önlemlerinin alınması büyük önem taşımaktadır.

Resim 9 Yumuşak Kat Hasarları



Kaynak: (Özdemir, I., & Karataş, N., 2024)

15. Zayıf Kat Hasarları

1999 Marmara depremi, 2011 Van ve 2023 Kahramanmaraş depremleri gibi Türkiye’de meydana gelen büyük depremler, zayıf kat hasarının ölümcül etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Özellikle alt katları dükkân olarak kullanılan ve bu nedenle daha az taşıyıcı elemana sahip olan binalar, depremlerde ciddi hasarlar almıştır. Zayıf kat hasarları, betonarme yapılarda bir katın, üst veya alt katlara göre daha düşük taşıma kapasitesine sahip olması durumunda ortaya çıkar. Bu tür hasarlar, genellikle yapının bir katında yetersiz donatı, daha küçük kesitli taşıyıcı elemanlar veya malzeme kalitesindeki farklılıklar nedeniyle gelişir (Paulay & Priestley, 1992). Türkiye bina deprem yönetmeliği zayıf kat düzensizliğini “komşu iki katın yatay rijitliklerinin birbirine oranının %70’ten küçük olması” durumu olarak tanımlanır (TBDY, 2018). Deprem sırasında, zayıf katlar, diğer katlara göre daha fazla hasar alır ve çoğu zaman göçmenin başladığı ilk bölge olur. Bu tür hasar, yapının genel stabilitesini ciddi

şekilde tehlikeye atar ve ani göçmelere yol açabilir. Zayıf kat oluşumunun önlenmesi için, taşıyıcı sistemin tüm katlarda dengeli şekilde tasarlanması ve detaylandırılması gerekmektedir.

16. Çekiçleme Etkisi Hasarı

Çekiçleme etkisi hasarı, bitişik binaların deprem sırasında farklı periyotlara ve deplasmanlara sahip olmaları nedeniyle, aralarındaki mesafenin yetersiz olması durumunda birbirlerine çarpması sonucu oluşur. Bu çarpışma, özellikle kat hizalarının farklı olduğu binalarda, döşeme uçlarında, kolon ve kirişlerde ciddi yapısal hasarlara yol açabilir (Anagnostopoulos, 1988). Çekiçleme etkisiyle meydana gelen hasarlar, genellikle lokal ezilme, çatlama ve taşıyıcı elemanlarda ani göçme şeklinde kendini gösterir. Bu tür hasarların önlenmesi için, bitişik binalar arasında yeterli derz boşluğu bırakılması ve deprem yönetmeliklerinde öngörülen minimum mesafelerin sağlanması gerekmektedir.

Resim 10 Çekiçleme Etkisi Hasarları



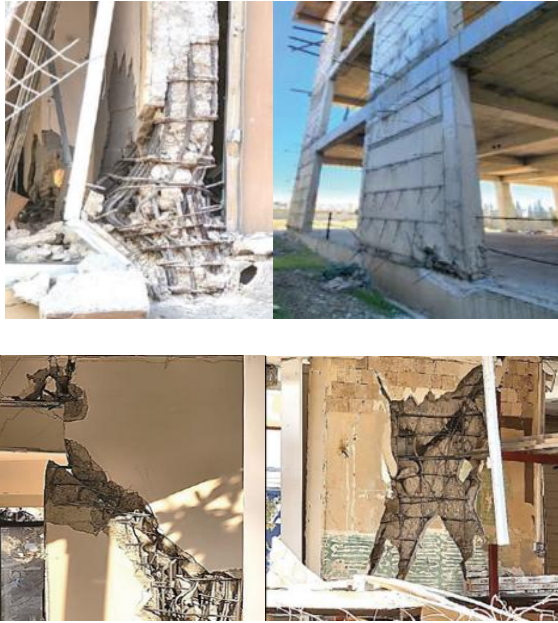
Kaynak: (Balyemez, S., & Berköz, L., 2010; Kartal, M. & ark., 2018)

17. Perdelerde Gözlemlenen Hasarlar

Perde duvarlar, betonarme yapılarda yatay deprem kuvvetlerinin karşılanmasında önemli rol oynayan, rijit ve dayanıklı taşıyıcı elemanlardır. Ancak, deprem sırasında perdelerde de çeşitli hasar türleri gözlemlenebilir. Perdelerde genellikle “x” şeklinde

diyagonal kesme çatlakları meydana gelir bu da istenmeyen bir durumdur. Özellikle yüksek binalarda, perde duvarların alt bölgelerinde yoğun kesme kuvvetleri nedeniyle gevrek kırılmalar ve ani göçmeler meydana gelebilir (Çırak, İ. F.,2011). Yetersiz enine donatı, uygun olmayan perde boyutları ve detaylandırma eksiklikleri, bu tür hasarların başlıca nedenlerindendir. Deprem sonrası yapılan saha incelemelerinde, perde duvarlarda gelişen hasarların, yapının genel stabilitesini ve enerji sönümleme kapasitesini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, perde duvarların tasarımında ve uygulamasında yönetmeliklere uygunluk büyük önem taşır.

Resim 11 Perde Hasarları



Kaynak: (Seçkin, A., & Doran, B., 2023)

18. Donatı Korozyonu ve Malzeme Kalitesi Kaynaklı Hasarlar

Donatı korozyonu ve düşük malzeme kalitesi, betonarme yapılarda deprem sırasında hasarın şiddetini artıran önemli faktörlerdir. Yetersiz beton örtüsü nedeniyle donatıda baş gösteren korozyon, yapının taşıma kapasitesini zayıflatır. Donatı korozyonu, genellikle betonun karbonatlaşması veya klorür iyonlarının donatıya ulaşması sonucu meydana gelir ve donatının kesit alanını azaltarak taşıma kapasitesini düşürür (Bertolini, L., & ark., 2004). Korozyona uğramış donatılar, deprem sırasında daha erken kopma veya burkulma eğilimi gösterir. Ayrıca, düşük dayanımlı beton kullanımı, yetersiz agrega kalitesi ve uygun olmayan su/çimento oranı gibi malzeme kaynaklı eksiklikler, betonun gevrek davranmasına ve çatlakların hızla yayılmasına neden olur (Neville, 2011). Bu nedenle hem yeni yapılarda hem de mevcut yapıların bakımında, malzeme kalitesinin ve donatı korumasının sağlanması büyük önem taşır.

Resim 12 Beton Kalitesi ve Korozyon Hasarları



Kaynak: (Pala, M., & Başsürücü, M., 2024)

19. Zemin Sıvılaşmasından Kaynaklanan Hasarlar

Zemin sıvılaşması, deprem sırasında suya doygun, gevşek ve kumlu zeminlerin ani dayanım kaybı yaşaması sonucu, zeminin sıvı gibi davranmaya başlamasıdır. Bu olgu, yapı temellerinin oturmasına, eğilmesine, yer değiştirmesine veya tamamen göçmesine yol açabilir (Seed & Idriss, 1971). Sıvılaşma etkisiyle, betonarme yapılarda temellerin yer değiştirmesi, kolonlarda ve duvarlarda ani çatlaklar, eğilme ve taşıyıcı sistemde bütünlük kaybı sıkça gözlemlenir (Youd, T. L., & Idriss, I. M., 2001). Sıvılaşma riski yüksek olan bölgelerde, zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanması ve temellerin uygun şekilde tasarlanması, yapı güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

Resim 13 Zemin Sıvılaşma Hasarları



Kaynak: (Durmaz, S. G., & Soyaslan, İ. İ., 2023)

Hasar Nedenlerinin İrdelenmesi

Deprem sonrası betonarme yapılarda meydana gelen hasarların temel nedenleri, genellikle yapım hataları, tasarım yetersizlikleri, deprem yönetmeliklerine uygun olmayan uygulamalar ve yapı kullanım sürecindeki değişiklikler olarak dört ana başlık altında toplanabilir. Bu nedenler, hem yapının taşıyıcı sisteminde hem de yapısal olmayan elemanlarda ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Yapım hataları, malzeme kalitesizliği, donatı yerleşimindeki eksiklikler ve işçilik hatalarını kapsarken; tasarım yetersizlikleri, deprem yüklerinin doğru hesaplanmaması ve

detaylandırma eksiklikleriyle ilgilidir (Paulay & Priestley, 1992). Ayrıca, yönetmeliklere uygun olmayan uygulamalar ve kullanım sürecinde yapılan değişiklikler de, yapının deprem performansını olumsuz etkileyen önemli faktörlerdir. Aşağıda, bu nedenler alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.

1. Yapım Hataları

Yapım hataları, betonarme yapıların deprem performansını olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu hatalar arasında, düşük kaliteli beton kullanımı, donatıların projeye uygun yerleştirilmemesi, yetersiz beton örtüsü, vibrasyon eksikliği, kalıp hataları ve kötü işçilik yer almaktadır (Neville, 2011). Özellikle donatıların yanlış yerleştirilmesi veya eksik bırakılması, deprem sırasında taşıyıcı elemanlarda beklenenden çok daha erken hasar oluşmasına neden olur (Ersoy & Özcebe, 2011). Ayrıca, betonun yeterince sıkıştırılmaması ve uygun kür koşullarının sağlanmaması, betonun dayanımını ve dayanıklılığını azaltır. Deprem sonrası hasar incelemelerinde, ağır hasar gören yapıların büyük bir kısmında ciddi yapım hatalarına rastlanmıştır. Bu nedenle, yapım sürecinde kalite kontrolünün sağlanması ve işçilik standartlarının yükseltilmesi, deprem güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

2. Tasarım Yetersizlikleri

Tasarım yetersizlikleri, betonarme yapıların deprem sırasında beklenen performansı gösterememesinin başlıca nedenlerinden biridir. Bu yetersizlikler, genellikle deprem yüklerinin yanlış veya eksik hesaplanması, taşıyıcı sistemin düzensiz planlanması, yetersiz kesit boyutları ve donatı miktarının hatalı belirlenmesi gibi unsurları içerir. Özellikle süneklik gereksinimlerinin göz ardı edilmesi, birleşim bölgelerinde yeterli detaylandırmanın yapılmaması ve perde duvarların uygun şekilde yerleştirilmemesi, yapının deprem enerjisini sönmleme kapasitesini ciddi şekilde azaltır. Ayrıca, zemin koşullarının dikkate

alınmaması ve temel sisteminin uygun seçilmemesi de, deprem sırasında yapının beklenenden fazla hasar almasına yol açabilir (Paulay & Priestley, 1992). Tasarım aşamasında yapılan bu tür hatalar, yapının genel stabilitesini ve güvenliğini doğrudan tehdit eder.

3. Deprem Yönetmeliklerine Uygun Olmayan Uygulamalar

Deprem yönetmeliklerine uygun olmayan uygulamalar, betonarme yapıların deprem performansını ciddi şekilde zayıflatan önemli bir sorundur. Türkiye, aktif fay hatları üzerinde yer almakta olup, büyük depremler yaklaşık 10–15 yıllık dönemlerle farklı bölgelerde meydana gelmektedir. Bu durum, yapı güvenliğinin sağlanmasında sürekli bir güncelleme ve iyileştirme ihtiyacını doğurmaktadır. Bu bağlamda, deprem yönetmelikleri de belirli aralıklarla revize edilmekte; önceki depremlerde ortaya çıkan yapısal hasarlar, tasarım ve uygulama hataları dikkate alınarak yeniden düzenlenmektedir (Uğuz, S., 2013). Son yıllarda meydana gelen depremler sonrasında yapılan hasar tespit ve değerlendirme çalışmaları, mevcut yapı stokunun önemli bir kısmının deprem dayanımının yetersiz olduğunu ortaya koymuş, etkin bir yapı denetimi eksikliğinin bu yetersizliğin unsurlarından olduğu görülmüştür (Çırak, İ. F., 2011). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esas alınarak tasarlandığı ve inşa edildiği varsayılan yapıların, önceki yönetmeliklere göre inşa edilen binalara kıyasla 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş Pazarcık ve Kahramanmaraş Elbistan depremlerinde daha iyi performans sergilediği gözlemlenmiştir. 2002 yılı sonrasında inşa edilen 1000’den fazla yapının, yönetmelikte öngörülen performans hedeflerini karşılamadığı asmolon döşemelerin diyafram görevi üstlenmesi, yetersiz mühendislik tasarımı, donatı detaylandırma hataları, deprem yüklerinin eksik veya hatalı tahmini, yetersiz jeoteknik/jeolojik etütler gibi nedenlerle ya ağır hasar aldığı ya da tamamen yıkıldığı

tespit edilmiştir (Özacar, A. A. & ark., 2023) Yönetmeliklerin amacı, yapıların deprem sırasında can ve mal kaybını en aza indirecek şekilde tasarlanmasını ve inşa edilmesini sağlamaktır. Bu nedenle hem yeni yapılarda hem de mevcut yapıların güçlendirilmesinde, deprem yönetmeliklerine tam uyumun sağlanması büyük önem taşır.

4. Yapı Kullanım Sürecindeki Değişiklikler

Yapıların kullanım sürecinde yapılan değişiklikler, betonarme yapıların deprem performansını olumsuz etkileyen önemli bir faktördür. Zaman içinde toplumsal, ekonomik ve bireysel koşulların farklılaşmasıyla birlikte insan gereksinimleri de değişmektedir. Yapı kullanım sırasında kendi ihtiyaçları doğrultusunda mevcut yapılar üzerinde yapılan kısmi fiziki müdahaleler, yapının tümüyle işlev değiştirmesi, mevcut taşıyıcı sisteminin zarar görmesine sebep olur (Bayraktar, N., 2009). Kullanım sırasında yapılan tadilatlar, taşıyıcı duvarların veya kolonların kaldırılması, yeni açıklıklar açılması, kat ilaveleri veya ağır ekipmanların yerleştirilmesi gibi müdahaleler, yapının orijinal tasarımındaki yük aktarım mekanizmasını bozabilir. Bu tür değişiklikler, özellikle taşıyıcı sistemde düzensizliklere ve zayıf kat oluşumuna yol açarak, deprem sırasında beklenmeyen hasarların ortaya çıkmasına neden olur. Ayrıca, yapının kullanım amacı değiştiğinde, mevcut taşıyıcı sistemin yeni yükleri karşılayıp karşılamadığı çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Bu nedenle, yapıların kullanım sürecinde yapılacak her türlü değişikliğin, mutlaka mühendislik denetimi ve ilgili yönetmeliklere uygunluk çerçevesinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç

Deprem sonrası betonarme yapılarda meydana gelen hasarların incelenmesi, hem mevcut yapı stokunun güvenliğinin değerlendirilmesi hem de yeni yapıların tasarımında yol gösterici olması açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan incelemeler,

hasarların büyük ölçüde yapım hataları, tasarım yetersizlikleri, deprem yönetmeliklerine uyumsuzluk ve kullanım sürecindeki kontrolsüz değişikliklerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Özellikle kolon, kiriş ve birleşim bölgelerinde gözlemlenen hasarlar, yapının genel stabilitesini ve göçme riskini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, zemin sıvılaşması, donatı korozyonu ve malzeme kalitesi gibi dışsal faktörler de hasar düzeyini artırmaktadır. Tüm bu bulgular, deprem güvenliğinin sağlanmasında yönetmeliklere uygun tasarım, kaliteli malzeme kullanımı, doğru uygulama ve düzenli denetimin vazgeçilmez olduğunu göstermektedir. Geçmişte yaşanan depremlerden çıkarılacak dersler, gelecekteki afetlere daha dirençli yapı stokları oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Gelecekte, mevcut yapıların güçlendirilmesi ve yeni yapıların deprem etkilerine karşı daha dayanıklı olarak inşa edilmesi, can ve mal kaybının en aza indirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Mühendislik açısından çıkarılacak dersler;

- Süneklik ön planda tutulmalı: Taşıyıcı sistemde sünek davranışa öncelik verilmelidir.
- Detaylandırma kalitesi artırılmalı: Özellikle birleşim bölgelerinde kritik öneme sahiptir.
- Denetim mekanizması güçlendirilmeli: Hem malzeme hem uygulama süreçleri etkin şekilde denetlenmelidir.
- Yapı envanteri oluşturulmalı: Riskli yapıların belirlenmesi için periyodik analizler yapılmalıdır.
- Deprem sonrası hızlı hasar tespit sistemleri kurulmalıdır.

Kaynakça

AlAsadi, S. (2022). Betonarme Yapılarında Kolonların Güçlendirme ve Onarım Yöntemleri. *TAS Journal*, 2(2), 25-34.

Anagnostopoulos, S. A. (1988). Pounding of buildings in series during earthquakes. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 16(3), 443-456.

Atar, M., İnce, O., Taş, Ö. F., Özmen, A., & Sayın, E. (6). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri Sonrası Malatya İlinde Bulunan Betonarme Binaların ve Çelik Yapıların Hasar Durumlarının İncelenmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 6(1), 60-80.

Arnold, C., & Reitherman, R. (1982). Building Configuration and Seismic Design. *John Wiley & Sons*.

Arslan, M. H., & Korkmaz, H. H. (2007). What is to be learned from damage and failure of reinforced concrete structures during recent earthquakes in Turkey?. *Engineering Failure Analysis*, 14(1), 1-22.

Bayrak, O. F., & Bıkçe, M. (2019). Dolgu Duvarın Yapısal Düzensizliklere Ve Performansa Etkisinin Mevcut Bir Yapı Üzerinde İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 24(3), 241-254

Bayraktar, N. (2009). Yapılarda Kullanım Değişiklikleri: Hukuki ve Mesleki Sorumluluklar. *Mimarlık Dergisi*, 349, 21-25.

Balyemez, S., Berköz, L. (2010). Hasar görebilirlik ve kentsel deprem davranışı. *İTÜ DERGİSİ/a*, 4(1).

Bayülke, N. (1989). *Depremler ve depreme dayanıklı betonarme yapılar*. Teknik Yayınevi.

Bertolini, L., Elsener, B., Pedferri, P., Redaelli, E., & Polder, R. B. (2013). Corrosion of steel in concrete: prevention, diagnosis, repair. *John Wiley&Sons*.

Çağatay, İ. H. (2024). 2023 Kahramanmaraş Depremleri ve Yapılara Etkisinin İncelenmesi. *Geosound*, (60), 144-158.

Çırak, İ. F. (2011). Betonarme binalarda gözlenen hasarlar, nedenleri ve öneriler. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 3(3), 62-71.

Durmaz, S. G.,&Soyaslan, İ. İ. (2023). Zemin sıvılaşmasını denetleyen koşulların ve sıvılaşma nedenli deformasyonların incelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 401-411.

Ersoy, U.,& Özcebe, G. (2011). *Betonarme*. Evrim Yayınevi.

Kartal, M. E., Karabulut, M., Özil, E., & Ünlü, R. (2018). Betonarme Binalarda Deprem Derz Mesafesinin İncelenmesi. *Natural andAppliedSciencesJournal*, 1(1), 39-45.

Kocaman, C., Bayülke, N., Doğan, A., & Duran, A. (19). 19 Mayıs 2011 Simav Depremi ve Yapı Hasarı Raporu.

Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th Edition). Pearson.

Özacar, A. A., Uzel, B., Bozkurt, E., Sançar, T., Sopacı, E., Kaymakçı, N., ... &Gregory, L. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık Mw= 7.7 ve Elbistan Mw= 7.6 Depremleri Ön Değerlendirme Raporu; BÖLÜM 2 Bölgesel Tektonizma ve Sismik Kaynak.

Özdemir, I.,& Karataş, N. (2024). Deprem Anında Yapıların Hasar Almasına Etki Eden Mimari Ölçekli Faktörler ve Yunuskent Sitesi Örnekleme. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 6(1), 1-29.

Pala, M.,&Başşürücü, M. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Merkezli Depremler Sonrasında Adıyaman İlindeki Betonarme Yapılarda Oluşan Hasarların Malzeme Ve İşçilik Problemlerine Bağlı Olarak İncelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(24), 415-427.

Park, R.,&Paulay, T. (1975). ReinforcedConcreteStructures. *John Wiley&Sons*.

Paulay, T.,&Priestley, M. N. (1992). Seismicdesign of reinforcedconcreteandmasonrybuildings (Vol. 768). *New York: Wiley*.

Saatçioğlu, M.,&Ozcebe, G. (1989). Response of ReinforcedConcreteColumnstoSimulatedSeismicLoading. *ACI StructuralJournal*, 86(1), 3-12.

Seçkin, A.,& Doran, B. (2023). Betonarme perdelerin kesme güvenliğinin TBDY-2018'e göre incelenmesi. *TurkishJournal of CivilEngineering*, 34(5), 107-128.

Seed, H. B.,&Idriss, I. M. (1971). Simplifiedprocedureforevaluatingsoilliquefactionpotential. *Journal of SoilMechanics&Foundations*, 97(9), 1249-1273.

Sezen, H.,Whittaker, A. S., Elwood, K. J., &Mosalam, K. M. (2003). Performance of reinforcedconcretebuildingsduringtheAugust 17, 1999 *Kocaeli, Turkeyearthquake, andseismicdesignandconstructionpractise in Turkey. EngineeringStructures*, 25(1), 103-114.

TBDY. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

Döndüren, M. S.,& Kollu, M. S. (2018). Son 15 Sene İçinde Türkiye'de Meydana Gelen Depremlerde Yığma Binalarda

Meydana Gelen Hasarlar Ve Nedenleri. *SelcukUniversityJournal of EngineeringSciences*, 17(2), 59-70.

Vapur, İ., Kara, İ. F., & Akın, E. (2023). 2023 Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinin Antakya ve Samandağ ilçelerindeki yapısal etkileri ve çözüm önerileri. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1260-1270.

Youd, T. L.,&Idriss, I. M. (2001). Liquefactionresistance of soils: summaryreportfromthe 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefactionresistance of soils. *Journal of geotechnicalandgeoenvironmentalengineering*, 127(4), 297-313.

Yüksel, İ. (2008). Betonarme Binalarin Deprem Sonrasi Acil Hasar Değerlendirmeleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 24(1), 260-276.

DOĞANIN TAŞKIN YÜZÜ: OLUŞUMU, ZARARLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

ESRA GERGER¹

Giriş

Afetler, insan yaşamını, günlük faaliyetleri ve toplumların yapısal işleyişini sekteye uğratan; fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara yol açan olaylardır. Doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olabilen bu olaylar, çoğu zaman yerel kaynaklarla baş edilemeyecek ölçüde yıkıcı olabilir. Özellikle doğal afetler, toplumların sosyo-ekonomik düzenini bozan ve can-mal kayıplarına neden olan doğa olayları olarak tanımlanır.

Doğal afet türleri, etkiledikleri bölgelerin coğrafi ve iklimsel koşullarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin Akdeniz bölgesinde kuraklık, sel, orman yangını, heyelan ve çığ gibi afetler öne çıkarken; Türkiye genelinde en sık karşılaşılan meteorolojik afetler arasında dolu, taşkın, don, şiddetli yağış, yıldırım, çığ, kar ve fırtına yer almaktadır. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) verilerine göre, yalnızca 1980’li yıllarda meteorolojik afetler nedeniyle yaklaşık 700.000 insan hayatını kaybetmiştir.

¹ Öğr. Gör., Kastamonu Üniversitesi Abana Sabahat-Mesut Yılmaz MYO, İnşaat Bölümü, Orcid: 0000-0003-2264-4010

Meteorolojik karakterli afetler arasında taşkınlar, ülkemizde en yaygın türlerden biridir (AFAD). Taşkın, akarsu yataklarında su seviyesinin ani ve yoğun yağışlar ya da karların erimesi gibi nedenlerle artması sonucu, çevredeki canlı yaşamını, arazileri ve altyapıyı tehdit edecek biçimde suyun yatağından taşmasıdır. Özellikle geçirimsiz toprak yapısına ve eğimli araziye sahip bölgelerde, uzun süreli yağışlar taşkın riskini artırmaktadır. Ayrıca kar yağışının yoğun olduğu bölgelerde sıcaklıkların ani artışı da taşkınlara neden olabilmektedir. Yan kollardan gelen suların eş zamanlı yükselmesi ise taşkının yıkıcılığını önemli ölçüde artırmaktadır (MGM, 2023).

Ülkemizde her yıl ortalama 200 civarında taşkın olayı meydana gelmekte ve bu afetler sonucunda yaklaşık 100 milyon dolar maddi kayıp oluşmaktadır (Gerger, 2018). Bu nedenle taşkınlar, sadece ani etkileriyle değil; uzun vadeli sosyal ve ekonomik sonuçlarıyla da değerlendirilmesi gereken önemli doğal afet türlerinden biridir.

Taşkın Oluşumu

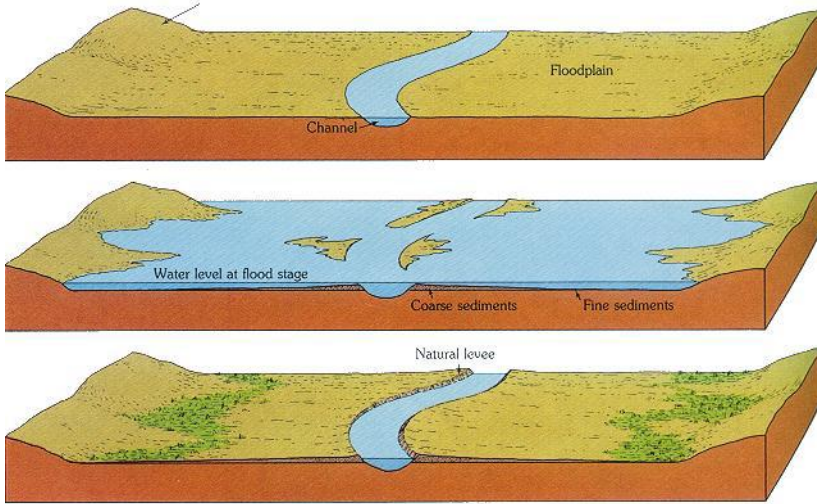
Taşkınlar, dünyada en sık rastlanan ve yüksek yıkım potansiyeline sahip doğal afetlerdendir. Su baskınına neden olmalarının yanı sıra, beraberinde çamur ve dağlardan gelen tortu gibi unsurları da sürükleyerek ciddi çevresel ve yapısal zararlara yol açarlar. Bu olaylar, insanlığın akarsu kenarlarına yerleşmesi ve bu bölgeleri kullanmaya başlamasıyla birlikte daha belirgin ve yıkıcı hale gelmiştir (Ecer & Yenigün, 2007).

Yaşanan taşkın olaylarına dair elde edilen veriler, bu afetlerin çoğunlukla aşırı yağışlardan ziyade, riskli bölgelerde denetimsiz yapılaşma ve plansız şehirleşme nedeniyle meydana geldiğini göstermektedir (Ecer & Yenigün, 2007). Özellikle akarsu yatakları ve çevresinde herhangi bir mühendislik önlemi alınmadan yapılan yapılaşmalar, taşkın riskini önemli ölçüde artırmaktadır.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne göre, sel ve taşknların en yaygın sebebi, şiddetli ve uzun süreli yağışlardır. Ancak, kar erimeleri veya drenaj sistemlerinin tıkanması gibi ikincil nedenler de sel olaylarının ortaya çıkmasında rol oynar. Özellikle kentsel alanlarda, yetersiz drenaj sistemleri ile birlikte yaşanan yoğun yağışlar, nehir kanallarının hızla dolmasına ve taşmasına neden olmaktadır (MGM, 2023). Dağılık bölgelerde ise seller, çoğunlukla kar erimesiyle birlikte gelen ani su baskınları şeklinde gerçekleşir. Nadir durumlarda, barajların taşması ya da yapısal olarak çökmesi de büyük taşknlara yol açabilmektedir (MGM, 2023).

Taşkın oluşumunda yalnızca meteorolojik faktörler değıl, insan faaliyetleri de belirleyici rol oynamaktadır. Örneğın; dere yataklarının üzerinin yapılaşma amaçlı kapatılması, bu yataklara p ve moloz dökülmesi, kanalizasyon şebekesi döşenmesi ya da yukarı havzalardan taşınan rsubat birikmesi gibi müdahaleler, suyun doğıal akışını engelleyerek taşkın riskini ciddi biçimde artırır. Ayrıca, dere ilerinde kontrolsüz şekilde büyüyen ağı ve çalıların da suyun akış kapasitesini azaltarak taşkın tehlikesini byttğı bilinmektedir (Ecer & Yenigün, 2007).

Şekil 1 Taşkın Oluşumu



Kaynak: (Gürer, 2012)

Taşkınların Zararları

Taşkınlar, Türkiye’de sık görülen doğal afetlerden biri olup, hem doğal hem de insan kaynaklı nedenlerle ortaya çıkmakta ve ciddi zararlar meydana getirmektedir. Bu afetler, yalnızca fiziksel ve ekonomik kayıplara değil, aynı zamanda psikolojik ve sosyal travmalara da yol açmaktadır. Son yıllarda, özellikle nehir kenarlarında yer alan kent merkezlerinde oluşan taşkınlar, yüksek maliyetli maddi hasarların yanı sıra can kayıplarına da neden olmuştur.

Türkiye’de sel ve taşkın afetleri, depremlerden sonra en fazla ekonomik kayba neden olan ikinci büyük afet türüdür. Mevcut envanter verilerine göre, taşkınların yıllık ortalama ekonomik zararı yaklaşık 100 milyon Amerikan doları düzeyindedir. Buna karşılık, bu afetlerin önlenmesi ve kontrolü için yapılan yapısal önlemlere

ayrılan yıllık yatırım miktarı ise ortalama 30 milyon dolar civarındadır (Gerger, 2018).

Taşkınlar, bölgesel ve mevsimsel farklılıklar göstermekle birlikte, Türkiye’de en çok ilkbahar ve sonbahar aylarında ve Karadeniz, Akdeniz ile Batı Anadolu bölgelerinde etkili olmaktadır. Söz konusu afetlerin sektörel etkilerine bakıldığında; zararların %45’i tarım alanlarında, %32’si yerleşim yerleri ve altyapıda, %7’si taşınabilir mal ve araçlarda, %1’i ulaşım altyapısında, kalan %15’i ise diğer alanlarda gerçekleşmektedir (Kadıoğlu, 2019).

Son 20 yıllık küresel veriler incelendiğinde, afet kaynaklı ölümlerin %49’unun taşkınlar nedeniyle meydana geldiği görülmektedir. Türkiye’de ise 1989’dan bu yana yaşanan 384 taşkın olayında 487 kişi hayatını kaybetmiş, yaklaşık 502.000 hektarlık alan zarar görmüş ve toplamda 2.1 milyar dolarlık ekonomik kayıp meydana gelmiştir (MGM, 2023).

Baraj yapımı, dere ıslah çalışmaları ve kırsaldan kente göç gibi yapısal ve toplumsal değişiklikler, taşkınların sıklığını bazı dönemlerde azaltmış olsa da son yıllarda ani ve yoğun yağışlara bağlı olarak kentsel taşkınlarda belirgin bir artış yaşandığı gözlemlenmektedir. Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre, 1975–2011 yılları arasında toplam 820 taşkın olayı yaşanmış; bu afetlerde 660 kişi hayatını kaybetmiş ve yaklaşık 800.000 hektar tarım arazisi taşkına maruz kalmıştır. Bu olayların ülke ekonomisine yıllık maliyeti yaklaşık 150 milyon TL düzeyindedir (DSİ, 2012).

Önceki Çalışmalar

Türkiye’de taşkınlarla ilgili gerçekleştirilen akademik çalışmalar, özellikle risk haritalama, iklimsel etkiler, coğrafi bilgi sistemleri kullanımı ve bölgesel analizler üzerine yoğunlaşmıştır. Aşağıda bu çalışmalar, kronolojik ve tematik olarak sınıflandırılmış şekilde sunulmuştur.

Temiz, Aksoy ve Ercanoğlu (2004), Batı Karadeniz Bölgesi'nde potansiyel taşkın alanlarının belirlenmesine yönelik olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniğinden faydalanmışlardır. Çalışmada, yağış klimatolojisi, Sayısal Arazi Modeli (SAM), arazi kullanımı ve drenaj ağı gibi parametreler dikkate alınarak taşkın riski haritaları üretilmiştir.

Sunkar ve Tonbul (2006), Batman'daki İluh Deresi Havzası'nda sel ve taşkın risklerini analiz etmiş, 3A Aster ve QuickBird uydu görüntüleri ile 1/25.000 ölçekli sayısal haritalar üzerinden değerlendirme yapmışlardır. Çalışma sonucunda, Batman kentinin yüksek taşkın riski taşıdığı ortaya konmuştur.

Şahinalp (2006), Şanlıurfa'da 2006 yılında yaşanan sel felaketinin nedenlerini incelemiş; beşeri etkenlerin zararların artmasında rol oynadığını vurgulamıştır.

Ecer ve Yenigün (2007), iklim değişikliğinin taşkınlar üzerindeki etkisini analiz etmiş, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2006 yılı sonlarında meydana gelen taşkınları örnekleyerek afetin sebepleri ve etkilerini değerlendirmişlerdir.

Yenigün ve diğerleri (2007), Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin illerine ait meteorolojik veriler üzerinde trend analizi yaparak, taşkın riskinin iklim parametreleri ile ilişkisini ortaya koymuşlardır. Mann-Kendall ve Spearman's Rho testlerinin kullanıldığı çalışmada, 2006 yılında yaşanan taşkın olayları bu bağlamda incelenmiştir.

Yüksek ve diğerleri (2008), Doğu Karadeniz Bölgesi'nde büyük taşkınların sebep olduğu can ve mal kayıplarını değerlendirerek; hatalı arazi kullanımı, ormansızlaşma, şehirleşme sorunları ve kurumsal koordinasyon eksikliğinin taşkınların etkisini artıran başlıca nedenler olduğunu belirtmişlerdir.

Önsoy ve diğerleri (2008), Doğu Karadeniz Havzası'nda 1955–2005 yılları arasında meydana gelen önemli taşkınları analiz

ederek; afetlerin tarihsel seyri, nedenleri ve alınabilecek önlemler hakkında detaylı bilgiler sunmuşlardır.

Dölek (2013), Muş Ovası'nda meydana gelen taşkınların doğal nedenlerini analiz etmiş; CBS teknikleri ile jeomorfolojik verileri ve iklim istatistiklerini değerlendirerek, sel riskinin yüksek olduğu alanları belirlemiştir. Özellikle Şubat–Nisan aylarının taşkın açısından kritik olduğu vurgulanmıştır.

Batur ve Maktav (2013), Meriç Nehri'nde 2010 yılında yaşanan taşkını uydu görüntüleri yardımıyla incelemişlerdir. Landsat 5 TM uydu verileri ile taşkın öncesi ve sonrası arazi örtüsü değişimleri analiz edilmiş; %91 doğruluk oranına sahip taşkın haritaları üretilmiştir. Bu çalışma, uzaktan algılama teknolojilerinin taşkın analizlerinde etkinliğini göstermiştir.

Türkiye'deki Önemli Taşkınlar

Türkiye'de taşkınlar, özellikle hızlı kentleşmenin, plansız yapılaşmanın ve iklimsel değişkenliğin etkisiyle can ve mal kayıplarına neden olan önemli afetler arasında yer almaktadır. Aşağıda, Cumhuriyet tarihinden bu yana yaşanmış bazı büyük ölçekli taşkın olayları ve etkileri tarihsel sıralama ile özetlenmiştir:

- **1957 – Ankara, Hatip Çayı Vadisi:** Türkiye'de bugüne kadar en çok can kaybına yol açan taşkın olayıdır. Eylül ayında meydana gelen afet sonucunda 185 kişi hayatını kaybetmiştir (Gerger, 2018).
- **1995 – Ankara, İstanbul, Senirkent:** Bu üç farklı şehirde meydana gelen taşkınlarda toplam 74 kişi yaşamını yitirmiş, 46 kişi yaralanmış ve yaklaşık 2000 kişi evsiz kalmıştır. Yaklaşık 10.000 kişi etkilenmiş, toplam ekonomik zarar 65 milyon dolar olarak hesaplanmıştır (Gerger, 2018).

- **1998 – Trabzon, Beşköy:** 60 kişinin hayatını kaybettiği ve 1000 kişinin etkilendiği sel felaketi, bölgedeki en yıkıcı olaylardan biri olarak kaydedilmiştir. Aynı yıl Batı Karadeniz’deki başka bir taşkında 10 kişi ölmüş, 47 kişi yaralanmış, 40.000 kişi evsiz kalmış ve toplamda 1.2 milyon kişi etkilenmiştir. Bu olayın maddi zararı yaklaşık 1 milyar dolar olarak bildirilmiştir (Ecer & Yenigün, 2007).
- **2002 – Rize, Güneysu ve Çayeli:** Temmuz ayında meydana gelen taşkınlar sonucunda 32 kişi yaşamını yitirmiştir (MGM, 2023).
- **2009 – İstanbul:** Eylül ayında meydana gelen taşkında 31 kişi hayatını kaybetmiş, çok sayıda yerleşim yeri ve araç zarar görmüştür (MGM, 2023).
- **2012 – Samsun:** 4 Temmuz’da yaşanan taşkında 9 kişi yaşamını yitirmiştir (MGM, 2023).
- **2012 – Zonguldak, Çaycuma:** Filyos Çayı üzerindeki köprünün çökmesi sonucu 15 kişi yaşamını yitirmiştir (MGM, 2023).
- **2021 – Kastamonu, Bozkurt:** 11 Ağustos’ta Ezine Çayı’nın taşması sonucu sel suları bazı binaların 3. katına kadar ulaşmış; olayda 65 kişi hayatını kaybetmiş, 7 kişi kaybolmuştur. Bozkurt ve Abana ilçelerinde büyük çapta maddi zarar meydana gelmiştir (Kastamonu Valiliği, 2024).
- **2023 – Şanlıurfa:** 15 Mart’ta kent merkezinden geçen 3 derenin ani taşması sonucu 17 kişi hayatını kaybetmiş, 62 kişi yaralanmıştır. Maddi zarar yaklaşık 300 milyon TL olarak hesaplanmıştır (AA, 2023).

Devlet Su İşleri (DSİ) verilerine göre, 1989 yılından bu yana meydana gelen 384 taşkında 487 kişi hayatını kaybetmiş, yaklaşık 502.000 hektar alan zarar görmüş ve toplam ekonomik kayıp 2.1 milyar dolar olarak kaydedilmiştir (DSİ, 2012).

Yine DSİ'nin 1975–2011 verileri, bu süre zarfında Türkiye'de 820 taşkın olayının yaşandığını, bu afetlerde 660 can kaybı olduğunu ve 800.000 hektara yakın tarım arazisinin zarar gördüğünü göstermektedir. Yıllık ortalama ekonomik kaybın 150 milyon TL olduğu tahmin edilmektedir (DSİ, 2012).

Bu olayların sıklığı ve etkisi, özellikle ani ve yoğun yağışların etkisiyle şehir sellerinin son yıllarda daha belirgin hale geldiğini ortaya koymaktadır (Resim 1: Resim 7).

Resim 1 Yapılan yapılaşma ile kesitin daraltılması



Kaynak: (Gerger, 2018)

Resim 2 Akarsu yataklarının kapasitelerinin üzerinde meydana gelen akış büyüklüğü



Kaynak: (Gerger, 2018)

Resim 3 Dere yatağına çöp, moloz, sanayi ve evsel atık atılması



Kaynak: (Gerger, 2018)

Resim 4 Dere yatağına kanalizasyon şebekesi döşenmesi



Kaynak: (Gerger, 2018)

Resim 5 Dere yatağının üzerinin kapatılarak konut, otopark, pazar yeri yapmak amacıyla kullanılması.



Kaynak: (Gerger, 2018)

Resim 6 Yukarı havzadan çeşitli sebeplerle gelen rüsubatın dere yatağını daraltması



Kaynak: (Gerger, 2018)

Resim 7 Dere yataklarında tabii olarak büyüyen ağaç ve çalılarının yatak kapasitesini daraltması



Kaynak: (Gerger, 2018)

Sonuç ve Öneriler

Taşkınlar, doğal döngünün bir parçası olmakla birlikte, insan müdahalesiyle daha yıkıcı hale gelen afetlerdendir. Özellikle iklim değişikliğinin etkisiyle artan aşırı yağışlar, hızlı ve plansız kentleşme, dere yataklarının yapılaşmaya açılması ve yetersiz altyapı sistemleri taşkın riskini ciddi şekilde artırmaktadır. Bu bağlamda taşkınlar yalnızca meteorolojik bir sorun değil; aynı zamanda çevresel, sosyal, ekonomik ve yönetsel boyutları olan karmaşık bir afettir.

Günümüzde taşkınlarla mücadelede yalnızca yapısal önlemlere (barajlar, setler, bentler gibi) odaklanmak yeterli olmamaktadır. Bunun yerine, bütüncül, sürdürülebilir ve doğa tabanlı bir taşkın yönetimi anlayışı benimsenmelidir. Bu anlayış hem altyapı yatırımlarını hem de toplumsal bilinçlendirme ve ekolojik koruma çalışmalarını kapsar.

Taşkınlarla mücadelede başarı, ancak çok aktörlü ve disiplinlerarası bir yaklaşımla mümkündür. Mühendislik çözümleri kadar toplumsal katılım, çevresel duyarlılık ve yönetim becerileri de sürecin temel bileşenidir.

Kaynakça

AFAD (-). Afet Türleri. (20.07.2025 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/afet-turleri> adresinden ulaşılmıştır).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2023). “Türkiye’de taşkınlar ve meteorolojik analizler,” Resmî Rapor, 2023. (01.07.2025 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr> adresinden ulaşılmıştır).

Kastamonu Valiliği (2024). 11 Ağustos 2021’de Sel Felaketini Yaşayan Bozkurt 3 Yılda Yeniden İnşa Edildi. (25.06.2025 tarihinde <http://www.kastamonu.gov.tr/11-agustos-2021de-sel-felaketini-yasayan-bozkurt-3-yilda-yeniden-insa-edildi> adresinden ulaşılmıştır).

Anadolu Ajansı (2023). “Şanlıurfa’da selin ev, iş yeri ve araçlara verdiği zarar 300 milyon lira” 15 Mart 2023. (19.06.2025 tarihinde <https://www.aa.com.tr/tr/asrin-felaketi/sanliurfada-selin-ev-is-yeri-ve-araclara-verdigi-zarar-300-milyon-lira-/2870850> adresinden ulaşılmıştır).

Gerger, E. (2018). Şanlıurfa ilindeki taşkın koruma tesislerinin performanslarının değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kadioğlu, M. (2019). Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları.

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Taşkın Hidrolojisi Tasarım Rehberi (2012), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.

Batur, E., & Maktav, D. (2013). Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile taşkın alanlarının belirlenmesi: Meriç Nehri örneği. *Havacılık ve Uzak Teknolojileri Dergisi*, 5(3), 47–54.

Çelik, H. (2010). 2009 yılları sellerinin nedenleri ve bazı temel sorunlar. 2. *Ulusal Taşkın Sempozyumu Bildirileri*, Ankara.

Dölek, İ. (2013). Muş'ta yaşanan sel ve taşkınlara neden olan doğal faktörlerin analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (28), 408–422.

Ecer, R., & Yenigün, K. (2007). GAP bölgesinde iklim değişiminin bir taşkın örneğinde incelenmesi. *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildirileri*, 270–275.

Ertürk, A., & Öztürk, İ. (2010). Taşkınların çevresel önemleri. *2. Ulusal Taşkın Sempozyumu Bildirileri*, Afyon.

Gürer, İ. (2012). Türkiye'de doğal afet olarak taşkın ve önlem yöntemleri. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Proje ve Proje Fizibilite Eğitimi, Çorum

Önsoy, H., Kömürcü, M., Kankal, M., Yüksek, Ö., & Filiz, S. (2008). Doğu Karadeniz havzasında 1955–2005 yılları arasında meydana gelen taşkınların değerlendirilmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 47(2), 145–162.

San, M., & Keskin, S. (2010). Taşkın zararları ve fayda hesaplamaları. *2. Ulusal Taşkın Sempozyumu Bildirileri*, Ankara.

Sunkar, M., & Tonbul, S. (2006). İluh Deresi Havzası'na (Batman) yönelik sel ve taşkın riski analizleri. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5(4), Makale No: 4A0033.

Şahinalp, M. (2007). Neden ve sonuçlarıyla Şanlıurfa ilinde yaşanan sel felaketleri. *Afet Sempozyumu Bildirileri*, Türkiye Coğrafya Dergisi, (49), 89–122.

Şorman, Ü. (2010). Taşkın risk yönetim planlaması çalışmalarına genel bakış. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Temiz, N., Aksoy, H., & Ercanoğlu, M. (2004). Batı Karadeniz Bölgesi'nde potansiyel taşkın alanlarının belirlenmesine yönelik bir çalışma. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 47(2), 205–217.

Yenigün, K., Gümüş, V., Ecer, R., Gerger, R., & Bulut, H. (2007). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde iklim değişkenliği ve taşkınlara etkileri. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildirileri, 255–264.

Yüksek, Ö., Kankal, M., Önsoy, H., & Filiz, S. (2008). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelen taşkınların değerlendirilmesi. Barajlar Kongresi Bildiri Kitabı, 112–126.

Yüzbaşı, F. (2012, Kasım). Şanlıurfa selliği. Yerel Gözlem Raporu, Şanlıurfa.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2023). Türkiye Ulusal Taşkın Yönetim Stratejisi Belgesi ve Eylem Planı (2021-2023). Ankara.

DSİ Genel Müdürlüğü (2022). Taşkın Koruma Tesisleri Faaliyet Raporu. Ankara.

Şen, Z. (2020). Hidrolojik Afetler ve İklim Değişikliği. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları.

YAPI SİSTEMLERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR VE YENİ NESİL MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI

