

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRK - HIRVAT KARAYOLLARI TEKNİK ŞARTNAMESLERİNİN TOPRAK  
İŞLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Onur ŞAHİNKAYA**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**HAZİRAN 2013**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRK - HIRVAT KARAYOLLARI TEKNİK ŞARTNAMESLERİNİN TOPRAK  
İŞLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Onur ŞAHİNKAYA  
501101415**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zübeyde Öztürk**

**HAZİRAN 2013**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101415. numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Onur ŞAHİNKAYA**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TÜRK - HIRVAT KARAYOLLARI TEKNİK ŞARTNAMELERİNİN TOPRAK İŞLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....

**Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Murat ERGÜN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....

**Doç. Dr. İsmail ŞAHİN**  
Yıldız Teknik Üniversitesi

.....

**Teslim Tarihi : 19 Nisan 2013**  
**Savunma Tarihi : 5 Haziran 2013**



*Aileme ve arkadaşlarıma,*





## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca çok değerli katkılarıyla beni yönlendiren ve bana her türlü yardımı sağlayan, çalışmanın tamamlanmasında büyük katkıları olan değerli hocam Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Enka İnşaat Kosova Otoyol Projesi mühendislik departmanındaki müdürlerim Barış Avcı ve Mehmet Emin Mutlu başta olmak üzere tüm mühendislik departmanı çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarımı yönlendiren Serkan Ülker ve Ertuğrul Bostancı'ya, çalışmamı tamamlamam için bana imkan sağlayan Özger İnal'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın tamamlanmasına büyük katkı sağlayan, her zaman yanımda olan sevgili arkadaşlarım Hüseyin Keleş, Hazal Yılmaz, Yalçın Oğuz Hetemoğlu ve Sinem Akşit'e desteklerinden ötürü çok teşekkür ederim.

Beni yetiştirip bu günlere getiren, çalışmalarımda desteklerini hayatım boyunca hissettiren sevgili anneme, babama ve kardeşime şükranlarımı sunarım.

Haziran 2013

Onur ŞAHİNKAYA



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ.....                                                                  | vii  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                           | ix   |
| KISALTMALAR .....                                                           | xi   |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                        | xiii |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                          | xv   |
| ÖZET.....                                                                   | xvii |
| SUMMARY .....                                                               | xix  |
| 1. GİRİŞ .....                                                              | 1    |
| 2. KARAYOLU MÜHENDİSLİĞİ İŞ KALEMLERİ.....                                  | 5    |
| 2.1 Yol Altyapısı .....                                                     | 5    |
| 2.1.1 Toprak işleri.....                                                    | 5    |
| 2.1.1.1 Toprak işlerinde zeminlerin geoteknik tanımı ve değerlendirilmesi . | 8    |
| 2.2 Sanat Yapıları .....                                                    | 14   |
| 2.2.1 Köprüler.....                                                         | 14   |
| 2.2.1.1 Kemer köprüler .....                                                | 15   |
| 2.2.1.2 Kirişli köprüler .....                                              | 16   |
| 2.2.1.3 Asma köprüler.....                                                  | 17   |
| 2.2.2 Menfezler.....                                                        | 17   |
| 2.2.3 İstinat duvarları .....                                               | 18   |
| 2.3 Yol Üstyapısı .....                                                     | 19   |
| 2.3.1 Alttemel tabakası .....                                               | 20   |
| 2.3.2 Temel tabakası .....                                                  | 20   |
| 2.3.3 Kaplama tabakası.....                                                 | 20   |
| 2.3.3.1 Aşınma tabakası .....                                               | 21   |
| 2.3.3.2 Binder tabakası.....                                                | 21   |
| 2.3.3.3 Bitümlü temel tabakası .....                                        | 21   |
| 2.4 Diğer İşler.....                                                        | 22   |
| 3. İNŞAAT TEKNİK ŞARTNAMESLERİ.....                                         | 25   |
| 3.1 Teknik Şartnamelerin Özellikleri .....                                  | 25   |
| 3.2 Teknik Şartnamelerin Amaç ve Kapsamı.....                               | 26   |
| 3.3 Türkiye’de İnşaat Teknik Şartnameleri .....                             | 26   |
| 3.3.1 Genel Teknik Şartname .....                                           | 27   |
| 3.3.2 Karayolları Teknik Şartnamesi .....                                   | 27   |
| 3.3.3 Türkiye’de teknik şartname özellikleri .....                          | 28   |
| 3.4 Hırvat Teknik Şartnamesi.....                                           | 28   |
| 4. TÜRK - HIRVAT KARAYOLLARI TEKNİK ŞARTNAMESLERİNİN                        |      |
| KARŞILAŞTIRILMASI.....                                                      | 31   |
| 4.1 Kazı İşleri .....                                                       | 31   |
| 4.1.1 Karayolları Teknik Şartnamesi’nde kazı işleri .....                   | 31   |
| 4.1.2 Hırvat Teknik Şartnamesi’nde kazı işleri .....                        | 34   |
| 4.1.2.1 Taşıma maliyetleri karşılaştırması .....                            | 41   |
| 4.2 Dolgu İşleri.....                                                       | 43   |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1 Karayolları Teknik Şartnamesi'nde dolgu işleri ..... | 43        |
| 4.2.1.1 Zayıf zeminler .....                               | 45        |
| 4.2.2 Hırvat Teknik Şartnamesi'nde dolgu işleri .....      | 55        |
| <b>5. DEĞERLENDİRME.....</b>                               | <b>63</b> |
| <b>6. SONUÇLAR .....</b>                                   | <b>69</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                      | <b>73</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                      | <b>75</b> |

## **KISALTMALAR**

|               |                                                                      |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>AASHTO</b> | : Amerikan Association of State Highway and Transportation Officials |
| <b>EN</b>     | : European Standards                                                 |
| <b>GTR</b>    | : General Technical Requirements                                     |
| <b>GTŞ</b>    | : Genel Teknik Şartname                                              |
| <b>HTŞ</b>    | : Hırvat Teknik Şartnamesi                                           |
| <b>IGH</b>    | : Institut građevinarstva Hrvatske                                   |
| <b>ISO</b>    | : International Organization for Standardization                     |
| <b>KHK</b>    | : Kanun Hükmünde Kararname                                           |
| <b>KİK</b>    | : Kamu İhale Kanunu                                                  |
| <b>KTŞ</b>    | : Karayolları Teknik Şartnamesi                                      |
| <b>TMA</b>    | : Taş Mastik Asfalt                                                  |
| <b>TS</b>     | : Türk Standartları                                                  |
| <b>TSE</b>    | : Türk Standartları Enstitüsü                                        |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1 : AASHTO zemin sınıflandırma çizelgesi [12] .....                                 | 11 |
| Çizelge 3.1 : Karayolları teknik şartname bölümleri [13] .....                                | 28 |
| Çizelge 4.1 : KTŞ örnek kazı, dolgu, taşıma maliyeti. ....                                    | 42 |
| Çizelge 4.2 : HTŞ örnek kazı, dolgu, taşıma maliyeti. ....                                    | 42 |
| Çizelge 4.3 : Dolgu malzemesi özellikleri [13] .....                                          | 44 |
| Çizelge 4.4 : Don'a hassas olmayan taban malzemesinin özellikleri [13] .....                  | 44 |
| Çizelge 4.5 : Koruyucu tabaka seçme malzeme özellikleri [13] .....                            | 45 |
| Çizelge 4.6 : Uygun nitelikli kazı malzemesi [13] .....                                       | 46 |
| Çizelge 4.7 : İnce filtre malzemenin özellikleri [13] .....                                   | 47 |
| Çizelge 4.8 : Kaba filtre malzemenin özellikleri [13] .....                                   | 47 |
| Çizelge 4.9 : Tip-I malzeme özellikleri [13] .....                                            | 48 |
| Çizelge 4.10 : Tip-II malzeme özellikleri [13] .....                                          | 48 |
| Çizelge 4.11 : Drenaj amaçlı örgüsüz, polipropilen geotekstil özellikleri [13] .....          | 49 |
| Çizelge 4.12 : Sanat yapıları yaklaşım ve yan dolgularında<br>kullanılacak malzeme [13] ..... | 51 |
| Çizelge 4.13 : Dolgularda sıkışma kriterleri [13] .....                                       | 52 |
| Çizelge 4.14 : Arazide kuru birim ağırlık tayin metotları [13] .....                          | 54 |
| Çizelge 4.15 : KTŞ kalite kontrol deneyleri [13] .....                                        | 55 |
| Çizelge 4.16 : HTŞ temel zemini değerlendirme kriterleri [22] .....                           | 56 |
| Çizelge 4.17 : HTŞ toprak dolgular kalite kriterleri [22] .....                               | 58 |
| Çizelge 4.18 : HTŞ miks dolgular kalite kriterleri[22] .....                                  | 60 |
| Çizelge 4.19: HTŞ kaya dolgular kalite kriterleri[22] .....                                   | 61 |
| Çizelge 4.20 : KTŞ ve HTŞ kazı sınıfları karşılaştırması .....                                | 63 |
| Çizelge 4.21 : KTŞ ve HTŞ taşıma sınıfları karşılaştırması .....                              | 63 |
| Çizelge 4.22 : KTŞ ve HTŞ dolgu malzemesi karşılaştırması .....                               | 65 |
| Çizelge 4.23 : KTŞ ve HTŞ dolgu tabanı malzemesi karşılaştırması .....                        | 65 |
| Çizelge 4.24 : KTŞ ve HTŞ kalite kontrol deney sıklıkları karşılaştırması .....               | 67 |





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1: Kazı yapılması. ....                                        | 6  |
| Şekil 2.2: Yükleme yapılması. ....                                     | 6  |
| Şekil 2.3: Taşıma yapılması. ....                                      | 7  |
| Şekil 2.4: Boşaltma işlemi. ....                                       | 7  |
| Şekil 2.5: Sıvılık indisleri su muhtevası ilişkisi [10]. ....          | 10 |
| Şekil 2.6: Zeminlerde su muhtevası hacim değişimi davranışı [10]. .... | 10 |
| Şekil 2.7: Kosova Otoyol Projesi. ....                                 | 15 |
| Şekil 2.8: Kemer köprü örneği. ....                                    | 16 |
| Şekil 2.9: Kirişli köprü. ....                                         | 16 |
| Şekil 2.10: Kutu menfez. ....                                          | 17 |
| Şekil 2.11: Büz menfez. ....                                           | 18 |
| Şekil 2.12: Tipik istinat duvarı ve detayları [17]. ....               | 19 |
| Şekil 2.13: Yol üstyapısı tip enkesiti [13]. ....                      | 20 |
| Şekil 2.14: Kaplama tabakası. ....                                     | 21 |
| Şekil 2.15: Sıkıştırma işlemi. ....                                    | 22 |
| Şekil 2.16: Kosova Otoyol Projesi Morine Kavşağı. ....                 | 23 |
| Şekil 4.1: Palyeli yarma enkesit tipi [13]. ....                       | 37 |
| Şekil 4.2: Palyeli dolgu enkesit tipi [13]. ....                       | 38 |
| Şekil 4.3: Ariyet ocağından kazı yapılması. ....                       | 41 |
| Şekil 4.4: Taşıma yapılması. ....                                      | 41 |
| Şekil 4.5: Ayırma amaçlı geotekstil kullanımı. ....                    | 50 |
| Şekil 4.6: Plaka yükleme deneyi [25]. ....                             | 59 |



## **TÜRK - HIRVAT KARAYOLLARI TEKNİK ŞARTNAMESLERİNİN TOPRAK İŞLERİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI**

### **ÖZET**

Teknik şartnameler, projede tamamlananacak imalatların yapımına ilişkin açıklamalardır. Bir işin yapılabilmesi için gerekli bütün bilgilerin teknik şartnamelerde olması gerektiğinden, şartnamelerin eksiksiz olması önemlidir. İmalata ait işçilik, malzeme, ekipman ve kalite kontrol koşulları şartnamelerde bir bütün olarak açıklanmalıdır.

Tez çalışmasında, karayolları inşaatlarındaki iş kalemleri yol altyapısı, sanat yapıları, yol üstyapısı ve diğer işler olmak üzere dört ana başlıkta incelenmiştir. Yol altyapısı içinde toprak işleri; kazı, dolgu ve taşımalar ve zeminlerin genel özellikleri belirtilmiştir. Karayolu inşaatlarındaki betonarme işleri kapsayan sanat yapıları, tekerlek yüklerini karşılayarak tabana yayan üstyapı tabakası ve tipleri, bunların yanında karayolları inşaatlarındaki diğer işler örneklenmiştir.

Çalışmada teknik şartnamelerin inşaat projeleri için amacı, önemi, kullanıcıları şartnamelerin genel özellikleri vurgulanmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi ve Hırvat Teknik Şartnamesi'nin kapsamı hakkında bilgiler verilmiştir.

Türkiye'de karayolları yapımında kullanılan Karayolları Teknik Şartnamesi ile, son dönemde Balkanlarda yapılan karayollarında kullanılan Hırvat Teknik Şartnamesi yol altyapısı açısından, kazı ve dolgu işleri temel olarak bu tez çalışmasında incelenmiştir. Tezde her iki şartnamede geçen malzeme tanımları, iş yapım yöntemlerini ve kalite kontrol limitleri ele alınmış, kazı ve dolgu işleri hakkında genel bilgiler, yapım sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar, yapım sonrasında imalatın kalitesinin korunması için yapılması gereken testler açıklanmış ve değerlendirilmiştir.

Çalışmanın karşılaştırma bölümünde, kazı işleri, dolgu işleri, taşımalar ve kalite kontrol deneyleri her iki şartnamede bölüm bölüm incelenmiş, karşılaştırılmış, aradaki farkların sebepleri ve sonuçları irdelenmiştir. Her iki şartnamedeki kazı sınıfları tanımlanmış ve birbiriyle eşleştirilmiştir. Dolgu malzemesi gereksinimleri, malzeme kullanılabilirlikleri incelenmiştir. Taşımalarda örnek bir senaryo hazırlanmış, aynı miktardaki kazı, taşıma ve dolgu işlemi her iki şartnamenin birim fiyat tanımlarına ve formüllerine göre maliyet açısından karşılaştırılmıştır. Her iki şartnamedeki kalite kontrol deneyleri eşleştirilmiş, imalatların yapımına ait kalite koşulları değerlendirilmiştir.

Şartnamelerin incelenmesi, bir projenin teklif aşamasından tamamlanma aşamasına kadar büyük önem taşımaktadır. Şartnamelerin içerdiği limitlere ve gereksinimlere göre, proje için temin edilecek her türlü malzeme ve ekipman ihtiyacı değişebilmektedir. İnşaat malzemelerinin yakın yerlerden temini ve şartname esaslarına göre tasarımda yapılabilecek değişikliklerin öngörümü projelerin maliyetleriyle doğrudan ilişkilidir.

Bu ve benzeri sebeplerden, işin ihale sürecinden başlayarak teknik şartnamelerin gereksinimleri araştırılmalı, eksik görülen noktalar için önceden risk planlaması yapılmalıdır

## **A COMPARISON BETWEEN TURKISH AND CROATIAN HIGHWAY TECHNICAL SPECIFICATIONS IN EARTHWORKS**

### **SUMMARY**

Transportation systems research planning, designing and operating of the transportation of people and freight safely and economically. Land, air and sea transportation are supposed to work as an interconnected system.

In developing countries, the ongoing energy crunch has caused high costs in the construction industry with increased vehicle loads. Demand for the construction of new roads and existing ways of forcing countries to take measures aimed at protecting and reinforcing of the existing road structures.

The development of transport infrastructure is a prerequisite for economic development. Increasing industrial raw material for the production of a developing country access to a well-functioning transport system is required to be utilized.

The strategic role of transport in the face of large investment costs of these investments should be subject to a detailed economic evaluation. In general, any type of project, in particular investment decision whether to grant an assessment of highway projects to shed light on the economic importance to draw conclusions.

Road construction is a building of several variables in a project. Construction time is long, voluminous and economically costly. The ground conditions and its properties varies from one point to the other point where the alignment passes. Therefore, it is essential and difficult to estimate how much the construction would cost and estimate the duration of the work is extremely important to predict accurately.

Technical specifications are descriptions that provides actualization of the construction complementation at the projects. All information required for the technical specifications of a work should be written in a pure language and specifications must be complete and clear. Labor, material, equipment and quality control requirements that are belong to construction should be described fully in specifications. Examination of specifications is very important from the proposal stage up to the stage of completion project. According to the limits contained in specifications, the project will be provided for all types of materials and equipment requirements vary. For these reasons abovementioned, technical specifications affecting the cost of the project in terms of material, equipment and labor requirements.

Croatia is located in intersection of the Central and Southeast Europe, bordering Hungary to the northeast, Serbia to the east, Bosnia and Herzegovina to the south-east, Montenegro to the south-east, the Adriatic Sea to the south-west and Slovenia to the northwest. States after the disintegration of Yugoslavia in the process established in the region. Among them, the more road construction was planned and constructed in Croatia. Therefore, it became necessary to update the Yugoslav standards. The update of the ex Yugoslavia standards named Croatian Technical Specification was released in 2001.

Comparative studies of the previous specifications mainly research AASHTO publications, Flexible Pavement Design Methods Comparison, Design of Flexible Pavements Comparison of AASHTO 1972, AASHTO 1986, AASHTO 2002 and AASHTO 1993 Flexible Pavement Design Methods. The main difference of this study, to compare excavation, backfilling, hauling, compaction, material properties and requirements, application methods in terms of quality requirements. For the comparison basis earthworks is choose as earthworks form the basis of the road construction. Both highway technical regulations can be considered as new technical specifications as of the date of publications. There has not been a comparison before between the two specifications.

In this thesis, comparision study is applied to highway specification used in the recent highway constructions in Turkey. Highways Technical Specification in Turkey realased in 2006. Croation Technical Specification is used in the recent motorway construction projects in the Balkans such as Albania Motorway Project and Kosovo Motorway Project.

In the thesis, material requirements and descriptions, construction methods and quality control limits of both technical specifications are covered in detail. Also, general information of excavation and filling works, considerations during construction, and required tests to protect the quality of production for post construction stated and compared.

Highway construction consist of various kind of activities below the main disciplines such as earthworks, structures, paving and finishing works. Earthworks includes excavation, loading, transportation of the materials and filling works. Structures are concrete works in highways such as viaducts, overpasses, underpasses, box and pipe culverts and drainage channels. Subgrade, subbase, treated base and wearing courses are components of paving layer that intended to sustain vehicular traffic. Asphalt layers are also sustain plastic deformation under the vehicle loads and reflects the loads spreading and decreasingly to the earth surface. Finishing works in highways covers guardrails, fences, lighting and communication works, horizontal markings, traffic signs and hydroseeding works.

In this study, firstly highway construction and its components are explained. The construction activities are described in detail into several subchapters. Earthworks discipline mainly studied with geotechnical properties of soil. Soil classifications according to AASHTO are defined. Geotechnical considerations and important features of soil stability and characteristics are pointed.

Third chapter of the study, includes general information about the technical specifications. General properties of technical specifications, the aim and the users of the technical specifications are defined. Technical specifications in Turkey and their speciality are also studied. Ministries have their own specifications and there is no private company in Turkey capable of writing technical specifications. General Technical Specification, Highways Technical Specification which is written by General Directorate of Highways. The content of the Turkish Highways Specification are given. Furthermore, Crotian Technical Specification, its history, structure and content are described in the third chapter of the thesis.

Fourth chapter of the study, are the comparision part of the thesis. Requirements in both specifications are explained and compared in detail with the various aspects of engineering and cost.

The comparison between Turkish and Croatian Highway Technical Specifications in earthworks are studied into four sections. The sections are excavation works, embankment works, hauling and quality control tests. Excavation classes are described and matched with each other for both specifications for their properties and definitions. Presplitting activities and its requirements are covered in both specifications.

Construction of embankments, embankment classes and definitions are pointed. Suitable fill material properties for the construction of the embankments are defined and compared for Turkish and Croatian Highway Technical Specifications. The compaction procedures, the pressure loads, minimum overlay percentage, the type of the compactors are pointed. Using of geotextiles in different conditions, material selection and method of statements for using them are covered and compared.

Transportation definitions are also studied in this thesis. Turkish Highway Technical Specification requires formulas for calculating the cost of the material hauling. The pricing formulas are used from General Directorate of Highways unit prices 2012 book. The pricing formulas for hauling was introduced. Hauling formula components are defined. An example cost scenario, excavation of 1000 m<sup>3</sup> in a rock quarry and transportation it from 10 kilometre distance to the construction of embankment scenario is created. General Directorate of Highways 2012 unit prices book was used for Turkish Highways Technical Specifications cost data side. Kosovo Motorway Project approximate unit prices is used for the cost calculation scenario for the Croatian Technical Specification cost data. The fundamental differences between specifications in hauling disciplines are also mentioned.

Quality control tests, test references and quality control test frequencies are described and compared for earthwork operations. Similar tests are pointed, different test procedures are explained. Comparators and advantageous points about both specifications are emphasized.

Technical specifications should provide all the information about the construction stages during implementing a project. All information required for the technical specifications of a work should be written in a clear language. Specifications must be complete and applicable. Labor, material, equipment and quality control requirements that are belong to construction should be described fully in specifications.

Examination of specifications is very important from the proposal stage to completion stage of a project. According to the limits contained in specifications, the provided types of materials and equipment requirements vary. Forecasting material supply from short distances and potential variations in design could be main factors reducing the cost. For these reasons, technical specifications affect the cost of the project in terms of material, equipment and labor requirements and a complete risk assessment and evaluation should be made for them.





## 1. GİRİŞ

Ulaştırma günümüz toplum yaşantısında insanları doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen çok önemli hizmetlerden birisidir. Ulaştırma hizmetlerinin güvenli, hızlı, ekonomik ve konforlu olması gerekmektedir [1].

Gelişmekte olan ülkelerde süregelen enerji darboğazı, ekonomik krizler sonucu inşaat sektöründe oluşan yüksek maliyetler, artan araç yükleri, ülkeleri yeni karayolu yapımına ve mevcut yolları korumayı amaçlayan takviye ve önlemleri almaya zorlamaktadır [2].

Ulaştırma altyapısının gelişimi ekonomide kalkınmanın ön şartıdır. Gelişmekte olan bir ülkenin artan endüstriyel üretimi için hammaddenin taşınmasında yararlanılacak iyi çalışan bir ulaşım sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ulaştırmanın stratejik rolü ve büyük yatırım maliyetleri karşısında bu yatırımların detaylı bir ekonomik değerlendirmeye tabi tutulması gerekmektedir. Genel olarak her tür projede, özel olarak da karayolu projelerinde ekonomik bir değerlendirme yapıp yatırım kararı verilmesine ışık tutacak sonuçlar çıkarmak önem taşımaktadır. Özelleştirme İdaresi Başkanlığı'nın 2011 yılı raporuna göre 1 km yol yapım maliyeti 8,59 milyon \$ olmaktadır [3].

Karayolu inşaatı çok değişkenli bir yapıdır. İnşaat süresi uzun, hacimli ve ekonomik olarak masraflıdır. Yapının oturduğu taban zemini bir noktadan diğerine farklılıklar göstermektedir. Tasarım aşamasında işin ne kadar mal olacağını ve süresini doğru tahmin etmek son derece önemlidir.

Teknik şartnameler, projelerde tamamlananacak imalatların gerçekleştirilebilmesini sağlayan yazılı dökümanlardır. Bir işin yapılabilmesi için gerekli bütün bilgiler teknik şartnamelerde olması gerektiğinden şartnamelerin eksiksiz ve açık bir dilde yazılmış olması gerekir. Şartnamelerde imalata ait işçilik, malzeme, ekipman ve kalite kontrol koşulları tam olarak açıklanmalıdır. Şartnamelerin incelenmesi, bir projenin teklif aşamasından tamamlanma aşamasına kadar büyük önem taşımaktadır. Şartnamelerin içerdiği limitlere göre, proje için temin edilecek her türlü malzeme ve

ekipman gereksinimleri değişebilmektedir. Bu sebeplerden teknik şartnameler maliyet açısından proje sürecini etkileyen önemli kalemlerdendir.

Hırvatistan, doğusunda Sırbistan, güneydoğuda Bosna-Hersek, kuzeybatıda Slovenya, kuzeydoğuda Macaristan ve güneyde Karadağ ve Adriyatik Denizi ile çevrili olup Orta ve Güneydoğu Avrupa'nın kesişim bölgesinde yer almaktadır. Yugoslavya'dan 1991'de ayrılıp bağımsızlığını ilan etmiştir. Ülkenin altyapı yatırımları incelendiğinde özellikle 2000'li yılların başından itibaren büyük bir gelişme gözlenmektedir. 2011 yılı itibariyle Hırvatistan'da, 1254 km otoyol, 6843 km devlet yolu bulunmaktadır [4]. Yugoslavya'nın dağılması sonrasındaki süreçte bölgede kurulan devletler içerisinde en fazla yol yapımı bu ülkede planlanmış ve gerçekleşmiştir. Bu nedenle, Yugoslav standartlarının güncellenmesi ihtiyacı doğmuş, 2001 yılında Hırvat Teknik Şartnamesi yayımlanmıştır.

Hırvat Teknik Şartnamesi Hırvatistan'da tamamlanan otoyollardan sonra 2010 yılında yapımı tamamlanan Arnavutluk Otoyolu'nda teknik şartname olarak kullanılmış, son olarak da yapımı devam eden ve Ekim 2013'de tamamlanacak olan Kosova Otoyol Projesi'nde teknik şartname olarak kullanılmaktadır.

Daha önceki şartname karşılaştırma çalışmaları; Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırması, Esnek Üstyapıların Projelendirilmesinde AASHTO 1972 ve AASHTO 1986 Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinden AASHTO 2002 ile AASHTO 1993 Yönteminin Karşılaştırması üzerine yapılmıştır [5-7]. Bu çalışmanın temel farkı, karayolu altyapısını oluşturan kazı, dolgu ve sıkıştırma işlemlerini malzeme özellikleri, yapım metodları ve kalite gereksinimleri açısından karşılaştırmaktır. Her iki şartname de yayınlandığı tarih itibariyle yeni kabul edilebilecek şartnameler olduğundan, iki şartname arasında daha önce bir karşılaştırma yapılmamıştır.

Bu tez çalışmasında; Türkiye'de karayolları yapımında kullanılan Karayolları Teknik Şartnamesi (2006) ile son dönemde Balkanlarda yapılan otoyollarda kullanılan Hırvat Teknik Şartnamesi (2001) yol altyapısı açısından, kazı ve dolgu işleri temel olarak karşılaştırılmıştır.

Karayolları Teknik Şartnamesi'nin Hırvat Teknik Şartnamesi'ne kıyasla malzemelerin sağlaması gereken özellikler konusunda daha esnek olduğu

görülmüştür. Kazı yapılması, dolgu yapılması, sıkıştırma gibi genel iş yapım metodlarında Karayolları Teknik Şartnamesi'nde daha detaylı açıklamalar bulunmaktadır. Karayolları Teknik Şartnamesi AASHTO ve TSE deney standartlarına referans verirken, Hırvat Teknik Şartnamesi'nde Hırvat Standardları referans olarak gösterilmiştir.

Tezde her iki şartnamedeki malzeme tanımları, iş yapım metodları, kalite kontrol testleri ve sıklıkları karşılaştırılmıştır. Karayolu inşaatı hakkında genel bilgiler, yapım sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar, imalat kalitesinin korunması için yapılması gereken testler belirtilmiştir.

Teknik şartnameler, projede tamamlananacak imalatların gerçekleştirilebilmesini sağlayan bütün bilgileri içermektedir. İmalata ait; işçilik, malzeme, ekipman ve kalite kontrol koşulları şartnamelerde tam olarak açıklanmalıdır. İşin ihale sürecinden başlayarak teknik şartnamelerin gereksinimleri araştırılmalı, eksik görülen noktalar için önceden risk planlaması yapılmalıdır.

Tezin ilk bölümünde, çalışmanın amacı ve kapsamı açıklanmıştır.

Tezin ikinci bölümünde, karayolu yapımındaki genel imalatlar ve zemin sınıfları belirtilmiş, karşılaştırılan şartnamelerin hangi işlerde kullanıldığı açıklanmaya çalışılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde, şartnamelerin genel özellikleri, kullanıcıları, amaç ve kapsamı açıklanmıştır. Tezin konusu olan Karayolları Teknik Şartnamesi ve Hırvat Teknik Şartnamesi hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde her iki şartnamede yol altyapısına ilişkin yapım, kontrol ve kalite kontrol yöntemleri açıklanmış, iki şartnamenin farklılıkları ve benzer noktalar vurgulanmıştır.

Tezin beşinci bölümünde her iki şartname önceki bölümlerde anlatılan özelliklerine göre karşılaştırılmıştır ve birbirine olan üstünlük ve benzerlikleri değerlendirilmiştir.

Sonuç bölümünde, her iki şartnamenin birbiriyle olan benzerlikleri ve farklılıkları yönleriyle yorumlanmış, bazı öneriler sunulmuştur. Şartname seçiminin önemi vurgulanmıştır.



## **2. KARAYOLU MÜHENDİSLİĞİ İŞ KALEMLERİ**

Karayolu inşaatlarında ana iş kalemleri şunlardır:

1. Yol altyapısı : Toprak işleri; her türlü kazı, dolgu, şev stabilitesi vb işler.
2. Sanat yapıları : Köprü, viyadük, istinat duvarı, menfez vb betonarme işleri.
3. Yol üstyapısı : Alttemel, temel ve asfalt kaplama işleri.
4. Diğer işler : Yol çizgileri, trafik işaretleri, bariyerler, korkuluklar vb işler.

### **2.1 Yol Altyapısı**

Karayolu inşaatında yol altyapısına ait iş kalemleri bu bölümde gruplanmış ve incelenmiştir.

#### **2.1.1 Toprak işleri**

Toprak işleri, bir mühendislik projesinin gerçekleşmesi amacıyla doğal arazi yüzeyinde yapılan işlemlerin tümünü içeren inşaat mühendisliği terimidir [8].

Toprak işlerinin gerekli olduğu durumlar şunlardır:

1. Zeminde kazı yapılması, kazı ile çıkartılan zeminin tekrar kullanılması ihtiyacına karşılık, kazılmış zeminlerin geçici olarak uygun alanlara yığılması.
2. Bir arazi kesimine istenilen biçimi vermek için gerçekleştirilecek toprak işleri hareketlerinde, kazılması gereken yerler ile doldurulması gereken yerlerin dengelenmesine gayret edilir. Ancak her yarmadan çıkan zemin dolgu için uygun nitelikte olmayabilir. Bu nedenle dengelenmeyen dolgular için şantiye dışından uygun zemin nakliye edilmesi gerekir [8].

Toprak işleri 4 ana aşamada incelenir:

- Kazı
- Yükleme
- Taşıma
- Boşaltma

1. Kazı: Doğal ya da daha önceden kazılmış zeminin patlatma veya iş makineleri ile yerinden alınması işlemidir (Şekil 2.1).



**Şekil 2.1:** Kazı yapılması.

2. Yükleme: Kazılan zeminin taşıma araçlarına yüklenmesi işlemidir (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2:** Yükleme yapılması.

3. Taşıma: Kazılan zeminin yüklenmesinden sonra taşıtlarla boşaltma yerine kadar taşınması işlemidir. Zeminin yüklenmesi kazılan alanın yanında zeminin yığılmasından sonra yapılabileceği gibi, kazılan zeminin doğrudan yüklenmesi biçiminde de gerçekleştirilebilir (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3:** Taşıma yapılması.

4. Boşaltma: Zeminin depo yapılması ya da doldurulacak bir kesime yerleştirilmesi amacıyla boşaltılması işlemidir (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4:** Boşaltma işlemi.

Boşaltma işlemini, zeminin tabakalar biçiminde düzenli biçimde serilmesi, düzeltilmesi ve sonrasında stabiliteyi sağlamak amacıyla sıkıştırılması işlemleri izler. Toprak işleri çalışmaları, kendini az tutan ya da hiç tutamayan zeminlerde, yeraltı suyu ile karşılaşılan durumlarda, tünellerde, su altında gerçekleştirilen çalışmalarda



çeşitli zorluklar gösterir. Karayolu mühendisliği açısından bu sorunlar incelendiğinde çözüm bekleyen temel teknik sorunlar yarmalara ve dolgulara ait olmaktadır.

Büyük hacimli toprak işlerinin olduğu şantiyelerde taşıma işlemlerinin ayrıca incelenmesi gerekir. Mühendislik açısından en uygun ve en ucuz çözümün araştırılmalıdır.

Bu amaçla, rastlanılacak zemin tabakalarının türü, zeminin kendini tutma kapasitesi, zeminin kendini taşıma kapasitesi ve çalışılacak alanda yeraltı suyunun olup olmadığı iş yapılmadan önce araştırılmalıdır. Toprak işleri çalışmalarının programı bu araştırmalara göre belirlenmelidir.

#### **2.1.1.1 Toprak işlerinde zeminlerin geoteknik tanımı ve değerlendirilmesi**

Mühendislik bakımından zemin; çakıl, kum, silt, kil veya bunların karışımından meydana gelen herhangi bir malzeme olarak düşünülebilir. Bu tanım yüzeydeki bitkisel toprak adı verilen ayrışmış organik malzeme tanımından farklıdır. Bitkisel toprak genellikle herhangi bir mühendislik projesinin uygulanmaya başlanmasından önce kaldırılır [9].

Zeminler, danelerinin büyüklüklerini açıklayan granülometri eğrileri ve içerdikleri suya göre kıvamlarını belirleyen Atterberg limitleriyle tanımlanabilir.

Toprak işleri çalışmalarında, zeminlerin granülometrileri ile Atterberg limitlerinin bilinmesi gerekmektedir. Kazı makinelerinin verimliliğini doğru biçimde hesaplayabilmek, dolgu için elverişli zeminlerin seçimini yapmak, depo ve ödünç alanlarının yerlerini ve kapasitesini belirleyebilmek için bu bilgilere ihtiyaç vardır.

#### **Granülometri bakımından zeminler**

Zeminler dane boyutlarına göre iri daneli ve ince daneli olarak ikiye ayrılırlar. Çakıllar ve kumlar iri daneli zeminler, siltler ve killeri ise ince daneli zeminler olarak nitelendirilmektedir. İri daneli zeminler, dane boyutuna göre, kaba, orta ve ince kum (veya çakıl) olarak alt gruplara ayrılmaktadır [10].

Kil veya silt gibi ince taneli zeminlerin sınıflandırılması, bu zeminler genelde yardım olmadan gözle görülemeyen küçük partiküllerden oluştuğundan, zeminlerin plastisitesine göre yapılır.

Bir zemin örneği ağırlıklı olarak iri taneli olmasına rağmen, içindeki silt veya kil oranı, karışımın yaklaşık üçte birinden fazla ise, karışım iri taneliden çok ince taneli



bir zemin gibi davranır [11]. Bu sebeplerden, zeminlerin sınıflarının bilinmesi toprak işleri çalışmalarında büyük önem taşımaktadır.

### **Atterberg limitleri**

Zeminlerin kıvamları su muhtevalarına bağlı olup A.Atterberg tarafından 1911 yılında tanımlanmıştır.

Zeminlerin kıvam durumları:

1. Likid durum: Zeminlerin bir çamur kıvamında olduğu durumdur.
2. Plastik durum: Zeminin elle işlenebilir, hamur kıvamda olduğu durumdur. Zemin çok küçük yükler altında biçim değiştirir.
3. Rötrelili katı durum: Zemin katı kıvamındadır, elle işlenemez ancak kurumayla büzülür.
4. Büzülmez katı durum: Zemin katı kıvamdadır ve kurumayla büzülmez.

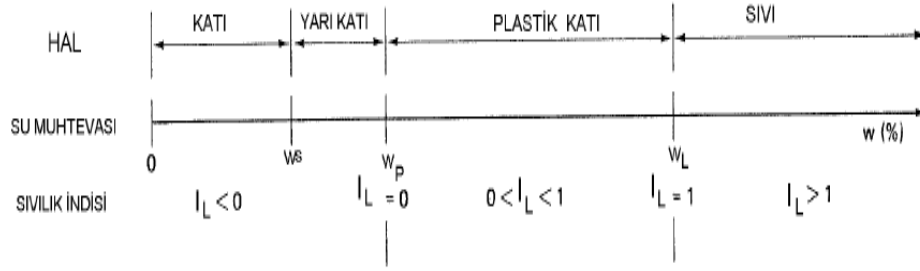
Bu kıvamların arasındaki değişimleri belirleyen Atterberg limitleri su muhtevaları ise şu şekildedir:

1. Likid limit ( $w_L$ ): Zeminin viskoz bir sıvıdan plastik bir kıvama dönüştüğü su muhtevasıdır.
2. Plastik limit ( $w_P$ ): Zeminin büzülebilir katı kıvamdan (yarı plastik) plastik kıvama geçmesi için gerekli su muhtevasıdır.
3. Büzülme limiti ( $w_s$ ): Zeminin yarı plastik bir malzemeden katı bir malzemeye dönüştüğü su muhtevası olarak tanımlanır

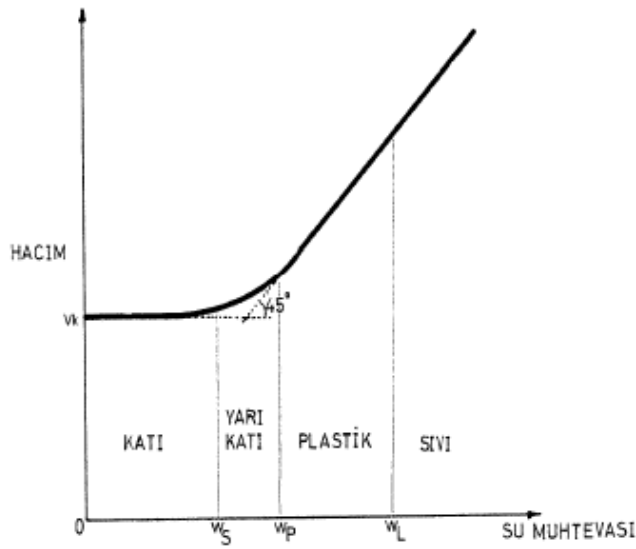
Plastik limit ile likit limit arasındaki fark plastisite indisi olarak adlandırılır.  $I_p$  ile gösterilir. Plastisite indisi diğer bir tanımla, zeminin su muhtevası değiştiğinde plastik kıvamda kaldığı su muhtevası aralığıdır [10].

Sıvılık indisi  $I_L$ , zeminin hangi su muhtevasında ne durumda olduğunu gösterir (Şekil 2.5).

Zeminlerde su muhtevası hacim değişimi davranışı Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.5: Sıvılık indisleri su muhtevası ilişkisi [10].



Şekil 2.6: Zeminlerde su muhtevası hacim değişimi davranışı [10].

### Karayolları sınıflandırma sistemi

Karayolları sınıflandırma sistemi, zeminleri isim yerine harf ve sayılarla anlatan bir sınıflandırma sistemidir. Sistem AASHTO (1978) olarak anılmakta ve zeminleri yedi hizmet durumuna göre ayırmaktadır. Yol üstyapısını taşıyacak olan zeminler, en iyi zemin sınıfı kabul edilen A-1'den, en kötü zemin sınıfı olarak kabul edilen A-7'e doğru sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma Çizelge 2.1'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1 : AASTO zemin sınıflandırma çizelgesi [12].**

| Genel Sınıflandırma                    |                          | Daneli Zeminler                 |           |           |                                      |           |           |           | Silt-Kil Zeminler            |           |                |        |
|----------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|-----------|----------------|--------|
|                                        |                          | No.200 Elekten Geçen $\leq$ %35 |           |           |                                      |           |           |           | No.200 Elekten Geçen $>$ %35 |           |                |        |
| Zemin Grupları                         |                          | A1                              |           | A3        | A2                                   |           |           |           | A4                           | A5        | A6             | A7     |
|                                        |                          | A-1-a                           | A-1-b     |           | A-2-4                                | A-2-5     | A-2-6     | A-2-7     |                              |           |                | A-7-5  |
|                                        |                          |                                 |           |           |                                      |           |           |           |                              |           |                | A-7-6  |
| Dane çapı dağılım özellikleri          | No.10 Elekten Geçen (%)  | $\leq 50$                       | -         | -         | -                                    | -         | -         | -         | -                            | -         | -              | -      |
|                                        | No.40 Elekten Geçen (%)  | $\leq 30$                       | $\leq 50$ | $> 50$    | -                                    | -         | -         | -         | -                            | -         | -              | -      |
|                                        | No.200 Elekten Geçen (%) | $\leq 15$                       | $\leq 25$ | $\leq 10$ | $\leq 35$                            | $\leq 35$ | $\leq 35$ | $\leq 35$ | $> 35$                       | $> 35$    | $> 35$         | $> 35$ |
| Plastisite Özellikleri                 | Likit Limit (%)          | -                               | -         | -         | $\leq 40$                            | $> 40$    | $\leq 40$ | $> 40$    | $\leq 40$                    | $> 40$    | $\leq 40$      | $> 40$ |
|                                        | Plastisite İndisi (%)    | $\leq 6$                        | $\leq 6$  | N.P.      | $\leq 10$                            | $\leq 10$ | $> 10$    | $> 10$    | $\leq 10$                    | $\leq 10$ | $> 10$         | $> 10$ |
| Grubu Oluşturan Başlıca Zeminler       |                          | Taş parçaları çakıl ve kum      |           | İnce kum  | Siltli veya killi çakıllar ve kumlar |           |           |           | Siltli Zeminler              |           | Killi Zeminler |        |
| Yol Altyapısı Olarak Değerlendirilmesi |                          | Çok iyi                         |           |           |                                      |           |           |           | Orta- Kötü                   |           |                |        |

## **Zeminlerin kabarması ve çökmesi**

Bir kazıdan elde edilen zeminle oluşturulmuş  $V_d$  hacminde bir dolgu, bu zemin kazılmadan önceki doğal durumuna sahip olduğu  $V_o$  hacminden büyüktür. Belirli bir süre sonunda  $V_d$  hacmi küçülerek  $V_k$  hacmine iner. Doğal zeminlerin kazılmasıyla hacimlerinde meydana gelen artışa *kabarma* denir.

Toprak işlerinde dolgu uygulamalarındaki bir diğer kavram ise zeminlerin çökmesi ile ilgilidir. Bu olay çökme yüzdesi adı verilen edilen bir katsayı ile ifade edilir.

Uygulamada büyük toprak işleri hareketleri olan karayolu şantiyesinde, öncelikle proje verilerine göre doğal zemin, kabarmış zemin ve çökmüş dolgudaki yoğunlukların belirlenmesi gerekir.

Kabarma ve çökme yüzdelерinin bilinmesi, belirli hacimdeki bir yarmadan çıkarılan kazı toprağının uygun kapasitedeki taşıtlarla ve optimum seferde taşınması, çökmeden sonraki hacmi bilinen bir dolgunun ilk hacminin belirlenmesi gibi sorunlarının çözümüne sağlar.

## **Hacim hesapları**

Bir şantiyede toprak işleri hesaplarının en önemli aşamalarından biri kütleler diyagramının oluşturulmasıdır. Taşıma mesafesine uygun araç seçimi, uygun depo veya ödünç yerleri bu diyagrama göre belirlenir.

Öncelikle her bir enkesitteki kazı ve dolgu alanları hesaplanır. Enkesit alanlarının hesaplanmasını hacim hesabı takip eder. Aynı türden iki tam enkesitin birbirini izlemesi, karşıt türden iki enkesitin birbirini izlemesi, bir tam enkesitle bir karışık enkesitin birbirini izlemesi veya geçit yerlerindeki hacim hesapları formüllere indirgenerek hacimler hesaplanır.

## **Kütleler diyagramı ve toprak dağıtımı**

Ulaşım yollarının toprak gövdelerini oluşturması amacıyla yapılacak toprak işleri işlemlerinin ayrıntılı biçimde incelenmesi hem şantiye organizasyonu hem de en ucuz çözüm yolunun bulunması bakımından gereklidir.

Toprak gövdenin oluşmasına ilişkin sorunlar yarma kesimlerinin kazılması ve dolgu kesimlerinin doldurulması çalışmalarında ortaya çıkar.

Dolgu kesimlerinin doldurulması için gereken malzeme iki yoldan sağlanabilir :

1. Yarma kesimlerinden kazılan zemin, dolguları oluşturmak için gerekli özelliklere sahip ise, yarmalardan çıkan toprak dolguları oluşturmak için kullanılır.
2. Yarma kesimlerinden çıkan toprağın dolguya elverişli olmaması durumunda, uygun nitelikteki toprak yol gövdesi dışında seçilmiş yerlerden sağlanır. Bu işlem ödünç olarak adlandırılır [8].

Yarma kazısından çıkan toprak dolguya elverişli değilse ya da dolguda kullanılması ekonomik değilse, kullanılmayacak toprak uygun bir yere yığılmalıdır. Bu işlem depo olarak adlandırılır.

Bütün bu durumlar değerlendirildiğinde:

1. Güzergah boyunca her yarma kesiminden kazılacak toprağın dolguya mı götürüleceği yoksa depoya mı konulacağı,
2. Zemin dolguya taşınacaksa hangi kesimlerdeki yarma toprağıyla hangi kesimlerdeki dolguların oluşturulacağı, hangi kesimlerdeki yarma toprağının nerelere depo edileceği,
3. Güzergah boyunca her dolgu kesiminin oluşturulması için gerekli toprağın yarmadan mı yoksa ödünçten mi sağlanacağı,
4. Yarma ve dolguların oluşturulması için gerekli kazı, yükleme ve taşıma işlemlerinin güzergahın neresinden ve hangi araçlarla gerçekleştirileceğini belirlemek gerekir.

Bu sorunların çözümünde kütleler diyagramından yararlanılır.

Güzergahın başlangıcındaki enkesit noktasından son enkesit noktasına kadar her enkesit noktasında o kesitten önce var olan hacimlerin, yarmalar +, dolgular - işaretle ordinat ekseninde, enkesitlerin apsis ekseninde belirtilerek oluşturulduğu diyagrama *kütleler diyagramı* denir.

Ekonomik ve mühendislik açısından problem teşkil eden bu sorunların çözümünde kütleler diyagramı tek başına yeterli olmamaktadır. Yarma ve dolguların oluşturulmasında başvurulacak boyuna taşıma, depo ve ödünç gibi işlemlerin maliyetlerinin analizi yapılmalıdır.

Kütleler diyagramının doğru olarak çizilebilmesi için özel düzenlenmiş tablolardan yararlanılır.

K t leler diyagramı, bir geçki boyunca genelde tek parçadan oluşmaz. Güzergah boyunca köprü, viyadük, tünel gibi sanat yapılarının bulunması boyuna taşımayı engeller. Mevcut sanat yapıları arasındaki toprak i leri dengelemesi kendi içinde yapılmalıdır.

Karayolları Teknik  artnamesi'nde, özellikle taşıma i lerinin maliyetlerinin hesaplanmasında, k t leler diyagramı dengeleme metodlarından olan Brückner metodu ile ortalama taşıma mesafesinin nasıl hesaplanacağı, bunun birim fiyat tarifindeki yeri açıklanmıştır. Kazı i lerinin aşamalarından olan taşımanın incelenmesinde bu dengeleme metodu önemli bir yer tutmaktadır.

## **2.2 Sanat Yapıları**

Sanat yapıları, inşa edilecek karayolunun bozulmasını önlemek, uzun ömürlü olmasını sağlamak, yapıyı özellikle yeraltı ve yerüstü suları etkisinden korumak için yapılan viyadük, boru menfez (b z), kutu menfez, köprü, duvar vb. yapılara sanat yapıları denir [13].

### **2.2.1 Köprüler**

Köprüler, akarsu, vadi, diğer bir yol, demiryolu vb. yerlerde ge i i sağlamak amacıyla inşa edilen, gözlerinden herhangi birinin mesnet eksenleri arasındaki açıklığı, köprü eksenı boyunca 10 metreden büyük olan sanat yapılarıdır ( ekil 2.7).

Köprüler vadi, akarsu gibi bir engeli açmak için yapılan yapılardır. Çeşitli hava koşullarına maruz kaldıkları için oldukça güçlü ve korozyana karşı dayanıklı kaplamalarla korunmaları gerekir.

Başlıca köprü türleri:

- Kemerli,
- Basit veya sürekli kiri li,
- Kablolu gergili,
- Asma tip köprüler

olarak sıralanabilir.

### 2.2.1.1 Kemer köprüler

Kemer köprülerin yapısında hareketli yükler dışında köprüyü eğilmeye çalıştıracak yükler bulunmaz. Yükler yalnızca basınç etkisinde bulunurlar ve bu sebepten kemer köprüler, ahşap, beton gibi çekme dayanımı zayıf yapı elemanlarından yapılabilirler [14]. Kemer köprü örneklerinden Mostar Köprüsü Şekil 2.8’de verilmiştir.

Kemer köprüler basınca çalışması için tasarlandığından özel bir eğriliğe sahiptir. Bu eğrilik zincir eğrisi olarak adlandırılır. Eğrinin şekli ise ağırlık dağılımı, açıklık, kemer yüksekliği ve mesnetler arası yükseklik farkına bağlıdır.

Kemer köprüler tamamen inşa edilmeden kendi başına taşıyıcı değildirler. Kemer köprülerin yapımı sırasında bir kalıp üzerinde durması gerekmektedir. Özellikle köprünün altından bir ulaşım yolu geçiyorsa uygun yükseklik için kemer yuvarlaklığı ve yükseklik arttırılmalıdır [15].



Şekil 2.7: Kosova Otoyol Projesi.



**Şekil 2.8:** Kemer köprü örneği.

#### **2.2.1.2 Kirişli köprüler**

Kirişli köprüler bir ya da daha fazla kiriş sisteminden oluşur. Kirişler eğilmeye çalıştığından aynı yük ve açıklığa sahip kemerli köprülere göre çok daha fazla iç kuvvet oluşmaktadır. Kirişlerde malzeme olarak ahşap, betonarme, öngermeli beton ya da çelik kullanılabilir (Şekil 2.9).



**Şekil 2.9:** Kirişli köprü.



### 2.2.1.3 Asma köprüler

Asma köprüler, aynı açıklıktaki kemer köprülerle karşılaştırıldığında taşıyıcının ince olması için kablo kullanılarak çekmeye çalıştırılırlar. Burada taşıt trafiğinin akması için bir de düz tabliyeye ihtiyaç duyulur.

Kuleler betonarme ya da çelik, tabliye ise genellikle çelikten kafes sistemli ya da rüzgar etkisini azaltmak için aerodinamik biçimli kutu kesitli seçilir. Rüzgarın oluşturacağı aerodinamik yüklerin etkinin araştırılması bu köprülerin yapımında önemli yer tutmaktadır [14].

### 2.2.2 Menfezler

Sürekli olarak akan ya da yağış sonucu oluşan küçük akarsuları yol gövdesinin bir tarafından diğer tarafına geçirmede kullanılan hidrolik sanat yapılarına *menfez* denir. Kutu menfezler (Şekil 2.10), büz menfezler (Şekil 2.11) ve kemerli menfezler olmak üzere çeşitli tipleri vardır [16].



Şekil 2.10: Kutu menfez.



**Şekil 2.11:** Büz menfez.

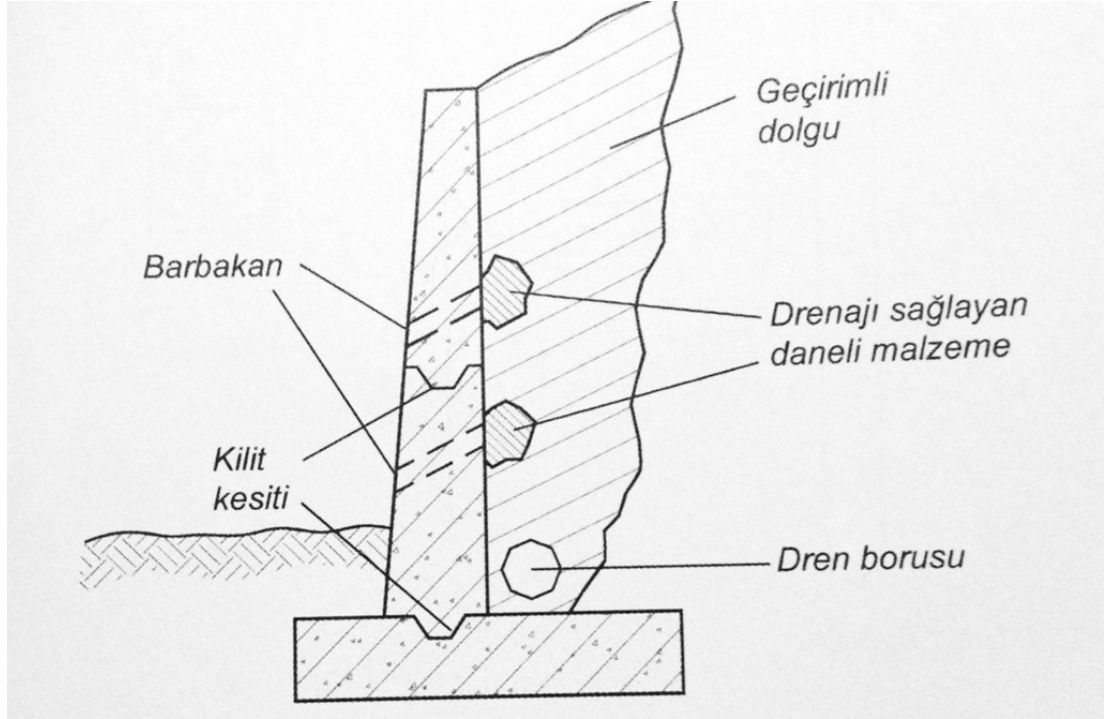
### 2.2.3 İstinat duvarları

İstinat duvarları, zeminde yüzünde seviye farklarının bulunduğu yerlerde zemin veya yayılan maddelerin doğal şev açıları ile yayılmalarını önlemek için kullanılan yapılardır. Yayılması önlenen zemin ve malzeme, istinat duvarına yanal etki uygulayarak, duvarı kaydırmaya ve devirmeye çalışır. Yol kenarlarında yarma ve dolgu yapılan yerler, zeminde seviye değişikliğinin ortaya çıktığı yerler olup, bu kısımlara yaygın bir şekilde istinat duvarı uygulaması yapılır [17].

İstinat duvarları devamlı olarak dış etkenlere maruzdur. Bu bakımdan duvarların yapımında dış etkenlere dayanıklı malzemeler kullanılmalıdır. İstinat duvarları yapımında 8-20 m aralıklarla dilatasyon derzleri bırakılmalıdır.

İstinat duvarlarında, duvarın arkasındaki zeminden gelen suların duvar temeline sızmadan dışarı akıtılabilmesi için duvar kalınlığınca *barbakan* adı verilen kanallar bırakılır. Barbakanlar duvar yüksekliğine ve arkadaki zemin cinsine göre uygun aralıkta ve öne doğru %2- %3 meyilli olarak yapılırlar.

İstinat duvarlarına ait tipik bir detay Şekil 2.12’de verilmiştir.



**Şekil 2.12:** Tipik istinat duvarı ve detayları [17].

### 2.3 Yol Üstyapısı

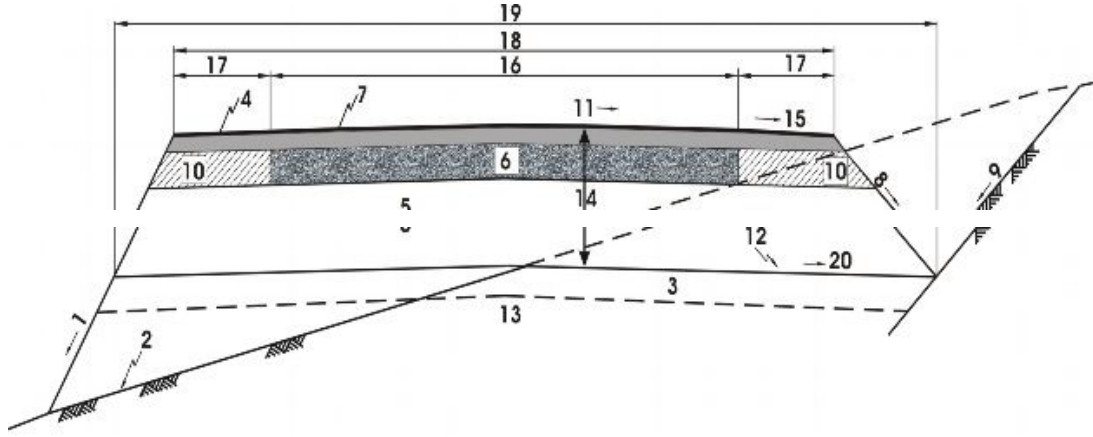
Yol üstyapısı, trafik yükünü taşımak üzere yapılan ve kaplama, temel, alttemel tabakalarını içerir. Esnek, rijit ve yarı rijit üstyapı tipleri olmak üzere üç çeşittir.

Esnek üstyapılar; tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve yükleri taban zeminine dağıtan bir üstyapı çeşidi olup, bağlayıcısız alttemel veya temel malzemeleri üzerinde, trafiğe bağlı olarak bitümlü sıcak karışımla teşkil edilmiş tabakalardan oluşturulurlar. Ayrıca bitümlü sathi kaplamalar ile esnek üstyapılar oluşturulabilir.

Rijit üstyapılar yüksek eğilme mukavemetine sahip ve portland çimentosundan yapılmış tek tabakalı bir plak vasıtasıyla yükleri dağıtan bir üstyapı tipidir. Beton plak bağlayıcısız veya çimento bağlayıcılı bir alttemel olarak yapılabilirdiği gibi, doğrudan taban zemini üzerine de inşa edilebilmektedir. Beton plak boyuna sürekli donatılı veya kesikli donatılı olarak inşa edilebilmektedir.

Yarı rijit üstyapı ise çimento bağlayıcılı alttemel veya temel üzerine bitümlü sıcak karışım tabakalarının teşkil edildiği üstyapı tipidir.

Yol üstyapısı tipkesiti ve buna ait detaylar Şekil 2.13’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.13:** Yol üstyapısı tip enkesiti [13].

- |                      |                                 |
|----------------------|---------------------------------|
| 1- Dolgu Şevi        | 11- Yolun Enine Eğimi           |
| 2- Doğal Zemin       | 12- Tesviye Yüzeyi              |
| 3- Üstyapı Tabanı    | 13- Yol Gövdesi Taban Zemini    |
| 4- Banket Kaplaması  | 14- Üstyapı Proje Kalınlığı     |
| 5- Alttemel Tabakası | 15- Banket Eğimi                |
| 6- Temel Tabakası    | 16- Trafik Şeritleri Genişliği  |
| 7- Kaplama Tabakası  | 17- Banket Genişliği            |
| 8- Hendek Şevi       | 18- Yol (Platform) Genişliği    |
| 9- Yarma Şevi        | 19- Üstyapı Tabanı Genişliği    |
| 10- Banket Temeli    | 20- Taban Yüzeyinin Enine Eğimi |

### 2.3.1 Alttemel tabakası

Alttemel tabakası, üstyapıyı taşımak üzere taban zemini üzerine yerleştirilen, belirli fiziksel özelliklere sahip granüler malzemeden oluşmuş tabakadır [13].

### 2.3.2 Temel tabakası

Temel tabakası, kaplama tabakası ile ince tesviye yüzeyi veya alttemel tabakası arasında bağlantıyı, yük dağılımını ve düzgünlüğü sağlayan, yola gelen yükleri taşıyan, yükleri alttemel ve yol tabanına ileten tabakadır.

### 2.3.3 Kaplama tabakası

Kaplama tabakası, üstyapının temelden sonraki tabakası olup trafiğin aşınma, iklim koşullarının ayrıştırma etkisine karşı koyan asfalt betonu, sathi kaplama, beton plak, parke vb katmanlardan oluşan tabakadır (Şekil 2.14).





**Şekil 2.14:** Kaplama tabakası.

#### **2.3.3.1 Aşınma tabakası**

Üstyapının en üst tabakası olan aşınma tabakası, genellikle 5 cm kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır. Ağır trafikli devlet yollarında ve otoyollarda yüksek mukavemetli, kayma direnci yüksek (TMA) Taş Mastik Asfalt gibi bitümlü sıcak karışımlar kullanılmaktadır.

Taş mastik asfalt (TMA); kaba agregada danelerinin birbirine temasının sağlandığı bir iskelet ile boşlukları dolduran ince agregada, filler ve bitümlü bağlayıcıdan oluşan, aşınma tabakasında kullanılan sıcak karışımdır.

#### **2.3.3.2 Binder tabakası**

Bitümlü temel veya granüler temel üzerine uygulanan binder tabakası, trafiğe bağlı olarak genellikle 6-8 cm kalınlıklarda asfalt betonu ile teşkil edilmektedir.

#### **2.3.3.3 Bitümlü temel tabakası**

Trafik yüküne bağlı olarak genellikle 8-15 cm kalınlıklarında uygulanan bitümlü temel tabakası, genellikle bağlayıcısız granüler temel üzerine yoğun gradasyonlu bitümlü sıcak karışımın uygulandığı bir tabakadır [13].



**Şekil 2.15:** Sıkıştırma işlemi.

## 2.4 Diğer İşler

Bir karayolu inşaatında yol altyapısı, sanat yapıları ve yol üstyapısı olarak adlandırılan üç ana kısım dışında seyir ve yolcu güvenliği için tamamlanması gereken çeşitli işler bulunmaktadır.

Bunlar :

1. Trafik İşaretlemeleri
2. Yatay İşaretlemeler (Yol Çizgileri)
3. Otokorkuluklar
4. Prefabrik Çit
5. Aydınlatma Direkleri
6. Peyzaj Uygulama Çalışmaları

olarak gruplanabilir .



**Şekil 2.16:** Kosova Otoyol Projesi Morine Kavşağı.





### **3. İNŞAAT TEKNİK ŞARTNAMESLERİ**

İnşaat teknik şartnameleri, inşaat işleri içinde projeye ilgili teknik bilgilerin yazılı olarak yer aldığı dökümanlardır. Bu teknik bilgiler; kalite, güvenlik ve ölçülerle ilgili açıklamaların; malzeme, ekipman ve işçilik gereksinimleriyle bağlantılı olarak ifade edilmesiyle oluşturulur. Bu açıklamalar kalite garantileri, testler ve test yöntemleri, sınıflandırma gibi bilgiler yardımıyla elde edilir. Tasarımı ve maliyeti ilgilendiren şartlar, test, denetleme ve kabul aşamaları, yapım teknikleri ve yüklenicinin yapmakla yükümlü olduğu işlerin tümüne ait bilgiler de teknik şartnamelerde yer alır [18].

Teknik şartnameler; proje kapsamındaki imalatları açıklamaları itibariyle, uygulama süresince takip edilmesi gereken dökümanlardır. İmalatların yapılması, aktivitelerin planlanması ve bu süreçle kontrol mekanizmasının doğru işlemesi teknik şartnamelere göre yapıldığı için, şartnamelerin kapsamı ve içeriği önemlidir.

Teknik şartnamelerin hazırlanmasında idare, yüklenicinin kullanacağı imalat yöntemlerini tümüyle açıklayabileceği gibi, imalat yöntemlerinde yükleniciyi serbest bırakıp kalite odaklı zorunluluklar da belirleyebilir.

#### **3.1 Teknik Şartnamelerin Özellikleri**

Teknik şartnameler, projelerde tamamlananacak imalatların gerçekleştirilebilmesini sağlayan açıklamalardır. Bir işin yapılabilmesi için gerekli bütün bilgiler teknik şartnamelerde olması gerekir. İmalata ait işçilik, malzeme, ekipman ve kalite kontrol gereksinimleri şartnamelerde tam olarak açıklanmalıdır.

Teknik şartnamelerde bölüm format sistemi, imalatları kapsamlı bir şekilde açıklaması nedeniyle bir çok şartnamede kullanılmaktadır. Bu sistem; genel, ürünler ve imalat olmak üzere üç ana bölümden oluşur [19]. Genel bilgiler bölümünde, öncelikle açıklanan imalata ilişkin genel bir özetle yer verilir. İmalata ait detaylı bilgilerden önce bütüne yönelik bir açıklamanın olması konunun anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır.

Ürün bilgileri bölümünde, imalatla kullanılacak malzemelere ait özellikler ilgili çeşitli bilgiler yer almaktadır. Malzemelere ait fiziksel ve kimyasal özellikler, eğer tescilli malzeme kullanılacaksa, malzemelerin üreticisine ait bilgiler bu bölümde yer alır.

İmalat bilgisi bölümünde; imalatların öncesi, sırası, nasıl gerçekleştirileceği detaylı olarak açıklanır. İmalat sırasında gerekli malzeme, işçilik ve ekipman ve bunlarla ilgili toleranslar yapım tarifinde yer alır. İmalatların nasıl yapılacaklarının yanında; kullanım süresince onarım bilgileri gibi bilgiler de bu kısımda yer alır [19].

Teknik şartnamelerin amacını gerçekleştirebilmesi için, teknik doğrulukta olması, şartnamelerde birbiriyle çelişmeyen ifadeler kullanılması ve şartnamelerin yasal uygunluğa sahip olması gerekmektedir.

### **3.2 Teknik Şartnamelerin Amaç ve Kapsamı**

Teknik şartnameler bir projenin mühendislik standartlarına uygun biçimde yapılmasını sağlayan dökümanlar olup projenin her evresinde kullanılmaktadır.

Projede yer alan tarafların tümü; mal sahibi, yüklenici, taşeronlar, kontrol mühendisleri, yapım mühendisleri ve mimarlar, malzeme üreticileri teknik şartnamelerin kullanıcılarıdır. Mal sahibi için teknik şartnameler işin kalitesini belirlemekte yararlıdır. Ayrıca şartnamelerde yapıyla ilgili bütün gereksinimler sıralandığı için maliyetlerin hesaplanması kolaylaşmaktadır [20].

Yüklenici ve taşeronlar, kontrol mühendisleri, proje süresinde yer alan taraflardan teknik şartnameleri en çok kullanan taraflarıdır. Öncelikle imalatları doğru yapabilmek için bu dökümanlara ihtiyaç olmakla birlikte, yapılan işin kontrolünde ve sonrasında bakımında şartnamelere gereksinim duyulmaktadır.

Mühendisler ve mimarlar, çizimlerdeki işin yapım detaylarının açıklamalarını teknik şartnamelerden elde ederler. Teknik şartnamelerde yazılı olan bilgilere göre imalatlar sahada uygulanır.

### **3.3 Türkiye’de İnşaat Teknik Şartnameleri**

Türkiye’de kamu kurum ve kuruluşlarına ait işlerde teknik şartname yazılması zorunluğu 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu’nda (KİK) belirtilmiştir.

KİK kanununa bağlı Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliği'nde bu zorunluluklar açıklanmaktadır. Kanunun 12 nci maddesinde; ihale konusu mal veya hizmet alımları ile yapım işlerinin her türlü özelliğini belirten idari ve teknik şartnamelerin idarece hazırlanacağı belirtilmiştir. Ancak, mal ve hizmet alımlarıyla ile yapım işlerinin özelliği nedeniyle idarece hazırlanmasının mümkün olmadığı durumlarda, teknik şartnameler kanun hükümlerine göre hazırlatılabilir.

Kamuya ait inşaat işlerinde yasa ve yönetmeliklere bağlı olarak hazırlanmış şartname ve sözleşmelerde Genel Teknik Şartname, ödemeler için ise Birim Fiyat tarifleri kullanılmaktadır. Bu şartnameleri özel sektördeki bazı firmalar da kullanmaktadır. Bu şartnameler şirketlere ait teknik şartname yazımında kaynak olarak kullanılmaktadır [20].

### **3.3.1 Genel Teknik Şartname**

Genel Teknik Şartname; Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında 180 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamenin 209 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamesi ile değişik 2 nci maddesinde belirtilen işlerde uygulanacak yapı işleri İnşaat, Makine ve Elektrik Genel Teknik Şartnameleri ile düzenlenmiştir [21].

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'na ait Genel Teknik Şartname'de malzeme ve imalat grubuyla ilgili bilgiler Türk Standartları (TS) kullanılarak desteklenmektedir.

### **3.3.2 Karayolları Teknik Şartnamesi**

Tez çalışmasında Hırvat Teknik Şartnamesi ile karşılaştırılan Karayolları Teknik Şartnamesi ise 2006 yılında uluslararası standartlara ve son teknolojik gelişmeler esas alınarak yeniden düzenlenerek Karayolları Genel Müdürlüğü, Merkez ve Bölge Teşkilatları tarafından yapılacak işlerde uygulamaya konulmuştur.

Karayolları Teknik Şartnamesi yedi bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler ve içeriklerine ait bilgiler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1 : Karayolları teknik şartname bölümleri [13].**

|           |                                            |
|-----------|--------------------------------------------|
| Bölüm 100 | Genel Hükümler                             |
| Bölüm 150 | Proje Şartları                             |
| Bölüm 200 | Yol Altyapısı                              |
| Bölüm 250 | Dayanma Yapıları Ve Şevlerin Desteklenmesi |
| Bölüm 300 | Sanat Yapıları, Köprüler Ve Tüneller       |
| Bölüm 400 | Yol Üstyapısı                              |
| Bölüm 500 | Çeşitli İşler                              |

Bölüm 100 genel hükümleri içermektedir. Bölüm 150’de ihale edilen işlerde uygulanacak proje şartları belirtilmektedir.

Bölüm 200-500 arasında ise ihale edilen işlerde belirtilen iş kalemlerine göre malzeme ve yapım şartları verilmektedir.

### **3.3.3 Türkiye’de teknik şartname özellikleri**

- 1.Türkiye’de teknik şartname yazımına ilişkin çalışmalar yapan herhangi bir özel kuruluş bulunmamaktadır.
- 2.Kamu kurumlarında yapılan şartnamelerde Bayındırlık İşleri Teknik Şartnamesi, karayollarında yapılan işlerde Karayolları Teknik Şartnamesi, bunlara ek olarak Elektrik Tesisatı Genel Teknik Şartnamesi, Makine Genel Teknik Şartnamesi ve ödemelere esas teşkil eden Birim Fiyat tarifleri kullanılmaktadır.
- 3.Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanan inşaat sektörüyle ilgili standartlar bulunmakta, bu standartlar çoğunlukla inşaat malzemelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden oluşmaktadır.

### **3.4 Hırvat Teknik Şartnamesi**

Hırvat teknik Şartnamesi [General Technical Requirements, GTR], yol projelerindeki bireysel birçok işin teknik olarak yapım metodlarını ve standartlarını içerir. Teknik şartnamenin ilk baskısı 1976 yılında o zamanki Yugoslavya içerisinde, ikinci baskısı 1989 yılında yayımlanmıştır. Yugoslavya’nın bölünmesinden sonra ilk olarak bağımsızlığını kazanan ve şu ana dek en fazla karayolu inşaatı gerçekleştirilen ülke

olan Hırvatistan’da ve Arnavutluk, Kosova gibi diğer Balkan ülkelerindeki otoyolların yapımında teknik şartname olarak kullanılmaktadır.

Tezin konusu olarak Karayolları Teknik Şartnamesi (2006) ile karşılaştırılan Hırvat Teknik Şartnamesi ise 2001 yılında yayımlanmıştır [22].

Yayınlanan bu şartname 6 ana kısımdan oluşmaktadır.

- 1.Genel Tanımlar ve İş Öncesi Yapılacaklar
- 2.Toprak İşleri, Drenaj, İstinat ve İksa Duvarları
- 3.Yol Üstyapı İşleri
- 4.Betonarme İşleri
- 5.Tünel İşleri
- 6.Çeşitli İşler

Tez konusu olarak toprak işleri operasyonlarının karşılaştırılması yapıldığı için, Hırvat Teknik Şartnamesi’nin ikinci bölümü olan toprak işleri, drenaj, istinat ve iksa duvarları bölümü şartnamesi incelenmiştir.

Hırvat Teknik Şartnamesi (GTR), Hırvatistan İnşaat Mühendisliği Enstitüsü, Institut Građevinarstva Hrvatske (IGH) tarafından hazırlanmıştır.



## **4. TÜRK - HIRVAT KARAYOLLARI TEKNİK ŞARTNAMESLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

### **4.1 Kazı İşleri**

Karayolları Teknik Şartnamesi ile Hırvat Teknik Şartnamesi kazı işleri açısından bu bölümde incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

#### **4.1.1 Karayolları Teknik Şartnamesi'nde kazı işleri**

Karayolları Teknik Şartnamesi'nde (KTŞ), kazı işleriyle ilgili uygulamaların, kontrollerin detayları Bölüm 204 içerisinde açıklanmıştır. Plan ve projelerde gösterilen kot, eğim ve enkesitlere uygun olarak yol yapım sınırları dahilinde yer alan her tür zemin ve kayaçların kazılması bu bölümde yer almıştır.

Kazı işleri ilk olarak genel kazı ve kaya kazısı olarak ikiye ayrılmıştır.

KTŞ'de, kaya kazısı dışında yapılan her tür kazı genel kazı olarak değerlendirilmektedir. Bitkisel toprak, kum, silt, kumlu kil, çakıllı kil, kum, çakıl vb. taşlı toprak gibi zeminler, su içeriği yüksek, suyu kolay bırakmayan, akıcı ve kohezyonu yüksek nitelikteki zeminler, çamurtaşı, yumuşak marn, yumuşak tüfler ile çok ayrılmış bozuşmuş kaya niteliğini kaybetmiş zeminler, hacmi 0.4 m<sup>3</sup>'den küçük her cins moloz taşları ile kaya parçalarının kazısı bu kazı sınıfı içinde yer almaktadır. Ayrıca esnek üstyapı tabakalarının ve bitümlü sathi kaplamaların malzemelerinin kazılması, yüklenmesi ve taşınması bu kazı sınıfı içerisinde yer almaktadır [13].

Kaya kazısı yumuşak kaya kazısı, sert kaya kazısı ve çok sert kaya kazısı olarak üç alt başlığa ayrılmıştır.

*Yumuşak kaya kazısı*; zayıf-orta kalite kayaç niteliğindeki; çatlaklı kumtaşı ve konglomera ile marnlı kalkerler, şistler, kalın tabakalı flişler, alçı taşı, kısmen ayrılmış serpantin, çatlaklı ve ayrılmış gnays ve mikaşistler, marn ve kilitaşları, konsolide tüfler, grovak, şeyl ve benzeri kayaçlar ile 0,400 m<sup>3</sup>'den büyük aynı cins kayaç bloklarının kazısı olarak tanımlanmaktadır.

*Sert kaya kazısı*; orta-iyi kalite kayaç niteliğindeki; kalın tabaka ve kütle halindeki kumtaşı, konglomera, bazalt, andezit, trakit, gnays. ayrışmamış serpantin ve bazalt tüfleri ve benzeri kayaçlar ile 0,400 m<sup>3</sup>'den büyük aynı cins kayaç bloklarının kazısı olarak tanımlanmıştır.

*Çok sert kaya kazısı*; sadece patlayıcı madde kullanılarak yapılabilen, iyi kalite kayaç niteliğindeki; metakumtaşı, metabazalt, ayrışmamış granit, kuvarsit, çok sert masif kalker, çok sert ince kristalli mermer ve benzeri kayaçlar ile 0,400 m<sup>3</sup> den büyük aynı cins kayaç bloklarının kazısıdır.

Karayolları Teknik Şartnamesi'nde, kazı sınıfları belirlendikten sonra, yapım şartları başlığında;

- Temizleme ve sökme,
- Eskiden mevcut sanat yapılarının ve engellerin kaldırılması,
- Yol kazısı,
- Kazı malzemelerinin kullanılması,
- Hendekler,
- Yapım sırasında yol yüzeyinin korunması,
- Yarmalarda üstyapı tabanının hazırlanması,
- Ariyet kazısı

bölümlerine yer verilmiştir.

Yol boyunca, ariyet ve ocak yerlerinde, kazıdan önce yapılması gereken temizleme ve sökme işlerinde KTŞ Kısım 201 ağaç kesme, kök sökme ve temizleme işlerinde belirtilen esaslar uygulanmalıdır.

Yol inşaatına engel olacak parmaklık, tel örgü, duvar, bina veya eski sanat yapıları güzergah dahilinde bulunduğu takdirde, yol kazısına başlamadan önce bunlar yıkılıp kaldırılmalıdır. Enkaz, planlarda ve projelerde gösterilmişse; enkazın projede belirtilen yerlere veya kontrol mühendisinin uygun göreceği arazide gösterilen yerlere taşınacağı, bu işin KTŞ Kısım 202 inşaat alanında yer alan yapı ve engellerin kaldırılması bölümünde belirtilen esaslar dahilinde yapılacağı belirtilmiştir.



Yol kazısı bölümünde; zayıf zemin tabakaları kaldırılmadan kazı ve dolgu yapımına başlanamayacağı belirtilmiştir. Şevlerin kazısının, şev yüzeyinde projede gösterilen şev hattına göre kayalık zeminlerde  $\pm 10$  cm, toprak zeminlerde  $\pm 5$  cm lik farklar ile kabul edilebileceği ancak böyle kısımların alanının toplam şev yüzey alanının % 5' ini geçemeyeceği belirtilmiştir.

KTŞ'de imalat kotları ile proje kotları arasında yerel kesimlerde sınırlı kalmak şartıyla  $\pm 5$  cm kot farkı, yol eğimleri ile proje eğimleri arasında  $\pm 0.003$  eğim farkı kabul edilebilir sınırlardır. Belirtilen limitlerin dışındaki diğer proje ölçülerinde herhangi bir tolerans farkının kabul edilmeyeceği açıklanmıştır.

Kazı malzemelerinin kullanımı bölümünde; kazıdan çıkan niteliği uygun bütün malzemelerin, dolguların yapımında, banket inşasında, sanat yapıları dolgularında uygun bulundukları diğer yerlerde kontrol mühendisinin onayı ile kullanılacağı belirtilmiştir. Yarmalardan çıkan fazla kazı malzemesi öncelikli olarak yol boyunca dolguların genişletilmesinde, dinlenme ve park yerlerinin teşkilinde ve şevlerin yatıklaştırılmasında kullanılacaktır. KTŞ Kısım 206 da belirtilen esaslara uygun olarak bu işlemlerin yapılacağı açıklanmıştır. Hırvat Teknik Şartnamesi'nde de, benzer bir madde bulunmakta, eldeki kazı malzemesinin ancak yetersiz ve az olduğu durumlarda ariyet kullanımı önerilmektedir.

Yarmalarda üstyapı tabanının hazırlanması bölümü; toprak yarmalar ve kaya yarmalar olmak üzere iki alt başlıkta incelenmiştir. Toprak yarmaların, taşıma gücünün esnek üstyapılar için uygun olmadığı ve  $\text{CBR} < \%8$  olduğu durumlarda, zeminin projede gösterilen kalınlığa kadar kazılıp uygun koruyucu malzeme getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bitmiş tabakanın herhangi bir noktasının kotu ile proje kotu arasında  $\pm 30$  mm'den fazla kot farkı olmaması gerekmektedir.

Kaya yarmalarda ise uygun zemin oluşturulamaması durumunda, seçme alttemel malzemesi ile zemine düzgün bir form kazandırılması gerekmektedir.

Ariyet kazısı bölümünde; ariyet ocaklarında çalışmaya başlamadan önce, bu yerlerin ilgili rölevelerinin alınması gerektiği, malzeme içerisinde kök kütük çalı gibi bitkisel içerik olmaması gerektiği belirtilmiştir.

KTŞ'de toprak işlerinin yapılması için gereken servis yolları yapımında, bu yolların onarımında ayrıca hiçbir bedel ödenmeyeceği belirtilmiştir. Servis yolları yerine, köy yolu veya şahıslara ait olan özel yollar kullanılmış ise bu yolların işin sonunda en az

ilk durumları bırakılması gerekmektedir. Bozulan yolların iyileştirilmesi ve onarımı için gerekli işlerin yüklenici tarafından yapılması gerekmektedir. Benzer şekilde Hırvat Teknik Şartnamesi'nde de, mevcut servis ve yerel yolların ilk günkü durumlarında tekrar idareye teslim edilmesi gerektiği ve bununla ilgili tüm harcamaların yüklenici tarafından karşılanacağı açıklanmıştır.

KTŞ'de, kazı yapımı Hırvat Teknik Şartnamesi (HTŞ) ile karşılaştırıldığında, özellikle çok sert kaya kazıların temini için özel yapım metodu olan ön çatlatma metodu çok daha detaylı olarak incelenmiştir.

KTŞ'de, ön çatlatmanın amacı; kaya yarmaların stabilitesinin sağlanması, kaya yarmada yapılan kazı veya patlatma nedeni ile oluşan parçalanmayı, kırık, çatlak oluşumunu önlemek olarak tanımlanmıştır. Ön çatlatma işlemi tanım, delme, patlatma, üretim deliklerinin patlatılması kısımlarıyla detaylı olarak açıklanmıştır. Şev yüzeyi eğiminin 1/1 veya daha dik olduğu durumlarda kullanılması gerektiği, delik çapları, delikler arasındaki mesafe, sapma sınırları, patlayıcı tipi ve limitleri, yapım metodları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tezin ilerleyen kısmında da belirtileceği gibi Hırvat Teknik Şartnamesi'nde patlatma işlemi gereken durumlarda mühendislik açısından ön çatlatma metodunun uygun ekipman, güvenlik ve kalite koşullarının sağlanması koşulu ile kullanılabileceği belirtmiştir. Ancak HTŞ'de Karayolları Teknik Şartnamesi'ndeki kadar detaylı bir şekilde ön çatlatma işinin yapımı açıklanmamıştır.

#### **4.1.2 Hırvat Teknik Şartnamesi'nde kazı işleri**

Hırvat Teknik Şartnamesi'nde (HTŞ), kazı işleri ile ilgili şartname detaylarına öncelikle toprak işleri ile ilgili tanımların; geotekstil, geokompozitler, geogridler, palye vb. açıklanması ile başlanmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi'nde ise şartname içinde geçen tanımlara giriş bölümünde verilmiş, bölüm içerisinde tanımlar yer almamıştır [15].

HTŞ'de kazı işleri ilk olarak yüzeyde bulunan nebati toprak kazısı açısından incelenmiştir. Nebati toprak, %10 dan fazla organik madde içermeyen, doğal zemin üzerinde kalınlığı kontrol mühendisi tarafından belirlenecek toprak tabakası olarak tanımlanmıştır.

KTŞ'de, bitkisel toprak kazısı ile ilgili Hırvat Teknik Şartnamesi'ndeki kadar işin yapımına ait detaylı açıklamalar bulunmamaktadır. Bitkisel toprağın kontrol mühendisinin uygun gördüğü kazı ve ariyet ocaklarından alınıp, şevlerin teşkilinde kullanılmak üzere uygun yerlerde depo edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

HTŞ'de kazı işleri, ikinci bölümde, plan ve projelerdeki kot ve eğimlere uygunlukta, yarmaların, hendeklerin, her türlü yol düzenleme işindeki kazı işlerinin yapılması ve uygun nitelikteki araçlara malzemenin yüklenmesi olarak tanımlanmıştır.

Kazı işlemlerinin; ön yüzden bütün alanın kazılması, yarmaların tek taraflı olarak kazılması veya yatay katmanlar biçimde kazıların yapılması metodlarından birinin yada birden fazlasının seçilmesiyle yapılabileceği belirtilmiştir.

Hırvat Teknik Şartnamesi'nde kazı işlerindeki zemin tipleri üç ana başlığa ayrılmıştır;

1. A tip malzeme

2. B tipi malzeme

3. C tipi malzeme

A tip malzeme; kazı yapımında patlatma operasyonlarının gerekli olduğu, patlatmadan çıkan malzeme olarak tanımlanmıştır. Bu tip malzeme, her türlü kaya, metamorfik ve sedimantel oluşmuş kayalar, yerel tabakalar halindeki çok sert killer olabilir. Bir başka deyişle, KTŞ'de çok sert kaya kazısı ile ifade edilen malzeme tipinin Hırvat Teknik Şartnamesi'ndeki karşılığıdır.

B tipi malzeme; kazı işlerinin bir kısmının gerekli ekipman, bir kısmının patlatma ile gerçekleştirileceği, gevşek malzemeler ile, homojen marn, kum kil karışımları, birçok dolomitler, yerel parçalanmış kayalar, kireçtaşı, her çeşit şist ve konglemera tipi malzeme kazısı olarak değerlendirilmiştir.

HTŞ'de, B sınıfı malzeme olarak sınıflandırılan malzeme, Karayolları Teknik Şartnamesi'nde sert kaya kazısı ile sınıflandırılan başlık ile örtüşmektedir.

C tip malzeme, kazı yapılması için patlatma operasyonlarının gerekli olmadığı, el veya uygun ekipmanlar; ekskavatör, dozer vb yardımıyla gerçekleştirilebilecek her tür kazıdan çıkan malzeme olarak sınıflandırılmıştır. C sınıfı malzeme; kil, silt, siltli kil, ince taneli sıkı zeminler, kum çakıl veya bunların parçaları, iri taneli kohezyonsuz zeminlerden oluşan malzemeler olarak tanımlanmıştır.

HTŞ'de C sınıfı malzeme olarak sınıflandırılan malzeme, Karayolları Teknik Şartnamesi'nde genel kazı ile sınıflandırılan malzeme sınıfına karşılık gelmektedir.

Bu ön tanımlardan sonra, Hırvat Teknik Şartnamesi'nde A, B, C sınıfı kazı yapımı detaylı olarak açıklanmıştır.

A sınıfı geniş kazı yapımı olarak isimlendirilen bölümde A sınıfı kazı yapım aşamaları;

- Her türlü patlayıcı kullanımından önce, gerekli yasal gereksinimlerin yerine getirilmesi, yolun güvenliğinin sağlanması,
- Patlatma sonrasında minimum seviyede kırma işinin çıkması için kontrol mühendisinin onayıyla ön çatlatma metodunun uygulanması,
- Patlatılmış malzemenin ve kazının alttemel seviyesine kadar tamamlanıp zaman geçirilmeden drenaj işlemlerinin gerçekleştirilmesi,
- Patlatılmış malzemenin taşıma araçlarına yüklenerek depo veya dolgu alanlarına taşınması,

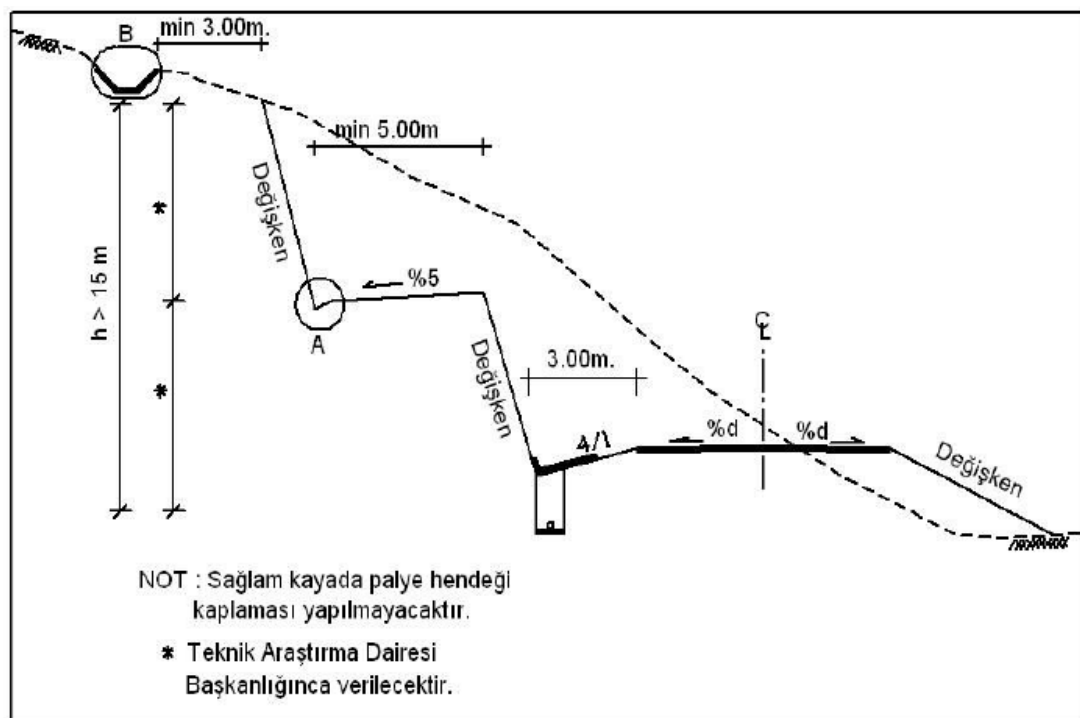
aşamalarıyla açıklanmıştır.

HTŞ'de, B ve C sınıfı kazı yapım işlemleri de benzer şekilde detaylı olarak açıklanmıştır. Karayolları Teknik Şartnamesi'nde kazı işlerinden önceki ve sonraki bölümlerde açıklanan; ariyet ocaklarının seçimi öncesinde kontrol mühendisinin onayı gerekmektedir. Ariyet ocaklarının öngörülenden fazla kullanımı için gerekli izinler, kazı işlerinde meydana gelecek her türlü yıkım ve zararın maliyetinin yükleniciye ait olduğu açıklamalar bu bölüm içerisinde belirtilmiştir.

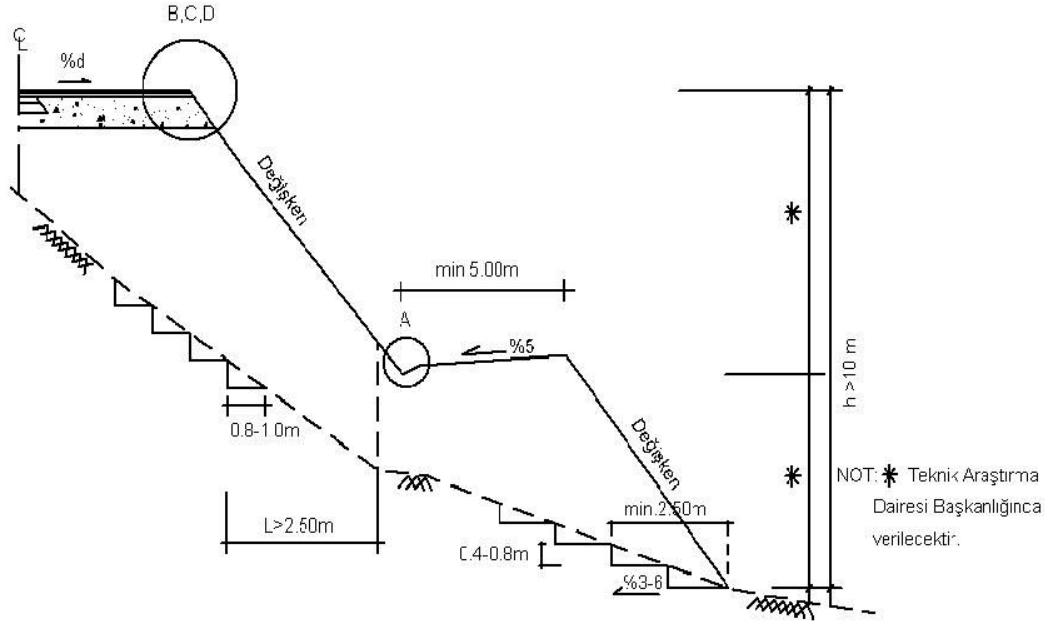
Kazılan miktarların hesaplanması, detaylandırılan bu kısımlar baz alınarak; enkesitler ve yerindeki hacimler üzerinden yapılır. Kontrol mühendisi tarafından kazılan hacmin ne kadarının A, B ve C sınıflarına ait olduğu belirli yüzdelerle belirlenir, daha sonra sözleşmede belirtilen sınıflara ait birim fiyatlar üzerinden ödeme yapılır. Kazı birim fiyatına tüm kazı işlemleri, kazılan malzemenin uygun araçlara yüklenmesi, kazılan bölgenin nebati serimine uygun hale getirilmesi için yapılacak diğer bütün işlemler dahil edilmiştir.

HTŞ'de kazı işleri, A, B, C sınıfı kazı işlerinin detaylandırılmasından sonra; hendek kazılarının yapılması, palye kazılarının yapılması, temel kazılarının yapılması, malzemelerin taşınması başlıklarında incelenmiştir.

KTŞ’de palye yapımı, Kısım 313 drenaj işleri bölümünde incelenmiştir. Drenaj hendekleri olarak ele alınan bu kısım Hırvat Teknik Şartnamesi’ndeki incelemenin aksine, dolgu ve yarma şevlerindeki palyeler olarak iki ana bölüme ayrılmış, ilgili çizimlerle detaylı olarak açıklanmıştır. Yarma şevlerinde drenaj hendekleri kısmında ise, sağlam kayada palye hendeğine gerek olmadığı açıklanmıştır. Yarma şevlerindeki palyeler için detay çizimleri şartnameye eklenmiş, 15 metreden daha yüksek dolgular için, minumum 5 metre genişliğinde %5 eğime sahip palyeler çizimlerde gösterilmiştir (Şekil 4.1).



37



**Şekil 4.2:** Palyeli dolgu enkesit tipi [13].

Dolgu şevlerinde palye genişliği 10 metreden yüksek dolgularda palye genişliği en az 5 metre olarak %5 eğimle teşkil edileceği belirtilmiştir (Şekil 4.2).

Hırvat Teknik Şartnamesi'nde temel kazıları, genişlikleri 2 metreye kadar olan her türlü yapı için zemin kazısı olarak tanımlanmıştır. İçerik olarak KTŞ Kısım 202 inşaat alanında yer alan yapı ve engellerin kaldırılması ve Kısım 205 köprü ve sanat yapıları çevresindeki kazı ve dolgu işleri kısımları ile benzerlikler göstermektedir.

Hendek ve kanal kazılarının yapılması; güzergahı enine kesen elektrik kablosu, kanalizasyon hattı gibi hatların yolun diğer tarafına alınması için gerekli olan sıg kazılar ve düşey drenaj kazılarının detaylarını içermektedir. Zayıf zemin olduğu durumlarda sıkıştırmadan sonra hat döşenmesine devam edileceği belirtilmiştir. KTŞ'de Hırvat Teknik Şartnamesi'ndeki bu bölüme karşılık gelen bölüme doğrudan karşılık gelen bir bölüm bulunmamakla birlikte; Kısım 313 drenaj işleri başlığı altında, yüzeyaltı drenaj borularının açılması ve yerleştirilmesi başlığı altında ilgili kazı ve dolgu yapımı tanımları verilmiştir.

HTŞ'de taşıma işleri; A, B ve C sınıf olarak tanımlanan yarmalardan yada ariyet ocaklarından elde edilen malzemelerin, dolgulara ya da depo yerlerine taşınmasını açıklamaktadır. Taşıma işleminin hızlı ve maliyetinin düşük olması gerektiği belirtilmiştir. Taşıma mesafeleri ise aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

- 10 metreye kadar olan malzeme sürüklemeleri,
- 10 metre – 60 metre arasında malzeme sürüklemeleri,
- 60 metre-100 metre arasında malzeme sürüklemeleri,
- 100 metre – 300 metre arasında taşımalar,
- 300 metre-600 metre arası taşımalar,
- 600 metre-1500 metre arası taşımalar,
- 1500 metre-5000 metre arası taşımalar,
- 5000 metreden daha uzak mesafelere taşımalar.

Ödemenin, taşınacak mesafe ile belirlenip kazılan malzemenin proje gereği ve önceden belirlenen bir yere taşınması durumunda, kazılan malzemenin hacmi kadar yapılacağı belirtilmiştir. Eğer taşınacak malzeme ariyet ocağından alınmış ve dolguda kullanılacaksa, dolgunun sıkışmış hacmi ödemeye esas teşkil edecektir.

Karayolları Teknik Şartnamesi'nde taşıma işleri, tesviye işlerinde taşımalar ve ayrıca ödenecek taşımalar olmak üzere iki kısımda açıklanmıştır. Tesviye işlerinde taşıma esaslarında yarma kazılarının taşımaları, brükner eğrisi üzerinden hesaplanan ortalama taşıma mesafelerinin karaköplerinin ağırlıklı ortalamasına göre yapılacağı belirtilmiştir. Ariyet ocağından getirilecek malzemelerin taşınması ise taşıma yolunun idare tarafından ölçülmesi ile hesap edilmektedir. Ayrıca, karayolu taşımalarında, sözleşmede aksi belirtilmedikçe taşıma bedellerinin motorlu araç formüllerine göre ödeneceği belirtilmiştir.

Taşımada ödemeye esas hacim, kazı projesinden hesap edilen, yani kazının orijinal yerindeki (kazıdan önceki) hacmi kadardır. HTŞ'de, benzer şekilde ödemeye esas olacak miktarın taşınan malzemenin kazılmadan önce yerindeki hacmi kadar olacağı belirtilmiştir.

KTŞ'de, ariyet ocağından 10000 metreye kadar getirilecek kazılarının taşınmalarının yükleniciye ödemesi aşağıdaki formüle (4.1) göre gerçekleştirilir [23] :

$$F = 1.25 \times 0.00034 \times K \times \sqrt{M} - 0.00425 \times K \quad (4.1)$$

Ariyet ocağının 10000 metreden daha uzakta olması durumunda ise (4.2) formülünde belirtildiği gibi yükleniciye ödeme yapılacaktır.

$$F = 1.25 \times K \times (0.0014 \times M + 0.02) - 0.00425 \times K \quad (4.2)$$

Bu formüllerde;

F = Metreküp başına taşıma birim fiyatı TL / m<sup>3</sup>,

1.25 = Kar ve genel masraf katsayısıdır.

K = Rayiç cetvelinde yazılı her cins ve tonajda motorlu araca ait taşıma katsayısıdır.

$\sqrt{M}$  = Taşıma yolu üzerinden ölçülen mesafeler esas alınarak cinsinden ortalama taşıma mesafelerinin kareköklerinin ağırlıklı ortalamasıdır.

M = Taşıma yolu üzerinden ölçülen mesafeler esas alınarak hesaplanan kilometre cinsinden ortalama taşıma mesafelerinin ağırlıklı ortalamasıdır.

0.00425 x K = Karayolları birim fiyatlarında, kazı birim fiyatının içinde 100 metreye kadar olan taşımalar dahil olduğundan, taşıma formüllerinden 100 metreye kadar olan taşıma ücreti çıkartılmıştır.

Karayolları Teknik Şartnamesinde taşıma formüllerinin değiştiği mesafe 10 kilometredir. Hırvat Teknik Şartnamesinde ise yükleniciye yapılacak ödemeler 5 kilometre içinde kalan taşımalar ve 5 kilometreden fazla olan taşımalara olarak ikiye bölünmüştür.

KTŞ, yakın mesafelerde yapılan taşımalarda araçların yapacağı manevra, yanaşma, yakıt tüketimi, yedek parça giderlerinin artması faktörlerini göz önüne alarak, kısa mesafe taşıma birim fiyatlarını uzun mesafe taşıma birim fiyatlarından daha yüksek tutmuştur. 10 kilometre sınırı Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yaptırdığı işlerden ve analizleri sonucu ortaya çıkmış pratik bir değerdir.

Hırvat Teknik Şartnamesi yazımında da, KTŞ'e benzer şekilde, araç giderlerinin kısa mesafelerde uzun mesafelere oranla artması, Yugoslavya döneminde yaptırılan işlerdeki ortalama taşıma mesafelerinin 5 kilometre mertebelerinde kalması nedenlerinden ötürü yükleniciye yapılacak ödeme sınırını pratik bir değer olarak 5 kilometre olarak belirlenmiştir.

Karayolları Teknik Şartnamesi'nde, tesviye işlerindeki taşımalara ek olarak ayrıca ödenecek taşımalar, çimento, demir, taş, kum, çakıl, su, alttemel ve temel tabakalarında kullanılan ocak malzemelerinin ilgili kısımlarda belirtildiği gibi veya kontrol mühendisinin onayıyla taşınmasını kapsamaktadır. Sanat yapılarına, yol



üstyapı işlerine ait birim fiyatların tespitinde bunlara ait demir, çimento, taş, kil, çakıl, su taşınması dikkate alınmamıştır. Birim fiyat tariflerinde bu taşımaların ayrıca ödeneceği belirtilmiş ise, ayrıca ödeme yapılır. Hırvat Teknik Şartnamesi'nde ayrıca ödeme taşınması bulunmamaktadır.

#### 4.1.2.1 Taşıma maliyetleri karşılaştırması

Bir önceki bölümde taşıma esasları ve içeriklerine yönelik karşılaştırılan şartnameler bu bölümde bir senaryo üzerinden maliyet açısından karşılaştırılmıştır.

Her iki şartname için, 10 kilometre uzaklıktan, ariyet ocağından 1000 m<sup>3</sup> çok sert kaya kazısının yapılması, taşınması ve bu kazı ile dolgunun teşkil edilmesinin maliyeti düşünülmüştür (Şekil 4.3), (Şekil 4.4).



**Şekil 4.3:** Ariyet ocağından kazı yapılması.



**Şekil 4.4:** Taşıma yapılması.

Çok sert kayanın yerindeki kuru birim ağırlığı 2.60 ton/m<sup>3</sup>, patlatmadan sonraki gevşek malzemenin kuru birim ağırlığı 1.80 ton/m<sup>3</sup>, dolgunun tamamlanmasından sonraki malzemenin kuru birim ağırlığı 2.10 ton/m<sup>3</sup> olarak öngörülmüştür.

Ariyet ocağındaki 1000 m<sup>3</sup>'lük patlatma, 2600 ton malzeme taşınmasına karşılık gelmektedir. HTŞ'ne göre ton.km bazında ödeme yapılacağı için taşınacak tonaj 2600 ton olmaktadır.

Patlatmadan sonraki kabarmada, 2600 ton patlatmadan çıkan malzemenin hacmi 1444 m<sup>3</sup> olmaktadır. KTŞ'ye göre taşıma formüllerinde esas alınacak miktar 1444 m<sup>3</sup> malzeme taşınmasıdır. Taşınan malzemenin sıkıştırılmasından sonra oluşacak dolgu kübaşı ise 1238 m<sup>3</sup> olmaktadır.

Yukarıda öngörülen senaryoya göre, ariyet ocağından 1000 m<sup>3</sup> malzemenin kazılması, 10 kilometreye taşınması ve kaya dolgu teşkil edilmesi maliyetleri Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilmiştir. KTŞ maliyet sütunu için karayolları 2012 yılı birim fiyatları kullanılmıştır [23]. HTŞ birim fiyatt sütunu için de, Kosova Otoyol Projesi yaklaşık birim fiyatları kullanılmıştır. Örnek çalışma sonucunda 1000 m<sup>3</sup> sert kayanın 10 kilometre uzaktaki bir ariyet ocağından kazılması, taşınması ve dolgu teşkil edilmesi senaryosunda, HTŞ'ne göre hesap edilen senaryoda KTŞ'e kıyasla %22 daha fazla maliyet çıkmıştır.

**Çizelge 4.1:** KTŞ örnek kazı, dolgu, taşıma maliyeti.

| Aktivite                       | Karayolları Poz No | KTŞ Birim Fiyat | KTŞ Miktar (m3) | KTŞ Toplam Maliyet |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Kazı                           | KGM/15.014/B       | 5.78 TL         | 1000            | 5,780.00 TL        |
| Taşıma (1m <sup>3</sup> 10 km) | 07.005/K-1         | 6.73 TL         | 1444            | 9,718.12 TL        |
| Dolgu                          | 2207               | 0.25 TL         | 1238            | 309.50 TL          |
| Toplam                         |                    |                 |                 | 15,807.62 TL       |

**Çizelge 4.2:** HTŞ örnek kazı, dolgu, taşıma maliyeti.

| Aktivite             | HTŞ Birim Fiyat | HTŞ Miktar | HTŞ Toplam Maliyet |
|----------------------|-----------------|------------|--------------------|
| Kazı                 | 11.75 TL        | 1000       | 11,750.00 TL       |
| Taşıma (1 ton 10 km) | 2.82 TL         | 2600       | 7,332.00 TL        |
| Dolgu                | 1.00 TL         | 1238       | 1,238.00 TL        |
| Toplam               |                 |            | 20,320.00 TL       |

## **4.2 Dolgu İşleri**

Karayolları Teknik Şartnamesi ile Hırvat Teknik Şartnamesi kazı işleri açısından bu bölümde incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

### **4.2.1 Karayolları Teknik Şartnamesi'nde dolgu işleri**

Karayolları Teknik Şartnamesi'nde yol altyapısı bölümünde dolgu işleri, kısım 206 dolgular kısmında ve bölüm 300 sanat yapıları, köprüler ve tüneller bölümünde incelenmiştir.

KTŞ'de dolgu malzemesinde aşağıdaki içeriğe sahip zeminlerin kullanılamayacağı belirtilmiştir:

- Bitkisel toprak,
- Ağaç, çalı, kök ve benzeri organik maddeler,
- Kömür, kömür tozu dahil içten yanması söz konusu olan malzemeler,
- Bataklık veya suya doymuş hale gelmiş killi ve marnlı zeminler,
- Enkaz vb artık maddeler,
- İnsan ve çevre sağlığına zarar verecek oranda toksit madde içeren endüstriyel atıklar,
- Karlı, buzlu ve donmuş topraklar, suyla kolayca ufalanarak oturmaları neden olacak malzeme,
- Ağırlıkça % 20' den fazla jips ve kaya tuzu gibi çözünebilen madde içeren topraklar.

KTŞ'de Çizelge 4.3'deki dolgu malzemesinin sağlaması gereken özellikler verilmiştir.

**Çizelge 4.3:** Dolgu malzemesi özellikleri [13].

| Deney                                                            | Şartname Limiti | Deney Standardı       |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Likit Limit (LL),%                                               | <60             | TS 1900 AASHTO T – 89 |
| Plastisite İndeksi (PI),%                                        | ≤35             | TS 1900 AASHTO T - 90 |
| Maks.kuru birim ağırlık<br>(Standart Proctor)                    | ≥ 1.45 tn/ m3*  | TS 1900 AASHTO T - 99 |
| *PI≤6 ve CBR>10 olan doğal cürufklar ve tüflerde bu şart aranmaz |                 |                       |

Don etkisi olan bölgelerde ise üstyapı tabanı, projesinde belirtilen derinliğe kadar, Çizelge 4.4 de verilen malzeme özelliklerini taşıması gerekmektedir.

**Çizelge 4.4:** Don’a hassas olmayan taban malzemesinin özellikleri [13].

| Deney                              | Şartname Limiti | Deney Standardı       |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 0.075 mm Elekten geçen<br>%        | ≤12             | TS 1900 AASHTO T – 11 |
| Likit Limit (LL), %                | ≤25             | TS 1900 AASHTO T – 89 |
| Plastisite İndeksi (PI), %         | ≤6              | TS 1900 AASHTO T - 90 |
| Kaba Agregada<br>Su Absorpsiyonu % | ≤3              | TS 3526 ASTM C - 127  |

Dolguların üstyapı tabanlarını oluşturan kısımlarında ise, esnek üstyapılar için CBR<%8 olan malzeme kullanılmamalıdır. Çizelge 4.5’de belirtilen özelliklere sahip malzeme ve inşa sırasında uygun yapım metodları uygulanmalıdır.

Koruyucu tabaka seçme malzemesi içeriğinde CBR şartname limitlerini sağlamak koşulu ile 0,075 mm’ den geçen malzeme oranı 20’den küçük likit limit ve plastisite indeksi limitleri değerlendirmeye alınmaz.

Plastisite indeksi ve CBR şartname limitleri açısından uygun, PI <10 ise 0,075 mm’ den geçen malzeme oranı şartname limitleri açısından değerlendirilmeye alınmadan ilgili malzemeler koruyucu tabaka seçme malzemesi olarak kullanılabilirler.

**Çizelge 4.5:** Koruyucu tabaka seçme malzeme özellikleri [13].

| Deney                         | Şartname Limiti | Deney Standardı       |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|
| 0.075 mm Elekten geçen %      | $\leq 50$       | TS 1900 AASHTO T – 11 |
| Likit Limit (LL), %           | $\leq 40$       | TS 1900 AASHTO T – 89 |
| Plastisite İndeksi (PI), %    | $\leq 15$       | TS 1900 AASHTO T - 90 |
| Yaş (CBR) Esnek Üstyapılar, % | $> 10$          | TS 1900 AASHTO T- 193 |

KTŞ'ye göre su ve basınç altında dağılan ayrışma eğilimli kayaçlar (marn, kıltaşı, şeyl, vb) mekanik olarak ayrıştırıldığında, dolgu malzemesi özelliklerini sağlıyorsa yüksekliği 5 m'ye kadar olan dolgularda kullanılabilirler. Bu tür malzemelerin üstyapı tabanında kullanılmasına laboratuvar incelemesi yapıldıktan sonra karar verilir.

Yaş CBR deneyi sonucunda %3 ve daha yüksek oranda şişme gözlenen malzemelerin dolguda ve üstyapı tabanında kullanılmasının zorunlu olduğu durumlarda, kullanım şartları; dolgu yüksekliği, üzerine gelecek tabakaların kalınlığı, yapım tekniği konuları incelenerek, malzemenin dolguda kullanımına ilave araştırma raporu hazırlanarak karar verilir.

KTŞ'ye göre dolguların yapımına başlanmadan önce, taban zemini Kısım 201 ağaç kesme, kök sökme ve temizleme işlerinde belirtildiği şekilde temizlenecek ve bitkisel toprağı sıyrılmış zemin kesimi 20 cm derinlikte kabartılıp sıkıştırılacaktır. Dolgu yapımının kış aylarına rastladığı zamanlarda, dolgunun oturacağı kesimde bulunan kar ve buz temizlenmelidir. Zeminde donma söz konusu ise, don etkisi ortadan kalkıncaya kadar dolgu yapımına ara verilir.

Dolguların inşa edileceği sahada zayıf zemin, bataklık kesimleri varsa bu kesimler KTŞ Kısım 203'de belirtilen esaslara uygun şekilde iyileştirilir.

#### **4.2.1.1 Zayıf zeminler**

KTŞ'de zayıf zeminler, Çizelge 4.6'de belirtilen niteliklerin tümünü birden sağlayamayan, her türlü kazıdan çıkan malzemeler olarak tanımlanmıştır.

**Çizelge 4.6:** Uygun nitelikli kazı malzemesi [13].

| Deney                                                                    | Şartname Limiti               | Deney Standardı       |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Likit Limit (LL),%                                                       | $< 60$                        | TS 1900 AASHTO T – 89 |
| Plastisite İndeksi (PI),%                                                | $\leq 35$                     | TS 1900 AASHTO T - 90 |
| Maks.kuru birim ağırlık<br>(Standart Proctor)                            | $\geq 1.45 \text{ tn/ m}^3$ * | TS 1900 AASHTO T - 99 |
| *PI $\leq 6$ ve CBR $>10$ olan doğal cürufur ve tüflerde bu şart aranmaz |                               |                       |

Yol projelendirme aşamasında yapılan araştırma çalışmalarında (sondaj, araştırma çukuru, yüzey jeolojisi) güzergah altında yer alacak zeminlerin aşağıdaki niteliklerinin belirlenmesi gerekmektedir:

- Nitelik (CL, CH, OH, vb),
- Kalınlık,
- Zamana bağlı oturma özellikleri,
- Şişme potansiyeli.

Zayıf zemin tabakalarının kazılıp atılamayacak kalınlıklarda olması (kazı stabilitesi, su altında çalışma zorluğu, uzun mesafelerde kübaj artışı) halinde, ileri zemin iyileştirme yöntemleri projelendirilerek uygulanır.

KTŞ'ye göre, proje aşamasında yapılan araştırma çalışmaları sırasında tam olarak belirlenemeyen, sığ kalınlıktaki alüvyon geçişlerinde, yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu durumlarda, yüzey göllenmeleri olan ova geçişlerinde, bitkisel örtü kazısı sırasında karşılaşılan zayıf zeminlerin özellikleri, kalınlıkları, kayma dayanım parametreleri sondaj yada araştırma çukurundan alınan örneklerle göre laboratuvar deneyleri sonucunda belirlenmelidir [13].

Zayıf tabii zemin tabakası, tespit edilen alandan belirtilen derinlikte kazılarak kaldırılıp, kontrol mühendisi tarafından gösterilen yerlere taşınır ve diğer kazı malzemelerinden ayrı bir yerde depo edilip muhafaza edilir.

#### **Dolgularda sığ, zayıf zemin geçişleri**

KTŞ'ye göre, yeraltı suyunun yüzeye yakın olması durumunda yol tabanı için önerilen drenaj şiltesinin filtrasyon ve permabilite kriterlerini sağlaması gerekir. Filtrasyon kriteri; drenajı sağlanan zemin tanelerinin drenaj malzemesini tıkamaması

anlamına gelmektedir. Permabilite kriteri; drenaj malzemesinin suyu geçirebilme özelliğinin olması anlamına gelmektedir.

KTŞ'ye göre, karayolu yapımında drenaj tabakası, gerekli malzemenin temini, ekonomik olup olmadığı göz önüne alınarak aşağıdaki yöntemlerle teşkil edilecektir.

- İnce ve kaba filtre malzeme,
- Tip-I, Tip-II malzeme ve geotekstil,
- Kum şilte.

İnce ve kaba malzeme olarak, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'da gradasyonları verilen ince ve kaba filtre malzemeleri, öncelikle doğal malzemeler seçilerek gerektiğinde yıkanıp elenerek kullanılacaktır.

**Çizelge 4.7:** İnce filtre malzemenin özellikleri [13].

| İnce Filtre Malzemesi Gradasyonu |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Elek Açıklığı (mm)               | Geçen Malzeme % |
| 3/8" (9,5)                       | 100             |
| No: 4 (4,75)                     | 95-100          |
| No: 16 (1,19)                    | 45-80           |
| No: 50 (0,297)                   | 10-30           |
| No: 100 (0,149)                  | 2-10            |

**Çizelge 4.8:** Kaba filtre malzemenin özellikleri [13].

| Kaba Filtre Malzemesi Gradasyonu |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Elek Açıklığı (mm)               | Geçen Malzeme % |
| 1" (25,4)                        | 100             |
| 3/4" (19)                        | 80 - 90         |
| 3/8" (9,5)                       | 30 - 70         |
| No: 4 (4,75)                     | 15 - 45         |
| No: 8 (2,38)                     | 0 - 10          |
| No: 10 (2,00)                    | 0               |

KTŞ'ye göre, yüksek plastisiteli kil olan bölgelerde drenaj amaçlı örgüsüz tip geotekstil ile birlikte doğal veya kırmataş filtre malzemesi kullanılabilir.

Doğal ince malzeme bulunamaması durumunda, ince filtre malzemesi yerine Tip-A drenaj amaçlı örgüsüz tip geotekstil kullanılır. Bu durumda kaba filtre malzemesi yerine Tip- I veya Tip-II malzeme kullanılması gerekmektedir.

Drenaj amaçlı örgüsüz tip geotekstil (Tip-A) kullanılması durumunda zemin gradasyonu Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10 deki gibi hazırlanmalıdır.

**Çizelge 4.9:** Tip-I malzeme özellikleri [13].

| Elek Açıklığı (mm) | Geçen Malzeme % |
|--------------------|-----------------|
| 2 1/2" (63)        | 100             |
| 1 1/2" (37,5)      | 85 - 100        |
| 3/4" (20)          | 0 – 25          |
| 3/8" (10)          | 0               |

**Çizelge 4.10:** Tip-II malzeme özellikleri [13].

| Elek Açıklığı (mm) | Geçen Malzeme % |
|--------------------|-----------------|
| 3" (74)            | 100             |
| 1 1/2" (37,5)      | 70 – 100        |
| 3/4" (20)          | 40 – 100        |
| 3/8" (10)          | 20 – 70         |
| No: 4 (5)          | 0 – 40          |
| No: 8 (2,5)        | 0 – 12          |
| No: 200 (0,074)    | 0 – 3           |

KTŞ’de, yeraltı suyu drenaj sisteminde, filtrasyon ve permeabilite kriterlerinin sağlanması açısından geotekstil bohçalı sistem uygulamasının, ince ve kaba filtre malzemesi olarak Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’da verilen gradasyona uygun doğal malzeme (dere malzemesi) kullanımına göre daha uygun olduğu belirtilmiştir. Ancak, geotekstil bohçalı sistemde doğal kaba filtre malzemesi yerine, kırmataş kullanılması durumunda ise teknik bakımdan, kırmataşın köşeli yapıda olması nedeniyle kenetlenmenin fazla olması, permeabilitenin düşmesi ve köşeli kırmataş malzemenin geotekstille zarar vermesi gibi olumsuzluklar gözönünde bulundurulmalıdır.

KTŞ’ye göre, yüksek plastisiteli kil olan bölgelerde drenaj sistemlerinin tıkanma problemine çözüm olarak geotekstil uygulamalarında, geotekstilin yırtılıp hasar



görmemesi için geotekstil üzerine 20-30 cm kalınlığında dere malzemesi serilmeli veya dayanımı yüksek (Tip-B) geotekstil kullanılmalıdır.

Drenaj amaçlı geotekstil, Çizelge 4.11’da belirtilen şartları sağlayan, uniform kalınlıkta, örgüsüz, polipropilen ısıt işleminden geçmiş geotekstil olacaktır.

**Çizelge 4.11:** Drenaj amaçlı örgüsüz, polipropilen geotekstil özellikleri [13].

| Deneyler                   | Birim                 | Şartname Limitleri |         | Deney Standardı |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|---------|-----------------|
| Kalınlık, 2 kPa basınçta   | mm                    | 1.5                | 2.5     | EN 964          |
| Çekme Dayanımı             | kn /m                 | 10 / 11            | 20 / 25 | EN ISO 10319    |
| Kopma Uzaması              | %                     | 50 - 70            | 50 - 70 | EN ISO 10319    |
| Delinmeye Karşı Dayanım    | N                     | 1700               | 3500    | EN ISO 12236    |
| Koni Düşürme Deneyi        | mm                    | 25                 | 10      | EN 918          |
| Eşdeğer Göz Açıklığı       | mm                    | 0.1                | 0.08    | EN ISO 12956    |
| Permeabilite, düzlemde Hız | m/sn                  | 0.09               | 0.05    | EN ISO 11058    |
| Permeabilite               | lt / m <sup>2</sup> s | 90                 | 50      | EN ISO 11058    |

KTŞ’ye göre, yarma tabanında şişme özelliği olan zemin bulunması durumunda, zeminin şişme yüzdesi ve şişme basıncı laboratuvar deneyleriyle tayin edilmelidir. Esnek üstyapılarda yol trafiğe açıldıktan sonra üstyapının bozulmaması için, şişme nedeniyle oluşacak deformasyon en fazla 5 cm olmalıdır. Zayıf zemin geçişlerinde gerek yeraltı suyunun drenajı için drenaj tabakası teşkilinde, gerekse yüzey göllenmelerinden yolun etkilenmemesi için iyileştirme tabakası oluşturulmasında, sistemin tüm yol tabanında bütün olarak çalışması gerektiği belirtilmiştir.

#### **İleri zemin iyileştirme yöntemleri**

KTŞ’de, dolguların yapımından önce zayıf zeminlerin teşkili ve kaldırılması esaslarına ek olarak, zayıf zemin kalınlığının fazla olduğu durumlarda, sıg kazı, iyileştirme tabakası vb. uygulamalar ile çözülemeyen zayıf zemin problemlerinde, bazı özel yöntemler kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

İleri zemin iyileştirme yöntemlerinden uygulanacak yöntemi belirlemeden önce, iyileştirilecek zayıf zemin kalınlığı sondajlarla belirlenmeli, arazi (SPT, CPT vb) ve ileri laboratuvar deneyleri (üç eksenli basınç, konsolidasyon vb) ile zemin kayma dayanımı ve oturma özelliklerinin belirlenmesi ve proje hazırlanması gerekmektedir.

KTŞ'de yer alan ileri zemin iyileştirme yöntemleri şunlardır:

- Yaklaşım dolguları taban zemininin düşey bant dren yöntemi ile iyileştirilmesi,
- Ayırma amaçlı geotekstil kullanımı,
- Yüksek basınçlı harç (jet-grout) uygulaması.



**Şekil 4.5:** Ayırma amaçlı geotekstil kullanımı.

#### **Dolguların yapılmasında uygulanacak genel kurallar**

KTŞ'ye göre, dolguların yapımında uyulması gereken bazı kurallar şunlardır;

- Dolgular; sıkışma, oturma ve reglajdan sonra bütün noktalarda projede belirtilen plan, profil ve enkesitlere uygun olarak, dolgunun tüm genişliği boyunca yüzey suyunun rahatça drenajını sağlayacak şekilde enine eğimde inşa edilmelidir.
- Dolguların korunmasından, stabilitesinden, malzemenin hatalı olmasından, dolgunun yapım ve onarım tekniğine uygun olarak yapılmamasından ortaya çıkan her türlü zarar ve iyileştirme çalışmalarından yüklenici sorumludur.
- Bataklık olmamak şartı ile dolgu yapılacak sahada toplanmış su varsa, dolgu yapılmadan önce bu suyun drene edilerek uzaklaştırılmalıdır.
- Yarma-dolgu geçişlerinde; dolgu tabakalarının yarma yüzeylerine yaslandığı yerlerde dişler açılarak dolgu ve yarma kesitlerinin uyumlu olarak birleşmesi sağlanmalıdır.

- Dolgunun mevcut bir yol üzerine yapılması halinde, dolgu yüksekliği 50 cm'den az ise, yeni dolgu malzemesi ile mevcut tabakalar arasındaki kaynaşmayı sağlamak üzere yüzey 15 cm derinlikte sürülmeli, kabartılmalı, dolgu malzemesi cinsine göre tabaka kalınlığı seçilerek yeni tabakalar oluşturulmalıdır.
- Sanat yapılarının üzerine gelecek dolgu yapımına bu yapıların inşaatının tamamlanmasından itibaren, hava sıcaklığı 5°C üzerinde olan gün sayısı 21'i geçmeden başlanılmamalıdır. Ancak yapının her bir elemanından alınan numuların dayanımları istenilen şartları sağlıyor ise 21 gün bekleme şartı aranmaz.
- Sanat yapıları yaklaşım, üst, yan ve arka dolgularında kullanılacak malzeme; bitkisel toprak, organik madde , buz parçaları, % 0.2'den fazla klorür ve % 0.3'den fazla sülfid içermeyecek ve aşağıdaki Çizelge 4.12' de belirtilen özellikleri sağlamalıdır.

**Çizelge 4.12:** Sanat yapıları yaklaşım ve yan dolgularında kullanılacak malzeme[13].

| Özellikler                       | Şartname Limiti |
|----------------------------------|-----------------|
| Tane boyutu , mm                 | $\leq 75$       |
| 0.075 mm elekten geçen malzeme,% | $\leq 15$       |
| Likit limit değeri, %            | $\leq 30$       |

KTŞ'de dolguların oluşturulmasında verilen kurallardan sonra dolgu tabakalarının oluşturulma esasları incelenmiştir. Yayma işleminin dolgunun tüm genişliği ve boyunca yapılacağı, yayılan bir tabakanın, sıkıştırılmamış kesimlerine kesinlikle malzeme boşaltılmayacağı belirtilmiştir. Bitmiş tabakanın, herhangi bir noktası ile tabakanın proje kotu arasında  $\pm 40$  mm fark kabul edilebilir hata limitidir.

Şevlerde ve karışık kesitlerde dolgu teşkilinde dolgu şevi ile yamaç şevi arasında yatay mesafenin 2.5 m ve daha az bulunduğu kısımlarda, dolgu şevinden en az 2.5 m mesafe temin edecek şekilde proje düşey hattına paralel 40 – 80 cm yüksekliğinde sıkıştırılmış kademeler oluşturulması gerekmektedir. Yamaç şevinin 5/1 ve daha yatık olduğu yerlerde bu kademelerin oluşturulmasına gerek olmayıp, dolgu tabakalarının eğimleri, yatay hale getirilecek şekilde azaltılmalıdır.

KTŞ'de dolguların sıkıştırılması, dolguların oturduğu zemin yüzeyinden itibaren yatay tabakalar halinde serilip sıkıştırılarak yapılacağı, sıkıştırmanın; yolun eksenine

paralel olarak, düşük kotlu kenardan başlayarak eksene doğru tamamlanacağı belirtilmiştir. Yatay kurplarda sıkıştırma işlemi kurbun içinden başlanacak ve dışına doğru devam edilerek yapılmalıdır. Silindirme işleminde bindirmelerin bandaj genişliğinin %10' undan az olmayacağı, şeritlerin tümünde ilk geçiş tamamlanmadan ikinci geçiş yapılmayacağı belirtilmiştir.

KTŞ'ye göre, AASHTO toprak sınıflandırma sistemine göre A-6 ve A-7 sınıfı killi malzemelerin, Çizelge 4.13'deki esaslara uygun olarak yapılacağı belirtilmiştir. Malzemenin 20-25 cm kalınlığında tabakalar halinde; küt ayak, keçiyağı, vibrasyonlu keçiyağı, vibrasyonlu küt ayak ve lastik basıncı ayarlanabilen lastik tekerlekli silindirlerle sıkıştırılacağı açıklanmıştır. Killi malzemelerin sıkıştırma sırasında plastisite indeksi  $PI > 20$  olan malzemenin su içeriği, Standart Proctor metodu ile bulunan optimum su içeriği  $W_{opt} - (W_{opt} + 2)$  değerleri arasında,  $PI < 20$  olan malzemelerin su içeriği ise  $W_{opt} - (W_{opt} - 2)$  değerleri arasında olacak şekilde ayarlanmalıdır. Şişme potansiyeli  $CBR > \% 3$  olan malzemelerde optimum su içeriğinin altındaki toleranslar kullanılmamalıdır.

KTŞ'de killi malzemelerin sıkıştırılmasında keçiyağı silindir kullanılması halinde; ayakların yüksekliğinin 15 cm' den az olmayacağı, ayak kesitinin  $25-75 \text{ cm}^2$  arasında olacağı, ayaklara düşen basıncın  $14 \text{ kg/cm}^2$ 'den az olmamalıdır. Silindirin her bir ayağındaki yük, bandaja düşen toplam yükün, bandaj eksenine paralel bulunan bir sıradaki en çok ayak sayısına bölünmesiyle bulunmalıdır. KTŞ'de HTŞ'den farklı olarak sıkıştırma işleminde ekipmanlara ait teknik şartlar istenmiştir.

**Çizelge 4.13:** Dolgularda sıkışma kriterleri [13].

| Tabaka Seviyeyi                    | Minimum Sıkışma (%) | Deney Standardı                         |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| Tesviye yüzeyi altındaki ilk 80 cm | 100                 | Standard Proctor<br>TS 1900 AASHTO T-99 |
| 80 cm altındaki dolgu tabakaları   | 95                  | Standard Proctor<br>TS 1900 AASHTO T-99 |

KTŞ'de AASHTO toprak sınıflandırma sistemine göre A-4 ve A-5 sınıfı siltli malzemelerin, Çizelge 4.13'deki esaslara göre sıkıştırılacağı belirtilmiştir. Sıkıştırma sırasında, siltli toprakların su içeriği, standart proctor metodu ile bulunan optimum su

içeriği ( $W_{opt} + 2$  ile  $W_{opt} - 1$ ) değerleri arasında kalmalıdır. Malzemenin 20-30 cm kalınlığında, tabakalar halinde, statik çizgisel yükü  $30 \text{ kg/cm}^2$ 'den az olmayan vibrasyonlu düz bandajlı silindirlerle sıkıştırılması gerektiği açıklanmıştır.

KTŞ'de, AASHTO toprak sınıflandırma sistemine göre A-1, A-2 ve A-3 sınıfı granüler malzemelerin, Çizelge 4.13'deki esaslara göre sıkıştırılacağı belirtilmiştir. Sıkıştırma esnasında, malzemenin su içeriği, standart proctor metodu ile bulunan optimum su içeriği  $W_{opt} \pm 2$  değerleri arasında kalmasıdır. Sıkıştırma işleminin, statik çizgisel yükü  $30 \text{ kg/cm}^2$ 'den az olmayan vibrasyonlu düz bandajlı silindirlerle 20-30 cm kalınlığında tabakalar halinde yapılır. Ancak silindir kapasitesinin artması durumunda tabaka kalınlığı 30-40 cm'ye yükseltilebilir.

KTŞ'de, içerisinde ağırlık olarak % 50'den fazla miktarda 75 mm' den büyük tane içeren malzemelerin kaya dolgu esaslarına uygun olarak inşa edileceği belirtilmiştir. Kaya malzemesi ile teşkil edilen veya üstyapı tabanı kaya malzemesi ile oluşturulan dolgularda düzgün bir yüzey elde edilememesi halinde ince tesviye tabakası olarak, fiziksel özellikleri alttemel malzemesi niteliklerine uygun malzeme getirilmelidir. Serme, sulama, sıkıştırma işlemleri ile düzeltme tabakası oluşturulabilir.

KTŞ'de, su ve basınç altında dağılabilen kiltası, marn, silttaşı, fliş vb zayıf kayalarda Los Angeles aşınma kaybı % 50'den fazla ise bu malzemeler ayrışma eğilimli kaya olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, zayıf taneler serme ve sıkıştırma sırasında mekanik olarak parçalanarak, toprak dolgu gibi en fazla 30 cm kalınlığında sıkışmış tabakalar elde edecek şekilde serilmelidir. Ayrışma eğilimli kayaların maksimum tane boyutu 200 mm' ye küçültülerek 30 cm kalınlığında tabakalar halinde inşa edileceği belirtilmiştir. Kaya dolgularda maksimum tane boyutu 500 mm olmalı, kazı malzemesi içerisinde iri kayalar varsa dolgu tabakasına getirilmeden önce parçalanarak gerekli boyutlara indirilmelidir. Kaya dolgularda tabaka kalınlığı 750 mm' yi geçmemek üzere malzemenin en büyük tane boyutunun en fazla 1.5 katı olacak şekilde serim yapılmalıdır.

KTŞ'ye göre, kaya dolgu yapımına başlandığında, inşaatı tamamlanan yolun  $1000 \text{ m}^2$ 'lik bir kesiminde, yeterli sıkıştırma için gerekli olan, silindirin hızı, geçiş sayısı ve tabaka kalınlığını belirlemek amacıyla deneme kesimi yapılmalıdır. Dolguda kullanılacak her yeni malzeme için silindiraj tekniği ayrıca belirlenir.

Kaya dolgulardaki sıkıştırmanın, her bir tabakanın sıkıştırılması sırasında, 15 ton statik ağırlığındaki silindirin, son iki geçişindeki toplam oturma miktarı 6 mm'den az ise yeterli olduğu kabul edilmiştir.

KTŞ'ye göre yapılan işlerde sıkışmaya esas olacak kot okumalarının, yüzey boşluklarının doldurulmasından sonra ve enkesitte en az her 5 m'de, boykesitte ise en az 20 m'de bir alınması gerekmektedir. Numuneye Los Angeles aşınma kaybı deneyi, 75 mm elek üzerinde kalan malzemenin kırılmasıyla hazırlanmalı ve E- tipi aşınma deneyi yapılmalıdır.

KTŞ'de, kaya dolgular dışında kalan tüm dolguların, su içeriği ve birim ağırlık kontrolü yapılarak inşa edileceği, dolgularda istenilen minimum sıkışma yüzdelерinin daha önce tezde verilen Çizelge 4.13'deki gibi olacağı belirtilmiştir.

Dolguların sıkışma kontrolünde kullanılacak olan arazi kuru birim ağırlığı tayin metodu, dolgunun kontrol edilen kesiminde kullanılan malzemenin içerdiği maksimum tane boyutuna göre Çizelge 4.14'den seçilmelidir. Dolguların; her tabakasında sıkışma değeri saptanmalıdır.

Çizelge 4.14 incelendiğinde, 75 mm' den daha büyük taneler içeren malzemelerle yapılan dolgularda sıkışma kontrolü için geçerli bir yöntem bulunmadığı görülmektedir. Tabakaların 75 mm'den daha küçük taneler içerdiği düşünülen kesimlerde kontrol mühendisinin onayıyla kasnak, kum konisi metodlarından biriyle sıkışma kontrolü yapılabileceği belirtilmiştir. 19 mm'den daha büyük tane içeren malzemelerle yapılan dolgulardaki sıkışma kontrollerinde, AASHTO T-224 düzeltme metodu uygulanması gerekmektedir.

**Çizelge 4.14:** Arazide kuru birim ağırlık tayin metotları [13].

| Deney Adı         |             | Malzemenin Maksimum Tane Boyutu (mm) | Deney Standardı   |
|-------------------|-------------|--------------------------------------|-------------------|
| Kum Konisi Metodu | 6" çapında  | 50                                   | AASHTO T-191      |
|                   | 12" çapında | 75                                   | AASHTO T-191      |
| Kasnak Metodu     | 10" çapında | 37.5                                 | AASHTO T-181      |
|                   | 12" çapında | 75                                   | AASHTO T-181      |
| Nükleer Metod     |             | 37.5                                 | AASHTO T-238, 239 |

### Kalite kontrol deneyleri

KTŞ’de dolguların yapımında incelenen bir diğer konu, yapım sırasında kullanılan malzemeyi ve oluşturulan tabakaları kontrol etmek amacıyla, belirli aralıklarla yapılması gereken deneyler ve sayılarıdır. En az Çizelge 4.15’de verilen sayıda olmak koşuluyla, kontrol mühendisince uygun görülen ara ve sıklıkta bu kontrol deneylerinin yapılacağı belirtilmiştir.

**Çizelge 4.15:** KTŞ kalite kontrol deneyleri [13].

| Deney                                                             | Minumum Deney Sayısı                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Likit Limit-Plastik Limit<br>TS 1900, AASHTO T-89-90              | Her 1000 m <sup>3</sup> ’de ve her farklı dolgu malzemesinde bir deney |
| Doğal Su İçeriği, TS 1900                                         | Her 1000 m <sup>3</sup> ’de ve her farklı dolgu malzemesinde bir deney |
| Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği<br>İlişkisi<br>TS 1900, AASHTO T-99 | Her farklı malzeme sınıfı için bir deney                               |
| Yaş CBR %, TS 1900, AASHTO T-193                                  | Her farklı malzeme sınıfı için bir deney                               |
| Kum Konisi Metodu, AASHTO T-191                                   | Her Tabakada 1000 m <sup>2</sup> ’ de bir deney                        |
| Kasnak Metodu, AASHTO T-181                                       | Her Tabakada 1000 m <sup>2</sup> ’ de bir deney                        |
| Nükleer Metod, AASHTO T-238, 239                                  | Her Tabakada 1000 m <sup>2</sup> ’ de bir deney                        |

#### 4.2.2 Hırvat Teknik Şartnamesi’nde dolgu işleri

Hırvat Teknik Şartnamesi’nde dolgu işleri, temel zeminlerinin iyileştirilmesi, zayıf zeminlerin kaldırılması, dolguların yapılması ve ileri zemin iyileştirme metodlarının incelenmesi alt başlıklarında açıklanmıştır.

HTŞ’de, temel zeminlerinin iyileştirilmesi, kohezyonlu zeminlerin optimum su muhtevasını ve Çizelge 4.16’deki Standard Proctor limitlerinin sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Kohezyonsuz zeminlerde de benzer teknik uygulamaları, kaya zeminlerde ise 20 cm kalınlığında parçalanmış malzemenin zemine bir tabaka yapılarak sıkıştırılması gerekmektedir. Sıkıştırma kalite kontrolünün, Standard Proctor ya da plaka yükleme testi ile her 1000 m<sup>2</sup>’lik kesimler için yapılması gerekmektedir.

**Çizelge 4.16:** HTŞ temel zemini değerlendirme kriterleri [22].

| Malzeme Tipi                                          | Standard Proctor % | Plaka Yükleme Testi (Mpa) |
|-------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| C sınıf malzeme<br>2m 'e kadar olan dolgular için     | 97                 | 20                        |
| C sınıf malzeme<br>2m 'den fazla olan dolgular için   | 95                 | 20                        |
| A-B sınıf malzeme<br>2 m 'e kadar olan dolgular için  | 100                | 25                        |
| A-B sınıf malzeme<br>2m 'den fazla olan dolgular için | 95                 | 25                        |

HTŞ'ye göre, Çizelge 4.16'de açıklanan şartlar sağlanamadığı durumlarda, aşağıdaki yöntem yada yöntemlerden biri kontrol mühendisinin onayıyla uygulanmalıdır:

- Uygun drenaj sistemi ile yüzey ve yeraltı sularının uzaklaştırılması
- Zayıf zeminin kaldırılarak yerine uygun malzeme getirilmesi
- Zemine kireç, çimento ve hidrolik bağlayıcı ekleyerek iyileştirme yapılması
- Geotekstil veya geogrid kullanılarak zeminlerin iyileştirilmesi.

HTŞ'de zayıf zeminlerin kaldırılması, Çizelge 4.16'de verilen koşullar sağlanamadığı zaman, zayıf zeminlerin daha iyi malzeme taşınarak sıkıştırılması olarak tanımlanmıştır. Eğer çizimlerde herhangi bir şekilde belirtilmemiş ise, 50 metre içinde test alınır, şartname limitlerine uyduğu takdirde malzeme serimine ve dolguların tamamlanmasına devam edilir. Test kısımlarına ait bütün harcamaların ve malzemenin uygun olmaması durumunda imalatın kaldırılması yüklenicinin yükümlülüğündedir.

HTŞ'de, temel zeminine ait şartname limitleri ve zayıf zeminlerin kaldırılmasına ilişkin detaylardan sonra, dolguların yapımında geotekstil ve geogrid kullanımı detaylı biçimde incelenmiştir. İlk olarak geotekstik kullanımının; tabakaları ayırma, güçlendirme, filtrasyon ve drenaj açısından avantajlı olduğu belirtilmiştir. HTŞ'ye göre dolguların yapımında kullanılacak geotekstillerin seçiminde statik yükleme testi, çekme gerilmesi testi, dinamik yükleme testi, dinamik piramidal darbe testleri, permabilite testlerinin yapılması gerekmektedir.



HTŞ’de, geotekstillerin sağlamaları gereken mekanik ve hidrolik şartlar ayrıca belirtilmiştir. Geotekstillerin dolgularda seriminde, birleştirme metodları açıklanmış; örgüsüz geotekstillerin bindirme payı 50 cm, örgü tip geotekstillerin bindirme payı 80 cm olarak belirtilmiştir.

HTŞ’de dolguların yapımı; geri dolgu yapımı, serme, sıkıştırma, reglaj yapımının çizimlerde belirtilen kot ve eğimler doğrultusunda gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmıştır. KTŞ’de belirtildiği gibi hata tolerans limitleri verilmemiştir. KTŞ’ye benzer biçimde her tabakanın uygun ekipman ile sıkıştırılması, sıkıştırmanın kenarlardan içe doğru yapılması gerektiği açıklanmıştır. Dolgu malzemesinin ilk defa kullanıldığı durumlarda, 50 metrelik deneme kısımları yapılması gerekmektedir.

Her 1000 m<sup>2</sup> de bir ya da daha fazla olacak biçimde dolgu tabakalarının sıkışmasının şartname limitleri içinde olup olmadığı kontrol edilir. Bunun yanında her 4000 m<sup>3</sup> dolgu imalatı tamamlandığında elek analizi gerçekleştirilip, malzemenin uygun gradasyonda olup olmadığı kontrol edilmelidir. HTŞ’ye göre, eğer patlatma sonrası elde edilmiş malzeme dolgularda kullanılıyor ise, malzeme gradasyonu en büyük malzeme çapı 50 cm olacak biçimde kontrol edilmelidir.

HTŞ’de, yüksek plastisiteli kil, siltler yada suya duyarlı diğer malzemeler toprak dolgular sınıfında ele alınmıştır. Her tür malzemedan en az iki örnek alınacağı belirtilmiştir. Toprak dolguların yapılması için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir:

- Uniformluk katsayısı,  $D_{60} / D_{10} \geq 9$  olmalıdır.
- Dolgu malzemesi %6 dan daha fazla organik madde içeriğine sahip olmamalıdır.
- Optimum su muhtevası en fazla %25 olmalıdır.
- Düşük dolgularda 1.50 tn/m<sup>3</sup>, yüksek dolgularda 1.55 tn/m<sup>3</sup> kuru birim ağırlık sağlanmalıdır.
- Likit limit değeri % 65’den fazla olmamalıdır.
- Plastisite indeksi  $I_p \leq 30$  olmalıdır.
- Malzeme kabarma yüzdesi 4 günün sonunda en fazla %4 oranında olmalıdır.

HTŞ’de toprak dolgularında yapımı için belirtilen yukarıdaki şartlardan sonra, Wopt su muhtevasının standart proctor sonucundan çıkan değerin en fazla  $\pm 2\%$  sınırları içinde bulunabileceği belirtilmiştir. HTŞ’de verilen bu sınırlama limitleri KTŞ limitleri ile aynıdır. HTŞ toprak dolgular kalite kontrol kriterleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. HTŞ’de, KTŞ’ye benzer olarak; aşağıdaki noktalar vurgulanmıştır:

- Her dolgu tabakası yeterli sıkıştırma sonucu vermeden bir sonraki dolgu tabakasına geçilemez.
- Dolgu yapımına çeşitli nedenlerle bir süre ara verildiğinde daha önceki yapılan testler şartname limitlerine uygun olsa dahi yeniden test yapılmalıdır.
- Dolguların yapımından önce zemindeki her türlü kar, buz zeminden alınmalıdır.
- Sanat yapıları geri dolguları donmuş yüzeylere uygulanamaz.

**Çizelge 4.17:** HTŞ toprak dolgular kalite kontrol kriterleri [22].

| Dolgu Tabakası Yeri                                                                   | Standart Proctor % | Plaka Yükleme Testi (Mpa) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Yüksekliği 2m’den fazla, dolgu katmaları tesviye yüzeyinden 2m’den aşağıdaki dolgular | 95                 | 20                        |
| Yüksekliği 1m’den az dolgular                                                         | 100                | 25                        |

HTŞ’de KTŞ’den farklı olarak toprak dolguların kalite kontrol deneylerinde plaka yükleme testi zorunluluğu bulunmaktadır. KTŞ’de zorunlu kılınmayan bu deney yöntemi, zemin emniyet gerilmesinin ve zemine ait elastisite modülü, yatak katsayısı gibi parametrelerin belirlenebilmesi için yapılan bir arazi deneyidir (Şekil 4.6). Plaka yükleme deneyi, çapı 30 cm – 100 cm arasında değişebilen dairesel plakaların belirli aralıklarla yüklenmesi ve her adımda gerçekleşen oturma miktarlarının ölçülüp kaydedilmesi şeklinde yapılır. Her farklı zemin numunesinde deney tekrarlanmalıdır [24].

HTŞ’de plaka yükleme deneyinde kullanılan plakanın çapı 30 cm olup, her bir yükleme aşamasında 3 dakika beklenmelidir. Deneyde  $0.10 \text{ MN/m}^2$  yük farkının

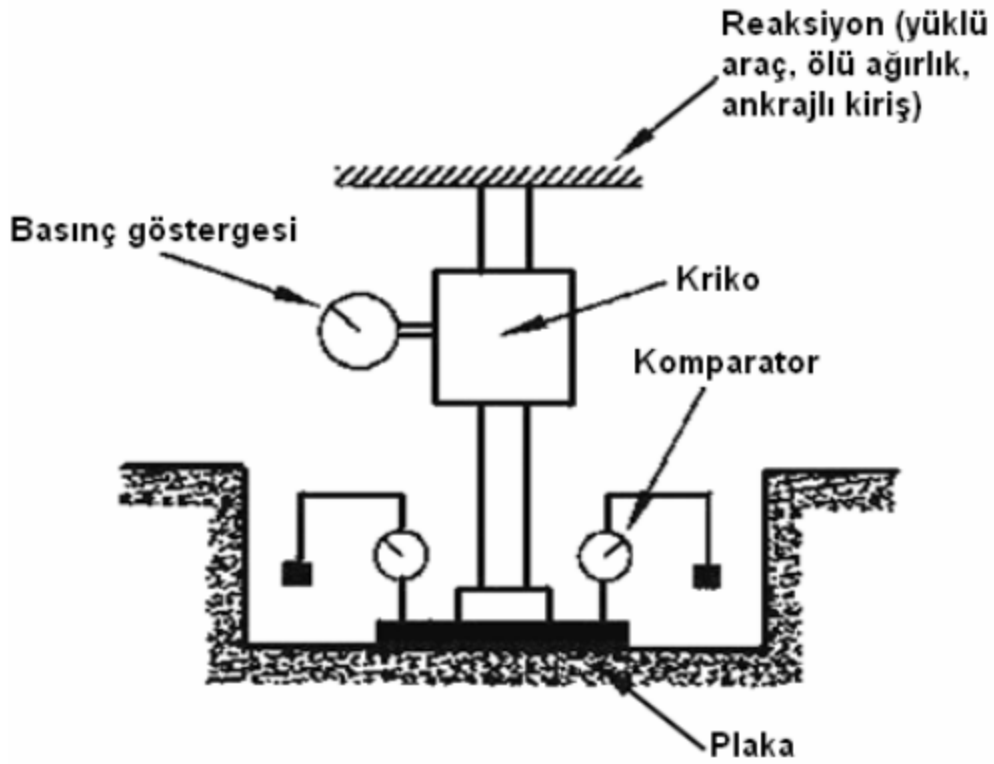
gerçekleştirdiği oturmalar kaydedilir, aşağıda verilen (4.3) denkleminde belirtildiği gibi zeminin taşıma gücü hesaplanır.

$$E_v = 300 \times \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \quad (4.3)$$

$E_v$  = Taşıma gücü  $\text{MN/m}^2$

$P_2 - P_1$  = Yük farkı (KN)

$A_2 - A_1$  = Oturmalar arasındaki fark (mm)



**Şekil 4.6:** Plaka yükleme deneyi [25].

Plaka yükleme deneyi, plaka ile temel arasında oturma ve taşıma gücü açısından güvenli bağıntıların kurulmasının zorluğu, deney yapımının pahalı, deney süresinin uzun olması ve yeraltı su seviyesi altında yapımının çok zor olması nedenlerinden ötürü KTŞ’de kullanılmamaktadır [26].

HTŞ’de toprak dolguların inşaatına yönelik açıklamalardan sonra, miks dolguların; kaya-toprak karışımlarının, kazı işlerinde bahsedilen suya karşı hassasiyeti az B

sınıfı ve az miktarda C sınıfı malzeme içeren dolguların yapımı incelenmiştir. Tabaka kalınlığı 30 – 60 cm olacak şekilde miks dolguların yapım kriteri :

- Uniformluk katsayısı,  $D_{60} / D_{10} \geq 4$ .

olacak şekilde tanımlanmıştır. Toprak dolguların yapımına benzer şekilde, dolguların yapımından önce zemindeki her türlü kar, buz zeminden alınması ve zemin stabilitesinin deneme kesimleri ile kontrol edileceği belirtilmiştir.

Miks dolgulara ait kalite kriterleri Çizelge 4.18’da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.18:** HTŞ miks dolgular kalite kriterleri [22].

| Dolgu Tabakası Yeri                                                                   | Standart Proctor % | Plaka Yükleme Testi (Mpa) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Yüksekliği 2m’den fazla, dolgu katmaları tesviye yüzeyinden 2m’den aşağıdaki dolgular | 95                 | 35                        |
| Yüksekliği 1m’den az dolgular                                                         | 100                | 40                        |

HTŞ’de son olarak kaya dolguların yapımına ait detaylar açıklanmıştır. Patlatma operasyonlarından elde edilen ve A sınıfı olarak tanımlanan malzemelerin dolgularda kullanım şartları bu kısımda incelenmiştir. Sıkıştırma işlemlerinin titreşimli silindirlerle, uygun sayıca yapılması gerektiği belirtilmiştir.

KTŞ ile karşılaştırıldığında, HTŞ’de KTŞ’deki gibi silindir seçimi ve özellikleri, bant genişliğine gelecek yük vb. detaylı bilgiler verilmediği görülmektedir.

HTŞ’ye göre kaya dolguların tabaka yüksekliğinin 50 cm - 100 cm aralığında değişmektedir. Kaya dolguların aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir:

- Uniformluk katsayısı,  $D_{60} / D_{10} \geq 4$ ,
- Malzemenin dane çapı dolgu tabakası kalınlığının yarısını aşmamalıdır.

Yukarıda belirtilen şartlara ek olarak kaya dolguların sağlaması gereken kalite kriterleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

**Çizelge 4.19:** HTŞ kaya dolgular kalite kriterleri [22].

| Dolgu Tabakası Yeri                                                                 | Standart Proctor % | Plaka Yükleme Testi (Mpa) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Yüksekliği 2m'den fazla, dolgu katmaları tesviye yüzeyinden 2m'den aşağıda dolgular | 95                 | 40                        |
| Yüksekliği 1m'den az dolgular                                                       | 100                | 40                        |

HTŞ'de, dolguların yapımından sonra, kazı ve dolgunun son tabakası olan altzeminin (subgrade) sağlaması gereken koşullardan incelenmiştir. Altzemin tabakası dolguların ve kazının son tabakası olup 50 cm yüksekliğine kadar yapılabilir. Bu tabaka üstyapı tabakaları öncesi tabanda üniform taşıma kapasitesi sağlayan tabakadır. Dolguların kontrol kriterlerine benzer şekilde, altzemin tabakasının uygunluğu aşağıdaki sıklıkta kontrol edilmelidir:

- Her 1000 m<sup>2</sup> de bir sıkıştırma testi,
- Her 1000 m<sup>2</sup> de bir plaka yükleme testi,
- Her 6000 m<sup>2</sup> de bir gradasyon testi,
- Banket altlarında her 200 metrede bir sıkıştırma ve plaka yükleme testi.

HTŞ'ye göre altzemin tabakası her 100 metrede bir kontrol edilip, yatay ve düşeyde dizayndan en fazla 3 cm farklılık olacak şekilde inşaa edilmelidir. HTŞ'de altzemin tabakasının teşkili daha sonra toprak malzemeler ile teşkili, miks malzeme ile teşkili ve kaya malzeme ile teşkili olarak üç kısımda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

HTŞ'de, yüksek plastisiteli kil, siltler yada suya duyarlı diğer malzemeler toprak altzeminlerin oluşturulmasında incelenmiştir. Toprak dolgu altzeminlerinin yapılması için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir:

- Uniformluk katsayısı,  $D_{60} / D_{10} \geq 9$
- Optimum su muhtevası en fazla %25 olmalıdır
- Likit limit değeri % 40'den fazla olmamalıdır
- Plastisite indeksi  $I_p \leq 20$  olmalıdır
- Malzeme kabarma yüzdesi 4 günün sonunda en fazla %3 oranında olmalıdır
- CBR oranı % 3'den fazla olmalıdır

HTŞ’de toprak dolgularında yapımı için belirtilen yukarıdaki şartlardan sonra, Wopt su muhtevasının standart proctor sonucundan çıkan değerin en fazla  $\pm 2\%$  sınırları içinde bulunabileceği belirtilmiştir. HTŞ’de altzemin tabakasında bu şartların sağlanamaması durumunda daha önceki bölümlerde belirtilen geotekstil kullanımı ile zayıf zeminlerin kaldırılması çözümünün uygulanması önerilmiştir. Toprak malzeme olarak inşa edilen altzeminlerin kalite kontrolü aşamasında standart proctor sıkışma değerinin %100 den küçük, plaka yükleme deneyi sonucundaki taşıma gücünün 30 Mpa’dan büyük olması gerektiği belirtilmiştir.

HTŞ’de toprak dolguların inşaatına yönelik açıklamalardan sonra, miks dolguların; kaya-toprak karışımlarının, kazı işlerinde bahsedilen suya karşı hassasiyeti az B sınıfı ve az miktarda C sınıfı malzeme içeren dolguların yapımı incelenmiştir. Tabaka kalınlığı 30 – 50 cm olacak şekilde miks dolguların yapım kriteri :

- Uniformluk katsayısı,  $D_{60} / D_{10} \geq 9$ ,
- Maksimum dane çapı 60 mm,
- Su muhtevasının standart proctor sonucundan çıkan değerin en fazla  $\pm 2\%$  kadar fark olmalı.

Miks malzeme ile inşa edilen altzeminlerin kalite kontrolü aşamasında standart proctor sıkışma değerinin %100 den büyük, plaka yükleme deneyi sonucundaki zemin taşıma gücünün 35 Mpa’dan büyük olması gerektiği belirtilmiştir

HTŞ’de son olarak kaya malzemeden altzemin yapımına ait detaylar açıklanmıştır. Patlatma operasyonlarından elde edilen ve A sınıfı olarak tanımlanan malzemelerin kullanıldığı bu tabakada aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir :

- Uniformluk katsayısı,  $D_{60} / D_{10} \geq 9$ ,
- Maksimum dane çapı 60 mm.

Miks malzeme ile inşa edilen altzeminlerin kalite kontrolü aşamasında standart proctor sıkışma yüzdesinin %100 den büyük, plaka yükleme deneyi sonucundaki zemin taşıma gücünün 35 Mpa’dan büyük olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca zeminlerde donmuş tabakaların bulunmaması gerektiği, serme, sıkıştırma, kontrollerin daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere yapılması gerekmektedir.

## 5. DEĞERLENDİRME

Tez çalışmasında Karayolları Teknik Şartnamesi ve Hırvat Teknik Şartnamesi öncelikle kazı işleri bakımından karşılaştırılmıştır. Her iki şartnamedeki kazı sınıfları ve bunların birbiriyle eşleştirilmesi Çizelge 4.20’de verilmiştir.

**Çizelge 4.20:** KTŞ ve HTŞ kazı sınıfları karşılaştırması.

| Karayolları Teknik Şartnamesi | Hırvat Teknik Şartnamesi |
|-------------------------------|--------------------------|
| Çok sert kaya kazısı          | A sınıfı kazı            |
| Yumuşak kaya-sert kaya kazısı | B sınıfı kazı            |
| Genel Kazı (kil,kum,çakıl)    | C sınıfı kazı            |

KTŞ’de yol kazısı bölümünde, şevlerin kazısında kayalık zeminlerde  $\pm 10$  cm, toprak zeminlerde  $\pm 5$  cm’lik farkların kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, güzergahta imalat kotları ile proje kotları arasında  $\pm 5$  cm’lik kot farkının kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. HTŞ’de ise sahadaki imalatın proje verilerine göre yapılacağı belirtilmiş olup herhangi bir fark tolere edilmemiştir. KTŞ’de izin verilen bu toleranslar, idare açısından olumsuz durumlara yol açabilir. Uzun mesafelerde, izin verilen farklar dahilinde yapılan kazı imalatı hataları yüklenicinin projede öngörülenden fazla miktarda para almasına imkan tanımaktadır.

KTŞ ve HTŞ’deki taşımalar ve buna ait ödemeler incelendiğinde, KTŞ’de taşıma işleri tesviye işlerinde taşımalar ve ayrıca ödenecek taşımalar olmak üzere iki başlıkta incelenmiştir. HTŞ’de ise yalnızca tesviye işlerinde taşımalar kısmı mevcuttur. KTŞ ve HTŞ taşıma sınıfları karşılaştırması Çizelge 4.21’de verilmiştir.

**Çizelge 4.21:** KTŞ ve HTŞ taşıma sınıfları karşılaştırması.

| Taşıma türü                 | KTŞ | HTŞ |
|-----------------------------|-----|-----|
| Tesviye işlerinde taşımalar | Var | Var |
| Ayrıca ödenecek taşımalar   | Var | Yok |

KTŞ’de tesviye işlerinde taşımalarda ödemeye esas taşıma mesafesi, malzemenin yerindeki ağırlık merkezi ile taşımadan sonra bununla inşa edilecek kısmın ağırlık merkezleri arasındaki yatay mesafedir.

Karayolları Teknik Şartnamesinde taşıma formüllerinin değiştiği mesafe 10 kilometredir. Hırvat Teknik Şartnamesinde ise yükleniciye yapılacak ödemeler 5 kilometre içinde kalan taşımalar ve 5 kilometreden fazla olan taşımalara olarak ikiye bölünmüştür.

KTŞ, yakın mesafelerde yapılan taşımalarda araçların yapacağı manevra, yanaşma, yakıt tüketimi, yedek parça giderlerinin artması durumlarını göz önünde bulundurarak, kısa mesafe taşıma birim fiyatlarını uzun mesafe taşıma birim fiyatlarından daha yüksek tutmuştur. 10 kilometre sınırı Karayolları Genel Müdürlüğü’nün yaptırdığı işlerden ve analizleri sonucu ortaya çıkmış pratik bir değerdir.

Hırvat Teknik Şartnamesi yazımında da, KTŞ’e benzer şekilde, araç giderlerinin kısa mesafelerde uzun mesafelere oranla artması, Yugoslavya döneminde yaptırılan işlerdeki ortalama taşıma mesafelerinin 5 kilometre mertebelerinde kalması nedenlerinden ötürü yükleniciye yapılacak ödeme sınırını pratik bir değer olarak 5 kilometre olarak belirlenmiştir.

Her iki şartnamede benzer şekilde, ariyet ocağı taşımalarında taşıma mesafesinin kütleler diyagramından hesap edilmeyip idare tarafından belirlenen yolun mesafesinin ölçümü sonucunda tespit edileceği belirtilmiştir.

Tez çalışmasında kazı işleri ve taşımalardan sonra incelenen bir diğer konu şartnamelerin dolguların yapımı açısından incelenmesidir.

KTŞ ve HTŞ’deki dolgu malzemelerinin sağlaması gereken koşulların karşılaştırması Çizelge 4.22’de verilmiştir. Tabloya göre KTŞ su muhtevası daha yüksek zeminlerin dolguda kullanılmasına imkan tanımaktadır. Malzemeler en fazla KTŞ’ye göre %3, HTŞ’ye göre %4 oranında şişme göstermelidir. Fazla şişme gözlenen durumlarda malzemelerin kullanılabilirliği ek araştırma raporuna göre belirlenir.



**Çizelge 4.22:** KTŞ ve HTŞ dolgu malzemesi karşılaştırması.

| Deney                                             | KTŞ                       | HTŞ                       |
|---------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Likit Limit (LL),%                                | < 60                      | < 65                      |
| Plastisite İndeksi (PI),%                         | ≤ 35                      | ≤ 30                      |
| Maksimum kuru birim ağırlık<br>(Standard Proctor) | ≥ 1.45 tn/ m <sup>3</sup> | ≥ 1.50 tn/ m <sup>3</sup> |

KTŞ ve HTŞ’de, dolguların üstyapı tabanında kullanılacak malzemelerin sağlaması gereken koşullar Çizelge 4.23’de karşılaştırılmıştır. Tabloya göre HTŞ’de dolguların yapımında kullanılacak zeminlerin özellikleri, KTŞ’ye göre dolguda kullanılabilecek zeminlerin özelliklerine göre daha iyidir.

**Çizelge 4.23:** KTŞ ve HTŞ dolgu tabanı malzemesi karşılaştırması.

| Deney                         | KTŞ  | HTŞ  |
|-------------------------------|------|------|
| 0.075 mm’den geçen, %         | < 50 | -    |
| Likit Limit (LL),%            | < 40 | < 40 |
| Plastisite İndeksi (PI),%     | < 15 | < 20 |
| Yaş (CBR) Esnek Üstyapılar, % | > 10 | > 15 |
| Uniformluk Katsayısı          | -    | > 9  |
| Plaka Yükleme Testi (Mpa)     | -    | ≥ 30 |
| Standart Proctor (%)          | 100  | 100  |

Yapım sırasında kullanılan malzemeyi ve oluşturulan tabakaları kontrol etmek amacıyla, her iki şartnamede de belirli aralıklarla yapılması gereken deneyler sıralanmıştır. Bu deneyler ve sayıları Çizelge 4.24’de karşılaştırılmıştır. Çizelgeler incelendiğinde, KTŞ ve HTŞ’de kalite kontrol sıklıklarının aynı olduğu görülmüştür. KTŞ’ye göre yapılacak dolguların sıkışma kontrolünde daha fazla sayıda deney yapılması gerekmektedir.

Çizelge 4.23 dolguların taşıma gücü açısından incelendiğinde, HTŞ'ne göre inşa edilecek dolguların taşıma gücünün, KTŞ'ne göre teşkil edilecek dolguların taşıma gücünden fazla olacağı görülmektedir. Eş trafik yükleri altında, KTŞ'e göre inşa edilecek dolguların üstyapı tabakası kalınlığı, HTŞ'e göre inşa edilecek dolguların üstyapı tabakası kalınlığından daha fazla olacaktır. Bu nedenle, KTŞ'e göre inşa edilecek dolguların yapım süresi uzun, ekonomik olarak maliyeti de daha fazla olacaktır.

**Çizelge 4.24:** KTŞ ve HTŞ kalite kontrol deney sıklıkları karşılaştırması.

| Deney                                                          | KTŞ                                                                               | HTŞ                                                                               |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Likit Limit-Plastik Limit<br>TS 1900, AASHTO T-89-90           | Her 1000 m <sup>3</sup> 'de ve her farklı dolgu malzemesinde bir deney            | Her 1000 m <sup>3</sup> 'de ve her farklı dolgu malzemesinde bir deney            |
| Doğal Su İçeriği, TS 1900                                      | Her 1000 m <sup>3</sup> 'de ve her farklı dolgu malzemesinde bir deney            | Her 1000 m <sup>3</sup> 'de ve her farklı dolgu malzemesinde bir deney            |
| Kuru Birim Ağırlık-Su İçeriği İlişkisi<br>TS 1900, AASHTO T-99 | Her farklı malzeme sınıfı için bir deney.<br>Her 1000 m <sup>2</sup> de bir deney | Her farklı malzeme sınıfı için bir deney.<br>Her 1000 m <sup>2</sup> de bir deney |
| Yaş CBR %, TS 1900, AASHTO T-193                               | Her farklı malzeme sınıfı için bir deney                                          | Her farklı malzeme sınıfı için bir deney                                          |
| Kum Konisi Metodu, AASHTO T-191                                | Her Tabakada 1000 m <sup>2</sup> ' de bir deney                                   | -                                                                                 |
| Kasnak Metodu, AASHTO T-181                                    | Her Tabakada 1000 m <sup>2</sup> ' de bir deney                                   | -                                                                                 |
| Nükleer Metod, AASHTO T-238, 239                               | Her Tabakada 1000 m <sup>2</sup> ' de bir deney                                   | -                                                                                 |
| Plaka Yükleme Deneyi                                           | -                                                                                 | Her 1000 m <sup>2</sup> de bir deney                                              |



## 6. SONUÇLAR

Karayolları Teknik Şartnamesi ile Hırvat Teknik Şartnamesi'nin yol altyapısı açısından karşılaştırılması sonucu elde edilenler aşağıda açıklanmıştır:

- Kazıdan çıkan malzemeler KTŞ'de 4, HTŞ'de 3 grup halinde sınıflandırılmıştır. Her iki şartnamede, yükleniciye yapılacak ödemelerin bu sınıflandırmalar üzerinden gerçekleştirileceği belirtilmiştir. Bu durum, teknik şartname olarak KTŞ kullanılan işlerde, yükleniciye ödenecek paranın daha detaylı biçimde irdelenmesini ve kontrolünü mümkün kılmaktadır.
- Patlatmalı kazı yapılması gereken durumlarda, kazıdan çıkan malzeme her iki şartnamede de benzer tanımlarla değerlendirilmiştir. Patlatma tekniği olarak önçatlatma metodunun uygulanması tavsiye edilmiştir. KTŞ'de önçatlatma işlemi detaylı biçimde, sağlaması gereken koşullar belirtilerek açıklanmıştır. Ön çatlatma işleminin yapılması gereken durumlar, delik çapları, delikler arasındaki mesafe, sapma sınırları, patlayıcı tipi ve limitleri, üretim deliklerinin yapım metodları ayrıntılı olarak açıklanmıştır. HTŞ'de patlatma ile kazı yapılması bölümü incelendiğinde, ön çatlatma metodunun önemi, yapım esnasında güvenlik tedbirlerinin alınması gerektiği ve kontrol mühendisi tarafından uygun görülen metodların uygulanabilir olduğu gibi genel noktalar belirtilmiştir. KTŞ'deki kadar bu işleme ait tanımlar, yöntemler ve kısıtlamalar bulunmamaktadır.
- KTŞ ve HTŞ, güvenli çalışma ortamının sağlanmasından, çalışmalar esnasında oluşabilecek bütün imalat hataları ve bunlara ilişkin harcamalardan, bozulan taşıma yolları, atık malzemelerin çevre etkilerine uygun biçimde taşınıp depo edilmesinden yükleniciyi sorumlu tutmaktadır.
- KTŞ'de tesviye işlerinde taşımalarda ödemeye esas taşıma mesafesi, malzemenin yerindeki ağırlık merkezi ile taşımadan sonra bununla inşa edilecek kısmın ağırlık merkezleri arasındaki yatay mesafedir. HTŞ'de ise böyle bir hesap yöntemi bulunmamakta, taşıma mesafeleri 5 km'ye kadar

olan taşımalar ve 5 km'den fazla olan taşımalar olarak gruplandırılmaktadır. Her iki şartnamede benzer şekilde, ariyet ocağı taşımalarında taşıma mesafesinin kütleler diyagramından hesap edilmeyip idare tarafından belirlenen yolun mesafesinin ölçülmesi sonucunda tespit edileceği belirtilmiştir.

- KTŞ ile HTŞ, dolgu malzemesinin sağlaması gereken özellikler açısından karşılaştırıldığında, KTŞ'nin malzeme seçimi konusunda daha esnek olduğu ortaya çıkmaktadır. KTŞ likit limiti ve plastisite indisi daha yüksek, kuru birim hacim ağırlığı daha düşük malzemelerin kullanımına imkan tanımaktadır. Her iki şartnamede de dolgularda kullanılabilecek maksimum dane çapı 50 cm olarak açıklanmıştır.
- KTŞ'de üstyapıların taban zeminin oluşturan dolguların teşkilinde, plastisite indisi  $<40$ , likit limit  $<15$ ,  $CBR > \%10$  olan zeminler kullanılabilir. HTŞ'de ise aynı plastisite indisi ve likit limit aralığında,  $CBR > \%15$  koşulu aranmaktadır. HTŞ'de dolguların yapımında ek olarak plaka yükleme testi ile, zeminin en az 30 Mpa taşıma gücü dayanımını sağlaması gerektiği belirtilmiştir. Bu gereksinimler incelendiğinde, HTŞ'nin dolguların yapımında KTŞ'ye kıyasla taşıma gücü daha yüksek dolguların yapımını istediği görülmektedir. Bir başka deyişle, KTŞ'ye göre yapılan işlerde teşkil edilebilen dolgular, HTŞ'e göre inşa edilemezler.
- Taşıma gücü daha yüksek dolguların yapımı üstyapı kalınlığına azaltmakta, dolayısıyla maliyet yönünden avantaj sağlamaktadır.
- KTŞ'de sıkıştırma kriteri, tesviye yüzeyindeki ilk 80 cm'de Standard Proctor  $\%100$ , tesviye yüzeyi 80 cm altındaki dolgu tabakalarında Standard Proctor  $\%95$  sıkıştırma sonucu olarak belirlenmiştir. HTŞ'de ise, yüksekliği 2 metreden fazla olan dolgularda, tesviye yüzeyinden 2 metre aşağıya kadar Standard Proctor değeri  $\%100$ , 2 metreden aşağıdaki dolgu tabakaları için  $\%95$  sıkışma sonucu istenmektedir. HTŞ'ye göre, ayrıca tesviye yüzeyinden 2 metre aşağıya kadar 25 Mpa taşıma gücüne sahip olması gerekmektedir. Her iki şartnamedeki dolguların sıkıştırma gereksinimleri mühendislik açısından değerlendirildiğinde, HTŞ ile teşkil edilecek dolguların taşıma gücünün daha yüksek olacağı görülmektedir.

- KTŞ ile teşkil edilen dolgular daha az sıkışma yüzdesi gerektirdiğinden, zaman içinde tekrarlanan trafik yükleri etkileriyle, % 5 sıkışmamış zemin içeriği sonradan sıkışabilir, düzensiz oturmalara ve sürüş konforunu etkileyen yüzey bozulmalarına yol açabilir. Sonradan gerçekleşecek bu sıkışmanın bir diğer olumsuz yanı ise, yol bakım maliyetlerini artırması noktasında ekonomik olarak dezavantaj yönüyle çıkmaktadır.
- Şartnamelerde malzemelerin ve dolgularda yapılacak testlerin sıklıkları karşılaştırıldığında, her iki şartnamede de aynı yüzey alanlarında ve kübajlarda test alınması zorunluluğu bulunmaktadır.
- Şartname genelinde KTŞ’de, kontrol deneylerini AASHTO standartlarına referans verilerek eş Türk standartları ile belirtilmiştir. HTŞ’de ise Hırvat standartlarına referans verilmektedir. Geotekstil seçiminde her iki şartnamede de EN standartları kullanılmıştır.

Teknik şartnamelerin incelenmesi ve uygulanması bir projenin teklif aşamasından, uygulama ve tamamlanma aşamasına kadar büyük önem taşımaktadır. Şartnamelerin istediği limitlere göre malzeme, ekipman, işçilik gereksinimleri değişmektedir. Şartnamelerin incelenmesi, bir projenin teklif aşamasından tamamlanma aşamasına kadar büyük önem taşımaktadır. İnşaat malzemelerinin yakın yerlerden temini ve şartname esaslarına göre tasarımda yapılabilecek değişikliklerin öngörümü projelerin maliyetleriyle doğrudan ilişkilidir.

Maliyeti oluşturan şartlar içerisinde, test, denetleme ve işin kesin kabulü aşamaları, yapım teknikleri ve yüklenicinin yapmakla yükümlü olduğu işlerin detayları da teknik şartnamelerde incelenmelidir.

Bu ve benzeri sebeplerden, işin ihale sürecinden başlayarak teknik şartnamelerin gereksinimleri araştırılmalı, eksik görülen noktalar için önceden risk planlaması yapılmalıdır.





## KAYNAKLAR

- [1] **Karayolları Genel Müdürlüğü.** (2000). *Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi*, Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- [2] **Ulaştırma Ana Planı Stratejisi.** (2003-2005). İ.T.Ü. Ulaştırma UYG-AR Merkezi.İstanbul.
- [3] **Özelleştirme İdaresi Başkanlığı.** (2011). *Otoyollar ve Köprülerin Özelleştirilmesi Ön Tanıtım Dokümanı*, (Online) [http://www.oib.gov.tr/2011/dosyalar/otoyollar\\_tanitim\\_Ocak\\_2011.pdf](http://www.oib.gov.tr/2011/dosyalar/otoyollar_tanitim_Ocak_2011.pdf), alındığı tarih 18.05.2013.
- [4] **Croatian Bureau of Statistics.** (2012). Statical Yearbook of the Republic of Croatia, Sf. 355, Zagreb.
- [5] **Dündar, G.** (1998). Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [6] **Küpçü, E.** (1994). Esnek Üstyapıların Projelendirilmesinde AASHO 1972 ve AASHO 1986 Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [7] **Avcı, S.** (2006). Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinden ASSHTO 2002 ile ASSHTO 1993 Yönteminin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [8] **Evren, G.** (1994). Toprak İşleri, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [9] **Aksoy, İ., Özüdoğru, K., Tan, O.** (2001). Çözümlü Problemlerle Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [10] **Özaydın, K.** (2008). Zemin Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [11] **McCarthy, D.** (2006). Essentials of Soil Mechanics and Foundations: Basic Geotechnics 7 th Edition, Pretince Hall.
- [12] **AASHTO.** (1978). Standart Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 12<sup>th</sup> Ed., Washington D.C.
- [13] **Karayolları Genel Müdürlüğü.** (2006). Karayolları Teknik Şartnamesi, Ankara.
- [14] **Yağcı, B.** (2010). Balıkesir Üniversitesi İnşaat Mühendisliğine Giriş Ders Notları, Balıkesir.
- [15] **Wright, P.** (2003). Highway Engineering 6<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill.
- [16] **Umar, F., Yayla, N.** (1997). Yol İnşaatı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [17] **Celep, Z.** (2009). Betonarme Yapılar, İhlas Matbaacılık, İstanbul.
- [18] **Atkinson, G.** (1995). Construction Quality and Quality Standards: the European "Perspective, Chapman and Hall, London.

- [19] **CSI.** (1995). Construction Documents Fundamentals and Formats Module, Manual of Practice. Alexandria, Va.
- [20] **Dede, B.** (2004). İnşaat Teknik Şartnameleri ve Türkiye-ABD Teknik Şartname Sistemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [21] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı.** (2000). Genel Teknik Şartname, Sayı 23, Ankara.
- [22] **General Technical Requirements.** (2001). Institut Građevinarstva Hrvatske, Zagreb.
- [23] **Karayolları Genel Müdürlüğü.** (2012). 2012 Yılı Yol, Köprü, Tünel, Bitümlü Kaplamalar, Bakım ve Trafik İşlerine Ait Birim Fiyat Listesi, Ankara.
- [24] **Kanıt, R.** (2002). Temel İnşaatı, Gazi Kitabevi, Sf. 250, Ankara.
- [25] **Yıldırım, S.** (2002). Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı, Birsan Yayınevi, Sf. 466, İstanbul.
- [26] **Uzuner, B. A.** (1988). Plaka Yükleme Deneyi Üzerine, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Ankara.

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad, Soyad:** Onur ŞAHİNKAYA

**Doğum Yeri:** Ankara

**Doğum Tarihi:** 20 Temmuz 1988

**Adres:** Çengelköy, İstanbul

**Lisans Eğitimi:** İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği - 2011