



Alaşehir (Manisa) Bölgesi Traverten Atıklarının Yol Alttemel ve Temel Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması

*¹Murat Süer, ²Ferit Yakar

¹Milli Savunma Üniversitesi, Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü, İzmir, Türkiye, suermurat@hotmail.com, 

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye, ferit.yakar@gop.edu.tr, 

Araştırma Makalesi

Geliş Tarihi: 29.09.2019

Kabul Tarihi: 04.05.2020

Öz

Bu çalışmada Alaşehir (Manisa) bölgesi traverten atıklarının fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilerek, yol üstyapısında alttemel ve temel malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırma kapsamında traverten atıklarına, Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) 2013'de yer alan alttemel ve temel malzeme özelliklerine ait deneyler uygulanmıştır. Bu deneyler; elek analizi, MgSO₄ ile yapılan hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi, Los Angeles aşınma deneyi, yassılık indeksi deneyi, kaba ve ince agregada su emme deneyi, likit limit ve plastik limit deneyi, NaOH ile yapılan organik madde deneyi, metilen mavisi deneyi, kil topağı ve dağılabilen tane oranı deneyi, proktor ve CBR deneyleridir. Ayrıca traverten atığı malzemenin birim kilometre nakliye bedeli de hesaplanarak maliyet açısından kırmataş malzemeye göre etkin kullanılabilir mesafesi hesaplanmıştır. Sonuçta; traverten atıklarının, KTŞ 2013 standartlarını sağlayarak, alttemel ve temel malzemesi olarak kullanılabilirliği görülmüştür. Ayrıca atıklar için bir bedel ödenmediği takdirde belli mesafeye kadar maliyet etkin olduğu ve atıkların yol üstyapısında kullanılmasının taş ocaklarının çevreye vermiş olduğu zararlı etkiyi bir nebze azaltacağı ve böylelikle ülke ekonomisine ve doğal dengeye ilave bir katkı sağlayacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Traverten Atıkları, Alt-temel, Temel, Agregata

Investigation of the Usability of Travertine Wastes in Alaşehir (Manisa) Region on Road Subbase and Base Layers

*¹Murat Süer, ²Ferit Yakar

¹National Defense University, Air Forces NCO Vocational School, İzmir, Turkey, suermurat@hotmail.com,

²Tokat Gaziosmanpaşa University, Civil Engineering Department, Tokat, Turkey, ferit.yakar@gop.edu.tr,

Abstract

In this study, physical and mechanical properties of travertine wastes in Alaşehir (Manisa) region were determined and their usability as sub-base and base material was investigated. Within the scope of the research, experiments related to the sub-base and base material properties in the Technical Specifications of Highways (TSH) 2013 were applied to the travertine wastes. These experiments; sieve analysis, weather resistance test with MgSO₄, Los Angeles abrasion test, flatness index test, water absorption test in coarse and fine aggregate, liquid limit and plastic limit test, organic material test with NaOH, methylene blue test, clay pellet and dispersible grain ratio test, proctor and CBR experiments. In addition, the unit kilometer transportation cost of travertine waste material was calculated and the effective usable distance was calculated in terms of cost compared to crushed stone material. After all; it is seen that travertine wastes can be used as subbase and base material by meeting TSH 2013 standards. In addition, it is considered that unless a price is paid for the wastes, it is cost effective up to a certain distance and that the use of wastes in the road superstructure will reduce the harmful effects of the quarries to the environment to some extent and thus contribute to the national economy and natural balance.

Keywords: Travertine Wastes, Sub-base, Base, Aggregate

1. GİRİŞ

Karayolu, altyapı ve üstyapıdan oluşan bir sistemdir. Yol üstyapısı; genellikle alttemel, temel ve esnek ya da rijit

*¹Sorumlu yazar: Milli Savunma Üniversitesi, Hava Astsubay Meslek Yüksek Okulu Müdürlüğü, İzmir, Türkiye, suermurat@hotmail.com, 0 232 251 1600

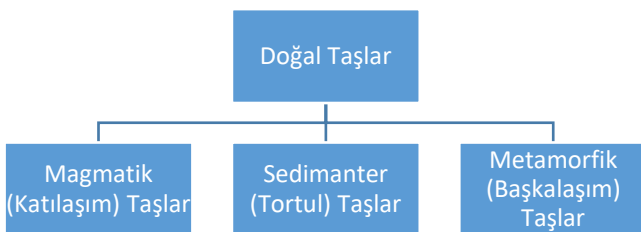
kaplama tabakasından oluşmaktadır. Alttemel ve temel tabakalarının teşkilinde çoğunlukla taş ocaklarından temin edilen kırmataş malzemeler kullanılmaktadır. Yol yapım maliyeti, asfalt bitümünün ülkemize ithal olarak gelmesi sebebiyle yüksek seviyelerdedir. Maliyetlerin aşağılara çekilebilmesi için; atık malzemelerin imalatlara girmesi önem arz etmektedir. Aynı zamanda kullanılacak atık malzemelerin teknik bakımdan alttemel ve temel tabakası için öngörülen Karayolları Teknik Şartnamesi (KTS) 2013’de yer alan standart değerleri de sağlaması gerekmektedir.

Bu çalışmada, Alaşehir (Manisa) bölgesi traverten atıklarının yol üst yapısında alttemel ve temel tabakalarında agrega olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Ülkemizde traverten denildiğinde akıllara ilk olarak Denizli ili, Pamukkale ilçesi gelmektedir. Pamukkale travertenleri, UNESCO Dünya Kültür Mirası Listesinde yerini almış, görsel güzelliğiyle dünya çapında değeri olan doğal taş oluşumlarıdır. Manisa ili Alaşehir ilçesi de Pamukkale’ye çok da uzak olmayan ve Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü’nün Manisa ili maden ve enerji kaynakları verilerine göre 99.7 milyon ton muhtemel traverten rezervine sahip bir bölgede yer almaktadır.

Traverten, Türk Dil Kurumu sözlüğünde; birtakım kaynak sularının dibinde biriken, kalkerli veya silisli tortu, pamuk taşı şeklinde açıklanan, dilimize Fransızcadan geçmiş bir kelimedir. Fransızca “travertin”, İtalyanca “travertino”, İngilizce “travertine” olarak adlandırılır. Traverten, özünde doğal bir taş olduğundan, konuya doğal taş tanımından başlamak daha uygun olacaktır.

Doğal taşlar, kayaç olarak da adlandırılan, doğadan çıkan ve birtakım işlemler gördükten sonra kullanılan yapı malzemeleridir. Doğal taşlar, dayanıklılık özelliğiyle tarih boyunca yapıların inşasında kullanılmışlardır. Yapıda, doğal enerjili haliyle kullanılabilen nadir inşaat malzemelerindedir. Kullanım alanları çok geniştir, inşaat sektöründe kaplama, döşeme, kırmataş olarak kullanıldığı gibi birçok farklı sektörde de kullanımı mevcuttur.



Şekil 1. Doğal taşların sınıflandırılması

Doğal taşlar, dünyanın 4.6 milyar yıl öncesindeki durumundan başlayarak dağların, denizlerin, okyanusların, nehirlerin oluşum evrelerindeki kimyasal, biyolojik değişimler, iklim şartları, erozyon olaylarının bir sonucu

olarak farklı sıkışma, aşınma, taşınmalar neticesindeki değişimleriyle alt sınıflara ayrılırlar. Şekil 1’de doğal taşların sınıflandırılması görülmektedir.

Sedimanter oluşumlu mermerlerden traverten ve oniksler; bileşiminde erimiş halde kalsiyumbikarbonat ve karbondioksit bulunduran sulardan oluşmuş kayaçlardır. Bu yeraltı sularının yeryüzüne çıkması ile kayacın bileşimindeki karbon gaz haline geçerek suyu terk eder. Bu arada kalsiyumbikarbonat bileşimli katı madde şekillenir. Bu şekillenme olayı soğuk su vasıtası ile oluşursa “oniks”, sıcak su vasıtası ile oluşursa “traverten” adını alırlar. Travertenler inşaatlarda iç ve dış kaplama malzemesi olarak kullanılırlar. Az cila kabul eden kayaçlardır [1]

Literatürde, traverten atıklarının karayolu temel ve alttemel tabakalarında agrega olarak kullanımıyla ilgili olarak yapılmış çalışma sayısı fazla değildir. Bununla birlikte, travertene benzer bir malzeme olan mermerin kullanımını konusunda yapılmış bazı çalışmalar da mevcuttur.

Yıldız (2008) yaptığı doktora tez çalışmasında, mermer toz ve parça atıklarının yol inşaatında değerlendirilebilirliğini araştırmıştır. Çalışma kapsamında parça atıkların yol temel tabakasında, toz atıkların ise zemin toprağı içerisine karıştırılarak stabilizasyonda kullanılabilirliği test edilmiştir. Analiz sonuçlarından toz atıkların zemin stabilizasyonunu artırdığı ve ince taneli atıkların iyi performans gösterdiği belirlenmiştir. Genellikle homojen tane dağılımına sahip atıklar mukavemeti artırmıştır. Parça atıklar için elde edilen analiz sonuçlarında, temel tabakası için yollar fenni şartnamesinde belirtilen şartların sağlandığı, ancak traverten gibi yumuşak yapıya sahip parça atıkların don etkisi göstermeyen sıcak bölgelerde kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür [2]

Çoruh ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada bor cevheri olan kolemanitten borik asit üretimi esnasında ortaya çıkan borojips atığının, yol üst yapılarındaki alttemel tabakalarında bağlayıcı madde olarak kullanımı araştırmışlardır. Çalışma kapsamında borojips atığı ile alttemel malzemesi farklı oranlarda karıştırılarak elde edilen numuneler üzerinde serbest basınç ve CBR deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak esnek üst yapılarda borojips kullanımıyla, üst yapı maliyetinin ve bor atığının sebep olduğu çevre kirliliğinin azalabileceği görülmüştür [3]

Çobanoğlu ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada Denizli bölgesi traverten atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin incelemişlerdir. Çalışma kapsamında ocak üretiminden çıkan parça şeklindeki travertenlerin betonda agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sonuçlar traverten agregalı betonun hedeflenen C30 sınıfı beton dayanım değerlerini sağladığını göstermiştir [4]

Ural ve Yakşe (2015) yaptıkları çalışmada mermer ocağı sayısı çok fazla olan Bilecik ilindeki mermer atıklarının, yol temel malzemesi olarak değerlendirilmesini araştırmışlardır. Deneylerde kullanılan mermer atıkları, Karayolları Teknik

şartnamesinde belirtilen temel malzemesi gradasyonu aralıklarında hazırlanarak, şartnamede belirtilen fiziksel özellikleri taşıyıp taşımadıkları kontrol edilmiştir. Sonuçta, Bilecik İlinin üç farklı bölgesinden alınan mermer atıklarının Karayolları Teknik şartnamesinde belirtilen alttemel/temel malzemesi fiziksel özelliklerini sağladığı görülmüştür [5]

Yakşe (2016) yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında, atık mermer parçalarının yol temel malzemesi olarak değerlendirilmesini araştırmıştır. Bilecik İlindeki mermer atıklarının, yol temel malzemesi olarak değerlendirilmesine yönelik deneyler yapmıştır. Sonuçta, Bilecik İlinin üç farklı bölgesinden alınan mermer atıklarının Karayolları Teknik Şartnamesinde (KTŞ, 2013) belirtilen alt temel/temel malzemesi fiziksel özelliklerini sağladığı ve CBR eğrilerinin de şartnameye uygun olduğu görülmüştür [6].

Özdemir ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, Doğu Anadolu bölgesinde bulunan bazı mermer atıklarının yol temel ve alttemel tabakalarında kullanılabilirliğini incelemiştir. Mermer üretim atığı olarak Malatya Bej, Adıyaman Emprador ve Erzurum Traverten numuneleri kullanmışlar, araştırmalarının sonucunda, malzemenin temel ve alt temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür [7]

Yüksek ve Kaya (2017) yaptıkları çalışmada Sivas Kangal Termik santrali uçucu külü ile alçı ve kirecin değişik oranlarda karışımları ile hafif yapı malzemesi üretimi deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışma sonucunda Tüm numunelerin yoğunluk ile eğilme mukavemeti arasında yüksek korelosyonlu ($R^2=0,95$) doğrusal ilişki olduğu, Shore sertlik değeri ile eğilme mukavemeti arasında üssel bir ilişki ($R^2=0,81$) olduğu görülmüştür [8]

Ergezer (2018) yaptığı çalışmada, Sivas ili Sıcak Çermik Bölgesi traverten atıklarının karayollarının temel ve alt temel tabakalarında kullanılabilirliğini araştırmıştır. Deney sonuçlarının KTŞ, 2013'de belirtilen sınır değerleri sağladığı görülmüştür [9]

Yılmaz (2020) yaptığı çalışmada uçucu kül ve mermer tozu atıklarını, katı atık yönetimi kapsamında zemin stabilizasyonu için kullanmıştır. Çalışma sonucunda, uçucu kül+mermer tozu karışımlarının sadece uçucu kül içeren karışımlara göre daha yüksek dayanım sağladığı sonucuna varılmıştır [10]

Sarışık ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada traverten atıklarının çimentolu dolgu malzemesi olarak kullanımında renk ve parlaklık değerlerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında, endüstriyel fabrikadan alınan 4 farklı reçete ile laboratuvar çalışmaları sonucunda oluşturulan reçeteler renk ve parlaklık açısından karşılaştırılmıştır. Yeni reçetelerde renk ve parlaklık açısından daha uyumlu ve daha ekonomik olduğu için traverten atıkları kullanılmıştır. Sonuç olarak renk ve parlaklık açısından orijinal plaka yüzeylerine yakın yeni yüzeyler elde edilmiştir [11].

Bunlardan başka; yol temel ve alttemel tabakalarında çeşitli atık malzemelerin kullanımını ele alan bazı çalışmalar (Yonar ve ark., 2017 [12]; Motor, 2017 [13]; Seren,2015 [14]; Yılmaz ve Süttaş, 2008 [15]) ile traverten (veya mermer) atıklarının beton veya yol sıcak karışımında kullanımını ele alan çeşitli çalışmalar (Korkmaz, 2017 [16]; Okubay, 2016 [17]; Güven, 2015 [18]; Ceylan ve Mança, 2013 [19]; Gürer, 2005 [20]) da mevcuttur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada, karayolu temel ve alttemel tabakalarında traverten atıklarının kullanılması ele alınmıştır. Bu amaçla, Alaşehir (Manisa) bölgesindeki traverten ocaklarından traverten atığı malzeme temin edilmiştir. Yaklaşık 150 kg traverten atığı numunesi laboratuvar ortamında taş kırma yöntemi ile uygun dane boyut aralığına getirilmiştir.

2.2. Yöntem

Türkiye'de karayollarının yapımında kullanılacak malzemelerin, uygunluğunun kontrol edilmesi amacıyla başvurulacak temel kaynak, Karayolu Teknik Şartnamesidir. Dolayısıyla, çalışmanın konusu olan, traverten atığı malzemenin alttemel ve temel tabakalarında agrega olarak kullanılabilirliğinin belirlenebilmesi için de KTŞ 2013'de belirtilen deneyler yapılarak malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin şartnamedeki değerlere uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu kapsamda yapılan deneyler şunlardır:

- Elek analizi deneyi,
- $MgSO_4$ ile yapılan hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi,
- Los Angeles aşınma deneyi,
- Yassılık indeksi deneyi,
- Kaba ve ince agregada su emme deneyi,
- Likit limit ve plastik limit deneyi,
- NaOH ile yapılan organik madde deneyi,
- Metilen mavisi deneyi,
- Kil topağı ve dağılabilen tane oranı deneyi,
- Proktor ve CBR deneyleri.

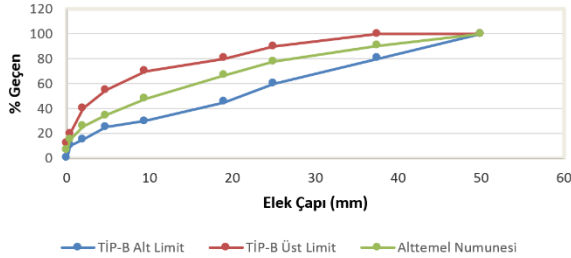
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE BULGULAR

Aşağıda, yapılan her bir deneyin yapılma amacı ve hangi standardın esas alındığı belirtilmiştir. Deney sonuçları ve bu sonuçların uygunluk durumu da gerekli tablolar ve grafiklerle birlikte sunulmuştur.

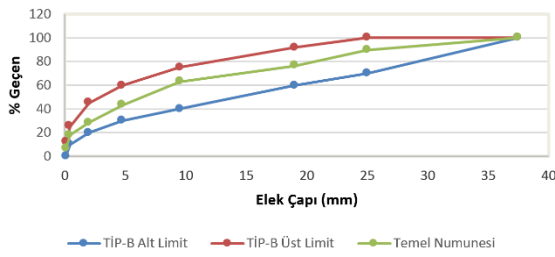
3.1. Elek analizi deneyi

Elek analizi malzemenin uygun gradasyon limitleri içerisinde olup olmadığını belirlemek için yapılan bir deneydir. Deneyde TS EN 1900-1[21] standardı esas alınmıştır.

Traverten atığı numunenin elek analizi sonuçları incelendiğinde; malzemenin KTŞ 2013’de yer alan, alttemel ve temel malzeme olarak kullanılabilirliği için gerekli olan şartlara uygun olduğu tespit edilmiştir. Şekil 2’de alttemel, Şekil 3’de ise temel numunesinin gradasyon dağılımı görülmektedir.



Şekil 2. Alttemel numunesi gradasyon dağılımı



Şekil 3. Temel numunesi gradasyon dağılımı

3.2. MgSO₄ ile yapılan hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi

Deneyde, agregaların magnezyum sülfat çözeltisine daldırılması ve takiben kurutulmasıyla periyodik işleme maruz bırakılarak donma/çözülme etkisine karşı direncinin bulunması amaçlanmaktadır. Deneyde TS EN 1367-2[22] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Tablo 1’de MgSO₄ ile hava tesirlerine dayanıklılık deney sonucu görülmektedir.

Tablo 1. MgSO₄ ile hava tesirlerine dayanıklılık deney sonucu

Numune Malzeme	KTŞ 2013 Limit	Deney Sonucu, %MS	Sonuç
Alttemel	≤ 25	13	Uygundur
Temel	≤ 20	13	Uygundur

3.3. Los Angeles aşınma deneyi

Deney, iri agregaların parçalanma direncinin tayini için yapılmaktadır. Deneyde TS EN 1097-2[23] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Deney sonucu Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Los Angeles aşınma deney sonucu

Numune Malzeme	KTŞ 2013 Limit	Deney Sonucu, LA	Sonuç
Alttemel	≤ 45 (LA45)	28	Uygundur
Temel	≤ 35 (LA35)	28	Uygundur

Numune Malzeme	KTŞ 2013 Limit	Deney Sonucu, Yİ	Sonuç
Alttemel	≤ 35	10.88	Uygundur
Temel	≤ 30	10.88	Uygundur

3.4. Yassılık İndeksi Deneyi

Deney, kalınlığı (en küçük boyutu) nominal boyutunun 0.6 ‘sından daha küçük olan kaba agrega danelerinin (63-6.3 mm elek aralığındaki) yassılık indeksi değerinin bulunmasını amacıyla yapılmaktadır. Deneyde BS 812[24] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Deney sonucu Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Yassılık indeksi deney sonucu

Numune Malzeme	KTŞ 2013 Limit	Deney Sonucu, Yİ	Sonuç
Alttemel	≤ 35	10.88	Uygundur
Temel	≤ 30	10.88	Uygundur

3.5. Kaba ve İnce Agregada Su Emme Deneyi

Deney, kaba ve ince agregada su emme oranının tayini için yapılmaktadır. Deneyde TS EN 1097-6 (Madde 8) [25] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Deney sonuçları, alttemel için Tablo 4, temel malzeme için ise Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 4. Kaba ve ince agregada su emme deney sonucu (alttemel)

Numune Aralığı, mm	KTŞ 2013 Limit, Alttemel	Su Emme, % WA	Sonuç
31.5 - 63	≤ 3.5	2.38	Uygundur
4 - 31.5		1.04	
0.063 - 4		0.81	

Tablo 5. Kaba ve ince agregada su emme deney sonucu (temel)

Numune Aralığı, mm	KTŞ 2013 Limit, Temel	Su Emme, % WA	Sonuç
31.5 - 63	≤ 3.0	2.38	Uygundur
4 - 31.5		1.04	
0.063 - 4		0.81	

3.6. Likit Limit Deneyi ve Plastisite İndeksi

Likit Limit deneyi, numunenin plastik durumdan likit (sıvı) duruma geçtiği andaki su muhtevası değerinin bulunmasını amacıyla yapılmaktadır.

Plastik limit deneyi ise numunenin plastik kıvamda bulunduğu en düşük su muhtevasının tespiti için yapılmaktadır. Traverten atıklarına plastik limit deneyi uygulanmıştır. Deneyde TS 1900-1[21], AASHTO T 89[26] ve AASHTO T 90[27] standardı esas alınmıştır.

Plastik limit deney sonucunda traverten atığı malzemenin plastik özellik göstermediği tespit edilmiştir. Bu sebeple malzemeye likit limit deneyi uygulanmamıştır. Likit limit ve plastisite indeksi değeri non-plastik olarak alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Tablo 6'da likit limit, Tablo 7'de ise plastisite indeksi deney sonucu verilmiştir.

Tablo 6. Likit limit deney sonucu

Numune Malzeme	KTŞ 2013 Limit	Deney Sonucu, WP	Sonuç
Alttemel	≤ 25	NP	Uygundur
Temel	Non-plastik, NP	NP	Uygundur

Tablo 7. Plastisite indeksi deney sonucu

Numune Malzeme	KTŞ 2013 Limit	Deney Sonucu, IP	Sonuç
Alttemel	≤ 6	NP	Uygundur
Temel	Non-plastik, NP	NP	Uygundur

3.7. NaOH ile Yapılan Organik Madde Deneyi

Deney, agrega içerisinde yer alan bitki artıkları ve humus gibi organik maddelerin tespit edilebilmesi için yapılmaktadır. Deneyde TS EN 1744-1 (Madde 15.1) [28] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Tablo 8'de deney sonucu, Şekil 4'de ise deney sonuç fotoğrafı görülmektedir.

Tablo 8. NaOH ile yapılan organik madde deney sonucu

Numune Malzeme	Karışım Rengi	Organik Madde	Sonuç
Temel	Renksiz	Hiç yok	Uygundur
Alttemel	Renksiz	Hiç yok	Uygundur



Şekil 4. NaOH ile yapılan organik madde deney fotoğrafı

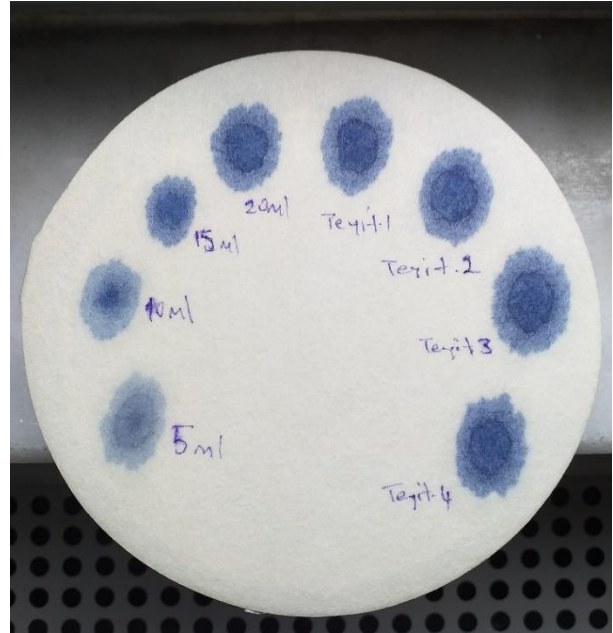
3.8. Metilen Mavisi Deneyi

Deney, ince agreganın (0-2 mm) içerisindeki kil ve silt gibi zararlı malzemelerin değerinin tespit edilebilmesi için yapılmaktadır. Deneyde TS EN 933-9[29] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Tablo 9'da deney sonucu, Şekil 5'de ise deney sonuç fotoğrafı görülmektedir.

olduğu görülmüştür. Tablo 9'da deney sonucu, Şekil 5'de ise deney sonuç fotoğrafı görülmektedir.

Tablo 9. Metilen mavisi deney sonucu

Numune Malzeme	Şartname Limit	Deney Sonucu, MB	Sonuç
Alttemel	≤ 4,0	1	Uygundur
Temel	≤ 3,0	1	Uygundur



Şekil 5. Metilen mavisi deneyi süzgeç kâğıdı görüntüsü

3.9. Kil Topağı ve Dağılabilen Tane Oranı Deneyi

Deney, kaba ve ince agregada kil topağı ve dağılabilen tane oranını tespit etmek için yapılmaktadır. Deneyde ASTM C 142[30] standardı esas alınmıştır. Deney sonucu Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Kil topağı ve dağılabilen tane oranı deney sonucu

Numune Malzeme	Şartname Limit, %P	Kil topağı ve dağılabilen tane oranı, %P ort.	Sonuç
Alttemel	≤ 2,0	0.31	Uygundur
Temel	≤ 1,0	0.31	Uygundur

3.10. Modifiye Proktor ve CBR Deneyleri

KTŞ 2013 Alttemel ve temel malzeme kullanım kriterlerinde CBR değerinin tespit koşulu yer almaktadır. CBR deneyinin ise modifiye proktor deneyinde bulunan optimum su muhtevasında yapılması gerekmektedir.

Modifiye proktor deneyi, alttemel ve temel tabakasında kullanılacak malzemenin modifiye proktor metodu ile sıkıştırılmış, en büyük kuru birim hacim ağırlığını veren su muhtevası değerinin bulunması için yapılmaktadır. Deneyde AASHTO T 180[31], TS 1900-1[21] standardı esas

alınmıştır. Deneyde elde edilen kuru birim havim ağırlık ve optimum su muhtevası değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Modifiye proktor deney sonucu

Tokmak kütlesi	4.5 kg	Kalıp çapı, mm	101.6
Kuru birim hacim ağırlık	23.90 kN/m ³	Kalıp yüksekliği, mm	116.4
Wopt, %	7.6	Kalıp hacmi, cm ³	944

Kaliforniya taşıma oranı (CBR), bir toprağın dikkatle kontrol edilen yoğunluk ve rutubet şartları altında daneler arası kayma direncinin bir ölçüsüdür [32]. Deney, optimum su içeriğine sahip numunenin pistonla belli bir noktaya kadar batması için gereken basıncın bulunması için yapılmaktadır. Deneyde AASHTO T 193[33], 1900-2[34] standardı esas alınmıştır. Deney sonucuna göre, traverten atığı malzemenin hem alttemel hem de temel tabakalarında kullanılabilir olduğu görülmüştür. Deney sonucu Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Kaliforniya taşıma oranı (CBR) deney sonucu

Numune Malzeme	Şartname Limit, %	Bulunan Yaş CBR, %	Sonuç
Alttemel	>50	238	Uygundur
Temel	>100	238	Uygundur

4. MALİYET HESAPLAMALARI

Bu bölümde, traverten atıkları ve kırmataşın yol alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilmesi için ortaya çıkan üretim ve nakliye maliyetleri incelenmiştir.

4.1. Traverten Atığı ve Kıрма Taş İçin Üretim Maliyeti Hesabı

Taş ocaklarında, kaya parçalarını kullanılabilir boyutlara getirmek için sabit konkasör tesisleri kullanılmaktadır. Kırmataş talep edilen karışım oranlarına uygun olarak temin edilmektedir. Tablo 13'de taş ocağında kırmataş hazırlama 2020 yılı birim fiyatı verilmiştir.

Tablo 13. Ocaktan taş hazırlanması poz fiyatı

Poz Numarası	Açıklama	Birim	Fiyatı, TL
KGM/08.021/K-(T)	Ocaktan taş hazırlanması	m ³	17.81
		ton	9.89

Traverten taş ocağında ve traverten kesme işleme tesislerinde sabit konkasör sistemine ihtiyaç duyulmamaktadır. Traverten atıklarının alttemel veya temel malzemesi olarak kullanılabilmesi için mobil konkasörde kırılması ya da sabit konkasörü olan bir tesise taşınması gerekecektir.

Her iki yöntemde de traverten atığının uygun boyutlara getirilmesi için, kırmataş hazırlama maliyetinden fazla bir maliyet çıkması söz konusudur. Söz konusu maliyet iş bazında yapılması gerektiğinden hesaplanmamıştır.

4.2. Traverten Atığı Malzeme ve Kıрма Taş İçin Nakliye Maliyeti Hesabı

Nakliye bedeli Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca her yıl yayınlanan birim fiyat kitapçığında yer alan taşıma formülleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Nakliye bedeli hesap birimi tondur. Alttemel ve temel malzeme ihtiyacı hacimsel alan hesabı yapılarak, m³ biriminden belirlenmektedir.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı [35] standardından alınan traverten ve kırmataş için birim hacim kütle verileri Tablo 14'de verilmiştir. Tablo 14'de bakıldığında traverten ve kırmataşın, bir metreküp ağırlıklarının farklı olduğu görülmektedir.

Tablo 14. Traverten-kırmataş birim hacim kütle değerleri

Malzeme	Birim hacim ağırlığı, kg/m ³
Traverten	2600
Kırmataş	1800

Nakliye bedeli hesabı:

F: Nakliye bedeli

K: Motorlu araç taşıma katsayısı

M: Mesafe, (≤10 km: metre, >10 km: kilometre)

≤10.000 m.ye kadar motorlu araçlarla yapılan taşımalarda kullanılacak formül;

$$F = 0.00017 * K * \sqrt{M}$$

>10 km. için motorlu araçlarla yapılan taşımalarda kullanılacak formül;

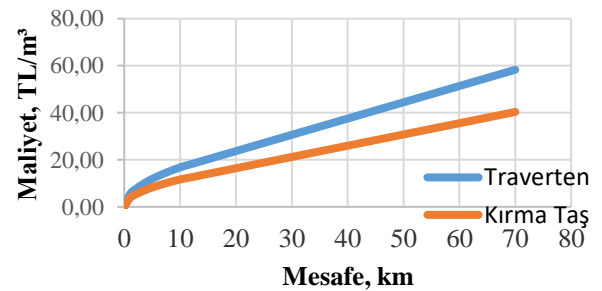
$$F = K * ((0.0007 * M) + 0.01)$$

2020 Yılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yayınlanan birim fiyatlarda, her cins ve tonajda motorlu araç taşıma katsayısı (K), 380 olarak verilmektedir.

Bu değerler kullanılarak traverten ve kırmataşın farklı mesafeler için hesaplanan 1 m³ nakliye bedeli Tablo 15'de verilmiş, Şekil 6'da grafik olarak gösterilmiştir.

Tablo 15. Farklı mesafeler için malzeme 1 m³ nakliye bedeli

Malzeme	10 km, TL	30 km, TL	70 km, TL
Traverten	16.80	30.62	58.29
Kırmataş	11.63	21.20	40.36
Fark	5.17	9.42	17.94



Şekil 6. Traverten- kırmataş mesafe-maliyet grafiği

Tablo 15 ve Şekil 6'nın incelenmesi sonucunda; 1 m³ malzeme için; taşıma mesafesi arttıkça, traverten atığı

malzemenin, kırma taşa oranla nakliye maliyetinin arttığı görülmüştür. Tablo 13’de verilen kırmataş maliyet değerlerini göz önüne aldığımızda; 30 km mesafeye yapılan taşımalarda yaklaşık 1 ton kırmataş bedeli kadar, 70 km mesafeye yapılan taşımalarda ise 1 m³ kırmataş bedeli kadar taşıma maliyet farkının oluştuğu görülmüştür. Buna göre, traverten atığı için bedel ödenmediği varsayılrsa bile, traverten atığını alttemel ve temel tabakalarının yapımı için kullanacağımız mesafe artışıyla, taşıma maliyetindeki artışın doğru orantılı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Traverten atığı malzeme, traverten taş ocaklarında ya da traverten işleme tesislerinde ortaya çıkmaktadır. Travertenin kaplama malzemesi olarak kullanılabilmesi için belli ebatlara getirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple taş ocağından çıkarılması, büyük bloklar halinde hazırlanması ve işleme tesislerinde kaplama malzemesi ebatlarına getirilmesi esnasında çıkan fire malzeme atık olarak ayrıştırılmaktadır. Atık malzemeler bu tesislerin çevresinde stok halinde depolanmakta ve çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir.

Taş ocaklarında ortalama 100 m³ traverten alanı boşaltıldığında 15 m³ traverten çıkarılmaktadır. Bu da ocak veriminin %15 olduğunu göstermektedir. Fabrikalarda ise üretim verimi %30'lara kadar düşmektedir. Moloz şeklinde fabrikalara gelen travertenlerden %70'e kadar atık oluşabilmektedir. Bu atıklar hem fabrikalara ilave maliyet oluşturmakta hem de tarımı olumsuz yönde etkilemektedir [36].

Depolandığı yerlerde çevre üzerinde büyük tahribat yaratan traverten atıklarının, imalata dönüşmesi amacıyla yol temel ve alttemel tabakalarında kullanılması durumunda traverten ocak ve işleme tesisleri civarındaki çevre tahribatının azalacağı muhakkaktır.

Traverten atıklarının, alttemel ve temel tabakalarında kullanılmasının, nakliye maliyeti açısından; traverten ocağına ya da işleme tesisine yakın bölgelerde, traverten atığı ve atığı uygun gradasyona getirmek için ilave bedel ödenmediği takdirde ekonomik olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplamalar, traverten atıklarının elde edilmesi ve agrega boyutuna getirilmesi için hiçbir harcama yapılmaması durumunda bile taşıma maliyetinin kırmataşa göre daha fazla olmasından dolayı mesafe uzadıkça traverten atığı kullanımının kırmataşa göre daha maliyetli hale geldiğini göstermiştir. Ancak; yukarıda bahsedilen çevresel faydası ve civardaki uygun kırmataş ocaklarının sınırlılığı gibi durumlar gözetilerek daha uzak mesafelerde dahi traverten atıklarının yol temel ve alttemel tabakalarının yapımında kullanılması tercih edilebilecektir.

Bu çalışmada Alaşehir (Manisa) bölgesindeki traverten atıklarının yol üst yapısında alttemel ve temel tabakalarında kullanılabilirliği incelenmiştir. Yapılan çalışmalar ve deneyler sonucunda traverten atığı malzemenin alttemel ve

temel tabakalarında teknik olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

KAYNAKÇA

- [1].Erkek, D. ve Özdemir, S., “Mermer ve Traverten Sektörüne Küresel ve Bölgesel Yaklaşım. Araştırma Raporu”, 2011.
- [2].Yıldız, A.H., “Mermer Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2008.
- [3].Çoruh, E., Hınıslioğlu, S., Kocakerim, M., Arasan, S. ve Oltulu, M., “Borojipsin Alt Temel Tabakasında Stabilizasyon Malzemesi Olarak Kullanılmasının Araştırılması”, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(2), 221-231, Erzincan, 2013.
- [4].Çobanoğlu, İ., Çelik, S., Çam, O., Etiz, H., Kurşun, M., Denizli Bölgesi Traverten Artıklarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(3), 92-99, 2014.
- [5].Ural, N. ve Yakşe, G., “Atık Mermer Parçalarının Yol Temel Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi”, Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 2 (2), 53-62., Bilecik, 2015.
- [6].Yakşe, G., “Atık Mermer Parçalarının Yol Temel Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, 2016.
- [7].Özdemir, E., Sarıcı, D.E. ve Sarıcı, T., “Doğu Anadolu Bölgesinde Bulunan Bazı Mermer Atıklarının Yol Temel ve Alttemel Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi”, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 39, 13-20, Kütahya, 2017.
- [8].Yüksek, S., Kaya, S., "Kömür Baca Külü, Kireç ve Jips Ürünlerinden Yapı Malzemesi Yapımı", Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 5(3), 58-70, 2017.
- [9].Ergezer, F., “Sıcak Çermik Bölgesi (Sivas) Traverten Atıklarının Yol Temel ve Alttemel Tabakalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 22, Özel Sayı, 181-188, Isparta, 2018.
- [10].Yılmaz, F., "Uçucu Kül ve Mermer Tozu Katkılarının Zeminin Stabilizasyonuna ve Donma-Çözülmesine Etkisinin Araştırılması", Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi 8(1), 56-61, 2020.
- [11].Sarıuşık, A., Can, S., Ürün, K., Traverten Atıklarının Çimentolu Dolgu Malzemesi Olarak Kullanımında Renk ve Parlaklık Değerlerinin Araştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(1), 447-455, 2020.
- [12].Yonar, F., Dikbaş, A. ve Doğan, I., “Dökümhane Cürufunun Karayolu İnşaatında Dolguda ve Granüler Tabakalarda Kullanım Olanaklarının Araştırılması”, 7. Geoteknik Sempozyumu, İstanbul, 22-23-24 Kasım 2017.
- [13].Motor, E., “Borojipsin Alttemel Tabakasında Stabilizasyon Malzemesi Olarak Kullanılmasının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2007.

- [14].Seren, I.S., “Elektrik Ark Fırını Cürufunun Yapay Agregası Olarak Esnek Üstyapıların Çimento Bağlayıcı Granüler Temel Tabakasında Kullanılabilirliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [15].Yılmaz, A. ve Süttaş, İ., “Ferrokrom Cürufunun Yol Temel Malzemesi Olarak Kullanımı”, İMO Teknik Dergi, 4455-4470, Yazı 294, İstanbul, 2008.
- [16].Korkmaz, V., “Bor Endüstri Atıkları ve Traverten Atıklarının Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 2017.
- [17].Okubay, M., “Bitümlü Sıcak Karışımlarda Agregası Olarak Mermer Atığı Kullanımının Araştırılması Mermer Atıklarının Bitümlü Sıcak Karışımların Stabilite Özelliklerine Etkisi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
- [18].Güven, H., “Denizli ve Çevresindeki Traverten Atıklarının Betonda Katkı Malzemesi Olarak Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2015.
- [19].Ceylan, H. ve Mança, S., “Mermer Parça Atıklarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi”, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi, Cilt 3, Sayı 2, 21-25, Isparta, 2013.
- [20].Gürer, C., “Atık Mermer Parçalarının Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 2005.
- [21].TS EN 1900-1, “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [22].TS EN 1367-2, “Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2011.
- [23].TS EN 1097-2, “Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- Bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için yöntemler”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [24].BS 812-105.1, “Testing Aggregates. Method for Determination of Particle Shape- Flakiness Index”, British Standart, England, 1989.
- [25].TS EN 1097-6, “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [26].AASHTO T 89, “Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils”, American Association of State and Highway Transportation Officials, 2013.
- [27].AASHTO T 90,” Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils”, American Association of State and Highway Transportation Officials, 2014.
- [28].TS EN 1744-1, “Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Kimyasal Analiz”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [29].TS EN 933-9, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini- Metilen Mavisini Deneyi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2014.
- [30].ASTM C 142, “Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates”, American Association of State and Highway Transportation Officials, 2010.
- [31].AASHTO T 180, “Standard Method of Test for Moisture–Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop”, American Association of State and Highway Transportation Officials, 2018.
- [32].Demirel, Z. ve Orhan, F., “Toprak ve Stabilizasyon Laboratuvarı Çalışmaları”, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 1994.
- [33].AASHTO T 193, “Standard Method of Test for The California Bearing Ratio”, American Association of State and Highway Transportation Officials, 2013.
- [34].TS EN 1900-2, “İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [35].TS 825, “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2008.
- [36].Güven, H., “Denizli ve Çevresindeki Traverten Atıklarının Betonda Katkı Malzemesi Olarak Kullanılması”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2015.