ARAŞTIRMA MAKALESİ

# Dijitalleşmenin Mekanik Tesisata Etkisi ve Geleceği

**Cemal Ahmet AKÇAKAYA**
*Makina Mühendisleri Odası*
*İstanbul Şubesi 33. Dönem*
*Yönetim Kurulu Sayman Üyesi*
*İstanbul*
*caakcakaya@gmail.com*
*orcid: 0000-0002-5384-9986*

## ÖZ

*Dijitalleşme, hayatımızın her alanında olduğu gibi mekanik tesisata da olumlu etkiler yapmakta, özellikle tasarım alanında yenilikler getirmektedir. Dijitalleşmenin mekanik tesisata etkileri; dijitalleşmeden öncesi, dijitalleşmenin başlangıcı, dijitalleşmenin ilerlemesi ve ileride mekanik tesisatın dijitalleşmesinde nelerin olabileceği üzerine dört ana başlıkta bahsedilecektir.*
*Tasarımcı gözü ile öncelikle tasarım ofislerinin dijitalleşmeye geçişte neler yaşadıkları, geldiği noktalar ve geleceğinin anlatılmasının yanı sıra, sahada yapılan röleve çalışmalarındaki iyileşmeler, kullanılan yeni teknolojiler (lazer nokta bulut teknolojisi, dronelar vb. gibi) de bildiride aktarılacaktır. Tasarımcılar geçtiğimiz zaman içinde kâğıt üstünde çizgilerle tasarımlarını ifade ederken daha sonraları dijitalleşmenin başında bilgisayar ortamında semboller ve bloklar kullanarak tasarımlarını gerçekleştirmeye başladılar. Günümüzde ise artık üç boyutlu ortamda, gerçekteki objelerin sanal ortamda çeşitli bilgilerle donatılmış haliyle tasarımlarını sunmakta, bir nevi inşaatı sanal ortamda gerçekleştirmektedir. Özellikle bu sanal inşaatlarda mekanik tesisat ekipmanları ve parçaları içlerine yüklenen bilgiler sayesinde önemli bir yer tutmaktadır. Bunun yanında yapılan tasarımların sahada kontrollük işlerinin dijitalleşme ile birlikte ne şekilde yapıldığı ve yapılacağı, olumlu olumsuz yansımaları, geliştirilmesi gereken noktaları proje yönetimi açısından incelenecektir.*
*Son bölümde ise tasarımcıların gelişen teknolojilerden ne beklediği, daha iyi daha verimli tasarım için nelere ihtiyaç duydukları incelenecek olup belki de gelişen teknoloji sayesinde tasarımcıların elde edecekleri geri dönüş ve bildirimler sayesinde ülkemiz adına daha faydalı projalerin ortaya çıkabileceğine değinilecektir.*

**Anahtar Kelimeler**
*Tesisat, Dijitalleşme, Mekanik Tesisat'ın Dijitalleşmesi, Teknoloji, Bilgisayar Destekli Tasarım, Bina Bilgi Modelleme Sistemi, Tasarım, Teknolojinin Tasarıma Etkisi, Teknolojinin Kontrollüğe Etkisi, Proje Yönetimi, Proje Yönetimindeki Gelişmeler, Yapay Zekanın Proje Yönetimindeki Yapabilecekleri, Dijital İkiz, Önleyici Bakım, Nesnelerin İnterneti.*

# Effects of Digitalization on Mechanical Installation and Future of Digitalization

## ABSTRACT

*Digitalization, as in all areas of our lives, has a positive effect on mechanical installations, especially in the field of design. Effects of digitalization on mechanical installation; Before the digitalization, the beginning of digitalization, the progress of digitalization and the digitalization of mechanical installations in the province will be discussed in four main topics.*
*In the eyes of the designer, firstly the design offices will experience the transition to digitalization, the points they came from, and the future, as well as the improvements in the field work and the new technologies (laser point cloud technology, drones, etc.). Designers recently expressed their designs with lines on paper, and later began to design their designs using symbols and blocks in the computer environment. Nowadays, in a three-dimensional environment, real objects are presented in a virtual environment in a virtual environment by presenting their designs in a virtual environment. Particularly in these virtual constructions, mechanical installation equipment and parts have a big and important place thanks to the information loaded into them. In addition, the design of the works done in the field and how to do with the digitalization, positive negative reflections, the points to be developed in terms of project management will be examined.*
*In the last chapter, it will be examined what the designers expect from developing technologies, what they need for better and more efficient design and perhaps the technology that will get more useful projects in the name of our country due to the feedback and notifications that will be obtained by the designers.*

**Keywords**
*HVAC, Digitallization, Mechanical Installation Digitalization, Technology, Computer Aided Design, Building Information Modelling, Design, Effect of Technology to Design, Effect of Technology to Site Chechk, Project Management, Innovation at Project Management, Digital Twin, Predictive Maintenance, Internet of Things.*

Geliş Tarihi : 26.10.2018
Kabul Tarihi : 28.11.2019

Akçakaya, C. A., Dijitalleşmenin Mekanik Tesisata Etkisi ve Geleceği, 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, sf. 1368-1375, 17-20 Nisan 2019.

## 1. GİRİŞ

Mekanik tesisat, inşaat işlerinde makina mühendisliğinin etkinlik alanına giren işlerin tümüne verilen addır. Bu işler mekanik işler veya tesisat işleri olarak da adlandırılır. [1]

Mekanik tesisat, her zaman insan vücudundaki kan dolaşım sistemine benzetilmiştir ve bu benzetme son derece doğru bir benzetmedir. Bu gördüğümüz binaların en önemli sistemi, onların yaşam kaynağı mekanik tesisattır. Bu alanda geçmişten günümüze bir çok yenilik meydana gelmiştir, kuşkusuz bu değişikliklerin en büyüğü dijitalleşme ile meydana gelmiştir ve hâla devam etmektedir.

Teknoloji kullanımı ile birlikte mekanik tesisat alanında da zamandan ve maliyetten tasarruf sağlamak mümkündür.

## 2. DİJİTALLEŞMEDEN ÖNCE MEKANİK TESİSAT

Dijitalleşmenin hayatımıza girmesinden önce inşaat yapımı için önemli bir yer tutan mekanik tesisat alanında mühendisler el ile, kâğıt üzerine çizim yapmakta ve müşterilerine bu şekilde sunmakta idi. Bu durumun kendine özgü avantajları ve dez avantajları vardı. O zamanlar tasarım ofislerinin vazgeçilmezleri rapido çizim kalemleri, çizim masaları, şablonlar, eskiz ve aydınger kâğıtlar, çeşitli cetveller, gönyeler, T cetvelleri ve jiletlerden oluşuyordu.

Tabii bu durumun getirdiği dezavantajlar da vardı. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

1. Uzun sürmesi. Hesap ve çizimlerin el ile yapılmasından kaynaklı tasarımın çok uzun sürmesi.
2. Hesapta bir hata yapılırsa hata yapılan noktayı bulmanın zorluğu ve onu düzeltmek için harcanacak olan zamanın fazlalığı.
3. Çizimde yapılan bir hata sonrası jilet ile kazımak ve bu kazıma sırasında kâğıdın yırtılmamasını sağlama gerekliliği.
4. Benzer çizimleri kopyalayamamak.

Bunun yanı sıra ekipman çizimleri için şablonlar kullanılıyordu ve bu şablonların gerekli mesafe bırakılarak yerleştirilmesi ile mekanik odaların çizimine geçiliyordu. Tabi bu noktada ne kadar detaylı çizimler oluşsa da ister istemez gözden kaçan noktaların oluşma riski çok fazla idi.

Tasarım ofislerinde durum bu şekildeyken inşaat sahasında ise kontrollük tamamen kâğıt üzerinde ve metreler ile yapılabiliyordu. Bunun yanında yapılacak işlerin programları da kâğıt üstünde planlanıyordu. Belki de şu tespiti yapmak yanlış olmaz, o zamanlar proje müellifleri TUS anlamında da sahada idiler. Bu durum avantaj yaratmaktaydı. Proje müellifinin direk sahada olması herhangi bir değişiklik olması gereken durumlarda yine proje müellifi onayı ile sağlanmakta idi.

## 3. DİJİTALLEŞMEYE GEÇİŞTE MEKANİK TESİSAT

### 3.1. Tasarımda Dijitalleşme

Dijitalleşmenin başlangıcını, meslek alanımız için bilgisayar teknolojisine geçiş olarak gösterebiliriz. 2D boyutlu proje çizim araçlarının hayatımıza girmesi yaklaşık 1990'lar denebilir. Fakat öncesinde bilgisayara destekli tasarım (Computer Aided Design) nasıl gelişti kısaca bahsetmek gerekir:

"Dr. Patrick J. Hanratty 1957 yılında ilk ticari CAM (Bilgisayar Destekli İşleme) programını geliştirdi. Bu ilk CNC ticari programlama dili olan Pronto'da geliştirilen sayısal kontrol (NC) işleme yazılımıydı. Hanratty, CAD/CAM'ın babası olarak kabul edilir; çünkü Hanratty sayesinde bu iki branş (imalat ve bilgisayar) biraz yavaş işlese de birlikte çalışmaya başlamıştır.

Bir grafik arayüze sahip olan ilk CAD yazılımı, Ivan Sutherland tarafından 1963 yılında geliştirilen Sketchpad idi. Sketchpad, kullanıcının ekranla, çizim için kullanılan bir kalemle ve kullanıcının parametreleri ve kısıtlamaları girmesine izin veren bir dizi düğme ile grafiksel olarak etkileşimde bulunabildiği bir programdı. Sutherland'in doktora tezi ile ortaya koymuş olduğu fikirleri ticari olarak yaşam şansı bulmamasına rağmen; gelecek nesil CAD gelişimleri için son derece etkili olmuştur.

Birinci nesil CAD yazılım sistemleri, bir imalatçının bünyesinde çalışan Bilgi Teknolojileri BT "IT" grubunun geliştirdiği 2 boyutlu 2B "2D" çizim uygulamalarıydı ve öncelikli olarak tekrarlanan çizim görevlerini otomatikleştirmeyi amaçladı. 1960'lı yıllarda, Hanratty, General Motors Research için çalışırken DAC ismi verilen CAD sistemini geliştirdi. Daha sonra Ford (PDGS-1967), McDonnell-Douglas (CADD-966) gibi diğer şirketler ve bundan çok daha sonraları birçok kişi onu takip etti.

1970'lerde 2 boyuttan 2B "2D" 3 boyuta 3B "3D" geçiş başladı. Fransız Havacılık Şirketi Avions Marcel Dassault, Lockheed Martin'den bir kaynak kodu lisansı satın aldıktan sonra CATIA'yı geliştirdi. CATIA hala günümüzde uzay, otomotiv ve gemi inşa sanayilerinde lider bir yazılımdır. On yılın en önemli araştırma tezlerinden biri de K. Vesprille'in (Syracuse Üniversitesi'nde) 1975'de doktora tezi olan "Karmaşık 3 boyutlu 3B "3D" Modelleme Üzerinde B-Spline Yaklaşım Formunun Bilgisayar Destekli Tasarım Uygulamaları" idi. Bu on yılın sonundan itibaren mimarların CAD pazarı isimli kitaplardan ilki ortaya çıktı. 1977'de William J. Mitchell'in "Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım" CAD'in mimarlara pazarlandığına dair bir ipucu olarak piyasaya sürüldü; fakat CAD'in mimarlar tarafından yaygın olarak benimsenmesi uzun yıllar sonra olacaktı.

1980'lerde CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics ve I-DEA lider CAD yazılım paketleri haline geldi. Hepsi endüstriyel üretimdeki temel işleriyle (bu nedenle bazen CAD yerine CAE sistemleri olarak anılacaktır) ve ana donanım platformları UNIX olan güçlü 3 boyutlu 3B "3D" modelleme yazılımı sistemleriydiler. İki boyut 2B "2D" ve PC platformunda Autodesk, AutoCAD ile pazar payı kazanıyordu.

1990'lı yıllarda PC patlaması oldu ve bununla birlikte yeni bir oyuncu yükseldi. Autodesk, AutoCAD sürüm 1'in 1982'de piyasaya sürülmesinden bu yana kişisel bilgisayar "PC" platformuna odaklanıyordu. ACIS 3D Kernel lisanslaması Autodesk'in 1993 yılında AutoCAD'in 13 sürümünde piyasaya sürülmesine izin verdi. Böylece AutoCAD ilk kez 3 boyutlu 3B "3D" katı modelleme yeteneğine sahip oldu. AutoCAD yaygınlaşıyordu; ancak Bentley Microstation gibi diğer paketler kısa süre orta fiyat pazarında AutoCAD'in güçlü rakipleriydi. CAD'in mimari ofisler tarafından yaygın olarak benimsenmesi yavaş yavaş gerçekleşti ve kısa sürede egemen bir trend haline geldi." [2]

Yukarıda bahsedildiği gibi 1982 yılında şu an çok popüler olan ve tüm dünyayı etkisi altına almış olan çizim programı AutoCAD ilk sürümünü yayınladı. Yaygınlaşması 90'lı yıllar olsa da inşaat tasarımlarında bu tarihlerden sonra kullanılır hale geldiğini söyleyebiliriz.

Tabii bu dönemde bir yandan da hesaplama programları gelişmiştir. Özellikle mekanik tesisat alanında hesaplama programları 1990'lı yıllardan sonra artış göstermiş ve 2000'li yıllarda yaygın kullanılır hale gelmiştir.

Çizimlerin bilgisayar destekli olmasıyla birlikte bazı avantajlar ortaya çıktı. Bu avantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Çizimlerin geçmişe göre daha hızlı yapılması.
2. Hata yapılsa bile düzeltmenin geçmişe göre daha kolay olması. Bilgisayar üzerinden silmek ve yeniden çizmek tabi ki kâğıt üstünde kazımaya göre çok daha kolay.
3. Ekipmanlar için eskiden kullanılan şablon etrafından çizmek yerine bilgisayar üstünde önceden oluşturulan objeler veya bloklar kullanılmaya başlandı.
4. Birbiri ile aynı olan kat veya mahallerde kopyalamak proje çiziminin hızlanmasını sağladı.
5. Ortaya çıkan hesap programları eskiden el ve hesap makinesi ile yapılan işlemleri yapar hale geldi.
6. Hesaplama ve çizim tarafında tasarımı kontrol etmek ve hatayı bulmak daha kolay hale geldi.
7. Daha az kişi ile daha hızlı proje üretilmesi sağlanabildi.
8. Mekanik tesisatın kendi alt dalları (yangın, havalandırma, temiz su ve ısıtma tesisatı vb.) ile süperpoze planlarını oluşturmak çok daha kolaylaştı.
9. Mekanik tesisatın diğer disiplinlerle süperpozelerin oluşturulması daha kolay şekilde gerçekleşmeye başladı.

Fakat bu avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajlar da ortaya çıktı. Bu dezavantajları sıralamak gerekirse:

1. Bilgisayar hesaplama programlarına girilen verilerin eksik veya yanlış olması ile birlikte çok farklı sonuçların ortaya çıkması riski söz konusudur.
2. Bir mahalden başka mahale kopyalama yaparak taşınan hatların belli yerlerinde değişiklik yapmak gerektiğinde bunların unutulabilmesi riski.
3. Geçmişe göre daha kolay hata bulunabilmesine rağmen, birlikte silmenin ve değiştirmenin çok daha kolay olmasının rahatlığı ile daha fazla hata yapma riskinin oluşması.
4. Eskiye nazaran daha kolay alternatif üretilebilme şansı olmasından dolayı müşterinin çok daha rahat bir şekilde, projenin farklı aşamalarında revizyonlar talep edebilmesi.

Bütün avantaj ve dezavantajlar göz önüne alındı-

ğında bu alandaki gelişmeler proje müellifleri daha kısa sürede sonuca ulaşıp projelerini müşterilerine ulaştırmasını sağlamıştır. İlginç olan nokta, daha kısa sürede projelerin teslim edilmesi ile birlikte maalesef sektör içinde daha değersiz konuma gelmiş ve insanların daha basit görmesine yol açmıştır. Her geçen gün de bu anlamda değer kaybı devam etmektedir.

Mevcut yapılarda restorasyon yapılması sırasında da dijitalleşmenin devreye girmesi ile birlikte avantajlar hissedilmeye başlanmıştır. Dijital fotoğraf makinaları sayesinde çok fazla sayıda fotoğraf çekmenin mümkün hale gelmesiyle her şey fotoğraflanabilir ve kayıt altına alınabilir hale gelmiştir. Lazer metrelerin yardımı ile yapılan ölçümlerde çok daha detaylı ve doğruluk oranı yüksektir. Bu sayede fotoğraflar ve ölçülerin doğruluğu ile mevcut binalar bilgisayar ortamına aktarıp ve o noktada gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra projeler oluşturuluyordu ve bu sayede yeni çalışmalar daha doğru veriler ışığında gerçekleşebiliyordu.

### 3.2. Uygulamada Dijitalleşme

Uygulama alanında dijitalleşmede özellikle kullanılan ekipmanlar ve yöntemlerle birlikte yapılan işlerin doğruluğunun kontrolü ve belli bir programa uygun yapılmasını sağlamak, işlerin sürelerini takip etmek çok daha kolay hale gelmiştir.

Bugünkü haliyle proje yönetiminin geçmişi çok eski olmamakla birlikte bazı çevreler Mısır piramitleri ve Çin Seddi'nin yapımının önemli birer proje olduğu görüşündedir. Ancak, proje yönetiminin Amerika Birleşik Devletleri askeri kuvvetleri tarafından atom bombasının geliştirildiği 1941 yılında tasarlanan Manhattan Projesi ile başladığı kanısı daha yaygındır.

Modern proje yönetimi teknikleri, 19. yüzyılın sonlarında karmaşıklaşan iş yaşamı ile birlikte şekillenen ve gelişen yönetim ilkelerinin evrimleşmesi ile elde edilmiştir. Özellikle o yıllarda gerçekleştirilen büyük ölçekli devlet projeleri proje yönetimi tekniklerinin gelişmesinde itici güç olmuştur.

Kelime kökenine baktığımızda 'proje' Latince 'pro' ve 'jectum' kelimelerinin birleşmesinden oluşur. 'Pro' ön, ileri gibi anlamlara gelirken, 'jectum' ise fırlatmak, çıkarmak anlamlarına gelir. 'Projectum' ileriye doğru fırlatma, çıkarma anlamlarını taşır. Yönetim ise Türkçe'de 'yön' ve 'etmek' kelimelerinin birleşiminden, yön göstermek, hedef göstermek temel anlamlarından gelir. Bu çerçevede 'proje yönetimi' ileride yapılacak işin yönünün ve hedeflerinin belirlenmesi, izlenmesi ve kontrolünü içerir. Akademik yaklaşımla 'bir kez yapılan, zamanla kısıtlı, hedefi olan, özgün işlerin tanımlanması, planlanması, uygulanması, izlenmesi ve kontrolü süreci "proje yönetimi" olarak tanımlanmaktadır.

Proje yönetimi ile ilgili ilk bilimsel çalışma 1900'lü yılların başında Frederick Taylor (1856-1915) tarafından gerçekleştirilmiştir. Taylor, yönetim tekniklerinin bilimsel olarak analiz edilebileceğini ve geliştirilebileceğini göstererek yönetim anlayışında yeni bir sayfa açmıştır. Taylor'un çalışmalarından önce verimliliği artırmanın tek yolu işçilerin daha uzun saatler boyunca daha sıkı çalıştırılmasıydı. Taylor, iş süreçlerinin bileşenlerini tek tek analiz ederek, iş planlamasını daha verimli hale getirmiştir.

Bilimsel yönetim akımının öncülerinden biri olan Henry L. Gantt (1917), bugün yaygın biçimde uygulanan proje izleme ve değerlendirme yöntemlerinden olan PERT (Program Evaluation and Review Techniques) ve CPM (Critical Path Method) in esasını oluşturan "Gantt Şemaları"nı (grafikleri, çizelgeleri) geliştirmiştir. Bu grafikler sayesinde proje takvimini oluşturmada büyük kolaylıklar sağlanmış, bilgisayarın da devreye girmesiyle birlikte, proje mühendislerinin işi iyice kolaylaşmış ve iş takibi hızlıca yapılır olmuştur.

Proje kapsamındaki faaliyetlerin tamamlanma zamanlarını dikkate alarak projenin takibini kolaylaştıran tekniklerden olan PERT (ilk kez 1958 yılında Amerikan ordusunda Polaris denizaltı füzelerinin yapımı projesinde kullanıldı) ve CPM ile birlikte karmaşık projelerin en geç tamamlanma zamanlarının hesaplanabilmesi, projenin daha erken zamanda tamamlanması istendiğinde yeni düzenlenemelerin yapılmasına imkân vermesi proje yöneticilerinin, projenin akışı üzerindeki kontrollerinin artmasına yardımcı oldu. [3]

Kullanılan proje yöntemi programları ile her bir adımı, her bir disiplin altında yer alan maddeleri, imalatları önceden planlamak sayesinde bütçede ve zamanda tasarruf sağlanabilmektedir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte proje alanındaki güncellemelerin çokluğu gibi sahada uygulama sırasında da her ekibe ihtiyaçları olan projeler verilebilmekte ve

yine yapılan bir değişiklik sonrası çok hızlı bir şekilde güncellenen yeni projelerin sahaya ulaşması sağlanmaktadır. Ve inşaat devam ederken yapılan planlamalarda hesapta olmayan durumlar, çeşitli zorluklardan dolayı işlerin yavaşlaması veya zamanında gerçekleşememesine karşılık, yeni planlama bu aracı programlar sayesinde hızlı bir şekilde revize edilebilmektedir. Sahada karşılaşılan problemlerde yerinde ölçüler alınarak bilgisayar üzerinde projeler güncellenip saha ile paylaşılabilmektedir. Bu avantajların yanı sıra tasarım tarafında olduğu gibi dezavantajlar da içermektedir. Yapılan çok sık güncellemeler sırasında sahadaki projelerin güncelliğinden hiç kimse emin olamamaktadır. Hatta disiplin bazlı revizyonlardan sonra sahada çakışmalar artmakta ve her disiplinin elinde son projeler bulunmamaktadır. Çok fazla çıktı olması sebebiyle işin en sonunda güncel as-build projelerini oluşturamamakla birlikte sahada alınan ekipmanların nereden alındığı veya garanti belgelerinin düzgün arşivlenmesinin de sağlanamadığı durumlar olmaktadır.

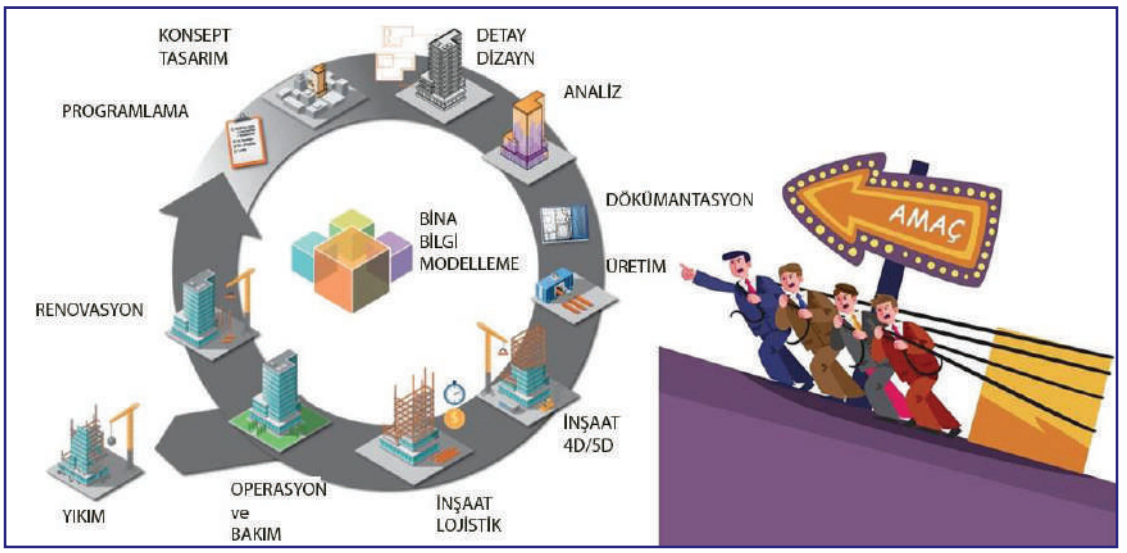
Dijitalleşmeden bağımsız olarak şantiyelerde başka problemler de var, bunlar alınan malzemelerin takiplerinin yapılması, alındıkları yerlerin ve gerekli kontak bilgilerin kayıt edilememesi işletme sırasında bunların bulunmasını oldukça zor hale getirmektedir.

## 4. DİJİTALLEŞMENİN İLERLEMESİNDE MEKANİK TESİSAT

Günümüzde dijitalleşme, özellikle 2000'li yıllardan sonra üstel olarak büyümekte ve bu da her alanda ilerlemenin çok hızlı gerçekleşmesini sağlamaktadır. Belki bundan onlarca sene önce hayal edemediğimiz şeylerin son birkaç yıl içinde gerçekleştiğine şahitlik etmekteyiz. Cebimizdeki telefonların işlemcilerinin bile geçmişteki bir çok bilgisayardan daha kuvvetli olduğunu söylemek yanlış olmaz. Teknoloji bu kadar hızlı ilerlerken tabi ki inşaat alanında da daha çok kullanılır hale geldi. Ama bunun yanında şunu da belirtmek gerekir ki teknoloji ve dijitalleşme en az inşaat sektöründe gözükmektedir, bunun için bundan yıllar önceki bir inşaat alanı fotoğrafı ile bugünkü inşaat alanı fotoğraflarına bakmak yeterlidir. Bu açıdan bakınca bizim de teknolojiyi inşaat sektörü içine daha fazla katmamız gerektiği aşikârdır.

### 4.1. Tasarım Alanındaki Gelişmeler

Tasarımda CAD'den (Bilgisayar Destekli Tasarım) BIM (Building Information Modelling) yani bina bilgi modellemesi sistemlerine geçiş yaşanmaktadır. Bina bilgi modelleme sistemi, binanın konsept tasarımından yıkılıncaya kadarki bütün aşamalarının işlenmesini kapsamaktadır. BIM asla bir program değildir, çeşitli programların aracı-




*Şekil 1*

lık ettiği, her disiplini barındıran ve tasarımcıdan yükleniciye, satışçıya hatta ve hatta binanın işleticisine kadar herkesi kapsayan bir sistemdir. Bu yeni sistemle birlikte artık binalar ilk önce sanal ortamda inşaa edilmektedir. Sanal ortamda binaların inşaa edilmesi sayesinde sahada karşılaşılacak sorunlar daha önceden tespit edilmekte ve buna göre tasarım değişmektedir. BIM sistemine geçilmeden yapılan inşaatlarda, inşaatın devam ettiği sırada karşılaşılan sorunlar düzeltilene kadar inşaatın durmasından dolayı harcanan ek maliyetler ve bazen de yapılmış olan imalatların yıkılıp tekrardan yapılmasından dolayı ek maliyetler ortaya çıkmaktadır. O yüzden BIM sistemleri ile yapılacak olan inşaatlarda bu tür çakışmalar ve problemler sanal inşaatta, tasarım aşamasında saptanacak ve düzeltilecektir. Dolayısıyla herhangi bir ek maliyet gelmesi engellenecektir. Tasarım sırasında yapılan hesaplar da artık çok daha fazla gerçekçi sonuçlar vermekte ve binanın yaşam süresi boyunca veyahut yıllık bazda simülasyonlar yapılıp binanın şekline, kullanılacak malzemelerine, cihaz seçimine kadar bir sürü konuda daha az enerji sarfiyatı olan yapılar elde etmemize yardımcı olmaktadır. (Şekil 1)

BIM sistemleri ile tasarlanan projeler bilgisayar ortamına geçirilirken 3 boyutlu atılması ile birlikte süperpozeler de son derece gerçekçi 3 boyut düzleminde yapılabilmektedir. Çakışma kontrolleri ile de tasarımcıların farkında olamadıkları hataları da program kontrol edip bildirmektedir. Hatta bazı programlarda tasarımcının ayarlayacağı mesafeler ve toleranslar içinde de çakışma kontrolü sağlanmaktadır. Bu sayede yeterli bakım mesafesi veya yan yana belli mesafeler aralığında olmaması gereken hatların kontrolü de sağlanabilmektedir.

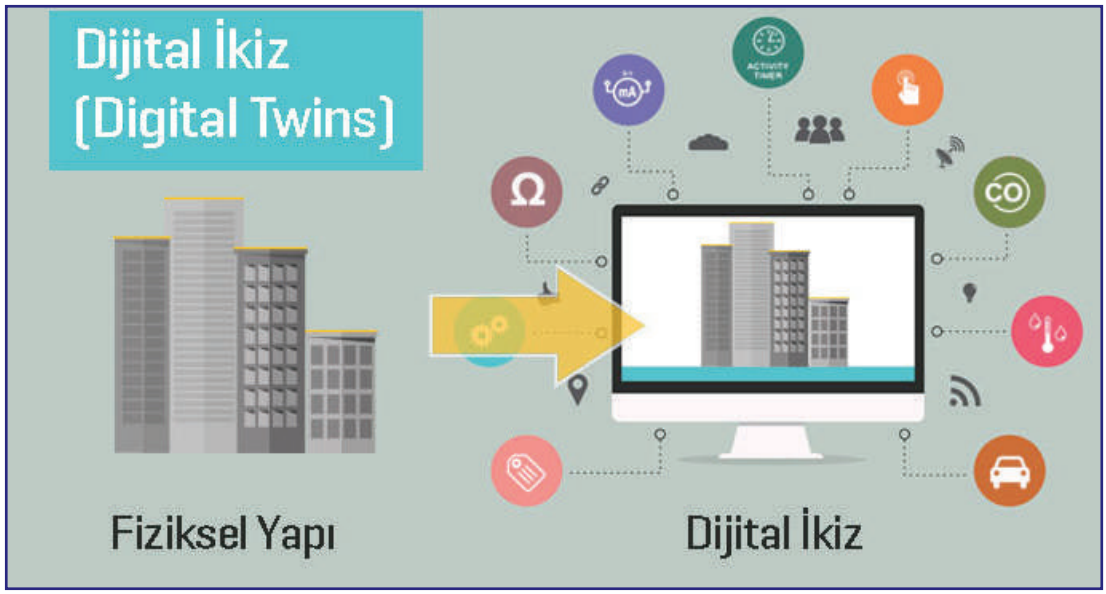
Türkiye'de BIM konusunda çok fazla kafa karışıklığı mevcuttur. Özellikle 3D bir projenin BIM olarak değerlendirilmesi en sık görülen yanlıştır. Halbuki bina bilgi modellemesi olarak tanımlanan bu sistemde en önemli kısımlardan birisinin işlenmiş bilgiler olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Sadece 3 boyutlu ortama atılan çizim, koordinasyon anlamında bir fayda sağlasa da bize hiçbir ekstra bilgi veremeyip, inşaat ve özellikle binanın yaşam aşamasında çok fazla yardımcı olmayacaktır. Bina sahibi ve yatırımcının da ne istediğini önceden belirlemesi gerekmektedir. Bu konuda danışmanların yönlendirmesi çok önemlidir ve doğru bir destek sunularak yatırımcının nelere ihtiyaç olduğu tespit edilmeli buna göre bir yol planı hazırlanmalıdır. Yatırımcı tasarım ihalesine çıktığında, ne talep etmesi gerektiğine hâkim olmalıdır. Tasarımı alan firma veya yatırımcının danışmanlarının BIM uygulama planı hazırlaması gerekmektedir. Bu hazırlanacak olan BIM uygulama planı ile birlikte kimin ne iş yapacağı, sonuç olarak ne elde edileceği ortaya konmuş olacaktır. Bunun yanında belirlenmesi gereken bir diğer nokta da hangi ürünleri hangi detay seviyesinde görmek istediğinizdir. Bu konuda Türkiye göreceli olarak ilerlemektedir. Bütün bu karmaşaları ortadan kaldırmak için bir standarda ihtiyaç vardır. Bu standart çalışmaları, buildingsmart, Türkiye'de başlamış durumdadır ve bu konuda bir standart yayınlanacaktır. Tabi bu konuda ülkemizin ulusal çıkarları da gözetilerek bu standardın yazılması veya Türkçe'ye çevrilmesi gerekmektedir. Bu standardın hazırlanması ve sunulmasıyla birlikte ülkemiz adına büyük bir yol alınacaktır. Bununla birlikte bina kodlarının da hazırlanması ve yayınlanması, tasarlanacak bina modellerinde ve uygulama sırasında bir düzen sağlayacak en büyük etken olacağını söylemek mümkün. Bu konuda da TMMOB düzeyinde bir çalışmanın da başlamış olması sevindiricidir. Bu çalışmanın da tamamlanıp yayınlanması ile birlikte inşaat süreçlerinin çok daha standart bir kaliteye ulaşacağını düşünebiliriz.

BIM konusunda en sık karşılaşılan sıkıntılardan bir diğeri ise insanların programı iyi kullandıkları zaman mühendisliğe ihtiyaç duymayacakları yanılgısı. Programın yaptığı hesap ve önerdiği bazı rotalarla tasarımları doğru bir şekilde gerçekleştireceklerini düşünmektedirler. Maalesef bu durum doğru olmamakla birlikte tasarım için her zamanki gibi bilgi beceri ve tecrübe gerekmektedir. Programlar sonuç olarak sizin çizdiğiniz yönde ilerlemektedir. Aynı şey simülasyon programları için de geçerlidir. Sizin verdiğiniz veriler ne kadar doğru olur ise o kadar gerçekçi doğru sonuçlar alabilirsiniz. Fakat sizler gereksiz veya yanlış veriler ile simülasyonu çalıştırırsanız maalesef alacağınız sonuçlar da yanlış olacaktır.

Bu noktada 'dijital ikiz' kavramından da söz etmek gerekir. (Şekil 2) "Dijital ikiz, fiziksel bir ürünün sanal kopyası olarak ele alınabilir. Yani gerçek bir nesnenin sanal dünyada anlık olarak kopyasının tutulmasıdır. Ürüne bağlanan sensörler ile veriler toplanarak sanal ikizine gönderilmekte ve aradaki etkileşim sayesinde ürünün performansında iyileştirme yapılabilmektedir." [4] O zaman dijital

ikizi; ürünün gerçek fiziksel dünyadaki davranışlarını sergileyen sanal bir kopyasıdır şeklinde tanımlamamız mümkündür. "Dijital ikiz kavramı ilk olarak 2002'de Dr. Michael Grieves tarafından NASA'nın eşleme teknolojisi sonucunda ortaya atılmıştır. 2002'den bu yana var olsa da IoT (Nesnelerin İnterneti) ile birlikte daha etkili hale gelmiştir. Bugün bu etki öylesine önemlidir ki, Gartner'ın 2017'de 10 stratejik teknoloji trendi listesinde yer almaktadır." [5] Nesnelerin İnterneti kavramını da bu noktada açıklamak gerekirse, Nesnelerin İnterneti (IoT), bir cihazın internet üzerinden iletişim ve etkileşim kurmasını sağlayan teknolojiyle bütünleşik olduğunu ifade eder. Böylece söz konusu varlığın uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesi mümkün olur. Peki, mekanik tesisatta önemi nedir? BIM sistemi ile modellenmiş binaların şantiye sırasında da modelin güncel hale getirilmesi ve gerekli yerlerde sensörlerle desteklenip hazırlanacak olan dijital ikizinin, işletme sırasında birçok noktada faydalı olacağı aşikârdır. Tesisin işletme yönetimini yapan firmalar ellerindeki verilerle durum değerlendirmesi yapmak bir yana aynı zamanda hangi sistemleri uygularlarsa veya değişiklik yaparlarsa ne kadar tasarruf elde edebileceklerini bu dijital ikizin üstünde yapacakları simülasyonlarla görebileceklerdir. Bunun yanında bakım zamanlarında veya herhangi bir arıza anında dijital ikize bakılarak, duvar içinde kalan boruların tam olarak rotası tespit edilerek çok daha az yer kırılarak borulara ulaşmak mümkün olacaktır. Gelişmekte olan yapay zeka teknolojisi ile birlikte dijital ikizin bir başka faydası "predictive maintenance" yani önleyici bakım olacaktır. Nesnelerin İnterneti'nin bize getirmiş olduğu, binanın içinde mekanik tesisattaki hatlara, ekipmanlara, kısacası tüketimini görmek istediğimiz her yere yerleştirmiş olduğumuz sensörlerin sayesinde yapay zeka, cihazların tüketimlerini, çalışma saatlerini, yıpranma paylarını ve bir çok başka parametreyi göz önüne alarak cihazların olası bakım ihtiyaç zamanlarını ve değişmesi gereken parçaları söyleyebilmekte, buna göre yedek parça siparişi oluşturabilmektedir. Buna da 'önleyici bakım' denmektedir.

Mevcut binaların restorasyon işlemlerinde ise sahadan röleve alma birkaç ekipman ve program ile çok daha hızlı ve daha doğru şekilde gerçekleşebilmektedir. Özellikle günümüzde her alanda kullanılan dronelar röleve almak açısından da işe yaramaktadır. Belli başlı bazı programlar drone'un uçuş rotalarını röleve için doğru şekilde ayarlanmasını sağlamaktadır. 3 farklı seviyede uçuşunu sağlayan bu programlar binanın etrafında fotoğraf ve video çekmesini sağlayarak daha sonra bilgisayarda program aracılığı ile bu görüntüleri birleştirerek modeli oluşturabilmektedir. Binanın içinde ise daha çok tercih edilen yöntem 360 derece tarayabilen lazer yazıcılardır. Bu lazer yazıcılar belli aralıklarla 3 ayak üstüne yerleştirilip, işin durumuna, beklentisine ve sahanın koşullarına göre çeşitli dakikalarda ayarlanıp farklı kalitelerde elde edile-




*Şekil 2*

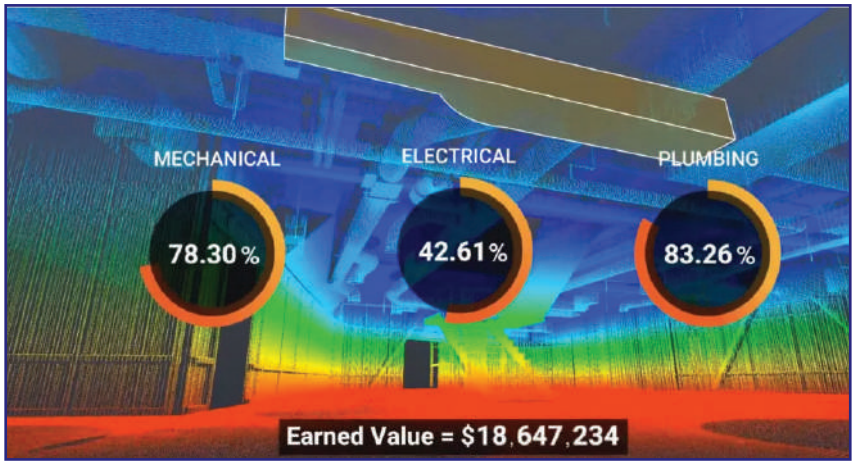
bilen görüntüler ile yine çeşitli programlar aracılığı ile nokta bulutları şeklinde bilgisayara mahallerin ve binanın içini aktarabilmektedir. Farklı programlar kullanarak bu nokta bulutlarını da koordinatları ile birlikte modellemek ve bina bilgi modellemesi sistemleri programlarına aktarmak mümkündür. Bu şekilde lazer metreler aracılığıyla insanların sahadan aldığı rölevelere göre daha kısa sürede daha doğru bir şekilde mevcut binaları modellemek artık mümkündür.

### 4.2. Uygulama Alanındaki Gelişmeler

Uygulama alanında BIM sistemlerine geçiş ile birlikte sahada güncellemeleri hızlı olarak almanın yanı sıra en günceli de almanın sağlanması hedeflenmektedir. Çünkü bu sistemde hedef sahada proje çıktılarını, kâğıtları kullanmak değil tam tersine telefon, tablet ve giyilebilir teknolojilerin kullanılması hedeflenmektedir. Özellikle gelişen teknolojilerle birlikte çeşitli hologram teknolojileri ile projeyi sahada görerek imal etme şansını elde edeceğiz. Yapılmış olan iş programları ile tasarlanan 3 boyutlu proje ve her parçanın birbiri ile eşleşmesi ile birlikte, değişen projelerde anında ilave gelebilecek maliyet veya iş programının güncellenmesi geçmişe göre çok daha hızlanmaktadır. Sahada kullanılan tabletler sayesinde proje yönetim anlamında da çeşitli uygulamalar ile birlikte gerçek koordinat sistemi ile sanal binanın koordinat sistemi çakıştırılmakta, siz sahayı gezerken aynı anda bulunduğunuz noktanın sanal binada neresi olduğunu görmenizi, sanal binada yapılacak olan işleri görmenizi ve nelerin doğru yapılıp nelerin yapılmadığını görmenizi sağlamaktadır. Dolayısıyla günümüzde hazırlanan eksiklikler listesi BIM sistemlerine geçişten sonra sanal ortamda anlık olarak ve koordinatlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Tabletinizden bulunduğunuz



*Şekil 3*




*Şekil 4*

noktada gördüğünüz bir hata veya eksikliği işaretlediğinizde sistem otomatik olarak o konudan kim sorumluysa ona yapılacak iş olarak tanımlamakta, bulunduğu noktayı işaret etmektedir. Bu sayede herhangi bir eksikliğin atlanmasının da önüne geçilmektedir. Böylece inşaattaki eksiklikler hızlıca kapatılmaktadır.

Proje yönetim kanadında AI (artificial ıntelligence) yani yapay zekanın da çok yakın zamanda kullanılacağını ve hatta bazı açılardan da kullanıldığını söylemek gerekir. Bu alanda özellikle şu ara geliştirilmek üzere olan paletli bir drone robotun üzerine takılı olan 360 derece tarayıcı ile birlikte hareket eden, DOXEL adı verilen yapay zekanın proje yönetim alanına çok olumlu bir katkısı olacaktır. (Şekil 3)

BIM (Bina Bilgi Modelleme) platformlarında hazırlanmış bir projenin, sahada uygulanma sırasında bu gezici robot sahadaki merdivenleri çıkabilmekte ve mahal mahal gezmekte. Girdiği alanlarda hareket halinde iken tarama yapıyor ve bilgisayara bilgileri gönderiyor. Aynı anda yapay zeka bu gelen bilgileri işliyor, daha önce çizilmiş olan proje ve yapılmış olan iş programına göre otomatik karşılaştırma yapıyor böylece günlük, haftalık ve aylık olarak otomatik rapor hazırlayıp yetkililere yapılan işin yüzdesini, o ana kadar ki gerçekleşen bütçesini ve kalan yüzdeleri paylaşabiliyor. (Şekil 4)

## SONUÇ

Sonuç olarak teknolojinin yardımı inşaat alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Fakat diğer sektörlerle karşılaştırıldığında inşaat sektörü daha geride gözükmektedir. Bu açıdan dijitalleşmenin inşaat sektöründe gelişeceğini ön görmek zor değil. Yapay zekanın tasarımda ve uygulamada yer alması ile birlikte çok daha enerji ekonomisine sahip daha verimli binalar tasarlanabilecek ve yapım aşamasında çok daha az maliyetli inşaatlar yapılabilecektir. Özellikle BIM sitemlerinin devreye girmesi ile gelecekte inşaat alanında daha sık kullanılacak olan 3D yazıcılar maliyeti ciddi anlamda düşürecektir. Nesnelerin internetinin mekanik tesisat alanında kullanılması ile bu sistemlerin işletme sırasında daha önceden 3D olarak bina içinde kullanılan ekipmanlarla ilgili bilgilerin girildiği modellerin işle haberleşebilmesi sağlanacaktır. Bu haberleşmenin sonucu olarak bulut üzerinden proje müellifleri ile aylık ve yıllık raporlar halinde kullandıkları sistemlerin harcadıkları enerjiler paylaşılabilecektir. Yine bu bilgiler Makina Mühendisleri Odası ile düzenli olarak paylaşıldığında ve arşivlenip Makina Mühendisleri Odası'nın Enerji ve Mekanik Tesisat komisyonlarınca derlenip analiz edildiğinde Türkiye'nin kullanım standartları daha gerçekçi şekilde oluşturulacak, yabancı ülkelerin belirlediği standartlar yerine Türkiye'nin kendi kullanım standartlarına göre tasarlanacak projelerle ülkenin enerji ekonomisine büyük oranda katkı sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

[1] wikipedia.

[2] http://www.autocadbeyni.com/cad-den-bime-kisim-i-cadin-tarihcesi/

[3] https://turgaykayaer.wordpress.com/2012/05/21/proje-yonetimi-tarihcesi/

[4] http://www.protopars.com/2019/03/18/dijital-ikiz/

[5] https://erphaber.com.tr/dijital-ikiz-nedir/