

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE
ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER YATIRIM
MALİYETLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

DAVUT KESKİN

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE
ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER YATIRIM
MALİYETLERİ

Yüksek Lisans Tezi

DAVUT KESKİN

Tez Danışmanı: PROF. DR. ADEM ESEN

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Kent İçi Raylı Sistemlerde Elektromekanik Sistemlerin Yatırım Maliyetleri
Öğrencinin Adı Soyadı: Davut KESKİN
Tez Savunma Tarihi: 25.04.2013

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu
_____ Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Program Koordinatörü
Prof. Dr. Mustafa ILICALI
İmza

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı
Ünvan, Adı ve SOYADI

Prof. Dr. Adem ESEN

Ek Danışman
Ünvan, Adı ve SOYADI

Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Ünvan, Adı ve SOYADI

Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN

ÖNSÖZ

Kent içi raylı sistemler, günümüzde rahat, konforlu, güvenilir, taşıma kapasitesi yüksek ve hızlı ulaşım imkanı sağlayan toplu taşıma araçları olarak en fazla tercih edilen ve kent içi ulaşımında önemli bir konuma sahiptir.

Ülkemizde yeni yeni gelişmekte olan bu sistemlere duyulan ihtiyaç ve talep giderek çoğalmaktadır. Bunun bir sonucu olarak ta raylı sistemler yapımına yönelik projeler de artış meydana gelmektedir. Ancak bu sistemler için oluşturulan yatırım maliyetleri çok yüksektir.

Bu çalışmada kent içi raylı sistem proje maliyetlerinin bir bölümünü oluşturan elektromekanik sistemlerin yatırım maliyetlerine değinilmiş ve bu maliyetler minimize edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca proje sonrası işletmeye açılan raylı sistemlerin, elektromekanik bakım ve işletmelerine de değinilmiş ve bilgi verilmiştir.

Bu çalışmaların yürütülmesinde ve yönlendirilmesinde değerli bilgilerini, zamanlarını, desteklerini ve katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Adem ESEN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Yine bu programın açılmasına vesile olan Sayın Prof. Dr. Mustafa ILICALI ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nilgün CAMKESEN hocalarıma ve çalışmam esnasında benden desteklerini esirgemeyen başta eşim olmak üzere aileme, M3 Elektromekanik Şefliğinde birlikte mesai yaptığımız iş arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım...

ÖZET

KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERDE ELEKTROMEKANİK SİSTEMLERİN YATIRIM MALİYETLERİ

Davut Keskin

Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adem Esen

Ocak 2013, 83 Sayfa

Ülkemizde, son yıllarda nüfus yoğunluğunun artmasından dolayı trafik yoğunluğu da artış göstermektedir. Özellikle nüfus ve trafik yoğunluğu en fazla olan kentlerimizin başında İstanbul gelmektedir. Kent içi yolcu taşımacılığındaki, sorunların çözümü ise toplu taşıma araçlarının kullanımının artması ile sağlanabilir. Çözüm olarak düşünülen toplu taşıma araçlarının seçimlerinde, konfor, rahatlık ve kapasite bakımından bu ihtiyaca cevap vermesinin yanı sıra yatırım, bakım ve işletme maliyetlerinin de uygun olması gerekmektedir.

Yapacağımız bu çalışmada toplu taşıma araçları içerisinde belki de en çok kullandığımız ve bizlere konforlu, güvenli ve rahat bir ulaşım imkanı sağlayan raylı sistemlerin gelişimi ve türleri hakkında bilgi verilecek, İstanbul'da yapılan metro projeleri incelenecek ve bu projelere ait yatırım maliyetleri değerlendirilecektir. İnşai, mekanik ve elektrik işleri gibi maliyetlerden oluşan bu projelerde, elektromekanik sistemlere ait maliyetler değerlendirilecektir. Elektromekanik sistemlerin getirmiş olduğu maliyetler değerlendirildikten sonra bu maliyetler nasıl minimize edilebilir sorusuna cevap aranacaktır. Bunun için Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat projesinde yapılan elektromekanik sistemler incelenip karşılaştırmalar yapılacak ve bu maliyetleri minimize etmeye yönelik en uygun çözümler ortaya konacaktır.

Son olarak mekanik sistemlerin maliyetlerini minimize etmeye yönelik öneriler ve gerekli hesaplamalar yapılacaktır. Bu öneriler yapılırken mevcut sistemin ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığı değerlendirilecek ve bu değerlendirmeler yapılırken ilgili kriter ve yönetmelikler de göz önüne alınacaktır.

ABSTRACT

INVESTMENT COSTS OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS IN THE URBAN RAIL SYSTEMS

Davut Keskin

Urban Systems and Transport Management

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adem Esen

January 2013, 83 Pages

In our country in recent years, due to increasing population density shows an increase in traffic density. Especially at the beginning of our cities with the greatest population and traffic density is in Istanbul. In urban passenger transport, the solution of problems is achieved by increasing the use of public transport. Election is considered to be the solution to public transport, comfort, convenience, and respond more quickly to these needs in terms of capacity, as well as investment, maintenance and operating costs must be suitable..

In this study, we will use public transport, and to us, in perhaps the most comfortable, safe and convenient rail systems, providing access to information about the types of development and will be, held in Istanbul metro project investment cost of these projects will be examined and evaluated. Human, mechanical and electrical works projects consisting of such costs, costs of electromechanical systems will be evaluated. After evaluating how these costs are to be brought electromechanical systems can be minimized costs will be searched to answer the question. To do this, cherry-Basaksehir-electromechanical systems examined and comparisons made with the Olympic project and the most appropriate solutions to minimize these costs will be explained.

Finally, recommendations for mechanical systems and the necessary calculations will be made to minimize costs. These suggestions will be evaluated and meets the needs of the current system of criteria and guidelines on when these evaluations will be taken into consideration

İÇİNDEKİLER

TABLolar	ix
ŞEKİLLER	x
KISALTMALAR	xii
SEMBOLLER	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER	3
2.1 KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ	3
2.1.1 Kentsel Raylı Sistem Gelişimini Etkileyen Faktörler	3
2.2 KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN TÜRLERİ	4
2.2.1 Bölgesel Demiryolu	5
2.2.2 Banliyö	5
2.2.3 Metro	6
2.2.4 Hafif Metro	7
2.2.5 Hafif Raylı Sistem	7
2.2.6 Tramvay	7
2.2.7 Monoray	8
2.2.8 Monorail (Üst Yollu Elektrikli Taşıt Sistemi)	9
2.2.9 Lastik Tekerlekli Raylı Sistem	9
2.3 İSTANBUL'DA YAPILAN METROLAR VE ÖZELLİKLERİ	10
2.3.1 M2 Şişhane - Hacıosman Metro Hattı	11
2.3.1.2 İstasyonlar	11
2.3.1.3 Yapım süreçleri	11
2.3.1.4 İşletme bilgileri	12
2.3.1.5 İstasyon yapıları	12
2.3.2 M3 Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat Metro Hattı	13
2.3.2.1 İstasyonlar	13

2.3.2.2 Proje aşamaları.....	14
2.3.2.3 İşletme bilgileri.....	14
2.3.2.4 İstasyon yapıları	14
2.3.2.5 Atölye ve depo sahası.....	15
2.3.3 M4 Kadıköy-Kartal Metro Hattı.....	15
2.3.3.1 Yolcu istasyonları	16
2.3.3.2 İşletme Bilgileri.....	16
2.3.3.3 İstasyon yapıları	17
3. RAYLI SİSTEM YATIRIM MALİYETLERİ	18
3.1 KİRAZLI-BAŞAKŞEHİR-OLİMPİYAT PROJELERİNİ OLUŞTURAN İŞ KALEMLERİ VE MALİYETLERİ	21
3.1.1 Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat Proje Maliyetleri	21
4. KİRAZLI-BAŞAKŞEHİR-OLİMPİYAT METRO PROJESİ ELEKTROMEKANİK İŞLERİ.....	24
4.1 ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER.....	24
4.1.1 Yürüyen Merdiven Ve Yürüyen Bantlar	24
4.1.2 Asansörler	25
4.1.3 ECS Çevresel Kontrol Sistemleri	26
4.1.4 Yangın Algılama Ve Koruma Sistemleri.....	26
4.1.5 Temiz Ve Atık Su Sistemleri.....	27
4.1.6 Drenaj Sistemleri	27
4.2 ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER YATIRIM MALİYETLERİ.....	28
5. ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER YATIRIM MALİYETLERİNİN MİNİMİZE EDİLMESİ.....	30
5.1 YÜRÜYEN MERDİVEN/BANT YATIRIM MALİYETLERİ	30
5.1.1 Yürüyen Merdiven/Bantlarda Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi.....	31
5.1.1.1 Yürüyen merdiven/bant yerine asansör tercih edilmesi	31
5.1.1.2 Yürüyen merdiven yerine asansör tercih edilmesi örnek bir uygulama	32

5.1.1.3 Yürüyen merdiven/bant yerine asansör tercih edilmesi avantajları	38
5.1.2 Yürüyen Merdiven/Bantlarda Yerli Üretimin Tercih Edilmesi.....	39
5.2 ASANSÖR YATIRIM MALİYETLERİ	39
5.2.1 Hidrolik Asansör.....	40
5.2.2 M3 Hattı Elektrikli Asansörler	42
5.3 ECS ÇEVRESEL KONTROL SİSTEMLERİ YATIRIM MALİYETLERİ.....	44
5.3.1 M3 ECS Sistemlerin Maliyetleri	47
5.3.2 ECS Çevresel Kontrol Sistemleri Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi .	48
5.4 YANGIN ALGILAMA VE KORUMA SİSTEMLERİ YATIRIM MALİYETLERİ	53
5.4.1 Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri	53
5.4.2 Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri Maliyetlerin Minimize Edilmesi	59
5.4.2.1 Yangın yönetmeliği.....	60
5.4.2.2 NFPA 130 yangın yönetmeliği.....	61
5.4.2.3 Gazlı söndürme sistemleri ilgili yabancı metrolardaki uygulamalar	71
5.5 YARDIMCI SİSTEMLER MALİYETLERİ VE MİNİMİZE EDİLMESİ.....	72
5.5.1 Duvar Tipi Ve Kanal Tipi Fanların Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi	72
5.5.2 ECS Sistemlerde Damper Seçimleri İle Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi	74
5.5.4 Sulu Yangın Söndürme Sistemleri Yatırım Maliyetlerinin Düşürülmesi	76
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKÇA	81

TABLULAR

Tablo 2. 1: Kent içi raylı ulaşım türleri ve özellikleri	10
Tablo 3. 1: İstanbul gelecekte yapılması düşünülen raylı sistem projeleri ve maliyetleri.....	20
Tablo 4. 1: Elektromekanik sistemler maliyetleri	28
Tablo 5. 1: Yürüyen merdiven/bant adetleri	30
Tablo 5. 2: Yürüyen merdivenler toplam maliyetleri.....	31
Tablo 5. 3: Yürüyen merdiven ve asansör maliyetleri	32
Tablo 5. 4: Yürüyen merdivenlerden 1 saatte geçen yolcu sayısı.....	34
Tablo 5. 5: Asansör hareket süreleri ve taşınan yolcu sayısı	36
Tablo 5. 6: Mevcut Projedeki yürüyen merdivenler ve asansörler toplam maliyetleri	36
Tablo 5. 7: Önerilen projedeki yürüyen merdiven asansör toplam maliyetleri	37
Tablo 5. 8: Asansör sayıları	40
Tablo 5. 9: Hidrolik ve elektrikli asansör maliyetleri.....	43
Tablo 5. 10: TVF ve EXF fanlarının maliyetleri.....	48
Tablo 5. 11: Projeden çıkarılması düşünülen EXF fan maliyetleri	52
Tablo 5. 12: Söndürme yapılan odalar için sislendir dağılımları.....	56
Tablo 5. 13: Söndürme yapılan odalar için önerilen silindir dağılımları.....	62
Tablo 5. 14: Gazlı söndürme sistemleri içinde iş maliyetleri	64

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1: Bölgesel demiryolu örnek	5
Şekil 2. 2: Kent içi banliyö örneği.....	6
Şekil 2. 3: İstanbul metrosu görünüşü	6
Şekil 2. 4: Cadde tramvayı.....	8
Şekil 2. 5: Monoray hatlı ulaşım	9
Şekil 2. 6: Lastik tekerlekli tramvay.....	9
Şekil 2. 7: M2 metrosu görünüşü	11
Şekil 2. 8: Kirazlı-Başakşehir Olimpiyat Metro su	13
Şekil 2. 9: M4 Hattı kullanılan araç görüntüsü	16
Şekil 3. 1: Kent içi raylı sistemlerde birim kapasite başına maliyet	18
Şekil 3. 2: Yapım işleri proje bilgileri	22
Şekil 3. 3: Sistemlerin maliyet oranları	22
Şekil 4. 1: Yürüyen merdiven/bant.....	25
Şekil 4. 2: Asansörler.....	25
Şekil 4. 3: Drenaj sistemleri.....	27
Şekil 4. 4: Elektromekanik sistemler maliyet oranları	29
Şekil 5. 1: Taksim istasyonu mevcut projede normal işletmedeki yolcu dağılımı.....	33
Şekil 5. 2: Önerilen projedeki Taksim istasyonu yolcu dağılımı	35
Şekil 5. 3: Yürüyen merdiven ve asansör maliyetleri yüzdeleri	37
Şekil 5. 4: Hidrolik asansör.....	41
Şekil 5. 5: Asansör makine dairesi	41
Şekil 5. 6: Elektrikli asansör	42
Şekil 5. 7: Asansör maliyet yüzdeleri.....	43
Şekil 5. 8: Tünel havalandırma fanı	44
Şekil 5. 9: EXF, OTE fan.....	45
Şekil 5. 10: Temiz hava ve egzoz fanları.....	46
Şekil 5. 11: Fanların çalışma şekli.....	49
Şekil 5. 12: By-pass damperleri	50
Şekil 5. 13: TVF – EXF ve INF için önerilen alternatif çalışma şekli	51
Şekil 5. 14: Fanların maliyet yüzdeleri.....	52
Şekil 5. 15: Gazlı söndürme sistemleri silindirleri	53
Şekil 5. 16: Gazlı söndürme sistemi odalara dağılımı gösterimi	55
Şekil 5. 17: Cer, trafo odası görünüş	60
Şekil 5. 18: Yangın söndürme tüpleri.....	69
Şekil 5. 19: Yangın söndürme tüpü ve yangın dolabı	70
Şekil 5. 20: Gazlı söndürme sistemleri maliyet yüzdeleri	70
Şekil 5. 21: Yabancı metrolara sorular ve gelen cevaplar	71
Şekil 5. 22: Duvar tipi fan.....	73
Şekil 5. 23: Kanal tipi fan	73
Şekil 5. 24: Aktuatör.....	74

Şekil 5. 25: Aktuatör ve by-pass damperleri.....	74
Şekil 5. 26: Pistonlu kompresör	75
Şekil 5. 27: Elektrik motorlu damper	76
Şekil 5. 28: Yangın pompa odası	77
Şekil 5. 29: Su deposu	78
Şekil 5. 30: Su borularına hava dolduran pistonlu kompresör.....	78
Şekil 6. 1: Tüm sistemlere ait maliyet oranları	80

KISALTMALAR

TVF	:	Tünel Havalandırma Fanları
EXF	:	İstasyon Havalandırma Fanları
INF	:	İstasyon Temiz Hava Fanları
OTE	:	İstasyon Egzoz Fanı
FS	:	Teknik Hacim Temiz Hava Fanı
FE	:	Teknik Hacim Egzoz Fanı
M2	:	Metro Şişhane-Hacıosman Hattı
M3	:	Metro Kirazlı- Başakşehir Hattı
TBM	:	Tünel Açma Makinesi
SCADA	:	Süpervizör İzleme ve Kontrol Ekranı
LCP	:	Lokal Kontrol Panosu
ECS	:	Çevresel Kontrol Sistemleri
GSMH	:	Gayri Safi Milli Hasıla

SEMBOLLER

Dolar ABD Para Birimi Sembolü	:	\$
Derece Sıcaklık Sembolü	:	C
Yaklaşık Değer Sembolü	:	≈

1. GİRİŞ

Raylı sistemler toplu taşıma araçları içerisinde konfor, rahatlık ve kapasite bakımından ilk sırada gelmektedir. Avrupa'nın birçok ülkesinde oldukça geniş bir alana kurulmuş bu ulaşım araçları ülkemizde son yıllarda yapılan projelerle artmaya başlamıştır. Özellikle İstanbul'da artan nüfus yoğunluğu ile birlikte trafik hacminin büyümesi, lastik tekerlekli toplu taşıma araçlarının yetersiz kalması ve ulaşım süresinin uzaması, zahmetli ve yorucu hale gelmesi nedeniyle raylı sistemlere duyulan ihtiyaçları artırmaktadır. Trafik ve ulaşım problemine etkili çözüm olan bu sistemler birçok avantajlarının yanı sıra dezavantajlarını da beraberinde getirmektedir. Diğer toplu taşıma araçlarına göre proje maliyetleri oldukça yüksek olması en büyük dezavantajıdır. Bununla birlikte proje yapım süresinde uzun sürmektedir.

Yapacağım bu çalışma da raylı sistem projelerini oluşturan iş kalemlerinden, elektromekanik sistemleri inceleyip, oluşturdukları maliyetleri minimize etmeye yönelik alternatif çözümler sunacağım.

Çalışmanın başında raylı sistemler ile ilgili genel bir bilgi verilmiştir. Bu bölümde raylı sistemlerin gelişimi ve bu gelişimi etkileyen faktörler belirtilmiştir. Ayrıca kent içi raylı sistem türlerinin neler olduğu ve özelliklerinden bahsedildikten sonra İstanbul'da yapılan metro projelerine değinilmiş ve bu projeler ile ilgili bilgiler verilmektedir. Bilgileri verilen metroların istasyon sayıları, kapasiteleri, hizmete açılış sürelerini, işletme bilgilerini ve istasyon yapıları anlatılmaktadır.

Üçüncü bölümde ise kent içi raylı sistemlerin yatırım maliyetlerinden bahsedilmektedir. Gelecekte yapılması düşünülen projeler için öngörülen maliyetler gösterilmiştir. Raylı sistem projelerini oluşturan iş kalemlerinin neler olduğu belirtilip, örnek olarak yapımı yakın zamanda bitecek ve açılacak olan M3 Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat projesinin maliyetleri ve bu maliyetleri oluşturan iş kalemleri incelenmiştir. İncelenen projeye ait iş kalemlerinin birbirlerine olan oranları gösterilmiştir. Çalışmanın ana konusu olan elektromekanik sistemlerin projedeki yüzdesi bu bölümde gösterilmiştir.

Dördüncü bölümde ise ele alacağım elektromekanik sistemler hakkında detaylı bir verilmiş ve bu sistemlerin projeye getirdiği maliyetler belirtilmiştir. Belirtilen maliyetler sonucunda elektromekanik işler kapsamında olan sistemlerin kendi aralarındaki oranları hesaplanmıştır.

Elektromekanik sistemlere ait başlıca maliyetleri oluşturan yürüyen merdiven, asansör, havalandırma sistemleri ve gazlı yangın söndürme sistemlerinin elektromekanik işler içerisinde ne kadar maliyet oluşturdukları belirlenmiştir.

Son olarak beşinci bölümde elektromekanik maliyetleri oluşturan yürüyen merdiven, asansör, havalandırma sistemleri ve gazlı yangın söndürme sistemlerinin proje içerisinde uygulanmış şekilleri ve detaylı maliyetleri incelenmiş, bu sistemlerin projelerdeki uygulanma şekillerine ve seçim kriterlerine alternatif çözümler üretilerek maliyetleri minimize edilmiştir. Sistemler ile ilgili alternatif çözümler üretilirken, sistemlerin proje için önemi, yeterliliği ve ilgili yönetmelikler dikkate alınmıştır. Örneğin, yürüyen merdiven yerine asansör tercih edilmesi ile ilgili çalışma yapılırken, yürüyen merdivenleri kullanan yolcu sayısı hesaplanmış ve bu sistemlerin yerine tercih edilen asansörlerin bu sayıyı karşılayıp karşılamayacağı belirlendikten sonra öneri sunulmuştur. Diğer bir durumda ise istasyonlar içerisindeki bazı teknik odalara kurulu olan gazlı yangın söndürme sistemlerin projede hangi odalar için kullanılacağı ilgili yangın yönetmelikleri, NFPA 130 ve teknik şartnameler incelendikten sonra öneriler sunulmuştur.

Sonuç bölümünde ise incelenen elektromekanik sistemlerin maliyetlerinin minimize edilmesi sonrası projelerde oluşturdukları kazanç belirtilmiştir. Bu bölümde maliyetleri minimize edilen yürüyen merdiven, asansör, havalandırma ve gazlı yangın söndürme sistemlerinin projedeki ilk maliyetleri ile kıyaslanıp ne kadarlık bir kazanç sağlandığı yüzde ile gösterilmiştir. Sistemler kendi aralarında da değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLER

2.1 KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN GELİŞİMİ

Gelişmiş ülkelerin büyük kentlerinde, 19. yüzyılın sonlarından başlayan raylı sistem ağlarının genişletilme çabaları, günümüzde de sürmektedir. Bu çabalar, 1973-1974 yıllarındaki enerji bunalımı ve 1990 yıllarında sonra çevreye olan duyarlılığın artması nedeniyle hızlanmıştır.

1970'li yıllarda, gelişmiş ülkelerde, nüfusu 300.000'in altında hatta 100.000 dolayında olan kentlerde bile (Almanya'da Ulm, Würzburg, Mainz) raylı sistem uygulaması yapılmıştır. Ancak bu uygulamalar genel eğilimi yansıtmamaktadır. Dünyada 1970'li yıllarda hızlanan kentsel raylı sistem geliştirme çabaları son yirmi yılda ülkemize yansımıştır. Aksaray - Esenler raylı sistemi, 1989 yılında işletmeye açılarak yeni bir gelişmenin başlangıcını oluşturmuştur. Bugün, 2012 yılı sonu itibariyle, İstanbul, Ankara, Konya, Bursa, İzmir, Eskişehir, Kayseri ve Antalya illerimizde raylı sistemler inşa edilerek işletmeye açılmışlardır. Bu yatırımların yanı sıra pek çok kentimizde de raylı sistemlerin inşaatı ve planlanması çalışmaları sürdürülmektedir.

2.1.1 Kentsel Raylı Sistem Gelişimini Etkileyen Faktörler

Toplu taşıma araçları olarak kullanılan ve küçük kapasiteli taşımalarından başlayıp otobüs, mafsallı ve ya iki katlı otobüslere ve özel otobüs yolu uygulamaları olan lastik tekerlekli araçlar, artan nüfus yoğunluğu sebebiyle toplu taşımacılık için yeterli gelmemektedir. Bu aşamadan sonra raylı sistemlerin geliştirilmesi zorunlu bulunmaktadır. Her ulaştırma türünde olduğu gibi, fakat onlardan daha dikkatle raylı sistemlerin hangi aşamada devreye sokulacağı ve nasıl geliştirileceği planlanmalıdır.

Kentsel raylı sistem gelişimini etkileyen faktörler şunlardır;

- i. Kentin nüfusu ve artış oranı.
- ii. Kentin alanı.
- iii. Nüfus yoğunluğunun dağılımı.
- iv. Kentte arazi kullanımı (kentsel gelişim planı).
- v. Kentteki gelir düzeyi

- vi. Kentteki gelir dağılımı.
- vii. Kentin demografik yapısı (çalışan, öğrenci, vb. oranları).
- viii. Kentteki otomobil sahipliği oranı.
- ix. Diğer toplu taşıma sistemlerinin
 - a. Türleri
 - b. Yol uzunluğu
 - c. Kapasiteleri
 - d. Etkinlik, verimlilikleri.
 - e. Toplu taşıma içindeki payları

Yukarıda sıralanan faktörlerle ilgili veriler elde edilebilirse, kent içi raylı sistemlerin ne şekilde geliştiklerine ilişkin matematik modellerin oluşturulması mümkün olabilir. Ancak bu verilerin gereken ölçüde ve sağlıklı bir biçimde toplanması son derece güçtür. Toplanabilen bilgiler kent nüfusları ve ülkelere ait GSMH değerleri, kent içi raylı sistem uzunlukları, otobüs ve raylı sistem yolculukları ile ilgili değerlerle sınırlı kalmıştır.

2.2 KENT İÇİ RAYLI SİSTEMLERİN TÜRLERİ

Kent içi raylı sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- i. Bölgesel Demiryolu
- ii. Banliyö
- iii. Metro
- iv. Hafif Metro
- v. Hafif Raylı Sistem
- vi. Tramvay
- vii. Monoray
- viii. Lastik Tekerlekli Raylı Sistem
- ix. Üst Yollu Elektrikli Taşıt

2.2.1 Bölgesel Demiryolu

Demiryolu üzerinde çalışan en fazla 80 m²'lik araçların oluşturduğu araçlardır. Hızlı raylı sistemin daha büyük ölçeklisi olup, uzun mesafeli güzergâhlarda hızlı raylı toplu taşımacılıktan daha verimli çalışmaktadır. Bu nedenle bölgesel düzeyde veya uzun mesafeli şehir içi yolculuklar için tercih edilmektedir.

Şekil 2. 1: Bölgesel demiryolu örnek



2.2.2 Banliyö

Büyük şehirlerde, çoğunlukla şehir dışındaki yerleşim bölgelerine ulaşımında kullanılan banliyö işletmeciliğinde hat genişliği 1435 mm olup, 15–25 KVolt besleme enerjisini katenerden almaktadır. İşletme giderleri ve enerji tüketimi oldukça düşüktür. En büyük avantajı ise demiryolu ulaşımına ait hatları kullanabilmesidir. Yüksek kapasitede yolcu taşıyabilen banliyö sisteminde seyahat, yüksek emniyet ve konfora sahiptir. İstasyonlar yerleşim bölgelerine göre kurulmaktadır.

Şekil 2. 2: Kent içi banliyö örneği



2.2.3 Metro

Hafif metro ile özellikleri benzer olup, tek yönde saatte 60000–70000 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Yolcu yükü nedeniyle dizideki araç sayısı daha fazla, istasyon peronları daha uzundur. Dünyanın büyük şehirlerinde (Paris, Roma, Moskova vb.) çok büyük bir toplu taşıma gerçekleştirmektedir. En büyük dezavantajı alt yapı yatırım maliyetlerinin diğer sistemlere göre çok yüksek olmasıdır.

Şekil 2. 3: İstanbul metrosu görünüşü



2.2.4 Hafif Metro

Genellikle 1435 mm ray açıklığındaki hatlarda, 600–750 VDC veya 1500 VAC ile üçüncü raydan veya katener hattından beslenen, tek yönlü olarak saatte 30000–50000 yolcu taşıyan, yaklaşık 350 yolcu kapasiteli 4–6 araçtan oluşan diziler halinde sinyalizasyon sistemine tabi olarak işletilen, çoğunlukla yeraltında açılan tünellerde döşenen hatlarda işletilen, ortalama hızı 70–90 km/saat olan raylı toplu taşıma sistemidir. İşletme giderleri diğer raylı sistemlere göre yüzde 20 yüksek olan bu sistem, işletmecilik yönünden Hafif Raylı Sistem özelliklerine yakındır.

2.2.5 Hafif Raylı Sistem

Ray açıklığı genellikle 1435 mm olan, 750 VDC veya 1500 VAC ile üçüncü raydan veya katenerden enerji alan, bir sürücü tarafından sinyalizasyon sistemine uygun olarak kumanda edilen, 600–1000 metre aralıklarla özel istasyonlarda yolcu indirip bindiren, yaklaşık 300 yolcu kapasiteli araçlardan oluşan diziler halinde, ortalama 60–80 km/saat hız ile kendine ait hatlarda işletilen raylı toplu taşıma sistemidir. Kendine ait hatlar genellikle zemin seviyesinde olmasına karşın fiziki duruma göre aç-kapa tünel, yarma, viyadük ve kısa tünellerden oluşabilmektedir. Araçlar istasyonlardaki yaklaşık 90 cm yüksekliğindeki peronlardan yolcu alırlar. Tek yönde saatte 10000–30000 yolcu kapasitesi olan hatlar için kullanılır. Diğer ulaşım sistemlerine göre işletme gideri yüzde 20, enerji tüketimi yüzde 10 daha fazladır.

2.2.6 Tramvay

Karayolu ulaşım araçları ile aynı alanı kullanan, yol ve trafik durumuna göre bir sürücü tarafından kumanda edilen, elektrik enerjisini katenerden alan, daha çok inip binmenin olduğu, günümüzde daha çok bir adım atılarak binilebilen alçak zeminli araçların kullanıldığı, en düşük yolcu kapasiteli raylı toplu taşıma sistemidir.

Sistem mevcut karayolu trafik düzenine uymak zorunda olup, bu araçlara geçit ve kavşaklarda karayolu araçlarına göre geçiş üstünlüğü sağlanmaktadır. Ortalama 25–35 km/saat hızla

işletilen tramvaylar için yaklaşık 300–500 metre aralıklarla yolcu istasyonları mevcuttur. Araçlar genellikle 1435 mm ray açıklığında ve 750 VDC enerji ile çalışmaktadır. Yatırım maliyeti en dūřuk, işletmesi en pratik raylı toplu taşım sistemidir.

şekil 2. 4: Cadde tramvayı



2.2.7 Monoray

Monoray, tek raylı yolcu taşım sistemi olup, başlıca iki tip monoray bulunmaktadır. Birinci tipte vagonlar rayın üzerinde, tekerleklerin, bir hava yastığının ya da magnetik bir sistemin yardımıyla yol almakta; bunlara "alttan hatlı" monoray denmektedir. Öteki tipte ise vagonlar, rayın altındadır ve çekişi sağlayan tekerlekler raya asılı olarak yuvarlanmakta; bu sisteme ise "havai hatlı" monoray denmektedir.

Deneme amacıyla pek çok monoray kurulmuş olup, bunlardan bazıları çok yüksek hızlarda işleyebilmektedir; ama monorayın pratik bir toplu taşım aracı olarak kabul görmesi ancak son zamanlarda olmuştur. Metrodan daha ucuza mal olan monoraylar, diğer yer st  taşım sistemlerine göre daha hızlıdır.

Şekil 2. 5: Monoray hatlı ulaşım



2.2.8 Monorail (Üst Yollu Elektrikli Taşıt Sistemi)

Gelişmiş bazı ülkelerde kullanılmaya başlanılan bu sistemde araçlar yukarıda bulunan yola bir askı kolu ve kılavuz vasıtasıyla asılı olarak işletilmektedir. Dikdörtgen şeklindeki kapalı kutu yola raylar, enerji ünitesi ve tahrik ünitesi yerleştirilmektedir. Tahrik DC veya lineer motorlar vasıtasıyla yapılır. Yaygın olarak henüz kullanılmayan bu sistemde zemindeki trafiğin engellenmesi, gürültü, hava kirliliği gibi olumsuz etkilerin olmaması gibi avantajları mevcuttur.

2.2.9 Lastik Tekerlekli Raylı Sistem

Lastik tekerleklerle desteklenmiş ve yönlendirilmiş, tahta, çelik veya beton bir zeminde, büyüklüğü 36–53 m² arasında değişen 5–9 adet araçlardan oluşan katarlarla yapılmaktadır.

Şekil 2. 6: Lastik tekerlekli tramvay



Tablo 2. 1: Kent içi raylı ulaşım türleri ve özellikleri

Kent İçi Raylı Ulaşım Türleri				
Özellik	Tramvay	Hafif Raylı	Metro	Bölgesel Demiryolu
Yol Sınıfı	Karışık Trafik yolu	Kısmi Kontrollü yol	Tümüyle Kontrollü Yol	Tümüyle Kontrollü Yol
Yol Kontrolü	Görsel	Görsel/Sinyal	Sinyal	Sinyal
İşletme Hızı (Km/Saat)	10 - 25	15 - 45	25 - 60	30 - 70
Kapasite (Yolcu/Yol/Saat)	5000 - 10000	10000 - 30000	30000 - 50000	20000 - 50000

Kaynak: Dr. Remzi Toprak Şehir içi Raylı Ulaşım Sistemleri: Seçim kriterleri ve sınıflandırılması Sunumu

2.3 İSTANBUL'DA YAPILAN METROLAR VE ÖZELLİKLERİ

Kent içi raylı sistemleri içerisinde en hızlı toplu taşıma aracı metro bir yer altı raylı taşıma sistemidir. Tek yönde saatteki yolcu kapasitesi 60.000 - 70.000 arasında olan kent içi raylı toplu taşıma sistemidir. Genellikle 1435 mm ray açıklığına sahip, 6 veya 8 araçlı dizinler halinde yolcu taşıma kapasitesine sahip, katener veya 3.ray hattından beslenen, sinyalizasyon sistemine tabi olarak işletilen ve ortalama hızı 70-90 km/saat olan kent içi raylı sistemlerdir. Metro sistemlerinde genellikle istasyonların büyük çoğunluğu yer altı istasyonlarından oluşur, dolayısıyla altyapı yatırım maliyeti diğer kent içi raylı sistemlere göre yüksektir.

Metro hattı içerisinde bulunan istasyon ve tüneller tamamı ile yer altında olduğu için bu bölgelerde konforlu, rahat ve güvenli bir işletme yapılabilmesi için elektromekanik sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

İstanbul'da şüana kadar yapılan 3 Adet yer altı metro projesi vardır. Bunlardan ikisinde işletme yapılmaya başlanmıştır. Diğer metro ise yakın zamanda işletmeye açılacaktır.

- i. M2 Şişhane – Hacı Osman Metro su : İşletmeye açılmış durumda
- ii. M3 Kirazlı – Başakşehir – Olimpiyat Metro Hattı : Yakın zamanda işletmeye açılacak
- iii. M4 Kadıköy – Kartal Metro su : İşletmeye açılmış durumda

2.3.1 M2 Şişhane - Hacıosman Metro Hattı

Yapımına 1992 yılında başlanan ve Şişhane – Hacı Osman arasında hizmet veren metro, 16 Eylül 2000 tarihinde hizmete girmiş olup günlük ortalama 230.000 yolcu taşımaktadır. Ayrıca Ana hat üzerinde Sanayi Mahallesi istasyonundan Seyrantepe bağlantısı yer almaktadır

2.3.1.2 İstasyonlar

Şişhane, Taksim, Osmanbey, Şişli/Mecidiyeköy, Gayrettepe, Levent, 4.Levent, Sanayi Mahallesi, İT Ayazağa, Atatürk Oto Sanayi, Darulşafaka, Hacıosman Seyrantepe

şekil 2. 7: M2 metrosu görünüşü



2.3.1.3 Yapım süreçleri

- i. Temel Atma :19.08. 1992
- ii. Taksim - Şişli tünelleri birleştirmesi :12.06.1994
- iii. Şişli - 4.Levent tünelleri birleştirmesi :8.07.1994
- iv. Taksim - Şişli ve 4. Levent tünelleri birleştirmesi : 30.04.1995
- v. Araçların tünele indirilmesi : 11.01.1999
- vi. ilk deneme seferleri başlatılması :25.03.1999
- vii. Taksim - 4. Levent arası hizmete açılması: 16.09.2000

- viii. Şişhane ve Atatürk oto sanayi bölümünün açılması: 31.01. 2009
- ix. Darüşşafaka istasyonu hizmete açılması: 02 .09.2010
- x. Seyratepe istasyonu hizmete açılması: 11.11.2010
- xi. Hacıosman istasyonu hizmete açılması :29.04.2011

2.3.1.4 İşletme bilgileri

- i. Hat Uzunluğu :16,5 Km
- ii. İstasyon Sayısı : 13
- iii. Vagon Sayısı : 124
- iv. Sefer Süresi : 27 dk
- v. İşletme Saatleri : 06:15/00:00
- vi. Günlük Yolcu Sayısı : 230.000 Yolcu / Gün
- vii. Günlük Sefer Sayısı : 225 Tek Yön
- viii. Sefer Sıklığı : pik saatte 4 dk

2.3.1.5 İstasyon yapıları

İstanbul Metrosu'nda yaşanabilecek her türlü olumsuz duruma karşı senaryolar hazırlanmış ve bu senaryolarla ilgili simülasyonlar yapılarak çözüm planları hazırlanmıştır.İstanbul Metrosu'nda, İstasyonların her bölgesinde bulunan kameralarla sistem sürekli gözlemlenmekte ve kontrol edilmektedir. Ayrıca üniformalı güvenlik görevlileriyle kontrol sağlanmaktadır.

En son teknoloji ile inşaa edilen İstanbul Metrosu'nda, güvenilir bir yangın emniyet sistemi bulunmaktadır. Sistemin her yerinde yangın ihbar dedektörleri bulunmaktadır. Kullanılan tüm ekipmanlar yüksek derecede ısıya dayanıklı ve zehirli gaz çıkarmayan malzemelerden seçilmiştir. Yangın durumunda insanların güvenli olarak tahliye olması için ispatlanmış ve güvenilir bir duman kontrolü ve tahliye sistemi bulunmaktadır.

Hattın sinyalizasyon, makas ve araç sistemi, tam otomatik olup ihtiyaç halinde manuel olarak ta çalıştırılabilmektedir.

İstanbul Metrosunda tüm sistemin enerji beslemesi iki ayrı noktadan yapılmaktadır. Her iki besleme noktası da devre dışı kalırsa 15 saniye içinde jeneratörler devreye girmekte ve tünel

içerisinde kalan tüm trenler en yakın istasyona ulaşarak yolcularını tahliye edebilmektedir. Enerji beslemelerinin kesilmesi ve jeneratörlerin arızalanıp devreye girememesi durumunda aydınlatma sistemi ve elektronik kontrol sistemleri 3 saat süreyle kesintisiz güç kaynakları vasıtasıyla beslenebilmektedir.

2.3.2 M3 Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat Metro Hattı

Yapımına 2006 yılında başlanan ve Başakşehir- Kirazlı – Olimpiyatköy arasında hizmet verecek olan metronun uzunluğu yaklaşık 16 km olup 11 istasyona sahiptir. Ayrıca Olimpiyatköy’ de trenler için depo sahası ve atölye binası bulunmaktadır.

Kirazlı istasyonu, mevcut M1 Aksaray-Otogar-Havalimanı hattının devamı olarak yapılan Otogar-Kirazlı hattının ortak istasyonudur. Bu istasyonda yapılacak aktarma ile Başakşehir’den binen yolcular Aksaray’ a gidebileceklerdir.

2.3.2.1 İstasyonlar

Metrokent, Başak Konutları, Siteler, Turgut Özal, İkitelli Sanayi, Olimpiyat, Ziya Gökalp mh., İstoç, Mahmutbey, Yeni Mahalle, Kirazlı

Şekil 2. 8: Kirazlı-Başakşehir Olimpiyat Metro Hattı



Kaynak: İstanbul Ulaşım A.Ş internet sitesi

2.3.2.2 Proje aşamaları

- i. Sözleşme Tarihi:Mayıs 2006
- ii. Tünellerin Tamamlanması:Mart 2009
- iii. Araçların depoya gelmesi : Ocak 2010
- iv. Aracın ilk enerjili sürüşü:Aralık 2010
- v. Başkanın ilk araçlı test sürüşü: Ocak 2011
- vi. Hattın İETT' den İBB ye devri: Haziran 2011
- vii. Sinyal sisteminin tüm hatta devreye alınması: Mart 2012
- viii. Deneme seferlerinin başlatılması :Haziran 2012

2.3.2.3 İşletme bilgileri

- i. Hat Uzunluğu :15,9 Km
- ii. İstasyon Sayısı : 11
- iii. Vagon Sayısı : 80 (20 adet 4 lü tren)
- iv. Sefer Süresi : 20 dk
- v. İşletme Saatleri : 06:00/00:00
- vi. Günlük Yolcu Taşıma kapasitesi :70.000 Yolcu/saat
- vii. Minimum headway: 90 sn (teorik) 120 sn (pratik)
- viii. Sefer Sıklığı : peak saatte 5 dk
- ix. Kumanda merkezi: Metrokent istasyonunda
- x. Hat voltajı: 1500 VDC
- xi. Sürüş modu: ATO

2.3.2.4 İstasyon yapıları

İstasyonlar 8'li trenlere uygun olarak hazırlanmış 180 m'lik peronlara sahiptir. Mahmutbey İstasyonunda geceleme hattı (3. Hat), Olimpiyat istasyonunda 2 peron 3 hat, İkitelli sanayi istasyonunda 2 peron 4 hat bulunmaktadır. Ziya Gökalp Mahallesi İstasyonu tünel istasyon olup diğer istasyonlar aç-kapa yöntemiyle inşa edilmiştir. Tüneller çift tüp olup, Metrokent-Kirazlı arası T.B.M ile, İkitelli Sanayi-Olimpiyat arası N.A.T.M yöntemi ile açılmıştır.

Başakşehir Metrosu'nda yaşanabilecek her türlü olumsuz duruma karşı senaryolar hazırlanmış ve bu senaryolarla ilgili simülasyonlar yapılarak çözüm planları hazırlanmıştır. İstasyonlarda bulunan kameralarla sistem sürekli gözlemlenmekte ve kontrol edilmektedir.

En son teknoloji ile inşa edilen Başakşehir Metrosu'nda, interaktif (ortama göre kendini ayarlayabilen) bir yangın emniyet sistemi bulunmaktadır. Kullanılan tüm ekipmanlar yüksek derecede ısıya dayanıklı ve zehirli gaz çıkarmayan malzemelerden seçilmiştir. Yangın durumunda insanların güvenli olarak tahliye olması için ispatlanmış ve güvenilir bir duman kontrolü ve tahliye sistemi bulunmaktadır.

Hattın ve depo sahasının sinyalizasyon, makas ve araç sistemi, tam otomatik olup ihtiyaç halinde manuel olarak da çalıştırılabilmektedir.

Başakşehir Metrosunda tüm sistemin enerji beslemesi iki ayrı noktadan yapılmaktadır. Her iki besleme noktası da devre dışı kalırsa 15 saniye içinde jeneratörler devreye girmekte ve tünel içerisinde kalan tüm trenler en yakın istasyona ulaşarak yolcularını tahliye edebilmektedir. Enerji beslemelerinin kesilmesi ve jeneratörlerin arızalanıp devreye girememesi durumunda aydınlatma sistemi ve elektronik kontrol sistemleri 3 saat süreyle kesintisiz güç kaynakları vasıtasıyla beslenebilmektedir.

2.3.2.5 Atölye ve depo sahası

Olimpiyat istasyonundan sonar yer alan Atölye ve depo sahası, yaklaşık 70.000 m² üzerine kurulu olup tesisin araç kapasitesi 120'dir. Bakım birimlerinin yer aldığı atölye binası ise 10.000 m² kapalı alandan oluşmaktadır.

2.3.3 M4 Kadıköy-Kartal Metro Hattı

Yapımına 2008 yılında başlanan ve Kadıköy-Kartal arasında hizmet verecek olan metronun uzunluğu yaklaşık 22,7 km olup 16 yolcu istasyonuna sahiptir. Hat üzerinde Maltepe ve Huzurevi İstasyonları arasında ve ana hattın sahil tarafında yer alan Maltepe Depo Sahası ve Bakım Atölyesi bulunmaktadır. Hattın tamamı Maltepe Depo Sahası ve Bakım Atölyesi dahil yüzde yüz yer altındadır.

Keşif artışı ile birlikte Kaynarca'ya kadar tüneller TBM'le açılmış olup, Kartal-Kaynarca ihalesi ile birlikte kalan inşaat ve elektromekanik işler yapılarak hattın uzunluğu 26,5 km'ye ve istasyon sayısı 19'a ulaşacaktır.

2.3.3.1 Yolcu istasyonları

Kadıköy, Ayrılık çeşme, Acıbadem, Ünalın, Göztepe, Yenisahra, Kozyatağı, Bostancı, Küçükyalı, Maltepe, Huzurevi, Gülsuyu, Esenkent, Hastane/Adliye, Soğanlık, Kartal

Şekil 2. 9: M4 Hattı kullanılan araç görüntüsü



2.3.3.2 İşletme Bilgileri

- i. Hat Uzunluğu: 22,7 Km
- ii. Toplam İstasyon Sayısı: 16
- iii. İlk aşamada yolcuya açılacak istasyon sayısı: 15 (Ayrılıkçeşme İstasyonu Marmaray'la birlikte Ekim 2013'te açılacaktır)
- iv. Vagon Sayısı: 144 (36 adet 4'lü tren)
- v. Sefer Süresi: 29 dk
- vi. Tam tur süresi: 64 dk.dır.
- vii. Maksimum İşletme Hızı: 80km/sa
- viii. İşletme Saatleri: 06:00 & 24:00
- ix. Günlük Yolcu Taşıma kapasitesi: 70.000 Yolcu / saat (tasarım kapasitesi)
- x. Minimum Sefer Sıklığı: 90 sn (teorik) 120 sn (pratik)
- xi. Kumanda Merkezi: Esenkent İstasyonu'nda
- xii. Hat Voltajı: 1500 V DC
- xiii. Sürüş Modu: ATO

2.3.3.3 İstasyon yapıları

Kadıköy – Kartal Metrosu’nda yaşanabilecek tüm muhtemel olumsuz durumlara karşı duman ve yolcu tahliye senaryoları hazırlanmış ve bu senaryolarla ilgili simülasyonlar yapılarak test edilmiştir. İstasyonlarda bulunan toplam 831 kamerayla ile sistem sürekli olarak gözlemlenmekte ve kontrol edilmektedir.

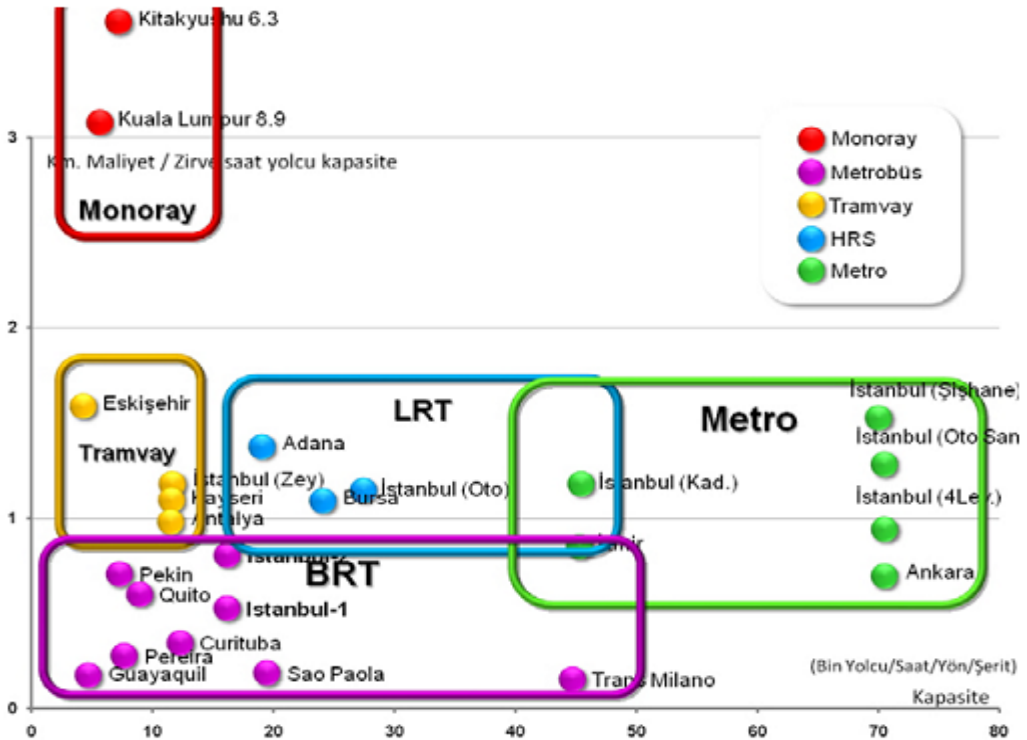
Metroda kullanılan tüm ekipmanlar yüksek derecede ısıya dayanıklı ve zehirli gaz çıkarmayan malzemelerden seçilmiştir. Yangın durumunda insanların güvenli olarak tahliye olması için ispatlanmış, tam otomatik olarak çalışabilen, başta NFPA olmak üzere standartlara uygun, güvenilir bir duman kontrolü ve tahliye sistemi bulunmaktadır.

Kadıköy - Kartal Metrosu’nda tüm sistemin enerji beslemesi 3 ayrı noktadan yapılmaktadır. OG ringi 34,5 kW sistemidir. Her üç besleme noktası da devre dışı kalırsa 2 ayrı uçta bulunan jeneratörler devreye girerek tünel içerisinde kalan tüm trenler birer birer en yakın istasyona ulaştırılarak yolcuları tahliye edebilmektedir. Jeneratörler devrede iken istasyondaki elzem yüklerin beslemesi devam etmektedir. Bunun için elzem yükler devre dışı bırakılması gerekir. Enerji beslemelerinin kesilmesi ve jeneratörlerin arızalanıp devreye girememesi durumunda aydınlatma sistemi ve elektronik kontrol sistemleri 3 saat süreyle kesintisiz güç kaynakları vasıtasıyla beslenebilmektedir.

3. RAYLI SİSTEM YATIRIM MALİYETLERİ

Bu bölümde öncelikli olarak ülkemizdeki kenti içi raylı sistemlerin yatırım maliyetleri incelenecektir. Raylı sistemler seçiminde en önemli etkenlerden biride kapasiteyi artırmak olduğundan bahsetmiştik. Raylı sistemler için yapmış olduğumuz yatırım maliyetlerini göz önüne aldığımız zaman istenilen kapasite sağlanabiliyor mu? Sonuçta bu projeler için ayrılan yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle istenilen kapasitenin de sağlanması gerekmektedir.

Şekil 3. 1: Kent içi raylı sistemlerde birim kapasite başına maliyet



Kaynak: G. Evren-K.S.Öğüt Ülkemizde raylı sistemlerin gelişimi çalışması

Şekil 4.1’de kent içi raylı sistemlerin kapasite maliyet ilişkisi gösterilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.1 ‘de görüldüğü gibi metrobüs yatırım maliyetleri diğer sistemler göre düşük ancak kapasite olarak ta çok fazla sayılmaz. Bununla beraber tramvay ve LRT gibi hafif raylı sistemlerin yatırım maliyetleri yüksek ancak kapasiteleri de metrobüsle birbirine yakındır.

Bu şekilde gösterilen tüm raylı sistemleri kıyasladığımızda hepsinin yatırım maliyetleri birbirine yakındır. Ancak kapasite olarak metronun hepsinden daha fazla olduğu görülmektedir.

Bu verilere göre değerlendirme yapılacak olursa raylı sistemlerde metronun tercih edilmesi daha uygundur. Diğer ulaşım sistemleri ile hemen hemen yaklaşık maliyet ile daha fazla kapasitede toplu taşıma yapılmış olacaktır.

Tablo 3. 1: İstanbul gelecekte yapılması düşünülen raylı sistem projeleri ve maliyetleri

Kod	Proje Adı	Proje Yapım Maliyeti (milyon \$)	Genel Değerlendirme	Kümülatif Toplam
D-2	Kabataş-Beşiktaş-Şişli-Giyimkent-Bağcılar	1.743	AAAAAAB	1.743
T-1	Üsküdar-Çekmeköy	1.545	AAAAAAB	3.288
D-1	Bakırköy-Bahçelievler-Bağcılar	655	AAAAAAB	3.943
D-3	Yenikapı-Bakırköy	518	AAAAAAB	4.461
T-2	Bakırköy-Beylikdüzü	1.399	AAAAABB	5.860
P1-2	Tekstilkent-İstoç-Olimpiyatköyü-Ispartakule	914	AAAAABB	6.774
PP-3	Kadıköy-Sultanbeyli	1.576	AAAAABB	8.350
PP-4	İkitelli-Habipler	210	AAAAABB	8.560
PBH-4	Bastancı-Kazlıçeşme	2.984	AAAAABB	11.544
D-5	Yenibosna - İkitelli	886	AAAABBB	12.430
P2-11	Taşdelen-Tuzla	1.457	AAAABBB	13.887
PBH-5	Ünalan-Mecidiyeköy	914	AAAABBB	14.801
P1-1	Bağcılar-Halkalı	429	AAAABBC	15.230
P2-7	Ispartakule-Kıraç-Büyükçekmece-Silivri	636	AAAABBC	15.866
PP-1	Atasehir Havaray	215	AAAABCC	16.081
PP-8	Tuzla Tramvay Sistemi	324	AAAABCC	16.405
D-4	Haliç Çevresi	153	AAABBBB	16.558
PP-11	Hisarüstü Raylı Sistemi	348	AAABBBB	16.906
PKT-05	Dolmabahçe-Fulya	211	AAABBBB	17.117
PKT-06	Fulya-Levazım	279	AAABBBB	17.396
PKT-07	Harem-Beylerbeyi	240	AAABBBB	17.636
PKT-01	Armutlualtı-Poligon	240	AAABBBB	17.876
PKT-02	Ayazağa-Armutlualtı	240	AAABBBB	18.116
PKT-04	Çayırbaşı-Derbent	308	AAABBBB	18.424
PKT-08	Levazım-Armutlualtı	419	AAABBBB	18.843
PKT-03	Beylerbeyi-Hekimbaşı	454	AAABBBB	19.297
PKT-09	Zincirli dere-Levazım	201	AAABBBB	19.498
PP-7	Sultançiftliği-Arnavutköy	239	AABBBBB	19.737
D-6	Şişhane-Kulaksız-Cemal Kamacı	145	AABBBBB	19.882
PP-6	Silivri-Gümüşyaka	1.956	AABBBBB	21.838
P2-6	Ispartakule-Beylikdüzü-Avcılar	512	AABBBBB	22.350
P2-5	Beşiktaş-Sarıyer	1.095	AABBBBB	23.445
P2-1	Kartal D-100-Kartal İDO	86	ABBBBBB	23.531
P2-8	Üsküdar-Beykoz	1.283	ABBBBBB	24.814
P2-4	4.Levent-Gültepe -Çeliktepe	161	ABBBBBB	24.975
PP-9	Maltepe Havaray	121	ABBBBBB	25.096
PP-12	Silivri-Selimpaşa Havaray	1.197	ABBBBBB	26.293
P2-2	Sabiha Gökçen Havaalanı-Formula 1	149	BBBBBBB	26.442

Kaynak: İBB Ulaşım Daire Başkanlığı, Ulaşım Planlama Müdürlüğü kentsel ulaşım ana planı raporu

3.1 KIRAZLI-BAŞAKŞEHİR-OLİMPİYAT PROJELERİNİ OLUŞTURAN İŞ KALEMLERİ VE MALİYETLERİ

Metro Proje işlerini oluşturan sistemler ve bu sistemlerin içerdikleri konular aşağıdaki maddelerde belirtilmiştir.

- i. İnşai sistemler, personel ofis ve atölyeleri, istasyon binaları, tüneller ve demiryolu hattını kapsar.
- ii. Elektromekanik sistemler, yürüyen merdiven, asansör, havalandırma sistemleri, yangın koruma, temiz ve atık su gibi mekanik işleri kapsar.
- iii. Elektronik sistemler, sinyalizasyon, SCADA, telefon ve telsiz gibi haberleşme sistemlerini kapsar
- iv. Elektrik sistemler, Alçak ve Orta gerilim sistemleri kapsar.
- v. Araç, tren ve ilgili sistemler
- vi. Personel yerleşim, ihtiyaç ve diğer maliyetler.

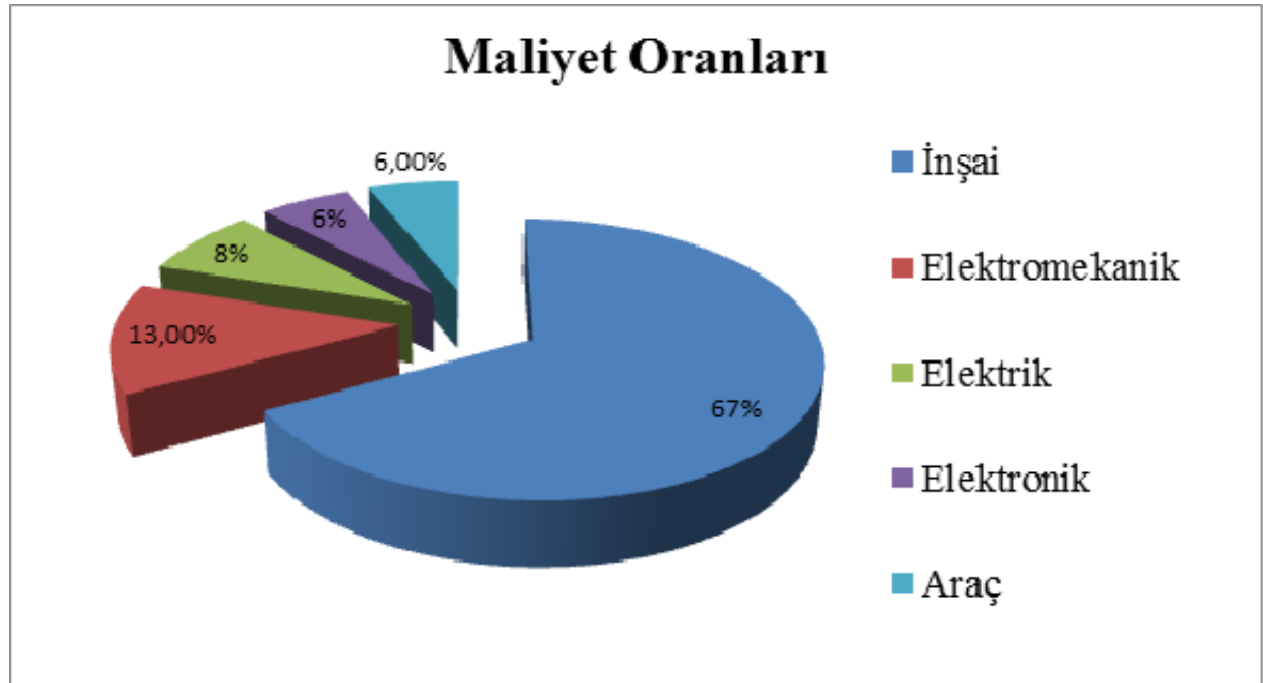
3.1.1 Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat Proje Maliyetleri

Bu bölüm Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat ve Kirazlı-Esenler arasında yapılan metro hattını kapsamaktadır. Bu proje dahilinde yapılan inşai, elektromekanik, elektronik, elektrik, araç ve diğer maliyetleri içermektedir. Buna göre proje toplam maliyeti;

Şekil 3. 2: Yapım işleri proje bilgileri

İŞVEREN	İ.E.T.T. İŞLETMELERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
İŞİN ADI	İSTANBUL OTOGAR-BAĞCILAR-OLİMPİYAT KÖYÜ-BAŞAK KONUTLARI 4 RAYLI TOPLU TAŞIMA SİSTEMİ İNŞAATI, ELEKTROMEKANİK İŞLER YAPIMI VE ARAÇ TEMİNİ İŞİNE AİT DANIŞMANLIK VE KONTROLLÜK HİZMETLERİ
KEŞİF ARTIŞI	13/06/2006 tarih ve 41869 sayılı İdare Encümeni kararı ile keşif %30 arttırılarak 225.365.240,07 USD'ye çıkartılmış ve LRT hattı Bağcılar'dan Kirazlı-1'e uzatılmıştır. Yüksek Fen Kurulu görüşleri de alınarak 456.768.872 USD'lik onaylı keşif hazırlanmış, 18/03/2008 tarih ve 43104 sayılı İdare Encümeni kararıyla hazırlanan 855.713.591,76 USD'lik keşif onaylanmıştır. 07/07/2009 tarih ve 43814 sayılı İdare Encümeni kararıyla 1.136.925.270,19 USD'lik yeni keşif onaylanmıştır.
İHALE BEDELİ(1.KEŞİF)	173.357.877,47.USD
2.KEŞİF TUTARI	1.136.925.270,19.USD

Şekil 3. 3: Sistemlerin maliyet oranları



Şekil 3.3 de görüldüğü gibi proje maliyetlerinin büyük bölümünü inşai sistemler oluşturmaktadır. Bu maliyetler metro için yapılan inşai yapıların büyüklüğünü de ortaya koymaktadır. Projede inşai olarak yapılan ancak içerisinde diğer sistemler ile alakalı henüz çalışma yapılmamış bir çok bölüm vardır. Bu bölümler gelecekte kiralanabilir alanlar olarak düşünülmüş ve projede çarşı katları olarak düşünülmüştür

4. KİRAZLI-BAŞAKŞEHİR-OLİMPİYAT METRO PROJESİ ELEKTROMEKANİK İŞLERİ

Önceki bölümde metro projelerini oluşturan iş kalemlerinde bahsetmiş ve bu kalemlerde birinin de elektromekanik sistemler olduğunu belirtmişim. Metro projeleri içerisinde inşai işlerden sonra en fazla maliyeti bu sistemler oluşturmaktadır. Bu bölümde elektromekanik sistemlerin neler olduğu ve maliyetleri hakkında bilgiler vereceğim.

4.1 ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER

Metro hattı içerisinde bulunan istasyon ve tüneller tamamı ile yer altında olduğu için bu bölgelerde konforlu, rahat ve güvenli bir işletme yapılabilmesi için elektromekanik sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

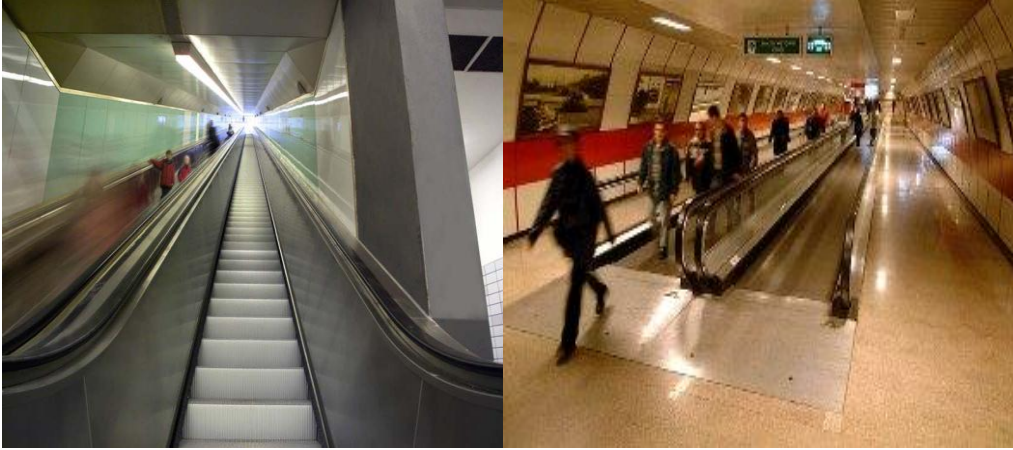
Metro işletmesi için önemli bir konuma sahip olan Elektromekanik Sistemler aşağıdaki sistemlerden oluşmaktadır.

- i. Yürüyen Merdiven/Bant
- ii. Asansör
- iii. ECS-Çevresel Kontrol Sistemleri (Havalandırma, ısıtma-soğutma, kepenkler vs)
- iv. Yangın Koruma Sistemleri
- v. Temiz ve Atık Su Sistemleri
- vi. Drenaj Sistemleri

4.1.1 Yürüyen Merdiven Ve Yürüyen Bantlar

Raylı sistem yer altı istasyonları olan metrolarda yürüyen merdiven/bant tüm profildeki yolcuların istasyonlara rahat, güvenli ve hızlı bir şekilde girişinin sağlanmasında ve istasyondan dış dünyaya açılmasında en önemli taşıyıcı ekipmanlardır. Yürüyen merdiven ve bantlar metroların tercih edilmesinde de önemli bir etkidir. Bu nedenle metrolar için olmazsa olmazlardandır.

Şekil 4. 1: Yürüyen merdiven/bant



4.1.2 Asansörler

Yer altı metrolara ulaşım imkanı sağlayan sistemlerdir. Yürüyen merdivenler gibi bu sistemlerde metrolara ulaşımı kolaylaştırır. Öncelikli yapılış amaçları engelli vatandaşlara hizmet vermektir. Asansörler sayesinde bilet holü ve gişe katına gelebilir. Buradan da peron bölgesine geçebilirsiniz. Bu sistemler de metrolar için zorunlu ve olmazsa olmaz sistemlerdir.

Şekil 4. 2: Asansörler



4.1.3 ECS Çevresel Kontrol Sistemleri

Çevresel kontrol sistemleri metrolarda seyahat edecek olan yolcular için rahat, konforlu ve güvenilir bir ortam hazırlamak için metro projelerinde yapılırlar. Bu sistemler;

- i. Havalandırma
- ii. Isıtma ve Soğutma
- iii. İstasyon Kepenkleri vb. sistemlerden oluşur.

Metrolar yer altında çok derinde sistemler oldukları için metroyu kullanacak yolcular ve metroda çalışan personeller için bir havalandırma ihtiyacı doğmaktadır. İşte burada var olan havalandırma fanları sayesinde istasyon içerisine dışarıdan temiz hava alınıyor ve içeriden dışarıya da kirli hava veriliyor. Bu sayede istasyon içerisinde sürekli bir havalandırma sirkülasyonu yapılmış oluyor.

Havalandırma sistemlerin önemli bir amacı ise istasyon ve tünel içerisinde oluşabilecek yangın durumlarında içerdeki dumanı dışarıya tahliye etmek ve içeride bulunan yolculara gerekli temiz havayı sağlamaktır.

Isıtma soğutma sistemleri ise adında anlaşılacağı gibi istasyon içerisinde gerekli olan durumlar ısıtma ve soğutma yapabilmek için kullanılırlar.

4.1.4 Yangın Algılama Ve Koruma Sistemleri

Bu sistemler istasyon içerisinde meydana gelebilecek yangın durumlarında yangını algılama ve söndürme amaçlı kullanılır. İki şekilde algılama ve söndürme sistemi yapılır:

- i. Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri
- ii. Sulu Yangın Söndürme Sistemleri

Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri İstasyonlar içerisinde haberleşmeyi ve sistemler için gerekli enerjilerin sağlandığı sinyalizasyon, elektrik ekipman odaları ve trafo(cer) odalarında meydana gelebilecek yangınları söndürme amacı ile kullanılan sistemlerdir.

Sulu Yangın Söndürme Sistemleri ise istasyon içerisinde yolcuların, personelin kullandığı alanlarda ve mekanik ekipmanların bulunduğu odalarda meydana gelebilecek yangınları söndürme amacı ile kullanılırlar.

Her iki sistemde duman ve ısı olmak üzere yangın algılayıcı iki sensör sayesinde devreye girerler.

4.1.5 Temiz Ve Atık Su Sistemleri

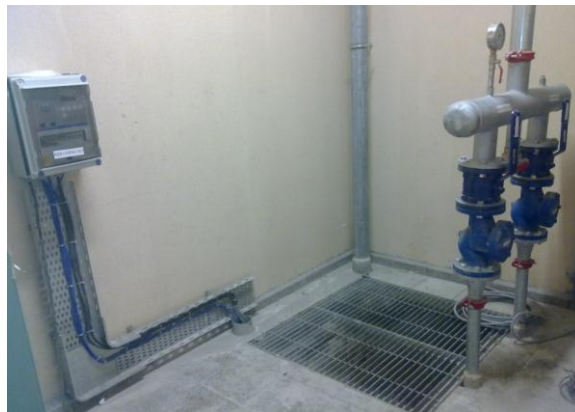
Bu sistemlerden temiz su sistemleri hidrofor ve yangın pompaları vasıtası ile istasyonlara kullanma ve yangın için temiz su sağlayan sistemlerdir.

Atık su sistemleri ise istasyon wc giderleri ve pis suyu tahliye etmek için kullanılırlar. İstasyonlardaki WC ve lavabolardan gelen atık sular peron katlarındaki pis çukurlarında toplanmaktadır. Burada bulunan biri asil diğeri yedek kırıcılı parçalayıcı pis su pompaları ile şehir şebeke sistemine deşarj edilir. Pissu pompa çukuru kapağı sızdırmaz şekilde dizayn edilmiş ve bu odalara egzost sistemi kurulmuştur. Pissu pompaları seviye flatörleri sayesinde otomatik devreye girerler ayrıca bu odalarda H₂S ve CH₄ gazları algılayan dedektörler konulmuştur.

4.1.6 Drenaj Sistemleri

Tünelde ve peronda herhangi bir sebepten dolayı (su birikmesi, sel vb.) oluşabilecek suları tahliye etmek amacı ile kullanılır.

Şekil 4. 3: Drenaj sistemleri



4.2 ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER YATIRIM MALİYETLERİ

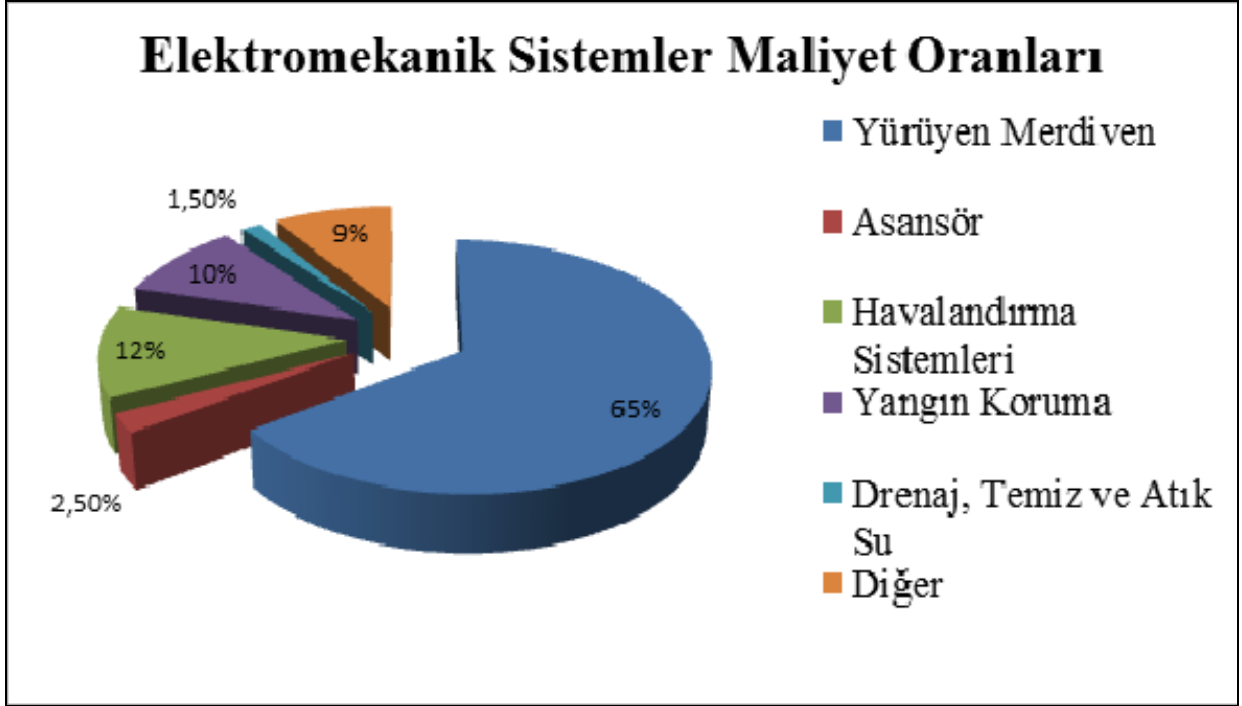
Çalışmanın bu aşamasında bilgi ve tecrübe edindiğimiz M3 Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat Hattının proje süreçlerinde elektromekanik sistemler için yapmış olduğu yatırım maliyetleri incelenip karşılaştırma yapılacaktır.

Elektromekanik Sistemler tüm projede yapılan maliyetin % 13'lük bir kısmını kapsamaktadır.

Tablo 4. 1: Elektromekanik sistemler maliyetleri

İşin Adı	Toplam Tutar (USD)
Yürüyen merdivenler	95.276.828,94
Asansörler	3.841.138,95
Havalandırma	17.841.420,00
Yangın Koruma - Gazlı Yangın Söndürme	11.475.395,00
Jeneratör	11.522.823,00
Diğer Maliyetler	8.040.605,00
Toplam (USD)	147.998.210,89

Şekil 4. 4: Elektromekanik sistemler maliyet oranları



Yukarıdaki şekilde elektromekanik işler içerisinde yer alan sistemler ile alakalı oranlar verilmiştir. Bu şekle göre yürüyen merdivenler elektromekanik işler ile alakalı maliyetlerin büyük bölümünü oluşturmaktadır. Sırası ile havalandırma, yangın koruma, asansör ve diğer sistemler kalan maliyetleri oluşturmaktadır.

5. ELEKTROMEKANİK SİSTEMLER YATIRIM MALİYETLERİNİN MİNİMİZE EDİLMESİ

Çalışmanın bu aşamasında elektromekanik iş kalemlerini oluşturan ve projeye en fazla maliyeti getiren elektromekanik sistemlere ait maliyetler minimize edilecektir. Bu sistemler ile ilgili olarak proje kuralları ve yönetmeliklerinin dışına çıkılmadan üretilen alternatif çözümlerden bahsedeceğim.

Maliyetlerini minimize etmeye çalışacağımız bu sistemler 4 başlıktan oluşacaktır.

- i. Yürüyen Merdiven/Bantlar
- ii. Asansörler
- iii. Havalandırma Sistemleri
- iv. Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri

5.1 YÜRÜYEN MERDİVEN/BANT YATIRIM MALİYETLERİ

M3 Metro projelerinde bulunan Yürüyen merdiven ve Bant adetleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Tablo 5. 1: Yürüyen merdiven/bant adetleri

Sıra No	M3 Hattı	Yürüyen Merdiven adedi	Yürüyen Bant Adedi
1	Kirazlı–Başakşehir-Olimpiyat	224	-
2	Kirazlı–Otogar	79	-
Toplam		303	-

Tablo 5.1'e göre projede 303 Adet yürüyen merdiven kullanılmıştır.

Her iki metro projesi içinde satın alınımı gerçekleştirilen yürüyen merdiven ve yürüyen bantlar firma olarak yabancı menşelidir. Yürüyen merdivenler için ihaleye giren firma vermiş

olduğu teklif içerisinde nakliye, montaj işçiliğini ve 2 yıl süreyle garanti kapsamında arıza giderlerini de eklemiştir. Yani;

Bir adet yürüyen merdiven + nakliye masrafı + Montaj işçiliği + 2 yıl sürede oluşacak arıza masrafları = Bir adet yürüyen merdiven için verilen teklif

Burada proje toplamında 303 adet yürüyen merdiven maliyeti,

Tablo 5. 2: Yürüyen merdivenler toplam maliyetleri

İşin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)
Yürüyen merdivenler	adet	314.444,98	303	95.276.828,94

5.1.1 Yürüyen Merdiven/Bantlarda Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi

Yürüyen Merdiven/Bantlar ile ilgili yatırım maliyetlerini yukarıda analiz etmiştik. Diğer elektromekanik sistemlerin maliyetleri ile kıyaslandığında en yüksek maliyetin yürüyen merdiven ve banlara ait olduğu görülmektedir.

Bu sistemlere ait yatırım maliyetlerini minimize etmek için;

- i. İstasyonlar içerisinde yürüyen merdiven ve bant yerine kendisinden çok daha az bir maliyete sahip asansör tercih edilebilir. Bu tercih merdivenlerin tamamı ve ya bir kısmının yerine yapılabilir.
- ii. Bu sistemler için yerli üretim desteklenebilir ve teşvik edilebilir.

5.1.1.1 Yürüyen merdiven/bant yerine asansör tercih edilmesi

Her iki sistemde birbiri ile kıyaslandığında yürüyen merdivenlerin asansörlerden çok daha pahalı bir sistem olduğu görülmektedir.

Tablo 5. 3: Yürüyen merdiven ve asansör maliyetleri

1 adet yürüyen merdiven maliyeti	314,444 \$
1 adet 2500 kg (ortalama 33 kişilik) asansör maliyeti	95,322 \$

Birim fiyatlarının yanı sıra yürüyen merdivenler yedek parça, bakım ve işletme olarak ta asansörlere göre çok daha pahalı sistemlerdir.

Ele aldığımız projede Kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat ve Kirazlı-Otogar arası toplam 15 adet istasyon mevcut ve bu istasyonlarda toplam 303 adet yürüyen merdiven ve/bant bulunmaktadır.

Buna göre; İstasyon başına düşen ortalama yürüyen merdiven sayısı,

$$\underline{303/15=20.2 \approx 20}$$

Bu durumda bir istasyon için ortalama yürüyen merdiven maliyeti de,;

$$\underline{20 \times 314,444 = 6,288,880 \$}$$
 olacaktır.

Bu hesaplara çıkan maliyete göre tahmini asansör adedi;

$$\underline{6,288,880 / 95,322 = 65.9 \approx 66}$$
 adet 2500 kg (33 kişilik) asansör alınabilir.

1 Adet yürüyen merdiven maliyeti ile 4 adet asansör alınabilmektedir.

$$\underline{314,444 / 95,322 = 3.2 \approx 4}$$

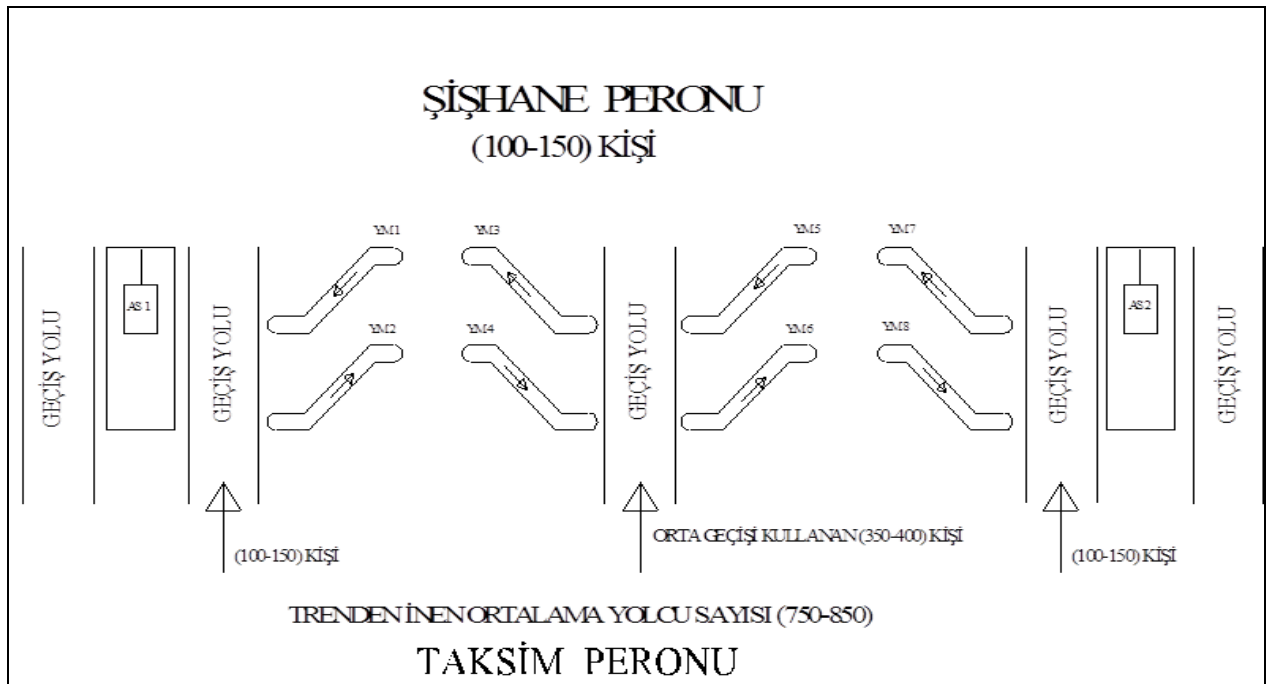
5.1.1.2 Yürüyen merdiven yerine asansör tercih edilmesi örnek bir uygulama

Yürüyen merdiven yerine asansör tercih edilmesi çalışmamız için yolcu tahliye yoğunluğu ve süresini dikkate almak gerekir. Bu nedenle örnek bir çalışma için yoğun bir şekilde kullanılan Taksim İstasyonu incelenmiştir.

Bu bölümde yolcu sayısı için alınan değerler trenin doluluk oranına göre hesaplanmıştır. Bilgiler Metro Trafik Şefliğinden alınmıştır. Bu bilgilere trenin normal yoğunlukta olan zamanlarda yüzde 65 ve yüzde 70 oranında bir doluluğa sahip olduğu izlenmiştir. Ancak bu oran pik saatler dediğimiz sabahları iş, okul başlangıcı ve akşamları iş, okul bitişi gibi zamanlarda yüzde 100'lere ulaşmaktadır.

Bu bölümde yapacağımız hesaplar için ortalama doluluk oranı olarak yüzde 80, yüzde 85 olarak kabul ediyoruz. Ayrıca bu yolcuların tamamının taksim istasyonunda indiğini varsayacağız.

Şekil 5. 1: Taksim istasyonu mevcut projede normal işletmedeki yolcu dağılımı



Şekil 5. 1' de Taksim-Hacıosman metro hattında bulunan Taksim İstasyonunda perona gelen trenden inen yolcu yoğunluğunun ortalaması ve istasyon içerisindeki dağılımı ele alınmıştır.

Bu durumda yukarıdaki tabloya göre, Trenin her seferinde inen yolcu sayısı 750 ile 850 arasında bir ortalamaya sahiptir. Yolcuların peron içerisindeki dağılımlarını da şekilde verildiği gibidir.

Öncelikle bir adet yürüyen merdivenin 1 saatte yolcu taşıma kapasitesini hesaplayalım.

Yolcu sayısı=(3600 x 1 basamak üzerine duracak maksimum yolcu sayısı x Merdiven hızı) / 0.4 Katsayısı

$$\underline{=(3600 \times 40 \times 2 \times 0.5) / 0.4 = 9000 \text{ Yolcu / Saat}}$$

Diğer bir hesaba göre;

Hattaki tren seferleri 4 dk aralıklar ile yapıldığında 1 saat içerisinde 15 sefer yapılacaktır. Buna göre 1 seferde orta peronu kullanan yolcu sayısını 400 olarak ele alındığında

$$\underline{400 \times 15 = 6000 \text{ yolcu/saat}}$$

Ancak bizim için peron uçlarındaki merdivenlerden geçen yolcu sayısıdır. Çünkü bu bölümde bulunan yürüyen merdivenler yerine asansör kullanılmasını düşünüyorum.

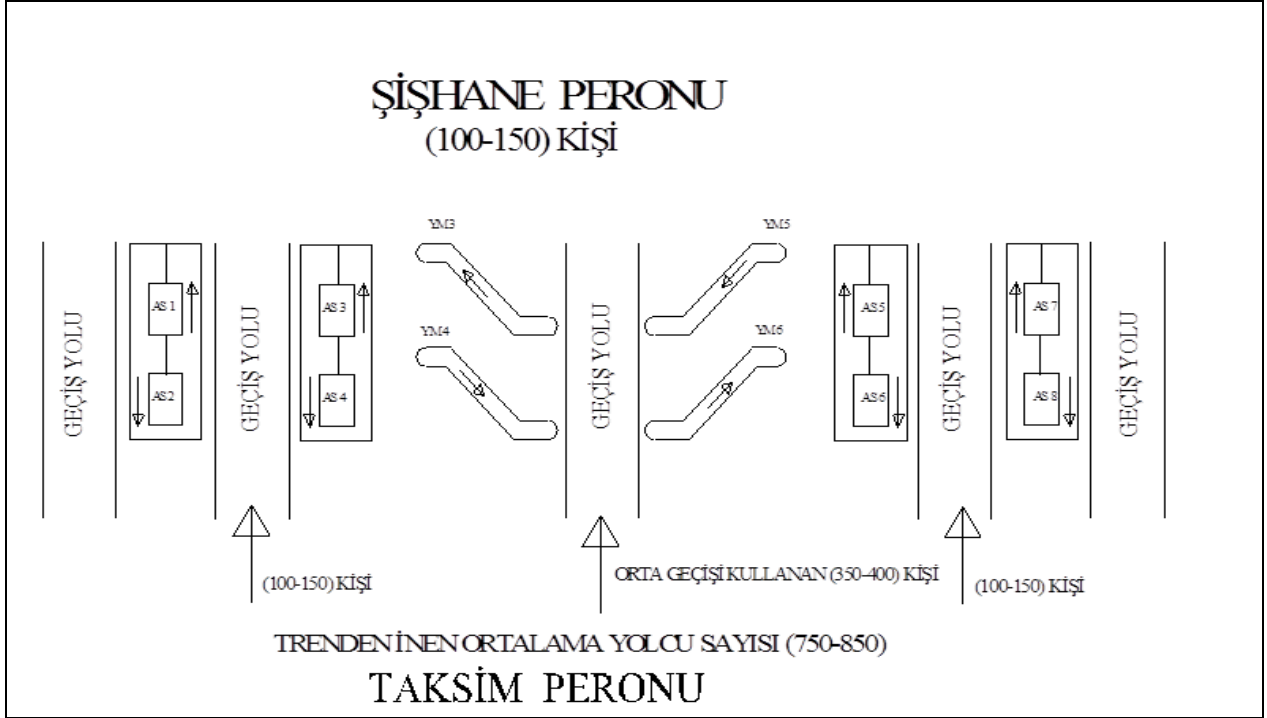
Yukarıdaki şekile göre hesap yapacak olursam peron uçlarından 1 saatte geçen yolcu sayısı,

$$\underline{150 \times 15 = 2250 \text{ yolcu/saat}}$$

Tablo 5. 4: Yürüyen merdivenlerden 1 saatte geçen yolcu sayısı

	Yürüyen Merdiven No	Geçen Yolcu Sayısı
Orta Peron Geçiş Yolu	YM 3–YM 4–YM 5–YM 6	6000 yolcu/saat
Uç Peron Geçiş Yolu	YM 1 – YM 2	2250 yolcu/saat
Uç Peron Geçiş Yolu	YM 7 – YM 8	2250 yolcu/saat

Şekil 5. 2: Önerilen projedeki Taksim istasyonu yolcu dağılımı



Şekil 5. 2 istasyonların her iki ucunda bulunan ikişer adet olmak üzere 4 adet yürüyen merdivenlerin yerine 8 tane asansör tercih ettim. Ancak Orta peronda bulunan merdivenler projede yine bulunacaktır.

Şekil 5. 2 görüldüğü gibi peron uçlarındaki yürüyen merdivenler yerine önceden var olan 1 adet asansörün yanına 3 adet 33 kişilik asansör konulursa buradan taşınacak yolcu sayısı hesabı;

=asansörün bir saatteki sefer sayısı x taşıdığı yolcu sayısı

1 m/s hızındaki peronda bulunan bir asansör için yukarı çıkıp tekrar geri gelmesi için geçen süre;

$3600/104=34.6\approx 35$ sefer demektir. Bu da 1 asansör için

$35\times 33=1155$ yolcu 4 asansör için $1155\times 4=4620$ yolcu sayısı demektir.

Tablo 5. 5: Asansör hareket süreleri ve taşınan yolcu sayısı

Asansör Özellikleri		Asansör Hareket Durumları	Geçen süre	1 Saatlik Sefer Sayısı	1 Saatte Kullanan Yolcu Sayısı
25 mt	1 m/s	Peronda Bekleme	30 sn	3600/104=35	1155
		Yukarı Çıkış	22 sn		
		Yukarıda Bekleme	30 sn		
		Aşağıya İniş	22 sn		
		TOPLAM	104 sn		

Metronun şuan ki durumunu inceleyecek olursak kullanılan yürüyen merdiven ve asansör maliyeti,

Projenin ilk halini gösteren şekil 6.1’de 8 adet yürüyen merdiven ve 2 adet 1000 kg 13 kişi kapasiteli asansör kullanılmıştır. Bu durumda oluşan maliyet aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 5. 6: Mevcut Projedeki yürüyen merdivenler ve asansörler toplam maliyetleri

Mevcut Proje				
İşin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)
Yürüyen merdivenler	adet	314.444,98	8	2.515.559,84
Asansörler	adet	82.750,00	2	165.500,00
Toplam (USD)				2.681.059,84

Yürüyen merdiven yerine asansör tercih edilmesi durumunu gösteren şekil 6.2’de ise 4 adet yürüyen merdiven ve 8 adet 33 kişi kapasiteli asansör projeye ilave edilmiştir. Bu projeye göre oluşacak yeni maliyet aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5. 7: Önerilen projedeki yürüyen merdiven asansör toplam maliyetleri

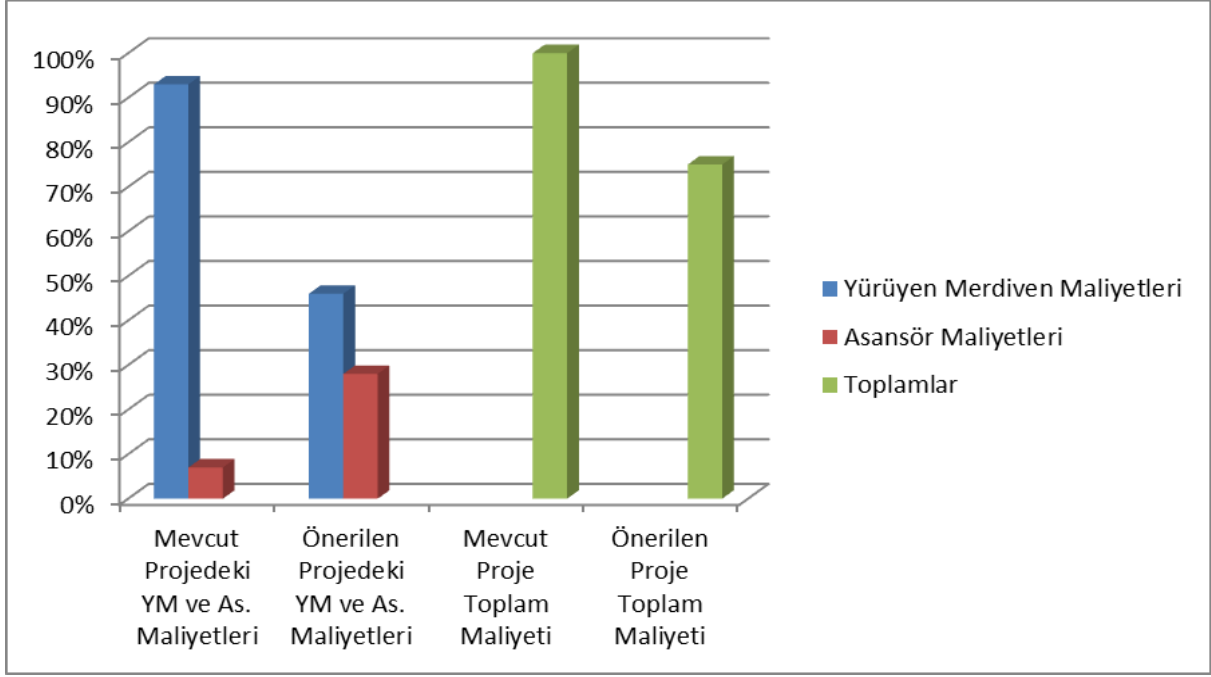
Önerilen Proje				
İşin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)
Yürüyen merdivenler	adet	314.444,98	4	1.257.779,92
Asansörler	adet	95.322,00	8	762.576,00
Toplam (USD)				2.020.355,92

Bu durumda yapacağımız değişiklik ile projeden elde edeceğimiz kazanç;

$$2.681.050 - 2.020.352 = 660.698 \$$$

Örnek olarak ele aldığımız bu çalışmada 4 adet yürüyen merdiven yerine 8 adet asansör tercih edilmesi sonucu 600,698 \$ yani ilk maliyete göre yüzde 25 civarında bir kazanç sağlanmıştır.

Şekil 5. 3: Yürüyen merdiven ve asansör maliyetleri yüzdeleri



Şekilde yürüyen merdiven ve asansörlerin maliyetlerinin yüzdeler dilimleri gösterilmiştir. Buna göre, mevcut projede yürüyen merdivenlerin oranının asansörlere göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Alternatif olarak önerilen yeni durumda ise yürüyen merdiven maliyet oranlarının düştüğü ve asansörlerin ise arttığı görülmektedir.

Her iki durumda oluşan toplam maliyetler kıyaslandığında ise önerilen proje maliyetlerinin mevcut projeye göre yaklaşık olarak yüzde 23 oranında azaldığı görülmektedir.

5.1.1.3 Yürüyen merdiven/bant yerine asansör tercih edilmesi avantajları

Yürüyen merdiven/bant yerine asansör tercih edilmesi avantajları;

- i. Asansör ile taşıma yapıldığında yolcunun perondan dışarıya çıkış için harcamış olduğu süre çok daha aşağıya düşecektir. Bu İstasyonda oluşacak yoğunluğun azalmasına sebep olacaktır. Kısacası giriş ve çıkışlardaki lojistik süre oldukça azalacaktır. Taksim İstasyonunda yapılan ölçümde normal yoğunlukta bir günde dışarıdan perona varış süresi 4 dakika 50 saniyedir. Perondan çıkış süresi ise 6 dakika 30 saniyedir.

- ii. Asansörlerin bakım ve işletme maliyetleri yürüyen merdivene göre daha azdır.
- iii. Yedek parça maliyetleri yürüyen merdivene göre daha azdır.
- iv. Yine projelerdeki inşai ve elektrik maliyetleri de aşağı düşecektir.

Not: Burada elektrikli (makine dairesiz) asansör değerlendirilmiştir

5.1.2 Yürüyen Merdiven/Bantlarda Yerli Üretimin Tercih Edilmesi

Metro projelerinde kullanılan yürüyen merdiven ve bantların hepsi yabancı menşelidir. Yabancı menşeli olması maliyetlerinin de yüksek olmasına neden olur. Ancak burada yerli üretimin tercih edilmesi ve yerli üretici firmaların desteklenmesi ve teşvik edilmesi yürüyen merdiven maliyetlerini oldukça düşürecektir.

Yerli üretimin tercih edilmesi aşağıdaki avantajları da beraberinde getirir;

- i. Yürüyen merdiven alım fiyatının düşmesi,
- ii. Yedek parça maliyetlerinin düşmesi,
- iii. Yedek parça temin edilme süresinin azalması,
- iv. Bakım ve işletme maliyetlerinin azalması,
- v. Yerli ekonomiye katkı sağlaması

5.2 ASANSÖR YATIRIM MALİYETLERİ

Bu bölümde metro projelerinde kullanılan Hidrolik asansörler (makine dairesiz asansörler) ile elektrikli asansörler (makine dairesiz asansörler) incelenecektir.

Her iki tip asansörde fiyat olarak birbirine yakın değerlerdedir ancak burada maliyet olarak fark oluşturacak etken makine dairesiz ve ya makine dairesiz olmalarıdır.

M3 projelerinde bulunan asansör sayıları tablo da belirtilmiştir.

Tablo 5. 8: Asansör sayıları

Sıra No	M2 ve M3 Hattı	Asansör adedi
1	Kirazlı–Başakşehir-Olimpiyat	29
2	Kirazlı–Otogar	22
Toplam		51

Asansörler için yapılacak bu çalışmada her iki tip asansör için ayrı ayrı değerleri belirtilecek ve bu asansör tiplerinin projede getireceği diğer maliyetlerde hesaba katılacaktır. İki asansör içinde 1000 kg kapasite için değerler seçilecektir.

5.2.1 Hidrolik Asansör

Hidrolik asansörler, kaldırma işi, hidrolik yağını, kabini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen bir kaldırıcıya sevk eden ve elektrikle tahrik edilen bir pompa vasıtasıyla gerçekleşen asansörlerdir. Şişhane–Hacıosman projesi için hidrolik asansörler seçilmiştir. Seçilen bu asansörler projede aşağıda belirtilen konuları ve bunlara ait maliyetleri de beraberinde getirmiştir.

- i. Asansör yağ tankı ve panosu için asansör makine daireleri yapılmalıdır.
- ii. Makine dairelerinde asansör yağ tankı ve panosundan kaynaklanan aşırı ısınmayı önlemek amacı ile havalandırma sistemi yapılmalıdır. Oda içerisinde hava sirkülasyonu oluşturmak için bir adet yangın damperi ve bir adet fana ihtiyaç vardır.
- iii. Makine dairesi havalandırması için konulan fanların devreye girmesi ve çıkması için ısı algılayıcı sensörler konulmalıdır.
- iv. Tüm bu sistemlerin istasyon kontrol odalarından takip edilmesi için her birinin kablo çekilerek SCADA ya bağlanması gerekmektedir.

Yukarıdaki verilere göre M2 hattı için seçilen hidrolik asansör maliyeti;

- i. Bir adet hidrolik asansör maliyeti: 82,750\$'dır.

Makine Dairesi havalandırma sistemi için;

- i. 1 Adet Yangın Damperi değeri: 550\$
- ii. 1 Adet Fan değeri: 1100\$
- iii. 1 Adet Sıcaklık algılayıcı sensör değeri: 1200\$
- iv. Damper, Fan ve sıcaklık sensörünün SCADA'ya bağlanması işi değeri:2800\$
- v. Projede makine dairesi olması ve yapılma maliyeti: 3500 \$

Toplam maliyet: 9100\$

Eğer projede hidrolik asansör tercih edilir ise oluşacak toplam maliyet;

$$82,750 \times 51 = 4,220,250 \$$$

$$9100 \times 51 = 464,100 \$$$

Toplamda, 4,684,350 \$

Şekil 5. 4: Hidrolik asansör



Şekil 5. 5: Asansör makine dairesi



5.2.2 M3 Hattı Elektrikli Asansörler

Bu tip asansörler, tahrik motorunun kumanda panosundan aldığı komut vasıtasıyla harekete geçip, kabini istenilen yönde hareket ettirmesi yoluyla çalışırlar. Kabin, karşı ağırlıkla müşterek çalışır.

M3 Kirazlı – Başakşehir – Otogar projesi için seçilen asansörlerin panoları da asansör kabinine bağlıdır. Bu nedenle bu asansörler için ayrı bir makine dairesine ihtiyaç duyulmamıştır.

Bu verilere göre M3 Hattı için seçilen asansör yatırım maliyeti;

1 Adet elektrikli asansör için yaklaşık maliyet: 75,316 \$'dir.

Şekil 5. 6: Elektrikli asansör



Projede elektrikli asansör tercih edildiğinde oluşacak toplam maliyet;

$$75,316 \times 51 = 3,841,116 \$$$

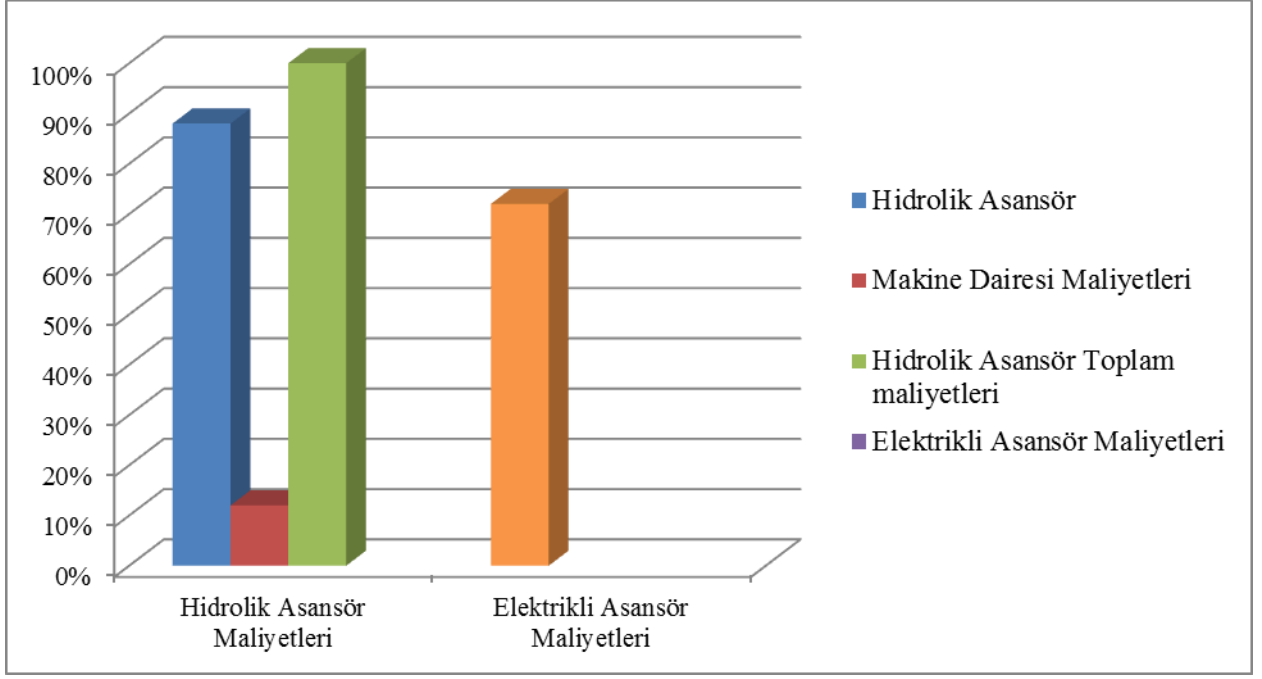
Tablo 5. 9: Hidrolik ve elektrikli asansör maliyetleri

İşin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)
Hidrolik Asansörler	adet	91.850,00	51	4.684.350,00
Elektrikli Asansörler	adet	75.316,00	51	3.841.116,00

Elektrikli Asansör tercih edilmesi durumunda projede sağlanacak kazanç,

$$843,234 \$$$

Şekil 5. 7: Asansör maliyet yüzdeleri



Şekilde görüldüğü gibi projelerde hidrolik asansör seçimi yapıldığında beraberinde makine dairesi maliyetleri de oluşmaktadır. Hidrolik asansöre alternatif bir çözüm olan elektrikli asansörler tercih edildiğinde bu maliyetlerin yüzde 28 civarında azaldığı görülmektedir.

5.3 ECS ÇEVRESEL KONTROL SİSTEMLERİ YATIRIM MALİYETLERİ

Çevresel kontrol Sistemleri için proje maliyetlerinin önemli ve büyük payını etkenlerin başında tünel ve istasyon havalandırma amacı ile kullanılan fanlar oluşturmaktadır. Bu fanlar;

- i. TVF Fanları: Normal işletmede tünel havalandırması yapmak ve yangın anında dumanı tahliye etmek için kullanılan fanlardır. İstasyonların her iki ucunda bulunurlar. Çift yönlü çalışabilirler. Yangın anında 250 °C sıcaklığa 1 saat dayanabilme özelliğine sahiptirler.

Şekil 5. 8: Tünel havalandırma fanı



Şekil 5. 9: EXF, OTE fan



- ii. EXF, OTE Fanları: Normal işletmede istasyon içi havalandırma yapmak ve yangın anında dumanı ve ısıyı tahliye etmek amacı ile kullanılan fanlardır. İstasyonların her iki ucunda bulunurlar.
- iii. FS-FE Fanları: Bu fanlar İstasyon içerisinde bulunan personel odaları ve ekipmanların konulduğu teknik hacimler havalandırması için kullanılırlar. Yangın anında çalışmazlar.

Şekil 5. 10: Temiz hava ve egzoz fanları



Bu fanlar yer altı metrolarında bulunması zorunlu ekipmanlardır. Ancak burada önemli olan ihtiyaç kapasitesini belirlemektir. Bu bölümde M3 hattı projelerinde bu fanların adetleri, hitap ettikleri yerler ve bu yerlerin uygunluğu değerlendirilip yatırım maliyetleri belirtilecektir.

5.3.1 M3 ECS Sistemlerin Maliyetleri

M3 Hattı için projede düşünölen havalandırma sistemleri Şu Őekildedir.

Hattın tünel bölümü havalandırması TVF fanlar sayesinde yapılır. Yine bu fanlar sayesinde acil durumlarda tünel içerisinde havalandırma amaçlı çalışacaklar. Proje için fanların kapasitesi tünel kesatine ve oluşabilecek yangın yüküne göre seçilir.

Hattın yolculu bölümü havalandırması, OTE Fanlar ile yapılmaktadır. Çift yönlü çalışma özelliğine sahip olan bu fanlar yolculu bölüm olan bilet holü, gişe ve peron bölgelerine istenildiği takdirde temiz hava basabilir veya egzoz yapabilir.

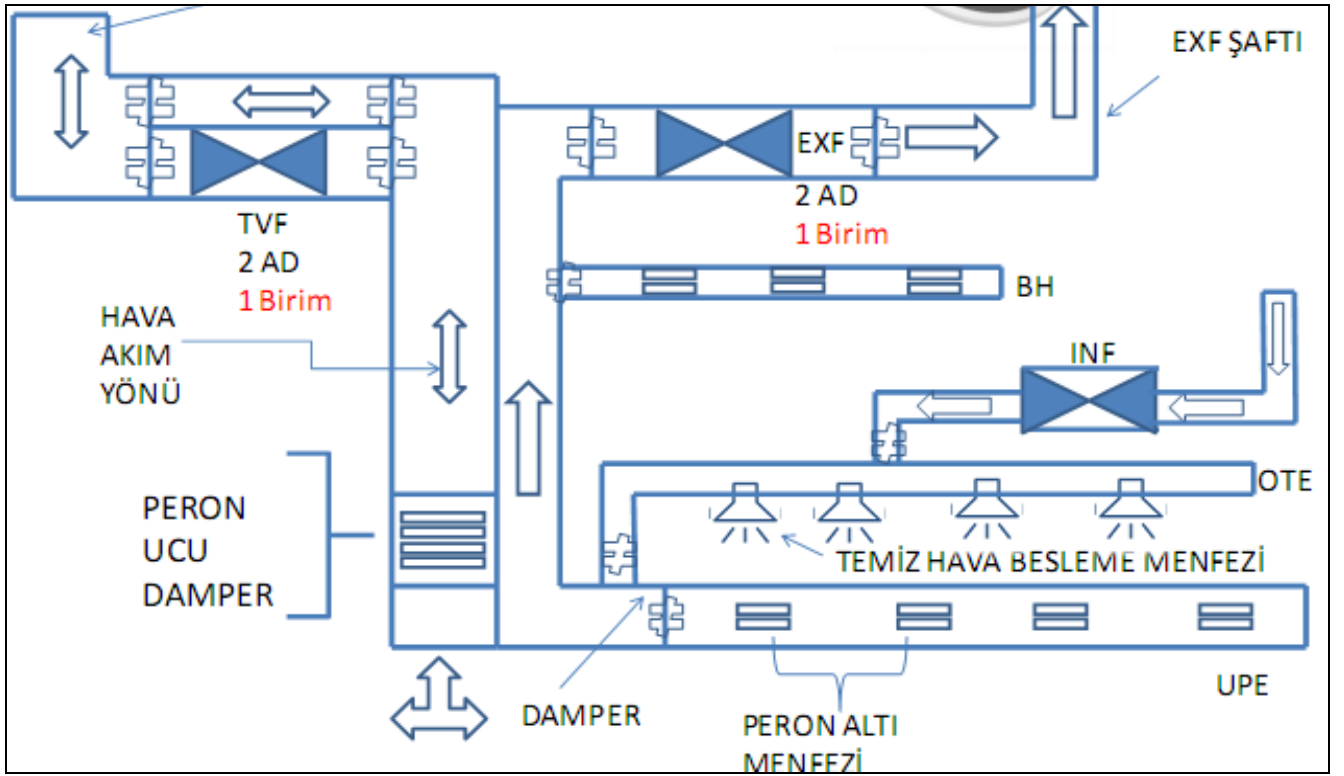
Bu projede havalandırma sistemlerinin oluşturduğu maliyetler;

Tablo 5. 10: TVF ve EXF fanlarının maliyetleri

TVF -EXF Fan Maliyetleri				
İŞin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)
TVF Fan Maliyetleri	adet	172.510,00	70	12.075.700,00
EXF Fan Maliyetleri	adet	169.580,00	34	5.765.720,00
Toplam (USD)				17.841.420,00

5.3.2 ECS Çevresel Kontrol Sistemleri Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi

Şekil 5. 11: Fanların çalışma şekli



Kaynak: Kadıköy Kartal metrosu yolculu alanlar havalandırma sunumu

Şekil 5.11 de Ekipmanların nasıl çalıştıkları görülmektedir.

Normal işletme anında ekipmanların şu şekilde çalışmaktadırlar;

TVF fanlar durmaktadır. Fanın önünde ve arkasında bulunan damperler kapalıdır. Ancak işletme esnasında tren hareketi ile oluşacak havayı dışarı atmak için peron ucu damperler ve TVF fanların üzerinde bulunan by-pass damperler sürekli açık konumdadır. Trenden kaynaklı bu havayı dışarı atmak için by-pass damper işletme için çok önemlidirler. TVF fanların çalışması durumunda üzerinde bulunan by-pass damperler otomatik olarak kapanırlar. Tünelde acil durumlarda veya yangın anında fan damperleri açılır fan devreye girer ve by-pass damperler kapanırlar.

Şekil 5. 12: By-pass damperleri

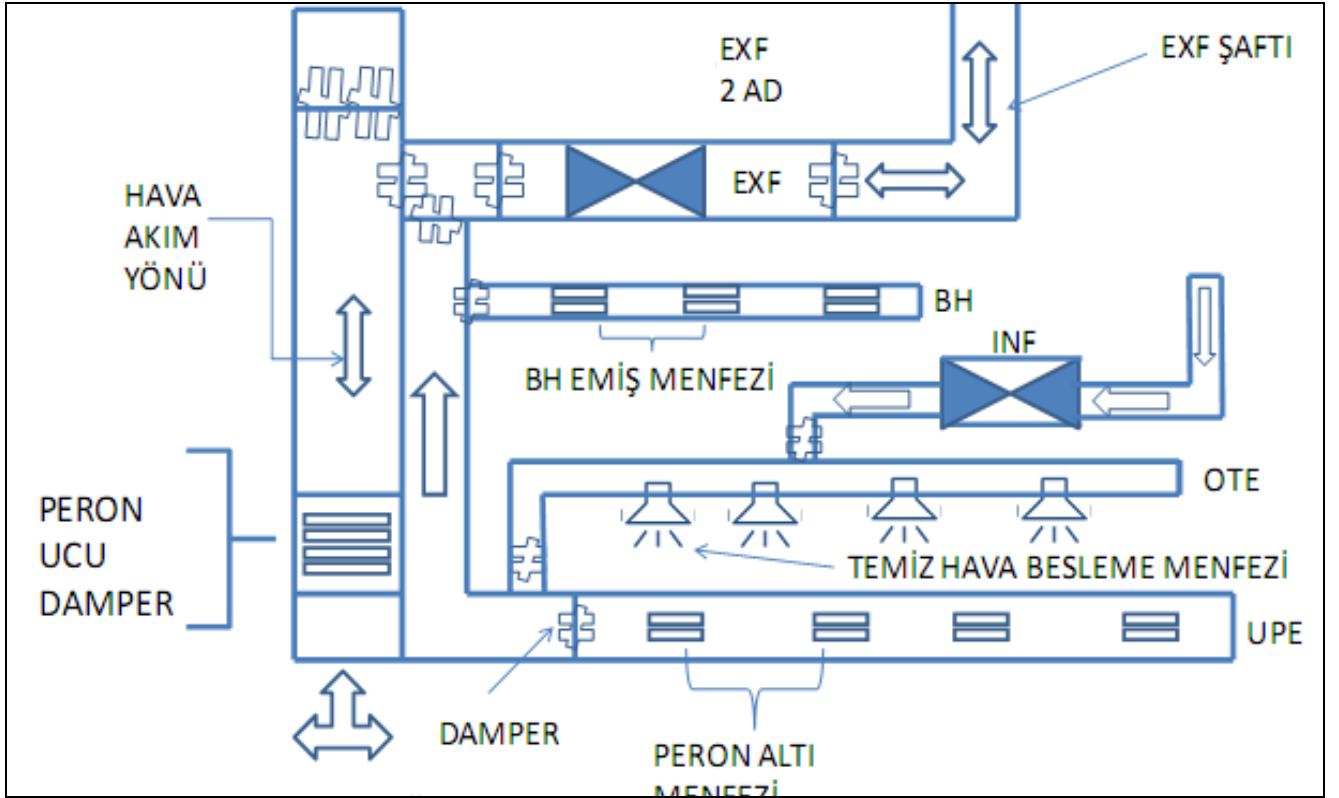


Şekilde görülen EXF Fanlar istasyon bilet holü ve peron bölgesinden egzoz yapacak şekilde tasarlanmıştır. Önünde ve arkasında bulunan damperler fanın devreye girip çıkması ile kapanır ve açılırlar.

INF Fanlar ise istenilen durumlarda yolculu bölgelere temiz hava sağlamaktadırlar.

Bu sistemlerin yatırım maliyetlerini önceki konularda belirtmiştik. Burada yatırım maliyetlerini düşürmeye yönelik maliyet açısından en pahalı ekipman olan TVF fanların projeden kaldırılması ve bunun için alternatif bir çözüm önerisini değerlendireceğiz. Kısacası TVF fanlar ile aynı özellikte olan EXF ve OTE fanların sadece kapasitelerini artırıp TVF fanlarında ihtiyaçlarını karşılayabileceğini savunacağız.

Şekil 5. 13: TVF – EXF ve INF için önerilen alternatif çalışma şekli



Kaynak: Kadıköy Kartal metrosu yolculu alanlar havalandırma sunumu

Şekil 6.14’da normal projelerde var olan TVF fanlar kaldırılmıştır. Yeni öngördüğümüz projede normal işletmede bir değişiklik olmayacaktır. Trenin piston etkisinden kaynaklı oluşan hava yine eskisi peron ucunda bulunan damperlerden geçip yukarıdan tahliye edilecektir. Tünelde acil durumlarda ise bu damperler kapanacak ve şekilde bulunan EXF fanlar TVF fanların görevini üstelenip dumanı dışarıya tahliye edeceklerdir. Bu seçim yapılırken değerlendirmeye alınacak diğer bir konu bu fanların acil durum anında çalışma görevleridir. Her iki ekipmanında acil durumdaki çalışmaları birbirinden bağımsızdır. Örneğin; Tüneldeki bir yangında TVF’ler çalışacak ancak EXF’ler duracaktır. İstasyondaki

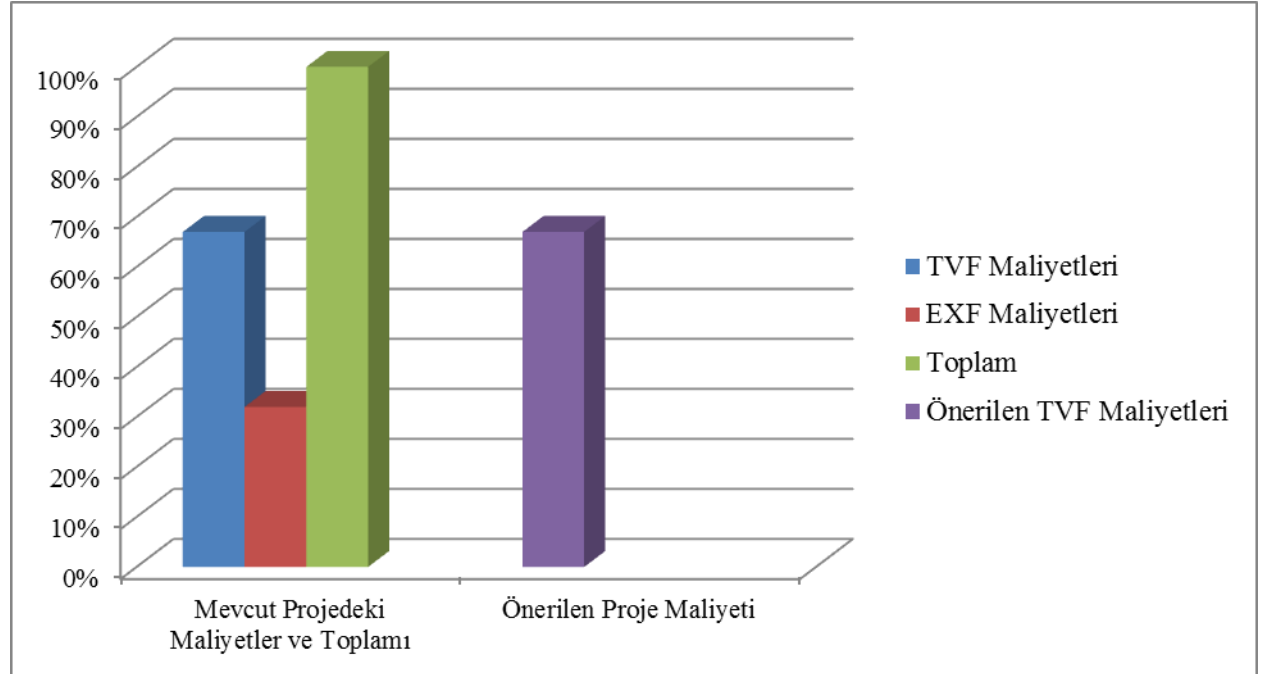
bir yangın durumunda ise EXF'ler çalışacak TVF'ler duracaktır. Bu fanlar bir biri ile aynı özellikte ve nitelikte ekipmanlar oldukları için aynı görevleri yapabilirler. Bundan dolayı Daha yüksek kapasitedeki TVF Fanlar, seçilip EXF fanların bulunduğu yere montajı yapılabilir. Ancak burada düşünülmesi gereken TVF fanlar seçilirken yangın yükleri hesabı yapıldığı için EXF Fanlar TVF fan kapasitesinde ve sayısında olmalıdır. Dolayısı ile projeden EXF fanlar kaldırılıp yerlerine TVF fanlar montaj edilecektir.

Böyle bir proje uygulamaya geçerse 34 adet EXF fan maliyeti kazanç elde edilecektir.

Tablo 5. 11: Projeden çıkarılması düşünülen EXF fan maliyetleri

EXF Fan Maliyetleri				
İşin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)
OTE Fan Maliyetleri	adet	169.580,00	34	5.765.720,00

Şekil 5. 14: Fanların maliyet yüzdeleri



Şekil 5. 13 görüldüğü gibi projede var olan fanlar içerisinde EXF fanlar iptal edilip, sadece TVF fanlar seçildiğinde proje maliyetlerinde yüzde 33 bir kazanç sağlanacaktır.

5.4 YANGIN ALGILAMA VE KORUMA SİSTEMLERİ YATIRIM MALİYETLERİ

Yangın algılama ve koruma sistemleri projelerde 2 alt başlığa ayrılmıştır. Yangın söndürücü özelliğe sahip gazlar ile yapılan söndürmeye gazlı yangın söndürme, su ile yangın söndürmeye sulu yangın söndürme sistemleri denir.

5.4.1 Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri

Gazlı yangın söndürme sistemleri projelerde sinyalizasyon odaları, elektronik ekipman odaları ve trafo odaları için kullanılmaktadır. Söndürme gazı için iki projede de Argon gazı kullanılmaktadır.

Gazlı yangın söndürme sisteminin projedeki ihtiyacı istasyonda bulunan sinyal, elektronik ve trafo odalarının sayılarına ve bu odaların hacimlerine bağlıdır. Bu nedenle projede gazlı yangın söndürme sistemleri için harcanan maliyeti bu sistemlerin içerisinde yer alan ekipmanlar ve adetleri belirleyecektir.

Şekil 5. 15: Gazlı söndürme sistemleri silindirleri



İstasyon gazlı söndürme sistemi için;

- i. 140 lt.-200 Bar Argon Silindiri Temini ve Montajı
- ii. 3/4" x 420 mm Hortum Temini ve Montajı
- iii. 3/4" Çek Vana Temini ve Montajı
- iv. 3*140 lt. Silindir Montaj Kiti Temini ve Montajı

- v. 2*140 lt. Silindir Montaj Kiti Temini ve Montajı
- vi. 2-1/2" Manifold/Çift Sıra/23&24 140 lt. Silindir Temini ve Montajı
- vii. Manifold Bağlantı Elemanı Temini ve Montajı
- viii. Söndürme Kontrol Paneli (Konvansiyonel Tek Söndürme Bölgesi, 2 Çapraz Zone) Temini ve Montajı
- ix. Relief Damper 50x50mm (BS476 Onaylı) Temini ve Montajı
- x. Relief Damper 30x30mm (BS476 Onaylı) Temini ve Montajı
- xi. Algılama Sistemi Montajı (Her Bir Oda İçin) Temini ve Montajı
- xii. Oda Kapı Fan Testi (Her Bir Fan İçin) Temini ve Montajı

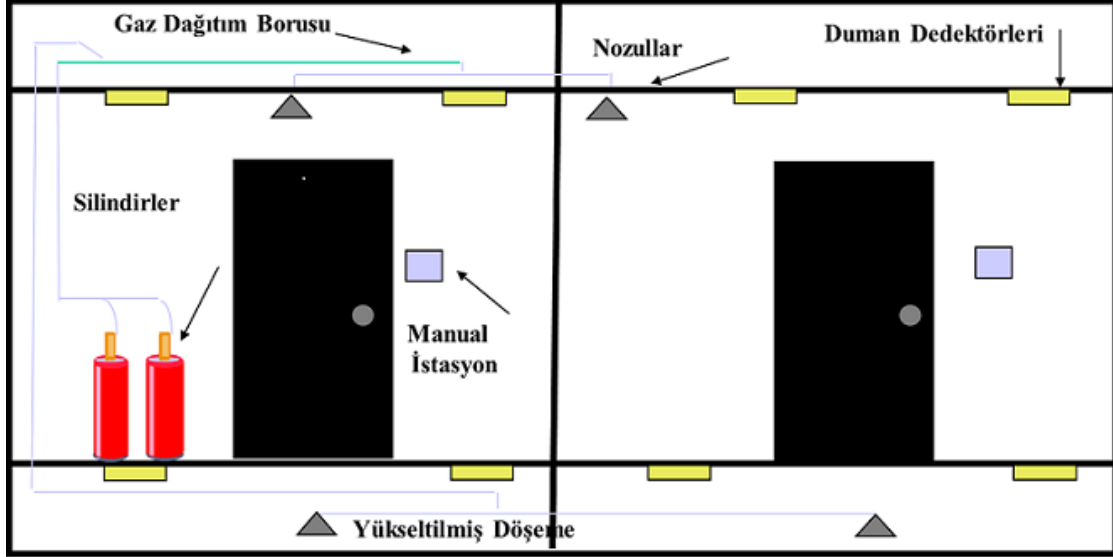
gibi maliyet oluşturacak işlerden bazılarıdır. Bunların içerisinde en çok maliyet oluşturacak olanlar argon silindiri, manifold, relief damper, her oda için algılama sistemi ve oda kapı fan testidir.

Projede gazlı söndürme sisteminin kullanılacağı teknik hacim ve mahal arttıkça doğal olarak kullanılacak argon silindir sayısı da ve buna bağlı olarak ekipmanlar da artacaktır.

Yukarıda belirtilen işler diğer maliyetleri oluşturur. Bu maliyetler ile silindir maliyetleri birbirine yakındır. Yukarıda gösterilen işlerin toplam maliyeti;

6,413,680 \$' dır

Şekil 5. 16: Gazlı söndürme sistemi odalara dağılımı gösterimi



Kaynak: İstanbul Ulaşım AŞ. gazlı söndürme sistemleri eğitimi

M3 projesinde bulunan istasyonlar için kapasitesi hesaplanmış gazlı yangın söndürme sisteminin kurulumu ve odalara dağılışı aşağıdaki gibidir.

Tablo 5. 12: Söndürme yapılan odalar için silindir dağılımları

İSTASYON	ARGON SİLİNDİR SAYISI	TOPLAM
METROKENT		
İstasyon Kont. Odası	8	82
Gişe Elek. Ekip. Odası	7	
Sinyal Odası	6	
CER Traf Odası	69	
Çarşı Elek. Ekip. Odası	13	
BAŞAK KONUTLARI		
İstasyon Kont. Odası	5	50
Gişe Elek. Ekip. Odası	9	
CER Trafo Odası	50	
Sinyal Odası	6	
SİTELER		
CER Trafo Odası	55	55
Sinyal Odası	5	
İstasyon Kont. Odası	5	
Gişe Elek. Ekip. Odası	5	
TURGUT ÖZAL		
CER Trafo Odası	54	54
Sinyal Odası	9	

Gişe Elek. Ekip. Odası	8	
İstasyon Kont. Odası	8	

İKİTELLİ SANAYİ

CER Trafo Odası-1	56	125
Sinyal Odası	8	
CER Trafo Odası-2	69	
Gişe Elek. Ekip. Odası-2	13	
İstasyon Kont. Odası-2	8	

ZİYA GÖKALP MAH.

CER Trafo Odası-2	21	61
İstasyon Kont. Odası-1	7	
Gişe Elek. Ekip. Odası-1	8	
CER Trafo Odası-1	40	
Sinyal Odası-1	5	

ESENLER

Cer Trafo Odası	12	12
İstasyon Kont. Odası	3	
Gişe Elek. Ekip. Odası	2	
Sinyal Odası	3	

İSTOÇ

CER Trafo Odası	56	63
İstasyon Kont. Odası	5	
Gişe Elek. Ekip. Odası	7	
Sinyal Odası	7	

OLİMPİYAT

CER Trafo Odası-1	81	137
CER Trafo Odası-2	56	
Gişe Elek. Ekip. Odası-1	3	
İstasyon Kont. Odası-1	3	
Gişe Elek. Ekip. Odası-2	3	
İstasyon Kont. Odası-2	3	
Sinyal Odası-1	10	

ÇİN ÇİN

Gişe Elek. Ekip. Odası	6	28
İstasyon Kont. Odası	6	
CER Trafo Odası	28	
Sinyal Odası	2	

MAHMUTBEY

İstasyon Kont. Odası	8	48
Gişe Elek. Ekip. Odası	9	
Sinyal Odası	8	
CER Trafo Odası	48	

MENDERES

Sinyal Odası	5	43
Gişe Elek. Ekip. Odası	8	
İstasyon Kont. Odası	5	
CER Trafo Odası	43	

YENİ MAHALLE

Sinyal Odası	8	52
CER Trafo Odası	52	
Gişe Elek. Ekip. Odası	8	
İstasyon Kont. Odası	5	

KİRAZLI I

Sinyal Odası-1	6	155
CER Trafo Odası-1	81	
CER Trafo Odası-2	74	
Gişe Elek. Ekip. Odası-1	4	
İstasyon Kont. Odası-1	6	
Gişe Elek. Ekip. Odası-2	4	
İstasyon Kont. Odası-1	5	
Sinyal Odası-2	6	

BAĞCILAR

Sinyal Odası	8	96
İstasyon Kont. Odası	6	
CER Trafo Odası	96	
Gişe Elek. Ekip. Odası	7	

DEPO SAHASI

Sinyal Odası	8	8
Elek. Ekip. Odası	7	

1069

Gazlı yangın söndürme sistemleri kurulumu yapılırken söndürme için gerekli silindir sayısı en büyük hacimli odaya göre belirlenir ve hacim durumuna göre diğer odalara da gerekli dağılımlar yapılır.

Yukarıdaki tabloda kurulu bir gazlı söndürmede odalara hitap eden silindir sayıları belirtilmiştir. Örneğin; Başakkonutları İstasyonunun da 50 Adet silindir vardır ve hepsi trafo odasına hitap etmektedir. Bunların içerisinde 9 tanesi Elektronik ekipman odasına 6 sinyal odasına 5 tanesi de istasyon kontrol odasına hitap etmektedir.

Proje toplamında toplamında 1069 adet silindir kullanılmıştır. Buna göre;

1 adet 140 lt. - 200 Bar Argon Silindiri Temini ve Montajı : 4735 \$

$4735 \times 1069 = 5,061,715$ \$ Toplam silindir yaklaşık maliyetidir.

Silindir maliyetlerine ek olarak sistemin algılama, pano ve tesisat bağlantıları ile birlikte toplam maliyet ;

$$\underline{5,061,715 + 6,413,680 = 11,475,395}$$

5.4.2 Gazlı Yangın Söndürme Sistemleri Maliyetlerin Minimize Edilmesi

Gazlı yangın söndürme sistemleri projelerde, sinyalizasyon odaları, elektronik ekipman odaları ve trafo odaları için kullanılmakta olduğunu belirtmiştik. Çalışmanın bu aşamasında sistemlerin kurulumunun yapıldığı bu odalarda gerçekten böyle bir sistem kurulumuna ihtiyaç var mı yok mu onu inceleyeceğiz. Bu incelemeyi yaparken de ilgili yangın yönetmeliklerinden faydalanılacaktır.

Gazlı söndürme sistemleri kurulu olan cer odalarında trafolar kuru tip trafolardır. Bu trafoların özellikleri;

- i. Zor tutuşan ve kendi kendine sönebilen özelliğe sahiptir.
- ii. Yangına karşı dirençlidir.
- iii. Yangını artırıcı katkıda bulunmazlar.
- iv. Sistemden kaynaklanan kısa devrelerde çok büyük hasarlara sebep vermezler

Şekil 5. 17: Cer, trafo odası görünüşü



Trafoaların kuru tip ve yangına dayanıklı olmasının yanı sıra, bu sistemlerin konulduğu odalar ve bağlantı için kullanılan elektrik kabloları yanmaz malzemeler seçilmiştir. Bu konuyla ilgili yangın yönetmeliği ve NFPA 130' mevcut ilgili maddelere göre hareket edilmiştir. Bu maddeler;

5.4.2.1 Yangın yönetmeliği

4. KISIM

YEDİNCİ BÖLÜM

Yıldırımdan Korunma Tesisatı, Transformatör ve Jeneratör

Yıldırımdan korunma tesisatı

MADDE 64- (1) Binaların yıldırım tehlikesine karşı korunması için ilgili yönetmelik ve standartların gereğinin yerine getirilmesi şarttır. Elektrik yükünün yapı veya yapı içindeki diğer tesisat üzerinde risk yaratmaksızın toprağa iletilebileceği yeterli bağlantının sağlanması ve bir toprak sonlandırma ağı oluşturulması gerekir.

Transformatör

MADDE 65- (1) Transformatörün kurulacağı odanın bütün duvarları, tabanı ve tavanı en az 120 dakika süreyle yangına dayanabilecek şekilde yapılır.

(2) Yağlı transformatör kullanılması durumunda;

a) Yağ toplama çukurunun yapılması gerekir.

b) Transformatörün içinde bulunacağı odanın bina içinde konumlandırılması hâlinde; bir yangın hâlinde transformatörden çıkan dumanların ve sıcaklığın binadaki kaçış yollarına sirayet etmemesi ve serbest hareketi engellememesi gerekir.

c) Uygun tipte otomatik yangın algılama ve söndürme sistemi yapılır.

(3) Ana elektrik odalarından ve transformatör merkezlerinden temiz su, pis su, patlayıcı ve yanıcı sıvı ve gaz tesisatı donanımı ve ekipmanları geçirilemez ve üst kat mahallerinde ıslak hacim düzenlenemez.

5.4.2.2 NFPA 130 yangın yönetmeliği

NFPA 130'a göre ise;

- i. MADDE 5.2 İNŞAAT. Tüm yeni istasyon binaların inşaatları, NFPA 220 hükümlerinde tanımlanan ve yapıyla ilgili potansiyel yangına maruz kalma tehlikeleri ile ilgili mühendislik analizleriyle belirlenen şekilde en az onaylı yanmaz inşaat kombinasyonu şeklinde olmalıdır.
- ii. MADDE 5.2.3.2 yardımcı alanlar ile kullanım alanları arasındaki bağlantıların yanmaz malzemedен seçilmeli.
- iii. MADDE 5.2.3.2.1 Trafo odaları için, diğer kullanım alanlarından en az 3 saat yangına dayanıklı separasyon temin edilmeli
- iv. MADDE 5.4 Kablo bağlantı gereklilikleri

- v. MADDE 5.4.1 İstasyonlarda çekiş gücü dışında kullanılan tüm kablo bağlantı malzeme ve tesisatları, NFPA 70 hükümlerine ve 5.4.2 maddesine göre seçilir
- vi. MADDE 5.4.2 Kablo kanalı, oluk, kanal, kutu, kabin, ekipman muhafazası ve bunların yüzey kaplamaları için üretilen malzemeler, 1 saat süre ile 500 C'ye kadar sıcaklıklara dayanıklı olmalı ve aynı sıcaklık koşulunda alev almayacak şekilde temin edilmelidir.

Tablo 5. 13: Söndürme yapılan odalar için önerilen silindir dağılımları

İSTASYON	ARGON SİLİNDİR SAYISI	TOPLAM	Trafo Odaları İptal Edilirse
METROKENT			
İstasyon Kont. Odası	8	82	21
Gişe Elek. Ekip. Odası	7		
Sinyal Odası	6		
CER Traf Odası	69		
Çarşı Elek. Ekip. Odası	13		
BAŞAK KONUTLARI			
İstasyon Kont. Odası	5	50	9
Gişe Elek. Ekip. Odası	9		
CER Trafo Odası	50		
Sinyal Odası	6		
SİTELER			
CER Trafo Odası	55	55	5
Sinyal Odası	5		
İstasyon Kont. Odası	5		
Gişe Elek. Ekip. Odası	5		
TURGUT ÖZAL			
CER Trafo Odası	54	54	9
Sinyal Odası	9		
Gişe Elek. Ekip. Odası	8		
İstasyon Kont. Odası	8		
İKİTELLİ SANAYİ			
CER Trafo Odası-1	56	125	21
Sinyal Odası	8		
CER Trafo Odası-2	69		
Gişe Elek. Ekip. Odası-2	13		
İstasyon Kont. Odası-2	8		
ZİYA GÖKALP MAH.			
CER Trafo Odası-2	21	61	8

İstasyon Kont. Odası-1	7		
Gişe Elek. Ekip. Odası-1	8		
CER Trafo Odası-1	40		
Sinyal Odası-1	5		

ESENLER

Cer Trafo Odası	12		
İstasyon Kont. Odası	3	12	3
Gişe Elek. Ekip. Odası	2		
Sinyal Odası	3		

İSTOÇ

CER Trafo Odası	56		
İstasyon Kont. Odası	5	63	7
Gişe Elek. Ekip. Odası	7		
Sinyal Odası	7		

OLİMPİYAT

CER Trafo Odası-1	81		
CER Trafo Odası-2	56		
Gişe Elek. Ekip. Odası-1	3	137	13
İstasyon Kont. Odası-1	3		
Gişe Elek. Ekip. Odası-2	3		
İstasyon Kont. Odası-2	3		
Sinyal Odası-1	10		

ÇİN ÇİN

Gişe Elek. Ekip. Odası	6		
İstasyon Kont. Odası	6	28	6
CER Trafo Odası	28		
Sinyal Odası	2		

MAHMUTBEY

İstasyon Kont. Odası	8		
Gişe Elek. Ekip. Odası	9	48	9
Sinyal Odası	8		
CER Trafo Odası	48		

MENDERES

Sinyal Odası	5		
Gişe Elek. Ekip. Odası	8	43	8
İstasyon Kont. Odası	5		
CER Trafo Odası	43		

YENİ MAHALLE

Sinyal Odası	8		
CER Trafo Odası	52	52	8
Gişe Elek. Ekip. Odası	8		
İstasyon Kont. Odası	5		

KİRAZLI I

Sinyal Odası-1	6		
CER Trafo Odası-1	81	155	10

CER Trafo Odası-2	74		
Gişe Elek. Ekip. Odası-1	4		
İstasyon Kont. Odası-1	6		
Gişe Elek. Ekip. Odası-2	4		
İstasyon Kont. Odası-1	5		
Sinyal Odası-2	6		

BAĞCILAR

Sinyal Odası	8		
İstasyon Kont. Odası	6	96	8
CER Trafo Odası	96		
Gişe Elek. Ekip. Odası	7		

DEPO SAHASI

Sinyal Odası	8	8	8
Elek. Ekip. Odası	7		

1069 153

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi projerde trafo odaları için uygulanan gazlı söndürme sistemleri kaldırılmıştır. Buna göre istasyonlarda bulunan odalara hitap eden tüp sayıları belirtilmiştir.

Tablo 5. 14: Gazlı söndürme sistemleri içinde iş maliyetleri

İşin Adı	Birim	Birim Fiyat (USD)	Miktar	Toplam Tutar (USD)	Yeni Projedeki Miktar	Yeni Toplam Tutar
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 140 lt - 200 Bar Argon Silindiri Temini ve Montajı	takım	4.734,73	1069	5.061.428,26	153	724.413,96
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 4SH 3/4" x 420 mm Hortum Temini ve Montajı	takım	101,09	1069	108.060,05	153	15,466,03
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3/4" Çek Vana Temini ve Montajı	takım	169,66	334	56.665,99	153	25.957,78
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3*140 lt Silindir Montaj Kiti Temini ve Montajı	takım	1.238,91	46	56.989,82	47	58.228,73
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2*140 lt Silindir Montaj Kiti Temini ve Montajı	takım	678,45	46	31.208,60	7	4.749,13
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2-1/2" Manifold/Çift Sıra/23&24 140 lt Silindir Temini ve Montajı	takım	5.478,56	381	2.087.330,68	7	38.349,91
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Manifold Bağlantı Elemanı Temini ve Montajı	takım	154,39	1015	156.703,85	55	8.491,34
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1/4" x 700 mm Boşaltma Hortumu Temini ve Montajı	takım	68,81	93	6.399,45	145	9.977,64

İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Manifold Basınç Anahtarı (Her Mahal İçin) Temini ve Montajı	takım	175,77	31256	5.493.983,24	14	2.460,83
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; IG-01 Argon Gazı (m3) Temini ve Montajı	takım	10,87	23	250,04	4473	48.626,88
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/2" Seçici Vana Temini ve Montajı	takım	2.046,01	23	47.058,33	4	8.184,06
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/2" Seçici Vana İçin Basınç Düşürücü Disk Temini ve Montajı	takım	27,19	70	1.903,65	4	108,78
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2" Seçici Vana Temini ve Montajı	takım	2.408,64	70	168.604,56	10	24.086,37
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2" Seçici Vana İçin Basınç Düşürücü Disk Temini ve Montajı	takım	27,62	93	2.568,63	10	276,2
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2 1/2" Seçici Vana Temini ve Montajı	takım	3.970,39	93	369.245,93	14	55.585,41
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2 1/2" Seçici Vana İçin Basınç Düşürücü Disk Temini ve Montajı	takım	34,82	23	800,90	14	487,51
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3" Seçici Vana Temini ve Montajı	takım	5.103,91	23	117.390,00	4	20.415,65
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3" Seçici Vana İçin Basınç Düşürücü Disk Temini ve Montajı	takım	41,19	23	947,41	4	164,77
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3'lü Selektör Vana Manifoldu, 2 1/2" Temini ve Montajı	takım	751,81	23	17.291,66	4	3.007,25
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 4'lü Selektör Vana Manifoldu, 2 1/2" Temini ve Montajı	takım	888,55	116	103.071,89	4	3.554,20
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2-1/2" Manifold Bağlantı Elemanı Temini ve Montajı	takım	338,96	165	55.928,50	17	5.762,33
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Seçici Vana Solenoidi - Manuel Kolu İle Birlikte Temini ve Montajı	takım	496,10	23	11.410,31	24	11.906,41
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Seçici Vana Solenoidi Bağlantı Elemanı - 3'lü Temini ve Montajı	takım	57,35	23	1.318,95	4	229,38
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Seçici Vana Solenoidi Bağlantı Elemanı - 4'lü Temini ve Montajı	takım	65,09	1859	121.004,75	4	260,37
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 6*4 Bakır Boru (m) Temini ve Montajı	takım	19,11	187	3.573,42	266	5.083,05
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 6 mm T Bağlantı Temini ve Montajı	takım	55,30	93	5.142,48	27	1.492,98
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3 Lt -Azot Pilot Silindiri (Her Mahal İçin) Temini ve Montajı	takım	1.502,03	23	34.546,60	14	21.028,37
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Seçici Vana Kapama Çubuğu (Set İçin) Temini ve Montajı	takım	34,41	23	791,53	4	137,66
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1/4" geri Dönüşsüz Vana Temini ve Montajı	takım	47,10	54	2.543,56	14	659,44

İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 3 Yollu Pnömatik Koni Temini ve Montajı	takım	117,58	756	88.889,59	8	940,63
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2 Yollu Pnömatik Koni Temini ve Montajı	takım	114,84	108	12.403,16	108	12.403,16
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/4" Nozul , 360' Temini ve Montajı	takım	90,16	108	9.737,25	16	1.442,55
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/4" Nozul için Delinmemiş Diyafram Temini ve Montajı	takım	45,18	108	4.879,81	16	722,93
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/4" Nozul , 180' Temini ve Montajı	takım	90,16	108	9.737,25	16	1.442,55
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/4" Nozul için Delinmemiş Diyafram Temini ve Montajı	takım	45,18	187	8.449,30	16	722,93
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/2" Nozul , 360' Temini ve Montajı	takım	111,68	187	20.884,40	27	3.015,39
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/2" Nozul için Delinmemiş Diyafram Temini ve Montajı	takım	46,29	1887	87.344,57	27	1.249,76
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/2" Nozul , 180' Temini ve Montajı	takım	111,68	187	20.884,40	270	30.153,94
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1 1/2" Nozul için Delinmemiş Diyafram Temini ve Montajı	takım	46,29	23	1.064,61	27	1.249,76
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1" Nozul , 360' Temini ve Montajı	takım	74,57	23	1.715,02	4	298,27
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 1" Nozul için Delinmemiş Diyafram Temini ve Montajı	takım	42,40	23	975,15	4	169,59
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2 " Nozul , 360' Temini ve Montajı	takım	166,56	23	3.830,97	4	666,26
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; 2" Nozul için Delinmemiş Diyafram Temini ve Montajı	takım	58,21	93	5.413,70	4	232,85
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Söndürme Kontrol Paneli (Konvansiyonel Tek Söndürme Bölgesi, 2 Çapraz Zone) Temini ve Montajı	takım	1.078,24	187	201.630,17	14	15.095,31
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Akü, 12VDC, 7AH Temini ve Montajı	takım	46,87	540	25.307,13	27	1265,36
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Optik Duman Dedektörü (Konvansiyonel, Tabanı İle Birlikte) Temini ve Montajı	takım	49,09	324	15.905,25	78	3.829,04
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Sıcaklık Artış Hızı Dedektörü (Tabanı İle Birlikte) Temini ve Montajı	takım	44,39	93	4.127,81	47	2.086,10
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Blokla Butonu (Montaj Tabanı Dahil) Temini ve Montajı	takım	73,13	93	6.800,70	14	1.023,76
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Söndürme Butonu (Montaj Tabanı Dahil) Temini ve Montajı	takım	67,78	93	6.303,09	14	948,85
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Elektronik Alarm Flaşörlü Sireni (Tabanı Dahil) Temini ve Montajı	takım	131,30	93	12.211,25	14	1.838,25

İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Elektronik Alarm Sireni (Kırmızı Renkli Taban Dahil) Temini ve Montajı	takım	51,84	270	13.997,35	14	725,79
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Relief Damper 50x50mm (BS476 Onaylı) Temini ve Montajı	takım	3.480,44	23	80.050,05	39	135.737,05
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Relief Damper 30x30mm (BS476 Onaylı) Temini ve Montajı	takım	2.300,32	23	52.907,30	4	9.201,27
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 1/2" Temini ve Montajı	takım	31,91	36	1.148,77	4	127,64
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 3/4" Temini ve Montajı	takım	39,01	23	897,29	6	234,07
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 1" Temini ve Montajı	takım	70,36	562	39.539,99	4	281,42
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 1.1/4" Temini ve Montajı	takım	77,26	324	25.031,61	81	6.257,90
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 1.1/2" Temini ve Montajı	takım	81,46	562	45.780,19	47	3.828,59
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 2" Temini ve Montajı	takım	107,57	360	38.724,40	81	8.712,99
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 2.1/2" Temini ve Montajı	takım	141,68	9528	1.349.914,59	52	7.367,29
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 3" Temini ve Montajı	takım	179,86	23	4.136,72	1364	245.325,74
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik Çekme Boru - 4" Temini ve Montajı	takım	251,48	9295	2.337.511,38	4	1.005,92
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Çelik İmalatlar Temini ve Montajı	takım	7,66	23	176,20	1330	10.188,86
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Algılama Sistemi Montajı (Her Bir Oda İçin) Temini ve Montajı	takım	10.161,88	93	945.054,84	4	40.647,52
İstasyon Gazlı Söndürme Sistemi İçin; Oda Kapı Fan Testi (Her Bir Fan İçin) Temini ve Montajı	takım	1.321,79	14	18.504,99	14	18.504,99
TOPLAM				11.475.395		1.668.050

Bu çalışmalardan sonra 1069 olan silindir sayıları 153'e düşmektedir. Buna göre gazlı söndürme sistemi için yeni maliyet;

$$153 \times 4734 = 724,413 \text{ \$ dolar olmaktadır.}$$

Yine sistemin diğer maliyetlerinde silindir maliyetleri ile beraber düşecektir. Bu durumda diğer sistemlerin maliyetlerini bulurken mevcut ekipman sayılarını silindir sayıları ile orantılı olarak düşüreceğiz. Örneğin;

Projede 1069 adet silindir varken 334 adet 3*140 lt Silindir Montaj Kiti kullanılıyorken 153adet silindir için 47 adet kullanıldığını kabul edelim. Yine 1069 adet silindir için 1069 adet 4SH 3/4" x 420 mm hortum temini yapılmışsa 153 Adet silindir için de 153 adet temin edilecektir. Buna göre diğer maliyetler toplamı;

943,641 \$ olacaktır.

Bu durumda yeni projemizdeki toplam gazlı yangın söndürme sistem maliyeti;

724,413 + 943,641 = 1,668,050 \$ ' dir.

Cer ve trafo odalarında yangın söndürme alternatifi olarak yangın söndürme tüpleri kullanılacaktır. Algılamadan gelen ihbar üzerine istasyon görevlisi trafo odasına gidip yangın söndürme tüpü ile gerekli müdahaleyi yapacaktır.

Söndürme için düşünülen yangın tüplerinin seçimi ve oda içerisindeki yerleşimi ilgili yangın yönetmeliğine göre yapılacaktır.

Yönetmeliğe göre yangın türü: Yanmakta olan maddeye göre;

- i. A sınıfı yangınlar: Odun, kömür, kâğıt, ot, doküman ve plastik gibi yanıcı katı maddeler yangını,
- ii. B sınıfı yangınlar: Benzin, benzol, makine yağları, laklar, yağlı boyalar, katran ve asfalt gibi yanıcı sıvı maddeler yangını,
- iii. C sınıfı yangınlar: Metan, propan, bütan, LPG, asetilen, havagazı ve hidrojen gibi yanıcı gaz maddeler yangını,
- iv. D sınıfı yangınlar: Lityum, sodyum, potasyum, alüminyum ve magnezyum gibi yanabilen hafif ve aktif metaller ile radyoaktif maddeler gibi metaller yangını ifade eder.

Taşınabilir söndürme tüpleri

MADDE 99- (1) Taşınabilir söndürme tüplerinin tipi ve sayısı, mekânlarda var olan durum ve risklere göre belirlenir. Buna göre;

- i. A sınıfı yangın çıkması muhtemel yerlerde, çok maksatlı kuru kimyevi tozlu veya sulu,
- ii. B sınıfı yangın çıkması muhtemel yerlerde, kuru kimyevi tozlu, karbondioksitli veya köpüklü,
- iii. C sınıfı yangın çıkması muhtemel yerlerde, kuru kimyevi tozlu veya karbondioksitli,
- iv. D sınıfı yangın çıkması muhtemel yerlerde, kuru metal tozlu,
- v. söndürme tüpleri bulundurulur.

Yangın yönetmeliğinin ilgili maddelerine bakıldığında yangın söndürme sistemlerinin seçilmelerinde herhangi bir zorunluluk olmadığı ve mevcut yangın söndürme sistemlerinin tercih edilmesinin işletmeye bırakıldığı görülmektedir.

Şekil 5. 18: Yangın söndürme tüpleri

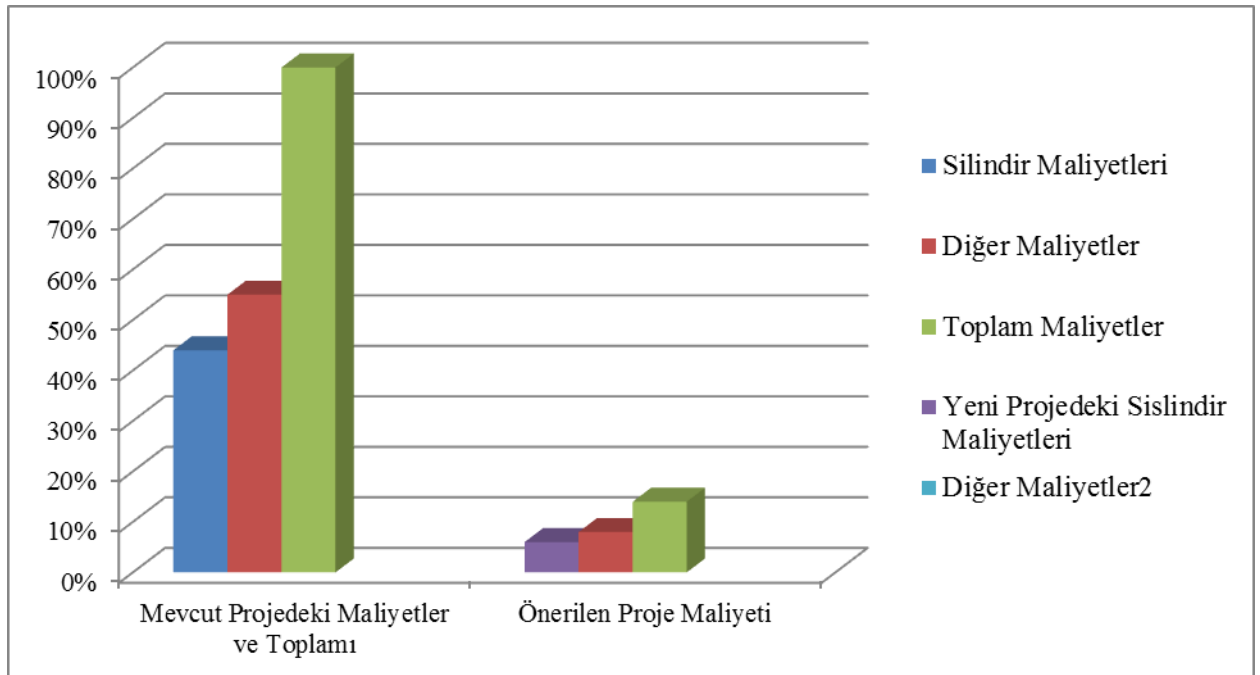


Şekil 5. 19: Yangın söndürme tüpü ve yangın dolabı



Resimlerde görülen yangın tüpleri trafo odaları için düşünülen tüpler olup istasyon içerisinde bulunma şekilleri gösterilmiştir. Tüplerin kapasitesi ve miktarı söndürme yapılacak alanın büyüklüğüne ve ekipman miktarına göre değiştirilebilir.

Şekil 5. 20: Gazlı söndürme sistemleri maliyet yüzdeleri



Önerilen projedeki toplam maliyete bakıldığında trafo odalarında bulunan gazlı söndürme sistemi iptal edildiğinde yüzde 86 civarında bir kazanç elde edildiği görülmektedir.

5.4.2.3 Gazlı söndürme sistemleri ilgili yabancı metrolardaki uygulamalar

Gazlı yangın söndürme sistemleri ile bazı yabancı metro yetkililerine aşağıdaki sorular yöneltilmiştir.

- i. Tünel ve istasyonlarınızda hangi yangın söndürme sistemlerini kullanıyorsunuz?
- ii. Elektrik ve elektronik ekipman odalarında ve trafo odalarında hangi yangın söndürme sistemini kullanıyorsunuz?

Bu sorulara gelen cevaplar;

Şekil 5. 21: Yabancı metrolara sorular ve gelen cevaplar

Metrolar	Yabancı Metrolara Sorulan Sorular	
	1. Soru	2. Soru
	Tünel ve istasyonlarınızda hangi yangın söndürme sistemlerini kullanıyorsunuz?	Elektrik ve elektronik ekipman odalarında ve trafo odalarında hangi yangın söndürme sistemini kullanıyorsunuz?
Alınan Cevaplar		
İstanbul Metro	Tünellerde kuru tip borulu hidrant sistemi kullanıyoruz. Bilet gişesi katı, peron ve çarşı katlarında ise sulu hortum dolapları kullanılmaktadır	Elektrik ve elektronik ekipman odalarında , trafo odalarında gazlı söndürme sistemi kullanıyoruz
Brezilya (Sao Paulo) Metro	İstasyonlarda ıslak hidrant sistemler kullanılıyor. Tünellerde koruma yok.	Elektrik ve elektronik ekipman odalarında CO2 bazlı bir söndürme sistemi kullanılıyor. Trafo odalarında yangın söndürme sistemi yoktur.
Kanada Montréal metrosu	Islak borulu sistem kullanılıyor	Yangın söndürücü tüpler kullanılıyor.
Singapur metrosunun	Tünellerde kuru korulu sistem kullanıyoruz. İstasyonlarda ise yangın söndürücüler kullanılıyor.	Kuru toz kullanılıyor.

Londra Metro su	Yeni tünellerde yangın söndürme sistemi kuruluyor. Eskiler genellikle söndürme mevcut değil	Henhangi bir sistem mevcut değil
Tayvan Metro su	Tünel ve istasyonlarımızda sulu hidrant sistemi kullanılıyor.	Gazlı yangın söndürme sistemleri kullanılıyor.
New York Metro su	Su altı tünellerde Islak borulu sistem kurulu. Yer altı tünellerde ışıklı söndürme tüpleri mevcut	Elektrik ve sinyal odalarında gazlı söndürme sistemlerin kurulumuna başlanıyor. Diğer odalarda söndürme tüpü mevcut.

5.5 YARDIMCI SİSTEMLER MALİYETLERİ VE MİNİMİZE EDİLMESİ

5.5.1 Duvar Tipi Ve Kanal Tipi Fanların Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi

Bu sistemler metro içerisinde yatırım maliyetleri çok fazla olmayan sistemlerdir. Burada bu sistemlerin proje içerisinde maliyetini artıran diğer etkenlerden bahsedebiliriz.

Metro projelerinde ıslak hacim, pano odaları, wc'ler ve diğer küçük hacimli odalarda kullanılan tüm duvar tipi ve kanal tipi fanların istasyon kontrol odasında SCADA ekranı üzerinden izlemesi yapılıyor. Buda SCADA'ya bilgi taşınmasından kaynak maliyetleri artırdığı gibi ekran üzerinde bir bilgi karmaşıklığına neden oluyor.

Bu sistemler için şöyle bir çözüm önerisi düşünülebilir;

Aynı odaya hitap eden ve aynı görevi gören fanlar bir grupta toplanır ve bir panoya bağlanır. Sadece bu pano üzerinden SCADA'ya genel bilgi gidebilir. Yine bu pano üzerinden bu fanların çalışma süreleri zaman ayarı girilerek belirlenir. Bu sayede her birinden ayrı ayrı kablo çekilme masrafı azaltılmış olur.

Şekil 5. 22: Duvar tipi fan



Şekil 5. 23: Kanal tipi fan



5.5.2 ECS Sistemlerde Damper Seçimleri İle Yatırım Maliyetlerinin Minimize Edilmesi

Metro projelerinde genellikle elektrikli ve pnömatik damperler kullanılmaktadır.

Şekil 5. 24: Aktuatör



Şekil 5. 25: Aktuatör ve by-pass damperleri



Projelerde pnömatik damper tercih edilmesinin nedeni damperlerin yangın anında çok kısa bir sürede anlık açılıp kapanmasını sağlayarak fanı hızlı bir şekilde devreye sokmaktır. Ancak yapmış olduğumuz çalışmada elektrik motorlu damper kullanılmış olan M3 hattı projesinde

damper açılma süresi 14 saniye sürmektedir. Yine her iki projede de devreye giren fanın tam devirle çalışma süresi damperin açılma süresinin üzerindedir. Bu nedenle 14 saniye damper açma süresi bizim için yeterlidir.

Ayrıca belirttiğimiz gibi pnömatik damper seçimi yapıldığında; aktuatörler + pistonlu kompresörler + kompresör-aktuatör arası tesisat bağlantısı + bu sistemlerin **bakım, işletme ve yatırım maliyetlerini** de düşürmüş olacaktır. Burada görüldüğü gibi elektrik motorlu damper seçimi bizleri bu maliyetlerden kurtaracaktır.

Şekil 5. 26: Pistonlu kompresör



Şekil 5. 27: Elektrik motorlu damper



5.5.4 Sulu Yangın Söndürme Sistemleri Yatırım Maliyetlerinin Düşürülmesi

Bu sistemler içinde gazlı söndürme sistemlerinde olduğu gibi buldukları mahal ve bu mahaller için yatırım maliyetlerini düşürücü alternatif çözümler belirtilecektir.

Sulu Yangın Söndürme Sistemlerin hitap ettikleri mahaller incelendiğinde bazı teknik hacim odaları için bu sistem yerine alternatif çözümler bulunabilir. Bu odalar içerisinde bulunan ekipmanın yangına sebebiyet verme ihtimali az, yanma dayanımı yüksek ve yangın anında gazlı söndürme sistemlerinde olduğu gibi portatif yangın söndürücü tüplerle müdahale edebileceğimiz odalardır. Bu odalar;

- i. TVF Fan odaları
- ii. EXF Fan odaları
- iii. Genel havalandırma odalarıdır.

Bu odalar içerisinde de yangın algılama sistemleri mevcuttur. Algılama dedektöründen uyarı geldiğinde istasyondaki görevli personel hızlı bir şekilde bu bölgeye gidip gerekli kontrolleri yaptıktan sonra duruma göre yangına müdahalede bulunabilir.

Belirtilen odalardaki sulu yangın söndürme sistemlerinin iptali sonucunda bu sistemlerin yatırım maliyetleri düşürüldüğü gibi bu sisteme bağlı ekipmanlarında maliyetleri düşecektir.

- i. Yangın pompaları ve panoları
- ii. Su deposu
- iii. Pistonlu kompresörler
- iv. Tüm sisteme ait vana, kollektör, çek valfler ve borular
- v. Su seviye göstergeleri
- vi. Basınç göstergeleri

Bu sistemlerde maliyetleri düşürmeye yönelik başka bir öneride kuru tip olan bu sistemleri sulu tip sistemlere çevirmektir. Kuru tip sistemlerde boruların içerisinde hava ile doldurmak için pistonlu kompresörlere ihtiyaç vardır. Yine bu sistemlerde havanın basıncını ölçmek için manometreler ve basınç şalterleri mevcuttur.

Şekil 5. 28: Yangın pompa odası



Kaynak: Elektromekanik sistemler tanıtım sunumu

Şekil 5. 29: Su deposu



Kaynak: Elektromekanik sistemler tanıtım sunumu

Eğer sulu sistem tercih edilirse kompresör ve diğer sistemlere ait maliyetlerin de önüne geçilmiş olur. Sistem sulu olduğu için boru hatlarına hava verilmesi ihtiyacı ortadan kalkacaktır.

Şekil 5. 30: Su borularına hava dolduran pistonlu kompresör



Kaynak: Elektromekanik sistemler tanıtım sunumu

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kent içi raylı sistemler, günümüzde rahat, konforlu, güvenilir, taşıma kapasitesi yüksek ve hızlı ulaşım imkanı sağlayan toplu taşıma araçları olarak en fazla tercih edilen ve kent içi ulaşımında önemli bir konuma sahiptir.

Ülkemizde yeni yeni gelişmekte olan bu sistemlere duyulan ihtiyaç ve talep giderek çoğalmaktadır. Bunun bir sonucu olarak ta raylı sistemler yapımına yönelik projeler de artış meydana gelmektedir. Ancak bu sistemler için oluşturulan yatırım maliyetleri çok yüksektir. Belki de birçok kentimizde maliyet yüksekliği nedeniyle bu projelere başlanamamış ve hatta düşünceden öteye gidememiştir. Çok büyük yatırım maliyetleri gerektiren bu projeler;

- ◆ Araç (Tren) maliyetleri
- ◆ İnşai maliyetler
- ◆ Elektromekanik sistemler maliyetleri
- ◆ Elektronik ve elektriksel sistemler maliyetleri

gibi ana başlıklardan oluşur.

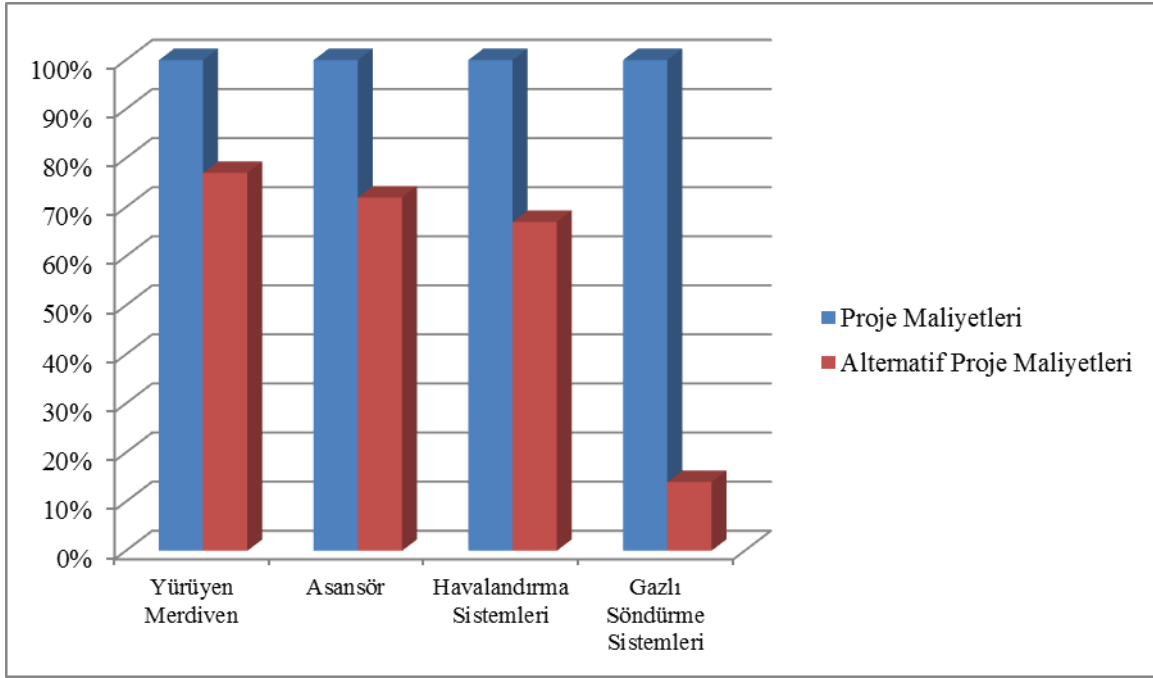
Bu çalışmada raylı sistem projelerinde yatırım maliyetlerini düşürmeye yönelik elektromekanik sistemler maliyetleri incelenmiş ve bu sistemlerin yatırım maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmış ve bu yönde çalışılmıştır.

Bu çalışma için İstanbul'da yapılmış ve yakın zamanda işletmeye açılacak olan M3 kirazlı-Başakşehir-Olimpiyat metrosu projeleri içerisinde yer alan elektromekanik sistemler ve bu sistemlerin yatırım maliyetleri incelenmiştir.

Yapılan incelemelerde elektromekanik sistemler içerisinde en büyük maliyet oluşturan Yürüyen merdiven, asansörler, ECS çevresel kontrol sistemleri, yangın algılama-koruma ve diğer sistemler kıyaslama yapılarak ve ya alternatif çözümler düşünülerek maliyetlerin en aza indirilmesi sağlanmıştır. Elbette ortaya konulan düşüncelerden çözümler de olabilecektir.

Yürüyen merdiven, asansör, havalandırma ve gazlı yangın söndürme sistemlerinin detaylı olarak incelendiği bu çalışmalarda sistemlerden yüzde 25 ile yüzde 85 arasında maliyetlerin projede minimize edilebileceği görülmektedir.

Şekil 6. 1: Tüm sistemlere ait maliyet oranları



Bu oranlar sistemlerde sırası ile;

- i. Yürüyen merdiven yüzde 25
- ii. Asansör yüzde 28
- iii. ECS çevresel kontrol sistemleri yüzde 33
- iv. Gazlı söndürme sistemler yüzde 86 dır.

Burada en düşük yüzdenin yürüyen merdivenlerde en yüksek yüzdenin de gazlı söndürme sistemlerinde olduğu görülmektedir. .

Öneri olarak; Şu bir gerçek ki günümüzde raylı sistem projeleri artmaktadır ve gelecekte daha da artacaktır. Çünkü nüfus artışının olduğu her semt her bölge halkı toplu taşıma için raylı sistemlere ihtiyaç duymakta ve bunu talep etmektedir. Ancak çok yüksek maliyetlere yapılan bu projelerin yapılması isteniyorsa maliyetlerini düşürmeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Tabi ki sırf maliyeti düşürmek için metrolarda güvenliği ve performansı etkileyecek konulardan taviz verilmemelidir. Ancak diğer sistemlerde alternatif çözümler her zaman aranmalı ve en uygun en düşük maliyet getiren projeler yapılmalıdır.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada da görülmektedir ki mekanik sistemlerde maliyetleri minimize etmeye yönelik alternatif çözümler mevcuttur.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Gerdemeli İ., İmraç C. (2000). Asansörler ve Yürüyen Merdivenler. İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi.
- Öncü, E., (2009) Bildiri. Dünyada ve ülkemizde kent içi raylı sistem deneyimleri ışığında İzmir projelerinin değerlendirilmesi. *Bildiri*. Ankara, Türkiye.
- Clough, R.W. (1960). The Finite Element Method in Plane Stress Analysis Proceedings of American Society of Civil Engineers, 2nd Conference on Electronic Computations, 23, 345-378.
- Courant, R. (1943). Variational Methods for the Solution of Problems of Equilibrium and Vibrations. Bulletin of the American Mathematical Society, 49, 1-23.
- Flyvbjerg, B., Cost Overruns and Demand Shortfalls in Urban Rail and Other Infrastructure, Transportation Planning and Technology, Feb. 2007, Vol. 30, No.1, pp. 9-30
- Grava, S. (2002), Urban Transportation Systems, McGraw-Hill. New York, A.B.D.
- Heusch B., (1992) İzmir Hafif Raylı Sistemi Teklif Dosyası Bölüm III: Ulaşım Etüdü Nihai Raporu, İzmir, Türkiye.
- Moss, M. L., Townsend, A. M., (1999), How Telecommunications Systems are Transforming Urban Spacesı, Taub Urban Research Center, New York Uni., s.2.
- TS ENV 1992-1-2+AC, Eurocode 2: Beton Yapıların Pro-jelendirmesi - Bölüm 1-2: Genel Kurallar - Yapısal Yangın Projelendirmesi, TSE, 3.9.1996
- Vuchic, V. R. (2004), Urban Transit Operations, Planning and Economics, John Nihai Wiley and Sons, New Jersey, A.B.D.
- Yokota, T., Weiland, R. J., iITS System Architectures for Developing Countriesı, İzmir ITS Technical Note-5.

Sürelî Yayınlar

Arısoy, A. (2006). Doğal havalandırma yapabilen örnek bir ofis binasında klima sistem tasarımı. İstanbul , Türkiye: Tesisat Mühendisliği Dergisi.

Bakanlar Kurulu. (2007). Yönetmelik. *Binaların Yangından Korunmasına Yönelik Yönetmelikler*. Ankara, Türkiye: Resmi Gazete.

Demirel, F., Altrındaş, S., (2005). Yapı Elemanlarının Yangına Dayanım Performanslarının Avrupa Birliği Direktiflerine Göre Sınıflandırılması ve Konunun Türkiye–Avrupa Genelinde İrdelenmesi. Ankara, Türkiye: Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi.

Bushell, C.,1997, "Jane's Urban Transport System",14. Edition 1995-1996

NFPA (ABD). (2007). NFPA 130. *National fire protection association*. ABD.

Ocak İ, Manisalı E., (2006). Kentsel raylı taşıma üzerine bir inceleme 'İstanbul Örneği'. *Çalışma*. İstanbul, Türkiye: SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10. Cilt, 2. Sayı, s. 51-59.

World Bank, Urban Transport: A World Bank Policy Study, Washington D.C., (1986), 35

Diğer Yayınlar

Demirdağ, M. N. (2007). Kent İçi Raylı Sistemlerde Hat Bakım ve Maliyeti. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul, Türkiye.

Evren G., Öğüt K. S., (2006). Türkiye'de kentsel raylı sistemlerin gerekliliği ve uygulamada dikkat edilecek konular. *Bildiri, Uluslararası Demiryolu Sempozyumu*. İstanbul, Türkiye.

İBB Ulaşım Daire Başkanlığı. (2011). Kentsel Ulaşım Ana Planı. *Ulaşım Planlama Müdürlüğü Raporu*. İstanbul, Türkiye.

İstanbul Ulaşım A.Ş. *İstanbul Ulaşım*. 2012 tarihinde www.istanbul-ulasim.com.tr adresinden alındı

İstanbul Ulaşım A.Ş. (2012). İş eğitimleri. *Elektromekanik Sistemler Eğitimleri*. İstanbul.

İBB İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü. (2005). Sözleşme. *İstanbul Otogar - Bağcılar Raylı Toplu Taşıma Sistemi inşaat, Elektro-Mekanik İşlerinin Yapımı ve Araç Temini İş*. İstanbul, Türkiye.

İBB İETT İşletmeleri Genel Müdürlüğü. (2005). Teknik Şartname. *İstanbul Otogar - Bağcılar Raylı Toplu Taşıma Sistemi inşaat, Elektro-Mekanik İşlerinin Yapımı ve Araç Temini İş*. İstanbul, Türkiye.

Makine Mühendisleri Odası. (2011). Meslek İçi Eğitim Merkezleri. *Havalandırma Sistemleri ve Tesisat Seçim Kriterleri Semineri*. İstanbul: MMO Bakırköy Temsilciliği.

Sabuncu, M. (2001). Yürüyen Merdiven Taşıyıcı Çelik Konstrüksiyonu Aksamı ve Makina Motor Gücü Tespiti Projesi.

Toprak, D. R. (2009). Şehir İçi Raylı Ulaşım Sistemleri Seçim Kriterleri ve Sınıflandırılması. *Sunum*. Ankara. (İstanbul)

Akyol, O. (2004). Strength Analysis Of The Frame Of The Escalator Using The Finite Element Method And Calculation Of The Drive System. *Çalışma*. İzmir, Türkiye.

The Building Regulations (2000), Approved Document B: Fire Safety (with 2002 amendments), Office of the Deputy Prime Minister, England, http://www.odpm.gov.uk/stellent/groups/odpm_buildreg/documents/page/odpm_breg_027756.pdf

U.S. Department of Transportation, iMetropolitan Intelligent Transportation Systems-
Infrastructure Deployment. Tracking Database, 99 Survey Results,
www.itsdeployment.ed.ornl.gov/its99/top