

BANLIYÖ HATLARININ KAPASİTESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Zübeyde ÖZTÜRK

İTÜ İnşaat Fak. Ulaştırma Anabilim Dalı
80626 Maslak/İstanbul

ÖZET

Çalışmada, banliyö hatlarının kapasitesi ve bunu etkileyen önemli parametreler 3 farklı kavrama göre ilgili bağıntı ve diyagramlarla incelenmektedir. Ayrıca İstanbul'un banliyö hatlarının kapasitesine ilişkin bilgi verilerek, aksaklıklar değerlendirilmektedir.

1. GİRİŞ

Hat kapasitesi, hattın belirli bir kesitinden, belirli işletme koşulları altında birim sürede karşılıklı olarak işletilen çift katar sayısı veya trafik miktarıdır. Yani banliyö hattında bir yönde belirli bir sürede taşınabilen yolcu sayısı da kapasite terimi ile ifade edilebilmektedir. Banliyö hatlarında trenlerin seyir ve fren özellikleri aynı olup, saatlik kapasite değeri yüksektir. Banliyö hatları yoğun ulaşım talebinin olduğu kentin dış yörelerine ve varoşlarına hizmet verir. Adını da ulaşım hizmeti verdiği bu 'banliyö' bölgesinden alır. Herhangi bir arterde saatlik yolcu talebinin 20.000 veya daha yüksek olması durumunda bu sisteme geçilmesi uygun görülür.

Yolcu taşımacılığında raylı sistemler içinde önemli bir yere sahip olan banliyö hatları kullanılan enerji türü, kapladığı alan, taşıt sıklığı ve sağladığı kapasite açısından oldukça iyi konumdadır. 10 m kesit genişliğinde saatte 40.000 yolculuk ortalama kapasiteye sahiptir. Banliyö hatlarında trenlerin seyir ve fren özellikleri aynı olup, elektrikli işletme uygulanması nedeniyle saatlik kapasite değeri yüksektir. Ortalama değer 1350 yolcu/tren kabul edilmesine rağmen otomotris ilavesiyle oluşturulan uzun trenlerde yaklaşık 450 kişilik bir kapasite artışı sağlanarak 1800 yolcu/tren değerine ulaşan teorik kapasite sağlanabilmektedir. Ancak yapılan gözlemler yoğun yolcu akımı sırasında özellikle son vagonların kötü kullanımı nedeniyle % 10 kapasite azalmasının meydana geldiğini göstermektedir. Yani pratik kapasite, teorik kapasitenin % 90'ı olarak gerçekleşmekte ve saatlik değeri 1620 yolcu/tren olmaktadır,[1].

Banliyö hatlarında kapasite genelde 2 dakikalık tren izleme süresine dayanmakla birlikte, işletmeler teknik nedenlere ve talebe bağlı olarak bu süreyi arttırabilmektedirler. Örneğin Almanya'da bu değer 2,5 dakika alınarak hattın saatlik kapasitesi 24 tren/saat'e inmektedir. Bu durumdaki pratik kapasite $1620 \text{ yolcu/tren} \times 24 \text{ tren/saat} = 38880 \text{ yolcu/saat-yön}$ olmaktadır. Banliyö ile diğer kentsel raylı sistemler arasında kullanılan araçlarda, otomasyon sistemine ve güzergah özelliklerine kadar birçok farklılık bulunmaktadır,[2].

2. BANLIYÖ HAT KAPASİTESİNİN İNCELENMESİ

Çalışmada, banliyö hat kapasitesinin incelenmesi amaca bağlı olarak 3 farklı kavrama göre yapılmaktadır. Bunlar;

1. İşletmeye ilişkin kısıtlayıcı olaylar dikkate alınmadan yapılan teorik inceleme,
2. İşletmenin kısıtlayıcı olayları dikkate alınarak belirlenen banliyö hat kapasitesi,
3. Sabit tampon süre esas alınarak belirlenen yaklaşık hat kapasitesi.

2.1. Teorik İncelemeye Göre Banliyö Hat Kapasitesi,

Bir yöndeki saatlik tren sayısını teorik olarak en basit şekilde belirlemek için tek tip tren işletildiği, dolayısıyla trenlerin seyir ve fren özelliklerinin aynı olduğu kabul edilmektedir. Teorik incelemede kısıtlayıcı işletme olayları dikkate alınmadan aşağıdaki parametrelerin belirlenmesi yeterli olmaktadır. Elektrikli işletmede saatlik tren sıklığı Z_n 'i belirlemek için taşıt hızı V (km/sa), en küçük izleme aralığı l_f (km) bilinmelidir.

$$Z_n = V / l_f \quad (1)$$

En küçük izleme aralığını belirleyen faktörler; taşıt hızı v (m/sn), tren uzunluğu l_z (m), fren uzunluğu l_b (m), tolerans aralığı l_A (m), fren sistemi için reaksiyon süresi t_R (sn), işletme ve sevk sisteminin iletişim süresi t_{BS} (sn) dir. Fren uzunluğunu belirlemek için taşıtın ortalama fren ivmesi b_m (m/sn²) bilinmelidir.

$$l_b = v^2 / 2 b_m \quad (2)$$

$$Z_n = v / [l_z + l_b + l_A + V (t_R + t_{BS})] = v / [l_z + l_b + \Delta l_1] \quad (3)$$

Hat eğimi S (%0), dikkate alınarak düzeltilmiş ortalama fren ivmesi $b_{m,r}$ belirlenmelidir. Ayrıca otomotris kullanılan kesimlerde hareketli kısımların kütle artış oranı $\xi = 0.10$ alınarak bağıntı (4) elde edilir, [3]. $[1000 (1+\xi)/g] = \rho$ kısaltması yapılarak düzeltilmiş ivme $b_{m,r} = b_m \pm S / \rho$ yazılıp burada, g ve ξ değerleri yerine konulup, kısaltma yapılarak bağıntı (4) elde edilmektedir.

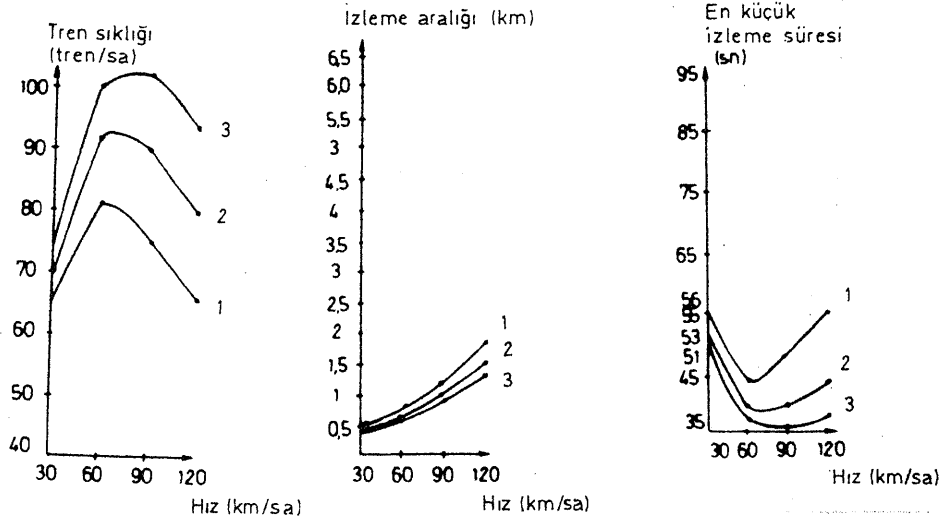
$$b_{m,r} = b_m \pm g.S / [(1 + 0.1) 1000] = b_m \pm S / 112 \quad (4)$$

Banliyö hatlarında topoğrafik koşulların zorlaması durumunda en büyük eğim %0 40 'a kadar çıkabilir. Eğim fren ivmesini, fren ivmesi fren uzunluğunu etkileyerek kapasiteyi belirleyici bir parametre olmaktadır. Belirli bir eğim değerinde hızın tren sıklığı (Z_n), en küçük izleme aralığı (l_f), en küçük izleme süresi (t_f) üzerindeki etkisini saptamak amacıyla örnek teşkil etmek üzere $S = \%0, -12.5, +12.5$ alınarak bağıntı (3) ve (4) ten Şekil 1, 2, 3 elde edilmiştir.

Şekiller incelendiğinde hız artışına bağlı olarak saatteki tren sayısının önce arttığı 60 - 90 km/sa aralığında en büyük değere ulaştıktan sonra azaldığı görülmektedir. Bu sonuçla ilişkili olarak en küçük izleme aralığı ve süresi hızın artmasına bağlı artış göstermektedirler. Eğimin etkisinin de oldukça önemli olduğu görülmektedir. Eğim düzeltilmiş fren ivmesini

büyütmekte ve ivmenin büyüdüğü ölçüde frenleme uzunluğu küçülmektedir. Frenleme uzunluğunun küçülmesi ise teorik kapasite değerini büyütmektedir. Hesaplanan tren sıklığı ve tren kapasitesinden K (yolcu/tren), hattın teorik kapasitesi L_t (yolcu / saat-yön) belirlenir.

$$L_t = K \cdot Z_n \quad (5)$$



Şekil 1. Hızın Tren Sıklığına Etkisi

Şekil 3. Hızın En Küçük İzleme Süresine Etkisi

Etkisi

Aralığına Etkisi

Süresine Etkisi

(1) $S = -\%0.125$

(2) $S = \%0.0$

(3) $S = +\%0.125$

$l_z = 300m, \Delta l = 75m, b_m = 0.5 m/sn^2$

2.2. İşletme Koşullarında Banliyö Hat Kapasitesi

İşletme koşullarının etkisi altındaki banliyö hat kapasitesinin belirlenebilmesi için önce tren değişim süresinin tanımlanması gerekir. İlk trenin istasyondan hareketi ile ikinci trenin istasyona varışı arasındaki süre farkı olan bu sürenin belirlenmesinde öndeki trenin ani duruşu, hızlanması, tren uzunluğu ve emniyet aralığı dikkate alınmalıdır. İşletme olaylarının ve seyir planına uygun durmaların dikkate alınması ile saatlik tren sayısı azalmaktadır. Seyir planına uygun izleme süresi (t_p), teorik tren izleme süresine (t_r), tolerans süresi (t_t) eklenerek elde edilir. Teorik tren izleme süresi ise, tren değişim süresi (t_d) ve durma süresinin (t_a) toplamından oluşmaktadır.

$$(6) \quad t_r = t_d + t_a$$

$$(7) \quad t_p = t_r + t_t$$

$$(8) \quad t_d = v_y \left(\frac{1}{2} b_a + \frac{1}{2} b_b \right) + \left(\Delta l_2 + l_z \right) / v_y$$

Bağıntı (8) de trenin yaklaşma hızı v_y (m/sn), hızlanma ivmesi b_a (m/sn²), frenleme ivmesi b_b (m/sn²), emniyet aralığı Δl_2 (m), tren uzunluğu l_z (m) kullanılarak tren değişim süresi t_d (sn) elde edilmektedir. Optimum yaklaşma hızı 40-50 km/saat tir, [3]. Yapılan inceleme ve araştırmalar, iyi işletilen bir banliyö hattında ivme ve süre açısından trenin istasyona en uygun yaklaşma hızının 50 km/saat olduğunu göstermiştir. Her iki ivmeye eğimin etkisi yansıtılarak düzeltilmiş ivmeler belirlenir. İkisi için en olumsuz durumu oluşturan çıkış eğimi dikkate alınarak bağıntı (9) ve (10) daki düzeltilmiş hızlanma ivmesi ile düzeltilmiş fren ivmesi yazılır.

$$(9) \quad b_{a,r} = b_a - S \quad / \quad 112$$

$$(10) \quad b_{b,r} = b_b + S \quad / \quad 112$$

Bu açıklamalara bağlı olarak saatteki tren sıklığı Z_n (11) bağıntısı ile belirlenir, [4].

$$(11) \quad Z_n = 1 / t_p = 1 / [v_y (1 / 2b_{a,r} + 1 / 2 b_{b,r}) + (\Delta l_2 + l_z) / v_y + (t_a + t_t)]$$

Tren kapasitesi ile tren sıklığından yararlanarak o hattın saatlik yolcu kapasitesi (L) bağıntı (5) deki gibi belirlenir. Bağıntı (11) de optimum yaklaşma hızı 50 km / saat, tren uzunluğu 300 m, emniyet aralığı 75 m, hızlanma ivmesi 1m/sn², frenleme ivmesi 0.8 m/sn² alınmak suretiyle seyir planına uygun izleme süresi 121 sn \cong 2 dakika olmaktadır. Münih Banliyösünde tren uzunluğu 202 m, emniyet aralığı 62.5 m, yaklaşma hızı 40 km/saat alınarak izleme süresi 90 saniyeye indirilmektedir. Ancak talebin de dikkate alınması ile 2.5 dakikalık süre iyi bir izleme süresi olarak kabul edilmektedir. 2 dakikalık izleme süresi ise en uygun izleme süresi olarak nitelendirilmektedir, [3].

Açıklanan süreler ve kabul edilen doluluk oranlarında ortaya çıkan kapasite değerlerinin işletim prensi bine bağlı olarak alabilecekleri değerler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

-Ortalama tren kapasitesi 1350 yolcu/tren ve izleme süresi 2 dakika ise,

$$L = (3600 / 120) 1350 \cong 40.000 \text{ yolcu / saat}$$

-Ortalama tren kapasitesi 1350 yolcu/tren ve izleme süresi 90 saniye ise,

$$L = (3600 / 90) 1350 \cong 54.000 \text{ yolcu / saat}$$

-Otomotris ilavesiyle tren kapasitesinin 1800 yolcu / trene çıkarılması ve 2 dakikalık izleme süresinin alınması durumunda,

$$L = (3600 / 120) 1800 = 54000 \text{ yolcu /saat}$$

-Otomotris ilavesiyle elde edilen kapasite değerinin kötü kullanım nedeniyle % 10 oranında

azaltılarak elde edilen pratik kapasitenin 1620 yolcu / tren ve 2 dakikalık izleme süresinin uygulanması durumunda,

$$L = (3600 / 120) 1620 = 48600 \text{ yolcu/ saat}$$

değerleri elde edilmektedir. Dört ayrı işletim prensibine göre değerlendirme sonucunda banliyö hattı saatlik kapasitesinin 40.000 - 54.000 yolcu arasında değiştiği görülmektedir. Pik saatlerde ise bu değer 80.000 yolcu /saat olabilmektedir. Banliyö kapasitesi diğer raylı sistemlere göre daha büyük olup, onu 40.0000 yolcu ile metro, 30.000 yolcu ile hafif metro izlemektedir.

2.2.1. İşletme Koşullarında İncelenen Banliyö Kapasitesine Eğimin Etkisi

Farklı değerlerdeki iniş eğimleri için ivme incelendiğinde önemli bir değişim görülmemesine karşın, çıkış eğiminde ivmede değişim olmaktadır. Çıkış yönünde eğimin ivme üzerindeki etkisini bir örnekle açıklamak üzere Şekil 4 verilmektedir. Şekilde eğimin ivmeye etkisinin nasıl yansıtacağı ivme ve eğim yönleriyle gösterilmektedir. Yerçekimi ivmesi (g) 9.81 m/sn^2 alınmıştır.

Şekil 4. Eğim ve İvme Yönleri

Örneğin eğim 0 iken $b_a = 0.8 \text{ m/sn}^2$, $b_b = 0.8 \text{ m/sn}^2$ olan bir taşıtın eğim %0 olduğunda düzeltilmiş ivme değerleri aşağıdaki gibidir.

$$b_{a,r} = b_a - g S / (1.1 \cdot 1000) = 0.8 - (9.81 \cdot 10) / (1.1 \cdot 1000) = 0.71 \text{ m/sn}^2$$

$$b_{b,r} = b_b + g S / (1.1 \cdot 1000) = 0.8 + (9.81 \cdot 10) / (1.1 \cdot 1000) = 0.89 \text{ m/sn}^2$$

Banliyö hattında en büyük eğim %0 40 olduğundan eğimin %0 0-40 arasındaki değişimi bağıntı 6-11 den yararlanılarak hesaplanmış ve eğimin kapasiteye etkisi Çizelge 1 de verilmiştir Burada eğime bağlı olarak sırasıyla ivme, süre ve tren sıklığı etkilenmektedir.

Çizelge 1. Banliyö Hattında Eğimin Kapasiteye Etkisi

S (%0)	$b_{a,r} \text{ (m/sn}^2\text{)}$	$b_{b,r} \text{ (m/sn}^2\text{)}$	$t_d \text{ (sn)}$	$t_p \text{ (sn)}$	$Z_n \text{ (tr/saat)}$	$L \text{ (yol/sa-yön)}$
0	0.80	0.80	37.3	97.3	37.0	49950
10	0.71	0.89	37.5	97.5	36.9	49815
20	0.62	0.99	38.1	98.1	36.7	49545
30	0.53	1.07	39.5	99.5	36.2	48870
40	0.44	1.16	41.7	101.7	35.4	47790

Çizelge 1 oluşturulurken tren uzunluğu 202 m, emniyet payı 75 m, optimum yaklaşma hızı 50 km /sa, taşıt kapasitesi 1350 yolcu/tren, istasyonda bekleme ve tolerans süresi toplamı 60 saniye alınmıştır.

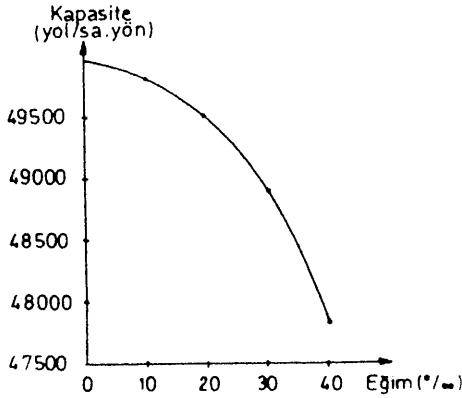
2.2.2. Tren Uzunluğunun Bir Yöndeki Saatlik Yolcu Sayısına Etkisi

Tren uzunluğunun saatlik hat kapasitesine etkisini belirlemek için kısa tren, tam tren, uzun tren ve çok uzun tren olarak tanımlanan trenlere ait uzunluklar kullanılmıştır,[3]. En büyük eğim olan %0 40 eğimi çıkış yönü için dikkate alınarak eğimin ivme üzerindeki etkileri saptanmıştır. Buna bağlı olarak tren değişim süresi ve diğer parametreler hesaplanmak suretiyle Çizelge 2 oluşturulmuştur.

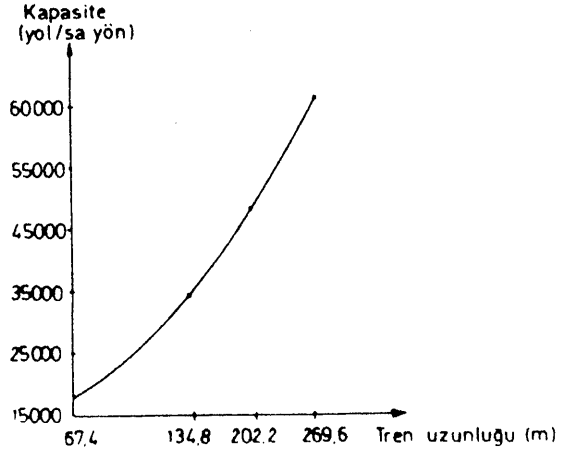
Çizelge 2. Banliyö Hattında Tren Uzunluğunun Kapasiteye Etkisi

l_z (m)	t_d (sn)	t_p (sn)	Z_n (tr/sa)	K (yol/tr)	L (yol/sa-yön)
67.4	32.0	92.0	39.1	450	17595
134.8	36.9	96.9	37.2	900	33480
202.2	41.7	101.7	35.4	1350	47788
269.6	46.6	106.6	33.8	1800	60840

Çizelge 1 ve 2 deki değerlerden Şekil 5 ve 6 elde edilmiştir. Eğim saatlik kapasiteyi 2 000 yolcu/yön mertebesinde etkilerken, tren uzunluğu 43 000 yolcu/yön kadar etkileyebilmektedir. Saatlik bir yöndeki yolcu sayısı çıkış yönündeki eğimin artmasıyla azalmakta, tren uzunluğunun artmasına bağlı olarak ise artış göstermektedir.



Şekil 5. Eğimin Kapasiteye Etkisi



Şekil 6. Tren Uzunluğunun Kapasiteye Etkisi

2.3. Sabit Tampon Süre Esas Alınarak Belirlenen Banliyö Hat Kapasitesi

Banliyö hat kapasitesinin saptanmasına başka bir yaklaşım şekli ise en küçük tren izleme süresi ve sabit tampon sürenin kullanılmasıdır. Böyle bir hesap şeklinin uygulanabilmesi için de tek tip tren işletilme şartı bulunmaktadır. En küçük tren izleme süresinin belirlenmesi için, trenlerin hızı V (km/sa), frenleme ivmesi b_b (m/sn^2), blok boyu l_{bk} (m), görüş uzunluğu l_d (m), tren uzunluğu l_z (m) bilinmelidir. Bunlar (12) bağıntısında uygulanarak en küçük izleme süresi z (dak) belirlenir,[4-5].

$$z = V / 432 b_b + 0.06 (l_{bk} + l_d + l_{zi}) / V_i \quad (12)$$

İkinci adım tampon sürenin belirlenmesidir. Tampon süre r (dak/tren) adı verilen zaman boşluğunun görevi izleme gecikmelerini sınırlamak ve tren izleme durumlarının oluşturulması

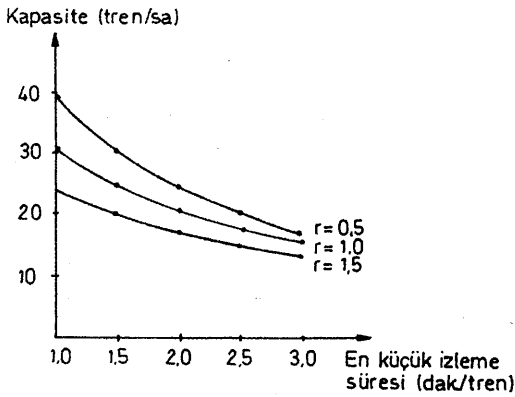
sırasında karşılaşılan zorlukları kabul edilebilir ölçülerde tutmaktır. Alman Demiryolu Yönetmeliğinde sabit tampon süreyi belirlemeye yönelik tablo ve abaklar yer almaktadır. Günlük işletim süresi T (dak) ve daha önce açıklanan en küçük izleme süresi ile tampon süre bağıntı (13) e uygulanarak hattın günlük kapasitesi L_p (tren/gün) belirlenir, [6].

$$(13) \quad L_p = \frac{T}{[r + z]}$$

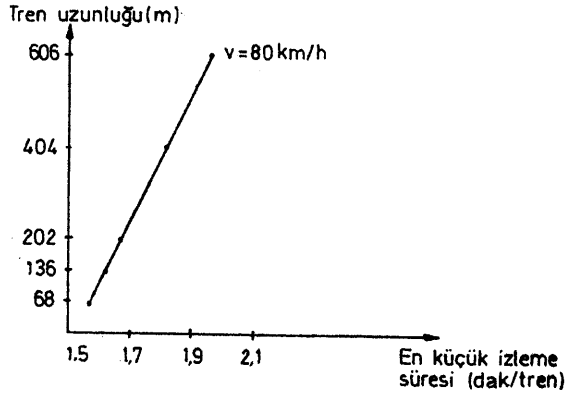
2.3.1. Bu Yöntemde Etkili Parametrelerin İncelenmesi

Bu yaklaşım şeklinde bazı parametrelerin en küçük tren izleme süresi ve kapasite üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan incelemede şu kabuller yapılmıştır. Hattın günlük işletim süresi 1440 dakika, blok boyu 1500m, görüş uzunluğu 200 m, ortalama tren uzunluğu 202 m, en büyük hız 80 km/saat, frenleme ivmesi 0.8 m/sn^2 dir.

0.5 - 1.0 - 1.5 dakikalık sabit tampon süreler için en küçük izleme aralığının kapasiteye etkisini belirten Şekil 7, hız 80 km/saat alınarak Şekil 8, 202 m uzunluğundaki tren hızın en küçük izleme süresine etkisi incelenerek Şekil 9, 1 dakikalık tampon süre ve 202 m tren uzunluğu için hızın etkisi araştırılarak Şekil 10 çizilmiştir.



Şekil 7. En Küçük İzleme Süresinin İzleme Kapasiteye Etkisi



Şekil 8. Tren Uzunluğunun En Küçük İzleme Süresine Etkisi

Şekil 9. Hızın En Küçük İzleme Süresine Etkisi

Şekil 10. Hızın Kapasiteye Etkisi

0.5 - 1.0 - 1.5 dakikalık sabit tampon sürelerde en küçük izleme süresindeki değişimin kapasiteye etkisi Şekil 7 ye bakıldığında, alınan tampon süre aralıklarının eşit olmasına rağmen kapasite üzerindeki etkilerinin farklı olduğu ve tampon sürenin azalması ile kapasitenin hızlanarak arttığı görülmektedir.

Şekil 8 ve 9 tren uzunluğu ve hızın en küçük izleme süresine etkisini belirtmekte olup, tren uzunluğundaki ve hızdaki artışların etkilerinin farklı olduğu, ilk parametrenin artışa ikinci parametrenin ise azalmaya neden olduğu görülmektedir.

Hızın kapasiteye etkisini belirlemek için 10 km/saat aralıklarla problem incelenmiştir. Her bir aralığı takip eden hız aralığında kapasite artışının göreceli olarak yavaşladığı saptanmıştır. Örneğin 40 - 50 km/saat aralığında 57 tren /gün artış olurken, 70 - 80 km/saat aralığında 32 tren/gün artış olmaktadır.

3. İSTANBUL'UN BANLİYÖ HATLARININ KAPASİTE AÇISINDAN DURUMLARI

3.1. Hatta İlişkin Bilgiler

Marmara Denizi sahilleri boyunca yer alan banliyö hatları aynı zamanda ana hat niteliği taşımaktadır. Avrupa Yakasında kalan Sirkeci - Halkalı kesiminin uzunluğu 27.6 km, Anadolu Yakasındaki Haydarpaşa - Gebze kesiminin uzunluğu ise 44.2 km dir. Sirkeci - Halkalı banliyö hattı Türkiye'yi Avrupa'ya bağlayan ana hat demiryolunun Sirkeci'den itibaren 27.6 km lik kesiminde yer almaktadır. Haydarpaşa - Gebze banliyö hattı İstanbul'u Anadolu'ya bağlayan ana hat demiryolunun Haydarpaşa'dan itibaren yaklaşık 44 km lik kesiminde yer alır. Her iki kesimin elektrikleştirilmesinden sonra seyir sürelerinde önemli azalma olmuştur. Sirkeci - Halkalı arasında en büyük çıkış eğimi %0 9.5, iniş eğimi 10.3, en uzun istasyon boyu 1245m dir. Bu kesimde 18 adet istasyon bulunmakta olup, en küçük istasyon aralığı 823 m, en büyük istasyon aralığı 3891 m dir. Haydarpaşa - Gebze arasında en büyük çıkış eğimi %0 15.8, iniş eğimi 14.3, en uzun istasyon boyu 923 m dir. Burada ise 28 adet istasyon yer almakta olup, en küçük istasyon aralığı 782 m, en büyük istasyon aralığı 2836 m dir. Bu 28 adet istasyondan Haydarpaşa, Erenköy, Bostancı, Maltepe, Kartal, Pendik, Tuzla ve Gebze koruma hatları ve manevra imkanları ile istasyon özelliğine sahiptir. Diğer istasyonlarda sadece yolcu iniş - binışı için peron bulunmaktadır ve bunlar istasyondan çok durak konumundadırlar. Minimum kurp yarıçapı 300 m dir.

3.2. Bu Hatlarda Dizi Teşkiline İlişkin Esaslar

Anadolu Yakasında 33 adet E 14000 tipi dizi (ünite) servistedir. Bir ünitelik dizi 1 otomotris + 2 vagon dan oluşur. Yolcu talebinin fazla olduğu saatlerde iki ünitelik dizi 2 otomotris + 4 vagon veya üç ünitelik dizi 3 otomotris + 6 vagon dan teşkil edilmektedir. Bu kesimde taşıt parkı 33 adet otomotris ve 66 adet vagon dan oluşmaktadır.

Avrupa Yakasında ise 26 adet E 8000 tipi ve 3 adet E 14000 tipi ünite servistedir. Bir ünitelik dizi 2 otomotris + 2 vagondan oluşur ve yalnızca tek ünite olarak işletilmektedir. E 8000 tipi için 52 adet otomotris ve 52 adet vagon E 14000 tipi için 3 adet otomotris 6 adet vagondan oluşan taşıt parkı mevcuttur,[7].

3.3. Hatların İşletme Özellikleri ve Pratik Kapasitesi

Her iki kesime ait işletme verileri ve kapasite değerleri Çizelge 3 de verilmektedir.

Çizelge 3. İstanbul Banliyö Hatlarının Kapasitesi

Hat kesimi	İşletim süresi (saat)	Or. İz. Süresi (dak)	Pratik kapasite (tren/gün)	Or. Tren Kap. (yol/tren)	Günlük trafik (yol/tren)
H.Paşa-Gebze	≈19	20.73	110	965	106150
Sirkeci-Halkalı	≈18	14.4	149	965	143785
Toplam	-	-	259	-	≈250 000

Günde 250000 yolcu mertebesindeki trafik değeri ve 15 - 20 dakikalık izleme aralığı işletilen banliyö hatlarının verimli çalışmadığını göstermektedir. Sabah 7⁰⁰ - 9⁰⁰, akşam 17⁰⁰ - 19⁰⁰ arasındaki pik saatlerde ancak 9000 yolcu / yön-saat ulaşılmaktadır ki, bu da ortalama banliyö kapasitesinin yaklaşık 1 / 4 üne karşılık gelmektedir. Haydarpaşa-Gebze Hattında ana hat trafiğinin de katılması ile ortalama izleme süresi 10 dakikaya inmektedir. Hattın ana hat ve uluslararası trafiğe açık olması ve farklı özelliklere sahip olan trenlerin aynı hat üzerinde işletilmesi kapasitenin oldukça düşmesine ve banliyö trenlerinin izleme sürelerinin artmasına neden olmaktadır. Bunun dışında kapasiteyi düşüren başlıca nedenler; yolcu ve seyir kayıpları, cer (çekim) aksaklıkları, CTC (sinyallerin merkezden idare sistemi) ve enerji sistemlerindeki arızalardır. Taşıt parkının yetersiz oluşu, enerji sisteminin sık arızalanması tren gecikmelerini artırmaktadır. Pik saatlerde tren sıklığının ve kapasitesinin yetersiz oluşu ve talebi karşılayamaması nedeniyle yolcuların iniş - biniş süreleri uzamakta ve trenlerin geçki boyunca 60 dakikaya kadar varan gecikmelerine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak da yolcu ve seyir kayıpları meydana gelmektedir. Kapasitenin artırılması için ana hat trafiğinin ayrılması bunun için de hat sayısının 4 e çıkarılması gerekmektedir. Ayrıca geçki ve taşıt özelliklerinin iyileştirilmesi, tren sıklığının artırılması, yolcu kapasitesi yüksek uzun trenlerin teşkil edilmesi zorunludur.

Çizelge 3 de belirtilen trafiğin %30 u kadar bir ilave de ana hat ve uluslararası trafikten gelmektedir. Bu hatlara ilişkin yıllık toplam trafik değerlerinin yıllara göre değişimi ise Çizelge 4 de verilmektedir,[8].

Çizelge 4. Yıllık Yolcu Trafiği Değerleri (1000)

Yıllar	1991	1992	1993	1994	1995
Banliyö	111729	109426	118587	92429	80983
Ana hat	21314	21724	27494	26842	23522
Uluslar arası	200	102	237	196	130
Toplam	133423	131252	146318	119533	104635

Bu tablodan son yıllarda banliyö trafiğinin ve toplam trafiğın önemli düşüş gösterdiği görülmektedir. Bunun başlıca nedeni ise daha önce belirtilen aksaklıklar nedeniyle talebin başka ulaştırma sistemlerine kaymasıdır.

4. SONUÇ

Çalışmada, banliyö hat kapasitesi üç farklı kavrama göre incelenmiş olup, bunlar; İşletmeye ilişkin kısıtlayıcı olaylar dikkate alınmadan yapılan teorik inceleme, işletmenin kısıtlayıcı olayları dikkate alınarak belirlenen banliyö hat kapasitesi ve sabit tampon süre esas alınarak belirlenen yaklaşık hat kapasitesidir. Her üç kavrama ilişkin kapasite tanımları yapılarak her biri için geçerli hesap yöntemleri bağıntılarla açıklanmaktadır. Kapasiteyi etkileyen önemli parametreler incelenerek elde edilen sonuçlar diyagramlarla gösterilmektedir.

Ayrıca İstanbul'un banliyö hatlarının kapasiteleri incelenerek çalışmada belirtilen değerlerle karşılaştırılmakta ve bu hatların kapasitelerinin verimsiz oluşunun nedenleri üzerinde durulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] GRÜBMEIER, J., WERLER, R.,(1980), 'Gelandebedarf und Umweltvertraglichkeit der Eisenbahn' ETR (29).
- [2] VURAL, A., VURAL, B.,(1989), 'Elektrikli Raylı Taşıt Sistemlerinde Teknoloji Seçim Kriterleri', RAYTAŞ 89, Tüvasaş, İTÜ - TÜBİTAK.
- [3] LEHMANN, H.,(1978), Bahnsysteme und ihr wirtschaftlicher Betrieb, Tetzlaff Verlag GmbH, Germany.
- [4] ÖZTÜRK, Z.,(1994), Otoyol ve Demiryolunun Önemli Çevre Etkilerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fak.
- [5] TEİCHGRABER, W., BIEWALD, H. G, (1983), 'Eisenbanstrecke und Autobahnstrecke ein Leistungsvergleich, I.V. 35, Heft 1.
- [6] Deutsche Bundesbahn, (1974), Richtlinien für die Ermittlung der Leistungsfähigkeit von Strecken.
- [7] BAYRAKTAR, Z., (1992), 'İstanbul'da Banliyö Tren Taşımacılığı', İstanbul 2. Kentiçi Ulaşım Kongresi, İMO.
- [8] GÜMÜŞOĞLU, Ç., (1992), 'İstanbul Raylı Taşın Sistemlerinin Entegrasyonu', İstanbul 2. Kentiçi Ulaşım Kongresi, İMO.

SEMBOLLER

- b_a : Hızlanma ivmesi
- $b_{a,r}$: Eğime göre düzeltilmiş hızlanma ivmesi
- b_b : Frenleme ivmesi
- $b_{b,r}$: Eğime göre düzeltilmiş fren ivmesi
- b_m : Ortalama fren ivmesi
- $b_{m,r}$: Düzeltilmiş ortalama fren ivmesi
- g : Yerçekimi ivmesi
- K : Tren kapasitesi
- L : Saatlik ortalama hat kapasitesi
- l_A : Teorik incelemede tolerans aralığı
- l_b : Fren uzunluğu

- l_{bk} : Blok boyu
 l_f : En küçük izleme aralığı
 L_p : Sabit tampon süreye göre belirlenen günlük hat kapasitesi
 L_t : Hattın teorik kapasitesi
 l_z : Tren uzunluğu
 r : Tampon süre
 S : Boyuna eğim
 T : Hattın günlük işletim süresi
 t_a : Trenin istasyonda durma süresi
 t_{BS} : İşletme ve sevk sisteminin iletişim süresi
 t_d : Tren değişim süresi
 t_f : Teorik tren takip süresi
 t_p : Seyir planına uygun takip süresi
 t_R : Fren sistemi için reaksiyon süresi
 t_t : Tolerans süresi
 V : Seyir hızı
 v_y : İstasyona yaklaşma hızı
 z : En küçük tren izleme süresi
 Z_n : Saatteki tren sıklığı
 Δ_1 : Tolerans , fren reaksiyon ve iletişim aralıkları toplamı
 Δ_2 : İşletme koşullarındaki kapasite hesabında emniyet aralığı

ABSTRACT

In this study, the line capacity of suburban train system is examined. The main parameters of capacity are investigated based on three different stages and the results are given by formulas and shown graphics. The results are tested, and compared with the capacity data of the suburban system of the metropolitan city of Istanbul.

- The capacity problem of the suburban train system studied at the three stages;
- Theoretical approach to the capacity problem by having any constraint.
 - Theoretical study by taking into consideration of some operational constraints.
 - The solution of the capacity problem under constant buffer times.

