

Tamamen Yenilenebilir İlk Güneş Enerjili Yapı Örnekleri: Masdar Şehri ve Masdar Bilim ve Teknoloji Enstitüsü Kampüsü

First Completely Renewable Solar Energy Building Examples:
Masdar City and Masdar Science and Technology Institute Campus

Nazlı Ece GEYİK¹

Gönderilme Tarihi: 23.06.2020 - Kabul Tarihi: 18.12.2020

Özet

Evrensel bir problem olarak karşımıza çıkan enerji talebinin sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem teşkil etmektedir. Buna bağlı olarak temiz ve sürdürülebilir enerji kaynakları üzerindeki bilimsel araştırmalar hız kazanmıştır. Mevcut enerji kaynaklarının varlığı tek başına yeterli değildir. Ayrıca bu enerji kaynaklarının potansiyeli, çevre ve iklimle olan uyumu, maliyeti ve devamlılığı gibi parametreler dikkate alınmalıdır. Bu parametreler ışığında enerji kaynaklarının “yenilenebilir” ve “sürdürülebilir” oluşu önem arz etmektedir. Gelişen teknoloji ile çevresel ve iklime duyarlı mimari tasarımların insan hayatına olumlu katkı sağladığı gözlemlenmektedir. Sürdürülebilir mimari;estetik, çevresel, sosyal, politik ve etik değerlerin bir kombinasyonudur. Bu yapıların bir diğer önemli özelliği de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla beslenmesi ve özellikle bulunduğu yerde mevcut olan enerjiyi etkin biçimde kullanmasıdır. Bu çalışmada enerji performansının artırılmasına yönelik binalarda uygulanan pasif bina tasarım sistemlerinin sürdürülebilir mimari ilkeleri ile bütüncül değerlendirilmesi bağlamında, Abu Dhabi’de bulunan Masdar Şehri ve kentin içinde yer alan Masdar Bilim ve Teknoloji Enstitüsü Kampüsü araştırma alanı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sürdürülebilir Enerji, Mimari Tasarım, Pasif Tasarım Sistemleri, Masdar Şehri, Masdar Enstitüsü.*

Abstract

The use of renewable energy sources is important to ensure the demand for energy, which is a universal problem. Accordingly, scientific research on clean and sustainable energy sources has gained momentum. The existence of energy sources alone is not enough. In addition, parameters such as the potential of these energy sources, their compatibility with the environment and climate, cost and continuity should be taken into account. In light of these parameters, it is important that energy sources are “renewable” and “sustainable”. It is observed that environmental and climate-sensitive architectural designs contribute positively to human life with developing technology. Sustainable architecture is a combination of aesthetic, environmental, social, political and ethical values. Another important feature of these structures is that they are fed with renewable energy sources, and they effectively use the energy available, especially where they are located. In this study, Masdar City in Abu Dhabi and Masdar Institute of Science and Technology Campus in the city were examined as a research area in the context of sustainable architectural principles and holistic evaluation of passive building design systems applied in buildings aimed at increasing energy performance.

Keywords: *Sustainable Energy, Architectural Design, Passive Design Systems, Masdar City, Masdar Institute.*

¹ İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı Programı, necegeyik@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4142-1605

1. Giriş

Tarih boyunca iklim koşulları bina tasarımı ve yapı süreçlerinde göz önünde bulundurulmuştur. İklîmîden yararlanma ve iklimin olumsuz etkilerini azaltmaya yönelik düşünceler geliştirilmiştir. Doğanın yaşam ve enerji akışı üzerindeki etkisini gözleyen insanoğlunun, zaman içerisinde tükenen enerji kaynaklarından, yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneldiği gözlemlenmektedir. Yenilenebilir veya sürdürülebilir kavramları, yaşanan küresel iklim değişimi neticesinde mevcut olan kaynakların değişmesi ve tükenmesini temel almıştır. Enerji kullanımı, çevresel etkileri ve sürdürülebilir kalkınma açısından değerlendirildiğinde aralarında somut bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir mimarlık, insanın doğa ile ilişkisini gözleterek, iklimsel verileri vazgeçilmez bir ön koşul olarak kabul eden ve kaynakları tutumlu kullanmak için çaba gösteren bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır.

Yenilenebilir enerjiye ihtiyaç duyulmasının nedeni, fosil yakıtların tüketim noktasına gelmesi ile yaşanan evrensel enerji krizine dayanmaktadır. Enerjiye duyulan ihtiyacın artması neticesinde insanlık çevresel ve ekonomik açıdan etkilenmektedir. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile artan enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji tüketimine bağlanması hedeflenmektedir. Yapı ve sanayi sektörleri önemli oranda enerji tüketmektedir. Bu durum çevreye ve ekosisteme zarar vermekte, iklimsel değişimine neden olmaktadır. Bu makale ile evrensel bir sorun olarak karşımıza çıkan enerji taleplerinin, mevcut ve yeni yapı stoklarında enerji etkinliğinin sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını esas alan teknolojilerin incelenmesi ve bu teknolojilerin mimari tasarım ile ilgili parametrelerin neler olduğunun ortaya koyulması hedeflenmektedir.

Bu makalede araştırmanın yöntemi olarak sürdürülebilirlik, ekolojik çevre ve yenilenebilir enerji kaynakları konularında çalışılmış ulusal ve uluslararası tezler, bildiriler ve makaleler incelenmiştir. Bu araştırmanın başında literatür taraması ile veri tabanlarından bilimsel makale ve e-kitaplar incelenirken, ulusal ve uluslararası güncel kongre, sempozyum, panel gibi kitaplardan yararlanılmıştır. Ayrıca yayınlanan bildiriler, güncel dergilerdeki yazılar, uluslararası siteler ve araştırma konusu ile ilgili enstitü yazılarından yararlanılmıştır. Araştırma ve literatür taraması süresince konu içeriği netleşmiş, kaynaklar içeriklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu kaynaklardan öncelik olarak sürdürülebilirlik, ekolojik yaşam, yenilenebilir enerji ve bunların mimarlık ile ortak nitelik taşıyan kesişimlerinden örnekler taranmıştır. Bu bağlamda Masdar Şehri ve Masdar Enstitüsü yapı tasarımları detaylandırılmıştır.

Sürdürülebilir mimari; geliştirme alanı, enerji, malzeme ve tümel bağlamda ekosistem kullanımında, yapıların çevreye zararlarını minimum seviyeye indirgemeyi hedefleyen mimaridir. İngiliz mimar Norman Foster tarafından tasarlanan Birleşik Arap Emirlikleri'ne bağlı Abu Dhabi'deki "*Masdar Şehri ve Masdar Enstitüsü*" günümüz sürdürülebilir mimari açısından somut örnek yapılarıdır. Masdar şehrinin inşaat ve işletmesinde; en yeni sürdürülebilir ürün, malzeme ve hizmetleri kullanmak gibi süreklilik arz eden bir çaba söz konusudur. Çevresel, ekonomik (maliyet ve kalite dâhil) ve sosyal hususları içeren ayrıntılı bir ürün değerlendirme süreci ile Masdar şehri, binaları ve altyapısı için özgün malzemelerin kullanıldığı görülmektedir. Bu bağlamda beşikten mezara yaşam döngüsü analizi, geri dönüştürülmüş içeriğin değerlendirilmesi,

üretim süreçleri, imalatta kullanılan enerji ve su tasarrufu, lojistik, dayanıklılık ve geri dönüştürülebilirlik gibi birçok önemli ayrıntıya dikkat edilmiştir.

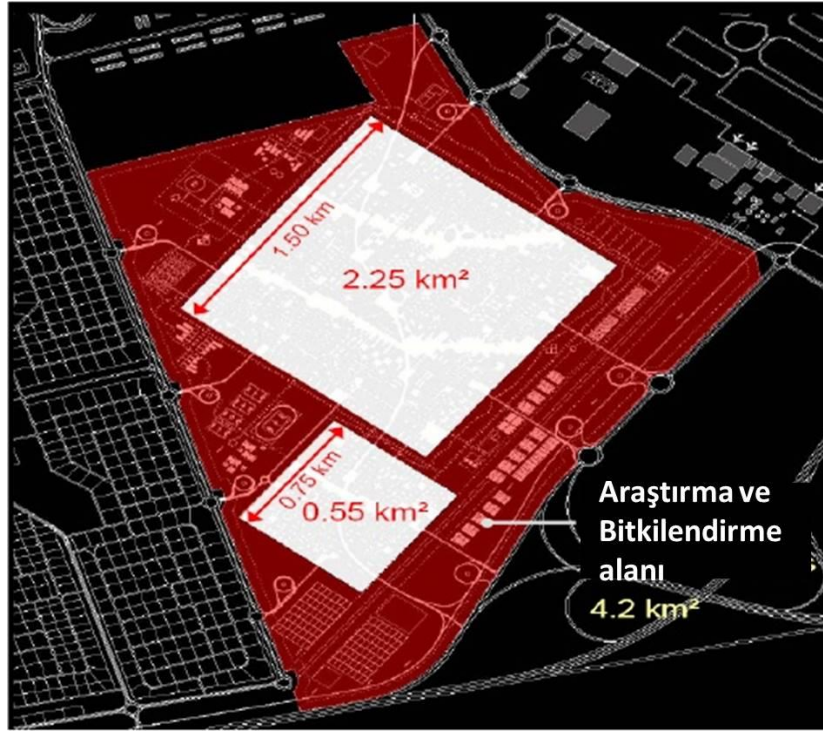
2. Masdar Şehri ve Enstitüsü'nün Coğrafi Konumu

Birleşik Arap Emirlikleri'ne bağlı Abu Dhabi bölgesinde 6 milyon m² yüzölçümü bulunan ve "Geleceğin Kenti" olarak tanımlanan Masdar Kenti'nin kentsel tasarım planının önemli bir parçasını oluşturan Masdar Enstitüsü 240.000 m² alana ve birçok eğitim binasına sahiptir(Nambiar 2011,130). Raha Beach ve Khalifa City ve Abu Dhabi Uluslararası Havalimanı'nın yeni binaları arasında kalan kentin içinde yer alan yapının inşaatına 2007 yılında başlanmış, 2010 yılında da proje tamamlanmıştır (Şekil 1).

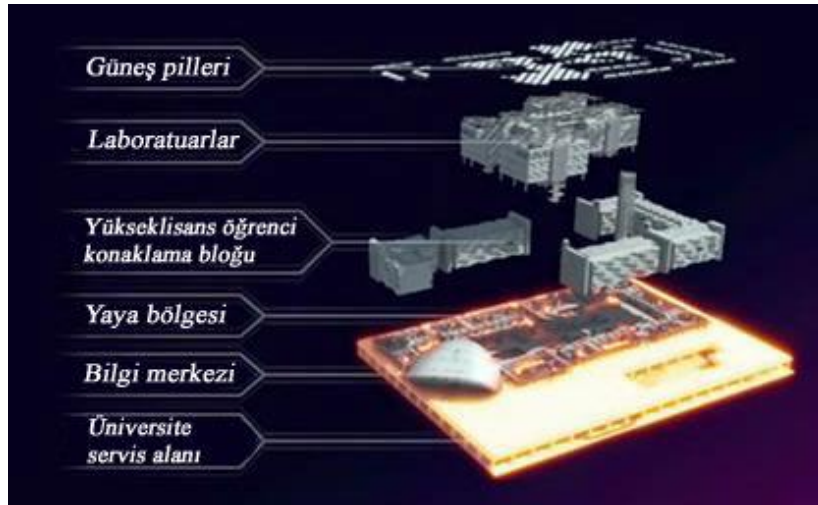


Şekil 1. Masdar Kenti'nin Konumu (Palmer, 2010).

İki farklı büyüklükte ve kare formda düzenlenen planların biri 2.25 km², diğeri 0.55 km²'lik alanı kaplamaktadır (Şekil 2). Enstitü çatısı kapsamında; eğlenme ve dinlenme alanları, kütüphane, laboratuvar, araştırma tesisi, 800 öğrenci için pansiyon blokları ve 200 enstitü personeli için ofis ve dinlenme alanları yer almaktadır (Şekil 3) (Kanan, 2010, s.104).



Şekil 2. Masdar Enstitüsü'nün kentsel plan içindeki konumu (URL-5)



Şekil 3. Masdar Enstitüsü birimleri (URL-5)

Masdar Enstitüsü, Masdar şehir planının merkezindedir. Diğer yapılar birbirine yakın bir konumda ve sürdürülebilir tasarım ilkeleri bağlamında; bina yönleri, gölgeleme ve soğutma yüklerini azaltmak amacıyla birbirlerine yakın konumlandırılmıştır. Yeşil park alanları, gece boyunca binaları serinletmek, serin havayı tutmak ve yönlendirmek için birbirine bitişik olarak yerleştirilmişlerdir. Bölgedeki yeşil alanlarda yetiştirilecek ağaç türleri ise birbirlerinin köklerine gölge yaparak nemlilik oranlarını sabit tutabilmektedirler. Örneğin bu coğrafyada çalılıkların arasında nane, Hindistan sakızı ağaçlarının gölgesinde meyve ağaçlarının yetiştirilebildiği görülmektedir (Schuler, 2009, s.131-137).

3. Masdar Şehri ve Enstitüsü'nün Yapısal Özellikleri ve İşlevleri

Masdar Enstitüsü Kampüsü, tamamen yenilenebilir güneş enerjisi ile çalışmaktadır ve 10 MW'lık bir güneş alanı, kurumlara enerji sağlamaktadır. Bu güneş alanı da Masdar Enstitüsü'nün tükettiği enerjiden %60 daha fazla enerji üretmekte ve geriye kalanını da Abu Dhabi şebekesine geri vermektedir (Fred, 1999, s.33). Masdar Enstitüsü'nde sürdürülebilir teknolojilerden elde edilen veriler, bu uygulamaların gelecekteki Masdar şehri binalarında uygulanmasına yardımcı olacak şekilde araştırılmaktadır. Herhangi bir güç şebekesinden bağımsız olan bu yapı, kendi enerji ihtiyacının %60'ını artırarak, geri dönüştürülen atık suyunu yerinde işlemektedir. Zaman içinde değişecek ve gelişecek olan bu örnek çalışma, şimdiden dünya çapında potansiyel uygulamalara sahip on iki ayrı araştırma projesi barındırmaktadır. Ana bina, bilgi merkezi ve öğrenci mahallelerinden oluşan kampüs; ülkedeki ortalama binalardan önemli ölçüde daha az enerji ve su tüketmektedir. Özellikle, Enstitü ve tesisleri %54 daha az içme suyu, %51 daha az elektrik kullanmaktadır. Bu oranlar, benzer büyüklük ve özelliklere sahip binalar için ülkenin standart taban çizgileriyle yapılan karşılaştırmalara dayanmaktadır. Kampüs enerjisinin yaklaşık %30'u çatıdaki güneş panelleri ile sağlanmakta ve sıcak suyun %75'i de buradan sağlanmaktadır.

Enstitü, genel olarak Masdar şehri planının temelini oluşturan, sürdürülebilir ilkelerle yönetilmektedir. Binalar, kendinden gölgeli cephelere sahiptir. Birbiriyle bitişik binalar, bina aralarındaki yaya sokaklarını barındıracak şekilde ve maksimum gölge sağlayacak biçimde yönlendirilmiştir. 5.000 metrekareden fazla çatıya monte edilen fotovoltaik malzemeler, sokak seviyesinde bulunmakta, bunlar güç ve ek gölgeleme sağlamaktadır (Daniel, 2007). Konut binalardaki pencereler, çöl iklimi ile uyum sağlamak ve bakımı en aza indirmek için yerel kumla renklendirilmiştir. Sürdürülebilir ve gelişmiş cam takviyeli beton ile inşa edilmiş, kafesli bir kestirim ile oriel (cumba) pencere türü olan mashrabiya (müşrefiye) tarzının çağdaş bir yorumu ile korunmaktadır. Işık ve gölge için delikler bulunmakta, ayrıca geleneksel İslam mimarisinde bulunan kalıplara dayanmaktadır. Şehirde laboratuvarlar, konutlar, spor salonu, kantin, kafe, bilgi merkezi ve toplantı merkezi gibi sosyal alanlar ile yeni bir destinasyon oluşturmaya yardımcı olan peyzajlı alanlar bulunmaktadır. Merkezde bir, iki veya üç yatak odalı daireler, eğitim laboratuvarları ve sosyal ortamı bulunan yapı; az katlı, yüksek yoğunluklu bloklardan oluşmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Masdar Enstitüsü Genel Görünüş (URL-6)

Bu bina, nihai öğrenci nüfusunu 600-800'e çıkaracak merkezin dört aşamasından ilkinin oluşturmaktadır. Binanın dört konut bloğu, merkezi bir laboratuvarı, bir camii, konferans salonu, bilgi merkezi ve spor kompleksi bulunmaktadır. Masdar Enstitüsü'ne, şehir çevresinden binanın altında bulunan ve pilot proje olarak yürütülen 10 adet *Personal Rapid Transit (PRT)* olarak bilinen kişisel hızlı transit arabalar ile ulaşım sağlanmaktadır (Buletti, 2011, s.26). Binalar, maksimum gölge sağlamaya ve soğutma yüklerini azaltmaya yöneliktir. Podyum düzeyinde gölgelikler, yüksek yalıtım ve açıkta kalan termal kütle sayesinde fayda sağlamaktadır. Geçişler, termal alanlara entegre edilmiştir. Bunlar iç ve dış bölgeler arasında aracılık etmekte ve esas olarak yüzdürme kaynaklı doğal havalandırma ve termal kütlelerin etkileri ile koşullandırılmış bir şekildedir. Yaya caddeleri, havalandırma stratejisi, rüzgâr kuleleri ve avlularla daha da geliştirilmiştir. Binaların bir kısmına yeşil alan ilave edilmiştir. Soğutma sistemi gece rüzgârlarını toplarken, rüzgâr kapıları da sıcak rüzgârları kontrol etmektedir. Kalkınma içindeki kamusal alanlar, yoğun yerel iklimin etkilerini azaltmak için gölgelendirme, yeşil alan ve az miktarda su ile soğutulan canlı sosyal merkezler tasarlanmıştır. Açık cephelerin oranı, gölgeli alt alanlar ve açık üst alanlar arasında değişmektedir. Cephelerdeki açıklıklar, pozisyonlarına göre değişmektedir. Laboratuvarlar ve etkileşimli bir laboratuvar alanı, enstitünün merkezinde yer almaktadır. Katı yükleme ve titreşim kriterleri dâhilinde mümkün olan geniş, esnek ve sütunsuz bir alan sunmak üzere tasarlanmıştır. Destek tesisleri, açık laboratuvarlara bitişiktir. Bunlar işlevsel olarak da verimli bir yapı tasarımı şeklinde düzenlenmiştir. Merkezi bir kafe, araştırmacıların ve personelin buluşması için resmi olmayan sosyal bir alan oluşturmaktadır.

4. Masdar Ekolojik Şehri ve Enstitüsü'nün Sürdürülebilir Mimari Özellikleri

Masdar şehri ve Masdar Enstitüsü planları, geleneksel Arap şehir planları ve mimarisine göre hazırlanmıştır. Arap şehir mimarisine uygun olarak dar caddeler bulunmaktadır. Bu caddelerin üzerine doğru yapılan cumbalar, doğal gölgelik alanlar sağlamaktadır. Nüfusun yoğun olduğu yerlerde yürümeye elverişli yollar yapılmıştır. Bu kararların temelinde iklim koşullarına uygun yapılar tasarlama düşüncesi vardır. Enstitü binasında da geleneksel tasarım ilkeleri çerçevesinde pasif havalandırma yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Öğrenci konaklama blokları, laboratuvarları ve avlular, faal serinletme yöntemleri ile havalandırılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Masdar Enstitüsünün Cumba ve Dar Sokakları (Palmer,2010).

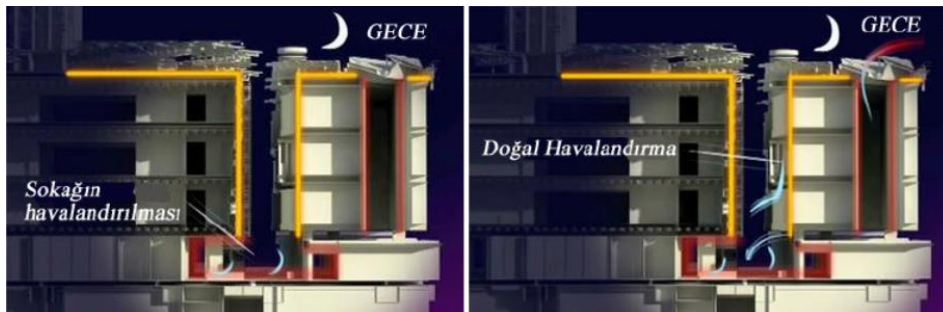
Masdar Enstitüsü için konut kavramı, hareketli ve enerjik mahallelerin yaratılmasına odaklanmak demektir. Masdar şehri, iletişim ve iş birliği ortamının zeminini oluşturan sokaklar ve meydanlar hiyerarşisi çerçevesinde oluşturulmuştur. Bunlar günün her saatinde aktif olacak şekilde tasarlanmıştır. Dairelere, doğal havalandırmayı sağlayan tam gölgeli alanlar aracılığıyla erişilmektedir. Yapıların çatıları güneş ışıklarını dağıtarak, doğrudan güneş ışığını engellemektedir. Ahşap çerçeveli ve yüksek performanslı çift cam sistemi, doğal havalandırma sağlamak ve verimliliği en üst düzeye çıkarmaktadır. Pencere alanları gün ışığının geliş açısına göre değişmektedir. Pencere, çöl iklimi ile uyumlu olmak ve bakımı en aza indirmek için kumla renklendirilmiştir.

4.1. Havalandırma Sistemi

Bütün binaları ve enstitünün avlusunu serinletmek için kuleler tasarlanmıştır. Bu kuleler, aynı zamanda rüzgâr bacası olarak da bilinmektedir. Bu bacalar, gündüzleri üst noktasındaki açıklıklardan kapatılarak çöl sıcaklığının içeriye girmesine engel olmaktadır. Geceleri de baca açılarak çölden esen serin havanın, içeriye doğru yönlendirilmekte ve avluya ulaştırılmaktadır. Bu yöntemle dar sokaklar serinletilerek gün içerisindeki ısı farklılığı dengelendirilmektedir (Şekil 6, 7, 8).



Şekil 6. Pasif havalandırma yöntemi rüzgâr bacası ile soğutma (URL-5)





Şekil 7. Enstitü binası gece doğal havalandırma akış şemaları (URL-5)



Şekil 8. Enstitü binası gündüz doğal havalandırma akış şemaları (URL-5)

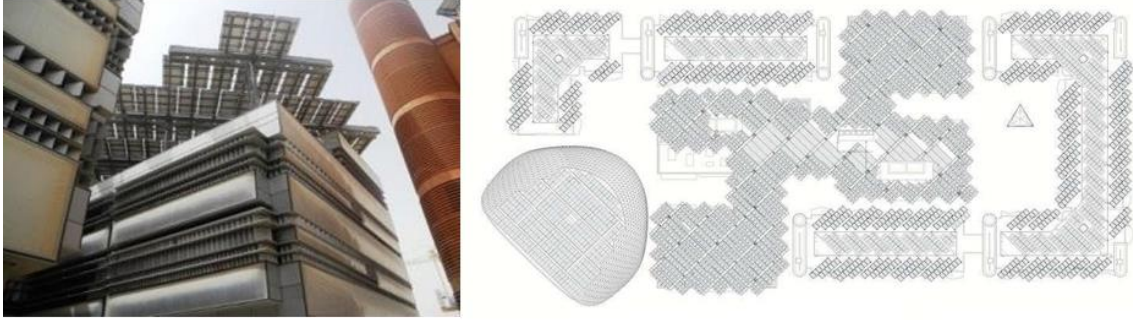
4.2. Elektrik-Güneş Pilleri Sistemi

Masdar şehri; yalıtım ve düşük enerjili aydınlatma özellikleri ile tasarruflu teknikler uygulayarak enerji tüketimini aza indirmektedir. Masdar Enstitüsü enerji stratejileri, taşınabilir su tüketiminde %70 soğutma,%75 evsel sıcak su, enerji tüketiminde %95 ve elektrik tüketiminde %70 azalma sağlanması düşünülerek planlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Masdar Şehri Fotovoltaik Çiftliği (URL-7, URL-8)

Çatı yüzeyi olarak uygulanan güneş pilleri mimari forma hareketlilik kazandırırken, gölgeleme imkânı da tanımaktadır. Çatı Photovoltaic (PV) sistemleri,%5'lik bir eğim ile güneş ışınlarının yakalanması amacıyla konumlandırılmıştır. Güneşin yoğun olduğu çöl ikliminde, ayrıca toz yüklü rüzgârlar da bulunmaktadır. Bu toz bulutları, güneş pilleri ile kaplı enstitünün çatı alanında katmanlaşarak güneşten direkt gelen ışınları engellemekte ve güneş pillerinin verimliliğini azaltmaktadır (Şekil 10). Bu PV'lerin temizleme işlemi ise kısmen suyun yeniden kullanımı ile sağlanabilmektedir (Schuler, 2009, s.131-137).



Şekil 10. Masdar Enstitüsü fotovoltaik paneller ve yerleşim (URL-9)

Masdar şehri, fosil yakıt kullanmadan çalışan şehirlerden biridir. Buna bağlı olarak yerleşim alanının tamamında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanımı görülmektedir. Tüm şehrin %42'si PV'ler ile %15'i havası boşaltılmış ısıl tüp kolektörlerle, %7'si atık enerjisiyle, %35'i karma/yoğun güneş enerjisiyle ve %1'i de jeotermal gibi diğer enerji türleriyle ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Şehir, 2500 helyostat ayna ile yaklaşık 1500 metre çapında bir alandan 30.000 evin enerji ihtiyacını karşılayabilecektir. Parabolik özellikli olan aynalardan ise 80.000 evin ihtiyacı karşılanabilecektir (URL-4).

Masdar yerleşkesinde, enerji stratejileri tasarımı ile yıllık toplam enerji taleplerinde %80'e varan azalma sağlanmaktadır.

4.3. Yalıtım Sistemi

Enstitünün laboratuvar cepheleri 6 katmandan oluşmaktadır. En dıştaki katmanda güneşten gelen doğrusal ışınları engellemek amacıyla uygulanan güneş kırıcıları bulunmaktadır. 2.katman düşük ısı depolama kapasiteli, kendi kendini temizleyebilen, teflon yüzeyli, hafif malzeme kaplamasıdır. 3.katman malzemenin monte edildiği, hava boşluğunun ısıl tampon bölge oluşturduğu hafif taşıyıcı iskelettir. 4.katman günışığının yansıtılmasını sağlayan ince metal levha katmandır. Yansıyan ışığın geçişi dar sokaklara doğru olmaktadır. 5.katmanda U ısı geçirgenlik katsayısı değeri 0,1965 W/m²K olan ısı yalıtımı bulunmaktadır. En içteki katmanda ise yalıtımın monte edildiği yüksek sızdırmazlık özelliğine sahip hafif iskelet bulunmaktadır (Gavin, 2009, s.40-41).

Öğrenci bloklarında da dışta yine düşük ısı depolama kapasiteli, fabrika yapımı hafif yerel malzemelerden yapılan seramik içerikli, kendi kendini biçimleniş şekliyle de gölgeleyebilen bir katman vardır. 2. katmanda havalandırma sağlayan geniş bir boşluk ve son katmanda da yine U ısı geçirgenlik katsayısı değeri 0,1963 W/m²K olan ısı yalıtımı ve yüksek yansıtma oranına sahip bakır yüzey bulunmaktadır. Bakır yüzey, güneş ışınlarını tam yansıtarak onların yüzey üzerinde depolanmasını engellemektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Masdar Enstitüsü laboratuvar cepheleri (URL-10)

Cephe sistemlerinde kullanılan alüminyum malzemenin neredeyse tamamı geri dönüştürülmüş alüminyumdan elde edilmiştir. Alüminyum, kolay işlenebilmesi, geri dönüştürülebilmesi, güneş ışığını yansıtabilmesi, CO2 emisyon değerinin düşük olması nedeniyle tercih edilmektedir. Alüminyumun hammaddeden piyasa ürününe dönüştürülme sürecindeki ilk oluşum enerjisi ile 2. veya 3. kez geri dönüştürülme sırasındaki oluşum enerjisi arasında farklar vardır. Geriye dönüştürmek için 660 derece sıcaklıktaki erime noktasında, sadece ilk oluşum enerjisinin %5'i kadarı harcanarak gerçekleştirilebilmektedir (Hodson and Marvin, 2010, s.298).

Konutların ön cephelerinde uygulanmak istenen temel konsept, bina yönüne doğru uyumlu bir şekilde hem kendisini hem de bitişikteki binaları ve altındaki caddeyi gölgelendirebilecek bir şekilde inşa edilmiştir. Bunun için, nihai inşaat formunun belirlenmesine yardımcı olacak bir dizi fiziksel ve sayısal modelleme tekniği kullanılmıştır. Ön cepheler, bir dış balkondan, iç ön cepheden ve yalıtım katmanından oluşan çok katmanlı yapılar halinde tasarlanmıştır. Dış balkonlar, ana konut binasının ön cephesini gölgelendirirken, katmanların her biri, zorlu çöl ortamı koşullarına farklı fonksiyonel yanıtlar vermek üzere tasarlanmıştır. İlk katman balkon alanları, dikey mashrabiya panelleri ve gölgelendirme malzemelerinden oluşmaktadır. Bu düzen ile tamamen kaplayıcı bir gölgelendirme sağlanmaktadır. Bunların kavisli biçimleri, dar sokakların eğimli bir şekilde görülebilmesini sağlamaktadır (URL-1). Masdar, kendi imar planında da gösterildiği gibi bina ön cephelerinin birbirine çok yakın olması nedeniyle de mahremiyeti koruma önceliklerinden birini önemsemiş şekildedir. Jean-Marc Castera, geçmişteki modern Arap sanatını ve aritmetik geometri konusunda yakın zamanda yapılan bilimsel araştırmaları detaylı bir şekilde inceleyerek, bu panelleri Masdar Enstitüsü için özel olarak geliştirmiştir. Sekizgen simetriyle çizim yapılarak ve monotonluktan kaçınılarak, panellerin belli bir görsel derinliğe sahip olmalarına imkân tanıyan farklı ölçeklerde desenler geliştirilmiştir. Cam ve elyaf takviyeli betona, birbirinden farklı çok sayıda kalıplama seçeneği uygulanabilmesi (Şekil 12); cam ve elyaf takviyeli beton panellerin ana kısımlarının tipik olarak sadece 25 ila 30 mm kalınlıkta olması, bu desenlerin kolayca görülebilmesi sağlanmaktadır (URL-1). Sonuçta, pencereler dâhil ikinci iç katmanı koruyan modern bir mashrabiya paneli

uygulaması elde edilmiştir. Renk şemasında yerel geleneklere bağlı kalınmıştır ve bütüncül bir balkon görünümü yaratmak amacıyla cam ve elyaf takviyeli beton, ön cephelerde diğer modern malzemeler ile bir arada kullanılmıştır. Böylece panellerin birleştirilip daha büyük paneller yaratıldığı ve bu sayede paneller arasındaki dirsek ve kalıp sayısının azaltıldığı, hızla uygulanabilen bir çözüm geliştirmektedir.



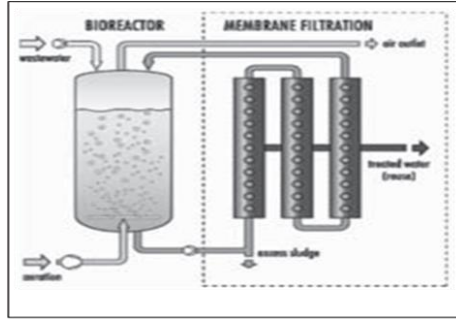
Şekil 12. Cam ve elyaf takviyeli beton yapılar (Palmer, 2010).

Bu büyük cam elyaf takviyeli beton paneller, korozyon ve yangın korumasıyla kaplanmıştır. Cam elyaf takviyeli beton malzemelerinin ve püskürtme tekniklerinin kullanılması sayesinde, maksimum elyaf oranına sahip cam elyaf takviyeli betonlar üretilerek ürünün karbon miktarı azaltılmıştır (URL-2). Bu kapsamda, mümkün olan düşük karbon için panellerin kalıplanmasında kullanılan malzeme ve desenler bile analiz edilmiştir. Panellerde istenen dekoratif şekli yaratmak amacıyla boşluklar oluşturmak için astar olarak silikon kullanılmıştır. Daha sonra bu silikon, başka kalıplarda yeniden kullanılacak biçimde geri dönüştürülmüştür. Su geçirmez bir yüzey elde etmek amacıyla kullanılan cam elyaf takviyeli betona, yüzeyine kum fırtınalarından sonra bina cephelerine yapışan kumun göz zevkini bozan görünümünü de azalttığı kanıtlanmış olan fluorosilan sızdırmazlık uygulanmıştır (URL-2).

Cam elyaf takviyeli beton, mashrabiya panelleri ile düz ve sırlı cam malzemeleri kullanılan ön cephe katmanları ısı alımını minimize etmektedir. Kavisli şekiller, dar sokakların eğimli bir şekilde görülebilmesini ve mahremiyetin korunmasını sağlamıştır. Dirsekli ve dalgalı ön cephe, kızgın güneşe karşı gölgelendirme sağlamaktadır. Panellerin yoğunluğu arttıkça ve ön cephe pencere açıklıklarının sayısı ve boyutu azaldıkça, ön cephe daha çok güneş almaktadır. En içteki ön cephe kısmında bulunan derin açıklıklar hem ısı alımını azaltmakta hem de zarif bir aydınlatma efekti sağlamaktadır.

4.4. Su Sistemi

Masdar şehri, su israfını en aza indirmek, arıtma ve üretim tekniklerinin verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmıştır. Uzun vadede hedef, evsel su tüketimini kademeli olarak indirmektir. Su kullanımını azaltma teknolojileri, yüksek verimli cihazlar, düşük akışlı duşlar, yüksek verimli çamaşır makineleri sistemleri, su verimliliğini teşvik eden bir su tarifesi, teşvikler ve gerçek zamanlı izleme, tüketicileri tüketimlerini bildiren akıllı su sayaçlarını içermektedir. %1 arıtılmış atık su, geri dönüşüme ve yüksek verimli sulamaya dönüştürülerek, peyzajda kullanılmaktadır. Mevcut atık su sistemi, şehrin membran biyoreaktör (MBR) tesisinde işlenmekte ve arıtılmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Su Arıtma Sistemi (Manghnani ve Bajaj, 2014)

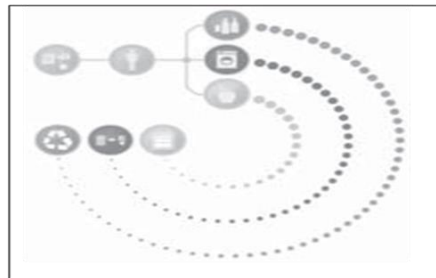
Tesis, Masdar'ın geçici kurumsal ofislerinin yanı sıra Masdar Enstitüsü binalarının ihtiyaçlarını da karşılamaktadır. MBR işlemi, ikincil temizleyiciler yerine katı/sıvı ayrımı için mikro gözenekli membranlar kullanan, büyümeyi aktive eden bir askıda çamur sistemini oluşturmaktadır. MBR'de üretilen arıtılmış kanalizasyon atığı da peyzaj için kullanılmaktadır. Atık su arıtımından kaynaklanan biyosolidler, birleştirme ve gelecekteki herhangi bir atık-enerji tesisinde yeniden kullanılabilir (URL-3).

Masdar şehri;su miktarının az olduğu, yeraltı su kaynaklarının oldukça derinlerde bulunduğu ve tuz yoğunluğunun fazla olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Taze suyun kaynaklardan elde edilemediği, sadece tuzlu suyun belli bir enerji harcanarak üretilebildiği görülmektedir. Yerin 2.500 m derinliğinden elde edilen su, buharlaştırma yöntemiyle tuzdan arındırılarak kullanıma hazır hale getirilmektedir.

Abu Dhabi'de kişi başına 550 litre su tüketimi değeri görülürken, Masdar şehrinde bu değerin 105 litre kullanıma kadar düşürülmesi ile atık suyun %62'sinin dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Şehrin günlük su döngüsüne bakıldığında büyük kare planlı alanlarda bir günlük 7,900 m³ su tüketimi öngörülmüşken, küçük kare planlı alanlarda bir günlük 800 m³ su tüketimi öngörülmektedir. Bunun yanı sıra 3,600 m³ tuzdan arındırılmış su, 2,060 m³ gri su ve 3,200 m³ de geriye dönüştürülmeyi bekleyen su bulunmaktadır. Atık suların tamamı tekrar işlenerek tuvaletlerde kullanılmak üzere biriktirilmekte ve 3. kez işleme tabi tutulan su ise yeşil alan sulamasında kullanılmaktadır (URL-4).

4.5. Atık ve Geri Dönüşüm Sistemi

Masdar şehrinin atık yönetim stratejisi, atıkların en aza indirilmesini ve malzemelerin kaynak potansiyelini (geri dönüşüm ve yeniden kullanım) en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda yeniden dönüştürülebilen malzemeler kullanılmaktadır. Şehirde yaşayan ve çalışanların atıkları, sınıflandırılıp toplanmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Atık Yönetim Sistemi (Manghnani ve Bajaj, 2014)

Masdar Enstitüsü binalarında atıklar için oluklar yapılmıştır. Daha sonraki aşamalarda, şehrin atıklarının temiz ve düzenli olmasını sağlamak ve geleneksel çöp arabalarına olan ihtiyacı azaltmak amacıyla tüm atıkları kullanım noktasından otomatik olarak gidermek için vakumlu atık sistemleri kurulmuştur. Toplandıktan sonra atıklar; kompostlanabilir, geri dönüştürülemez ve geri dönüştürülebilir olmak üzere sınıflandırılmaktadır.

4.6. Taşımacılık ve Ulaşım Sistemi

Masdar şehri, yaya odaklı bir topluluk olma konusundaki öncelikli planlarından birine cevap verirken, zengin toplu taşıma ve kişisel ulaşım seçenekleri ağı, şehir içinde rahat ve kolay bir şekilde hareket etmenin kolay olmasını sağlayacak şekilde yapılmıştır. Kısa mesafeli yürüyüş veya elektrikli ulaşım, şehirdeki birçok varış noktasına en uygun ulaşım biçimleridir. Bu, planlamacıların şehir genelinde geniş gölgeli kaldırımlar ve yollar oluşturmaya odaklanmasının sonucudur. Buna ek olarak, elektrikli otobüslerin ve diğer temiz enerji araçlarının toplu taşıma sistemi, şehir içinde ulaşımı sağlarken, Abu Dhabi'nin hafif raylı ve metro hatları da Masdar şehrinin merkezinden geçecek şekilde yapılarak metropola bağlantı verilmiştir (Şekil 15). Çoğu özel araç, elektrikli otobüs güzergâhları ile şehirde geçen diğer toplu taşıma araçlarına bağlanmıştır.



Şekil 15. Masdar Şehri Kişisel Hızlı Taşıma Sistemi (Hodson, 2010).

Uygun ve sürdürülebilir bir ulaşım çözümü arayışında olan Masdar şehri, elektrikli, otomatik, tek kabinli araçlar ile taşıma sisteminin sürdürülebilirliğini kanıtlamaktadır. İlk pilot güzergâh, Masdar Enstitüsü'nü otoparkına bağlayan 1.700 metrelik bir parkur üzerinde bulunmaktadır.

5. Sonuç

Sürdürülebilir mimari yapılar; ekonomik, sosyal ve ekolojik sorunları çözen özelliklere sahiptir. Bu tip mimari yapılar, zaman ve mekân ölçeği bağlamında incelendiğinde çevresel koşulların düşük bir maliyetle yönetildiğini göstermektedir. Bu makale, ekolojik konseptte saygı duyan, sürdürülebilirlik tanımı içerisinde insan ihtiyaçlarını gözden geçirmek ve ekolojik mimari çerçevesinde çalışmanın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Uluslararası boyutta sürdürülebilir mimari organizasyonları tarafından seçilen birçok mimari proje arasında, Abu Dhabi'deki Masdar Enstitüsü ve Masdar şehri, Arap dünyasındaki ilk sürdürülebilir “eko-şehir”dir. Sürdürülebilir mimarinin temel prensipleri ve Arap halkının kültürüyle bütünleşen tasarım, aynı zamanda sosyal açıdan da sürdürülebilirliğini kanıtlamaktadır.

Ekolojik çalışma birçok bileşeni ve uzmanlık alanını birbirine bağlamaktadır. Böylelikle uzamsal topluluklar içindeki bileşenlerin, bütünsel yönlerini ve birbirleriyle olan ilişkilerini göstermektedir. Tasarım ve ekoloji arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Ekoloji, doğal dünyanın nasıl olduğunu ve insanın bu dünyaya nasıl davrandığını açıklamaktadır, tasarım da aynı zamanda ekolojide sürdürülebilirliği sağlamak için anahtar müdahale noktasıdır. Ekolojiden kazanılan bilgiler, her zaman tasarımı etkilemektedir. “Masdar Ekolojik Şehri ve Enstitüsü” bu sürdürülebilir tasarımıyla yaratıldığı coğrafyada çevre bilincinin yükselişine de önyak olmuştur. Fiziksel çevre, iklim, güneş, su, rüzgâr, oksijen, karbondioksit, toprak, atmosfer ve diğer birçok element bu sürece dâhil edilmiştir.

İnsanın dünya sistemleri üzerindeki etkisinin genel itici gücü, biyofiziksel kaynakların ve özellikle dünyanın ekosistemlerini yok etmeye dayanmaktadır. Bir topluluğun veya insanlığın bir bütün olarak, çevresel etkisi hem nüfusun tümü hem de bireysel şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu da hangi kaynakların kullanıldığına ve bu kaynakların yenilenebilir olup olmamasına bağlıdır. Dikkatli kaynak yönetimi, tarım, üretim ve sanayi gibi ekonomik sektörlerden iş organizasyonlarına, ev halkı ve bireylerin tüketim potansiyellerine, kişisel mal ve hizmetlerin kaynak taleplerine kadar birçok ölçüt bulunmaktadır. Masdar'ın amacı temiz enerji ile yüksek bir yaşam standardının da mümkün olduğunu kanıtlamak ve ayrıca Abu Dhabi'yi yenilenebilir enerjinin öncüsü haline getirmektir. Ultra modern bir altyapı ve bina teknolojisi, enerji ve su gereksinimlerini büyük oranda azaltabilmektedir. Ulaşım açısından Masdar'ın kentsel alanına elektrikli araçlar kullanılarak ulaşılmaktadır ve hafif bir demiryolu ile toplu taşıma ağına bağlanmaktadır.

Ekolojik konseptte sürdürülebilir mimari; çevresel, toplumsal ve ekonomik organizasyonun birçok bağlamında incelenerek değerlendirilebilmekte ve yönetilebilmektedir. Odak noktası, dünyanın toplam taşıma kapasitesinden (sürdürülebilirlik) ekonomik sektörlerin ve ekosistemlerin; ülkelerin, şehirlerin, mahallelerin ve evlerin sürdürülebilirliğine kadar uzanmaktadır. Sürdürülebilir mimari yapılar; park ve bahçe gibi çevre düzenlemesi, bireysel yaşam konforu, bireysel mal ve hizmetler, meslekler, davranış biçimleri vb. insanın biyolojik ve beşeri faaliyetlerinin pusulasını ya da herhangi bir bölümünü içerebilmektedir. Masdar şehri ve enstitüsünün tasarım yaklaşımı, kentsel tasarımı geleneksel tasarımdan etkilenen sert çöl iklimine uyum sağlamaya karar veren belirli noktalara odaklanmıştır. Kompakt kentsel form, günlük ihtiyaçları içeren karma bir kullanıma sahiptir. Ayrıca şehrin dokusu geleneksel Arap kentlerinden ilham almaktadır. Dar sokaklar, doğal gölgeleme, yüksek yoğunluklu ve az katlı yaşam, kamusal alanlar, karma kullanım ve yürünebilir mesafeler; yerel mikro iklim koşullarını hafifletmektedir.

Masdar şehri ve enstitüsü, sürdürülebilir yaşamın; işletmelerden ve üretim tesislerinden, üniversitelere ve özel evlere kadar insan yaşamının her alanında uygun ve cazip olabileceğini kanıtlamaktadır. Küresel iklim değişikliği, günümüzde insanlığın karşılaştığı en acil sorunlardan biridir. Sürdürülebilir kalkınma artık bir seçenek değil; bir zorunluluktur. Bu yüzden Masdar'ın yetenek ve bilgi havuzu, Masdar'ın büyümesine ve Abu Dhabi'nin bölge ve dünyada düşük karbonlu ekonomik kalkınmanın sofistike bir itici gücü olmasını sağlayacaktır. Masdar Şehri ve Masdar Enstitüsü, emirlikte temiz

enerji teknolojileri geliştirmektedir. Bu açıdan sürdürülebilir enerji bakımından örnek şehirlerden biridir. Bu yönü de Masdar'ın neden bir konut projesi olarak değil, dünyadaki diğer eko-şehir projeleriyle rekabet eden ve sürekli gelişen bir proje olduğunu açıklamaktadır. Bu makale, eko-şehir gelişimi bağlamında Masdar Projesi'nin fayda ve avantajlarının özel bir değerlendirmesini sunmaktadır.

Şehirlerin küresel ekolojik etkisini azaltmak için kaydedilen önemli ilerleme, yaygın bir kamu desteği gerektirmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir yaşam şehirlerinde aynı zamanda insan yaşam kalitesi için de net faydalar sağlanmalıdır. Masdar Şehri ve Enstitüsü Projesi, kişisel yaşam kalitesini yükseltme ile çevrede sürdürülebilir mimarinin sıkı ve somut bir şekilde bütünleştirilebileceğini göstermektedir. Mimari özelliklerinde Masdar'ın geliştiricileri, geleneksel Arap mimarisinin çevresel avantajlarından yararlanan; ancak pahalı teknolojik çözümler kullanmaktan çekinmeyen yenilikçi şehir planlamasına özveri göstermişlerdir. Doğanın ekosistemleri, önemli ölçüde esnekliğe ve iyileşme yeteneğine sahiptir. Gezegenin ekolojik dengeye sahip dinamik ve sistematik düzeninden geçen kozmik birleştirici güç, yaşamda dair yenilenebilir enerjiyi ve döngüyü göstermektedir. Ancak ayrıştırıcı ve sınıflandırıcı zihinlerve sofistike teknolojik gelişmeler, yaşam kaynağı ekosistemleri tüketmektedir. Bu durum doğal yaşam döngüsünü tehdit etmektedir. Yaşanılabilir bir dünya için sürdürülebilir mimariye ihtiyaç vardır. Problemlere çözüm bulmak ve olumlu sonuçlara odaklanmak için dünyanın birçok yerinde Masdar Şehri ve Enstitüsü Projesi gibi sürdürülebilir mimari şehirlere ve yapılara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

- Buletti, N. (2011). An analysis of Masdar City's communication strategy Using speech act theory to go beyond the corporate façade. University of Friburg, Faculty of Science, Geosciences Department, p.26.
- Daniel E. and Williams, F. (2007). Sustainable Design, Ecology, Architecture and Planning. John Willy, p.2.
- Fred A. Stitt. (1999). Ecological Design Hand book. McGraw-Hill, New York, p:33.
- Gavin J. (2009). Taking the Lead on Clean Energy. MEED: Middle East Economic Digest pp.40-41.
- Hodson M. and Marvin S.(2010). "Urbanism in the Anthropocene: Ecological Urbanism or Premium Ecological Enclaves?" City, pp. 298-313.
- Kanan, N. Ö. (2010). Ekolojik Mimarlıkta Mimari Bütünleşmenin 1990 Yılı Sonrası Ken Yeang ve Norman Foster'ın Yapıları Özelinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Manghnani, N. and Bajaj, K. 2014. Masdar City: A Model of Urban Environmental Sustainability, Journal of Engineering Research and Applications, 4(10), p.38-42.
- Nambiar, S. and Gonchar, J. (2011). Masdar Institute, Architectural Record, p.130, New York.

Palmer, R. (2010). The Masdar Institute the use of GRC in Sustainable Construction, Foster+Partners, GRC.

Schuler, M. (2009). Requirements for CO2 neutral buildings and cities from microclimate to the facade, The future envelope 2: Architecture-Climate-Skin, U. Knaack and T. Klein (Eds.) IOS Press, pp. 131-137.

İnternet Kaynakları

URL-1: <http://www.masdarcity.ae/en/27/what-is-masdar-city> (Erişim: 15.04.20).

URL-2: <http://www.masdarcity.ae/30/sustainability-and-the-city/> (Erişim: 17.04.20).

URL-3: <http://www.masdar.ac.ae/campus/KnowledgeCenter.php>. (Erişim: 16.04.20).

URL-4: www.renewableenergyfocus.com/blog/user/davidhopwood (Erişim: 18.04.20).

URL-5: www.ku.ac.ae/institute/masdar-institute. (Erişim: 19.11.20).

URL-6: www.archdaily.com/91228/masdar-institute-foster-partners (Erişim: 19.11.20).

URL-7: https://www.sma.de/fileadmin/content/global/Products/Documents/Referenzanlagen/EN_Masdar.pdf. (Erişim: 20.11.20).

URL-8: <https://www.albawaba.com/masdar-city%E2%80%99s-solar-power-plant-net-exporter-energy-uae-377682>. (Erişim: 21.11.20).

URL-9: <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/instituto-masdar/> (Erişim: 19.11.20).

URL-10: <https://www.flickr.com/search/?text=Masdar%20City> (Erişim: 19.11.20).