



COVID-19 PANDEMİSİ BAĞLAMINDA ACİL DURUM PNÖMATİK (ŞİŞME) SİSTEM ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yasemin BAL¹ , Filiz ŞENKAL SEZER² 

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Bursa, Türkiye.

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye.

ÖZET

Geçmişten günümüze insan yaşamı üzerinde etkili salgın hastalıklar yaşanmıştır. 2019 yılı itibariyle tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 küresel salgın koşulları insan hayatını ve dolayısıyla mimari mekânları doğrudan etkilemiştir. Sağlık hizmetlerinin yetersiz kalması ve toplumsal alanlardaki salgın koşulları nedeniyle yapı ihtiyaçları ya da mevcut yapılara ek çözümler gibi yeni mimari arayışlar ortaya çıkmıştır. Salgın dönemindeki gereksinimlere yönelik olarak acil durum yapıları geliştirilmiştir. Salgın, afet, savaş gibi zorlu durumlarda kullanımının mimari temeli 1960'lara dayanan pnömatik (şişme) taşıyıcı sistemlerin Covid-19 pandemisi acil durum yapıları olarak geliştirilmiş örnekleri bu dönemde yeniden gündeme gelmiştir. Bu sebeple çalışma kapsamında pnömatik sistemler ile geliştirilen projeler salgın koşullarında toplumsal alanda bir araya gelebilme amaçlı günlük yapılar ve sağlık hizmetlerinde ortaya çıkan ihtiyaca yönelik geliştirilen acil durum sağlık yapıları olarak iki grupta incelenmiştir. PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit), MMW Modüler Acil Durum Hastanesi, Pneumatic Tent, CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi, Hidalgo Acil Durum Hastanesi, Seul Acil Durum Hastanesi, Huo-Yan Air Lab Acil Durum Covid-19 Test Merkezi, Pneumatic Pillows proje örnekleri ele alınmıştır. Bu çalışmanın çıkış noktası acil durum yapıları olarak belirlenen pnömatik sistem örneklerinin salgın döneminde kullanımını taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme kullanımı, modülerlik, adapte edilebilirlik (mekansal uyarlanabilirlik), mobilite (taşınabilirlik) ve inşaa süresi parametreleri bağlamında elverişliliğini değerlendirmektir. Konvansiyonel, statik mimari çözümler yerine membran malzeme ile üretilen hareketli, şişirilebilir, esnek, hafif ve hızlı çözümlere sahip pnömatik sistemli yapıların Covid-19 salgın döneminde acil durum yapılarında kullanımını belirlenen parametrelere göre elverişli çözümler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Pnömatik (Şişme) Strüktürler, Pandemi, Acil Durum Yapıları.

EXAMINATION AND EVALUATION OF EMERGENCY PNEUMATIC (INFLATABLE) SYSTEM SAMPLES IN THE CONTEXT OF THE COVID-19 PANDEMIC

ABSTRACT

From the past to the present, there have been epidemics that have an impact on human life. Covid-19 global epidemic conditions, which affected the whole world as of 2019, directly affected human life and therefore architectural spaces. Due to insufficient health services and epidemic conditions in social areas, new architectural searches such as building needs or additional solutions to existing structures have emerged. Emergency structures have been developed for the needs during the epidemic period. Developed examples of pneumatic (inflatable) conveyor systems, whose architectural basis for use in difficult situations such as epidemics, disasters and wars, date back to the 1960s, as emergency structures due to the Covid-19 pandemic, came to the fore again in this period. For this reason, the projects developed with pneumatic systems within the scope of the study were examined in two groups as daily structures for gathering together in the social area under epidemic conditions and emergency health structures developed for the needs arising in health services. PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit), MMW Modular Emergency Hospital, Pneumatic Tent, CURA Coronavirus Treatment Center, Hidalgo Emergency Hospital, Seoul Emergency Hospital, Huo-Yan Air Lab Emergency Covid-19 Test Center, Pneumatic Pillows project examples taken. The starting point of this study is to evaluate the use of pneumatic system samples, which are determined as emergency structures, in the epidemic period in the context of carrier system setup, material use, modularity, adaptability (spatial adaptability), mobility (portability) and construction time parameters. Instead of conventional, static architectural solutions, mobile, inflatable, flexible, light and fast solutions with pneumatic system structures produced with membrane material offer convenient solutions according to the parameters determined for use in emergency structures during the Covid-19 epidemic period.

Keywords: Pneumatic (Inflatable) Structures, Pandemic, Emergency Structure.

Sorumlu Yazar: Yasemin BAL

Makale Geliş Tarihi: 06.05.2022

Makale Kabul Tarihi: 14.06.2022

Makale Künye Bilgisi: Bal, Y., Şenkal Sezer, F. (2022). Covid-19 Pandemisi Bağlamında Acil Durum Pnömatik (Şişme) Sistem Örneklerinin İncelenmesi Ve Değerlendirilmesi. *Trakya Journal of Architecture and Design*, 2(1), 55-74.

1. GİRİŞ

Eski çağlardan beri tüm mimari faaliyetler, insan gereksinmelerine ve ortaya çıkan yeni koşullara çözüm olmak amacıyla gerçekleşmiştir. Afet durumlarında ihtiyaç duyulan acil durum yapıları Covid-19 salgını ile birlikte günümüzde yeniden gündeme gelmiştir. Küresel çapta salgının etkileri ile oluşan yeni kısıtlamalar ve ihtiyaçlar mimari tasarımlara yansımıştır. 2019 yılında tüm dünyayı etkileyen Covid-19 küresel salgını ile mevcut yapıların adaptasyonu ve yeni fonksiyonda yapılara acil ihtiyaç durumu ortaya çıkmıştır. Aşılama merkezleri, acil durum hastaneleri, gıda dağıtım birimleri, tıbbi veya temel ihtiyaç malzemesi tedarik merkezleri, ayakta bakım merkezleri, virüs test merkezleri, mevcut yapılara düzenleme olarak geliştirilen yapılar salgın ile birlikte gelişen ihtiyaçlara yönelik acil durum yapılarını ortaya çıkarmıştır. Salgın döneminde acil durum yapılarının malzeme temini ve üretiminin güç olmaması; kısa sürede inşa edilmesi; nakliyesinin, kurulumunun ve kullanımının kolay olması; tekrarlı ve farklı yerlerde uygulanabilmesi gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle geleneksel mimari taşıyıcı sistemlerin aksine pnömatik strüktürlerin kendiliğinden sahip olduğu yapısal nitelikler acil durum yapılarında kullanıma uygun olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda mimaride birçok alanda kullanılan ve acil durum yapıları olarak da tasarlanabilen pnömatik (şişme) yapıların Covid-19 salgın döneminde kullanımı makale kapsamında incelenmiş ve örnek projeler üzerinden değerlendirilmiştir.

Pnömatik sistemler mimaride köprü, müze, afet barınakları, spor salonu, stadyum, konser salonu, uzay yapıları, sergi yapıları, tarihi yapılara ek, örtü, çatı veya cephe elemanları, kinetik yapılarda cephe unsurları ve taşıyıcı, konut, duvar veya kolon gibi yapı elemanları, acil durum yapıları vb. çeşitli işlevlerde kullanılmaktadır. Pnömatik sistemlerin taşıyıcı strüktür, yardımcı strüktür ve kalıp elemanı fonksiyonlarında pandemide acil durum yapısı olarak kullanımının yapısal olarak sağladığı avantajları ve elverişliliğini değerlendirmek hedeflenmektedir. Covid-19 süreci ile birlikte yeniden gündeme gelen pnömatik strüktürlerin güncel örneklerini bu çalışma ile belirli parametrelere göre ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu makale kapsamında pnömatik acil durum yapılarının Covid-19 dönemindeki elverişliliğinin değerlendirilmesi amacıyla taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme kullanımı, modülerlik, adapte edilebilirlik (mekânsal uyarlanabilirlik), mobilite (taşınabilirlik) ve inşa süresi parametreleri belirlenmiştir. Covid-19 sürecinde geliştirilmiş pnömatik sistemli güncel acil durum örneklerini kapsayan çalışma bağlamında; PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit), MMW Modüler Acil Durum Hastanesi, Pneumatic Tent, CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi, Hidalgo Acil Durum Hastanesi, Seul Acil Durum Hastanesi, Huo-Yan Air Lab Acil Durum Covid-19 Test Merkezi, Pneumatic Pillows projeleri belirlenen parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Salgın döneminde mimaride uygulanan pnömatik sistem örnekleri günlük yapılar ve sağlık yapıları olarak iki grupta ele alınmıştır. Pandemi sürecinde ortaya çıkan anlık sorunların çözümüne yönelik olarak pnömatik taşıyıcı sistemlerin kullanımı mevcut yapıyı ya da yeniden inşa edilen bir yapıyı salgın koşullarına uygun hale getirmeyi sağlamaktadır. Pnömatik strüktürlerin yapısal özellikleri sayesinde plan değişiklikleri, iç mekanları bölümlendirebilme, kısa sürede kurulum, bir yerden başka yere taşınabilme, dönüştürülebilme, modüler olarak genişleyebilme, kişisel olarak kullanılabilme, az malzeme kullanımı ile hafiflik, nakliye kolaylığı, iç mekan hava kalitesi açısından salgına yönelik optimum çözümler geliştirilebilmesi gibi birçok avantaj pandemi mimarisine yönelik olarak sağlamaktadır. Pnömatik sistem ile geliştirilen acil durum yapılarının belirlenen parametrelere göre salgın döneminde kullanımının elverişli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

1.1. Pnömatik (Şişme) Taşıyıcı Sistemler

İnsanoğlu doğada hâlihazırda bulunan formları imkânlar elverişliliğinde mimari aracılığı ile yeniden kurgulamayı hedeflemiştir. Sabun köpüğü, hücreler, organ, damar, akciğer, doğada var olan küresel biçimleri gerçekleştirmeye çalışmışlardır. Pnömatik sistemlerin temellerinin atıldığı eski çağlardaki bu arayış sonucu ortaya çıkan hava desteği ile sık dokumalı kâğıt veya kumaştan yapılmış zeplinler tarihteki ilk pnömatik örneklerdir. Günümüz anlamında mimaride kullanılan pnömatik strüktürlerin temeli ise Endüstri Devrimi ile birlikte gelişen çağdaş taşıyıcı sistemler içerisinde teknoloji, bilim ve teknik donanım ışığında 20. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Geleneksel mimari taşıyıcı sistemlerin aksine Endüstri Devrimi ile uygulanabilir hale gelen az

malzeme, hızlı üretim, kolonsuz geniş açıklıklar ve ince en kesitli yapılar 20. yüzyılda nüfus artışı ve yeni mimari ihtiyaçları karşılamak amacıyla ortaya çıkmıştır. Endüstri Devrimi sonucu geliştirilen yeni malzemeler ve makine donanımları taşıyıcı sistemlerin teknik açıdan ilerlemesini sağlamıştır. Demir, demirdeki karbon sayısının azaltılması ile çelik, beton ile çeliğin birleştirilmesi ile oluşan betonarme, çelik kablo ve halatlar, plastik-polimer esaslı membran gibi malzemeler yüzey aktif sistemler (kabuklar), uzay kafes sistemler, kablolu sistemler ve asma-germe (membran) sistemlerin geliştirilmesini sağlamıştır.

Teknolojik gelişmeler sonucunda membran malzeme; taşıyıcı, örtü elemanı ve çekme kuvvetlerine çalışan esnek bir yüzey olarak mimari yapılarda kullanılabilir hale gelmiştir. Yeni malzemelerin geliştirilmesi ve üretilebilmesi sonucunda ağır yapılar yerine hafif membran malzeme, daha büyük açıklıkları ihtiyaçlara yönelik olarak geçebilmektedir (Schmitz, 1995). Geçmiş çadırlara dayanan membran sistemler ise açık membran sistemler ve kapalı (pnömatik-şişme) membran sistemler olmak üzere iki farklı grupta uygulanmaktadır. Açık membran sistemler öngörülmesi olarak ya da kablolar aracılığıyla desteklenerek membran malzemenin yüzeysel olarak yükleri taşıması sonucunda oluşmaktadır. Pnömatik sistemler ise plastik-polimer esaslı membran malzemenin katı, sıvı veya gaz maddeler kullanılarak basınçlandırılması ile elde edilen taşıyıcıdır. "Thirst Pavilion" tuzlu su ve sergilerde katı köpük veya kumaş atıkları ile uygulanmış pnömatik sistem örnekleri mevcuttur. Ancak genellikle gaz bir madde olan hava kullanılarak, fanlar aracılığı ile şişirilerek taşıyıcı hale getirilen pnömatik strüktürler birçok form ve fonksiyonda mimaride kullanılmaktadır.

1959 yılında Carl Koch hava doldurulmuş elips formlu bir çatı olarak Boston Sanat Tiyatro Merkezi'nde ilk defa pnömatik bir sistem uygulamıştır (Erol, 1997). Malzeme ve yapım teknolojisi üzerine ilk hava kubbesini Walter Bird geliştirmiştir (Bird, 1972). Frederick W. Lanchester ilk pnömatik hava destek yapısı fikrini geliştirerek patentini almıştır. Dante Bini, Binishell metodu olarak adlandırılan pnömatik kalıp kullanılarak ince en kesitli beton kubbe teknolojisini geliştirmiştir (Lundy, 1967). Frei Otto pnömatik sistemlerin mimari formları üzerinden yapısal araştırmalar yapmıştır (Otto, 1996). Ermolov, Bird, Bubner ve diğer araştırmacılar 1983 yılında "Pneumatic Building Structures" kitabını yayınlamıştır (Ermolov, 1983). Mimar ve mühendislerin çabaları sonucunda tarihsel süreç içerisinde geliştirilen pnömatik sistemlerin 1967 Montreal ve 1970 Osaka EXPO Dünya Sergileri ile kullanımı ivme kazanmıştır. Plastik-polimer esaslı membran malzemesinin gelişmesi, seri üretilebilmesi, makineleşme, uygulanmış yapılardan çıkarılan tecrübeler ve dijital hesaplamaların kolaylaşması ışığında teknik bilginin artması ile birlikte günümüz anlamında pnömatik sistemler gelişmiştir. Taşıyıcı sistem, yardımcı strüktür veya kalıp elemanı olarak uygulanabilen pnömatik sistemler mimaride stadyum, spor salonları, köprü, tarihi yapılara ek, afet barınakları, acil durum yapıları, yüksek katlı yapılarda cephe elemanı, duvar ve kolon gibi taşıyıcı yapı elemanları, cephe ve çatı taşıyıcıları, uzay yapıları, köprü, müze ve kinetik cephe elemanları gibi birçok işlevde kullanılmaktadır.

Pnömatik sistemler özelliklerine göre çeşitli parametrelerde sınıflandırılmaktadır. Özşen ve Yamantürk (1991), tümüyle şişirilmiş ve hava yastığı şeklinde şişirilmiş olarak şişirilme durumuna göre pnömatik sistemleri iki grupta incelemiştir. Engel (2013); basınç farklılığı, zemine ankraj prensibi, kablo ile destekleme şekilleri ve membran katmanlara göre biçimlenme (tek cidarlı, çift cidarlı ve iskelet tüpler) parametreleri üzerinden pnömatik sistemleri incelemiştir. Türkçü (1997) ise pnömatik sistemleri basınç fazlalığı veya eksikliği ile emme-şişme kuvvetlerinin etkinliğine göre basınç; küre, yarım küre, silindir, silindir küre kesişimi, küre kombinasyonları ve tor yüzeyler olarak biçim; kullanılan membran malzemenin katman sayısına göre tek cidarlı, çift cidarlı ve iskelet (hortum) tüpler; kablo takviyeleri ile küre, silindir, elipsoid ve serbest geometri olarak beş ana başlıkta sınıflandırmıştır. Erol (1997) ile Sumovki ve Lanchester (2005) benzer bir sınıflandırma ile alçak basınçlı pozitif-negatif kuvvetler etkisinde tek ya da çift tabakalı ek desteksiz, nokta destekli, çizgi destekli, hem nokta hem çizgi destekli ve yüksek basınçlı düz, bükülmüş, kemerli formlarda süresiz ve sürekli olarak incelemiştir. Bu bağlamda pnömatik sistemler katman sayısı, basınç durumu, biçimi, ek taşıyıcı strüktür desteği ana parametrelerine göre sınıflandırılmaktadır. Ancak pnömatik strüktürler membran tabakaların hava ile basınçlandırılarak oluşmasından dolayı genellikle katman sayısına ve hava

desteğine göre oluşan tek ve çift cidarlı pnömatik sistemler olarak sınıflandırılmaktadır. Aynı pnömatik strüktürler farklı başlıklar altında da incelenebilmektedir.

Genellikle tek cidarlı ve çift cidarlı olarak iki gruba ayrılan pnömatik sistemler benzer ve farklı yapısal özelliklere sahiptir. Tek cidarlı pnömatik sistemler (alçak basınçlı pnömatik sistemler ve hava destekli pnömatik sistemler) tek tabaka halinde bulunan membran malzemenin insanın bulunduğu iç hacminin tamamen hava desteği ile basınçlandırıp yapısal ve çevresel yükleri taşıyabilir hale getirilmesi sonucu oluşan strüktürlerdir. Hava desteği sayesinde basınçlandırılma ile taşıyıcı hale gelen tek cidarlı pnömatik sistemlerde hava kontrolü açısından özel detaylandırılmış kapı, pencere gibi açıklıklar, hava giriş üniteleri ve şişirme nedeniyle yerden kopmaya meyilli oldukları için zemine sabitleme detayları gerektirmektedir. Hava desteği ile sürekli hava sirkülasyonu sayesinde iç mekan hava kalitesi ve kullanılan havanın derecelendirilmesi aracılığıyla ısı konfor açısından optimum koşullar sağlanabilmektedir. Tek cidarlı pnömatik sistemlerde sönme olayı tüm hacimde yavaş şekilde gerçekleşmektedir ve yırtılma, sökülme, delinme durumlarında sökülerek onarılmaktadır. Çift cidarlı pnömatik sistemler (yüksek basınçlı pnömatik sistemler, hava yastığı sistemler ve şişirme pnömatik sistemler) iki tabaka halinde olan membran yüzeylerin kapalı olarak oluşturulduğu birimlerinin hava desteği ile basınçlandırılması sonucunda oluşmaktadır. Çift cidarlı pnömatik sistemlerde kapalı hacim içerisinde kısıtlı olan havanın sürekli desteklenmesi gerekmediğinden özel detaylandırılmış kapı, pencere veya açıklıklar gerektirmemektedir. Çift cidarlı pnömatik sistemlerde sönme olayı yırtılma, sökülme, delinme durumlarında belirli modüllerde gerçekleştiğinden yerinde onarılabilmektedir.

1.2. Pandemi Mimarisinde Pnömatik (Şişme) Sistemler

Günümüzde 2019 yılında Çin'in Hubei eyaletinin Wuhan şehrinde ortaya çıkan, hava yolu veya temas aracılığı ile bulaşan ve şiddetli akut solunum yolu sendromuna yol açan insanları ölüme kadar etkileyebilen Covid-19 (koronavirüs) salgını yaşanmaktadır (Hui, Azhar, Madani, Ntoumi, Kock, Dar, vd., 2020). Tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisi 2022 Nisan ayı itibari ile Dünya'da ortalama 498 milyon vaka ve 6 milyon ölüm oranı; Türkiye'de ise 15 milyon vaka ve 98 bin ölüm oranına ulaşmıştır (URL-1). Kişiden kişiye, kapalı ve havalandırmayan mekânlarda daha çok bulaşma özelliği gösteren koronavirüs, geliştirilen aşılar ile kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Covid-19 küresel salgınının sosyal yaşamı ve insan hayatını büyük ölçüde etkilemesi sebebiyle kişisel veya toplumsal alanların da değişim göstermesine neden olmuştur.

Covid-19 hastalığına yol açan akut solunum yolu virüsünün (SARS-CoV-2) yayılmasıyla birlikte mimarlar, mühendisler ve tasarımcılar salgını kontrol altına alacak ve çevresel kaynaklı bulaşmayı en aza indirecek yöntemleri yapısal ve mimari çözümler yoluyla geliştirmiştir (Dietz, Patrick, David, Fretza, Jonathan and Kevin Van Den, 2019). Çok sayıda insan hayatı üzerinde etkili olan Covid-19 salgını aynı zamanda yaşanan mekânları ve dolayısıyla mimariyi de doğrudan etkilemiştir. Kişisel sağlık önlemlerine ek olarak mimari mekânlarda yaşamı sürdürebilmek amacıyla mevcut yapıları salgına göre dönüştürme ya da salgına yönelik yapılar inşa etme çabaları ortaya çıkmıştır. Mevcut yapılarda yaşam alanlarının değişmesi, sosyal mesafe kurallarına yönelik şekillendirilmesi, izolasyon alanları oluşturulması, mekanın hacmine göre kişi kapasitesi belirlenmesi gibi düzenlemeler getirilmiştir. Salgın döneminde gelişen ihtiyaçlara yönelik olarak aşı merkezleri, tıbbi ve gıda malzemesi tedarik noktaları, karantina alanları, acil durum hastaneleri, bireysel sosyalleşme alanları gibi yeni işlevlerde yapılar da inşa edilmiştir.

Covid-19 pandemisinin yarattığı zorlayıcı koşullar sadece günümüzde değil geçmiş dönemlerde de yaygın salgın hastalıklar, savaşlar, ekonomik ve sosyal sorunlar olarak kendini göstermiştir. Tarih öncesi devirlerden günümüze yerel veya küresel ölçekte ebola, tifo, kuş gribi, verem, suçiçeği, kolera gibi pek çok salgın yaşanmıştır. Salgın hastalıklar ve II. Dünya Savaşı'nın etkileri 1960' lara kadar mimari mekânlara yansımıştır. Gelişen teknolojilerin sağladığı idealist bir yaklaşımla 60'lı yıllarda Eero Saarinen, Alvar Aalto, Cedric Price, Ant Farm, Haus-Rucker-Co, Buckminster Fuller, Reyner Banham ve Archigram gibi çok sayıda mimar veya grup tarafından zorlu koşullara yönelik yenilikçi çözümler ile mimariyi etkilemiştir. Endüstri Devrimi etkisinde teknolojik ilerleme, makineleşme, dijitalleşme ile birlikte pnömatik veya prefabrike geçici

yapıların tasarımını tetikleyerek salgın veya savaş gibi zorlu koşullara yönelik mimari yapı örnekleri geliştirilmiştir (Öztek, Karakaş, 2021).

Buckminster Fuller, tasarladığı kubbesel sistemler neticesinde "Cardboard House", "Hollywood Hills Dome", "The Montreal Biosphere" ve "Manhattan Dome" projeleri gibi izole alan yaratmaya yönelik sistemler tasarlamıştır. Kubbelerin amacı dış mekândan toz, çevresel faktörler, salgın hastalıklar veya trafik gibi unsurlar bakımından soyutlanan bir iç hacim yaratmaktır (Bober, Oktaba, 2019) (Şekil 1a). Banham, mevcut yapılar ile birlikte teknolojik ve mekanik sistemlerin kullanımı sayesinde konforlu yeni mimari ortamlar oluşturulması fikrini üretmiştir. "Environmental Bubble" isimli barınak önerisi, şeffaf pnömatik bir kubbeden oluşan mekanik sistemler ile desteklenmiş uygun koşullarda yaşam paketi olarak tasarlanmıştır (Şekil 1b). İç mekândan dış mekâna geçiş şeffaf ve hareketli pnömatik membran ile sağlanmaktadır. Bu sayede kalabalık ortamlardan izole alanlara geçen ve çevresel zorluklardan korunan yaşam tarzı fikri geliştirilmiştir (Banham, 1965). Bu sayede "bubble" olarak adlandırılan pnömatik (şişme) sistemlerin izole bir alan yaratmak, hızlı ve prefabrik barınaklar tasarlamak amacıyla kullanımı ortaya çıkmıştır.



Şekil 1. a) Buckminster Fuller tarafından tasarlanan Manhattan Dome (URL-8)
b) Banham tarafından tasarlanan Environmental Bubble (Banham,1965)

Mike Webb tarafından tasarlanan kubbesel formlu pnömatik sistem, mimari yüzey aracılığıyla dış mekân kirliliğinden ayrılmış bir iç mekan olan "Cushicle and Suitaloon" geliştirilmiştir (Şekil 2a). Günümüzde paralel fikirde üretilen, Covid-19 salgın döneminde izolasyon koşullarının sağlanması ve virüs bulaş yollarının engellenmesi "Oklahoma Space Bubble Concert" projesi ile hedeflenmiştir (Şekil 2b). Pnömatik (şişme) taşıyıcı sistemlerin pandemi mimarisine yönelik önerilmesinin nedeni taşınabilirlik, düşük maliyetlerde hızlı üretim, kurulum veya inşa süresidir. Bu bağlamda 1960'larda geliştirilen yapı örnekleri ile günümüz Covid-19 salgın yapıları benzer mimari özellikler göstermektedir. Dış etkilerden korunma amacıyla ayrılmış iç mekanların pnömatik strüktürler ile geliştirildiği sistemler 60'lı yıllarda tekil mekanlar iken günümüzde izole edilmiş çoklu mekanlar kombinasyonu olarak pandemi döneminde kullanılmaktadır.



Şekil 2. a) 1968 yılında tasarlanan Cushicle in Milan Triennale (URL-9)
b) 2020 World's First Space Bubble Concert (URL-10)

Salgın etkileri ile birlikte mimari yapıların oluşturulmasında pnömatik sistemler; kullanımının acil duruma adapte edilebilmesi, aşırı koşullarda kullanıcıya yönelik rasyonel çözümler

üretebilmesi ve prefabrike olarak kullanılabilmesi açısından elverişli strüktürlerdir (Pshenichnikova, 2019). Pnömatik sistemler pandemi döneminde fonksiyon, işlev ve biçim gibi nitelikleri bakımından kullanım amacına yönelik olarak tasarım aşamasından uygulamaya kadar planlanmalıdır. Yapısal özellikleri ile kolay kurulum, inşa süresinin kısalığı, sökülüp tekrarlı olarak kullanılabilme, az malzeme ve hafiflik gibi avantajlar sağlayan pnömatik strüktürler Covid-19 salgın sürecinde acil durum yapılarında kullanıma uygun sistemlerdir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Acil Durum Pnömatik Yapıların Salgın Dönemine Yönelik Değerlendirme Parametreleri

Covid-19 küresel salgın koşullarında uygulanacak olan acil durum yapıları gelişen ihtiyaçlara yönelik hızlı çözümler sunabilmek için bazı özellikleri gerektirmektedir. Taşıyıcı sistemler tasarım aşamasından uygulamaya kadar kendine özgü niteliklere sahiptir. Bu nedenle her taşıyıcı sistem acil durumlarda kullanıma elverişli olmayabilmektedir. Bir strüktürün acil durumda kullanıma elverişliliği belirli ilkeler üzerinden değerlendirilebilir. Bu çalışma kapsamında taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme kullanımı, modülerlik, adapte edilebilirlik (mekânsal uyarlanabilirlik), mobilite (taşınabilirlik) ve inşa süresi parametreleri belirlenmiştir. Pnömatik taşıyıcı sistemler ise acil durumlarda gereken nitelikleri mevcut yapısal özellikleri sayesinde sağlamaktadır. Pnömatik strüktürlerin Covid-19 salgın döneminde yapısal açıdan belirlenen parametreler bağlamında elverişliliği örnekler üzerinden incelenecek ve değerlendirilecektir.

a) Taşıyıcı Sistem Kurgusu: Yapısal ve çevresel yükleri güvenli bir şekilde zemine aktaran mimari kurgulara taşıyıcı sistem denir. Taşıyıcı sistemler sahip oldukları özellikler ışığında çeşitli işlevlerde ve amaçlarda kullanılabilir. Geleneksel taşıyıcı sistemler ağır, yapım süresi uzun ve yoğun malzeme kullanımı ile inşa edilen strüktürlerdir. Geleneksel taşıyıcı sistemlerin aksine çağdaş taşıyıcı sistemler daha az malzeme kullanımı, hızlı üretimi ve hafifliği hedeflemektedir. Bu nedenle Covid-19 küresel salgını gibi acil durumlarda kullanım için elverişli olan ve ihtiyaçlara hızlı yanıt veren strüktürler çağdaş taşıyıcı sistemlerdir. Çağdaş taşıyıcı sistemler içerisinde asma-germe prensibi ile yük aktarımı yapan membran strüktürler açık ve kapalı hacimli olarak incelenmektedir. Kapalı hacimli membran sistemler ise bir diğer adıyla pnömatik (şişme) taşıyıcı sistemlerdir.

Pnömatik (şişme) taşıyıcı sistemler tek veya çift cidarlı membran tabakalarından üretilen ve genellikle hava ile basınçlandırılarak yük taşımalarının yapıldığı strüktürlerdir. Pnömatik strüktürler mimari açıdan ana taşıyıcı sistem, yardımcı taşıyıcı sistem, yapı elemanı veya kalıp elemanı olarak kullanılabilir. Hafif, az malzeme kullanımı, hızlı üretim ve inşa süreci, kolay nakliye gibi mevcut yapısal özellikleri sayesinde pnömatik taşıyıcı sistemler Covid-19 küresel salgın döneminde hızlı çözümler sunmaya elverişli strüktürlerdir. Acil durum yapılarında kullanılan pnömatik taşıyıcı sistemler yalın, kablo destekli, dikişli veya ek yardımcı strüktürler ile birlikte kullanılarak da uygulanabilmektedir. Aynı zamanda tüm yapının pnömatik nitelikte olduğu, yapı elemanlarından birisinin pnömatik sistemde inşa edildiği, farklı yapılarla birlikte, sirkülasyon elemanı olarak veya mevcut bir yapıya ek olarak pnömatik sistemlerin kullanıldığı Covid-19 acil durum yapısı örnekleri mevcuttur. Bu sayede pnömatik strüktürler taşıyıcı sistem veya yardımcı taşıyıcı sistem olarak acil durum yapılarında kullanılabilir.

b) Malzeme Kullanımı: Malzeme bir mimari yapının inşa edilebilmesini sağlayan temel elemandır. Malzemenin nitelikleri uygulanacak olan taşıyıcı sistem, yük taşıma prensipleri, en kesit, geçilen açıklık, plan tipolojisi, biçim, mekânsal hacim, inşa sistemi ve süreci gibi özellikleri doğrudan etkilemektedir. Pnömatik sistemlerde kullanılan plastik-polimer esaslı membran malzeme yüzeysel olarak hava basınçlandırması ile öngerilmeli şekilde taşıyıcı hale getirilmektedir ve bu sayede yapının ana unsuru membran malzeme olmaktadır. PVC, PTFE, ETFE gibi yaygın kullanılan mimari membranlar şeffaflık, hafiflik, kolay taşınma, renk, biçim, en kesit ve birleşim detayları açısından malzemenin sahip olduğu özellikler doğrultusunda pnömatik sistemin yapısını belirlemektedir.

Covid-19 salgın döneminde inşa edilen pnömatik acil durum yapıları kolay kurulum, hızlı üretim, taşınabilme, yerinde dönüştürülebilme gibi unsurların gerçekleştirilebilmesini membran malzeme aracılığı ile sağlamaktadır. Pnömatik sistemli acil durum yapılarında membran malzeme tek başına kullanılabilmesi gibi çelik, ahşap, alüminyum malzemeler ve konteyner benzeri modüller ile birlikte de kurgulanabilmektedir. Buna ek olarak membran şişme hacimler salgın döneminde kullanıcı mekanı, sirkülasyon elemanı ve mevcut yapıya ek gibi işlevlerde de uygulanabilmektedir.

c) Modülerlik: Mimari yapılarda modül çeşitli kombinasyonlarda kurgulanabilen en küçük mekansal birimdir. Modüler olarak geliştirilen yapılar kullanım sürecinde ortaya çıkabilecek ihtiyaçlara ya da farklı konuma uyum sağlayabilmektedir. Bir yapının modüler olması aynı zamanda seri şekilde hızlı üretim ve yerinde prefabrik olarak kolay kurulumunu sağlayabilmektedir. Modüllerden oluşan yapılar inşa edildikten sonra ortaya çıkacak gereksinimlere de çözüm sağlayacak şekilde geliştirilebilmektedir. Bir yapının modüler olarak artırılıp azaltılarak düzenlenmesi ve farklı tipolojilerde birleşimi salgın döneminde acil durumlarda kullanıma yönelik kolaylıklar sağlamaktadır. Mevcut bir hastaneye ek, uygulanmış sahra hastanesinin yeteriz gelmesi durumunda modül sayısının arttırılması, mevcut yapılara ek olarak yeni birimlerin eklenmesi, farklı coğrafyalara uygun olarak kurgulanması gibi yapısal nitelikler Covid-19 küresel salgın döneminde uygulanacak olan acil durum yapısının modülerliği sayesinde olmaktadır. Aynı zamanda pandemi dönemine yönelik olarak geliştirilen acil durum yapılarının modüler şekilde tasarlanması adapte edilebilirlik, taşınabilirlik ve hızlı kurulum gibi diğer parametreleri de doğrudan etkilemektedir. Modüler olarak tasarlanan acil durum yapısı sistem olarak büyütülebilir, çeşitli kombinasyonlarda kurgulanabilir, kolay taşınabilir, seri üretim ile hızlı inşa veya kurulum sağlayabilir niteliktedir.

Pnömatik taşıyıcı sistemlerde modülerlik tüm yapının en küçük birimi olan modülün birbirine eklenerek kurgulanması ile oluşmaktadır. Çeşitli tipolojilerde bir araya gelmesi ya da farklı konumlara uyarlanabilir olması modüler pnömatik birimler ile sağlanmaktadır. Covid-19 pandemi sürecinde ortaya çıkan ihtiyaçlara yönelik geliştirilen pnömatik yapıların mevcut bir yapıya eklenme, inşa edilmiş bir sistem üzerinden genişleme, azalma, yeni birimler ekleme, yapı olmayan konumlara uygulanma gibi çözümleri modüler olması sayesinde sağlanmaktadır.

d) Adapte Edilebilirlik (Mekânsal Uyarlanabilirlik): Adapte edilebilirlik yapının çeşitli koşullara yönelik mekânsal açıdan uyarlanabilirliğidir. İnşa edilmiş veya tasarım aşamasındaki bir yapının, yeni nitelikler kazandırılarak tekrar kurgulanabilir ve dönüştürülebilir hale gelmesidir. Küçük ve büyük ölçekli inşa edilmiş olan yapıların çevresel koşullara, kullanıcı ihtiyaçlarına, malzeme ve yapısal düzenlemelere yönelik yeniden dönüştürülebilmesidir. Yapının iç veya dış hacimlerinin kullanıcı ihtiyaçlarına ya da fiziksel zorluklara göre değiştirilmesini kapsamaktadır. Covid-19 salgın döneminde acil durumda inşa edilmiş bir yapının adapte edilebilir olması anlık ihtiyaçlara cevap verebilen, dönüştürülerek mekânsal açıdan uyarlanabilen, birleşim tipolojisi açısından plansal olarak kurgulanabilen, mevcut iç mekanda yeniden düzenlenebilen özelliklere sahip olması gelişen acil ihtiyaçlarda yapının çözüm sunabilmesini sağlamaktadır.

Covid-19 küresel salgın esnasında acil durum yapıları olarak pnömatik sistemlerin kullanımına dayalı mimarilerde mekânsal uyarlanabilirlik, işlevsellik ve teknoloji açısından ihtiyaçlara yanıt veren yapılar oluşturmaktır. Geliştirilen yapısal sistem kurgusunun çeşitli tipolojilerde uyarlanabilir ve adapte edilebilir olmasıdır (Pshenichnikova, 2022). Pnömatik sistemlerde adapte edilebilirlik ya da dönüştürülebilirlik malzeme, şişirme, söndürme, iç mekân-dış hacimlerde bölümlendirme, birleştirme, büyüme, inşa edilmiş bir yapıda modüllerin veya plansal olarak sistem kurgusunun değiştirilmesidir. Bu sayede pnömatik yapıların salgın durumunda ortaya çıkan ihtiyaçlara hızla çözüm geliştirebilmesine imkân tanımaktadır.

e) Mobilite (Taşınabilirlik): Mobilite bir yapının inşa edilecek yerine, inşa edildiği konumdan başka bir yere taşınabilmesi ya da hareketli sistemde üretilmesidir. Bir yapının hareketli özelliklere sahip olması acil durumlarda ortaya çıkan gereksinimlere yönelik çözüm geliştirmesini sağlamaktadır. Covid-19 salgını esnasında acil durum yapılarının üretim alanından kurulum

yerine ya da kurulmuş bir yapının ihtiyaç durumunda başka bir yere taşınması mobilite-harektlilik niteliğini gerektirmektedir. Böylelikle ihtiyaç duyulan alana sağlık hizmetlerinin veya toplumsal alanlarda sosyal mesafeye uygun bir araya gelme mekânlarının hareketli olarak çeşitli konumlarda kullanımı sağlanabilmektedir. Pnömatik yapılar ise az malzemeyle hafif olarak inşa edilebilmeleri nedeniyle kolay ve düşük maliyetler ile nakliye edilebilmektedir. Pnömatik strüktürler gerektiğinde bir noktadan diğerine ya da üretim sonucu kurulum yerine taşınabilen mobil geçici mekânlar olarak da tasarlanabilmektedir. Bu sayede Covid-19 salgın döneminde pnömatik taşıyıcı sistemlerin kullanımı hareketli özelliklere sahip ve taşınabilen acil durum yapı çözümleri sağlamaktadır.

f) İnşa Süresi: Bir yapının fikir aşamasından tasarım ve uygulamasının bitimine kadar olan zaman inşa süresidir. Geleneksel taşıyıcı sistemlerde tasarım ve inşa süreci genellikle uzundur. Bu bağlamda prefabrik olarak geliştirilen ve yerinde kurulumu yapılan sistemler hızlı inşa süreci sunmaktadır. Acil durum yapılarının gelişen ihtiyaçlara salgın gibi durumlarda hızlı şekilde cevap vermesi gerekmektedir. Covid-19 salgın döneminde ortaya çıkan enfekte kişi sayısının belirli dönemlerde aşırı artması durumu nedeniyle hastane yoğun bakım yatak kapasitelerinin yetersizliği, sağlık birimlerinin yetersiz kalması, enfekte hastalara izole edilmiş ayrı bölümler, enfekte olmamış hastaların korunarak ayrı yerlerde tedavi birimleri, sağlık hizmetlerinin olmadığı yerlerde geliştirilen sahra hastaneleri, karantina alanları, toplumsal mekânlarda sosyal mesafenin korunarak bir araya gelinebilen kişisel günlük yapılar gibi ihtiyaçlara acil durum yapıları çözüm sağlamıştır. Bu amaçlar ile geliştirilen pnömatik sistemlerin salgın koşullarında sağlık hizmetleri ve kullanıcı açısından kısa sürede kurulum ya da inşasının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

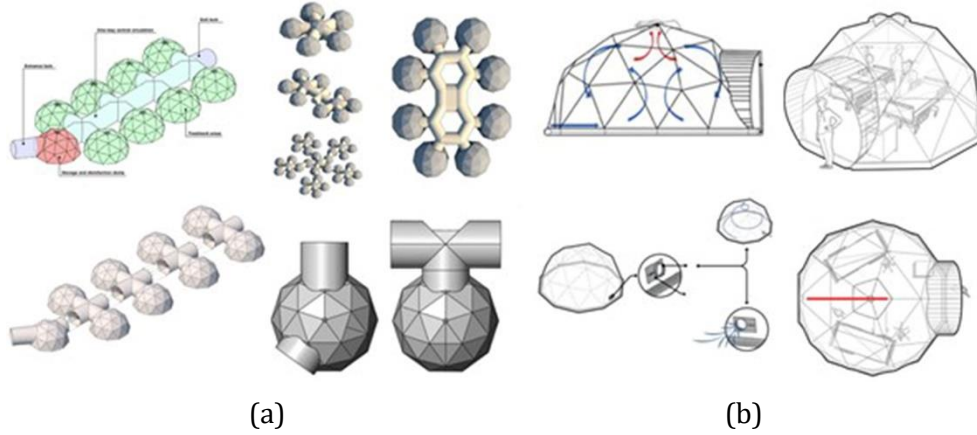
Pnömatik taşıyıcı sistemler, malzeme tüketimi en az seviyede tutularak seri şekilde üretilebilen hafif strüktürlerdir. Bu sayede tasarımdan uygulamaya kadar olan süreçte uygulanacak alana kolay taşınabilme, bir yerden başka konuma kolay nakliye ve prefabrik olarak yerinde hızlı kurulum imkânlarını mevcut yapısal özellikleri sayesinde sağlamaktadır. Pnömatik taşıyıcı strüktürler bu nitelikleri sayesinde Covid-19 salgın döneminde kullanımına elverişli sistemlerdir. Acil salgın durumunda ivedilikle üretilip nakliyesi yapılabilen, yerinde kısa sürede kurulabilen ya da inşa edilebilen sistemlerdir. Böylelikle ani gelişen ihtiyaçlara yönelik geliştirilen acil durum yapılarının hızlı tasarım ve inşa süresinde uygulanması gerekmektedir. Salgın esnasında bu denli hızlı ortaya çıkan gereksinimleri ancak hızlı şekilde tasarlanıp, üretilen ve kurulum-inşa süresinin çok kısa olduğu yapılar karşılayabilmektedir.

2.2. Covid-19 Pandemi Döneminde Acil Durum Pnömatik Sistem Örnekleri

Pnömatik taşıyıcı sistemler sahip oldukları mevcut yapısal özelliklerinin elverişliliği nedeniyle Covid-19 salgın döneminde acil durum yapılarında kullanılmıştır. Koronavirüsün kısa sürede kişiden kişiye bulaşması ve belirli dönemlerde vaka sayılarının artışının mevcut sağlık yapılarını yetersiz bırakması nedeniyle pandemi mimarisi iki farklı alanda yoğunlaşmıştır. Bunlar "günlük kullanım yapıları" ve "acil durum sağlık hizmet yapıları" olarak iki ana grupta toplanabilmektedir. Pnömatik sistemli acil durum yapıları hem sağlık hizmetlerinin sağlanması için gerekli olan sağlık yapıları hem de toplumsal alanlarda sosyalleşme amacıyla salgın koşullarında bir araya gelinebilmesine imkân sağlayan yapılarda kullanılmıştır. Covid-19 küresel salgın döneminde pnömatik sistemde geliştirilen PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit), MMW Modüler Acil Durum Hastanesi, Pneumatic Tent, CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi, Hidalgo Acil Durum Hastanesi, Seul Acil Durum Hastanesi, Huo-Yan Air Lab Acil Durum Covid-19 Test Merkezi ve Pneumatic Pillows örnekleri incelenmiştir.

a) PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit): Covid-19 küresel salgın döneminde enfekte hastaların tedavisine, tıbbi personel ve ekipmanın izolasyonuna izin veren pnömatik bir yapı tasarlanmıştır. Sağlık sisteminin doygun hale geldiği, bulaşın yoğun olduğu durumlarda enfekte nüfusun arttığı ya da hastane sistemlerinin ulaşamadığı yerlerde geliştirilen pnömatik sistem sağlık otoritelerinin gerekli durumlarda kullanımına olanak tanımaktadır. Mevcut olan bir yapıya ek olarak genişletilerek veya sağlık kuruluşunun olmadığı yerlerde modüler olarak

kullanılabilmektedir. Sağlık kriziyle başa çıkmak için gerekli altyapıya sahip olmayan yerlerde izole alanlar yaratmak için sahra hastanelerinin kurulmasını sağlayacak bir sistemdir. PEIU, Covid-19 gibi akut solunum yolu enfeksiyonları olan hastaları izole etmeyi ve sağlık personellerinin güvenliğini sağlamayı hedeflemektedir. PEIU; dayanıklı, kolay temizlenebilir, geri dönüştürülebilir ve şeffaf polivinil klorür (PVC) kumaşlardan üretilen silindirik tünellerle birbirine bağlanan bir dizi jeodezik kubbeden oluşan pnömatik bir yapıdır (Şekil 3a). Yapı mekanik sistem destekleri ile hem enfekte hastaların aseptik ve iyi havalandırılmış ortamlarda tedavisi için hem de virüse maruz kalan tıbbi personel ve ekipmanların izolasyonu için kullanılmaktadır (Manrique, Pérez, Calonge, Quin, 2020) (Şekil 3b-c).



(c)

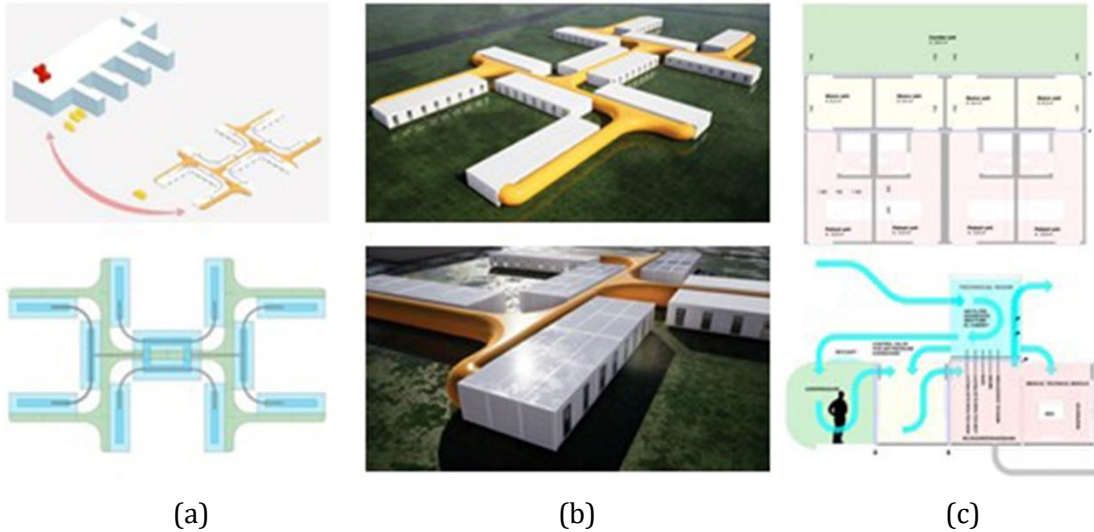
Şekil 3. a) Genişleyebilir pnömatik kubbelerin modüler olarak alternatif birleşimleri ve hizmet birimleri b) Havalandırma sistemi ve enfekte hastaya bakım c) PEIU projesinin uygulanmış hali (Manrique, Pérez, Calonge, Quin, 2020)

PEIU, tek cidarlı membran katmandan oluşan alçak basınçlı pozitif kuvvetli pnömatik bir sistemdir. İçerisinde bulunan havayı en az yüzey ile basınçlandırarak kullanan yarı küre pnömatik modüllerden oluşan acil durum yapısıdır. Membran malzemeye dikiş ve kablolar eklenmesi ile elde edilen yüzeyler beş metre çapındaki jeodezik yarı küre temel mekân tipolojisi biçimindedir. Bu sayede sistemin daha az malzeme kullanarak yüklere karşı daha kararlı olması sağlanmaktadır. Bir pnömatik küre birim içerisinde tek veya iki kişi tedavi edilebilmektedir. Temel birimin birbirleriyle farklı kombinasyonlarda koridor halinde silindirik tüneller ile bağlanmaları bütüncül formu oluşturmaktadır. Bu sayede birçok farklı birleşimde çeşitli yerlerde uygulanabilir esnek bir sistem geliştirilmiştir. Kısa sürede sağlık krizine çözüm bulmak amacıyla PEIU; hafif, taşınabilir, az malzeme kullanan, düşük maliyetli, hızlı üretilebilir, katlanabilir, taşınabilir, kolay kurulum-montajı yapılabilir ve az teknolojik gereksinimle çalışabilir olma unsurlarına sahip özelliklerde tasarlanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) bulaşıcı hastalıklara ve Covid-19 virüsüne yönelik önerdiği hasta, izolasyon ve karantina mekanlarındaki optimum iç mekan hava kalitesi koşulları; pnömatik sistem içerisindeki havanın sürekli sirkülasyonu, kubbelerin üst kısmında hava açıklığı, ventile edilen havanın giriş ve çıkışta filtrelenmesi ile sağlanmıştır. Ayrıca havanın yenilenirken

şartlandırılması ile iç mekanın belirli bir sıcaklıkta tutulması sağlanmıştır. Tüm pnömatik sistem oluşturulan kubbelerin birleşim sistemine göre tünellere dikilmesi ve cırt cırtlı kapaklar aracılığıyla sirkülasyon elemanlarının birbirine bağlanması ile oluşturulmuştur. Hava destek ve basınçlandırma sistemi makineleri en son pnömatik yapıya monte edilerek tüm sistemin kurulumu sağlanmaktadır. (Manrique, Pérez, Calonge, Quin, 2020). Bu sayede geliştirilen pnömatik sistem farklı coğrafyalarda ihtiyaçlara çözüm geliştirerek Covid-19 salgın döneminde kullanılabilir. (URL-2).

b) MMW Modüler Acil Durum Hastanesi: Covid-19 küresel salgınına yönelik olarak geliştirilen modüler bir acil durum hastane yapısıdır. Modüler hastane Covid-19 hastalarını barındırabilir veya yerel hastaneleri rahatlatmak için enfekte olmayan yoğun bakım hastaları için alternatiftir. Sistemin, fiziksel olarak daha büyük bir hastaneye yakın ek birim olarak işlev göreceği adapte edilebilir, esnek ve düşük maliyetli acil durum hastanesi olması amaçlanmıştır. Geri dönüştürülerek kullanıma kazandırılan nakliye konteynerleri ve sirkülasyon koridorlarında pnömatik hava destekli yapılar ile tasarlanmıştır (Şekil 4a). Malzemeler ikincil kullanıma tabidir ve güneş enerjisi aracılığıyla teknik aksamaların işletilmesi için kullanılmaktadır. Hastane enfekte olan hastalar için izolasyon birimleri, enfekte olmayan hastalar için birimler, koridorda hasta sirkülasyonu olmaması amacıyla ambulansların enfekte hastayı doğrudan izolasyon birimine aktardığı at nalı şekilli planda kurgulanmıştır (Şekil 4b). Koronavirüs enfeksiyonunun hava yolu ile bulaşmasına yönelik olarak hava sirkülasyon sistemi geliştirilmiştir ve bu sayede yapı içerisine temiz hava takviyesi yapılabilmektedir (Şekil 4c). Sistem, farklı kriz senaryolarına ve acil durumlarına uyarlanabilir, ihtiyaçlara ve koşullara göre hem izolatörleri hem de daha büyük hasta odalarını barındırabilmektedir (URL-2).



Şekil 4. a) Gemi konteynerleri ile oluşturulan hasta bakım odaları, pnömatik sistemde geliştirilen sirkülasyon koridorları ve at nalı şekilli plan şeması b) MMW Modüler Acil Durum Hastanesi canlandırması c) Plan tipolojisi ve havalandırma sistemi (URL-2)

c) Pneumatic Tent: Toronto Üniversitesi, John H. Daniels Fakültesi mimarlık ve tasarım öğrencileri Yi Zhang ve Siqi Wang tarafından Covid-19 küresel salgını gibi acil durumlarda kullanılmak üzere geliştirilen pnömatik çadır sistemidir. Şişme prensibi ile taşıyıcı hale gelen sistem, bireysel olarak sırt çantasında taşınarak kurulmak istenilen yere kolaylıkla götürülebilmektedir. Metal bileşenler içermeyen sistem hafif plastik esaslı kumaş ve küçük bir hava pompasından oluşmaktadır (URL-3). Bu sayede kompakt bir şekilde sırt çantasında mobil olarak taşınabilen, hafif, toplumsal alanda örneğin üniversite kampüsü içerisinde kolaylıkla kurulabilen, toplumsal alanda sosyal mesafe gibi salgın koşullarına uygun olarak yerleştirilebilen pnömatik bir sistemdir. Pnömatik modüler çadır sistemi ile salgın döneminde kullanıcılar üniversite kampüsü gibi toplumsal mekânlarda sosyal mesafe koşullarında bir araya gelerek etkinlik yapabilmektedir (Şekil 5a). Toplumsal mekânlarda sosyalleşme ihtiyaçlarının salgın koşullarında gerçekleşebilmesi için geliştirilen günlük yapı, bireysel olarak taşınır yerinde

kurulabilen pnömatik strüktürel bir sistemdir. Bu projede amaç bireyin kişisel olarak modülü kolay şekilde taşıyabilmesi ve yerinde kullanabilmesidir (Şekil 5b). Pandemi sürecinde sosyalleşme ve toplumsal alanlarda insan ihtiyaçlarının karşılanabilmesi amacıyla modüler olarak geliştirilen mobil pnömatik yapı, mevcut bir mekan içerisinde veya açık alanda bireysel olarak uygulanabilen adapte edilebilir sistemde geliştirilmiştir. Bu sayede salgın döneminde toplumsal mekanlarda sosyal mesafe ve hijyen koşulları sağlanarak aktivite yapılabilir hale gelmiştir.

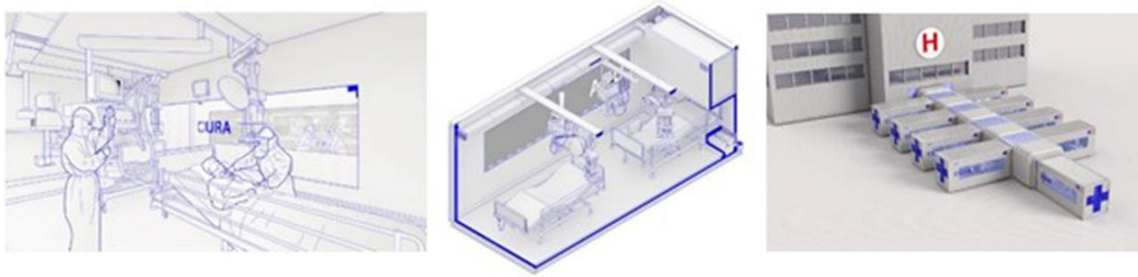


(a)

(b)

Şekil 5. a) Covid-19 salgın döneminde toplumsal alanda pnömatik çadır sistemi kullanımı canlandırması b) Sırt çantası ile taşınabilen pnömatik çadır sisteminin açık alanda kurulu örneği (URL-3)

d) CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi: İtalyan mimarlar Ratti C. ve Rota I. tarafından Torino'daki bir hastaneye ek şeklinde geliştirilen, Covid-19 salgın dönemine yönelik olarak taşımada kullanılan gemi konteynerleri ve pnömatik birimlerden oluşan acil durum enfekte hasta tedavi merkezidir. CURA olarak adlandırılan bu proje sahra hastanelerinin tasarımında mevcut çözümlerin verimliliğini artırmayı veya pandemiye uygun hale getirmeyi hedeflemektedir. Mevcut hastanelerde yoğun bakım kapasitesini arttırmak için ek şekilde kullanılabilen ve aynı zamanda bağımsız olarak farklı konumlarda sahra hastanesi olarak tasarlanabilmektedir. Konteyner modüller ayrı ayrı çalışabildiğinden sayısı artırılıp azaltılabilmekle beraber farklı kombinasyonlarda planlanabilmektedir (Şekil 6a-b). Hasta koşulları olarak negatif basınçlı konteynerler daha büyük ölçekli kompleks hastanelerin kurulumunda da kullanılabilir. Pnömatik sirkülasyon alanları aynı zamanda virüs bulaş yollarını engelleyici basınçlandırma sistemi olarak da kullanılmaktadır. Pnömatik sistemli yapı hızla yerleştirilebilir ve virüsün yayılmasını önlemek amacıyla yüksek düzeyde biyo-tutucuya sahiptir. 6,1 metre uzunluğundaki gemi konteynerleri bakım ünitesi olarak iki enfekte hastaya izolasyon alanı oluşturmaktadır (URL-4). CURA, hızlı bir şekilde monte edilen hastane çadırlarıyla kolayca kurulabilmekte ve birleştirilebilmektedir. Tekli veya şişme tünellerle kombine olarak kullanılabilir. Her modülün kendi HVAC ünitesi ile birlikte giriş tarafında filtrasyon amaçlı HEPA filtre kullanılmaktadır. İç mekanda saatte en az 12 kez hava değişimi sağlanmaktadır ve her bölmenin içerisinde negatif basınç bulunmaktadır (Ravenscroft, 2020).



(a)



(b)

Şekil 6. a) CURA projesi hasta bakım konteyner üniteleri ve pnömatrik bağlantı koridorlarının mevcut hastaneye ek uygulanması (URL-4) b) CURA projesinin Covid-19 küresel salgın döneminde uygulanmış hali (Ravenscroft,2020)

e) Hidalgo Acil Durum Hastanesi: Covid-19 salgınına yönelik olarak Meksika'da pnömatrik sistemler ile inşa edilen Hidalgo Acil Durum Hastanesi, 1800 metrekarelik bir alanda kurulmuştur. Pandemi etkisi ile artış gösteren enfekte vaka sayıları ve sağlık hizmetlerinin yetersiz kalması sonucunda üç gün içerisinde inşa edilmiştir. Dokuz bağımsız modüler birimden oluşan yapı günde 80 hasta görme kapasitesi ile 40 hastane ve 10 yoğun bakım yatağından meydana gelmektedir (URL-5) (Şekil 7a-b). Acil durum sahra hastanelerinin adapte edilebilir olması amacıyla hastane ortamında yoğun bakım ünitelerinde standart koşulların işlevsel olarak değiştirilebilmesi, enfekte hastaların karantina-izolasyon alanlarının dönüştürülebilmesi, temiz bölge olarak adlandırılan sağlık personelleri için güvenli bir bölgenin olması kriterlerine göre çeşitli kombinasyonlarda tasarlanmıştır (URL-2). Salgın döneminde inşa edilen acil durum sağlık yapısı genişleyebilme, farklı birimler ekleyip çıkartılabilme, çeşitli yerlerde ve sökülüp tekrar kullanılabilme özelliklerini taşımaktadır. Geliştirilen pnömatrik yapının modüler, esnek ve dönüşebilir bir tasarıma sahip olması çeşitli fonksiyon ve farklı yerlerde uygulanabilirliğini sağlamaktadır. Çift cidarlı membran tabakasının basınçlandırılması ile oluşan kubbe silindirik formu şişme sistem acil durum hastanesidir (Şekil 7c). Salgın döneminde ihtiyaçlara cevap vermek amacıyla bir yerden başka bir yere modüler olarak söndürülerek taşınabilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 7. a) Hidalgo Acil Durum Hastanesi pnömatrik sistem modülleri ve birleşimi b) Uygulanmış hastane örneğinin plan şeması ve hava destek sistemi c) İç mekân sağlık hizmet birimleri (URL-11)

f) Seul Acil Durum Hastanesi: Güney Kore’de Covid-19 salgını ile birlikte yatak kıtlığının ortaya çıkması sonucunda bulaşıcı koronavirüse yönelik olarak uygulanan izolasyon ve tedavi amaçlı pnömatik (şişme) sistemli bir hastanedir (Şekil 8a). Havalandırma sistemi ile oluşturulan negatif basınç birimlerinden meydana gelmektedir (Şekil 8b-c). Bu sayede patojenlerin yayılımını engellenmeye ve hastalığın bulaş yollarını önlenmek hedeflenmiştir. Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) araştırma ekibi tarafından tasarlanan pnömatik sistemin geleneksel bir hastane inşa süresine göre hızlı şekilde ve beşte birine mal olduğunu belirtmektedir. Hastane modüllerinden izole negatif basınç odası ayrı giriş alanı, çerçeveleri, panelleri, tıbbi donanımları, aydınlatma elemanları ile birlikte 15 dakikada yerinde monte edilebilmekte ve tüm sistemi kurmak bir günden az sürede gerçekleştirilebilmektedir. Sağlık çalışanlarının izole negatif basınç birimlerinin dışarısından, kıyafet değiştirmeden enfekte hastaya yardım sağlamasını, yiyecek ya da ilaç ihtiyaçlarını paneller aracılığıyla içeriye girmeden ulaştırabilmesini sağlamaktadır (URL-6). Modüler negatif basınç odalarının üzerini örten pnömatik sistem çift cidarlı membran tabakasından oluşmaktadır.



(a)

(b)

(c)

Şekil 8. a) Çift cidarlı pnömatik sistemli giriş kubbesi b) Negatif basınçlandırılmış enfekte hastalar için izolasyon koşulları c) İç mekan karantina odası (URL-6)

g) Huo-Yan Air Lab, Acil Durum Covid-19 Test Merkezi: Covid-19 küresel salgın durumunda gelişen acil test merkezi olarak tasarlanan P2 seviyesi biyogüvenlik laboratuvarı Huo-Yan Air Lab hızlı tarama ve test altyapısı için inşa edilmiştir. Pnömatik sistemde geliştirilen yapı yolcu uçağında standart yük olarak hava yoluyla taşınabilmektedir. Böylelikle her coğrafyada hızlı ve kolay şekilde inşa edilerek salgın takibi ve kontrolü açısından sağlık hizmetlerine destek olabilmektedir. Air Lab; numune toplama, numune alımı, numune hazırlama, reaktif hazırlama ve amplifikasyon olmak üzere beş ana işlevsel alandan oluşmaktadır. Biyolojik güvenlik kabinleri iç mekânda otomatik nükleik asit hazırlama aletleri, PCR aletleri, antikor tespit ekipmanı, gen sıralayıcılar ve Covid-19 virüsü nükleik asit algılama ekipmanları ile donatılmıştır (Şekil 9a). Laboratuvar, her işlevsel alanda giren-çıkan havayı bağımsız olarak filtrelemek ve yönetmek için temiz hava sistemi ve Yüksek Verimli Partikül Hava Filtresi (HEPA) ile tasarlanmıştır. Bu, her bir fonksiyonel alandaki havanın birbirini kirletmesini engellemektedir. Air Lab; ölçeklenebilirlik, düşük enerji tüketimi, akıllı tasarım, etkili depolama, kolay kullanım, nakliye kolaylığı ve söküp tekrar kullanılabilme gibi avantajlara sahiptir. Geliştirilen pnömatik sistem gelecekte kalıp elemanı olarak kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede pnömatik strüktür kompozit malzemelerle püskürtme yöntemiyle betonarme kabuk oluşturularak kalıcı bir sistem haline gelebilecektir. (URL-7). Tek cidarlı membran tabakadan oluşan pnömatik kubbe ve silindir kesişimi formlu modüller birbirleri ile farklı tipolojilerde bir araya getirilebilmektedir (Şekil 9b).

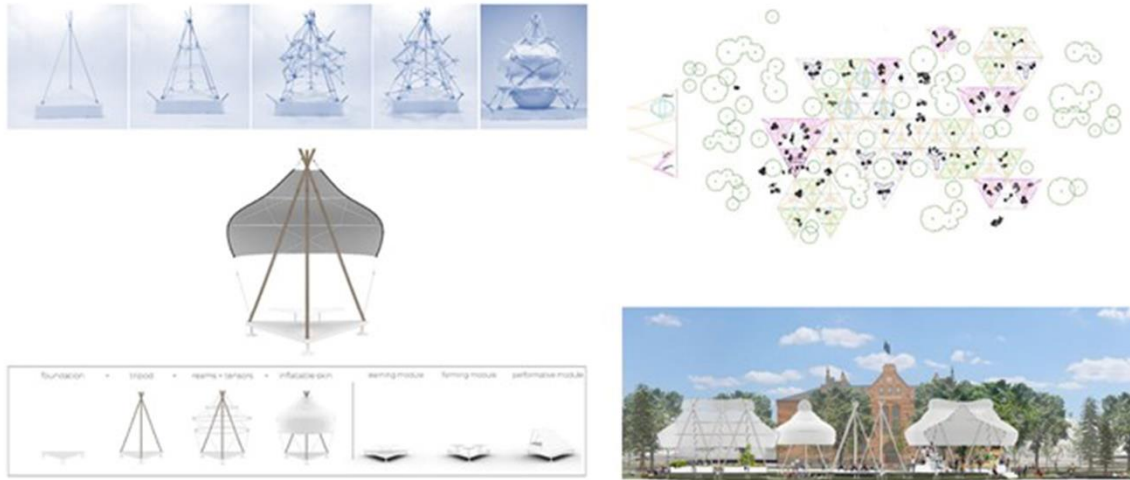


(a)

(b)

Şekil 9. a) Huo-Yan Air Lab tıbbi donanımlı iç mekân (URL-7) b) Huo-Yan Air Lab tek cidarlı pnömomatik sistemli modüler plan şeması (URL-12)

h) Pneumatic Pillows: Eski çadır örneklerinden esinlenerek geliştirilen sistem çiftçilik ve göçebe hayatından çıkarımlar ile tasarlanmıştır. Proje farklı toplumsal ve kültürel amaçlarla günlük toplanma yapıları olarak veya acil durum yapıları olarak kullanılabilir. Kütük, kereste gibi doğadan veya ikincil kullanımlı üç adet ağaç çubuk elemanın tripod şeklinde birleştirilmesi ile oluşan taşıyıcı yapı (birincil yapı), portatif şekilde raylar üzerinde hareket edebilen endüstriyel ahşap L kirişlerden üçgen çerçeve şeklinde oluşturulan ahşap platform (temel), pnömomatik şişirilebilir sistemli ETFE yastık modüller (kabuk-termal koruma ve yalıtım), raylar (ikincil yapı) ve ankraj (metal birleşim bağlayıcı) elemanları olmak üzere beş ana sistemden oluşmaktadır (Şekil 10a). Kullanıcı gereksinimlerine göre kurgulanabilen, genişleyebilen, çeşitli kombinasyonlarda üretilebilen, farklı senaryolara göre uyarlanabilen hafif, hareketli, esnek ve taşınabilir-mobil bir sistemdir (Rudolph, 2021). Gezici kültür yapısı olarak önerilen ve Covid-19 küresel salgın dönemine yönelik toplumsal alanlarda sosyalleşme amaçlı günlük yapı olarak da kullanımı önerilebilen bir projedir (Şekil 10b).



(a)

(b)

Şekil 10. a) Çadır formlardan esinlenerek geliştirilen 3 taşıyıcı pnömomatik örtülü modül b) Çeşitli kombinasyonlarda büyüyeabilen sistem planı ve canlandırması (Rudolph, 2021)

3. BULGULAR









Covid-19 küresel salgın döneminde geliştirilen PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit), MMW Modüler Acil Durum Hastanesi, CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi, Hidalgo Acil Durum Hastanesi, Seul Acil Durum Hastanesi, Huo-Yan Air Lab Acil Durum Covid-19 Test Merkezi sağlık yapıları ve Pneumatic Tent ile Pneumatic Pillows günlük yapı örnekleri belirlenen taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme kullanımı, modülerlik, adapte edilebilirlik (mekânsal uyarlanabilirlik), mobilite (taşınabilirlik) ve inşaa süresi parametrelerine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 1). Seçilen örnekler Covid-19 küresel salgın döneminde ortaya çıkan toplumsal alanda bir araya

gelmeyi sağlayan günlük yapılar ve sağlık yapıları olarak incelenmiştir. Pnömatik strüktürlerin taşıyıcı sistem ve malzeme açısından sahip olduğu yapısal nitelikler sayesinde birbirleri ile bağlantılı olarak adapte edilebilirlik (mekânsal uyarlanabilirlik), kısa inşa süresi, mobilite (taşınabilirlik) ve modülerlik unsurlarını sağlamaktadır. Çalışma kapsamında pnömatik acil durum yapılarının değerlendirilmesi için belirlenen parametrelerin birbirleri ile doğrudan ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin Covid-19 salgın döneminde pnömatik sistemin membran malzeme ile modüler olarak üretilmesi aynı zamanda hızlı kurulum ve inşa süreci, sökülüp yeniden kullanılabilme, kolay taşınabilme, çeşitli koşullara adapte olabilme gibi nitelikleri beraberinde getirmektedir.

Covid-19 salgın döneminde yönelik incelenen sağlık yapıları pnömatik taşıyıcı sistemde veya prefabrik sistemde (nakliye konteyneri gibi) modüllerden oluşmaktadır. PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit) ve Huo-Yan Air Lab Acil Durum Covid-19 Test Merkezi tek cidarlı, Hidalgo Acil Durum Hastanesi ise çift cidarlı pnömatik modüllerden oluşmaktadır. MMW Modüler Acil Durum Hastanesi rneğinde tek cidarlı, CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi rneğinde ise çift cidarlı pnömatik sistemler sirkülasyon elemanı şeklinde uygulanmıştır. Tek veya çift cidarlı pnömatik sistemler Covid-19 salgın döneminde acil durum yapılarında hasta hizmet birimleri, sirkülasyon elemanları ve örtü elemanı olarak kullanılmıştır. Ayrıca membran malzemenin yapısal nitelikleri sayesinde şeffaf, renkli ve çeşitli formlarda kullanımı salgın döneminde sağlık hizmetlerine yönelik kolaylıklar sağlamıştır. Salgın döneminde sağlık yapılarının kolay nakliye ve hızlı kurulumuna yönelik olarak Huo-Yan Air Lab Acil Durum Covid-19 Test Merkezi'nin yolcu uçağında standart yük olarak taşınabilmesi ve Hidalgo Acil Durum Hastanesi'nin üç gün içerisinde inşa edilmesi önekleri incelenmiştir. Covid-19 salgın döneminde yönelik incelenen Pneumatic Tent ve Pneumatic Pillows günlük yapı projeleri modüler sistemde mobil ve çift cidarlı olarak tasarlanmıştır.

İncelenen acil durum yapı neklerinden çıkarımla pnömatik strüktürler taşıyıcı sistem veya yardımcı taşıyıcı sistem olarak kullanılmıştır. Ayrıca gelecekte betonarme kabuk strüktür kalıp elemanı olarak pnömatik sistemin kullanımı Huo-Yan Air Lab rneğinde önerilmiştir. İncelenen nekler pnömatik veya pnömatik olmayan yapılardan geliştirilen modüler sistem kurgularından oluşmaktadır. İncelenen acil durum yapı neklerinde görüldüğü üzere sağlık yapılarında pnömatik (şişme) taşıyıcı sistemler sirkülasyon elemanları olarak ve hasta bakım birimleri olarak kullanılmıştır. Hasta izolasyon-bakım birimlerinin modüler olarak inşa edilmesi yapıların plansal açıdan düzenlenebilir, farklı yerlere uygulanabilir ve adapte edilebilir olma özelliğini kazandırmıştır. Günlük yapılarda ise tamamen veya farklı malzemeler ile destekli olarak pnömatik strüktürler örtü-çadır elemanları olarak kullanılmıştır. Membran malzeme ile hafif ve modüler olarak geliştirilen sistemler yapının küçük hacimlerde kolay taşınabilmesini ve yerinde hızlı inşasının gerçekleşmesine imkân tanımıştır. Ayrıca kullanım hedefine bağlı olarak şeffaf veya renkli membran kumaşlar uygulanmıştır. Pnömatik taşıyıcı sistemlerin salgın döneminde acil durum yapılarında kullanımı malzeme, plan şeması ve farklı yerlere uygulanabilme açısından adapte edilebilirlik sağlamaktadır. rnek yapı incelemelerinde görüldüğü üzere pnömatik membran strüktürler konteyner, kablo, hafif metal prefabrik, ahşap gibi sistem ve malzemeler ile birlikte taşıyıcı, örtü, sirkülasyon elemanı olarak kullanılabilir. Bu sayede hafif olarak az malzeme ile inşa edilen yapılar salgın döneminde farklı konumlarda günler içerisinde çözüm sunmaktadır. Bu bağlamda belirlenen parametreler ve pnömatik sistemler birbirleri ile doğrudan ilişkilidir.

Çizelge 1. Acil durum pnömatik sistem günlük ve sağlık yapısı örneklerinin taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme kullanımı, modülerlik, adapte edilebilirlik (mekânsal uyarlanabilirlik), mobilite (taşınabilirlik) ve inşa süresi parametreleri bağlamında değerlendirilmesi

Proje Adı Görseli	Yapı Türü ve İnşa Edilme Durumu	Taşıyıcı Sistem Kurgusu	Malzeme Kullanımı	Modülerlik	Adapte Edilebilirlik (Mekânsal Uyarlanabilirlik)	Mobilite (Taşınabilirlik)	İnşa Süresi
 PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit)	✓ Sağlık Yapısı İzolasyon Üniteleri	Tek cidarlı alçak basınçlı pnömatik sistemli jeodezik kubbeler ve silindirik tümeler	Şeffaf polivinil klorür (PVC) membran kumaşlar ve kablo-dış destekleri	Pnömatik sistemli kubbe modüllerden oluşmaktadır	Pnömatik kubbe modüller çeşitli kombinasyonda plan olarak kurgulanabilir, farklı coğrafyalarda kullanılabilir	Tek katmanlı az malzeme ile hafif membran sistem küçük hacimlerde kolay taşınabilir, sökülüp tekrar kullanılabilir	Pnömatik sistemde olması nedeniyle kısa sürede yerinde kurularak kullanıma hazır hale gelmektedir
 MMW Modüler Acil Durum Hastanesi	X Sağlık Yapısı Hastane	Tek cidarlı alçak basınçlı pnömatik sistemli sirkülasyon elemanları ve konteyner hacimler	Pnömatik sistemli membran kumaşlar ile geni nakliye konteynerleri	Konteyner modüllerden oluşmaktadır	Sahra hastanesi olarak ve mevcut hastaneye ek inşa edilebilir, plan şeması çeşitli sistemlerde kurgulanabilir	Konteyner ve birbirlerine bağlanan membran koridorlar sayesinde hafif sistem kolay taşınabilir	Yerleştirilen konteynerler kısa sürede pnömatik koridorlar ile bağlanarak yerinde kullanıma hazır hale gelmektedir
 Pneumatic Tent	✓ Günlük Yapı Bireysel Modül	Çift cidarlı yüksek basınçlı pnömatik çadır sistem	Pnömatik sistemli membran kumaş, sırt çantası ve taşınabilir hava pompası	Bireysel pnömatik çadır modüllerden oluşmaktadır	Açık alanda ve mevcut yapıya ek istenilen mesafelerde ve yerleşimde kurulabilir	Bireysel pnömatik çadır modül sırt çantasında taşınabilir	İstenilen komanda dakikalar içerisinde kurularak kullanıma hazır hale gelmektedir
 CURA Koronavirüs Tedavi Merkezi	✓ Sağlık Yapısı Tedavi Merkezi	Çift cidarlı yüksek basınçlı pnömatik sistemli sirkülasyon elemanları ve konteyner hacimler	Pnömatik sistemli membran kumaşlar ile gemi nakliye konteynerleri	Konteyner modüllerden oluşmaktadır	Sahra hastanesi olarak ve mevcut hastaneye ek inşa edilebilir, plan şeması ve tümeler çeşitli sistemlerde kurgulanabilir	Konteyner ve birbirlerine bağlanan membran koridorlar sayesinde hafif sistem kolay taşınabilir	Yerleştirilen konteynerler kısa sürede pnömatik koridorlar ile bağlanarak yerinde kullanıma hazır hale gelmektedir
 Hidalgo Acil Durum Hastanesi	✓ Sağlık Yapısı Hastane	Çift cidarlı yüksek basınçlı pnömatik iskelet tipli sistem	Pnömatik sistemli membran kumaşlar	Pnömatik sistemli kubbe ve silindir kombinasyonlu çeşitli modüllerden oluşmaktadır	Genişleyebilir, farklı birimler eklenip çıkarılabilir, farklı yerlerde kullanılabilir, sökülüp tekrar uygulanabilir	Az malzeme ile hafif membran sistem küçük hacimlerde kolay taşınabilir	Üç gün içerisinde yerinde inşa edilerek kullanıma hazır hale gelen pnömatik sistem
 Seul Acil Durum Hastanesi	✓ Sağlık Yapısı Hastane	Çift cidarlı yüksek basınçlı pnömatik iskelet tipli örtü sistem ve prefabrik sistemli hacimler	Pnömatik sistemli membran kumaşlar ile prefabrik panel ve çerçeve elemanlar	Prefabrik panel ve çerçeve elemanlardan kurgulanan modüllerden oluşmaktadır	Sahra hastanesi olarak ve mevcut hastaneye ek inşa edilebilir, plan şeması ve tümeler çeşitli sistemlerde kurgulanabilir	Prefabrik mekanlardan ve örtü pnömatik membran sistem sayesinde hafif olan yapılar taşınabilir, tekrar kullanılabilir	15 dakikada yerinde kurulabilen prefabrik hacimler ile bir günden az sürede tüm sistem inşa edilebilir
 Huo-Yan Air Lab Covid-19 Test Merkezi	✓ Sağlık Yapısı Test Merkezi	Tek cidarlı alçak basınçlı pnömatik sistem ve gelecekte kalıp elemanı olarak kullanım önerisi	Pnömatik sistemli membran kumaşlar	Pnömatik sistemli kubbe ve silindir kombinasyonlu modüllerden oluşmaktadır	Genişleyebilir, farklı birimler eklenip çıkarılabilir, farklı yerlerde kullanılabilir, sökülüp tekrar uygulanabilir	Az malzeme ile hafif membran sistem küçük hacimlerde standart yük olarak yolcu uçağında taşınabilir	Pnömatik sistemde olması nedeniyle kısa sürede yerinde inşa edilerek kullanıma hazır hale gelmektedir
 Pneumatic Pillows	X Günlük Yapı Toplumsal Modül	Çift cidarlı yüksek basınçlı pnömatik yastıklar ve dikme ahşap taşıyıcılar	Pnömatik sistemli ETFE, endüstriyel ahşap L kirişler, doğadan kazandırılan ağaçlar, çelik ankraj ve raylar	Pnömatik sistemli örtü yastık, ahşap temel, taşıyıcı tripod formülü 3 çubuk elemandan oluşan modül	Raylar ile taşınabilir, hareketli, genişleyebilir, çeşitli formlarda üretilir, plansız açıldan kurgulanabilir	Raylar sayesinde bir yerden başka bir yere taşınabilir sistem	Pnömatik sistemde olması nedeniyle kısa sürede yerinde kurularak kullanıma hazır hale gelmektedir

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde yaşanan Covid-19 küresel salgını insan sağlığını, yaşam şeklini ve mimari mekan anlayışlarını etkilemiştir. Bu nedenle salgın ile mücadele etmek, sağlık hizmetlerini iyileştirmek ve ulaşılabilir hale getirmek, toplumsal yaşam alanlarında sosyal faaliyetleri sürdürebilmek için pandemi mimarisi ortaya çıkmıştır. Pnömatik sistemler de bu ihtiyaca karşılık verebilecek strüktürlerdir. Günlük yapılar ve sağlık yapıları olarak ayrılabilen pnömatik acil durum salgın yapıları koşullara ve ihtiyaçlara göre nitelik kazandırılabilir olmalıdır. Çalışma kapsamında belirlenen taşıyıcı sistem kurgusu, malzeme kullanımı, modülerlik, adapte edilebilirlik (mekansal uyarlanabilirlik), mobilite (taşınabilirlik) ve inşa süresi parametreleri salgın döneminde pnömatik acil durum yapısının sahip olması gereken özellikleri belirtmektedir. Pnömatik strüktürler ile geliştirilmiş acil durum yapı örneklerinin sahip olduğu yapısal nitelikler salgın döneminde gelişen ani ihtiyaçlara hızlı çözüm sağlamaktadır. Pnömatik sistemlerin ana malzemesi olan membran kumaş, plastik-polimer esaslı petrol türevi bir üründür. Bu sebeple yüksek maliyetli ya da kolay ulaşılamayan bir malzeme olabilmektedir. Ancak geleneksel yapılara göre çok daha az malzeme kullanımı sayesinde tüm sistemin düşük maliyetle üretilebilir olmasını sağlamaktadır. Hafiflik ve az malzeme kullanımı sayesinde nakliye ücretleri de düşük olmaktadır. Hem sağlık hizmetlerinin aksamaması hem de toplumsal alanda yaşamın salgın koşullarında sürdürülebilmesi için pnömatik strüktürler ile geliştirilen yapı örnekleri az malzeme kullanımı, hafiflik, kolay nakliye, dönüştürülebilirlik, adapte edilebilirlik, modüler olarak inşa edilebilme, seri üretim, mobilite-taşınabilirlik, kolay kurulum unsurları açısından avantaj sağlamaktadır. Bu bağlamda Covid-19 ile başa çıkmak ve insan yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmek açısından salgın döneminde acil durum yapılarında pnömatik sistemlerin kullanımı elverişlidir.

EXTENDED ABSTRACT

Since its existence, mankind has constantly built its surroundings with the aim of leading a safe life and protecting it from environmental conditions. It used caves, mounds and tree hollows that were already present in nature in the early ages as shelter. Later, inspired by the forms in nature, they developed spontaneous systems, masonry systems and column-beam systems. At first, parts such as stone and wood collected from the environment were used, but later building materials such as brick and adobe were developed. In this way, the first architectural carrier system setups began to emerge. With the development of societies and the emergence of civilizations, the same systems have turned into larger structures. Many civilizations such as Rome, Egypt, Greek, Persian, Seljuk and Ottoman exhibited examples of architectural structures with their unique styles. However, in today's sense, architectural systems have emerged thanks to the mechanization, new materials and equipment, construction technologies, digital calculations and technical knowledge equipment developed as a result of the Industrial Revolution. In this period, when modern carrier systems emerged, the need for large structures with new functions increased with the increasing population and urbanization. Thus, modern carrier systems, which aim to pass wider openings without columns, with less material, have started to be widely applied. Iron, steel by reducing the carbon number in iron, reinforced concrete formed by combining concrete and steel, steel cables and ropes, plastic-polymer-based membranes, etc. have been used in architectural carrier systems. Thus, contemporary carrier systems are classified as surface active systems (shells), space cage systems, cable systems and suspension-tension (membrane) systems.

Suspended-tension (membrane) systems, including pneumatic systems; It was developed by being inspired by tent structures dating back to prehistoric times. Pneumatic structures in today's sense have emerged as a result of the work of the Chinese used airships, hot air balloons and various engineers and scientists on pneumatic systems. The development of materials and technology about membrane surfaces has increased the carrier's ability to be used more in various fields. Pneumatic systems, whose architectural examples are increasing in EXPO World Exhibitions, can be applied as a carrier system, auxiliary structure or formwork element today. Pneumatic systems in architecture, stadiums, sports halls, bridges, addition to historical buildings, disaster shelters, emergency structures, facade elements in high-rise buildings, load-bearing structural elements such as walls and columns, facade and roof carriers, space structures, bridges, museums and kinetic facade elements used in many functions.

Pneumatic structures are structures formed by pressurizing the membrane material with a substance such as solid, liquid, gas or generally air, making it carrier. Pneumatic carrier systems are classified according to their characteristics on many parameters. However, in the most general sense, it can be examined in two

groups as single-walled (negative pressure-continuous air assisted) and double-walled (positive pressure-partially air supported). Every structure in which pneumatic systems are applied requires specially developed systems. In single-walled systems, the structure formed by pressurizing the entire area requires air-controlled doors and openings, pump-fan systems, floor anchor details, and joint details. In double-walled carrier systems, on the other hand, it is formed as a result of pressurization of the inner area of the two membrane layers in which the tube or skeleton elements are formed. Double-walled pneumatic systems do not require special detailed doors, windows or openings, since the limited air in the closed volume does not need to be supported continuously. In double-walled pneumatic systems, deflating can be repaired in place in certain modules in cases of tearing, disassembly, and puncture.

Research Problem & Purpose

Contrary to traditional architectural carrier systems, the inherent structural qualities of pneumatic structures show that they are suitable for use in emergency structures. In this context, the use of pneumatic (inflatable) structures, which are used in many areas in architecture and can also be designed as emergency structures, during the Covid-19 epidemic period has been examined within the scope of the article and evaluated through sample projects. Pneumatic systems in architecture, bridges, museums, disaster shelters, sports halls, stadiums, concert halls, space structures, exhibition structures, annexes to historical buildings, cover, roof or facade elements, facade elements in kinetic structures and structural elements such as carrier, residence, wall or column, emergency structures, etc. used in various functions. It is aimed to evaluate the structural advantages and convenience of the use of pneumatic systems as an emergency structure in the functions of carrier structure, auxiliary structure and formwork element. With this study, it is aimed to reveal the current examples of pneumatic structures, which have come to the fore with the Covid-19 process, according to certain parameters.

Methodology

Pneumatic systems are widely used in disaster and emergency structures thanks to their structural features such as lightness, easy and fast installation, reusability, easy transportation in small volumes, and increasing and decreasing by combining with each other. In the 1960s, isolated and isolated pneumatic interior volumes, which were created by the effect of excessive population growth and urbanization, came to the fore again with the Covid-19 global epidemic. In this context, the covid-19 global epidemic that has taken place today, pneumatic system emergency structures have emerged. Pneumatic systems, which were used in the context of the Covid-19 pandemic, which affected the whole world in 2019, were applied in structures such as field hospitals, test centers, intensive care units, medical support centers in order to provide better health services, and in daily structures where social distance can be gathered in the social area under epidemic conditions. . The emergency structures to be implemented under the Covid-19 global epidemic conditions require some features in order to provide fast solutions for developing needs. Carrier systems have their own characteristics from the design stage to the application. For this reason, not every carrier system may be suitable for use in emergency situations. The suitability of a structure for use in an emergency can be evaluated on certain principles. In this study, structural system setup, material usage, modularity, adaptability (spatial adaptability), mobility (portability) and construction time parameters were determined. It is aimed to evaluate the suitability of pneumatic systems for emergencies as a result of examining the pneumatic emergency structures developed during the Covid-19 process over the determined parameters.

Findings

Pneumatic systems, on the other hand, provide the required qualities in emergency situations thanks to their existing structural features. The convenience of pneumatic structures in the context of structurally determined parameters during the Covid-19 epidemic period as "daily use structures" Pneumatic Tent, Pneumatic Pillows and "emergency healthcare services" as PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit), MMW Modular Emergency Hospital, CURA Coronavirus Treatment Center, Hidalgo Emergency Hospital, Seoul Emergency Hospital, Huo-Yan Air Lab Emergency Covid-19 Test Center were evaluated on samples divided into two main groups.

PEIU (Portable Epidemiological Isolation Unit); It is a structure consisting of pneumatic isolation units that allow the treatment of infected patients and the isolation of medical personnel and equipment during the Covid-19 global epidemic period. The pneumatic geodesic dome made of single-walled, low-pressure, transparent PVC material consists of modules and cylindrical corridors. In terms of adaptability, pneumatic dome modules can be applied in various combinations and can be constructed in a very short time. Due to its single layer and light weight, it can be easily transported and disassembled and reused. MMW Modular Emergency Hospital; It consists of single-walled, low-pressure, pneumatic system circulation elements and ship container modules. The structure, which can be built in a short time as a field hospital or in addition to

the existing hospital, can be easily and quickly transported, can be adapted to various plan combinations. Pneumatic Tent can be easily used as a daily structure inside the university campus or outdoors by being carried modularly and quickly installed in a backpack. The double-walled and high-pressure system creates the isolated personal space needed during the pandemic process. CURA Coronavirus Test Center; It consists of double-walled, high-pressure, pneumatic system circulation elements and modular ship containers. The field hospital can adapt to the existing hospital in addition to or in planning. The lightweight system is easy to transport and can be built on site in a short time. Hidalgo Emergency Hospital; In Mexico, it is a skeleton tube cover structure consisting entirely of double-walled pneumatic system. The building, which can be built on site in three days, can be adapted to various functions and plan schemes. The system created with less material can be quenched and transported in small volumes. Seoul Emergency Hospital; It consists of negative pressure modular treatment areas formed in prefabricated panels and frame elements and a double-walled high-pressure pneumatic cover system. Units that can be installed on site within 15 minutes are built in less than a day and turn into an emergency hospital. Huo-Yan Air Lab Covid-19 Test Center; It is constructed in a low pressure pneumatic structure from a single-walled ETFE membrane. It is planned to be used as a formwork element in case a permanent reinforced concrete structure is built in the future. The structure, which can be easily adapted as it can be expanded, various units can be added or removed, disassembled and re-installed and used in different places, can be carried as cargo on standard passenger aircraft in small volumes. Pneumatic Pillows; The log structure consists of double-walled, high-pressure, pneumatic cushion cover elements and wooden beams. The structure, which can be transported by rails, can be built in a short time. It can be designed in various forms and plans in terms of adaptability.

Conclusions and Recommendation

The structural features of the emergency building samples developed with pneumatic structures provide quick solutions to the sudden needs that develop during the epidemic period. Thanks to the use of much less material than traditional structures, it is ensured that the entire system can be produced at low cost. Thanks to its lightness and less material usage, transportation costs are also low. Examples of structures developed with pneumatic structures in order not to disrupt health services and to sustain life in the social area under epidemic conditions are provides an advantage in with terms of low material use, lightness, easy transportation, convertibility, adaptability, modular construction, mass production, mobility (portability), easy installation elements. In this context, the use of pneumatic systems in emergency structures during the epidemic period is convenient in order to cope with Covid-19 and to sustain human life in a healthy way.

KAYNAKLAR

- Banham, R. (1965). *A Home Is Not A House*. Art in America 2, s. 76-79.
- Bird, W. (1972) *Air Structures Building Research*. Vol 9 (1).
- Bober, W., Oktaba, M. (2019). R.B. Fuller's Innovative Architectural Designs. *7th Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering*, s. 667.
- Dietz, L., Patrick, F., David, A., Fretza, M., Jonathan, A. and Kevin Van Den (2019). Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations to Reduce Transmission. *Applied and Environmental Science*, 5 (2), s. 13.
- Engel, H. (2013). *Structure Systems*. Almanya: Hatje Cantz Yayınları, 5. Baskı, s. 97-111.
- Ermolov, V. V. (1983). *Pnevmaticheskie Stroitel'nye Konstrukcii Pod Red.* s. 439.
- Erol, A. İ. (1997). *Yapılarda Taşıyıcı Sistemler*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, Zonguldak, s. 211-213.
- Hui D.S., Azhar, E., Madani, T.A., Ntoumi, F., Kock, R., Dar, O. vd. (2020). The Continuing 2019-nCoV Epidemic Threat of Novel Coronaviruses to Global Health. *The Latest 2019 Novel Coronavirus Outbreak in Wuhan, China*. Int J Infect Dis, 91, s. 264-66.
- Lundy, V. A. (1967). Architectural and Sculptural Aspects of Pneumatic Structures. *Proceedings of the 1st International Colloquium on Pneumatic Structures*, Stuttgart, s. 11.
- Manrique, C. A. N., Pérez, A. L. P., Calonge, H. G. R. & Quin, C. A. C. (2020). Portable Epidemiological Isolation Unit. Ephemeral Architecture for Covid-19 Emergency. *Strategic Design Research Journal*, Volume 13, Number 03, September – December, s. 401-417. doi: 10.4013/sdrj.2020.133.09.
- Otto, F. (1996). *Finding Form: Towards an Architecture of the Minimal Edition*. Axel Menges, 3. Baskı, s. 240.

- Özşen, G., Yamantürk, E. (1991). *Taşıyıcı Sistem Tasarımı*. Yıldız Üniversitesi-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Anabilim Dalı, İstanbul: Birsen Yayınevi, s. 81. ISBN: 975-511-058-5.
- Öztek, E., Karakaş, B. (2021). Back to the Future: Interpretation of Post-COVID-19 Architecture through 1960s Futurism. *İdeal Kent Dergisi*, 12-Covid-19 Özel Sayısı, s. 570-582, doi:10.31198/idealkent.879088.
- Pshenichnikova, K. A. (2019). *Osobennosti Formirovaniya Arhitekturnyh Ob"ektov na Osnove Pnevmaticheskikh Konstrukcij, XXI Veke: Dissertaciya Kandidata Arhitektury*. Moskovskij Arhitekturnyj İnstitut, Gosudarstvennaya Akademiya, Moskva, s. 152.
- Pshenichnikova, K. A. (2022). Principles for the Design of Architectural Objects Based on Air-Supported Structures in Extreme Conditions: The Example of The Covid-19 Epidemic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Moskova, doi:10.1088/1755-1315/988/5/052069.
- Ravenscroft, T. (2020). Miniwiz Builds Modular Hospital Ward Prototype at Taipei Hospital, Dezeen. Erişim Adresi: <https://www.dezeen.com/2020/04/21/shipping-container-intensive-care-unit-installed-at-turin-hospital/> (Erişim Tarihi: 12.04.2022)
- Rudolph, R. (2021). *Nomadic:Pneumatic - Buildings That Moves*. Master Thesis, Umea School of Architecture, Sweden, s. 16-19.
- Schmitz, G. (1995). *Course Material for Architecture*. Department of Architecture, School of Architecture and Planing, State University, New York.
- Sumovki, J. A., Lanchester, E. F. W. (2005). A Brief History of Pneumatic Structures. <https://documents.pub/document/a63-a-brief-history-of-pneumatic-structures-osaka-1970-exposure-on-pneumatic-structures.html> (Erişim Tarihi: 12.05.2022)
- Türkçü, Ç. (1997). *Çekmeye Çalışan Taşıyıcı Sistemler*. İzmir: Eylül yayınları, s. 87-95.
- URL 1 Erişim Adresi: https://news.google.com/covid19/map?hl=tr&gl=TR&ceid=TR%3Atr&mid=%2Fm%2F01znc_ (Erişim Tarihi: 09.04.2022)
- URL 2 Emergency Modular Hospital, MMW Architects as Architects. Erişim Adresi: <https://archello.com/project/emergency-modular-hospital> (Erişim Tarihi: 20.04.2022)
- URL 3 Daniels Students Tackle Pandemic-Related Projects with Funding From the U of T COVID-19 Student Engagement Award, 2020. Erişim Adresi: <https://www.daniels.utoronto.ca/news/2020/06/25/daniels-students-tackle-pandemic-related-projects-funding-u-t-covid-19-student> (Erişim Tarihi: 20.04.2022)
- URL 4 Ratti, C. (2020). Associati Designs Shipping-Container Intensive Care Units for Coronavirus Treatment. Erişim Adresi: <https://www.dezeen.com/2020/03/24/shipping-container-intensive-care-units-coronavirus-covid-19-carlo-ratti/> (Erişim Tarihi: 10.04.2022)
- URL 5 Erişim Adresi: <https://mexiconewsdaily.com/news/coronavirus/inflatable-hospital-installed-in-hidalgo/> (Erişim Tarihi: 11.04.2022)
- URL 6 Erişim Adresi: <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/skorea-unveils-inflatable-isolation-ward-covid-19-patients-2021-01-08/> (Erişim Tarihi: 11.04.2022)
- URL 7 Erişim Adresi: <https://www.genengnews.com/news/bgi-unveils-inflatable-p2-lab-for-emergency-covid-19-testing/> (Erişim Tarihi: 11.04.2022)
- URL 8 Erişim Adresi: <https://medium.com/@creznich/1960-750843cd705a> (Erişim Tarihi: 12.04.2022)
- URL 9 Erişim Adresi: <http://architecturewithoutarchitecture.blogspot.com/2012/12/david-greene-sporting-suitaloon.html> (Erişim Tarihi: 12.04.2022)
- URL 10 Erişim Adresi: <https://www.classicfm.com/music-news/coronavirus/flaming-lips-band-space-bubble-concert/> (Erişim Tarihi: 12.04.2022)
- URL 11 Erişim Adresi: <https://archeyes.com/inflatable-emergency-hospitals-tecnodimension/> (Erişim Tarihi: 11.04.2022)
- URL 12 Erişim Adresi: <https://en.mgi-tech.com/news/140/> (Erişim Tarihi: 11.04.2022)