

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVALİMANI TASARIMINDA YAPI BİLGİ MODELLEME SÜRECİ

Burcu ACET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Bina Araştırma ve Planlama Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Kasım, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVALİMANI TASARIMINDA YAPI BİLGİ MODELLEME SÜRECİ

Burcu ACET tarafından hazırlanan tez çalışması 15.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bina Araştırma ve Planlama Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Meral ERDOĞAN, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Meryem Birgül ÇOLAKOĞLU, Üye

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Havalimanı Tasarımında Yapı Bilgi Modelleme Süreci başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Burcu ACET

İmza





Aileme
ve
biricik eşime

TEŞEKKÜR

Havalimanı yapılarında YBM sistemi ile ilgili tez çalışması yapabilme fırsatı tanıdığı, önerileri ve desteği için tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Togan Tong'a teşekkür ederim. Tez sürecim boyunca bana zaman ayırdığı ve tezime kaynak sağlamakta büyük desteği olan Erdinç Çiftçi'ye sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca Bold Mimarlık ailesine ve özellikle Zeki Mehmet Akcan'a teşekkür ederim. Ve tabiki her zaman bana destek olan eşim Mustafa Kemal Acet'e, bana tezimi yazma fırsatı verdiği için oğlum Doğaç Axel'e, her zaman arkamda destekcim annem Mualla Evin'e ve babam Gazanfer Evin'e çok teşekkür ederim, iyi ki varsınız.

Burcu ACET

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiv
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	1
1.3 Hipotez.....	2
2 Havalimanı Projesi Tasarım Süreci	3
2.1 Havalimanı Yer Değerlendirilmesi Ve Seçimi	5
2.2 Hava Tarafı İhtiyaçlarının Belirlenmesi	6
2.3 Kara Tarafı İhtiyaçlarının Belirlenmesi	9
3 Havalimanı Projeleri Kapsamında Yapı Bilgi Modeli	13
3.1 Havalimanı Projeleri Kapsamında Yapı Bilgi Modeli Tarihçesi	13
3.1.1 Detay Seviyesi	15
3.1.2 Modelleme Boyutu.....	18
3.1.3 Model Olgunluk Düzeyleri	19
3.1.4 YBM Uygulama Planı.....	20
3.2 Proje Süreçlerinde Yapı Bilgi Modellemesi	23
3.2.1 Konsept Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı.....	23
3.2.2 Kesin Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı.....	24
3.2.3 Uygulama Projesi Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı.....	24
3.2.4 İşletme Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı.....	25
3.3 Hesaplamalı Tasarım İle Yapı Bilgi Modeli Sistemi Kullanım Alanları.....	27
3.4 Yapı Bilgi Modeli Sistemi İle Yapılan Havalimanı Proje İncelemeleri.....	28

3.4.1 İstanbul Yeni Havalimanı Projesi.....	28
3.4.2 Denver Uluslararası Havalimanı Projesi.....	30
3.4.3 San Francisco Uluslararası Havalimanı Projesi	31
3.4.4 Havalimanların Proje Sürecinde YBM Uygulama Çizelgesi.....	33
4 Vaka İnceleme: Ercan Uluslararası Havalimanı Projesi	34
4.1 Pist Uzunluğunun Belirlenmesi ve Toprak Hareketleri	40
4.2 Terminal Binası Yolcu Mekanlarının IATA Standartlarına Göre Kapasitelerinin Belirlenmesi	43
4.3 Terminal Binası Yerleşim Yeri Kararı	47
4.4 Terminal Binası Cephe ve Çatı Kararları	51
4.5 Yapısal Çelik Kolon İmalatları	55
4.6 Disiplinler Arası Koordinasyonun Sağlanması.....	57
4.7 Pafta Oluşturma Süreci	59
4.8 Metraj ve Maliyet Hesabı	60
4.9 Saha İş Programı ve Vinç Planlaması	62
4.10 Kiralama ve İşletme Planlaması	64
5 Sonuç ve Öneriler	70
A ECN Pist Uzunluğu Hesaplaması	75
B ECN Terminal Binası IATA Standartları Hesaplamaları	82
Kaynakça	91

KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
ACI	Uluslararası Havaalanları Konseyi
AIA	Amerikan Mimarlar Enstitüsü
BIM	Building Information Modelling - Yapı Bilgi Modeli
CAD	Computer Aid Design- Bilgisayar Destekli Tasarım
CIS	İnşaat Şartnameleri Enstitüsü
DIA	Denver Uluslararası Havalimanı
ECN	Ercan Uluslararası Havalimanı
FAA	Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi
IATA	Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAO	Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu
IFC	Industry Foundation Classes – Model Değişim Dosya Formatı
IGA	İstanbul Yeni Havalimanı
LOD	Detay Seviyesi
NSTB	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Taşıma Güvenliği Kurulu
RIBA	İngiliz Mimarlar Kraliyet Enstitüsü
SFO	San Francisco Havalimanı
YBM	Yapı Bilgi Modeli

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Havalimanı Tasarım Süreci.....	5
Şekil 2.2	Havalimanı Genel Yapısı	6
Şekil 2.3	Meydan Referans Kodu	7
Şekil 2.4	Pist Tasarım Planlama Saatlik ve Yıllık Hizmet Hacmi Değerleri	8
Şekil 2.5	Havalimanı Mekan İlişkileri	10
Şekil 2.6	Gelen Yolcu ve Bagaj Akış Şeması.....	11
Şekil 2.7	Giden Yolcu ve Bagaj Akış Şeması.....	12
Şekil 3.1	Yapısal Çelik Kolon Detay Seviye.....	15
Şekil 3.2	YBM Modelleme Boyutu	18
Şekil 3.3	YBM Olgunluk Seviyeleri	19
Şekil 3.4	YBM Proje Aşamaları Döngüsü	23
Şekil 3.5	Proje Fazlarına göre LOD Seviyeleri ve YBM Kullanımları.....	25
Şekil 3.6	Tasarım Yöntemine Göre Çaba ve Zaman Grafiği -MacLeamy Eğrisi	26
Şekil 3.7	Hesaplamalı Tasarım Programı Dynamo Görseli.....	27
Şekil 3.8	İGA Mimari, Statik , MEP Revit Modeli	28
Şekil 3.9	İGA İş Akışı	29
Şekil 3.10	Denver Uluslararası Havalimanı Projesi YBM Modeli	31
Şekil 3.11	San Francisco Havalimanı Projesi YBM Modeli	32
Şekil 4.1	ECN Terminal Binası Mimari , Statik ve MEP Revit Modeli	35
Şekil 4.2	ECN Projesi Model Bölümlendirme Şeması	38
Şekil 4.3	ECN Projesi Organizasyon Şeması	39
Şekil 4.4	Pist Uzunluğunu Belirlenme Süreci	40
Şekil 4.5	ECN Pist Uzunluğu Hesaplama Dynamo Görseli	41
Şekil 4.6	ECN Pist Uzunluğu Hesaplama Dynamo Görseli	41
Şekil 4.7	ECN Revit Arazi Modeli	42
Şekil 4.8	ECN Vaziyet Planı	43
Şekil 4.9	Dynamo Hesaplama Şeması	43
Şekil 4.10	ECN IATA Yolcu Mekanları Dynamo Görseli	44
Şekil 4.11	ECN IATA Yolcu Mekanları Dynamo Görseli	45
Şekil 4.12	ECN IATA Yolcu Mekanları Dynamo Görseli	46
Şekil 4.13	ECN Kuzey Yerleşim Revit Arazi Modeli	48
Şekil 4.14	ECN Güney Yerleşim Revit Arazi Modeli	49
Şekil 4.15	ECN Vaziyet Planı	51
Şekil 4.16	Plan ECN Formit Programı Görseli	52
Şekil 4.17	ECN Insight Programı Görseli.....	52
Şekil 4.18	ECN projesi 21 Aralık Günü Güneş Analizi.....	53
Şekil 4.19	ECN Cephe Panelleri	54
Şekil 4.20	ECN Terminal Binası Apron Cephesi Autodesk Revit Programı Görsel..	54
Şekil 4.21	ECN Terminal Binası Apron Cephe Görseli	55
Şekil 4.22	Ağaç Kolon İlk Eskizi ve Maketi	55
Şekil 4.23	ECN projesi Çelik Ağaç Kolon Model ve İmalat Görselleri	56
Şekil 4.24	ECN Projesi Navisworks Çakışma Testi	58
Şekil 4.25	ECN Projesi Çakışma Kontrol Grafikleri	58
Şekil 4.26	ECN Projesi Örnek Pafta- Merdiven Plan ,Kesit ve Detay Paftası	59
Şekil 4.27	CSI Masterformat ve Uniformat Anlatımı	61

Şekil 4.28	ECN Projesi Metraj Görseli.....	62
Şekil 4.29	ECN Projesi Revit Modeli	62
Şekil 4.30	ECN Projesi Synchro Programı İle İş Programı	63
Şekil 4.31	ECN Projesi İnşaat Fotoğrafi	64
Şekil 4.32	ECN projesi Terminal Binası Fonksiyon Kat Planlar.....	65
Şekil 4.33	ECN Projesi Ticari Alanlara Ait Paftalar	66
Şekil 4.34	YBM Proje Süreci.....	67
Şekil 4.35	YBM Proje Süreci.....	69



TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Proje LOD Tablo Örneği	17
Tablo 3.2	YBM Uygulama Planı Örnekleri.....	21
Tablo 3.3	Penn State Üniversitesi YBM Uygulama Planı İçerik	22
Tablo 3.4	Havalimanı Proje Süreci YBM Uygulamaları.....	33
Tablo 4.1	ECN YBM Uygulama Planı YBM Kullanım Analizi.....	35
Tablo 4.2	ECN YBM Uygulama Planı YBM Kullanımı	36
Tablo 4.3	ECNYBM Uygulama Planı YBM Hedefleri	37
Tablo 4.4	ECN YBM Uygulama Planı YBM Sorumluluk ve Roller.....	37
Tablo 4.5	Tez kapsamında ECN YBM Kullanım Alanları.....	40
Tablo 4.6	ECN Arazi Yerleşim Yönlerine Göre Dolgu-Hafriyat Miktarları.....	50



Havalimanı Tasarımında Yapı Bilgi Modelleme Süreci

Burcu ACET

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Togan

Havalimanı projeleri mimari, statik, mekanik, elektrik, altyapı gibi çok sayıda birimlerin ve cephe, akustik, yangın, operasyon danışmanları gibi çok sayıda danışmanların birlikte çalışmasını gerektiren karmaşık ve büyük projelerdir.

Proje süreçleri (planlama, tasarım, yapım ve işletme) ilerledikçe projeye katılan katılımcı sayıları da artmaktadır. Artan katılımcılar arasında yayınlanan dokümanların kontrolü, iş programı kontrolü, metraj ve bütçenin hazırlanması ve bu dokümanlara uygun imalatların yapılması oldukça karmaşık hale gelmekte ve yanlış imalatlar yapılmaktadır. Yanlış imalatlar maliyet ve süre artışına sebep olmaktadır. İnşaatı tamamlanan havaalanlarının işletmesi de proje süreci kadar karmaşıktır ve 7/24 yaşayan havaalanları işletmesini aksatmadan bakım ve onarım işlerinin de devam etmesi gerekmektedir. Tüm bu süreçleri yönetebilmek için 2 boyutlu çizimlerle yapılan projeler ve farklı ortamlarda hazırlanan dokümanların yönetimi yetersiz kalmaktadır. 1970'li yıllarda gelişmeye başlayan YBM sistemi havalimanı projelerinde de kullanılmaya başlandı.

Yapı Bilgi Modeli (YBM) (BIM) dijital ortamda yapının üretildiği, tüm proje katılımcı çalışmalarının bir araya getirildiği, yönetildiği, bilgi alışverişinin yapıldığı ve bilginin

paylaşıldığı üç boyutlu bir ortamdır. Aynı zamanda zaman, maliyet vb. boyutlar da eklenerek oluşturulan 4,5,6,7...vb boyutlu bir sistemdir. Projenin yaşam döngüsü içerisindeki tüm süreçleri kapsamaktadır. Proje süreçleri bilgisayar ürünü bir veya birçok model yardımıyla simüle edilmektedir.

YBM, tüm paydaşların ortak ve bütünleşik çalışmasıyla, bir ya da birden fazla yapının dijital olarak inşa edilmesiyle birlikte, imalat, fabrikasyon ve tedarik süreçleri ile ilgili tüm enformasyonu içermektedir. YBM ve süreci doğru kurgulandığında yapı üretiminde kalite, maliyet ve süre konusunda daha iyi sonuçlara ulaşılmaktadır.

Havalimanı projelerinde ilk yapı bilgi modeli 2003 yılında oluşturulmuştur. Frankfurt havalimanı işletmesi operasyon ve tesis yönetimini desteklemek için merkezi veri tabanı geliştirilmiş. Operasyonlardaki aksamaları en aza indirmek için bu verileri daha hızlı bulmak ve işlemek için mühendislik, finans, operasyon, bakım, güvenlik ve acil durum müdahale ekiplerinin bilgileriyle etkileşimli tesis haritaları oluşturulmuştur. Devamında da Londra Heathrow Havalimanı, Gatwick Havalimanı, Denver Uluslararası Havaalanlarında YBM sistemi kullanılmıştır. Günümüze kadar dünya da oldukça fazla örnekleri bulunmaktadır.

Yapı bilgi modeli yapının sanal ortamda deneyimlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu deneyimler projenin tasarımdan işletmesine kadar tüm süreçlerinde fayda sağlamaktadır. Dijital teknolojiler hesaplamalı tasarım yoluyla fiziksel dünya da deneyimlemeye gerek olmadan dijital ortamda oluşturulan yapı modelleriyle tasarımın her aşamasına yön vermektedir. Örneğin konsept proje aşamasında modeli yapılmış bir projenin gerçek konumuna göre güneş analizini yaparak cephede kullanılacak dolu-boş oranına, güneş kırıcı seçimine ...vb kadar bir çok konuda karar alınmasına yardımcı olmakta, kesin proje sürecinde ilgili yönetmeliklere uygunluk kontrolünü yapılabilmekte , uygulama projesi sürecinde disiplinler arası çakıştırma testleri yaparak olası yanlış imalatların yapılmasını engellemekte , şantiye sürecinde iş programı ile modeli birleştirerek planlama kararlarının alınmasını sağlamakta , işletme sürecinde ise mekanik cihazların garanti ve bakım gibi işletmesel verileri takip edilebilmektedir.

Bu kapsamda tezin amacı dört adet havalimanı projesinin tasarım kriterlerinin YBM araçlarıyla nasıl deneyimledikleri incelenmiştir. Proje gizlilik sözleşmelerinden

dolayı projeler ile ilgili aynı detayda bilgi bulunamamıştır. Sadece Ercan Uluslararası Havalimanı projesi (ECN) tüm proje süreçlerinde kullanıldığı ile ilgili doküman paylaşabildiği için detaylı olarak incelenebilmiş ve vaka etüdü olarak bu proje seçilmiştir.

Ercan Uluslararası Havalimanı projesinde ön tasarım süreciyle başlayan YBM sistemi projenin tüm fazlarında kullanılmıştır. Ön tasarım sürecinde güneş analizleri, terminal binası yerleşim kararı, pist uzunluğu ve toprak hareketleri kararı ve yapılan güneş analizlerine göre de cephe kararları verilmiştir. Kesin proje sürecinde terminal binası yolcu mekanları IATA standartlarına göre kapasite kontrolleri yapılmıştır. YBM sistemi ile bütünleşmiş olan hesaplamalı tasarım programı olan Dynamo'da bu proje de oldukça etkin bir yer almıştır. Bir çok veriyle hesaplanan terminal içi yolcu mekanlarının ve pist uzunluğunun hesaplamaları ve kontrolleri Dynamo ile yapılmış ve projeden kontrol edilmiştir. Uygulama proje sürecinde ise disiplinler arası koordinasyonun yapılması, metraj ve maliyet hesaplamaları ve imalat için çelik kolon taarım detayları yapılmıştır. Şantiye sürecinde ise saha ekipleriyle beraber iş programı ve kule vinç planlaması, disiplinler arası koordinasyon yapılması ve kiralama ve işletme planlaması yapılmıştır. Tüm proje süreçlerinde paftalama ve pafta için yapılan etiketleme işleri Dynamo programı kullanıldığı için zaman olarak fayda sağlanmıştır.

Tez kapsamında YBM sistemi ve hesaplamalı tasarım teknolojilerinin birlikte içiçe bir şekilde çalışılmasının havalimanı gibi karmaşık yapı tasarımlarını sayısal veriler doğrultusunda tasarlanmasına yardımcı olunmasının altı çizilmektedir. Yapılan bu tez çalışmasının ileride yapılacak olan araştırma ve çalışmalara yardımcı olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modeli, havalimanı tasarımı, Ercan uluslararası havalimanı

Building Information Modeling Process in Airport Design

Burcu ACET

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Togan TONG

Airport projects are complex and large projects that require a large number of units such as architectural, static, mechanical, electrical, infrastructure and many consultants such as facade, acoustics, fire and operation consultants.

As project processes (planning, design, construction and operation) progress, the number of participants in the project increases. Among the increasing participants, the control of the published documents, the control of the work program, the preparation of the quantity and budget, and the production of these documents are becoming very complicated and the wrong productions are made. Incorrect manufacturing leads to an increase in cost and time. The operation of the completed airports is as complex as the project process and maintenance and repair works should continue without interrupting the operation of the 24/7 living airports. In order to manage all these processes, projects made with 2-dimensional drawings and documents prepared in different environments are inadequate. The YBM system, which started to develop in the 1970s, was also used in airport projects.

Building Information Model (BIM) is a three-dimensional environment in which the structure is produced in a digital environment, all project participant works are brought together, managed, exchanged and shared information. At the same time

time, cost and so on. It is a system of 4,5,6,7... and so on. It covers all the processes in the life cycle of the project. Project processes are simulated with the help of one or more models of computer product.

BIM includes all information related to manufacturing, fabrication and procurement processes, with the joint and integrated work of all stakeholders, with the digital construction of one or more structures. When YBM and its process is constructed correctly, better results are achieved in terms of quality, cost and time in building production.

The first building information model in airport projects was established in 2003. A central database has been developed to support the operation and facility management of the Frankfurt airport operation. Interactive facility maps were created with information from engineering, finance, operations, maintenance, security and emergency response teams to find and process these data faster to minimize disruptions in operations. Then, the London Heathrow Airport, Gatwick Airport, Denver International Airport BIM system was used. To date, there are quite a few examples in the world.

The building information model allows the building to be experienced in a virtual environment. These experiences provide benefits in all processes of the project from design to operation. Digital technologies lead each stage of design with building models created in digital environment without the need to experience in the physical world through computational design. For example, in the concept project stage, it helps to make decisions on many issues such as full-empty ratio to be used on the facade, selection of solar shading, etc. by making the solar analysis according to the actual position of a model project, and it can make the conformity control to the relevant regulations in the final project process, and interdisciplinary overlap in the implementation project process. tests to prevent possible wrong manufacturing, combining the work program with the model in the process of the construction process to make planning decisions, operational process, such as the maintenance and maintenance of mechanical devices, such as operational data can be followed.

In this context, the aim of the thesis is to examine how the design criteria of four airport projects are experienced with BIM tools. Due to the confidentiality of the

project, information about the projects could not be found in the same detail. Only the Ercan International Airport project (ECN) was used in all project processes.

The YBM system, which started with the preliminary design process in the Ercan International Airport project, was used in all phases of the project. During the preliminary design process, solar analysis, terminal building settlement decision, runway length and soil movements decision, and solar analysis were made according to the facade decisions. During the final project process, the terminal building passenger spaces were controlled according to IATA standards. Dynamo, a computational design program integrated with the BIM system, has taken an active part in this project. Calculations and controls of passenger spaces and runway length calculated by a lot of data were made with Dynamo and controlled from the project. During the application project process, coordination between the disciplines, quantity and cost calculations and design of steel columns for manufacturing were made. During the construction site, work program and tower crane planning, coordination among the disciplines and rental and operation planning were made with the field teams. In all project processes, layouts and labeling works for layouts were benefited as Dynamo program was used.

Within the scope of the thesis, it is underlined that working together with BIM system and computational design technologies to help design complex structure designs such as airports in line with numerical data. This thesis is intended to help future research and studies.

Keywords: Building information modeling, airport design, Ercan international airport

1.1 Literatür Özeti

Literatür taraması dört ana başlık altında yapılmıştır. Bu konular hakkında yazılmış makale, kitap ve sunumlar incelenmiş olup bazılarının isimleri aşağıda belirtilmiştir.

İlk olarak havalimanı tasarım kriterleri incelenerek başlanmıştır. Havacılık alanında tüm dünyanın kabul ettiği ICAO ve IATA'nın havacılık alanında yayınlamış oldukları standartlar ve kitaplar incelenmiştir.

İkinci ana başlık ise Yapı Bilgi Modelleme (YBM) konusudur. Bu konuda yazılmış kaynaklar araştırılmış ve en temel kitap olan 'BIM Handbook' kitabı detaylı olarak incelenmiştir.

Üçüncü ana başlık ise dünya da YBM sistemi ile yapılmış havalimanı projeleri araştırılmış ve bu örneklerle ait makaleler ve sunumlar incelenmiştir.

Dördüncü ana başlık ise vaka çalışmasına karar verilmiş ve ECN projesi ile ilgili yayınlanan dokümanlar, sunumlar ve Bold Mimarlık arşivleri incelenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Havalimanı projeleri mimari, statik, mekanik, elektrik, altyapı gibi çok sayıda birimlerin ve cephe, akustik, yangın, operasyon danışmanları gibi çok sayıda danışmanların birlikte çalışmasını gerektiren karmaşık ve büyük projelerdir.

Karmaşık yapıların tasarım ve yapım süreçlerinde karmaşık olması inşaat sektörünün daha sistematik yeni bir sistem arayışına girmesine sebep olmuştur. 1970'ler gelişmeye başlayan YBM sistemi ile ön tasarım sürecinden işletme sürecine kadar bilginin aktarılmasına ve sistematik bir şekilde süreçlerin yönetilmesine imkan tanımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, havalimanı yapılarının tasarımdan işletmeye kadar olan tüm süreçlerinde YBM sisteminin nasıl kullanıldığının örnekleri ile anlatılması ve YBM

sistemine ile beraber hesaplamalı tasarımın YBM sistemi ile bütünleşmesine örneklerle anlatmak ve gelecekte havalimanı tasarımlarında nasıl etkili olacağı anlatılmaktadır. Yapılan bu çalışma ile gelecekte YBM sistemiyle yapılacak olan havalimanı projelerine kaynak olması hedeflenmektedir.

1.3 Hipotez

Havalimanı projeleri çok sayıda disiplinin ve danışmanın beraber çalıştığı karmaşık ve büyük projelerdir. Havalimanlarının tüm proje fazlarında uyulması gereken standartlar, teknolojinin gelişmesiyle uygulanan yeni havacılık sistemleriyle tasarım sürecinden işletme sürecine kadar olan yapı yaşam döngüsü boyunca uyulması gereken standartlar oldukça fazladır. Tüm bu sistem ve standartların uyum için tasarlanması, uygulanması ve işletilmesi sistematik bir çalışmanın sonucunda ortaya çıkabilmektedir.

Çağımızda gelişen bilgisayar teknolojilerinin de yardımıyla gelişen YBM sistemi sayısallaştırılmış sanal yapılar yapmamıza ve yapılan bu sanal yapıları deneyimlememize olanak sağlamaktadır.

Hesaplamalı tasarım yöntemleri YBM sisteminin ayrılmaz bir parçası haline gelmekte ve YBM sisteminin gelişmesine büyük katkıda bulunmaktadır.

Tez kapsamında YBM sistemi ile yapılan dört havalimanlarının proje süreçleri incelenecek ve Ercan Uluslararası Havalimanı projesi vaka çalışması olarak detaylı ele alınıp havalimanı proje süreçlerinde kullanım alanlarının yöntemleri örneklerle ele alınacaktır.

Havalimanı planlaması; uçakların, yolcuların, kargonun ve bunlara bağlı yer taşıtlarının hareketi için gerekli tesis ve hizmetlerin çokluğu ve tüm bunların entegre halde planlanması gerekliliği sebebiyle çok karmaşık bir süreçtir. Adı geçen tesisler; pist ve taksi yolları, apronlar, uçak personelinin yolcu uğurlayıp karşıladığı binalar ile hükümet kontrol görevlilerinin araştırmalarını yaptıkları ve yolcuların rahat ve huzurunu sağlamaya çalıştıkları mekanları kapsamaktadır. Uçak bakımı için bina ve parklar; yolcular, ziyaretçiler, uçak personeli ve tüm havalimanı nüfusu tarafından kullanılan taşıtlar için yol ve park yerleri ile hava kargolarının gönderilip alındığı binalar, ek ihtiyaçlar arasında sayılabilir (ICAO, 2009a).

Bir havalimanının işletiminde bu tesislerden pek çoğunun özellikle bir araya gelmesi nedeniyle, adı geçen tesisler, ayrı üniteler olarak planlanmalıdırlar. Uçak apron alanları işlevsel olarak bağlı oldukları binalara entegre edilmelidirler. Aynı şekilde, taşıt park yerleri de, kendilerini kullanan insanların aktivitelerine ve bu insanların bulunduğu binalara göre düzenlenmelidir (ICAO, 2009a).

Havalimanı planlaması, her bir tesis için önerilen en iyi planların karşıt özellikleri arasından bir uyum yaratmaktır. Genel planda ihtiyaç duyulan hassasiyet ve dengenin derecesi, havalimanının desteklemesi gereken aktivitelerin ölçüsüyle doğru orantılıdır. Uçak, taşıt ve yolcu hareketleri hızlandıkça havalimanı planlarının optimum uyumu sağlaması yani birim planların birleşerek en verimli son planı oluşturması ve gelecekteki düzenlemeler için gerekli en yüksek esneklik ve genişletilebilirliği sağlaması gerekir (ICAO, 2009a).

Havalimanı fonksiyonel olarak hava tarafı ve kara tarafı olarak 2 kısma ayrılır. Hava tarafı pist, taksi yolu, apron ve uçaklara yardımcı diğer tesislerden oluşmaktadır. Kara tarafı ise yolcuların ve bagajlarının iniş ve binişine imkan veren mekanlardır.

Uçakların, pistlerin, havalimanı altyapısının, havalimanı yolcu mekanlarının vb. uluslararası düzeyde standardize edilmesi için sivil örgütler kurulmuştur. Bu örgütlerin başlıcaları:

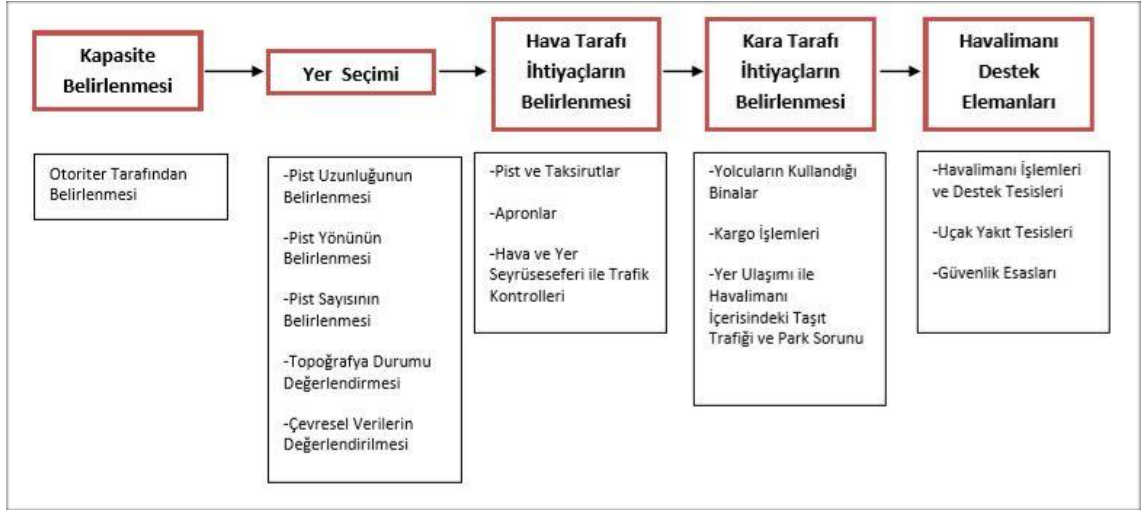
- International Civil Aviation Organisation (ICAO): Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu
- International Air Transport Association (IATA): Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
- Federal Aviation Administration (FAA): Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi
- Airports Council International (ACI): Uluslararası Havaalanları Konseyi
- National Transportation Safety Board (NTSB): Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Taşıma Güvenliği Kurulu

Havalimanı tasarımı süreci havalimanının kapasitelerinin belirlenmesi ile başlamaktadır. Kapasitenin belirlenmesi ise genellikle ülke yönetimlerine bağlı olan birimlerdeki otoritelerin karar vermesi ile olmaktadır. Kapasite bilgisi; havalimanına yıllık yolcu kapasitesi, kargo terminali kapasitesi , trafik tipi (ulusal ya da uluslararası) bilgilerini içermektedir.

Havalimanı kapasitesi belirlenmesinden sonra havalimanının yapılacağı yerin seçilmesi devamında hava tarafı ihtiyaçları olan pist, taksirut, apron, hava ve yer seyrüsefer ile trafik kontrolleri için ihtiyaçlar belirlenmelidir.

Hava tarafı ihtiyaçları belirlenmesiyle beraber kara tarafı ihtiyaçları olan yolcunun kullandığı binalar, kargo işlemlerinin yapıldığı binalar ve yer ulaşımı ile havalimanı içerisindeki taşıt trafiği ve park ihtiyaçları belirlenmelidir (Acar, 2006).

Kara tarafı ihtiyaçları belirlendikten sonra da son olarak havalimanı destek elemanları olan havalimanı işlemleri ve destek tesisleri, uçak yakıt tesisleri ve güvenlik esasları ihtiyacı belirlenmelidir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Havalimanı Tasarım Süreci (ICAO, 2009a)

2.1 Havalimanı Yer Değerlendirilmesi ve Seçimi

Mevcut havalimanının gelişimi ya da yeni yapılacak havalimanı yer seçiminde etkili ana faktörler; pist uzunluğu, pist sayısı, pist yönü dür.

Pist uzunluğu uçak teknolojilerine, rakıma ve sıcaklık değerlerine bağlı iken pist sayısı planlanan uçak yoğunluk faktörüne bağlıdır. Pist yönü ise hakim rüzgar yönü ana belirleyicidir.

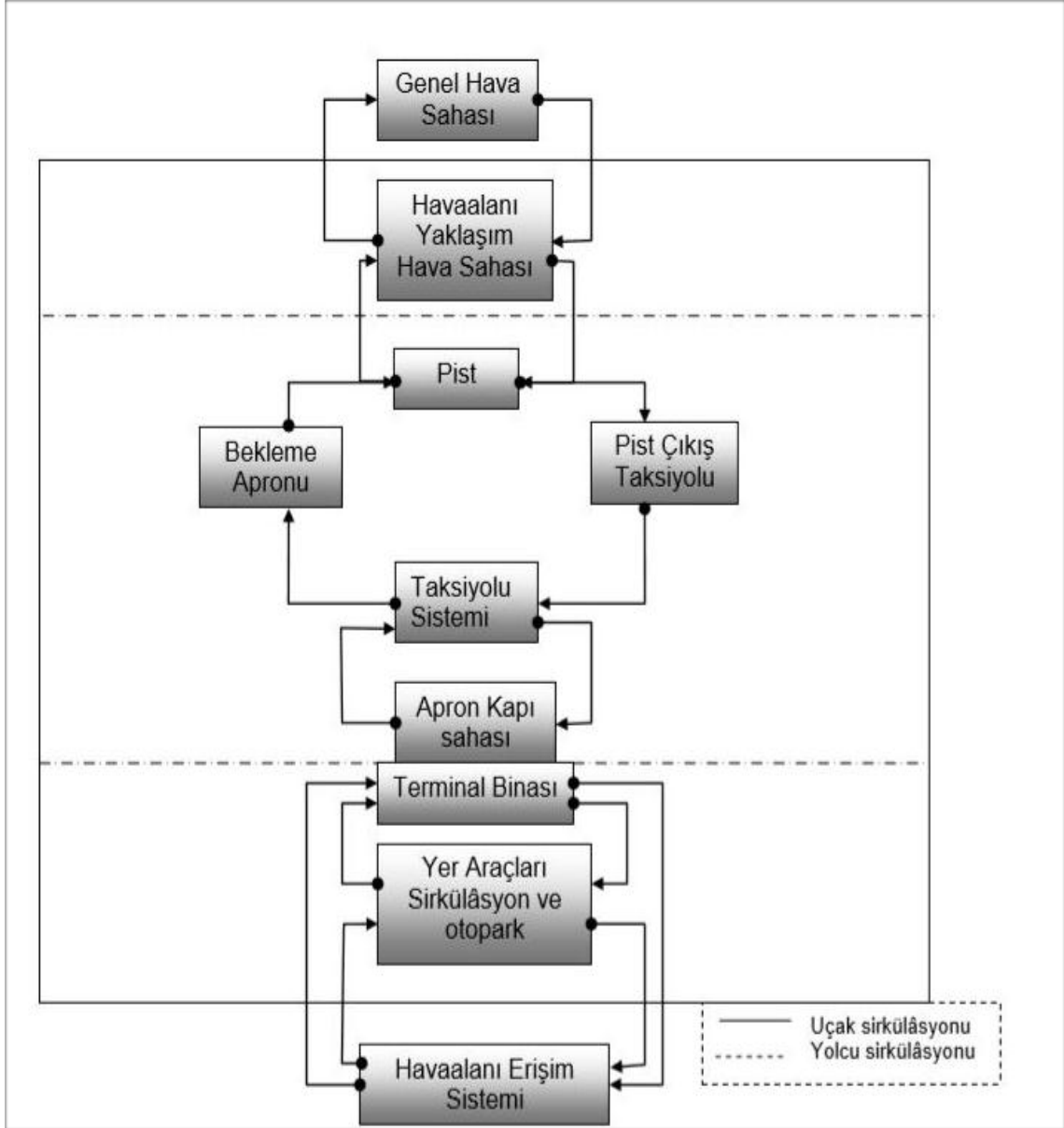
Havalimanı yer seçimini etkileyen diğer faktörler:

- Arazi verileri
- Ulaşım imkanları
- Atmosferik Koşullar
- Varolan veya yeni bir havalimanı alanı genişlemesinin mümkün olması (Yakın çevresinin kullanılabilirliği)
- Çevrede gürültüye hassas alanların tespit edilmeli (Yaşam kaynakları, göç yolları, hastaneler.. gibi)

Yukarıda belirtilen faktörlere göre avantajlar ve dezavantajlar belirlenir ve en az maliyete göre otoriteler tarafından seçim yapılmaktadır.

2.2 Hava Tarafı İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Pist , taksi yolu,apron ,seyrüsefer ve trafik kontrol yardımcıları hava tarafı olarak adlandırılmaktadır. Hava tarafı ihtiyaçlarından olan pist ve taksirutlar master planlama ile beraber yürütülmesi gereken ve havalimanının temelini oluşturan havalimanı elemanıdır.



Şekil 2.2 Havalimanı Genel Yapısı (ICAO, 2009a)

Pist ve Taksi Yolları ; İhtiyaç duydukları geniş yerleşim alanları ile uçak işletimleri için gerekli büyük hava hacimleri nedeniyle, bir havalimanı yerleşiminde pistler ve onlara bağlı taksi yolları başlangıç noktası olarak alınmalıdırlar.

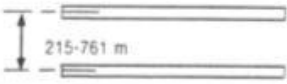
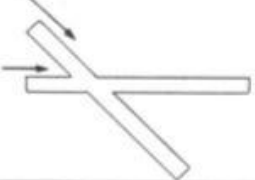
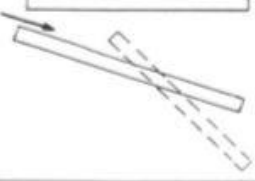
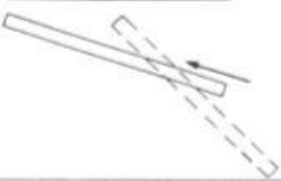
Pist genişliği ile eğimini ilgilendiren konular ve yerleşim alanının diğer özellikleri için uçakların performansı, pilotaj ve hava koşulları gibi hususlardaki büyük farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Çeşitli büyüklükteki havaalanlarına ve bunların sunduğu hizmetlere yönelik standartları belirlemek amacıyla referans kodları oluşturulmuştur. Referans kodlarının amacı, tasarım özelliklerini ilgilendiren farklı şartnameleri pist üzerinde bulunması beklenen değişik uçaklara uygun bir seri havalimanı tesisi sağlamak için birbirleriyle ilintilendirmektir. Söz konusu kod Şekil 2.3'de gösterilemekte olup temel havalimanı uzunluğu ile uçağın kanat açıklığı ve tekerlek açıklığına göre belirlenmektedir.

1. KOD BİLEŞENİ		2. KOD BİLEŞENİ		
Kod Numarası	Uçak Referans Alan Uzunluğu	Kod Harfi	Kanat açıklığı	Dış Tekerlek Açıklığı ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	800 m.den az	A	15 m.ye kadar	4.5 m.ye kadar
2	800 m.den 1200 m.ye kadar	B	15 m.den 24 m.ye kadar	4.5 m.den 6 m.ye kadar
3	1200 m.den 1800 m.ye kadar	C	24 m.den 36 m.ye kadar	6 m.den 9 m.ye kadar
4	1800 m. ve yukarısı	D	36 m.den 52 m.ye kadar	9 m.den 14 m.ye kadar
		E	52 m.den 65 m.ye kadar	9 m.den 14 m.ye kadar

^a Ana tekerleklerin dış kenarları arasındaki mesafe.

Şekil 2.3 Meydan Referans Kodu (ICAO, 2009a)

No:	Pist kullanım konfigürasyonu	Saatlik kapasite işletim / saat		Yıllık hizmet hacmi işletim / kapasite
		VFR	IFR	
1		51-98	50-59	195 000-240 000
2		94-197	56-60	260 000-355 000
3		103-197	62-75	275 000-365 000
4		103-197	99-119	305 000-370 000
5		72-98	56-60	200 000-265 000
6		73-150	56-60	220 000-270 000
7		73-132	56-60	215 000-265 000

Şekil 2.4 Pist Tasarım Planlama Saatlik ve Yıllık Hizmet Hacmi Değerleri (ICAO,2009a)

Apronlar ; Havalimanlarında yolcu indirme-bindime , posta ve kargo yükleme – boşaltma, yakıt ikmali, park ve bakım amacıyla durdukları bölgeye denilmektedir.

Apronun boyutlarının belirlenmesi için gerekli temel parametreler:

- Günümüzde ve gelecekte ihtiyaç duyulacak uçak park yeri sayısı

- Günümüzde ve gelecekteki uçak tipleri
- Uçak boyutları ve manevra kabiliyetleri
- Terminalin şekli ve gelişmeler için uygun çevre araziler de dahil olmak üzere uçak park düzenleri
- Uçakların diğer uçaklar, binalar ve diğer sabit cisimlerle arasında bulunması gereken minimum mesafe
- Uçağın park yerine yerleştirilmesi ile ilgili bilgiler
- Uçaklar için yer hizmeti ihtiyaçları (taşıt - mevcut bakım hizmetleri karşılaştırmaları gibi)
- Taksirutlar ve servis yolları

Yolcu apronu, kargo terminali apronu, bakım terminali apronu, park apronu, genel havacılık apronu ve helikopter apronu olarak apronlar bulunmaktadır. Apron tipleri her havalimanı için gerekli olmamakla birlikte, havalimanında beklenen trafik tipi ve hacmine bağlı olarak bunlara ihtiyaç duyulup duyulmadığı ve eğer bir ihtiyaç söz konusu ise, büyüklüklerinin ne olması gerektiği hesaplanmalıdır.

2.3 Kara Tarafı İhtiyaçlarının Belirlenmesi

Yolcu yükleme araçlarının yolcu binasıyla birleştiği noktasından başlayıp, yolcu binaları ile kargo tesislerinin içinden ve onları da kapsayacak şekilde uzanan ve yer ulaşım sistemine bu sistemi de içine alarak erişen bölümüne verilen addır (ICAO,2009a).

Terminal binasının tasarımında bulunması gereken mekanlar listelenmiş ve birbirleriyle ilişkileri 1. Derece , 2. Derece ve ilişkisi yok şeklinde işaretlenmiştir.

		Park				Terminal																		Apron-Pist-Taksi yol									
		Gelen yolcu platformu	Giden yolcu platformu	Hızlı transit giriş	Otopark	Lobi	Uçağa erişim - Körükler	Uçağa erişim - Tazyiciler	Bilet girişleri	Gelen bagaj alanları	Giden bagaj alanları	Bagaj alımı	Satış yerleri	Gümrük denetimi	Pasaport	Güvenlik denetimi	Uçuş	Mürettebat holü	Catering	Uçak bakımı	Uçak depoları ve aletler	Yer ekipmanı bakımı	Kargo	Havayolu büroları	Havaalanı yönetimi	WC	Gözetleme alanları	Yer ekipmanı otoparkı	Apron	Yakıt alma, Çöp boşaltma	Kontrol kulesi	Taksi yolları	Yaya yolları
Park	Gelen yolcu platformu																																
	Giden yolcu platformu																																
	Hızlı transit giriş																																
	Otopark																																
Terminal	Lobi																																
	Uçağa erişim - Körükler																																
	Uçağa erişim - Tazyiciler																																
	Bilet girişleri																																
	Gelen bagaj alanları																																
	Giden bagaj alanları																																
	Bagaj alımı																																
	Satış yerleri																																
	Gümrük denetimi																																
	Pasaport																																
	Güvenlik denetimi																																
	Uçuş																																
	Mürettebat holü																																
	Catering																																
	Uçak bakımı																																
	Uçak depoları ve aletler																																
	Yer ekipmanı bakımı																																
	Kargo																																
Havayolu büroları																																	
Havaalanı yönetimi																																	
WC																																	
Gözetleme alanları																																	
Apron-Pist-Taksi alanları	Yer ekipmanı otoparkı																																
	Apron																																
	Yakıt alma, Çöp boşaltma																																
	Kontrol kulesi																																
	Taksi yolları																																
Yaya yolları																																	

1. derecede ilgili

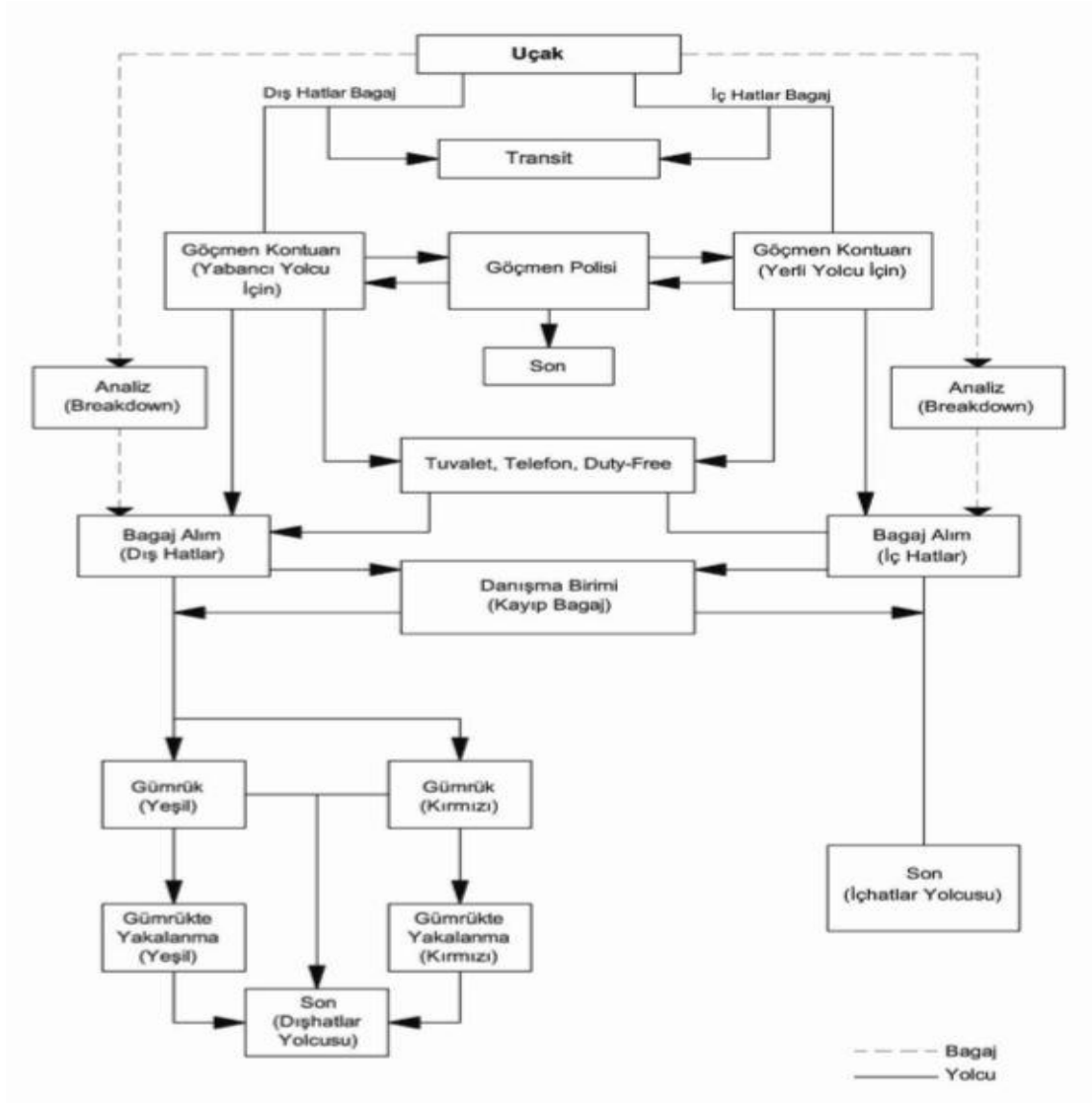
2. derecede ilgili

ilgili yok

Şekil 2.5 Havalimanı Mekan İlişkileri (Der Flughafen vd., 1980)

Gelen yolcunun uçaktan inişiyle havalimanını terke edene kadar ilişkili olabileceği mekanlar ve giden yolcunun havalimanına girişiyle uçağa binişine kadar olan ilişki halinde olabileceği mekanlar Şekil 2.6 ve Şekil 2.7 'de belirtilmiştir. Örneğin yabancı uyruklu dış hatlar yolcusunun göçmen polisinden sonra bagaj alım bölümüne geçeceği ve sonrasında gümrük biriminden geçeceği ve bu süreçte ihtiyaçları olabilecek mekanlar şekilde detaylı olarak gösterilmiştir.

Güvenlik önlemleri açısından havalimanlarında hava tarafı ve kara tarafı olmak üzere iki bölge mevcuttur. Yolcular hem hava hem de kara tarafı ile ilişki halindedir.



Şekil 2.6 Gelen Yolcu ve Bagaj Akış Şeması (Jim, Chang, 1998)

Havalimanı kara tarafı ihtiyaçları bu mekanların birbirleriyle ilişkileri ve Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA)'nın yayınlamış olduğu standartlar doğrultusunda ilgili mekanların kapasite hesaplarının yapılmasıyla belirlenmektedir. Bu hesaplamalar havalimanların yıllık yolcu kapasitesi, havalimanına iniş yapan uçak boyutları, pik saatteki yolcuları sayıları gibi birçok veriler doğrultusunda hesaplanmaktadır.

Havalimanı Projeleri Kapsamında Yapı Bilgi Modeli

Bu bölümde Yapı Bilgi Modeli (YBM)'ne geçiş yapıp havalimanlarında YBM tarihsel gelişimini ve genel YBM tanımlamaları hakkında açıklamalar yapılmaktadır. Bölümün ikinci başlığı altında proje fazlarına göre YBM'nin nasıl kullanıldığı detaylı olarak bilgi verilmektedir. Bölümün üçüncü başlığında ise hesaplamalı tasarım ile YBM sisteminin kullanım alanları anlatılmaktadır. Bölümün son başlığında ise YBM sistemi ile yapılan havalimanı projeleri incelenmektedir.

3.1 Havalimanı Projeleri Kapsamında Yapı Bilgi Modeli Tarihçesi

Havalimanı projelerinde ilk Yapı Bilgi Model (YBM) kullanımı 2003 yılında Almanya'daki Frankfurt Havalimanı'nda(yaklaşık 65 milyon yolcu / yıl) belgelenmiştir. Yapılan model ile Frankfurt havalimanı işletmesi operasyon ve tesis yönetimini desteklemek için merkezi veri tabanı Bentley programı kullanılarak geliştirilmiştir. Operasyonlardaki aksamaları en aza indirmek için bu verileri daha hızlı bulmak ve işlemek için mühendislik, finans, operasyon ,bakım, güvenlik ve acil durum müdahale ekiplerinin bilgileriyle etkileşimli tesis haritaları oluşturulmuştur (McCuen vd., 2016).

Londra Heathrow Havalimanı (yaklaşık 73 milyon yolcu/ yıl) 2004'ten beri YBM kullandığını bildirmiştir. 2008 havalimanı terminal projesi sırasında YBM kullanımı üzerine bir vaka çalışması yapılmış olup YBM'nin doğrudan yaklaşımıyla ilgili olarak yüksek oranda tasarruf olduğunu bildirilmiştir (Airporttechnology, 2019).

2010 yılında Londra'daki Gatwick Havalimanı (yaklaşık 38 milyon yolcu / yıl) özel mülkiyete geçişin ardından milyar dolarlık sermaye iyileştirme programını desteklemek için YBM'ini uygulamaya koymuştur. YBM'ini mevcut süreçlerine entegre etmeyi ve tüm yaşam döngüsü aşamalarında YBM'ini uygulamayı amaçlamıştır. Tam YBM uygulamasını tamamlanmamasına rağmen, YBM'in havalimanında "proje teslimi ve varlık yönetimini" dönüştürdüğünü bildirmektedir.

Denver Uluslararası Havalimanı'nda (yaklaşık 53 milyon yolcu / yıl) yeni yapılan otel ve transit merkez projesi ile 2010 yılında YBM sistemini uygulamaya başlamıştır. O zamandan beri YBM'i kurumsallaştırmıştır ve kullanımını varlıklarının tüm yaşam döngüsü aşamalarına genişletmiştir. Uzun vadeli stratejisinin ekonomik getiri sağlayacağını tahmin edilmektedir.

ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA), 2011 yılında, tam bir YBM uygulamasının faydalarını göstermek için kullanılan Donanma Hava İstasyonu Brunswick YBM Pilot Projesi uyarınca YBM Uygulama Planı başlatmıştır. FAA, YBM'ini kurumsallaştırmaya karar vermiştir ve YBM Uygulama Planını, YBM Standartları, Yönergeleri ve Altyapı dokümanları ile birlikte geliştirmektedir. Plan, tesis yaşam döngüsü ile ilgili BIM işlevselliğinin FAA operasyonlarına aşamalı olarak entegre edilmesidir: BIM, tasarım ve inşaat aşamalarında uygulanacak ve ardından Tesis Yönetimi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri özelliklerini desteklemek için bilgiye erişim sağlama konusunda ilerlemesi hedeflenmiştir.

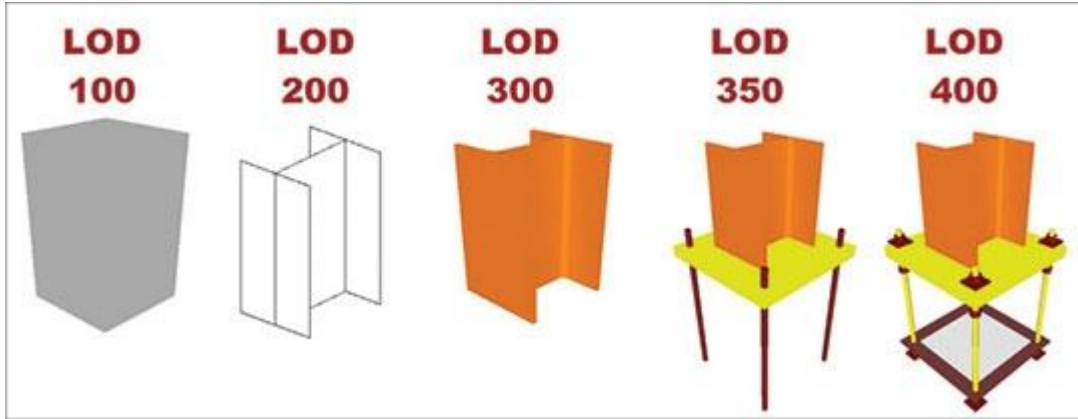
Günümüzde yolcu terminalleri, kontrol kuleleri gibi havalimanı yapıları tasarım ve inşaat açısından oldukça karmaşık yapılara sahip olması ve tesisyönetimi için önemli verilere sahip olması YBM'nin son 15 yıldır havalimanı projelerinde yaygınlaşmasına neden olmuştur.

Yapının tasarım sürecinden yıkım sürecine kadar olan yapı yaşam döngüsü boyunca YBM'nin devam etmesi veri girişlerinin de devam etmesini gerektirmektedir. Veri girişlerinin artışı ve modelleme geometrinin detaylanması sistemin karmaşıklaşmasını neden olmaktadır. Eklenen verilerin kontrollü ve sistematik olması gerekmektedir. Proje yaşam döngüsünde hangi proje sürecinde nasıl verilerin girilmesi gerektiği, modelleme geometrilerinin tanımlanması, tüm proje paydaşların ...gibi birçok verinin doğru yönetilmesi gerekmektedir. Kontrolsüz veri girişi olan YBM modeli diğer proje paydaşlarınca da kullanılması oldukça zordur ve bir sonraki sürece aktarılması imkansız hale gelmektedir. (Barati, 2013).

YBM süreçlerini verimli yönetebilmek için modelde kullanılacak olan nesnelerin detay seviyesinin, modellemenin boyutunun, sürecin olgunluk seviyesinin, YBM uygulama planının ve standartların tanımlanması gerekmektedir.

3.1.1 Detay Seviyesi

Yapı bilgi modelini oluşturan nesnelerin ve bileşenlerin içermesi gereken geometri ve bilgi detay seviyeleri LOD ile tanımlanmaktadır. BIMForum (BuildingSmart International'ın Amerika şubesi) tarafından yayınlanan LOD şartnamesi bünyesinde Amerikan Mimarlar Enstitüsü gibi birçok kurumu bulundurmaktadır. YBM için tanımlı beş temel LOD detay seviyesi vardır.



Şekil 3.1 Yapısal Çelik Kolon Detay Seviyeleri (BIMForum, 2013)

Projeye başlarken yapılan YBM uygulama planının eki olarak proje paydaşları modelleme yapacakları nesne ve bileşenlerin hangi LOD seviyesinde olacağını belirtmektedir. Bu seviyeler bilgi olarak da model elemanlarına yazılmaktadır. Böylelikle proje paydaşları model elemanları üzerinden hangi bilgiyi hangi seviyede alabildiklerini görmektedir.

Temel Detay Seviyeleri aşağıda belirtilmiştir:

LOD 100: Model elemanı bir sembol veya başka bir genel temsil ile grafiksel olarak gösterilebilir. Bir birleşenin varlığını gösteren ancak şeklini, boyutunu veya kesin konumunu göstermeyen diğer model elemanlarına veya sembollerine iliştilen bilgilerdir. LOD 100 elemanlarından elde edilen bilgiler yaklaşık olarak kabul edilir (BIMForum, 2018).

LOD 200: Model elemanı tahmini boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile genel bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel bilgiler tanımlanır. Grafik olmayan bilgi de model elemanına eklenebilir (BIMForum, 2018).

LOD 300: Model elemanı gerçek boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile genel bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel bilgiler tanımlanır. Tasarlanan elemanın miktarı, büyüklüğü, şekli, konumu ve yönü doğrudan modelden ölçülebilir (BIMForum, 2018).

LOD 350: Model elemanı gerçek boyut, grafik, konum ve yönlendirme ile genel bir sistem, nesne veya montaj olarak diğer bina sistemleri arabirimleri açısından grafiksel olarak temsil eder. Model elemanı yakındaki veya ekli elemanlarla koordinasyonu için gerekli parçalar modellenmiştir. Bu parçalar, destek ve bağlantı gibi öğeleri içerecektir. Tasarlanan elemanın miktarı, büyüklüğü, şekli, konumu ve yönü doğrudan modelden ölçülebilir (BIMForum, 2018).

LOD 400: Model elemanı detaylı bir sistem, nesne veya metraj, boyut, grafik, lokasyon ve konumlama bilgisine ek olarak detaylı üretim, montajlama ve kurulum bilgileriyle modelleme yapılır. Grafik olmayan olmayan bilgiler de modele konulabilir (BIMForum, 2018).

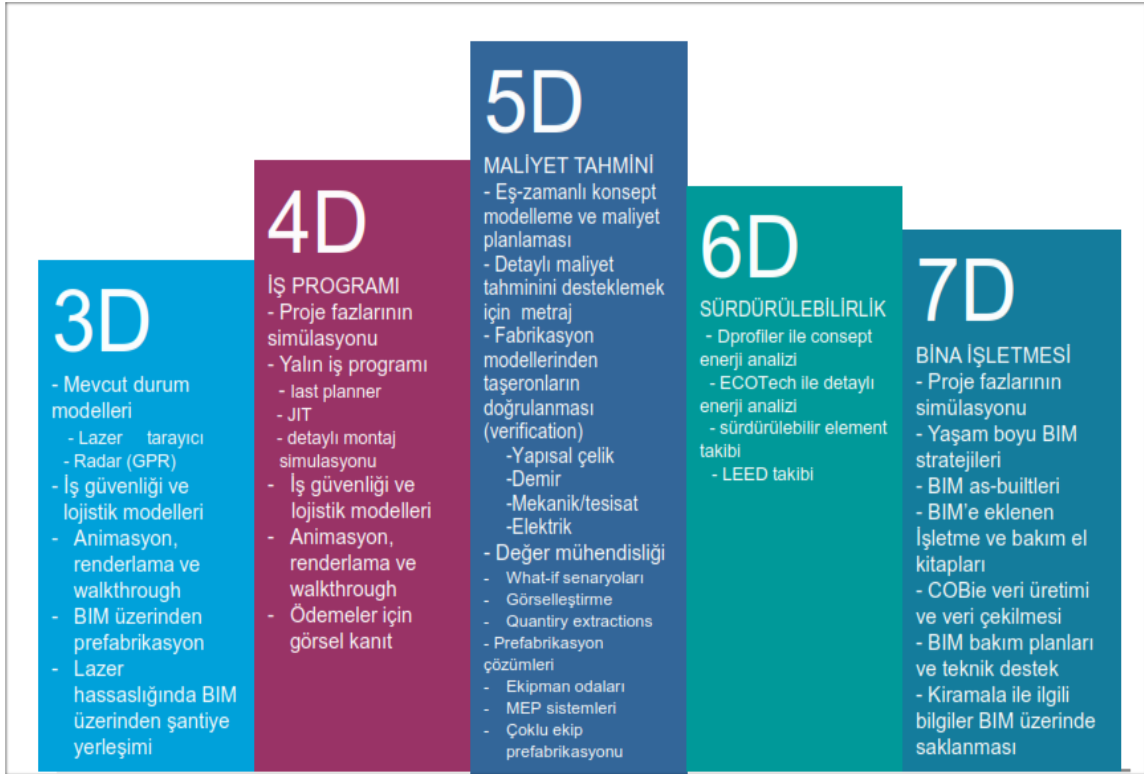
AIA proje fazlarına göre detay seviyeleri için grafik oluşturmuştur. Tablo 3.1 Bold mimarlık ofisinde yapılmış bir projenin YBM uygulama planı eki olarak yayınlanmış LOD tablosundan bir kesit bulunmaktadır. Tüm elemanlar için detay seviyeleri proje başında hangi proje fazında hangi detay seviyesinde olması gerektiği tanımlanması ileride disiplinlerin koordinasyonu için önem taşımaktadır. Örneğin mekanik grup kesin proje fazında mimari modelden aldığı asma tavan ve döşeme tiplerinin genel kararlarının verildiğini ve toplam katman kalınlıklarının yaklaşık son boyutta olduğunu bilmektedir.

Tablo 3.1 Proje LOD Tablo Örneği (Çiftçi , 2019)

Specification 2018 Part II										This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License										SD			
Uniformat Level						Omniclass Level						This Project											
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	Relevant Attribute Tables	LOD	MEA	Notes		
C 10 30 25						21-03 01 03 25												Interior Sliding Doors	100	BOLD-A			
C 10 30 30						21-03 01 03 03												Interior Folding Doors	100	BOLD-A			
C 10 30 40						21-03 01 03 04												Interior Colling Doors	100	BOLD-A			
C 10 30 50						21-03 01 03 05												Interior Panel Doors	100	BOLD-A			
C 10 30 70						21-03 01 03 07												Interior Special Function Doors	100	BOLD-A			
C 10 30 80						21-03 01 03 08												Interior Access Doors and Panels	100	BOLD-A			
C 10 30 90						21-03 01 03 09												Interior Door Supplementary Components	100	BOLD-A			
C 10 40						21-03 01 04												Interior Grilles and Gates	NM				
C 10 40 10						21-03 01 04 01												Interior Grilles	100	BOLD-A			
C 10 40 50						21-03 01 04 05												Interior Gates	100	BOLD-A			
C 10 60						21-03 01 06												Raised Floor Construction	100	BOLD-A			
C 10 60 10						21-03 01 06 01												Access Flooring	100	BOLD-A			
C 10 60 30						21-03 01 06 03												Platform/Stage Floors	100	BOLD-A			
C 10 70						21-03 01 07												Suspended Ceiling Construction					
C 10 70 10						21-03 01 07 01												Acoustical Suspended Ceilings	100	BOLD-A			
C 10 70 20						21-03 01 07 02												Suspended Plaster and Gypsum Board Ceilings	100	BOLD-A			
C 10 70 50						21-03 01 07 05												Specialty Suspended Ceilings	100	BOLD-A			

3.1.2 Modelleme Boyutu

Yapı Bilgi Modelleme sistemi 3D model ile başlar 4D, 5D, 6D ve 7D model olarak devam etmektedir. Boyut (D) modelin geneline verilen tanımlamadır. Şekil 3.2 de YBM model boyutları gösterilmektedir.



Şekil 3.2 YBM Modelleme Boyutu (H.Elsafasi,2016)

3D Model: 3 boyutlu şekilde bütün yüzeylerin matematiksel olarak ifade edilmiş YBM modelidir.

4D Model: Zaman'ın model elemanlarına eklenmesiyle oluşan YBM modelidir. Model elemanlarının imalatı, kurulumu, teslimi ... gibi yapım süreciyle ilgili olan zaman kavramındaki bilgilerin eklenmesiyle oluşmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda yapının yapım simülasyonları oluşturulabilmektedir. Yapılan simülasyonlar sayesinde yapım sırasında farkedilebilecek olan problemleri erken aşamada farkedip çözülmesi sağlanmaktadır.

5D Model: Maliyet'in model elemanlarına eklenmesiyle oluşan YBM modelidir. Modelden toplam maliyet bilgisi çıkartılabilmekte ve bir önceki aşamada eklenen

zaman bilgisiyle beraber hangi aşamada ne kadar maliyet olduğu bilgisi kolaylıkla bulunabilmektedir. Maliyet planı ve bütçe kontrollerini yapılabilmektedir.

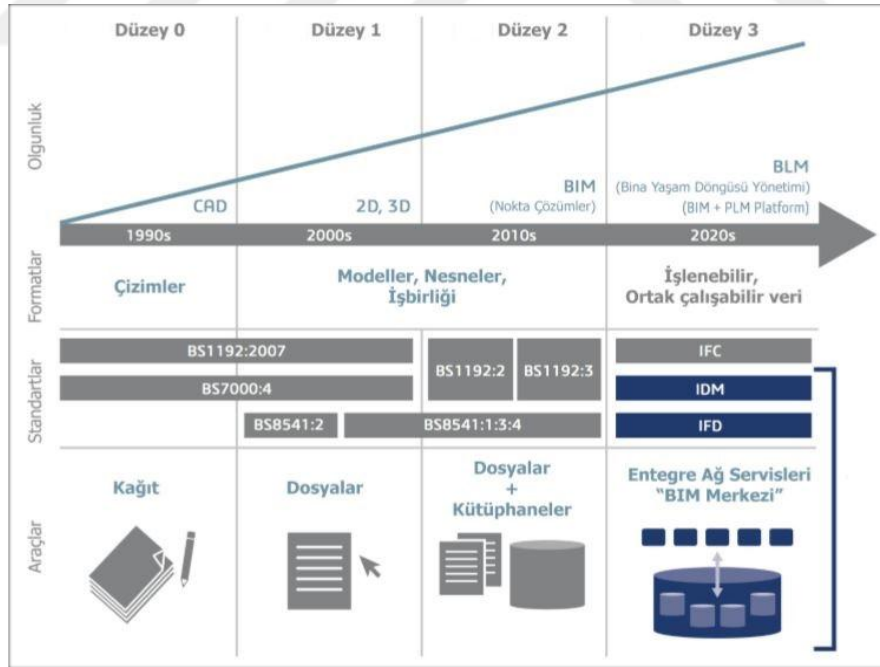
6D Model: Enerji hesaplamalarını ve analizlerini içeren YBM modelidir. Yapının detaylı enerji analizleri yapılabilmektedir.

7D Model: Tesis işletmesi ve bakımı için kullanılacak YBM modelidir. Ekipmanların özellikleri, garanti belgeleri, bakım klavuzları ...gibi birçok bilginin bulunması ile oluşturulmaktadır.

3.1.3 Model Olgunluk Düzeyleri

YBM kullanımı için dört olgunluk düzeyi tanımlanmaktadır. Şekil 3.3 'de dünya da yaygın olarak kullanılan YBM model olgunluk düzeyinin diyagramı gösterilmektedir.

Düzy 0 YBM: Şekil 3.3'de de tanımlandığı gibi 2 boyutlu cad dosyalarının kullanıldığı genellikle kağıt üzerinde teslimlerin olduğu en basit bilgi üretme süreci olan tasarımları içermektedir. Düşük seviye işbirliği içermekte olup YBM düzeyi içermemektedir.



Şekil 3.3 YBM Olgunluk Seviyeleri (Bew ve Richards, 2008)

Düzy 1 YBM: Projelerde hem 2boyut hemde 3 boyut kullanımının artmasını kabul edilir. 3 boyutlu yazılımlar kullanılarak müşteriye yapılan sunumlar için

görselleştirmeler de kullanılmaktadır. Düzey 1 YBM 'yalnız YBM' olarak da adlandırılır. Takım çalışması için değil tekil disiplinler için oluşturulmuş modeli içermektedir (RIBA, 2012).

Düzey 2 YBM: Proje paydaşları tarafından üretilen modellerin birlikte çalışmasıyla oluşan YBM seviyesidir. Yapım sözleşmelerinde tanımlanan roller ve standartlar doğrultusunda gelişim göstermektedir. Bu düzeyde modellere zaman ve maliyet veri bilgilerinin kullanılmasının ilk adımları atılmaktadır (RIBA, 2012).

Düzey 3 YBM: Tam olarak bütünleştirilmiş, gerçek zamanlı , işbirlikçi web hizmetleri ya da bulut tabanlı hizmetler kullanılarak kolay ulaşılabilir olan YBM düzeyidir. Zaman, maliyet ve işletme için gereken verilerin girildiği proje yaşamı boyunca yönetim bilgilerinin de olduğu modeli tanımlamaktadır (RIBA, 2012).

Düzey 3 BIM'in başarılı olması için sorumlulukların ve hizmetlerin kapsamının tanımlanması ve daha fazla dikkate alınması gerekmektedir (RIBA, 2012).

3.1.4 YBM Uygulama Planı

Yapı bilgi modellemesi ; mimar , mühendis , işletmeci , uygulamacı, kullanıcı ve benzer aktörler tarafından yaratılmış ve paylaşılan ortak bir bilgi ile yeni bir düşünme ve çalışma biçimidir. Çalışma biçiminin en önemli noktası YBM uygulama planıdır (Çiftçi ,2018).

YBM uygulama planı proje tanımlamaları ile başlar, proje paydaşlarının sorumluluk alanları, ekiplerin iletişim prosedürleri, modelleme eleman ve bileşenlerin tanımlamaları, kullanılması gereken protocol ve standartlar ,modellerin kalite kontrol standartları ve iş programı ekleri ile devam etmektedir. YBM uygulama planı projeye başlarken oluşturulması gereken en önemli proje dokümanıdır (Anumba, 2010).

Proje paydaşlarınca imzalanan uygulama planı modelin sürekliliğinin sağlanması ve tüm paydaşların modelleri verimli kullanması için büyük önem taşımaktadır.

YBM'nin yaygınlaşmasıyla devletler kuruluşları , enstitüler, üniversiteler, meslek odaları YBM uygulama planı örnekleri hazırlamakta ve yayınlamaktadır.Tablo3.2 'de yaygın olarak kullanılan YBM uygulama planı örnekleri gösterilmektedir.

Tablo 3.2 YBM Uygulama Planı Örnekleri

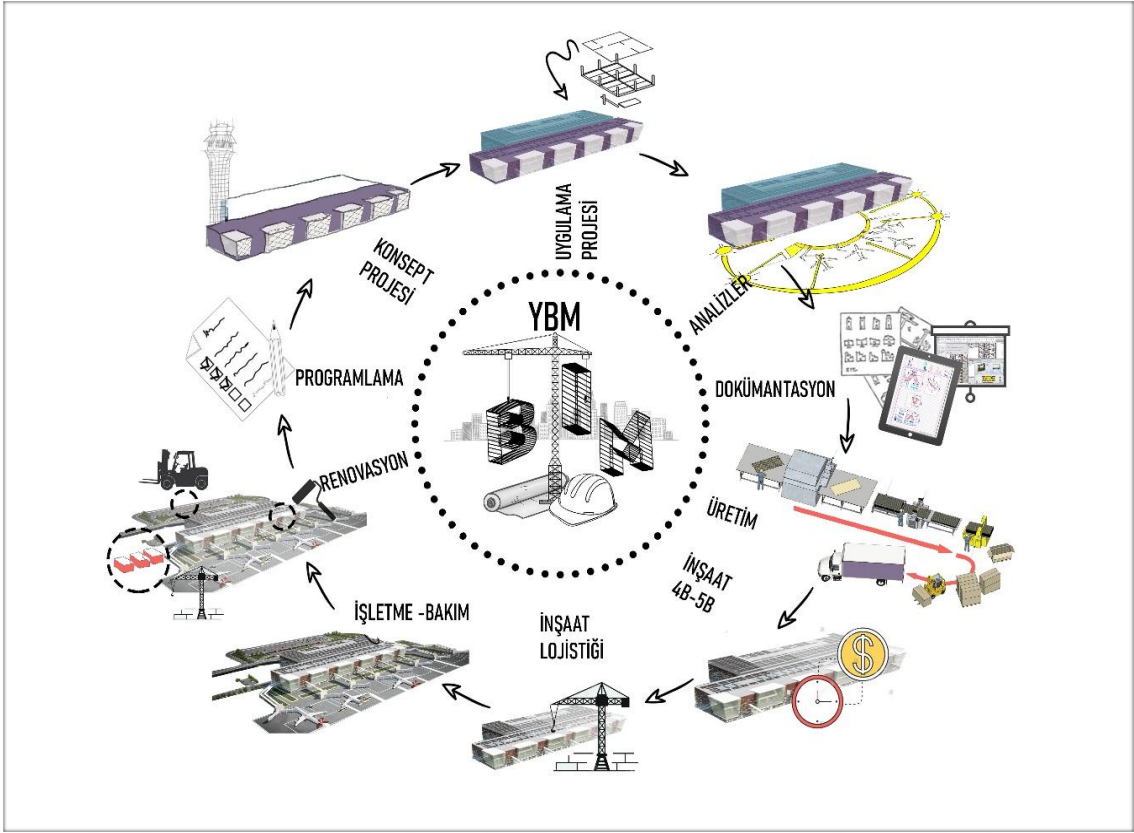
PENN STATE UNIVERSITY	BIM Execution Planning Guide v2.1,	US	2011
AEC Industry UK	BIM Protocol Project BIM Execution Plan	UK	2012
BCA (Building. Construction Authority)	Singapore BIM Guide v2.0 BIM Execution Plan	Singapore	2013
USACE (US Army Corps of Engineers)	BIM Execution Plan v2.1	US	2012
CPIc(Construction Project Information Committee)	Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP) v2	UK	2013
CPIc(Construction Project Information Committee)	Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP)	UK	2013
USF(UNIVERSITY OF SOUTH FLORIDA)	BIM Execution Plan	US	2018
HARVARD UNIVERSITY CONSTRUCTION MANAGEMENT COUNCIL	Guide to BIM Execution Planning,	US	2013
MIT DEPARTMENT OF FACILITIES	BIM Execution Plan V6.0	US	2016
PRINCETON UNIVERSITY	BIM Execution Plan	US	2012
GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	BIM Execution Plan v1.5	US	2016

Tablo 3.3’de Pennstate üniversitesinin hazırlamış olduğu YBM uygulama planı ana başlıkları tablolastırılmıştır. Uygulama planının ek bölümünde ise projeye özel tariflenen proje fazlarına göre model LOD seviyesi, iş program, akışma testi kriterleri ... gibi dokümanlar bulunmaktadır.

Tablo 3.3 Penn State Üniversitesi YBM Uygulama Planı İçerik (Kreider vd.,2013)

	BAŞLIK	AÇIKLAMA
A	GENEL AÇIKLAMA	Proje genel açıklamaları
B	PROJE BİLGİSİ	Proje bilgisi (metrekare, kat adedi ..vb) tanımlanmaktadır.
C	ANAHTAR KİŞİLER İLETİŞİM BİLGİLERİ	Proje ekiplerinin telefon , mail ,adres bilgileri tanımlanmaktadır.
D	PROJE HEDEFLERİ/BIM KULLANIMLARI	Projede hedeflenen YBM kullanımları ve hangi ekiplerin sorumlu olduğu belirlenmektedir.
E	ORGANİZASYON ŞEMASI/SORUMLULUKLAR	Proje ekiplerinin iletişim şeması, bilgi aktarım ve sorumlulukları tanımlanmaktadır.
F	BIM SÜREÇ TASARIMI	Proje süreçlerinde onaylamanın süreçleri ve hangi durumda hangi dokümanların oluşturulması gerektiği tanımlanmaktadır.
G	MODEL YAPISI & MINIMUM MODEL MATRİKSİ	Ekiplerin model dosyalarının isimleri ve parçaları tanımlanmaktadır.
H	İLETİŞİM YÖNTEMİ	Ekipler arası iletişimin nasıl yapılacağı ve hangi yolla(ftp, mail, bulut tabanlı yazım...vb) yapılacağı tanımlanmaktadır.
I	KALİTE KONTROL	Yapılan model eleman ve dosyasının tanımlanmış olan seviye ve bilgilerinin kontrolü ve çakışma testlerinin nasıl yapılacağı tanımlanmaktadır.
J	DOSYA İSİMLENDİRME YÖNTEMİ & DOSYA YAPISI	Model ve pafta dosyalarının isimlendirme yöntemi tanımlanmaktadır.
K	PROJE TESLİMİ TARİHLERİ	Proje teslim tarihleri tanımlanmaktadır.
L	EKLER	Model Lod Matris, İş Programı, Teslim Standartları

3.2 Proje Süreçlerinde Yapı Bilgi Modellemesi



Şekil 3.4 YBM Proje Aşamaları Döngüsü (Çiftçi, 2019)

3.2.1 Konsept Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı

YBM sistemlerini konsept aşamasından başlayarak kullanmanın birçok avantajı görülmektedir. Projenin başlangıcında, projenin hedeflerine ve bütçesine dayalı kavramsal bir tasarım oluşturmak mümkündür. Çok disiplinli bir tasarım ekibi kurmadan, projenin fizibilitesini analiz etmek için kavramsal bir tasarım geliştirilebilmektedir. Kavramsal tasarım oluşturulduktan sonra, proje için kaba maliyet tahminleri hesaplanabilmektedir. Projenin fizibilitesine ve maliyetine, konseptine bağlı olarak, proje için herhangi bir ek maliyet olmaksızın tasarım kararları kolayca değiştirilebilirken, birden fazla tasarım alternatifi kolayca oluşturulabilmekte ve karşılaştırılabilmektedir. Analiz ve simülasyon araçlarının şematik model üzerinde kullanımı, binanın gelecekteki kalitesini ve sürdürülebilirliğini artırmaya yardımcı olmaktadır (Eastman vd., 2011). Projenin ön

tasarım aşamasında analiz yapılması, tasarım alternatiflerinin üretilmesi ve karşılaştırılması için YBM sistemi ile entegre çalışan yazılımlar geliştirilmiştir.

3.2.2 Kesin Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı

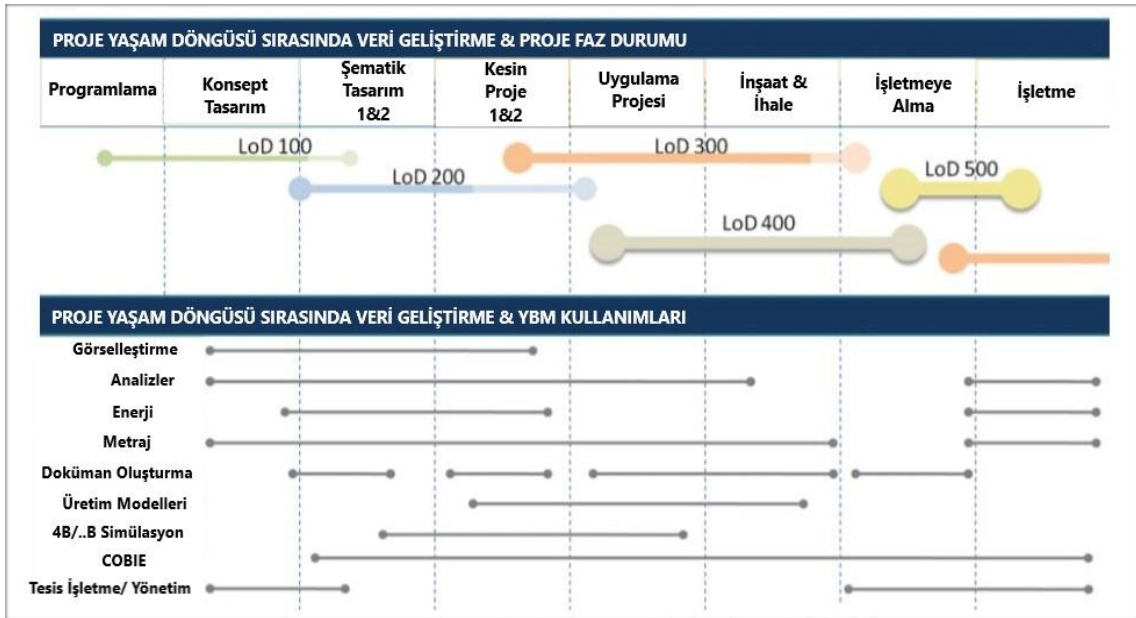
Bir binanın şematik modeli kurulduktan sonra, tasarım aşamasında modeldeki grafik ve grafik olmayan veriler genişletilmektedir. Model, 2D çizimleri dahil etmek yerine doğrudan 3D bilgisine dayanmaktadır. Modelde yapılan değişikliklerin 2D, 3D temsillerine yansıtılmasıyla projenin tamamının gözden geçirilmesi ve revize değişikliklerinin her bir temsile ayrı ayrı uygulanması için harcanan zaman ortadan kaldırılmaktadır. (Eastman vd., 2011).

YBM sisteminin amacı, üretim ve inşaat gibi gelecekteki aşamalar için tüm bilgilerin elde edilebileceği bir 3D temsiline sahip olmaktır. Proje sürecinde üretilmesi gereken 2 boyutlu çizimler dahil bütün veriler 3D modelden alınmaktadır. Böylece, teslim belgelerini oluşturma sürecinde harcanan zaman azaltılarak tasarımcıların tasarım problemine daha fazla odaklanabilmeleri sağlanmaktadır. Projede yer alan farklı disiplinler arasındaki işbirliği bu aşamada oluşturulmaktadır. Bu süreç, farklı disiplinlerin tüm bilgilerini içermekte ve projede karşılaşılan tutarsızlıkları azaltmaktadır (Eastman vd., 2011). Bu aşamada kullanılan yapı bilgi modelinin veri zengini olması nedeniyle maliyet ve zaman analizleri yapılabilir.

3.2.3 Uygulama Projesi Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı

Bir projenin ilerlemesi sırasında, 3D model içinde barındırdığı verilerle birlikte gelişmektedir. Yapı bilgi modelinde yer alan bilgiler, inşaat aşamasında şantiye planlaması, ürün alımı gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Bu aşamada inşaat için gerekli olan farklı bileşenlerin imal edilmesi için model temel alınabilmektedir. Üreticiler, modelde kullanılabilecek ürünlerle ilgili kendi YBM bileşenlerini oluşturabilmektedirler. Böylece, kullanılacak olan bileşenlerle ilgili doğru grafik ve veriler elde edilmektedir. YBM kullanımı şantiye planlaması ile bileşenlerin kurulum süresini hızlandırmakta ve ürünler için gerekli depolama alanını azaltmaktadır. İnşaat aşamasında meydana gelen değişiklikler ve bunların etkisi, yapı bilgi modeli üzerinden daha akıllı ve daha hızlı kararlar vermek için doğrudan analiz edilebilmektedir. Çakışma testleri yapılarak projede olan sorunlar tespit

edilebilmektedir. Bu aşamada, önceki proje aşamasında belirtildiği gibi projede görülen tutarsızlıklar önemli ölçüde azaltılmaktadır. Bu, inşaat aşamasında karşılaşılan maliyetleri azaltmakta ve yapım işini hızlandırmaktadır. 4D YBM, inşaat aşamasında kullanılmakta ve inşaat programını modele bağlamaktadır. Yapı bilgi modeli, binanın her geçen gün nasıl inşa edileceğini görselleştirerek, gelecekteki sorunların erken tespitine izin veren bir bilgi kaynağı olarak hizmet vermektedir. Belirli bir zamanda hangi ürünlerin sahada olması gerektiği hakkında bilgi ile ürünlerin sahada depolanması veya zarar görmesi sebebiyle oluşabilecek maliyetlerden kaçınarak doğru bir inşaat planlaması yapılabilir (Eastman vd.,2011).



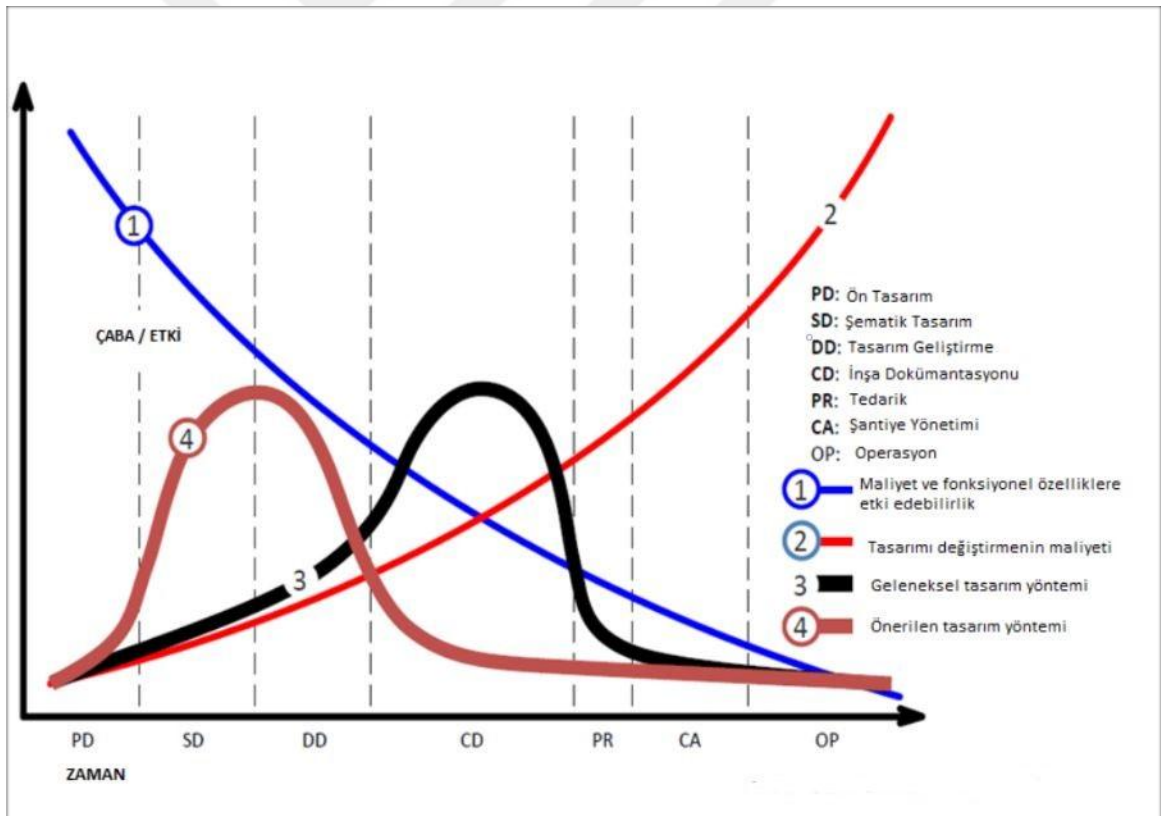
Şekil 3.5 Proje Fazlarına göre LOD Seviyeleri ve YBM Kullanımları (AIA)

3.2.4 İşletme Aşamasında Yapı Bilgi Modeli Kullanımı

Projenin teslim sürecinde ilgili disiplinlerce, mimarlık, yapı, sıhhi tesisat, kurulu ekipman gibi konularla ilgili proje sahibine veya işletimini yapacak olan kişilere çok miktarda bilginin sağlanması gerekmektedir. Gerekli tesis yönetim verileri, 3D modele dahil edilebilmektedir. YBM'nin kullanılması, proje yaşam döngüsü aşamalarında gereken inşaat, işletme ve bakım ile ilgili disiplinler arasındaki bilgi transferini kolaylaştırmaktadır. Proje tesliminden sonra, yapı bilgi modelinde toplanan bilgiler operasyonel ve bakım amaçlı kullanılabilir. YBM ve tesis

yönetimi arasında bir bağlantı oluşturmak gereklidir. Bu nedenle YBM, kullanılan mevcut tesis yönetim sistemlerine bilgi bağlayan veri formatları ve seçenekleri sunmaktadır. İşletme ve bakım aşaması, projeye ait en uzun dönemdir ve en yüksek maliyetin gerçekleştiği aşamadır. Bir projede YBM'nin uygulanmasının temel amacı, maliyetin azaltılması, verimliliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından bir değer yaratılması ve kullanılmasıdır. Sonuç olarak, projenin kullanım aşamasında YBM'nin gelişime açık bir potansiyeli bulunmaktadır (Eastman vd., 2011).

Şekil 3.5 'da Mac Leamy Eğrisinde de görüldüğü gibi YBM sistemi ile çalışmak proje tasarım kararlarını geleneksel yöntem ile çalışıldığı zamana göre daha önce alınması gerektiği için ön proje fazında daha çok çaba harcanmaktadır. Örneğin projede kullanılacak zemin kaplama malzemeleri geleneksel yöntem ile yapıldığında uygulama projesi fazında karar verilirken YBM sistemi ile yapıldığında şematik tasarım fazında malzeme toplam boyutunun belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.6 Tasarım Yöntemine Göre Çaba ve Zaman Grafiği -MacLeamy Eğrisi
(McGraw-Hill Construction, 2008)

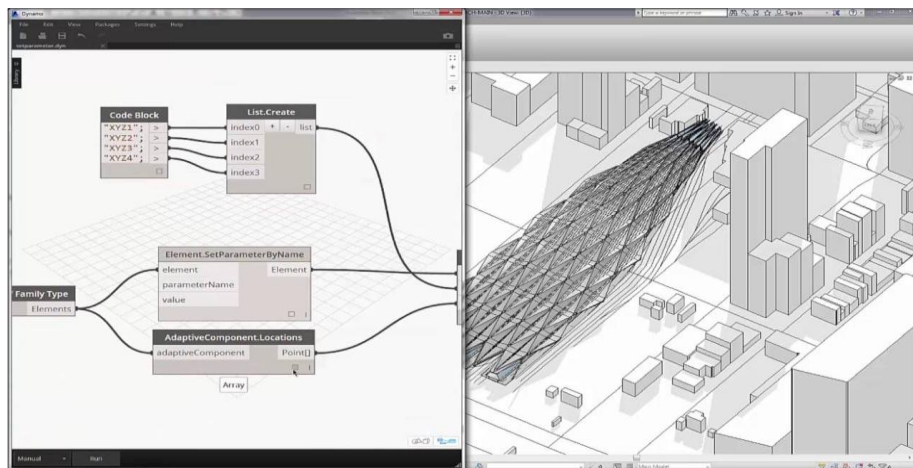
3.3 Hesaplamalı Tasarım İle YBM Sistemi Kullanım Alanları

Hesaplamalı tasarım, yapının sanal bir modelinin doğrudan olarak kullanıcı yerine, tanımlayıcı bir betiğin çalıştırılmasıyla oluşturulması yöntemidir (Aish, 2013).

Kullanıcı kendi araçlarını oluşturarak tasarım sürecinin tamamının bilgisayar ortamında yaratır ve deneyimler. Kullanıcı kendi araçlarında kod yazarak ya da hazır olan kodları kullanarak oluşturur.

Hesaplamalı tasarım araçları ile yapılan bir tasarım YBM modeline sonradan aktarılabildiği gibi YBM modeli ile ntegre bir şekilde de çalışılabilmektedir. Bu farklılık kullanılan programdan kaynaklanmaktadır. Sonradan YBM modeline aktarılan durumda aktarım sırasında veri veya geometrisel eksiklikler olabilmektedir.YBM modeli ile entegre çalışılan durumda ise veri ve geometri kayıpları oluşmamaktadır. Örneğin grafik programlama dili olan Dynamo Autodesk firmasının Revit programı ile entegre olarak çalışmaktadır. İççe çalışan bu programlar tasarım ve bilgi işlemeyi birleştirmiştir.

Şekil 3.7’de Dynamo ile yapılan kabuk tasarımı bulunmaktadır. Sol tarafta Dynamo ekranı ve ile cephe bölüntüleri için yazılmış design script kodundan bir kesit gösterilmiş, sağ tarafta ise Revit ekranı ve kabuk cephesi bulunmaktadır. Kabuk tasarım sürecinde bölüntülere ve açıklık kararlarını almak için kullanılan bu araç proje tasarım sürecinin hızlanmasında önemli bir rol almaktadır. Hesaplamalı tasarım mimari tasarımın gelişmesine büyük katkı sağlamaktadır.



Şekil 3.7 Hesaplamalı Tasarım Programı Dynamo Görseli (Autodesk, 2019)

Hesaplamalı tasarım araçları sadece tasarıma değil projenin projelendirme süreçlerinde de yardımcı olmaktadır. Örneğin; kat bazında mahal numarası verilmesi, kapı kodu verilmesi, pafta oluşturma, koordinasyon yapılması ... gibi bir çok konuda etkinlik sağlamıştır.

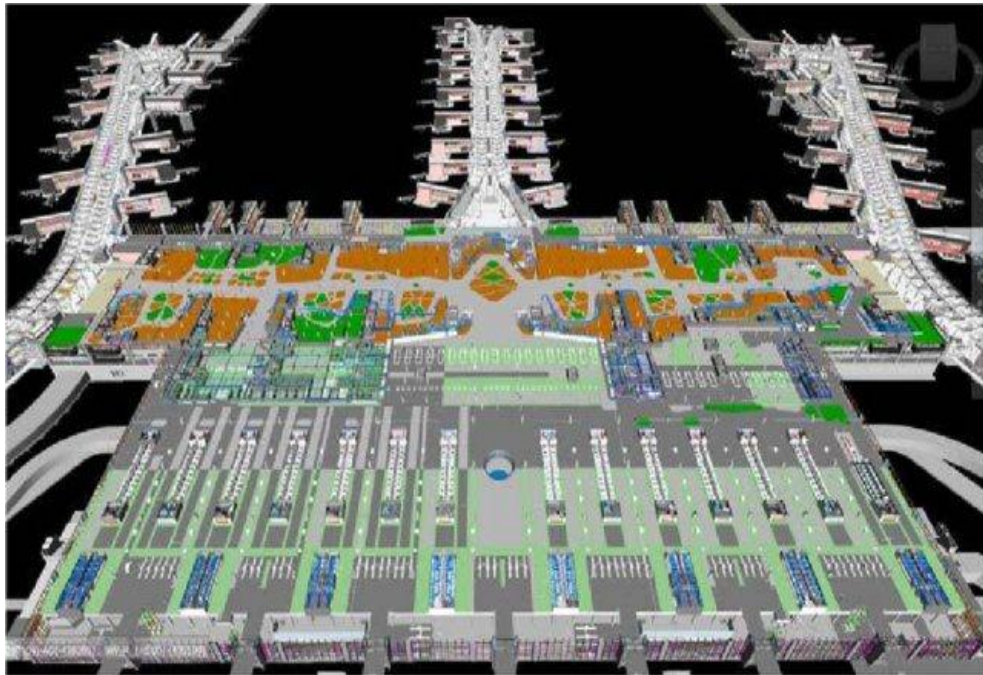
Tezin dördüncü bölümünde Dynamo kullanılarak yapılmış hesaplamalara ve optimizasyonlara örnek gösterilecektir.

3.4 Yapı Bilgi Modeli Sistemi ile Yapılan Havalimanı Proje İncelemeleri

Tezin bu bölümünde YBM sistemi ile yapılan havalimanı projeleri incelenecek olup projenin hangi süreçlerinde YBM'ni nasıl deneyimledikleri araştırılmıştır. Bölüm sonunda ise bölümün genel değerlendirilmesi çizelge olarak gösterilmektedir.

3.4.1 İstanbul Yeni Havalimanı Projesi

Toplam proje alanı 76.5 milyon m² olan İstanbul Yeni Havalimanı'nın ilk aşaması ; bir terminal yapısı, üç pisti ve kontrol kulesi içermektedir. Mart 2019 tarihinde 90 milyon yolcu kapasitesiyle ilk aşaması hizmete girmiştir. İnşaat dört aşamada tamamlanması hedeflenmiştir. Proje tamamlandığında yıllık 200 milyon yolcuya hizmet vermesi hedeflenmektedir.

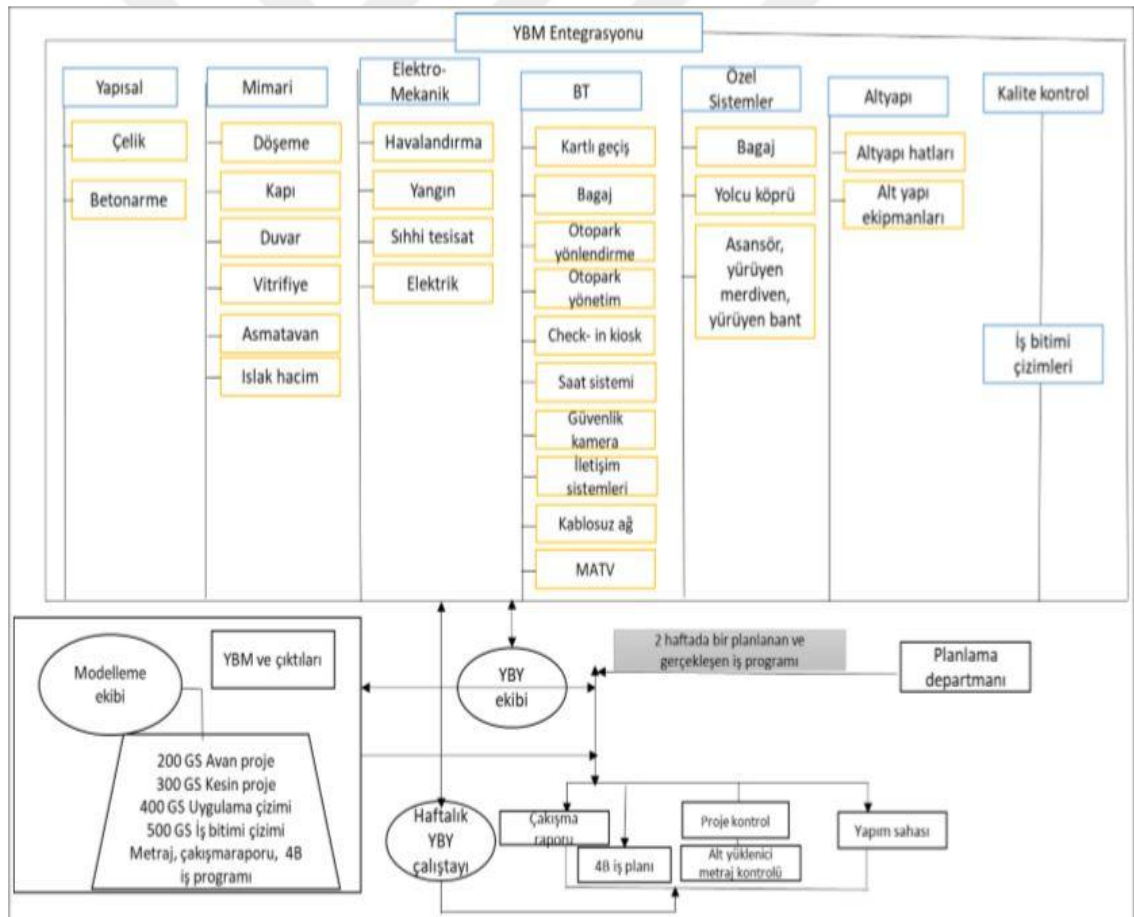


Şekil 3.8 Mimari, Statik , MEP Revit Modeli (İGA, 2019)

3.5milyon m² olan ilk aşamasının projelendirme ve inşaatı 4 yılda tamamlanmıştır. 4 yılda tamamlanabilmesinin en önemli faktörü yapının YBM sistemi ile yapılması ve inşaat sürecinde de modeller üzerinden kontroller yapıp olası yanlış imalatların önleildiğinin altı çizilmektedir (Sakin, 2018).

IGA projesinde YBM modelleri kullanılarak disiplinlerarası koordinasyon sağlanmış, tasarım hataları tespit edilmiş ve şantiyede imalattan önce ilgili birimlere iletilmiş ve revizyonlar yapılmıştır.

Proje başından sonuna kadar yaklaşık 600,000 çakışma giderildiği bilgisi verilmiştir. Yapılan tüm revizyonlar YBM modelinde de güncellenmiş ve cloud sistemi üzerinden ilgili birimlere iletilmiştir. Saha ekipleri de bu modeller üzerinden imalatlarını yapmıştır. Sonuç olarak inşaat ekibinin yüksek kaliteli, hızlı ve doğru üretim yapması sağlamıştır.



Şekil 3.9 İGA İş Akışı (Sakin, 2018)

YBM sistemi ile yapılan IGA projesinde 2.5 milyar € kar ettiği tahmin edilmektedir.

Modele zaman, maliyet bilgisi girildiği ve ilerisi içinde sürdürülebilirlik ve tesis yönetimi içinde kullanılması hedeflenmiştir (Autodesk, 2019a).

3.4.2 Denver Uluslararası Havalimanı Projesi

1995 yılında açılan Denver Uluslararası havalimanı aradan geçen 20 yıldan sonra genişleme ve kararı almış olup yeni yapılacak havalimanı otel ve geçiş merkezi projeleri ile YBM sistemine geçiş yapmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en işlek beşinci havalimanı olan Denver uluslararası havalimanında tesis yönetimi ve bakımı için birincil veriyi kaynağı olarak YBM modeli ana hedef olmuştur.

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki tüm havalimanlarında Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından denetlemeler yapılmakta olup DIA inşaat aşamasında da bina raporlamaları YBM model dosyası üzerinden yapılmıştır.

DIA yönetimi proje yönetimi için AECOM firması ile sözleşme imzalamış olup teknik tasarım ve yapım denetim işleri için 100'den fazla tasarım firması ve 115 inşaat sözleşmesini denetlemekte sorumluydu.

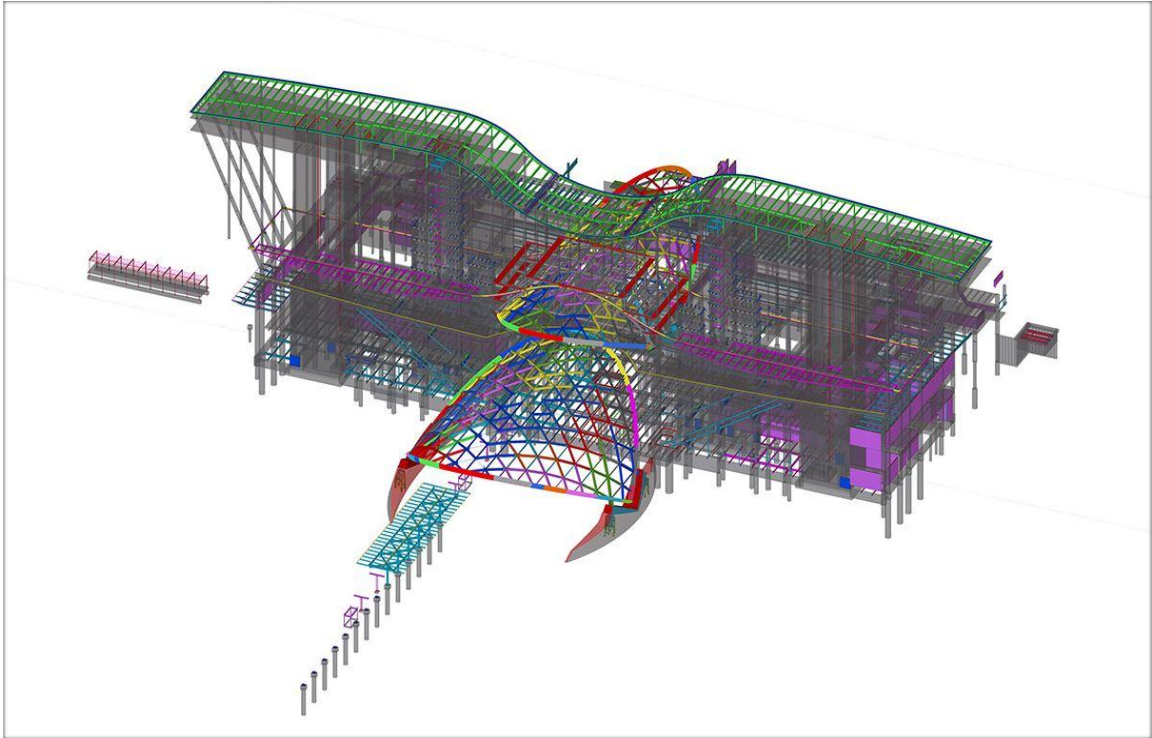
Proje ekiplerinin ve işleri düzenli tutmak için planlama yapılması ve bu planlamaya proje belgelerinin de beraberinde organize edilmesi gerekmektedir. YBM projesinin ilk adımı 1990'larda yapılmış olan 9 milyondan fazla cad dosyasını biraraya getirip koordinasyon yapılabilir hale getirmek olmuş. İnşaat tarafında ise 25 farklı disipline içerik üreten 10 firma çalışmaktaymış.

Proje başlarında sorunların tartışılıp çözüldüğü haftalık toplantılar yapılırken sonrasında koordinasyona yönelik analizlerin yapıldığı, imalatların uyumsuzluklarının tartışıldığı iki haftabir yapılan toplantılara dönüşmüştür. Yapım imalat modeli her zaman şantiyede ne olduğunu yansıtan ve güncellenen halde geliştirilmektedir. Proje uyumsuzlukları için RFI açılarak düzenlenmesi sağlanmaktadır (Autodesk, 2019b).

Geleneksel yöntemle yapılmış olsaydı şantiyede yapılan değişikliklerin tamamı çizimlere yansıtılmazdı. YBM modelinde tüm disiplinlerin ilgili revizyonları yapması gerektiği için tüm disiplinlere ait dokümanlar güncel halini yansıtmaktadır.

Şantiye sürecinde iPadler üzerinden Autodesk BIM 360 Glue programı kullanılarak saha da işçilerin güncellenen dokümanlara ulaşması sağlanarak imalatların güncel dokümanlar üzerinden yapılması sağlanmıştır.

Projenin sonunda inşa edilmiş bir Revit modele sahip olunmuştur. Revit ve Navisworks modellerinden devreye alınması sürecinde SQL veritabanı verileri alınıp tesis yönetimi için kullanılan IBM Maximo programına bağlanılmıştır (Autodesk, 2019b).



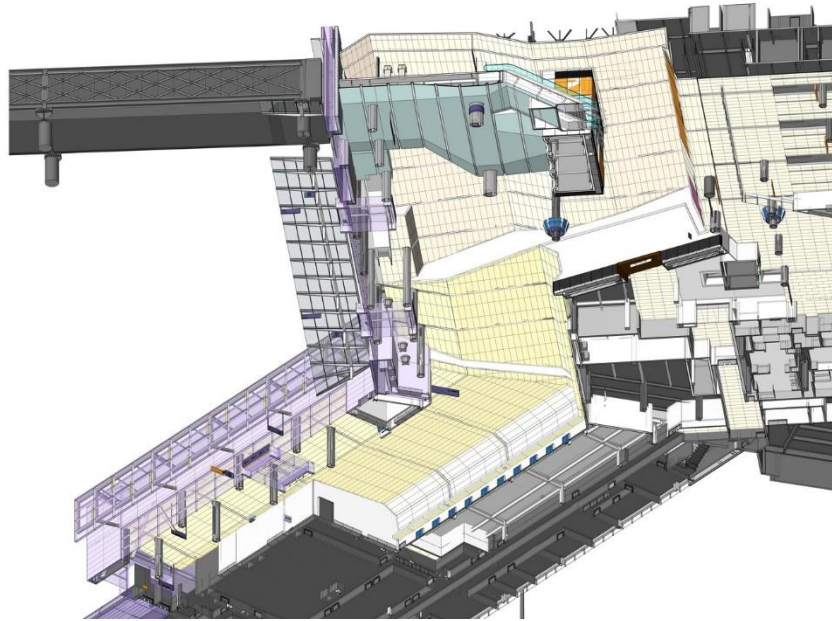
Şekil 3.10 Denver Uluslararası Havalimanı Projesi YBM Modeli (Autodesk, 2019b)

3.4.3 San Francisco Uluslararası Havalimanı Projesi

1960'ların başlarında inşa edilmiş olan San Francisco uluslararası havalimanı dünyanın en büyük havacılık merkezlerinden. Yenilenme kararı alınan havalimanının 2015 yılında Terminal 1 bölümü tasarımı başlamış olup 2022'de tamamen inşa edilmiş olması hedeflenmektedir. Ana hedef havalimanının günlük operasyonlarının çalışır durumda devam ederken inşaatının tamamlanmasıdır. Yenileme projesi sonucunda oluşturulacak YBM modeli işletme yönetimi için kullanılacak verilere de sahip olması proje şartnamesinde yer almıştır. Bu projede yapılacak olan modele işletme için girilmesi gereken verilen projenin başından belirlenmiş olması proje

sonucunda işletmenin kullandığı sistemle entegre olması proje yönetim kararı olmuştur. Sürecin baştan netleşmiş olması ileride işletme yönetimi sistemi ile entegre ederken büyük zaman kazancı sağlamaktadır. Geleneksel yöntemde işletme yönetimi için veriler proje tesliminden sonra başlamakta ve oldukça karmaşık ilerlerken YBM modeli ile bu süreç proje tasarım sürecinde başlayıp proje gelişim fazlarında da koordineli bir şekilde devam etmektedir (Autodesk, 2019c).

Projenin her adımında birlikte çalışıp koordine edecek 200'den fazla tasarımcı, mimar, mühendis ve müteahhit için havalimanı arsa sınırları içinde 'Büyük Oda' inşa edilmesiyle işe başlandı. Birçok disiplin ve proje paydaşları arasında koordine edilmesi gereken ve güncel bilginin üzerinden çalışılması ve güncellenen bilginin sistematik bir şekilde depolanması gerekmektedir. Bu sonuca ulaşamaz ise bütçe ve zaman kaybına neden olunmaktaydı. Projenin hızına ayak uydurabilmek için farklı firmaların revit programı ile yaptıkları YBM modellerinin koordine etmek için bulut tabanlı olan BIM 360 Design programı kullanılmaktadır.



Şekil 3.11 San Francisco Havalimanı Projesi YBM Modeli (Autodesk, 2019c)

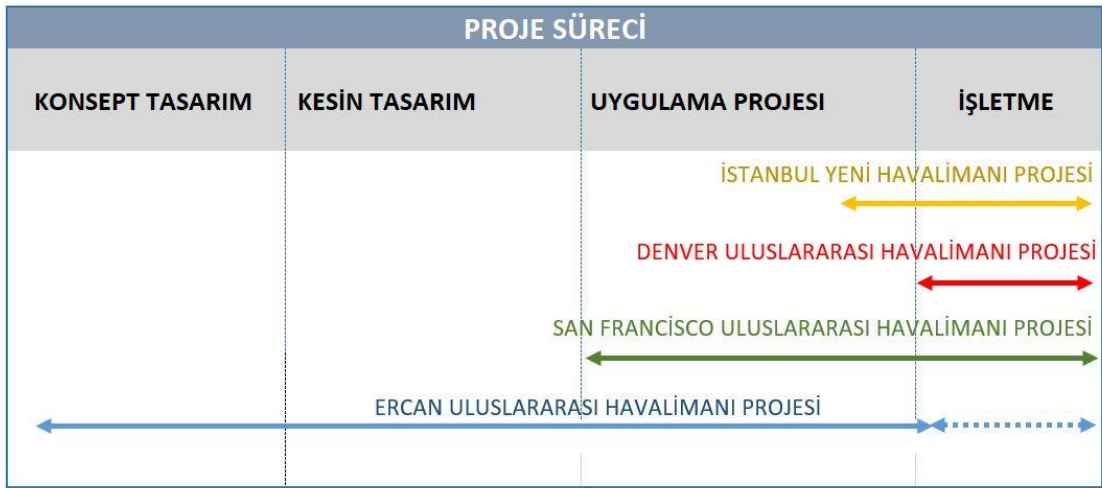
Bulut tabanlı model kullanmak dünyanın her yerinden en iyi yetenekli insanlarla senkronize bir şekilde çalışılmasını sağlamaktadır.

Proje yönetim firmasının YBM sistemi ile çalışmalarının bir avantajının da bir hafta süren proje kalite kontrol toplantılarının model sayesinde yarım güne indirmiş olduklarını açıklamıştır (Autodesk, 2019c).

3.4.4 Havalimanı Projelerinin Proje Sürecinde YBM Uygulama Çizelgesi

Tez kapsamında incelenen havalimanlarının proje yaşam döngüsünde YBM uygulamaları çizelge olarak gösterilmiştir. İncelemeler sonucunda Bölüm 4 'de konsept tasarımıyla YBM sistemine başlayıp halen şantiye sürecinin devam etmesi ve işletme sürecinde de YBM hedeflerinin olması nedeniyle ECN projesi vaka incelemesi olarak yapılmasına karar verilmiştir.

Tablo 3.4 Havalimanı Proje Süreci YBM Uygulamaları



Vaka İnceleme: Ercan Uluslararası Havalimanı Projesi

Tez kapsamında vaka çalışması olarak incelenen Ercan Uluslararası Havalimanı projesi (ECN) konsept tasarım başlangıcından itibaren yapım sürecine kadar 70 aylık süre boyunca deneyimlenmiş olup bu bölümde bu süre kapsamındaki YBM sistemi ile yapılan çalışmalar detaylı incelenmiştir.

Ercan Uluslararası Havalimanı projesi (ECN) genel özellikleri:

Masterplan Planlama Alanı 7.800.000 m² (Kamulaştırma alanları dahil)

Kapalı İnşaat Alanı 169.068 m²

Terminal Yapısı Alanı 128.337 m²

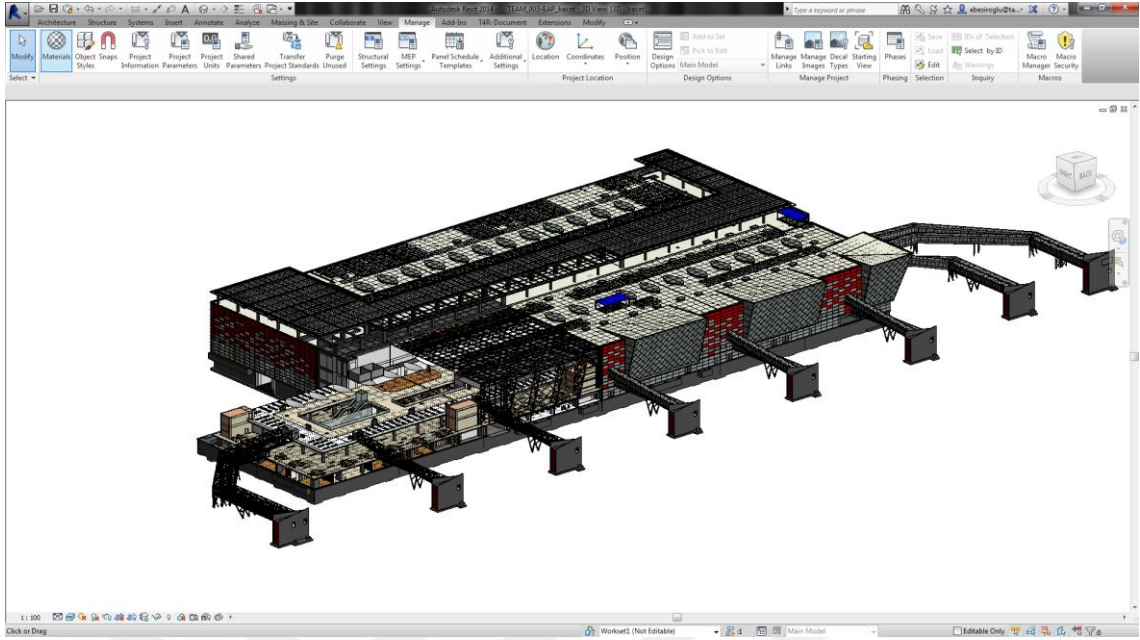
Otopark Yapısı Alanı 40.731 m²

Toplam Yolcu Kapasitesi 5.000.000 yolcu/yıl

Bold Mimarlık tarafından Autodesk Revit programı ile oluşturulmuş olan yapı bilgi modelleri konsept tasarım, uygulama ve imalat süreçlerinde kullanılmıştır. Yapılan modellerin ileride işletme sürecinde de kullanılması proje hedefleri arasında yer almaktadır. Bold Mimarlık bünyesinde mimari, statik, mekanik ve elektrik disiplinlerinin olduğu 46 kişilik bir proje ofisidir. Tüm disiplinler aynı server üzerinden eşzamanlı olarak tüm dosyalara ulaşmakta ve diğer disiplinlerin modellerini eşzamanlı olarak görmektedir.

ECN projesi kapsamında konsept proje sürecinde; Formit, Insight, Autodesk Revit ve Etabs programları ,uygulama proje sürecinde Autodesk Revit, Etabs, Sap2000, Autodesk Navisworks, Autodesk Dynamo ve Synchro programları imalat sürecinde ise Autodesk Revit, Autodesk Navisworks ve Synchro programları kullanılmıştır.

Şekil 4.1 'de ECN terminal binasına ait mimari , statik , mekanik ve elektrik Autodesk Revit modellerden oluşan koordinasyon modeline ait görsel kullanılmıştır.Bu görselde mimari disiplinine ait 14 model dosyası, statik disiplinine ait 15 model dosyası , mekanik disiplinine ait 6 model dosyası ve elektrik disipiline ait 2 model dosyası birleştirilerek oluşturulmuştur.



Şekil 4.1 ECN Terminal Binası Mimari , Statik ve MEP Revit Modeli (Bold Mimarlık, 2015a)

ECN projesine başlanırken Penn State Üniversitesinin hazırlamış olduğu uygulama planına uygun olarak YBM Uygulama planı hazırlanmıştır.

Tablo 4.1 ECN YBM Uygulama Planı YBM Kullanım Analizi (Bold Mimarlık, 2013)

2. YBM KULLANIM ALANI ÇALIŞMASI

YBM KULLANIM ALANI	ÖNEM SEVİYESİ	İLGİLİ BÖLÜM	İLGİLİ BÖLÜM ÖNEM SEVİYESİ	NOTLAR
VAZİYET ANALİZLERİ	HIGH	BOLD-A	HIGH	Arazi ve zemin bilgilerine ihtiyaç var.
		BOLD-S	HIGH	
MEVCUT DURUM MODELİ	MED	BOLD	MED	
		YÜKLENİCİ	MED	
TASARIM YAPMA	HIGH	BOLD	HIGH	
TASARIM İNCELEME	MED	BOLD	MED	
3B KOORDİNASYON (TASARIM)	HIGH	BOLD	HIGH	
3B KOORDİNASYON (YAPIM SÜRECİ)	HIGH	YÜKLENİCİ	HIGH	Eğitim ve programlara ihtiyaç var.
		BOLD	MED	
MÜHENDİSLİK ANALİZLERİ	HIGH	BOLD	HIGH	
YÖNETMELİK UYGUNLUK KONTROLÜ	HIGH	BOLD	HIGH	
4B MODELLEME	MED	YÜKLENİCİ	HIGH	
		BOLD	MED	
BÜTÇE TAHMİNİ	MED	YÜKLENİCİ	HIGH	
		BOLD	MED	
ASBUILT MODEL	LOW	YÜKLENİCİ	MED	
		BOLD	LOW	

YBM Uygulama planında projenin hedefleri , kullanım süreçleri, proje ekiplerinin sorumluluk, organizasyon yapısı, YBM model bölümlendirme şeması, model elemanlarının proje fazlarına göre detay seviyeleri, toplantı prosedürleri, kullanılan server bilgileri, projede kullanılan standart ve program versiyonları, model kalite kontrol prosedürleri, isimlendirme ve klasör yapısı, teslim tarihleri , iş programları, modelleme ve proje süreç haritalarında belirtilmiştir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi proje kapsamında planlama, tasarım, uygulama ve işletme fazlarında YBM modelinin kullanım amaçları tanımlanmıştır.

Tablo 4.2 ECN YBM Uygulama Planı YBM Kullanımı (Bold Mimarlık, 2013)

X	PLANLAMA	X	TASARIM	X	İNŞAAT	X	İŞLETME
	PROGRAMLAMA	X	TASARIM YAPMA		SAHA YERLEŞİM PLANLAMASI		YAPI BAKIM PLANLAMA
X	SAHA ANALİZİ	X	TASARIM İNCELEMESİ		YAPIM SİSTEM TASARIMI		YAPI SİSTEM ANALİZİ
		X	3B KOORDİNASYON	X	3B KOORDİNASYON		VARLIK YÖNETİMİ
		X	STATİK ANALİZLER		SAYISAL ÜRETİM		MAHAL PLANLAMA/ TAKİP
		X	AYDINLATMA ANALİZLERİ		3B KONTROL VE PLANLAMA		ATIK PLANLAMASI
		X	ENERJİ ANALİZLERİ	X	ASBUILT MODEL		ASBUILT MODEL
		X	MEKANİK ANALİZLER				
		X	DİĞER MÜH. ANALİZLERİ				
			SÜRDÜRÜLEBİLİR (LEED) DEĞERLENDİRMELERİ				
		X	YÖNETMELİK UYGUNLUK KONTROLÜ				
	FAZ PLANLAMA (4B)	X	FAZ PLANLAMA (4B)		FAZ PLANLAMA (4B)		FAZ PLANLAMA (4B)
	BÜTÇE TAHMİNİ	X	BÜTÇE TAHMİNİ		BÜTÇE TAHMİNİ		BÜTÇE TAHMİNİ
X	MEVCUT DURUM MODELLEME	X	MEVCUT DURUM MODELLEME		MEVCUT DURUM MODELLEME		MEVCUT DURUM MODELLEME

YBM uygulama planında proje hedefleri önem sıralaması yapılmıştır. ECN projesinde tasarımın etkinliğini arttırmak, proje ekiplerinin koordinasyonu arttırmak, maliyet ve inşaat yöntemi için bilgilendirmeyi arttırmak ve uluslararası yönetmelikleri uyumu arttırmak yüksek seviyede proje hedefi olarak tanımlanmaktadır. İnşaatın ilerlemesini hızlandırmak, saha uyumsuzluğunu azaltmak, imalat sırasında revizyonları azaltmak, inşaa edilebilirlik bilgisini arttırmak ve fizibilite bilgisini arttırmak ise orta seviye proje hedefi olarak tanımlanmaktadır.

Tablo 4.3 ECN YBM Uygulama Planı YBM Hedefleri (Bold Mimarlık, 2013)

(HIGH/ MED/ LOW)	HEDEF AÇIKLAMASI	POTANSİYEL YBM KULLANIMLARI
HIGH	TASARIM ETKİNLİĞİNİ ARTTIRMAK	SAHA ANALİZLERİ, TASARIM YAPMA, TASARIM KONTROLÜ, 3B KOORDİNASYON, MUHENDİSLİK ANALİZLERİ
MED	İNŞAATIN İLERLEMESİNİ ARTTIRMAK	4B MODELLEME
HIGH	PROJE EKİPLERİNİN KOORDİNASYONUNU ARTTIRMAK	3B KOORDİNASYON
LOW	İŞLETME BİLGİSİNİ, MAHAL KULLANIMINI, TESİSİN GELECEK İLERLEMESİNİ ARTTIRMAK	ASBUILT MODELLEME
MED	SAHA UYUMSUZLUKLARINI KALDIRMAK	3B KOORDİNASYON (ŞANTIYE)
MED	İMALAT SIRASINDA REVİZYONLARI AZALTMAK	TASARIM KONTROLÜ, MEVCUT DURUM MODELLEMESİ
HIGH	MALİYET KONTROLÜ VE İNŞAAT YÖNETİMİ İÇİN BİLGİLENDİRMEYİ ARTTIRMAK	BÜTÇE TAHMİNİ
HIGH	ULUSLARARASI YÖNETMELİK UYUMUNU ARTTIRMAK	YÖNETMELİK KONTROLLERİ
MED	İNŞAA EDİLEBİLİRLİK BİLGİSİNİ ARTTIRMAK	MÜHENDİSLİK ANALİZLERİ, 3B KOORDİNASYON
MED	FİZİBİLİTE BİLGİSİNİ ARTTIRMAK	4B MODELLEME, BÜTÇE TAHMİNİ

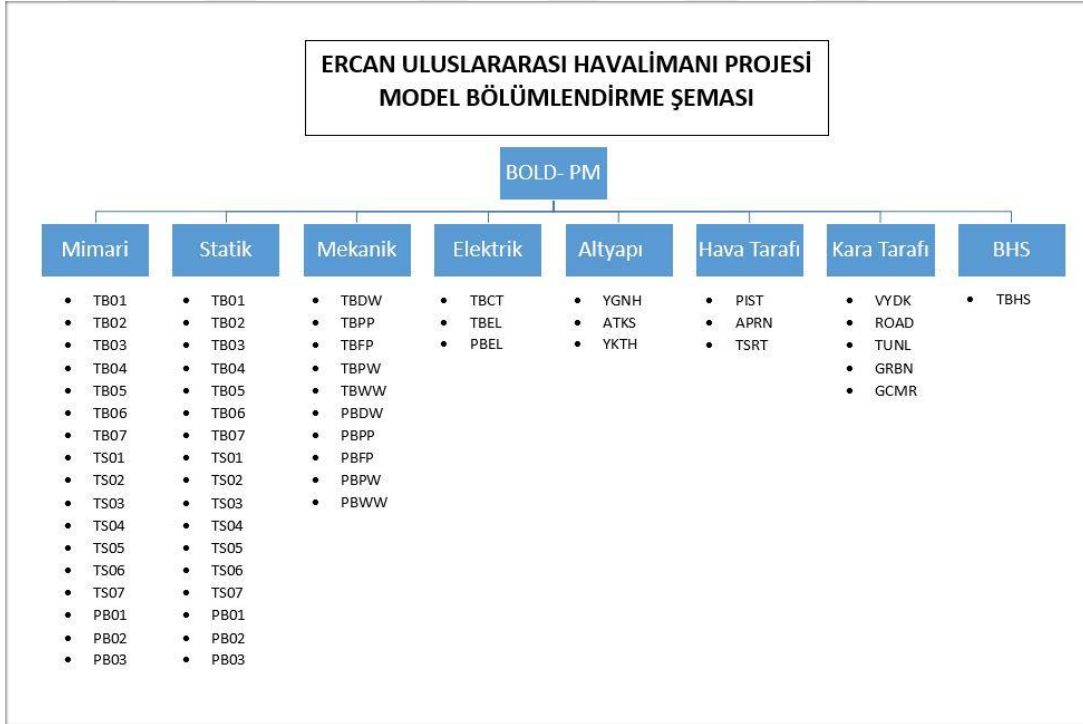
ECN projesinden çalışan kişileri içeren organizasyon şeması şekil 4.2’de belirtilmiştir. YBM uygulama planının eki olan bu doküman ile hangi kişilerin hangi kişiler ile iletişim kuracağı veya kuramayacağı bilgisi verilmiştir.

Tablo 4.4 ECN YBM Uygulama Planı YBM Sorumluluk ve Roller (Bold Mimarlık, 2013)

	STRATEJİK					YÖNETİM			ÜRETİM			
	HEDEFLER	ARAŞTIRMA	İŞLEYİŞ & İŞ AKIŞI	STANDARTLAR	UYGULAMAYA KOYMA	EĞİTİM	UYGULAMA PLANI	MODEL DENETİMİ	MODEL KOORDİNASYONU	İÇERİK YARATMA	MODELLEME	ÇİZİM ÜRETME
YBM MÜDÜRÜ												
KOORDİNATÖR												
MODEL YAPANLAR												

Örneğin yayınlanan bu organizasyon şemasında mekanik ekipte çalışan model yapan kişinin mimari ekipte çalışan model yapan kişi ile direk görüşmemesi gerektiği bilgisi yer almaktadır. Bu organizasyon şeması proje bilgi akışının takip edilebilir olması için kurgulanmış ve ekiplerin bu kurguda bilgi akışı sağlaması planlanmıştır. Bilgi akışının aksamaması ilerde projede revizyonlara sebep olacağı için proje sürecinde çok önemli bir yer almaktadır. ECN projesinde ekiplere katılan tüm kişilere ilk gününde bu şemalar anlatılmıştır ve bilgi akışının takibi yapıldığı için ekipler arasındaki bilgi akışındaki aksamalar en aza indirilmiştir.

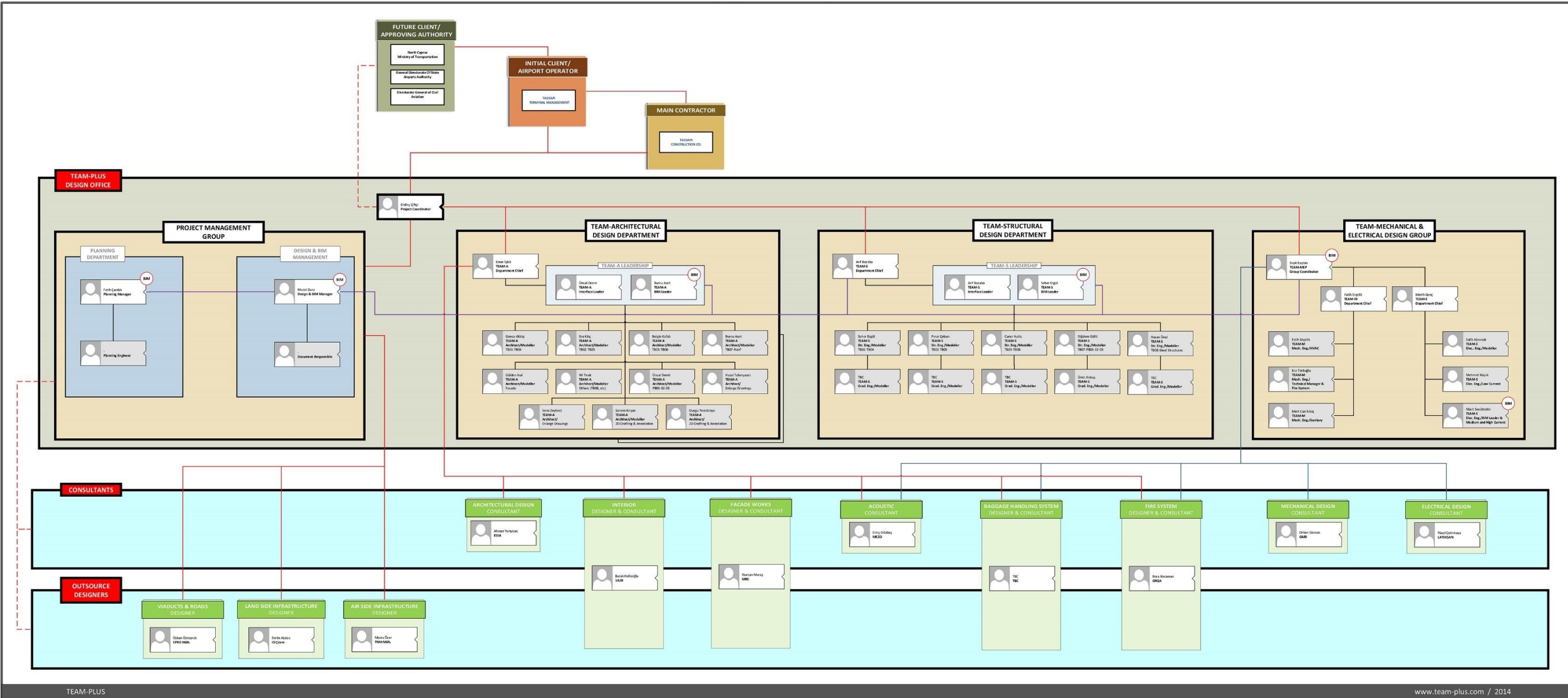
Proje ekipleri mimari , statik, mekanik ve elektrik proje modellerine aynı ofisten aynı server üzerinden eşzamanlı olarak ulaşmakla beraber hava tarafı danışmanı , altyapı , bagaj alım sistemi .. gibi ofis dışındaki ekipler de projelerini YBM sisteminin desteklediği model dosyalarını (Autodesk Revit, IFC.. gibi) belirli aralıklarla BOLD Mimarlık ofisine yayın yapmıştır. Yapılan bu model dosyaları da ofis içi ekiplerinin ulaşabildiği serverda yer almakta ve ihtiyaç durumunda ilgili ekipler çalışmaları model dosyalarına linkleyerek proje çalışmalarına devam etmiştir. Şekil 4.2 'de Model bölümlendirme şemasında disiplinlere ait olan dosya isimleri görülmektedir. ECN projesi 59 model dosyasından oluşmuştur.



Şekil 4.2 ECN Projesi Model Bölümlendirme Şeması (Bold Mimarlık, 2013)

ECN projesi paftaları ise model dosyalarında üretildiği için her zaman güncel kalmıştır. Model dosyasından pafta üretmek cad ortamında yapılan bir proje ile karşılaşılan en büyük sorun olan diğer disipline ait dosyanın güncel olup olmadığı sorunsalını da ortadan kaldırmıştır.

KUZAY KIBRIS ERCAN ULUSLARARASI HAVALİMANI TASARIM EKİBİ
ORGANİZASYON ŞEMASI



Şekil 4.3 ECN Projesi Organizasyon Şeması (Bold Mimarlık, 2013)

Vaka çalışmasının bu bölümünde YBM sisteminin ECN projesinde kullanım alanlarına örnekler yer verilmektedir. Tez kapsamında incelenen örnekler proje fazlarına göre tablolaştırılmış hali Tablo 4.5’de bulunmaktadır.

Tablo 4.5 Tez kapsamında ECN YBM Kullanım Alanları

ERCAN ULUSLARARASI HAVALİMANI PROJESİ PROJE SÜRECİ			
KONSEPT TASARIM	KESİN TASARIM	UYGULAMA PROJESİ	İŞLETME
PIST UZUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ VE TOPRAK			
TERMİNAL BİNASI YERLEŞİM YERİ KARARI			
	TERMİNAL BİNASI YOLCU MEKANLARININ İATA STANDARTLARINA GÖRE KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ		
TERMİNAL BİNASI CEPHE VE ÇATI KARARLARI			
		YAPISAL ÇELİK KOLON İMALATLARI	
	DİSİPLİNLER ARASI KOORDİNASYONUN SAĞLANMASI		
	PAFTA OLUŞTURMA		
	METRAJ VE MALİYET HESABI		
		SAHA İŞ PROGRAMI VE VİNC PLANLAMASI	
			KİRALAMA VE İŞLETME PLANLAMASI

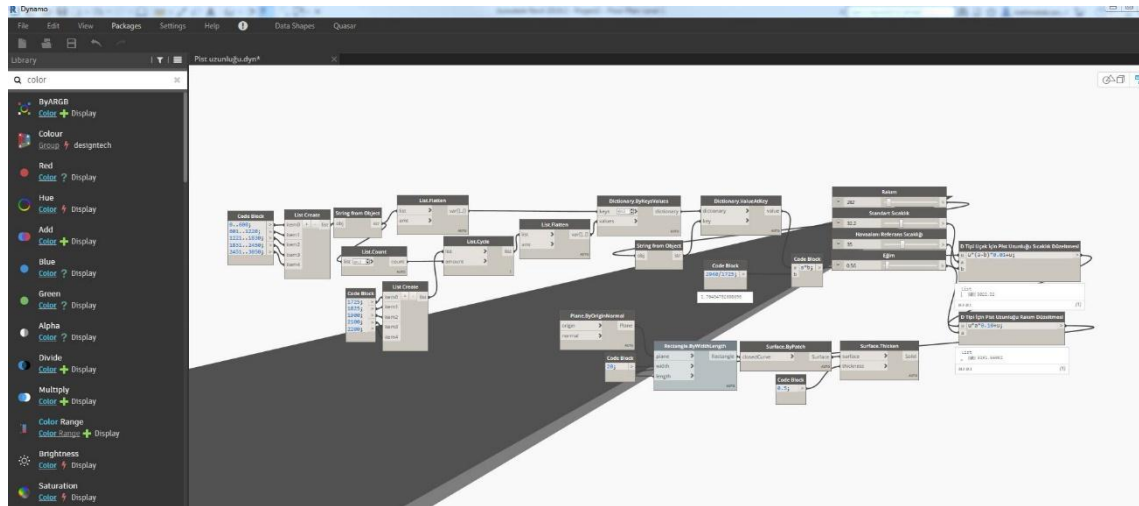
4.1 Pist Uzunluğunun Belirlenmesi ve Toprak Hareketleri

ECN proje ihale şartnamesinde belirtilmiş olan pist uzunluğu kriterleri ICAO Annex 14 şartlarını sağlaması gerekmektedir (TMA Mühendislik, 2014). ICAO Annex 14’de pist uzunluğunun belirlenmesi için uçak tip seçimi, rakım, sıcaklık hesapları ve mezil hesaplamaları için gerekli ana verilerin kararlaştırılması ve şartnamede yer alan hesaplamaların yapılması gerekmektedir.



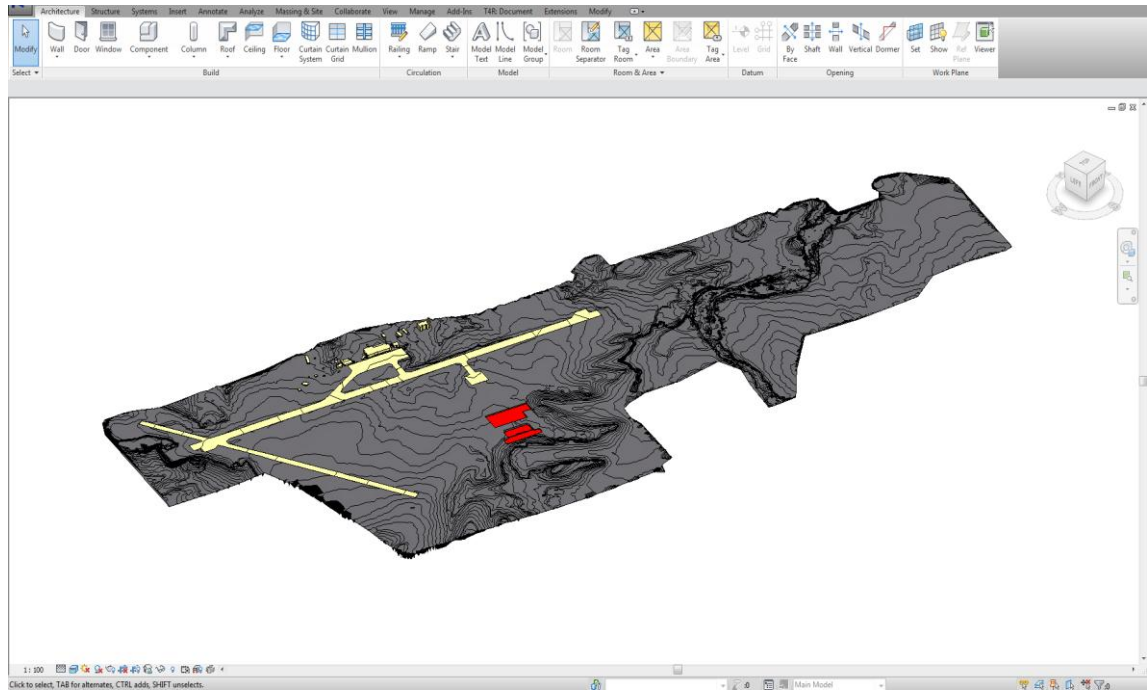
Şekil 4.4 Pist Uzunluğunu Belirlenme Süreci (ICAO, 2009a)

Hesaplama yönteminde ele alınan ICAO nun hesaplama kriterleri ve grafik değerleri Dynamo programına girilerek yazılan script ile hesaplanması oldukça kolaylaştırılmıştır. Dynamo görselini Şekil 4.5’de bulabilirsiniz.



ECN Pist Uzunluğu Hesaplaması bölümünde hesaplama yöntemleri ve grafiklerini detaylı olarak bulabilirsiniz.

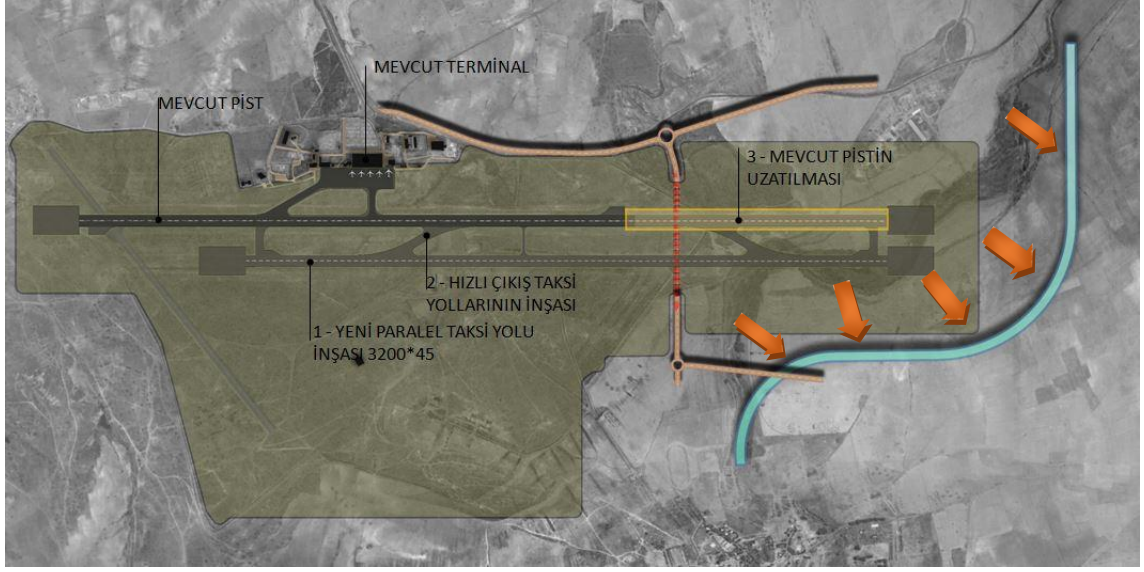
ECN projesinde ECN Pist Uzunluğu Hesaplaması bölümünde detaylı olarak gösterilen analizler sonucu, gerekli olan pist uzunluğu 3191 m olarak hesaplanmıştır ve pistin uzunluğunun 3200m olması kararı verilmiştir.



şekil 4.7 ECN Revit Arazi Modeli (Çiftçi, 2017)

Yapılan hesaplamalar sonucunda mevcut pistin uzatılması gerektiği kararına varılmıştır. Pist uzatıldığında şekil 4.7’de görülebildiği gibi yeni yapılacak olan pistin dere alanına girmesi nedeniyle derenin de deplase edilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Dronelar ile kaydedilen nokta bulutlarından elde edilen arazi verileri ile yapılan arazi modeli sayesinde deplase edilmesi gereken derenin deplase edileceği yere karar verilirken arazi jeolojik katman bilgilerinin de hesaplamalara dahil edilmesiyle derenin deplase edilmesi gereken yerin tanımlanmasına ve bu alandaki dolgu ve hafriyat miktarlarının önceden hesaplanmasına olanak sağlamıştır.



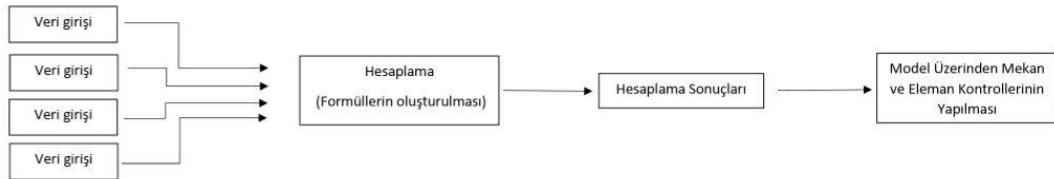
Şekil 4.8 ECN Vaziyet Planı (Bold Mimarlık, 2015a)

Sayısallaştırılan arazi modelinden derenin deplase edilmesi sonucunda dolgu ve kazı miktarları hesaplanmış ve derenin deplasesi sırasında çıkan kayalar kırılarak beton imalatında gerekli olan agrega boyutuna getirilerek inşaat sırasında kullanılmasına karar verilmiştir.

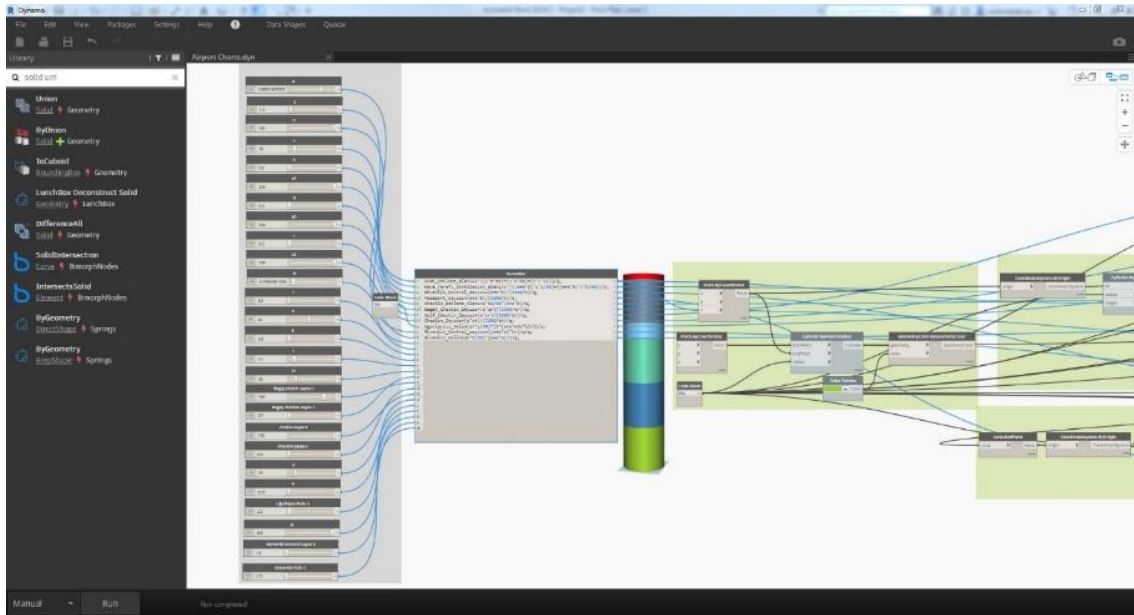
İmalat öncesinden yapılan bu hesaplamalar şantiye ekipleri ile paylaşılmış ve satın alma ve iş programı yapılırken de bu bilgiler doğrultusunda şantiye planlamaları yapılmıştır. Satın alınması gereken agrega miktarındaki azalma inşaat bütçesine katkı sağlamıştır.

4.2 Terminal Binası Yolcu Mekanlarının IATA Standartlarına Göre Kapasitelerinin Belirlenmesi

Ercan Havalimanı Terminal Projesi yolcu mekânları ve terminal ekipmanları IATA kriterlerine göre tasarlanmıştır. Bu kriterler için Bölüm B’de detaylı olarak açıklanmıştır.



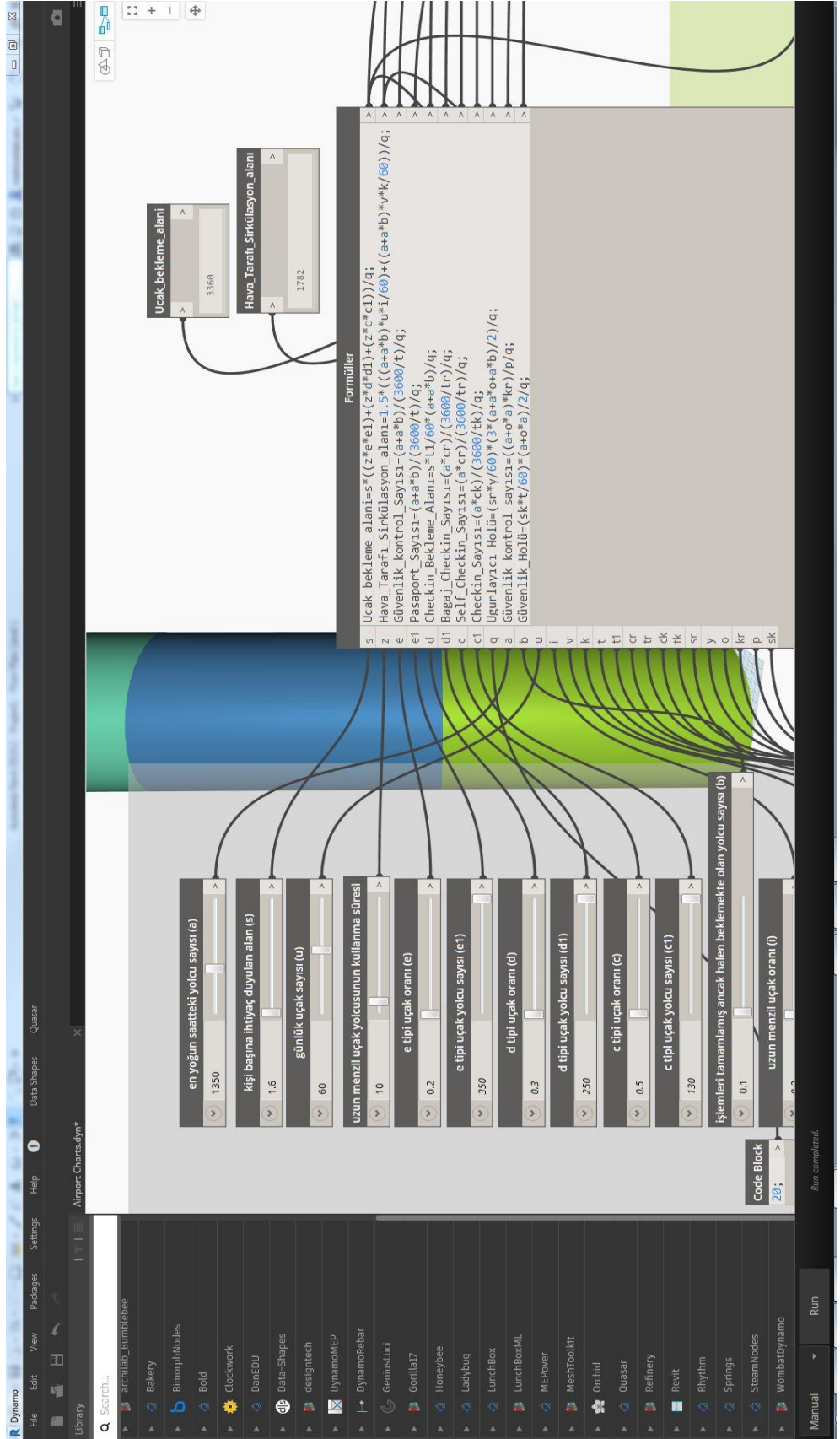
Şekil 4.9 Dynamo Hesaplama Şeması (Çiftçi, 2017)



Parametre	Değer
en yoğun saatteki yolcu sayısı (a)	1350
kişi başına ihtiyaç duyulan alan (s)	1.6
günlük uçak sayısı (u)	60
uzun menzil uçak yolcusunun kullanma süresi	10
e tipi uçak oranı (e)	0.2
e tipi uçak yolcu sayısı (e1)	350
d tipi uçak oranı (d)	0.3
d tipi uçak yolcu sayısı (d1)	250
c tipi uçak oranı (c)	0.5
c tipi uçak yolcu sayısı (c1)	130

Şekil 4.11 ECN IATA Yolcu Mekanları Dynamo Görseli Veri Girişi Bölümü (Çiftçi, 2017)

Şekil 4.12 ECN IATA Yolcu Mekanları Dynamo Görseli (Çiftçi, 2017)



ECN projesinde tasarım sürecinde yapılan revizyonlar sonrasında aşağıda listelenen terminal binası alanları Dynamo programı kullanılarak IATA standartlarına uygunluk kontrolleri yapılmıştır. Yapılan kontroller sonucunda projede çeşitli revizyonlar yapılmış olup nihai teslimde tüm alanların IATA standartlarına uygunluğu yazılmış olan bu scriptlerle kontrol edilmiştir. Kontrolleri yapılan terminal binası alanları :

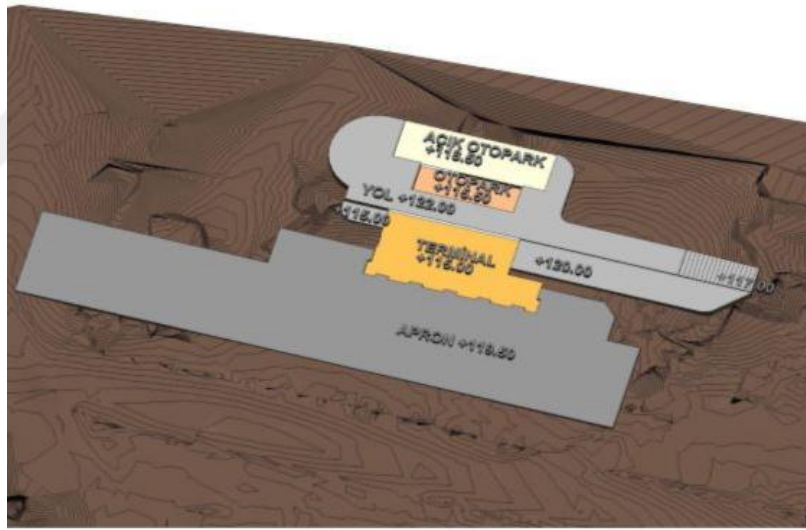
- Uçak bekleme Alanı
- Hava tarafı Sirkülasyon Alanı
- Güvenlik Kontrol Sayısı
- Pasaport Sayısı
- Check-in Bekleme Alanı
- Bagaj Check-in Sayısı
- Self Check-in Sayısı
- Check-in Sayısı
- Uğurlayıcılar Holü
- Güvenlik Kontrol Sayısı
- Güvenlik Holü

4.3 Terminal Binası Yerleşim Yeri Kararı

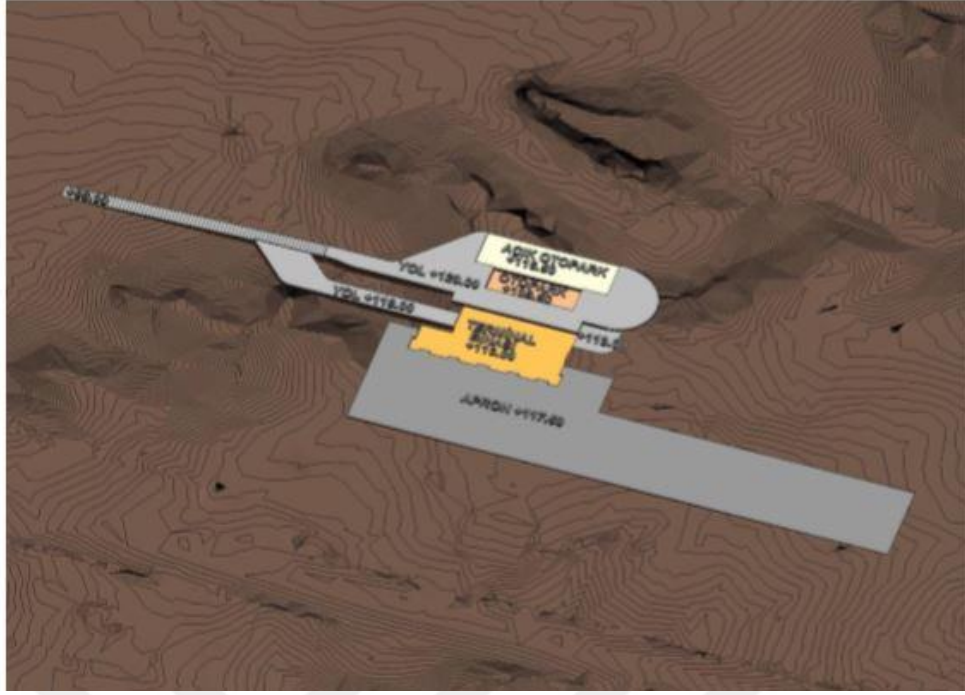
ECN proje ihale şartnamesinde terminal binası ve pist boyutu için ilgili yetkililer onay alınması gerektiği belirtildiği için havalimanı terminal boyutlarının netleşmesinin sonrasında terminal yapısının vaziyet planında yerleşimi için onay alınması için alternatif çalışmaları yapabilmek için mevcut arazinin verilerine ihtiyaç duyulmuştu. Mevcut arazi sayısal modelini oluşturabilmek için arazide dronelar uçurularak elde edilen nokta bulutu verileri ile arazinin modeli Autodesk Revit programında oluşturulmuştur. Terminal binasının en uygun yeri için toprak dolgu ve hafriyat miktarlarının analizleri yapılması gerekmiştir. Bu analizler Autodesk Revit programında arazi modülünden alınan program komutu olan 'fill/cut' metrajlarında toprak dolgu ve hafriyat miktarı hesaplatılmıştır.

Tasarım geliştirme fazında çalışılan ve bodrum katın daha doğru bir çözüm ile düzenlenebilmesine olanak sağlayan tasarıma göre, aprondan terminale giriş kotu $\pm 0.00\text{m}$ olarak alınmış fakat yola bakan gelen yolcu katı giriş cephesi kotu $\pm 0.00\text{m}$ kotundan $+2.00\text{m}$ kotuna yükseltilerek tasarlanmıştır. Bu durum bodrum katta teknik hacimlerin ve servis yolunun istenen yükseklik ve hacimlerde inşa edilmesine, aynı zamanda yapı dışında tasarlanan teknik binanın arazi içinde gömülerek gizlenmesine, bagaj alım holünün hacminin azaltılarak işletme maliyetinin düşürülmesine ve gelen yolcu holü ile bagaj alım holünün beraber problemsiz çalışmasına olanak tanımıştır. Girişin $+2.00\text{m}$ kotuna alınması ile $+9.90\text{m}$ kotunda olan giden yolcu kotuna çıkan viyadüğünün yüksekliği 7.90m 'ye azalmıştır.

Terminal binasının yerleşimi mevcut pistin kuzeyine ve güneyine olmak üzere iki alternatifin karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 4.13 ECN Kuzey Yerleşim Revit Arazi Modeli (Bold Mimarlık, 2015a)



Şekil 4.14 ECN Güney Yerleşim Revit Arazi Modeli (Bold Mimarlık, 2015a)

Mevcut Pistin Kuzey'ine Yerleşme Durumu: Terminal yapısının pistin kuzeyine mevcut terminalin batısına yapılması durumunda, apronun uygun standartlarda yapılabilmesi için yeni terminalin, otopark yapısının, ulaşım ve bağlantı yollarının inşa edileceği alanların, kuzeye doğru azalan yoğun kot farklarının olduğu bir bölgeye yerleşmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktaydı. Bu alanlardaki kot farkı yapıların yerleşimi açısından problem yaratmaktaydı:

Apron kotu eğim %0 olduğunda +119m olarak verilmiştir. Eğim göz önüne alındığında terminal binası ile bağlandığı nokta yaklaşık +119.50m, terminal ± 0.00 m kotu yaklaşık +120m olmaktadır. Giriş cephesi ise +2.00m kotunda yani +122m kotunda olmalıdır. Bu cepheninyerleşeceği bölgede arazi kotları +109m ile +111m seviyesinde değişmekte, bu durum da kimi bölgelerde 11m'lere varan dolgu zorunluluğu getirmektedir. Otoparkın üst kotunun da projeye göre terminalin kuzey cephesine bakan kot ile aynı seviyede olması gerekmektedir.

Ancak otopark binasının arazide yerleşeceği bölgenin tabii kotları +107m ile +104m seviyeleri arasında değişmektedir. Bu durum, otopark yapısının terminale bakan cephesine denk gelen +107m kotunun da terminalin giriş kotu olan +122m'ye yükseltilmesini, dolayısıyla iki yapı arasında da bazı noktalarda yaklaşık 15m dolgu

yapılmasını gerektirmekteydi. Yapı bu bölgeye yerleştğinde hafriyat miktarı güneye yerleşmesine oranla azalacak, ancak dolgu miktarını oldukça fazla artırmaktaydı.

Kot farkları sebebiyle Kuzey yerleşim alternatifinde otopark binasının tamamı ve terminal binasının büyük bir kısmı dolgu zemin üzerine oturmaktaydı. Bu durum ek katlar ya da kazık uygulaması gibi tasarımı ve maliyeti etkileyen durumlara sebep olabilmekteydi.

Mevcut Pistin Güney'ine Yerleşme Durumu: Terminal yapısının şartnamede belirtilen bölgeye mevcut terminalin karşısına, askeri bölge içine yerleşmesi durumunda, apronun uygun standartlarda yapılabilmesi için yeni terminalin, otopark yapısının, ulaşım ve bağlantı yollarının inşa edileceği alanların yerleşeceği bölgenin eğimi, tasarımın uygulanmasına daha elverişliydi. Apron kotu +117.50m, terminalin yol cephesine denk gelen bölüm ise +120m seviyesindeydi. Bağlantı yolları genel kotu +120.00m olup otopark binası temel üst kotu +109.50m, açık otopark kotu +116.50m olmaktaydı.

Terminal güneye inşa edildiğinde kuzey alternatifine göre daha az dolgu yapılması gerekliliğiyle birlikte, otopark ve ana terminal yapısı için kuzey yerleşimi alternatifine oranla bir miktar fazla hafriyat yapılması gerekmektedir.

Güney alternatifinde binalar genel olarak doğal zemine oturmakta, ek kat ya da kazık uygulamasına gerek kalmamaktaydı.

Tablo 4.6 ECN Arazi Yerleşim Yönlerine Göre Dolgu-Hafriyat Miktarları (Bold Mimarlık, 2015b)

GÜNEY YERLEŞİM		KUZEY YERLEŞİM	
DOLGU	1.264.208	DOLGU	1.898.518
HAFRİYAT	176.389	HAFRİYAT	1.153
NET M3	1.087.819	NET M3	1.897.365

Bu analizler sonucunda havalimanının mevcut pistin güneyine yapılması 809,546m³'lük dolgu toprağı işini azaltacağı verisine ulaşılmıştır.

Bu veri ve Bölüm 2.2 Havalimanı Yer Değerlendirilmesi Ve Seçimi'nde anlatılan diğer verilerin sonucunda yeni yapılacak terminal binasının mevcut pistin güneyine yapılması yetkililer tarafından onaylanmıştır.

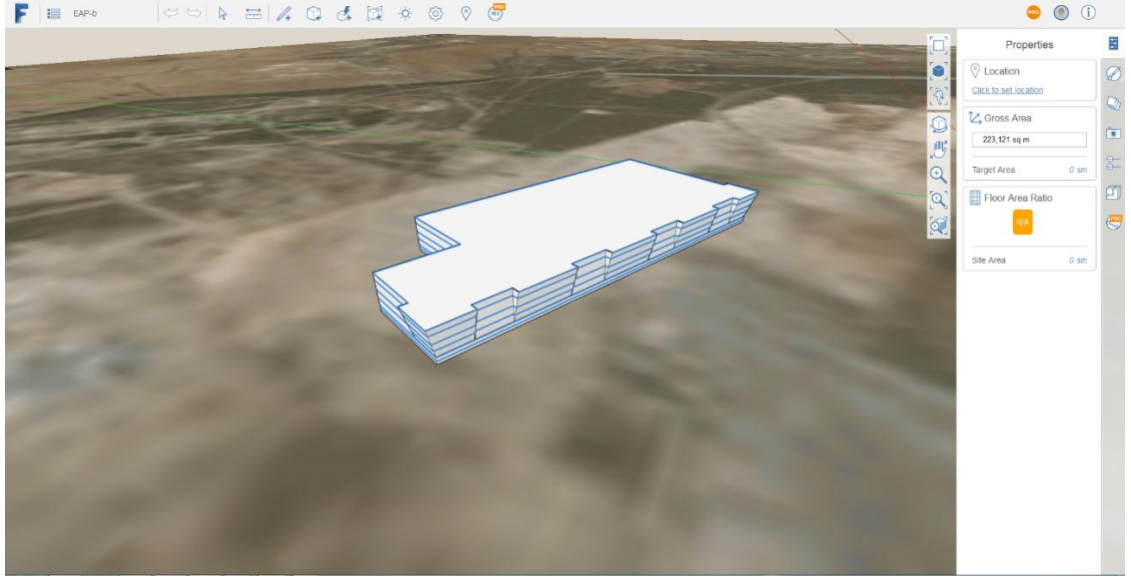


Şekil 4.15 ECN Vaziyet Planı (Bold Mimarlık, 2015a)

4.4 Terminal Binası Cephe ve Çatı Kararları

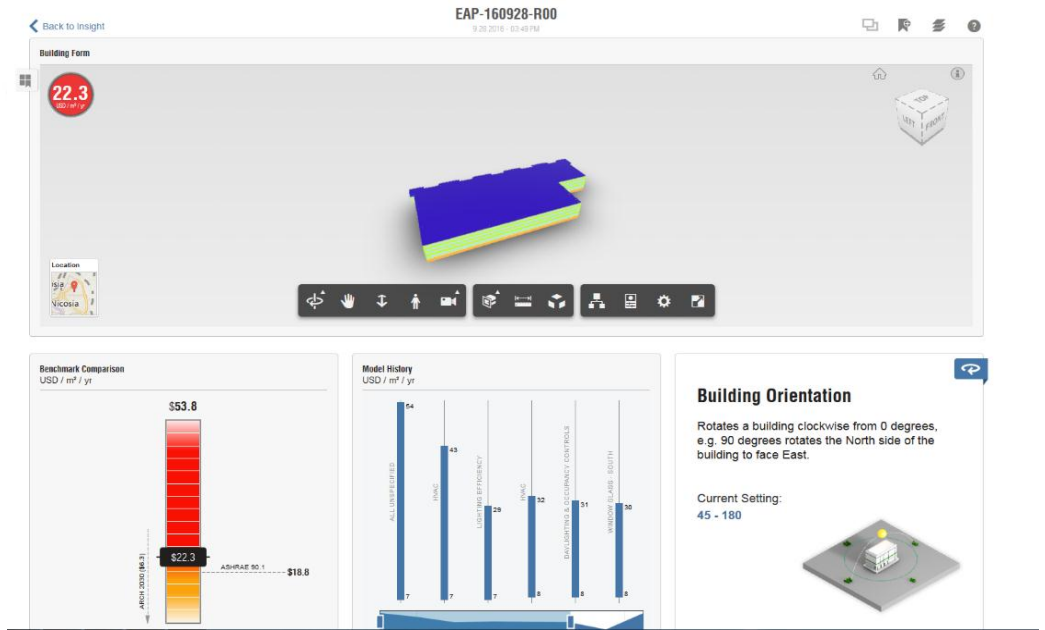
Konsept projesi sürecinde tasarıma başlarken yapılan eskizlerden sonra kütle analizlerini Autodesk Formit ve devamında Autodesk Insight programları kullanılmıştır. Bu programlar kütle tasarımını geliştirmek için gerekli olan güneş analizi, gölge analizi, cephe dolu/boş analizi, yapı konum optimizasyonu, cam tipleri, bina kullanım alanına göre mekanik-elektrik sistem önerileri için yaklaşık olarak yapı kullanım maliyeti ... gibi analizleri yapabildiği ve raporlayabildiği için tercih edilmiştir.

Yapılan yıllık güneş ve gölge analizleri sonucunda cephede kullanılacak olan gölgeleme elemanlarının oranlarına karar verilmiştir.



Şekil 4.16 ECN Formit Programı Görşeli (Çiftçi, 2017)

Autodesk Formit programı içerisinde tanımlı olan dünya da haritasından arazi konumu seçilmiş ve yapının kütle modeli seçilen arazi üzerinde oluşturulmuş ve güneş-gölge hareketleri analizleri oldukça kısa sürede yapılmaktadır.

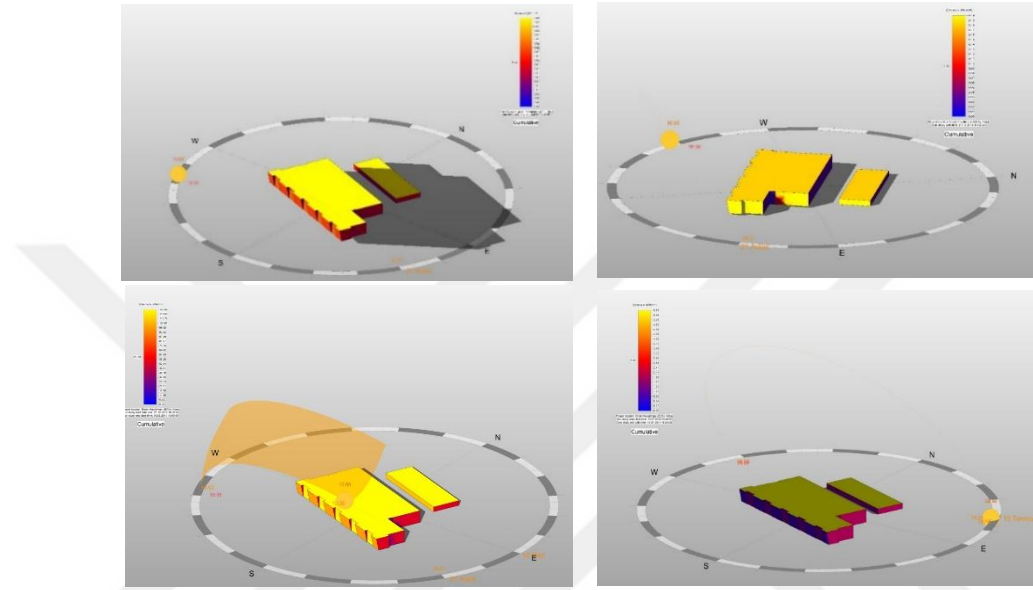


Şekil 4.17 ECN Insight Programı Görşeli (Bold Mimarlık, 2015b)

Autodesk Formit programında yapılan model Autodesk Insight programına transfer edilerek daha detaylı analizlerin yapılması olarak sağlamaktadır. Projede kullanılacak cam tipi seçiminin (örneğin tek cam , çift cam ya da üçlü cam gibi)

yapının yıllık işletme maliyetine etkilerini göre karşılaştırması gibi karşılaştırma yapılabilmekte ve bu karşılaştırmalar değerlendirilerek tasarım sürecine yön vermektedir. Autodesk Insight programı yapının konumunun, elektrik, mekanik sistemler içinde analiz yapmaktadır.

Şekil 4.18 'de 21 Aralık gününe ait gün içindeki yapılan güneş ve gölge analizi gösterilmektedir.

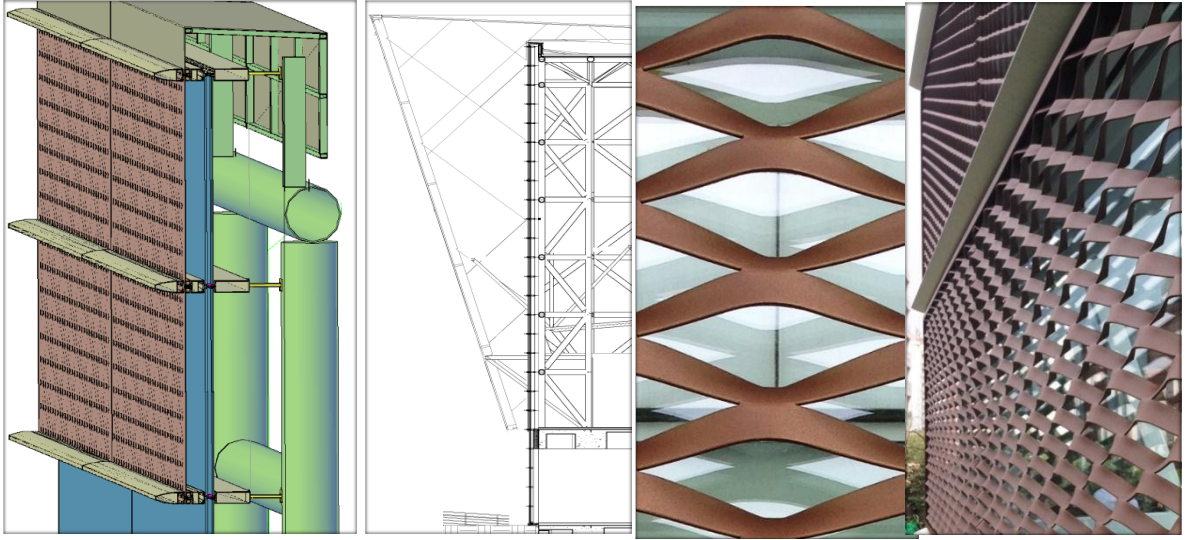


Şekil 4.18 ECN projesi 21 Aralık Günü Güneş Analizi (Bold Mimarlık, 2015a)

Yapılan analizler sonucunda aprona bakan yolcu bekleme hollerinin olduğu cephede güneş kırıcıların olması gerektiği kararı alınmıştır. Mahal yüksekliği 11m olan yolcu bekleme hollerinin cephesinin tamamında güneş kırıcı kullanmak yerine mahalin belirli alanlarında cephe açısını değiştirerek aynı etkiyi sağlanacağı kararına varılmıştır.

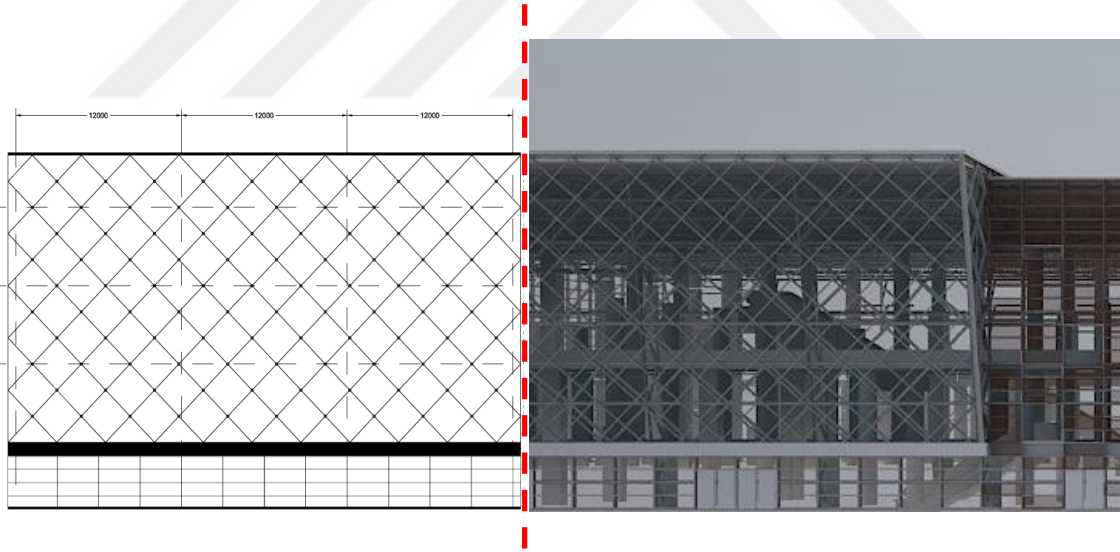
Güneş kırıcı kullanılan cepheler; cam ve perfore metal olmak üzere iki cıdardan oluşmaktadır. Perfore metalin oranı yapılan güneş analizi verilerine göre düzenlenmiştir. Cephede insan boyuna yakın alanlar mümkün oldukça sadece cam panel yapılarak şeffaflık sağlanmış olup insan boyundan yukarıya doğru yükseldikçe gölgeleme elemanı olan perfore metal panellerin yoğunluğu arttırılarak analizler sonucunda çıkan oran sağlanmıştır.

Yapılan bu analizler imalat sürecinde cephe danışmanın da yapmış olduğu hesaplamalar ile netleştirilmiş ve nihai oranlar elde edilmiştir.



Şekil 4.19 ECN Cephe Panelleri (Bold Mimarlık, 2015b)

Aprona bakan cephede, uçaklara giden köprülerin arasında kalan bölümler, 15°'lik bir eğimle dışa doğru eğilerek akustik konfor arttırılmış ve ışık kontrolü daha uygun bir hale getirilmiştir. Eğimli cepheler aynı zamanda aprondaki olası parlama ve yansımaların da önüne geçmiştir.



Şekil 4.20 ECN Terminal Binası Apron Cephesi Autodesk Revit Programı Görseli (Bold Mimarlık, 2015b)

Eğimli cepheler dışarıya fırlamış şeffaf küplerle monotonluğunu kırmıştır. Bu eğimli yüzeyli küpler, yolcu bekleme salonlarına daha konforlu bir apron manzarası sağlamıştır.



Şekil 4.21 ECN Terminal Binası Apron Cephe Görseli (Bold Mimarlık, 2015b)

4.5 Yapısal Çelik Kolon İmalatları

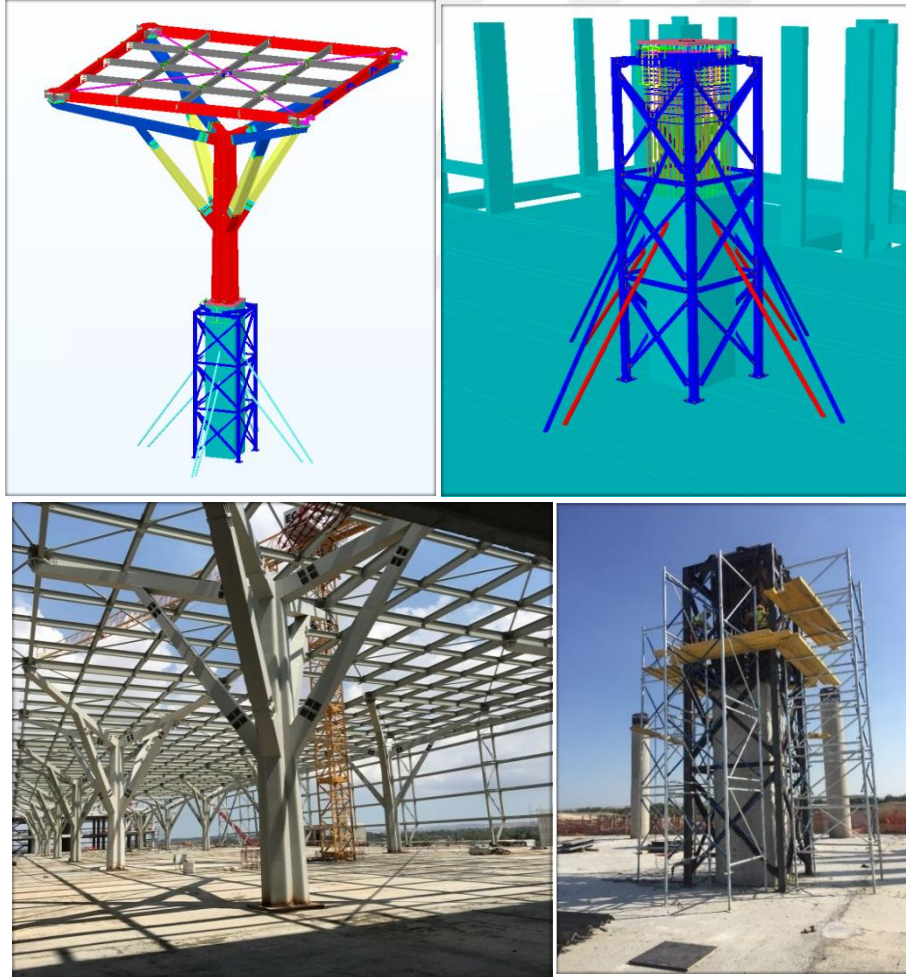
ECN projesinde giden yolcu holleri mahal yüksekliği 11 metre olup mahal üstü çelik çatı ile sonlanmaktadır. Bu mahallerin taşıyıcı tasarımı da ön planda olmasından dolayı tasarım sürenin ilk eskizleriyle belirlenmiş formu havalimanı genel tasarım kararlarında önemli bir yer almaktadır. Ağaç formuna atıfta bulunan çelik kolonlar tasarım süreci ilerledikçe tasarımı ve imalat detayına kadar olan süreci aşağıdaki şekillerde incelenebilmektedir.



Şekil 4.22 Ağaç Kolon İlk Eskizi ve Maketi (Bold Mimarlık, 2015a)

Çelik ağaç kolonların tasarımı eskizle başlamış olup sonrasında 3B modelleri oluşturulmuştur. Mimari ve mühendislerin beraber çalışması sonucunda boyutları

netleştirilmiş ve gerekli imalat detayları modellenerek imalat için gerekli olan seviyeye getirilmiştir. Uygulama projelerinin şantiye ekiplerine iletilmesiyle devam eden süreçte saha ekiplerinin imalatlarda yaşadığı sorunları çözmek için imalat sürecinde yapılıp imalat tamamlandıktan sonra sökülmesi gereken detay parçaları dahil 3B modeli yapılmış ve şantiyedeki saha ekiplerine aktarılmıştır. Çelik kolonların imalatında yaşanan en büyük zorluk betonarme kolonun devamında çelik kolonların başlaması ve bitmiş halinin mimari zemin kaplamasına taşmaması isteği olmuştur. Mimari olarak istenilen bu detay sağlayabilmek için betonarmeden gelen donatıların çelik profiller ile bağlatısı için donatı yerleşimine uygun bir çelik plaka aracılığıyla imalatın yapılması gerekmiştir. ECN projesinde donatılar modellenmemesine rağmen bu imalat için gerekli olan alanlarda donatılar modellenmiş olup saha ekipleri ile paylaşılmıştır.



Şekil 4.23 ECN projesi Çelik Ağaç Kolon Model ve İmalat Görselleri (Çiftçi, 2017)

4.6 Disiplinler Arası Koordinasyonun Sağlanması

ECN YBM Uygulama planında planlandığı gibi her hafta perşembe günleri yapılan çakışma testleri ilgili disiplinlere yayınlanmış ve bir sonraki haftada kontrolleri yapılmıştır. Çakışma kontrolleri projenin fazına, iş programına ve proje öncelikli elemanlarına göre farklılık göstermektedir. Çakışma kontrolleri yapım standartları YBM uygulama planı eklerinde detaylı olarak tanımlanmıştır.

Tüm disiplinlerin iş programları projeye başlarken tüm proje paydaşlarına yayınlamıştır. Proje ekipleri yayınlanan iş programından hangi disiplinde hangi işin başlayacağı ve biteceği bilgisine erişmiş ve disiplinlerarası koordinasyonun sağlanmasında büyük önem taşımıştır.

Haftalık yapılan çakışma testleri raporlanmakta ve ilgili disiplinler ile paylaşılmaktadır. İlgili disiplinler bu test raporlarını inceleyerek gerekli proje düzenlemelerini yapmıştır. Her hafta yapılan çakışma testleri disiplinler arası uyumsuzluğu raporlamakta ve çözölen veya çözölmeyen proje hatalarının sayısal bir verisine ulaşılmasına olanak sağlamıştır.

Havalimanlarında kullanılan bagaj alım sistemleri gibi üretici firmalar tarafından yapılan projeler olduğu için proje ile uyumluluğunun kontrol edilmesi imalat sürecinde zaman ve maliyet sorunları yaşanmaması için büyük önem taşımıştır.

ECN projesinde de bulunan bagaj alım sistemi mimari, statik, mekanik ve elektrik disiplinleriyle koordine edilmesi gereken karmaşık bir sistemdir. Üretici firmadan alınan IFC model dosyası ilgili modele linklenerek tüm proje paydaşlarının ulaşabilmesi sağlanmıştır. Proje paydaşları kendi model dosyalarına linkleyerek ve Autodesk Navisworks programı ile çakışma testleri yaparak gerekli kontrollerini yapmıştır.

Autodesk Navisworks

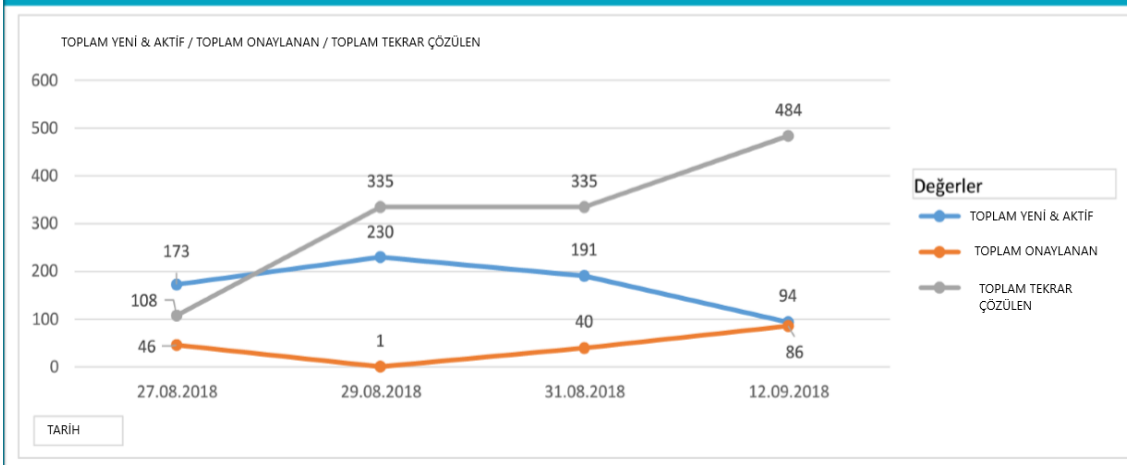
ÇAKIŞMA TESTİ

STR_SL04vsDuctTolerance: 0.001m Clashes: 14 New: 0 Active: 0 Reviewed: 0 Approved: 0 Resolved: 0 Type: Status: Hard OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1			Item 2			
								Item ID	Layer/Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.900	MIRROR-4 : L04	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:26.450, y:-7.610, z:4.500	GUID: cdb55c6-9c77-49ed-a8d4-1c0d388521ba	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 4812317	DW-L02	Rectangular Duct	Ducts: Rectangular Duct: 3060 Dikdörtgen Kanal
	Clash2	New	-0.850	MIRROR-4 : L04	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:26.800, y:-10.750, z:4.500	GUID: cdb55c6-9c77-49ed-a8d4-1c0d388521ba	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 2687903	DW-L04	Rectangular Duct	Ducts: Rectangular Duct: 3060 Dikdörtgen Kanal
	Clash3	New	-0.080	MIRROR-4 : L03	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:26.400, y:-10.654, z:4.380	GUID: cdb55c6-9c77-49ed-a8d4-1c0d388521ba	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 2701558	DW-L04	Standart Dikdörtgen Radyus Dirsek	Duct Fittings
	Clash4	New	-0.031	MIRROR-1 : L03	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:0.342, y:-23.914, z:3.630	GUID: cdb55c6-9c77-49ed-a8d4-1c0d388523f3	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 2824176	DW-L02	Flex Duct Round	Flex Ducts: Flex Duct Round: Esnek Kanal-Yuvak
	Clash5	New	-0.031	MIRROR-1 : L03	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:0.342, y:-17.897, z:3.642	GUID: cdb55c6-9c77-49ed-a8d4-1c0d388523f3	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 2824059	DW-L02	Flex Duct Round	Flex Ducts: Flex Duct Round: Esnek Kanal-Yuvak
	Clash6	New	-0.031	MIRROR-1 : L03	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:0.342, y:-11.912, z:3.630	GUID: cdb55c6-9c77-49ed-a8d4-1c0d388523f4	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 2823896	DW-L02	Flex Duct Round	Flex Ducts: Flex Duct Round: Esnek Kanal-Yuvak
	Clash7	New	-0.031	MIRROR-8 : L03	Hard	2014/11/25 15:14.04	x:20.017, y:-6.753, z:3.661	GUID: 7761282a-a7ec-47ed-b725-bd3e3a2305e7	STRUCTURAL CONCRETE-C35	Solid	Element ID: 2866198	DW-L02	Flex Duct Round	Flex Ducts: Flex Duct Round: Esnek Kanal-Yuvak

Şekil 4.24 ECN Projesi Navisworks Çakışma Testi (Çiftçi, 2017)

		STR			ARC			MEC			ELC		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
STR	A												
	B	12											
	C	30	32										
ARC	A	57	12	58									
	B	37	96	37	37								
	C	6	17	3	78	25							
MEC	A	37	93	73	56	1	4						
	B	37	43	34	73	78	45	17					
	C	9	76	57	7	39	37	25	37				
ELC	A	38	78	8	37	75	28	96	87	76			
	B	287	27	827	75	0	72	78	3	37	427		
	C	72	78	782	278	27	39	287	275	7	7	72	

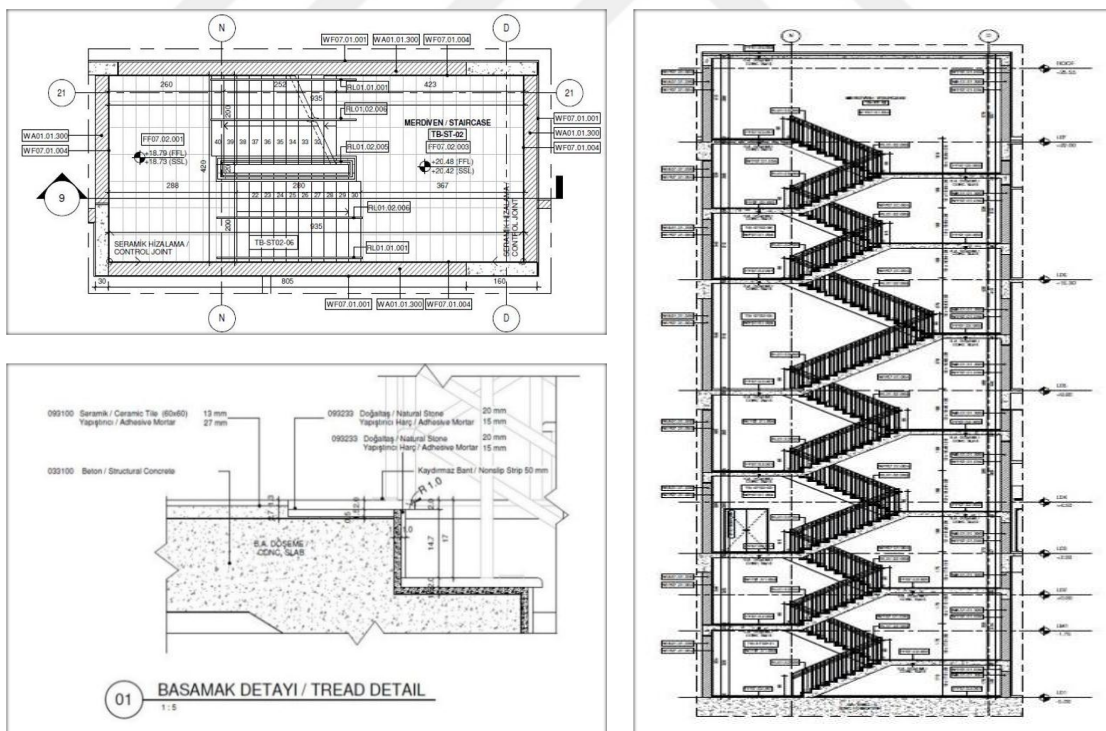


Şekil 4.25 ECN Projesi Çakışma Kontrol Grafikleri (Çiftçi, 2017)

4.7 Pafta Oluşturma Süreci

Model elemanları proje genelinde LOD 350 olarak modellendiği için paftalama süreçlerinde ilk başta uzun süren model oluşturma sürecinin aksine paftalama sürecinin geleneksel yöntemlere göre oldukça az bir zamanda tamamlanması sağlanmıştır. Model elemanları oluşturulurken paftalama süreçlerinde hangi bilgilere ihtiyaç olacağı öngörülerek ilgili bilgi ve kodlamalar Autodesk Revit programında ilgili elemanlara parametre olarak girilmiştir.

Örneğin merdiven basamaklarının malzemelerine masterformat kodunun yazılması metraj listelerinde ECN projesi standartında olan masterformat bölümüne girmesi ve malzeme kodu bilgisinde paftada görülmesinin istendiği şekilde ilgili parametreleri düzenlenmektedir. Bu bilgiler model oluşturulurken yetkili kişiler tarafından girilmekte olup paftalama sürecinde paftalama yapan kişi sadece ilgili etiketlemeleri kullanmaktadır. YBM sisteminin kullanılması ile proje sonunda istenilen dokümanların proje başında karar verilmesi gerekmekte ve kararlarla ilgili parametreler ilgili model elemanlarına eklenmektedir.



Şekil 4.26 ECN Projesi Merdiven Plan ,Kesit ve Detay Paftası (Çiftçi, 2017)

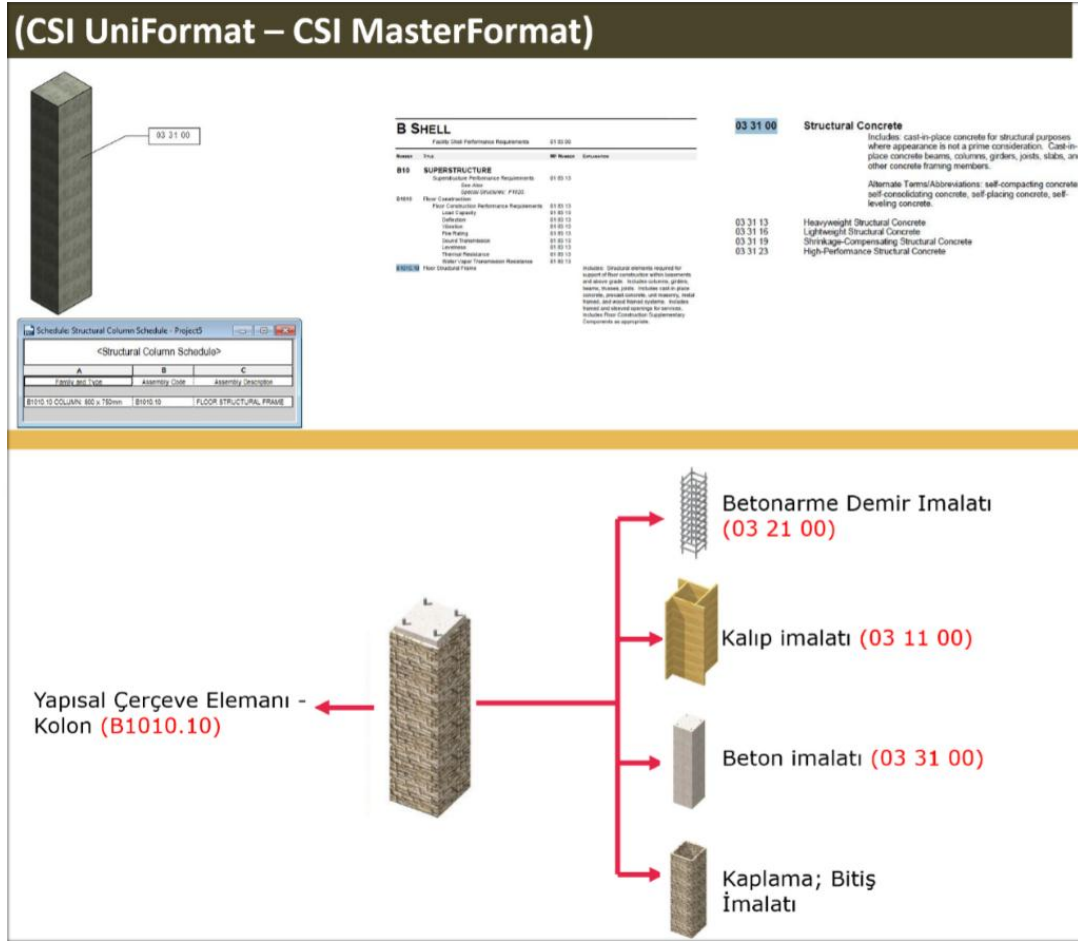
Paftalama sürecinde Dynamo programı da etkili bir şekilde kullanılmıştır;

- Microsoft Excel programında hazırlanan pafta listesi (3112 adet pafta) ve içinde bulunması gereken view'ler (Autodesk Revit programı kullanıldığı için programdaki adı belirtilmiştir) ve view'lere ait ölçek bilgileri Autodesk Dynamo programı aracılığıyla otomatik olarak oluşturulmuştur. Bu işlem geleneksel yöntem ile yapılması 4 kişinin yaklaşık 1 haftalık zamanını almakta ve kontrol edilmesi içinde başka zaman ve kişilere ihtiyaç duyulmaktadır. Autodesk Dynamo programı ile yapılan bu işlem yarım gün de tamamlanmakta ve kontrolü ve revizyonu da yine Microsoft Excel programından yapılmaktadır.
- Mimari mahallere (Autodesk Revit programında 'Room' denilmektedir) mahal numarası verilmesi de yine Dynamo programı olarak yapılmıştır.
- Mimari kapıların projede sadece o kapıyı belirten bir numarası olması gerekmektedir. Bu numara kapı listelerinde ve imalatlarda kapıların takibini yapabilmek için önem taşımaktadır. Mahal adıyla ilişkili numara verilmesi yine Autodesk Dynamo programı aracılığıyla kapının olduğu mahallerin Numara bilgileri alınarak otomatik olarak numara eklenerek sağlanmıştır. Örneğin; mahal numarası: TB-01019 , kapı numarası: TB-01019-D/02.
- Yapısal projelerde kirişlerine projede tek bir elemanı tarifleyecek özel bir numarası olması donatı detaylarını çizilmesi ve imalatların yapılması için önemlidir. Kirişlere numara verilmesi yine Autodesk Dynamo programı aracılığıyla otomatikleştirilmiştir.

4.8 Metraj ve Maliyet Hesabı

ECN projesinin mimari, statik, elektrik ve mekanik disiplinlerine ait tüm metrajlar Autodesk Revit programından alınmıştır. YBM uygulama planında da belirtildiği gibi tüm proje süreçlerinin sonundan işverene metraj listesi yayınlanmıştır. Modelleme sürecinde yapılan kurgular doğrultusunda her elemanın özelliklerine göre metrajları alınmıştır. Alınan metrajlar CSI unformat ve masterformat standartlarında listelenmiş olup yapılan modellerde ilgili elemanlara bu kodlamalar parametre olarak bilgisi girilmiştir. Bu bilgiler model elemanlarına girilmiş veriler olduğu için metraj listelerinin oluşturulması 1 kişinin 1 günlük adam/saati süresinde tamamlanmıştır. Yapılan bir reviyon sonrasında ise metraj listelerinin

hazır olması nedeniyle sadece listelerin güncellemesi yeterli olmuştur bu da 1 kişinin yarım saat sürecinde işi tamamlamasına olanak sağlamıştır.



Şekil 4.27 CSI Masterformat ve Uniformat Anlatımı (Çiftçi, 2017)

ECN projesi YBM kullanılmayan geleneksel yöntem ile yapılan bir proje olsaydı metraj listelerinin hazırlanması proje çizimlerinin tamamlanmasından sonra 4 kişilik bir ekibin 1 aylık çalışması gerektiği Bold mimarlık yetkilileri tarafından belirtilmiştir.

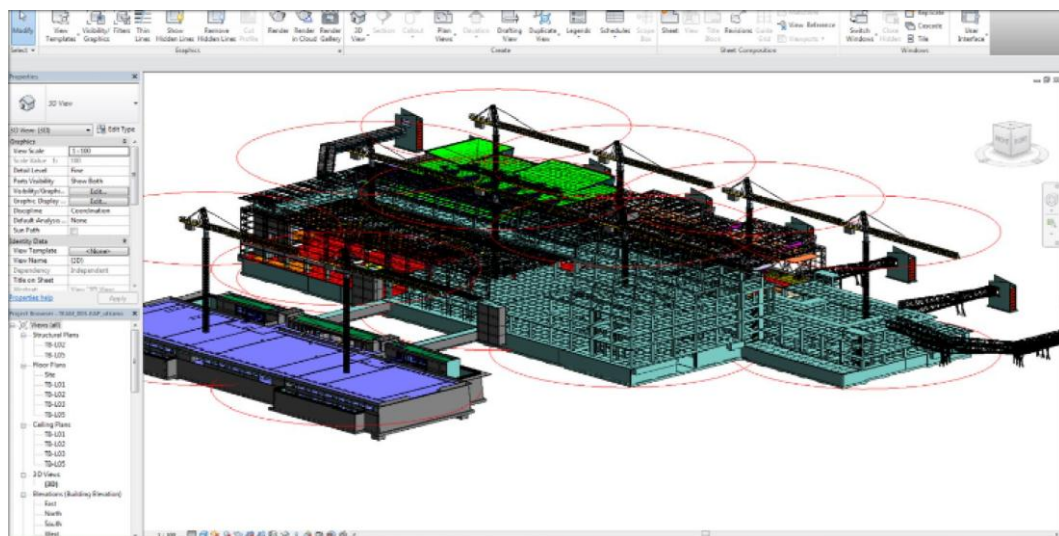
Sistematik bir şekilde YBM sisteminin kullanılması revizyonların hızlı bir şekilde yapılmasına ve modelden üretilen paftaların da eş zamanlı olarak güncellenmesine olanak sağlamıştır (Kennett, 2011). Toplam proje tasarım ve uygulama sürecine bakıldığında ise bu süre proje sürecinde önemli bir pay aldığı yine Bold mimarlık yetkilileri tarafından önemle belirtilmiştir.

The screenshot displays the BIMBA 2019 software interface, specifically the 'Modify Schedule/Quantities' window. The window is split into two main sections. The left section, titled 'Schedule Wall Schedule', shows a list of schedule items for 'FLOOR SCHEDULE' and 'WALL SCHEDULE'. The right section, titled 'INTERIOR FINISHES / İÇ MEKAN BİTİŞLERİ', displays a table of quantities. The table has columns for 'Description / Açıklama', 'Unit / Birim', 'Quantity / Miktar', and 'Total / Toplam'. The table lists various interior finishes, including Foundations / Temeller, Subgrade Enclosures / Zemin Altı Döşemeleri, and Interior Partitions / İç Mekan Bölütleri. The table also includes a 'TOTAL COST' section at the bottom.

Şekil 4.28 ECN Projesi Metraj Görseli (Çiftçi, 2017)

4.9 Saha İş Programı ve Vinç Planlaması

Bold Mimarlık ekibi ECN projesinin şantiye sürecinde de çalışmalarına devam etmiş olup uygulama projelerin tamamlanmasıyla beraber şantiye saha ekipleriyle beraber model seviyesini ilerletmeye devam etmiştir. Bold Mimarlık'tan YBM müdürü ve proje müdürü şantiye şefi ve her disiplinde görev alan 2'şer kişinin olduğu saha ekibine İstanbul ofisinde şantiye yapım sürecinde modelin kullanılmasına devam edilmesi için 1 ay boyunca eğitim vermiştir.



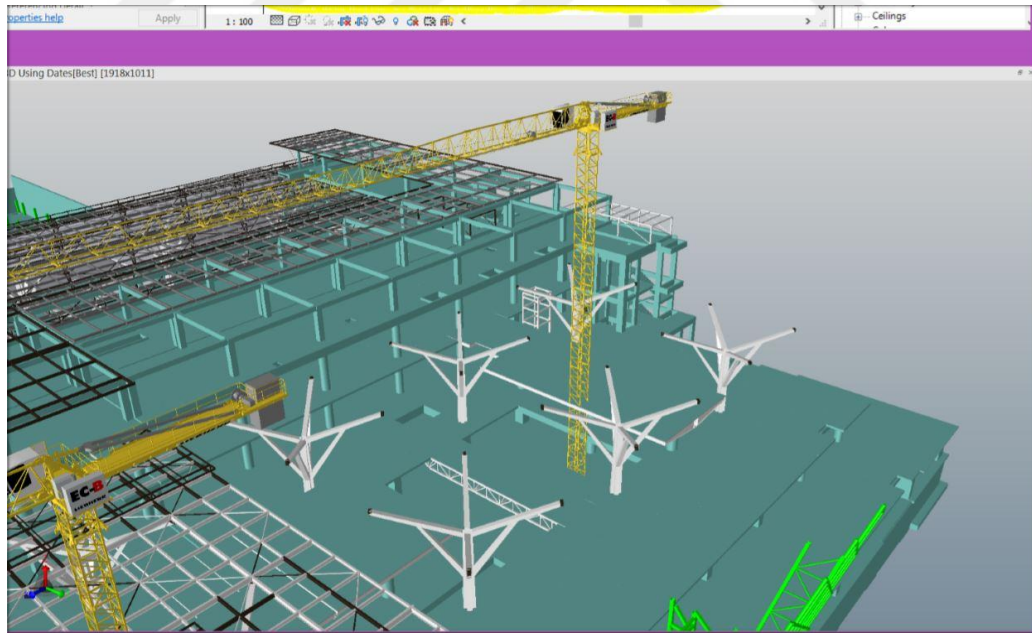
Sekil 4.29 ECN Projesi Revit Modeli (Bold Mimarlık, 2015a)

Yapılan eğitim sonucunda Bold proje yönetim ekibi ile birlikte şantiyenin iş programını da model üzerinden Synchro program ile simüle edilmiştir. Yapılacak olan imalatların yapım tekniklerine göre ele alınan bu simülasyonda çelik ağaç kolonların montaj teknikleri ve gerekli ekipmanların yeterlilikleri tartışılmış ve karar verilmiştir.

Kule vinçlerin satın alınması konusunda da yine iş program simülasyonu üzerinden kule vinç teknik özellikleri (taşıma kapasitesi , dönüş çapı.. gibi) tartışılmış ve imalat sürecini için uygun olan vinç özellikleri ve adetleri belirlenmiş ve satın alımı gerçekleşmiştir.

Yapılan simülasyonda 7 kule vincin alınmasıan karar verilmiş olup alınacak olan kule vinçlerin 2'sinin öncelikle diğerlerinin de 1'er ay arayla alınması gerektiği yine karar verilmiştir. Alınan bu kararların şantiye yapım sürecine yararı olmasının yanı sıra aylık planlanan bütçeyi de etkilediği tespit edilmiştir.

YBM sistemi sadece proje süreçlerine değil aynı zamanda proje maliyetine de fayda sağlamaktadır (Hardin, 2009).



Şekil 4.30 ECN Projesi Synchro Programı İle İş Programı (Bold Mimarlık, 2019)

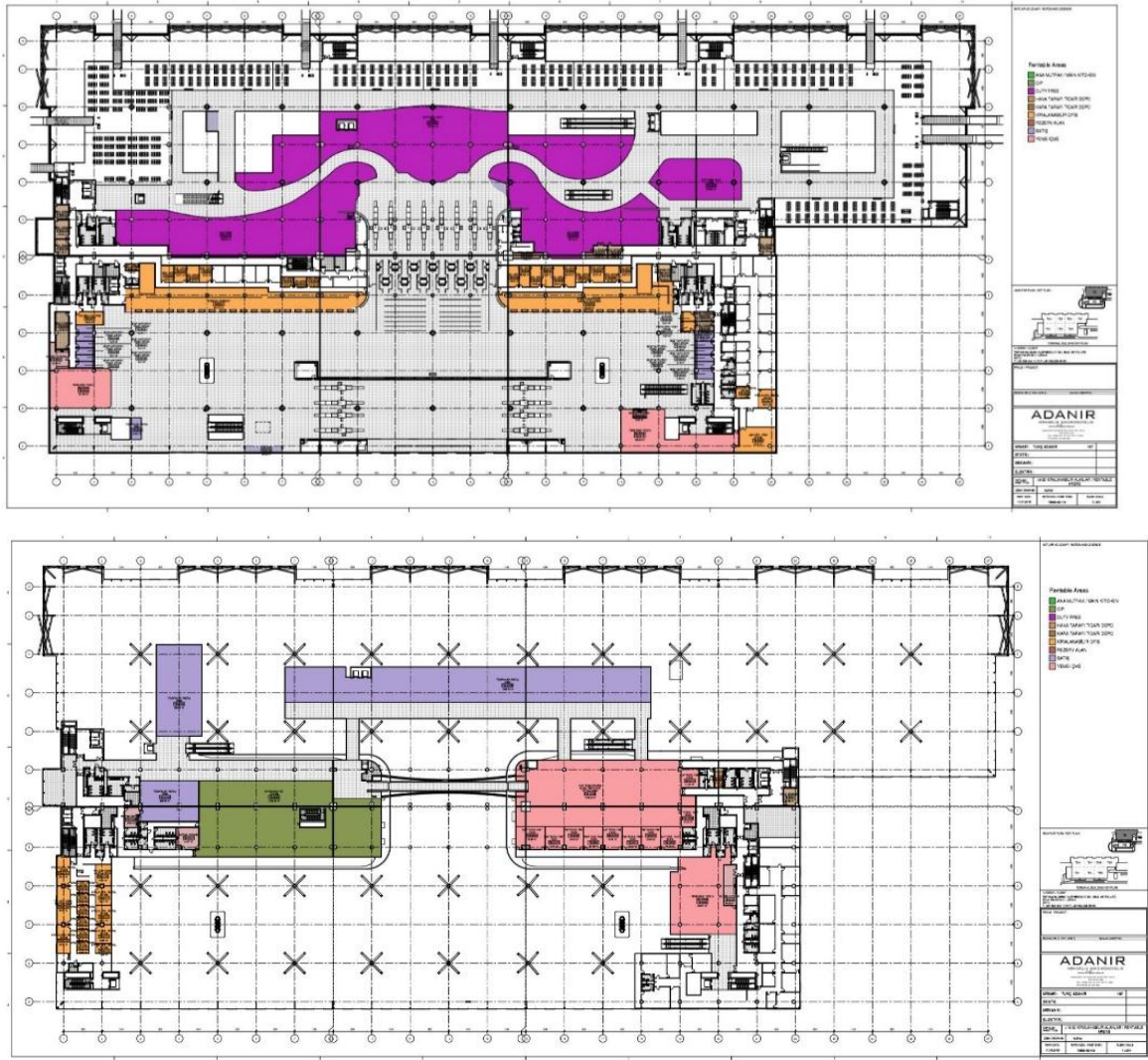


Şekil 4.31 ECN Projesi İnşaat Fotoğrafi (Çiftçi, 2019)

4.10 Kiralama ve İşletme Planlaması

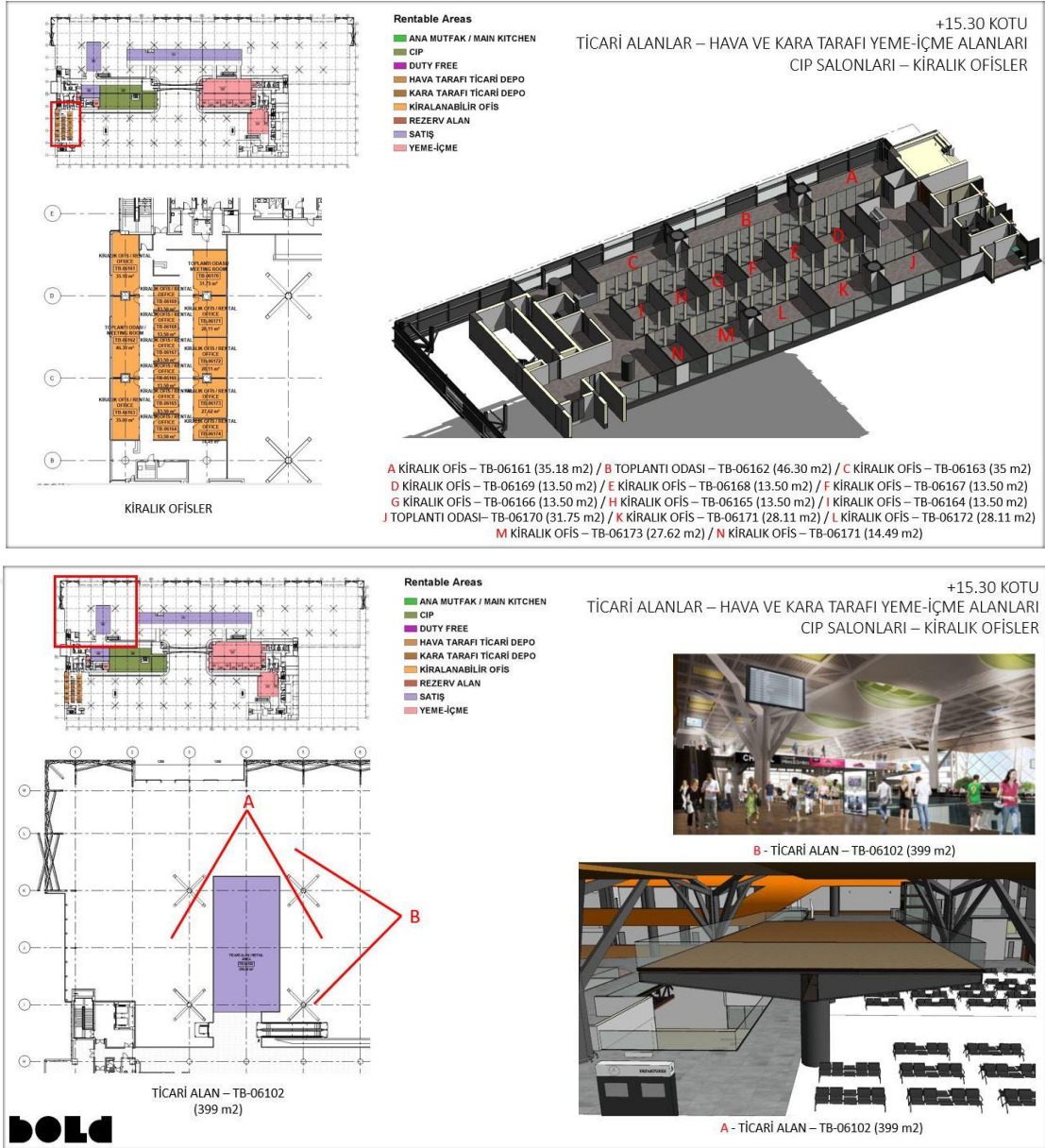
Uygulama projeleri YBM sistemi ile yapılan ECN projesinin revit modeli ECN işletmesini yapacak olan firma ile paylaşılmış ve kiralanabilir alanlar ile ilgili bilgileri model dosyaları üzerinden kiralayacak olan firmalarla görüşmelerini yapmıştır. ECN projesinin model dosyaları mimari, statik, mekanik ve elektrik disiplinlerini kapsamasından dolayı kiralayacak firmalara da mahal özelliklerinin yanısıra mahalda bulunan tesisatlar ile ilgili bilgi vermektedir.

Kiralabilir mahaller departmanlarına göre ayrılmaktadır. Ticari alan, yönetim ofis, firma ofis, yer hizmetleri ofis ... gibi departmanlar bulunmaktadır. Bu departman bilgileri de modeldeki room parametrelerine girilmektedir. Giden yolcu holüne ve yeme-içme katına ait kat planlarının departman bilgisi özelliklerine göre renklendirilmiş paftalar oluşturulmuştur (Şekil 4.32).



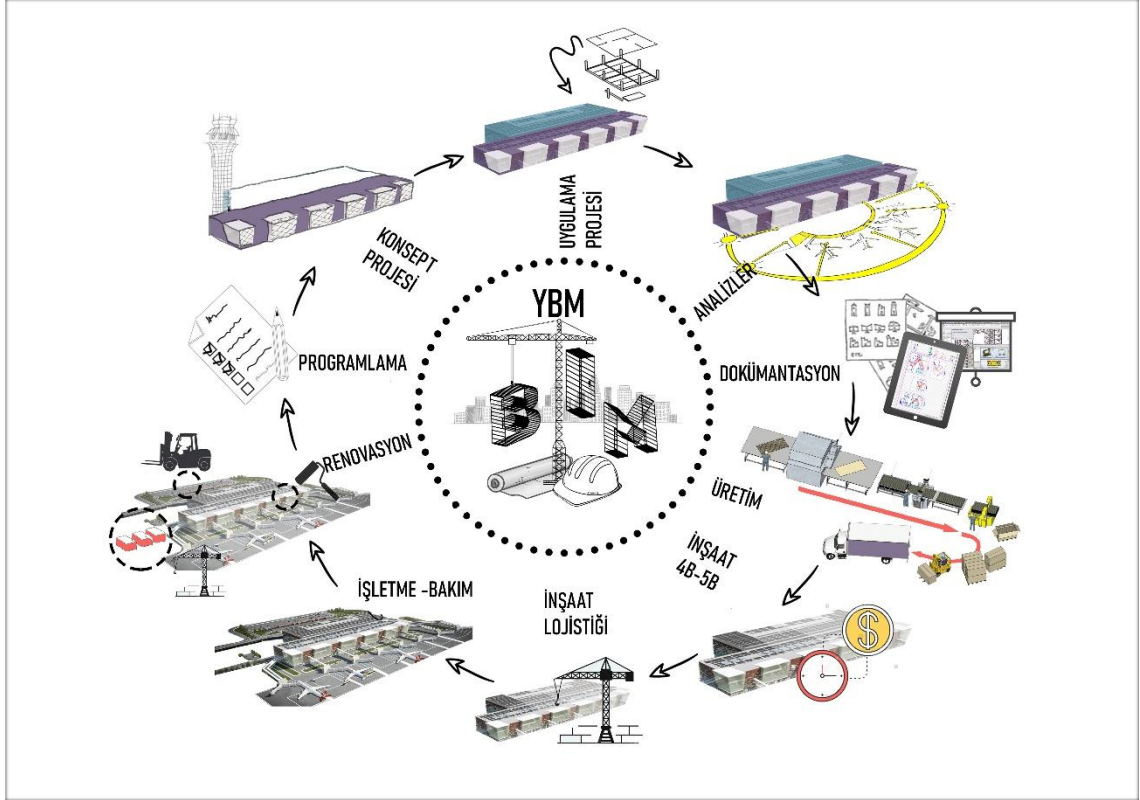
Şekil 4.32 ECN projesi Terminal Binası Fonksiyon Kat Planları (Bold Mimarlık, 2015a)

Kiralanan mahalin özellikleri; tavan yüksekliği, mahala ait elektrik elemanlarının yerleşimi, havaladırma kanallarının boyutları, yangından korunma tesisatı gibi bilgiler içermektedir.



Şekil 4.33 ECN Projesi Ticari Alanlara Ait Paftalar (Bold Mimarlık, 2015a)

Bölüm Sonucu: Yapı bilgi modeli yapının sanal ortamda deneyimlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu deneyimler projenin konsept tasarımından işletmesine kadar tüm süreçlerinde fayda sağlamaktadır (Weygant, 2011). Şekil 4.34’ de görüldüğü gibi YBM modelini bir sonraki proje sürecine aktararak gelişmesi ve model içinde yer alan bilginin de artması sağlanmaktadır.



Şekil 4.34 YBM Proje Süreci (Çiftçi, 2019)

Dijital teknolojiler hesaplamalı tasarım yoluyla fiziksel dünya da deneyimlemeye gerek olmadan dijital ortamda oluşturulan yapı modelleriyle tasarımın her aşamasına yön vermektedir. Örneğin konsept proje aşamasında modeli yapılmış bir projenin gerçek konumuna göre güneş analizini yaparak cephede kullanılacak dolu-boş oranına, güneş kırıcı seçimine ...vb kadar bir çok konuda karar alınmasına yardımcı olmakta, kesin proje sürecinde ilgili yönetmeliklere uygunluk kontrolünü yapılabilmekte, uygulama projesi sürecinde disiplinler arası çakıştırma testleri yaparak olası yanlış imalatların yapılmasını engellemekte, şantiye sürecinde iş programı ile modeli birleştirerek planlama kararlarının alınmasını sağlamakta, işletme sürecinde ise mekanik cihazların garanti ve bakım gibi işletmesel verileri takip edilebilmektedir.

Tez kapsamında yapılan araştırmalarda YBM'nin proje fazlarında birbirlerine devrederek ilerlemesi yani model süreçlerinde bir sürecin tamamlanıp diğer sürece başlandığı belirtilmiştir. Tez kapsamında incelenen havalimanı örneklerinde detaylı bilgi paylaşımı proje gizlilik sözleşmesi nedeni ile yapılamadığı için tüm örnekler

aynı seviyede incelenememiştir. Sadece ECN projesi detaylı olarak incelenebilmiştir. ECN projesi Türkiye’de yapılmış tüm disiplinlerin revit programında çalıştığı tüm proje süreçlerinde YBM sisteminin kullanıldığı en kapsamlı havalimanı projesidir.

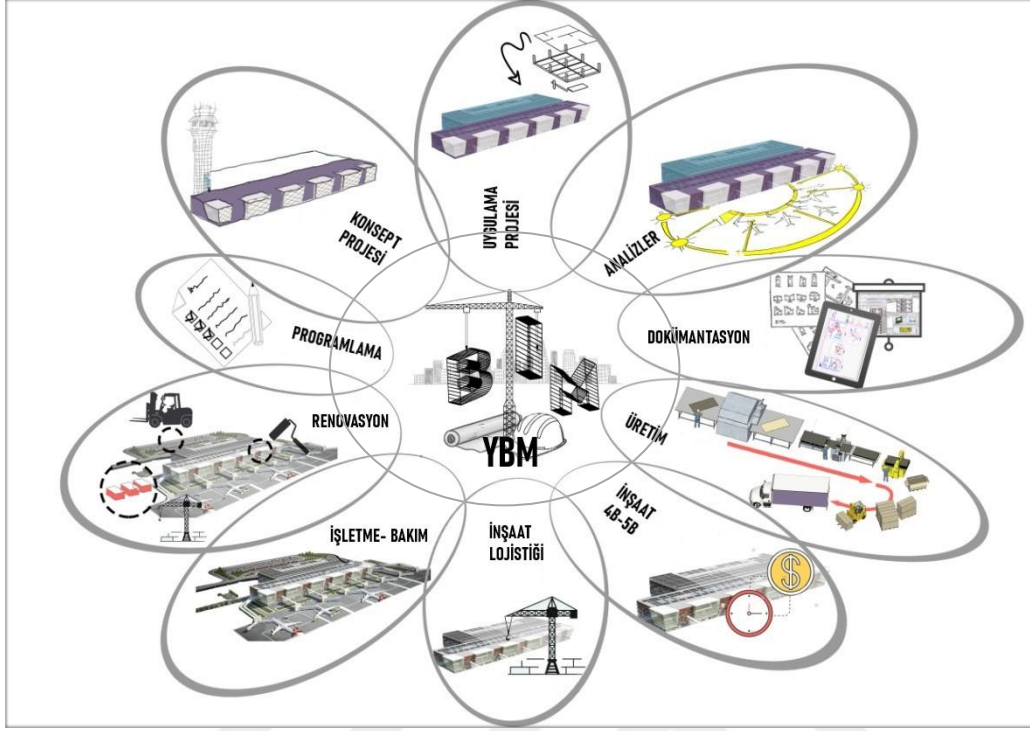
ECN projesinde Bölüm 4 ‘de detaylı ele alınmış örneklerinde görüldüğü gibi Dynamo programının Revit programını desteklemesi ve tasarım süreçlerinde özellikle IATA standartlarının proje kapsamında kontrol edilmesi çok önemli bir rol oynamıştır. Yolcu binası tasarımını büyük ölçekte etkileyen bu mahallerin oldukça karışık olan hesabının bir kez tanımlanması ile Dynamo programı ile projede istenilen zamanda sadece bir kişinin 1 saatlik çalışması ile tamamlanmakta ve sorunlu mahaller raporlaranarak tasarım ekibine iletilmiştir.

IATA standartları ECN Terminal Binası IATA Standartları Hesaplamaları Bölümünde detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. IATA standartlarında havalimanının olası büyüme planına göre bazı değerler değişkenlik göstermektedir. Örneğin ; günlük uçak sayısı (dk) ya da en yoğun saatteki yolcu sayısı (yolcu/saat) bu değerler 20 sene sonra da olası büyüme oranına göre de seçilebilmektedir. Bu sebepten dolayı hesaplamalarındaki bazı değerler net bir rakam değil iki rakam arasında olasılıkların da değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu olasılıkları da Dynamo programı ile hesaplanmış ve raporlanmıştır.

Hesaplamalı tasarım programı olan Dynamo’nun ECN projesinde kullanılması projenin gelişmesi için büyük önem taşıdığını Bold Mimarlık yetkilileri özellikle belirtmektedir.

ECN projesindeki deneyimler sonucunda proje süreçlerinin başlaması için diğer proje sürecinin bitmesi gerekmekte olup süreçlerin aslında iç içe geçmekte olduğu görülmektedir. Örneğin kesin proje sürecinde proje devam ederken güneş analizleri yapılabilmekte ve 4D için modele bilgi girilebilmekte ve kesin proje

tamamlandığında da 4D model de tamamlanmış olabilmektedir. Şekil 4.35’de ECN projesi görselleriyle bu süreçler anlatılmıştır.



Şekil 4.35 YBM Proje Süreci (Çiftçi, 2019)

Havalimanı projeleri mimari, statik, mekanik, elektrik, altyapı gibi çok sayıda birimlerin ve cephe, akustik, yangın, operasyon danışmanları gibi çok sayıda danışmanların birlikte çalışmasını gerektiren karmaşık ve büyük projelerdir.

Proje süreçleri (planlama, tasarım, yapım ve işletme) ilerledikçe projeye katılan katılımcı sayıları da artmaktadır. Artan katılımcılar arasında yayınlanan dokümanların kontrolü, iş programı kontrolü, metraj ve bütçenin hazırlanması ve bu dokümanlara uygun imalatların yapılması oldukça karmaşık hale gelmekte ve yanlış imalatlar yapılmaktadır. Yanlış imalatlar maliyet ve süre artışına sebep olmaktadır. İnşaati tamamlanan havaalanlarının işletmesi de proje süreci kadar karmaşıktır ve 7/24 yaşayan havaalanları işletmesini aksatmadan bakım ve onarım işlerinin de devam etmesi gerekmektedir. Tüm bu süreçleri yönetebilmek için 2 boyutlu çizimlerle yapılan projeler ve farklı ortamlarda hazırlanan dokümanların yönetimi yetersiz kalmaktaydı. 1970'li yıllarda gelişmeye başlayan YBM sistemi projelerde de kullanılmaya başlandı.

Yapı Bilgi Modeli dijital ortamda yapının üretildiği, tüm proje katılımcı çalışmalarının bir araya getirildiği, yönetildiği, bilgi alışverişinin yapıldığı ve bilginin paylaşıldığı üç boyutlu bir ortamdır. Aynı zamanda zaman, maliyet vb. boyutlar da eklenerek oluşturulan çok boyutlu bir sitemdir. Projenin yaşam döngüsü içerisindeki tüm süreçleri kapsamaktadır. Proje süreçleri bilgisayar ürünü bir veya birçok model yardımıyla simüle edilmektedir.

YBM, tüm paydaşların ortak ve bütünleşik çalışmasıyla, bir ya da birden fazla yapının dijital olarak inşa edilmesiyle birlikte, imalat, fabrikasyon ve tedarik süreçleri ile ilgili tüm enformasyonu içermektedir. YBM ve süreci doğru kurgulandığında yapı üretiminde kalite, maliyet ve süre konusunda daha iyi sonuçlara ulaşılmaktadır.

Yapı Bilgi Modeli sadece bir modelleme sistemi değil bir yönetim ve çalışma biçimidir. Bu yöntem bir çok parametreye bağlıdır.

YBM Uygulama Planının oluşturulması yani proje başlarken proje hedefleri ve proje sonunda oluşturulacak model elemanların özelliklerinin, standartlarının belirlenmesi, iş programlarının belirlenmesi ve proje paydaşlarının iletişim şekil ve düzenlerine kadar birçok konunun kurgusunun yapılmış olması gerekmektedir.

Model elemanlarının detay seviyeleri tanımlamaları, model olgunluk seviyesinin tanımı, model boyutunun tanımı yapılmalı ve model verileri parametreleri oluşturulmalıdır.

Havalimanları kapsamında yapılan bu çalışmada YBM sistemi ile çalışılmış dört proje incelenmiştir.

İstanbul Yeni Havalimanı Projesi; 3.5milyon m² olan ilk aşamasının projelendirme ve inşaatı 4 yılda tamamlanmış olup bu sürede tamamlanabilmesinin YBM sisteminde yapılmış olmasına ve modeller üzerinden kontrollerin yapıp olası yanlış imalatların önleildiği yetkililer tarafından önemi vurgulanmaktadır.

İnşaat ekibinin YBM sisteminde çalışmalarının yaklaşık 2.5milyar € kar ettirdiği tahmin edilmektedir. Yapılan modellerde 4B, 5B bilgisi girildiği ve ileride 6B ve 7B içinde kullanılması öngörülerek çalışıldı belirtilmiştir.

Denver Uluslararası Havalimanı Projesi; Mevcut havalimanı yapısına ek olarak yapılacak olan otel ve transfer merkezi projesi havalimanı büyümesi kapsamında havalimanı ile entegre olacak şekilde tasarlanmış ve işletilmesi planlanmıştır. YBM sisteminde yapılmasının ana hedefi işletme yönetimi yapmaktır. Otel ve transfer merkezi projesi tasarım sürecine YBM sistemi ile başlaması ve mevcut havalimanının da 9 milyondan fazla olan CAD dosyalarının da YBM sistemine aktarılması hedeflenmiştir. Cad dosyalarının modellenmesi sırasında çıkan uyumsuzluklar mevcut havalimanının yerinde lazer scannerlar ile alınan ölçülerle kontrol edilip düzenlenmiştir. Oluşturulan modellerden alınan model ve veriler mevcut işletme firmasıyla beraber IBM Maximo programıyla işletme yönetimi için başarıyla kullanılmıştır.

San Francisco Uluslararası Havalimanı Projesi; 2015 yılında başlanan yenileme kararıyla Terminal 1 bölümünün YBM sisitemiyle tasarıma başlanmıştır. 2022 yılında tamamen inşaatının tamamlanması hedeflenmektedir. Bir yandan havalimanının faaliyetlerine ara vermeden yenileme yapım işlerine devam etmesi yaşanan en büyük zorluk olmuştur. YBM modeli işletme için de kullanılması ana hedef olmuştur. Proje paydaşları modellerini bulut tabanlı BIM 360 Design programı ile eşzamanlı dosyalarını paylaşmaktadır. Koordinasyon yine bu program üzerinden yapılmaktadır. YBM sistemi ile çalışan ekipler geleneksel yöntemlere göre oldukça zaman kazandıklarını belirtmişlerdir. Halen yapım süreci devam etmektedir.

Ercan Havalimanı Projesi; Tasarım sürecinin başından YBM sistemi ile başlanmış olup tüm proje fazlarında kullanılmıştır. Bold Mimarlık firması sadece mimarlık ofisi değil statik ,mekanik , elektrik ve proje yönetimi disiplinlerinde olduğu bir firmadır.Tüm disiplinleri barındıran bir firma olmasını sayesinde de YBM sistemini tüm disiplinler açısından ele almış olup uyumluluk sürecini de organize etmesinde hem yararlarını hemde zorlukluklarını yaşamıştır.

Konsept proje ile arazisinde modellenmesi ile yapı yerleşim kararları almasında hafriyat hesabını Autodesk Revit programıda yaptırarak yapı yerleşim kararının verilmesinde, güneş analizleri yaparak cephe ve çatı sistem kararlarının alınmasında YBM sistemi etkili olmuştur. Pist uzunluğunun hesaplanması için dynamo programı kullanılmıştır.

Kesin proje fazında mimari, statik, mekanik ve elektrik sistemlerin malzeme ve sistem kararlarının alınması ve proje paydaşlarının eşzamanlı olarak diğer disiplinlerin modellerini linkleyerek çalışmasıyla bu proje fazında koordinasyon süreci başlatılmasına sağlamıştır. Havalimanı terminal binası gereklilikleri olan IATA standartları Dynamo programı ile kontrolleri yapılmıştır. Taslak bütçe için metrajlar modelden alınmıştır.

Uygulama projesi fazında proje kullanılacak olan malzeme ve sistemlerin nihai kararları alınmasıyla LOD 350 seviyesinde elemanlar modellenmiş ve bilgileri ilgili parametreleri tanımlanmıştır. Masterformat ve unformat bazında hazırlanan metraj ve iş programı bu fazda oluşan modeller sayesinde oluşturulmaktadır. Navisworks ile disiplinler arası koordinasyon bu faz boyunca yapılmıştır. Bu faz

sonunda oluşan modellerden uygulama projesi dokümanları planlar, kesitler, görünüşler, detaylar, listeler oluşturulmuştur.

Yapım süreci başladığında şantiye ekiplerinin oluşturulmasıyla beraber şantiye şefi ve her disiplinden 2'şer kişi bir ay boyunca BOLD İstanbul ofisinde model kullanımını devam ettirilmesi için beraber çalışmış ve BOLD firması tarafından eğitimler verilmiştir. YBM modelinin şantiyede de kullanılması için birlikte çalışmasını BOLD firması tarafından talep edilmiştir.

şantiye sürecinde vinç alımı ve iş programı için hazırlanmış olan modeller kullanılmış ve vinçlerin imalat için ulaşabildiği alanlar model üzerinden simülasyonla Synchro programı ile oluşturulmuş ve vinç alımlarına karar verilmiştir.

Halen şantiyesi devam eden ECN projesinde işletme sürecinde YBM sistemi kullanılması hedeflenmektedir. Bu süreç için şimdiden ilgili firmalarla görüşmeleri devam edildiği bilgisi paylaşılmıştır.

Tez kapsamında incelenen havalimanı projeleri neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Geleneksel yöntem ile yapılan projelerde uygulama fazında en çok çalışma yapılmakta ve kararlar alınmaktadır. Alınan kararlar diğer disiplinleri de etkilediği için yapılan koordinasyonlarla beraber projede değişiklik taleplerini doğurmaktadır. Yapılan değişiklikler ya da yanlış imalatlar proje maliyetini etkilemektedir. YBM yöntemi ile yapılan projelerde ise en yoğun çalışma projenin ilk fazlarında olmakta ve proje kararlarının geleneksel yöneteme göre daha önce alınması gerekmektedir. Alınan proje kararlarına göre proje süreci ilerlediği için yapım aşamasında birbirleri ile koordineli projeler oluşmaktadır. Proje fazları ilerledikçe bilginin de aktarıldığı bilgi akışının devamlılığının sağlanması büyük önem taşımaktadır.

Geleneksel yöntem ile disiplinler arası iletişim tek yönlü ve her disipinin diğer disiplinle dosya alıp göndermesi gerekmekte ve dosyaların güncel halde olması eş zamanlı olarak görülmemektedir. YBM sisteminde ise her disipinin sadece kendi elemanlarından oluşan dosyaları bulunmakta ve diğer disiplinin dosyasıyla beraber

proje haline gelmektedir. Bulut ve web tabalı yazılımlar sayesinde eşzamanlı olarak revize edilen dosyalara ulaşılmaktadır.

Havalimanlarında ilk YBM uygulaması tesis yönetimine yardımcı olan veriler elde ederek yapılmış olup başarılı olmasıyla yaygınlaşmaya başlamıştır. Tesis yönetimi için gerekli olan veriler YBM modelinde alınıp ilgili tesis yönetimi programlarına aktarılmakta ve yapı yaşamı boyunca girilen verilerle yapı işletmesi için gerekli işleri organize edilmektedir.

Tesis yönetimi için yapılan modellerde bir ekipmanın grafik olarak boyutunun dışında, hangi mahalde bulunduğu, hangi mekanik-elektrik altyapıyı kullandığı ,maliyeti, teknik şartnamesi, bakım ve onarım zaman bilgisi.. gibi bir çok veriyi barındırmaktadır.

Günümüzde sadece işletme yönetimi için değil yapım aşamasında karşılaşılan sorunları en aza indirmek yapım maliyetlerini ve yapım zamanını azaltmak için ve de ön tasarım aşamasında yapının analiz verilerinden yararlanarak geliştirilen YBM modelleri de yaygınlaşmaktadır.

YBM sistemi aynı zamanda yeni bir çalışma yöntemi olmuştur. Bu yöntem bir çok parametreden oluşmaktadır ve bu parametrelerin beraber olması durumunda başarıya ulaşmaktadır.

YBM sisteminin uygulama planı olduğu için bu parametrelerin yazıldığı ve kararlarının verildiği dokümandır. Proje başından proje sonuna tüm süreçlerde olması gereken şartları tanımladığı için YBM için olmazsa olmazdır.

Gelişen teknolojilerle beraber hesaplamalı programlarının YBM sistemine dahil olması ile YBM sisteminin gelişmesinde karmaşık yapı tasarımlarını sayısal veriler doğrultusunda tasarlanmasına yardımcı olmasında ve modelleme sürecinde ve sonrasındaki paftalama süreçlerinin zamandan tasarruf sağlanmasından dolayı kullanımı daha da yaygınlaşacaktır.

ECN Pist Uzunluğu Hesaplaması

ECN Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti başkenti Lefkoşa'nın 23 km doğusunda yer almaktadır. V şeklinde eşik yakınında kesişen iki piste sahiptir. 16/34 yönünde uzanan ve 1800 m uzunluğundaki eski pist, yeni pistin yapılmasının ardından terk edilmiş olup, sivil hava trafiği operasyonu için kullanılmamaktadır. Mevcut durumda paralel taksi yolu olmayan tek pist sistemine sahiptir. Pist, 11-29 yönünde uzanmakta olup, 2755 m uzunluğunda ve 45 m genişliğindedir. Pistin her iki ucunda pist dönüş cepleri bulunmaktadır. Pist sonunun ilk 200 m'si beton kaplama, pistin orta bölümü ise asfalt kaplamadır.

Mevcut pist uzunluğu Kod D ve E uçakları için sınırsız hizmet vermeye yeterli değildir. Buna rağmen 45 m genişliğinde ve 7.5 m kaplamalı bankete sahip mevcut pist, Kod D z

Tablo A.1 Uçak Kodlarına göre Pist Genişliği Tablosu

Code numb er		A	B	C	D	E	F
1a		18 m	18 m	23 m	-	-	-
2a		23 m	23 m	30 m	-	-	-
3		30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4		-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Mevcut ve yeni acil iniş pist eksenleri arasındaki minimum mesafe aletsiz iniş yaklaşımlarında eş zamanlı kullanıma uygun olarak 210 m olacaktır.

Pist uzunlukları ICAO Aerodrome Design Manual Part 1, Runways, Appendix 1'de B767-300 için belirtilen referans pist uzunluğu ile uyumlu olacaktır. Aynı zamanda

pist, Kod D ve E tipi uçak operasyonları için tüm ICAO önerilerini sağlayacaktır.

Kod D Tip Uçak için Pist Uzunluğu: Pist uzunluğu hesaplanırken eğer kalkış ve iniş pistin tek bir yönünden yapılıyorsa, hem kalkış, hem de iniş gereklilikleri dikkate alınmalıdır.

Pist uzunluğu analizi Kod D tipi B767-300 uçağı seçilerek yapılmıştır ve ilgili üretici dökümanlarının en güncel bilgileri kullanılmıştır. Uçak performans karakterleri “Havalimanı Planlaması için Uçak Karakterleri -NAS 3601 adlı uçak imalat dökümanları ile uyumludur.

Aerodrome Design Manual, Part 1, Runways, Appendix 1’de uçak tiplerine göre verilen meydan uzunlukları uçaklar için gereken minimum pist gerekliliklerini karşılamalıdır.

Pist uzunluğunu etkileyen faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu faktörler;

- Servis sağlanacak uçağın performans özellikleri ve operasyon ağırlığı
- Hava koşulları, yüzey rüzgarı ve sıcaklık
- Eğim ve yüzey koşulları gibi pist özellikleri
- Barometrik basıncı etkileyen havalimanı rakımı

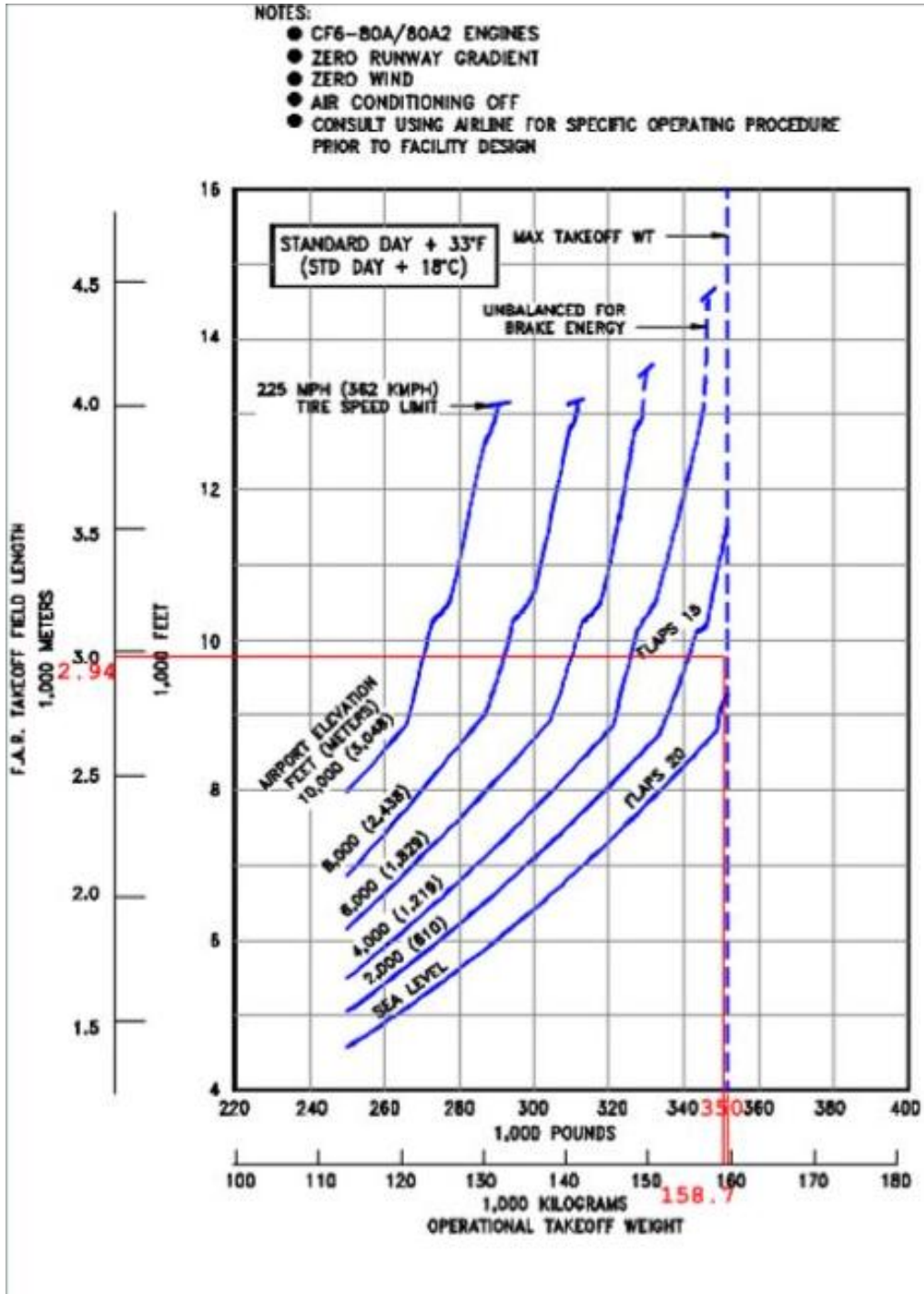
B767-300, Kod D tip uçağın düzgün operasyonu için uygun durma uzantısı ve aşma sahalarıyla birlikte temel pist uzunluğu minimum 2540 m olmalıdır.

Ercan Havalimanı rakımı 123 m (403 ft) ve havalimanı referans sıcaklığı 35 °C’dir. 123 m (403 ft) havalimanı rakımına göre standart gün sıcaklığı 14.2°C olarak hesaplanmıştır.

Uçak Üreticisi	Model	Kod	Uçak Referans Alanı Uzunluğu (m)	Kanat Açıklığı (m)	Dış Tekerlek Açıklığı (m)
McDonnell Douglas	DC9-20	4C	1 560	28.4	6.0
	DC9-30	4C	2 134	28.5	5.9
	DC9-40	4C	2 091	28.5	5.9
	DC9-50	4C	2 451	28.5	5.9
	MD81	4C	2 290	32.9	6.2
	MD82	4C	2 280	32.9	6.2
	MD83	4C	2 470	32.9	6.2
	MD87	4C	2 260	32.9	6.2
	MD88	4C	2 470	32.9	6.2
Airbus	A300 B4	4D	2 605	44.8	10.9
	A300-600	4D	2 332	44.8	10.9
Boeing	A310	4D	1 845	44.8	10.9
	B707-300	4D	3 088	44.4	7.9
	B707-400	4D	3 277	44.4	7.9
	B720	4D	1 981	39.9	7.5
	B757-200	4D	1 980	38.1	8.6
	B757-300	4D	2 400	38.1	8.6
	B767-200	4D	1 981	47.6	10.8
	B767-300ER	4D	2 540	47.6	10.9
	B767-400ER	4D	3 130	51.9	10.8
Canadair	CL44D-4	4D	2 240	43.4	10.5
Ilyushin	18V	4D	1 980	37.4	9.9

Şekil A.2 Standart Gün Sıcaklık- Basınç İrtifası

Pist uzunluğu hesaplamalarında referans uçak olarak 350 000 lb (158 758 kg) Maksimum Tasarım Kalkış Ağırlığı'na (MTOW) sahip Boeing-B767-300 seçilmiştir. 123 m basınç irtifasında ve standart gün sıcaklığı+18°C'de Maksimum Tasarım Kalkış Ağırlığı (MTOW) değerine karşılık gelen kalkış pist uzunluğu, Tablo 3'den 2940 m olarak bulunmuştur.



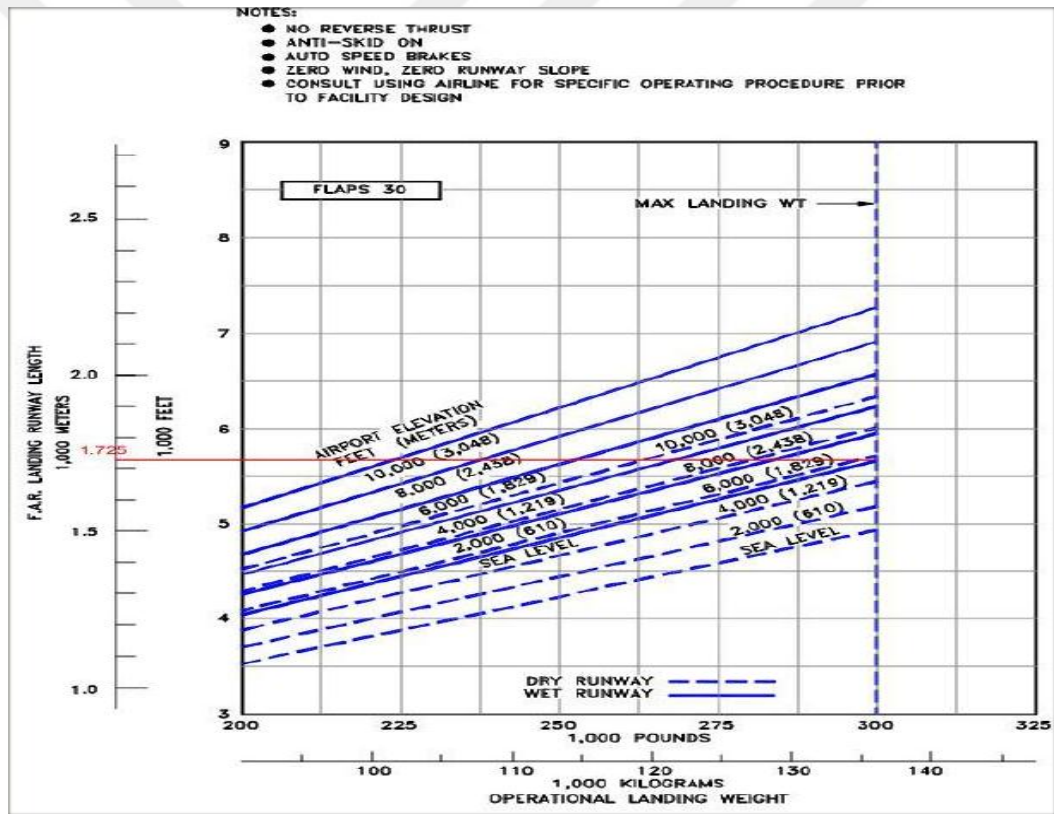
Şekil A.2 Model 767-300 için Kalkış Pist Uzunluğu Eğrisi

Havalimanı referans sıcaklığı (35°C) standart gün sıcaklığı+18°C (32.2 °C) değerini geçtiğinden, sıcaklık için düzeltme faktörü uygulanmalıdır.

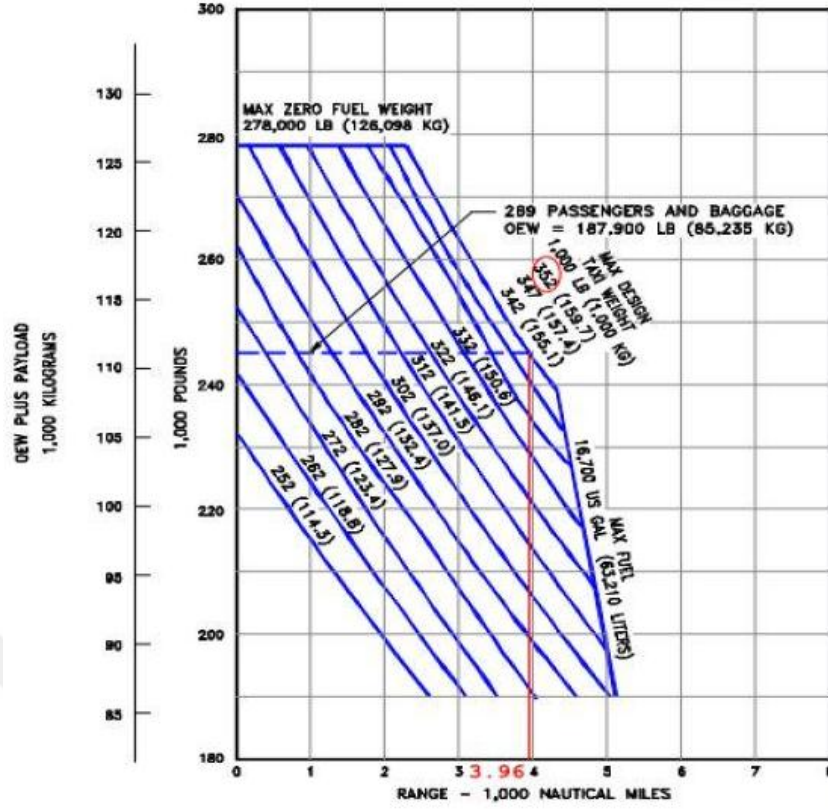
Havalimanı referans sıcaklığı, standart gün sıcaklığını geçtiği her 1°C için pist uzunluğu yüzde 1 oranında arttırılmalıdır.

Pist uzunluğu düzeltmesi için yapılan hesap yöntemleri řu şekildedir:

- 123 m (403 ft) ve standart gün+18°C (32.2°C)'de kalkış için gerekli pist uzunluğu = 2940 m
- Deniz seviyesinde, standart atmosfer koşullarında iniş için gerekli pist uzunluğu = 1725 m
- Havalimanı rakımı = 403 ft (123 m)
- Havalimanı referans sıcaklığı = 35°C
- 123 m için standart sıcaklık = 14.2°C
- Pist eğimi = 0.56% (Eğim, pist merkez çizgisi boyunca maksimum ve minimum kot farklılığının pist uzunluğuna bölünmesiyle hesaplanmaktadır.)



Şekil A.3 Model 767-300 İniş Pist Uzunluğu Eğrisi



Şekil A.4 Model 767-300 için Menzil-Taşıma Kapasitesi Eğrisi

Kalkış için pist uzunluğu düzeltmeleri:

1. Kalkış için gerekli pist uzunluğunun sıcaklık için düzeltilmesi =

$$[2940 \times (35-32,2) \times 0,01] + 2940 = 3022 \text{ m}$$

2. Kalkış için gerekli pist uzunluğunun pist eğimi için düzeltilmesi =

$$(3022 \times 0,56 \times 0,10) + 3022 = 3191 \text{ m}$$

Kalkış için düzeltilmiş pist uzunluğu = 3191 m

B767-300 için Maksimum Tasarım İniş Ağırlığı 300 000 lb (136 078 kg) olup, bu degree karşılık gelen iniş için gerekli pist uzunluğu 1725 m bulunmaktadır.

İniş için pist uzunluğu düzeltmeleri

1. İniş için gerekli pist uzunluğunun rakım için düzeltilmesi =

$$(1725 \times 0,07 \times 123/300) + 1725 = 1775$$

Genelde iniş pist uzunlukları kritik değildir; kalkış için gerekli pist uzunluğu iniş için de yeterli pist uzunluğunu sağlamaktadır.

Nihai pist uzunluğu, en uzun pist uzunluğuna sahip kalkış uzunluğu olan 3191 m'dir.

Gerekli olan pist uzunluğu **3200 m** olarak seçilmiştir.



ECN Terminal Binası IATA Standartları Hesaplamaları

IATA kriterleri doğrultusunda hizmet kapasitesinin belirlenmesinde değerlendirilmesi gereken terminal bölümleri şunlardır:

Giden Yolcu Bölümleri; Güvenlik Holü, Güvenlik holü kontrol sayısı, Uğurlayıcılar holü, Check-in Personeli Sayısı, Check-in (personeli-1. sınıf) sayısı, Check-in (self) sayısı, Check-in (bagaj verme) sayısı, Check-in bekleme alanı, Pasaport sayısı, Güvenlik kontrolü bekleme alanı, Güvenlik kontrol noktası sayısı, Hava tarafı sirkülasyon alanları.

Uçak bekleme alanları IATA kriterlerine göre hizmet seviyeleri:

A- Mükemmel hizmet seviyesi,

B- Yüksek hizmet seviyesi,

C- İyi hizmet seviyesi,

D- Yeterli hizmet seviyesi,

E- Yetersiz hizmet seviyesi,

F- Kabul edilemez hizmet seviyesi,

C hizmet seviyesi makul maliyetle iyi hizmet sağladığı için minimum tasarım hedefi olarak kullanılması IATA tarafından tavsiye edilmektedir.

C hizmet seviyesi en yoğun saat yolcu kapasitesinin belirlenmesi için birkaç yıl öncesine kadar Terminal binası yolcu alanının 30'e bölünmesi ile en yoğun saat yolcu kapasitesi belirlenmekte idi. Bu system ile mevcut proje ile belirlenen terminal binası en yoğun saatte iki yönde (2607) yaklaşık 2600 yolcuya hizmet verecek kapasitededir. En yoğun saatte tek yönde 1350 yolcuya hizmet vermesi beklenmektedir.

IATA tarafından 9. Basımda belirlenen kriterlerde ise toplam yıllık yolcu ve en yoğun saat yolcu kapasitesi Terminalde bulunun ana fonksiyon alanlarının tek tek

hesaplanması ile belirlenmektedir. Bu kapsamda yapılan hesap aşağıda belirtilmektedir.

Check-in Kuyruk Alanı Hesabı: IATA check-in kullanıcıları için dört farklı yolcu tipi belirlemektedir.

Tablo B.1 Tek Kuyruk İçin Checkin Bekleme Alanı Hizmet Seviyesi (m²/yolcu)

Sistemler	A	B	C	D	E	F
Az sayıda bagaj, el arabası (1.2mt)	1.7	1.4	1.2	1.1	0.9	*
Az sayıda el arabası ve yolcu başına 1-2 parça bagaj (1.2mt)	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	*
El arabaları kullanımı yüksek yolcu oranı (1.4mt)	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5	*
Yolcu başına 2 ve daha fazla bagajlı, yüksek oranlı el arabası kullanımı	2.6	2.3	2.0	1.9	1.8	*

Uçuş başına tek kuyruklu yolcu kabulü için tavsiye edilen min. Ebatlar. (maksimum kuyruksüresi (30-35 dk)

Tablo B.2 C Hizmet Seviyesi İçin Terminalin Genel Sirkülasyon Alanları İçin Yolcu Başına Alan

	Alan (m ² /yolcu)	Hız (m/s)
Check-in ve öncesi yoğun el arabası kullanımlı alan	2.3	0.9
Check-in sonrası az sayıda el arabası kullanımlı alan	1.8	1.1
Hava tarafı (el arabası yok)	1.5	1.3

Check-in deki en yoğun 30 dakika hesabı:

Bu hesapta kullanılan sembol ve açıklamaları:

PHP= En yoğun saatte giden yolcular (ekonomi sınıfı)

F1= Tablo-1 den en yoğun 30 dakikadaki PHP'nin yüzdesi

F2= Tablo-2 den en yoğun saat döneminden önce ve sonra hareket eden uçuşların meydana getirdiği ek talep

CIY= Check-in deki ekonomi sınıfı kontuarlar

Tablo B.3 Check-In'deki 30 Dakikayı Geçen En Yoğun Saat Dönemindeki Uçuşlar

Pik Saatte Yapılan Uçuş Sayısı	İç Hatlar/Schengen/ Kısa Mesafe Uluslararası	Uzun Mesafe Uluslararası
1	39%	29%
2	36%	28%
3	33%	26%
4 ve fazlası	30%	25%

Tablo B.4 En Yoğun Saat Döneminden Önce Veya Sonra Hareket Eden Uçuşların Meydana Getirdiği Ek Talep

Pik Saat Öncesi ve Sonrası Periyotta Ortalama Yolcu Yüğü (%)	İç Hatlar	Schengen/Kısa Mesafe Uluslararası	Uzun Mesafe Uluslararası
90%	1.37	1.43	1.62
80%	1.31	1.40	1.54
70%	1.26	1.35	1.47
60%	1.22	1.30	1.40
50%	1.18	1.25	1.33
40%	1.14	1.20	1.26
30%	1.11	1.15	1.19
20%	1.07	1.10	1.12
10%	1.03	1.06	1.06

Check-in deki en yoğun 30 dakika= PHP x F1 x F2 Check-in deki en yoğun 30 dakika= 1350 x %30 x 1,35 Checkin deki en yoğun 30 dakika= 546,75 (550 kişi)

X= Check-in deki en yoğun 30 dakika

S= Tablodan ara sonuç

MQT= Maksimum sıra süresi

MQT= MQT10=33

MQT20=26

MQT30=22

MQT40=18

CIY= Ekonomi sınıfı check-in bankoları sayısı (tek kuyruk için)

CIJ= Business sınıfı check-in bankoları sayısı (tek kuyruk için)

CI= Tüm check-in bankoları sayısı (tek kuyruk için)

S= Tablodan ara sonuç (MQT30 için 22)

PTci= Saniye cinsinde check-in deki ortalama işlem süresi (150 saniye)

CIY= $S \times (PTci / 120)$

CIY= $22 \times (150 / 120)$

CIY= 27.5 (28)

CIJ= $CIY \times 0.10$

CIJ= 28×0.10

CIJ= 2,8 (3)

CI= $CIY + CIJ$

CI= $28 + 3$

CI= 31 adet banko (Tek kuyruk için yapılan hesaptır)

Giden Yolcu Pasaport Kontrol Hesabı: En yoğun saatte Giden yolcu pasaport kontrol ünitesi hesabı için 10 dakika da check-in işlemlerini tamamlayan yolcu hesabının yapılması gerekmektedir.

CIY= Ekonomi sınıfı check-in bankoları sayısı (tek kuyruk için)

PTci= Saniye cinsinde check-in deki ortalama işlem süresi (150 saniye)

%J= Business sınıfı yolcuların oranı

Check-in deki en yoğun 10 dakika= $CIY \times (600 / PTci) \times (1 + \%J)$

Check-in deki en yoğun 10 dakika= $28 \times (600/150 \times (1 + \%10))$

Check-in deki en yoğun 10 dakika= $28 \times (600/150 \times (1 + \%10))$

Check-in deki en yoğun 10 dakika= 123,2 (124 yolcu)

En yoğun 10 dakikaya göre pasaport kontrol sayısı hesabı:

PCD= Pasaport kontrol masaları sayısı

PTpcd= Saniye cinsinde pasaport kontrol ortalama süresi (15 saniye)

Pasaport kontrol masa sayısı = Check-in 10 dakika x (PTpcd / 600)

Pasaport kontrol masa sayısı = 124 x (15 / 600)

Pasaport kontrol masa sayısı = 3.1

Pasaport bekleme alanında tek kuyruk sisteminde bekleme olacağı öngörüsü ile sıra bekleyen yolcu sayısı hesabı.

MQT= Dakika cinsinde maksimum bekleme süresi (5 dakika)

PCD= Pasaport kontrol masası sayısı

PTpcd= Saniye cinsinde pasaport kontrol ortalama süresi (15 saniye)

Q= Maksimum bekleyen kişi sayısı

$Q = (MQT \times PCD \times 60) / PTpcd$

$Q = (5 \times 3 \times 60) / 15$

Q= 60 yolcu

Giden Yolcu Merkezi Güvenlik Kontrol Hesabı: En yoğun saatte Giden yolcu merkezi güvenlik kontrol ünitesi hesabı için 10 dakika da check-in işlemlerini tamamlayan yolcu hesabının yapılması gerekmektedir.

CIY= Ekonomi sınıfı check-in bankoları sayısı (tek kuyruk için)

PTci= Saniye cinsinde check-in deki ortalama işlem süresi (150 saniye)

%J= Business sınıfı yolcuların oranı

Check-in deki en yoğun 10 dakika= $CIY \times (600 / PTci) \times (1 + \%J)$

Check-in deki en yoğun 10 dakika= $28 \times (600/150 \times (1 + \%10))$

Check-in deki en yoğun 10 dakika= $28 \times (600/150 \times (1 + \%10))$

Check-in deki en yoğun 10 dakika= 123,2 (124 yolcu)

Güvenlik ekipmanı sayı hesabı: SC= Güvenlik ekipmanı sayısı

PTsc= Saniye cinsinde güvenlik kontrol ortalama süresi (12 saniye)

Güvenlik kontrol ekipman sayısı = Check-in 10 dakika x (PTsc / 600)

Güvenlik kontrol ekipman sayısı = 124 x (12 / 600)

Güvenlik kontrol ekipman sayısı = 2.48 (3 güvenlik ekipmanı)

Merkezi güvenlik bekleme alanında tek kuyruk sisteminde bekleme olacağı öngörüsü ile sıra bekleyen yolcu sayısı hesabı.

MQT= Dakika cinsinde maksimum bekleme süresi (3 dakika)

SC= Güvenlik ekipman sayısı

PTsc= Saniye cinsinde güvenlik kontrol ortalama süresi (12 saniye)

Q= Maksimum bekleyen kişi sayısı

$Q = (MQT \times SC \times 60) / PTsc$

$Q = (3 \times 3 \times 60) / 12$

Q= 45 yolcu

Kapı (Gate) Bekleme Alanı Hesabı: Kapı (Gate) bekleme alanlarının gereksinimi yolcu yüküne, oturan yolcular ile ayakta bekleyen yolcuların orantısına ile belirlenmektedir. IATA kriterlerine göre pratik hesaplama sistemi;

Kapı (Gate) Bekleme Alanı = (Uçak kapasitesi %80i x %80 oturan kişiler x 1.7 + Uçak kapasitesi %80i x %20 ayakta duran kişiler x 1.2) x 1.25

C sınıfı uçak için bekleme alanı= 130%80 x %80 x 1.7 + 130%80 x %20 x 1.2

166,40m² x 1.25=208,00m²

D sınıfı uçak için bekleme alanı= 250%80 x %80 x 1.7 + 250%80 x %20 x 1.2

320.00m² x 1.25 = 400,00m²

E sınıfı uçak için bekleme alanı= 350%80 x %80 x 1.7 + 350%80 x %20 x 1.2

448.00m² x 1.25 = 560,00m²

Gelen Yolcu Pasaport Kontrol Hesabı: S= Ara sonuç

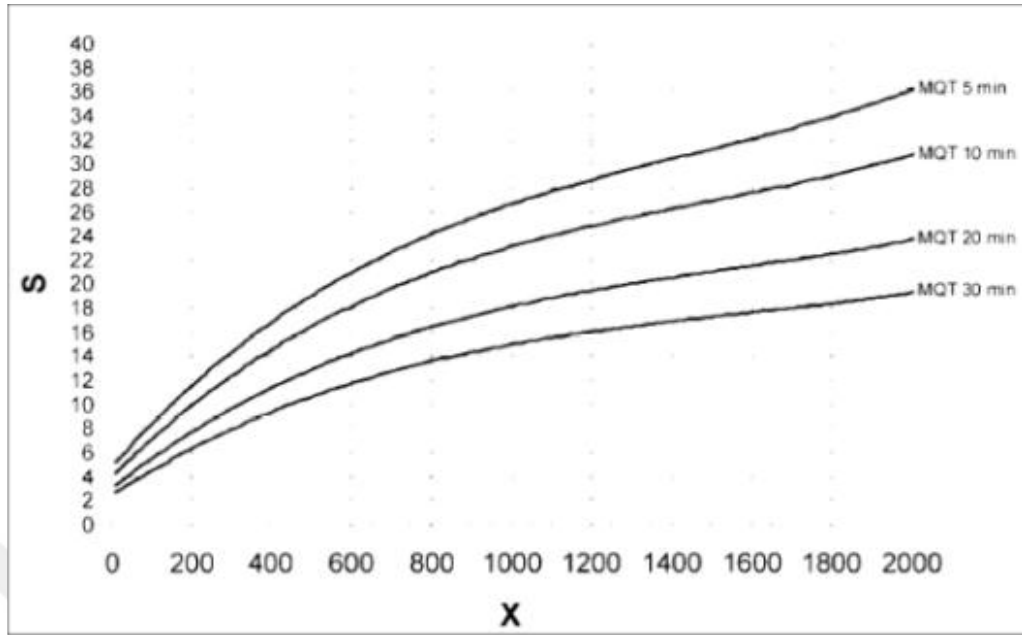
PHP= En yoğun saatte gelen yolcu sayısı

MQT= Maksimum sıra bekleme süresi

$X = (PHP \times \text{gelen yolcu kapı sayısı}) / 100$

$X = (1350 \times 8) / 100$

X= 108



Şekil B.1 Maksimum Bekleme Süresi Ara Sonuç Değeri

Tablodan 108 için MQT10 için alınan S değeri: 7
Gerekli gelen pasaport kontrol masası sayı hesabı,

PCD= Pasaport kontrol masa sayısı

PTpca= Saniye cinsinde gelen pasaport kontrolü ortalama süresi (30 saniye)

$$PCD= S \times (PTpca / 20)$$

$$PCD= 7 \times (30 / 20)$$

PCD= 10.5 gelen pasaport kontrol masası

Tek kuyruk sistemine göre gelen yolcu pasaport kontrol bekleme alanı hesabı,

MQT= Dakika cinsinde maksimum bekleme süresi (10 dakika)

PCD= Gelen pasaport kontrol masa sayısı

PTpca= Saniye cinsinde güvenlik kontrol ortalama süresi (30 saniye)

Q= Maksimum bekleyen kişi sayısı

$$Q= (MQT \times PCD \times 60) / PTpca$$

$$Q= (10 \times 11 \times 60) / 30$$

Q= 220 yolcu

C6- Bagaj Alma Karuselleri Sayısı

PHP= En yoğun saatte gelen yolcu sayısı

PWB= Geniş gövdeli uçakla gelen yolcuların oranı (%20)

PNB= Dar gövdeli uçakla gelen yolcuların oranı (%80)

CDW= Geniş gövdeli uçak için bagaj alma süresi (45 dakika)

CDN= Dar gövdeli uçak için bagaj alma süresi (20 dakika)

NWB= Geniş gövdeli uçak için yolcu sayısının %80 i (320 kişi)

NNB= Dar gövdeli uçak için yolcu sayısının %80 i (150 kişi)

BCg= (PHP x PWB x CDW) / (60 x NWB)

BCg= (1350 x %20 x 45) / (60 x 320)

BCg= 0.63 (1 adet bagaj alma karuseli)

BCd= (PHP x PNB x CDN) / (60 x NNB)

BCd= (1350 x %80 x 20) / (60 x 150)

BCd= 2.4 (3 adet bagaj alma karuseli)

IATA hesaplarına göre belirlenen bagaj alım karuselleri. 4 adet 30-40 m'lik, 1 adet 60-70 m'lik karuselin proje için yeterli olacağı hesaplanmıştır. Karuseller arası mesafe ve karuseller ile duvar arası mesafeler kurallara uygun olarak ayarlanmıştır.

C7- Gelen Yolcu Çıkış ve Karşılایıcılar Holü

PHP= En yoğun saatte gelen yolcu sayısı

AOP= Yolcu kullanma süresi (5 dakika)

AOV= Ziyaretçi kullanma süresi (30 dakika)

SPP= Kişi başı gerekli alan (2.0 m2)

VPP= Yolcu başına ziyaretçi sayısı (0.7 kişi)

A= SPP x [(AOP x PHP) / 60] + [(AOV x PHP x VPP) / 60]

$$A= 2 \times [(5 \times 1350) / 60] + [(30 \times 1350 \times 0.7) / 60]$$

$$A= 2 \times (112.5 + 472.5)$$

$$A= 1170 \text{ m}^2$$

Hesaplar IATA'nın Ocak 2004 tarihli "AIRPORT DEVELOPMENT REFERENCE MANUEL" yayımında "PASSENGER TERMINAL FACILITIES" konu başlıklı F9 bölümüne uygun yapılmıştır.

IATA'nın 9. baskısı olan bu yayından önceki dönemlerdeki hesap yöntemleri ile yapılan ayrı bir hesap bu rapor ekinde sunulmaktadır. Bu hesap raporunda IATA'nın verileri ve sabit tablolarına göre yapılan hesaplarda anlamsız sonuçlar elde edilmektedir. Özellikle check-in sayı hesabı başta olmak üzere giden yolcu en yoğun saat 30 dakika hesaplarında alınan sonuç en yoğun saat yolcu sayısının yarısından az çıkması çok kabul edilebilir görünmemektedir. Önerimiz ekte sunulan hesap bütününde belirtilen alan ve sayıların sağlanarak projenin tamamlanması yönündedir. Mevcut projede terminal binası yıllık 5.000.000 yolcuya hizmet verebilecek kapasitedir. Bu kapasitenin artırılması gerektiğinde;

- 1- Check-in sayılarının,
- 2- Uçak bekleme alanlarının,
- 3- Pasaport banko sayılarının,
- 4- Güvenlik ekipman sayılarının,

Artırılması ile toplam kapasitenin artırılabilmesi öngörülmektedir.

Mevcut projede giden ve gelen yolcularda genel sirkülasyon mekanlarında yeterli alanların olduğu ve bu mekanların yaklaşık 6.500.000 – 7.000.000 yolcu/yıl kapasitesini karşılayabildiği hesaplanmıştır.

Mevcut projede pasaport banko alanları, yolculara ait güvenlik ekipman alanları, gümrük kontrol banko alanlarının öngörülen kapasite üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bu alanlarda yaklaşık 6.500.000- 7.000.000 yolcu/yıl kapasitesini taşıyacak boyutlardadır.

- Acar, M. C., (2006). Havaalanı Terminal Binalarında Yap-İşlet-Devret Modeli, TC Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Yayınları.
- AirportTechnology, (2019). <https://www.airport-technology.com/projects/london-heathrow-airport-terminal-2-redevelopment/> alındığı tarih: 04.07.2019.
- Aish, R., (2013). First Build Your Tools. Inside Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design içinde (C. 9781118522, ss. 36-49). doi:10.1002/9781118653074.ch2.
- Anumba, C. Dubler, C. Goodman, S. Kasprzak, C. Kreider, R. Messner, J. Saluja, C. Zikic, N., (2010). BIM Project Execution Planning Guide Version 2.0. https://www.bim.psu.edu/bim_pep_guide/.
- Autodesk , (2019c). <https://www.autodesk.com/customer-stories/woodsagot> , alındığı tarih: 02.02.2019.
- Autodesk, (2019a). <https://www.autodesk.com.tr/redshift/istanbul-yeni-havalimani/>, alındığı tarih: 02.04.2019.
- Autodesk, (2019b). <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/case-studies/denver-international-airport/dia-bim-for-facility-management.pdf>, alındığı tarih: 02.02.2019.
- Azhar, S., (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry, Leadership Manage. Eng. 2011.11:241-252.
- Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood T., (2012). Building Information Modelling (BIM), Now and Beyond, Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12 (4) 15-28.
- Barati, R., Charehzehi, A., Preece, C., N., (2013). Enhancing Planning and Scheduling Program by Using Benefits of BIM-Based Applications, Civil and Environmental Research www.iiste.org, ISSN 2224 5790 (Paper), ISSN 2225-0514 (Online), Vol.3, No.5.
- BIMForum, (2013). Level of development specification BIM. Version:2013 Published on: <http://bimforum.org/wpcontent/uploads/2013/05/DRAFT-LOD-Spec.pdf>.
- Bold Mimarlık. (2013). EAP BIM Execution Plan, İstanbul.
- Bold Mimarlık. (2015a). KKTC Ercan Uluslararası Havalimanı Tasarım Raporu, İstanbul.
- Bold Mimarlık. (2015b). KKTC Ercan Uluslararası Havalimanı Tasarım Kriterleri Raporu, İstanbul.
- Bold Mimarlık. (2019). KKTC Ercan Uluslararası Havalimanı Proje Raporu, İstanbul.

- Bryde, D., Broquetas, M. ve Volm, J. M., (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM), International Journal of Project Management, Vol. 31, pp. 971–980.
- Çiftçi, E., (2017). BIM'e Geçiş Süreci Sunumu [https://https://www.youtube.com/watch?v=qMasVvoCc68&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=qMasVvoCc68&t=4s).
- Çiftçi, E., (2019). Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü 'Hesaplamalı Tasarım' Ders Notları, İstanbul.
- Deutsch, R., (2011). BIM and Integrated Design, Strategies for Architectural Practice, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Eastman, C. Teicholz, P. Sacks, R. Liston, K. (2011). BIM Handbook. 2nd Edition. New Jersey: John Wiley & Sons
- Elliot, T. (2019). Infrastructure-Reimagined, Denver's Airport Expansion primes a push toward BIM – Infrastructure Reimagined, <http://www.infrastructurereimagined.com/denvers-airport-expansion-primes-a-push-toward-bim/>.
- Elsafadi, H., (2016). Bim 3d Or How To Communicate The Design Intent <https://www.linkedin.com/pulse/bim-3d-7d-implementation-hani-elsafadi>.
- Hardin, B., (2009). BIM and Construction Management Proven Tools, Methods and Workflows, Wiley Publishing, Inc.
- IATA, (2015). Airport Planning, Operations and Management .
- ICAO, (2009a). Doc 9184-AN/902, Airport Planning Manual, Part 1. Master Planning.
- ICAO, (2009b). Aerodrome Standards – Aerodrome Design and Operations.
- Jim, H.K., Chang, Z.Y., (1998). An airport passenger terminal simulator: A planning and design tool, Simulation Practice and Theory 6, 387,396.
- Kennett, S., (2011). The use of forces: Building information modelling, (<http://www.building.co.uk/buildings/project-stage/the-use-of-forcebuilding-information-modelling/5007579.article>) (Oct. 23, 2011).
- Kirby, L., Krygiel E., Kim M., (2017). Mastering Autodesk Revit 2018, First Edition, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana and Canada.
- Kreider R. G ve Messner J. I., (2013). The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses, Penn State Computer Integrated The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.
- McCuen, T. L., Pittenger, D. M., (2016). Building Information Modeling for Airports McGraw-Hill Construction, (2008). Building Information Modelling: Transforming design and construction to achieve greater industry productivity, New York.
- RIBA, (2012). BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work. Royal Institute of British Architects, London

- Richards, M., (2010). Building Information Management: A standard framework and guide to BS 1192 BSI Standards.
- Sakin, Koseoglu, O., Arayici, Y., (2018). "Exploring the BIM and lean synergies in the Istanbul Grand Airport construction project", Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 25 Issue: 10, pp.1339-1354, <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0186>.
- TMA Mühendislik. (2014). Ercan Uluslararası Havalimanı Hava Tarafı Geliştirme Planı Ön Proje Raporu, İstanbul.
- Weygant, R. S., (2011). BIM Content Development Standards, Strategies and Best Practices, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Kanada.

