

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

KATENERSİZ TRAMVAY SİSTEMLERİ
VE KONYA UYGULAMASI

Yüksek Lisans Tezi

ONUR KANMAZ

İSTANBUL, 2015

T.C.

BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ FAKÜLTESİ

KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

**KATENERSİZ TRAMVAY SİSTEMLERİ VE
KONYA UYGULAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

ONUR KANMAZ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

İSTANBUL, 2015

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FENBİLİMLER ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Katenersiz Tramvay Sistemleri ve Konya Örneği
Öğrencinin Adı Soyadı: Onur Kanmaz
Tez Savunma Tarihi: 25.05.2015

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

Doç. Dr. Nafiz ARICA
Enstitü Müdürü
İmza

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

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü
İmza

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

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

.....

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

.....

Üye
Öğr. Grv. Dr. Nurbanu ÇALIŞKAN

.....

ÖZET

KATENERSİZ TRAMVAY SİSTEMLERİ VE KONYA UYGULAMASI

Onur Kanmaz

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tuncer Toprak

Mayıs 2015, 57 sayfa

Ülkemizde son yıllarda raylı sistem yatırımları hızla artmaktadır. Yapılan ilk raylı sistem hatlarından biriside Konya'dadır. Konya için yeni yapılacak tramvay hattı kentin tarihi merkezinden geçmektedir. Tarihi kent merkezinin görüntüsünü bozmamak için bu bölge katenersiz yapılacaktır. Bu çalışmada, Konya için en uygun katenersiz tramvay sisteminin hangisi olacağı araştırılmıştır.

Birinci bölümde çalışmanın amacı, objektifleri ve kapsamı ile ilgili kısa bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde katenersiz tramvay sistemleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde sistemlerin uygunluk ve maliyet analizleri yapılmıştır. Dördüncü bölümde Konya'nın raylı sistemleri hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde yeni yapılacak hat ile ilgili bilgiler verilmiştir. Altıncı ve yedinci bölümde Konya için uygun bataryalı tramvaylar incelenmiştir. Son bölümde sonuç ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Hafif Raylı Sistem, Katenersiz Raylı Sistem, Batarya

ABSTRACT

CATENERY FREE TRAM SYSTEMS AND KONYA APPLICATION

Onur Kanmaz

Urban Transportation Systems and Management

Thesis Advisor: Prof. Dr. Tuncer TOPRAK

May 2015, 57 pages

Railway system investments have been increasing rapidly in recent years in our country. One of the first railway system line has made in city of Konya. New tram line will pass through historic center of Konya. This line will be constructed free catenary system without distorting appearance of city of center. In this study, Which will be most suitable tram system without catenary for Konya city has been searched.

In the first chapter purpose of study, objectives and scope information was given. In the second chapter tram systems free catenary was examined. In the third chapter suitability and cost analysis of systems for Konya was made. In the fourth chapter information of rail systems of Konya was given. In the fifth chapter information of new line will be made was given. In the sixth and seventh chapter suitable trams with battery for Konya was examined. Conclusions and recommendations are presented in the last chapter.

Keywords: Light Rail Systems, Rail Systems Free Catenary, Battery.

İÇİNDEKİLER

TABLolar.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 ARAŞTIRMANIN AMACI.....	1
1.2 ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ.....	2
1.3 ARAŞTIRMANIN KAPSAMI.....	2
2. KATENERSİZ TRAMVAYLAR.....	3
2.1 ZEMİNDEN SÜREKLİ BESLEMELİ SİSTEMLER.....	3
2.1.1 Alstom APS Sistemi.....	3
2.1.2 Ansaldo Tramwave Sistemi.....	6
2.1.3 Bombardier Primove Sistemi.....	10
2.2 ENERJİ DEPOLAMAYA DAYANAN SİSTEMLER.....	12
2.2.1 Caf Süper Kapasitör Sistemi.....	12
2.2.2 Siemens Sitras HES&MES sistemi.....	14
2.2.3 Bombardier Primove sistemi.....	15
2.3 BATARYALAR.....	17
2.3.1 Kurşun-Asit Batarya.....	18
2.3.2 Nikel Kadmiyum.....	18
2.3.3 Nikel-Metal Hidrür Batarya.....	19
2.3.4 Lityum-İyon Batarya.....	19
2.4 SÜPER KAPASİTÖRLER.....	20
3. AMACA UYGUNLUK VE YATIRIM MALİYETİ ANALİZLERİ.....	21
3.1 ALSTOM APS SİSTEMİ.....	21
3.2 ANSALDO TRAMWAVE SİSTEMİ.....	22
3.3 BOMBARDİER PRİMOVE SİSTEMİ.....	23
3.4 CAF SÜPER KAPASİTÖR.....	23
3.5 DİĞER BATARYALI SİSTEMLER.....	24
3.6 KONYA İÇİN SONUÇ.....	24
3.6.1 Alstom APS Sistemi.....	24

3.6.2	Ansaldo Tramwawe Sistemi.....	25
3.6.3	Bombardier Primove Sistemi.....	25
3.6.4	Siemens Sitra MES&HES Sistemi.....	25
3.6.5	Bombardier Batarya Sistemi.....	25
3.6.6	Caf Süper Kapasitör Sistemi.....	25
3.6.7	Skoda Batarya Sistemi.....	26
4.	KONYADA RAYLI SİSTEMLER VE TARİHÇESİ.....	27
4.1	KONYA.....	27
4.2	KONYA ATLI TRAMVAY.....	28
4.3	KONYA MEVCUT TRAMVAY HATTI.....	29
5.	KONYA YENİ ADIYE HATTI.....	36
5.1	GÜZERGAH.....	36
5.2	KATENERSİZ BÖLÜM.....	37
6.	KONYA İÇİN BATARYALI TRAMVAYLAR.....	38
6.1	YENİ HAT ÖZELLİKLERİ.....	38
6.2	HATTIN TEMEL PARAMETRELERİ.....	39
6.3	ARACIN YERİNE GETİRMESİ GEREKEN ŞARTLAR.....	39
6.4	YENİ HATTA KATENER GERİLİMSİZ SÜRÜŞ TARZI ANALİZİ... 40	
6.5	KONYA'DA KATENERSİZ HATTA TEK YÖNDE SÜRÜŞ ESNASINDA DURMA VE İVMELENME SAYISI.....	41
6.6	BATARYALI SÜRÜŞ KONSEPTİ.....	41
6.7	KONYA İÇİN TEKLİF EDİLEN ARAÇ.....	42
6.8	28TBAT İÇİN KULLANILAN KOMPONENTLER.....	43
6.9	CER BATARYASI BLOKU.....	44
6.10	KATENERLİ VE KATENERSİZ HATLAR ARASI GEÇİŞ.....	45
7.	İŞLETİM ÇEVİRİMLERİ SİMÜLASYONU.....	46
7.1	AW4 YÜKÜNDE SİMÜLASYON, EN OLUMSUZ İŞLETME ŞARTLARI.....	47
7.2	AW2 YÜKSEK YÜKTE SİMÜLASYON, OLUMLU İŞLETME ŞARTLARI.....	49
7.3	SİMİLASYON SONUÇLARI.....	50
8.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	52

KAYNAKÇA	55
-----------------------	-----------

TABLÖLAR

Tablo 2.1 : Araçlarda kullanılan batarya çeşitleri	17
Tablo 6.1 : Hattın parametreleri.....	36
Tablo 6.2 : Katenersiz hatta tek yönde durma sayıları.....	39
Tablo 6.3 : Batarya modülü özellikleri.....	42
Tablo 7.1 : AW4 yükünde simülasyon sonucu.....	45
Tablo 7.2 : AW2 yükünde simülasyon sonucu.....	47

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 :	Fransa Bordeaux şehrindeki APS hattı	4
Şekil 2.2 :	APS sisteminin ana parçaları	5
Şekil 2.3 :	APS sisteminin çalışma prensibi	6
Şekil 2.4 :	Ansaldo 'nun Napoli 'deki test hattı.....	7
Şekil 2.5 :	Tramwave sisteminde kullanılan enerji rayı.....	8
Şekil 2.6 :	Tramwave sisteminde araç altındaki akım pabucu.....	9
Şekil 2.7 :	Tramwave sisteminde enerji rayının enerjilenmesi.....	9
Şekil 2.8 :	Primove sisteminin prensibi.....	10
Şekil 2.9 :	Bombardier primove çalışma prensibi.....	11
Şekil 2.10 :	Zaragoza 'da Caf firmasının sistemi.....	12
Şekil 2.11 :	Caf 'ın Zaragoza tramvay hattı.....	13
Şekil 2.12 :	Siemens Sitras MES sisteminin yerleşim şeması.....	14
Şekil 2.13 :	Siemens Sitras HES sisteminin yerleşim şeması.....	14
Şekil 2.14 :	Bombardier test aracı kumanda panosu.....	15
Şekil 2.15 :	Bombardier bataryalı test aracı.....	16
Şekil 4.1 :	Konya 'nın Türkiye haritasında konumu.....	26
Şekil 4.2 :	Gazi Lisesi önünde Konya atlı tramvayı.....	27
Şekil 4.3 :	Eski Konya tramvayı.....	30
Şekil 4.4 :	Mevcut hat güzergah planı.....	32
Şekil 4.5 :	Yeni Konya tramvayı.....	33
Şekil 5.1 :	Adliye Hattı Güzergah Planı.....	35

KISALTMALAR

DC	:	Doğru Akım
KHZ	:	Kilo Herz
KG	:	Kilogram
L	:	Litre
V	:	Volt
W	:	Watt
WH	:	Watt Saat

1. GİRİŞ

Ülkemizde son yıllarda raylı sistem yatırımları ve buna bağlı olarak da raylı sistemlerde yeni teknolojilerin kullanımı hız kazanmıştır. Katenersiz tramvay teknolojileri de bu yeniliklerden birisidir. Dünyada da son yıllarda kullanımı artmakta olan ve halen de farklı öneriler ve çalışmalarla geliştirilmekte olan bu sistemle ilgili kent içi raylı sistem taşımacılığındaki ilk ciddi hamleyi Konya Büyükşehir Belediyesi yapmıştır. Halen inşaatı devam etmekte olan ve Konya ilinin tarihi kent merkezinden geçecek olan bu hatta çalışacak olan tramvay araçları bataryalı olacak ve hattın belli bir kısmında, trafodan aldığı elektrik enerjisini; direkler, konsollar ve teller aracılığı ile pantoğrafa ileten katener sistemi bulunmayacak ve tarihi dokunun silueti korunmuş olacaktır. Katenersiz tramvay sistemleri ile ilgili dünyada farklı şehirlerde farklı uygulamalar ve teknolojiler kullanılmaktadır. Tez çalışmamızda bu sistemlerle ilgili araştırma yapıldı ve bu farklı uygulamaların avantajları ile dezavantajları ve Konya için neden bataryalı tramvayın tercih edildiği izah edildi. Bu konuda ülkemizde daha önceden yazılmış bir tezin olmaması katenersiz tramvay sistemleri konusunda çalışma yapmamızın en önemli sebebidir. Bu çalışma katenersiz tramvay sistemleri konusunda araştırma yapacak olan akademisyenler ve konunun uygulayıcısı olan kamu kurumları, işletmeciler ve üreticiler için önemli bir kaynak olacaktır.

1.1 ARAŞTIRMANIN AMACI

Konya da Alaadin – Adliye hattı 2 km lik kısmı şehrin tarihi merkezinden geçmektedir. Hattın 2. Durağına gelen bölgede, yılda 2 milyonda fazla yerli ve yabancı turistin ziyaret ettiği Mevlana müzesi bulunmaktadır. Burada tramvay hattı boyunca uzanan Mevlana caddesinin kara trafiğine kapatılıp yayalaştırılması da gündemdedir. Böyle tarihi bir bölgede katener sistemi çok kötü bir görüntü verecekti. Ayrıca katener hattının çeşitli sebeplerle kopması da böyle kalabalık bir cadde de tehlike oluşturabilirdi. Tüm bu sebeplerden dolayı bu bölgenin katenersiz geçilmesi uygun görüldü. Bu sebeple dünya da çalışan katenersiz sistemleri ziyaret ettik. Burada işletme yapan belediyelerle görüşmeler yapıp hatların avantajları ve dezavantajlarının neler olduğu hakkında bilgiler aldık. Ayrıca katenersiz tramvay sistemi yapan firmalarla görüşmeler yapıldı. Tüm bunlardan sistemleri kıyaslayarak Konya için hangi sistemin daha avantajlı olacağı

araştırılacak ve seçilen sistemin Konya da düzgün çalışabilmesi için neler yapılması lazım araştırılacaktır.

1.2 ARAşTIRMANIN YÖNTEMİ

Dünyadaki alışan tüm katenersiz sistemler incelenecek ve bunların hangisi Konya için daha avantajlı olduğu tespit edilecektir. Daha sonra karar verilen sistemin Konya hattında aksamalara sebep vermeden düzgün çalışabilmesi için nasıl iyileştirmeler yapılacağı araştırılacaktır.

1.3 ARAşTIRMANIN KAPSAMI

Araştırma dünya da çalışan en önemli katener sistemlerini ve katenersiz tramvay sistemleri üzerinde çalışan firmaları kapsamaktadır. Daha sonra Konya da kurulacak olan Alaadin – Adliye tramvay hattı için yapılması gerekli çalışmaları kapsamaktadır.

2. KATENERSİZ TRAMVAYLAR

Şehir merkezlerinde özellikle tarihi bölgelerde tramvay hatları görüntü kirliliği yapmaktadır. Ayrıca kara trafiğindeki araçların katener hatlarına ve direklerine çarpması sonucunda katener sistemi zarar görmekte sistemin durmasına sebebiyet vermektedir. Bu hat kopmalarında hat yakınında bulunan yayalar ve araçlar içinde tehlikeli durumlar oluşmaktadır. Tramvay üreten firmalar tüm bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için 1990' ların sonunda katenersiz tramvay üretmek için çalışmalara başlamıştır. Bu çalışmalar teknolojinin gelişmesiyle beraber hız kazanarak devam etmektedir.

Bugüne kadar gelinen çalışmalar sonucunda katenersiz tramvay üretiminde iki farklı sistem geliştirilmiştir. Bunlar zeminden sürekli beslemeli sistemler ve enerji depolamaya dayalı sistemlerdir.

2.1 ZEMİNDEN SÜREKLİ BESLEMELİ SİSTEMLER

Tramvay hattındaki iki ray arasına zemin seviyesine yerleştirilen firmalara özel besleme sistemleridir. Bu sistemi ilk geliştiren firma Alstom dur. Bir çok yerde çalışan hatları bulunmaktadır. Daha sonra Ansaldo ve Bombardier firmaları da kendi sistemlerini geliştirmişlerdir. Bu firmaların sistemleri test aşamasındadır. Şu an için çalışan ticari bir hatları bulunmamaktadır. Bu sistemlerde kesintisiz sürekli enerji olduğu için mesafe sınırı yoktur. Durak mesafeleri uzun olan ve sıkışık trafikte çalışan işletmeler için daha avantajlıdır.

2.1.1 Alstom APS Sistemi

Alstom firmasının geliştirdiği APS sistemi araca güç vermek için iki ray arasına yerleştirilen özel bir enerji rayı sayesinde sağlanır. Bu sistem ilk defa 2003 yılında Fransa'nın Bordeaux şehrinde uygulanmıştır. Şekil 2.1 de katenersiz tramvay sisteminden bir bölüm görülmektedir. Katener sistemi olmadığı için tellerin ve direklerin oluşturduğu kötü görüntü yoktur.

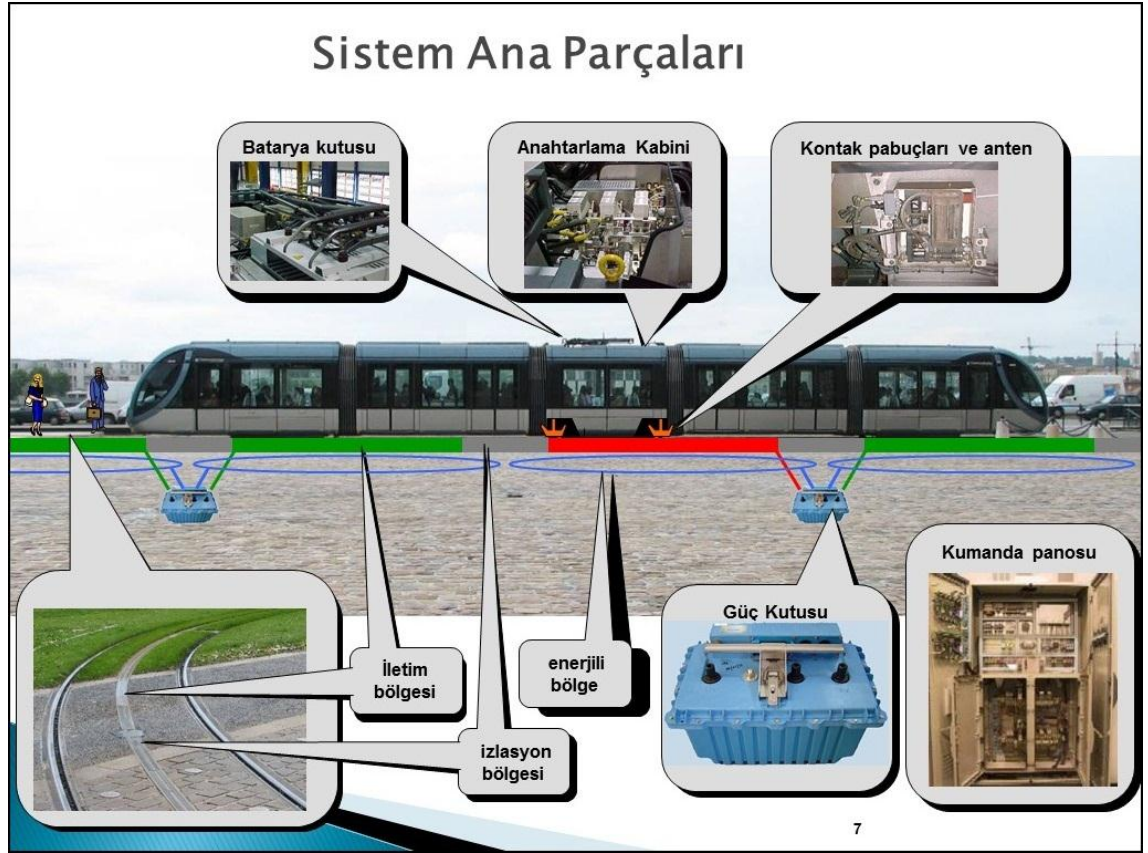
Şekil 2.1: Fransa Bordeaux şehrindeki APS hattı



Kaynak: Alstom

Sistemin ana parçaları şekil 2.2 de görüldüğü gibi tramvay üzerinde bulunan batarya kutusu, anahtarlama kabini, kontak pabuçları ve antenden oluşmaktadır. Hat üzerinde de enerji iletimini sağlayan enerji rayı, güç kutusu ve kumanda panosu bulunmaktadır. Enerji rayı 8 metresi iletken 3 metresi yalıtkan olan iki parçadan oluşmaktadır. Bu enerji rayları hat boyunca arka arkaya sıralanarak monte edilir. Güç kutuları her 22 metrede bir adet bulunmaktadır.

Şekil 2.2: APS sisteminin ana parçaları

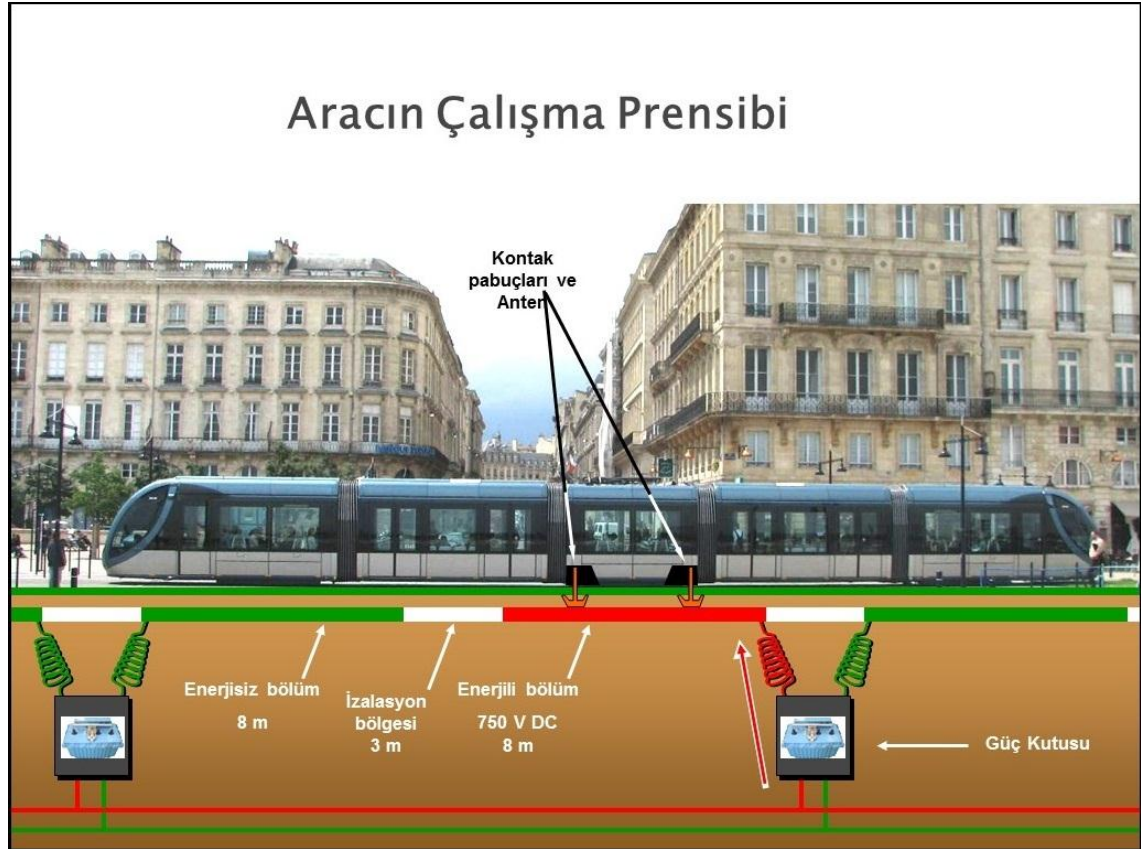


Kaynak: Alstom

Sistemin çalışma prensibi şekil 2.2 de gösterilmiştir. Sistem iki ray arasında bulunan 8 metre uzunluğunda iletken ve 3 metre uzunluğunda yalıtkan bölümlerin bulunduğu özel üretilmiş enerji rayı üzerinden enerjisini almaktadır. Araç üzerinde bulunan anten sayesinde hat altında bulunan güç kutusuna özel bir radyo frekansı ile kod gönderilir. Kodu alan güç kutusu 8 metrelik iletken rayı enerjilendirir. Araç hareket ettikçe bir sonraki güç kutusuna kod gönderir ve bir sonraki 8 metrelik ray enerjilenir ve bir önceki kısım tekrar enerjisiz kalır. Araç hareketi boyunca her zaman sadece 8 metrelik kısım enerjili olur hat boyunca diğer kısımlar enerjisiz kalır. Bu şekilde hat üzerinde bulunabilecek yayalar için önlem alınmış olur. Elektrik çarpılmalarına karşı korunmuş olurlar. Herhangi bir güç kutusunda meydana gelebilecek arızaya karşı araç üzerinde aracı 50 metre götürebilecek bir batarya sistemi bulunmaktadır. Bu sayede arka arkaya iki adet güç kutusu arızalansa bile tramvay durmadan seferine devam edebilir. Daha sonra araç arızasız kısma ulaştıktan sonra bataryaları tekrar şarj olur. Güç kutusunda

olabilecek arızaları merkeze bildiren kumanda panoları bulunmaktadır. Enerji raylarına 750 V DC gerilim verilmektedir. Dönüş iletkeni olarak normal raylar kullanılmaktadır.

Şekil 2.3: APS sisteminin çalışma prensibi



Kaynak: Alstom

2.1.2 Ansaldo Tramwave Sistemi

Ansaldo firmasının geliştirdiği tramwave sistemi de Alstom firmasının benzeri bir sistemdir. Zeminde iki ray arasında döşenen özel bir enerji rayı ile araç enerjilenmektedir. Şekil 2.4 de İtalya Napoli 'de bulunan test hattı görülmektedir. Enerji rayı zemin seviyesinde yerleştirilmektedir. Suya karşı izolasyonu sağlanmıştır.

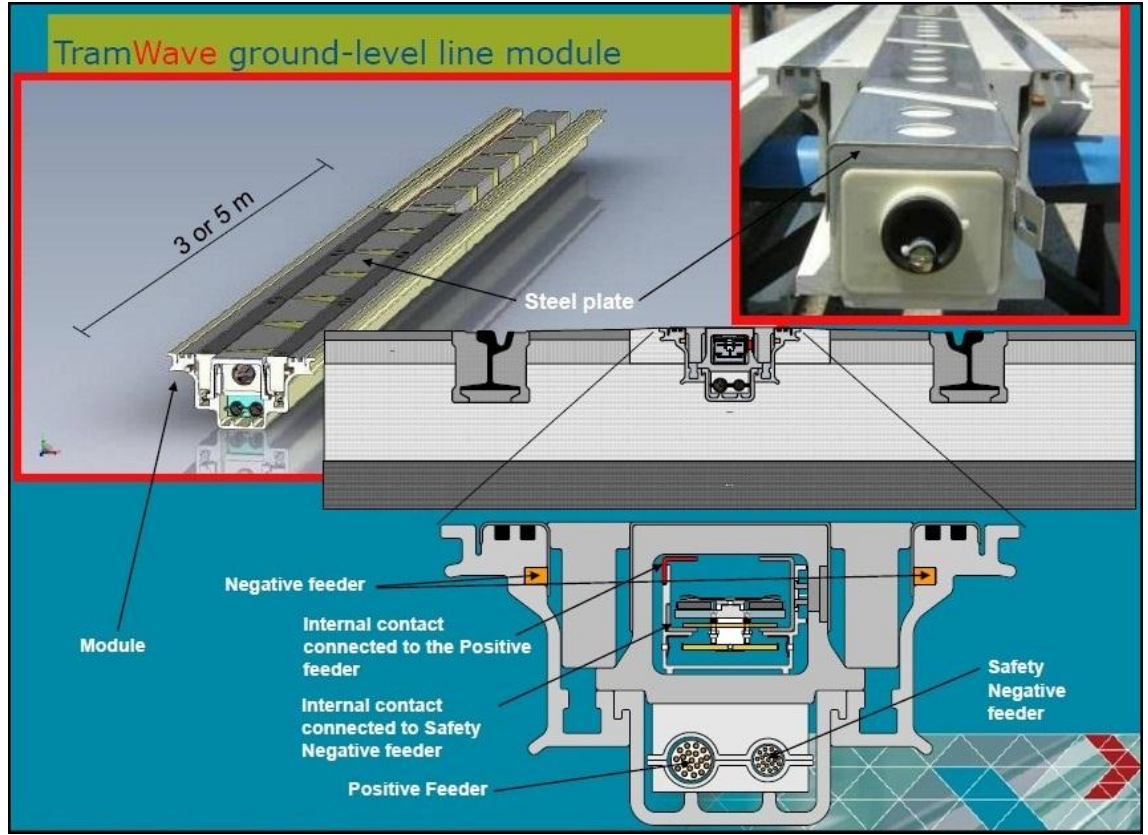
Şekil 2.4: Ansaldo 'nun Napoli 'deki test hattı



Kaynak: Ansaldo

Şekil 2.5 de görüldüğü gibi zemine döşenen raylar 3 yada 5 metre uzunluğundaki enerji raylarının birbirine eklenmesiyle yapılmaktadır. Kesitte görüldüğü gibi pozitif ve negatif besleme kabloları ray boyunca devam etmektedir. Diğer sistemlerde olduğu gibi dönüş iletkeni normal raylardan olmamaktadır. Geri dönüş iletimini de bu enerji rayının negatif barasından yapılmaktadır. Böylece diğer sistemlerde oluşan toprağa kaçak akımlar önlenmiş olur. Bu sayede ray altından geçen su ve gaz borularında korozyon oluşması da önlenmiş olmaktadır.

Şekil 2.5: Tramwave sisteminde kullanılan enerji rayı



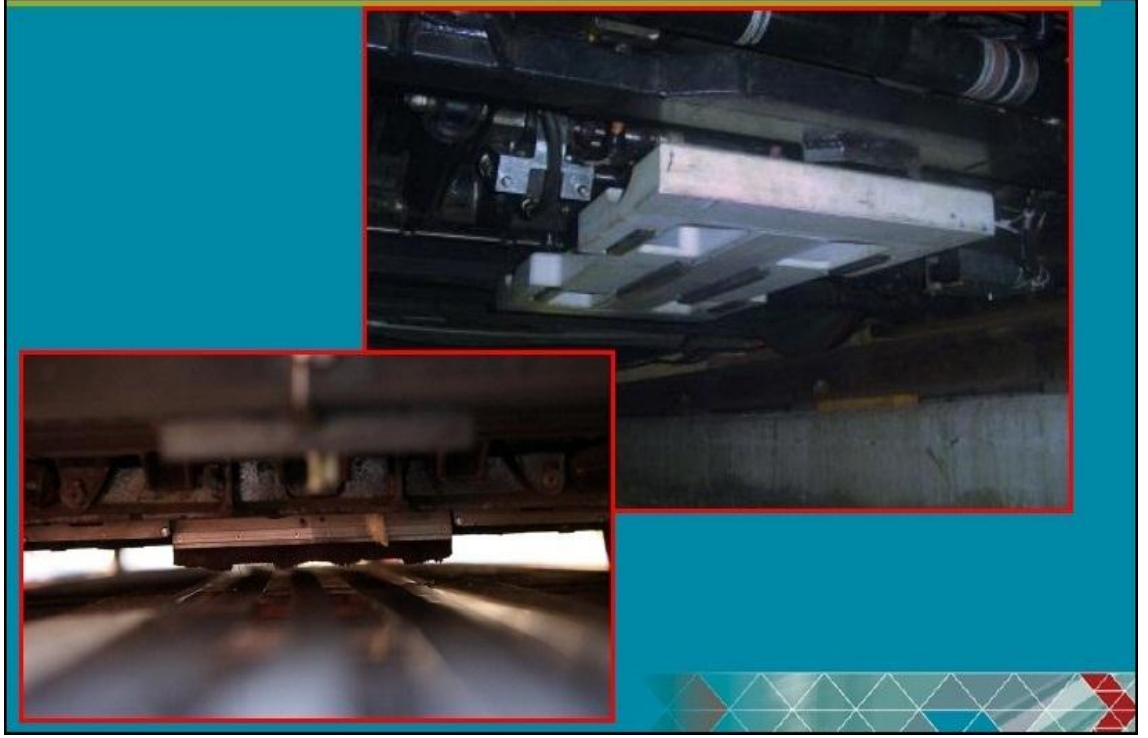
Kaynak: Ansaldo

Araç altında enerji rayındaki gerilimi alan akım pabucu bulunmaktadır. Bu pabuç hem pozitif enerjiyi enerji rayından almakta hem de dönüş akımını negatif beslemeye vermektedir.

Şekil 2.6 da araç altındaki akım pabucu görülmektedir. Bu pabuçta ayrıca kuvvetli bir mıknatıs bulunmaktadır. Bu mıknatıs sayesinde rayın sadece 50 cm lik kısmı enerjilenmektedir.

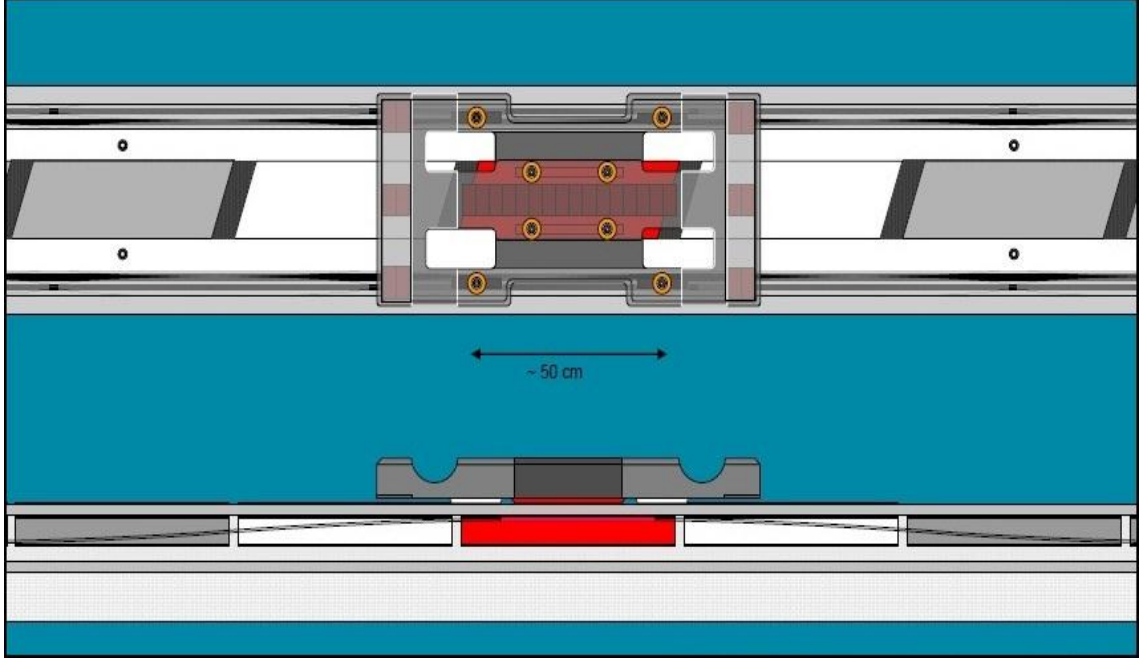
Enerji rayı 50 cm uzunluğundaki çelik plakalardan oluşmaktadır. Araç hareket ederken araç akım pabucunda bulunan mıknatıs sayesinde enerji rayında bulunan manyetik bir şeriti hareket ettirmek suretiyle 50 cm lik enerji plakasını enerjilendirmektedir. Araç hareket ettikçe bu plakalar sıra ile aktif hale gelmekte diğer kısımlar enerjisiz kalmaktadır. Şekil 2.7 de enerji rayının enerjilenmesi görülmektedir. Bu sayede yayaların elektrik çarpmasına karşı korunması sağlanmış olmaktadır. Ayrıca oluşacak kısa devre akımlarına karşı önlem alınmış olmaktadır.

Şekil 2.6: Tramwave sisteminde araç altındaki akım pabucu



Kaynak: Ansaldo

Şekil 2.7: Tramwave sisteminde enerji rayının enerjilenmesi



Kaynak: Ansaldo

2.1.3 Bombardier Primove Sistemi

Bombardier firmasının geliştirdiği primove sistemi temassız endüktif güç aktarımı prensibine göre çalışır. Sistemin çalışma prensibi Şekil 2.8 de gösterilmiştir. Hatta bulunan spiral şeklindeki bobinlerde oluşan manyetik alan araçta bulunan alıcı bobinler sayesinde enerji araca aktarılmış olur. 2010 yılından itibaren iki elektrikli otobüs üstünde test yapılmaya başlayan sistem hala test aşamasındadır çalışan bir raylı sistem hattı bulunmamaktadır.

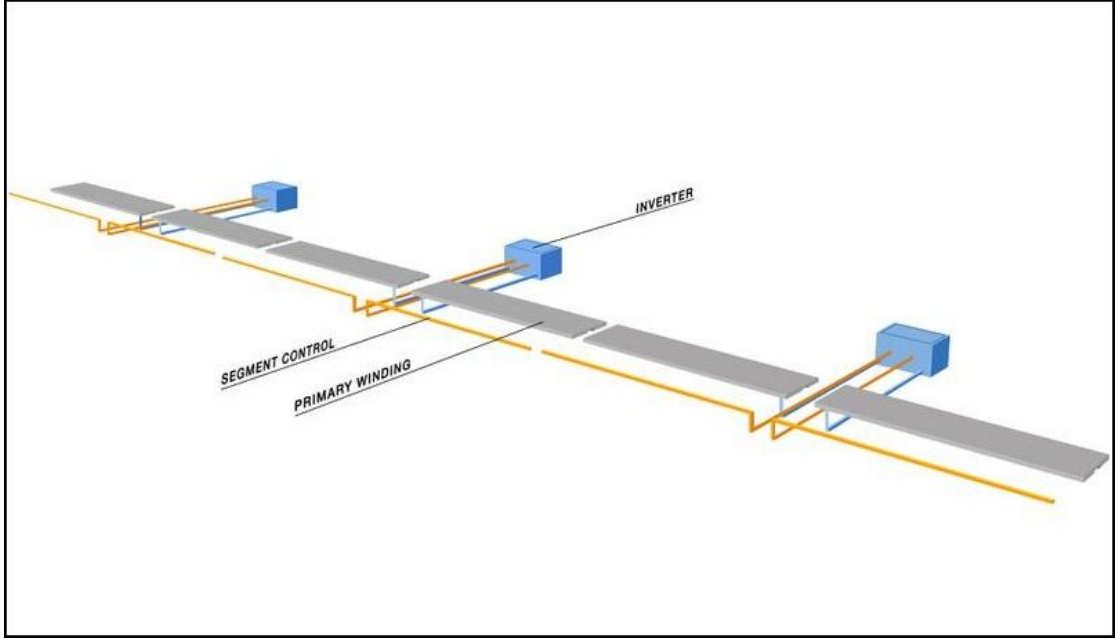
Şekil 2.8: Primove sisteminin prensibi



Kaynak: Bombardier

Şekil 2.9 da sistemin çalışma prensibi gösterilmiştir. Primove sistemi raylar arasına konan 9 metre uzunluğundaki plakalardan oluşur. Bu plakalar içinde bobinler bulunmaktadır. 750 volt güç sistemine bağlı invertörler bu bobinlerde 20 khz frekanslı üç fazlı bir manyetik alan oluşmasını sağlar. Araçtaki alıcı bobinler hiçbir fiziksel temas olmadan bu plakalarda indüklenen enerjiyi alırlar ve aracın hareket etmesini sağlarlar. Araç boşta giderken burada indüklenen akım araç üzerinde bulunan kapasitörleri şarj eder. Ayrıca frenleme esnasında oluşan rejeneratif enerjide kapasitörleri şarj eder. İlk kalkış zamanlarında indüklenen güç araca yeterli gelmeyebilir. Bu sebeple ilk kalkış anlarında araç üstündeki kapasitörlerde şarj olan enerji takviye olur ve aracın hızlı bir şekilde ivmelenmesi sağlanır.

Şekil 2.9: Bombardier primove çalışma prensibi



Kaynak: Bombardier

2.2 ENERJİ DEPOLAMAYA DAYANAN SİSTEMLER

Caf, Siemens ve Bombardier firmalarının geliştirdiği sistemlerdir. Bu sistemlerde tramvay hatlarına herhangi bir ek yatırıma ihtiyaç yoktur. Araç üzerinde elektriği depolayacak bataryalar bulunmaktadır. Aracın çalışacağı hattın özelliğine göre süper kapasitörler de kullanılabilir.

2.2.1 Caf Süper Kapasitör Sistemi

Caf firması tarafından geliştirilen sistemde tramvay üzerinde batarya ve süper kapasitör bulunmaktadır. Bu batarya ve süper kapasitörü şarj eden ve buralardaki gerilimi cer motorlarına göndermek için bir konvertör bulunmaktadır. Batarya ve süper kapasitörden çekilen akımlar çok yüksek olduğu için bunları soğutmak için soğutucu ünite bulunmaktadır. Araca ilk hareketi veren süper kapasitördür. Süper kapasitör boşaldıktan sonra batarya devreye girmektedir. Süper kapasitörü şarj etmek için Caf firması tarafından geliştirilen bir sistem bulunmaktadır. Durak bölgelerine yerleştirilen bu sistemde araç yolcu almak için durduğu zaman manyetik olarak 20 saniye gibi bir zamanda kapasitör şarj olmaktadır. Araç iki durak arasında hareket ederken ilk olarak

şarj olmuş süper kapasitör kullanılmaktadır. Süper kapasitörün kapasitesi yetmez ise batarya devreye girmektedir. Araç durağa yaklaşma esnasında frenlemeye geçmekte ve rejeneratif enerji de süper kapasitörü şarj etmek için kullanılmaktadır. Bu sistemde iki durak arasındaki mesafeler 400-500 metre civarındadır. Her durakta şarj sistemi bulunmaktadır. Şekil 2.10 ve şekil 2.11 de Caf firması tarafından yapılmış Zaragoza şehrindeki sistem görülmektedir.

Şekil 2.10: Zaragoza 'da Caf firmasının sistemi



Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 2.11: Caf ‘ın Zaragoza tramvay hattı

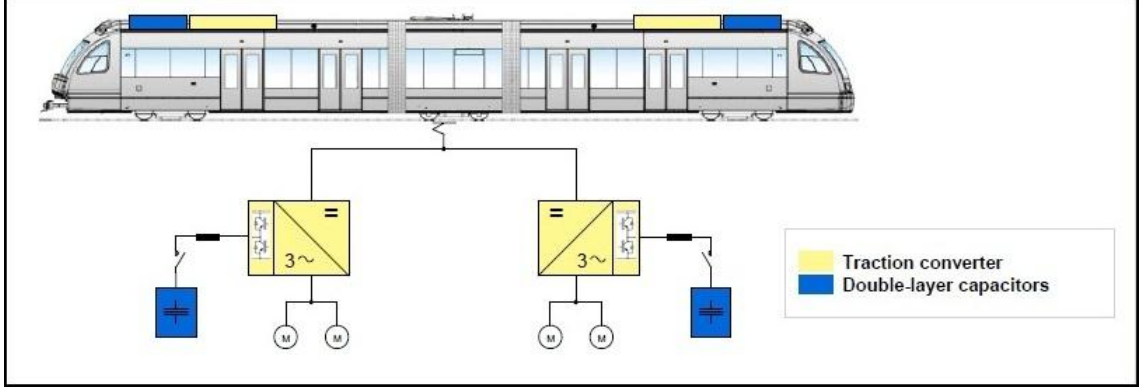


Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

2.2.2 Siemens Sitras HES&MES Sistemi

Siemens firmasının geliştirdiği sitras MES sisteminde araç üstünde Siemens ‘ın geliştirdiği double-layer kapasitör kullanılmaktadır. Bu kapasitör aracın hareket etmesi için enerji sağlamaktadır. Tekrar şarj olması rejeneratif frenleme ve duraklardaki şarj sistemlerinden olmaktadır. Kapasitör 20 saniye gibi çok kısa bir sürede şarj olmaktadır. Kısa mesafeler için geliştirilmiş bir sistemdir. Şekil 2.12 de sistemin araç üstündeki yerleşimi görülmektedir.

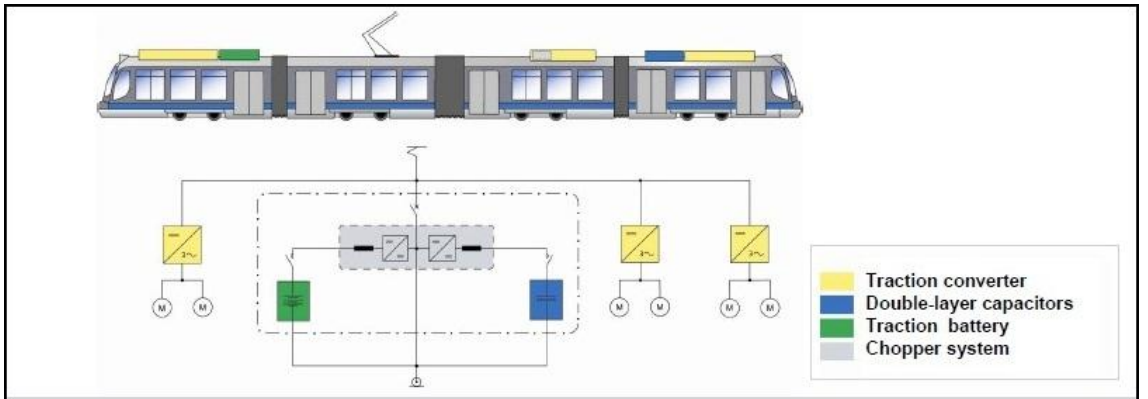
Şekil 2.12: Siemens sitras MES sisteminin yerleşim şeması



Kaynak: Siemens

Siemens'in sitras HES sistemide MES sistemine benzemektedir. MES sisteminden farklı olarak araç üstüne double-layer kapasitöre ek olarak birde batarya eklenmektedir. Araç ilk olarak kapasitörü kullanmaktadır daha sonra batarya devreye girmektedir. Şarj olurken ilk olarak kapasitör şarj olmakta daha sonra batarya şarj olmaktadır. Şekil 2.13 de HES sisteminin araç üstüne yerleşimi görülmektedir. HES sistemi MES sisteminden daha uzun mesafelere gidebilmektedir.

Şekil 2.13: Siemens Sitras HES sisteminin yerleşim şeması



Kaynak: Siemens

2.2.3 Bombardier Batarya Sistemi

Bombardier firmasının geliştirdiği batarya sisteminde tramvay üzerinde güç bataryaları bulunmaktadır. Bu bataryalar katenerli bölgelerde şarj olmakta katenersiz bölgede ise şarj olan g bataryaları ile araç hareket etmektedir. Araç katenerli bölümden katenersiz bölüme geçerken pantografını indirmektedir. Tekrar katenerli bölüme geldiğinde ise bataryayı şarj etmek için pantografını kaldırmaktadır. şu an için Bombardier firmasının çalışan bir hattı yoktur. Test alışmaları devam etmektedir. şekil 2.14 de test aracının kumanda panosu görülmektedir. şekil 2.15 de test aracı görülmektedir.

şekil 2.14: Bombardier test aracı kumanda panosu



Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 2.15: Bombardier bataryalı test aracı



Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

2.3 BATARYALAR

Katensiz tramvay uygulamalarında bataryaların yüksek özgül enerji, yüksek özgül güç ve uzun çevrim ömre sahip olması beklenmektedir. Özgül enerji yoğunluğu enerji kaynağının birim kütlesinde depolanan enerji miktarını göstermektedir. Özgül güç ise yine enerji kaynağının birim kütlesinin verdiği güç olarak ifade edilmektedir. Tablo 2.1 'de araçlarda kullanılan ve gelişme altındaki bataryaların listesi verilmiştir.

Tablo 2.1: Araçlarda kullanılan batarya çeşitleri

Batarya tipi	Özgül Enerji (Wh/kg)	Enerji Yoğunluğu (Wh/l)	Özgül güç (W/kg)
Kurşun – Asit	35	70	120
Ni-Cd	50	100	200
NiMH	70	240	210
Li-iyon (LiCoO ₂)	150	400	140
Li-iyon (LiMnO ₂)	120		100
Li-iyon (LiFePO ₄)	120	220	150

Kaynak: <http://www.mmo.org.tr/>

2.3.1 Kurşun-Asit Batarya

Düşük maliyet versiyonları, pozitif kurşun dioksit elektrotu, negatif kurşun elektrotu ve de sülfürik asit elektrolit çözeltisinden oluşmaktadır. Genelde 12 voltu sağlamak için 6 adet hücre seri bir şekilde bağlanır. Bu batarya 90 - 100 yıllık bir gelişme süreci geçirmesine rağmen 25-35 Wh/kg gibi düşük bir enerji yoğunluğuna sahiptir. Güç yoğunluğu ise 120 W/kg gibi yüksek bir değerdir. Düşük hava sıcaklıkları kurşun-asit bataryaları çok fazla etkilemektedir. Özellikle 10°C'nin altındaki çalışma koşullarında hem güç yoğunlukları hem de enerji yoğunlukları büyük ölçüde düşüş gösterir. Bu batarya tipinin kullandığı elektrikli araçlar düşük ortam sıcaklıklarında çalışmasını çok fazla etkiler. Bu bataryalarının ömrü yüzde 80 deşarj koşulunda 1000 – 1500 çevrimdir. Düşük çevrim sayılarından ve soğuktan etkilenmelerinden dolayı tramvaylarda kullanılmamaktadır.

2.3.2 Nikel Kadmiyum

Nikel Kadmiyum (NiCd) bataryalar özgül güç, özgül enerji ve çevrim ömrü bakımından en iyi dengeyi sağlayan bataryalardır. Nikel kadmiyum batarya , negatif kadmiyum elektrot, pozitif nikel elektrot ve sulu elektrolit olarak potasyum hidroksitten oluşmuştur. Bataryanın enerji yoğunluğu 50 Wh/kg ve güç yoğunluğu 200 W/kg 'dır. Nikel kadmiyum bataryaları kurşun asit bataryalarına göre birim ağırlık

başına daha fazla enerji depolamaktadır. Derin deşarj çevrim sayısı 2000 civarındadır. Bu bataryalar yüksek deşarj ve şarj oranlarına sahip olduklarından araçlarda kullanılabilir. Kadmiyumun çevreye zararlı ve toksit özelliklerinden dolayı, nikel kadmiyum bataryaların geri kazanımı zor ve karmaşıktır. Çevreye verdikleri zarardan dolayı kullanımları kısıtlanmıştır.

2.3.3 Nikel-Metal Hidrür Batarya

Nikel metal hidrür (NiMH) bataryalar, daha iyi performansa sahip oldukları ve toksik özellikleri olmadığından son zamanlarda nikel kadmiyum bataryaların yerini almıştır. NiMH, nikel kadmiyum bataryalara göre daha fazla enerji depolamaktadır. Batarya, metal hidrür karışımı olan negatif elektrot, potasyum hidroksit elektroliti ve de aktif malzemesi nikel hidroksit olan pozitif elektrottan oluşmaktadır. Negatif elektrot olarak hidrojen içeren metal alaşım kullanılır. NiMH bataryalar 200 W/kg dan daha fazla güç yoğunluğuna ve 70 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu bataryalar 1000 üzerinde tam şarj/deşarj çevrimine sahiptir. Bu bataryalar çok hızlı şarj olabilmektedirler. Bu bataryalar tam boşalmadan şarj edildiklerinde kapasiteleri düşmektedir. Şarj edildikleri noktada hafıza etkisi oluşmakta daha sonraki kullanımlarda batarya bu şarj noktasına kadar kullanılabilir. Bu yüzden bu bataryalar da tramvay araçlarında tercih edilmemektedir.

2.3.4 Lityum-İyon Batarya

Lityum-iyon bataryalar yaklaşık 150 W/kg güç yoğunluğuna, 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna ve 3000 çevrimlik derin deşarj çevrimine sahiptirler. Bu bataryalar, yüzde 80 şarj durumuna 1 saatten daha kısa sürede tekrar şarj edilebilmektedir. Lityum-katı polimer bataryalar ve lityum-iyon bataryalar yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle, bataryalı tramvaylar için en uygun potansiyele sahip bataryalar olarak değerlendirilmektedir. Bu bataryalar istenildiği zaman şarj edilebilirler NiMH bataryalar gibi hafıza etkileri yoktur. Bu özelliklerin dolayı da tramvay sistemlerinde kullanılmaktadır.

2.4 SÜPER KAPASİTÖRLER

Kapasitörler enerjiyi pozitif ve negatif elektrostatik yüklerin ayrışmasıyla depo eden cihazlardır. Kapasitör iki tane plaka olarak adlandırılan iletkenle, bunları ayıran ve dielektrik olarak adlandırılan yalıtkandan oluşmaktadır. Kapasitörlerin güç yoğunlukları çok yüksek olmasına rağmen enerji yoğunlukları çok düşüktür. Depolanan yük enerji miktarı plakaların arasındaki uzaklığa ve plakaların alanına bağlıdır. Yüksek kapasite elde etmek için plaka alanı büyük ve plakaların arasındaki boşluk az olmalıdır. Süper kapasitörler konvansiyonel kapasitörlerin geliştirilmiş halidir. Süper kapasitörlerin güç ve enerji yoğunlukları konvansiyonel kapasitörlerden daha büyüktür. Enerji yoğunlukları bataryalara göre oldukça azdır. Yaklaşık olarak bir lityum iyon bataryanın onda biri kadardır. Ancak deşarj süreleri bataryalara göre hızlı ve çevrim ömrü daha fazladır. Bir süper kapasitör 15-20 saniye gibi bir sürede şarj olabilmektedir. Plakaların arasında katı polimerden oluşan bir elektrolitle doludur. Burada plakalar bataryada olduğu gibi elektrottur. Ancak bataryalardaki gibi kimyasal reaksiyonlar olmaz, sadece elektrot yüzeylerinde iyonlaşma olur. Elektrotlar kapasiteyi artırmak için yüksek yüzey alanına sahip malzemedir yapılmıştır. Süper kapasitörlerde güçler elektrolitte depolanmaktadır. Daha yüksek enerji ve güç yoğunluğu olan süper kapasitörleri yapmak için çalışmalar devam etmektedir. Süper kapasitörler tramvay sistemlerinde ilk kalkışlarda ani güç vermek için bataryalara yardımcı olmak üzere kullanılmaktadır. Daha yakın durak araları ve daha fazla şarj istasyonlarının olduğu sistemlerde süper kapasitörleri kullanılmaktadır. Uzun mesafeler için sadece süper kapasitör kullanmak ağırlığın aşırı artmasına sebep olmaktadır. Çünkü süper kapasitörleri aynı enerji yoğunluğuna sahip bataryaya göre yaklaşık on kat daha ağırdır. Böyle uzak mesafelerde süper kapasitörlere batarya takviyesi yapılmaktadır.

3. AMACA UYGUNLUK VE YATIRIM MALİYETİ ANALİZLERİ

3.1 ALSTOM APS SİSTEMİ

APS çözümünde iki ray arasına enerji rayının döşenmesi gerekmektedir. Şehir içi tramvay yolları kavşaklarda karayolu ile kesişmektedir. Bu enerji rayının kara trafiğinden gelen dingil yüklerine karşı dayanması gerekmektedir. APS sistemi 7 ton dingil yükü ile 700 bin döngü ile yapılan testi geçmiştir. Fakat 2003 yılında yapılan Bordeaux hattında bazı kavşaklarda enerji rayı zara görmüş buralarda tamirat yapılmıştır. Alstom firması bu olay üzerine enerji rayı üzerine çalışmalar yapmış ve APS 2 adıyla daha dayanıklı bir ray sistemi geliştirmiştir. Firma yeni sistemin 13,5 ton dingil yüküne dayanacağını söylemektedir.

Katenerli sitemlerde olduğu gibi bu sistemde de tramvaya sürekli kesintisiz enerji akışı olmaktadır. Bu özellikle sıkışık trafikte çalışan tramvaylar için çok önem arz etmektedir. Tramvaylar sıkışık trafikten dolayı bir çok kez plansız dur kalk yapabilmektedir. Araçlar ilk kalkış anında aşırı güç tüketmektedirler. O yüzden APS sistemi bataryalı tramvaylara göre daha avantajlı olmaktadır.

Kar yağması ve buzlanmalarda araç ile enerji rayı arasındaki temas engelleneceği için tramvaylar güç alamadığı için çalışamayabilirler. Bordeaux hattı 29 Aralık 2010 ve 24 Ocak 2007 yıllarında buzlanmadan dolayı tramvay işletmesi yapılamamış hatta aksamalar olmuştur. Bordeaux şehri nispeten ılıman iklim olduğu için çok sorun olmamaktadır. Fakat kış mevsimi ağır olan yerlerde ise sorun olabilir. Bunun için enerji rayını temizleyen araçlar kullanılabilir. Bir başka önlem olarak buzlanmayı önleyen solüsyonlar kullanılabilir fakat bu solüsyonlarda hatta zarar verebilir.

Aşırı yağışlar ve sel gibi durumlarda, her ne kadar firma sistemin suya dayanıklı olduğunu söylese de enerji rayı devre dışı kalabilmektedir.

APS sistemi ile çalışırken güvenlikten dolayı rejeneratif frenleme mümkün değildir bu yüzden sistemin enerji verimliliği yüzde 25 - 35 arasında düşecektir. Bu da uzun ve sefer sayısı yüksek olan hatlarda enerji bedelinden dolayı elektrik giderleri kayda değer şekilde yükselecektir.

Araçta sürekli enerji olduğu için durak ara mesafeleri ve katenersiz hat uzunluğu istenildiği gibi düzenlenebilir.

APS sistemi için hatta ilave yatırımlar gerekmektedir. Yapılacak sistemin uzunluğuna, hatta kullanılacak malzemeye göre 1.800.000 – 2.500.000 €/km civarında ek bir yatırım maliyeti getirecektir. Tramvaylara ek olarak yapılacak ilave donanımlar da yaklaşık 300.000 € gibi bir maliyet getirecektir.

Ayrıca hat üzerinde bulunan enerji rayı ve donanımlarının da bakım maliyetleri olacaktır.

3.2 ANSALDO TRAMWAVE SİSTEMİ

Ansaldo tramwave sisteminde de enerji rayı iki ray arasında zemine döşenmektedir kavşaklarda ve kara trafiği ile ortak çalışan bölgelerde bu enerji rayının gelen yüklere karşı dayanması gerekmektedir. 2000 yılında otobüsleri beslemek için Trieste 'de enerji rayı inşa edilmiştir. Otobüsler artık hizmette olmamasına rağmen enerji rayı karayolunda bırakılmıştır. Ansaldo firmasına göre bu enerji rayında yorgunluk ve çatlak izleri bulunmamaktadır.

Sıkışık trafikte çalışan tramvay sistemleri için enerji rayında sürekli enerji olduğundan enerji bakımından yolda kalma riski bulunmamaktadır.

Enerji rayları zemine döşendiği için su izolasyonlarının ve drenaj düzenlemelerin çok iyi yapılması gerekmektedir. Firma suya karşı dirençli olduğunu söylemektedir.

Kar ve buzlanma sonucunda akım pabucunun enerji rayı ile teması tam olarak sağlanamaz ve işletmenin durmasına sebep olabilir. Kar ve buzlanmanın olduğu yerlerde sıkı önlemler alınmalıdır. Bu yüzden ağır kış şartlarının olduğu bölgelerde sıkıntılar olabilir. Ansaldo 'nun sistemi ticari olarak herhangi bir yerde çalışmıyor. Ansaldo Napoli tesislerinde 400 metrelik bir hatta testleri devam etmektedir. Ayrıca firma kasım 2013 yılında Çin CNR ile lisans anlaşması imzalamıştır. Zhuhai şehrinde 8 km lik bir hat test aşamasındadır.

Firmanın şu an için kurduğu bir sistem olmadığı için yatırım maliyetleri belli değildir. Herhangi bir ihalede firma fiyat verebilir ama bu sistemin de yatırım maliyetleri yüksek olacaktır.

3.3 BOMBARDİER PRİMOVE SİSTEMİ

Bombardier primove sisteminde raylar arasında elektrik bobinlerin olduğu sistem kurulmakta ve bir izolasyon malzemesi ile kapatılmaktadır. Kavşaklarda kara trafiği dingil yüklerine karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Firma tarafından bu sistemin sağlamlığı ile ilgili bir veri paylaşılmamıştır.

Kar ve buzlanmalara karşı araçla hat arasında bir temas olmadığı için sorun olmamaktadır.

Sıkışık trafikte çalışan tramvaylar için, sürekli enerji olduğu için yolda kalma riski bulunmamaktadır bu sistem herhangi bir yerde ticari anlamda çalışmamaktadır. Bombardier tesislerinde kurulu test aşamasındadır.

Firmanın şu an için kurduğu bir sistem olmadığı için yatırım maliyetleri belli değildir.

3.4 CAF SÜPER KAPASİTÖR

Sıkışık trafik ve karayolu ile ortak çalışan tramvay hatlarında duraklar arasında sebepsiz durmalar tehlike arz eder. Batarya ve süper kapasitörde enerji sınırlı olduğu için havalandırma, ısıtma ve klima sistemleri daha düşük güçte çalıştırılmalıdır. Durak mesafeleri çok fazla olmaması gerekmektedir. Tüm bu aksaklıklar için batarya güçleri büyütülerek çözüm yapılabilir ama bu da batarya bloklarının ağırlaşmasına bunun sonucunda aracın daha mukavim yapılmasına neden olur. Bu sebeplerden dolayı yatırım maliyetleri aşırı artar.

Kar ve buzlanmalara karşı diğer katenerli tramvaylar da olduğu gibi, bu sistemin de riskleri yoktur.

Tramvay hatları normal katenerli hatların alt yapısı ile aynı olduğu için kavşak bölgelerinde de bir eksileri yoktur. Hatta yapılacak herhangi bir fazladan yatırım maliyetine de gerek kalmamaktadır. Tramvaylara yapılacak fazladan yatırım ise 250.000 ile 350.000 € arasında olacaktır.

Süper kapasitörler normal bataryalara göre ömrü oldukça uzundur fakat bunların kapasiteleri bataryalara göre yaklaşık 10 kat daha düşüktür. Bu da aynı güçteki bataryaya göre 10 kat ağırlıklarının artmasına sebep olur. Bu yüzden durak mesafeleri uzun olan hatlarda süper kapasitör dezavantajlı olmaktadır.

Batarya ve süper kapasitörün herhangi bir sebeple bitmesi sonucunda tramvayı başka bir tramvayla kurtarmak gerekebilir. Bu durumda da kurtaracak tramvay için risklidir. Her an onun batarya ve kapasitöründe boşalabilir. Bu durumlar için ray üzerinde yürüyebilen dizel araçlardan faydalanılabilir. fakat bu da zaman kaybına ve işletmenin bir süre durmasına sebep olabilir.

3.5 DİĞER BATARYALI SİSTEMLER

Bombardier 'in batarya çözümleri ve Siemens 'in MES&HES sistemlerinde de Caf sistemindeki artı ve eksiler geçerlidir.

Bombardier ve Siemens 'in sistemlerinde de tramvay hattına herhangi fazladan bir yatırım maliyeti yoktur. Tramvaylara yapılacak yatırım ise, katenersiz geçilecek bölgenin uzunluğuna, hattın güzergah bilgilerine ve çalışma şartlarına göre değişmektedir. Tramvay başına gelecek fazladan yatırım 250.000 – 400.000 € arasında olacaktır. Firmalar bataryalara yaklaşık sekiz yıl ömür vermektedir. Araçlardaki batarya ömürleri kullanım şartlarına göre 6 – 10 yıl arasında değişecektir.

3.6 KONYA İÇİN SONUÇ

Konya adliye hattına yapılacak katenersiz tramvay hattı için uygun olacak sistem enerji depolamaya dayanan sistemler olacaktır. Konya için sistemleri tek tek ele alacak olursak

3.6.1 Alstom APS Sistemi

Konya karasal bir iklime sahip olup, kışları yoğun kar yağışları ve buzlanmalar sıkça olmaktadır. Bu yüzden APS sisteminin işletilebilmesi oldukça zor olacaktır. APS sisteminin yatırım maliyeti oldukça yüksektir ayrıca tek bir firmada olduğu için rekabet de söz konusu değildir. Bu sistemin kurulması durumunda farklı bir firmanın aracını kullanma şansı da yoktur. Bu yüzden araç alımında da rekabet olmayacağı için araç maliyetleri de aşırı yüksek olacaktır.

Tüm bu sebeplerden dolayı APS sisteminin Konya için uygun olmamaktadır.

3.6.2 Ansaldo Tramwave Sistemi

Firmanın Napoli 'deki 400 metrelik test hattından başka şuan ticari anlamda çalışan bir hattı yoktur. Bu sistemin de yatırım maliyeti çok yüksek olacağından, kurulacak sistemde sadece firmanın tramvayları çalışabileceğinden dezavantajlı görülmektedir. Ayrıca çalışan bir sistemin olmayışı da sistemin gelecekte ne gibi sorunlar getireceği hususunda bizi engellemektedir. Tüm bu olumsuzluklardan dolayı bu sistemde Konya için uygun değildir.

3.6.3 Bombardier Primove Sistemi

Firmanın ticari anlamda çalışan bir hattı olmadığı için şuan için uygun değildir.

3.6.4 Siemens Sitras MES&HES Sistemi

Firma ile yapılan karşılıklı görüşmeler de, bu sistemlerin şuan çalıştığı bir tramvay hattının olmadığı bu yüzden teklif veremeyecekleri öğrenilmiştir.

3.6.5 Bombardier Batarya Sistemi

Firma ile karşılıklı görüşmelerde sadece batarya sisteminin alınıp başka firma tramvaylarına takılıp takılmayacağı konuşulmuştur. Firma bu sistemin kendilerine özel olduğu sadece kendi tramvaylarında kullanılabileceğini söylemiştir. Bataryalı tramvay ihalesi açılırsa teklif verebileceklerini söylemişlerdir. Bombardier firmasının sistemi Konya için uygun görülmüştür fakat Türkiye'deki kanunlara göre kamu işletmeleri mal alımını ihale ile yapabileceği için direk alma şansı yoktur.

3.6.6 Caf Süper Kapasitör Sistemi

Firmanın Zaragoza da çalışan hattı incelenmiş olup Konya hattı için uygun olacağı görülmüştür. Caf firması ile yapılan karşılıklı görüşmeler de sistemin başka firmalara ait tramvaylara takılıp takılmayacağı görüşülmüştür. Firma tarafından bu sistemin sadece kendi tramvaylarına takılabileceği söylenmiştir. Bataryalı tramvay alımı için bir ihale açılırsa girebileceklerini beyan etmişlerdir.

3.6.7 Skoda Batarya Sistemi

Tüm firmaların sistemleri incelendikten sonra mevcut hat için 60 adet tramvay ihalesi yapılmış ve teslimatı devam eden Skoda firması ile karşılıklı görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmelerde Skoda elektrik firmasının zaten bataryalı otobüsler ürettiği, bataryalı tramvaylar da üretebileceği, bununla ilgili Konya için bir çalışma yapması istenmiştir. Skoda firması bu konuda çalışma yapabileceğini söylemiştir. Bunun üzerine Skoda bataryalı tramvay ile ilgili çalışmalara başlamıştır. Mevcut hat için üretilen bir tramvay üzerine batarya sistemi bağlayarak testler yapmış ve başarılı olmuştur. Ayrıca bataryalı tramvay için sertifikasyon işlerini de tamamlamıştır. Daha sonraki görüşmelerde bu sistemin ilave maliyetinin ne olacağı karşılıklı firma ile görüşülmüştür. Firma bu sistemin 300.000 € maliyeti olduğunu beyan etmiştir. Karşılıklı görüşmeler sonucunda Türkiye ihale kanununa göre ilave bir ücret verilemeyeceği, eğer mevcut hat için üretimi devam eden tramvaylarla aynı fiyattan verebilirlerse yüzde 20 iş artırım yapılarak 12 adet tramvay alınabileceği, aksi halde Konya Belediyesi 'nin yeni bir Bataryalı tramvay ihalesine çıkması gerektiği söylenmiştir. Değişik zamanlarda yapılan görüşmeler sonucunda Skoda firması yeni Adliye hattında kullanılacak bataryalı tramvayları da aynı fiyattan verebileceğini söylemiştir. Skoda firması ile 12 Adet bataryalı tramvay sözleşmesi imzalanmıştır.

4. KONYADA RAYLI SİSTEMLER VE TARİHÇESİ

4.1 KONYA

Yüzölçümü 39.000 km² ile Türkiye'nin en geniş ili olan ve Orta Anadolu yaylası üzerinde Ankara, Aksaray, Niğde, Mersin, Karaman, Antalya, Isparta, Afyon ve Eskişehir illeri ile komşu olan Konya, 36° 22' ve 39° 08' kuzey paralelleri ile 31° 14' ve 34° 05' doğu meridyenleri arasında yer alır. Başta büyük ilçeleri Ereğli, Beyşehir, Akşehir'dir. Toplam 31 ilçesi vardır. Konya'da TÜİK'in 2013 verilerine göre 2.079.225 kişi yaşamaktadır. 1875'te kurulan Konya Belediyesi, 1987'de çıkarılan 3399 sayılı yasa gereğince "büyükşehir" statüsüne kavuşmuş olup 1989'dan beri belediye hizmetleri bu statüye göre yürütülmektedir. 2014'te 6360 sayılı kanun ile büyükşehir belediyesinin sınırları il mülki sınırları oldu. Şekil 4.1 de Konya'nın konumu ve komşuları görülmektedir.

Ekonomik açıdan Türkiye'nin gelişmiş kentlerinden biri olan Konya doğal ve tarihsel zenginlikleriyle de önem taşır. Dünyanın en eski yerleşimlerinden biri olan Çatalhöyük, 2012 yılında UNESCO Dünya Miras Listesi'ne alınmıştır. Şehir Anadolu Selçukluları'nın ve Karamanoğulları'nın başkentliğini yapmıştır. Türkiye'nin en önemli sanayi kentlerindedir.

Şekil 4.1: Konya'nın Türkiye haritasında konumu



Kaynak: www.ahmetsaglam.net

4.2 KONYA ATLI TRAMVAY

Şu an firmaların büyük arge çalışmaları yürüttüğü katenersiz tramvay sistemleri ilk defa Konya 'da atlı tramvay olarak uygulandı. Bu sistemde de kötü görüntü oluşturan katener sistemi bulunmuyordu.

Konya atlı tramvayı meşrutiyetten sonra, merhum Muhlis Korner 'in ilk belediye başkanlığı zamanında, 1917 yılında Selanik 'ten sökülerek Konya'ya getirilmiş ve kurulmuştur.

Atlı tramvayın güzergahı şöyledir; Atatürk Anıtından sonra şehir içine iki kol halinde ile uzanmaktadır. Anıtta çift makasla başlayan kolun biri bugünkü duruma göre Konya Gazi lisesinin önünden geçer, Şekil 4.2 de atlı tramvay görülmektedir. Daha sonra Atatürk Müzesini takiben İdman yurdu Lokali arkasından eski Park Sineması önüne gelirdi. Park Sineması ile eski ordu karargahı binası arasındaki bu yerde ikinci bir makas vardı. Ayrıca bu civarda zamanın buğday tüccarların gayri Müslim Arap oğlunun evi bulunduğundan buradaki makasa Arapoğlu Makası denmiştir.

Şekil 4.2: Gazi Lisesi önünde Konya atlı tramvayı



Kaynak: Konya Büyükşehir Belediyesi

İstasyondan hareket eden tramvay ilk ray değişimi Anıt Makasında yaptıktan sonra, aksi yönden yani hükümet Konağından ikinci hareket eden araba ile ikinci ray değişimini buradan yapardı. Buradan yoluna devam eden araba Askerlik Şubesi binası önünden sola dönerek şimdiki rampalı çarşı önünden eski Belediye Sarayı bugünkü İş Bankası güney-batısına çıkardı. Bu yerden sonra eski Ceylani Sineması önünden sağa, güney-doğuya dönerdi. Burayı takiben İplikçi Cami karşısındaki eski sanat okulu binası önünden Şerafettin Cami kuzey yönünden gelmek suretiyle sağa ve güneye dönerdi. Yapı Kredi Bankası merkez binasının önünden geçerken tekrar sağa ve güneye yönelirdi. Burada eski Türk Ticaret Binası önünden üçüncü makasla son bularak Hükümet alanına ulaşmış olurdu. Buradan tramvay hattı eski İş bankası önünden sağa ve güneye dönerek Aziziye Camiine doğru uzanırdı. Caminin önünden tekrar sola güney-doğuya dönerek Sultan Selim Caminin güney-batısındaki kapısının 20 metre yakınında son bulurdu. Bu güzergah pek çalışmamıştır.

Tramvay hattının ikinci kolu Anıt civarındaki makastan ayrılarak Vali Konağı güneyinden geçmek suretiyle Belediye evleri denilen şehitler kabristanı kuzeyinde bulunan tramvay deposuna ulaşırdı. Tramvay deposu hangarı demirden yapılmış olup etrafı açık üzeri oluklu çinko örtülü olup bunun kuzeyinde toprak örtülü damlı kerpiçten yapılmış iki ahır binası vardı. Yol buradan güney-doğuya uzanarak bugünkü Arkeoloji Müzesi önünden Sahip Ata Cami büyük kapısı karşısından Buğday Pazarına ulaşırdı. Buğday Pazarı içerisindeki makasta son bulurdu. Sözde Buğday Pazarından İstasyona vagonlar içerisinde tramvay ile buğday taşınacaktır. Fakat işlememiştir.

Tramvay arabaları yazlık ve kışlık diye ikiye ayrılırdı. Bunların dışında sırf kendi ihtiyacı olan eşyayı taşımak üzere bir de üstü ve etrafı açık yük arabası vardı. Kışlık arabaların ikisinin rengi kırmızı ikisi yeşil biri de sarı idi. Arabalarının içerisinde 1. ve 2. Mevki diye fark yoktu. Ön ve arka sahanlık aynı genişlikte olup sahanlıktan içeri girince oturacak sıralar karşılıklı olup kapı ağızından üçer kişilikten 6 sahsın oturması için perde ile ayrılan kısım bayanlara aitti. Siyah saten perdenin arkasında kalan kısım ise tamamen erkeklere ayrılmıştı. Tramvay son durağa gelince atlar falakalar ile birlikte ön kısımdan alınır ve arka kısma takılırdı. Siyah perde de aynı işleme tabi tutulur. Bu defa arabanın önü evvelki arka kısım olurdu. Arabalarda ok olmayıp bu vazifeyi sağdan sola dönerken sıkıştıran aksi yönde döndürürken gevşeten el freni ile sağlanırdı.

Gazi Lisesine doğru gidiş biraz inişli, çıkışlı olup bu inişi çıkarken yolcuların bir kısmı inerek hayvanlara yardım ederlerdi. Burası geçildi mi hayvanlara birkaç dakika mola verdirilerek yola devam olunurdu. Hangi araba evvel makasa girerse aksi yönden gelen diğerini beklemek zorundaydı.

Yazlık arabaların ise etrafı açık olup bunlara yandan binilirdi. Üç adet yazlık araba vardı. Üzerleri oluklu çinko ile örtülmüş olup dört kenarı çadır bezinden beyaz ve kırmızı renk tenteli idi. Bu arabanın içi üç kısma ayrılmış olup orta kısmı bayanlara mahsustu, ön ve arka ile tahta perde ile kapalı olup binilecek iki kenar siyah saten perde çekili idi. Biletçi basamakta dolaşmak suretiyle bileti keserdi.

4.3 KONYA MEVCUT TRAMVAY HATTI

. 1983 yılında "Konya Kent içi Ulaşım Planı Sentez ve Öneriler Raporu" hazırlanmış ve Bakanlıkça da onaylanarak benimsenmiştir. Aynı yıl Hafif Raylı Ulaşım Sistemi kurulması amacıyla Devlet Planlama Teşkilatına başvurulmuştur.

29 Mart 1985 tarihinde bir yapılabirlik ön etüdü ile projenin yatırım programına alınması hususunda Devlet Planlama Teşkilatına yeniden müracaat edilmiş, 03 Ekim 1985 tarihinde de Yatırım Teşvik Belgesi alınmıştır.

Başbakanlık, Hazine ve Dış Ticaret Müsteşarlığı ile Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığından alınan izinlerden sonra yurt dışından getirilecek malzeme ve hizmetler için 06 Mayıs 1986 tarihinde uluslararası ihaleye çıkmıştır. İhale 15 Mayıs 1986 tarihinde sonuçlanmış ve Siemens firması ile 24 Mayıs 1986 tarihinde mukavele imzalanmıştır.

Projenin dış finansmanını sağlayan Alman Devlet Kuruluşu Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ile Türkiye Cumhuriyeti arasında 09 Temmuz 1987 tarihinde 38 Milyon DM tutarında bir kredi anlaşması imzalanmış daha sonra yapılan mukavelelerle bu miktar artırılmıştır..

Konya Raylı Sistem İşletmesi'nin temeli 13 Temmuz 1987 yılında zamanın Başbakanı tarafından şimdiki depo sahasının bulunduğu yerde atılmıştır.

Ayrıca verilen kredinin gereği olarak bir müşavirlik ihalesi yapılmış, bu ihaleyi Alman Obermeyer - Rail Consult firması kazanmış ve 23 Ekim 1987 tarihinde bu firma ile de müşavirlik sözleşmesi imzalanmıştır.

İnşaat işleri devam ederken ihale kapsamında yer alan 16 adet tramvayın ilki 25 Kasım 1988 de Köln 'den nakledilmeye başlanmıştır.

Raylı Sistem İşletmesinde 104 numaralı tramvaya 15 Nisan 1992 de sistemden elektrik verilerek Depo Cumhuriyet arasında ilk hareket gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 23 Nisan 1992 de ilk açılış yapılarak deneme seferlerine ve vatmanların eğitimine başlanılmıştır. Vatmanların eğitimi tamamlanıp tüm testler yapıldıktan sonra 28 Eylül 1992 de Alaaddin - Cumhuriyet arasındaki 10,5 km'lik kısımda halka açık işletme ücretsiz olarak başlamış, bilahare ücretli işletmeye geçilmiştir. 1992 de tramvaylar için alınan ilk ücret 7.000.-TL. ve o günkü kurla 13 Pfennig karşılığı idi.

Sistemin Cumhuriyet - Kampüs arasındaki 8 km'lik kısımda inşaat ve montaj işleri bitirildikten sonra 21.12.1995 te deneme seferleri başlamış ve 19 Nisan 1996 da yapılan bir törenle zamanın Cumhurbaşkanı tarafından işletmeye alınmıştır.

Başlangıçta 16 adet tramvay ile hizmet eden raylı sistem için yoğunlaşan talepleri karşılamak üzere 1995-96 yıllarında 25 adet ilave tramvay satın alınarak hizmete sunulmuş bilahare 2001 yılında yapılması düşünülen diğer hatlar da göz önüne alınarak 26 adet vagon satın alınması için de bir sözleşme yapılmış, bunların ilk 10 adedi de 11 Ekim 2001 tarihinde fuar önünde yapılan bir törenle hizmete girmiş olup, halen işletmede 51 tramvay çalışmaktadır. Tramvay vagonlarının tamamı Köln Belediyesi Ulaşım İşletmeleri KVB den satın alınmıştır. Vagonlar Düsseldorf DÜWAG vagon fabrikalarında 1963-67 yılları arasında imal edilmiş tek yönlü 8 akslı 2 mafsallı araçlardır. Şekil 4.3 de eski Konya tramvayı görülmektedir. Uzunluğu 30 m , genişliği 2,5 m ; 83 ü oturarak olmak üzere toplam 331 yolcu kapasitesindedir. Araçlardan her biri 150 KW olmak üzere 2 adet doğru akım motoru vardır.

Şekil 4.3: Eski Konya tramvayı

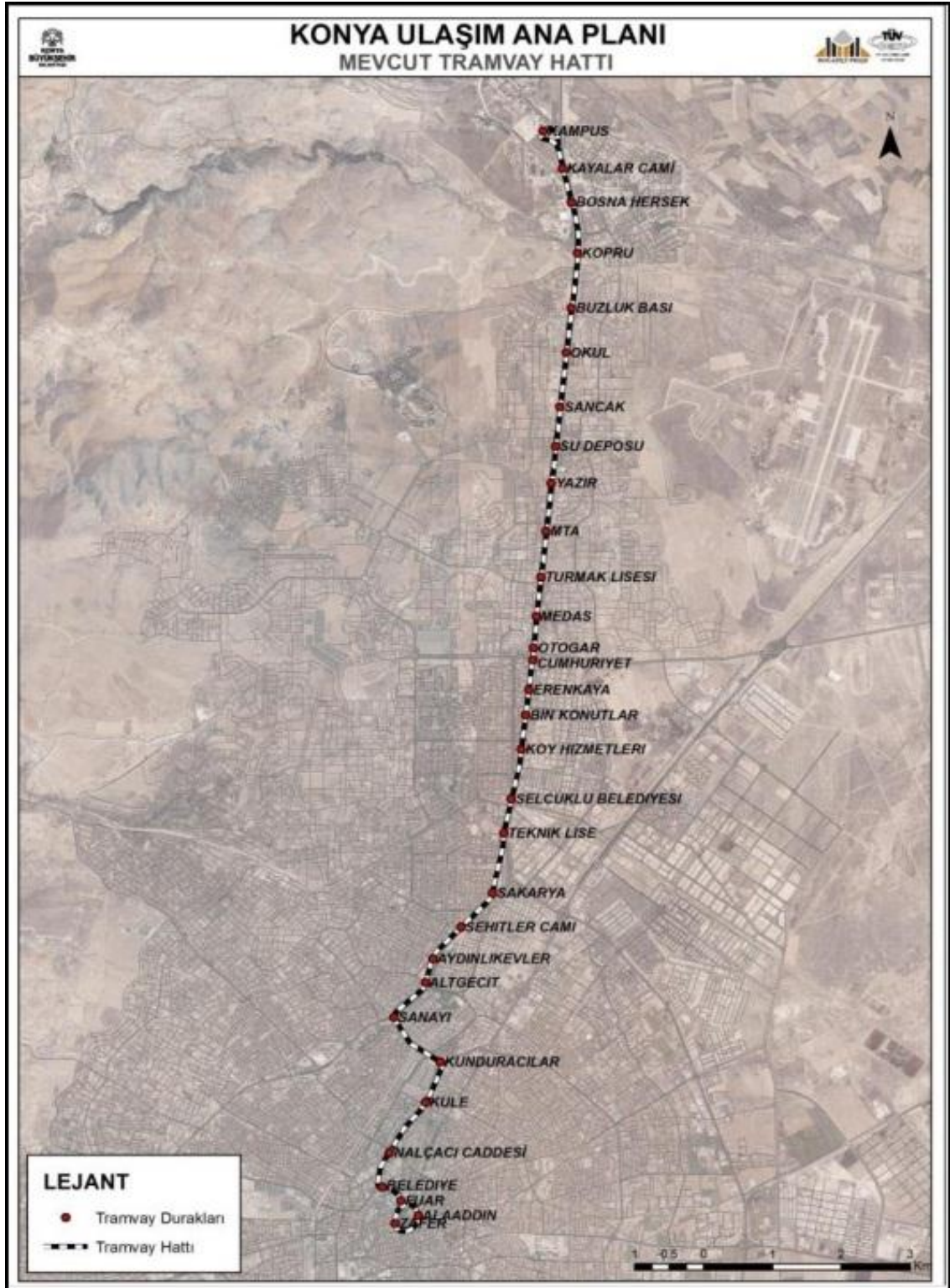


Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

Alaaddin - Üniversite Kampüsü arasındaki 18,5 km hattın tüm montaj ve inşaat işleri belediyemiz ekipleri tarafından yapılmış, kullanılan elektro-mekanik teçhizatlar Siemens tarafından Almanya'dan temin edilmiştir. Demiryolundaki traversler ise TCDD nin Afyon Travers Fabrikasından satın alınmıştır. Kavşaklar, depo çevresinin bir kısmı ile Alaaddin çevresinde Ri60 oluklu ray diğer kısımlarda ise S49 düz ray kullanılmıştır. Raylar mütemadi olarak Alüminö - Thermit kaynağı ile belediyemiz elemanlarınca kaynatılmıştır. Sistemdeki tüm malzeme ve teçhizat yeni olup sadece tramvay vagonları kullanılmış olarak satın alınmıştır.

Alaaddin - Kampüs arasında 31 adet durak vardır. Şekil 4.4 de mevcut tramvay hattı güzergah planı görülmektedir. Bunların 11 tanesinde turnikeli sistem bulunmaktadır. Turnikelerde ve tramvay vagonlarında kağıt biletin yanısıra elektronik kart (ELKART) sistemi 2001 yılında hizmete girmiş olup ileride kağıt biletin tamamen kaldırılması hedeflenmektedir. Demiryolunda ray açıklığı 1435 mm' dir. Katener sistemindeki gerilim 750 V doğru akım olup 6 noktadan beslenmektedir. Atölye 6385 m2 kapalı alana sahiptir. 10 'u Mühendis olmak üzere teknik ve idari kısımlarda 60 civarında personel çalışmaktadır.

Şekil 4.4: Mevcut hat güzergah planı



Kaynak: Konya Büyükşehir Belediyesi

Raylı Sistem Projesini yürüten kilit personel Almanya ' da ve Türkiye ' de Alman uzmanlar tarafından eğitilmişlerdir.

Raylı Sistemin yapımında 8 'i Mühendis olmak üzere yaklaşık 120 personel görev yapmıştır. 1996 yılı sonuna kadar 51,5 Milyon DM tutarındaki iyi şartlarda alınmış Alman Devlet Kredisi dışarıdan alınan malzemeler için, 30 milyon DM karşılığı Türk parası da Türkiye'den temin edilen malzeme ve hizmetlerin karşılığı olarak Belediyenin öz kaynaklarından olmak üzere toplam 81,5 Milyon DM harcanmıştır. Belediyemiz, yolcu sayısının beklenenden hızlı artmasıyla ortaya çıkan ek trafo kapasitesi ihtiyacını gidermek için kendi öz kaynaklarından takriben 1 Milyon DM sarf etmiştir. Aynı şekilde 2000 yılında satın alınması için sözleşmesi yapılan 26 ilave tramvayın ilk 10 adedi içinde yine öz kaynaklarından 2001 yılında 1.1 Milyon DM sarf etmiştir.

Raylı sistem yolcularının büyük çoğunluğunu Selçuk Üniversitesi öğrencilerinden oluşmaktadır. Kampüs girişinde tramvaydan inen öğrenciler otobüs aktarmasıyla fakültelere ulaşıyorlardı. 2004 yılında üniversite ile imzalanan protokol sonrası tramvay hattının kampüs içine girmesi için ihaleye girilmiştir. 3,300 metre tek hat uzunluğundaki hattın ihalesini yapı merkezi kazanmıştır. Hat 2007 yılında işletmeye açılmıştır.

2012 yılında yeni tramvay ihalesine çıkılmış 60 adet alçak tabanlı tramvay aracı alımı yapılmıştır. Şekil 4.5 de yeni Konya tramvayı görülmektedir. Yeni tramvaylar mart 2014 tarihi ile tamamlanmış ve eski tramvayların yerini almıştır.

Şekil 4.5: Yeni Konya tramvayı



Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

5. KONYA YENİ ADLİYE HATTI

5.1 GÜZERGAH

Konya Mevcut Tramvay Hattının Uzatılması Projesi, Alaaddin Tepesi'nde başlayarak Mevlana Caddesi üzerinde karayolu taşıtları ile birlikte hemzemin olarak devam etmektedir. Burada devam eden hat ilk olarak karşılıklı peron tasarlanan Hükümet durağına gelmektedir. Hükümet durağından önce tasarlanan makas ile Alaaddin Tepesi'nden gelen tramvayın daha ileri gitmeden geri dönebilmesi amaçlanmıştır.

Hükümet İstasyonu'ndan sonra Sarraflar Yer altı Çarşısı üzerinden, karayolu trafiği ile karışık olarak ilerleyen hat, Aziziye Caddesi kesişimindeki kavşak bölgesinde uygulanacak raylı sistem öncelikli sinyalizasyon ile yoluna devam edecektir. Bu sayede sistem performansının artırılması amaçlanmıştır.

Karayolu ile beraber devam eden tramvay hattı, Mevlana bölgesinde yapılan yeni trafik düzenlemesine göre karayolu trafiğinden ayrı olarak yoluna devam etmektedir. Konya'daki en önemli tarihi ve turistik merkez olan Mevlana Müzesi'ni de kapsayan bölgede Doğrudan Tespitli Hat tip en kesiti uygulanacaktır. Mevlana Müzesi'ne gelen yaya trafiği yoğun olduğu için tramvay hattı için karşılıklı peron olarak düşünülen Mevlana durağı tasarlanmıştır.

Mevlana durağı sonrasında, Aslanlı Kışla Caddesi orta refüjü üzerinden devam eden raylı sistem hattı, Türkiye çapında ve uluslar arası kültürel etkinliklere ev sahipliği yapan Mevlana Kültür Merkezi bölgesinde şaşırtmalı peron olarak Mevlana Kültür Merkezi durağı öngörülmüştür.

Aslanlı Kışla Caddesi üzerinde devam eden hat, konut ve yerleşim bölgesi olan Fetih mahallesine ulaşmaktadır. Burada tasarlanan Fetih durağı, Aslanlı Kışla caddesi ile Fetih Caddesi kesişimindeki kavşak noktasında bulunduğundan şaşırtmalı peron olarak tasarlanmıştır.

Aslanlı Kışla Caddesi üzerinde Ahmet Hamdi Göğüş Caddesi kesişimindeki kavşakta planlanan Üniversite durağı, şaşırtmalı peron olarak tasarlanmıştır. Çevredeki konut bölgeleri amaçlanarak duraklar burada planlanmıştır.

Güzergah üzerinde devam eden tramvay hattı, mevcutta bulunan Soğuk Hava Deposu'na gelmeden Samanpazarı durağına ulaşmaktadır. Bu durak karşılıklı peron olarak tasarlanmıştır.

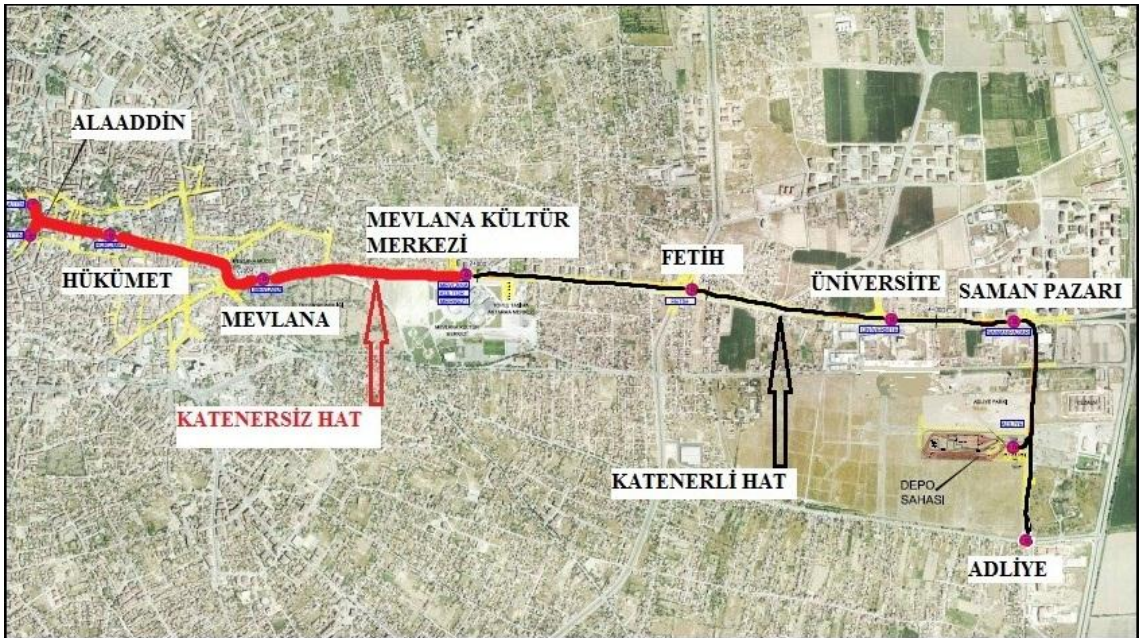
Samanpazarı durağından sonra devam eden tramvay hattı Soğuk Hava Deposu'nun yanında bulunan imar yolu üzerinden güneye dönmektedir. Bu yol üzerinden devam

eden güzergah, hattın sonunda bulunan Depo Alanına kadar devam etmektedir. Depo alanına girmeden önce Otobüs Aktarma Merkezi ve Sosyal Tesis Alanı ile birlikte Adliye durağı da öngörülmüştür. Karşılıklı peron olarak tasarlanan Adliye durağı hattın üzerindeki son duraktır. Bu durağa gelmeden yerleştirilen makasla şerit değiştiren tramvay, Adliye durağından Depo alanına girmeden geri gidebilecektir. Şekil 5.1 de güzergah planı görülmektedir.

5.2 KATENERSİZ BÖLÜM

Yeni güzergahın Alaaddin ile Mevlana Kültür Merkezi arasındaki 2 km lik bölümü Konya 'nın önemli tarihi ve turistik bölümünden geçmektedir. Bu sebeple burada katener sisteminden kaynaklanan kötü görüntüyü önlemek için bu bölüm katenersiz olarak yapılacaktır. Ayrıca bu bölgede yaya trafiği yoğun olduğu için katener telinin kopması gibi tehlikeli durumlarda ortadan kalkmış olacaktır. Bu bölüm Konya için özel tasarlanacak tramvaylar tarafından batarya kullanılarak geçilecektir. Şekil 5.1 de katenersiz bölüm görülmektedir.

Şekil 5.1: Adliye Hattı Güzergah Planı



Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

6. KONYA İÇİN BATARYALI TRAMVAYLAR

6.1 YENİ HAT ÖZELLİKLERİ

- a. Hat 5,5 km uzunluğuna olacak ve sonunda yeni inşa edilen bir depo bulunacaktır.
- b. Hat, eski hatta Alaaddin Tepesi çevresindeki çemberde bağlanacaktır. Alaaddin inme ve binme durakları arasında olacak yeni bir kavşak ile, yeni inşa edilen hat Mevlana Cd.'sine bağlanacaktır.
- c. Alaaddin Tepesi çevresindeki çemberden ayrıldıktan sonra, katener gerilimi olmayan yaklaşık 2 km uzunluğunda bir hat kesimi olacaktır.
- d. Alaaddin Tepesi çevresindeki çemberden ayrılan kavşak sonrasında raylar Mevlana durağına kadar, karayolu trafiği ile aynı alanda bulunacak ve bu kesimde bir çok yaya geçidi ve trafik lambaları bulunacaktır.
- e. Mevlana durağında yaklaşık 90 m uzunluğunda bir şarj hattı bulunacaktır.
- f. Mevlana ve Mevlana Kültür Merkezi durakları arasında kara trafiğinden ayrı olarak çalışacaktır.
- g. Mevlana Kültür Merkezi durağı sonrasında hat tümüyle katener gerilimli olarak adliye deposuna kadar devam edecektir.

6.2 HATTIN TEMEL PARAMETRELERİ

Alaaddin – Adliye hattının temel parametreleri Tablo 6.1 de verilmiştir.

Tablo 6.1: Hattın parametreleri

Yeni hattın uzunluğu - yeni inşaat (depo ve eski hattın rayları hariç, iki raylı, her bir ray bir yön için)	5,5 km
Bir yönde katener gerilimsiz hat	2 km
Eski hattın kullanılan kısmı (Alaaddin Tepesi çevresinde - tek yönlü, katener gerilimli)	1,1 km
Katenersiz kesimde şarj durakları sayısı (bir yönde)	1 adet
Minimum yatay ray kurp yarıçapı	30 m
Minimum dikey ray kurp yarıçapı	300 m
Yeni kesimde tek yönde durak adedi + eski kesim	7+2 adet

Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

6.3 ARACIN YERİNE GETİRMESİ GEREKEN ŞARTLAR

- Araç, halihazırda teslimatı yapılmakta olan 28T aracı ile aynı özelliklere sahip olacak ve hem mevcut hatta hem de yeni katenersiz hatta işletilebilecektir. Yani hem bataryalı hem de bataryasız olarak kullanılabilir.
- Azami bogi yükü 13.000 kg olacaktır.
- Cer bataryalarının kapasitesi, tüm yolcu kapasitesi ile bütün hattın geçilmesi için yeterli olmalıdır, planlanmış olan şarj kesimlerinden faydalanılacaktır. Cer bataryalı işletim yapılan kesimde azami hız 30 km/h ile kısıtlanmış olacaktır. (katenersiz kesim her yönde 2 km).
- Araç, işleyen bir klima (HVAC) ile donatılmış olacaktır. Katenersiz kesimde sürücü kliması kısıtsız olarak çalışacak, yolcu salonundaki klima gücü (HVAC) kısmen kısıtlanmış olacaktır.

- e. Alaaddin Tepesi çevresindeki çemberde tramvayı park edip, mevcut hattan ayrı bağımsız bir rayda şarj etmek mümkün değildir.
- f. Alaaddin - Mevlana durakları arasındaki kesimde, tramvaya yayalardan ve karayolu araçlarından öncelikle geçiş hakkı sağlamak mümkün değildir.
- g. Hat Konya şehrinin ana turistik tarihi merkezinden geçmekte olup, tramvayın tesadüfi duruşları söz konusu olabilecektir.

6.4 YENİ HATTA KATENER GERİLİMSİZ SÜRÜŞ TARZI ANALİZİ

Yeni inşa edilen hat, Konya şehrinin ana turistik tarihi merkezinden geçmektedir. Katenersiz kesimin büyük çoğunluğu, şehrin turistik açıdan en çok ziyaret edilen kısmından geçmektedir. Mevlana Cd.'sinde karayolu ve tramvay trafiği beraber olarak düşünülmektedir. Bu nedenle tramvayın sık sık duruş ve kalkış tehlikesi bulunmaktadır. Sunulan haritalardan yola çıkarak, bataryalı sürüş tasarımı esnasında, tümüyle yüklü tramvayın 15 defaya kadar durup kalkacağına hesaba katılması gerekmektedir. Bunun sonucunda, bataryalardaki enerjinin tüketimi ciddi oranda artacaktır.

Batarya kapasitesini hesaplarken varsayımlara yer vermeden en ağır senaryo ile çalışılmalıdır. Mümkün olabilecek en yüksek tüketim tahminleri esas alınmalıdır. Şayet batarya kapasitesi yetersiz olarak tasarlanacak olursa, şu senaryo söz konusu olabilir:

- a. katenersiz kesimde 1. tramvayın bataryası deşarj olur ve tramvay durur
- b. 1. tramvayın yanına 2. tramvay gelir, yoluna devam edemediği için, 1. tramvayı katenersiz kesimden itmeye çalışır
- c. 2. tramvayın batarya kapasitesi de yetersiz olacağı için, diğer bir tramvayın çekilmesi için yeterli olmaz, hatta iki tramvay kalır
- d. Üçüncü tramvay gelir ve yoldan geçemez, bu nedenle durup beklemesi gerekir. 3. tramvayın batarya kapasitesi, yardımcı motorların tüketimi ile deşarj olur ...
- e. Ve böylece devam ederek işletme durur.

Böylece bir zincirleme reaksiyon oluşur, ve bu durum dizel ray aracı yardımıyla çekilerek düzeltilebilir, fakat işletme uzun süre devre dışı kalır.

6.5 KONYA'DA KATENERSİZ HATTA TEK YÖNDE SÜRÜŞ ESNASINDA DURMA VE İVMELENME SAYISI

Katenersiz bölgeyi geçmek için olası durma ve ivmelenme sayıları Tablo 6.2 de gösterilmiştir. Tabloda görüleceği gibi, bir yönde 12-15 defa duraklama olabilecektir tüm bu duraklamalar hesaba katılarak batarya güçleri seçilecektir.

Duraklama sayısı fazla şarj istasyonu az olduğundan dolayı Süper kapasitör kullanmak dezavantajlı olarak görülmektedir.

Tablo 6.2: Katenersiz hatta tek yönde durma sayıları

Bir yönde durak sayısı	3
Bir yönde yaya geçidi sayısı	3
Bir yönde trafik lambası sayısı	6
Tesadüfi duraklama sayısı	3
Bir yönde sürüş esnasında toplam duruş sayısı	12-15
Bir yönde sürüş esnasında toplam şarj yeri sayısı	1

Kaynak: Onur Kanmaz tarafından hazırlanmıştır.

6.6 BATARYALI SÜRÜŞ KONSEPTİ

Gerçekleştirilmiş olan tramvay araçlarında, bataryalı sürüş için olağan modül kombinasyonu şu şekildedir:

- a. konvertör
- b. batarya
- c. süper kapasitörler

Konvertör, batarya gerilimini cer gerilimine dönüştürür. Katenerli hatta giderken bataryaların şarj olmasını sağlar. Batarya bloklarının gerilimleri devamlı ölçülerek dengesiz şarj ve deşarj olmalarını önler. Batarya sıcaklıkları ölçülerek aşırı ısınmalara karşı soğutulmaları sağlanır.

Batarya, daha uzun süreli sürüş için gerekli olan temel enerji miktarını sağlar.

Süper kapasitör, kısa süreli olarak büyük miktarda enerji sağlayabilir, ancak kapasitesini hızlıca tüketir.

Şayet hat tasarımı esnasında, tramvay duruşlarının çoğunda harici kaynaktan şarj olanağı varsa (katener, alttan şarj, vs..), süper kapasitörlerin kullanımı avantajlıdır. Durakta duruş esnasında (normal olarak 20 saniye) Süper kapasitör şarj olması için yeterlidir, ve bu enerjiyi kalkış için kullanır (normal olarak 10 saniye). Bu sayede bataryadan çekilen enerjiden tasarruf edilmiş olur.

Ancak bunun için hat, öncelikli geçişli ve şarj durakları dışında tesadüfi duruşları engelleyecek şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Şayet hat, şehrin tarihi merkezinde birden fazla şarj durağı olmaksızın tasarlanmış ise, ve sürüş hızı kısıtlanmış ise (örneğin 30 km/h), süper kapasitörlerin şarj olması mümkün değildir. Yaklaşık 30 km/h hızdan frenleme yaparken elde edilen rejeneratif enerji çoğunlukla aracın yardımcı motorları kullanır (HVAC, aydınlatma, cer devreleri soğutması) ve süper kapasitörlerin tümüyle şarjı için yeterli enerji kalmaz.

Bu durumda, şayet tramvayda süper kapasitörler kullanılacak olursa, tek yöndeki toplam 12-15 olası kalkıştan sadece 2 tanesinde süper kapasitör kullanılmış olacaktır. Bu da teknik ve ekonomik açıdan elverişsiz görülmektedir.

6.7 KONYA İÇİN TEKLİF EDİLEN ARAÇ

Konya şehrindeki yeni adliye hattında kullanılmak için tasarlanmış olan bataryalı tramvay aracı (28T–BAT), tümüyle teslimatı yapılmakta olan (28T) araçların bataryalı hale gelmesi şeklinde olacaktır. Dış görünümü ve donanımın çoğu aynı olacaktır.

6.8 28TBAT İÇİN KULLANILAN KOMPONENTLER

Yolcular açısından 28T-BAT aracının görünüşü 28T ile aynı olacaktır.

Bakım açısından 28T ile 28T-BAT araçlarının azami sayıda parçası aynı olacaktır. Bu sayede yedek parçalar stok miktarı olabildiğince azaltılmış olacaktır.

Sürüş nitelikleri açısından aracın dinamik özellikleri, daha yüksek ağırlığı nedeniyle daha düşük olacaktır, daha yüksek ağırlığın nedeni eklenmiş olan batarya blokudur.

Bataryalı tahrikin eklenmesi, mevcut 28T yapısında değişiklikler gerektirmektedir. Ancak 28T-BAT aracının temel komponentlerinin, geri dönüşümlü olarak 28T aracı için de kullanılabilmesi şeklinde bir araç tasarımı yapılacaktır.

Asılı bölmeler C01 ve C02 çatısında bulunan elektrik donanımı yeniden yerleştirilecektir. Bogili olan diğer bölmelerin elektrik donanımı aynı şekilde kalacaktır. Bataryalı sürüş için ek kablolar takılacaktır.

- a. Kabin klimasına (HVAC) entegre bir konvertör dahil edilecektir, önceki tramvaylarda bu C0x bölmesinin çatısında bulunmaktaydı.
- b. Motorların cer konvertörüne (bölme A ve B) batarya bloklarından gelen kablolar için geçitler eklenecektir.
- c. Yolcu salonu kliması (HVAC) aynı yapıda olacaktır
- d. 24V batarya dolabının yapısı aynı kalacaktır
- e. C0x bölmesi çatısındaki yeni dolap (tramvay başına 2 adet) - cer bataryası bloku konacaktır. Cer batarya bloğunda batarya, batarya konvertörü ve soğutma teçhizatını içerecektir.

28T-BAT motor çözümünün prensibi mevcut 28T tramvayından yola çıkmaktadır. Cer tahrikleri birbirinden bağımsız olacaktır, bir cer motorunun arızası durumunda acil durumlarda depoya ikinci cer motoru ile gidilebilecektir. Bir cer bataryası blokunun arızası durumunda, (bataryanın şarj seviyesine bağlı olarak) acil durumlarda ikinci batarya ile katener olan kesime kadar gidilebilecek ve müteakiben katener gerilimi ile depoya gidilecektir.

6.9 CER BATARYASI MODÜLÜ

Aracın yeni bir komponenti olan cer batarya modülü şu parçalardan oluşur:

- a. batarya modülü
- b. konvertör modülü
- c. soğutma bloku modülü

Süper kapasitörler içeren blok kullanılmamıştır. Süper kapasitör, kalkış esnasında kısa süreli enerji çekimi için kullanılır (max 10 saniye). Müteakiben şarj edilmesi gerekir. Hatta sadece 1 şarj kesimi bulunmaktadır. Katenersiz hat kesiminde tramvay 12 ile 15 defa arasında duraklama yapabilir. Düşük hızdan frenleme (max. 30 km/h) rejeneratif ile elde edilen enerji, neredeyse tümüyle yardımcı motorların beslenmesi için kullanılmaktadır (HVAC, aydınlatma) ve olası süper kapasitörleri tümüyle şarj etmek için yeterli değildir.

Batarya modülünü oluşturan münferit bataryaların nominal gerilimi 24V, kapasitesi ise 60 Ah'dir. En modern yapılı nano lityum-titanit bataryalar kullanılacaktır. Batarya modülünün özellikleri Tablo 6.3 de gösterilmiştir. Bir araçta bu modüllerden 2x18 adet olmak üzere 36 adet kullanılacaktır.

Tablo 6.3: Batarya modülü özellikleri

Performans Özellikleri	
Gerilim Aralığı	17 V - 27,5 V
Nominal Kapasite	60 Ah
Özgün Deşarj Enerjisi (deşarj/ şarj)	1,4 Wh
Tepe Gücü	21,9 kW / 34,3 kW
Enerji Yoğunluğu	106 Wh / l
Güç Yoğunluğu	1,673 kW / l
Özgül Enerji	51,9 Wh / kg
Özgül Güç	799 W / kg
İç Şarj Empedansı (25 °C 'de)	4 mΩ
İç Deşarj Empedansı (25 °C 'de)	3,8 mΩ
Maksimum Sürekli Şarj	360 A
Maksimum Sürekli Deşarj	360 A
Darbe Şarj/Deşarj Değeri	600 A max
Ömür Özellikleri	

Şarj ve Deşarj Çevrim Ömrü (25 °C)	> 16.000
Şarj ve Deşarj Çevrim Ömrü (55 °C)	> 4.000
Takvim Ömrü (25 °C)	25 yıl
Sıcaklık Limitleri	
İşletme Ve Depolama Sıcaklık Aralığı	- 40 °C 'den + 55 °C 'ye kadar
Gerilim Limitleri	
Deşarj Kesme Gerilimi (- 40 °C 'den + 30 °C 'ye kadar)	17,0 V
Deşarj Kesme Gerilimi (+ 30 °C 'den + 55 °C 'ye kadar)	19,0 V
Şarj Kesme Gerilimi (+ 20 °C 'den + 55 °C 'ye kadar)	27 V
Şarj Kesme Gerilimi (- 40 °C 'den + 20 °C 'ye kadar)	27,5 V
Modül Boyutları	
Uzunluk x Genişlik x Yükseklik	279 mm x 158 mm x 303 mm
Ağırlık	27,4 kg

Kaynak: www.altairnano.com

- Batarya modülleri hızlı şarj ve deşarj olmaya uygun modüllerdir. Enerji yoğunlukları oldukça yüksektir.
- Konvertör modülünün tasarımı Skoda Electric yapacaktır.
- Blok soğutma modülü, konvertör ve batarya modülünün soğutması için kullanılacaktır.
- Tüm modüller ortak tek bir gövde üzerinde bulunur, bu gövde aracın çatısına monte edilecektir.

6.10 KATENERLİ VE KATENERSİZ HATLAR ARASI GEÇİŞ

Adliye hattında kullanılacak araç, katenerli bölümden katenersiz bölüme geçerken pantografını indirmesi, katenersiz hattan katenerli hatta geçerken de pantografını kaldırması gerekmektedir. Aksi halde pantograf zarar görecektir. Katenerli hattan katenersiz hatta geçişte pantografını indirmeyi unutması halinde bir sonraki katenerli hatta geldiğinde pantograf katenerine takılarak kırılacaktır. Katenersiz hattan katenerli hatta geçişlerde ise pantograf kaldırılmaz ise araç bataryalardan güç almaya devam edecek ve bataryalar boşalacaktır. Tüm bu olumsuzlukların yaşanmaması için katener başlangıç ve bitişlerine sensör yerleştirilecek ve bu sensörler vasıtası ile araca sinyal gönderilip, pantografın inip kalkma işlemleri kontrol edilecektir. Bu sensörlerin arızalanmasına önlem olarak araç gps ile konumunu belirleyip sürücüyü uyaracaktır.

7. İŞLETİM ÇEVİRİMLERİ SİMÜLASYONU

Aracın yeni hat üzerinde, batarya şarjı için ek duraklar olmadan devamlı durmadan sonsuz bir döngüde sürüş yaptığı farz edilmiştir. Simülasyonu tüm rampalar, kalkışlar, rejeneratif frenlemeler ve hatta meydana gelebilecek diğer sürüş rejimleri dahil edilmiştir. Mevlana şarj alanında duraklama süresi 30 s olarak hesaplanmıştır. Her bir sürüş döngüsünün sonunda önemli olan, ulaşılmış olan batarya deşarj seviyesi ve bataryada kalan olumlu enerji miktarıdır. Fazla kalan enerji, olağanüstü durumlarda sürüş çözümleri için rezerve teşkil etmektedir. Aşağıda belirtilen simülasyonların tabloları her zaman bir adet cer motoru için geçerlidir, yani tüm tramvayın enerji değerlerine ulaşmak için sayıları 2 ile çarpmak gereklidir.

Donanım ve simülasyonları nihai olarak süper kapasitörler dahil edilmemiştir. Konya'da yeni hat üzerinde kullanılmaları, aracın ağırlığının ve maliyetinin artması anlamına gelir, ve yapılan simülasyonlara göre, önemli bir katkısı ve getirisi yoktur (şarj yerleri dışında şarj olma imkanı yoktur).

Bataryalı sürüş simülasyonu için ayrıca işletim enerjisi tüketimini (motorlar hariç) de optimal seviyeye getirmek gerekir. Yaz aylarında en büyük gücü HVAC kullanır. Aracın depoda veya katener gerilimi olan hat kesiminde, yolculu sürüş başlamadan önce, yüksek dış sıcaklıklarda ön soğutulması tavsiye edilir.

Katener gerilimi olan yeni hat kesiminde tüm yolcu salonu HVAC'leri nominal güç ile çalışır. Katenersiz hat kesiminde iç sıcaklığın sabit tutulması, yeni bir HVAC yönetim sistemi ile sağlanacaktır (hesaplar ile teyit edilmiştir - soğutma gücü 41,2 kW). Kenar bölmeler olan A ve B bölmelerindeki yolcu HVAC'sinde bir kısıtlama yapılacaktır (bu bölmelerde en düşük kapı ve yolcu sayısı). C01 ve C02 bölmelerindeki yolcu salonu HVAC'leri nominal güç ile çalışmaya devam eder (en fazla yolcu kapısı, en fazla yolcu, HVAC D bölmesine de hizmet verir). Aktif olan sürücü kabininde HVAC nominal güç ile çalışır, aktif olmayan kabinde kapalıdır. Katener gerilimi olan kesime geçiş sonrasında (Mevlana KM - depo), tüm yolcu salonu HVAC'leri nominal güç ile çalışır

7.1 AW4 YÜKÜNDE SİMÜLASYON, EN OLUMSUZ İŞLETME ŞARTLARI

İlk simülasyon, bataryalar için azami seviyede olumsuz olacak şekilde yapılmıştır. En yüksek enerji tüketimi, tramvayın tüm ışıklarda, geçitlerde ve duraklarda duracağı varsayılmıştır. Tramvay tam yüklü olacak (AW4=8 yolcu/m2) şekilde düşünülmüştür. Sonuçlar Tablo 7.1 de görülmektedir.

Tablo 7.1: AW4 yükünde simülasyon sonucu

KONYA 28T-BAT TRAMVAYI İÇİN BATARYA SİMÜLASYONU (1 ADET BATARYA BLOĞU GÜCÜ 26 KWH DİR)	Yolculuk zamanı (s)	Yolculuk hızı (km/h)	Çer Motoru Akımı (A)	Hat Akımı (A)	Batarya Akımı (A)	Aracın Katenerden Aldığı Enerji (Kwh)	Aracın Katenerine verdiği Enerji (Kwh)	Katenerden Çekilen Toplam Enerji (Kwh)	Batarya Enerji Durumu (Kwh)
ADLİYE SAMAN PAZARI	117,50	21,30	210,90	628,20	141,80	9,68	-1,73	7,95	1,58
SAMAN PAZARI ÜNİVERSİTE-2	77,60	24,80	226,60	737,00	167,50	7,96	-1,59	6,37	1,47
ÜNİVERSİTE-2 FETİH-2	97,20	31,90	205,90	693,40	166,20	9,92	-1,61	8,32	1,83
FETİH-2 M. KÜLTÜR MERKEZİ-2	284,70	12,40	120,30	404,80	92,90	9,17	-1,59	7,58	0,41
M. KÜLTÜR MERKEZİ-2 SİNYAL K-6	262,30	8,20	83,50	0,00	113,50	0,00	0,00	0,00	-2,26
SİNYAL K-6 MEVLANA	75,20	13,80	149,00	146,50	209,60	1,45	0,00	1,45	-0,33
MEVLANA SİNYAL K-5	86,90	5,00	130,90	0,00	161,50	0,00	0,00	0,00	-0,90
SİNYAL K-5 SİNYAL K-4	212,00	2,00	79,20	0,00	92,50	0,00	0,00	0,00	-1,40
SİNYAL K-4 SİNYAL K-3	214,90	2,70	89,60	0,00	115,40	0,00	0,00	0,00	-1,66
SİNYAL K-3 SİNYAL K-2	109,40	10,40	129,00	0,00	180,00	0,00	0,00	0,00	-1,49
SİNYAL K-2 HÜKÜMET-2	43,90	3,20	156,00	0,00	152,90	0,00	0,00	0,00	-0,42

HÜKÜMET-2 SİNYAL K-1	228,70	4,70	91,80	0,00	132,40	0,00	0,00	0,00	-2,10
SİNYAL K-1 ALAADDİN-2	62,60	9,20	167,70	160,60	228,00	1,45	0,00	1,45	-0,17
ALAADDİN-2 ZAFER	78,30	25,20	225,00	727,30	167,50	7,88	-1,61	6,26	1,48
ZAFER ALAADDİN-1	78,20	25,30	225,20	728,00	167,50	7,87	-1,61	6,26	1,48
ALAADDİN-1 HÜKÜMET-1	157,40	9,90	112,90	0,00	130,80	0,00	0,00	0,00	-1,11
HÜKÜMET-1 SİNYAL K-3	228,70	5,10	82,60	0,00	94,20	0,00	0,00	0,00	-1,35
SİNYAL K-3 SİNYAL K-4	211,00	2,90	83,70	0,00	100,80	0,00	0,00	0,00	-1,33
SİNYAL K-4 SİNYAL K-5	85,90	4,00	120,20	0,00	131,60	0,00	0,00	0,00	-0,74
SİNYAL K-5 MEVLANA	69,80	9,30	164,20	151,80	212,10	1,44	0,00	1,44	-0,20
MEVLANA SİNYAL K-6	220,80	4,20	83,80	0,00	105,60	0,00	0,00	0,00	-1,57
SİNYAL K-6 M. KÜLTÜR MERKEZİ-1	283,40	6,60	78,10	199,30	166,30	0,00	0,00	0,00	-2,88
M. KÜLTÜR MERKEZİ-1 FETİH-1	105,20	34,00	197,40	660,80	165,80	10,15	-1,64	8,51	1,98
FETİH-1 ÜNİVERSİTE-1	96,70	31,80	204,10	676,40	166,30	9,37	-1,63	7,74	1,82
ÜNİVERSİTE-1 SAMAN PAZARI	83,80	27,50	217,50	704,00	167,20	8,19	-1,63	6,56	1,58
SAMAN PAZARI ADLIYE	116,90	21,40	207,40	616,90	142,80	9,00	-1,77	7,23	1,58
TOPLAM VE ORTALAMA	3689,00	10,90	133,40	344,10	136,60	93,53	16,42	77,1	16,9

Kaynak: Skoda Transportation

Tablo 7.1 de Katener sisteminin olmadığı tramvayın batarya gücüyle geçeceği bölümler gri renklendirilmiştir. Bu simülasyonda tramvay tüm ışıklarda, geçitlerde ve duraklarda duracağı varsayıldığı için tükettiği güçte çok yüksek olmuştur. Tablo da görüldüğü gibi katener sisteminde çekilen enerji 77,115 Kwh gibi yüksek bir değerdedir. Aynı şekilde bataryadan kullanılan enerjide 16,955 Kwh olmuştur. Batarya kapasitesi 26 Kwh olduğu için simülasyondan görüldüğü gibi batarya gücü yeterli gelmektedir. Bataryada geriye yaklaşık 9 Kwh gibi bir enerji kalmaktadır. Katenersiz bölümde olabilecek birkaç plansız durmayı da bataryada kalan enerji karşılayacaktır.

7.2 AW2 YÜKÜNDE SİMÜLASYON, OLUMLU İŞLETME ŞARTLARI

Bu simülasyon da tramvay AW2 (4yolcu/m²) yükünde çalışacağı düşünülmüştür. Tramvay tüm duraklarda, ışıklarda ve geçitlerde öncelikli geçiş hakkına sahip sayılmıştır (kara trafiğinde öncelikli). Sadece duraklarda yolcu indirme bindirme için durmaktadır. Simülasyon sonucu Tablo 7.2 de görülmektedir.

Tablo 7.2: AW2 yükünde simülasyon sonucu

KONYA 28T-BAT TRAMVAYI İÇİN BATARYA SİMÜLASYONU (1 ADET BATARYA BLOĞU GÜCÜ 26 KWH DİR)	Yolculuk zamanı (s)	Yolculuk hızı (km/h)	Cer Motoru Akımı (A)	Hat Akımı (A)	Batarya Akımı (A)	Aracın Katenerden Aldığı Enerji (Kwh)	Aracın Katenere verdiği Enerji (Kwh)	Katenerden Çekilen Toplam Enerji (Kwh)	Batarya Enerji Durumu (Kwh)
ADLIYE SAMAN PAZARI	75,80	25,40	210,30	621,40	101,30	5,86	-1,36	4,50	0,77
SAMAN PAZARI ÜNİVERSİTE-2	95,50	32,50	191,10	575,30	95,70	7,24	-1,38	5,86	0,92
ÜNİVERSİTE-2 FETİH-2	103,00	34,50	183,60	555,80	89,00	6,94	-1,36	5,57	0,60
FETİH-2 M. KÜLTÜR MERKEZİ- 2	284,70	12,40	120,30	404,80	92,90	9,17	-1,59	7,58	0,41
M. KÜLTÜR MERKEZİ- 2 MEVLANA	154,80	17,70	132,80	0,00	198,00	0,00	0,00	0,00	-2,57
MEVLANA HÜKÜMET-2	96,10	17,20	133,40	69,50	195,40	0,78	0,00	0,78	-1,22
HÜKÜMET-2 ALAADDİN-2	76,70	25,80	209,10	613,40	101,10	0,00	0,00	0,00	-2,10
ALAADDİN-2 ZAFER	76,50	25,90	209,30	614,10	101,10	5,78	-1,38	4,39	0,77
ZAFER ALAADDİN-1	78,20	25,30	225,20	728,00	167,50	7,87	-1,61	6,26	1,48
ALAADDİN-1 HÜKÜMET-1	154,30	18,10	126,80	54,90	160,80	0,78	0,00	0,78	-1,18
HÜKÜMET-1 MEVLANA	132,70	21,20	105,20	59,20	136,00	0,78	0,00	0,78	-0,98

MEVLANA M. KÜLTÜR MERKEZİ- 1	103,40	34,60	183,50	547,50	94,10	7,31	-1,41	5,90	-1,28
M. KÜLTÜR MERKEZİ- 1 FETİH-1	94,90	32,40	189,70	563,60	95,90	6,77	-1,40	5,38	0,92
FETİH-1 ÜNİVERSİTE-1	82,00	28,10	202,60	592,60	99,40	5,96	-1,40	4,56	0,82
ÜNİVERSİTE-1 SAMAN PAZARI	115,60	21,60	192,20	520,90	91,90	6,83	-1,51	5,32	0,88
SAMAN PAZARI ADLİYE	156,90	16,50	140,40	287,60	82,80	6,05	-0,40	5,65	1,13
TOPLAM VE ORTALAMA	1881,10	23,30	163,60	410,80	129,20	78,10	-14,81	63,29	7,08

Kaynak: Skoda Transportation

Tablo 7.2 de Sürüş süresi ve enerji tüketiminin, özellikle de katenersiz kesimde, AW4 simülasyonundaki sonuçların yarısından çok daha az olduğunu görülmektedir. Gri bölgeler tramvayın katenersiz bölgede batarya gücüyle geçtiği bölümleri göstermektedir. Bataryadan çekilen güç sadece 7,08 Kwh olmuştur. 26 Kwh gücündeki bataryada daha yaklaşık 19 Kwh saatlik enerji bulunmaktadır. Bu da batarya ömrünün daha uzun olmasını sağlayacaktır.

7.3 SİMÜLASYON SONUÇLARI

En olumsuz koşullar için yapılan simülasyon sonuçlarından da anlaşıldığı gibi en olumsuz sürüş şartlarında dahi sistem tümüyle güvenilir olduğu görülmektedir. Bataryaların ömürlerini etkileyecek olan fiili batarya yükü, AW4 ve AW2 simülasyonlarının ortalamasına eşit olacaktır. Bu simülasyonlar temelinde aracın aslen düşünülen daha yüksek ağırlıkta elektrik donanımı (daha ağır bataryalar) ile yüklenmesinin uygun olacağı ortaya çıkmıştır. Neden ise, katenersiz kesimde kalkışlar için yüksek enerji gerektiren duraklama sayılarının planlanandan daha çok olabileceğidir. Bu olası duraklamalar, cer bataryası bloklarının kapasitelerinin yeni hesaplamalarına dahil edilmiştir. Konya adliye hattında işletme en kötü şartlarda olabileceği göz önünde bulundurulduğundan dolayı, aracın güvenilirliği, ağırlığından daha önemli olmalıdır.

Kavşaklarda tramvay aracına öncelik verilmesi, bataryanın daha az yüklenmesini sağlayacaktır. Buda batarya ömrünün daha uzun olmasını sağlayacak ve işletmenin bakım masraflarını azaltacaktır.

Bataryalı sürüş projemizde, daha büyük batarya bloklarının satın alınma maliyeti daha yüksek olacaktır, bataryalar araca böyle bir ekleme yapılması esnasındaki en maliyetli kalemler arasındadır. Sadece yeni bir aracın satın alınma maliyeti değil, müteakiben de işletim yoğunluğuna bağlı olarak tahminen her 8 yılda bir yeni batarya bloklarının satın alınması ve eski bataryaların ekolojik imhasını da hesaba katmak gerekir. Hat projesinde tramvaya öncelikli sürüş ile çalışılması halinde (diğer trafikten öncelik), batarya bloklarının boyutu kısıtlanabilir, bu sayede araç ağırlığı azalır ve doğrudan bağlantılı olarak elektrik enerjisi tüketimi azaltılmış olur.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Konya 'da ilk tramvay Eylül 1992 tarihinde 10,5 km lik bir hatla başlamış daha sonra 1996 yılında 8 km ve 2007 yılında da 3,3 km lik ilave hatla beraber toplam 21,8 km lik mevcut tramvay hattı bulunmaktadır. Bu hat şehrin merkezinde bulunan Alaaddin ile kuzeyindeki Selçuk Üniversitesi arasındadır. 2013 yılında ise merkez Alaaddin ile şehrin doğusunda bulunan adliye arasına 5,5 km lik yeni bir tramvay hattı yapılmasına karar verilmiştir. Bu hattın 2 km lik kısmı tarihi kent merkezinden geçtiği için Belediye Başkanı bu bölümün katenersiz olmasını istemiştir. Bunun üzerine dünyada bulunan katenersiz hatlar incelenmiş ve katenersiz tramvay sistemleri üreten firmalarla görüşülmüş ve Konya için en uygun katener sistemi araştırılmıştır.

Dünyada bulunan önemli tramvay üreticileri son yıllarda katenersiz tramvayla ilgili çalışmalara hız vermişlerdir. Firmalar zeminden sürekli beslemeli sistemler ve enerji depolamaya dayanan olmak üzere iki sistem üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar. Bu iki sistemin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Zeminden sürekli beslemeli sistemlerin avantajları:

- a. Katenerli sistemlerde olduğu gibi tramvayalar sürekli enerji aldıkları için sıkışık trafikte ve karayolu ile ortak çalışan hatlarda, plansız durma ve kalkma yapmalarından dolayı enerjisiz kalma riskleri yoktur.
- b. Tramvaylar sürekli enerji aldıklarından dolayı durak mesafeleri ve hat uzunlukları istenildiği gibi planlanabilmektedir.

Zeminden sürekli beslemeli sistemlerin dezavantajları:

- a. İlk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir.
- b. Enerji zemin yüzeyine döşenen özel bir raydan alındığı için, kara trafiği kesişmelerinde bu ray kara trafiği aks yükünden dolayı zarar görmektedir.
- c. Kar yağması ve buzlanmalarda tramvayların enerjisiz kalma riskleri vardır. Bu yüzden kış şartlarının ağır olduğu yerlerde işletilmeleri zordur.
- d. Aşırı yağışlarda ve sel gibi durumlarda işletilme zorlukları vardır.

- e. Her firmanın kendine özel çözümü olduğu için rekabet şartları sağlanamamaktadır.
- f. Rejeneratif frenleme sağlanmadığı için enerji kayıpları olmaktadır.
- g. Kurulan sistemde diğer firmaların ürettiği tramvaylar çalışmamaktadır.

Enerji depolamaya dayanan sistemlerin avantajları:

- a. Altyapıda herhangi bir değişiklik olmadığı için fazladan yatırım maliyetleri yoktur.
- b. Birden çok firmada benzer sistemler olduğu için rekabet şartları sağlanabilmektedir.
- c. Hava şartlarından etkilenmediği için diğer katenerli sistemlerde çalışan tramvaylar gibi aynı şartlarda çalışabilmektedir.

Enerji depolamaya dayanan sistemlerin dezavantajları:

- a. Sıkışık trafikte ve karayolu ile ortak çalışan hatlarda, plansız durma ve kalkma yapmalarından dolayı bataryaların boşalmasından dolayı enerjisiz kalma riskleri vardır. Bu durum batarya kapasitelerinin biraz yüksek tutulması ile aşılabılır. Fakat bu durumda da batarya maliyetlerinin ve tramvay ağırlığının artmasına sebep olur.
- b. Batarya ve kapasitörlerin belirli bir kapasiteleri olduğu için durak araları ve hat uzunlukları sınırlıdır.
- c. Bataryaların bir çalışma ömrü olduğu için, bataryaların çalışma şartlarına göre 6-10 yıl gibi periyotlarda değiştirilmesi gerekmektedir.

Konya 'nın iklimi ve katenersiz hattın parametreleri incelendiğinde en uygun sistemin enerji depolamaya dayanan sistem olduğu görülmüştür. Katenersiz hatta fazla şarj istasyonu olmadığı için süper kapasitör kullanımı da rantabl olmayacaktır. En kötü işletim koşulları simüle edilerek batarya kapasiteleri hesaplanmıştır.

Konya yeni Adliye tramvay hattının tarihi kent merkezinden geçen bölümünün katenersiz olarak yapılması Türkiye 'de bir ilk olacaktır. Bu bölgede binlerce yerli ve yabancı turistin akınına uğrayan Mevlana bulunmaktadır. Katenersiz tramvay hattı

buraya daha da cazibe katacaktır. Bu çalışmadan sonra Türkiye 'deki diğer illerde de katenersiz tramvay çalışmalarına başlanacağı tahmin edilmektedir.

Konya dünyada en ucuz tramvay alımını yaptıktan sonra yine katenersiz tramvay sistemini de en ucuz yapan şehir olacaktır.

Konya Adliye hattında katenersiz bölümde bulunan kavşaklarda geçiş önceliği tramvaya verilmesi önerilir. Tramvay batarya ömürleri artacağı için, batarya değiştirme süreleri uzayacaktır. Bu sayede işletme masrafları düşecektir.

Katenersiz olarak planlanan Mevlana ve Mevlana Kültür Merkezi arasında çok fazla tarihi eser olmadığı için katenersiz kesimin Mevlana'ya kadar kısaltılması önerilir. Bu sayede bataryalar daha az yükleneceği için batarya ömürleri daha uzun olacaktır.

Konya Adliye tramvay hattında katenersiz çalışacak Alaaddin – Mevlana arasındaki Mevlana Caddesi'nin kara trafiğine kapalı hale getirilmesi önerilir. Bu bölgenin yayalaşması katenersiz tramvayla beraber daha fazla yerli ve yabancı turistin uğrayacağı cazibe alanı olacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Bellis, Mary. 2007, "History of Streetcars and Cable Cars".

Post, Robert C. 2007, "*Urban Mass Transit*"

Jurgen K.R, 2002, "Electric and Hybrid Electric Vehicles", Boston.

Westbrook M.H, 2001, "The electric and Hibrid Electric Car.", London, SAE.

Sürekli Yayınlar

Feasibility of Alternative Power Supply Systems for the LUAS BXD Mayıs 2012

International Railway Journal Kasım 2013

Railway Gazette International Haziran 2011

Railway Gazette International Ekim 2013

Railway Gazette International Kasım 2014

Union Station – Georgetown Alternatives Analysis Propulsion Study Eylül 2013

Diğer yayınlr

<http://www.konya.bel.tr/sayfadetay.php?sayfaID=244> erişim 02.02.2015

<http://www.otomotiv.aku.edu.tr/sitedokuman/otoelektro/elektrikliaraclardersnotu.doc>

[http://tr.wikipedia.org/wiki/Konya_\(%C5%9Fehir\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/Konya_(%C5%9Fehir)) erişim 15.02.2015