



Araştırma Makalesi / Research Article

**BIYOFİLİK TASARIM KRİTERLERİNİN MEKANLAR ÜZERİNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ***

AN EVALUATION OF BIOPHILIC DESIGN CRITERIAS IN PLACES

Hazel İrem İRFANOĞLU¹

Leyla SURI²

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1115254>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
hazelirfanoglu@hotmail.com

Geliş Tarihi / Received
11.05.2022

Kabul Tarihi / Accepted
07.06.2022

Öz

Günümüzde kat yükseklikleri artan ve kullanım alanları küçülen yaşam alanları zamanın büyük çoğunluğunun geçirildiği iç mekanlardır. Yeni normal hayat anlayışı ile bu durum tercihten çok zorunluluk haline gelmiş ve doğa ile olan faydalı temas kaçınılmaz olarak engellenmiştir. Biyofilik tasarım yalnızca işlevsel ve görsel disiplin değil, aynı zamanda zihinsel refahı da sağlayan bir tasarım anlayışıdır. Buradan hareketle çalışmada insan hayatı ve insan bedeni üzerindeki etkilerinden yola çıkarak biyofilik tasarımın ne denli önemli olduğu vurgulanmış, günümüzün doğa açısından kısıtlanmış mekanlarını doğayla buluşturmanın insan ve toplum açısından önemine değinilmiş ve yapının içinde bulunduğu çevre ve iç mekânda biyofilik tasarım kriterlerinin uygulanmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyofilik tasarım, doğal malzeme, iç ve dış mekânda biyofilik tasarım, mekân ve doğa, modern yaşamda tasarım.

Abstract

Today, living spaces with higher floors and smaller field of use are the interior places where people's time is mostly spent. With the new understanding of normal life, this situation has become a necessity rather than a choice, and beneficial contact with nature has inevitably been prevented. Biophilic design is not only a functional and visual discipline, but also a design approach that provides mental well-being. From this point of view the importance of biophilic design was emphasized based on its effects on human life and body, importance of bringing places that are limited by the standards of nature together with nature for human and society, and necessity of applying biophilic design criteria in the environment and interior spaces which the building is in was highlighted.

Keywords: Biophilic design, biophilic design for indoor and outdoor, design in modern life, natural materials, place and nature.

*Bu yayın Hazel İrem İRFANOĞLU isimli öğrencinin İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Programındaki Lisansüstü tezinden üretilmiştir.

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. hazelirfanoglu@hotmail.com, Orcid.org/0000-0002-3094-3988.

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. lsuri@ticaret.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-3225-1221.

1. GİRİŞ

Biyofili; bireylerin fiziksel ve zihinsel sağlık, yaşamsal memnuniyet ve tatmin için kalıtsal olarak doğaya ihtiyaç duymaları ve bu nedenle doğaya dönme, doğayla bütünleşme çabası olarak tanımlanabilmektedir. (Kellert, 2014). Bu tasarım anlayışını mekâna yansıtılabilmek için doğal malzeme, uygun bina yerleşimi, konut havalandırması, canlı materyal kullanımı gibi temel prensipler bulunmaktadır. Bu çalışma, yaşam alanları tasarımlarının insanlar üzerindeki etkilerinin neler olduğunun araştırılmasından hareketle biyofilik tasarımların canlıların beden ve ruh sağlıklarına olan olumlu etkilerini ortaya koymak adına düzenlenmiştir. Canlıların, özellikle de insanların içgüdüsel olarak doğal çevreyle bağlantı kurmak istediklerini kanıtlayan çalışmalardan hareketle, biyofilik tasarım ilkelerine duyulan ihtiyaç gözler önüne serilmiş ve bu tasarımların mekanlar ve insanlar üzerindeki etkileri gösterilmeye çalışılmıştır. Yaşam, uyku, çalışma ve dinlenme alanlarını insan yaşamına ilham veren, canlandıran ve zenginleştiren yerlere dönüştürmeye yardımcı olmak için biyofili ilkelerinin nasıl kullanılacağına dair ipuçları sunan çalışma, biyofilik tasarımın uygulanma ve değerlendirilmesinde ölçüt olan maddeler üzerinde de durmaktadır.

Çorakçı, İç Mimari Tasarım Rehberi'nde biyofilik unsurları çevresel özellikler, doğal şekil ve biçimler, doğal örüntü ve süreçler, ışık ve mekân, yerel ve evrimsel insan-doğa ilişkileri olarak belirlemiştir (Çorakçı, 2016). Bundan hareketle çalışmada biyofilik tasarım ölçütlerinin mekâna etkisinin ne olduğuna cevap bulmaya çalışılmıştır. Sadece konutların değil, geleneksel yapıların, sağlık yapılarının, camilerin, açık ofislerin, tarihi binaların biyofilik tasarım ölçütleri açısından değerlendirilmesine yönelik çalışmalar da literatürde mevcuttur. Aynı zamanda biyofilik tasarımın çocuklar üzerindeki etkileri, çevre ile birlikte tasarlanması, bireyin iyi olma hali üzerindeki etkileri gibi çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır.

Bu çalışmada son zamanlarda uzaklaşılan doğal hayatla “biyofili” kavramı ile tekrar bir araya gelmenin yolunu bulabilmek; tasarımda canlı materyal kullanımının önemini vurgulamak ve mimarlıkta biyofiliğin etkilerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda hazırlanan çalışmada, insan-doğa ilişkisine ve biyofilik tasarımın mekân ve insan üzerindeki etkilerine vurgu yapılması, çalışmaya sosyolojik ve psikolojik anlamda da değer katmaktadır. İnsanların canlılarla ve doğal çevreyle doğuştan gelen bir yakınlığı olduğu fikri, mimari, psikiyatri gibi çeşitli disiplinlerin birlikte yorumlanmasının doğru olacağını göstergeleri olup zamanın başlangıcından beri insanların sadece hayatta kalmak için değil, aynı zamanda gelişmek için doğal çevrelerine ve içindeki diğer canlılara bağlı hissetmeleri gerektiği fikri de yaygın bir fikirdir. Yaşam sevgisi ve yaşama bağlılık kavramlarıyla birlikte yorumlanabilen biyofili kavramı, biyofilik tasarım kriterlerinin iç mekanlar üzerinden incelenmesini bu anlamda gerekli kılmaktadır. Biyofilik tasarım insanların sağlığını, zindeliğini ve refahını geliştirmeyi ve insanlar için iyi bir yaşam alanı yaratmayı felsefe edinmektedir.

Erwin, insan hayatının yüzde 90'lık bir kısmının kapalı mekanlarda geçtiğini belirtmektedir (Erwin, 2005). Pandemiyle zorunlu hale gelen bu durum, iç mekânda doğanın eksikliğini yaşamının olumsuz etkilerini gündeme getirmiştir. Bu çalışma, biyofilik tasarım kavramıyla birlikte iç mekânda doğal yaşama dair izlerin olmamasının olumsuz etkilerini ortaya koymaktadır. Biyofilik tasarımın en avantajlı yanlarından biri, belirli bir görünümü olmamasıdır. Doğal elemanları kullanmak ve doğayı eve getirmek bir tarzdaki ziyade bir felsefedir ve açık/kapalı her mekânda uygulanabilmektedir.

Biyofilik tasarımın sürdürülebilir, doğaya karşı duyarlı ve doğaya saygılı binalar üretme eğiliminde olması, onun yeşil tasarım ile kıyaslanmasına neden olmaktadır. Bu anlamda yeşil tasarımın odak noktasının sürdürülebilirlik olması, biyofilik tasarımın insan deneyimini de içine

alması aralarındaki temel fark sayılabilir. Bu doğrultuda bakıldığında çalışma, sürdürülebilir çevreye katkısı açısından değerli görülecektir.

Çalışmada ayrıntılarıyla değinilen renklerin, form ve desenlerin, simetrisinin tasarım üzerinde etkisi, çalışmanın farklı alanlara da destek olabileceğini göstermektedir. Aynı şekilde ışık, sıcaklık, hava kavramları ile ayrıntılı değerlendirilen tasarım konusunun, sürdürülebilir çevre araştırmacıları için de yol gösterici olabileceği düşünülmüştür. Çalışma, özellikle pandemi sonrası önemi daha çok anlaşılan, doğanın mekanda yaşatılmasının yollarını göstermesi ve alanda özellikle pandemi sonrası çalışma olmaması açısından değerlidir.

2. BİYOFİLİ VE BİYOFİLİK TASARIM KAVRAMLARI

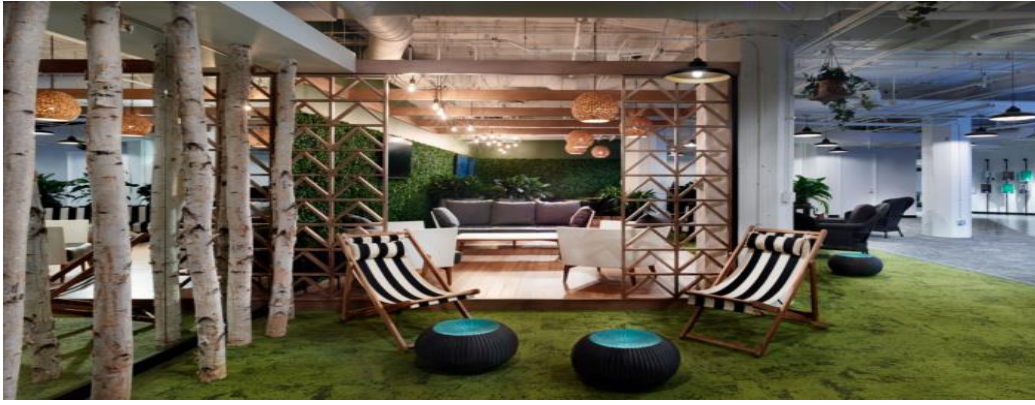
2.1. Biyofili Kavramı

'Biophilia' kelimesi kelimenin tam anlamıyla 'yaşam sevgisi' anlamına gelir. İlk olarak 1960'larda Erich Fromm adlı bir sosyal psikolog tarafından "The Heart of Man" adlı kitabında kullanılmış ve yirmi yıl sonra biyolog ve çevreci Edward Wilson tarafından popüler hale getirilmiştir (Fromm, 1964). Yaklaşımlarındaki tüm farklılıklara rağmen, bir tema ortaya çıkarılmış ve insanların canlılarla ve doğal çevreyle doğuştan gelen bir yakınlığı olduğu fikri sunulmuştur. O zamandan beri mimari, psikiyatri gibi çeşitli disiplinler tarafından yeniden yorumlanmış bir kavramdır. Biyofili kavramı insanın doğal elemanlar ile arasındaki etkileşim ihtiyacının duygusal yönüne eğilmektedir (Şahin & Satıcı, 2022).

Wilson biyofiliyi "İnsanoğlunun diğer formlara doğuştan sahip olduğu bir yakınlık, hayat koşullarına göre uyandırılan bir bağlılık, zevkle, güvenlik duygusuyla, huşuyla, hatta tiksiniyle harmanlanmış büyülenme" olarak açıklamıştır. Aynı zamanda zihnimizin nesilden nesile aktarılan ve potansiyel olarak insan atalarından gelen filogenik bir hafızayı kullandığını da iddia etmektedir. Bu nedenle biyofili, "yaşamın geri kalanıyla doğuştan gelen bağlılık" yani Dünya'daki tüm yaşamla filojenik ilişki duygusu olarak anlaşılabilir. (Wilson, 1984)

2.2. Biyofilik Tasarım

Biyofili kavramının mekân ile buluşabilmesi için bir tasarım anlayışı olan biyofilik tasarım insan-doğa-mekân-tasarım kavramlarını bütünleyici rol oynamaktadır. Biyofilik tasarım yalnızca işlevsel ve görsel disiplin olmamakla birlikte aynı zamanda zihinsel refahı da sağlayan bir tasarım anlayışıdır. Biyofilik tasarım, insanların sağlığını, zindeliğini ve refahını geliştiren modern yapılı çevrede biyolojik bir organizma olarak insanlar için iyi bir yaşam alanı yaratmayı amaçlar. Biyofilik tasarımın mekâna uygulanabilmesi için doğal ışık ve doğal malzeme, iklim koşullarına uygun konum belirleme, bitki kullanımı gibi birçok kriter vardır. Doğru bir tasarım ile yapay çevrelerde de doğayı hissetmek mümkün olmaktadır.



Şekil 1. Chicago Uptake Headquarters Şirketinde Biyofilik Tasarım Uygulanması Örneği (Office Snapshots, 2021)

Chicago'daki Uptake Headquarters binasında (Şekil 1.) biyofilik tasarım unsurlarından doğal malzemeyi taklit eden yapay halı kullanılmıştır. Ahşap döşeme, kiriş, alanı bölmek için kullanılan ham kütükler gibi birçok doğal malzeme, alanda görülmektedir. Aynı zamanda yeşil renk duvarlar, saksıda ve dikeyde kullanılan bitkiler ile ormanda hissi veren mekânda sıcak tonda aydınlatmalar huzurlu bir mekân oluşumuna katkı sağlamıştır.



Şekil 2. Chicago Uptake Headquarters, Yoga Odası Örneği (Office Snapshots, 2021)

Duvarda ve dikeyde kullanılan bitkiler, zeminde ve mobilyalarda kullanılan ahşap malzemeler ve duvardaki natürel renkler ile biyofilik tasarım kriterlerinin uygulandığı yoga odası, çalışanlara sığınma duygusu sunmaktadır.

İnsanların doğaya olan doğal ihtiyaçları üzerine yapılan araştırmalar, doğal dünyanın insan ruhunun tanımlayıcı bir parçası olduğunu öne sürmektedir; kimlik duygusunun ana kaynağı, fiziksel, duygusal ve bilişsel gelişim, estetik ve ruhsal deneyimlerin gelişimi için önemli bir temeldir. Ayrıca, bu temel gerçeği anlamadan tasarlayıp inşa edildiğinde, sadece gezegene zarar vermekle kalmayıp, insan deneyiminin kalitesinin de azaldığını ve insan sağlığının, esenliğinin olumsuz etkilendiğini de öne sürmektedirler (Pollack, 2006).

Biyofilik tasarımın başarılı bir şekilde uygulanması aynı zamanda geniş bir fiziksel, zihinsel ve davranışsal fayda yelpazesine sonuçlanmalıdır. Fiziksel sonuçlar, gelişmiş fiziksel uygunluk, daha düşük kan basıncı, artan konfor ve memnuniyet, daha az hastalık semptomu ve daha iyi sağlık içerir. Zihinsel faydalar, artan memnuniyet ve motivasyon, daha az stres ve kaygıdan gelişmiş problem çözme ve yaratıcılığa kadar uzanır. Olumlu davranış değişikliği, daha iyi başa çıkma ve

ustalık becerileri, artan dikkat ve konsantrasyon, gelişmiş sosyal etkileşim ve daha az düşmanlık ve saldırganlığı içerir (Kellert & Galabrese, 2015).

3. BİYOFİLİK TASARIM KRİTERLERİ VE İÇ MEKÂN

Konutlar ve ofisler gibi fiziksel sınırlara sahip olup içinde yaşanılan ve barınılan birçok kapalı mekâna iç mekân denir. İç mekanlar ilkel bir kulübe, çelik, ahşap, duvar, beton veya diğer malzemelerden oluşabilmektedir. Tesisat, elektrik, ısıtma, havalandırma ve klima sistemleriyle donatılmış karmaşık bir yapıya kadar çeşitlenebilmektedirler. Bireylerin içinde barındıkları, çalıştıkları, ibadet ettikleri, yemek yedikleri, dinlendikleri, eğlendikleri ve uydukları alanlardır. Dış mekanlar ise bireylerin hava aldıkları, dolaştıkları, gezdikleri, sosyalleştikleri açık alanlardır. Bu sebeple içinde geçirilen zamanda mekanların fizyolojik ve psikolojik olarak iyileştirilmesi, insan konforunu olumlu etkilemektedir. Bu kapsamda biyofilik tasarımın mekânda uygulanabilmesi, zamanını bu mekanlarda geçiren insanlar ile doğayı buluşturmak, insanın doğayla olan bağlarını güçlendirmek için gerekli olmaktadır.

Biyofilik bir alan oluşturmak için bir araya gelen üç ana başlıktan bahsedilmektedir. İlki ister evleri çiçekler ve bitkilerle doldurmak, ister gerçek bir ateşin keyfini çıkarmak veya ofis ortamlarının temiz havayla dolu olduğundan emin olmak olsun, bir alanın insanı doğayla doğrudan, fiziksel temasla sokuğundan emin olmaktır. İkincisi insanlara doğrudan doğal şeyleri hatırlatan birçok farklı şeyi yaşam alanlarında kucaklamaktır. Bunlar desenler, renkler, malzemeler ve dokular olabilir. Üçüncüsü ise doğal ritimlere ve dış mekanlara bağlanacak şekilde yaşamaktır. Bu, mevsimlerle uyum içinde yaşamak, daha fazla doğal ışığa izin vermek ve dış mekân manzaralarından en iyi şekilde yararlanmak olabilmektedir (Coulthard, 2020).

Biyofili kapsamında tasarım, yalnızca dekorasyon ve mobilyalar ile sınırlanmamakta, aynı zamanda aydınlatma, iç mekân bitkileri, doğal ışık, hava akışı, malzemeler, görünüm, sesler, dokular ve ısıtma hakkında da düşünmeyi gerektirmektedir. Ev ve iş yerlerinin yanı sıra sosyal alanlarda (okullar, köy okulları, rehabilitasyon programları, kütüphaneler, millet bahçeleri, camiler, sınıflar, kurslar, kreşler), hemen hemen her sosyal yapıda biyofili unsurlarından yararlanmak mümkündür. Kreş ve okullarda hayvan beslemekten hastanelerde şifalı bir bahçe oluşturmaya kadar birçok topluluk kuruluşunda insanların doğayla olan bağlantılarını iyileştirmenin somut sonuçları görülebilmektedir.

3.1. Biyofilik Tasarımda Planlama ve Peyzaj Mimarisi

Planlama; kaynakların korunarak kullanılması, gelecek nesillerin gereksinimlerinin önceden kestirilerek düzenleme ilke ve yöntemlerinin geliştirilebilmesi için kullanılacak en etkin araçlardan biridir (Suri, 2018). Yapay çevre söz konusu olduğunda, biyofilik tasarımın yer duygusu ve bir bina tasarım şemasının konumuyla doğrudan bir ilişkisi olduğu söylenebilir. Çevresiyle herhangi bir bağlantı kurmaya çalışmayan tasarım, peyzaja aitmiş gibi hissettirmemektedir. Yapay unsurların (binalar, objeler, yollar ve ticaret alanları) arasındaki mekanlarda, alan içinde biyofilik tasarım unsurları ne kadar titizlikle uygulanırsa uygulansın hiçbir zaman doğal çevre ile doğrudan etkileşim içinde olan bir mekân kadar doğadan faydalanma söz konusu olamamaktadır. Planlama eyleminde, doğal çevre ve insan eliyle oluşturulmuş yapay ve sosyal çevre analizleri, belirtilen analiz unsurlarının birbiri ile etkileşiminin irdelenmesi büyük önem taşır (Suri, 2018). Bu sebeple mimari disiplinlerde peyzaj mimarlığı, mimarlık ve iç mimarlık ayrı düşünülmemeyeceği gibi, en başında bina konumlandırılmasının planlama aşamasında doğal çevreden maksimum yararlanma üzerine düşünülmesi gerekmektedir. Topografik özellikler, iklim, güneşlenme süresi ve bakı gibi birçok unsur planlama aşamasında değerlendirilmeli ve doğal çevre ile olan bağlantı güçlendirilmelidir. Doğal manzarayla olan görsel

bağlantının güçlendirilmesi ve peyzaj tasarımında alınacak kararlarla bu manzaranın bahçe tasarımı ile biyofilik bağlamda vurgulanması iç-dış mekân bütünlüğünü sağlamak için biyofilik bağlamda önerilebilecek tasarım kararlarından biridir (Ünal, 2021).



Şekil 3. Bina Yerleşiminde Topoğrafya Örneği (Carchitect, 2022)

Yukarıdaki örnek tasarımda (Şekil 3) yapı, topoğrafyaya uyumlu bir şekilde alanda konumlandırılmıştır. Aydınlanma seviyesini maksimuma çıkarabilmek için saydamlık kullanılmış, çevredeki doğal bitki örtüsü yapı bahçesinde ve çatı bahçesinde devam ettirilmiştir. Böylece yapı ve çevre arasında kopukluk olmamış ve yapay-doğal çevre uyumu yakalanmıştır. Su ögesi kullanımı ile biyofili unsuru desteklenmiş, alan kotları sayesinde manzara kesilmemiştir. Dünyanın dört bir yanından yapılan diğer araştırmalar, açık havada, doğaya bakarak veya doğal unsurlarla çevrili olarak doğayla bağlantı kurmanın stres hormonu olan kortizol seviyelerini azaltma, bağışıklık sağlığı için çok önemli olan beyaz kan hücresi sayılarını yükseltme, çocuklarda ve yetişkinlerde dikkat performansını artırma, problem çözme ve bilişsel işlev dahil olmak üzere odağı ve yaratıcılığı artırma, zihni sakinleştirme ve benlik saygısını artırma, kısa süreli belleği geliştirme, çocuklarda gün ışığı seviyelerine bağlı olarak miyop riskini azaltma, çocukları ve yetişkinleri sağlıklı yaşam tarzı alışkanlıkları geliştirmeye teşvik etme, uzun ömürlülüğü artırma konularında fayda sağladığını ispatlamıştır (NHS, 2022).

3.2. Biyofilik Tasarımda Doğal Malzeme

Biyofilik tasarımda malzemenin doğal olmasının önemi büyüktür. Doğal malzeme, malzemenin kelimenin tam anlamıyla en saf halinde olmasıdır; bu nedenle, bir iç mekân bitkisi veya bir ahşap kiriş 'doğal' olacaktır. Ancak çoğu şeyin amaca uygun ve fonksiyonel hale getirilmesi için bir tür değişiklik veya tedaviye ihtiyacı vardır. Bu anlamda 'doğal', mümkün olduğunca az işleme orijinal formuna yakın bir malzeme veya nesneyi ifade etmektedir.



Şekil 4. Doğal Malzeme Olarak Ahşap Kiriş, Masa ve Çerçeve Örneği (House Beautiful, 2018)

Yüzyıllardır toplumlar, evlerini ellerinde bulunan şeylerden inşa etmişlerdir. Yerel, hammaddelere olan bu güven, nesiller boyu aktarılan bilgiyle birleştiğinde, farklı yerlerin farklı ve tanınabilir mimari tarzlara sahip olduğu anlamına gelmektedir. Buna karşın çoğu modern bina, çevreleriyle çok az ilişkiye sahiptir. Bir yerin kültürü, doğası ve mirası hakkında çok az şey söyleyen standart yapı teknikleri ve stilleri kullanılmaktadır. Genellikle malzeme açısından yüksek enerji maliyetlerine sahiptirler, yerel ekosisteme katkıda bulunmazlar ve ısıtma, soğutma ve aydınlatma için çok fazla kaynak harcarlar. Doğal çevrelerini hesaba katmadıkları için, genellikle içinde yaşayan insanların çevreleriyle veya yer duygusuyla anlamlı bir bağlantı kurmasını engellerler. Bu sakıncalar yüzünden günümüz mimar ve tasarımcıların yerel geleneklere dönüş yapması giderek artmaktadır. Fas'ta yakın zamanda yapılan bir projede olduğu gibi, yeni yerel malzeme ve becerileri en son teknoloji ve mühendislikle birleştiren Guelmim Teknoloji Okulu'nun arkasındaki mimarlar, depreme dayanıklı yeni malzemeleri, hava akışını ve ışığın kontrolünü etkileyen eski bina gelenekleriyle harmanlamanın bir yolunu bulmuşlardır.



Şekil 5. Guelmim Teknoloji Okulu mimarisi (Yatzer, 2012)

Biyofilik tasarımda malzeme yaklaşımı olarak mümkün olduğunca az işlenmiş, yakın çevreden temin edilen ve güçlü bir mekân duygusu yaratan malzemeleri kullanmak doğru olmaktadır. Ham,

doğal malzemeler bu süreçte özellikle önemlidir. Sürdürülebilirlik anlamında düşük karbon ayak izine sahip veya toksik süreçler kullanmayan malzemelerin tercih edilmesi doğal çevre için en iyi seçim olmaktadır.

Biyofilik anlamda, insanlar, doğal hallerine yakın olan malzemelere, son derece yapay olan malzemelerden farklı bir şekilde tepki vermektedir. Modern şehirler ve binalar doğal çevrenin yerini alması için inşa edilmiş yerlerdir, bu yüzden çoğu zaman bireylerin rahat hissetmemesi normaldir. Uyuşmazlığı azaltmak için adımlar atmak ve mümkün olduğu kadar doğal element ve malzeme eklemek insanın kendini daha fazla evde hissetmesine imkân sağlamaktadır.

Son araştırmalar ahşabın evlerde, ofislerde ve diğer binalarda bir malzeme olarak kullanıldığında insan sağlığı üzerinde ölçülebilir bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Avusturya, Kanada, Japonya ve Norveç'te yapılan deneylere dayanan bilgilerde, ahşabın varlığının stres azaltıcı bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Robert, 2010). Ahşabı tasarımlarda mobilya, döşeme, giriş veya kaplama gibi belirgin bir parçası olarak kullanan ortamların kan basıncını ve nabız hızını düşürdüğü gösterilmiştir (Nyrud, 2010).

Ahşap, işlenmesine bağlı olarak aynı zamanda mekâna bir doku ve görsel zenginlik de katmaktadır. Bunun sebebi ahşaba dokunmanın ve görmenin insanlara güven verici bir doğaya yakınlık hissi vermesi olabilir. Araştırmalar, cilt sıcaklığından kandaki oksijen seviyelerine kadar her şeyi test eden yakın tarihli bir deneyde, çok sayıda ahşap mobilya ve yüzey bulunan odalarda çalışan kişilerin diğer meslektaşlarına göre daha az gerginlik ve yorgunluk yaşadıklarını göstermektedir (Robert, 2010). Doğal malzemeler ahşaptan ibaret olmamakta birlikte keten, saman, bambu, pamuk, kamış, hasır, yün, pişmiş toprak, rattan, tüy, deri, çamur, taş, kil, kum gibi malzemeler de ahşap gibi doğal ve ham olup doğa ile bağlantı kurmaya yarayan malzemelerdendir.

Doğal dünyayla bağlantı kuran mekanlarda zanaatın da önemli bir rolü olmaktadır. Zanaatkarlar, çalıştıkları malzemeler hakkında derin bir anlayışa sahiptirler. Bunlar genellikle doğal malzemelerdir. Zanaatkarlar, onları okuyabilmek, verimli bir şekilde çalışabilmek ve güzel bir şey yaratabilmek veya ham maddeden faydalanabilmek için malzemelerini baştan sona bilmek zorundadırlar. Zanaat biyofilik tasarımda önemli bir role sahiptir. Mekanlar zanaatı kullanan nesnelere, dekor ve tasarlanmış alanlarla çevrelenirse, doğanın hammaddeleri ile insanın bir şeyler yapma dürtüsü arasında doğrudan bir bağlantı oluşturulmuş olmaktadır.

3.3. Biyofilik Tasarımda Bitki Kullanımı

Bir iç mekânda ortam sıcaklığı, nemi ve ortamın ışık alma seviyesi gibi uygun iklimsel koşullar sağlandığında bitkilerin doğru kullanımı ve konumlandırılması ile oluşturulan bir mekânın birçok faydası olmaktadır. Hava filtresi olarak potansiyel kullanımlarının yanı sıra bitki ve çiçekleri dekor olarak kullanmak ruh hali üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. 2010'da Avustralya'da yapılan bir araştırma, iç mekân bitkilerinin, kaygı, depresyon, düşmanlık ve yorgunlukta önemli azalmalar dahil olmak üzere işyeri stresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Bringslimark, 2007).

2016 ABD Ulusal Bahçecilik Raporu, yakın zamanda bahçeciliği keşfeden altı milyon Amerikalıdan beş milyonunun 18-34 yaş aralığında olduğunu keşfetmiştir. Bu artışın arkasındaki nedenlerden birinin ev bitkilerinin yeşil alan erişiminin az veya imkânsız olduğu şehirlerde insanların yeşilliklere erişmesini sağlayan iç mekân bitkileri olduğu düşünülmektedir. İç mekân bitkileri, bahçe bitkilendirmesi, teras ve pencere bitkileri dijital yönlendirilen yaşamlar için olumlu bir yönelim olabilir. Gelişmek için sürekli bakım ve dikkat gerektiren yaşayan bir şeye bakmak, gençlere somut ve gerçek bir şeyle yeniden bağlantı kurma şansı vermektedir.

Canlı bitkileri tasarımda kullanmanın onlarca yolu vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- Ev bitkilerini asma saksıları, asılı teraryumları veya makrome sepetleri kullanarak tavana asmak.
- Duvara monte saksılara, raflardaki bitkilere, yaşayan duvarlara ve dikey bahçelere yer açmak.
- Seramik vazolar, cam şişeler ve kavanozlar, tepsiler, sığ kaseler, çanak çömlekler ve minyatür seralarda gruplandırılmış bitkilerle kompozisyon oluşturmak.
- Mekanları ayırmak için seperatör yerine bambu perdesi kullanarak yeşil kazanımı sağlamak.
- Balkonlarda sarılıcı bitkiler ve saksıda ağaççıklar kullanmak.
- Yeşil çatıları planlamaya dahil etmek.



Şekil 6. Mekânda Bambu Seperatör Kullanımı (Foter, 2021)

İç mekân bitkilerinin yanı sıra, çalışma ve yemek masalarında taze çiçeklerin varlığının sağlık ve ruh hali üzerinde kayda değer bir etkisi olabileceğini gösteren artan sayıda kanıt bulunmaktadır (Wakefield, 2018).

3.4. Biyofilik Tasarımda Ateş

Eski çağlardan bu yana sosyal alanlar, özellikle dinlenmenin planlandığı yerler, çoğunlukla bir tür ateş veya şömineden yararlanır. Birçok ev ve ortak alan bu alışkanlığı kaybetse de odakta bir ateş veya şömine önemli bir işleve hizmet etmekte, benliğimizin en derin, en eski bölümlerinden bazılarına dokunan bir işlev olmaktadır.

Ateş ışığı ve mum ışığı, vücudumuzda dinlenme hissini tetikleyen sakinleştirici bir kırmızı ışık vermekte, aynı zamanda rahatlama ve sosyalleşmede hayati bir rol oynamaktadır. Kamp ateşleri, şömineler gibi sıcaklığın odak olduğu alanların stres atma ve bağlı hissetme yeteneğimiz üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda insanların dikkatini şimdiye ve o mekâna odaklayan ateşin hipnotik etkilerinin, insanların başkalarıyla etkileşimini artırmaya yardımcı olduğu görülmüştür (Lynn, 2013).

3.5. Biyofilik Tasarımda Renk

Renkleri algılayabilmek insanların ekolojik nişteki başarısına ve bir tür olarak gelişmesine izin veren evrimsel bir avantaj olmaktadır. Çoğu memelide kırmızı yeşil renk körlüğü olmasına karşın insanlar kırmızı, mavi ve yeşilleri ayırt etme yeteneğine sahiptirler. Renkli görmenin nedeni ne

olursa olsun, yaşanan deneyimin çok önemli bir parçası olduğuna ve insanların birbiriyle ve daha geniş dünyayla ilişki kurmasına yardımcı olduğuna şüphe olmamaktadır. Bu nedenle renk, bireyler için bir anlam ifade eder. Farklı renklere farklı tepkiler verilir.

Renkler ayrıca 'değerlerine' ve 'kroma'larına bağlı olarak da farklı tepkiler üretmektedirler. Değer, bir rengin ne kadar açık veya koyu olduğu ve kroma, bir rengin ne kadar doygun veya soluk olduğudur. Hangi renklerin biyofilik bir alana uyacağı ve doğadan ilham alan renklerin yaşanan, uyunan ve çalışılan yerlerde daha iyi hissedilmesine yardımcı olup olmayacağı hakkında somut veriler olmamasına karşın, doğadaki farklı renklerin içgüdüsel olarak bireyi nasıl hissettirdiğine bağlı olarak, daha sezgisel bir yaklaşım benimsemek tasarım yapma konusunda yardımcı olmaktadır. Doğal dünya kılavuz olarak alındığında en azından doğada bireyi iyi hissettiren bazı unsurları taklit etmek faydalı olmaktadır. Örneğin doğal ortamdaki renklerin çeşitliliğini ve oranını ve doğa deneyiminden öğrenilen renkleri kullanarak bir alan dekore edildiğinde kullanılacak renkler biyofilik tasarımı destekleyici yönde olmaktadır.

Su, fiziksel varlığına ve sesine çok olumlu tepki verildiği için biyofilik bir renk olarak keşfedilmeye değer bir öge olmaktadır. Doğal dünyada hem gökyüzünde hem de su kütlelerinde mavinin yaygınlığı, mavinin hala dünyanın en sevilen rengi olduğunu açıklayabilmektedir. Dört kıtada ve on ülkede gerçekleştirilen bir 'You Gov' anketi, mavi rengin sürekli olarak favori olarak seçildiğini göstermiştir.

Maviden sonra yeşil, doğal dünyada en yaygın ikinci renktir. Yenilenmenin, büyümenin ve bitki yaşamının rengidir. Bilim adamları, yeşile baktığımızda beynimizin ve sinir sistemimizin sakinleştiğine inanmaktadır. Yeşile bakmanın neden iyi hissettirdiği ile ilgili bir teori olarak atalarımızın yeşilin çeşitli tonlarına diğer herhangi bir rengin aksine daha iyi bir duyarlılık geliştirmiş olabileceği düşünülmektedir.

Doğal peyzaja hâkim olan diğer renkler toprak tonlarıdır. Doğadaki kayaları ve çakılları karakterize eden yumuşak kahverengiler, griler, taş tonları ve kumlu tonlar, ahşap tonlarından toprağa, cilt pigmentasyonundan kürk ve insan saçına kadar kahverenginin farklı permütasyonlarını içermektedir. Rustik yaşam, kereste veya yün gibi ham boyanmamış malzemeler, sonbahar renkleri ve doğal pigmentler gibi unsurlar da biyofilili destekler niteliktedir.

Renk tepkileri yaşla birlikte de değişmektedir. Araştırmalar, üç yaşına kadar olan çocukların parlak ve ana renkleri, özellikle kırmızıyı soluk pastellerden daha çok tercih etme eğiliminde olduklarını ve de turuncu, sarı ve pembe gibi canlı sıcak tonların etrafında olmaktan keyif aldıklarını göstermektedir. Yetişkinler, maviler ve yeşiller gibi kısa dalga boylarındaki renkleri güçlü bir şekilde sevme eğilimindedir ve daha uzun dalga boyları, kırmızılar, turuncular ve sarılar gibi sıcak renkleri çok daha az tercih etmektedirler (Nature and Forest Therapy, 2018).

Bütün bunlar, yoğun renklerin tondan bağımsız olarak geniş alanlara uygulandığında rahatlatıcı olmadığını göstermektedir. Renk ne olursa olsun soluk tonlar canlı tonlardan daha az duygusal, fizyolojik veya psikolojik tepkilere neden olmaktadır. Biyofilide diğer renkler kadar olmasa da parlak renklere de yer verilmektedir. Doğadaki parlak renk kullanımı genel olarak dikkat çekme yönünde kullanılmaktadır. Bir yaşam veya çalışma ortamında parlak renkler kullanmak istendiğinde biyofilik bir yaklaşım düşünülüyor ise, parlak renkli kilimler, minderler veya battaniyeler, abajurlar, tabanlar, parlak çiçekler, iç mekân bitkileri, sanat eseri ve seramiklerde kullanmak iyi bir algı yaratabilmektedir.

Daha soluk renkler yaşanabilir rahat bir alan yaratabilirken koyu renkler zengin bir şekilde çağrıştırmacı olabilir ve geniş, havadar odalarla hoş bir kontrast oluşturan alanlar yaratabilmektedir. Koyu renkler, bir odanın sınırlarını veya sınırlamalarını belirlemede yardımcı renklerdir. Işık ve

gölge ile oynayarak bir gizem duygusu yaratabilir ve karanlık, rahat köşeler oluşturabilirler. Derin, karanlık sığınak alanları ile aydınlık, havadar sosyal yerler arasındaki kontrastlar hem ev hem de ticari binalarda kullanılabilir. Bu da insanları bir alana çekmeye yardımcı olmakta ve bireye sığınma duygusu sağlamaktadır.

Yaşam alanlarının rengi değiştirmek istendiğinde, biyofilik değerlere uyacak boyalar tercih edilmelidir. Bunlar genellikle yenilenebilir bitki bazlı reçineler, yağlar gibi hava kalitesi açısından daha az zararlı olan ve renklerini doğal toprak ve mineral pigmentlerden alan boyalardır.

3.6. Biyofilik Tasarımda Formlar ve Desenler

Estetik, henüz bilim olmamakla birlikte nesnelere nasıl görüldüğü ve onlara nasıl tepki verildiğini incelemekte, insanların belirli kalıplara ve formlara içgüdüsel olarak bakmaktan zevk aldıklarını keşfetmeye odaklanmaktadır. Biyofilik tasarımda bu bilgi iki şekilde kullanabilmektedir. Doğal manzara resimlerine bakmak sağlığı iyileştirebilmekte ve onarıcı olabilmektedir. Doğal motifleri ve görüntüleri iç tasarımın ve mekânın tüm yönlerine dahil etmek, yaprak desenli duvar kağıtlarından yatak takımlarındaki kuşlara, doğal formları barındıran sanat eserlerine ve mimari detaylardaki çiçek tasarımlarına kadar kullanmak biyofilik tasarımı destekleyici bir yaklaşım olacaktır.



Şekil 7. Araucaria araucana Ağacında Bulunan Fraktal Örneği

Doğa motifleri her yerde bulunmaktadır. Ağaçlar, deniz kabukları, çiçekler, hayvanlar, hava durumu, yıldızlar, yapraklar, su tasarımı ilham almak için inanılmaz bir kaynak sağlamaktadır. Daha soyut bir düzeyde, yaşam alanlarına kopyalanabilecek noktalar ve çizgiler, dalgalar ve kıvrımlar veya çatlaklar ve mozaikler gibi sonsuz doğal şekiller vardır. Bu da biyofilinin yapılı çevre deneyimini geliştirmek için kalıpları kullanabileceği ikinci yol olmaktadır. Çalışmalar, bir sanat eserinin, duvar kağıdının, belirli kalıpların mekanları görsel olarak çekici kıldığını ve refah üzerinde olumlu bir etkisi olabileceğini öne sürmektedir. Bu desenler ise genelde doğada bulunanlar olup tasarım ve mimari üzerindeki etkileri derindir. İç mekânlarda ve bina tasarımlarında da görsel olarak kafa karıştırıcı olabilen çok sayıda farklı, karmaşık deseni bir araya getirmek yerine evlerde, kamusal alanlarda ve ticari binalarda doğal desenleri kullanarak, onları kullananların deneyimlerini iyileştirmek iyi bir yaklaşım olmaktadır.

Fraktallar aynı şekli farklı boyutlarda tekrar eden desenlerdir. Doğada her yerde görünmektedirler. Küçük dallara ve daha küçük dallara ayrılan bir ağaç dalı gibi, doğada birçok şey fraktal desenler yaratmaktadır. Yaprak damarları, nehirler ve akarsular, kan damarları, kristaller, eğrelti otları ve bulut oluşumları gibi yerlerde de fraktal örnekleri bulunmaktadır. Psikologlar ve sinirbilimciler, insanların doğada bulunan fraktalların fotoğraflarına bakma tepkilerini ölçmüş ve sonucunda

insanların fraktalları görsel olarak işlemede özellikle iyi olduklarını tespit etmişlerdir (Taylor, 2011).



Şekil 8. Tasarımda Eğri Kullanımı, Wimmera Unitingcare, Avustralya (Fibre Guard, 2019)

Şimdiye kadar keşfedilen en eski sanat eserlerinden bazıları eski, yarım milyon yıllık, kaya yüzlerinden oyulmuş daireler olan 'kupüller'dir. Sebebi bilinmese de daire şekli eski zamanlardaki insanlar için açıkça önemli olmuş ve o zamandan beri tasarıma, mimariye ve sembolizme egemen olmuştur.

3.7. Biyofilik Tasarımda Simetri

Biyofilik tasarımda simetri de düşünülmesi gereken bir konu olmaktadır. İnsanların simetrik yüzleri asimetric olanlardan daha çekici bulduklarını öne süren çok sayıda araştırma vardır. Küçük çocuklarla yapılan çalışmalar, bebeklerin daha dört aylıkken dikey, iki taraflı simetriye sahip şeyleri tercih ettiklerini ve bu özelliğin bir yaşına kadar kökleşmiş gibi görüldüğünü göstermiştir (Pornstein & Krinsky, 1985).

Simetrinin neden sevildiğine dair diğer bir teori de bir şeyin sağlıklı olduğuna işaret etmesidir. İnsanlar ve diğer hayvanlar, simetriyi biyolojik uygunluğun bir ölçüsü olarak kullanmaktadır. Simetri birinin veya bir şeyin genlerinin düzgün bir şekilde ifade edildiğini göstermektedir ve doğal dünyada açıkça önemlidir.

İnsan beyni ayrıca simetrik görüntüleri asimetric olanlardan daha hızlı ve daha doğru algılamakta ve onları daha iyi hatırlamaktadır. MRI taramalarını kullanan bir çalışma, beynin görsel korteks bölgesinin simetrik desenlerle simetrik olmayanlardan daha fazla aktive olduğunu göstermiştir (Sasaki ve ark., 2005). İnsanlar yapısal düzenliliği sevmekte, sezgisel bir şekilde simetriyi düzen yaratmak isteyip, kaostan uzaklaşıp kendilerini güvende ve kontrol altında hissetmelerini sağlamakta olduğu için tercih etmektedirler. Ayrıca simetri insanların nesnelere hızlı bir şekilde tanımlarına ve çevreleri hakkında yargılarda bulunmalarına yardımcı olmaktadır.

Ancak çok fazla simetri kullanmak tasarımda sıkıcı olmaya başlayabilmektedir. Doğa nadiren mükemmel olup ve deneyimler ile bireye bunu yansıtmaktadır. Hiçbir yüz tam olarak simetrik olmamakta veya kusursuz bir şekilde ifade edilmiş çiçek bulunmamaktadır. Bu nedenle, insanların tasarımdaki simetri ile olan ilişkisi her şeyi mükemmel yapmaktan ziyade yapılı çevre hissinden uzaklaşıp simetriyi az da olsa kırmalıdır. Tasarımcılar için simetri, nihai hedef değil başlangıç

noktası olmalıdır. Ancak simetriyi tamamen olmasa da ince dengesizliklerle çarpıtmak önemli bir tasarım kriteridir. Bir iç mekânı ilginç kılmak için, simetriyi yalnızca küçük vurgulamalarda kullanmak veya ekstra, rastgele bir öğenin eklenmesiyle genel simetrik tasarımın kaldırıldığı 'kırık simetri' kavramından yararlanmak önemlidir. Simetriyi kırmak için farklı desenli kumaşlara sahip iki özdeş koltuk, sadece biri çiçekle dolu birbiriyle uyumlu vazolar, bir fotoğraf çerçevesiyle kesintiye uğrayan düzgün bir kitap dizisi kullanılabilir. Bunların hepsi dengeyi bozmadan tekrarı kırmanın yollarındandır.

3.8. Biyofilik Tasarımda Doğal Işık

Beynin uyku, açlık ve uyanıklık gibi şeyleri kontrol eden günlük döngüleri yöneten bir kısmı vardır. Bu kısım kendini düzenlemekte, ancak aynı zamanda gün ışığı veya sıcaklık gibi çevresel etmenlerden de etkilenmektedir. Bu değişkenler bozulursa, insan ritmi senkronize edilemez. Araştırmalar giderek artan düzensiz ritmin insan sağlığı üzerinde derinden olumsuz bir etkisi olabileceğini göstermektedir. Obeziteden kalp hastalığına, uyku yoksunluğundan depresyona kadar, yirmi birinci yüzyıl yaşamıyla ilişkilendirilen birçok sorunun insanın iç saatleriyle ilgili sorunlarla bağlantılı olduğu ortaya çıkmaktadır (Gustafsson, 1992). İnsanları düzenli vücut ritminden alıkoyan şeyler arasında daha uzun çalışma saatleri, yapay olarak aydınlatılan alanlar, aşırı ısınan evler, gece vardiyaları, 7/24 yaşam tarzlarındaki ısrar, geceleri teknolojiyi kullanmak ve doğanın gündüz-gece döngüsüne müdahale etmek gibi yollar olmaktadır.

İnsan varoluşunun büyük kısmında günlük hayatını gün ışığının mevcudiyetine göre yaşamıştır. Gün doğarken uyanmış ve hava karardığında yatmıştır. Gün ışığı insanlara aktif olma zamanının geldiğini söylemekte, gece sadece ay ya da yıldızlar tarafından aydınlatılan yatma zamanını işaret etmektedir. Yeni araştırmalar, ortam sıcaklığındaki küçük değişikliklerin bile uyku-uyanıklık döngüsünü etkileyebileceğini göstermiştir (Yadlapalli ve ark., 2021).

İnsanlar zamanının çoğunu dışarıda geçirmek için evrimleşmişlerdir. Doğal ışığa erişim eski zaman insanları için bir sorun olmasa da günümüzde büyük çoğunluk kentsel ortamlarda yaşamakta ve günlerini yapay ışıkla aydınlatılan binalarda geçirmekte, ihtiyacı olan doğal ışıktan nicelik veya nitelik alamamaktadır. Tüm bunların yanı sıra bir binaya çok sayıda cam eklemek her zaman çözüm olmamaktadır. Tam güneş ışığı göz kamaştırıcı olabilmekte ve çok fazla ısı yaratabilmektedir; bazen ihtiyaç olan şey dolaylı ışık veya buzlu cam gibi filtrelenmiş doğal ışık kaynaklarıdır.



Şekil 9. Doğal Işıktan Yararlanmak İçin Kullanılan Buzlu Cam Örneği (Houzz, 2021)

Bir iç avlu doğrudan evin kalbinde bir ışık kaynağı yaratabilmektedir. Yalnızca bir ağacı veya küçük bir bitkisel alanı barındıracak kadar büyük olsa bile, mekânda doğal ışık sağlayıp ve birden fazla oda ve açıdan yeşilliklere erişim imkânı vermektedir. Bu şekilde hem doğal ışık rahatsız etmeyecek şekilde mekâna katılıp, hem gündüz/gece kavramını iç mekânda hissettirilip hem de bitkisel alan kazanımı ile biyofilik tasarım açısından zengin bir alan oluşturmak mümkün olacaktır.

Cam tuğlalar ve bölmeler, cam çatı kiremitleri, Fransız kapılar, buzlu camlar ışığın iç mekanlardan geçmesine izin vermenin yollarındandır. Büyük cam bölmeler, kuzeye bakan konumlarda kullanışlı olmaktadır, çünkü gün boyunca en düzgün gün ışığını alıp parlama sorunları yaşatmazlar. Pencerele güneşe bakıyor ve çok fazla parlak güneş ışığı var ise ışık seviyelerini önemli ölçüde azaltmadan pencerelerin dışına çalılar veya saksılar yerleştirmek, yarı saydam panjurlar kullanmak kullanışlı olabilmektedir.



Şekil 10. Doğal Işıktan Yararlanmak İçin Oluşturulan İç Mekân Avlusu Örneği (Well Lit, 2022)

Biyofilik bir alan oluşturabilmek için mekânda ferahlık hissi önemlidir. Çok fazla eşya mekânda boğucu bir his yaratabilmektedir. Bir alanı aşırı kalabalıklaştırmayarak mobilyalara ve dekora nefes alması için bolca alan verilmeli, etkili depolama sistemleri kullanılmalı ve yaşam/dinlenme alanları olabildiğince düzenli tutulmalıdır. İç mekânda daha fazla ışığa ihtiyaç varsa, kireçli meşe gibi açık renkli ahşap, boyalı döşeme tahtaları, soluk doğal döşemeler, açık renkli taş veya açık yün halılar tasarımda değerlendirilebilir.

Günümüzde de gün içinde değişen doğal ışığın yoğunluğunu ve rengini kopyalayan yeni ışık kaynakları üzerinde çok fazla araştırma yapılmaktadır. İnsan merkezli aydınlatma gibi tasarımdaki özel alanlar aynı zamanda insanlara yapay ışık deneyimlerini nasıl en üst düzeye çıkaracağını ve her yerde ışığın renk sıcaklığını ve yoğunluğunu değiştirmek için soğuk ve sıcak ışıkları karıştırarak çalışan dinamik aydınlatma sistemlerini geliştirmeye çalışmaktadır.



Şekil 11. Işık Sıcaklığı Şeması (Pinterest, 2021)

Mum ışığı ve titrek alevler de insanlar için genellikle çekici olmaktadır. Modern toplumlarda hala, elektrik ışığı ve diğer ısıtma kaynaklarının varlığında dahi eski teknolojileri kullanma alışkanlığı sürdürülmektedir. Mum ışığı ve alevin bireyde sakinleştirici ve rahatlatıcı etki yaratmasının sebebi evrimsel geçmişle ilgili olabilmektedir.

3.9. Biyofilik Tasarımda Sıcaklık ve Hava

Berrak, temiz havanın faydaları çoğunluk tarafından bilinse de bir şehrin merkezinde çalışan ve biraz temiz hava isteyen bireyler için içerideki havayı mı dışarıdaki havayı mı solumanın daha iyi olduğu konusunda ikilem bulunmaktadır. Çalışmalar, özellikle boyalar, temizleyiciler, tütün, oda spreyleri ve yapıştırıcılar gibi zehirli dumanlar yayan ürünler ve malzemelerle olan ilişki nedeniyle, iç mekân hava kalitesinin genellikle dış ortam kirlilik seviyelerinden daha kötü olduğunu defalarca göstermiştir. İnsanlar günlerinin büyük bir kısmını iç mekânda geçirmektedirler (Erwin, 2005). Konutlarda ve iş yerlerindeki hava kalitesini doğru almak oldukça önemli olmaktadır. Bu sebeple iç mekânda nasıl daha temiz hava oluşturulabileceği konusunda yoğunlaşmak gerekmektedir. Yaşam alanlarına daha fazla temiz hava almak, havanın iç mekân alanlarına girmesini sağlamak için bazı yollar bulunmaktadır. İlki pencerelerin, çatı pencerelerinin ve kapıların açılmasıyla olan doğal havalandırmadır; ikincisi havalandırma sistemleri gibi mekanik yollarla olan havalandırmadır.

Bitkilerin havadaki toksinleri gidermede ne kadar etkili olduğunu görmek için yapılan bir deneyde, zararlı havadaki kimyasallar, bitki içeren küçük bir odaya verildiğinde, bitki kimyasalları emebilmiş ve havayı büyük ölçüde temiz bırakabilmiştir (Wolverton, 2021). O zamandan beri, konut ve işyerlerinde havayı temizlemenin doğal yollarını bulmak isteyenler için iç mekân bitkileri listenin üst sıralarında yer almaktadır. Havayı temizleyen bazı bitkiler arasında areka palmyesi, salon palmyesi, kauçuk bitkisi, drasena, orman sarmaşığı ve eğrelti otu bulunmaktadır.



Şekil 12. Areka Palmiyesinin Dekorasyonda Kullanım Örneği (Decortips, 2018)

3.10. Biyofilik Tasarımda Manzara

İnsanlar çok uzun zamandır var olup doğanın içinde hayatta kalıp çevresini sürekli okumakta ve tepki göstermekteydiler. Sanayileşmiş, yoğun nüfuslu bir yaşam biçimine geçilmiş olsa da bu durum, insan beyninin doğayla olan doğuştan gelen bağıni kaybettiği anlamına gelmemektedir. İnsanoğlu doğal dünyaya sıkı bir şekilde bağlıdır. Araştırmalar, kültürel eğitimden bağımsız olarak insanların doğa manzaralarını ve görüntülerini tercih ettiğini göstermektedir. Yapılan bir çalışma insanlara farklı türdeki doğal çevrenin (orman, çöl, sık orman, dağ vb.) görüntüleri gösterildiğinde, savan benzeri manzaraları seçme eğiliminde olduklarını göstermiştir. Bunlar geniş, açık çimenli alanlar, suya erişim ve dağınık ağaçlarla karakterize edilmiştir (Balling & Falk, 1982).

Doğaya bakıldığında insanın kendisini iyi hissetmesinin bir nedeni de zihinsel yorgunluk üzerinde onarıcı etkisi olmasıdır. Araştırmalar, insanlara çimenleri ve ağaçları görebilecekleri bir görüş vermenin, hastanede daha hızlı iyileşmelerine, okulda veya işyerinde daha iyi performans göstermelerine ve daha az saldırgan davranış sergilemelerine yardımcı olduğunu göstermiştir. Orta çağ Avrupa'sında bu yeni bir fikir olmamıştır, ilk hastaneler manastır revirleriyken bahçe genellikle kompleksin merkezinde olup bitkileri ve varlığı iyileşme sürecinin önemli bir parçası olmuştur. İster bir pencereden bakmak ister doğal dünyanın bir resmine bakmak olsun doğa görüntüleri insanları rahatlatmakta, kalp atış hızını, kan basıncını ve stres seviyelerini düşürmekte ve konsantrasyonlarını keskinleştirmektedir.

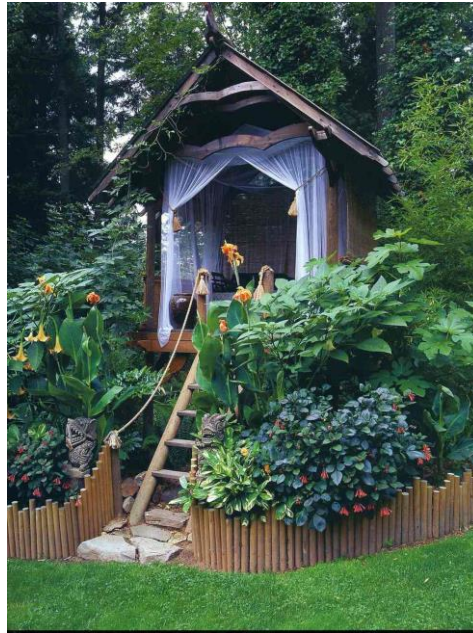
Biyofilik tasarımda iç ve dış mekân ayrı düşünülmemelidir. Evde iç mekân ve dış mekân alanları arasında anlamlı bir bağlantı kurarak yakın çevredeki yapılar topluluğunu, doğal ve yapay öğeleri, bahçeyi veya verandayı yaşam ortamının bir parçası gibi hissettirmek tasarımda doğru bir anlayıştır. Bu uygulama yalnızca görünümü iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda iç mekandaki ışık ve temiz hava miktarını da artırmaktadır. Doğaya kısacık bir bakış bile biyofilik anlamda onarıcı olabilmektedir.

Manzaralı bir odadan en iyi şekilde yararlanabilmek için masayı pencere yanına yerleştirmek, kanepeyi dışa çevirmek ya da oturup manzarayı seyredilemek için bir alan yaratmak gibi uygulamalar mantıklı olacaktır. Yeni bir alan planlıyorsa pencerelerin manzarayı çerçevelediğinden ve eşiklerin çocuklar da dahil olmak üzere insanların otururken bile manzaraya erişmelerine izin verecek kadar alçak olduğundan emin olmak gerekmektedir. İş yerlerinde ise

benzer tasarım stratejilerinin tümü üretkenliğe ve işyeri memnuniyetine katkıda bulunacaktır. Çatı bahçeleri kullanmak, ortak bahçe alanları, teras bahçeleri, saksıda bitkiler, dikey bahçeler ve doğa resimleri ile ofis alanlarında biyofilik yaklaşımlar tasarımda olumlu etkiler yaratmaktadır.

3.11. Biyofilik Tasarımda Sığınma ve Gizlilik

Bir iç mekânın başarılı bir tasarıma sahip olmasının bir kriteri de insanların yaşam biçimlerini destekleme yeteneğine sahip olmasıdır. Bir mekân, sakinlerini dış unsurlardan korumalı ancak aynı zamanda doğadaki yaşantıyı taklit edecek şekilde içinde yaşayan veya çalışan insanlar ile doğa arasındaki bağlantıyı koparmamalıdır. Yani bireyi hem dış dünyadan ayırmalı hem de dış dünyayla bağlantılı hissetmelerine izin vermelidir. Biyofilik tasarımın derinliklerine inildiğinde sakinlerine umut, sığınak, gizem ve risk veren binaların öneminden bahseden dört etkileyici fikir ortaya çıkmaktadır. Dört tema, konut ve çalışma alanı tasarımına uygulanabilmekte ve insanlara açık havada olma deneyimini yansıtır yapı çevre deneyimi sunma fırsatı vermektedir. Şeffaf duvar bölmeleri, büyük pencereler, balkonlar, geniş sahanlıklar, açık plan alanlar ve uzun koridorlar gibi unsurlar bunu uygulamanın birer yolu olmaktadır. Aynı zamanda, her bireyin saklanacak bir alana ihtiyacı olmaktadır. Sığınabileceği alanlar kendilerini çevrelerinden ayrı hissettirmeleri ve sakinlerine kısa bir mola için günün, yaşamının hızından ve gürültüsünden uzaklaşma şansı vermektedir. Sığınaklar ayrıca bireye hava koşullarından korunacak bir alan, mahremiyet, düşünmek, dinlenmek veya rahatlamak için sessiz bir yer, okumak veya yaratıcı olmak için bir yer gibi birçok alan sunabilmektedir. Sığınaklar çeşitli şekillerde oluşturulabilmektedir. Bazen ihtiyaç olan tek şey, bir ortamda küçük bir değişiklik, bir okuma koltuğu veya bir ofis bölmesi olabilir. Diğer zamanlarda daha önemli bir şey yaratmak istendiğinde bir bahçe çardağı, rahat bir oturma alanı, kış bahçesi, gizli bir salıncak alanı veya hamak gibi insanların rahatlayabileceği ve saklanabileceği bir alanı oluşturulabilir. Tam bir sığınağa ihtiyaç olduğu durumlarda ise ağaç evler veya kulübeler gibi tam gizlenme sunan alanlar, bireyin rahatsız edilmeden saklanmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 13. Bahçe İçerisinde Ağaç Ev İle Oluşturulan Sığınma Alanı (The Spruce, 2021)

İnsanların keşfetme duygusunu tasarımda bir sürpriz unsur sunarak yaşatabilmek biyofilik tasarımda önemlidir. Bahçe tasarımcıları, insanların etkileşime girebilecekleri yeşil alanların gücünü uzun zamandır anlamakta ve dolambaçlı yollar, gizli bahçe alanları ve labirentler gibi merak duygusunu güçlendirecek alanlar oluşturarak bireyi daha fazlasını keşfetmeye teşvik

etmektedir. Bunu yapılabildiği çevrede uygulamak için insanları bir binaya daha fazla çekecek kavisli duvarlar veya kavisli yürüyüş yolları kullanılabilir. Beklenmedik nişler veya girintiler içeren alanlar, bir binadaki yükseltilmiş ve batırılmış alanlar ayrıca düz alanlara karmaşıklık katıp sıradanlığı kırmaktadır. Tavan yükseklikleriyle oynamak, özellikle kapalı bir alandan açık alana veya dar bir koridordan geniş, ferah bir odaya geçildiğinde sürpriz unsuru katmaktadır. Işık ve gölgeyle oynamak, karanlık köşeler oluşturmak, aydınlık odalardan derin, gölgeli alanlara geçmek gibi dekoratif değişiklikler de alana gizem katabilmekte ve tahmin edilebilir bir alandan ziyade bireyde gizem duygusunu güçlendirecek alan oluşturmada yardımcı olabilmektedir.

Doğadayken hissedilen diğer bir duygu da risk duygusu olmaktadır. Bu basamak taşlarının üzerinden geçildiğinde veya bir uçurum kenarından aşağı bakıldığında hissedilen duygudur. Her şeyin hala temelde güvenli olduğu duygusuyla birleşen bu tehlike telaşı, insanları monotonluktan uzaklaştırarak ilgilerini çekmektedir. İnsanlar boşlukları bir risk unsuru olarak görmekte, cesaretlerini test etmeyi sevmekte ve kendilerini canlı hissetmektedirler. Binaların veya yaşam alanlarının güvenli olması gerekir, ancak bir yerin keyfini artıran 'kontrollü risk' unsurları biyofilik tasarıma dahil edilebilir. Cam tabanlı yürüyüş yolları, yüksek seyir noktaları, su üstünden geçilecek köprüler, sonsuzluk havuzları, su altından geçilen alanlar, basamak taşları, tahmin edilemeyen mekanlar, köprüler ve yükseltilmiş yürüyüş yolları, yaban hayatına yakınlık kurup insan yapımı bir alana doğada hissedilen canlılık duygusunu katabilmektedir.

3.12. Biyofilik Tasarımda Su

İnsanların suya ihtiyacı olduğu açıktır ve hayatta kalmaları buna bağlıdır. İnsanlar mutlu olmak için yaşam alanlarında suya ihtiyaç duymaktadırlar. Araştırma çalışmaları, insanların su içeren sahneleri görsel olarak tercih ettiklerini ve daha da önemlisi, su içeren hem doğal hem yapay ortamlara olumlu tepki verdiklerini göstermiştir (White ve ark., 2010).

Stres seviyelerini azaltmak ve kalp atış hızlarını düşürmekten, konsantrasyon ve hafıza seviyelerini iyileştirmeye kadar su birçok biçimiyle biyofilik alanlarda oynayacağı kilit bir role sahip olmaktadır. İdeal manzarayı tanımlamaları istendiğinde, çoğu birey suyun varlığını dahil etmektedir. 2010 yılında yapılan bir çalışmada hem doğal hem de kentsel alanların farklı resimleri gösterildiğinde, katılımcılara hangi resimlerin kendilerini daha olumlu bir ruh hali içinde hissettirdiği sorulmuş, konumdan bağımsız olarak çoğunlukla en yüksek notları alan resimler su içeren resimler olmuştur (Kim ve ark., 2010). Suyun ruh hali üzerinde neden bu kadar derin bir etkiye sahip olduğunu hala bilinmemekle birlikte bir teori, suyun varlığının sürekli "M" hareketi ve kıvrımlı akışının, insanları TV izlemek veya bilgisayar ekranına bakmak gibi yönlendirilmiş bir göreve aşırı odaklanma durumumuzdan uzaklaştırması ve bunun yerine beynin farklı bir bölümünü meşgul etmesi olarak açıklamaktadır.

Su bireyin hayal kurmasına veya yaratıcılığını genişletmesine izin veren güçlü bir tasarım unsuru olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte hareketli su da rahatlama ve sakinlik duygularını uyandırdığı düşünülen sesler yaratabilmektedir. Daha öngörülebilir ve ritmik sesler nispeten yüksek olsalar bile aynı tepkiyi tetiklememektedir. Bireyler kademeli bir şelalenin sesine veya akarsuyun akışına içgüdüsel olarak kulak dikmektedir. Günlük fonksiyonları ile banyolar bile yağmur spreylili duş başlıklarından ve şelale duşlardan; büyük, ortak banyolara ve dış mekân küvetlerine kadar suyun büyüğünden ve doğayla iç içe olma deneyiminden doğa-insan bağlantısını sağlamaya yardımcı olmaktadır.

Renk, desen veya yansımalar yoluyla iç mekanlarda suyun varlığı taklit edilebilir. Aynalar, el yapımı cam ve seramikler, ışığın yansımaları gibi ilginç oyunlar yaratabilirken duvar kâğıdı, kumaş ve resimler üzerindeki sulu motifler de suyun varlığının taklit edilmesine katkıda bulunabilir. Deniz köpüğü ve kıvrılan dalgalardan soyut dalgalanmalara ve kristal damlacıklara

kadar su, sayısız desen ve renk tonu yaratmaktadır. Örneğin New York'ta bir duvar kâğıdı şirketi, kısa süre önce şelalelerin ve deniz akıntılarının gri, kademeli güzelliğini çağrıştıran “Ode to Eau” koleksiyonunu yaratmıştır.



Şekil 14. Mekânda Su Ögesinin Görselliğinin Ve Sesinin Kullanılması (Homedit, 2010)

3.13. Biyofilik Tasarımda Doğal Sesler

Biyofilik tasarım planlanırken yapıli mekanlarda doğayı hissedebilmek için tasarımda düşünülecek diğeri bir unsur da ses olmaktadır. Bir ağacın arasından esen bir esinti sesi, bir derenin yumuşak uğultusu, şafak vaktindeki cıvıltılar gibi doğanın seslerinin rahatlatıcı olduğu herkesçe bilinip kabul edilen bir savdır. Yeni araştırmalar, doğanın müziğini dinlemenin insanların hem zihinlerinde hem de bedenlerinde fiziksel değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir (Praag et at., 2017).

Doğal seslerden bahsedildiğinde iki terim ile karşılaşılmaktadır. ‘Biyofoni’ olarak adlandırılan kuş ötüşü, cırcır böceklerinin cıvıltısı ve baykuş ötmeleri gibi hayvanların çıkardığı sesler ve ‘jeofoni’ olarak adlandırılan doğanın yağmur damlaları, gök gürültüsü veya çarpışan dalgalar gibi hayvansal olmayan sesleri. Modern yaşamla, özellikle de kentsel yaşamla ilgili en önemli sorunlardan biri, trafik gürültüsü, inşaat çalışmaları, uçaklar, telefonların çalması gibi insan yapımı seslerin, doğal müziği veya 'akustik ekolojiyi' nasıl bastırdığı ve genellikle sağlık sorunlarına ve strese neden olduğu olmaktadır. ‘Gürültü kirliliği’ olarak adlandırılan şeyin, yüksek tansiyon ve baş ağrılarından artan kalp krizi ve felç riskine kadar ölçülebilir yan etkileri olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (European Commission Sciencefor Environment Policy, 2015).

Tasarım planlanırken doğal sesleri kullanabilmenin yolları düşünölmelidir. Su ögesi yalnızca kendi doğal seslerini üretmekle kalmayıp aynı zamanda doğanın akustiğine katkıda bulunabilecek böcekleri ve kuşları da kendisine çekip teşvik edebilmektedir. Örneğin, şehir hayatı yabani kuşlar için zengin bir seçim olabilir. Kuş yemi veya barınağı sağlayarak, meyve veya meyve ağaçları dikerek, bir kuş banyosu kurarak veya böcek dostu bir çiçek bahçesi oluşturarak evde veya işte dış alanlarda kuş ötmesi teşvik edilebilir. Bu da daha fazla kuş yaşamını teşvik etmektedir. Suyun haricinde esintiler de kendi seslerini yaratmaktadır. Tasarımda temiz havanın bir alanın etrafında örneğin dikilmiş yapraklı ağaçların arasında hareket edebilmesine izin verebilmek oldukça

önemlidir. Yağmur, sakinleştirici ritmik hareketleriyle bir başka yatıştırıcı sestir. Çatı penceresi, metal çatı kaplaması, bir kış bahçesi veya pergola altında bir sığınak konumundan yağmuru dinleyebilecek ve tadını çıkarabilecek alanlar yaratmak doğanın sesinden yararlanmanın bir diğer yolu olmaktadır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada gittikçe uzaklaşılan doğal hayatın tekrar insan yaşamına kazandırılabilmesi için gerekli incelemeler yapılmıştır. Sonuçta doğal ışık, havalandırma, doğal malzemeler, doğal şekiller ve formlar ile yetersiz temastan kaynaklanan ve yapılı çevrede insanlar ile doğa arasında artan bir kopukluğun olduğu bir tasarımın egemen olduğu görülmektedir.

Yukarıdaki açıklamalardan da görülebileceği gibi insanoğlu fiziksel, ruhsal hatta kalımsal açıdan doğaya bağlıdır. Her ne kadar araya mesafe girse de kökleri insanları doğaya itmektir. Huzurla, mutlulukla, sağlık ve refahla ilgili yapılan tüm çalışmaların bir kolu doğal hayata uzanmaktadır ve insanlar da bu kavramları her zaman doğada bulmaktadır. Hayalleri, rüyaları ve gelecek planlarını süsleyen doğa ile bağlantı kurmak modern hayatta engellerle karşılaşsa da biyofilik tasarım ile yaşamın büyük çoğunluğunun geçirildiği mekanlar doğa ile buluşturulabilir. Açık ve kapalı birçok mekânda uygulama şansı bulunabilecek bir kavram olan biyofilik tasarım, tüm bu mekanların işlevselliğini artırıp aynı zamanda da bu mekanları paylaşan kişilerin fiziksel ve ruhsal sağlığına katkı sağlayacaktır.

Mekân tasarımının yer seçiminden konumlandırılmasına, kullanılacak malzemeden tasarımın tüm detaylarına kadar çeşitli uygulanabilir önerilerin bulunabileceği çalışmada, pandemi sonrası yeni normal hayatın mekân tasarımlarına yol gösterici olabileceği düşünülmüştür.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşit orandadır. Bu çalışmada Leyla SURİ fikir, eleştiri, kritik, yazım dili, makalenin ana çatkısının kurulması ve sınırların belirlenmesi konusunda katkıda bulunmuştur. Hazel İRFANOĞLU araştırma, veri toplama, analiz, yorum, kaynak taraması, şekiller ve makalenin yazımı konusunda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

Balling, J.D. & Falk, J.H. (1982). Development of visual preference for natural environments. *Environment and Behavior*, 14(1), 5-28.

Bringslimark, T., Harting T. & Patil, G.G. (2007). Psychological benefits of indoor plants in workplace: putting experimental results into context. *American Society for Horticultural Science* 42(3), 581-587.

Coulthard, S. (2020). Biophilia: you, nature, home. *Kyle Books*. London.

- Çorakçı, R. E. (2016). *İç mimarlıkta biyofilik tasarım ilkelerinin belirlenmesi*[Doktora Tezi]. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Erwin, E.A., Custis, N. & Ronmark, E. (2005). Asthma and indoor air: contrasts in the dose response to cat and dust-mite. *Indoor air*, 15(10), 33-39.
- European Commission Science for Environment Policy. (2015). Thematic issue: noise impacts on health, *Science for Environment Policy*, 47.
- Fell, D.R. (2010). *Wood In the human environment: restorative properties of wood in the built indoor environment* [PhD thesis], The University of British Columbia. Columbia.
- Fromm, E. (1964). The heart of man. *Harper & Row Publishers*. New York.
- Gustafsson, E.U. (1992). The relevance of sleep, circadian rhythm and lifestyle as related to a holistic theory of health. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*, 6(1), 29-35.
- Kellert, S.R. (2014). Biophilia and biomimicry: Evolutionary adaptation of human versus nonhuman nature. *Intelligent Buildings International*, 8(2), 51-56.
- Kellert, S. & Calabrese, E. (2015). The practice of biophilic design. www.biophilic-design.com adresinden 01 Mayıs 2022 tarihinde alınmıştır.
- Kim, G.W., Jeong, G.W., Kim, T.H., Baek, H.S., Oh, S.K., Kang, H.K., Lee, S.G., Kim, Y.S. & Song, J.K. (2010). Functional neuroanatomy associated with natural and urban scenic views in the human brain: 3.0T Functional MR imaging. *Korean Journal of Radiology* 11(5), 507-513.
- Lynn, C.D. (2013). The Psychophysiology of fireside relaxation. *American Journal of Human Biology*, 25 265-265.
- Nature and Forest Therapy. (2018). The Science. www.natureandforesttherapy.org/about/science adresinden 01 Mayıs 2022 tarihinde alınmıştır.
- NHS, (2022). Evidence of Benefits. nhsforest.org/Evidence-Benefits adresinden 01 Mayıs 2022 tarihinde alınmıştır.
- Nyrud, A. (2018) Is interior wood use psychologically beneficial? A review of psychological responses toward wood. *Wood and Fiber Science*, 42(2), 202.
- Praag, C.G.D., Garfinkel, S.N., Sparasci, O., Mees, A., et al. (2017). Mind-wandering and alterations to default mode network connectivity when listening to naturalistic versus artificial sounds. *Scientific Reports*, 7, 4527.
- Pollack, M. H. (2006). Telomere shortening and mood disorders: preliminary support for a chronic stress model of accelerated aging. *Biological Psychiatry*, 60(5), 432-435.
- Pornstein, M.H. & Krinsky, S.J. (1985). Perception of symmetry in infancy: The salience of vertical symmetry and the perception of pattern wholes. *Journal of Experimental Child Psychology* 39(1) 1-19.

- Sasaki, Y., Vanduffel, W., Knutsen, T., Tyler, C. & Tootell, C. (2005). Symmetry activates extrastriate visual cortex in human and nonhuman primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 3159-3163.
- Suri, L. (2018). Planlamada doğal eşik değerlendirme kriterleri. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(34), 47-67.
- Şahin, F. & Satıcı, B. (2022). Biyofilik tasarım ve modern mimarlık kesişiminde bir değerlendirme: Carlo Scarpa Mimarlığı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(2), 21-45.
- Taylor, R.P., Spehar, B., Donkelaar, P.V. & Hagerhall, C.M. (2011). Perceptual and physiological responses to jackson pollock's fractals. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 1-13.
- Ünal, N. (2021). Müstakil yapılarda iç mekân ve çevre ilişkisinin biyofilik tasarım bağlamında ele alınması. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 88-99.
- Wakefield-Rann, R. & Fam, D. (2018). Initiating a transdisciplinary conversation to improve indoor ecologies. *Human Ecology Review*, 24(2), 3-23.
- White, M., Smith, A., Humphryes, K., Pahl, S., Snelling, D. & Depledge, M. (2010). Blue space: the importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 482-493.
- Wilson, E.O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press. Cambridge.
- Wolverton, B. C. (2021). Interior landscape plants for indoor 1989 air pollution abatement. *NASA Technical Report*. Washington.
- Yadlapalli, S., Jiang, C., Bahle, A., Reddy, P., Meyhofer, E. & Shafer, O.T. (2021). Circadian clock neurons constantly monitor environmental temperature to set sleep timing. *Nature*. 555(7694), 98-102.