

## KAZILMIŞ ASFALT KAPLAMALARIN YENİDEN KULLANILMASI

A. Gürkan GÜNGÖR<sup>1</sup>, Fatma ORHAN<sup>1</sup>, Serdar KAŞAK<sup>1</sup>, Yakup DOST<sup>2</sup>

### ÖZET

Zaman içinde bozulan yol üstyapısının onarımı sırasında kazılarak elde edilen malzemenin yeni yapılacak bitümlü sıcak karışım imalatında kullanılması, kaynaklarımızın teknik ve ekonomik açıdan doğru bir şekilde kullanılması açısından son derece önemlidir. Bu bildiri kapsamında, ülkemiz karayollarında ilk kez uygulanan kazılmış asfalt kaplamaların yeniden kullanımı amacıyla, “Sakarya Köprülü Kavşağı-Gümüşova (17.Bölge Müdürlüğü Sınırı) Arası Otoyol ve Bağlantı Yolları Üstyapı İyileştirilmesi ve Büyük Onarım İşi” kapsamında yapılan çalışmalar aktarılmaktadır. Bu ilk ciddi uygulama geri kazanılmış asfalt kaplamaların yeniden kullanılmasının önünün açılması, bu tür uygulamaların ülkemiz karayollarında da yapılabilirliğinin gösterilmesi açısından önem taşımaktadır.

### 1. GİRİŞ:

Asfalt kaplamaların faydalı ömrü, trafik hacmi, çevre ve iklim koşulları, taban zemini taşıma gücü, kullanılan malzemelerin kalitesi, drenaj sistemlerinin etkinliği ve yapım kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Zaman içinde bozulan yol üstyapısı bakım ve onarım faaliyetleri ile iyileştirilir. Buna rağmen trafik, çevre ve iklim koşulları altında bozulmalar artarak yol üstyapıları büyük onarımlar gerektirecektir. Bu aşamada mevcut yol üstyapısının bozulan kesimlerinden kazılarak elde edilen malzemenin yeni yapılacak bitümlü sıcak karışım imalatında kullanılması, kaynaklarımızın ekonomik açıdan doğru bir şekilde kullanılması açısından son derece önemlidir. Ülkemiz otoyollarının ve önemli devlet yollarının trafiğe açılış tarihleri göz önünde bulundurulduğunda, halen ve önümüzdeki yıllarda üstyapı iyileştirme faaliyetlerinin yoğun bir şekilde gündeme geleceği açıktır. Bu durumda kazılmış eski BSK tabakalarının içerisinde bulunan ekonomik değeri yüksek bitümlü bağlayıcı ve agreganın belirli işlemlerden sonra yeniden yol yapımında kullanılması maliyetleri azaltacağı gibi, çevrenin korunması açısından da son derece önemlidir.

Bununla birlikte, Türkiye’de, hem agregâ rezervlerinin hızla tükenmesi, hem de bitüm yönünden dışa bağımlılık ve çevre problemlerinin de daha da önem kazanacak olması ile, önümüzdeki 5-10 yıl içinde atık malzemelerin yol yapımında yeniden kullanılması zorunluluğu ile karşı karşıya kalınacaktır. Ülkemizdeki inşaat sektörünün büyüklüğü dikkate alındığında, bu yapıların gelecekteki rehabilitasyon ve yıkım çalışmaları sırasında çıkacak malzemelerin değerlendirilmesi için geri kazanım yönteminin ülkemizde de geliştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

1. İnş. Yük. Müh., Karayolları Genel Müdürlüğü, Üstyapı Şb. Md., Ankara

2. İnş. Yük. Müh., Ky. 17. Bl. Md., İstanbul

Ne yazık ki, ülkemizde şu an için yaygın olarak kullanılmayan fakat Avrupa'daki birçok ülkede ve Amerika'da sıkça kullanılan geri dönüşüm uygulamalarından birisi de asfalt karışım geri dönüşümüdür. Son yıllarda petrol ürünleri fiyatındaki büyük artış, kaliteli agrega temininin güç olması asfalt kaplamalardaki malzemelerin yeniden değerlendirilmesine olan ilgiyi oldukça arttırmıştır (1).

Kazılmış asfalt kaplamaların yeniden kullanılması (recycling) tekniği yeni bir teknik değildir. Geçmiş 25-30 yıl geriye dayanır. Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa ülkelerinde özellikle Almanya ve Fransa'da yaygın olarak geri kazanılmış asfalt kaplama karışım teknikleri uygulanmaktadır. Günümüzde asfalt kaplamaların kazılması sonucu elde edilen geri kazanım malzemelerinin yeni yapılacak kaplama tabakasındaki kullanım oranları, geliştirilen teknik ve uygulama yöntemleri sayesinde % 80'e varan oranlara çıkabilmektedir.

## **2. GERİ DÖNÜŞÜMÜN FAYDALARI:**

Bozulmuş asfalt kaplamaların kazılarak bitümlü sıcak karışımlarda yeniden kullanılması ile genel olarak aşağıdaki faydalar sağlanabilmektedir(2).

1. Kazınan BSK tabakası tekrar kullanılarak milli kaynakların korunması ve/veya değerlendirilmesi ile ekonomik kazanımlar elde edilir.
2. Geri dönüşüm, yeni malzeme ihtiyacını azaltarak doğal kaynakların korunması ve atık sahalarının oluşmaması açısından çevrenin korunmasına katkı sağlar.
3. Mevcut kaplamanın üzerine yeni kaplama yapılması halinde yansıma çatlaklarının önlenememesi, kot yükselmesi vb. sorunlar giderilebilir.
4. Mevcut kaplama yapısı üzerine kalın bir tabaka eklenmeksizin geri dönüştürülerek daha mukavim bir tabaka elde edilir.
5. Geri dönüşüm, geleneksel yapım teknikleriyle karşılaştırıldığında büyük miktarda enerji tasarrufu sağlayabilir.

Geri kazanılmış karışımların laboratuvar ve uygulama sonuçlarının değerlendirilmeleriyle elde edilen bilgi birikimi ve yeni gelişmelerin takibi ile geri dönüşümün en cazip rehabilitasyon tekniklerinden biri olmaya devam edecektir.

## **3. GERİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ VE STRATEJİLERİ**

Geri dönüşüm yönteminde genel olarak, bozulmuş aşınma tabakası veya gerekli ise, aşınma tabakasının altındaki tabakaların bir kısmı veya tamamı kazılır, elde edilen malzemeye dizaynla belirlenecek miktarda yeni agrega, bitümlü bağlayıcı ve zaman içerisinde sertleşmiş yaşlı bitümün viskozitesini düşürmek amacıyla, katkı ilave edilir, elde edilen karışımdan istenilen kalınlıkta asfalt kaplama yapılarak geri dönüşüm uygulaması tamamlanmış olur.

Çeşitli kaplama bozulma türleri ve yapısal gereksinimler için günümüzde çeşitli geri dönüşüm metotları mevcuttur. Asfalt geri dönüşüm ve rehabilitasyon birliği (Asphalt Recycling and Reclaiming Association-ARRA) beş farklı geri dönüşüm

tekniki tarif etmektedir: Soğuk düzeltme (cold planing), sıcak geri dönüşüm (hot recycling), sıcak yerinde geri dönüşüm (hot in-place recycling), soğuk yerinde geri dönüşüm (cold in-place recycling) ve tam derinlikten geri kazanma (full depth reclamation).

Soğuk düzeltme, asfalt kaplamayı arzu edilen bir derinlikte kaldırarak çukur, tekerlek izi ve diğer bozulma türlerinden arındırılmış, istenilen eğimde yeni kaplama elde edilmesi şeklindeki yüzey iyileştirme yöntemi olarak ifade edilir. Bu metod sürtünme direncini artırmak için kaplamaların pürüzlendirilmesinde kullanılabilir. Soğuk düzeltme, çalışma sahasından kaldırılarak kamyonlara yüklenen geri kazanılmış asfalt kaplama ile pervaneli döner silindir soğuk düzeltme makinesi ile yapılır.

Sıcak geri dönüşüm, sıcak karışım asfaltları üretmek için, geri kazanılan asfalt kaplama (RAP) malzemesinin yeni malzeme ve gerekirse katkı ilavesiyle birleştirilerek yapılan dönüşümdür. Hem harman tipi hem de tambur tipi sıcak karışım plantleri geri kazanılmış karışımlar üretmek için kullanılır. Klasik yöntemlerde olduğu gibi RAP malzemeleri öğütme veya sökme ve kırma operasyonları ile elde edilebilir. Kazılıp sökülen asfalt tabakası asfalt plantine taşınır. Karıştırma, serme ve sıkıştırma ekipmanı ve prosedürleri BSK üretiminde olduğu gibidir. RAP malzemesinin yeni karışımda kullanılma oranı eğer RAP malzemesi soğuk olarak karıştırıcıya alınıyorsa %10-%30 arasında, RAP malzemesi önceden ısıtılarak karıştırıcıya alınıyorsa %80' leri bulabilmektedir. Sıcak karışım geri dönüşümün avantajı önemli bir yapısal sağlamlığın olması, geleneksel BSK ile karşılaştırıldığında ona eşit veya daha iyi performans göstermesi ve çoğu yüzey kusurlarına, deformasyonlara ve çatlamalara karşı dirençli olmasıdır.

Sıcak yerinde geri dönüşümde (HIPR); kazıma makinesi yoldaki bozulmuş kaplamayı kazıyarak söker ve kendisini takip eden mobil asfalt plantine aktarır. Geri kazanım aşaması boyunca RAP malzemeye yeni agrega, bitümlü bağlayıcı ve geri dönüşüm katkısı eklenerek ısıtılır, mobil planti takip eden finişere aktarılır ve serilip sıkıştırılarak geri kazanım BSK tabakası elde edilir. Onarma derinliği 19mm ile 38mm arasında değişir. Yerinde sıcak geri dönüşümün avantajları; yüzey çatlakları önlenir, tekerlek izleri, ötelenmeler, ondülasyonlar ve çukurlaşmalar düzeltilir, yaşlanmış bitümlü bağlayıcı gençleştirilir, trafik kesinti süresi ve nakliye maliyeti minimumdur.

Soğuk yerinde geri dönüşümde, var olan kaplama malzemesi sıcaklık uygulamadan yeniden kullanılır. Herhangi bir geri dönüşüm katkısı kullanımının dışında genellikle hiçbir malzeme taşınması gerekmez ve bu yüzden nakliye maliyeti oldukça düşüktür. Normalde, geri dönüşüm katkısı olarak bitüm emülsiyonu eklenir. Yöntem varolan kaplamayı ufalama, RAP'ı boyutlandırma, geri dönüşüm katkısını uygulama, karıştırma, serme ve sıkıştırma aşamalarını içermektedir. Ufalama, eleme, kırma ve karıştırma birimlerinden oluşan geri dönüşüm treninin kullanımı oldukça yaygındır. Onarım derinliği 75mm'den 100mm'ye kadar değişmektedir. Soğuk yerinde geri dönüşümün avantajları; önemli bir yapısal iyileştirmeyi içermesi, çoğu kaplama bozulmalarını onarması, seyahat konforunu artırması ve minimum nakliye maliyeti olarak sıralanabilir.

Tam derinlikten geri kazanım, stabilize bir temel tabakası oluşturmak için asfalt kaplama tabakalarının tamamının ve taban malzemesinin önceden tespit edilen miktarının işleme alındığı geri dönüşüm metodu olarak tarif edilir. İyileştirme sırasında bitüm emülsiyonu, portland çimentosu, uçucu kül ve kireç gibi kimyasal katkıları

eklenebilir. Bu süreçteki beş temel adım kazıma-ufalama, katkının uygulanması, karıştırma, serme ve sıkıştırma. Bu geri dönüşüm metodu normalde 100mm'den 305mm kalınlığa kadar yapılır. Bu yönteminin sıcak geri kazanıma göre daha az mukavemetli olması, yerinde yapılan geri kazanımların daha az kontrol dışında olması gibi dezavantajları olsa da; hafif trafikli yollarda uygulanmasında, eski kaplamalardaki yüzey bozukluklarının giderilmesi, taşıt işletme maliyetlerinin azaltılması, tüm eski malzemenin nakliye yapılmadan yeniden kullanılması, trafiğe kısa sürede açılması, çevre kirliliği olmaması gibi önemli avantajları bulunmaktadır.

Bütün farklı geri dönüşüm teknikleri geleneksel rehabilitasyon tekniklerine karşı bazı avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, geri dönüşüm yönteminin belirlenmesinde mevcut yol yüzeyindeki bozulmaların tipi, şiddeti ve yoğunluğu etkili olmaktadır. Çünkü bütün geri dönüşüm metotları farklı bozulma tiplerini onarmak için aynı etkinlikte değildir. Bu nedenle, mevcut yolun performans gözlemleri yapılarak uygulanabilir metotların değerlendirilmesi geri kazanım yöntemine karar vermeden önce gereklidir.

ARRA tarafından bozulma türleri önceliklerine göre (1) yüzey kusurları, (2) deformasyonlar, (3) çatlama, (4) bakım yamaları, (5) temel/alttemel problemleri, (6) seyahat konforu/pürüzlülük olarak sıralanmaktadır(3). Bu bozulma türlerine göre ARRA alternatif geri kazanım yöntemini seçmek için Tablo 1'i önermektedir. Bu tablo, sıcak karışım geri dönüşümünün temel ve alttemel problemleri hariç bütün bozulmaların onarılmasında kullanılabilirliğini göstermektedir.

Tablo 1. Geri kazanım metodu seçim kılavuzu

Kaplama bozulma tipi	Soğuk düzeltme	Sıcak geri dönüşüm	Sıcak yerinde geri dönüşüm	Soğuk yerinde geri dönüşüm	Tam derinlikten geri kazanım
Yüzey kusurları					
Sökülme	X	X	X		
Cırlanma	X	X	X		
Kalıcı Deformasyon					
Tekerlek izi-sığ	X	X	X		
Tekerlek izi-derin		X		X	X
Çatlaklar/trafikten kaynaklanan					
Timsah sırtı		X		X	X
Boyuna çatlaklar		X	X	X	X
Kaplama kenarı çatlakları		X		X	X
Yansıma çatlakları		X	X		
Çatlaklar/trafikten kaynaklanmayan					
Blok tipi çatlaklar		X		X	X
Boyuna çatlaklar		X	X		
Enine çatlaklar		X		X	X
Yamalar					
Yüzeysel yamalar		X			X
Derin yamalar		X			X
Problemlili temel/alttemel					X
Seyahat konforu/pürüzlülük					
Genel olarak pürüzlü	X	X	X		
Çukur	X	X	X		X

### **3. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Karayolları Genel Müdürlüğünün sorumluluğunda İstanbul' u Ankara' ya bağlayan O-4 otoyolunun "Sakarya Köprüsü Kavşağı - Gümüşova arasında yol üstyapısında oluşan bozulmaların iyileştirilmesi sırasında elde edilecek kazılmış malzemenin, yeni yapılacak olan BSK tabakalarında kullanılması planlanmış ve 2006 yılında işin ihalesi Ky. 17. Bl. Md tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu kesimde otoyol trafiğe açıldığı 90' 11 yıllardan itibaren herhangi bir büyük onarım görmemiş olup, yolun özellikle aşınma tabakasında yoğun ve şiddetli bozulmalar (enine, boyuna, timsah sırtı çatlaklar vb.) meydana gelmiştir. Defleksiyon etütleri ve performans gözlemleri neticesinde yolda yapılacak onarım tipleri belirlenmiş olup, yer yer aşınma, binder ve hatta bitümlü temel tabakasının dahi kazılacağı kesimler mevcuttur.

Geri dönüşüm işlemi için seçilen metot sıcak geri dönüşüm olarak belirlenmiştir. Asfalt plenti kullanılarak yapılan uygulama, geri kazanılmış malzemenin yeni hazırlanacak karışıma katılması şekline göre sıcak ve soğuk besleme olarak iki kısma ayrılır. Burada plentin özelliği ön plana çıkmaktadır. Plentte bulunan ilave kurutucu sayesinde geri kazanılmış asfalt kaplama ısıtılarak yeni hazırlanacak karışıma katılması sıcak besleme olarak adlandırılmaktadır. Soğuk beslemede ise ilave kurutucu yoktur ve kazanılmış asfalt malzeme ısıtılmış yeni agregaya mikserde eklenerek belirli bir süre karıştırıldıktan sonra bitüm ilavesi ile sıcak karışım hazırlanmaktadır. Bu metotla yapılan uygulamalarda geri kazanım malzemesinin kullanım oranı % 30'lar civarında kalmaktadır.

Bu işin ülkemiz karayollarında ilk kez yapılması ve geri kazanılmış malzemenin ayrı bir ekipmanla ısıtılarak yeni karışıma katılması için gerekli plent maliyetinin oldukça yüksek olması nedeniyle, bilgi ve tecrübelerin artırılması ile ülkemiz karayollarında geri dönüşüm uygulamasının yapılabilirliğinin kamuoyuna gösterilmesi hedeflenmiş olup, geri kazanılmış malzemenin soğuk olarak beslenmesi kararlaştırılmıştır.

#### ***Laboratuar Çalışmaları***

Dizaynlarda ve uygulamada kazılan binder malzemesinin kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu tercihte aşınma tabakasının oldukça ufalanmış olması ve içindeki bitümün binderdeki bağlayıcıya göre daha yaşlanmış olması etkin olmuştur.

Kazılmış binder malzemesi üzerinde yapılan ekstraksiyon deneyi sonuçları Tablo 2 'de, deney sonucu elde edilen agregaya ait elek analizleri ise Tablo 3 ve Şekil 1 de verilmektedir.

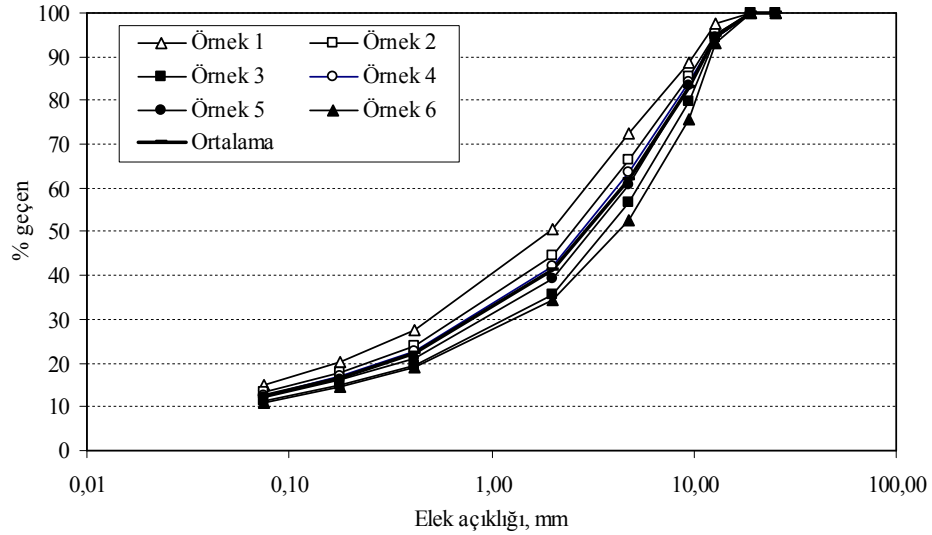
Bunlara ek olarak kazanılmış malzemedeki geri kazanım yoluyla elde edilen bitüm, karışıma katılacak normal bitüm ve eski ve yeni bitüm karışımları üzerinde deneyler yapılarak sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Ayrıca EN 13108-1:2006 standardına göre hesaplamalar yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. Ekstraksiyon sonrası bitüm oranı

Örnek No.	1	2	3	4	5	6	Ortalama
% Bitüm Oranı Agreganın (%'si)	4,64	4,31	3,88	4,15	4,01	3,66	<b>4,11</b>
% Bitüm Oranı Bitümlü Karışımın (%'si)	4,43	4,13	3,74	3,99	3,85	3,53	<b>3,95</b>

Tablo 3. Ekstraksiyon sonrası elek analizleri

ELEK AÇIKLIĞI		1	2	3	4	5	6	Ortalama
mm	inch	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen	% geçen
25,4	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	<b>100,0</b>
19,1	3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	<b>100,0</b>
12,7	1/2"	97,4	95,1	94,2	94,4	94,3	93,3	<b>94,8</b>
9,52	3/8"	88,6	85,5	79,8	84,4	83,2	75,8	<b>82,9</b>
4,76	No.4	72,5	66,3	56,5	63,6	60,7	52,8	<b>62,1</b>
2,00	No.10	50,6	44,7	35,6	42,3	39,4	34,6	<b>41,2</b>
0,42	No.40	27,4	23,7	19,3	22,6	21,1	19,1	<b>22,2</b>
0,177	No.80	20,4	17,9	14,8	17,0	16,0	14,7	<b>16,8</b>
0,075	No.200	14,8	13,3	11,2	12,7	12,0	10,9	<b>12,5</b>



Şekil 1. Örneklerin gradasyon eğrisi

Tablo 4. Bitüm deney sonuçları

SIRA NO	DENEY ADI	STANDARDI	Geri Kazanılmış Bitüm	Normal Bitüm B 50/70	(%82) Normal Bitüm + (%18) Geri Kazanılmış Bitüm	TS 1081 EN 12591 B 50/70
1	PENETRASYON (25°C,100g,5sn.)0,1mm Cihaz No: Ü/BK/005	TS 118 EN 1426	50	65	58	50-70
2	YUMUŞAMA NOKTASI,°C (R/B, 25°C)°C Cihaz No: Ü/BK/007	TS 120 EN 1427	54	51,6	51,5	46-54
3	ÖZGÜL AĞIRLIK	TS 1087	1,054	-	1,037	-
4	<i>İNCE FİLM HALİNDE ISITMA DENEYİ</i> (163 °C'de,5 saat)	TS EN 12607-2				
4,1	KÜTLE DEĞİŞİMİ, % maks		-	0,17	0,6	0.5
4,2	KALICI PENETRASYON, % min.	TS 118 EN 1426	-	55	57	50
4,3	YUMUŞAMA NOKTASI,°C min.	TS 120 EN 1427	-	56	55,9	48
4,4	YUMUŞAMA NOKTASI YÜKSELMESİ, °C maks		-	3,4	4,4	9
5	PARLAMA NOKTASI , °C min.	TS 12 EN 22592	-	250+	250+	230
6	ÇÖZÜNÜRLÜK, % min.	TS EN 12592	-	99,7	-	99.0
7	PARAFİN MUMU İÇERİĞİ <sup>b</sup> , % maks.	TS EN 12606-1	-	-	-	2.2
		TS EN 12606-2	-	-	-	4.5

EN 13108-1:2006 metoduna göre yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

a) Karışımdaki bitümün penetrasyonunun hesaplanması:

$$a \lg pen_1 + b \lg pen_2 = (a + b) \lg pen_{mix}$$

$pen_{mix}$  :bitüm karışımının penetrasyonu;

$pen_1$  :geri kazanılmış bitümün penetrasyonu;

$pen_2$  :normal bitümün penetrasyonu;

$a$  ve  $b$  : geri kazanılmış bitümün (a) ve, normal bitümün (b) kütlece oranı. (a+b=1)

Hesaplanan deęer;  
 $0,18 \lg 50 + 0,82 \lg 65 = (1) \lg pen_{mix}$   
 $pen_{mix} = 62$

b) Karışımındaki bitümün yumuşama noktası değerinin hesaplanması:

$T_{R\&B\ mix} = a \times T_{R\&B1} + b \times T_{R\&B2}$   
 $T_{R\&Bmix}$  : karışımındaki bitümün yumuşama noktası;  
 $T_{R\&B1}$  : geri kazanılmış bitümün yumuşama noktası;  
 $T_{R\&B2}$  : ilave normal bitümün yumuşama noktası;

Hesaplanan deęer;  
 $T_{R\&B\ mix} = 0,18 \times 54 + 0,82 \times 51,6$   
 $T_{R\&B\ mix} = 52$

Her iki metotla bulunan yumuşama noktası ve penetrasyon değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Geri kazanım malzemesinin soğuk olarak karışımına katılması ve aşınma tabakasının Taş Mastik Asfalt olması nedeniyle geri kazanım uygulanmasının, yeni yapılacak üstyapının sadece binder ve bitümlü temel tabakalarında yapılması kararlaştırılmış ve dizaynlar bu duruma göre hazırlanmıştır. Binder ve bitümlü temel dizaynları için kazılarak elde edilen ve 19mm elekten elenen geri dönüşüm malzemesinin ile birlikte Genç Osman taşocağından elde edilen agregalar kullanılmıştır. Tablo 5' te binder ve bitümlü temelde kazılmış malzemenin kullanım oranları ve dizayn değerleri verilmektedir.

Tablo 5. Dizayn Deęerleri

Dizayn Deęerleri	Bitümlü Temel	Binder	KTŞ Kriterleri	
			Bitümlü Temel	Binder
Geri Kazanım Malzemenin Kullanım oranı	% 20	% 10	-	-
Optimum Bitüm % Karışımındaki Toplam Bitüm	4,10	4,40	3,80-4,40	4,10-4,70
Karışımına Eklenecek Yeni Bitüm %	3,30	4,00		
Hava Boşluğu, %	5,36	4,85	4 - 7	4 - 6
VMA, %	14,50	14,40	Min. 12	Min. 13
VFA, %	63,00	66,30	55 - 70	60 - 75
Stabilite, Kg	1330	1180	Min. 600	Min. 750
Akma, mm	2,60	3,04	2 - 5	2 - 4



### *Arazi çalışmaları*

Uygulamada genel olarak; bozulmuş binder kaplaması kazıma makineleri ile kazıldıktan sonra şantiyeye nakledilip depolanmış, eleme işleminden geçirildikten sonra dizaynla belirlenen oranda, harman tipi bir plentte, yeni agrega ve bitümlü bağlayıcı ile karıştırılmış, serilip, sıkıştırılarak imalat tamamlanmıştır.



Şekil 2. Geri dönüşüm çalışmaları ile ilgili çeşitli görünümler

Kazılmış malzemenin gradasyonu ve/veya bitümlü bağlayıcı miktarı değiştiğinde karışım dizaynının tekrar hazırlanması gerekeceğinden, kazılmış asfalt kaplama malzemesinin gradasyonu ve bitümlü bağlayıcı miktarı homojen olmalıdır. Bu nedenle kazıma kullanılan makineler; aynı tip ve özellikte kazınmış malzeme üretecek şekilde kazıma yapmalı; sıcak karışım hazırlamakta kullanılan, kazılmış asfalt kaplama malzemesinden günde en az bir kez numune alınarak bitüm miktarı ve gradasyon kontrolü yapılmalıdır (4).

Kazıma makinesi kendinden hareketli/kendi yürür, yeterli güce ve çekiş gücüne sahip olmalı, kazıma derinliğini doğru, düzgün bir şekilde ve süreklilik sağlayacak şekilde sürdürebilecek kapasitede olmalıdır. Boyuna ve enine eğim ve kot kontrolünü doğru ve hassas bir şekilde yapacak otomatik sisteme sahip olmalı, kazıma sırasında oluşabilecek toz ve parçaların dışarıya gitmesini etkili olarak önleyecek bir sisteme sahip olarak seçilmelidir.

Kazılan malzemenin statik yük ve yüksek hava sıcaklıkları nedeniyle birbirine yapışmasını önlemek üzere, depolama sırasındaki yüksekliği 3 m. yi geçmemelidir.

Aynı nedenlerle yükleyiciler ve kamyonlar deponun üzerine çıkartılmamalıdır. Depo malzeme mutlaka rutubetten, yağıştan etkilenmeyecek şekilde korunmalıdır.

Uygulama sırasında kullanılan plent harman tipi olup, 200 ton\saat kapasiteli ve tam otomatiktir. Kazılan malzeme plentte işleme tabi tutulmadan önce 19 mm. elekten elenmiş ve ayrı bir bunkerden beslenerek, yeni agrega ile kurutucunun çıkışında birleşerek elavator yardımıyla eleklerle taşınmış, elenerek karıştırıcıda yeni bitümlü birleştirilmiştir. Geri kazanım malzemenin kullanım miktarını, dizayna uygunluğunun yanında yeni karışımın plentten çıkış sıcaklığı kontrol etmiştir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken bir hususta kazılan malzemenin soğuk olarak beslenmesi nedeniyle yeni agrega ve bitüm bir miktar daha fazla ısıtılması ve karıştırma süresinin arttırılmasıdır. Sıkıştırma sırasında ise karışım daha çabuk ısı kaybettiğinden silindir sayısının arttırılması uygun olacaktır.

#### **4. SONUÇLAR**

Agrega kaynakları hızla tükenmekte ve bitümlü bağlayıcı fiyatları ve buna bağlı olarak yapım maliyetleri artmaktadır. Mevcut kaynakları tüketmemek ve onlara olan ihtiyacı azaltmak için Avrupa'da bir çok ülkede kullanımı gittikçe artan geri kazanım yönteminin (recycling) ülkemizde de kullanılmasının artarak devam etmesi, bu konudaki bilgi birikiminin ve tecrübenin artırılması gerekmektedir.

Sakarya Köprülü Kavşağı-Gümüşova Arası Otoyol ve Bağlantı Yolları üstyapı onarım işinde geri kazanılmış malzeme ile bitümlü temel ve binder imalatları başarı ile tamamlanmış olup, konunun ülkemiz uygulamalarına başlangıç olması nedeniyle son derece önemli olduğu düşünülmektedir.

#### **5. KAYNAKLAR**

1. Gürer, C., Akbulut, H. ve Kurklu, G. İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi
2. Atkins, Harold, N., (1997) Upper Saddle River, New Jersey, Columbus, Ohio, Highway Materials, Soils and Concretes, Third Edition, Prentice Hall.
3. Kandhall, P. S., (1998) Recycling of Asphalt Pavements-An Overview. AAPT, V.66.
4. Karayolları Teknik Şartnamesi, (2006) Kısım 413 ve Kısım 414