

Ülkemiz Karayollarında Kar ve Buz Mücadelesi Yönetimi İçin Yeni Bir Maliyet Hesabı Önerisi

Ahmet Fatih KİĞİLİ
KGM Yol Yapım Dairesi Başkanlığı
İnönü Bul. No: 14 08100, Çankaya,
Ankara
Tel: (312) 415 70 00/8696
E-Posta: afkigili@kgm.gov.tr

Mustafa Sinan YARDIM
YTÜ İnşaat Fak. İnşaat Müh. Böl.
Davutpaşa Kampüsü, 34210, Esenler-
İstanbul
Tel: (212) 383 51 83
E-Posta: yardim@yildiz.edu.tr

Öz

Karayolları Genel Müdürlüğünde kış mücadelesi maliyetleri halihazırda Bakım Bilgi Formları (BBF) yardımıyla hesaplanmakta olup, ödenekler de buna göre çıkmaktadır. Yüksek ödenek miktarlarına rağmen istenilen verim alınamamaktadır. Bu çalışma kapsamında maliyetleri azaltmak için, kış mücadelesinin yüklenici firmalar tarafından yapılmasının maliyetleri düşüreceği düşüncesiyle, Birim Fiyat Teklifi (BFT) ihale yönteminin uygulanması önerilmiştir. Bunun için, KGM 18. Bölge Müdürlüğü Tesisler ve Bakım Başmühendisliğindeki Kars ve Ardahan şubelerine ait kışlık bakım bilgi formlarında kar ve buz mücadelesinde oluşan maliyetler incelenmiştir. Her iki yöntemde oluşan maliyet birbiriyle kıyaslanmıştır. 2010-2013 yıllarını kapsayan dört yıllık ortalama maliyet azalması %24 olarak bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: Kar ve buz mücadelesi (KBM), KBM maliyeti, KBM ihalesi, Bakım Bilgi Formları (BBF), Birim Fiyat Teklifi (BFT).

Giriş

Kar yağışı ve buzlanma karayollarında trafik seyri ve güvenlik bakımından önemli sorunlara sebep olmaktadır. Kar ve buzun etkili olduğu bölgelerde sürtünme kuvveti azalmakta, can ve mal kayıplarına sebep olan trafik kazaları meydana gelmektedir. KBM çalışmaları, günümüzde özellikle soğuk iklim şartlarının hâkim olduğu bölgelerdeki yol ağlarının hizmete açık tutulması için önem arz etmektedir.

Ülkemizde her yıl karayollarının bakımına küçümsenmeyecek tutarlar harcanmaktadır. Bu harcamalar gerek yeni yol imalatı, gerekse yolların kışlık bakımlarının sağlanması için yapılmaktadır. Ülkemizde her ne kadar dört mevsimin aynı anda yaşandığı söylenebilir de, kış şartlarının zorlu geçtiği coğrafi bölgelerimiz de bulunmaktadır. Bu bağlamda, 2011 kış döneminde Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından KBM için ülke genelinde 20 milyon lira civarında ödenek ayrılmıştır (Kıgılı, 2014).

Karayolları ve havalimanlarında, buzlanmayla mücadele amacıyla birçok yöntem geliştirilmiştir. Mekanik yöntemler, küreme, tuzlama, kum ve kimyasal madde uygulanmasıdır. Karayollarında buz çözücüler katı veya sıvı halinde uygulanarak yol üzerinde oluşan buzun erimesini sağlayan ve trafik seyrini normal hale getiren ürünlerdir. Havaalanlarında ise KBM'de uygulanan yöntemlerden birisi; ısıtmalı kaplama sistemleridir. Bu

sistem, kaplama tabakaları arasına yalıtılmış elektrik iletkenli asfalt ile sandviç yapı oluşturmaktadır. Yalıtkan tabaka üzerinde yerleştirilen kablolar üzerine elektrik iletkenliği artırılmış grafit uygulamır ve üzeri asfalt kaplanarak sistem oluşturulur. Yağış öncesi veya yağış sırasında, hem kaplama yüzeyinin kar tutmasını engelleyip temiz kalması sağlanır, hem de yağış sonrası uygulandığında kaplamaya yapışık halde bulunan kar ve buzu çözer (Ahmedzade ve diğ. , 2007). Ancak günümüzde KBM'nin sadece bir takım malzemeleri kullanmaktan ibaret olmadığı, konunun yönetim ve işletme boyutlarının da önem kazanmakta olduğu unutulmamalıdır.

KGM'de halihazırda kış mücadelesi maliyetlerinin hesaplanmasında *BBF* yardımıyla bir hesaplama yapılmaktadır. Ödenekler de bu maliyet hesaplarına göre çıkmaktadır. Kurum, işleri kendisi yaptığı için yüksek ödeneklere rağmen istenilen verim alınmamaktadır. Maliyetleri azaltmak için, bu mücadelenin yüklenici firmalar tarafından yapılmasının maliyetleri düşüreceği düşüncesiyle, çalışma kapsamında *BFT* ihale yönteminin KBM işlerinde uygulanması önerilmiştir. Ülkemizde bu yöntem henüz uygulanmamaktadır.

Karayollarında kış mevsiminde yol bakım görevleri yüklenici bir firmaya verildiğinde çalıştırılan işçi maliyetlerinde azalma olacaktır. Kış bakımında kullanılacak malzemelerin toplam bedelinde de maliyet azalacaktır. Bunun yanı sıra şubelerde veya bakımevlerinde sürekli olarak ödenen elektrik, su ve doğalgaz vb. gibi faturaların maliyetleri düşecektir. Bu bildiriye, KGM 18. Bölge Müdürlüğü Tesisler ve Bakım Başmühendisliğinden elde edilen iki şubeye ait (Kars ve Ardahan) kışlık bakım bilgi formlarında kar ve buz mücadelesinde oluşan maliyetler incelenmiştir. Şubelerde kar ve buz mücadelesinde kullanılacak olan makinelerin günlük ortalama çalışma süreleri baz alınarak şubelerde yapılan bu çalışmaların yüklenici firma tarafından yapıldığında kış ayları için maliyeti hesaplanmıştır. Her iki durumda oluşan maliyet birbiriyle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar hem idare açısından hem de yüklenici açısından değerlendirilmiştir.

Kar Mücadelesi

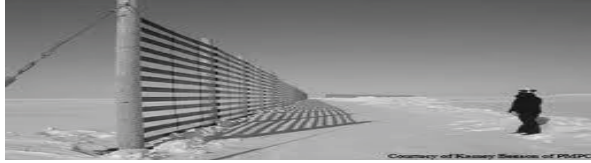
Yollarda ilk kar temizliği 1906 yılında, ABD'de Michigan eyaletinde, Dickenson Country'de yapılmıştır (Legault, 1960). Ülkemiz karayollarında ise ilk düzenli kar mücadelesi faaliyeti 1930 ile 1935 yılları arasında yapılmıştır. Ağır tipilere maruz kalan Erzurum-Trabzon şehirlerarası yolu, 1947 yılına kadar el aletleri kullanan ekiplerle açık tutulmaya çalışılmıştır (Kıgılı, 2014).

Yağan kar, yolda zamanla tehdit oluşturmaya başlar. Kar, soğuk havayla birleştiğinde kaplama tabakasında buz meydana gelir; bu da yolda büyük tehlikeler oluşturur. Kar mücadelesi, ileride karın yolda oluşturacağı tehlikeleri önlemek için çok önemlidir ve buz mücadelesinin tamamlayıcısı rolündedir. İyi bir kar mücadelesi sonucunda buz mücadelesine gerek kalmayabilir veya çok az bir buz mücadelesi faaliyeti ile yol tehditlerden arındırılabilir. Kar kontrolü programı; gerekli görülen yerlere kar siperleri yapılması sayesinde karın yol platformunda birikmesinin engellenmesini ve yağın karın kar makinalarıyla yol yüzeyinden mekanik olarak uzaklaştırılmasını içermektedir.

Mümkün olduğu takdirde şehir içi geçişlerinde kar, kamyonlara yüklenerek uzak mesafelere taşınmalıdır. Gelişmiş ülkelerde özellikle çok şeritli yollarda kar küreme uygulamaları, arka arkaya sıralanmış, kademeli veya şaşırtmalı dizilmiş kar mücadele araçlarıyla yapılmaktadır. Karın yolda birikmesini önleyecek en önemli husus; kar siperleridir (Şekil 1). Bu mücadele,

yol dışında yapılırsa, hem ekonomik olacak hem yoldaki bozulmalar daha az olacak, hem de buzlanma azalacaktır. Kar siperlerinin çalışması esası, kar taşıyan (sürüyen) rüzgârların hızını düşürerek hareketli olan karı, kar siperlerinin önünde ve arkasında biriktirmektir (KGM, 1998).

Kar siperleri, yolda en fazla kar birikmesinin muhtemel olduğu kesimlere dikilir. Birikinti oluşan yol kesimleri dikkatli bir kontrole tabi tutulmalı, arazinin özelliklerini ve hâkim rüzgâr yönlerini tespit ederek, alınacak önleyici tedbirler bu verilere dayandırılmalıdır. Kar siperinin önünde ve arkasında biriken kar uzunluğu ve derinliği kar siperinin şekline ve ölçütlerine bağlıdır (KGM, 1998; Josiah ve Majeski, 2002).



Şekil 1 Enine şeritli kar siperleri, Kanada.

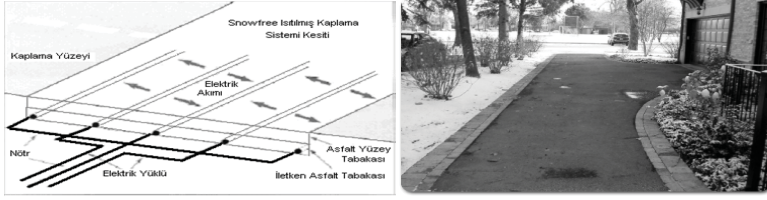
Buz Mücadelesi

Buzlanma, kaplama üzerindeki karın trafik altında sıkışarak sulu kar haline geldikten sonra sıcaklığının düşmesi veya kaplama üzerindeki nemin ya da suyun donmasıyla oluşmaktadır. Buzlanmanın önlenmesi ana hatlarıyla; kurulan elektronik, mekanik ve haberleşme sistemleri ile, yol yüzeyi buz tutmadan önce müdahale edilerek trafik seyrini aksamadan sürdürülebilmeyi içeren tedbirlerden oluşur (Kuloğlu ve Kök, 2005).

İki farklı buzla mücadele yöntemi vardır: kaplama üzerindeki oluşmuş buzun çözülmesi (de-icing) ve kaplamanın buz tutmasının önlenmesi (anti-icing). Buzun çözülmesinde, mevcut buzun aşındırıcılar ve/veya kimyasallar kullanarak çözmek ya da yol ile bağlantısını koparmak amaçlanmaktadır. Buzlanmanın önlenmesi, kar yağışından önce ya da kar yağışı esnasında karın yüzeye yapışmasını ve buzlanma oluşumunu önlemeye yönelik çalışmalardır.

Kar ve buz ile daha hızlı, etkili ve ekonomik bir şekilde mücadele etmek amacıyla teknolojik gelişmelerden faydalanılarak “Otomatik Buzlanma Önleyici Sprey” ve “Elektrik İletkenli Asfalt Kaplama Sistemi (Snowfree®)” olarak adlandırılan sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerin tam olarak uygulanabilmesi için hava ve kaplama durumu ile ilgili verilerin doğru ve hızlı bir şekilde uygulama merkezlerine iletilmesi gerekmektedir. Kaplama ve hava ile ilgili verilerin toplanması amacıyla Yol Meteoroloji Bilgi Sistemleri (RWIS) geliştirilmiştir.

Grafit, asfalt ve elektrik kullanılan Snowfree® Sistemi, asfalt karışımının elektrik iletkenliğini artırarak, uygulanan elektriğin ısı enerjisine dönüştürülmesi ve bu ısı ile kaplama yüzeyindeki kar ve buzun eritilmesi prensibine dayanmaktadır (Şekil 2). Kablolara elektrik yükü uygulanması ile elektrik yüklü kablolardan nötr kablolara doğru bir elektrik akımı meydana gelmekte ve akım iletken kaplamadan geçerken iletken kaplamanın iç direnci sayesinde ısı oluşmaktadır. Oluşan bu ısı iletken kaplamanın üzerinde bulunan normal asfalt kaplama tabakasını ısıtarak yüzeyde bulunan kar ve buzun erimesi sağlanmaktadır (Derwin ve diğ., 2003).



Şekil 2 Snowfree sistemi enkesiti ve uygulamayla karın eritilmesi (Goodwin, 2003)

Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılabilecek İhale Yöntemleri

Karayollarında KBM ihaleleri, yapılacak imalatın miktarının ve zamanının baştan tam olarak belli olmadığı ihalelerdir. Tablo 1 de gösterilen ihalelerin avantajları ve dezavantajları göz önüne alındığında KBM ihalelerinin açık ihale ve birim fiyat usulü olarak yapılması uygun olacaktır. KBM işleri KGM’de, bölge müdürlüklerine bağlı şube müdürlükleri tarafından yürütülmektedir. KGM’nin yaptığı işler çok büyük kapsamlı işler olduğundan bu ihale türü ile kesin bir son maliyet vermekten kaçınılmıştır. Böylece yüklenici zor durumda bırakılmamıştır. Ayrıca yapılan işler çok yüksek değerde olduğundan Maliyet + Kâr usulü ihaleden de kaçınılmıştır. Böylece yüklenicilerin fazladan gereksiz işler yapıp haksız bir fazla maliyet çıkmasına engel olunmuştur.

Tablo 1 İhale çeşitlerinin önemli avantajları ve dezavantajları (Kıgılı, 2014)

İhaleler	Avantajları	Dezavantajları
Birim Fiyat	Proje kapsamı ve miktarları kolayca ayarlanabilir. Fiyat kırımları fazla olabilir.	Son maliyet kesin olarak belli değildir. % 20 fazla ödeme yapılabilir.
Anahtar Teslim	Başlangıçta maliyetin ne kadar olacağı kesin olarak bilinir. İşverenin riski, başlangıçta maliyet belli olduğundan düşüktür.	Bu ihale türünde son maliyet değişmeyeceğinden yüklenici aksaklıklardan meydana gelen maddi farkları kendi ödemek zorundadır.
Maliyet + Kâr	Maliyet + kâr usulü ihalede, kâr oranı önceden belirlenmiş olduğundan, maliyeti azaltarak kârı artırma yönündeki eğilimlerin önüne geçilmiş olmaktadır.	Kâr miktarını artırmak amacıyla suni maliyet artışlarına neden olacak gereksiz harcamalar yapma eğilimi ve malzeme israfı artabilir.

Soğuk iklim kuşaklarında veya yakınındaki Fransa, İtalya, Almanya, Kanada, Rusya ve Norveç gibi ülkelerde ise KBM devlet yollarında ilgili idareler tarafından yapılmakta iken otoyollarda yüklenici firmalara yaptırılmaktadır (Kıgılı, 2014). Bu ülkelerde karayollarında KBM, eyalet içi yol bağlantılarında veya şehir sınırları içerisinde ilgili yerel yönetimler (belediyeler) tarafından, şehirlerarası yollar ise ilgili bakanlıklar tarafından yapılmaktadır. Otoyollarda kar ve buzla mücadele ilgili idareler tarafından ihale edilmektedir. Bu ihalelere açık ihale usulü olarak çıkmaktadır. Açık ihale usulü tercih edildiğinden, bu ihalelere, davet edilen ya da edilmeyen bütün firmalar katılabilmektedir.

Kar ve buzla mücadele ihaleleri, hizmet alım ihalesidir. En uygun fiyatla en iyi hizmeti almak için çıkılan ihalelerdir. Trafik yüksek hızda seyrettiğinden otoyollarda buzlanmayı önlemek ciddi maliyet getirmekte ve sürekli bir çalışma gerektirmektedir. İlgili idareler, bu ihalelerde yüklenici firmaya yapmış oldukları hizmet karşılığında yıllık otoyol gelirinin belirli bir

yüzdesini vermeyi vaad etmektedir. Özel teknik şartnameler ve makine teknik şartnameleri ise çok sıkı değildir. Çünkü asıl amaç, yolun üzerinin beyaz bir renk almamasıdır. Şartnamede de temel madde budur. Yani kar kaplamanın üzerine düştüğü anda kimyasal maddeler ve tuzlarla müdahale edilmelidir. Bu şartı yerine getirmeyi kabul eden ve en uygun fiyatı veren firmalar ihaleyi kazanacaktır. Şartı yerine getirmeyen firmalar ise çeşitli yaptırımlara ve cezalara maruz kalmaktadır (Kıgılı, 2014).

Kar ve Buz Mücadelesinde Yeni Bir Maliyet Hesabı Önerisi

Şube müdürlükleri KBM'yi yürütmeye maliyetleri belirlemek için *BBF* çıkarmaktadır. Bu bildiriye, KBM maliyetlerini bulurken, *BBF* maliyetleri ile, işi yüklenici firmanın yapması halinde oluşacak *BFT* maliyetleri kıyaslanacaktır. Bunun için maliyet azalmasının mevcut duruma oranı aşağıdaki gibi t. yıl için hesaplanır.

$$MAO_t = (M_{BBF, kar-buz} - M_{BFT, kar-buz}) / (M_{BBF, kar-buz}) \quad (1)$$

M_k^p _{BBF}: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam *BBF* maliyeti [TL/altı ay]

M_k^p _{BFT}: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam *BFT* maliyeti [TL/altı ay]

Beklenen maliyet azalma oranı (MAO_t) 0 ile 1 arasında pozitif bir rasyonel sayıdır. Bu çalışmada kar ve buz mücadelesinin fazla olduğu 18. (Kars) Bölgeye bağlı 181. (Kars) ve 183. (Ardahan) şubelerinin maliyetleri dikkate alınmıştır (Kıgılı, 2014).

Mevcut Yöntem: Bakım Bilgi Formuyla (*BBF*) Maliyet Hesabı

KGM'de şubelerde kar ve buzlanma olaylarında bakım maliyetlerini çıkarmak için öncelikle kullanılacak her bir makinenin ayrı ayrı saatlik maliyeti hesaplanmaktadır. Daha sonra *BBF*'de mevcut her bir makinenin miktarı ile şube şefliklerinden teyit edilen günlük ortalama saatlik çalışması temin edilmektedir. Sonrasında ise araç miktarı, çalışma süreleri dikkate alınarak ilgili makinenin o döneme ait maliyeti hesaplanmaktadır.

Karayollarındaki bakım çalışması maliyetleri, altı aylık *BBF*'de kayıt altına alınmaktadır. Bu formlar yıllık 1 Ocak-30 Haziran ve 1 Temmuz-31 Aralık tarihleri arasında düzenli olarak tutulmaktadır. Bu bilgi formlarında brüt personel giderleri, yedek parça ve inşaat malzemesi giderleri, tuz maliyeti, agrega maliyeti, asfalt maliyeti, doğalgaz, mazot ve yağ giderleri, telefon, elektrik ve su giderleri bulunmaktadır (Şekil 3'te Kars (181)* şubesine ait form verilmiştir). Formlardaki maliyetler, şubelerin bakım için yaptıkları çalışmaların toplam maliyetlerini oluşturmaktadır. Asfalt maliyetinin, KBM maliyetiyle ilgisi olmadığı için bu maliyetler toplam maliyete dahil edilmeyecektir. *BBF*'de ayrıca bakım ağında bulunan yollar ve kar mücadelesi yapılan yolların ayrıntıları verilmiştir. Bu formlarda şubenin sahip olduğu makine parkı ise liste halinde bulunmaktadır. Karayollarında şubelerin yapmış oldukları bakım çalışmalarında ortaya çıkan maliyetlerin hepsi *BBF*'de

* 1 Ocak 2011-30 Haziran 2011 döneminde Kars (181. Şube) 18. Bölge Müdürlüğü bünyesinde değil 12. Bölge Müdürlüğü bünyesinde olduğundan bu dönemde 124. Şube olarak görülmektedir.

M_k^p yakıt-yağ: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam yakıt ve yağ gideri [TL/altı ay].

M_k^p TES: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam telefon, elektrik ve su faturası tutarı [TL/altı ay]

Tuz ve agrega maliyetleri ise, bu malzemelere ait birim fiyatların kullanılan miktarla çarpımı olarak aşağıdaki şekilde bulunur:

$$M_k^p \text{ tuz} = X_k^p \text{ tuz} \cdot b_{\text{tuz}} \quad (5)$$

$$M_k^p \text{ agrega} = X_k^p \text{ agrega} \cdot b_{\text{agrega}} \quad (6)$$

$X_k^p \text{ tuz}$: p. şubede k. altı aylık dilimde kullanılan toplam tuz miktarı [ton/altı ay]

b_{tuz} : Tuz birim fiyatı [TL/ton]

$X_k^p \text{ agrega}$: p. şubede k. altı aylık dilimde kullanılan toplam agrega miktarı [m^3 /altı ay]

b_{agrega} : Agrega birim fiyatı [TL/ m^3]

Altı aylık bakım bilgi formlarında birinci altı aylık bilgi formunda kış mücadelesinde fiilen çalışılan Ocak, Şubat ve Mart ayları dikkate alınmıştır. İkinci altı aylık bakım bilgi formunda ise fiilen çalışılan Ekim, Kasım ve Aralık ayları dikkate alınmıştır. Bu yüzden bakım bilgi formlarında toplam maliyetten asfalt maliyeti çıkarıldıktan sonra, her iki formda da fiilen çalışılan üç aylık kısmı bulmak için, maliyetin yarısı alınır (Bu maliyet 2'ye bölünür). Bu durumda, p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde *BBF* yöntemiyle en son hesaplanan toplam kış mücadelesi maliyeti,

$$M_k^p \text{ BBF, kar-buz} = M_k^p \text{ BBF, kar-buz-TÜM} / 2 \quad (7)$$

şeklinde hesaplanır. Bir bölgede n adet KBM yapılan şube bulunduğu varsayılırsa, bölgenin yıllık toplam kış mücadelesi maliyeti [TL/yıl], aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$M_{\text{BBF, kar-buz}} = \sum_{\substack{p=1 \\ k=1,2}}^n M_k^p \text{ BBF, kar-buz} \quad (8)$$

Önerilen Yöntem: Birim Fiyat Teklifiyle (BFT) Maliyet Hesabı

Bilindiği gibi, bu ihale yönteminde, yapılan işlerin bedeli belirlenirken birim fiyatları esas alınmaktadır. Müteahhide yapılacak ödemenin tutarı belirlenirken, önce o dönemdeki işlerin metrajı çıkartılmaktadır. Takiben, her iş kaleminin miktarı, kendi birim fiyatı ile çarpılmakta ve elde edilen değerler toplanmaktadır. Her bir birim fiyatın ise, malzeme, işçilik, masraflar ve yüklenici kârını içerecek şekilde belirlendiği unutulmamalıdır. Ayrıca bu sayede maliyetlerin düşmesinin yanı sıra, verilen hizmetlerdeki kalite standartlarının da yükseleceği beklenmektedir. Nitekim, kar ve buzla mücadele çalışmalarında kış aylarında soğuktan ve yolların kaygan olmasından dolayı birçok sorun yaşanabilmektedir. Meselâ greyderin veya kamyonun arızalanması durumunda devlet malı olduğunda bu araçların tamirinin yapılması beklenir. Fakat; kendi malı olduğunda müteahhit sözleşme gereği işin aksamaması için araçların yedeklerini ya olay yerinde bulundurmalıdır ya da aksaklık olduğunda aracı temin etmek zorundadır (Kıgılı, 2014).

Karayollarında kar ve buzla mücadele için kullanılan araçlar, greyder, lastik tekerlekli yükleyici, kamyon, rotatif kamyon olarak dört grupta toplanır. İlk altı aylık dilimde oluşacak toplam kar ve buz maliyeti, söz konusu araçların bu süre içerisinde çalışmasıyla oluşan

maliyetlerin toplamı alınarak hesaplanacaktır. Bu araçların günlük ortalama çalışma süreleri, genellikle bölge ve buldukları şube şartlarına göre değişmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen şubelere ait değerler, şube şefleri ve Tesisler ve Bakım Başmühendisliğinden alınan bilgiler doğrultusunda belirlenmektedir. Söz konusu günlük ortalama çalışma süreleri; greyder için 5 saat/gün, lastik tekerlekli yükleyici için 3 saat/gün, kamyon için 7 saat/gün, rotatif kamyon için 3 saat/gün olarak belirlenmiştir.

KGM bu işlerin yapılmasını müteahhit firmalara verdiği zaman, bu işe dair hazırlanmış olduğu birim teklif cetvelleriyle işin yaklaşık maliyetini belirler. Bu yaklaşık maliyet KGM'nin veya Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın hazırlanmış olduğu birim fiyatlara göre belirlenmektedir. Burada değişik pozların alt pozları veya rayiçleri olabilmektedir. Alt pozların toplam maliyeti, o poza ait maliyeti göstermektedir. Birim fiyatların her yıl yenileri çıkarılmaktadır. İş hangi yıl yapılacaksa o yılın birim fiyatlarına göre toplam maliyet belirlenmektedir.

İşi şubenin yaptığı durumdaki maliyetlerle (*BBF*), müteahhit firmanın yaptığı durumdaki maliyetleri (*BFT*) kıyaslamak için, şubenin altı aylık zaman dilimlerinde sahip olduğu makine parkı listesine göre şubede kaç tane araç varsa o kadar aracın çalıştırılacağı öngörülebilecektir. Ayrıca yukarıda değinildiği gibi, şube şefleriyle yapılmış görüşmelerle her bir aracın günlük ortalama çalışma süreleri baz alınacaktır. Sonuç olarak, tüm makinelerin maliyetleri toplandığında, birinci altı aylık dilim içerisinde KBM'yi müteahhit yaptığımda ortaya çıkan maliyet belirlenmiş olacaktır. Önerilen yöntemin bir diğer avantajı ise yapılan hesaplamaların daha hassas olmasıdır. Nitekim *BBF* yönteminde 6 aylık dilim içindeki kış mücadelesi yapılan ayların (meselâ Ocak, Şubat, Mart) maliyetini bulmak için formun toplam maliyetinin kabaca yarısı hesaba katılmaktadır. Önerilen yöntemde ise, işin ucu belli olmadığı ve hava şartlarına göre değiştiği için, kaç gün çalışıldığı açık olarak ortaya konmaktadır. Böylece çözüm yöntemi, iki taraf (idare ve müteahhit) için de daha hakkaniyetli olmaktadır (Kıgılı, 2014).

BFT'den yararlanarak maliyet analizi aşağıdaki formülasyon yardımıyla yapılacaktır. Altı aylık *BFT* cetveli ile yapılan KBM maliyeti aşağıdaki gibi üç parçadan meydana gelmektedir:

$$M_k^p_{BFT, kar-buz} = M_k^p_{BFT} + M_k^p_{tuz} + M_k^p_{agrega} \quad (9)$$

$M_k^p_{BFT}$: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam *BFT* maliyeti [TL/altı ay]

$M_k^p_{tuz}$: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam tuz maliyeti (eşitlik 5'deki gibi hesaplanır) [TL/altı ay]

$M_k^p_{agrega}$: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam agrega maliyeti (eşitlik 6'daki gibi hesaplanır) [TL/altı ay]

p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde toplam *BFT* maliyeti, $M_k^p_{BFT}$ ise, p. şubedeki i türü bütün iş makinelerinin k. altı aylık dilimdeki çalışma maliyetlerinin toplamı [TL/altı ay] olup aşağıda ifade edilmiştir:

$$M_k^p_{BFT} = \sum_{i=1}^n M_{i,k}^p \quad (10)$$

p. şubedeki $N_{i,k}^p$ adet i türü iş makinesinin k. altı aylık dilimdeki toplam çalışma maliyeti [TL/altı ay] ise, aşağıdaki şekilde, i türü iş makinesinin toplam saatlik birim fiyatı ile p. şubede i türü iş makinesinin k. altı aylık dilimdeki toplam çalışma süresinin çarpımlarının toplanmasıyla bulunur.

$$M_{i,k}^p = M_i^{s,b} \cdot T_{i,k}^p \quad (11)$$

i türü iş makinesinin toplam saatlik birim fiyatı, aşağıda ifade edildiği şekilde, “i türü iş makinesinin toplam saatlik maliyeti” ve “i türü iş makinesi için taşeron kârı ve genel masraf miktarı”nın toplamında oluşur:

$$M_i^{s,b} : M_i^s + M_i^t \quad (12)$$

$M_i^{s,b}$: i türü iş makinesinin toplam saatlik birim fiyatı [TL/sa]

M_i^s : i türü iş makinesinin toplam saatlik maliyeti [TL/sa]

M_i^t : i türü iş makinesi için taşeron kârı ve genel masraf miktarı [TL/sa]

i türü iş makinesinin toplam saatlik maliyeti ise, rayiçlerinin yani alt pozuna konu olan kalemlerin miktarı ve bu rayiçlere ait birim fiyat cinsinden aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$M_i^s = \sum_{j=1}^m (X_{ij} \cdot b_{ij}) \quad (13)$$

X_{ij} : i türü iş makinesinin j. rayicinin saatlik miktarı [kg/sa; kişi/sa]

b_{ij} : i türü iş makinesinin j. rayicinin birim fiyatı [TL/kg; TL/kişi]

Bilindiği gibi KBM’de dört tür iş makinesi (i=4) kullanılmaktadır. Bu makinelerle yapılan işlerin özelliklerine göre, bulundukları alt pozların (rayiçlerin) türü ve sayısı da değişebilmektedir. Greyder 1. iş makinesi (m=4 adet alt pozu var), lastik tekerlekli yükleyici 2. makine (m=5 adet alt pozu var), kamyon 3. makine (m=3 adet alt pozu var) ve rotatif kamyon 4. makine (m=3 adet alt pozu var) şeklinde adlandırılıp, bunlara ait toplam saatlik maliyetler, rayiçlerine göre şöyle yazılır:

$$M_1^s = X_{11} \cdot b_{11} + X_{12} \cdot b_{12} + X_{13} \cdot b_{13} + X_{14} \cdot b_{14} \quad (14a)$$

$$M_2^s = X_{21} \cdot b_{21} + X_{22} \cdot b_{22} + X_{23} \cdot b_{23} + X_{24} \cdot b_{24} + X_{25} \cdot b_{25} \quad (14b)$$

$$M_3^s = X_{31} \cdot b_{31} + X_{32} \cdot b_{32} + X_{33} \cdot b_{33} \quad (14c)$$

$$M_4^s = X_{41} \cdot b_{41} + X_{42} \cdot b_{42} + X_{43} \cdot b_{43} \quad (14d)$$

i türü iş makinesi için taşeron kârı ve genel masraf miktarı ise, i türü iş makinesinin toplam saatlik maliyetinin belirli bir yüzdesidir:

$$M_i^t = M_i^s \cdot \alpha \quad (15)$$

α : Tüm iş makineleri için taşeron kârı ve genel masraf yüzdesi.

BFT hesap yönteminde p. şubede i türü iş makinesinin k. altı aylık dilimdeki toplam çalışma süresi; p. şubedeki KBM için kullanılan araçların k. altı aylık dilim içindeki çalışma süresi, ilgili dilimde şubedeki araç sayısı ve bunların ortalama günlük çalışma süresine bağlıdır. Hesaplama aşağıdaki gibi yapılır:

$$T_{i,k}^p = t_k^p \cdot N_{i,k}^p \cdot S_i \quad (16)$$

$T_{i,k}^p$: p. şubede i türü iş makinesinin k. altı aylık dilimdeki toplam çalışma süresi [saat/altı ay]
 t_k^p : p. şubedeki KBM için kullanılan araçların k. altı aylık dilim içindeki çalışma süresi [gün/altı ay]
 $N_{i,k}^p$: p. şubede k. altı aylık dilim içerisinde i türü araç sayısı [adet]
 S_i : i türü iş makinesinin günlük ortalama çalışma süresi [sa/gün]

Sonuç olarak, bir bölgede n adet KBM yapılan şube bulunduğu varsayılırsa, *BFT* yöntemiyle bölgenin yıllık toplam kış mücadelesi maliyeti [TL/yıl], aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$M_{BFT, kar-buz} = \sum_{\substack{p=1 \\ k=1,2}}^n M_k^p \text{ }_{BFT, kar-buz} \quad (17)$$

Maliyet azalmasının yıllık TL bazlı toplam değerlerden etkilenmeden ortaya konulabilmesi için, daha önce değinildiği gibi oran olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Hesaplanan yıllık maliyet azalma oranı (MAO_t) şubelerin toplamı olarak Tablo 2’de verilmiştir. Buna göre hesaplama yapılan 4 yıl için de *BFT* maliyeti yöntemi, *BBF* maliyeti yöntemine göre daha avantajlı sonuçlar vermiştir. Yapılan hesaplama göre önerilen yöntemin kullanılması durumunda 2010-2013 yılları arasında toplam 6.791.166,46 TL tasarruf etme imkânı söz konusudur (Tablo 2). 2012 yılı fiyatlarına göre yapılan hesaplamada, azalma oranı en yüksektir (%31,4) 2012 yılı bölgede kış hem sert geçmiştir, hem de işçilik maliyetleri (özellikle 183. şubede) yüksektir.

Tablo 2 Yıllara göre toplam maliyet azalma oranları

Yıllar	Şubeler Toplamı			MAO _t
	M _{BBF} (TL/yıl)	M _{BFT} (TL/yıl)	M _{BBF} - M _{BFT} (TL/yıl)	(M _{BBF} - M _{BFT}) / (M _{BBF})
2010	6.784.651,74	4.895.512,40	1.889.139,34	0,278
2011	4.789.312,14	3.466.170,06	1.323.142,08	0,276
2012	9.182.106,76	6.297.043,40	2.885.063,36	0,314
2013	7.685.345,28	6.991.523,60	693.821,68	0,090
Toplam	28.441.415,92	21.650.249,46	6.791.166,46	MAO _t ^{Ortalama} = 0,240

2013 yılında beklenen maliyet azalma oranı %9 düzeyindedir. Önceki yıllara göre daha düşük de olsa kabul edilebilir bir düzeydedir. 2013 yılı birim fiyatlarındaki artışlar ve her bir makinenin çalışma süresinin hesaplanmasında dikkate alınan değerlerin güvenli tarafta kalmak için yüksek tutulması dolayısıyla, MAO₂₀₁₃ değerinin diğerlerine göre daha düşük olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Sonuç

Dört yıllık maliyet azalmalarının ortalaması hesaplandığında ise MAO_t^{Ortalama} = % 24 bulunmuş olup, çalışmanın başında ortaya konulan hipotez ispatlanmış olmaktadır. Bu durumda farklı yıllardaki verilere dayanarak da, kar ve buz mücadelesinin yüklenici firmaya yaptırılmasının daha ekonomik olduğu görülmektedir.

BFT usulünde idarenin kârlı çıkacağı görülmüştür. Fakat kar ve buz mücadelesinde idare için en uygun olan ihale *BFT* olsa da, müteahhitler için zaman zaman kış şartlarının zorluğuna bağlı olarak cazip bir ihale usulü olmaktan çıkabilir. Yüklenici ihalede teklif etmiş olduğu

miktarın en çok %20 fazlasına kadar keşif artışı ücreti alabilecektir. Bunun yanında ihalede konulan şartlardan dolayı yolları sürekli açık tutmak zorundadır. Zorlu kış şartlarında yaptığı harcama %20 keşif artışı limitinin üzerine ne kadar çıksa da bunu idareden alamayacaktır. Birim fiyat usulü rekabetin fazla olduğu bir ihale usulüdür. Bu yüzden yüklenicilerin, rekabeti artırırken teklif ettikleri fiyatın en fazla %20 fazlasını alacakları gerçeğini unutmamaları gerekmektedir.

Yolun kapalı kaldığı herhangi bir durumda yüklenici firma, ihale şartnamesinde bulunan şartlara bağlı olarak idare tarafından cezalandırılacaktır. Cezalar yolların kapalı olduğu saat veya gün sayısına göre değişiklik göstermektedir. Yüklenici firmaların bu cezalardan korunması için sistemli bir şekilde çalışması gerekmektedir.

KGM bünyesinde bulunan araçlar bu türlü bakım çalışmalarında arızalandıklarında veya araçlarla ilgili sorun oluştuğunda çalışmalar durma noktasına gelmekte ve işler aksamaktadır. Yüklenici firmalar ise yapılan ihale öncesinde şartlar belirtilerek araçlarda sorun olduğu takdirde de başka araçları bulundurmamak zorunda olduğundan, yapılacak çalışmalar aksamayacaktır. Yani bu durumda hem kalite standartları artacaktır hem de maliyet azalacaktır. Bu sonuç yolların kışlık bakımı için yapılan çalışmaların yüklenici firmaya verilmesinin mantıklı olduğunu göstermektedir. Nitekim, KGM'nin 2013-2014 yıllarında, Doğudaki bölgelerde uygulamaya koymaya başladığı *BFT* maliyeti yöntemiyle kış mücadelesinde, kapalı yol sayısının azaldığı dolayısıyla kullanıcı memnuniyetinin arttığı gözlenmiştir. Bu yöntemin henüz kullanılmadığı Batı bölgelerinde ise sert geçen mevsim şartlarında yolların kapalı kalmasından dolayı, yol danışma hattını aramaların ve şikayetlerin arttığı dikkati çekmiştir. Kış şartlarının en sert geçtiği ve maliyetlerin oldukça yüksek bir şekilde ortaya çıktığı bir bölge örneğiyle sunulan model önerisi, Türkiye'nin diğer bölgeleri de dikkate alınıp genişletilebilir. Bu durumda ortaya çıkan maliyet azalmasının ve kullanıcı memnuniyetindeki artışın düzeyi de daha iyi anlaşılacaktır.

Kaynaklar

Ahmedzade, P., Yılmaz, M., ve Yılmaz, M., (2007) Kar ve Buz ile Mücadele Etmek Amacıyla Geliştirilen Daha Etkili ve Ekonomik Yeni Yöntemler. 7. Ulaştırma Kong., İstanbul.

Derwin, D., Booth, P., Zaleski, P., Marsey, W., Flood W., (2003) Snowfree® Heated Pavement System to Eliminate Icy Runways, SAE Technical Paper, pp. 358-364.

Goodwin, L.C., (2003) Best Practices for Road Weather Management. Road Weather Management Program Office of Transportation Operations Federal Highway Administration, FHWA-OP-03-081, 130 p. Washington.

Josiah S., and Majeski M., (2002) Living Snow Fences. University Of Minnesota Extension Service, 30 p.

KGM, (1998) Karayolları Bakım El Kitabı, KGM Ankara, s. 284-296.

Kıgılı, A., F. (2014) Karayollarında Kar ve Buz Mücadelesi Yönetiminde Yeni Bir Maliyet Hesabı Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kuloğlu N. ve Kök B.V., (2005) Karayollarında Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılan Tuzun Beton Asfalt Kaplamaya Etkisi. FÜ Fen ve Müh. Bilimleri Der., 17(1), s. 87-96.

Legault A.R., (1960) Highway and Airport Engineering, Prentice-Hall Civil Engineering and Engineering Mechanics Series, 483 s.

