

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİM (YAPI BİLGİ MODELLEME) SİSTEMİNİN BİR HASTANE BİNASI
TESİSATINDA KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Faruk DEMİRTAŞ

**HAZİRAN 2019
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Makina Mühendisliği
Faruk DEMİRTAŞ Tarafından Hazırlanan**

**BİM (YAPI BİLGİ MODELLEME) SİSTEMİNİN BİR HASTANE BİNASI TESİSATINDA
KULLANIMI**

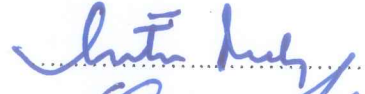
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 31 / 05 / 2019 gün ve 595 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU

Üye : Doç. Dr. Lütfü NAMLI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında ve yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana olan inançlarını her zaman hissettiren sevgili eşim ve sevgili aileme çok teşekkür ederim.

Faruk DEMİRTAŞ
Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “BIM (Yapı Bilgi Modelleme) Sisteminin Bir Hastane Binası Tesisatında Kullanımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.
20/06/2019

Faruk DEMİRTAŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Binada Kullanılan Mekanik Tesisat Sistemleri	2
1.2.1. Isıtma Tesisatı.....	3
1.2.2. Soğutma Tesisatı (Klima Tesisatı)	3
1.2.3. Havalandırma Tesisatı	3
1.2.4. Temiz ve Pissu Tesisatı (Sıhhi Tesisat).....	4
1.2.5. Yangın Tesisatı	4
1.2.6. Medikal Gaz Tesisatı	4
1.2.7. Doğalgaz Tesisatı	5
1.3. Mekanik Tesisat Sistemleri Arasındaki İlişki.....	5
1.4. Mekanik Tesisatların Binalarda Kurulumundan Kaynaklanan Problemler ve Çözüm Yolları.....	6
1.5. Literatür Taraması	9
1.6. Bir Yapıda (Binada) BIM Kullanımı.....	11
1.6.1. BIM Hakkında Genel Bilgi.....	11
1.6.1.1. BIM Tanımlamaları	11
1.6.1.2. Genel Bilgi.....	13
1.6.1.3. Nesne Tabanlı Tasarım.....	16
1.6.1.4. BIM, IPD ve Yalın İnşaat	16
1.6.1.5. Çakışma Tespiti	17
1.6.1.6. Gelişim Seviyesi LOD (Level Of Development)	19
1.6.1.7. BIM Boyutları ve BIM Aşamaları.....	19

1.6.1.8.	BIM Uygulama Alanları	20
1.6.1.9.	BIM Katılımcıları ve İşbirliği	22
1.6.1.10.	BIM'in Gelecekteki Gelişimi	24
1.6.2.	BIM Avantajları	25
1.6.2.1.	Yapım Süreci Aşamalarında BIM Avantajları	26
1.6.2.1.1.	Tasarım Aşamasında BIM Avantajları	26
1.6.2.1.2.	Yapım Aşamasında BIM Avantajları	27
1.6.2.1.3.	İşletme Aşamasında BIM Avantajları	28
1.6.3.	BIM Riskleri ve Zorlukları	30
1.6.4.	BIM Modelleri için Kullanılan Yazılımlar	30
1.6.5.	Geleneksel Yöntemle BIM Yöntemi Arasındaki Farklar	31
1.6.6.	MEP Mühendisliği Açısından BIM	35
1.7.	Ameliyathane Tasarımı	39
1.7.1.	Temiz Oda Tanımları ve Temiz Oda Sınıfları	39
1.7.1.1.	Temiz Oda Tanımları	39
1.7.1.2.	Temiz Oda Sınıflandırması	39
1.7.1.3.	Hastane Steril Alanları	40
1.7.1.3.1.	Ameliyathaneler	40
1.7.2.	Temiz Oda Tasarımı	40
1.7.2.1.	Mevzuat ve Standartlar	41
1.7.2.2.	Tasarım Parametreleri	41
1.7.2.3.	Hijyenik Havalandırma	42
1.7.2.4.	Hijyenik Havalandırma Tasarım Esasları	43
1.7.2.4.1.	Hava Debisi	43
1.7.2.4.2.	Hava Değişim Sayıları	43
1.7.2.4.3.	Hava Hızı	43
1.7.2.4.4.	Sıcaklık ve Nem	44
1.7.2.4.5.	Basınç	44
1.7.2.4.6.	Kanal Sistemi	44
1.7.2.4.7.	Hava Dağıtım Şekli	45
1.7.2.4.8.	Filtreler	46
1.7.2.4.9.	Parçacık ve Mikro-organizma Sayısı	46
1.7.3.	Ameliyathanede Kullanılan Sistemler (Mimari, Mekanik, Elektrik)	46

1.7.3.1.	Mimari Mahaller	46
1.7.3.2.	Mekanik Sistemler	46
1.7.3.3.	Elektrik Sistemleri	47
1.7.4.	Ameliyathanede Tasarım İhtiyaçları ve Eksiklikler	47
1.7.4.1.	Ameliyathane Mimari Tasarımı.....	47
1.7.4.2.	Hijyenik Mahal Tasarım Problemleri ve Çözüm Yolları	48
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	50
2.1.	Seçilen Ameliyathane	50
2.2.	Kullanılan Modelleme Programı	51
2.3.	BIM'in Mekanik Tesisat Yönünden Ameliyathane Departmanına Uygulanması	54
2.3.1.	Modellerin Oluşturulması.....	55
2.3.1.1.	Havalandırma Tesisatı Modelinin Oluşturulması.....	57
2.3.1.2.	Medikal Gaz Tesisat Modelinin Oluşturulması.....	57
2.3.1.3.	Sprinkler Tesisat Modelinin Oluşturulması.....	58
2.3.1.4.	Elektrik Kablo Tavası Tesisat Modeli Oluşturulması	59
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	60
3.1.	Tespit Edilen Çakışmalar ve Düzenlemeler	60
3.1.1.	Havalandırma Tesisatı ile Betonarme Taşıyıcı Sistem Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği.....	60
3.1.2.	Havalandırma Tesisatı ile Medikal Gaz Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği.....	62
3.1.3.	Havalandırma Tesisatı ile Sprinkler Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği.....	64
3.1.4.	Havalandırma Tesisatı ile Elektrik Kablo Tavası Tesisatı Arasındaki Çakışmalar	66
3.1.5.	Medikal Gaz Tesisatı ile Betonarme Taşıyıcı Sistem Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği.....	68
3.1.6.	Medikal Gaz Tesisatı ile Sprinkler Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği.....	70
3.1.7.	Medikal Gaz Tesisatı ile Sıhhi Tesisat Düşey Kolon Hatları Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği	72
3.1.8.	Medikal Gaz Tesisatı ile Elektrik Kablo Tavası Tesisatı Arasındaki Çakışmalar	74
3.1.9.	Sprinkler Tesisatı ile Elektrik Kablo Tavası Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ..	76

3.1.10.	Sihhi Tesisat Düşey Kolon Hatları ile Betonarme Taşıyıcı Sistem Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği	78
3.1.11.	Diğer Çakışmalar ve Düzeltmeler	80
3.2.	Basınç Kayıpları Karşılaştırması	84
3.3.	Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular ve Değerlendirmeler	88
4.	SONUÇLAR.....	91
5.	ÖNERİLER	93
6.	KAYNAKLAR.....	94
7.	EKLER	97
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

BIM (YAPI BİLGİ MODELLEME) SİSTEMİNİN BİR HASTANE BİNASI
TESİSATINDA KULLANIMI

Faruk DEMİRTAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cevdet DEMİRTAŞ
2019, 96 Sayfa, 20 Sayfa Ek

Kapsamlı MEP tesisatları barındıran binalarda MEP tesisatlarının yapım aşamasında kurulumundan kaynaklanan problemler oluşmaktadır. Oluşan bu problemlerin temel sebebi fiziksel ve fonksiyonel olarak bir bütün olan binanın birbirinden bağımsız ve koordinasyon içermeyen projelerle oluşturulmasıdır. BIM yöntemi oluşan bu gibi problemlerin çözümü için alternatif bir yoldur. Bu çalışmada yapımı devam eden bir Devlet Hastanesinin geleneksel yöntemle 2 boyutlu olarak tasarlanan ameliyathane departmanı örnek proje olarak kullanılmıştır. Ameliyathaneye ait projeler Autodesk Revit programı kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiş ve Autodesk Navisworks Manage programıyla modeller arasında çok sayıda çakışma tespit edilerek mekanik tesisatlar için düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan çalışmada BIM'in 3 boyutlu model, koordinasyon ve çakışma analizi özellikleri kullanılarak ameliyathane mekanik tesisat tasarımı sürecindeki etkisi incelenerek elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Yapılan çalışma ile yapım aşamasında mekanik tesisatların kurulumundan kaynaklanabilecek çakışmaların BIM yöntemiyle tasarım aşamasında işbirlikçi bir anlayışla çözülebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca modelleme programında mekanik tesisat tasarımı mantıksal ve geometrik kurallarla yapıldığından tesisatın inşa edilebilirliğinin tasarım aşamasında denetlenebildiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca geleneksel yöntemle 2 boyutlu olarak çizilen projelerde tesisat sistemleri için yapılan bazı hesaplamalarda (basınç kaybı hesabı gibi) eksik veri oluşabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: BIM, Mekanik Tesisat, MEP, Revit, Navisworks

Master Thesis

SUMMARY

APPLICATION OF BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) FOR
MECHANICAL INSTALLATION IN A HOSPITAL BUILDING

Faruk DEMİRTAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Mechanical Engineering Graduate Program
Supervisor: Assistant Prof. Dr. Cevdet DEMİRTAŞ
2019, 96 Pages, 20 Pages Appendix

Problems arise from the installation of MEP installations during construction phase in buildings that have extensive MEP installations. The main reason for these problems is that the building, which is a physical and functional whole, is formed by independent and uncoordinated projects. The BIM method is an alternative way to solve such problems. In this study, the operating room department of a State Hospital, which was designed in 2 dimensions by traditional method, was used as a sample project. The projects of the operating room were modeled in 3D using Autodesk Revit program, and many conflicts were detected between the models with Autodesk Navisworks Manage program and arrangements were made for mechanical installations. In this study, the effect of BIM on the operation room mechanical installation design process by using 3D model creation, coordination and conflict analysis features were investigated and the results obtained were presented. With this study, it is concluded that the conflicts that may arise from the installation of mechanical installations in the construction phase can be solved with a collaborative approach in the design stage by BIM method. In addition, since the mechanical installation design is made with logical and geometric rules in the modeling program, it is concluded that the constructability of the installation can be controlled at the design phase. In addition, it is concluded that incomplete data may be generated for some calculations (such as pressure loss calculation) for mechanical installations in projects drawn in 2D by traditional method.

Key Words: BIM, Mechanical Installation, MEP, Revit, Navisworks

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Temiz su – pisu tesisatı ilişkisi	6
Şekil 2. Isıtma-soğutma ve havalandırma tesisatı ilişkisi.....	6
Şekil 3. 3 boyutlu BIM modeli	9
Şekil 4. BIM'in görsel bir temsili.....	13
Şekil 5. BIM'in gelişimi	14
Şekil 6. BIM'in özellikleri.....	15
Şekil 7. Sistemler arasında oluşan çakışma	18
Şekil 8. BIM olgunluk aşamaları.....	20
Şekil 9. Mimari, Yapısal ve MEP modelleri	21
Şekil 10. BIM modellerinin birleşimi.....	22
Şekil 11. Proje ekip üyeleri ve organizasyonel sınırları	23
Şekil 12. BIM bütünleşik süreci	24
Şekil 13. BIM'e erişim	25
Şekil 14. Proje yapım aşamasında BIM kullanımı	28
Şekil 15. Tesis işletmesinde BIM kullanımı.....	29
Şekil 16. Geleneksel ve BIM süreci karşılaştırması	32
Şekil 17. BIM modeli	33
Şekil 18. Bina MEP sistemlerinin model görünümü	36
Şekil 19. Çakışmasız havalandırma tesisatı modeli	37
Şekil 20. Çeşitli tesisat sistemlerinin birleştirilmiş modülü	38
Şekil 21. Operasyon odaları hava dağıtım şekli	45
Şekil 22. Yeni Of Devlet Hastanesi render görüntüsü.....	50
Şekil 23. Yeni Of Devlet Hastanesi ameliyathane planı	51
Şekil 24. Autodesk Revit arayüzü	52
Şekil 25. Autodesk Navisworks Manage arayüzü	52
Şekil 26. Mimari model.....	56
Şekil 27. Taşıyıcı sistem modeli.....	56
Şekil 28. Havalandırma tesisatı modeli	57
Şekil 29. Medikal gaz tesisatı modeli.....	58
Şekil 30. Sprinkler tesisatı modeli.....	58

Şekil 31.	Elektrik kablo tavaşı tesisat modeli.....	59
Şekil 32.	Havalandırma tesisatı ve taşıyıcı sistem arasındaki çakışma sayısı	61
Şekil 33.	Havalandırma kanalı ve giriş arasındaki çakışma düzeltme örneği	62
Şekil 34.	Havalandırma tesisatı ve medikal gaz tesisatı arasındaki çakışma sayısı	63
Şekil 35.	Havalandırma kanalı ve medikal gaz borusu çakışma düzeltme örneği	64
Şekil 36.	Havalandırma tesisatı ve sprinkler tesisatı arasındaki çakışma sayısı	65
Şekil 37.	Havalandırma kanalı ve yangın borusu çakışma düzeltme örneği.....	66
Şekil 38.	Havalandırma tesisatı ve elektrik kablo tavaşı tesisatı arasındaki çakışma sayısı	67
Şekil 39.	Medikal gaz tesisatı ve betonarme taşıyıcı sistem arasındaki çakışma sayısı... ..	69
Şekil 40.	Medikal gaz borusu ve perde beton çakışma düzeltme örneği.....	70
Şekil 41.	Medikal gaz tesisatı ve sprinkler tesisatı arasındaki çakışma sayısı	71
Şekil 42.	Medikal gaz borusu ve yangın borusu çakışma düzeltme örneği.....	72
Şekil 43.	Medikal gaz tesisatı ve sıhhi tesisat düşey kolon hattı arasındaki çakışma sayısı	73
Şekil 44.	Medikal gaz borusu ve sıhhi tesisat borusu çakışma düzeltme örneği.....	74
Şekil 45.	Medikal gaz tesisatı ve elektrik kablo tavaşı tesisatı arasındaki çakışma sayısı.....	75
Şekil 46.	Sprinkler tesisatı ve elektrik kablo tavaşı tesisatı arasındaki çakışma sayısı	77
Şekil 47.	Sıhhi tesisat düşey kolon hatları ve betonarme taşıyıcı sistem arasındaki çakışma sayısı	79
Şekil 48.	Sıhhi tesisat borusu ve giriş çakışma düzeltme örneği.....	80
Şekil 49.	Sprinkler tesisatı ve betonarme taşıyıcı sistem çakışma sayısı	80
Şekil 50.	Havalandırma tesisatı ve sıhhi tesisat dikey kolon çakışma sayısı	81
Şekil 51.	Sprinkler tesisatı ve sıhhi tesisat dikey kolon çakışma sayısı	81
Şekil 52.	Elektrik kablo tavaşı tesisatı ve sıhhi tesisat dikey kolon çakışma sayısı	82
Şekil 53.	Ameliyathane 3'ün iki boyutlu mimari ve havalandırma projesi.....	82
Şekil 54.	Ameliyathane 3'ün laminer flow ünitesinin düzenlenmesi.....	83
Şekil 55.	Ameliyathane 2 boyutlu mimari ve havalandırma projesi	83
Şekil 56.	Ameliyathane havalandırma kanalının düzenlenmesi	84
Şekil 57.	Havalandırma kanalı giriş geçişi	85
Şekil 58.	Revit havalandırma kanalı basınç kaybı hesabı Altshul-Tsal eşitliği arayüzü..	85
Şekil 59.	Revit havalandırma kanalı basınç kaybı hesabı Colebrook eşitliği arayüzü.....	86
Şekil 60.	Revit havalandırma kanalı basınç kaybı hesabı Haaland eşitliği arayüzü.....	86
Şekil 61.	Revit boru basınç kaybı Colebrook eşitliği arayüzü	87

- Şekil 62. Revit boru basınç kaybı Haaland eşitliği arayüzü 87
- Şekil 63. Medikal gaz tesisatı için vana kutusu ve boru birleşik fabrikasyon modeli..... 90



KISALTMALAR LİSTESİ

AEC	Architecture, Engineering and Construction-Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat
BIM	Building Information Modeling-Yapı Bilgi Modellemesi
CAD	Computer Aided Design-Bilgisayar Destekli Tasarım
IPD	Integrated Project Delivery- Bütünleşik Proje Teslimi
LOD	Level of Development-Gelişim Seviyesi
MEP	Mechanical, Electrical, Plumbing-Mekanik, Elektrik, Tesisat



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsanın konut yapma teknolojisine eriştiği zamana kadar geçen süre bir milyon yılı aşkındır. İlk zamanlarda doğada hazır bulunan ortamlarda barınan insan, zaman içinde basit dal ve sazlardan hazırladığı mekanlara sığınmış, büyük hayvan kemikleriyle oluşturulan bir iskeletin üzerini derilerle kaplayarak basit barınaklar inşa etmiştir. Bu yapılara ilişkin örneklerin, günümüzden yaklaşık 40 bin yıl öncesinde Orta ve Doğu Avrupa'da olduğu bilinmektedir. İnsanlar, geçmişte dünyanın farklı coğrafyalarında, ısınma sorununu bir ölçüde çözebildiği, üzeri dallarla örtülü çukur barınaklar yapmıştır. Milattan önce 11 binli yıllara gelindiğinde özellikle Yakındoğu ve Anadolu'da sabit yerleşmeler kurulmaya başlanmıştır. Rahatça ulaşılabilen taş, ahşap, dal, saz ve çamur gibi doğal yapı malzemeleri kullanarak inşa edilen yapılar ortaya çıkmıştır. Tahılların besin ekonomisinde önemli bir yer tutmaya başlamasıyla birlikte yerleşmelerin daha kalıcı bir hal aldığı ve uzun süreli sabit yerleşmelerin kurulduğu görülmüştür [1].

Yapım işlerinde mimari, inşaat, mekanik ve elektrik gibi temel uzmanlık alanları vardır. Bina, genel anlamda bu dört uzmanlık alanı üzerinden oluşur. Bu uzmanlıklar kendi dallarıyla ilgili projeleri oluşturur ve bu projelerin yardımıyla tasarlanan bina inşa edilir. Her bir uzmanlık, kendine ait projelerde binada istenilen standartları oluşturmak amacıyla tasarımını yapar. Bu tasarımlar inşa aşamasında koordineli bir şekilde yürütülerek bina inşa edilir. Bu yöntem günümüzde geleneksel yapı tasarım yöntemi olarak kabul görmekte ve uygulanmaktadır.

Her bina kendine özgü çeşitli mekanik standartlar gerektirir. Bir binada mekanik tesisat işleri, binada bulunan mahallerin ihtiyacı olan çeşitli gereksinimleri (şartlandırılmış hava, kullanım suyu, ısınma, yangından korunma vb.) karşılamak amacıyla oluşturulur. Her binanın ve bu binalara ait mahallerin bu gereksinimleri belirli standartlar çerçevesinde giderilir. Bu standartları oluşturmak için kurulan sistemler mekanik tesisatın kapsamı içindedir. Bir binada ihtiyaca ve istenilen standartlara göre mekanik tesisat sistemleri tasarlanır. Bu sistemlerin çeşitliliği binadan binaya farklılık göstermektedir. Bu sistemlerin kurulumu bina içerisinde birbiriyle koordineli olmalıdır. Bunun sebebi bina içinde kurulan bu çeşitli sistemler için ayrılan boşlukların genellikle ortak olmasıdır.

Yüksek teknolojiye, sağlık hizmetlerine ve biyoteknoloji sektörlerine odaklananlar gibi teknik olarak zorlu projelerdeki Mekanik, Elektrik ve Tesisat (MEP) sistemleri bazen proje değerinin % 50'sinden fazlasını oluşturabilir. Bu nedenle, MEP sistemlerinin bu tür projeler üzerinde koordinasyonu ve yönlendirilmesi büyük bir çaba gerektirir. MEP sistemlerinin, tesisatlar için oluşturulan tasarım, yapım ve bakım kriterleri altında sınırlı bir alanda yönlendirilmesi gerekir. Sınırlı alanlarda tasarlanan tesisatların birbirlerine göre konumları bazı zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu zorlukları minimize edeceğini veya ortadan kaldıracığını vadeden yeni sistemler geliştirilmektedir. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) araçlarının ve süreçlerinin kullanılması, MEP koordinasyon sürecinin zorluklarını ele alma vaadinde bulunmaktadır [2].

BIM binada kullanılacak mekanik tesisatların seçimi, kurulumu ve uygulanabilirliği için çeşitli avantajlar sağlar. Binanın sanal modeli üzerinde yapılan çeşitli analizlerle bina için uygun tesisat tipleri seçimi yapılabilir. 3 boyutlu olarak oluşturulan çeşitli alt mekanik dallara ait projeler 3 boyutlu olarak birleştirilerek oluşan çakışmalar tespit edilebilir ve bu aşamada gerekli tedbirler alınır. Ayrıca bina için en uygun olacak seçeneğin binanın sanal modeline uygulanma aşamaları simule edilebilir.

Bu çalışmada seçilmiş örnek bir devlet hastanesinin geleneksel yöntemle 2 boyutlu olarak oluşturulmuş ameliyathane projesinin 3 boyutlu modeli oluşturulup, ortaya çıkan çakışmalar BIM'in çakışma tespiti ve koordinasyon özellikleri kullanılarak tekrar düzenlenmiştir. Bu şekilde bu yöntemin mekanik sistem kurulumu açısından geleneksel yöntemle göre ne gibi avantajlar sağladığı ve ne gibi farklılıklar oluşturduğu irdelenmiştir.

1.2. Binada Kullanılan Mekanik Tesisat Sistemleri

Endüstride inşaat hizmetleri olarak da bilinen Mekanik, Elektrik ve Tesisat (MEP), binaların elektrik, iletişim, ısıtma/soğutma ve havalandırma, su temini ve atılmasını sağlayarak yaşanabilir hale getiren bir binadaki aktif sistemlerdir [3].

Mekanik tesisat işleri bir yapının özniteliklerinin oluşması adına gerekli olan sistemlerin binaya kurulmasını içerir. Bu öznitelikler mahal, oda veya departmana özgü niteliklerdir. Bir mahalın havalandırma, su, yangın güvenliği vb. ihtiyaçları mekanik tesisat sistemleri tarafından karşılanır. Mekanik tesisat sistemleri bir binanın çeşitli standartları edinmesi için kilit bir faktör olarak yer edinmektedir. Bir binanın çevresel faktörler, konfor şartları, can güvenliği ve insan sağlığı vb. konularda var olan çeşitli standartlara sahip

olmasında bu sistemlerin büyük rolü vardır. Bazı standartlar özellikle bazı mekanik tesisat sistemlerini (yangın yönetmeliği - yağmurlama yangından korunma tesisatı gibi) direkt olarak gerektirirler.

Bir binada kullanılan mekanik tesisat sistemleri başlıca şunlardır [4]:

- Isıtma Tesisatı
- Soğutma Tesisatı (Klima Tesisatı)
- Havalandırma Tesisatı
- Temiz ve Pissu Tesisatı (Sihhi Tesisat)
- Yangın Tesisatı
- Medikal Gaz Tesisatı
- Doğalgaz Tesisatı

1.2.1. Isıtma Tesisatı

Isıtma sistemleri, kullanım mekanlarının istenen sıcaklıkta tutulabilmesi için iç ortamdan dış ortama (çevreye) olan ısı kaybının karşılanması prensibi ile çalışan sistemlerdir.

1.2.2. Soğutma Tesisatı (Klima Tesisatı)

Soğutma, bir maddenin veya ortamın sıcaklığını, onu çevreleyen ortamın sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısısının alınması işlemine denir. Soğutulmuş akışkanın borular vasıtasıyla nihai soğutucu cihazlara ulaştırmak yoluyla klima tesisat işlemi yapılır.

1.2.3. Havalandırma Tesisatı

Havalandırma, kapalı bir alana doğal ya da mekanik yolla temiz hava akımı sağlanmasıdır. İçeri temiz hava girerken, buna eşdeğer hacimde, zararlı gazlarla, kokularla, tozlarla kirlenmiş ve ısınmış hava dışarı atılır. Mekanik yolla havalandırma, kapalı bölmelere temiz hava emen ya da kirli havayı dışarı atan fanlarla yapılır. Isı ve rüzgâr gibi etkilere bağlı olmayan mekanik havalandırma, kolayca denetlenebilir. Bu nedenle bunlar belirli bir hızda hava değişiminin zorunlu olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılır. Kapalı

hacimlerdeki oksijen oranının doğal koşullarda olması gereken seviyede tutulmasını sağlamanın en kolay yolu havalandırma yapılmasıdır. Kullanım sonucu oksijen oranı azalmış ve kirlenmiş (halı, elbise tüyü, parfüm, ter kokusu vs.) hava atmosfere atılır, yerine dışarıdan, yüksek oksijenli ve kirlenmemiş (gerekli filtre sistemlerinden geçirilerek) taze hava alınır. İnsan sağlığının ve verimliliğinin en önemli koşullarından birisi budur. Kirli havanın dış ortama atılması ve dış ortamdan alınan taze havanın filtrelenmesi, zararlı maddelerden arındırılması, istenilen sıcaklık ve nem değerlerine getirilerek iç ortama verilmesi havalandırma sisteminin kapsamındadır.

1.2.4. Temiz ve Pissu Tesisatı (Sihhi Tesisat)

Sihhi tesisat, yapı için gerekli olan suyun temini, depolanması, ısıtılması, yumuşatılması, basınçlandırılması ve dağıtımı, pis suyun atılması, atık suyun arıtılması, yağmur suyu tahliyesi ve yangın söndürme konularını içerir.

1.2.5. Yangın Tesisatı

Yangından korunma sistemleri; olası yangın anında insan sağlığına ve eşyalara zarar gelmeden yangını söndürmek amacıyla yapılan tesisat ve sistemlerdir. Binalarda yangın tesisatı: söndürme sistemleri, duman tahliye sistemleri ve basınçlandırma sistemlerinden oluşmaktadır.

1.2.6. Medikal Gaz Tesisatı

Sağlık tesislerinde ameliyathane, doğumhane, müdahale odaları gibi cerrahi operasyon yapılan bölümler ile yoğun bakım, reanimasyon servisi, hasta odaları gibi bakım, tedavi alanlarında ve cerrahi aletleri çalıştırmak için medikal gazlar kullanılmaktadır. Bu gazları kullanım noktaları olan uç birimlere kadar dağıtan borulama sistemine medikal gaz tesisatı, bu noktalarda vakum sağlamak için yapılan sisteme medikal vakum tesisatı ve operasyon odaları ile uyutma, uyanma odalarında anestezi gazlarını uzaklaştırmak için yapılan sisteme anestetik atık gaz tesisatı denilmektedir.

1.2.7. Doğalgaz Tesisatı

Evlerde, sanayi tesislerinde ve iş yerlerinde kullanılan doğalgaz renksiz, kokusuz ve havadan daha hafif bir gazdır. Bu doğrultuda doğalgaz kullanımının güvenli ve kontrollü bir şekilde yapılabilmesi işlemidir.

1.3. Mekanik Tesisat Sistemleri Arasındaki İlişki

Bir binada kullanılan mekanik tesisat sistem tasarımı, binadaki mahallerde ısıtma-soğutma, temiz hava, kullanım suyu gibi ihtiyaçların giderilmesi için akışkanların ilgili mahallere taşınması ve kullanılan akışkanların mahalden uzaklaştırılması esasına dayanır. Bunu yaparken mekanik tesisat sistemleri kanallar ve borular vasıtasıyla ilgili mekanlara gerekli akışkanları taşır ve atık olan akışkanları mahalden uzaklaştırır.

Mekanik tesisat sistemleri bazı durumlarda bağımsız olarak oluşturulurken bazı durumlarda birbirlerinin tamamlayıcısı olarak oluşturulur. Örneğin, Şekil 1’de gösterildiği gibi kullanım amaçlı temiz su tesisatının mahale ulaştığı yerde kullanıldıktan sonra pis su tesisatıyla binadan kanalizasyon veya arıtma hattına tahliye edilmesi. Bir başka örnek olarak havalandırma tesisatında mahale taşınan havanın sıcaklığını belirleyen şartlara getirebilmek için havalandırma santralinde bulunan ısıtıcı-soğutucu bataryalara ısıtma-soğutma sisteminde şartlandırılmış akışkanın gönderilmesi ve böylece mahale taşınan havanın istenilen ısı şartlarında mahale ulaşmasının sağlanması gösterilebilir (Şekil 2). Bağımsız olarak oluşturulan tesisatlara da örnek olarak medikal gaz tesisatı verilebilir. Bu tesisat diğer mekanik tesisatlarla ilişkili bir tesisat değildir.

kullanılabilmesi ve tesisat sistemleri için yeterli olması adına mimari ve inşaat gibi diğer disiplinlerle işbirlikçi tasarım anlayışı içinde olunmalıdır. Aksi takdirde birbirinden bağımsız şekilde yapılan tasarımlar tesisat sistemleri için yeterli ve gerekli kurulum boşluğunun sağlanamamasına sebep olmaktadır.

Bir yapı için tasarım aşamasında hazırlanmış projeler yapım aşamasında sahada uygulanırken birtakım problemler ortaya çıkmaktadır. Mekanik tesisat yönünden bakıldığında bu problemler genel olarak yapı için oluşturulan projelerin birbirinden bağımsız bir şekilde oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Çizilen mimari ve statik projelerde mekanik tesisat sistemlerine ait kanal ve boru sistemleri için ayrılan alanların yeterli olmaması bu sistemlerin saha uygulamalarında mekanik projelere uygun olarak kurulamamasına sebep olmaktadır. Bir başka problem tesisat projeleri 2 boyutlu olarak çizildiğinden aynı mahallerden geçen tesisat sistemlerinin birbirleriyle çakışmasıdır. Projeler 2 boyutlu olduğundan sistemlere ait kanal, boru, ekipman ve cihazların kotları belli değildir. Bu yüzden sistemlerin birbirleriyle kesiştiği yerlerde hangi tesisatın hangi kotta ilerleyeceği belirsizdir. Çizilen mekanik projeler birbirinden bağımsız olarak ve aynı mimari projenin kopyaları temel alınarak çizildiğinden tesisatların birbirilerine göre konumları göz ardı edilmektedir.

Bazı projelerde mekanik tesisatlara ait projeler farklı mühendisler tarafından çizilebilmekte ve yapının inşa aşamasına kadar bu projeler arasındaki koordinasyonsuzluk fark edilememektedir. İnşa aşamasında projelerin uygulanması esnasında tesisatlar arasında çakışmalar ve mimari, statik projelerle olan uyumsuzluklar fark edilebilmektedir. Fakat fark edilen bu çakışmaları tasarımın amacına uygunluğunu bozmadan düzeltebilmek çok güçtür.

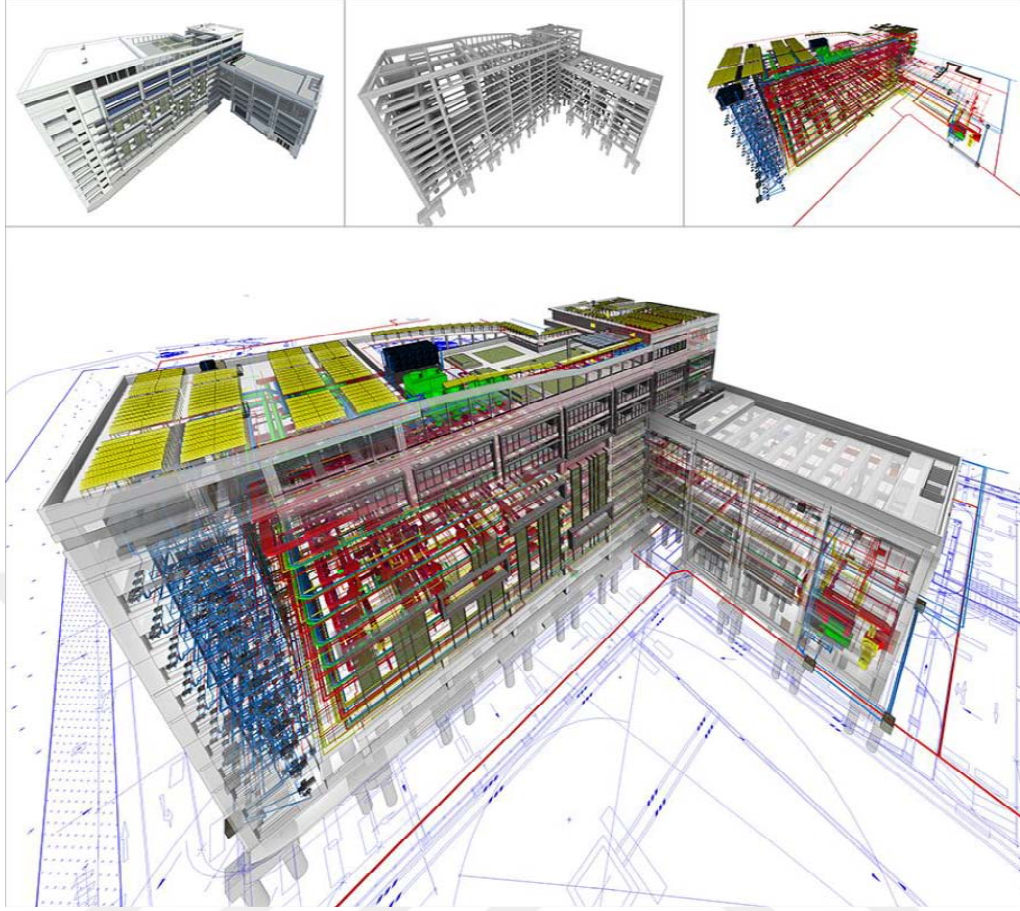
Sahada yapılan düzeltmeler daha fazla masrafa ve zaman kayıplarına sebep olmaktadır. Ayrıca sahada tespit edilen çakışmaların çözümü için çizilen revize projelerde alternatif çözüm yöntemlerinin sayısı azalmaktadır. Çünkü mekanik tesisat sistemleri taşıyıcı kolon-kiriş sistemlerinin yapımından sonra kurulmaktadır. Böylece alternatif bir çözüm olarak kolon veya kirişlerin boyutlarının ya da yerlerinin değiştirilmesine dayanan çözüm yöntemleri otomatik olarak elenmiş olacaktır. Kimi zaman var olan çözüm yöntemleri arasından seçilen alternatifler de yeterli olmayıp, çözümsüz çakışmalar sebebiyle verimden, etkinlikten ve standartlardan ödün vermek kaçınılmaz olabilmektedir.

Mekanik, Elektrik ve Tesisat (MEP) sistemlerinin, ticari binaların toplam inşaat maliyetinin % 40-60'ında payı bulunmaktadır. Yapı inşasında yapısal çalışmanın tekdüze

ve öngörülebilir ilerleyişi ile karşılaştırıldığında, MEP çalışmasının belirsizlik ve istikrarsızlığı nedeniyle en fazla israfa neden olduğu düşünülmektedir. Bir projenin mekanik yönündeki emek verimliliği, işletme sahibinin geç başlattığı tasarım değişikliklerinden dolayı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu değişikliklerden biri binadaki birbirine bağlı tüm hizmetleri etkileyebilir. Örneğin, binadaki bir alanın çalışmasının değiştirilmesi, havalandırma sisteminin değiştirilmesini gerektirecektir ve bu nedenle, kanal boyutlarını etkileyecek ve aynı servis şaftını paylaşan sıhhi tesisat gibi diğer hizmetleri de etkileyebilecektir. Kapsamlı MEP tesisatları içeren binalar için MEP çalışmaları, kurulum sırasında görev alan farklı ekipler nedeniyle çok zor olabilir. İnşaat projelerinde, tasarım değişiklikleri ve MEP ekipleri arasındaki çatışmalar genellikle proje programında gecikmelere ve yeniden çalışma nedeniyle ek maliyete neden olur [3].

Bu şekilde ortaya çıkan problemlerin çözümü için yapının projelerini hazırlayan mimar ve mühendislerin işbirlikçi bir anlayış içerisinde birbirlerinin projeleri hakkında tasarım süreci boyunca sürekli olarak bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Böylece yapım aşaması sırasında ortaya çıkacak muhtemel sorunlar tasarım aşamasında çözüme kavuşturulabilir. Bu, sahada yapılan düzeltmelerden daha az masraflı ve daha az zaman alan bir yöntemdir.

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), pek çoğu tarafından inşaat sektöründeki bir dizi verimsizliğe bir çözüm olarak tanımlanmaktadır [5]. BIM, işbirlikçi bir tasarım anlayışıyla yapım aşamasında ortaya çıkan problemlerin fazladan masrafa ve zaman kaybına neden olmadan tasarım aşamasında belirlenerek çözülmesine ve yapının amacına uygunluğunun sağlanabilmesine olanak veren bir yöntemdir. Bu yöntem tasarım aşamasında katılımcı olarak adlandırdığı yapının inşası, işletilmesi, bakımı ve hatta yıkımıyla görevli olan tüm uzmanları bir araya getirir. Böylelikle yapının tasarım aşamasında mimar ve mühendislerin bakış açılarından kaynaklanan bilgilere diğer katılımcılardan edinilecek bilgilerde eklenebilecektir. Bu da yapının inşa, işletme ve yıkım aşamasında gerekli olan bilgilerin tasarım aşamasında edinilebilmesini sağlamaktadır. BIM 2 boyutlu planlar yerine 3 boyutlu bir modelin proje olarak kullanılmasını sağlar (Şekil 3). Bunun getirdiği önemli avantajlardan ikisi; işbirlikçi çalışma ve çakışma kontrolü yapabilmektir. 3 boyutlu model sayesinde tüm katılımcılar tasarımın her aşamasında yapının durumu hakkında bilgi sahibi olabilmekte ve gerekli gördükleri müdahalelerde bulunabilmektedirler.



Şekil 3. 3 boyutlu BIM modeli

1.5. Literatür Taraması

Jian Li vd. (2014), BIM'in geleneksel BIM dışı teknolojilerin aksine, inşaat kaynak yönetimi ve gerçek zamanlı maliyet kontrolü oluşturma konusundaki faydalarına vaka çalışması yaklaşımıyla odaklanmışlardır. Makalede uygulanan vaka çalışmasındaki projenin hesaplanmasına dayanarak, BIM teknolojisinin kapsamlı uygulaması ile orijinal tasarımda 2.000'den fazla hata bulunmuştur. Hata sınıflandırması ve çatışma incelemesi raporlarının kullanılmasıyla, inşaatın önce en önemli 500 hata keşfedilmiş ve ortadan kaldırılmıştır. Böylece yeniden işleme, işçilik ve malzeme israfı azaltılmıştır. BIM'in pasif müdahaleden aktif kontrole değişimle, inşaat sürecinde maliyetlerin genel kontrolünü sağladığı bulunmuştur. Makale BIM aracılığıyla optimize edilen inşaat faaliyetlerinin maliyet odaklı düzenlemelerinin potansiyel faydalarını destekleyecek kanıtlar sunmaktadır [6].

Azhar vd. (2011), BIM'in faydaları ve olası riskleri ve inşaat sektörü için gelecekteki zorluklar ele alınan çalışmada Atlanta'daki Hilton Aquarium projesi ile ilgili bir vaka çalışması yapmış ve bir yapı bilgi modeli geliştirilerek ve bu modeli kullanılarak elde edilen maliyet ve zaman tasarruflarını niceliksel olarak sunmuşlardır. Bu vaka çalışmasının amacı, gerçek bir inşaat projesi için bir yapı bilgi modeli geliştirerek ve kullanarak elde edilen maliyet ve zaman tasarrufunu göstermektir. Önerilen binanın mimari, yapısal ve MEP sistemlerinin 3 boyutlu modelleri oluşturulmuştur. Sık sık yapılan 3 boyutlu koordinasyon oturumları sayesinde, proje ekibinin sistem çatışmalarını hızlı bir şekilde tespit edip çözebildiği, ekstra olarak tahmini 600.000 \$ tasarruf sağladığı ve olası aylarca gecikmeleri önlediği sonuçlarına ulaşılmıştır [7].

Khazode vd. (2008), yaptıkları vaka çalışmasında Kuzey Kaliforniya, ABD'deki 96,9 milyon dolarlık sağlık hizmeti projesinde MEP sistemlerinin koordinasyonu için BIM (Yapı Bilgi Modelleme) / VDC (Sanal Tasarım ve İnşaat) araçlarının ve süreçlerinin kullanımını sunmuşlardır. Yapılan vaka çalışmasıyla BIM / VDC araçlarının ve süreçlerinin uygulanmasının teknik açıdan zorlu projeler için karmaşık bir MEP koordinasyonu sürecinde önemli avantajlarının olduğunu göstermişlerdir. Yaptıkları vaka çalışması sonucunda proje ekibinin MEP sistemleri koordinasyonu için BIM / VDC araçlarını ve süreçlerini kullanarak elde ettiği faydalardan bazılarının tüm MEP taşeronları için % 20 ile % 30 arasında iş gücü tasarrufu, sıhhi tesisat yüklenicisi için % 100 ön imalatı, 23225.76 metrekarelik bir proje alanı üzerinde MEP sistemlerinin montajı boyunca sadece bir kez kaydedilen yaralanma, mekanik alt yüklenici için tüm proje için % 0,2'den daha az yeniden işleme, sistemlerin saha kurulumunda sıfır çatışma ve müteahhitler ile tasarımcılar arasındaki MEP sistemlerinin koordinasyonu için sadece birkaç bilgi talebi ve programda 6 aylık tasarruf ve toplam proje için yaklaşık 9 milyon dolar tasarruf sağlanması olduğunu bulmuşlardır [2].

Azhar vd. (2008), yaptıkları çalışmada AEC endüstrileri için Yapı Bilgi Modellemesinin (BIM) faydalarını, iki örnek çalışmanın yardımıyla tartışmışlardır. Bu vaka çalışmaları, BIM'i projelerinde uygulayarak tüm paydaşlarca elde edilen çeşitli somut ve soyut faydaları göstermişlerdir. Önerilen yapının mimari, yapısal ve MEP sistemlerinden oluşan bir yapı bilgi modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan model kullanılarak yapısal ve MEP bileşenleri arasında 590 çatışma tespit edilerek saha kurulumundan önce çözülmesi, tasarım koordinasyonu geliştirilmesi ve ek maliyetlerin önüne geçilmesi gibi avantajlar elde edilmiştir. Ayrıca vaka çalışması kapsamında sık

koordinasyon oturumları aracılığıyla, proje ekibinin sistem çatışmasını hızlı bir şekilde tespit edip çözebildiği ve yaklaşık 200.000 dolarlık bir ekstra tasarruf sağladığı ve aylarca sürebilecek olan olası gecikmeleri önlediği sonuçlarına ulaşılmıştır [8].

Raut ve Valunekar (2017), yaptıkları çalışmada yapı bilgi modelleme yazılımı kullanılarak çatışma tespit analizinin yapılmasını içeren metodolojiye odaklanmışlardır. Makalede vaka çalışması olarak mimari, yapısal ve mekanik, elektrik, tesisat (MEP) modellerinden oluşan bir konut binasında çatışma tespitinin durum çalışması yapılmıştır. Vaka çalışmasında Autodesk Revit 2016, Autodesk Navisworks Manage 2016 gibi yazılımlar kullanılmış ve Autodesk Navisworks yazılımı kullanılarak BIM koordinasyonu sürecinin basitleştirilmesi ve standartlaştırılması üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak çatışma tespitini kullanmanın, geleneksel yöntem yerine 3 boyutlu modeldeki çatışmaları, inşaatın başlamasından önce, koordinasyon hatalarını ve insan hatalarını azaltmak için faydalı olduğunu, böylece modellerin yüksek doğruluk düzeyine ulaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca Autodesk Navisworks programının insan hatalarını azaltarak çatışma tespit sürecini daha hızlı ve kolay hale getirdiği tespit edilmiştir. Meydana gelen tasarım çatışmaları Navisworks tarafından başarıyla tanımlanarak zamanında çözüldüğü ve inşaatın şantiyede başlamasından önce tasarım hatalarının tamamen ortadan kaldırılıp, zaman ve maliyetin optimize edildiği sonucuna varılmıştır [9].

Yapılan literatür taramasında BIM'in bir ameliyathane mahalline uygulanmasının mekanik sistem tasarımı ve kurulumu açısından değerlendirilmesine ilişkin fazla sayıda çalışma olmadığı görülmüştür.

1.6. Bir Yapıda (Binada) BIM Kullanımı

1.6.1. BIM Hakkında Genel Bilgi

1.6.1.1. BIM Tanımlamaları

BIM'in kökleri, 1970'lerin sonlarında ve 1980'lerin başlarında ABD ve Avrupa'da yapılan parametrik modelleme araştırmasına kadar izlenebilmektedir. Buna rağmen Mimarlık-Mühendislik-İnşaat (AEC) endüstrisi, BIM'i 2000'lerin ortalarından itibaren projelerde uygulamaya başlamıştır [10].

BIM kavramı için literatürdeki bazı tanımlamalar şu şekildedir:

BIM, tesisin yaşam döngüsü boyunca tüm paydaşlar için yararlı olan işbirliği, görselleştirme ve inşa edilebilirlik değerlendirmelerini destekleyen diğer inşaat yönetim araçlarına (yani planlama, tahmin) bağlı sanal akıllı modeller geliştirmek için kullanılan bir araç, süreç ve / veya ürün olarak tanımlanmaktadır [5].

BIM, bir tesisin planlanmasını, tasarlanmasını, inşasını ve işletimini simüle etmek için bilgisayar tarafından oluşturulmuş n boyutlu (nD) modellerin geliştirilmesini ve kullanılmasını temsil eder. BIM, mimarlara, mühendislere ve inşaatçılara simüle edilmiş ortamda neyin inşa edileceğini görselleştirmelerinde ve potansiyel tasarım, inşaat veya işletme konularını tanımlamada yardımcı olur. BIM, AEC içinde tüm paydaşların rollerinin bir projeye entegrasyonunu teşvik eden yeni bir paradigmayı temsil eder [8].

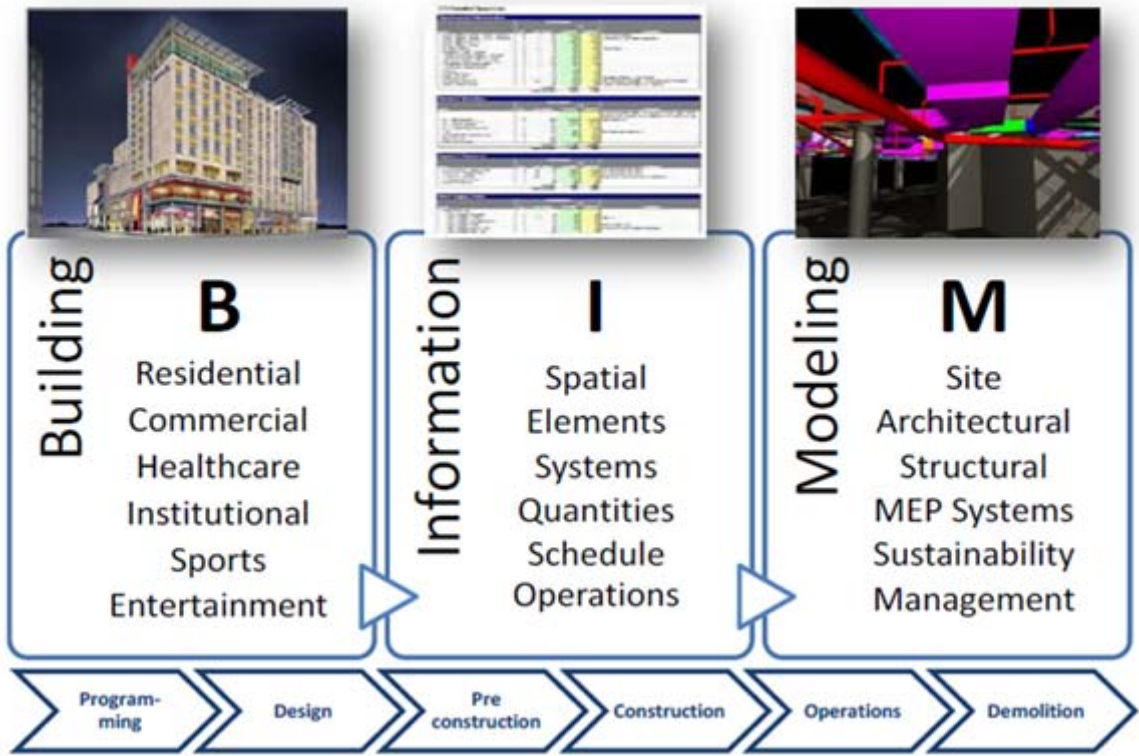
n boyutlu (nD) Modelleme veya Sanal Prototipleme Teknolojisi olarak da bilinen Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Mimarlık-Mühendislik-İnşaat (AEC) endüstrisini hızla yeniden şekillendiren devrim niteliğindeki bir gelişmedir. BIM hem bir teknoloji hem de bir süreçtir. BIM'in teknoloji bileşeni, proje paydaşlarının olası bir tasarım, inşaat veya operasyonel konuları tanımlamak için simüle edilmiş bir ortamda neyin inşa edileceğini görselleştirmelerine yardımcı olur. Süreç bileşeni yakın işbirliğini mümkün kılar ve tüm paydaşların rollerinin bir projeye entegrasyonunu teşvik eder [10].

Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling-BIM), “binanın yaşam döngüsü boyunca temel bina tasarımını ve proje verilerini dijital formatta yönetmek için bir metodoloji” üreten etkileşimli politikalar, süreçler ve teknolojiler kümesidir [11].

BIM, bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital bir temsildir. Bu nedenle, başlangıçtan itibaren yaşam döngüsü boyunca kararlar için güvenilir bir temel oluşturan, bir tesis hakkında bilgi için paylaşılan bir bilgi kaynağı olarak hizmet eder. BIM'in esas önceliği, paydaşların rollerini desteklemek ve yansıtmak için BIM'e bilgi ekleyerek, çıkararak, güncelleyerek veya değiştirerek bir tesisin yaşam döngüsünün farklı aşamalarında farklı paydaşlarla işbirliği yapmaktır [12].

Bu tanımlamalardan anlaşılacak şekilde BIM'i tanımlamak gerekirse;

BIM bütünleşik yapı tasarım yaklaşımının uygulanabilmesi için gerekli olan, proje tasarım aşamasında ve uygulamaya dönük bina yapım ve işletim aşamalarında katılımcılar arasında koordinasyonu ve işbirliğini sağlayan, inşa edilecek yapının 3 boyutlu sanal bir modelini oluşturmayı gerektiren, yapının tasarım, yapım, bakım, işletme ve yıkım aşamalarını bir bütün halinde değerlendiren, geleneksel yapı tasarım sürecine göre daha etkin ve verimli sonuçları olan bir süreçtir (Şekil 4).

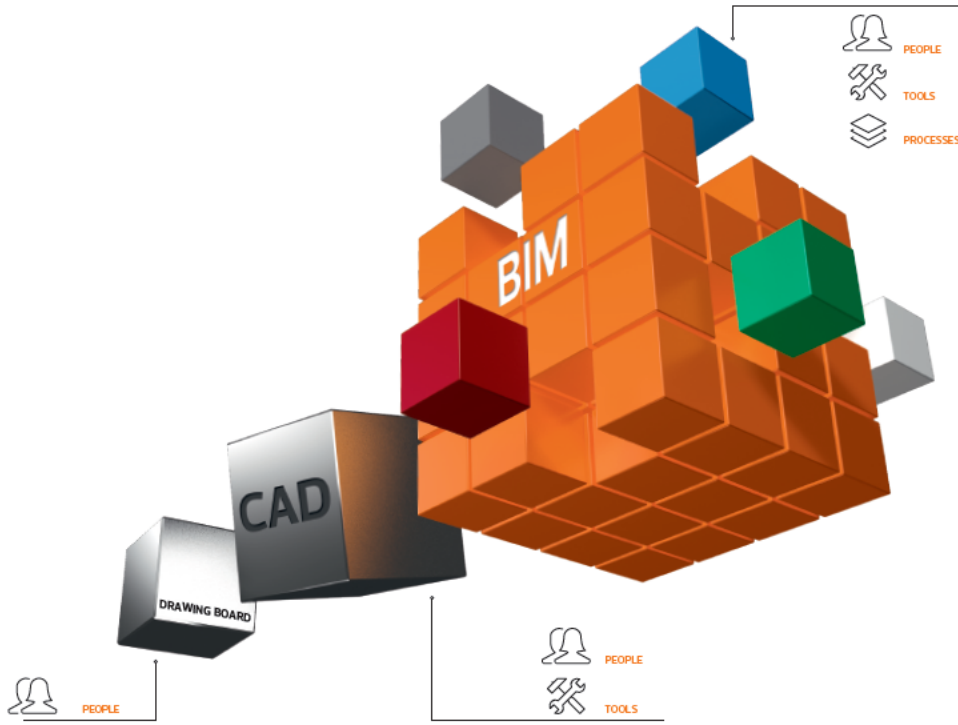


Şekil 4. BIM'in görsel bir temsili [10].

1.6.1.2. Genel Bilgi

Ondokuzuncu yüzyılın ortalarına kadar binaları tasarlamak için kalem, kâğıt ve cetvel gibi basit araçlar benimsenmiştir. Daha sonra, bilgisayarın icadıyla, 2 boyutlu bilgisayar destekli tasarım (CAD) araçları kullanılmış ve günümüzde tasarım için en popüler araçlar olmuşlardır [13]. Tasarım sürecini yöneten ve geliştiren bu araçlar, 2 boyutlu çizim panosu tekniklerinin otomatikleştirilmesine odaklanmıştır [14]. Kâğıt bazlı tasarımdan 2 boyutlu CAD'e geçiş, bazı faaliyetlerin otomasyonu nedeniyle zaman kazandıran bir yenilik olmuştur. Bununla birlikte, metodolojide büyük bir gelişme olmamıştır, çünkü 2 boyutlu çizimler yeni nesnelere yaratmaya izin vermeden, aynı şeyleri (örneğin, daireler, çizgiler, yaylar) farklı araçlarla yapmaktaydılar. Son yıllarda, mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisindeki tasarım araçları, 2 boyutlu CAD çizimlerinden 3 boyutlu modellemeye kadar geliştirilmiştir ve tasarım düşüncesini "saf görselleştirme"den "simülasyon"a değiştirmiştir [13]. Son gelişmeler, web tabanlı işbirliği sistemleri ve 3 boyutlu nesne tabanlı araçlara odaklanmış gelişen teknolojiler olarak görülmüştür [14].

İnşaat sektöründe, proje maliyetlerini ve israfı azaltmak için uygulanabilir yöntemler ve teknolojiler aramaya yönelik araştırmalar yürütülmektedir. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), şu anda bunu başarabilecek ümit vaat eden bir teknoloji/yöntemdir [6]. Günümüzde, BIM, AEC endüstrisinin geleceği için entegrasyon, birlikte çalışabilirlik ve işbirliğinin kolaylaştırıcısı olmayı vaat etmektedir [14]. BIM, inşaat sektöründe büyüyen bir hareket olarak, farklı araç ve süreçleri birleştirerek hızla kabul görmektedir (Şekil 5). Bir binanın yaşam döngüsü boyunca bina tasarımı ve proje verilerini dijital formatta yönetmeyi, paydaşlar arasında bilgi alışverişi ve birlikte çalışabilirliği sağlayan yeni bir yaklaşımdır. BIM, işbirliği ihtiyaçları, iyileştirilmiş çıktılar elde etmek, riskleri, zaman kaybını ve maliyeti en aza indirmek için geliştirilmiştir. Ayrıca, daha iyi görselleştirme ve proje entegrasyonu sağlamanın yanı sıra, çevreye daha az zarar veren binaların geliştirilmesine de yardımcı olur [15].



Şekil 5. – BIM'in gelişimi

BIM yapım endüstrisinde mevcutta kullanılan yapım metoduna alternatif olarak kurgulanmıştır. Bu yöntem veya süreç mevcut yapım işlerinin geleneksel metodundaki verimliliği ve etkinliği artırmaya yönelik özellikler içerir (Şekil 6). Bunların başlıcaları;

- İnşa edilecek yapının 3 boyutlu parametrik bir modelini oluşturarak inşa aşamasından önce yapının imalat ve montajlarında yerleşimden kaynaklanan problemlerin tespit edilmesi
- Tasarlanan yapının enerji etkinliği açısından değerlendirilmesini sağlayan çeşitli analizlerle tasarım alternatifleri oluşturulabilmesi
- Yapım aşamasında iş planının simülasyon şeklinde oluşturulması
- Hatasız, eksiksiz ve yoğun emek gerektirmeden metraj alınabilmesi
- Oluşturulan modelden istenilen kesit ve detay çizimlerinin otomatik olarak oluşturulabilmesi
- Tüm branşlara ait çizimlerin birbirlerine göre durumlarının gözleme imkanı tanınması
- Katılımcı çeşitliliğini artırarak tasarımda sadece mimar-mühendis ekibinin değil konuyla alakalı uzman, kullanıcı, işletme sahibi (müşteri), yüklenici, alt yüklenici ve imalatçı gibi yapının her aşamasındaki kişilerden edinilen bilgilerle yapım ve işletme aşamalarında ihtiyaç olacak olan bilgi deposu oluşturması
- Yapı tamamlandıktan sonraki işletme aşamasının da planlamasının yapılmasına imkan tanınması
- Prefabrikasyona imkan tanınması



Şekil 6. BIM'in özellikleri

1.6.1.3. Nesne Tabanlı Tasarım

BIM, bir binanın, bir nesne kümesi olarak tanımlanmasını içerir. BIM tasarım araçlarının her biri önceden tanımlanmış farklı sabit geometri ve parametrik nesne kütüphaneleri sağlar. Bir tasarım geliştikçe, nesne tanımları mimarlar ve mühendislerin onları enerji, aydınlatma, ses, maliyet ve benzeri gibi beklenen veya hedeflenen performanslarla detaylandırmasıyla daha belirgin hale gelir [16]. BIM, fiziksel ve fonksiyonel özellikleri ve proje yaşam döngüsü bilgileri de dahil olmak üzere, bina ile ilgili tüm bilgileri bir dizi “akıllı nesne” içinde taşır. Örneğin, bir BIM içindeki bir klima ünitesi, tedarikçisine, işletim ve bakım prosedürlerine, akış oranlarına ve boşluk gereksinimlerine ilişkin bilgileri içerir [7].

BIM sadece noktalar, çizgiler, 2D (2 boyutlu) şekiller ve 3D (3 boyutlu) hacimler gibi grafiksel varlıkların koleksiyonları değildir. Aynı zamanda nesnelerin yapı elemanları ve boşluklar, duvarlar, kirişler, döşemeler gibi sistemler olarak tanımlandığı daha büyük bir alanı da kapsar. Bu nedenle BIM’in en önemli kısmı “Bina” değildir, çünkü bu yöntem altyapı gibi diğer alanlara da uygulanabilir. “Model” de en önemlisi değildir, çünkü BIM sadece 3D görselleştirmeyi kullanmaz. Bunun yerine “Bilgi”, BIM sürecinin en önemli noktasıdır, çünkü ilgili tüm taraflar aracılığıyla paylaşılabilir, iletilebilir ve bir kez oluşturularak binanın genel kullanım ömrü boyunca birçok kez tekrar kullanılabilir [13].

1.6.1.4. BIM, IPD ve Yalın İnşaat

AEC endüstrisi oldukça parçalanmış ve bu nedenle entegre çalışma biçimleri her zaman endüstri için belirgin bir ihtiyaç olmuştur. Yakın zamanda ABD’de ortaya çıkan Entegre Proje Teslimi (IPD) yaklaşımı, proje yaşam döngüsü yönetimi ve proje sunumunun geleceğine dair perspektifi yansıtmaktadır. IPD, bilgi ve deneyimin erken katkısını teşvik eder ve önemli katılımcıların projelerin daha önceki aşamalarında katılımını gerektirir.

IPD için gerekli olan işbirliğini verimli bir şekilde gerçekleştirmede BIM esastır. Entegre Proje perspektifinden BIM “Projenin tüm aşamalarında ve bina yaşam döngüsünde semantik açıdan zengin 3D dijital bina modellerinin işbirlikçi kullanımıyla, temel olarak proje akışının ve dağıtımının entegre yolunun sağlanmasına ve kolaylaştırılmasına odaklanan bir binanın yaşam döngüsü boyunca (tasarımdan yıkıma) bilgi yönetimi

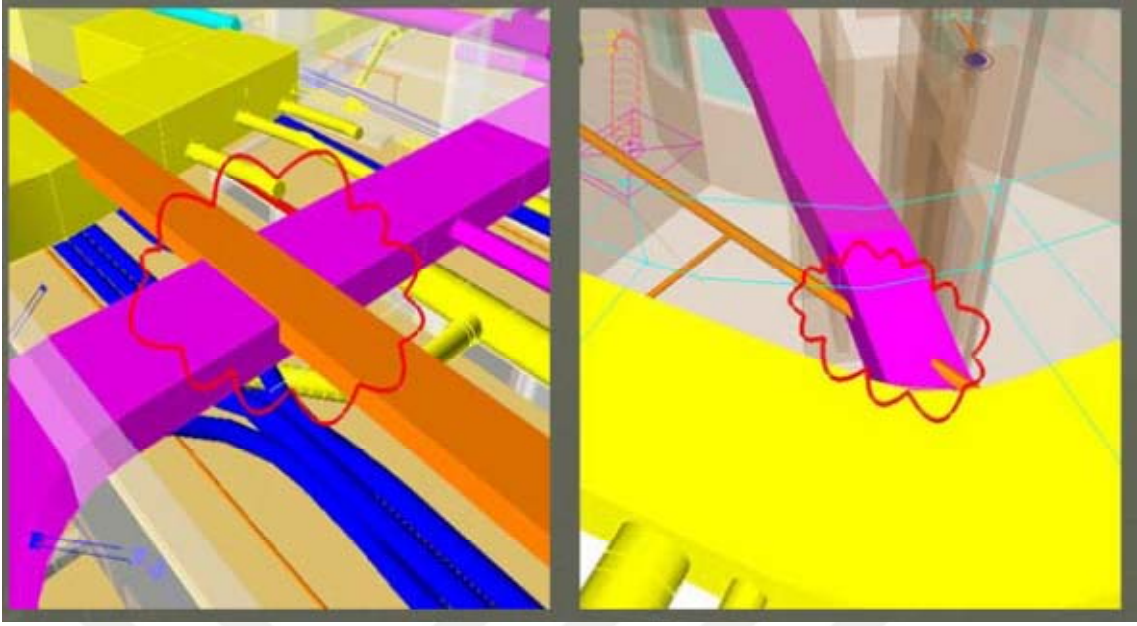
sürecidir” şeklinde tanımlanabilir [14]. IPD sistemlerine dayalı proje tedarik sistemlerinin geliştirilmesi, BIM’in etkili bir şekilde uygulanması ve projeye potansiyel olarak getirebileceği tüm faydalar için çok önemli olarak görülmektedir [17].

Üretim dünyasında, yalın üretim yöntemleri, bireysel seri üretim yöntemlerinin geleneksel seri üretim yöntemlerine özgü atıklar olmadan yüksek düzeyde özelleştirilmiş ürünler taleplerini karşılamak için gelişmiştir. Yalın inşaat, süreç iyileştirme ile ilgilidir, böylece kaynakların tüketimi minimum olurken müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için binalar ve tesisler inşa edilebilir.

Yalın inşaat ve BIM birkaç önemli yönden tamamlayıcıdır. Bina tasarımına uygulandığında, yalın düşünce şunları ifade eder: Çizimleri üretmek gibi müşteriye doğrudan değer sağlamayan gereksiz süreç aşamalarının ortadan kaldırılmasıyla israfın azaltılması; hataları ve yeniden işlemeyi, mümkün olduğunca ortadan kaldırmak için eşzamanlı tasarım ve kısaltılmış döngü süreleri. BIM, tüm bu hedefleri mümkün kılmaktadır [16].

1.6.1.5. Çakışma Tespiti

Çakışma Algılama aracı, projelerin verimli ve ekonomik olmasını sağlamak amacıyla sistemlerin koordinasyonu için yararlı olan BIM’in en kullanışlı uygulamalarından biridir. BIM’de, Yapısal, Mimari ve MEP (Mekanik, Elektrik ve Tesisat) gibi farklı disiplinler için 3D modeller vardır. Tüm bu farklı modellerin kombinasyonu, BIM modelinin tamamını oluştururken bu sistemler arasında çakışma olasılığı olmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Sistemler arasında oluşan çakışma [8].

Çakışma tespit testi, inşaat başlamadan önce 3D Yapı Bilgi Modelinde farklı unsurlar arasındaki çakışmaları tespit eder ve bu nedenle inşaat programında zaman optimizasyonu sağlar, maliyetleri ve sipariş değişimlerini azaltır. AEC endüstrisindeki çakışma algılama uygulamasını kullanarak tasarım ve inşaat projelerinin verimliliği artırılır.

3 ana çakışma türü vardır [9]:

1. Sert Çakışma:

Bu tip çakışmalar iki nesne aynı alanı kapladığında meydana gelir. Duvarların içinden geçen borular, kirişlerden geçen havalandırma kanalları gibi çakışmalar örnek olarak verilebilir.

2. Yumuşak Çakışma/Boşluk Çakışması:

Yumuşak çakışma, daha iyi erişilebilirlik, yalıtım, bakım ve güvenlik için nesnenin boşluklara ihtiyaç duyduğunda meydana gelen çakışmaları tespit eder. Örneğin, bir klima bileşeni, bir kirişin olumsuz yönde etkileyeceği bakım, erişim veya güvenlik için belirli boşluklar gerektirebilir.

3. 4D/İş Akışı Çakışması:

Bu tür bir çakışma yüklenicilerin programlanmasını, ekipmanların ve malzemelerin teslim edilmesini ve genel zaman çizelgesi çatışmalarını içerebilir

1.6.1.6. Gelişim Seviyesi LOD (Level Of Development)

Yapı Bilgi Modeli için çeşitli detay seviyeleri tanımlanmıştır. Aşağıdaki Gelişim Seviyesi (LOD) tanımları, belirli minimum içerik gereksinimlerini ve her model elemanı için ayrıntılı bir bütünlük seviyelerinde ilgili yetkili kullanımları tanımlar [18].

LOD 100: Model elemanı modelde bir sembol veya başka bir genel temsil ile grafiksel olarak gösterilebilir, ancak LOD 200 için gereklilikleri karşılamaz. Model elemanı ile ilgili bilgiler diğer model elemanlarından elde edilebilir.

LOD 200: Model elemanı, model içerisinde, yaklaşık miktar, boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile genel bir sistem, nesne veya düzenek olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi de model elemanına eklenebilir.

LOD 300: Model elemanı, model içerisinde miktar, boyut, şekil, konum ve yönlendirme açısından belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi de model elemanına eklenebilir.

LOD 400: Model elemanı, model içerisinde detaylandırma, fabrikasyon, montaj ve kurulum bilgisi ile birlikte boyut, şekil, konum, miktar ve uyum açısından belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi de model elemanına eklenebilir.

LOD 500: Model elemanı, boyut, şekil, konum, miktar ve yönlendirme açısından saha onaylı olarak temsil edilir. Grafiksel olmayan bilgiler ayrıca model elemanlarına da eklenebilir.

1.6.1.7. BIM Boyutları ve BIM Aşamaları

Bir yapı bilgi modeli, projenin 3 boyutlu modellerinden, proje planlaması ve inşaatı ya da işletmesi ile ilgili gerekli tüm bilgilerin bağlantılarından oluşur. BIM, dördüncü boyutunun (4D) zaman, beşinci boyutunun (5D) maliyet ve projenin bilgi veri tabanı, altıncı boyutunun (6D) tesis yönetimi ve yedinci boyutunun (7D) sürdürülebilirlik ile ilgili olduğu bir 3 boyutlu (3D) modellemedir [9].

BIM olgunluğu teknoloji, süreç ve politika bileşenlerini içerir ve bunlar Şekil 8'de görüldüğü gibi üç aşamaya ayrılmıştır [11]:

- BIM Aşama 1: Nesne tabanlı modelleme
- BIM Aşama 2: Model tabanlı işbirliği
- BIM Aşama 3: Ağ tabanlı entegrasyon



Şekil 8. BIM olgunluk aşamaları [11]

BIM Aşama 1: BIM uygulaması, nesne tabanlı bir 3 boyutlu parametrik yazılım aracının uygulanması ile başlatılır. Aşama 1’de, kullanıcılar üç proje yaşam döngüsü aşaması olan tasarım, inşaat veya işletme içerisinde tek disiplinli modeller üretir. Aşama 1’deki işbirlikçi uygulamalar BIM öncesi durum ile benzerlik gösterir ve farklı disiplinler arasında önemli bir model-temelli değişim yoktur. Proje paydaşları arasındaki veri alışverişi tek yönlüdür ve iletişim asenkron ve ayrıktır.

BIM Aşama 2: Bu aşamada aktif işbirliği söz konusudur. Model tabanlı işbirliğinin iki farklı örneği, modellerin veya kısmi modellerin tescilli formatlar ve tescilli olmayan formatlar arasında değişimi (birlikte çalışabilir değişimi) yapmasıdır. Model tabanlı işbirliği, bir veya iki proje yaşam döngüsü aşaması arasında gerçekleşebilir.

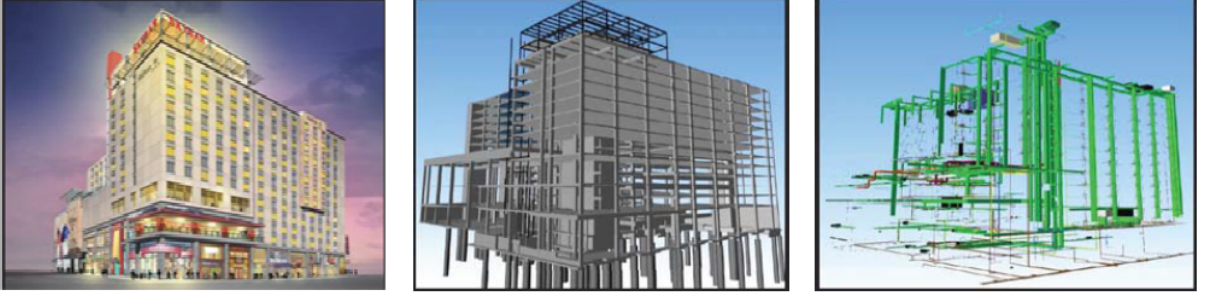
BIM Aşama 3: Bu aşamada, proje yaşam döngüsü aşamalarında anlamsal olarak zengin tümleşik modeller oluşturulur, paylaşılır ve korunur. Bu entegrasyon, model sunucu teknolojileri (tescilli veya tescilli olmayan formatlar kullanarak), tek birleşik / dağıtılmış birleşik veri tabanları ve / veya hizmet olarak yazılım çözümleri ile sağlanabilir.

1.6.1.8. BIM Uygulama Alanları

Bir yapı bilgi modeli aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir [8, 13]:

- Görselleştirme: 3D renderlar kolayca oluşturulabilir.
- İmalat/atölye çizimleri: Çeşitli bina sistemleri için atölye çizimleri üretmek kolaydır, örneğin, model tamamlandıktan sonra sac metal kanal atölye çizimi hızlı bir şekilde üretilebilir.
- Kod incelemeleri: İtfaiye teşkilatları ve diğer yetkililer, bu modelleri projelerin gözden geçirilmesi için kullanabilirler.

- Tesis yönetimi: Tesis yönetimi departmanları, yenileme, alan planlama ve bakım işlemleri için BIM'i kullanabilir.
- Maliyet tahmini: BIM yazılımları dahili maliyet tahmini özelliklerine sahiptir. Malzeme miktarları, modelde herhangi bir değişiklik yapıldığında otomatik olarak değiştirilir.
- Şantiye koordinasyonu: Yükleniciler, 3D veya 4D şantiye koordinasyon modellerini kullanarak şantiye lojistiği planlayabilir, trafik düzenleri geliştirebilir ve şantiyede daha gerçekçi şantiye güvenliği planı hazırlanmasına yardımcı olabilecek potansiyel tehlikeleri belirleyebilir.
- Yapının tasarımı: BIM, tesisin Mimari, Yapısal ve MEP bölümlerini (Şekil 9) tasarlamak için kullanılır.



(a) Mimari

(b) Yapısal

(c) MEP

Şekil 9. Mimari, Yapısal ve MEP modelleri [8].

- Koordinasyon: Farklı disiplinlerin modelleri oluşturulup, olası çatışmaları bulmak için birleştirilebilirler (Şekil 10).



Şekil 10. BIM modellerinin birleşimi [13].

- Kararlar için destek: BIM, işlevsellik, kapsam ve maliyetler gibi çeşitli parametreleri karşılaştırarak farklı alternatifleri incelemek için kullanılabilir.
- Kalite güvencesi: Projenin kontrolü, BIM'in en güçlü kullanımlarından biridir, çünkü inşaat aşamasında değil, tasarım aşamasında sorunların keşfedilmesine ve çözülmesine izin verir. Model kontrol araçları sayesinde, binayı BIM gerekliliklerine uygun olarak belirlenmiş kurallara dayanan kural tabanlı bir doğrulama programı ile doğrulamak da mümkündür.
- Analizler: BIM'de yapısal, MEP, enerji, akustik ve ışıklandırma analizleri gibi çeşitli analizler yapılabilir

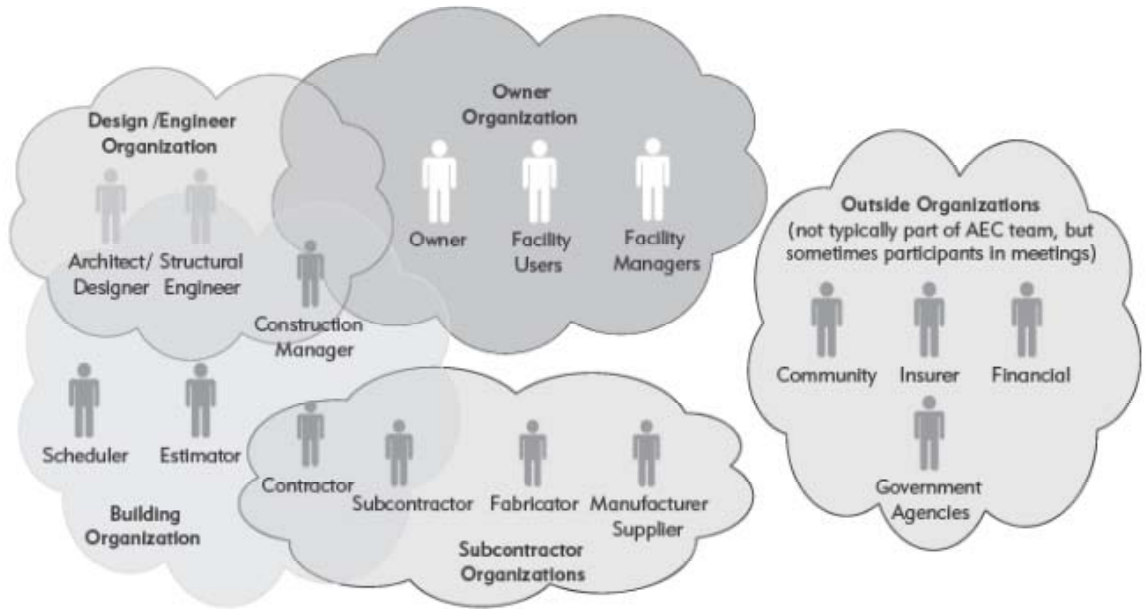
1.6.1.9. BIM Katılımcıları ve İşbirliği

Her yapı belli bir amaca hizmet etmek, belli kullanıcılara hitap etmek ve belli standartları karşılamak amacıyla inşa edilir. Yapının işletme aşamasında kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak yapısal fonksiyonların yerine getirilme oranı yapının kalitesine doğrudan katkıda bulunan bir faktördür. Bu sebeple yapı tasarımları oluşturulurken

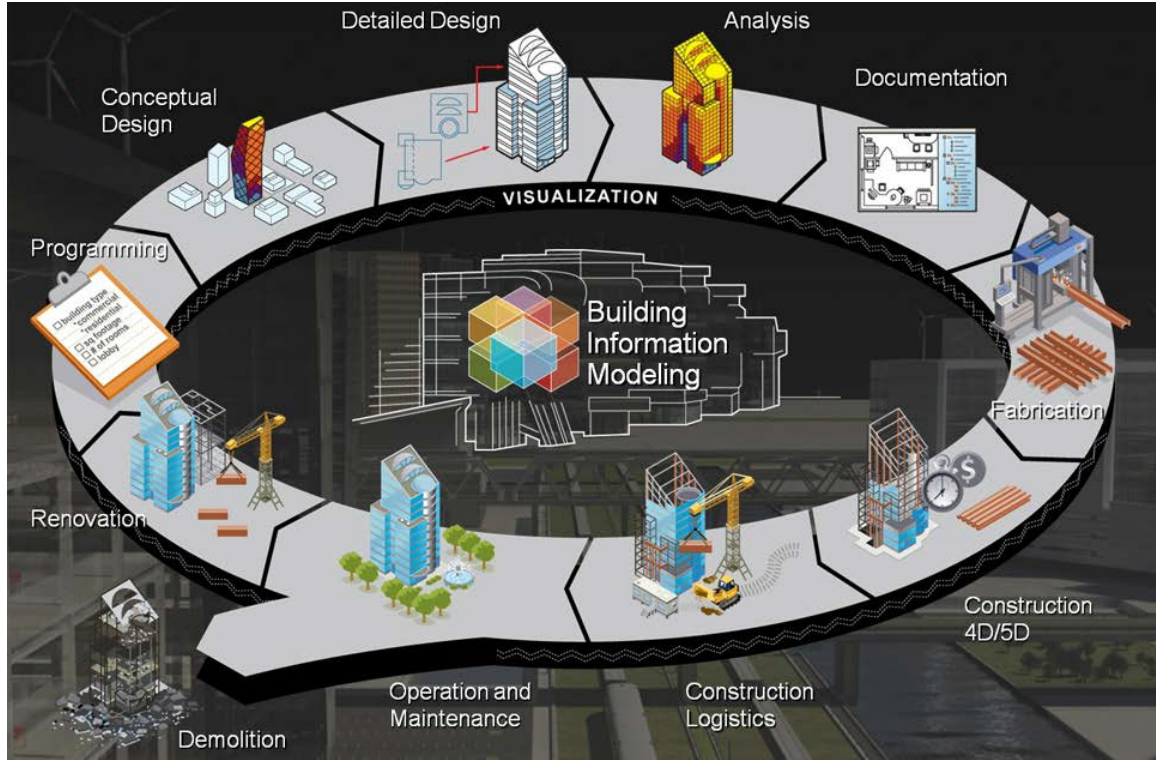
mutlaka kullanıcıların da fikirleri ve yapının özelliğine göre gerekli uzmanlık bilgileri göz önünde bulundurulmalıdır. Öte yandan yapım aşamasında gerekli olan bilgilerin temini için yapının inşasıyla ilgili uzmanlardan da faydalanılması gerekmektedir. BIM süreci yapının tasarım aşamasında yapı işletimiyle ve yapı inşasıyla ilgili kişilerin de bilgilerinden faydalanılmasını gerektirmektedir. Her ne kadar bazı yapılar için mevzuat olarak bazı standartlar getirilmişse de bu standartlar yeterli düzeyde detaylı bilgi içermeyebilmektedir. Örneğin inşa edilecek yapıda, yapının 3 boyutlu modeli sayesinde mekanik tesisat cihazları için 2 boyutlu çizimlerde belirtilmeyen montaj ve bakım için çalışma alanı sağlanması mümkündür. Bu tür çalışma alanları için planlama sanal model sayesinde sağlanabilir.

İş sürecine katılan çok sayıda insan ve belgeyi yönetmek kolay değildir. Şekil 11, bir proje ekibinin tipik üyelerini ve çeşitli örgütsel sınırlarını göstermektedir [16].

BIM'in amacı, iş akışını basitleştirmek için ilgili kişileri entegre etmek ve koordine etmektir (Şekil 12) [13]. Erken entegrasyon ve işbirliği BIM teknolojisinin etkin kullanımının anahtarıdır [16].



Şekil 11. Proje ekip üyeleri ve organizasyonel sınırları [16].



Şekil 12. BIM bütünselik süreci [13].

1.6.1.10. BIM'in Gelecekteki Gelişimi

BIM hareketinin ilerleyişi, BIM'in tamamen CAD sistemlerinin yerini almasının çok uzak olmadığını göstermektedir. BIM standart olarak kullanılmaya devam ederken gelişmeye devam etmektedir. Akıllı telefon ve tablet teknolojilerindeki gelişmeler, kullanıcıların BIM modellerini iletişim ve hızlı karar verme için anında kullanmasına olanak tanıyacaktır. Bulut teknolojisinin kullanımı arttıkça, proje paydaşlarının hemen hemen her yerde BIM modeline hızla erişmesi daha kolay olacaktır (Şekil 13). Artırılmış gerçeklik ve benzeri sanal teknolojilerdeki gelişmeler, proje sahiplerinin ve tesis yöneticilerinin binalarını daha verimli bir şekilde kullanmalarını sağlayacaktır [10].



Şekil 13. BIM'e erişim

BIM gelecekte yapım endüstrisinde “yapım işleri uygulama süreci” olarak yer edinerek tüm yapım işlerinin genel uygulama süreci olma potansiyeline sahiptir. BIM yapım işlerinde çalışan tüm katılımcıların ortak dili olarak yapım işlerine çok boyutlu interaktif bir form kazandıracaktır.

1.6.2. BIM Avantajları

BIM'in temel faydası, bir binanın parçalarının bütünleşik bir veri ortamında doğru geometrik temsili olmasıdır.

Diğer avantajları [19]:

- Daha hızlı ve daha etkili süreçler - bilgi daha kolay paylaşılır, katma değerli olabilir ve yeniden kullanılabilir.
- Daha iyi tasarım - bina önerileri titizlikle analiz edilebilir, simülasyonlar hızlı bir şekilde yapılabilir ve performans karşılaştırması yapılabilir, iyileştirilmiş ve yenilikçi çözümler sunulur.
- Kontrollü yaşam boyu maliyetleri ve çevresel veriler - çevresel performans daha öngörülebilir, yaşam boyu maliyetleri anlaşılır.

- Daha iyi üretim kalitesi - dokümantasyon çıktısı esnektir ve otomasyondan yararlanır.
- Otomatik montaj - dijital ürün verilerinden sonraki süreçlerde ve imalatta yararlanılabilir.
- Daha iyi müşteri hizmeti - teklifler doğru görselleştirme ile anlaşılır.
- Yaşam döngüsü verileri - gereksinimler, tasarım, yapım ve işletme bilgileri tesis yönetiminde kullanılabilir.
- Planlama ve uygulama süreçlerinin entegrasyonu - hükümet, sanayi ve üreticiler ortak bir veri protokolüne sahip olabilir.

BIM, bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca bilgi paylaşımı ve işbirliği ile ilgili problemleri çözmeyi amaçlamaktadır. Aslında BIM'in mevcut uygulamaları, temel olarak bina yaşam döngüsünün yapım öncesi aşamalarında çeşitli süreçlerin otomasyonuna katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, inşaat aşamasındaki süreçlerin izlenmesi ve onaylanmasında da ve büyük bir fırsat sunan inşaat sonrası aşamaların kolaylaştırılması konusunda da kullanılmaktadır [14].

1.6.2.1. Yapım Süreci Aşamalarında BIM Avantajları

1.6.2.1.1. Tasarım Aşamasında BIM Avantajları

Bir Tasarımın Daha Erken ve Daha Doğru Görselleştirmeleri: BIM yazılımı tarafından oluşturulan 3D model, birden fazla 2D görünümünden üretilmek yerine doğrudan tasarlanmıştır. Bu tasarımın, her açıdan boyutsal olarak tutarlı olacağı beklentisi ile sürecin herhangi bir aşamasında görselleştirilmesi için kullanılabilir.

Tasarımda Değişiklikler Yapıldığında Otomatik Düzeltmeler: Tasarımda kullanılan nesnelere uygun hizalamayı sağlayan parametrik kurallarla kontrol edilirse, 3D model geometri, hizalama ve uzamsal koordinasyon hatalarından arınmış olacaktır. Bu, kullanıcının tasarım değişikliklerini yönetme ihtiyacını azaltır.

Çoklu Tasarım Disiplinlerinin Önceden İşbirliği: BIM teknolojisi, birden fazla tasarım disiplini tarafından eşzamanlı çalışmayı kolaylaştırır. Bu, tasarım süresini kısaltır ve tasarım hatalarını ve ihmalleri önemli ölçüde azaltır. Aynı zamanda tasarım problemlerine daha erken bir bakış açısı kazandırır ve bir tasarımın sürekli iyileştirilmesi için fırsatlar sunar.

Tasarım Aşamasında Maliyet Tahminlerinin Çıkarılması: Tasarımın herhangi bir aşamasında, BIM teknolojisi, maliyet tahmini için kullanılabilir doğru miktar ve alan çıkarabilir.

Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirliğin İyileştirilmesi: Bina modelini enerji analiz araçlarına bağlamak, erken tasarım aşamalarında enerji kullanımının değerlendirilmesine olanak sağlar. Analiz/simülasyon araçlarını kullanarak tasarım alternatiflerinin erken değerlendirilmesi binanın genel kalitesini artırır [16].

BIM yöntemi tasarım aşamasından işletme ve hatta yıkım aşamasına kadar tüm bina yaşam döngüsünün tasarım aşamasında kurgulanarak 3 boyutlu sanal bir model üzerinden oluşturulmasına dayanmaktadır. Sahada yapılacak herhangi bir değişiklik proje aşamasına nazaran çok daha maliyetli ve çok daha fazla zaman alıcıdır. Sahada yapılan her revizyon planlanan tasarımdan uzaklaşılması anlamına gelir. Bu da kaliteyi düşürücü bir etkidir. BIM’de tasarımda görevli mimar ve mühendisler oluşturulacak modelde işbirliği içinde ve birbirlerinin projelerinden haberdar olarak kendi projelerini oluştururlar. Böylelikle inşa aşamasında sahada yaşanacak olası çakışmaları daha tasarım aşamasındayken model üzerinde tespit ederek sanal ortamda çözüme kavuştururlar. Böylece yapı sahibine sunulan ve yapı sahibi tarafından kabul gören sanal modelin gerçekte inşa edilecek yapıya daha uyumlu olması sağlanabilmektedir.

1.6.2.1.2. Yapım Aşamasında BIM Avantajları

Fabrikasyon Bileşenlerde Tasarım Modelinin Temel Olarak Kullanımı: Tasarım modeli bir BIM imalat aracına aktarılır ve model bileşenleri 3D olarak tanımlandığından, sayısal kontrol makineleri kullanılarak otomatik imalatları kolaylaştırılabilir.

Tasarım Değişikliklerine Hızlı Tepki: Önerilen bir tasarım değişikliğinin etkisi bina modeline girilebilir ve tasarımdaki diğer nesnelereki değişiklikler otomatik olarak güncellenir.

İnşaat Öncesi Tasarım Hatalarının ve Eksikliklerin Keşfi: Sanal 3D bina modeli, tüm 2D ve 3D çizimlerin kaynağı olduğundan, tutarsız 2D çizimlerden kaynaklanan tasarım hataları ortadan kalkar. Tüm disiplinlerden gelen modeller bir araya getirilip karşılaştırılabildiğinden, çoklu sistem arayüzleri hem sistematik hem de görsel olarak kolayca kontrol edilebilir. Çakışmalar ve inşa edilebilirlik sorunları sahada tespit edilmeden önce tanımlanır.

Tasarım ve Yapım Planlamasının Senkronizasyonu: İnşaat sürecini simüle etmek ve inşaatın ve sahanın herhangi bir zamanda nasıl görüneceğini göstermek mümkündür. Bu grafik simülasyon binanın gün geçtikçe nasıl inşa edileceğine dair önemli bir bakış açısı sağlar ve olası iyileştirmeler için olası sorunların ve fırsatların kaynaklarını ortaya çıkarır.

Tedarik ve Tasarım ile Senkronizasyon: Komple yapı modeli, bir tasarım içinde yer alan tüm malzemelerin ve nesnelerin tümü için kesin miktarlar sağlar [16].

BIM kullanımıyla ilgili yapılan bir örnek çalışma, BIM'in genel yüklenici tarafından tasarım hatalarını çakışma saptamaları yoluyla en aza indirmek için kullanımını göstermektedir. Proje, Atlanta, Georgia, ABD'deki Emory Üniversitesi kampüsünde 35 milyon dolarlık akademik bir binadır. Mimari model, proje mimarı tarafından geliştirilmiştir. Genel yüklenici, proje mühendislerinden 2D yapısal ve MEP sistem çizimlerini almıştır ve bunları 3D BIM modellerine dönüştürmüştür. Tüm BIM modellerini birleştirerek ve inşaat öncesi aşamada çakışma tespitlerini kullanarak, Şekil 14'de gösterildiği gibi 259.000 \$ tasarruf sağlanmıştır [10].



(a) Birleşik BIM modeli

Item	# Of Collisions	Estimated Cost Avoided	Estimated Crew Hours	Coordination Date
Construction (MEP/ Structure Collisions)				
Basement	9	\$2,041	5.5 hrs	December 12, 2007
Level 1	107	\$93,050	188 hrs	April 14, 2008
Level 2	43	\$41,913	87 hrs	February 14, 2008
Level 3	78	\$61,070	132 hrs	May 12, 2008
Level 4	65	\$33,525	77 hrs	February 29, 2008
Level 5	87	\$78,543	164 hrs	April 22, 2008
Penthouse	25	\$25,684	52 hrs	May 12, 2008
Subtotal Construction Labor	414	\$335,826	705.5 hrs	
15% Material Factor		\$50,374		
Subtotal Cost Avoidance		\$386,200		
Deduct 33% assumed resolved via conventional methods		(\$127,447)		
Approximate Cost Avoidance		\$258,753		

* Direct Collision Detection Savings Only. Indirect Savings (i.e. General Conditions, Escalation, Design on Construction Administrative Time Savings Not Included.)

(b) Çakışma tespiti ile maliyet tasarrufu

Şekil 14. Proje yapım aşamasında BIM kullanımı [10]

1.6.2.1.3 İşletme Aşamasında BIM Avantajları

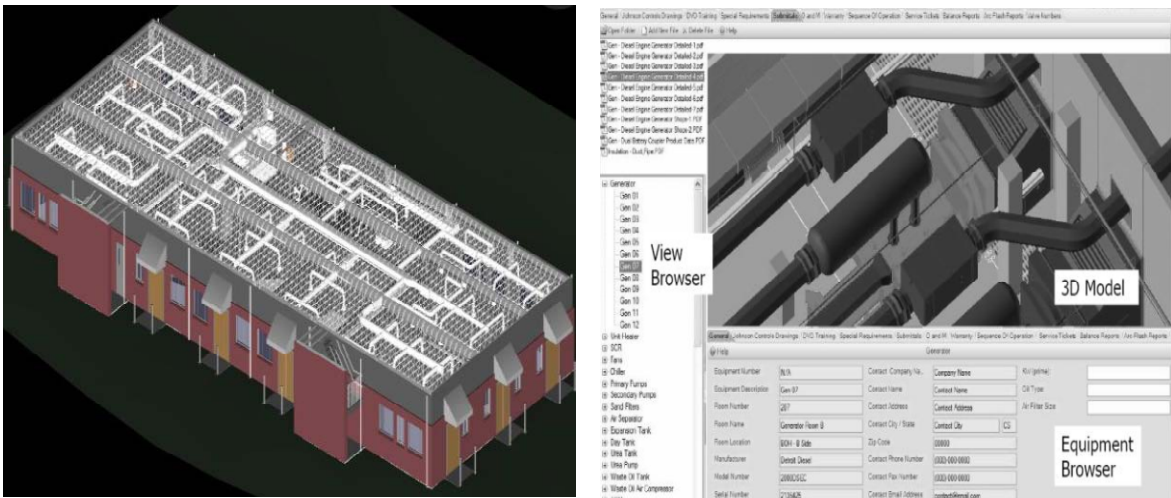
Geliştirilmiş Devreye Alma ve Tesis Bilgisinin Devri: İnşaat süreci boyunca, genel müteahhit ve MEP müteahhitleri, binadaki sistemler için kurulu malzemeler ve bakım bilgileri hakkında bilgi toplar. Bu bilgiler bina modelindeki nesneye bağlanabilir ve bu nedenle tesis yönetim sistemlerinde kullanım amacıyla işletme sahibine devir için kullanılabilir.

Tesislerin Daha İyi Yönetimi ve İşletilmesi: Bina modeli, binada kullanılan tüm sistemler için bir bilgi kaynağı sağlar. Bu bilgiler, bina tamamlandıktan sonra tüm sistemlerin düzgün çalıştığını kontrol etmek için kullanılabilir [16].

Geleneksel yöntemle yapılan yapım işlerinde tasarım aşamasında yapının işletilmesine dair bilgi eksikliği işletme aşamasında yapı kullanımına dair problemler ortaya çıkarmaktadır. Bu problemler ise genellikle fazladan masraflara sebep olan tadilatlarla giderilmeye çalışılmaktadır. Kimi zaman ise tadilatlar da yeterli olmamakta ve yapı mevcut halindeki aksaklıklarıyla birlikte kullanılmak durumunda kalınmaktadır.

Bir yapı bilgi modeli, planlama, tasarım ve inşaat ile geliştikçe bir tesis hakkındaki bütün bilgiyi içerir. Bu bilgiler tesis yöneticileri tarafından sonraki kullanım için avantaj olabilir ve bir tesisin işletme ve bakımını daha verimli hale getirir. Araştırmalar, bir tesisin yaşam döngüsü maliyetinin % 85'inin inşaat tamamlandıktan sonra gerçekleştiğini göstermektedir. BIM'in tesis yönetimi için kullanılması, bu kayıpların önlenmesinde önemli ölçüde yardımcı olabilir.

BIM modelinden elde edilen, bir binanın mahalleri, sistemleri ve bileşenleri hakkında bilgi tesis yönetim operasyonlarına aktarılarak bina sistemleri ve donanımları hakkındaki bilgilere BIM modelindeki bir nesneye tıklanarak kolayca erişilebilir. Örneğin, VAV kutusu gibi bir ekipman için elde edilen bilgiler; konum, ad, model numarası, ürün tipi, işletme ve bakım kılavuzları, devreye alma bilgileri ve performans verileridir. Bu, bir bakım çalışmasının, binadaki farklı sistemler için hayati önem taşıyan bilgilere, Şekil 15'de gösterildiği gibi ulaşmasını çok kolaylaştırır [10].



(a) HVAC modeli

(b) HVAC ekipmanı verileri

Şekil 15. Tesis işletmesinde BIM kullanımı [10].

1.6.3. BIM Riskleri ve Zorlukları

BIM verilerinin mülkiyeti ve telif hakkı ve diğer yasalar aracılığıyla nasıl korunacağı konusu BIM için önemli bir risktir. Proje sahibi ve mimar-mühendis ekibi dışındaki ekip üyeleri, BIM'e entegre edilen verilere katkıda bulunurken, lisans sorunları ortaya çıkabilir. Ele alınması gereken diğer bir konu da, kimin veriyi modele girmeyi kontrol edeceği ve içindeki herhangi bir yanlışlıktan sorumlu olacağıdır. Maliyet ve iş programının boyutları 3D model üzerinde yerleştirildiğinden, çeşitli programlar arasında uygun teknolojik arayüz için sorumluluk bir sorun haline gelir [7].

BIM uygulanırken işbirliği ve ekip olma ile ilgili zorluklar oluşmaktadır. Model bilgisinin proje ekibinin üyeleri tarafından yeterli şekilde paylaşılmasını sağlamak için kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi gereklidir.

BIM teknolojisini uygularken karşılaşılan en önemli değişiklik, tüm çalışma süreçlerinin ve işbirliğinin temeli olarak, tasarım aşamaları sırasında ortak bir bina modeli ve inşaat ve imalat sırasında koordineli bir bina modeli kümesi kullanmaktır. Bu dönüşüm, teknoloji ve iş süreçlerindeki tüm önemli değişikliklerde olduğu gibi zaman ve eğitim gerektirmektedir.

2D veya 3D CAD ortamını bir bina modeli sistemiyle değiştirmek, yazılım edinmek, eğitim almak ve donanım yükseltmekten çok daha fazlasını gerektirir. BIM'in etkin kullanımı, bir firmanın işinin hemen hemen her alanında değişiklik yapılmasını gerektirir. Dönüşüm başlamadan önce BIM teknolojisi ve ilgili süreçler hakkında bir anlayış ve uygulama için bir plan gerektirir [16].

1.6.4. BIM Modelleri için Kullanılan Yazılımlar

Kavramsal olarak, bina bilgisi modelleme araçları, nesne tabanlı parametrik modelleme sistemleridir. Parametrik tasarımda, belirli bir duvar veya kapı gibi bir yapı elemanının bir örneğini tasarlamak yerine, tasarımcı nesne örnekleri oluşturulabilecek parametreleri kontrol etmek için bir dizi ilişki ve kuralı tanımlayan bir nesne sınıfını veya ailesini tanımlar. Model bir ailenin şekli içeriğine göre değişecektir. Nesnelere; mesafeler, açılar, bağlı olma, paralel olma ve mesafeli olma gibi kurallar içeren ilişkiler kullanılarak tanımlanabilir. Bu ilişkiler, bir nesne sınıfının her bir örneğinin kendi parametre ayarlarına ve ilgili nesnelere bağlı koşullarına göre değişiklik göstermesini sağlar.

Alternatif olarak, kurallar, tasarım elemanının kuralları yerine getirmesini sağlamak ve kurallara uyulamaması durumunda kullanıcıyı uyarmak için ayrıntıları kontrol ederken ve güncellerken tasarımcının değişiklik yapmasına izin vererek, bir duvarın minimum kalınlığı veya beton inşaat demiri kaplaması gibi tasarımın yerine getirmesi gereken şartlar olarak tanımlanabilir [16].

BIM yönteminin kullanılabilmesi adına çeşitli yazılımlar oluşturulmuştur. Bunlardan başlıcaları: Revit, ArchiCAD, Tekla Structures, Allplan, Vectorworks'tür.

Revit, BIM için gereken tasarımı, çizimleri ve programları destekleyen bir tasarım ve dokümantasyon platformudur [20].

ArchiCAD, tasarım aracı geliştirmeleri ve gelişmiş tasarım iş akışı süreçleri sunar. Bunlar, multidisipliner işbirliğine dayalı iş akışlarının yanı sıra, temel tasarım süreçlerinde de önemli performans iyileştirmeleri ve verimlilik artışlarını temsil eder [21].

Tekla Structures'da, yapı bilgileri ile dolu çok malzemeli 3D modeller oluşturulabilir, birleştirilebilir, yönetilebilir ve paylaşılabilir [22].

Allplan'ın kapsamlı çözüm portföyü, bir projenin yaşam döngüsündeki tüm aşamalar için güçlü araçlar sunar [23].

Vectorworks yazılımının tasarım odaklı BIM yetenekleri, yaratıcı süreçleri değiştirmeden veya işin kapsamını aşmadan, eşzamanlı olarak çizim ve zamanlamalar oluştururken ve inşaat ayrıntılarını rafine ederken aynı zamanda fikirleri kavramsallaştırmaya ve projeyi düzenlemeye ve analiz etmeye olanak sağlar [24].

1.6.5. Geleneksel Yöntemle BIM Yöntemi Arasındaki Farklar

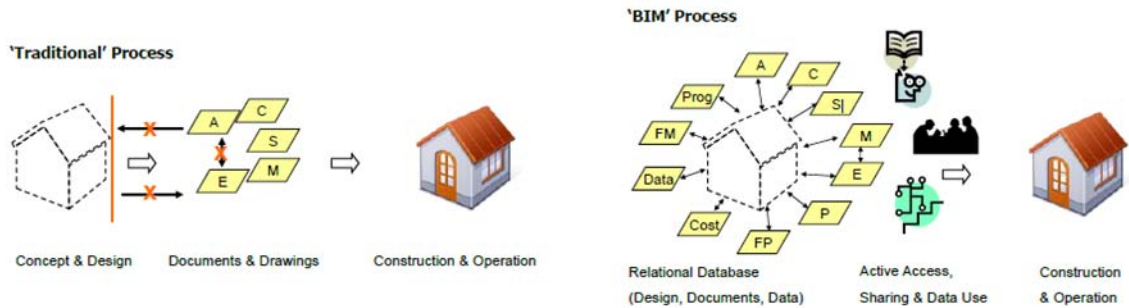
Geleneksel yöntem tasarım aşamasında mimari proje taslak olarak oluşturulur ve yapımı talep eden idare veya işletme sahibine sunulur. Kabul edilen taslak mimari olarak 2 boyutlu olarak projelendirilir ve diğer disiplinlere (inşaat, mekanik, elektrik) aktarılır. Diğer disiplinler her biri ayrı ayrı olmak üzere binada talep edilen fonksiyonlara göre 2 boyutlu projelerini çizerler. Bu aşamada inşaat mühendisi ve mimar arasında işbirliği söz konusu olmaktadır. Daha sonra tüm disiplinlere ait projelerden metrajlar yapılır ve işin yaklaşık maliyeti oluşturulur.

Geleneksel yöntemde hazırlanacak tesisat projeleri kapsamına göre çeşitli alt dalları içerebilir ve bu alt dallar farklı mühendisler tarafından çizilebilir. Örneğin bir projeye ait farklı alt dallarda mekanik tesisat projeleri farklı mühendisler tarafından herhangi bir

koordinasyon olmaksızın çizilebilmektedir. Bu da tüm tasarım için tutarsızlıkları kaçınılmaz kılmaktadır. Projeler birbirinden bağımsız yapıldığı için inşa aşamasında çeşitli sistemler arasında sistemlere ait imalatların aynı bölgeye denk gelmesinden kaynaklanan çakışmalar meydana gelir. Bu da sahada kurulan imatların yeniden sökülmesine, bazı imatların yeniden revize edilmesine ve bazen kimi imatlardan vazgeçilmesine sebep olmaktadır. Bu da projelerin tasarlandıkları gibi yapılmayıp, talep edilen ihtiyaçlara yeterince cevap verememesine sebep olacaktır. Bu yüzden inşaat tesliminden sonra yapım aşamasında çözülmediği için doğacak ihtiyaçları karşılamak için yapılan tadilat masrafları da artacaktır.

Geleneksel yapım yönteminde yapım aşaması, mimar ve mühendisler tarafından hazırlanan yapıya ait projelerin yapıyı inşa edecek yükleniciye aktarılması ve yapının projesine uygun inşa edilip, yapının sahibine teslim edilmesine dayanmaktadır. Bu süreç içinde tasarım, yapım ve işletme aşamalarında çalışanlar birbiriyle yeterince bilgi işbirliği içinde değildir. Tasarımla görevli ekipler, yapımda görevli ekipler ve işletmede görevli ekipler de kendi içlerinde yeterince işbirliği yapmamaktadırlar. Yani paydaşlar arasındaki işbirliğine dayalı uygulamalara öncelik verilmemektedir ve iş akışı doğrusal ve asenkronudur [11].

BIM, tüm ekip üyelerini (işletme sahipleri, mimarlar, mühendisler, yükleniciler, taşeronlar ve tedarikçiler) geleneksel süreçlerden daha doğru ve verimli bir şekilde işbirliği yapmasına olanak tanıyan, tek bir sanal model içinde bir tesisin tüm yönlerini, disiplinlerini ve sistemlerini kapsayan sanal bir süreç olarak görülebilir. Şekil 16 “geleneksel” ve “BIM” süreci arasındaki farkı göstermektedir [10].



Şekil 16. Geleneksel ve BIM süreci karşılaştırması [10].

BIM'in temeli, sanal prototipleme, analiz ve projenin sanal inşası için yetenekleri olan, bir veya daha fazla koordineli ve bilgi bakımından zengin bina modelidir (Şekil 17). Bu araçlar, günümüzün CAD yeteneklerini geniş ölçüde artırır [16]. BIM öncesi durumda bazı 3D görselleştirmeler üretilse bile miktarlar, maliyet tahminleri ve teknik özellikler genellikle ne görselleştirme modelinden türetilir ne de dokümantasyonla ilişkilendirilir [11].



Şekil 17. BIM modeli

BIM ve 2D CAD arasındaki temel fark, 2D CAD'in bir binayı planlar, bölümler ve kotlar gibi bağımsız 2D görünümlemlerle (çizimler) tanımlamasıdır. Bu görünümlemlerden birinin düzenlenmesi, diğer tüm görünümlemlerin kontrol edilmesini ve güncellenmesini gerektirir. Bu, günümüzde zayıf dokümantasyonun ana nedenlerinden biri olan hataya açık bir işlemdir. Ek olarak, bu 2D çizimlerdeki veriler, nesnelere yapı elemanları ve boşluklar, duvarlar, kirişler ve kolonlar gibi sistemler açısından tanımlandığı BIM modellerinin akıllı bağlamsal semantiğinin aksine, sadece çizgiler, yaylar ve daireler gibi grafiksel varlıklardır [19].

BIM ve CAD arasındaki önemli farklardan biri, bilgi nesnelere oluşturulmasının "akıllı" davranışlar gösterecek şekilde programlanabilmesidir. Bu, termal ve havalandırma analizlerinden dinamik yapısal analizlere kadar çeşitli türde analiz yazılımı için verilerin ön işleme tabi tutulması, doğrudan BIM verilerinden veya BIM platformunun kendisinde gerçekleştirilebileceği anlamına gelir [16].

Bir binanın erken tasarım ve ön yapım aşamaları, sürdürülebilirlik özellikleri hakkında karar vermek için en kritik aşamalardır. Geleneksel Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) planlama ortamları tipik olarak tasarım geliştirme sürecinin ilk aşamalarında sürdürülebilirlik analizlerini gerçekleştirme yeteneğinden yoksundur. Bina performans analizleri tipik olarak mimari tasarım ve yapım belgeleri üretildikten sonra gerçekleştirilir. Sürdürülebilirliği tasarım süreci boyunca sürekli olarak analiz etmedeki başarısızlık, bir dizi performans kriteri elde etmek için tasarımda verimsiz bir modifikasyon sürecine yol açmaktadır. Erken tasarım ve yapım aşamalarındaki bina performansını gerçekçi bir şekilde değerlendirmek için, bir binanın formuna, malzemelerine, içeriğine ve sistemlerine ilişkin kapsamlı bir veri setine erişim gereklidir. BIM, çok disiplinli bilginin bir modele eklenmesine izin verdiğinden, tasarım süreci boyunca sürdürülebilirlik önlemlerinin alınması için bir fırsat yaratır [10].

BIM yönteminde 3 boyutlu model üzerinden farklı alternatif uygulanabilir projeler oluşturarak daha geniş ölçekte maliyet, tasarım ve etkinlik karşılaştırması daha az zaman kaybına yol açacak şekilde kullanılabilir. BIM ile birden çok senaryo tüm parametreleriyle tasarlanarak sunumu yapılabilir. BIM, çeşitli analizler (enerji, maliyet vb.) yardımıyla tasarım değerlendirmelerine olanak sağlar. Bu değerlendirmeler mimar-mühendisler, işletme sahibi veya kullanıcıların seçimlerinde yardımcı olabilir.

Geleneksel yöntem çatışma tespitinde, AEC uzmanları 2D çizimlerdeki hataları belirlemek için yoğun çaba göstermektedirler. Ancak inşaat başlamadan önce çatışmaların tespiti konusunda çok çalıştıktan sonra bile, yapım aşaması sırasında mimarlar ve mühendisler büyük oranda tasarım problemleri bulabilmektedirler [9]. Elle veya bilgisayar destekli çizim metodlarına göre BIM'in temel avantajlarından biri, doğru proje çizimleri ve inşaat belgelerini zamanında ve hızlı bir şekilde sunarak, inşaat sürecinde olası çatışmaları önleme kabiliyetidir. Ayrıca BIM, kullanıcılara proje ekipleri arasında koordinasyon eksikliğinden kaynaklanan hataları veya çakışmaları önleyen, proje bilgilerini aktarma konusunda tutarlı bir yöntem sunar [15].

Yapım işlerinde en büyük çatışmalar müteahhit tasarım çizimlerini aldığı anda ve herkes sahadayken ve çalışırken ortaya çıkar. Tasarımlar arasında çakışmaları bulmak için 2D tasarımlar birbirleriyle karşılaştırılır. Yapı mühendisleri, MEP mühendisleri vb. tasarımlarını ayrı ayrı geliştirdikleri için, bu tasarımları farklı çizimler üzerinde karşılaştırmak çatışmaları kolayca gözden kaçırmanın bir sürecidir. Yükleniciler, yapısal elemanların, sıhhi tesisatların, elektrik hatlarının, bağlantı parçalarının ve diğer bileşenlerin

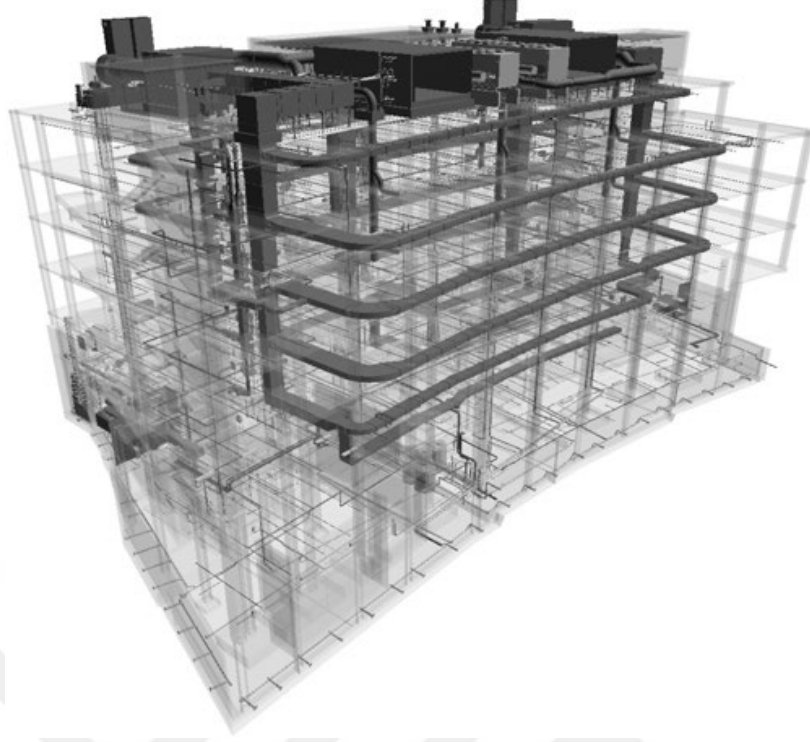
detaylandırılmasının iyi yapıldığını görmeye ihtiyaç duyar. Bu çakışmalarda bazı hatalar meydana gelirse sonuç sipariş değişiklikleridir ve bunlar proje gecikmesine, tasarım değişikliklerine, malzeme maliyetlerine ve bütçe aşımına neden olan etkilere sahiptir. BIM ve Çakışma Tespiti uygulamasının kullanılması, olası sorunların tasarım aşamasında erkenden tespit edilmesini ve inşaatın başlamasından önce daha etkin bir şekilde çözülmesini sağlar [9]. BIM ile oluşturulan 3 boyutlu modelde binayı oluşturan nesnelerin birbirlerine göre konumları bellidir. Bundan dolayı yapımda görevli alt yükleniciler kendilerine ait projelerde gösterilen şekilde kurulumlarını gerçekleştirdiklerinde herhangi bir çakışma oluşmayacaktır. Ayrıca modelde yapım sıralaması da sanal iş planı sayesinde belli olduğu için hangi imalatın ne zaman yapılacağı ve kurulumunun yaklaşık olarak ne kadar sürede yapılacağı bellidir.

1.6.6. MEP Mühendisliği Açısından BIM

MEP mühendisliği açısından BIM'in en kullanışlı yönleri, işbirlikçi çalışma düzeni ve çakışma tespiti ile sistemlerin kurulumunda koordinasyon sağlanması ve prefabrikasyon imalata olanak tanınmasıdır. 3 boyutlu model üzerinden yapılan analiz özelliği de tasarım için gereken enerji, akustik, aydınlatma gibi hesapların yapılmasında avantaj sağlamaktadır. Ayrıca BIM ile proje tasarım aşamasında çizim ve hesaplamalara ayrılan süre kısalırken tasarıma daha fazla yoğunlaşma şansı oluşmaktadır.

Farklı inşaat türleri ve bina sistemleri, detaylandırma ve yerleşim için farklı uzmanlık türlerini içerir. Mekanik, Elektrik ve Tesisat (MEP) sistemleri, genellikle sınırlanmış alanlarda boyutlandırma ve yerleşim gerektirir. HVAC sistemleri için kanallar ve makineler; sıvı ve gaz temini ve atılması için boru tesisatı; ve elektrik ve haberleşme sistemleri için yönlendirme tavaları ve kontrol kutuları sistemlerinin bir binada işgal ettikleri yer benzerdir.

Bu sistemlerin BIM tarafından desteklenmesi için ilk ve en genel gereksinim, onların konumlarının, yönlerinin ve mahalde yönlendirmelerinin dikkatli bir şekilde koordine edilmesi gerektiğidir. Yönlendirme, izlemesi kolay veya renk kodlu görselleştirme ve sistemler arasındaki çatışmaları tanımlama işlevlerini gerektirir. Bir binanın MEP sistemlerinin nasıl modellenebileceği, kontrol edilebileceği ve imalat, üretim ve kurulum için nasıl hazırlanabileceğinin bir örneği Şekil 18'de gösterilmektedir [16].



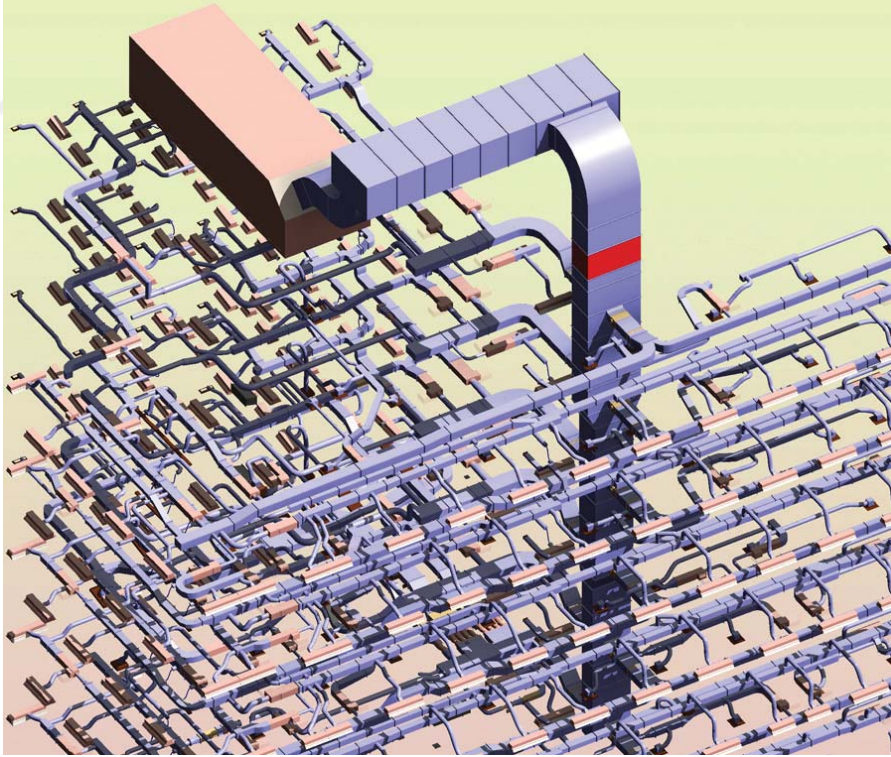
Şekil 18. Bina MEP sistemlerinin model görünümü [16].

Geleneksel yapım işlerinde ana MEP kurulumu, proje tamamlanma tarihine yaklaştığında gerçekleşir. Tasarım mühendisleri açısından bakıldığında, kurulum için bu geç başlangıç, mimarların ve müşterilerin inşaat devam ederken binada küçük değişiklikler yapma eğiliminden kaynaklanmaktadır. Binadaki farklı alanların işlevindeki bu değişiklikler MEP kurulumları üzerinde önemli etkilere sahip olabilir. Bu değişiklikleri karşılamak için, MEP tasarımcıları HVAC sistemlerinde % 20-25 tasarım güvenliği faktörü düşünmeye eğilimlidirler. Bununla birlikte, orijinal tasarımın değişmeden kaldığı durumlarda, HVAC sistemi aşırı büyüklükte olup zayıf enerji verimliliğine yol açmaktadır [3]. BIM'de oluşturulan model ile tasarım değişiklikleri azalacağından tasarım aşamasında seçilen mekanik cihazların kapasite değerleri daha doğru belirlenebilecektir.

Yapım aşamasında MEP kurulumları için sahada çok fazla alt yüklenici olmasından kaynaklanan koordinasyon problemleri ortaya çıkmaktadır. Alt yükleniciler sahada yapacakları işe ait projelere göre kurulumlarını gerçekleştirmektedirler. Sahada alt yükleniciler arasında yeterince koordinasyon sağlanmazsa bir mahalde kurulan bir sistem, kurulumu yapılacak başka sistemlere yer bırakmayabilmektedir. Örneğin, bir mahalın merkezi havalandırma sistemine ait havalandırma kanalları asma tavan üzerindeki boşlukta fazla yer işgal etmektedir. Bu sisteme ait projeyi tasarlayan mühendis diğer sistemleri göz

önünde bulundurarak kanal yerleşim planını ve kanal çaplandırmasını yapmadığından diğer sistemler için yeterli boşluk kalmayabilmektedir. Bunun sonucunda kurulan havalandırma sistemi sökülerek yeniden projelendirilip tekrar kurulumu yapılmak zorunda kalınabilir. Böylece sahada yeniden işleme ve dolayısıyla zaman ve para kayıpları söz konusu olmaktadır.

BIM’de yapılan çakışma kontrolü, mühendislik tasarımının optimize edilmesine, inşaat aşamasında hataların azaltılmasına ve kayıp olasılığını ve tekrarlanan çalışmayı azaltmaya yardımcı olabilir [6]. BIM kullanılarak oluşturulmuş modeller birbiriyle uyumlu olduklarından MEP modelleri kurulumunda sahada yaşanacak belirsizlikler büyük oranda ortadan kalkacaktır. Kurulumu yapılacak sistemler uygulama projesi olabilecek nitelikte çatışmasız olarak modellendiği için sahada yaşanacak çakışma problemleri için çözüm olabilecektir (Şekil 19). İnşaat devam ederken alınacak değişim kararları da MEP modellerinde yapılacak revizyonlarla değişimlerden sonra tekrar çatışmasız projeler elde edilmesini sağlayacaktır.

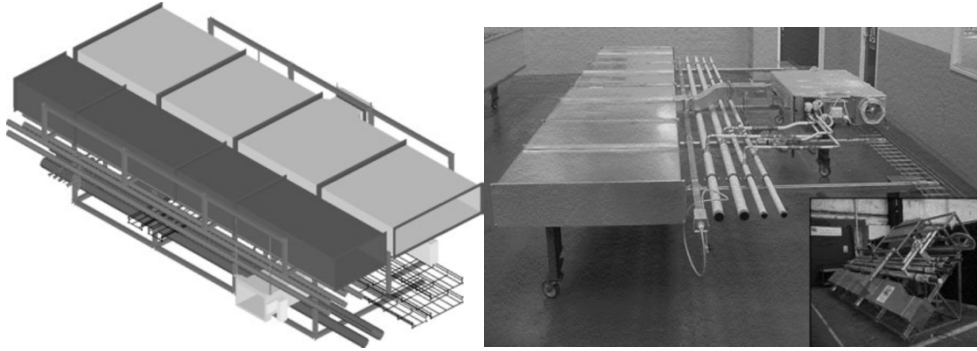


Şekil 19. Çakışmasız havalandırma tesisatı modeli

Çoğu boru ve kanal yazılımında fiziksel çakışmanın algılanması mevcut olsa da, birçok durumda yumuşak çakışmanın algılanması da gereklidir. Yumuşak çakışma tespiti,

sıcak su borusu ve elektrik kabloları arasındaki minimum mesafe gibi farklı sistemler arasında minimum boş alan bırakılması gereken belirli gereksinimleri ifade eder. Benzer şekilde, bir teçhizatın inceleme veya onarım için sökülmesi gerekebilir. Böylece ona erişimin yolu ve onun kaldırılması için engelleme olmamalıdır. Yazılımlar, kullanıcıların çakışma kontrolleri yapılırken farklı sistem çiftleri arasında doğrulanabilir konumsal kısıtlamaları tanımlayan kurallar oluşturmalarına olanak sağlamalıdır.

Birkaç istisna dışında, 2D CAD yeni üretim yöntemlerine yol açmamış ve tesis dışında prefabrik lojistiğine yardımcı olmak için çok az şey yapmıştır. BIM, bina sistemleri ve disiplinler arasında yakın eşgüdümü desteklediğinden, çoklu sistemlerin parçalarını içeren bina modüllerinin entegre prefabrikasyonu mümkündür. Örneğin, İngiltere'deki bir MEP yüklenicisi olan Crown House Technologies, büyük çaplı boru ve sıhhi tesisat armatürlerinin saplama çerçevelerine önceden monte edildiği ve yerine oturtulduğu hastane projeleri için gelişmiş bir sistem geliştirmiştir. İngiltere'deki Staffordshire Hastanesi inşaatı örneğinde Şekil 20'de görüldüğü gibi, HVAC, sıhhi tesisat, yağmurlama, elektrik ve haberleşme sistemlerinin bileşenlerinin, bir koridorun tavanında basit kurulum için bir modülde nasıl birleştirilebileceğini göstermektedir. Bütünleşmenin fiziksel ve lojistik yönlerini bu dereceye kadar koordine etmek, BIM tarafından sağlanan bilgilerin zenginliğini ve güvenilirliğini göstermektedir [16].



(a) 3 boyutlu model görünümü

(b) Fabrika prototipi

Şekil 20. Çeşitli tesisat sistemlerinin birleştirilmiş modülü [16].

1.7. Ameliyathane Tasarımı

1.7.1. Temiz Oda Tanımları ve Temiz Oda Sınıfları

1.7.1.1. Temiz Oda Tanımları

Temiz oda ve hijyenik ortam tanım olarak, partikül ve mikroorganizma sayısının kontrol edildiği, partikül ve mikroorganizmanın üretiminin ve girişinin minimize edildiği, ayrıca sıcaklık, nem, basınç ve benzeri parametrelerin de kontrol edildiği, kapalı bir ortamdır. Pratik olarak, hijyenik ortamlarda partikül ve mikroorganizma oluşumunun veya transferinin önüne geçilemez. Ancak, filtre edilerek ortama düşük partikül konsantrasyonuna sahip havanın verilmesi ve ortamdaki kirli havanın ortamdaki uzaklaştırılması yolu ile ortamdaki partikül ve mikroorganizma sayısı istenilen düzeyde tutulabilir [25].

Steril alan, partikül açısından ve mikrop bulaşma açısından belirli bir şekilde kontrol altında tutulan, içerisinde bulaşıcıların oluşmasını, birikmesini ve dışarıdan alana girişlerini azaltacak şekilde inşa edilen ve kullanılan alanlardır [26].

1.7.1.2. Temiz Oda Sınıflandırması

Ameliyat odaları çeşitli standartlarda hijyen ihtiyaçlarına göre gruplandırılmışlardır. ASHRAE ve AIA yönergelerine göre ameliyat odaları üçe ayrılmaktadır. Lokal anestezi altında yapılan ikincil ameliyatlara için kullanılmakta olan ameliyat odaları A Sınıfı'na girmektedir. Ağızdan ya da enjeksiyon ile sakinleştirilmiş hastaların birincil ya da ikincil dereceli ameliyatlarının yapıldığı odalar ise B Sınıfı'na girmektedir. C Sınıfı ameliyat odaları ise yaşam destek ünitelerinin kullanıldığı, genel anestezi altında yapılan ameliyatlara için kullanılmaktadır. En yüksek hijyen gereksinimi bu tip odalardadır [27].

DIN standardına göre ise yüksek ve çok yüksek hijyen isteyen odalar Sınıf 1, normal seviyede hijyen ihtiyacı olan odalar ise Sınıf 2 olarak ayrılmaktadır [27]. Yüksek hijyenik şartlar gerektiren operasyonlar Sınıf 1a odalarda yapılmaktadır. Bu odalarda laminar akımlı tavan kullanımı zorunludur. Sınıf 1b odaların hijyen gereksinimleri, Sınıf 1a odalara göre daha azdır [26].

ISO 14644 ve US 209E standartlarında temiz odalar genel sınıflandırılır. Çok yüksek risk altındaki temiz odalar temizlik sınıfı açısından ISO 5 veya klas 100 sınıfına girerler. Yüksek risk altındaki temiz odalar temizlik sınıfı açısından ISO 7 veya klas 10 000 sınıfına girerler. Ortalama risk altındaki temiz odalar temizlik sınıfları açısından ISO 8 veya klas 100 000 sınıfında değerlendirilirler [28].

1.7.1.3. Hastane Steril Alanları

Hastanelerde çeşitli amaçlar için kullanılmak üzere tasarlanmış hijyenik ortamlar mevcuttur. Bunlar ameliyathaneler, doğumhaneler, yoğun bakım üniteleri, karantina odaları, koruyucu ortam odaları, otopsi odaları, laboratuvarlardır [27].

1.7.1.3.1. Ameliyathaneler

Ameliyathaneler her türlü cerrahi operasyonun yapılabilmesi için tasarlanmış, ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği) ve AIA (American Institute of Architects – Amerikan Mimarlar Enstitüsü) tarafından çeşitli alt bölümlerden oluşması önerilen önemli hijyenik alanlardandır. Bu bölümler, ameliyat odaları, hasta hazırlama odaları, anestezi cihaz odaları, uyanma odaları, sterilizasyon odaları, temiz eşya odaları, kirli malzeme odaları, koridor ve hollerdir [27].

1.7.2. Temiz Oda Tasarımı

Temiz Oda olarak isimlendirilen hijyenik mahaller, mahale dış ortamdan gelen havanın partikül taşımaması ve mahalde oluşacak partiküllerinde mahalden uzaklaştırılması esasına dayanır. Ameliyathanelerde bu duruma ek olarak operasyon sırasında kullanılan gaz atıkları ve kötü kokular da personelin iş konsantrasyonu açısından mahalden uzaklaştırılmalıdır. Ameliyathane havalandırma sistemleri tasarlanırken bu durumlar dikkate alınarak operasyon odası tasarımı gerçekleştirilmektedir.

1.7.2.1. Mevzuat ve Standartlar

Hastanelerdeki temiz oda uygulamalarının temel nedeni hastane enfeksiyonlarının etkisinin azaltılması isteğidir. Hastane enfeksiyonu olarak bilinen mikroorganizmalar, hastaneye yatıştan sonra veya hastaneden taburcu olduktan sonra gelişen enfeksiyonlardır [25]. Hastanelerde enfeksiyon açısından en riskli bölgeler: Ameliyathaneler, onkoloji, yoğun bakım ve sterilizasyon üniteleridir [28].

Yüksek hijyen gerektiren mahallerde hava yolu ile bulaşan enfeksiyon oldukça önem taşımaktadır. Hava yoluyla bulaşan enfeksiyonlar tesisat mühendislerini yakından ilgilendirmekte, bu nedenle hastanelerin hijyenik alanları için hijyenik klima ve havalandırma kavramı geliştirilmiştir. Hijyenik mahallerin klima ve havalandırması ile ilgili çeşitli ülkeler kendi standartlarını oluşturmuştur [26].

Ameliyathaneler de diğer mahallerde olduğu gibi çeşitli mekânsal gereksinimleri olan yerlerdir. Fakat bu gereksinimler diğer çoğu mekana göre daha hassas tasarım parametreleri içeren standartlara dayanmaktadır. Hijyenik klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken parametreler konfor uygulamalarına oranla daha fazladır. Bu parametreler birçok standart ve kılavuzda tanımlanmıştır. Neredeyse her ülkeye ait standart ya da kılavuz bulunabilmekle birlikte, ancak uluslararası çapta bu standartların birkaçı (DIN 1946/4, ASHRAE ve AIA kılavuzları) ağırlıklı olarak kullanılmaktadır [27].

Ülkemizde, hastaneler ve steril ortamlar konusunda çevirisi yapılarak yayınlanmış bulunan TS ISO 14644-1/2/4/5/7 Standardı ile 2002 Tarihinde yayınlanarak günümüze kadar çeşitli değişiklikleri kapsayan Sağlık Bakanlığı Özel Hastaneler Yönetmeliği ve Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu bulunmaktadır. Ülkemizde hastane tesisatı mekanik proje tasarımında en çok DIN 1946-4 Standardı kullanılmakta ve kabul görmektedir [28]. Bu standarda uygun olarak yapılmış bir ameliyathanede 30 kat daha fazla hijyen elde etmek mümkündür [25].

1.7.2.2. Tasarım Parametreleri

Temiz odada ne gibi bir işlem yürütüleceği ve bu yürütülecek işlem için ortamda bulunabilecek maksimum tanecik konsantrasyonu ve çapı tasarımda dikkate alınması gereken parametrelerin başında gelir. Diğer önemli parametreler ise oda basıncı ve odadaki hava hızı, sıcaklık, nem, ses şiddeti, titreşim ve statik elektriktir [25].

Hastanelerde diğer yapı türlerinden farklı olarak asgari hijyen şartlarının üstünde bazı bölümlerin temizlik sınıflarına ayrıldığı ve bu bölümlerde kademeli olarak tam steril, yarı steril, kirli, az kirli bölümlerin olduğu ve bölümler arası geçiş ve bağlantılarda insan, eşya ve hava geçişinin belli kurallara göre belirlendiğinin ve önlem alınması gerektiği bilinmektedir [28].

İyi bir temiz oda tasarımı, binanın mimari projelendirilmesi ile başlar. Bu aşamada temiz odaların konumları belirlenirken çevre mahallerin de işlevleri iyi analiz edilmelidir. İnşaat aşamasında odanın yapı malzemesine kadar dikkat edilmesi gereken çok önemli hususlar vardır. Daha sonraki aşama ise binanın ve odanın mekanik havalandırma tesisatı ve çalışanların eğitilmesi konusudur. Sistemin işletme şartları, servis ve bakım faaliyetleri, ortamda kullanılan cihazlar ve özellikleri dikkat edilmesi gereken diğer parametrelerdir. Steril alanlar planlanırken özellikle iklimlendirme sistemi, yer kaplaması, duvar ve tavan panelleri, aydınlatma ve otomatik kontrol sistemi bir bütün olarak kabul edilmelidir. Odanın temizlik sınıfı belirlenirken bu işlemler tamamıyla birbirine bağlantılıdır. İyi bir temiz oda tasarımının amacı, kurulum ve işletme maliyetlerini makul bir düzeyde korurken bu faktörleri kontrol etmektir [25].

Temiz oda ile ilgili iklimlendirme tesisatının gerek tasarım gerek uygulama ve test çalışmalarının standardı ne kadar yüksek olursa olsun temiz odadaki yapım işleri temiz oda standartlarına uygun olarak yapılmadığı takdirde, temiz oda temizlik sınıfını elde etmek çok zordur [29].

1.7.2.3. Hijyenik Havalandırma

Ameliyat sırasında enfeksiyon yaratan kirlilik ameliyat bölgesine temas yoluyla ve hava yoluyla olmak üzere iki şekilde taşınabilir. Bu taşınma sonucunda da ameliyat bölgesi enfeksiyonu görülebilir. Bu enfeksiyon ise ameliyatın başarısız olmasına, hastanın tekrar tedavi görmesine hatta ameliyatın türüne bağlı olarak, hastanın hayatını kaybetmesine sebep olabilir.

Hastane ortamlarında, özellikle de ameliyat odalarında temiz hava kullanılmasının temel nedeni aseptik bir ortam yaratıp, yaratılmış bu aseptik ortamı korumaktır. Aseptik ortam, uygun debilerde temiz hava sağlayıp, yine uygun debilerde ve uygun noktalardan havanın çekilmesiyle sağlanır [27]. Havanın temizliğinin yanı sıra yatırım ve özellikle işletme giderlerinin de planlanma safhasında göz önünde bulundurulması gereklidir.

Modern ameliyathaneler bu nedenle personel, hasta, ekipman ve ameliyat yönteminin kendine özgü özelliklerine uygun olarak tasarlanmalıdır [30].

1.7.2.4. Hijyenik Havalandırma Tasarım Esasları

1.7.2.4.1. Hava Debisi

Ameliyathanelerde narkoz, anestetik gazlar, çeşitli kimyasallar, ilaç ve solüsyonlar, ter vb. maddelerin kokuları operasyon ekibi üzerinde rahatsız edici etki yaratır. Özellikle uzun süreli operasyonlarda ameliyathane havasının kalitesi düştüğünden operasyon ekibi rahatsız olmaktadır. Bu nedenle atık gaz ve kötü koku konsantrasyonunu azaltmak için ameliyathanelere mutlaka partikül ve mikroorganizmalardan arındırılmış taze hava verilmesi gerekir. Hava debisi belirlenirken, steril koşulların gözetilmesi kadar iç yükleri karşılayarak konfor şartlarını sağlayacak miktarı göz önüne alınır [28].

1.7.2.4.2. Hava Değişim Sayıları

Tam dış havalı sistemlerde ortama verilen havanın tamamı taze hava olurken birçok standart ve kılavuz enerji tasarrufu için karışım havalı sistemleri de önermektedir. Hijyenik ortamdan istenen basınç ilişkisini koruyacak debilerde hava egzoz edilmelidir. Ayrıca egzoz menfezlerinin yerlerinin seçiminde özen gösterilmelidir. Egzoz yapılırken ortam içerisindeki hava akışının ve ortam havasındaki parçacıkların egzoz menfezlerine yönlendirilmesi sağlanmalıdır [27].

1.7.2.4.3. Hava Hızı

Hava hızı, hava dağılımının düzgün ya da karışık olacağı konusunda belirleyici bir faktördür [27]. Laminer hava akımında, havanın dağıtmadan bir süpürge gibi alıp götürdüğü tanecikler, türbülanslı akışta etrafa dağılırlar. Çok düşük hızlarda taneciklerin çökerek oda içinde yerleşip büyümeleri söz konusu olacağı gibi, yüksek hızlarda da taneciklerin çarpışarak birbirlerine yapışmaları ve büyümeleri söz konusudur [28].

1.7.2.4.4. Sıcaklık ve Nem

Ameliyat odasının sıcaklığı cerrahi ekibin konfor hissi üzerinde büyük önem teşkil etmektedir. Personelin konforu kadar ameliyatın türü de sıcaklığın belirlenmesinde önem taşımaktadır. Örneğin genelde kalp ameliyatları 15-16°C'de başlamakta ve ameliyat sırasında odanın sıcaklığı 26°C'ye kadar yükseltilmektedir. Organ nakilleri için ise ameliyat odası sıcaklığı genelde 15-16°C olarak belirlenmektedir. Pediatrik ameliyatlarda ameliyat odası sıcaklığının 30°C civarında olması istenmektedir [27]. Oda sıcaklığı üfleme havasından kontrol edilmelidir. İyi bir hava dağıtıcısı ile sıcaklık bakımından odada homojen bir dağılımın sağlanması gerekir [25].

Ameliyat odasının bağıl nem oranı da personelin konfor hissi üzerinde büyük paya sahiptir. Ayrıca bağıl nem oranı ameliyat bölgesindeki yaranın kurumasında ve kanın pıhtılaşmasında büyük bir etkidir [27]. Sıcaklık ve nem değerlerinin belirlenmesinde operasyon cinsi ve kullanıcı isteği dikkate alınmalıdır [26].

1.7.2.4.5. Basınç

Basınçlandırma, kirli bölgeyi temiz bölgeden ayırarak iç ortamın hava kalitesini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır [25]. Hava akışını sürekli olarak temiz ortamdan daha kirli ortama doğru tutmak için ameliyat odaları pozitif basınç altında tutulmalıdır. Ameliyat odaları komşu mahallere hava akışını sağlayacak şekilde basınçlandırılmalıdır. Bu basınç ilişkisinin korunabilmesi için havalandırma sisteminin sürekli çalışır durumda tutulması gerekmektedir [27].

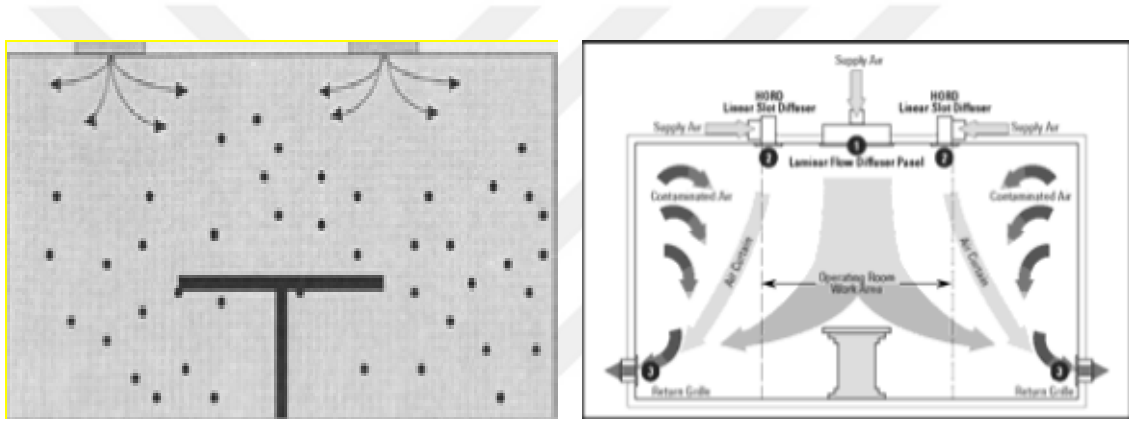
1.7.2.4.6. Kanal Sistemi

Hava, cihaz içerisindeki en son filtreleme aşamasından sonra temiz odaya kanallar sayesinde taşınır. Binanın yapısına bağlı olarak kanal boyutları ve geometrisi değişebilir. Bazı projelerde hava cihazdan çok kanalla temas halindedir ve mahale gelen hava en son kanalla temas ettiği için buradaki süreç büyük bir öneme sahiptir. Partikül birikimine sebep olma olasılığı olan fleksibül kanallar, sadece cihaz bağlantı ağzlarında tercih edilmeli ve boyları 2 metreyi geçmemelidir [25].

Temiz ve steril alanlar için kurulan iklimlendirme sistemlerinde hava nakli nedeniyle oluşan enerji giderlerinin en düşük seviyeye indirilmesi, basınç kayıplarının azaltılması ile sağlanır [30].

1.7.2.4.7. Hava Dağıtım Şekli

Sınıf 1a operasyon odalarında besleme havası düşey yönde ve doğrusal olarak verilmelidir. Bunun için laminar akım ünitesinin kullanılması zorunludur. Sınıf 1b operasyon odalarında besleme havası iç mahal havası ile en kısa sürede karışacak şekilde verilmelidir. Bu amaçla swirl difüzör kullanılması tavsiye edilir [26].



(a) Karışık hava akış düzeni

(b) Düzgün hava akış düzeni

Şekil 21. Operasyon odaları hava dağıtım şekli [27].

Şekil 21’de görüldüğü gibi operasyon odalarında havanın ameliyat masasından egzoz menfezlerine yönlendirilmesi gerekmektedir. Egzoz menfezleri yerleşimi için ise öneriler, en az iki adet menfezin düşük seviyeden emiş yapması yönündedir. Ameliyat odalarında kullanılan kimyasal ve anestezi gazlarının yoğunlukları sebebiyle en yüksek konsantrasyonlarının yer hizasında olduğu göz önünde bulundurulursa bu gazların ortamdaki uzaklaştırılabilmesi için düşük seviyeli menfez yerleşiminin şart olduğu görülmektedir [27].

1.7.2.4.8. Filtreler

Genellikle 1 ve 2. filtre kademeleri cihaz içinde, 3. kademe filtre oda içindeki son hava üfleme ünitesinden (menfezden) hemen önce yerleştirilir [28]. Sınıf 1a ve 1b operasyon odalarında, üç kademeli bir hava filtrasyonu şarttır [26].

1.7.2.4.9. Parçacık ve Mikro-organizma Sayısı

Genelde havadaki parçacıklar mikro-organizma taşıyıcı birer araçlardır. Dolayısıyla havadaki parçacık sayısı ile ameliyat bölgesi enfeksiyon riski doğru orantılıdır. Bu riski azaltmak için havanın filtrelenmesi gereklidir. Filtreleme işlemi için 0.3µm'den büyük parçacıklar için en az %99.97 verimliliğe sahip HEPA filtrelerin kullanılması gerekir [27].

1.7.3. Ameliyathanede Kullanılan Sistemler (Mimari, Mekanik, Elektrik)

Ameliyathanelerde çeşitli uzmanlık alanlarına ait belirli standartları oluşturmak amacıyla projeler oluşturulur. Bunlar mimari olarak ihtiyaca ve fonksiyona göre tasarlanmış mahalleri, ameliyathane için gerekli mekanik şartları sağlayacak sistemleri ve ameliyathane için gerekli elektriksel fonksiyonları sağlayacak sistemleri içerir.

1.7.3.1. Mimari Mahaller

Mimari olarak bir ameliyathanede bulunması gereken mahaller ameliyathane fonksiyon şemasına uygun olarak tasarlanır. Herhangi bir mahallin başka hangi mahallerle ilişkilendirileceği, mahallerin metrekare ve yükseklik ölçüleri, mahallerin fonksiyonuna göre yerleşim planları bu kısımda değerlendirilir.

1.7.3.2. Mekanik Sistemler

Ameliyathanede kullanılan mekanik tesisatlar genel olarak; hijyenik iklimlendirme tesisatı, medikal gaz tesisatı, yangın söndürme tesisatı, sıhhi tesisattır. Bu tesisatlar ameliyathanede çeşitli ihtiyaçları karşılamak üzere ilgili standartlara uygun olarak tasarlanır.

Hijyenik iklimlendirme tesisatı ameliyathanede ısı konforu, hava yoluyla mahaldeki partikül temizliğinin yapılmasını, havaya yayılan koku ve gazların mahalden uzaklaştırılmasını, ameliyathane odasının diğer mahallere göre pozitif olarak basınçlandırılmasını ve gerçekleştirilecek operasyon türüne göre gereken sıcaklık ve nem değerlerini sağlamaktadır.

Medikal gaz tesisatı ameliyathanelerde gerçekleştirilen operasyonlar için gerekli tıbbi gazların merkezi gaz santrali odasından ameliyat odasına taşınmasını sağlamaktadır.

Yangın söndürme tesisatı yangın güvenliği için, sıhhi tesisat da ameliyathane departmanına kullanım suyu temini için kullanılmaktadır.

1.7.3.3. Elektrik Sistemleri

Elektrik projesinde ameliyathane departmanında belirlenmiş olan aydınlatma armatürleri, kullanım prizleri, elektronik ve medikal cihazların elektrik beslemeleri vb. işlerin tasarımı yapılmaktadır. Ayrıca ameliyathane departmanının yangın algılama sistemi de bu kapsamda tasarlanır.

1.7.4. Ameliyathanede Tasarım İhtiyaçları ve Eksiklikler

1.7.4.1. Ameliyathane Mimari Tasarımı

Hastane mimarisinde uzmanlaşmış mimar, hijyen konusunda uzman bir doktor, hastane yöneticisi ve mekanik tesisat mühendisi gibi uzmanların işbirliği ile mimari proje hazırlanmalıdır. Ameliyathanenin yeri seçilirken, ısı kayıp ve kazançlarını minimumda tutabilmek için bunlar binanın çekirdek bölümünde ve ara katlarda yer alacak şekilde planlanmalıdır.

Mimari planlamada hastanın ameliyathane odasına girmeden önce bir hasta hazırlama odasına alınacağı, ameliyattan sonra da hasta uyanma odasına geçirileceği rasyonel bir akış yöntemi içinde düşünülmelidir [30].

1.7.4.2. Hijyenik Mahal Tasarım Problemleri ve Çözüm Yolları

Yapılara kullanım amacına göre fonksiyon kazandıran yapının mimari ve mühendislik projeleridir. Bir yapıda ana proje mimari projedir. Mimari proje esas alınarak diğer mühendislik projeleri hazırlanır ve uygulamaya yönelik olarak detaylandırılır.

Yapının kullanım amacına uygun olması, ancak tüm disiplin projelerinin birbirleriyle uyumu ile mümkündür. Ülkemizde uygulaması kabul gören şekliyle; hazırlık aşamasında koordineli çalışmalar ihmal edildiği için, projelerin yapım aşamasında şantiyede tamamlanması yönteminin sonucunda, tesisat, cihaz ve donanımlarının yerleşim ve geçiş yerlerinde karşılaşılabilecek zorluklar veya binanın işletme sürecinde ortaya çıkabilecek muhtemel olumsuzlukları önlemek mümkün olamamaktadır.

Yapım aşamasında mimari yerleşimin sıklıkla değiştirilmesi mantığı ile hareket edildiğinde bazı konuları yapım sürecinde veya sonrasında düzeltmek mümkün olamamaktadır. Örneğin, ofis kullanım amaçlı ticari fonksiyonlu bir binada yapım sürecinde mekanların mimari yerleşim ve boyutları hizmet ve ticari kaygılara göre arzu edildiği şekilde değiştirilebilir. Ancak; söz konusu yapı hastane olduğunda, mekanların birbirleriyle fiziki bağlantıları, birbirlerine göre hijyen ve steril koşulları, temizlik sınıfları, kişi ve malzeme sirkülasyonları ile fiziki boyutlarını değiştirmenin ileride telafisi mümkün olmayan sonuçlara yol açabileceğinin dikkate alınması gerekir [28].

Hastanelerde steril alanların planlanması ve iklimlendirilmesi diğer mekanlardan ayrı olarak ele alınması gereken hassas bir konudur. Yatırımı ve maliyeti optimize edilmiş bir hijyenik mekan oluşturma hedefini gözardı etmeden, binanın daha ön projelendirme aşamasında, bütüncül bir planlamaya önem verilerek tüm meslek gruplarının yapının fikir aşamasından itibaren teşkil edilip, ana fonksiyon ve hizmet detaylarına ilişkin proje tasarım esaslarının belirlenmesi gerekmektedir [28, 31]. Fikir aşamasından başlayarak yatırımcının, konusunda uzman ve deneyimli mimar, mekanik, inşaat, elektrik-elektronik mühendisleri ile kurulması düşünülen sistemlerle ilgili mühendis ve uzmanlar başta olmak üzere hijyenistler ile uzman sağlık personelinden kurulu çalışma grubunu oluşturması gereklidir [28].

Ameliyathaneler çok sayıda ve titizlik içeren sistemlerden oluşmaktadır. Bu sistemlerin her biri ameliyathaneler için belirlenmiş standartlara uymak zorundadır. Ameliyathaneler tasarlanırken ameliyathane mahallerinin sağlamaları gereken standartlar fazla tolerans değerleri tanımayan standartlardır. Ayrıca bu standartların sağlanması çok

fazla önem arz etmektedir. Bunun için inşa edilecek ameliyathane departmanına ait sistemlerin projelerinde tasarlandığı gibi yapılması gerekmektedir. Geleneksel tasarım yönteminde projeler birbirinden bağımsız ve 2 boyutlu çiziliyor olması yapımın tasarımına uygun olarak inşa edilememesine neden olmaktadır. 2 boyutlu çizilen bir projenin 3 boyutlu inşası projenin yapıma tam olarak yansıtılmamasına neden olmaktadır. Birbirinden bağımsız olarak çizilen birçok sisteme ait projelerde de birbirleriyle çakışma göstermekte ve bu çakışmalar sahada çözülürken proje tasarımından uzaklaşılmasına sebep olmaktadır. Yapıda yaşanan her çakışma ve bu çakışmaların giderilmesi için yapılan her revizyon, projenin amacına uygunluğundan ve ameliyathane standartlarından uzaklaşılmasına sebep olmaktadır.



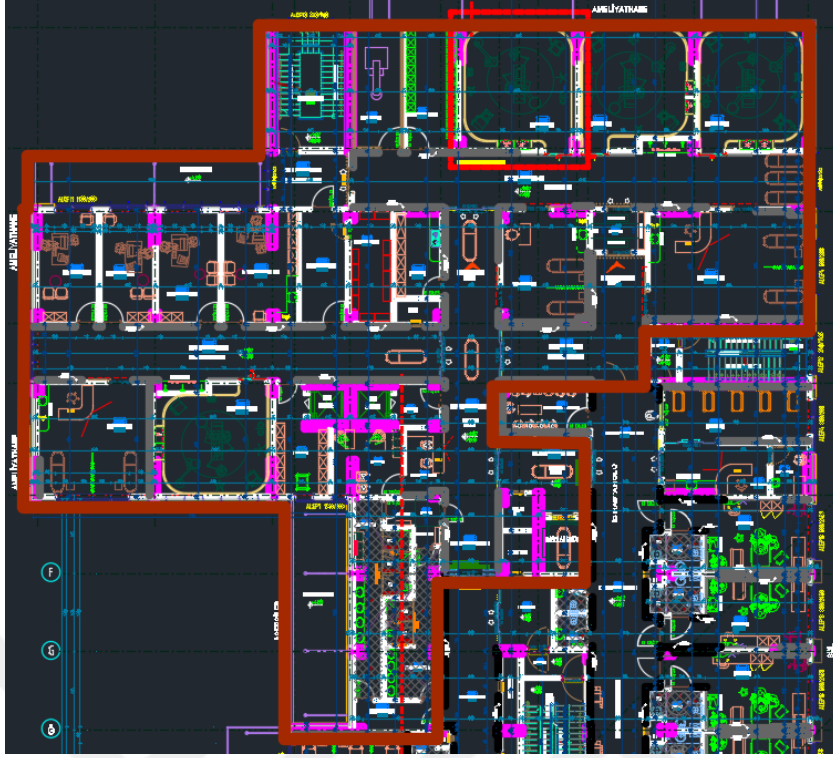
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Seçilen Ameliyathane

Bu çalışmada BIM yönteminin 3 boyutlu model oluşturma ve çakışma tespiti özellikleri kullanılarak mekanik sistem yerleşiminin uygun şekilde yapılması amacıyla yeni Of Devlet Hastanesi ameliyathane departmanı örnek proje olarak kullanılmıştır (Şekil 22). Geleneksel yöntemle iki boyutlu olarak projelendirilmiş hastanenin bu çalışma yapılırken yapım aşaması devam etmektedir. Ameliyathane departmanı toplamda 4 operasyon odası ve yardımcı birimleri içerecek şekilde projelendirilmiştir (Şekil 23). Ameliyathane departmanına ait mimari, havalandırma, yangın, medikal gaz, sıhhi tesisat ve elektrik kablo tavası projeleri çalışma yapılmak üzere kullanılmıştır.



Şekil 22. Yeni Of Devlet Hastanesi render görüntüsü



Şekil 23. Yeni Of Devlet Hastanesi ameliyathane planı

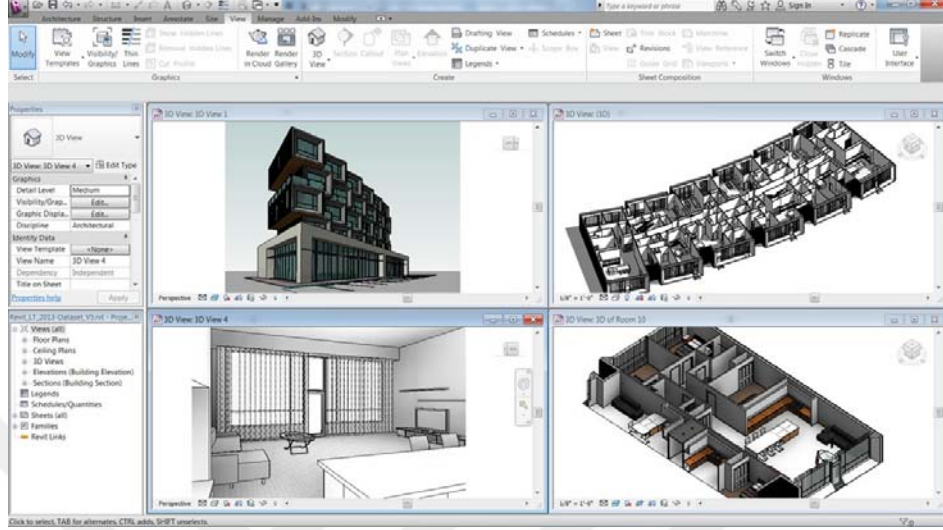
Ameliyathane yardımcı mahallerinin asma tavan yüksekliği kat zemininden 330 cm, operasyon odaları asma tavan yüksekliği kat zemininden 350 cm' dir. Ameliyathane departmanının bulunduğu katın zemin döşemeden tavan döşemeye yüksekliği 435 cm' dir. Böylece tesisat sistemleri için asma tavan üzerinde bırakılan boşluğun düşey mesafesi 105 cm olmuştur. Bu boşlukta kirişlerin üst döşemeden düşey mesafesi 55 cm' dir. Bu yüzden tesisatlar için kalan net boşluğun düşey mesafesi 50 cm olmuştur.

2.2. Kullanılan Modelleme Programı

Bu çalışmada örnek proje olarak kullanılan Of Devlet Hastanesi ameliyathane departmanı Autodesk firmasına ait Revit programı kullanılarak modellenmiştir. Ayrıca farklı disiplinlere ait projeler arasında çakışma analizi yapmak için Autodesk firmasına ait Navisworks Manage programı kullanılmıştır.

Revit, Autodesk'in parametrik modelleme yapmaya olanak sağlayan içerisinde metraj, analiz ve çeşitli hesaplama araçları barındıran BIM programıdır (Şekil 24). Autodesk tarafından geliştirilen Revit mimarlar, yapı mühendisleri, MEP mühendisleri, tasarımcılar ve yükleniciler için bilgi modelleme yazılımıdır. Kullanıcıların bir bina veya

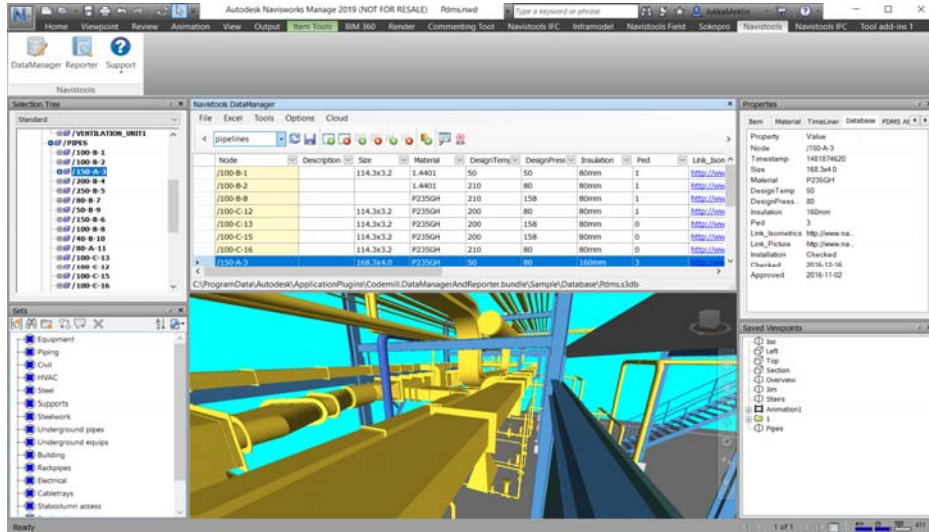
yapıyı ve bileşenlerini 3D olarak tasarlama ve bina modelinin veri tabanından yapı bilgilerine erişimlerine olanak tanır.



Şekil 24. Autodesk Revit arayüzü

Revit, binanın yaşam döngüsünde, konseptten yapıma ve daha sonra yıkıma çeşitli aşamaları planlamak ve takip etmek için gerekli araçlara sahip BIM yazılımıdır.

Navisworks Manage, Autodesk firmasına ait farklı disiplinlerin yapılan 3 boyutlu projelerini birleştirerek inşa edilecek yapı içerisindeki çakışmaları tespit etmeye yarayan programdır (Şekil 25). Ayrıca bu yazılımla, yapıdaki malzeme kullanımının miktarı ve kalitesi kontrol edilebilir [32].



Şekil 25. Autodesk Navisworks Manage arayüzü

Ameliyathaneye ait 2 boyutlu projeler Autodesk Revit programı kullanılarak 3 boyutlu hale getirilmiş ve Autodesk Navisworks Manage programıyla çakışma tespitleri yapılmıştır.

Revit programında mekanik tesisat projesi hazırlanırken Revit içinde bulunan hazır Şablon (Template) dosyalarından uygun olanı seçilir. Böylelikle hazırlanacak model için gerekli ayarlamalar oluşturulur. Şablonlar mimari, yapısal, mekanik, elektrik ve borulama olarak mevcuttur.

Revit mekanik tesisat oluşturulurken gerekli cihaz ve ekipman aileleri (family) programın kütüphanesinden veya internetteki obje aileleri sitelerinden indirilerek kullanılabilir. Aileler çizimlerde kullanılan 3 boyutlu obje temsilleridir. Bu obje aileleri oluşturulurken aile içinde temsil ettikleri objelere ait bilgiler işlenir. Bu bilgiler geometrik ölçüler olabileceği gibi farklı parametrik veriler de olabilmektedir. Bu bilgiler obje ailesinin detay seviyesine göre farklılıklar göstermektedir. Tesisat modellerinde kullanılan cihaz, materyal ve fittingslerin hepsi birer obje ailesidir.

Modellerde kullanılan havalandırma kanalları ve tesisat boruları birer obje ailesi olmayıp bunlar program içinde tanımlı çeşitli kanal ve boru tiplerinden kullanılmaktadır. Tanımlı olmayan kanal ve boru tipleri de tanımlı olan kanal ve boru tiplerinden kopyalanıp özellikleri değiştirilerek elde edilir. Havalandırma kanalları ve tesisat borularının tipleri, çap ve kesit değerleri, akışkan özellikleri ve eğim değerleri Revit içinden ayarlanabilir. Havalandırma kanalları ve tesisat boruları programın yönlendirme tercihleri kısmından kullanılacak fittings tipleri ayarlanabilmektedir. 2D den farklı olarak 3D modelde bu kısımda belirtilen fittings tiplerinden başka fittings oluşturulmaz. Belirtilen fittings tiplerinin geometrik olarak bağlanabilirliği belirli kurallar çerçevesinde olur. Fittings bağlantı seçeneğinden farklı bir şekilde kanala veya boruya bağlanmak istenirse program hata verir ve bağlantı gerçekleşmez. Bu kanal veya boru sisteminin uygulanabilirliğinin denetlenmesi açısından çok önemlidir. Bu şekilde kanal veya boru sistemi inşa edilebilirliği çizim esnasında fark edilerek kanal ve boru tasarımları gerçekte uygulanabilen şekliyle sistem tasarımları oluşturulmaktadır.

Navisworks Manage programı oluşturulan tüm sistemlerin birbirlerine göre durumlarının gözlenebilmesini ve sistemler arası çakışmaların otomatik olarak tespit edilmesini sağlar. Bu programa modellenen yapıya ait tüm disiplinlerin 3D projeleri aktararak daha önce birbirlerine göre konumlandırılan tüm projeler bir araya getirilir. Böylelikle yapımı planlanan binanın tüm sistemlerinin bir arada gözlemlenebileceği görsel

bir sanal modeli oluşur. Bu program sistemler arasındaki ve sistemlerin kendi arasında oluşan çakışmaları tespit ederek listeler. Çakışmalar birbirleriyle aynı yeri kaplayan yani sert ve birbirlerine göre konumlarının uygun olmadığının tespit edilmesine yarayan yumuşak çatışmalar şeklinde belirlenebilir. Çakışma tespiti ve çözümü yinelemeli bir süreçtir. Modeller ilk önce tek bir modele birleştirilir ve ardından sistemler arasındaki çakışmayı belirlemek için çakışma algılama programı çalıştırılır. Çakışmalar daha sonra kendi yerel programlarında çözülür ve tüm çakışmalar çözülene kadar yineleme devam eder [2].

Yapılan çalışma çerçevesinde sistemler arasındaki sert çatışmalar tespit edilip, çakışmaların uygun şekilde düzeltilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar yapılırken mekanik tesisat sistemleri mevcut 2D projesinde öngörülen asma tavan üstü boşlukta ve diğer disiplinlere ait projeler üzerinde herhangi bir düzeltme yapılmadan düzenlenmiştir. Diğer disiplinlerden kaynaklanan çakışmaların düzeltilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

2.3. BIM'in Mekanik Tesisat Yönünden Ameliyathane Departmanına Uygulanması

Seçilen ameliyathaneye ait mevcut 2 boyutlu projeler Revit programıyla 3 boyutlu olarak tekrar oluşturulmuştur. 2 boyutlu tesisat projeleri 3 boyutlu modellere dönüştürülürken tesisatların ameliyathane departmanındaki kısımları modellenmiş tesisatların bu mahal dışındaki kısımları modellenmemiştir. Mevcut 2 boyutlu projeler ile oluşturulan Revit modelleri bire bir aynı özellikleri taşımaktadır. Ancak bazı tesisatlarda (örneğin medikal gaz tesisatı) 2 boyutlu projede materyallerin bağlanılabilirlik özellikleri göz önünde bulundurulmayarak çizilmiş olmasından dolayı Revit modelinde küçük değişiklikler olmuştur. Revitte parametrik olarak tanımlanmış özellikler çerçevesinde bir çizim gerçekleşmiştir.

3 boyutlu projeler oluşturulurken mimari ve statik projelerin yükseklikleri 2 boyutlu projelerde belirtildiğinden tam olarak orijinal projeye uygun çizilmiştir. Fakat mekanik ve elektrik projelerindeki sistemlere ait yükseklikler belirtilemediğinden her bir sistem için yükseklik değeri belirlenerek belirlenen bu yükseklikler baz alınarak projeler 3 boyutlu hale getirilmiştir. Çalışma kapsamında 3 boyutlu hale getirilen projeler; mimari, statik, havalandırma, sprinkler, medikal gaz ve elektrik kablo tavaları planlarıdır. Ayrıca sıhhi tesisat dikey kolon hatları da 3 boyutlu olarak belirtilmiştir. Sıhhi tesisatın tamamen

modellenmemesinin sebebi bu tesisatların diğer tesisatlardan farklı yerde (zeminde) konumlanmasıdır. Projede yapılan düzenlemeler mümkün olduğunca mekanik sistemler üzerinden olup, diğer disiplinlere ait projeler üzerinde düzenleme yapılmamıştır.

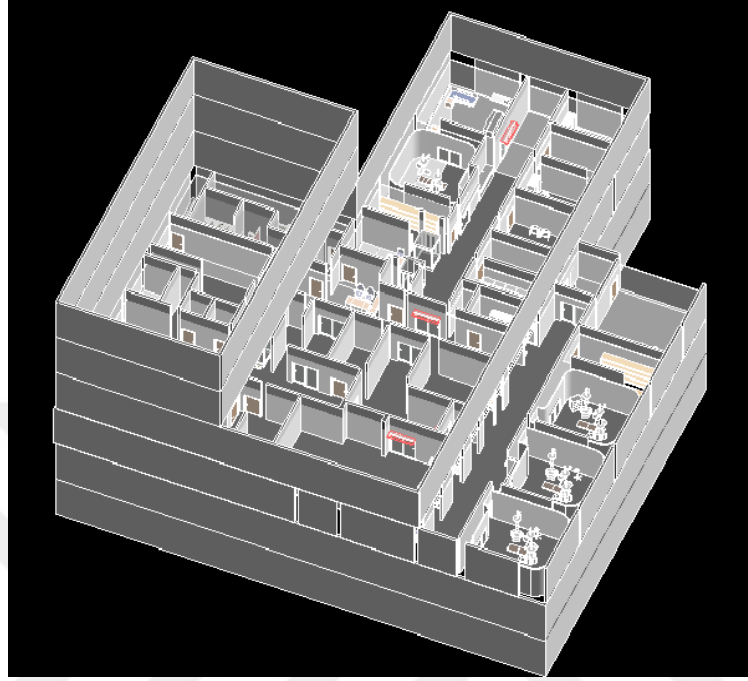
2.3.1. Modellerin Oluşturulması

Ameliyathane departmanına ait modeller oluşturulurken şu yollar izlenmiştir;

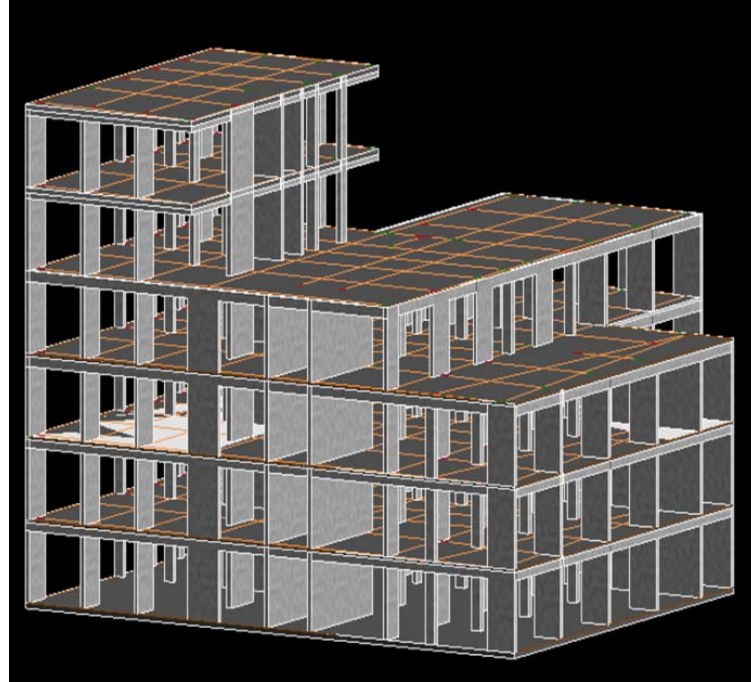
- Ameliyathane departmanının mimari modeli iki boyutlu ameliyathane mimari projesi modele aktarılıp, duvar, kapı, asma tavan ve bazı tıbbi cihazlar eklenerek oluşturulmuştur (Şekil 26).
- Daha sonra ameliyathane departmanına ait kolon-kiriş-döşemeden oluşan taşıyıcı sistem modeli iki boyutlu ameliyathane mimari projesi modele aktararak oluşturulmuştur (Şekil 27).
- Diğer tüm projeler, mimari ve yapı modellerini linkleyerek ve iki boyutlu DWG dosyaları projeye aktararak ameliyathanenin mimari ve yapı projelerine göre konumları belli olacak şekilde oluşturulmuştur.
- HVAC tesisatı projesi mevcut 2D projede öngörülen yerinde asma tavan üstü boşlukta, kat zeminden 3475 mm yükseklikten başlanacak şekilde modellenmiştir.
- Medikal gaz tesisatı projesi mevcut 2D projede öngörülen asma tavan üstü boşlukta kat zeminden 3370 mm yükseklikten başlanacak şekilde modellenmiştir.
- Sprinkler tesisatı projesi mevcut 2D projede öngörülen asma tavan üstü boşlukta kat zeminden 3390 mm yükseklikten başlanacak şekilde modellenmiştir.
- Elektrik kablo tavası tesisatı projesi mevcut 2D projede öngörülen asma tavan üstü boşlukta kat zeminden 3370 mm yükseklikten başlanacak şekilde modellenmiştir.

Geleneksel yöntemde oluşturulan mevcut 2D mekanik projelerde sistemlere ait kotlar belirtilmediğinden burada her sistem için kotlar belirlenmiştir. Bu kotlar belirlenirken sistemlerin mümkün olduğunca birbirleriyle buldukları kot itibarıyla çakışmalarını göz önünde bulundurulmuştur. Her ne kadar bu öngörüyle yapılmış olsalar da mekanik projeler kendi aralarında ve diğer disiplinlerin projeleriyle çakışma göstermişlerdir. Diğer disiplinlerin projeleriyle ortaya çıkan çakışmaların temel sebebi bu disiplinlere ait

projelerde mekanik ve elektrik sistemlerin kurulumu için öngörülen asma tavan üstü boşluğun yetersiz olmasıdır.



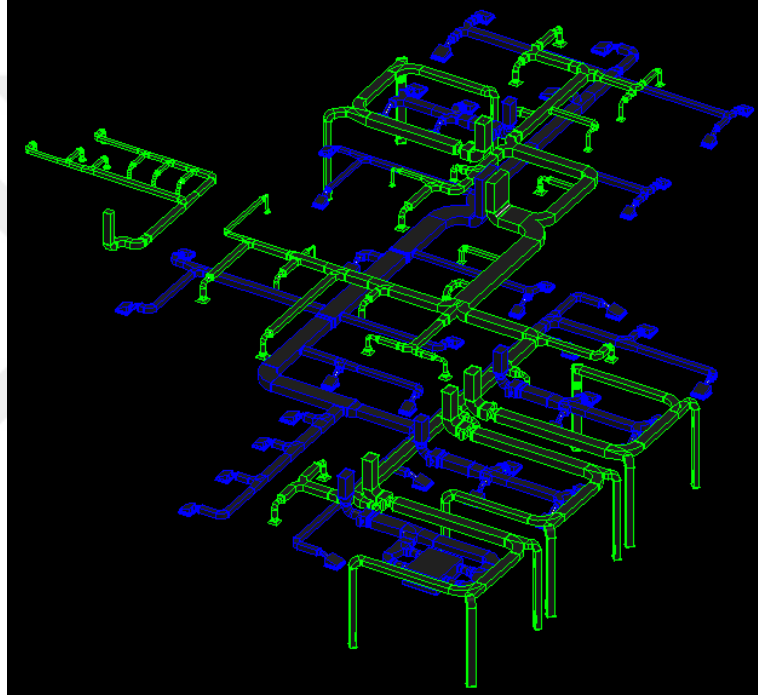
Şekil 26. Mimari model



Şekil 27. Taşıyıcı sistem modeli

2.3.1.1. Havalandırma Tesisatı Modelinin Oluşturulması

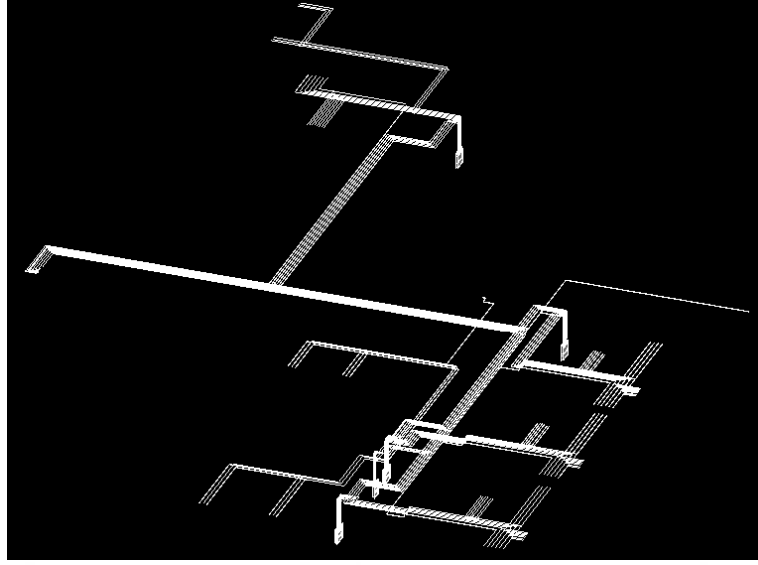
Havalandırma tesisatı modelinde mevcut 2D havalandırma tesisatı projesinde kullanılan kanal çapları ve fittings tipleri kullanılarak modellenmiştir. Model oluşturulurken öncelikle havalandırma menfezleri mevcut 2D projedeki yerlerinde ve asma tavan kotu yüksekliğinde yerleştirilmiştir. Daha sonra havalandırma kanalları mevcut 2D projedeki kanal kesit ve boylarına uyacak şekilde oluşturulmuştur (Şekil 28).



Şekil 28. Havalandırma tesisatı modeli

2.3.1.2. Medikal Gaz Tesisat Modelinin Oluşturulması

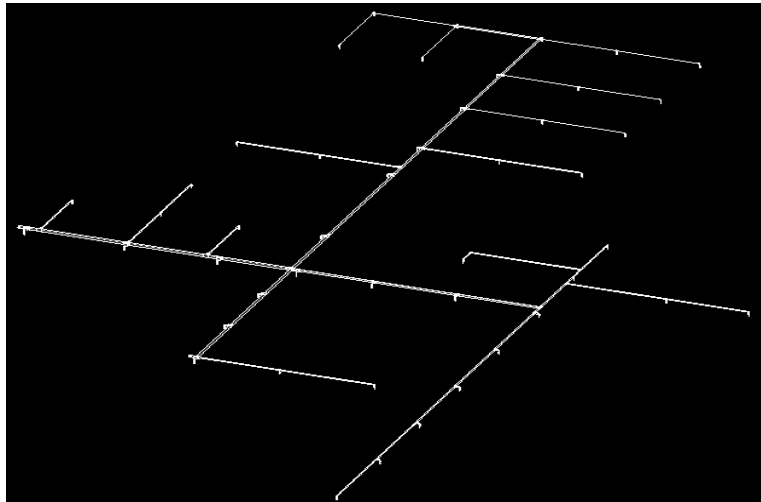
Medikal gaz tesisatı oluşturulurken asma tavan üstü boşlukta belirlenen kotta ve mevcut 2D projesinde gösterilen yerlerde olacak şekilde modellenmiştir (Şekil 29). Medikal gaz tesisatına ait medikal gaz vana kutuları mevcut 2D projede belirlenen yere yerleştirilerek, tesisat şaftından medikal gaz vana kutularına medikal borular oluşturulmuştur. Boruların medikal gaz vana kutularına giriş ve çıkışları modellendikten sonra medikal gaz boruları operasyon odaları asma tavan üstü boşluklarında bağlanacakları medikal gaz ünitelerine kadar çizilmiştir.



Şekil 29. Medikal gaz tesisat modeli

2.3.1.3. Sprinkler Tesisat Modelinin Oluşturulması

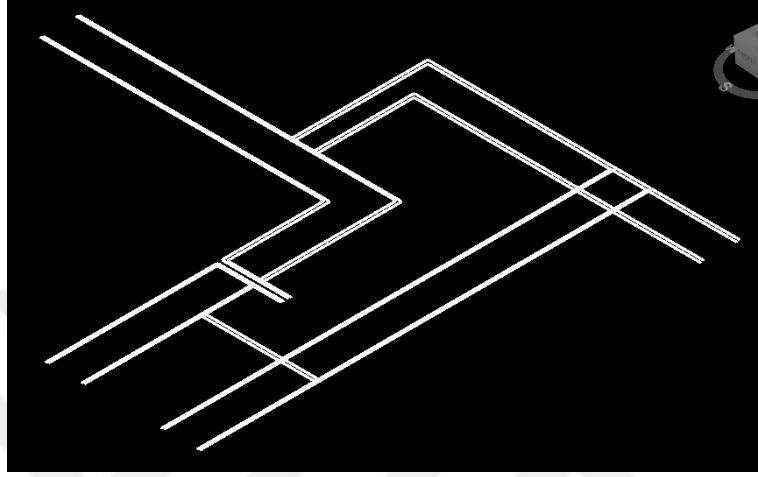
Sprinkler tesisat modeli oluşturulurken tesisata ait sprink başlıkları mevcut 2D projede belirlenen yerlere yerleştirilip, yangın boruları mevcut 2D projede çizildiği şekilde tesisat şaftından ameliyathane ortak alanlarının tamamına dağılacak şekilde modellenmiştir (Şekil 30).



Şekil 30. Sprinkler tesisatı modeli

2.3.1.4. Elektrik Kablo Tavası Tesisat Modeli Oluşturulması

Elektrik kablo tavası tesisat modeli elektrik tavalarnn mevcut 2D projede belirtilen yere gelecek şekilde asma tavan üstü kotta modellenmiştir (şekil 31).



şekil 31. Elektrik kablo tavası tesisat modeli

Modellemeler yapılırken 2D çizimden farklı olarak her model için gerekli obje aileleri belirlenmiş, boru veya kanallar için fittingsler seçilmiş ve materyal tayinleri yapılmıştır. Tüm tesisatlar için tesisat sistemlerine özgü renkler belirlenmiştir. Örnek olarak medikal gaz tesisatında bulunan her gaz borusu için ayrı ayrı renk atamaları yapılmıştır. Böylelikle sistemler Navisworks'de bir arada görüntülendiklerinde veya Revit'te hangi borunun, kanalın veya sistem objesinin hangi sisteme ait oldukları gözlemlenebilmektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Tespit Edilen Çakışmalar ve Düzenlemeler

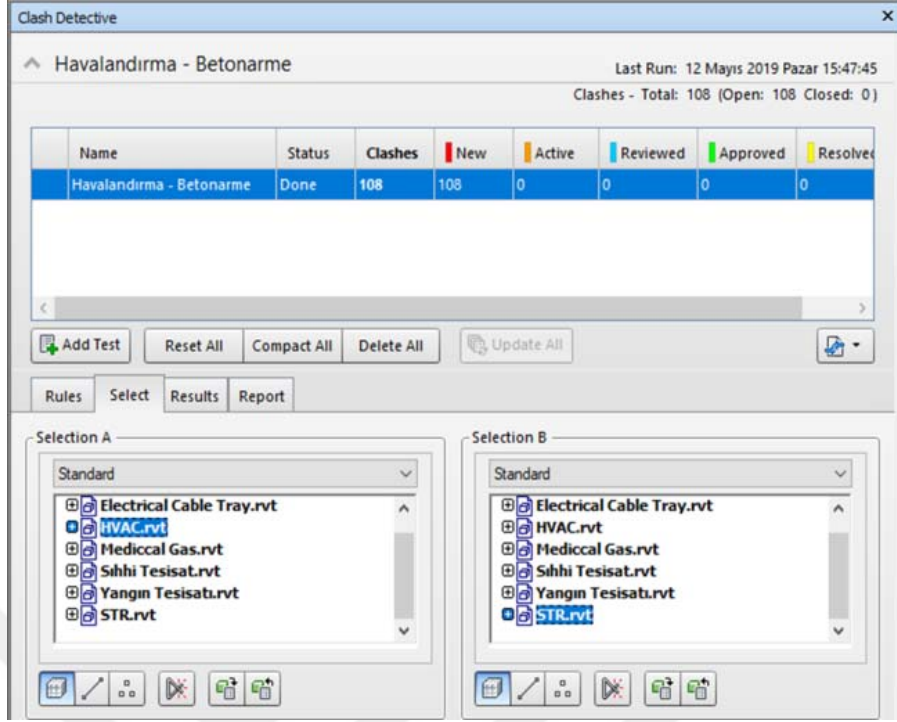
Yapılan model üzerinden her sistemin birbiriyle olan çakışma tespitleri Navisworks Manage programıyla yapılmıştır. Bu sistemlerden betonarme taşıyıcı sistem kolonları ve kirişleri, havalandırma kanalları ve cihazları, medikal gaz boruları ve cihazları, sprinkler tesisatı boru ve yağmurlama başlıkları arasındaki çakışmalar için düzenlemeler yapılmıştır. Mimari için duvar geçişleri söz konusu olduğundan düzenleme yapılmayıp, gereken yerlerde ameliyathane iç düzenlemesine uygun düzeltmeler yapılmıştır. Mekanik sistemler düzenlenirken fazla yer kaplayan havalandırma kanalları kiriş altı geçişlerinde zaten sınırlı olan asma tavan üstü boşlukta daha fazla yer kaplamaması ve fazla basınç kaybı olmaması için en alt kotta düzenlenmiştir. Daha sonra medikal gaz tesisatı havalandırma tesisatının üst kotunda düzenlenmiştir. Sonrasında sprinkler tesisatı diğer modellerden kalan boşluklardan faydalanılarak diğer tesisatların üst ve alt kotlarında uygun olan yerlere gelecek şekilde düzenlenmiştir.

Sistemler arasındaki çakışma tespiti çalışmaları ve düzeltme örnekleri aşağıdadır.

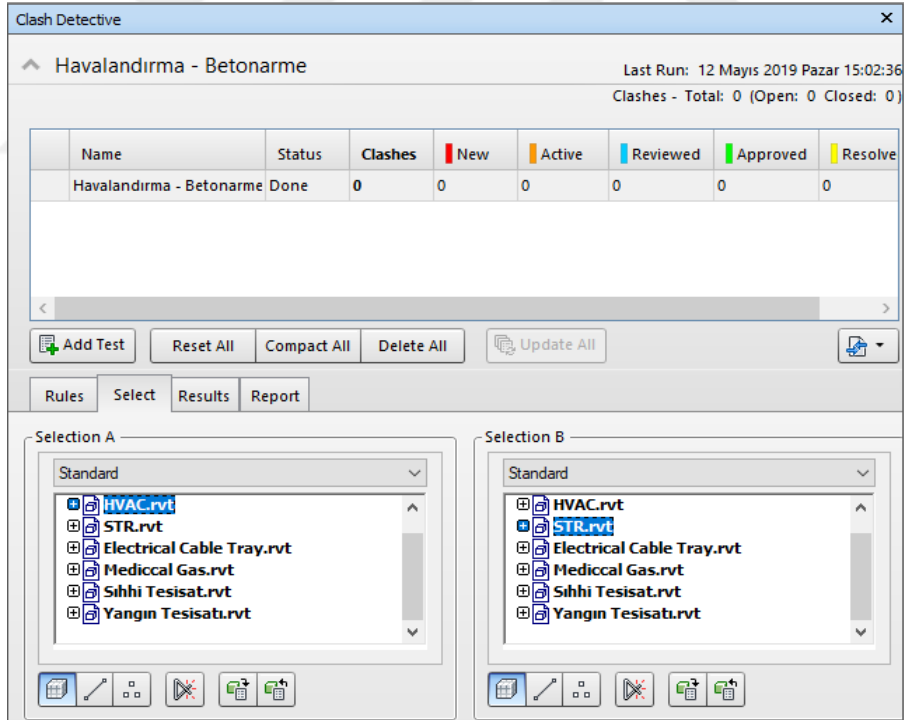
3.1.1. Havalandırma Tesisatı ile Betonarme Taşıyıcı Sistem Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespitinde mevcut havalandırma tesisat modeli ile betonarme taşıyıcı sistem modeli arasında yüz sekiz adet çakışma tespit edilmiştir (Şekil 32). Yapılan düzenlemeler neticesinde bu iki model arasındaki çakışma sayısı sifıra indirilmiştir.

Havalandırma modeli ile betonarme taşıyıcı sistem arasında düzenleme yapılırken taze hava sistemi asma tavan üstü boşluğunun en alt seviyesine gelecek şekilde kotu düşürülmüştür. Egzoz hava sistemi ise taze hava sisteminin hemen üst kotuna yerleşecek şekilde düzenlenmiştir. Bu yüzden taze hava sistemi güzergahı üzerinde betonarme taşıyıcı sisteme ait kiriş yapılarıyla çakışmazken egzoz hava sistemi kiriş yapılarıyla çakışma göstermiştir. Bu çakışmaların giderilmesi adına Şekil 33'de görüldüğü gibi havalandırma sistemi kiriş altından geçecek şekilde kot farkı oluşturularak yeniden düzenlenmiştir.

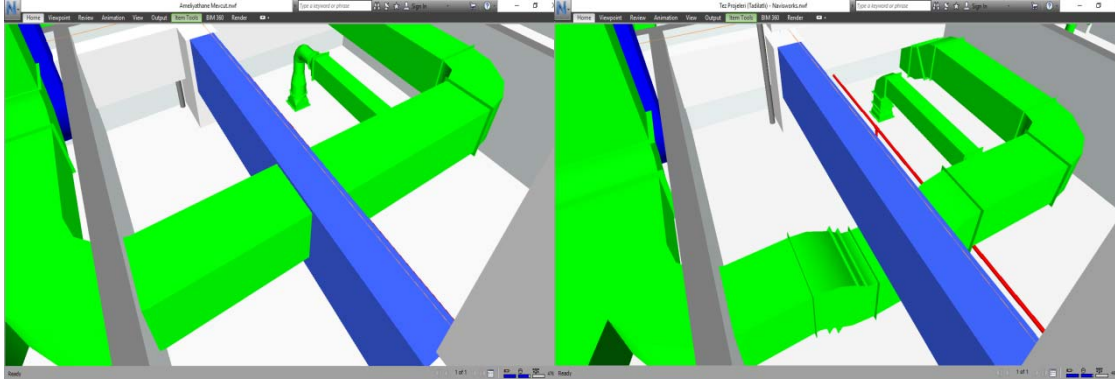


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 32. Havalandırma tesisatı ve taşıyıcı sistem arasındaki çakışma sayısı



(a) Mevcut model

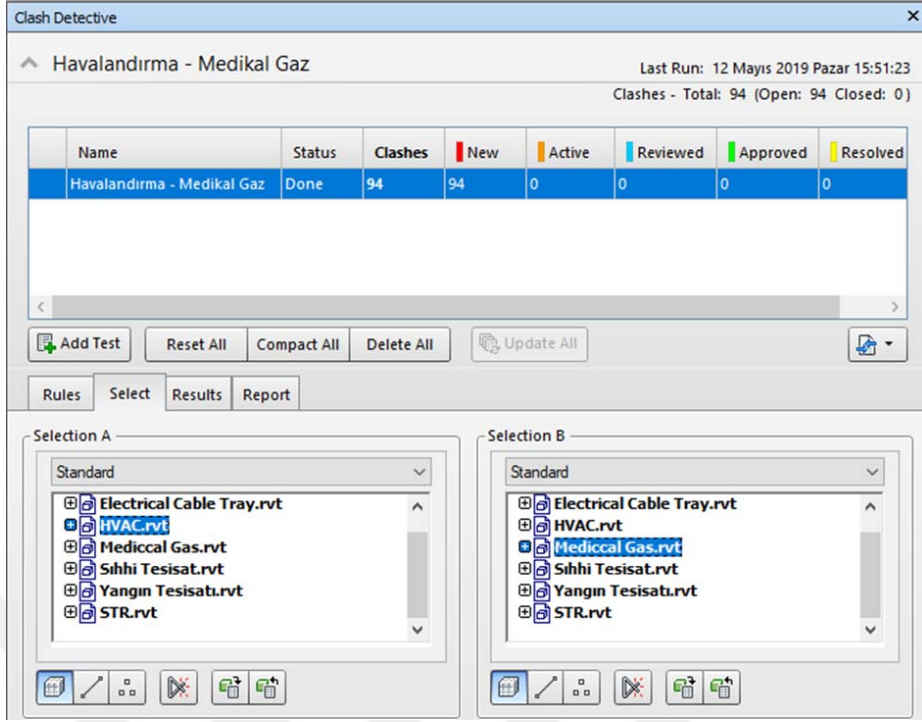
(b) Düzenlenmiş model

Şekil 33. Havalandırma kanalı ve giriş arasındaki çakışma düzeltme örneği

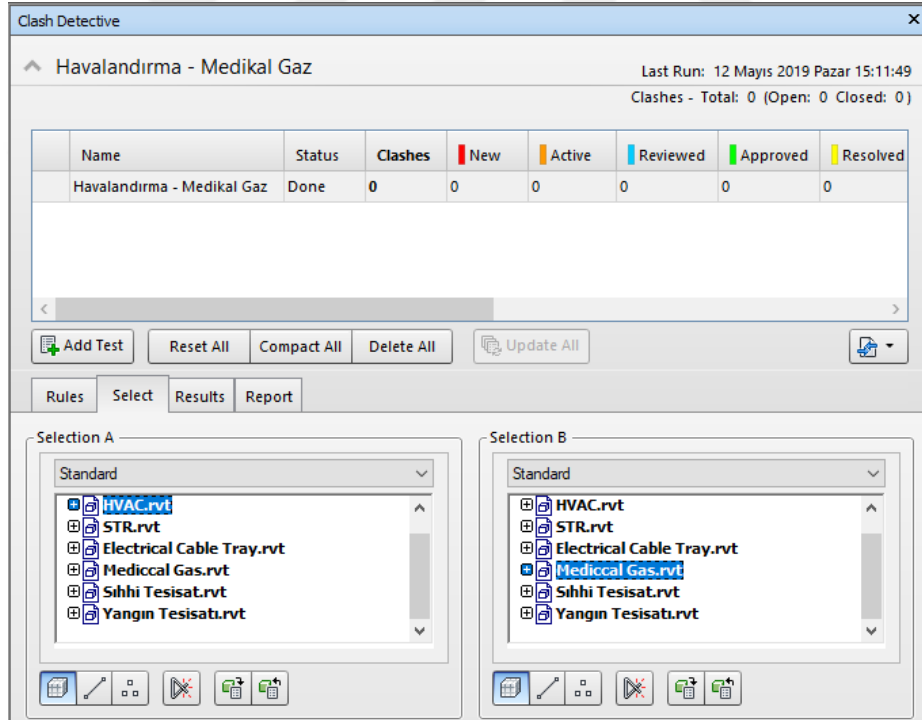
3.1.2. Havalandırma Tesisatı ile Medikal Gaz Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespiti sonunda mevcut havalandırma tesisatı modeli ile medikal gaz tesisatı modeli arasında doksan dört adet çakışma tespit edilmiştir (Şekil 34). Şekil 35’de örneği görüldüğü gibi yapılan düzenlemelerle bu modeller arasındaki çakışma sayısı sıfır olmuştur.

Medikal gaz tesisatı düzenlenirken havalandırma tesisat kotunun üstünde yapılması uygun görülmüştür. Mevcut 2 boyutlu projeden farklı olarak 4 numaralı ameliyathane odası koridorunda bulunan gaz vana kutusuna giden medikal gaz boruları tesisat yoğunluğu yaşanan bu koridordan daha müsait bir yerden geçirilerek vana kutusuna bağlantısı yapılmıştır.

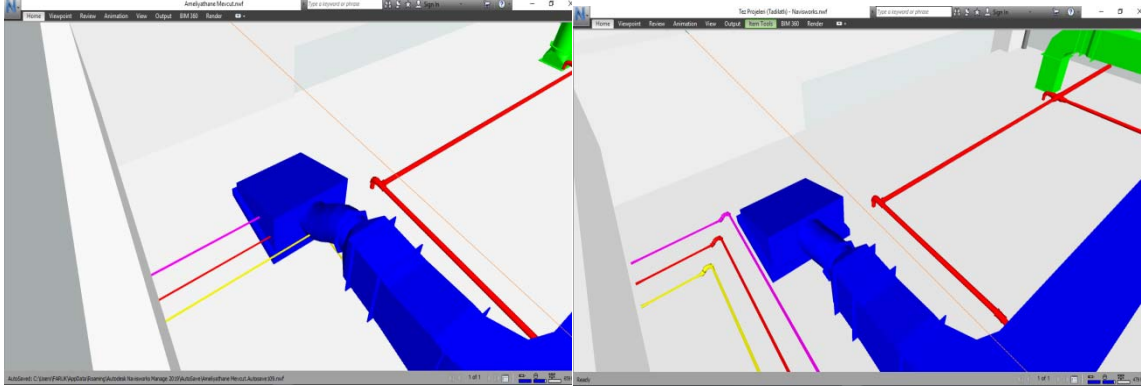


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 34. Havalandırma tesisatı ve medikal gaz tesisatı arasındaki çakışma sayısı



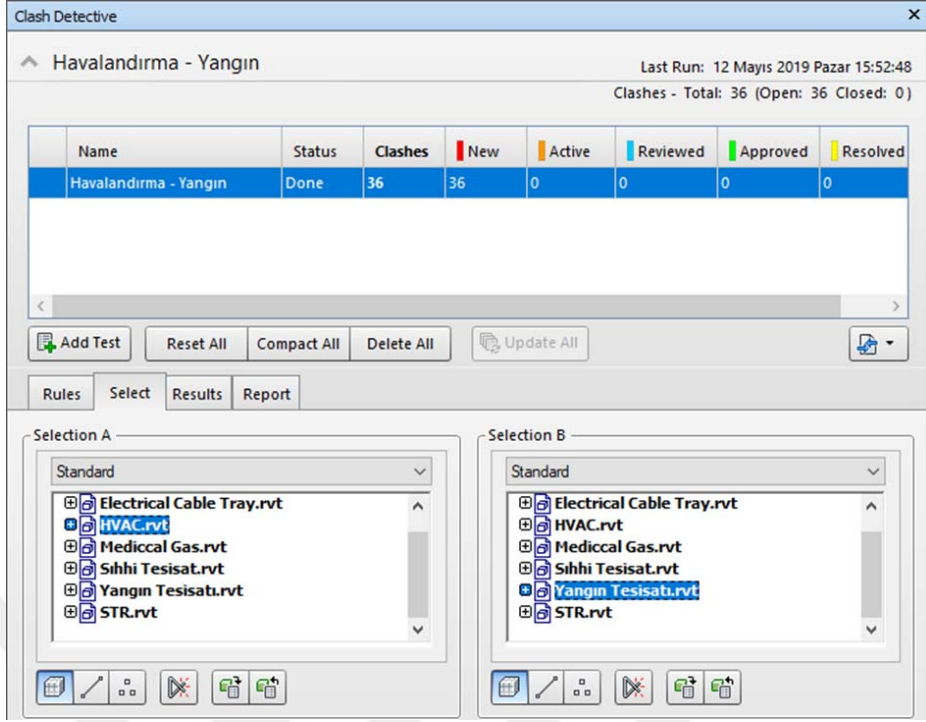
(a) Mevcut model

(b) Düzenlenmiş model

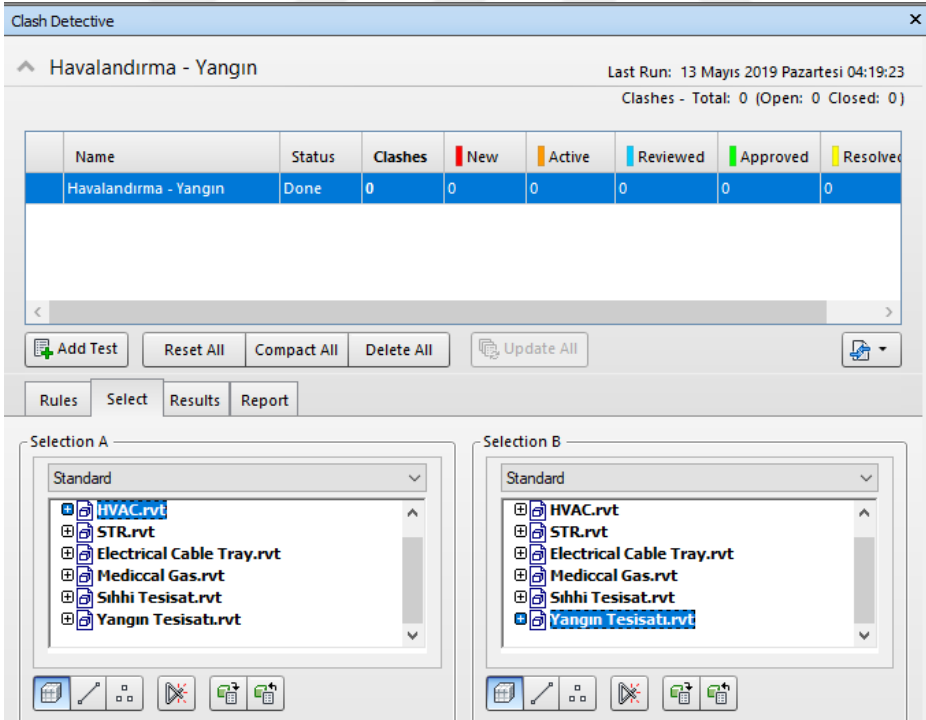
Şekil 35. Havalandırma kanalı ve medikal gaz borusu çakışma düzeltme örneği

3.1.3. Havalandırma Tesisatı ile Sprinkler Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespiti sonucunda havalandırma tesisatı modeli ile sprinkler tesisatı modeli arasında otuz altı adet çakışma tespit edilmiştir (Şekil 36). Yapılan düzenlemeler sonucunda çakışma sayısı sıfır olmuştur. Bir düzenleme örneği Şekil 37’de verilmiştir.

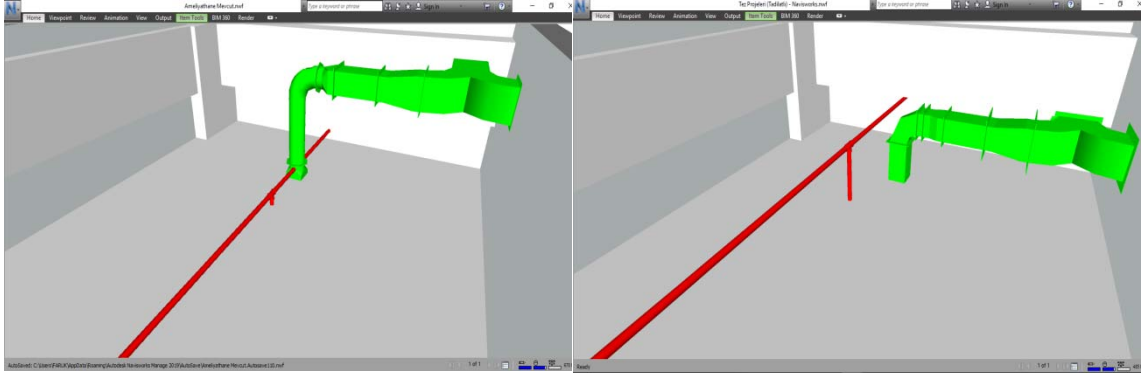


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 36. Havalandırma tesisatı ve sprinkler tesisatı arasındaki çakışma sayısı



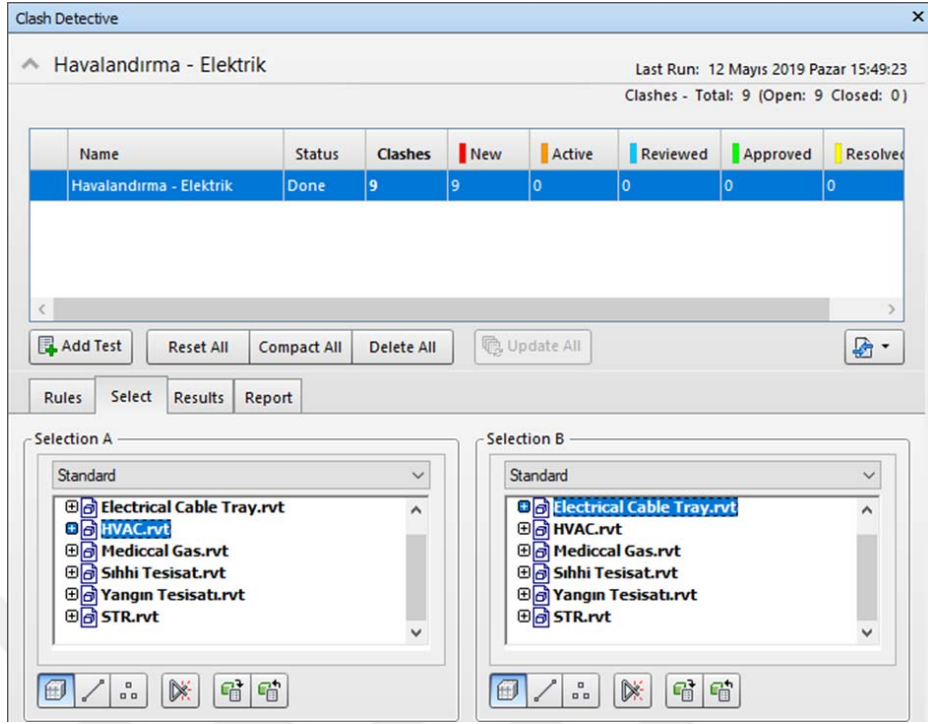
(a) Mevcut model

(b) Düzenlenmiş model

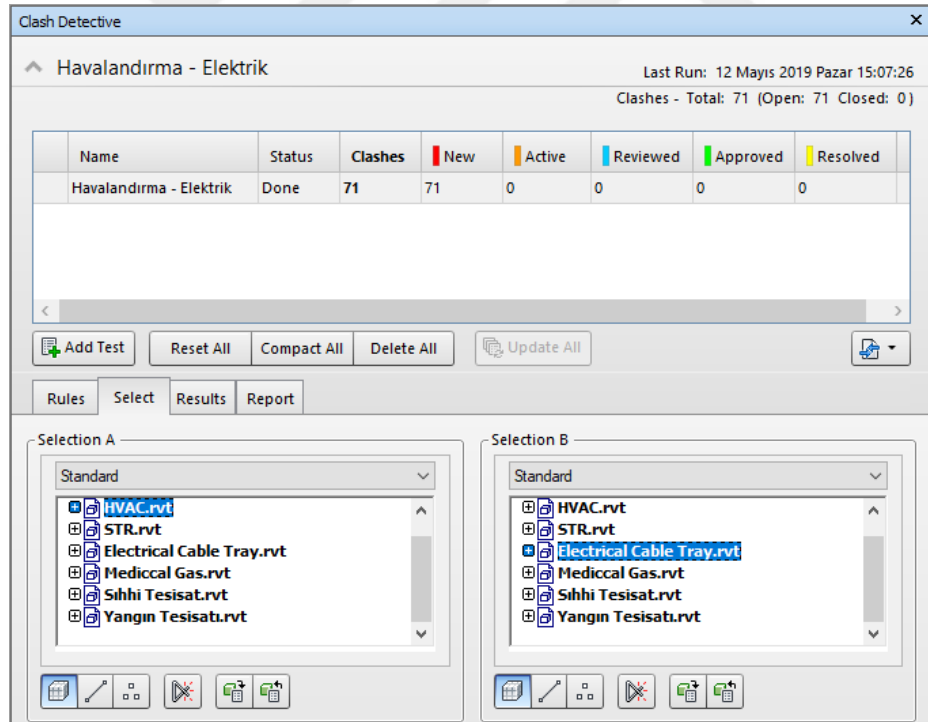
Şekil 37. Havalandırma kanalı ve yangın borusu çakışma düzeltme örneği

3.1.4. Havalandırma Tesisatı ile Elektrik Kablo Tavası Tesisatı Arasındaki Çakışmalar

Yapılan çakışma tespiti çalışmasıyla havalandırma tesisatı modeli ile elektrik kablo tavası tesisatı modeli arasında dokuz çakışma tespit edilmişken yapılan düzenlemelerden sonra bu sayı yetmiş bir olmuştur (Şekil 38). Bunun sebebi havalandırma sisteminin kotunun düşürülerek elektrik tavelarının kotuna gelmesidir. Çözüm önerisi olarak elektrik kablo tavası tesisatının kotunun daha yukarıda bir kota alınması gerekmektedir.



(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



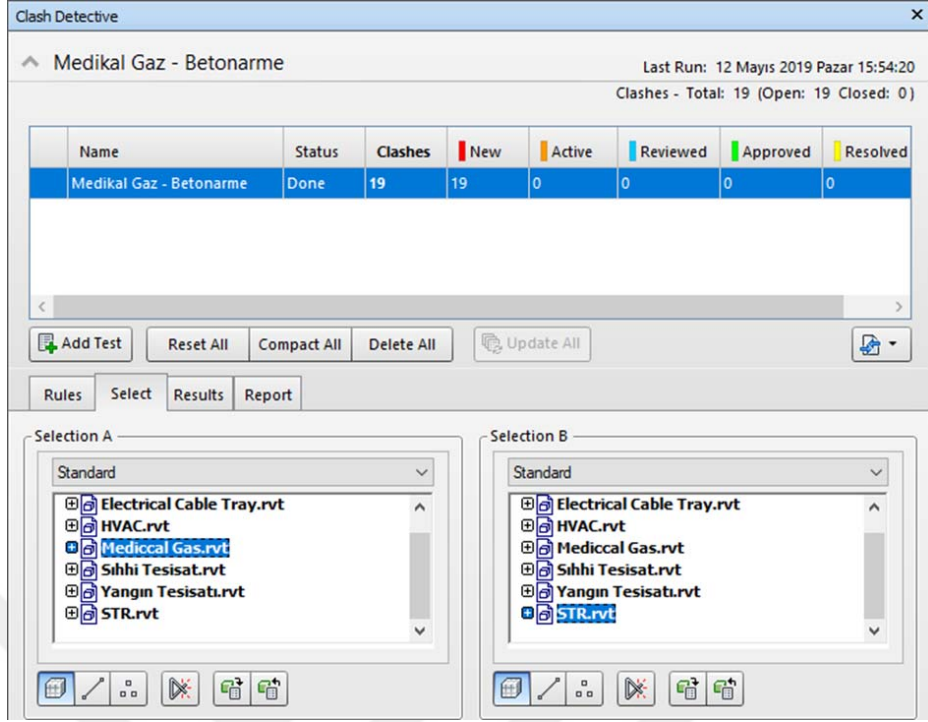
(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 38. Havalandırma tesisatı ve elektrik kablo tavası tesisatı arasındaki çakışma sayısı

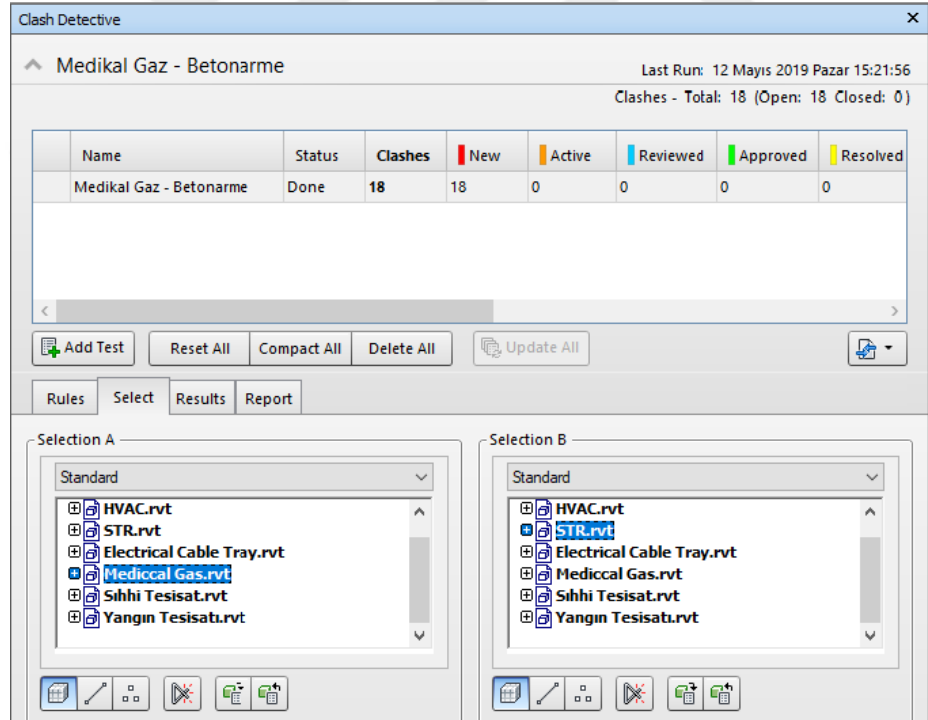
3.1.5. Medikal Gaz Tesisatı ile Betonarme Taşıyıcı Sistem Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespitinde medikal gaz tesisatı modeli ile betonarme taşıyıcı sistem modeli arasında on dokuz çakışma tespit edilmiştir (Şekil 39). Şekil 40'da örneği görüldüğü gibi yapılan düzenlemelerden sonra bu iki sistem arasındaki çakışma sayısı on sekiz olmuştur. Bu on sekiz çakışmanın tümünün sebebi iki adet medikal gaz vana kutusunun yerleştirildiği duvarın perde beton olmasıdır. Çözüm önerisi olarak perde beton önüne vana kutusunun yerleştirilebileceği bir duvar örülmesi gerekmektedir.



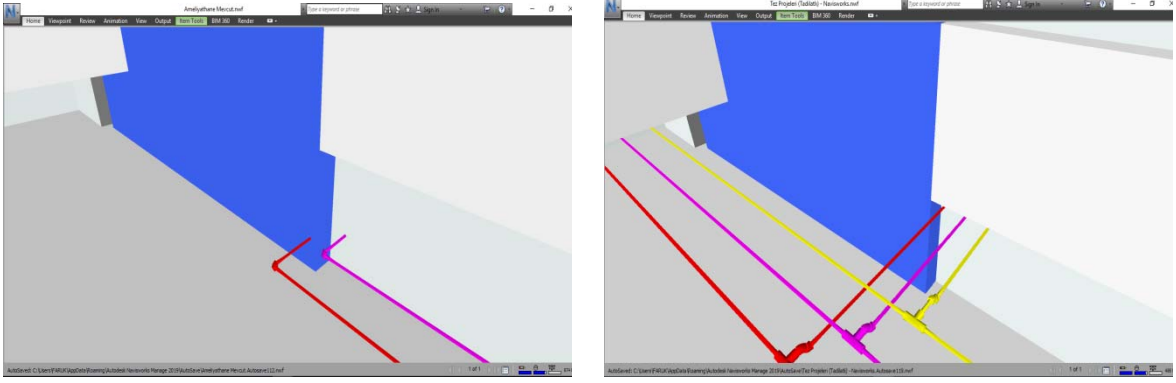


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 39. Medikal gaz tesisatı ve betonarme taşıyıcı sistem arasındaki çakışma sayısı



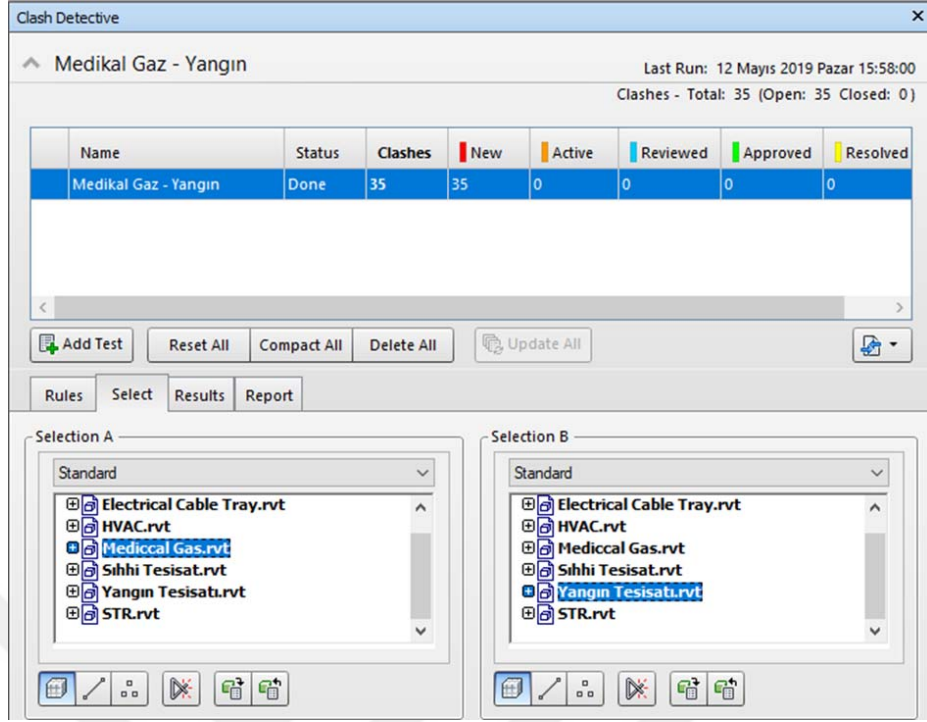
(a) Mevcut model

(b) Düzenlenmiş model

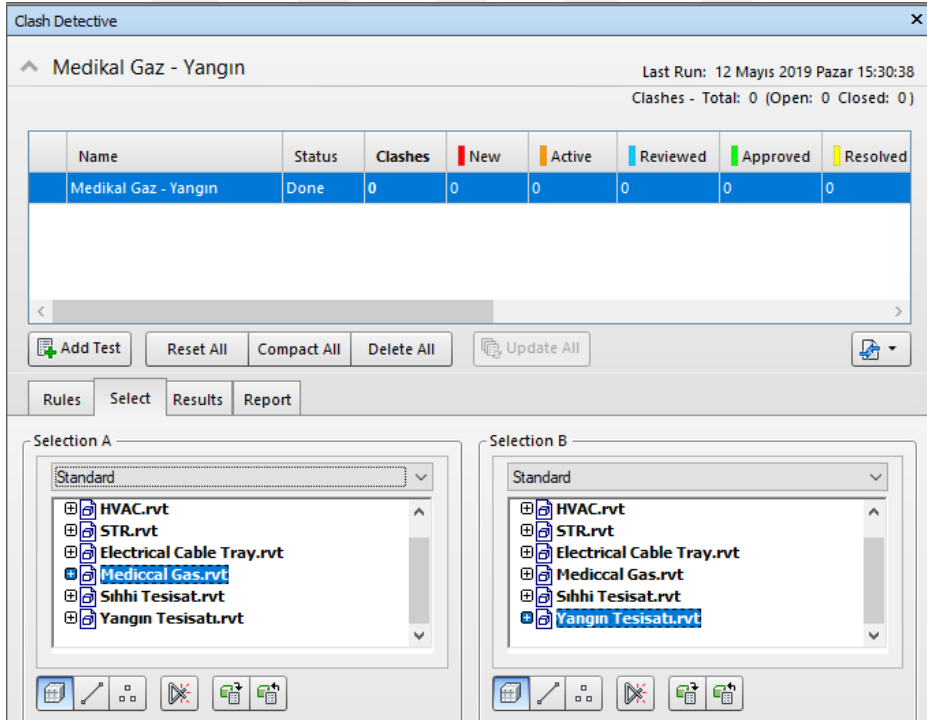
Şekil 40. Medikal gaz borusu ve perde beton çakışma düzeltme örneği

3.1.6. Medikal Gaz Tesisatı ile Sprinkler Tesisatı Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespiti çalışması sonucunda medikal gaz tesisatı modeli ile sprinkler tesisatı modeli arasındaki çakışma sayısı otuz beş olarak tespit edilmiştir (Şekil 41). Şekil 42’de örneği verildiği gibi yapılan düzenlemelerle bu iki sistem arasındaki çakışma sayısı sıfır olmuştur.

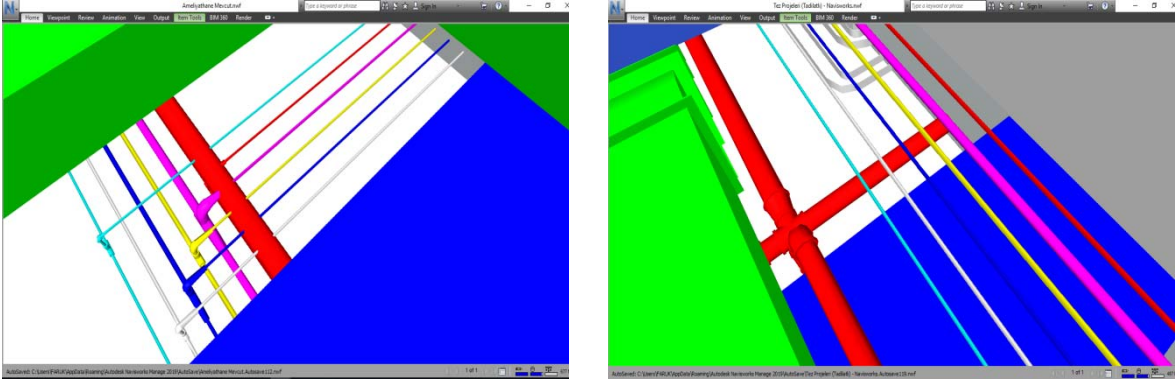


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 41. Medikal gaz tesisatı ve sprinkler tesisatı arasındaki çakışma sayısı



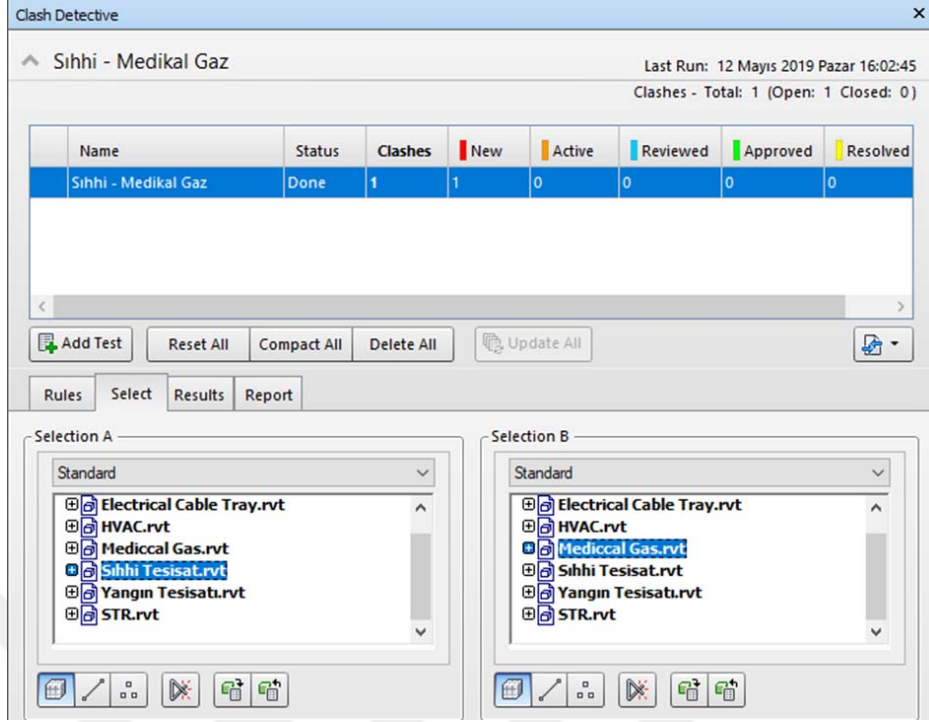
(a) Mevcut model

(b) Düzenlenmiş model

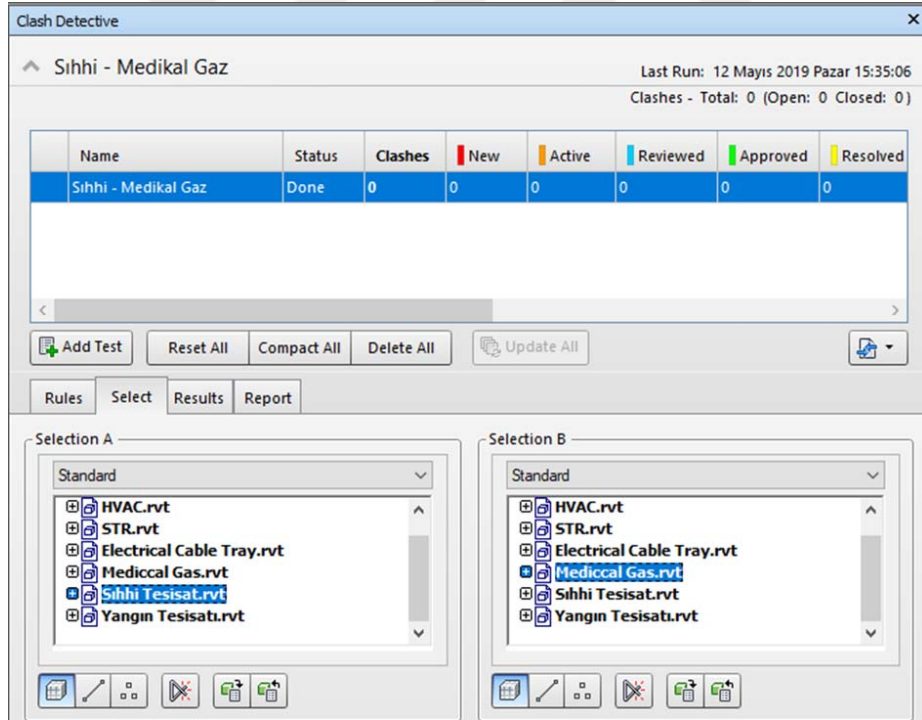
Şekil 42. Medikal gaz borusu ve yangın borusu çakışma düzeltme örneği

3.1.7. Medikal Gaz Tesisatı ile Sıhhi Tesisat Düşey Kolon Hatları Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespiti neticesinde medikal gaz tesisatı modeli ile sıhhi tesisat düşey kolon hatları modeli arasındaki çakışma sayısı bir iken yapılan düzenlemelerle çakışma sayısı sıfıra düşürülmüştür (Şekil 43). Şekil 44'de örneği verildiği gibi düzenleme yapılmıştır.

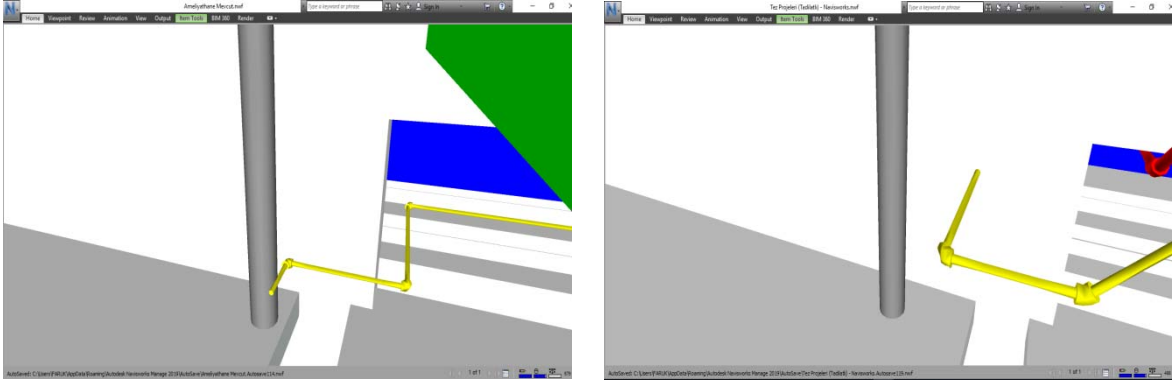


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 33. Medikal gaz tesisatı ve sihhi tesisat düşey kolon hattı arasındaki çakışma sayısı



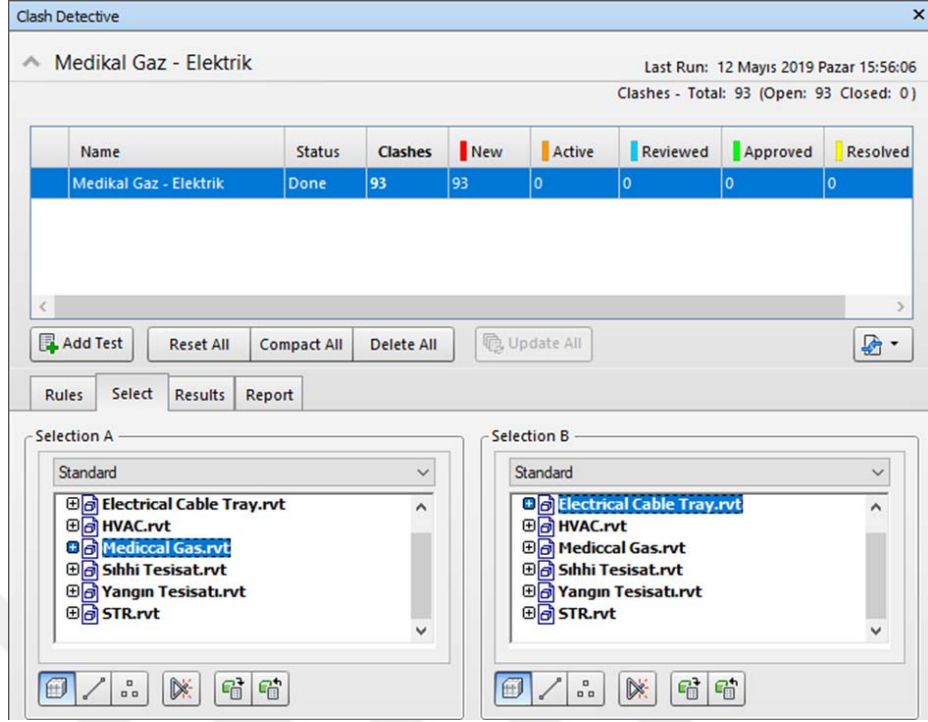
(a) Mevcut model

(b) Düzenlenmiş model

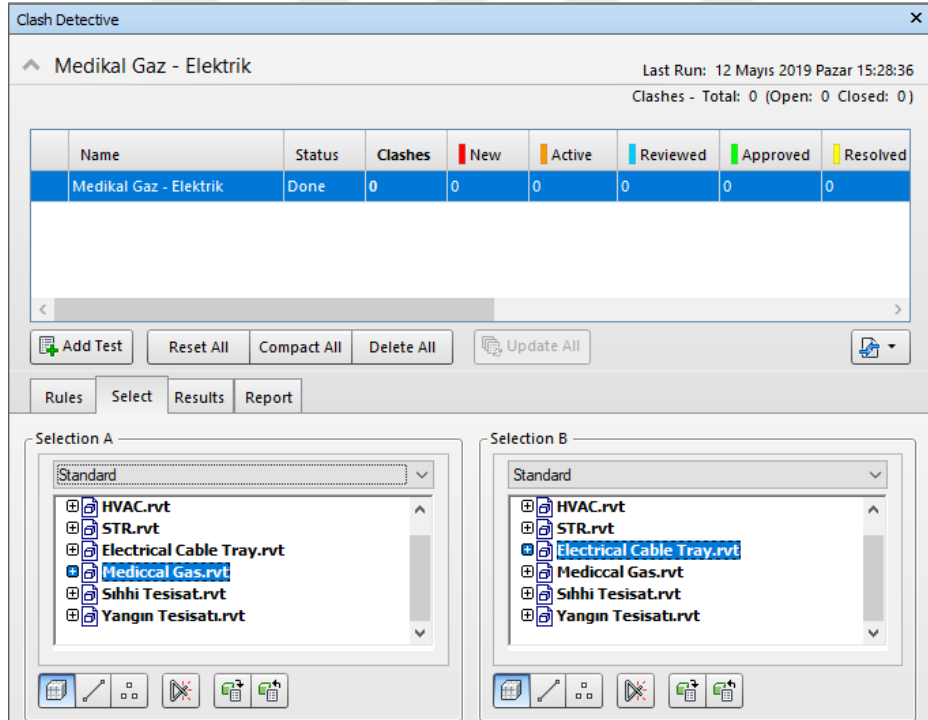
Şekil 44. Medikal gaz borusu ve sıhhi tesisat borusu çakışma düzeltme örneği

3.1.8. Medikal Gaz Tesisatı ile Elektrik Kablo Tavası Tesisatı Arasındaki Çakışmalar

Yapılan çakışma tespit çalışması neticesinde medikal gaz tesisatı modeli ile elektrik kablo tavası tesisatı modeli arasında tespit edilen doksan üç adet çakışma yapılan düzenlemelerle sıfır çakışmaya inmiştir (Şekil 45). Burada iki sistem için bir düzenleme yapılmamış sadece medikal gaz tesisatının kotu yükseltildiği için çakışma sayısı değişmiştir.



(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



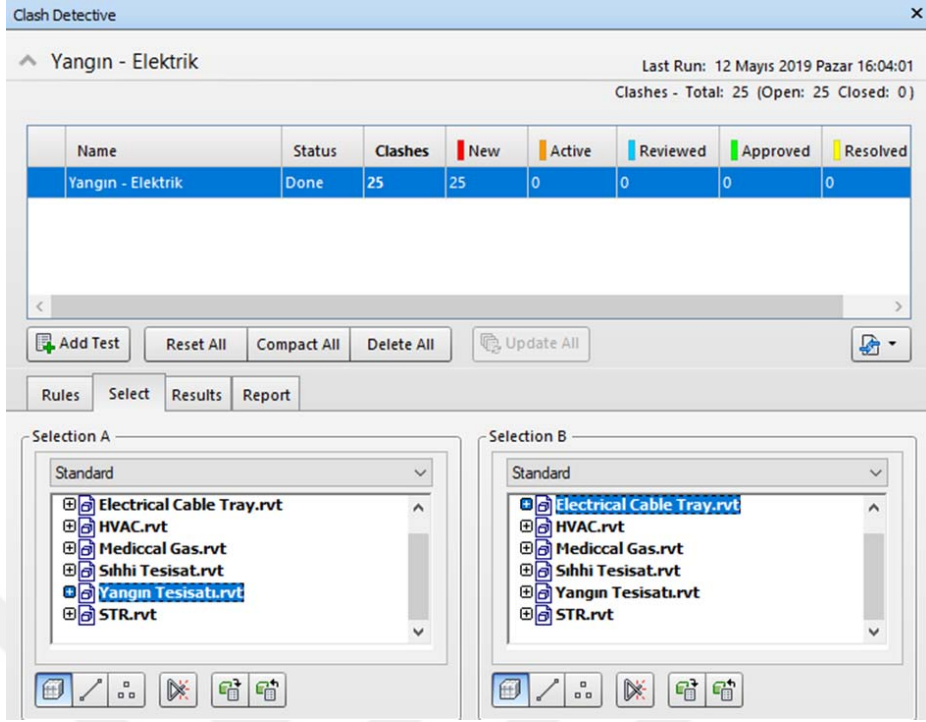
(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 45. Medikal gaz tesisatı ve elektrik kablo tavası tesisatı arasındaki çakışma sayısı

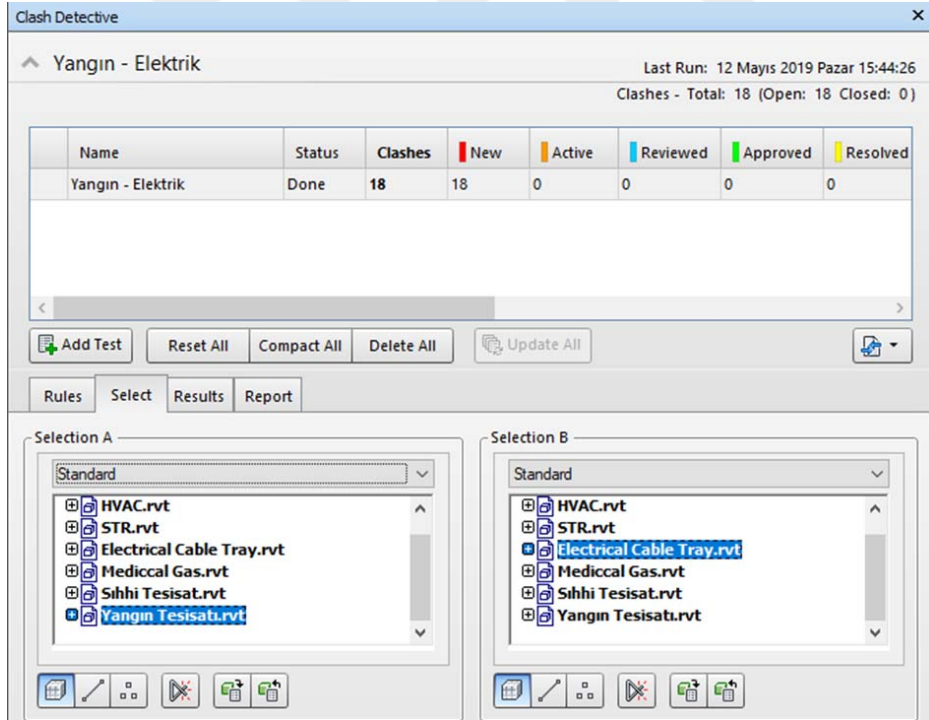
3.1.9. Sprinkler Tesisatı ile Elektrik Kablo Tavası Tesisatı Arasındaki Çakışmalar

Yapılan çakışma tespiti çalışması ile sprinkler tesisatı modeli ile elektrik kablo tavası tesisatı modeli arasındaki çakışma sayısı yirmi beş bulunmuştur (Şekil 46). Yapılan düzenlemeler sonucunda bu iki model arasındaki çakışma sayısı on sekiz olmuştur. Bu düzenleme yapılırken elektrik kablo tavaları tesisatı için bir düzenleme yapılmamış, sadece sprinkler tesisatının kot değişikliğinden kaynaklı çakışma sayısı değişmiştir. Bu on sekiz çakışmanın da düzeltilmesi için elektrik kablo tavalarının daha yukarda bir kota alınması önerilir.





(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



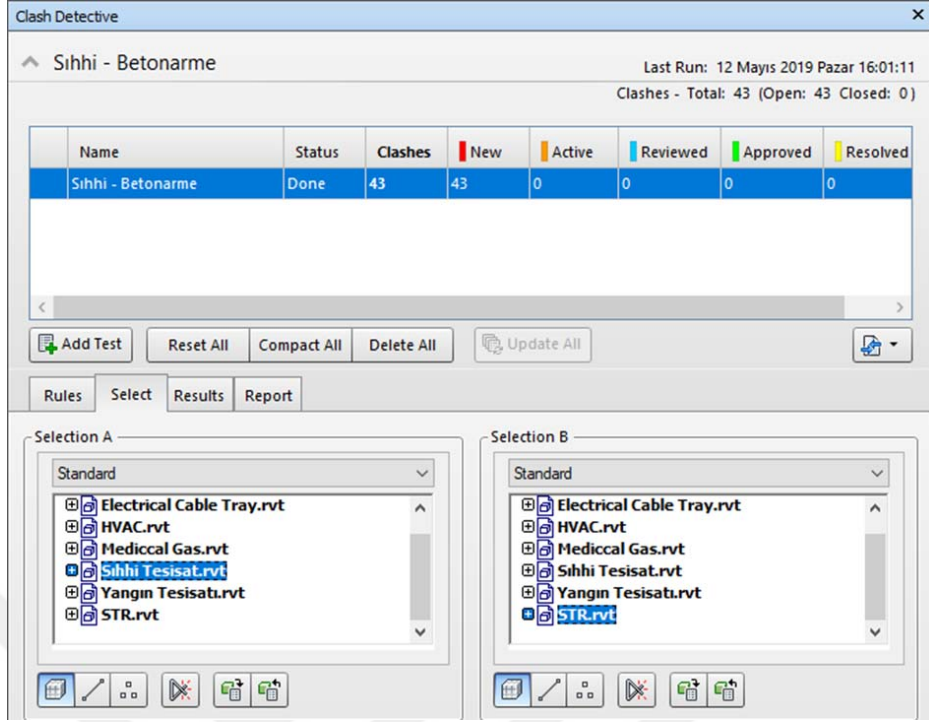
(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 46. Sprinkler tesisatı ve elektrik kablo tavası tesisatı arasındaki çakışma sayısı

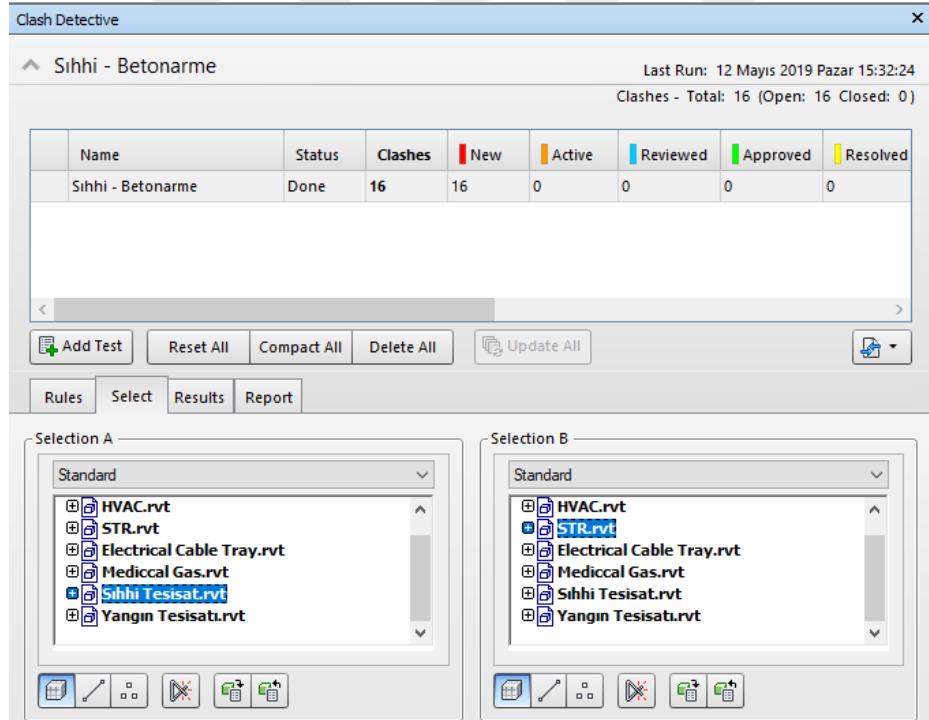
3.1.10. Sıhhi Tesisat Düşey Kolon Hatları ile Betonarme Taşıyıcı Sistem Arasındaki Çakışmalar ve Düzeltme Örneği

Yapılan çakışma tespiti çalışması sonucunda sıhhi tesisat düşey kolon hatları modeli ile betonarme taşıyıcı sistem modeli arasında kırk üç adet çakışma tespit edilmiştir (Şekil 47). Şekil 48’de örneği verildiği gibi yapılan düzenlemelerle çakışma sayısı on altı olmuştur. Bu on altı çakışmanın tamamı düşey boruların döşemelerden geçtiği yerlerde oluşan çakışmalar olduğundan düzenleme yapılmamıştır.



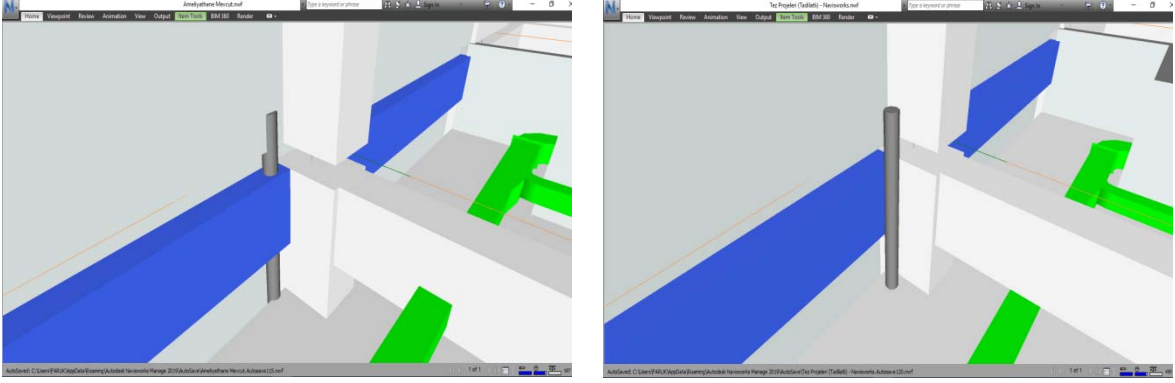


(a) Mevcut modeller arası çakışma sayısı



(b) Düzenlenmiş modeller arası çakışma sayısı

Şekil 47. Sihhi tesisat düşey kolon hatları ve betonarme taşıyıcı sistem arasındaki çakışma sayısı



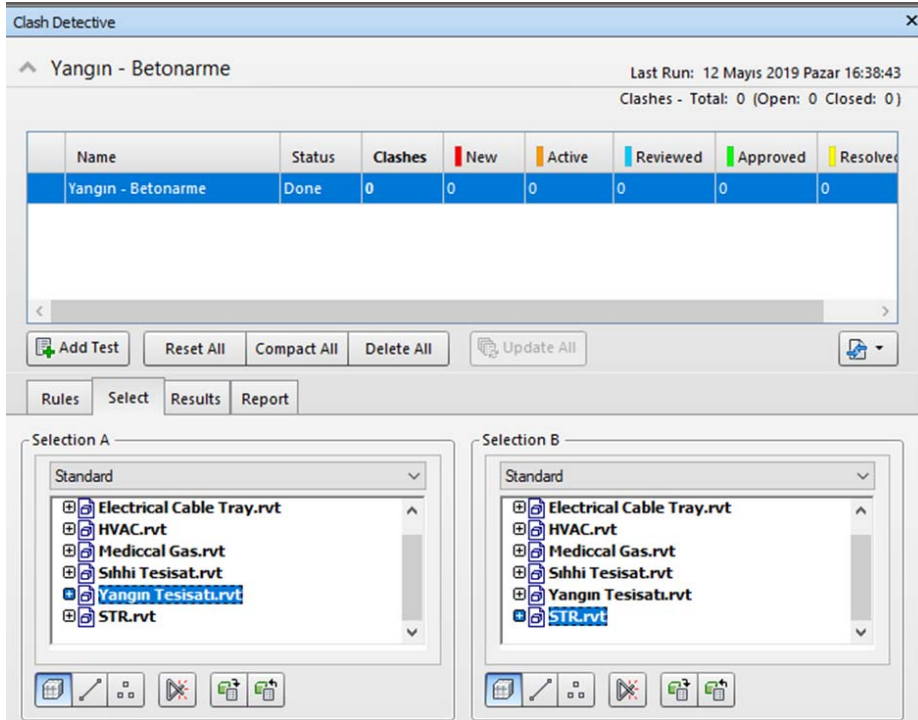
(a) Mevcut model

(b) Düzenlenmiş model

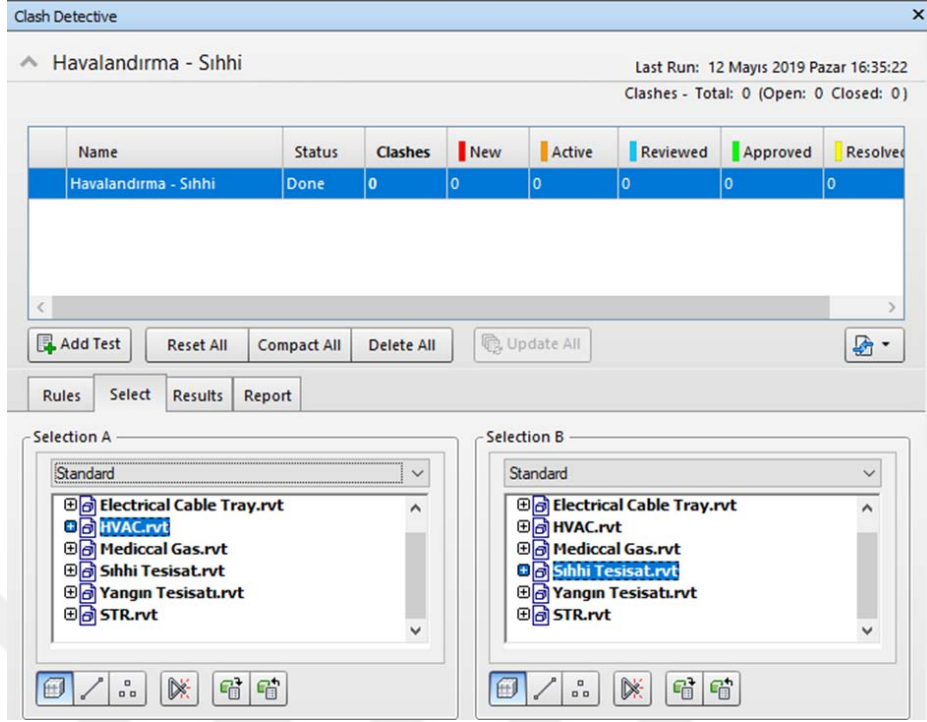
Şekil 48. Sıhhi tesisat borusu ve giriş çakışma düzeltme örneği

3.1.11. Diğer Çakışmalar ve Düzeltmeler

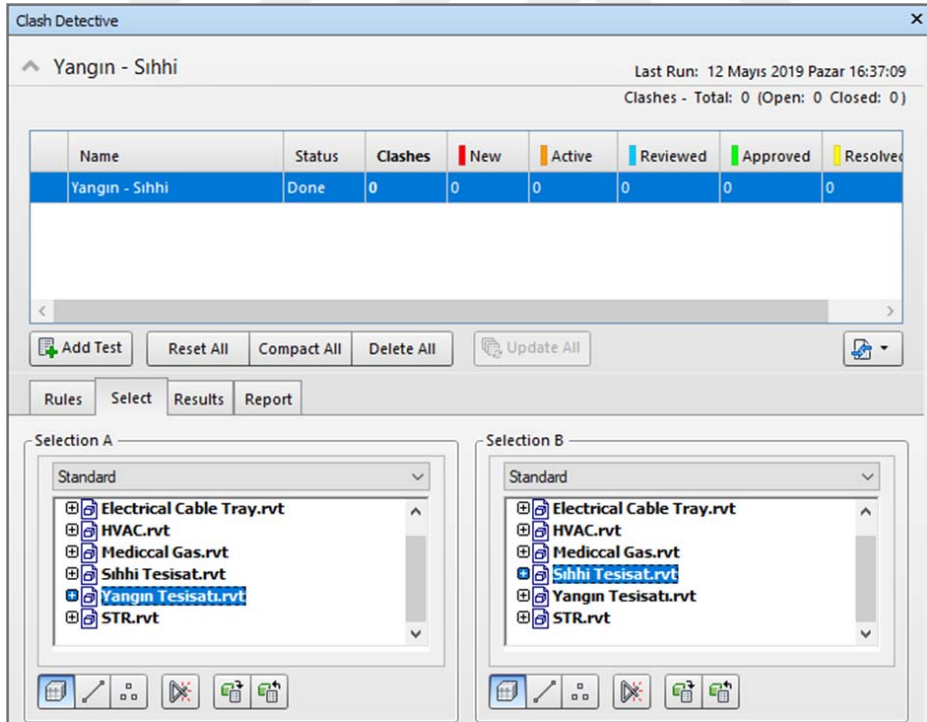
Mevcut 3 boyutlu modellere yapılan çakışma analizinde sprinkler tesisatı ile betonarme taşıyıcı sistem (Şekil 49), sıhhi tesisat düşey kolon hatları ile havalandırma tesisatı (Şekil 50), sıhhi tesisat düşey kolon hatları ile sprinkler tesisatı (Şekil 51), sıhhi tesisat düşey kolon hatları ile elektrik kablo tavası tesisatı (Şekil 52) arasında çakışma oluşmamıştır.



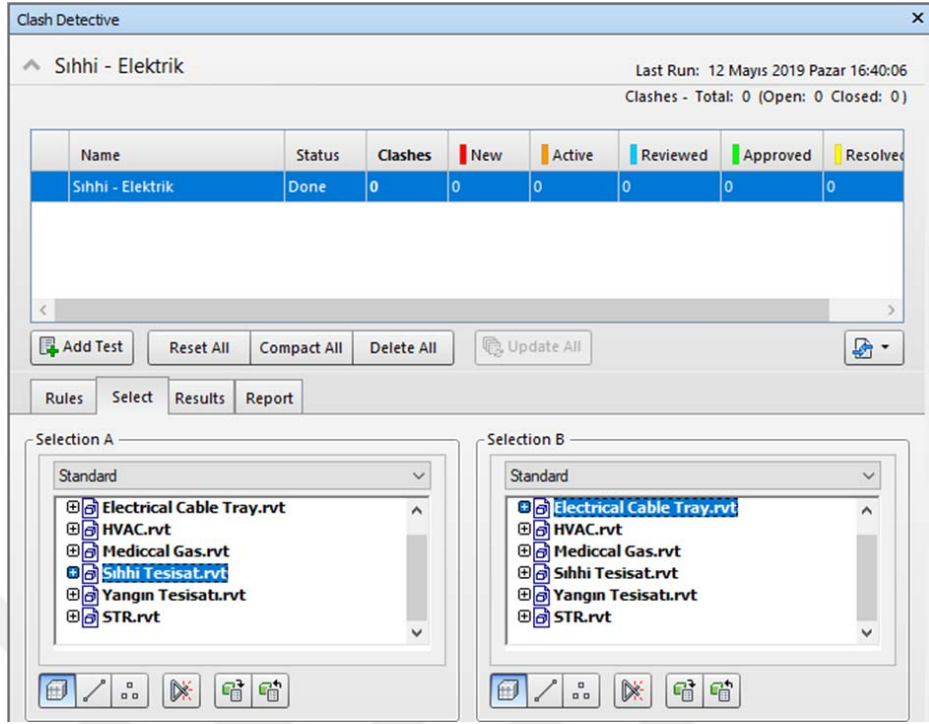
Şekil 49. Sprinkler tesisatı ve betonarme taşıyıcı sistem çakışma sayısı



Şekil 50. Havalandırma tesisatı ve sıhhi tesisat dikey kolon çakışma sayısı

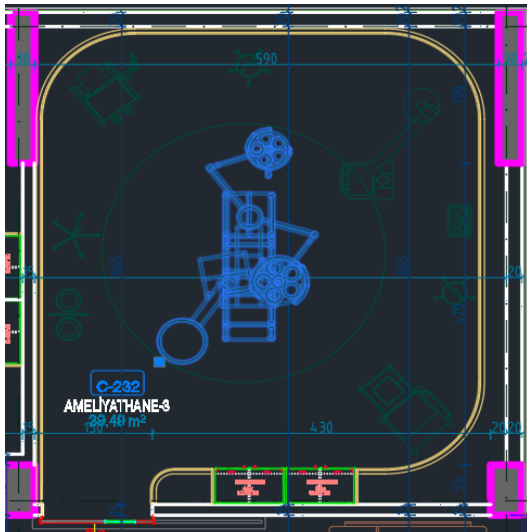


Şekil 51. Sprinkler tesisatı ve sıhhi tesisat dikey kolon çakışma sayısı

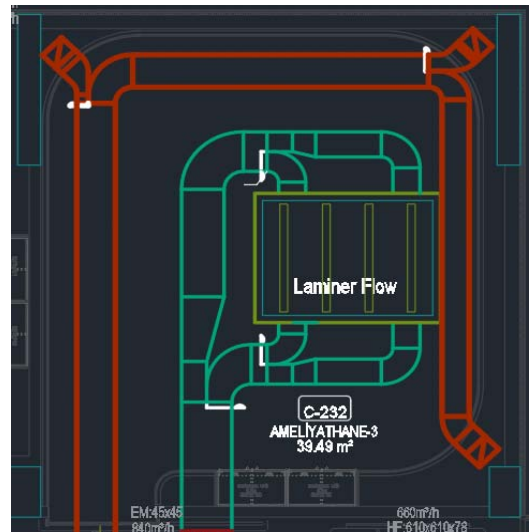


Şekil 52. Elektrik kablo tavası tesisatı ve sihhi tesisat dikey kolon çakışma sayısı

2 boyutlu projede 3 nolu ameliyathanenin laminar flow ünitesi mimari projede belirtilen ameliyathane masasının üzerinde ve ameliyathane masasını kapsayacak şekilde konumlandırılması gerekirken yanlış konumlandırıldığı (Şekil 53) 3 boyutlu model aracılığıyla tespit edilmiş ve gerekli düzeltme Şekil 54’de görüldüğü gibi yapılmıştır.

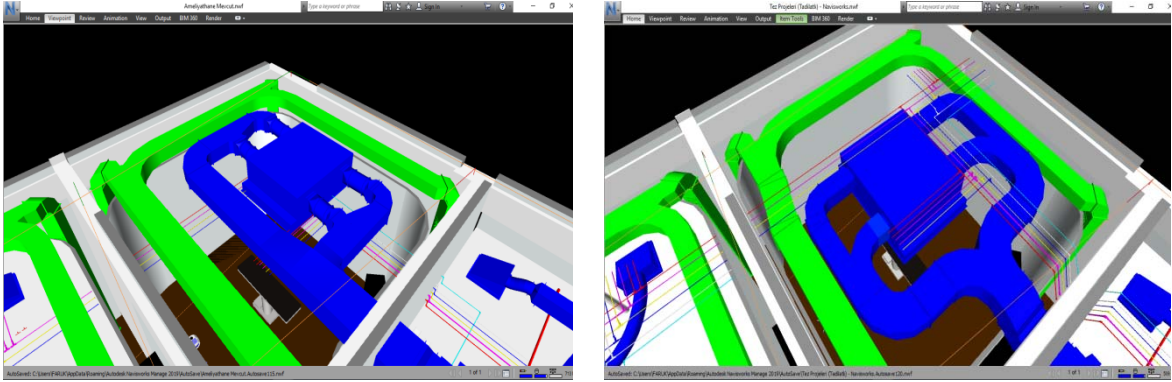


(a) 2 boyutlu mimari plan



(b) 2 boyutlu havalandırma planı

Şekil 53. Ameliyathane 3’ün iki boyutlu mimari ve havalandırma projesi

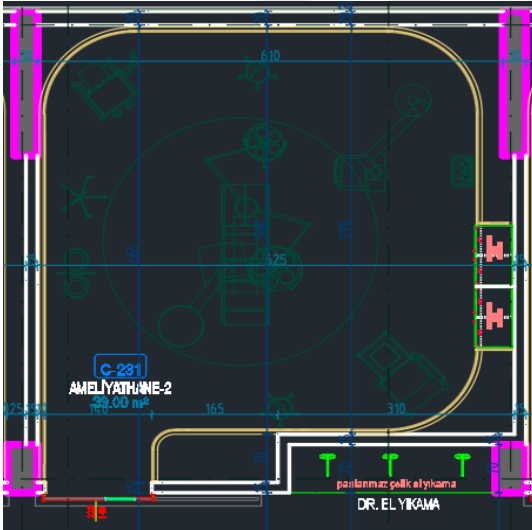


(a) Mevcut model

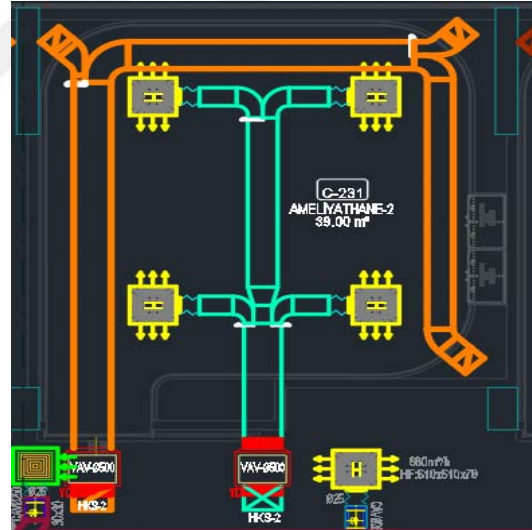
(b) Düzenlenmiş model

Şekil 54. Ameliyathane 3'ün laminar flow ünitesinin düzenlenmesi

2 boyutlu mimari projede ameliyathane lambasının tavan bağlantısı havalandırma projesindeki taze hava kanalıyla çakışmaktadır (Şekil 55). Gerekli düzenleme Şekil 56'daki gibi yapılarak havalandırma kanalı uygun şekilde oluşturulmuştur.

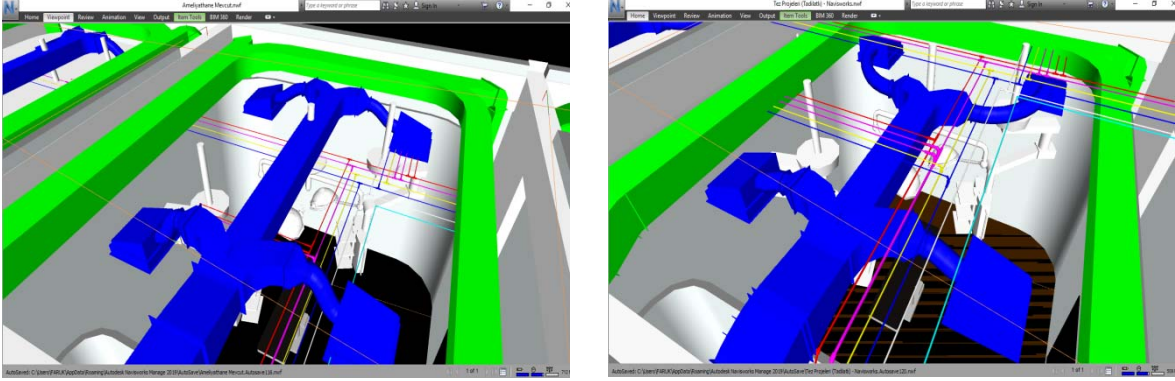


(a) 2 boyutlu mimari plan



(b) 2 boyutlu havalandırma planı

Şekil 55. Ameliyathane 2 boyutlu mimari ve havalandırma projesi



(a) Mevcut model

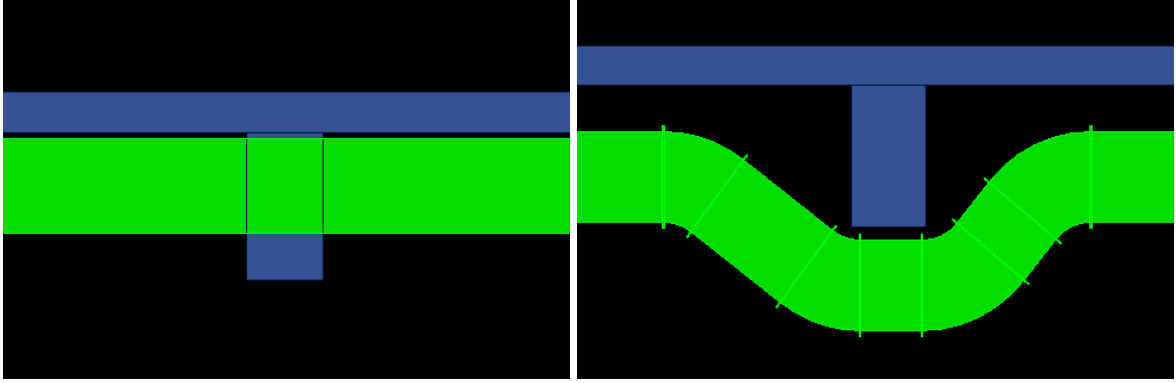
(b) Düzenlenmiş model

Şekil 56. Ameliyathane havalandırma kanalının düzenlenmesi

3.2. Basınç Kayıpları Karşılaştırması

Basınç kayıpları karşılaştırılması için ameliyathane departmanında en çok değişime uğrayan ve en geniş havalandırma tesisatı olan yardımcı mahallere ait havalandırma kanal tesisatı kullanılmıştır.

Havalandırma tesisatı düzeltilirken yardımcı mahallere ait taze hava sistemi asma tavan üst kotundan başlayacak şekilde kotu düşürülerek düzenlenmiştir. Bu yüzden bu sistem betonarme yapıyla çakışmamıştır. Sistem düşey mesafede daha aşağıya konumlandırıldığından difüzörlere yaklaşmış böylelikle basınç kayıpları azalmıştır. Egzoz hava sistemi ise taze hava sisteminin üzerinde ve kirişlerin kotunda olduğundan kiriş altlarından geçerken kot değiştirerek ilerlemiş ve bu kot değişimleri hat boyunca birçok defa tekrarlanmıştır. Kiriş altlarından geçen her bir havalandırma kanalına bu geçişler sebebiyle birkaç fittings eklenmiştir. Bu şekilde fazladan oluşan birçok fittings basınç kayıplarının artmasına sebep olmuştur. Şekil 57’de, 2 boyutlu çizimden oluşturulmuş 3 boyutlu modelde havalandırma kanalı kiriş geçişi ve düzenlenmiş hali gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi havalandırma kanalına 4 adet dirsek eklenmiştir.



(a) 2 boyutlu çizimin modeli

(b) 3 boyutlu modelin düzeltilmiş şekli

Şekil 57. Havalandırma kanalı giriş geçişi

Revit havalandırma kanallarında basınç kaybı hesabı için 3 farklı formül kullanır. Bunlar Altshul-Tsal Eşitliği (Şekil 58), Colebrook Eşitliği (Şekil 59) ve Haaland Eşitliğidir (Şekil 60). Kanal çaplandırma için ise hız, sürtünme, eş sürtünme ve statik geri kazanım yöntemlerinden birini ve/veya ikisini kullanır. Revit boru basınç kaybı için ise Colebrook Eşitliği (Şekil 61) ve Haaland Eşitliğini (Şekil 62) kullanır.

Calculation Method:

Altshul-Tsal Equation

For turbulent flow

$$f' = 0.11 \left(\frac{\epsilon}{D_h} + \frac{68}{Re_h} \right)^{0.25}$$

if ($f' \geq 0.018$); $f = f'$
if ($f' < 0.018$); $f = 0.85 * f' + 0.0028$

For laminar flow

$$f = 64 / Re_h$$

For transitional flow

$$f = 0$$

$$\Delta P = f (L/D_h) \rho (V_c^2 / 2)$$

Şekil 58. Revit havalandırma kanalı basınç kaybı hesabı Altshul-Tsal eşitliği arayüzü

Calculation Method:

Colebrook Equation

For transitional and turbulent flow

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3.7D_h} + \frac{2.51}{Re_h \sqrt{f}} \right)$$

For laminar flow

$$f = 64/Re_h$$

$$\Delta P = f (L/D_h) \rho (V_c^2/2)$$

Şekil 59. Revit havalandırma kanalı basınç kaybı hesabı Colebrook eşitliği arayüzü

Calculation Method:

Haaland Equation

For transitional and turbulent flow

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left[\left(\frac{\epsilon}{3.71D_e} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re_e} \right]$$

For laminar flow

$$f = 64/Re_e$$

$$\Delta P = f (L/D_e) \rho (V_e^2/2)$$

Şekil 60. Revit havalandırma kanalı basınç kaybı hesabı Haaland eşitliği arayüzü

Calculation Method:

Colebrook Equation

For transitional and turbulent flow

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

For laminar flow

$$f = 64 / Re_e$$

$$\Delta P = f(L/D)\rho(V^2/2)$$

$$\Delta P_f = \Delta P / L$$

$$r = \epsilon / D$$

$$V = q / A$$

$$\nu = \mu / \rho$$

$$Re = D^* V / \nu$$

Şekil 61. Revit boru basınç kaybı Colebrook eşitliği arayüzü

Calculation Method:

Haaland Equation

For transitional and turbulent flow

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left[\left(\frac{\epsilon}{3.7D} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{Re} \right]$$

For laminar flow

$$f = 64 / Re_e$$

$$\Delta P = f(L/D)\rho(V^2/2)$$

$$\Delta P_f = \Delta P / L$$

$$r = \epsilon / D$$

$$V = q / A$$

$$\nu = \mu / \rho$$

$$Re = D^* V / \nu$$

Şekil 62. Revit boru basınç kaybı Haaland eşitliği arayüzü

Model üzerinde yapılan basınç kaybı analizinde yapılan düzenlemeler neticesinde taze hava sistemi basınç kayıpları yaklaşık % 2,5 azalırken (Ek 1, Ek 2), egzoz hava basınç

kayıpları yaklaşık % 10,2 artmıştır (Ek 3, Ek 4). Böylece sistem seçimi için gerekli basınçlandırma değerleri daha doğru olarak elde edilebilmiştir.

3.3. Çalışmalardan Elde Edilen Bulgular ve Değerlendirmeler

Geleneksel yöntemde projelerin birbirinden ayrı olarak tasarlanmasından dolayı tesisat sistemlerinin kurulumu için yeterli boşluğun ne kadar olması gerektiği tespit edilememektedir. BIM yöntemiyle ise oluşturulan modellerden tesisat sistemleri için binada ayrılan boşluğun yetersiz olduğu tespit edilebilmiştir. Tesisat kanal ve boru sistemleri için ayrılan boşluğun düşey mesafesi yetersiz olduğundan tesisatlar hem kendi aralarında hem de diğer disiplinlere ait projelerdeki nesnelere çakışmıştır. Ayrıca sistemlerin ortak koridor ve ameliyathane odalarının koridorunda yoğunlaşması da çakışma sayısının fazla olmasına neden olmuştur. Bu sebeplerden dolayı sistemler kendileri için belirlenen yerlerden ilerlerken çok fazla kot değiştirerek tasarlanmak zorunda kalmıştır. Bu, tesisatlar için hem basınç kaybı sebebiyle yüksek enerji sarfiyatı oluşturacak hem de malzeme ve işçilik oranlarını arttıracaktır. Tesisat sistemlerinde basınç kaybı unsurlarını azaltarak daha fazla verim sağlanacak şekilde uygulanması için tesisatlar için öngörülen boşluğun mutlaka düzenlenmesi gerekmektedir. Bunun için taşıyıcı sistem kolonlarının düşey mesafelerinin azaltılacak şekilde yeniden tasarlanması, asma tavan kotunun mümkün olduğu ölçüde düşürülmesi ve mimari projede ameliyathane koridoruna çıkan koridor sayısı artırılarak sistemlerin yoğunluğunun dağıtılması gibi düzenlemelerle çakışma sayıları azaltılarak daha az enerji tüketen sistemler oluşturulabilmesi sağlanabilir.

Revit programında MEP modeli oluştururken nesnelere geometrik olarak boşlukta kapladıkları yer bakımından projeye işlenmektedir. Bu çalışmada tesisat sistemleri tasarımı için geleneksel yöntemde göre BIM'in sağladığı en büyük avantajlardan biri, sistemlerin 3 boyutlu halini oluşturarak ameliyathanedeki sistemlerin birbirlerine göre konumlarını tespit edebilmek olmuştur. Sistemlerin 3 boyutlu olarak birada görüntülenebilme imkanı mekanik projeler tasarlanırken tesisat yoğunluğunun dağıtılmasını sağlayacak şekilde tasarımlar oluşturulmasına imkan vermektedir. Böylelikle tesisat güzergahları çakışmaların azaltılmasına yönelik olarak belirlenebilmektedir. 3 boyutlu model sayesinde yapılan tüm düzenlemeler için uygun yerler daha net bir şekilde tespit edilmiştir. Modellemesi yapılan tesisatlardan sonra kalan boşluklar net bir şekilde görüldüğünden diğer tesisatlar için kullanılacak boşluklar belirlenebilmiştir. Tesisatlar için projeler oluşturulurken geleneksel

yöntemden farklı olarak her tesisat bir diğerine göre konumlandırılabilmiş ve sahada yaşanacak olası çakışma problemleri tasarım aşamasında maliyet, zaman, işgücü ve enerji kayıplarına neden olmayacak şekilde çözülebilmektedir. Bir diğer avantaj modelin 3 boyutlu olmasından dolayı sistemlere ait tüm parçaların net olarak ortaya çıkmasıdır. Böylelikle yapıda kullanılan sistemlere ait materyallerin metrajı hatasız bir şekilde oluşabilmektedir.

Bir binada mekanik tesisat projesi hazırlanırken çizim neticesinde ortaya çıkan tesisat kanal ve borularına ait fittingsleri yapılacak olan basınç kayıp hesapları için girdi oluşturmaktadır. 2 boyutlu yapılan çizimlerde bu girdileri sağlayan fittings tipleri ve sayıları 2 boyutlu plan düzleminde oluşmaktadır. Yapım aşamasında sistemlerin çakışmasından kaynaklanan kot değişimleri neticesinde oluşacak fittingsler 2 boyutlu projelerde tespit edilememektedir. Bu yüzden 2 boyutlu projelerde yapılan hesaplarda fittings tipleri ve sayıları eksik olarak hesaplanmakta ve buna bağlı olarak yapılan basınç kaybı hesabı ve cihaz seçimleri de hatalı olmaktadır. Örneğin havalandırma tesisatına ait 2 boyutlu projelerde havalandırma kanallarına ait fittingsler sadece iki boyutta olan fittingsler olarak basınç kaybı hesabına katılır. Öte yandan 3 boyutlu modelde çakışma yaşanan kısımlarda yükseklik farkından kaynaklanan fittingsler de basınç kaybı hesabına katılarak havalandırma merkezi klima santralinin fan gücü için daha doğru bir seçim yapılabilir.

Bir diğer avantaj yapılan düzenlemelerle sahada tekrar proje düzenlenmesine gerek kalmadan projede kullanılacak tüm ekipmanların net olarak ortaya çıkmış olmasıdır. Böylelikle yapım aşamasına geçilmeden sistemler için gerekli tüm ekipmanların teminleri sağlanabilir. Ayrıca MEP modelleri sayesinde prefabrikasyon modüllerde eklenebilir. Örneğin Şekil 63'de gösterildiği gibi bir medikal gaz vana kutusu boru bağlantıları fabrikasyon olarak yapılarak sahaya getirilebilir. Böylelikle saha montaj sayıları azalacak ve daha hızlı kurulumlar gerçekleştirilebilecektir.



Şekil 63. Medikal gaz tesisatı için vana kutusu ve boru birleşik fabrikasyon modeli

BIM bilgisayar programlarında bir mekanik tesisat modelini oluşturan nesneler arasında mantıksal ve geometrik kurallar olduğundan çizimler 2 boyutlu projelerden farklı olarak yapılabirliği denetlenerek oluşturulmaktadır. Mantıksal ve geometrik parametreler BIM yazılımlarında tanımlanabildiğinden bu parametrelere aykırı çizimler modelde oluşturulamamakta ve sonuçta ortaya çıkan mekanik tesisat modeli 2 boyutlu projelerden farklı olarak yapılabirliği denetlenmiş olarak projelendirilebilmektedir.

4. SONUÇLAR

Binalardaki mekanik tesisat projelerinin 2 boyutlu çizimler sonucunda uygulama zorlukları nedeniyle BIM'in gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

- Yapılan çalışma neticesinde ilk olarak BIM'in farklı disiplinlerle mutlaka işbirlikçi bir anlayışla uygulanması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
- Ulaşılan bir diğer sonuç binada mekanik tesisatlar için ayrılan boşlukların tesisatların yerleşimi için yeterli olup olmadığının 2 boyutlu projelerle anlaşılamayacağıdır.
- Geleneksel yöntemle hazırlanan 2 boyutlu tesisat projelerinde, yapım aşamasında kurulumları sırasında sistemlerin birbirleriyle ve diğer disiplinler ait imalatlarla çakışma yaşaması durumlarında nasıl bir yol izleneceği belirtilmemektedir. BIM'de ise bu çakışmalar tespit edilerek sahada yaşanacak olası problemler için çözümler tasarım aşamasında oluşturulabilmektedir.
- Fazla sayıda mekanik tesisat sistemleri barındıran binalar için tesisat sistemleri tasarlanırken BIM'in sunduğu tesisatların birbirlerine göre konumlarının 3 boyutlu olarak gözlemlenebilmesi olanağı sahada yaşanacak olası çakışmaların oluşmasını önlemek için etkili bir yöntemdir.
- Mekanik açıdan 3 boyutlu parametrik tasarım ve çakışma analizi projeler yapılırken inşa edilebilirliğin denetlenmesi açısından ve projenin amacına uygun olmasını sağlayabilecek tasarım alternatifleri oluşturmak için yararlı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sistemlerin birbirlerine göre durumları değerlendirilerek uygulama planı ve prefabrikasyon modüller de üretilebilir.
- Yapılan çalışmada 2D çizimle oluşturulan projelerde, uygulamaya dönük yapılan bazı hesaplamalarda, diğer sistemlerle çakışma yaşanması durumunda tesisat sistemlerine ait boru ve kanalların kot değiştirilerek oluşturulması nedeniyle eksik bilgi oluşabileceği anlaşılmıştır. 2D projelerde sadece 2 boyutta oluşan fittingsler hesaplamalara dahil edilirken 3D projelerde üçüncü boyutta oluşan fittingsler de hesaplamalara eklenmektedir. Böylece daha doğru seçimler yapılarak uygulamaya dönük projeler oluşturulabilir. Bu da projesi yapılan yapı

için gerekli malzeme siparişlerinin daha doğru ve zamanında verilmesini ve proje yapım süresinin nispeten daha kısılmasını sağlayacaktır.

- BIM çakışma analizi kullanılarak aynı yerden geçen iki sistem için çakışma oluşan kısımda düzenleme yapılabildiğinden sistemler 3 boyutlu olarak konumlandırılabilmekte ve böylece sistemlerin kurulum aşamasında yeniden işleme, işgücü, zaman kayıplarının önüne geçilebilme imkanı olacaktır.



5. ÖNERİLER

- İleride BIM'in etkin kullanılmasını sağlamak adına tüm teknik uzmanlıkları içeren ekip çalışmaları yapılmalıdır. Hatta yapının ilgili olduğu uzmanlıklar da (ameliyathaneler için tıp personeli gibi) tasarıma katılarak oluşturulan projelerde ne gibi avantajlar sağlandığı konusunda çalışmalar yapılabilir.
- Ayrıca BIM yöntemiyle mekanik tesisatlar oluşturulurken analiz unsurları göz önünde bulundurularak farklı tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi üzerine araştırmalar yapılabilir.



6. KAYNAKLAR

1. https://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=184 Buğday. 20 Nisan 2019.
2. Khanzode, A., Fischer, M., Reed, D., Benefits and lessons learned of implementing building virtual design and construction (VDC) technologies for coordination of mechanical, electrical, and plumbing (MEP) systems on a large healthcare project, ITcon 13, Special Issue Case studies of BIM use, 324-342, <http://www.itcon.org/2008/22>
3. Samarasinghe, T., Mendis, P., Aye, L., Gunawardena, T., Fernando, S. ve Karunaratne, R., BIM and Modular MEP Systems For Super-Tall and Mega-Tall Buildings, 8th International Conference on Structural Engineering and Construction Management, 2017, ICSECM2017-465, 19-27.
4. <https://www.thesisat.org/thesisat-nedir-ve-thesisat-cesitleri-nelerdir.html> Tesisat. 23 Mart 2019.
5. Zuppa, D., Issa, R., ve Suermann, P., BIM's Impact on the Success Measures of Construction Projects, Computing in Civil Engineering, (2009), 503-512.
6. Li, J., Hou, L., Wang, X., Wang, J., Guo, J., Zhang, S., ve Jiao, Y., A Project-based Quantification of BIM Benefits. *Int J Adv Robot Syst*, 11 (2014) 123.
7. Azhar, S., Hein, M., Sketo, B., Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges, Leadership and Management in Engineering, 11 (2011) 241-252.
8. Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J.Y.N., ve Leung, B.H.Y. 'Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects', Proceedings of the First International Conference on Construction in Developing Countries (ICCIDC-I), Karachi, Pakistan, Ağustos 2008, 4-5.
9. Raut, S. ve Valunekar, S., Improve the Productivity of Building Construction Project using Clash detection Application in Building Information Modeling, 4, 3 (2017) 1784-1790.
10. Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood, T., Building Information Modelling (BIM): Now and Beyond, Australian Journal of Construction Economics and Building, 12, 4 (2012) 15-28.
11. Succar B., Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders, Automation in Construction 18, 3 (2009) 357 – 375.

12. NBIMS., National Institute of Building Sciences, National BIM Standard, 2007.
13. Bolpagni, M., The Implementation of BIM Within The Public Procurement, Yüksek Lisans Tezi, VTT Technical Research Centre of Finland, Finland, 2013.
14. Isikdag, U. ve Underwood, J., A Synopsis of the Handbook of Research on Building Information Modelling. W078-Special Track 18th CIB World Building Congress 2010 Salford, United Kingdom, 2010, 84.
15. Ilhan, B. ve Yaman, H., Meta-Analysis of Building Information Modeling Literature in Construction, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 3, 4 (2013) 373-379
16. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks ,R. ve Liston, K., BIM Handbook :A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd edn. New Jersey: John Wiley & Son, Inc., 2011.
17. Smith P., BIM implementation – global strategies, Procedia Engineering, 85 (2014) 482 – 492.
18. AIA, American Institute of Architects, Document G202–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form, <http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>. 20 Nisan 2019.
19. CRC Construction Innovation, Adopting BIM for Facilities Management: Solutions for Managing the Sydney Opera House, Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia, 2007.
20. <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-03565843-BB48-4707-B54C-39D6E8E51880-htm.html>. 10 Nisan 2019.
21. <https://www.graphisoft.com/archicad/>. 10 Nisan 2019.
22. <https://www.tekla.com/products/tekla-structures>. 10 Nisan 2019.
23. <https://www.allplan.com/en/products/solution-portfolio/>. 10 Nisan 2019.
24. <https://www.vectorworks.net/bim>. 10 Nisan 2019.
25. Özer, M., Bir Ameliyathane Klima Santrali Tasarımı, Termodinamik Testleri Ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.
26. Anıl, O., Arslan, A., Boylu, A., Evren, E., Gacaner, G., Gencer, Ü., İşbilen, İ., Kayacan, A., Tunç, T., Tursun, C. ve Ulutepe, L., Hastane Hijyenik Alanlarının Klima ve Havalandırma Proje Hazırlama Esasları, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Mayıs 2009, İzmir, 1205-1229.

27. Anıl, O., Mobedi, M. ve Özerdem, M., Hastane Hijyenik Ortamları İçin Klima Ve Havalandırma Sistemleri Tasarım Parametreleri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Ekim 2007, İzmir, 497-509.
28. Kırbaş, C., Hastanelerde Mimari-Mekanik Proje Tasarımı ve Uygulama Esasları, Tesisat Mühendisliği, 127, 15-30, 2012.
29. Bilge, M. ve Bilge D., Temiz Oda Tasarım Kriterleri Ve Testleri, <http://www.ttmd.org.tr/Yayinlar/TTMD-Dergisi#gallery-295>, 18 Nisan 2019.
30. Özgür, K., Hastanelerde Ameliyathanelerin Hijyenik Olarak Klimatize Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
31. Kenter H., Hastanelerde Steril Alan Planlama Kriterleri, <http://www.ttmd.org.tr/Yayinlar/TTMD-Dergisi#gallery-295>, 18 Nisan 2019.
32. Lavanya, N. ve Prasad, D., 3D Modeling and Clash Deduction of PBS-Television Center, Hawaii World Journal of Research and Review (WJRR), ISSN:2455-3956, 4, 6 (2017) 19-24.

7. EKLER

EK 1. Mevcut model taze hava basınç kayıpları raporu

Duct Pressure Loss Report										
Project Name		Project Name								
Project Issue Date		Issue Date								
Project Status		Project Status								
Client Name		Owner								
Project Address		Enter address here								
Project Number		Project Number								
Organization Name										
Organization Description										
Building Name										
Author										
Run Time		09.05.2019 15:37:34								
Mechanical Supply Air 5										
System Information										
System Classification		Supply Air								
System Type		Taze Hava								
System Name		Mechanical Supply Air 5								
Abbreviation										
Total Pressure Loss Calculations by Sections										
Section	Element	Flow	Size	Velocity	Velocity Pressure	Length	Loss Coefficient	Fric0on	Total Pressure Loss	Section Pressure Loss
1	Duct	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	-	373	-	2.09 Pa/m	0.8 Pa	161.7 Pa
	Fittings	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	160.9 Pa	
2	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	3694	-	0.45 Pa/m	1.7 Pa	3.2 Pa
	Fittings	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0.30093	-	1.5 Pa	
3	Duct	1280.0 m³/h	350x300	3.4 m/s	-	2756	-	0.44 Pa/m	1.2 Pa	7.8 Pa
	Fittings	1280.0 m³/h	-	3.4 m/s	6.9 Pa	-	0.953608	-	6.6 Pa	
4	Duct	1940.0 m³/h	400x350	3.8 m/s	-	279	-	0.46 Pa/m	0.1 Pa	1.1 Pa
	Fittings	1940.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.9 Pa	-	0.10735	-	1.0 Pa	
5	Duct	2600.0 m³/h	450x350	4.6 m/s	-	7889	-	0.59 Pa/m	4.7 Pa	4.7 Pa
	Fittings	2600.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
6	Duct	3920.0 m³/h	500x350	6.2 m/s	-	2608	-	0.99 Pa/m	2.6 Pa	2.6 Pa
	Fittings	3920.0 m³/h	-	6.2 m/s	23.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
7	Duct	3920.0 m³/h	750x400	3.6 m/s	-	373	-	0.27 Pa/m	0.1 Pa	3.9 Pa
	Fittings	3920.0 m³/h	-	3.6 m/s	7.9 Pa	-	0.477055	-	3.8 Pa	
8	Duct	6520.0 m³/h	750x400	6.0 m/s	-	5304	-	0.70 Pa/m	3.7 Pa	10.9 Pa
	Fittings	6520.0 m³/h	-	6.0 m/s	21.9 Pa	-	0.325084	-	7.1 Pa	
9	Duct	7500.0 m³/h	750x400	6.9 m/s	-	2389	-	0.92 Pa/m	2.2 Pa	2.5 Pa
	Fittings	7500.0 m³/h	-	6.9 m/s	29.0 Pa	-	0.011765	-	0.3 Pa	
10	Duct	7500.0 m³/h	850x400	6.1 m/s	-	476	-	0.69 Pa/m	0.3 Pa	1.5 Pa
	Fittings	7500.0 m³/h	-	6.1 m/s	22.6 Pa	-	0.052222	-	1.2 Pa	

Ek-1'in devamı

11	Duct	8100.0 m ³ /h	850x400	6.6 m/s	-	49	-	0.80 Pa/m	0.0 Pa	2.1 Pa
	Fitngs	8100.0 m ³ /h	-	6.6 m/s	26.3 Pa	-	0.078541	-	2.1 Pa	
12	Duct	9320.0 m ³ /h	850x400	7.6 m/s	-	4713	-	1.03 Pa/m	4.9 Pa	6.7 Pa
	Fitngs	9320.0 m ³ /h	-	7.6 m/s	34.9 Pa	-	0.053715	-	1.9 Pa	
13	Duct	10120.0 m ³ /h	850x400	8.3 m/s	-	541	-	1.21 Pa/m	0.7 Pa	0.9 Pa
	Fitngs	10120.0 m ³ /h	-	8.3 m/s	41.1 Pa	-	0.005556	-	0.2 Pa	
14	Duct	10120.0 m ³ /h	900x400	7.8 m/s	-	372	-	1.06 Pa/m	0.4 Pa	2.1 Pa
	Fitngs	10120.0 m ³ /h	-	7.8 m/s	36.7 Pa	-	0.047844	-	1.8 Pa	
15	Duct	10760.0 m ³ /h	900x400	8.3 m/s	-	2653	-	1.19 Pa/m	3.2 Pa	38.7 Pa
	Fitngs	10760.0 m ³ /h	-	8.3 m/s	41.4 Pa	-	0.857611	-	35.5 Pa	
16	Duct	15590.0 m ³ /h	1250x400	8.7 m/s	-	1969	-	1.16 Pa/m	2.3 Pa	10.4 Pa
	Fitngs	15590.0 m ³ /h	-	8.7 m/s	45.1 Pa	-	0.18025	-	8.1 Pa	
17	Duct	630.0 m ³ /h	-	5.6 m/s	-	392	-	1.98 Pa/m	0.8 Pa	158.5 Pa
	Fitngs	630.0 m ³ /h	-	5.6 m/s	18.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	630.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	157.7 Pa	
18	Duct	630.0 m ³ /h	250x250	2.8 m/s	-	410	-	0.43 Pa/m	0.2 Pa	5.2 Pa
	Fitngs	630.0 m ³ /h	-	2.8 m/s	4.7 Pa	-	1.063296	-	5.0 Pa	
19	Duct	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	-	345	-	2.15 Pa/m	0.7 Pa	163.3 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	20.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	660.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	162.6 Pa	
20	Duct	660.0 m ³ /h	250x250	2.9 m/s	-	2230	-	0.47 Pa/m	1.0 Pa	3.3 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	2.9 m/s	5.2 Pa	-	0.434972	-	2.3 Pa	
21	Duct	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	-	239	-	2.15 Pa/m	0.5 Pa	163.1 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	20.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	660.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	162.6 Pa	
22	Duct	660.0 m ³ /h	250x250	2.9 m/s	-	660	-	0.47 Pa/m	0.3 Pa	11.1 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	2.9 m/s	5.2 Pa	-	2.089353	-	10.8 Pa	
23	Duct	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	-	371	-	2.15 Pa/m	0.8 Pa	163.4 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	20.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	660.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	162.6 Pa	
24	Duct	660.0 m ³ /h	250x250	2.9 m/s	-	677	-	0.47 Pa/m	0.3 Pa	4.3 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	2.9 m/s	5.2 Pa	-	0.767347	-	4.0 Pa	
25	Duct	1320.0 m ³ /h	350x250	4.2 m/s	-	1731	-	0.73 Pa/m	1.3 Pa	1.6 Pa
	Fitngs	1320.0 m ³ /h	-	4.2 m/s	10.6 Pa	-	0.031535	-	0.3 Pa	
26	Fitngs	1320.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	5.4 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
27	Duct	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	-	382	-	2.15 Pa/m	0.8 Pa	163.4 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	5.8 m/s	20.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	660.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	162.6 Pa	
28	Duct	660.0 m ³ /h	250x250	2.9 m/s	-	7225	-	0.47 Pa/m	3.4 Pa	4.3 Pa
	Fitngs	660.0 m ³ /h	-	2.9 m/s	5.2 Pa	-	0.184522	-	1.0 Pa	
29	Duct	800.0 m ³ /h	-	7.1 m/s	-	308	-	3.07 Pa/m	0.9 Pa	185.4 Pa
	Fitngs	800.0 m ³ /h	-	7.1 m/s	30.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	800.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	184.5 Pa	
30	Duct	800.0 m ³ /h	300x300	2.5 m/s	-	372	-	0.27 Pa/m	0.1 Pa	10.0 Pa
	Fitngs	800.0 m ³ /h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	2.705165	-	9.9 Pa	

Ek-1'in devamı

31	Duct	2600.0 m³/h	450x350	4.6 m/s	-	671	-	0.59 Pa/m	0.4 Pa	16.4 Pa
	Fitngs	2600.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.6 Pa	-	1.26569	-	16.0 Pa	
32	Duct	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	-	418	-	3.07 Pa/m	1.3 Pa	185.8 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	30.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	800.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	184.5 Pa	
33	Duct	800.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	1725	-	0.27 Pa/m	0.5 Pa	1.2 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	0.208667	-	0.8 Pa	
34	Duct	800.0 m³/h	500x350	1.3 m/s	-	321	-	0.06 Pa/m	0.0 Pa	2.5 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	1.3 m/s	1.0 Pa	-	2.539047	-	2.5 Pa	
35	Duct	2100.0 m³/h	500x350	3.3 m/s	-	57	-	0.31 Pa/m	0.0 Pa	1.1 Pa
	Fitngs	2100.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.7 Pa	-	0.163636	-	1.1 Pa	
36	Duct	2750.0 m³/h	500x350	4.4 m/s	-	1598	-	0.51 Pa/m	0.8 Pa	1.7 Pa
	Fitngs	2750.0 m³/h	-	4.4 m/s	11.5 Pa	-	0.080246	-	0.9 Pa	
37	Duct	3550.0 m³/h	500x400	4.9 m/s	-	3560	-	0.59 Pa/m	2.1 Pa	3.1 Pa
	Fitngs	3550.0 m³/h	-	4.9 m/s	14.6 Pa	-	0.068045	-	1.0 Pa	
38	Duct	4330.0 m³/h	550x400	5.5 m/s	-	3356	-	0.68 Pa/m	2.3 Pa	3.4 Pa
	Fitngs	4330.0 m³/h	-	5.5 m/s	18.0 Pa	-	0.062112	-	1.1 Pa	
39	Duct	4830.0 m³/h	550x400	6.1 m/s	-	294	-	0.83 Pa/m	0.2 Pa	48.3 Pa
	Fitngs	4830.0 m³/h	-	6.1 m/s	22.4 Pa	-	2.149197	-	48.1 Pa	
40	Duct	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	-	423	-	3.07 Pa/m	1.3 Pa	185.8 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	30.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	800.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	184.5 Pa	
41	Duct	800.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	61	-	0.27 Pa/m	0.0 Pa	12.6 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	3.421761	-	12.5 Pa	
42	Duct	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	-	372	-	3.07 Pa/m	1.1 Pa	185.6 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	30.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	800.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	184.5 Pa	
43	Duct	800.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	508	-	0.27 Pa/m	0.1 Pa	6.0 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	1.596913	-	5.9 Pa	
44	Duct	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	-	405	-	2.09 Pa/m	0.8 Pa	161.8 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	160.9 Pa	
45	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	229	-	0.45 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
46	Fitngs	650.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.5 Pa	-	0.6	-	2.1 Pa	2.1 Pa
47	Duct	1300.0 m³/h	350x300	3.4 m/s	-	6584	-	0.45 Pa/m	3.0 Pa	7.9 Pa
	Fitngs	1300.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.1 Pa	-	0.697619	-	5.0 Pa	
48	Duct	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	-	410	-	2.09 Pa/m	0.9 Pa	161.8 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	160.9 Pa	
49	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	175	-	0.45 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
50	Fitngs	650.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.5 Pa	-	0.6	-	2.1 Pa	2.1 Pa
51	Duct	600.0 m³/h	-	5.3 m/s	-	394	-	1.81 Pa/m	0.7 Pa	168.1 Pa
	Fitngs	600.0 m³/h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	600.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
52	Duct	600.0 m³/h	250x250	2.7 m/s	-	4766	-	0.39 Pa/m	1.9 Pa	4.1 Pa
	Fitngs	600.0 m³/h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.520018	-	2.2 Pa	
53	Duct	490.0 m³/h	-	4.3 m/s	-	397	-	1.25 Pa/m	0.5 Pa	147.1 Pa
	Fitngs	490.0 m³/h	-	4.3 m/s	11.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	490.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	146.6 Pa	
54	Duct	490.0 m³/h	250x200	2.7 m/s	-	3107	-	0.47 Pa/m	1.5 Pa	3.3 Pa
	Fitngs	490.0 m³/h	-	2.7 m/s	4.5 Pa	-	0.411067	-	1.8 Pa	
55	Duct	980.0 m³/h	300x250	3.6 m/s	-	1640	-	0.61 Pa/m	1.0 Pa	9.4 Pa
	Fitngs	980.0 m³/h	-	3.6 m/s	7.9 Pa	-	1.054333	-	8.4 Pa	

Ek-1'in devamı

81	Duct	240.0 m ³ /h	200x150	2.2 m/s	-	2510	-	0.45 Pa/m	1.1 Pa	4.6 Pa
	Fitngs	240.0 m ³ /h	-	2.2 m/s	3.0 Pa	-	1.154	-	3.4 Pa	
82	Duct	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	-	466	-	1.81 Pa/m	0.8 Pa	168.3 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	600.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
83	Duct	600.0 m ³ /h	250x250	2.7 m/s	-	386	-	0.39 Pa/m	0.2 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.322288	-	1.4 Pa	
84	Duct	1220.0 m ³ /h	350x300	3.2 m/s	-	5730	-	0.40 Pa/m	2.3 Pa	14.4 Pa
	Fitngs	1220.0 m ³ /h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	1.938291	-	12.1 Pa	
85	Duct	620.0 m ³ /h	-	5.5 m/s	-	422	-	1.92 Pa/m	0.8 Pa	171.9 Pa
	Fitngs	620.0 m ³ /h	-	5.5 m/s	18.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	620.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	171.1 Pa	
86	Duct	620.0 m ³ /h	250x250	2.8 m/s	-	3322	-	0.42 Pa/m	1.4 Pa	6.9 Pa
	Fitngs	620.0 m ³ /h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	1.199953	-	5.5 Pa	
87	Duct	240.0 m ³ /h	-	2.8 m/s	-	325	-	0.66 Pa/m	0.2 Pa	101.7 Pa
	Fitngs	240.0 m ³ /h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	240.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	101.5 Pa	
88	Duct	240.0 m ³ /h	200x200	1.7 m/s	-	15	-	0.22 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	240.0 m ³ /h	-	1.7 m/s	1.7 Pa	-	0.020249	-	0.0 Pa	
89	Fitngs	240.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	1.1 Pa	-	6.7075	-	7.2 Pa	7.2 Pa
90	Duct	640.0 m ³ /h	250x200	3.6 m/s	-	5425	-	0.76 Pa/m	4.1 Pa	6.5 Pa
	Fitngs	640.0 m ³ /h	-	3.6 m/s	7.6 Pa	-	0.316111	-	2.4 Pa	
91	Duct	400.0 m ³ /h	-	4.6 m/s	-	436	-	1.66 Pa/m	0.7 Pa	142.7 Pa
	Fitngs	400.0 m ³ /h	-	4.6 m/s	12.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	400.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	142.0 Pa	
92	Duct	400.0 m ³ /h	200x200	2.8 m/s	-	10	-	0.56 Pa/m	0.0 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	400.0 m ³ /h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0.02	-	0.1 Pa	
93	Fitngs	400.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	3.0 Pa	-	1.9925	-	5.9 Pa	5.9 Pa
94	Duct	490.0 m ³ /h	-	4.3 m/s	-	425	-	1.25 Pa/m	0.5 Pa	147.1 Pa
	Fitngs	490.0 m ³ /h	-	4.3 m/s	11.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
	Air	490.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	146.6 Pa	
95	Fitngs	490.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	4.5 Pa	-	1.29	-	5.7 Pa	5.7 Pa
Cri0cal Path : 16-15-14-13-12-11-10-9-8-31-30-29 ; Total Pressure Loss : 287.8 Pa										

EK 2. Düzenlenmiş model taze hava basınç kayıpları raporu

Duct Pressure Loss Report										
Project Name		Project Name								
Project Issue Date		Issue Date								
Project Status		Project Status								
Client Name		Owner								
Project Address		Enter address here								
Project Number		Project Number								
Organiza0on Name										
Organiza0on Descrip0on										
Building Name										
Author										
Run Time		09.05.2019 18:33:04								
Mechanical Supply Air 5										
System Informa0on										
System Classifica0on		Supply Air								
System Type		Taze Hava								
System Name		Mechanical Supply Air 5								
Abbrevia0on										
Total Pressure Loss Calcula0ons by Sec0ons										
Sec0on	Element	Flow	Size	Velocity	Velocity Pressure	Length	Loss Coe□cient	Fric0on	Total Pressure Loss	Sec0on Pressure Loss
1	Duct	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	-	348	-	2.09 Pa/m	0.7 Pa	163.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.9 Pa	-	0.069628	-	1.4 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	160.9 Pa	
2	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	3744	-	0.45 Pa/m	1.7 Pa	3.0 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0.257852	-	1.3 Pa	
3	Duct	650.0 m³/h	350x300	1.7 m/s	-	432	-	0.13 Pa/m	0.1 Pa	1.7 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	1.7 m/s	1.8 Pa	-	0.950156	-	1.7 Pa	
4	Duct	1280.0 m³/h	350x300	3.4 m/s	-	2807	-	0.44 Pa/m	1.2 Pa	7.8 Pa
	Fitngs	1280.0 m³/h	-	3.4 m/s	6.9 Pa	-	0.953608	-	6.6 Pa	
5	Duct	1940.0 m³/h	400x350	3.8 m/s	-	705	-	0.46 Pa/m	0.3 Pa	0.4 Pa
	Fitngs	1940.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.9 Pa	-	0.011111	-	0.1 Pa	
6	Duct	1940.0 m³/h	450x350	3.4 m/s	-	530	-	0.35 Pa/m	0.2 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	1940.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.0 Pa	-	0.184615	-	1.3 Pa	
7	Duct	2600.0 m³/h	450x350	4.6 m/s	-	8264	-	0.59 Pa/m	4.9 Pa	22.7 Pa
	Fitngs	2600.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.6 Pa	-	1.405102	-	17.8 Pa	
8	Duct	3920.0 m³/h	500x350	6.2 m/s	-	3153	-	0.99 Pa/m	3.1 Pa	4.1 Pa
	Fitngs	3920.0 m³/h	-	6.2 m/s	23.3 Pa	-	0.043763	-	1.0 Pa	
9	Duct	3920.0 m³/h	750x400	3.6 m/s	-	411	-	0.27 Pa/m	0.1 Pa	3.9 Pa
	Fitngs	3920.0 m³/h	-	3.6 m/s	7.9 Pa	-	0.477055	-	3.8 Pa	
10	Duct	6520.0 m³/h	750x400	6.0 m/s	-	5434	-	0.70 Pa/m	3.8 Pa	9.2 Pa
	Fitngs	6520.0 m³/h	-	6.0 m/s	21.9 Pa	-	0.246684	-	5.4 Pa	
11	Duct	7500.0 m³/h	750x400	6.9 m/s	-	2091	-	0.92 Pa/m	1.9 Pa	2.3 Pa
	Fitngs	7500.0 m³/h	-	6.9 m/s	29.0 Pa	-	0.011765	-	0.3 Pa	
12	Duct	7500.0 m³/h	850x400	6.1 m/s	-	933	-	0.69 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	7500.0 m³/h	-	6.1 m/s	22.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
13	Duct	8100.0 m³/h	850x400	6.6 m/s	-	89	-	0.80 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	8100.0 m³/h	-	6.6 m/s	26.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
14	Duct	9320.0 m³/h	850x400	7.6 m/s	-	4513	-	1.03 Pa/m	4.7 Pa	4.7 Pa
	Fitngs	9320.0 m³/h	-	7.6 m/s	34.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
15	Duct	10120.0 m³/h	850x400	8.3 m/s	-	503	-	1.21 Pa/m	0.6 Pa	0.8 Pa
	Fitngs	10120.0 m³/h	-	8.3 m/s	41.1 Pa	-	0.005556	-	0.2 Pa	

Ek-2'nin devamı

36	Duct	800.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	1620	-	0.27 Pa/m	0.4 Pa	1.4 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	0.258383	-	0.9 Pa	
37	Duct	800.0 m³/h	500x350	1.3 m/s	-	358	-	0.06 Pa/m	0.0 Pa	2.5 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	1.3 m/s	1.0 Pa	-	2.539047	-	2.5 Pa	
38	Duct	2100.0 m³/h	500x350	3.3 m/s	-	57	-	0.31 Pa/m	0.0 Pa	1.1 Pa
	Fitngs	2100.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.7 Pa	-	0.163636	-	1.1 Pa	
39	Duct	2750.0 m³/h	500x350	4.4 m/s	-	1110	-	0.51 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	2750.0 m³/h	-	4.4 m/s	11.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
40	Duct	2750.0 m³/h	500x400	3.8 m/s	-	266	-	0.37 Pa/m	0.1 Pa	1.4 Pa
	Fitngs	2750.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.8 Pa	-	0.150423	-	1.3 Pa	
41	Duct	3550.0 m³/h	500x400	4.9 m/s	-	4116	-	0.59 Pa/m	2.4 Pa	2.5 Pa
	Fitngs	3550.0 m³/h	-	4.9 m/s	14.6 Pa	-	0.009091	-	0.1 Pa	
42	Duct	3550.0 m³/h	550x400	4.5 m/s	-	375	-	0.47 Pa/m	0.2 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	3550.0 m³/h	-	4.5 m/s	12.1 Pa	-	0.108083	-	1.3 Pa	
43	Duct	4330.0 m³/h	550x400	5.5 m/s	-	4019	-	0.68 Pa/m	2.7 Pa	3.8 Pa
	Fitngs	4330.0 m³/h	-	5.5 m/s	18.0 Pa	-	0.062112	-	1.1 Pa	
44	Duct	4830.0 m³/h	550x400	6.1 m/s	-	257	-	0.83 Pa/m	0.2 Pa	48.3 Pa
	Fitngs	4830.0 m³/h	-	6.1 m/s	22.4 Pa	-	2.149197	-	48.1 Pa	
45	Duct	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	-	371	-	3.07 Pa/m	1.1 Pa	187.1 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	30.1 Pa	-	0.050206	-	1.5 Pa	
	Air	800.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	184.5 Pa	
46	Duct	800.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	414	-	0.27 Pa/m	0.1 Pa	12.7 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	3.421761	-	12.5 Pa	
47	Duct	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	-	333	-	3.07 Pa/m	1.0 Pa	187.0 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	7.1 m/s	30.1 Pa	-	0.050206	-	1.5 Pa	
	Air	800.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	184.5 Pa	
48	Duct	800.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	378	-	0.27 Pa/m	0.1 Pa	6.0 Pa
	Fitngs	800.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	1.596913	-	5.9 Pa	
49	Duct	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	-	355	-	2.09 Pa/m	0.7 Pa	163.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.9 Pa	-	0.069628	-	1.4 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	160.9 Pa	
50	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	229	-	0.45 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
51	Fitngs	650.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.5 Pa	-	0.6	-	2.1 Pa	2.1 Pa
52	Duct	1300.0 m³/h	350x300	3.4 m/s	-	6479	-	0.45 Pa/m	2.9 Pa	7.9 Pa
	Fitngs	1300.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.1 Pa	-	0.697619	-	5.0 Pa	
53	Duct	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	-	361	-	2.09 Pa/m	0.8 Pa	163.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.9 Pa	-	0.069628	-	1.4 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	160.9 Pa	
54	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	175	-	0.45 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
55	Fitngs	650.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.5 Pa	-	0.6	-	2.1 Pa	2.1 Pa

Ek-2'nin devamı

56	Duct	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	-	236	-	1.81 Pa/m	0.4 Pa	169.0 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0.069628	-	1.2 Pa	
	Air	600.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
57	Duct	600.0 m ³ /h	250x250	2.7 m/s	-	4736	-	0.39 Pa/m	1.9 Pa	4.1 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.520018	-	2.2 Pa	
58	Duct	490.0 m ³ /h	-	4.3 m/s	-	339	-	1.25 Pa/m	0.4 Pa	147.6 Pa
	Fitngs	490.0 m ³ /h	-	4.3 m/s	11.3 Pa	-	0.052035	-	0.6 Pa	
	Air	490.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	146.6 Pa	
59	Duct	490.0 m ³ /h	250x200	2.7 m/s	-	3107	-	0.47 Pa/m	1.5 Pa	3.3 Pa
	Fitngs	490.0 m ³ /h	-	2.7 m/s	4.5 Pa	-	0.411067	-	1.8 Pa	
60	Duct	980.0 m ³ /h	300x250	3.6 m/s	-	1770	-	0.61 Pa/m	1.1 Pa	9.4 Pa
	Fitngs	980.0 m ³ /h	-	3.6 m/s	7.9 Pa	-	1.054333	-	8.4 Pa	
61	Duct	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	-	298	-	1.81 Pa/m	0.5 Pa	169.1 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0.069628	-	1.2 Pa	
	Air	600.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
62	Duct	600.0 m ³ /h	250x250	2.7 m/s	-	2915	-	0.39 Pa/m	1.1 Pa	2.2 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.257852	-	1.1 Pa	
63	Duct	600.0 m ³ /h	350x300	1.6 m/s	-	272	-	0.11 Pa/m	0.0 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	1.6 m/s	1.5 Pa	-	0.99	-	1.5 Pa	
64	Duct	1200.0 m ³ /h	350x300	3.2 m/s	-	2493	-	0.39 Pa/m	1.0 Pa	1.1 Pa
	Fitngs	1200.0 m ³ /h	-	3.2 m/s	6.1 Pa	-	0.022222	-	0.1 Pa	
65	Duct	1200.0 m ³ /h	450x300	2.5 m/s	-	272	-	0.22 Pa/m	0.1 Pa	1.2 Pa
	Fitngs	1200.0 m ³ /h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	0.32	-	1.2 Pa	
66	Duct	1800.0 m ³ /h	450x300	3.7 m/s	-	1562	-	0.45 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	1800.0 m ³ /h	-	3.7 m/s	8.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
67	Duct	1800.0 m ³ /h	450x350	3.2 m/s	-	298	-	0.30 Pa/m	0.1 Pa	1.7 Pa
	Fitngs	1800.0 m ³ /h	-	3.2 m/s	6.1 Pa	-	0.258461	-	1.6 Pa	
68	Duct	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	-	292	-	1.81 Pa/m	0.5 Pa	169.1 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0.069628	-	1.2 Pa	
	Air	600.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
69	Duct	600.0 m ³ /h	250x250	2.7 m/s	-	678	-	0.39 Pa/m	0.3 Pa	4.6 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	1.015714	-	4.3 Pa	
70	Duct	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	-	352	-	1.81 Pa/m	0.6 Pa	169.2 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0.069628	-	1.2 Pa	
	Air	600.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
71	Duct	600.0 m ³ /h	250x250	2.7 m/s	-	591	-	0.39 Pa/m	0.2 Pa	6.7 Pa
	Fitngs	600.0 m ³ /h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	1.510123	-	6.5 Pa	
72	Duct	360.0 m ³ /h	-	4.2 m/s	-	298	-	1.37 Pa/m	0.4 Pa	133.4 Pa
	Fitngs	360.0 m ³ /h	-	4.2 m/s	10.4 Pa	-	0.049388	-	0.5 Pa	
	Air	360.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	132.5 Pa	
73	Fitngs	360.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	3.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
74	Fitngs	360.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.4 Pa	-	2.754615	-	6.6 Pa	6.6 Pa
75	Duct	780.0 m ³ /h	250x250	3.5 m/s	-	5410	-	0.63 Pa/m	3.4 Pa	14.1 Pa
	Fitngs	780.0 m ³ /h	-	3.5 m/s	7.2 Pa	-	1.473166	-	10.6 Pa	
76	Duct	420.0 m ³ /h	-	4.9 m/s	-	304	-	1.81 Pa/m	0.6 Pa	147.8 Pa
	Fitngs	420.0 m ³ /h	-	4.9 m/s	14.1 Pa	-	0.049388	-	0.7 Pa	
	Air	420.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	146.6 Pa	
77	Duct	420.0 m ³ /h	200x200	2.9 m/s	-	360	-	0.61 Pa/m	0.2 Pa	0.2 Pa
	Fitngs	420.0 m ³ /h	-	2.9 m/s	5.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
78	Fitngs	420.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	3.3 Pa	-	1.935385	-	6.3 Pa	6.3 Pa
79	Duct	350.0 m ³ /h	-	4.0 m/s	-	308	-	1.30 Pa/m	0.4 Pa	130.7 Pa
	Fitngs	350.0 m ³ /h	-	4.0 m/s	9.8 Pa	-	0.024558	-	0.2 Pa	
	Air	350.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	130.0 Pa	
80	Duct	350.0 m ³ /h	200x150	3.2 m/s	-	3	-	0.89 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	350.0 m ³ /h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	

Ek-2'nin devamı

81	Fitngs	350.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.6 Pa	-	1.935385	-	6.9 Pa	6.9 Pa
82	Duct	650.0 m³/h	250x200	3.6 m/s	-	5437	-	0.79 Pa/m	4.3 Pa	13.5 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	3.6 m/s	7.8 Pa	-	1.177922	-	9.2 Pa	
83	Duct	300.0 m³/h	-	3.5 m/s	-	308	-	0.98 Pa/m	0.3 Pa	118.2 Pa
	Fitngs	300.0 m³/h	-	3.5 m/s	7.2 Pa	-	0.049388	-	0.4 Pa	
	Air	300.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	117.5 Pa	
84	Duct	300.0 m³/h	200x200	2.1 m/s	-	790	-	0.33 Pa/m	0.3 Pa	7.5 Pa
	Fitngs	300.0 m³/h	-	2.1 m/s	2.6 Pa	-	2.754615	-	7.2 Pa	
85	Duct	260.0 m³/h	-	3.0 m/s	-	290	-	0.76 Pa/m	0.2 Pa	107.3 Pa
	Fitngs	260.0 m³/h	-	3.0 m/s	5.4 Pa	-	0.024558	-	0.1 Pa	
	Air	260.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	106.9 Pa	
86	Duct	260.0 m³/h	200x150	2.4 m/s	-	529	-	0.52 Pa/m	0.3 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	260.0 m³/h	-	2.4 m/s	3.5 Pa	-	0.088	-	0.3 Pa	
87	Duct	500.0 m³/h	250x200	2.8 m/s	-	4738	-	0.49 Pa/m	2.3 Pa	5.7 Pa
	Fitngs	500.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0.730967	-	3.4 Pa	
88	Duct	240.0 m³/h	-	2.8 m/s	-	290	-	0.66 Pa/m	0.2 Pa	101.8 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0.024558	-	0.1 Pa	
	Air	240.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	101.5 Pa	
89	Duct	240.0 m³/h	200x150	2.2 m/s	-	2510	-	0.45 Pa/m	1.1 Pa	4.6 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	2.2 m/s	3.0 Pa	-	1.154	-	3.4 Pa	
90	Duct	600.0 m³/h	-	5.3 m/s	-	328	-	1.81 Pa/m	0.6 Pa	169.2 Pa
	Fitngs	600.0 m³/h	-	5.3 m/s	16.9 Pa	-	0.069628	-	1.2 Pa	
	Air	600.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	167.4 Pa	
91	Duct	600.0 m³/h	250x250	2.7 m/s	-	386	-	0.39 Pa/m	0.2 Pa	1.3 Pa
	Fitngs	600.0 m³/h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.257852	-	1.1 Pa	
92	Duct	600.0 m³/h	350x300	1.6 m/s	-	388	-	0.11 Pa/m	0.0 Pa	1.7 Pa
	Fitngs	600.0 m³/h	-	1.6 m/s	1.5 Pa	-	1.076066	-	1.6 Pa	
93	Duct	1220.0 m³/h	350x300	3.2 m/s	-	6012	-	0.40 Pa/m	2.4 Pa	14.6 Pa
	Fitngs	1220.0 m³/h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	1.938291	-	12.1 Pa	
94	Duct	620.0 m³/h	-	5.5 m/s	-	375	-	1.92 Pa/m	0.7 Pa	173.1 Pa
	Fitngs	620.0 m³/h	-	5.5 m/s	18.1 Pa	-	0.069628	-	1.3 Pa	
	Air	620.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	171.1 Pa	
95	Duct	620.0 m³/h	250x250	2.8 m/s	-	3730	-	0.42 Pa/m	1.6 Pa	7.0 Pa
	Fitngs	620.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	1.199953	-	5.5 Pa	
96	Duct	240.0 m³/h	-	2.8 m/s	-	268	-	0.66 Pa/m	0.2 Pa	101.9 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0.049388	-	0.2 Pa	
	Air	240.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	101.5 Pa	
97	Duct	240.0 m³/h	200x200	1.7 m/s	-	15	-	0.22 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	1.7 m/s	1.7 Pa	-	0.020249	-	0.0 Pa	
98	Fitngs	240.0 m³/h	-	0.0 m/s	1.1 Pa	-	6.7075	-	7.2 Pa	7.2 Pa
99	Duct	640.0 m³/h	250x200	3.6 m/s	-	5555	-	0.76 Pa/m	4.2 Pa	6.6 Pa
	Fitngs	640.0 m³/h	-	3.6 m/s	7.6 Pa	-	0.316111	-	2.4 Pa	
100	Duct	400.0 m³/h	-	4.6 m/s	-	395	-	1.66 Pa/m	0.7 Pa	143.2 Pa
	Fitngs	400.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.8 Pa	-	0.049388	-	0.6 Pa	
	Air	400.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	142.0 Pa	
101	Duct	400.0 m³/h	200x200	2.8 m/s	-	10	-	0.56 Pa/m	0.0 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	400.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0.02	-	0.1 Pa	
102	Fitngs	400.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.0 Pa	-	1.9925	-	5.9 Pa	5.9 Pa
103	Duct	490.0 m³/h	-	4.3 m/s	-	372	-	1.25 Pa/m	0.5 Pa	147.6 Pa
	Fitngs	490.0 m³/h	-	4.3 m/s	11.3 Pa	-	0.052035	-	0.6 Pa	
	Air	490.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	146.6 Pa	
104	Fitngs	490.0 m³/h	-	0.0 m/s	4.5 Pa	-	1.29	-	5.7 Pa	5.7 Pa
Cri0cal Path : 18-17-16-15-14-13-12-11-10-34-33-32 ; Total Pressure Loss : 280.6 Pa										

EK 3. Mevcut model egzoz hava basınç kayıpları raporu

Duct Pressure Loss Report										
Project Name		Project Name								
Project Issue Date		Issue Date								
Project Status		Project Status								
Client Name		Owner								
Project Address		Enter address here								
Project Number		Project Number								
Organization Name										
Organization Description										
Building Name										
Author										
Run Time		09.05.2019 15:25:12								
Mechanical Exhaust Air 1										
System Information										
System Classification		Exhaust Air								
System Type		Egzoz Hava								
System Name		Mechanical Exhaust Air 1								
Abbreviation										
Total Pressure Loss Calculations by Sections										
Section	Element	Flow	Size	Velocity	Velocity Pressure	Length	Loss Coefficient	Fric0on	Total Pressure Loss	Section Pressure Loss
1	Fitngs	100.0 m³/h	-	0.0 m/s	14.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	100.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
2	Duct	100.0 m³/h	75ø	6.3 m/s	-	790	-	8.40 Pa/m	6.6 Pa	18.5 Pa
	Fitngs	100.0 m³/h	-	6.3 m/s	23.8 Pa	-	0.497742	-	11.8 Pa	
3	Duct	100.0 m³/h	150x150	1.2 m/s	-	419	-	0.19 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	100.0 m³/h	-	1.2 m/s	0.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
4	Duct	1410.0 m³/h	350x300	3.7 m/s	-	1336	-	0.52 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	1410.0 m³/h	-	3.7 m/s	8.4 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
5	Duct	2130.0 m³/h	400x350	4.2 m/s	-	1107	-	0.55 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	2130.0 m³/h	-	4.2 m/s	10.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
6	Duct	2670.0 m³/h	450x350	4.7 m/s	-	2380	-	0.62 Pa/m	1.5 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	2670.0 m³/h	-	4.7 m/s	13.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
7	Duct	8390.0 m³/h	800x400	7.3 m/s	-	1531	-	0.97 Pa/m	1.5 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	8390.0 m³/h	-	7.3 m/s	31.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
8	Duct	8790.0 m³/h	800x400	7.6 m/s	-	2445	-	1.06 Pa/m	2.6 Pa	2.6 Pa
	Fitngs	8790.0 m³/h	-	7.6 m/s	35.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
9	Duct	9030.0 m³/h	800x400	7.8 m/s	-	1714	-	1.12 Pa/m	1.9 Pa	76.7 Pa
	Fitngs	9030.0 m³/h	-	7.8 m/s	36.9 Pa	-	2.025222	-	74.8 Pa	
10	Duct	13995.0 m³/h	1150x400	8.5 m/s	-	2429	-	1.13 Pa/m	2.8 Pa	10.4 Pa
	Fitngs	13995.0 m³/h	-	8.5 m/s	42.9 Pa	-	0.179	-	7.7 Pa	
11	Fitngs	230.0 m³/h	-	0.0 m/s	24.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	230.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
12	Duct	230.0 m³/h	100ø	8.1 m/s	-	772	-	9.43 Pa/m	7.3 Pa	42.4 Pa
	Fitngs	230.0 m³/h	-	8.1 m/s	39.8 Pa	-	0.883035	-	35.1 Pa	
13	Duct	230.0 m³/h	150x150	2.8 m/s	-	1000	-	0.83 Pa/m	0.8 Pa	0.8 Pa
	Fitngs	230.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
14	Duct	990.0 m³/h	300x250	3.7 m/s	-	1084	-	0.63 Pa/m	0.7 Pa	2.5 Pa
	Fitngs	990.0 m³/h	-	3.7 m/s	8.1 Pa	-	0.222	-	1.8 Pa	
15	Duct	1750.0 m³/h	350x300	4.6 m/s	-	995	-	0.77 Pa/m	0.8 Pa	1.6 Pa
	Fitngs	1750.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.9 Pa	-	0.067593	-	0.9 Pa	

Ek-3'ün devamı

16	Fitngs	1750.0 m³/h	-	0.0 m/s	7.2 Pa	-	5.784846	-	41.9 Pa	41.9 Pa
17	Duct	4590.0 m³/h	500x400	6.4 m/s	-	4099	-	0.95 Pa/m	3.9 Pa	9.4 Pa
	Fitngs	4590.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.4 Pa	-	0.2252	-	5.5 Pa	
18	Duct	4965.0 m³/h	500x400	6.9 m/s	-	2531	-	1.10 Pa/m	2.8 Pa	132.7 Pa
	Fitngs	4965.0 m³/h	-	6.9 m/s	28.6 Pa	-	4.545519	-	130.0 Pa	
19	Fitngs	210.0 m³/h	-	0.0 m/s	20.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	210.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
20	Duct	210.0 m³/h	100ø	7.4 m/s	-	828	-	7.97 Pa/m	6.6 Pa	35.9 Pa
	Fitngs	210.0 m³/h	-	7.4 m/s	33.2 Pa	-	0.883148	-	29.3 Pa	
21	Duct	210.0 m³/h	150x150	2.6 m/s	-	3665	-	0.71 Pa/m	2.6 Pa	3.4 Pa
	Fitngs	210.0 m³/h	-	2.6 m/s	4.0 Pa	-	0.207333	-	0.8 Pa	
22	Duct	770.0 m³/h	250x250	3.4 m/s	-	1656	-	0.62 Pa/m	1.0 Pa	2.6 Pa
	Fitngs	770.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.0 Pa	-	0.220418	-	1.6 Pa	
23	Duct	770.0 m³/h	350x300	2.0 m/s	-	273	-	0.18 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	770.0 m³/h	-	2.0 m/s	2.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
24	Duct	1310.0 m³/h	350x300	3.5 m/s	-	25	-	0.46 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	1310.0 m³/h	-	3.5 m/s	7.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
25	Fitngs	315.0 m³/h	-	0.0 m/s	9.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	315.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
26	Duct	315.0 m³/h	150ø	5.0 m/s	-	448	-	2.28 Pa/m	1.0 Pa	5.0 Pa
	Fitngs	315.0 m³/h	-	5.0 m/s	14.7 Pa	-	0.271131	-	4.0 Pa	
27	Duct	315.0 m³/h	200x150	2.9 m/s	-	970	-	0.74 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	315.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
28	Fitngs	315.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.9 Pa	-	3.377846	-	9.7 Pa	9.7 Pa
29	Duct	585.0 m³/h	250x200	3.3 m/s	-	1388	-	0.65 Pa/m	0.9 Pa	2.4 Pa
	Fitngs	585.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.4 Pa	-	0.229442	-	1.5 Pa	
30	Fitngs	585.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.1 Pa	-	7.208333	-	14.9 Pa	14.9 Pa
31	Duct	1755.0 m³/h	400x350	3.5 m/s	-	2963	-	0.38 Pa/m	1.1 Pa	1.1 Pa
	Fitngs	1755.0 m³/h	-	3.5 m/s	7.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
32	Duct	2080.0 m³/h	400x350	4.1 m/s	-	703	-	0.52 Pa/m	0.4 Pa	0.4 Pa
	Fitngs	2080.0 m³/h	-	4.1 m/s	10.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
33	Duct	2840.0 m³/h	400x350	5.6 m/s	-	1661	-	0.92 Pa/m	1.5 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	2840.0 m³/h	-	5.6 m/s	19.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
34	Fitngs	2840.0 m³/h	-	0.0 m/s	14.6 Pa	-	2.556079	-	37.4 Pa	37.4 Pa
35	Fitngs	270.0 m³/h	-	0.0 m/s	6.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	270.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
36	Duct	270.0 m³/h	150ø	4.2 m/s	-	448	-	1.72 Pa/m	0.8 Pa	3.7 Pa
	Fitngs	270.0 m³/h	-	4.2 m/s	10.8 Pa	-	0.271131	-	2.9 Pa	
37	Duct	270.0 m³/h	200x150	2.5 m/s	-	320	-	0.56 Pa/m	0.2 Pa	0.2 Pa
	Fitngs	270.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
38	Fitngs	270.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.1 Pa	-	4.590154	-	9.7 Pa	9.7 Pa
39	Fitngs	325.0 m³/h	-	0.0 m/s	9.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	325.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
40	Duct	325.0 m³/h	150ø	5.1 m/s	-	695	-	2.41 Pa/m	1.7 Pa	12.6 Pa
	Fitngs	325.0 m³/h	-	5.1 m/s	15.7 Pa	-	0.698759	-	11.0 Pa	

Ek-3'ün devamı

41	Duct	325.0 m³/h	200x200	2.3 m/s	-	2010	-	0.38 Pa/m	0.8 Pa	1.4 Pa
	Fitngs	325.0 m³/h	-	2.3 m/s	3.1 Pa	-	0.208	-	0.6 Pa	
42	Duct	240.0 m³/h	150x150	3.0 m/s	-	545	-	0.90 Pa/m	0.5 Pa	23.2 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	3.0 m/s	5.3 Pa	-	0.319123	-	1.7 Pa	
	Air	240.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
43	Duct	240.0 m³/h	200x150	2.2 m/s	-	1600	-	0.45 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	2.2 m/s	3.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
44	Fitngs	650.0 m³/h	-	0.0 m/s	7.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
45	Duct	650.0 m³/h	225ø	4.5 m/s	-	313	-	1.17 Pa/m	0.4 Pa	5.3 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	4.5 m/s	12.4 Pa	-	0.401653	-	5.0 Pa	
46	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	2614	-	0.45 Pa/m	1.2 Pa	2.2 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0.2084	-	1.0 Pa	
47	Duct	4790.0 m³/h	500x400	6.7 m/s	-	2782	-	1.03 Pa/m	2.9 Pa	2.9 Pa
	Fitngs	4790.0 m³/h	-	6.7 m/s	26.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
48	Fitngs	840.0 m³/h	-	0.0 m/s	12.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	840.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
49	Duct	840.0 m³/h	225ø	5.9 m/s	-	531	-	1.87 Pa/m	1.0 Pa	14.5 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	5.9 m/s	20.7 Pa	-	0.652759	-	13.5 Pa	
50	Duct	840.0 m³/h	300x300	2.6 m/s	-	219	-	0.30 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	2.6 m/s	4.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
51	Duct	4140.0 m³/h	500x400	5.8 m/s	-	1885	-	0.78 Pa/m	1.5 Pa	1.5 Pa
	Fitngs	4140.0 m³/h	-	5.8 m/s	19.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
52	Fitngs	840.0 m³/h	-	0.0 m/s	12.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	840.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
53	Duct	840.0 m³/h	225ø	5.9 m/s	-	553	-	1.87 Pa/m	1.0 Pa	14.6 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	5.9 m/s	20.7 Pa	-	0.652819	-	13.5 Pa	
54	Duct	840.0 m³/h	300x300	2.6 m/s	-	200	-	0.30 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	2.6 m/s	4.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
55	Duct	3300.0 m³/h	500x350	5.2 m/s	-	3025	-	0.72 Pa/m	2.2 Pa	2.2 Pa
	Fitngs	3300.0 m³/h	-	5.2 m/s	16.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
56	Fitngs	840.0 m³/h	-	0.0 m/s	12.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	840.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
57	Duct	840.0 m³/h	225ø	5.9 m/s	-	433	-	1.87 Pa/m	0.8 Pa	14.4 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	5.9 m/s	20.7 Pa	-	0.655465	-	13.6 Pa	
58	Duct	840.0 m³/h	300x300	2.6 m/s	-	40	-	0.30 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	2.6 m/s	4.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
59	Fitngs	840.0 m³/h	-	0.0 m/s	3.0 Pa	-	7.323253	-	21.7 Pa	21.7 Pa
60	Duct	2460.0 m³/h	450x350	4.3 m/s	-	6860	-	0.54 Pa/m	3.7 Pa	3.7 Pa
	Fitngs	2460.0 m³/h	-	4.3 m/s	11.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
61	Fitngs	810.0 m³/h	-	0.0 m/s	11.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	810.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
62	Duct	810.0 m³/h	225ø	5.7 m/s	-	546	-	1.75 Pa/m	1.0 Pa	13.5 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.3 Pa	-	0.652754	-	12.6 Pa	
63	Duct	810.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	940	-	0.28 Pa/m	0.3 Pa	1.2 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.255	-	1.0 Pa	
64	Duct	1620.0 m³/h	400x300	3.8 m/s	-	1183	-	0.49 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	1620.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
65	Fitngs	1620.0 m³/h	-	0.0 m/s	6.2 Pa	-	2.677181	-	16.6 Pa	16.6 Pa

Ek-3'ün devamı

66	Fitngs	810.0 m³/h	-	0.0 m/s	11.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	810.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
67	Duct	810.0 m³/h	225ø	5.7 m/s	-	540	-	1.75 Pa/m	0.9 Pa	13.5 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	5.7 m/s	19.3 Pa	-	0.652759	-	12.6 Pa	
68	Duct	810.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	1080	-	0.28 Pa/m	0.3 Pa	1.3 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.255	-	1.0 Pa	
69	Fitngs	720.0 m³/h	-	0.0 m/s	9.4 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	720.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
70	Duct	720.0 m³/h	225ø	5.0 m/s	-	556	-	1.41 Pa/m	0.8 Pa	9.8 Pa
	Fitngs	720.0 m³/h	-	5.0 m/s	15.2 Pa	-	0.58938	-	9.0 Pa	
71	Duct	720.0 m³/h	300x250	2.7 m/s	-	5095	-	0.35 Pa/m	1.8 Pa	1.8 Pa
	Fitngs	720.0 m³/h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
72	Duct	465.0 m³/h	225x225	2.6 m/s	-	62	-	0.41 Pa/m	0.0 Pa	22.6 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	2.6 m/s	3.9 Pa	-	0.392886	-	1.5 Pa	
	Air	465.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
73	Duct	465.0 m³/h	160ø	6.4 m/s	-	627	-	3.39 Pa/m	2.1 Pa	17.8 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.8 Pa	-	0.629946	-	15.6 Pa	
74	Duct	465.0 m³/h	200x200	3.2 m/s	-	506	-	0.73 Pa/m	0.4 Pa	0.4 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
75	Fitngs	465.0 m³/h	-	0.0 m/s	4.0 Pa	-	0.246667	-	1.0 Pa	1.0 Pa
76	Duct	930.0 m³/h	300x250	3.4 m/s	-	2180	-	0.56 Pa/m	1.2 Pa	2.1 Pa
	Fitngs	930.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.1 Pa	-	0.117445	-	0.8 Pa	
77	Fitngs	930.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
78	Duct	465.0 m³/h	225x225	2.6 m/s	-	62	-	0.41 Pa/m	0.0 Pa	22.6 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	2.6 m/s	3.9 Pa	-	0.392886	-	1.5 Pa	
	Air	465.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
79	Duct	465.0 m³/h	160ø	6.4 m/s	-	618	-	3.39 Pa/m	2.1 Pa	17.8 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.8 Pa	-	0.633574	-	15.7 Pa	
80	Duct	465.0 m³/h	200x200	3.2 m/s	-	935	-	0.73 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
81	Fitngs	465.0 m³/h	-	0.0 m/s	4.0 Pa	-	0.246667	-	1.0 Pa	1.0 Pa
82	Fitngs	540.0 m³/h	-	0.0 m/s	5.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	540.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
83	Duct	540.0 m³/h	225ø	3.8 m/s	-	652	-	0.84 Pa/m	0.5 Pa	4.5 Pa
	Fitngs	540.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.6 Pa	-	0.462508	-	4.0 Pa	
84	Duct	540.0 m³/h	250x250	2.4 m/s	-	615	-	0.32 Pa/m	0.2 Pa	0.2 Pa
	Fitngs	540.0 m³/h	-	2.4 m/s	3.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
85	Duct	400.0 m³/h	225x225	2.2 m/s	-	330	-	0.32 Pa/m	0.1 Pa	21.3 Pa
	Fitngs	400.0 m³/h	-	2.2 m/s	2.9 Pa	-	0.064157	-	0.2 Pa	
	Air	400.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
86	Duct	400.0 m³/h	200x200	2.8 m/s	-	897	-	0.56 Pa/m	0.5 Pa	2.4 Pa
	Fitngs	400.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	0.416	-	1.9 Pa	
87	Fitngs	760.0 m³/h	-	0.0 m/s	10.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	760.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
88	Duct	760.0 m³/h	225ø	5.3 m/s	-	494	-	1.56 Pa/m	0.8 Pa	10.8 Pa
	Fitngs	760.0 m³/h	-	5.3 m/s	17.0 Pa	-	0.589391	-	10.0 Pa	
89	Duct	760.0 m³/h	300x250	2.8 m/s	-	1560	-	0.39 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	760.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
90	Fitngs	540.0 m³/h	-	0.0 m/s	5.3 Pa	-	0.15149	-	0.8 Pa	21.8 Pa
	Air	540.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	

Ek-3'ün devamı

91	Duct	540.0 m ³ /h	200ø	4.8 m/s	-	577	-	1.49 Pa/m	0.9 Pa	9.1 Pa
	Fitngs	540.0 m ³ /h	-	4.8 m/s	13.7 Pa	-	0.600576	-	8.2 Pa	
92	Duct	540.0 m ³ /h	250x250	2.4 m/s	-	990	-	0.32 Pa/m	0.3 Pa	0.3 Pa
	Fitngs	540.0 m ³ /h	-	2.4 m/s	3.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
93	Fitngs	560.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	5.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	560.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
94	Duct	560.0 m ³ /h	225ø	3.9 m/s	-	587	-	0.89 Pa/m	0.5 Pa	4.8 Pa
	Fitngs	560.0 m ³ /h	-	3.9 m/s	9.2 Pa	-	0.461397	-	4.2 Pa	
95	Duct	560.0 m ³ /h	250x250	2.5 m/s	-	2900	-	0.35 Pa/m	1.0 Pa	1.0 Pa
	Fitngs	560.0 m ³ /h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
96	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	10.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	760.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
97	Duct	760.0 m ³ /h	225ø	5.3 m/s	-	446	-	1.56 Pa/m	0.7 Pa	8.5 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	17.0 Pa	-	0.461396	-	7.8 Pa	
98	Duct	760.0 m ³ /h	250x250	3.4 m/s	-	208	-	0.60 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	3.4 m/s	6.9 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
99	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	10.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	760.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
100	Duct	760.0 m ³ /h	225ø	5.3 m/s	-	359	-	1.56 Pa/m	0.6 Pa	8.4 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	5.3 m/s	17.0 Pa	-	0.461395	-	7.8 Pa	
101	Duct	760.0 m ³ /h	250x250	3.4 m/s	-	814	-	0.60 Pa/m	0.5 Pa	1.9 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	3.4 m/s	6.9 Pa	-	0.2084	-	1.4 Pa	
102	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	6.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	585.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
103	Duct	585.0 m ³ /h	225ø	4.1 m/s	-	508	-	0.97 Pa/m	0.5 Pa	5.1 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	4.1 m/s	10.0 Pa	-	0.461441	-	4.6 Pa	
104	Duct	585.0 m ³ /h	250x250	2.6 m/s	-	20	-	0.38 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
105	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.8 Pa	-	0.251429	-	0.7 Pa	0.7 Pa
106	Duct	1170.0 m ³ /h	350x300	3.1 m/s	-	1630	-	0.37 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	1170.0 m ³ /h	-	3.1 m/s	5.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
107	Fitngs	1170.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	4.2 Pa	-	2.57	-	10.9 Pa	10.9 Pa
108	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	6.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	585.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
109	Duct	585.0 m ³ /h	225ø	4.1 m/s	-	568	-	0.97 Pa/m	0.5 Pa	5.2 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	4.1 m/s	10.0 Pa	-	0.461441	-	4.6 Pa	
110	Duct	585.0 m ³ /h	250x250	2.6 m/s	-	1060	-	0.38 Pa/m	0.4 Pa	0.4 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
111	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.8 Pa	-	0.251429	-	0.7 Pa	0.7 Pa
112	Fitngs	375.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air	375.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
113	Duct	375.0 m ³ /h	225ø	2.6 m/s	-	84	-	0.43 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	375.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
114	Duct	375.0 m ³ /h	160ø	5.2 m/s	-	248	-	2.28 Pa/m	0.6 Pa	10.6 Pa
	Fitngs	375.0 m ³ /h	-	5.2 m/s	16.1 Pa	-	0.623794	-	10.1 Pa	
115	Duct	375.0 m ³ /h	200x200	2.6 m/s	-	1219	-	0.50 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	375.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	

Criocal Path : 11-12-13-14-15-16-17-18-10 ; Total Pressure Loss : 262.9 Pa

EK 4. Düzenlenmiş model egzoz hava basınç kayıpları raporu

Duct Pressure Loss Report										
Project Name		Project Name								
Project Issue Date		Issue Date								
Project Status		Project Status								
Client Name		Owner								
Project Address		Enter address here								
Project Number		Project Number								
Organiza0on Name										
Organiza0on Descrip0on										
Building Name										
Author										
Run Time		09.05.2019 15:42:18								
Mechanical Exhaust Air 1										
System Informa0on										
System Classifica0on		Exhaust Air								
System Type		Egzoz Hava								
System Name		Mechanical Exhaust Air 1								
Abbrevia0on										
Total Pressure Loss Calcula0ons by Sec0ons										
Sec0on	Element	Flow	Size	Velocity	Velocity Pressure	Length	Loss Coe¼cient	Fric0on	Total Pressure Loss	Sec0on Pressure Loss
1	Duct	100.0 m³/h	75x75	4.9 m/s	-	463	-	5.40 Pa/m	2.5 Pa	33.2 Pa
	Fitngs	100.0 m³/h	-	4.9 m/s	14.7 Pa	-	0.662956	-	9.7 Pa	
	Air	100.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
2	Duct	100.0 m³/h	150x150	1.2 m/s	-	1370	-	0.19 Pa/m	0.3 Pa	0.5 Pa
	Fitngs	100.0 m³/h	-	1.2 m/s	0.9 Pa	-	0.270592	-	0.2 Pa	
3	Duct	1410.0 m³/h	350x300	3.7 m/s	-	260	-	0.52 Pa/m	0.1 Pa	1.4 Pa
	Fitngs	1410.0 m³/h	-	3.7 m/s	8.4 Pa	-	0.153333	-	1.3 Pa	
4	Duct	1410.0 m³/h	400x350	2.8 m/s	-	1450	-	0.26 Pa/m	0.4 Pa	1.4 Pa
	Fitngs	1410.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.7 Pa	-	0.222481	-	1.0 Pa	
5	Duct	2130.0 m³/h	400x350	4.2 m/s	-	1046	-	0.55 Pa/m	0.6 Pa	1.1 Pa
	Fitngs	2130.0 m³/h	-	4.2 m/s	10.7 Pa	-	0.049684	-	0.5 Pa	
6	Duct	2130.0 m³/h	450x350	3.8 m/s	-	1527	-	0.41 Pa/m	0.6 Pa	3.0 Pa
	Fitngs	2130.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.5 Pa	-	0.278573	-	2.4 Pa	
7	Duct	2670.0 m³/h	450x350	4.7 m/s	-	1371	-	0.62 Pa/m	0.9 Pa	0.9 Pa
	Fitngs	2670.0 m³/h	-	4.7 m/s	13.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
8	Duct	8390.0 m³/h	800x400	7.3 m/s	-	1813	-	0.97 Pa/m	1.8 Pa	10.4 Pa
	Fitngs	8390.0 m³/h	-	7.3 m/s	31.9 Pa	-	0.271341	-	8.7 Pa	
9	Duct	8790.0 m³/h	800x400	7.6 m/s	-	2040	-	1.06 Pa/m	2.2 Pa	2.2 Pa
	Fitngs	8790.0 m³/h	-	7.6 m/s	35.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
10	Duct	9030.0 m³/h	800x400	7.8 m/s	-	1093	-	1.12 Pa/m	1.2 Pa	90.8 Pa
	Fitngs	9030.0 m³/h	-	7.8 m/s	36.9 Pa	-	2.425517	-	89.6 Pa	
11	Duct	13995.0 m³/h	1150x400	8.5 m/s	-	1632	-	1.13 Pa/m	1.8 Pa	9.5 Pa
	Fitngs	13995.0 m³/h	-	8.5 m/s	42.9 Pa	-	0.179	-	7.7 Pa	
12	Duct	230.0 m³/h	100x100	6.4 m/s	-	317	-	6.04 Pa/m	1.9 Pa	34.4 Pa
	Fitngs	230.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.5 Pa	-	0.466684	-	11.5 Pa	
	Air	230.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
13	Duct	230.0 m³/h	150x150	2.8 m/s	-	1369	-	0.83 Pa/m	1.1 Pa	2.5 Pa
	Fitngs	230.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.8 Pa	-	0.285303	-	1.4 Pa	
14	Duct	990.0 m³/h	300x250	3.7 m/s	-	898	-	0.63 Pa/m	0.6 Pa	3.4 Pa
	Fitngs	990.0 m³/h	-	3.7 m/s	8.1 Pa	-	0.349759	-	2.8 Pa	
15	Duct	990.0 m³/h	350x300	2.6 m/s	-	433	-	0.28 Pa/m	0.1 Pa	0.8 Pa
	Fitngs	990.0 m³/h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0.161668	-	0.7 Pa	

Ek-4'ün devamı

16	Duct	1750.0 m³/h	350x300	4.6 m/s	-	594	-	0.77 Pa/m	0.5 Pa	7.0 Pa
	Fitngs	1750.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.9 Pa	-	0.507869	-	6.5 Pa	
17	Fitngs	1750.0 m³/h	-	0.0 m/s	7.2 Pa	-	5.784846	-	41.9 Pa	41.9 Pa
18	Duct	4590.0 m³/h	500x400	6.4 m/s	-	2931	-	0.95 Pa/m	2.8 Pa	20.6 Pa
	Fitngs	4590.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.4 Pa	-	0.731289	-	17.9 Pa	
19	Duct	4965.0 m³/h	500x400	6.9 m/s	-	1566	-	1.10 Pa/m	1.7 Pa	143.4 Pa
	Fitngs	4965.0 m³/h	-	6.9 m/s	28.6 Pa	-	4.953456	-	141.6 Pa	
20	Duct	210.0 m³/h	100x100	5.8 m/s	-	391	-	5.11 Pa/m	2.0 Pa	32.5 Pa
	Fitngs	210.0 m³/h	-	5.8 m/s	20.5 Pa	-	0.466684	-	9.5 Pa	
	Air	210.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
21	Duct	210.0 m³/h	150x150	2.6 m/s	-	4338	-	0.71 Pa/m	3.1 Pa	7.1 Pa
	Fitngs	210.0 m³/h	-	2.6 m/s	4.0 Pa	-	0.991105	-	4.0 Pa	
22	Duct	210.0 m³/h	250x250	0.9 m/s	-	262	-	0.06 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	210.0 m³/h	-	0.9 m/s	0.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
23	Duct	770.0 m³/h	250x250	3.4 m/s	-	1919	-	0.62 Pa/m	1.2 Pa	2.7 Pa
	Fitngs	770.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.0 Pa	-	0.220418	-	1.6 Pa	
24	Duct	770.0 m³/h	350x300	2.0 m/s	-	273	-	0.18 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	770.0 m³/h	-	2.0 m/s	2.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
25	Duct	1310.0 m³/h	350x300	3.5 m/s	-	25	-	0.46 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	1310.0 m³/h	-	3.5 m/s	7.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
26	Duct	315.0 m³/h	150x150	3.9 m/s	-	365	-	1.47 Pa/m	0.5 Pa	24.4 Pa
	Fitngs	315.0 m³/h	-	3.9 m/s	9.1 Pa	-	0.319123	-	2.9 Pa	
	Air	315.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
27	Duct	315.0 m³/h	200x150	2.9 m/s	-	940	-	0.74 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	315.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
28	Fitngs	315.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.9 Pa	-	3.377846	-	9.7 Pa	9.7 Pa
29	Duct	585.0 m³/h	250x200	3.3 m/s	-	742	-	0.65 Pa/m	0.5 Pa	5.0 Pa
	Fitngs	585.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.4 Pa	-	0.708704	-	4.5 Pa	
30	Fitngs	585.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.1 Pa	-	7.208333	-	14.9 Pa	14.9 Pa
31	Duct	1755.0 m³/h	400x350	3.5 m/s	-	2361	-	0.38 Pa/m	0.9 Pa	3.9 Pa
	Fitngs	1755.0 m³/h	-	3.5 m/s	7.3 Pa	-	0.415404	-	3.0 Pa	
32	Duct	2080.0 m³/h	400x350	4.1 m/s	-	503	-	0.52 Pa/m	0.3 Pa	0.3 Pa
	Fitngs	2080.0 m³/h	-	4.1 m/s	10.2 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
33	Duct	2840.0 m³/h	400x350	5.6 m/s	-	1311	-	0.92 Pa/m	1.2 Pa	4.6 Pa
	Fitngs	2840.0 m³/h	-	5.6 m/s	19.1 Pa	-	0.180018	-	3.4 Pa	
34	Fitngs	2840.0 m³/h	-	0.0 m/s	14.6 Pa	-	2.556079	-	37.4 Pa	37.4 Pa
35	Duct	270.0 m³/h	150x150	3.3 m/s	-	355	-	1.11 Pa/m	0.4 Pa	23.5 Pa
	Fitngs	270.0 m³/h	-	3.3 m/s	6.7 Pa	-	0.319123	-	2.1 Pa	
	Air	270.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	

Ek-4'ün devamı

36	Duct	270.0 m³/h	200x150	2.5 m/s	-	300	-	0.56 Pa/m	0.2 Pa	0.2 Pa
	Fitngs	270.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
37	Fitngs	270.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.1 Pa	-	4.590154	-	9.7 Pa	9.7 Pa
38	Fitngs	325.0 m³/h	-	0.0 m/s	9.7 Pa	-	0	-	0.0 Pa	21.0 Pa
	Air Terminal	325.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
39	Duct	325.0 m³/h	150ø	5.1 m/s	-	275	-	2.41 Pa/m	0.7 Pa	11.6 Pa
	Fitngs	325.0 m³/h	-	5.1 m/s	15.7 Pa	-	0.698759	-	11.0 Pa	
40	Duct	325.0 m³/h	200x200	2.3 m/s	-	1546	-	0.38 Pa/m	0.6 Pa	2.6 Pa
	Fitngs	325.0 m³/h	-	2.3 m/s	3.1 Pa	-	0.641816	-	2.0 Pa	
41	Duct	240.0 m³/h	150x150	3.0 m/s	-	440	-	0.90 Pa/m	0.4 Pa	24.2 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	3.0 m/s	5.3 Pa	-	0.526456	-	2.8 Pa	
	Air	240.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
42	Duct	240.0 m³/h	200x150	2.2 m/s	-	1580	-	0.45 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	240.0 m³/h	-	2.2 m/s	3.0 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
43	Duct	650.0 m³/h	225x225	3.6 m/s	-	99	-	0.76 Pa/m	0.1 Pa	23.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	3.6 m/s	7.6 Pa	-	0.266095	-	2.0 Pa	
	Air	650.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
44	Duct	650.0 m³/h	250x250	2.9 m/s	-	2902	-	0.45 Pa/m	1.3 Pa	4.1 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	2.9 m/s	5.0 Pa	-	0.54812	-	2.8 Pa	
45	Duct	650.0 m³/h	250x400	1.8 m/s	-	60	-	0.15 Pa/m	0.0 Pa	137.7 Pa
	Fitngs	650.0 m³/h	-	1.8 m/s	2.0 Pa	-	70.254654	-	137.7 Pa	
46	Duct	4790.0 m³/h	500x400	6.7 m/s	-	2416	-	1.03 Pa/m	2.5 Pa	11.9 Pa
	Fitngs	4790.0 m³/h	-	6.7 m/s	26.6 Pa	-	0.354639	-	9.4 Pa	
47	Duct	840.0 m³/h	225x225	4.6 m/s	-	388	-	1.21 Pa/m	0.5 Pa	24.9 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.8 Pa	-	0.266095	-	3.4 Pa	
	Air	840.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
48	Duct	840.0 m³/h	250x250	3.7 m/s	-	104	-	0.72 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	3.7 m/s	8.4 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
49	Duct	4140.0 m³/h	500x400	5.8 m/s	-	1317	-	0.78 Pa/m	1.0 Pa	45.3 Pa
	Fitngs	4140.0 m³/h	-	5.8 m/s	19.9 Pa	-	2.225679	-	44.2 Pa	
50	Duct	840.0 m³/h	225x225	4.6 m/s	-	261	-	1.21 Pa/m	0.3 Pa	24.0 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.8 Pa	-	0.208222	-	2.7 Pa	
	Air	840.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
51	Duct	3300.0 m³/h	500x350	5.2 m/s	-	2481	-	0.72 Pa/m	1.8 Pa	5.7 Pa
	Fitngs	3300.0 m³/h	-	5.2 m/s	16.5 Pa	-	0.235406	-	3.9 Pa	
52	Duct	3300.0 m³/h	500x400	4.6 m/s	-	507	-	0.51 Pa/m	0.3 Pa	0.3 Pa
	Fitngs	3300.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.6 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
53	Duct	840.0 m³/h	225x225	4.6 m/s	-	661	-	1.21 Pa/m	0.8 Pa	24.5 Pa
	Fitngs	840.0 m³/h	-	4.6 m/s	12.8 Pa	-	0.208222	-	2.7 Pa	
	Air	840.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
54	Duct	2460.0 m³/h	450x350	4.3 m/s	-	5965	-	0.54 Pa/m	3.2 Pa	9.0 Pa
	Fitngs	2460.0 m³/h	-	4.3 m/s	11.3 Pa	-	0.511571	-	5.8 Pa	
55	Duct	2460.0 m³/h	500x350	3.9 m/s	-	384	-	0.42 Pa/m	0.2 Pa	2.7 Pa
	Fitngs	2460.0 m³/h	-	3.9 m/s	9.2 Pa	-	0.272931	-	2.5 Pa	

Ek-4'ün devamı

56	Duct	810.0 m³/h	225x225	4.4 m/s	-	263	-	1.13 Pa/m	0.3 Pa	26.4 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	4.4 m/s	11.9 Pa	-	0.432153	-	5.1 Pa	
	Air	810.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
57	Duct	810.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	472	-	0.28 Pa/m	0.1 Pa	1.1 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.255	-	1.0 Pa	
58	Duct	1620.0 m³/h	400x300	3.8 m/s	-	1432	-	0.49 Pa/m	0.7 Pa	4.9 Pa
	Fitngs	1620.0 m³/h	-	3.8 m/s	8.5 Pa	-	0.500038	-	4.2 Pa	
59	Duct	1620.0 m³/h	450x350	2.9 m/s	-	151	-	0.25 Pa/m	0.0 Pa	1.2 Pa
	Fitngs	1620.0 m³/h	-	2.9 m/s	4.9 Pa	-	0.226889	-	1.1 Pa	
60	Duct	810.0 m³/h	225x225	4.4 m/s	-	169	-	1.13 Pa/m	0.2 Pa	26.3 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	4.4 m/s	11.9 Pa	-	0.432153	-	5.1 Pa	
	Air	810.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
61	Duct	810.0 m³/h	300x300	2.5 m/s	-	1680	-	0.28 Pa/m	0.5 Pa	1.4 Pa
	Fitngs	810.0 m³/h	-	2.5 m/s	3.8 Pa	-	0.255	-	1.0 Pa	
62	Duct	720.0 m³/h	225x225	4.0 m/s	-	219	-	0.91 Pa/m	0.2 Pa	26.7 Pa
	Fitngs	720.0 m³/h	-	4.0 m/s	9.4 Pa	-	0.582793	-	5.5 Pa	
	Air	720.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
63	Duct	720.0 m³/h	300x250	2.7 m/s	-	3891	-	0.35 Pa/m	1.4 Pa	3.2 Pa
	Fitngs	720.0 m³/h	-	2.7 m/s	4.3 Pa	-	0.42568	-	1.8 Pa	
64	Duct	465.0 m³/h	225x225	2.6 m/s	-	62	-	0.41 Pa/m	0.0 Pa	22.6 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	2.6 m/s	3.9 Pa	-	0.392886	-	1.5 Pa	
	Air	465.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
65	Duct	465.0 m³/h	160ø	6.4 m/s	-	282	-	3.39 Pa/m	1.0 Pa	16.6 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.8 Pa	-	0.629946	-	15.6 Pa	
66	Duct	465.0 m³/h	200x200	3.2 m/s	-	506	-	0.73 Pa/m	0.4 Pa	0.4 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
67	Fitngs	465.0 m³/h	-	0.0 m/s	4.0 Pa	-	0.246667	-	1.0 Pa	1.0 Pa
68	Duct	930.0 m³/h	300x250	3.4 m/s	-	695	-	0.56 Pa/m	0.4 Pa	4.1 Pa
	Fitngs	930.0 m³/h	-	3.4 m/s	7.1 Pa	-	0.515859	-	3.7 Pa	
69	Fitngs	930.0 m³/h	-	0.0 m/s	2.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	0.0 Pa
70	Duct	465.0 m³/h	225x225	2.6 m/s	-	62	-	0.41 Pa/m	0.0 Pa	22.6 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	2.6 m/s	3.9 Pa	-	0.392886	-	1.5 Pa	
	Air	465.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
71	Duct	465.0 m³/h	160ø	6.4 m/s	-	273	-	3.39 Pa/m	0.9 Pa	16.6 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	6.4 m/s	24.8 Pa	-	0.633574	-	15.7 Pa	
72	Duct	465.0 m³/h	200x200	3.2 m/s	-	935	-	0.73 Pa/m	0.7 Pa	0.7 Pa
	Fitngs	465.0 m³/h	-	3.2 m/s	6.3 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
73	Fitngs	465.0 m³/h	-	0.0 m/s	4.0 Pa	-	0.246667	-	1.0 Pa	1.0 Pa
74	Duct	540.0 m³/h	225x225	3.0 m/s	-	20	-	0.54 Pa/m	0.0 Pa	22.4 Pa
	Fitngs	540.0 m³/h	-	3.0 m/s	5.3 Pa	-	0.266095	-	1.4 Pa	
	Air	540.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
75	Duct	540.0 m³/h	250x250	2.4 m/s	-	306	-	0.32 Pa/m	0.1 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	540.0 m³/h	-	2.4 m/s	3.5 Pa	-	0.151536	-	0.5 Pa	
76	Duct	540.0 m³/h	250x250	2.4 m/s	-	234	-	0.32 Pa/m	0.1 Pa	0.8 Pa
	Fitngs	540.0 m³/h	-	2.4 m/s	3.5 Pa	-	0.2084	-	0.7 Pa	
77	Duct	400.0 m³/h	225x225	2.2 m/s	-	125	-	0.32 Pa/m	0.0 Pa	21.2 Pa
	Fitngs	400.0 m³/h	-	2.2 m/s	2.9 Pa	-	0.064157	-	0.2 Pa	
	Air	400.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
78	Duct	400.0 m³/h	200x200	2.8 m/s	-	897	-	0.56 Pa/m	0.5 Pa	11.2 Pa
	Fitngs	400.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.6 Pa	-	2.3	-	10.7 Pa	
79	Duct	760.0 m³/h	225x225	4.2 m/s	-	245	-	1.01 Pa/m	0.2 Pa	25.2 Pa
	Fitngs	760.0 m³/h	-	4.2 m/s	10.5 Pa	-	0.374571	-	3.9 Pa	
	Air	760.0 m³/h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
80	Duct	760.0 m³/h	300x250	2.8 m/s	-	1480	-	0.39 Pa/m	0.6 Pa	0.6 Pa
	Fitngs	760.0 m³/h	-	2.8 m/s	4.8 Pa	-	0	-	0.0 Pa	

Ek-4'ün devamı

81	Duct	540.0 m ³ /h	225x225	3.0 m/s	-	176	-	0.54 Pa/m	0.1 Pa	22.5 Pa
	Fitngs	540.0 m ³ /h	-	3.0 m/s	5.3 Pa	-	0.266095	-	1.4 Pa	
	Air	540.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
82	Duct	540.0 m ³ /h	250x250	2.4 m/s	-	168	-	0.32 Pa/m	0.1 Pa	0.1 Pa
	Fitngs	540.0 m ³ /h	-	2.4 m/s	3.5 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
83	Duct	560.0 m ³ /h	225x225	3.1 m/s	-	277	-	0.58 Pa/m	0.2 Pa	22.7 Pa
	Fitngs	560.0 m ³ /h	-	3.1 m/s	5.7 Pa	-	0.266095	-	1.5 Pa	
	Air	560.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
84	Duct	560.0 m ³ /h	250x250	2.5 m/s	-	1262	-	0.35 Pa/m	0.4 Pa	2.4 Pa
	Fitngs	560.0 m ³ /h	-	2.5 m/s	3.7 Pa	-	0.524527	-	2.0 Pa	
85	Duct	760.0 m ³ /h	225x225	4.2 m/s	-	699	-	1.01 Pa/m	0.7 Pa	23.9 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	4.2 m/s	10.5 Pa	-	0.208222	-	2.2 Pa	
	Air	760.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
86	Duct	760.0 m ³ /h	225x225	4.2 m/s	-	503	-	1.01 Pa/m	0.5 Pa	24.3 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	4.2 m/s	10.5 Pa	-	0.266095	-	2.8 Pa	
	Air	760.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
87	Duct	760.0 m ³ /h	250x250	3.4 m/s	-	586	-	0.60 Pa/m	0.4 Pa	1.8 Pa
	Fitngs	760.0 m ³ /h	-	3.4 m/s	6.9 Pa	-	0.2084	-	1.4 Pa	
88	Duct	585.0 m ³ /h	225x225	3.2 m/s	-	469	-	0.63 Pa/m	0.3 Pa	22.9 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	3.2 m/s	6.2 Pa	-	0.266095	-	1.6 Pa	
	Air	585.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
89	Duct	585.0 m ³ /h	250x250	2.6 m/s	-	20	-	0.38 Pa/m	0.0 Pa	0.0 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
90	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.8 Pa	-	3.311429	-	9.3 Pa	9.3 Pa
91	Duct	1170.0 m ³ /h	350x300	3.1 m/s	-	848	-	0.37 Pa/m	0.3 Pa	3.1 Pa
	Fitngs	1170.0 m ³ /h	-	3.1 m/s	5.8 Pa	-	0.483217	-	2.8 Pa	
92	Fitngs	1170.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	4.2 Pa	-	2.57	-	10.9 Pa	10.9 Pa
93	Duct	585.0 m ³ /h	225x225	3.2 m/s	-	409	-	0.63 Pa/m	0.3 Pa	22.9 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	3.2 m/s	6.2 Pa	-	0.266095	-	1.6 Pa	
	Air	585.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
94	Duct	585.0 m ³ /h	250x250	2.6 m/s	-	1180	-	0.38 Pa/m	0.4 Pa	0.4 Pa
	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0	-	0.0 Pa	
95	Fitngs	585.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.8 Pa	-	3.311429	-	9.3 Pa	9.3 Pa
96	Fitngs	375.0 m ³ /h	-	0.0 m/s	2.5 Pa	-	0.064157	-	0.2 Pa	21.2 Pa
	Air	375.0 m ³ /h	-	-	-	-	-	-	21.0 Pa	
97	Duct	375.0 m ³ /h	200x200	2.6 m/s	-	1626	-	0.50 Pa/m	0.8 Pa	1.7 Pa
	Fitngs	375.0 m ³ /h	-	2.6 m/s	4.1 Pa	-	0.208	-	0.8 Pa	

Criocal Path : 43-44-45-46-8-9-10-11 ; Total Pressure Loss : 289.8 Pa

ÖZGEÇMİŞ

Faruk DEMİRTAŞ 1982 yılında Hatay'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Hatay'da tamamladı. 2006 yılında Mersin Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Yönetim ve Organizasyon Tezsiz Yüksek Lisans programını bitirdi. 2011 yılından bu yana Sağlık Bakanlığına bağlı Trabzon İl Sağlık Müdürlüğü bünyesinde Makina Mühendisi olarak görev yapmakta olan Faruk DEMİRTAŞ iyi derecede İngilizce bilmektedir.

