

# **Trafik Işıklarında Toplu Taşımaya Geçiş Önceliği Uygulamaları, Münih Şehri Örneği**

**Mustafa Erciyas**

Münih Alman Silahlı Kuvvetler Üniversitesi  
( Universität der Bundeswehr München )  
Institut für Verkehrswesen und Raumplanung  
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg  
Tel: +49 1578 7031191  
E-Posta: yozgi@hotmail.com, mustafa.erciyas@unibw.de

## **Öz**

Bu çalışmada Münih Şehri örneğinde modern bir şehirde toplu taşıma hatlarının nasıl hızlandırıldığı detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Hat hızlandırılmasının üç aşaması; etüd, projelendirme ve kalite kontrol aşamaları detaylı olarak ele alınmıştır. Özellikle trafik ışıklarında (sinyalize kavşaklarında) toplu taşımaya geçiş önceliği verilmesi yolculuk sırasındaki en büyük zaman kaybını azaltmaktadır. Trafik ışıklarında toplu taşımaya geçiş önceliği uygulamaları, Türkiye’de büyük şehirlerdeki tramvay ve otobüs hatlarının hızlandırılması projelerine yeni bir bakış açısı getirecektir.

**Anahtar sözcükler:** toplu taşıma geçiş önceliği, trafik ışıkları, sinyalize kavşaklar, akıllı kavşaklar, yol ortası otobüs durakları, yoplu taşıma kalite güvencesi

## **1. Giriş**

Günümüzde trafik sorunu, özellikle kontrolsüz büyüyen şehirlerde yaşam kalitesini olumsuz etkileyen önemli bir faktördür. 1960’lı yıllarda özel araçları önceleyen şehir planları uygulanmışken, artık ulaşım ihtiyacının sadece özel araçlarla çözülemeyeceği anlaşılmıştır. Şehirlerin yüksek oranda göç almasıyla artan trafik yükü, ancak çevre dostu trafik katılımcılarını (toplu taşıma araçları, yayaları, bisikletleri ve ortak arabaları) önceleyen ve destekleyen sürdürülebilir ulaştırma politikalarının uygulanmasıyla çözülebilecektir. Özellikle şehir içi yolların kısıtlı olması ve genişletme imkanının olmaması, artan nüfusun ulaşım ihtiyacının karşılanmasında yeni arayışları beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla şehirlerin mevcut ulaşım altyapısında, ulaştırma türleri arasındaki önceliklerin yeniden belirlenmesi zorunlu hale gelmektedir. Öncelik, ağırlıklı olarak toplu taşıma ve yayaların ardından özellikle bisikletlere verilmeli, özel araçlar önem sırasında daha gerilerde kalmalıdır.

Toplu taşıma araçlarının hızlandırılması projeleriyle mevcut kavşak kapasitesinin daha etkin kullanımı sağlanarak toplamda ulaştırma altyapısının kapasite artırımına gidilebilmektedir. Bu yüzden toplu taşımaya, trafik ışıklarında geçiş önceliğinin sağlanması, yol ağındaki toplam kapasite artışının sağlanmasında büyük önem arz etmektedir.

Toplu taşımayı hızlandırmanın işletmeci ve yolcular açısından çeşitli faydaları vardır.

Toplu taşımayı hızlandırmanın işletmeci açısından faydaları;

- Verimsiz zamanların azaltılması = Süre kazanımı
- Araç ve şoför tasarrufu veya sefer sıklığının artırılması
- Yolcu sayısının artışı
- İşletme maliyetinin ( giderlerinin ) düşmesi
- Hareket planına uyumun artması

Toplu taşımayı hızlandırmanın yolcu açısından faydaları;

- Seyahat süresinin kısalması
- Sefer dakikliğinin artması
- Aktarmalı seyahatlerde aktarma güvenliğinin ( dakikliğinin ) sağlanması
- Yolculuk konforunun artması
- Akıllı kavşaklar sayesinde tüm trafik katılımcıları için trafik akışının hızlanması

## **2. Münih Şehri Toplu Taşıma Organizasyonu ve Toplu Taşıma Hızlandırma Projeleri**

Münih, 1,54 milyon nüfusuyla Almanya'nın üçüncü en büyük şehridir ve Münih Metropolitan bölgesinin çekirdeğini oluşturmaktadır. Ayrıca Baviera eyaletinin başkenti olması sebebiyle önemli bir sanayi ve ticaret merkezidir. Dolayısıyla günlük yolculuk talebi yüksek düzeydedir. Münih Metropolitan bölgesindeki yolculuk talebi ile toplu taşıma hizmetlerinin koordinasyonunu sağlamak için Münih Toplu Taşımacılık Kooperatifi ( Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH – MVV ) çatı oluşumu kurulmuştur. Tamamen ( %100 ) Münih Belediyesine ait olan MVG ( Münchner Verkehrsgesellschaft GmbH – Münih Toplu Taşıma Firması ) Münih şehrinin toplu taşıma işletim görevini yapmaktadır ( Arslan, 2011 ).

Münih'te ulaşım sorunun çözümü için 90'lı yıllardan itibaren toplu taşımanın desteklenmesine başlanmıştır. Toplu taşımanın desteklenmesinin yanında bütün şehir merkezini kapsayacak bir park yönetimi organizasyonuna gidilmiştir. Böylece şehir merkezine özel araçlarla girilmesine çeşitli kısıtlamalar, park yasakları, yüksek park ücreti uygulaması veya belli bölgelerde sadece orada yaşayanlara özel park etme izinlerinin verilmesi şeklinde farklı kısıtlamalar getirilmiştir. Bu vesileyle özel araçlardan toplu taşımaya bir yönlendirme yapılmıştır. Özel araçları kısıtlayan, özel araç kullanma maliyetini artıran önlemlere ek olarak toplu taşımayı teşvik eden önlemler de alınmaya başlanmıştır. Alınan önlemlerin başında toplu taşıma hatlarının, özellikle tramvay ve otobüs hatlarının hızlandırılması projelerine öncelik verilerek, toplu taşımanın cazibesi artırılmıştır ( MVG Hızlandırma Programı ).<sup>1</sup>

Toplu taşıma aracı olarak metroların en büyük avantajı yolculuk süresinin kısa olması, dakikliği ve sadece duraklarda durmasıdır. Benzer avantajın tramvay ve otobüslerde de uygulanması için öncelikli olarak toplu taşıma araçlarının hızlandırılmasına 1992

---

<sup>1</sup> Hızlandırma Programı MVG

<https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bus/beschleunigungsprogramm.html#intro>

yılında fayda/maliyet oranı en yüksek tramvaylarla başlanmıştır. Tablo 1’de Münihdeki toplu taşıma araçlarının (tramvay ve otobüs) trafik ışıklarının kullanım oranları gösterilmiştir. 1

**Tablo 1: Münihdeki toplu taşıma araçlarının sinyalizasyon kavşakları kullanım oranları<sup>2</sup>**

|                                                       |                                        |                                             |                                            |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Toplam sinyalizasyon kavşak sayısı                    | <b>1100</b>                            |                                             |                                            |
|                                                       | MVG’nin kullandığı trafik ışığı sayısı | Tramvayların kullandığı trafik ışığı sayısı | Otobüslerin kullandığı trafik ışığı sayısı |
|                                                       | <b>905 (%82)</b>                       | <b>222 (%20)</b>                            | <b>784 (%71)</b>                           |
| Hızlandırılmış sinyal. kavşak sayısı                  | 579 (%64)                              | 579 (%100)                                  | 448 (%57)                                  |
| Hızlandırılmamış trafik ışığı sayısı                  | 326 (%36)                              | 0 (%0)                                      | 336 (%43)                                  |
| Sadece gece hatlarının kullandığı trafik ışığı sayısı | 25 (%3)                                | -                                           | 25 (%3)                                    |

## 2.1 Kurumlar Arası Koordinasyon Çalışma Grubu ( IAG )

1990’lı yılların ortalarında tramvay hatlarının hızlandırılmasını gerçekleştirmek ve siyasi partilerle ve belediye kurumlarıyla koordineyi sağlamak için kurumlar arası koordinasyon çalışma grubu ( Interfraktionelle Arbeitsgruppe - IAG ) kurulmuştur. Bu çalışma grubunda belediye meclisindeki siyasi parti grup temsilcileri, MVG’nin bağlı olduğu İş ve Ekonomi Müdürlüğü, İdari İşler Müdürlüğü ( Kreisverwaltungsreferat - KVR ), Fen İşleri Müdürlüğü ( Baureferat - BR ), Bütçe Müdürlüğü ve Planlama Müdürlüğü ( Referat für Stadtplanung und Bauordnung ) temsil edilmektedirler. Belediye Meclisinin toplu taşımanın hızlandırılması kararı olmasına rağmen, her hat ayrı ayrı hazırlanarak belediye meclisinin onayından sonra hayata geçirilmektedir ( König & Heipp & Seifert 2016 ).

## 2.2 Hızlandırma projelerinin faydaları

Tramvay hatlarının tamamı 1994 – 2004 yılları arasında adım adım ( hat ve hat ) hızlandırılmıştır. MVG şuanda toplam 113 adet tramvayla hizmet vermektedir. Yapılan hızlandırma faaliyetiyle 16 adet tramvay tasarruf edilmiştir. Mevcut tramvay hattında aynı hareket planı ve tramvay sıklığındaki hizmet kalitesini 16 daha az tramvayla sunabilmektedir. Böylece sadece tramvay aracından tasarruf yapılmamış, aynı zamanda daha az şoför ve işletme gideri tasarrufuyla işletme maliyetleri düşürülmüştür. Hatların hızlandırması sayesinde hızlı, dakik ve özellikle trafik ışıklarındaki frenleme ve hızlanma manevralarının azalmasından dolayı daha konforlu bir toplu taşıma imkanı sunulabilmektedir. Bütün bu etkenlerin yanında sunulan hizmetteki hareket sıklığının artırılması toplu taşımayı daha cazip hale getirmiştir. Hızlandırmanın cazip bir toplu

<sup>2</sup> Werner, Thomas, September 2016, Basiswissen zur ÖPNV-Beschleunigung Strategische Planungsprojekte, MVG

taşıma sistemine katkısı aynı zamanda şehir içindeki araç trafiğinin ve çevreye zararlı gaz salınımının azalmasına katkı sağlamaktadır ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).

Tramvay hatlarının hızlandırılmasında elde edilen başarıyı otobüs hatlarında da gerçekleştirmek için M n h belediye meclisi, 2005 yılında otobüs hatlarının da hızlandırılmasını kararlaştırmıştır. Bu karardan sonra her yıl en az yeni bir hattın hızlandırılması projelendirilmiştir. Hızlandırma projeleri belediye bünyesinde bulunan farklı müdürlüklerin sıkı işt birliğıyle hayata geçirilmektedir. Hızlandırma projelerinde özellikle Toplu Taşıma Firması ( MVG ), İdari İşler M d rl ğı ( KVR ), Fen İşleri Müdürlüğünün ( BR ) koordineli çalışması hayati önem taşımaktadır.

KVR burada kavşak kontrol cihazlarının yazılımından ( programlanmasından ) ve trafik kanununa göre düzenlenmesinden sorumludur. KVR kavşak kontrol cihazlarında kullanılacak yazılımı, mevcut çalışanlarının kapasitesine göre kendi bünyesinde planlayarak veya mühendislik bürolarına ihale ederek gerçekleştirmektedir. Özellikle mühendislik bürolarının teslim ettiğı işlerin kontrolü için, KVR'ın kendi bünyesinde, kullanılan yazılıma hakim mühendislerin bulunmasına dikkat edilmektedir. Yani ihale edilen işlerin kalitesini kontrol edebilecek durumda yetkin teknik elemanların bulunması, yapılan için kalitesinde kontrol devamlılığı açısından önem arz etmektedir.

Fen İşleri M d rl ğı yapım / inşaat işlerinden ve kavşak kontrol cihazlarının temininden / donanımından sorumludur. Fen İşleri M d rl ğı yol ve duraklardaki bütün işlemlerin ( ayırık otobüs yollarının uzatılması, yatay ve dikey yol işaretleri, otobüs durağı ceplerinin yapılması ve yol kenarı durakların değıştirilmesi gibi ) uygulanmasından sorumludur. MVG tarafından tasarruf edilmesi planlanan hattın potansiyelini araştırmak üzere hat hızlandırma etüd projesi dışardan bağımsız bir mühendislik kurumuna ihale edilmektedir. Yapılan bu etüdün sonucuna göre Belediye meclisine hattın hızlandırılmasına karar verebilmesi için öneride bulunmaktadır.

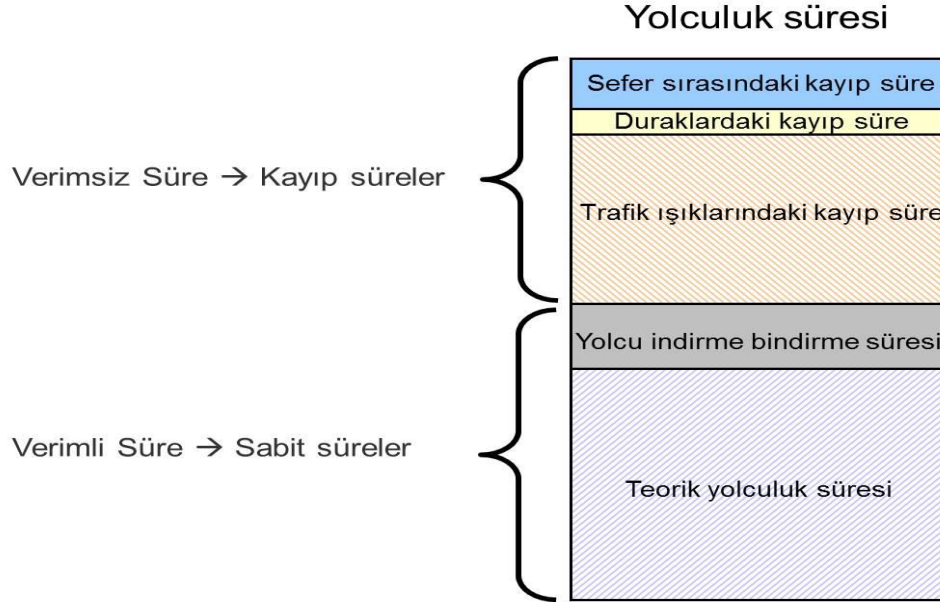
### **3. Toplu Taşıma Hızlandırma**

#### **3.1 Hat Hızlandırma Etüd Aşaması ve Potansiyel Kayıp S reler**

Etüd aşamasında öncelikle potansiyel olarak hızlandırılması düşünülen hat üzerinde genellikle bağımsız bir mühendislik bürosu tarafından, güzergah üzerinde yapılan yolculuk süresi ölçümleriyle hattın zaman tasarruf potansiyeli tespit edilir. Hat güzergahı, Cep Bilgisayarı ( Personal Data Assistant - PDA ) yardımıyla yapılan yolculuk süresi ölçümleri ile güzergahtaki duraklara ve trafik ışıklarına kadar olan süreler ve nerde, ne kadar zaman kaybının tespit edildiğinin durum analizi yapılır.

Hızlandırılması düşünülen hattaki kritik noktalarda ( toplu taşıma aracının ilk durakta harekete başladıktan sonra, trafik ışığının ne zaman yeşil olduğı ve dur çizgisine ulaşıncaya kadar geçen süre, dur çizgisinden sonra sağı veya sola dönüşlerdeki kayıp süreler, duraklardaki yolcu indirme-bindirme süreleri; güzergah üzerindeki toplam kayıp süreler tespit edilir. Bu  l  mler PDA yardımıyla yapılarak bir zaman  izelgesi hazırlanır. Toplam yolculuk süresi verimli sabit s relerden ve kayıp s relerinden oluşmak üzere ikiye ayrılır. Verimli süreler teorik yolculuk süresi ve yolcu indirme bindirme süresinin toplamıdır ve bu süreler sabittir değışmezler. Teorik yolculuk süresi güzergah üzerinde hiç bir engel olmadığında ve toplu taşıma aracı izin verilen azami

hızla hareket edildiğinde duraklar arasındaki mesafeyi katetmek için gerekli olan süreyi ifade eder. Kayıp süreler hareket halinde iken güzergah üstündeki kayıp süreler, durak ceplerine yanaşırken ve ceplerden akan trafiğin geçiş önceliğini beklerken oluşan kayıp süreler ve trafik ışıklarındaki kayıp sürelerden oluşmaktadır. Şekil 1’de yolculuk süresindeki verimli ve verimsiz süreler gösterilmiştir.



**Şekil 1: Yolculuk süresindeki verimli ve verimsiz süreler**

Duraklar ve trafik ışıkları arasında ölçümlerle tespit edilen yolculuk süreleri ile teorik yolculuk süreleri kıyaslanarak her trafik ışığı ve durak için ayrı ayrı kayıp süreler tespit edilir. Böylece her trafik ışığındaki ve duraktaki kayıp sürelerinin nedenleri ve bu kayıpların önüne geçmek için her bir durak ve trafik ışığı için alınacak önlemler belirlenir. Bu önlemlerle elde edilebilecek zaman kazançları toplanarak toplam tasarruf potansiyeli tespit edilmiş olur. Bu raporu hazırlayan mühendislik bürosu, MVG - Toplu Taşıma Firması, KVR - İdari İşler Müdürlüğü, BR - Fen İşleri Müdürlüğü çalışanları ile birlikte ortak yapılan güzergah yürüyüşü sırasında önerilen önlemler, yeniden yerinde kontrol edilerek alınacak önlemlere son şekli verilmiş olur.

Hızlandırılacak hatlara karar verme kriterleri;

- Hattın sefer sıklığı ve yolcu sayısı
- Yolculuk süresi tasarruf potansiyeli ( en az %10 )
- Tasarruf potansiyeli ( 1 araç tasarruf şartı )
- Uzun hatlardaki hareket planının stabilitesinin artması

Etüd çalışmasının sonucunda tasarruf potansiyeline göre Münih belediye meclisi bu hattın hızlandırılmasına karar verir.

### 3.2 Projelendirme Aşaması

Projelendirme aşamasında hızlandırma etüdünde belirtilen önlemler paketi hayata geçirilmektedir. Toplu taşımayı hızlandırmak için genel olarak üç yöntem vardır.

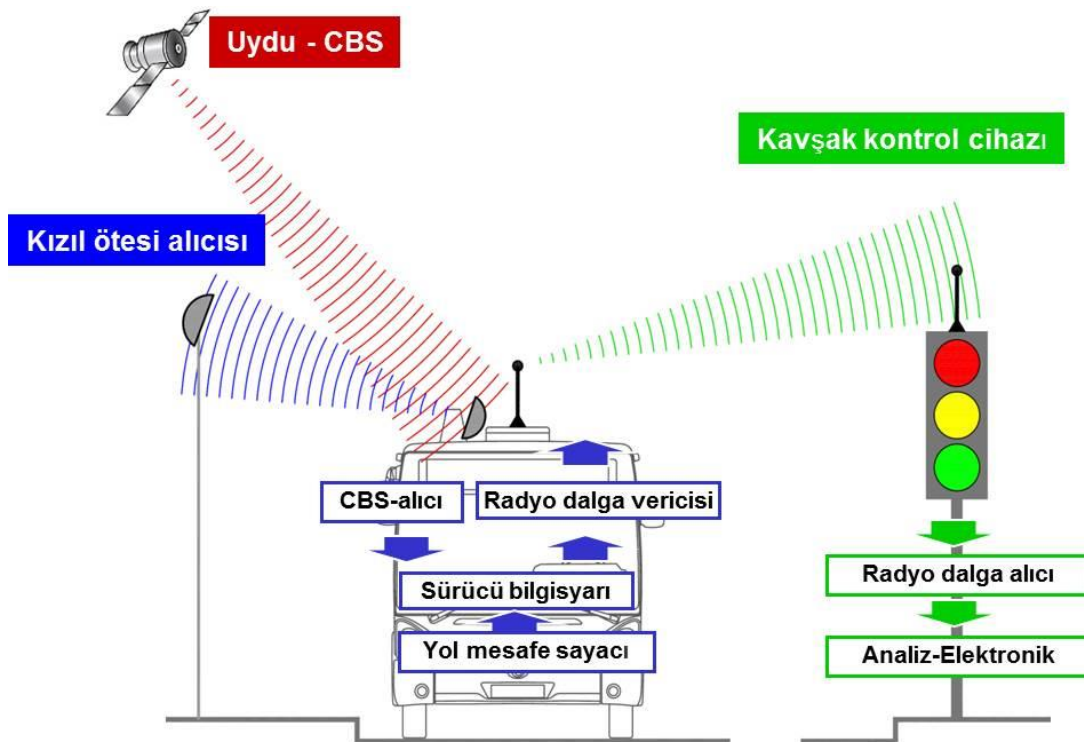
- Trafik ışıklarında toplu taşımaya geçiş önceliği

- Özel ayrık otobüs yollarının veya tramvay şeridinin oluşturulması
- Durak ceplerinin kaldırılması ve durakların yeniden yapılandırılması

### 3.2.1 Trafik Işıklarında Toplu Taşımaya Geçiş Önceliği

Halen Münih'te 1100 trafik ışığı mevcut olup bunların 808 tanesi toplu taşıma araçları tarafından kullanılmaktadır. Tramvay hatlarının tamamı, otobüs hatlarının ise 472 tanesi yani %58'i trafik ışıklarında geçiş önceliğine sahiptir. Trafik ışıklarındaki zaman kaybı, toplu taşıma araçlarının toplam zaman kaybı içerisindeki en büyük kısmı oluşturmaktadır. Bu yüzden trafik ışıklarında zaman kaybının en aza indirilmesi hızlandırma projelerinin en etkili bölümünü oluşturmaktadır (MVG Hızlandırma Programı ).<sup>3</sup>

Toplu taşımayı hızlandırmanın temeli, toplu taşımaya trafik ışıklarında geçiş önceliği vermekten geçmektedir. Trafik ışıklarında geçiş hızlandırmanın sağlanabilmesi için öncelikle toplu taşıma aracında ve yol altyapısında bazı teknik donanımların olması gerekmektedir. Araç donanımı olarak öncelikle araç ile kavşak kontrol cihazı arasındaki iletişimi sağlayacak sürücü bilgisayarı, yol mesafe sayacı, radyo dalga vericisi ve Coğrafi Bilgi Sistem ( CBS ) alıcısının olması gereklidir. Aynı zamanda yol alt yapısında kavşak kontrol cihazı, kavşak kontrol cihazına entegre olmuş radyo dalga alıcısı ve bu alınan sinyali, kavşak kontrol cihazının işleyebileceği sinyale çevirici analiz elektroniği gibi gerekli donanımların bulunması zorunludur. Toplu taşıma aracı ve yol altyapısı arasındaki bilgi alış veriş şeması, gerekli teknik donanımları içerir mahiyette Şekil 2'de gösterilmiştir.



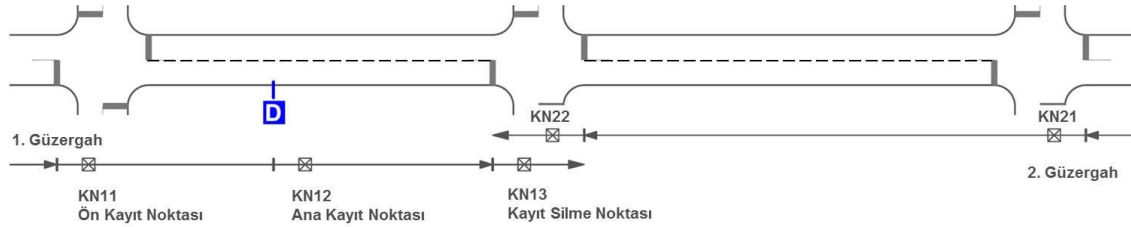
Şekil 2: Toplu taşıma aracı ve yol altyapısı arasındaki bilgi alış veriş şeması

<sup>3</sup> Hızlandırma Programı MVG

<https://www.mvg.de/ueber/mvg-projekte/bus/beschleunigungsprogramm.html#intro>

Geçiş önceliği kavşağına yaklaşan toplu taşıma aracı belli mesafede iken kavşak kontrol cihazına radyo dalgası aracılığıyla kayıt olmaktadır. Böylece gerekli ise faz değişiklikleri de yapılarak toplu taşıma aracının kavşaktan yeşilde geçmesi sağlanmaktadır. Toplu taşıma aracı kavşağı terk edip kayıt silme noktasından geçtikten sonra araç kaydı otomatik olarak kavşak kontrol cihazından silinmektedir (König & Heipp & Seifert, 2016).

Toplu taşıma araçlarının güzergahı üzerindeki belirli konumlar kayıt noktası (ön kayıt noktası, ana kayıt noktası, kayıt silme noktası) olarak tanımlanmaktadır. Bu kayıt noktaları toplu taşıma aracı güzergah üzerinde hareket ederken otomatik olarak sürücü bilgisayarı tarafından kavşak kontrol cihazına gönderilmektedir. Şekil 3’de örnek bir toplu taşıma aracının güzergah kayıt noktası planı gösterilmiştir. Genel olarak bir güzergah üzerindeki güzergah kayıt noktası planı ön kayıt noktası, ana kayıt noktası ve kayıt silme noktasından oluşan üç tür kayıt noktasından meydana gelmektedir. Kayıt noktalarının yerleri tespit edilirken özellikle trafik ışıklarından hemen sonra veya duraklardan hemen öncesinde yahut sonrasında konumlandırılmaktadır.



**Şekil 3: Güzergah Kayıt Noktası Planı**

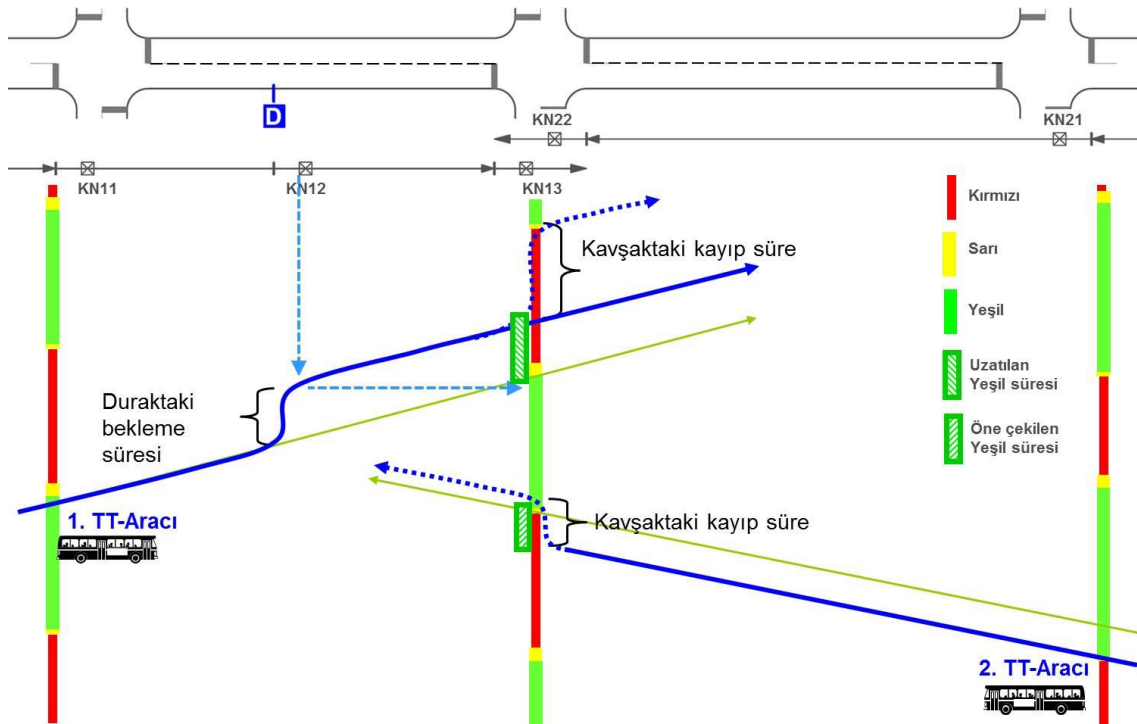
Böylece aracın hızlandırılan trafik ışığına gelmesi sırasında oluşabilecek gecikmelerin sistemi gereksiz yere etkilemesinin önüne geçilmiş olunmaktadır. Tecrübelerden yola çıkarak kayıt noktaları genel olarak güzergah üzerinde trafik ışığından 5 metre ve duraklardan 10 metre öncesinde veya sonrasında konumlandırılmaktadır. Ön kayıt noktasının yeri, genel olarak bir önceki trafik ışığının konumuna bağlı olarak ortalama 400-500 metre önceden, ana kayıt noktası ise ortalama 150-200 metre önceden tespit edilmektedir. Toplu taşıma araçlarının kapıları sadece duraklardayken açılmaktadır. Bu yüzden duraklar dışında yolcu indirme bindirme yapılmamaktadır. Her durağın sistemdeki CBS konumu sürücü bilgisayarında kayıtlıdır. Sürücü bilgisayarındaki yol mesafe sayacı iki durak arasındaki mesafeyi ölçmektedir ve ikinci durağa gelindiğinde bu sayaç otomatik olarak sıfırlanmaktadır. Ön ve ana kayıt noktalarının konumları yol mesafe sayacında belirlenmiştir. Bu noktalara ulaştığında toplu taşıma aracı otomatik olarak ön ve ana kayıt noktalarını radyo dalgası sinyaliyle trafik ışıklarına bildirmektedir.

Ön veya ana kayıt noktasından sinyal gönderildikten sonra trafik ışığına kadar en hızlı ve en yavaş gelmesi durumunda ne kadarlık bir süre geçeceği teorik olarak hesaplanmaktadır. Kavşak kontrol cihazına ön veya ana kayıt noktalarından sinyal gönderildikten sonra kavşak kontrol cihazında, önceden belirtilen bu süreler göre aracın tahmini kavşağına varış zamanı hesaplanır. Eğer bu varış zamanı toplu taşıma aracına gösterilen yeşil süresinin uzatılmasını gerektiriyorsa süre uzatımına giderek, veya faz değişimi yapması gerekiyorsa gerekli faz değişikliğini önceden programlanmış olan mantık devreleri sayesinde trafik ışıklarını toplu taşıma aracı trafik ışığına

varmadan 8-10 saniye öncesinden yeşil gösterecek şekilde ayarlamaktadır. Böylece toplu taşıma aracının gereksiz yere frenleme yapmasının ve akabinde hızlanma ivmelenmesinin önüne geçilmektedir. Gereksiz frenleme ve hızlanma manevralarının önüne geçerek daha yüksek bir yolculuk konforu sağlanmaktadır.

### 3.2.2 Trafik Işıklarında Yeşil Süresini Uzatma veya Öne Çekme

Şekil 4’de toplu taşımaya trafik ışığındaki geçiş önceliği şeması gösterilmiştir. Bu şemadan da görüleceği gibi, kavşağa yaklaşan 1. toplu taşıma aracı duraktan çıktıktan sonra KN12 kayıt noktası vesilesiyle kavşak kontrol cihazına sinyal göndermekte, cihaz aracın ne kadar süre sonra kavşakta olacağını hesaplamakta, buna göre yeşil süresi uzatılarak süre kaybının önüne geçilmektedir. Aynı şekilde 2. toplu taşıma aracı, kavşağa yaklaşırken KN21 kayıt noktasından geçtikten sonra göndermiş olduğu sinyalle birlikte ne zaman kavşakta olacağına göre yeşil süresini öne çekerek kırmızı ışığa yakalanmamasını sağlamış olmaktadır.



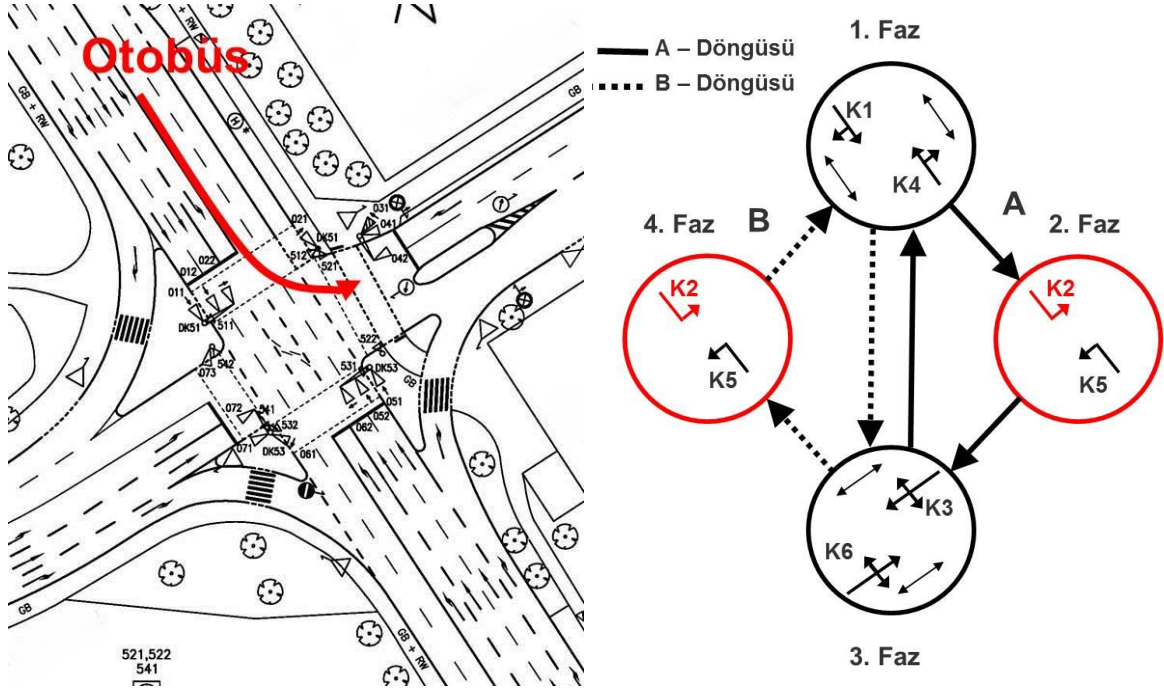
Şekil 4: Toplu taşımaya trafik ışığındaki geçiş önceliği şeması

### 3.2.3 Trafik Işıklarında Faz Değişimi

Şekil 5’de dört kollu bir kavşağın geometrik planının ve faz sırası planını gösterilmiştir. Faz sırası planında 2. ve 4. fazlar aynı fazları göstermektedir. Normal şartlarda toplu taşıma aracı sistemde kayıtlı değilken A- döngüsü ( 1.Faz → 2.Faz → 3.Faz → 1.Faz ) şeklinde gerçekleşmektedir. Fakat toplu taşıma aracının ihtiyacı olması durumunda faz sırası değiştirilerek yani B-döngüsü ( 1.Faz → 3.Faz → 4.Faz → 1.Faz ) ile toplu taşımanın hızlandırılması gerçekleştirilmektedir. Şekil 6’da A ve B Faz döngüleri için sinyal planları ve K2/K5 sinyal grupları için potansiyel yeşil süreleri gösterilmiştir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi faz değişimi sayesinde toplu taşıma aracına büyük bir



esneklikle döngü süresinin (periyot) her saniyesinde yeşil gösterilebilmektedir. Toplu taşıma aracı kavşağa yaklaşırken bir kayıt noktasında kaydolduktan sonra toplu taşıma aracına yeşil gösterildiği fazı yeşil dalgayı bozmamak için 15 saniyeden daha uzun yeşil gösterilememektedir.

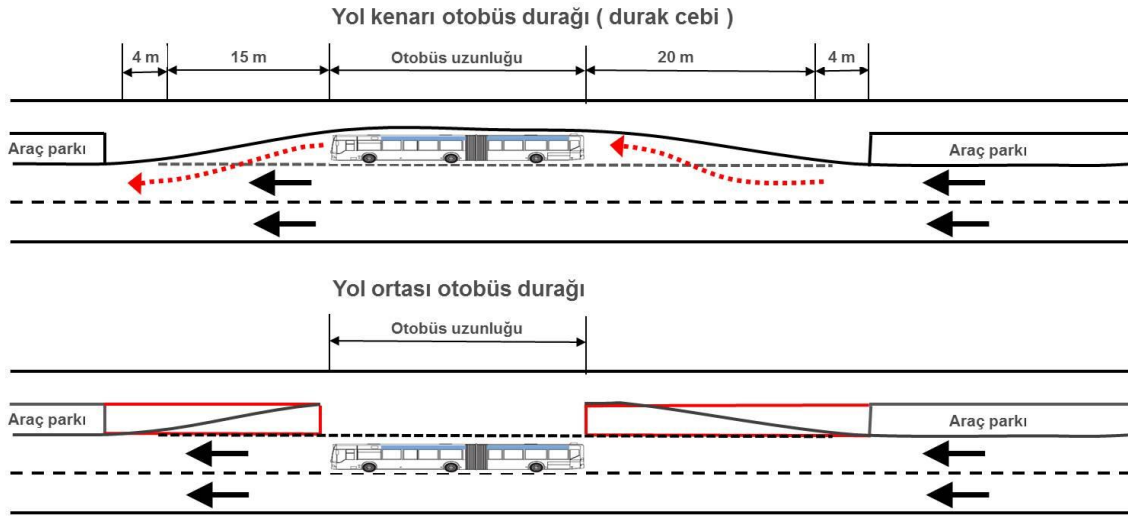


### 3.2.3 Özel Otobüs Yollarının veya Tramvay Şeridinin Oluşturulması

Sinyalizasyon tekniği ile alınacak önlemlerin yeterli olmadığı durumlarda ayırık otobüs yollarının yapılması önem arz etmektedir. Şuan Münih şehrinde yaklaşık 23 km ayırık otobüs yolu mevcuttur. Eğer ayırık otobüs yolunun yapılması fiziki olarak müsait değilse aynı işlevi görecektir sinyalizasyon önlemleri alınabilmektedir. Bu önlemlerin başında, yolun sadece belli zaman aralığında otobüslere ayrılması gerekmektedir. Yada sıkışan trafikte belli akımların otobüs hattının aynı yolu kullanmasından önce kısmi olarak daraltılması ve yeşil süresinin azaltılması, o bölgede oluşacak sıkışıklığı ve zaman kaybını azaltmaktadır ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).

### 3.2.4 Durak Ceplerinin Kaldırılması ve Durakların Yeniden Yapılandırılması

Duraklardaki zaman kaybının en az olması için otobüslerin duraklara hızlı bir şekilde yanaşması ve duraklardan ayrılması önemlidir. Bu yüzden Münihdeki toplu taşımının hızlandırılması projelerinde duraklar otobüsler ve yolcular için yeniden düzenlenmektedir. Otobüs durak ceplerinin yol ortası otobüs duraklarına çevrilmesiyle birlikte otobüsler sorunsuz şekilde herhangi bir durak cebine giriş-çıkış manevrası yapmadan yanaşabilmektedirler. Böylece otobüsün ön ve arka tarafının durak kenarına savrulmasıyla yanaşmasının önüne geçilmiş olmaktadır. Ayrıca durak cebinden akan trafiğe karışmak için trafiğin sakinleşmesini beklemek gerekmektedir. Bu yüzden yol ortası otobüs duraklarının yapılması aynı zamanda otobüs şoförleri için de büyük kolaylık sağlamaktadır. Şekil 7’de yol kenarı duraklar ( durak cepleri ) ile yol ortası duraklar karşılaştırılmıştır ( König & Heipp & Seifert, 2016 ).



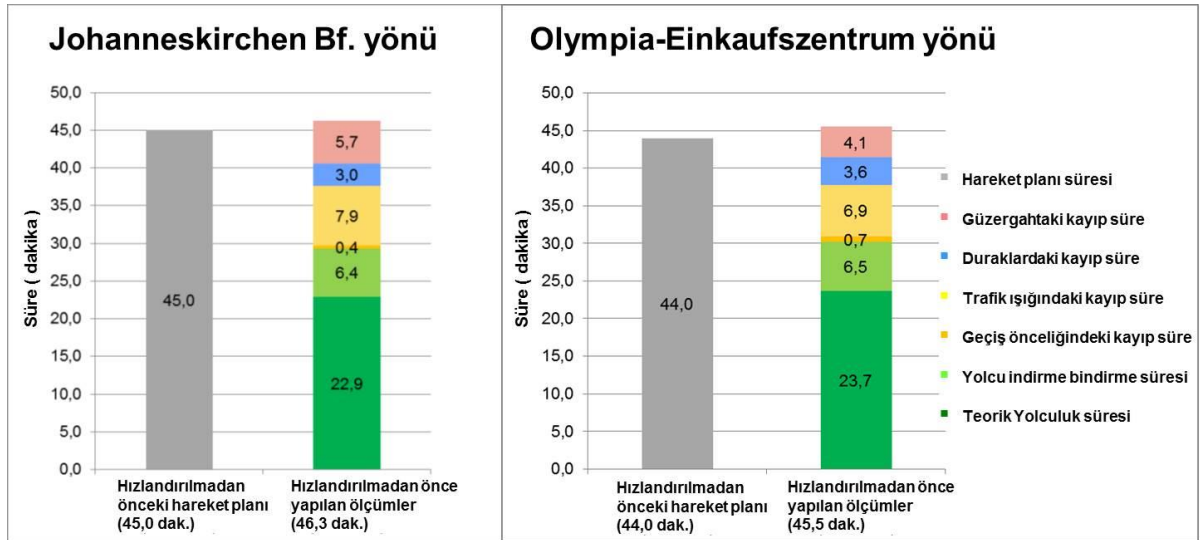
Şekil 7: Yol kenarı ve yol ortası otobüs durakları<sup>4</sup>

### 3.2.5 Örnek çalışma: 50 ve 60 numaralı otobüs hatlarının hızlandırılması

60 numaralı otobüs hattı Münih'in kuzeyinde Johanneskirchen Bahnhof ile Olympiaeinkaufszentrum durakları arasında hareket etmektedir. Bu hat Münih'in kuzeyini doğu batı aksında teğetsel olarak birbirine bağlamaktadır.

<sup>4</sup> Otobüs durakları

<http://www.nahverkehr-info.de/busabmessung.php>



Şekil 8: 60 numaralı otobüs hattının hızlandırma öncesi kayıp süreleri<sup>5</sup>

Hızlandırma projesine Kasım 2014 yılında başlandı, ön çalışmalar ve taslak planları Ekim 2015'te tamamlandı. Münih belediye meclisi Ekim 2015'te 60 numaralı hattın hızlandırılmasına onay vermiştir. Hızlandırma öncesi güzergah üzerinde yapılan yolculuk süresi ön etüd çalışması Şekil 8'de gösterilmiştir. Johanneskirchen Bahnhof yönüne doğru hareket planında 45 dakika olarak öngörülen yolculuk süresi yapılan ölçümlerde 46,3 dakika olarak tespit edilmiştir. Olympia-Einkaufszentrum yönünde ise hareket planında 44 dakika olan hareket süresi 45,5 dakika olarak belirlenmiştir.

Tablo 2: Hızlandırma sonrası kazanılan yolculuk süresi ve yolculuk hızı artışı<sup>6</sup>

|                         |                                            | Johanneskirchen Bf. yönü          | Olympia-Einkaufszentrum yönü      | Toplam                            |
|-------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Ölçülen yolculuk süresi | Hızlandırma öncesi ölçülen yolculuk süresi | 46,3 dak.                         | 45,5 dak.                         | 91,8 dak.                         |
|                         | Kısaltılan yolculuk süresi                 | 4,5 dak.<br>-% 10                 | 4,2 dak.<br>-% 9                  | 8,7 dak.<br>-% 9                  |
|                         | Yolculuk hızı                              | 16,8 km/sa => 18,6 km/sa<br>+% 11 | 17,2 km/sa => 19,0 km/sa<br>+% 10 | 17,0 km/sa => 18,8 km/sa<br>+% 10 |

Uygulama ve detay projelerinin hazırlanmasından sonra Nisan – Mayıs 2016'da çalışmalara başlanarak Aralık 2016'da hat hızlandırması tamamlanmıştır. Hızlandırma sonrası kazanılan yolculuk süresi ve yolculuk hızı artışı Tablo 2'de gösterilmiştir. Yapılan ölçümlerde yolculuk süresi Johanneskirchen Bahnhof yönünde 4,5 dakika

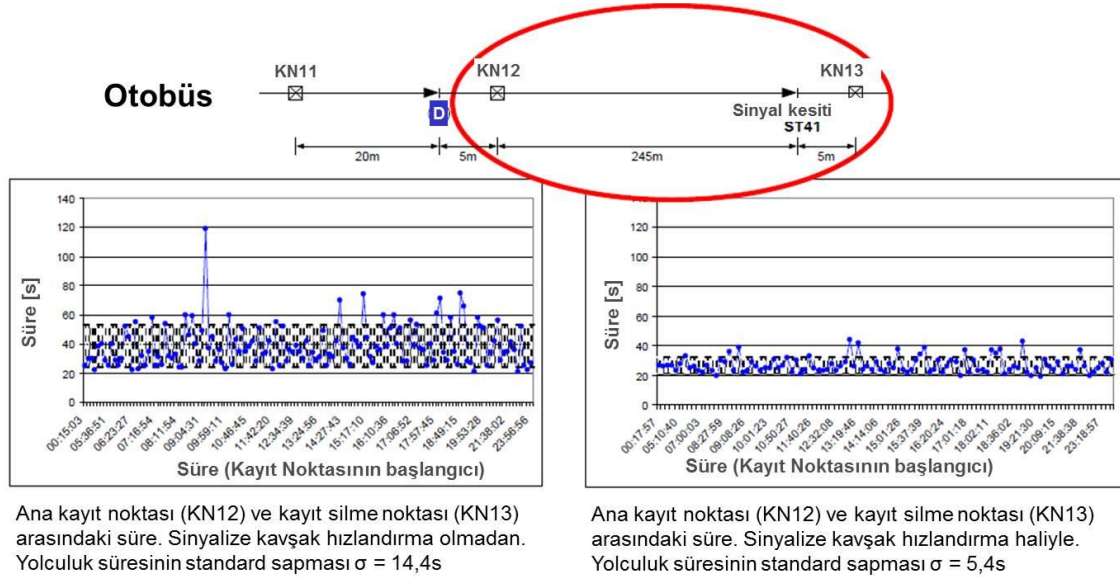
<sup>5</sup> Werner, Thomas, "Beschleunigung der Buslinien 50 und 60", Strategische Planungsprojekte, Projektstartgespräch extern am 04.11.2014

<sup>6</sup> Werner, Thomas, "Beschleunigung der Buslinien 50 und 60", Strategische Planungsprojekte, Projektstartgespräch extern am 04.11.2014

(-%10) kısaltılarak, yolculuk hızı 16,8 km/sa'den 18,6 km/sa'ye yükseltilerek +% 11 artış sağlanmıştır. Olympia-Einkaufszentrum yönünde ise yolculuk süresi 4,2 dakika (-%9) azalarak, yolculuk hızı +% 10 artışla 17,2 km/sa'den 19,0 km/sa'ye yükselmiştir.

### 3.3 Kalite Kontrol Aşaması

Hızlandırma etüdündeki tahmini yolculuk süreleri ile sahadaki sürelerin karşılaştırılması yapılmaktadır. Yolculuk sürelerinin ve kavşaklardaki aksaklıkların anlık kontrolü ve düzeltilmesi, hızlandırma kalitesinin belli bir seviyede kalması için hayati önem taşımaktadır. Bu kadar çok farklı elemanın bir araya gelmesiyle geliştirilen bir sistemden devam ettirilebilir bir verim alınabilmesi için kalite güvence sistemi geliştirilmiştir. MVG firması bünyesinde kurduğu DM-Portal – Veri Yönetimi sistemiyle bütün toplu taşıma kayıt noktaları otomatik olarak gözetim altında tutulmaktadır. Trafik ışıklarında toplu taşıma geçiş önceliğinin olmadığı bir zamanda ana kayıt noktası ve kayıt silme noktası arasındaki geçen süre grafik halinde şekil 9'da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Burada trafik ışığında geçiş önceliği olmadığındaki standard sapma  $\sigma = 14,4s$ , geçiş önceliği olduğu bir durumda  $\sigma = 5,4s$  olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 9: Ana kayıt noktası ve kayıt silme noktası arasındaki süre değişimi

Bu sistemin temelinde toplu taşıma araçlarının trafik ışıklarının öncesinde ve sonrasında yaptıkları bekleme süreleri her kavşak için ayrı ayrı otomatik olarak hesaplanıp analiz edilebilmektedirler. Bu hesaplama temel olarak kavşak kontrol cihazındaki geçmişe dönük veriler ve her dakika güncellenen konum verilerinin mevcut sistemdeki toplu taşıma aracının bekleme sürelerinin uygunluğu ile otomatik olarak karşılaştırılmaktadır. Bu sistem, öğrenilebilir özelliktedir ve trafiğin mevcut durumuna göre kendini yenileyebilmektedir. Böylece mevcut 568 trafik ışığındaki toplu taşıma hızlandırması mercek altına alınabilmektedir. Sistem MVG'nin veri yönetim portalına entegre edilmiştir ve toplu taşıma hızlandırmasının izlenmesi için önemli bir araç haline gelmiştir (König & Heipp & Seifert, 2016).

### 3. Sonuç

Hızlı şehirleşmenin getirmiş olduğu trafik sorununu çözmek için toplu taşıma hatlarının hızlandırılması ulaşım altyapı kapasitesinin yükseltmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Toplu taşımanın daha cazip hale getirilmesiyle trafik sorunu rahatlatılabilecektir. Trafik ışıklarında toplu taşıma araçlarına geçiş önceliği verilmesi toplu taşıma hatlarındaki zaman kaybının önemli bir bölümünü azaltmaktadır. Ayrıca yol kenarı durakların, yol ortası duraklara değiştirilmesiyle birlikte yolculuk süresindeki kaybın önüne geçilebilmekte ve yolculuk konforu artmaktadır.

Hızlandırılan hatlarda toplu taşıma işletmecisi yolculuk sırasındaki kayıp zamanların azaltılmasıyla birlikte araç tasarrufu yapabilmektedir. Böylece işletme maliyetlerinin azaltılması ve yolculuk süresinin kısılmasıyla birlikte hat verimliliği artırılmaktadır. Yolcu açısından ise özellikle kısa yolculuk süresi, dakikliğin artması ve yolculuk konforunun yükselmesiyle daha cazip bir toplu taşıma hizmeti alınmış olunmaktadır.

Özellikle büyük şehirlerdeki otobüs ve tramvay hatlarının hızlandırılması toplu taşımanın cazibesini ciddi bir şekilde artıracak ve trafik sorununun hafiflemesine katkı sağlayacaktır. Ülkemizde trafik ışıkları genel olarak sabit döngü süreli olarak planlanmaktadır. Bu yüzden toplu taşıma hatlarına trafik ışıklarında geçiş önceliği projeleri aynı zamanda mevcut kavşakların da akıllı kavşak olarak yeniden planlanmasını gerektirmektedir. Bu makalede, Münih şehrindeki ilgili çözüm uygulamalarının incelenmesi ile, trafik sorununa çözüm arayışı içindeki şehirler için bir seçenek sunulmuştur.

**Teşekkür:** Bu çalışmaya verdikleri destek için Münih Toplu Taşıma Firması MVG'ye teşekkür ederim.

### 4. Kaynaklar

1. Arslan, Oytun ( 2011 ) Kaliteli bir toplu taşıma sistemi nasıl olmalıdır, Münih örneği, 9. Ulaştırma Kongresi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul şubesi, Bildiriler Kitabı, s. 219 – 231
2. König, Herbet & Heipp, Gunnar & Seifert, Valentin ( 2016 ) “Beschleunigung auf ganzer Linie” Der Nahverkehr September 2016, s. 44 – 50”
3. Werner, Thomas ( 2014 )”Beschleunigung der Buslinien 50 und 60” , Strategische Planungsprojekte, Projektstartgespräch(Proje başlangıç sunumu) extern am 04.11.2014
4. Werner, Thomas ( 2016 )” Basiswissen zur ÖPNV-Beschleunigung” , Strategische Planungsprojekte, Toplu Taşıma Hızlandırması Temel Bilgiler sunumu, September .2016

