

İnşaat Mühendisliğinde Yeraltı Yapıları ve Tünelcilik Eğitimi

Ebru AKIŞ

Dr., Atılım Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kızıcaşar Mahallesi İncek 06836
Ankara, 0.312.5868779, ebru.akis@atilim.edu.tr.

Tülin SOLAK

Dr., Temelsu Uluslararası Mühendislik Hizmetleri A.Ş., Yıldızevler 721. Sokak No:6 Çankaya
06550 Ankara, 0.312.4424720, tulin.solak@temelsu.com.tr.

Özet

Bu bildiride, seçilen üniversitelerin ve enstitülerin yeraltı yapıları ve tüneller ile ilgili lisans ve lisansüstü seviyelerdeki eğitim programları incelenmiştir. Türkiye’den seçilen üniversitelerdeki inşaat mühendisliği programlarında tünelcilikle ilgili olarak alınan zorunlu dersler: inşaat mühendisleri için jeoloji, zemin mekaniği, temel tasarımı dersleri olup, tünelcilik ve yeraltı yapıları tasarımına yönelik olarak lisans eğitiminde sınırlı sayıda ve kapsamda ders alınabilmektedir. Teknik seçmeli ders olarak tünel dersi açılmakta olup ders kapsamında genel özellikler, tünellerin önemi, tünel açma yöntemleri, tasarım yöntemleri, farklı ortamlarda yer alan tünellerle ilgili genel bilgi verilmektedir. Bazı üniversitelerde lisans eğitiminde ve/veya yüksek lisans eğitimi sırasında kaya mekaniği ve mühendislik jeolojisi dersleri inşaat mühendisliği bölümünden ya da diğer bölümlerden alınabilmektedir. Konu ile ilgili yurtdışı eğitim programlarından alınan örnekler verilerek, Türkiye’de inşaat mühendisliği eğitimi için lisans dersleri ve yüksek lisans programları için yaklaşım ve tavsiyeler verilmektedir.

Anahtar Sözcükler: yeraltı yapıları ve tünelcilik, eğitim

Giriş

Ülkemizdeki yeraltı yapıları ve tünelcilik konusundaki çalışma alanlarını enerji ve su yapıları, ulaştırma, madencilik ve altyapı olarak gruplandırabiliriz. Ulaştırma alanında, topoğrafik koşullar, jeolojik yapı, güzergâhta kaçınılmak istenen heyelan, yüksek yarma vb. durumlarla karşılaşılması, iklim şartları ve standardı yüksek yolların yapımına duyulan ihtiyaç nedenleriyle tünel inşaatlarında çok hızlı bir artış görülmektedir. Enerji sektörü, madencilik ve diğer sektörlerde ülkemiz yüksek bir potansiyele sahiptir. Yeraltı alanlarının kullanımı sadece tünellerle sınırlı kalmayıp çok farklı alanlarda da yeraltı yapıları tercih edilmektedir. Çevrenin korunması, yerüstündeki alanların daha efektif olarak kullanılması ve sosyal faydalar, yeraltı yapıları ve tünellerin tercih edilme nedenleri olarak sıralanabilir. Yeraltı yapıları ve tünelcilik sektöründe, gerek projelendirmesinde gerekse yapım ve işletme aşamalarında uzman mühendis ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Yeraltı yapıları ve tünellerin planlanması, tasarımı, yapımı, işletmesi ve bakımı süreçlerinde inşaat mühendisleri, jeoloji mühendisleri, maden mühendisleri, makine mühendisleri, elektrik mühendisleri gibi birçok farklı disiplin bir arada çalışmaktadır. İnşaat mühendisleri, özellikle tünellerin etüt ve proje aşamasından başlayarak, gerek şehiriçi tünellerde

ve metrolarda, gerekse şehirlerarası tünellerde, portal şevlerinin ve portal yapılarının tasarlanması, portal yapılarının ve tünellerin diğer yapılara etkisi, tünel tasarımı, tünel yapımı sırasında zemin iyileştirilmesi gibi birçok konuda yoğun olarak görev almaktadırlar. Bu durum dikkate alındığında yeraltı yapıları ve tüneller konusundaki eğitimin, inşaat mühendisliği eğitimindeki yerinin değerlendirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu bildiride, Türkiye'deki seçilen üniversitelerin ve enstitülerin yeraltı yapıları ve inşaat mühendisliği programları ve tüneller ile ilgili lisans ve lisansüstü seviyelerdeki eğitim programlarıyla konu ile ilgili yurt dışı eğitim programları örnekleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerden yola çıkarak ülkemizde inşaat mühendisliği bölümlerinde tüneller ve yeraltı yapıları konusundaki eğitimin geliştirilmesi ile ilgili öneriler sıralanmıştır.

YeraltıYapıları ve Tüneller Konusunda Lisans Eğitimi

Webometrics 2015 Türkiye [1] sıralamaları dikkate alınarak Türkiye'deki 10 devlet ve 10 vakıf üniversitesinin inşaat mühendisliği lisans programları değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Yukarıda belirtilen Türk üniversitelerinin inşaat mühendisliği lisans programları incelendiğinde geoteknik dalıyla ilgili olarak verilen zorunlu ve seçmeli dersler Tablo 2 ve 3'de verilmektedir. Üniversitelerde zemin mekaniği, mühendislik jeolojisi ve temel mühendisliği çoğunlukla zorunlu ders olarak verilmektedir. Zemin mekaniği-2 ve temel tasarımı, geoteknik arazi çalışmaları ve değerlendirmeleri, zemin iyileştirme, zemin dinamiği, dayanma yapıları ve derin kazılar, geoteknik mühendisliğinde bilgisayar uygulamaları, kaya mekaniği ilkeleri, tüneller, tünel inşaatı ve tasarımı dersleri ise teknik seçmeli ders olarak verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada lisans programları incelenen üniversiteler

Türkiye'deki Devlet Üniversiteleri	Türkiye'deki Vakıf Üniversiteleri
İstanbul Üniversitesi	Yeditepe Üniversitesi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Fatih Üniversitesi
Ege Üniversitesi	Atılım Üniversitesi
İstanbul Teknik Üniversitesi	Çankaya Üniversitesi
Hacettepe Üniversitesi	İstanbul Bilgi Üniversitesi
Boğaziçi Üniversitesi	İzmir Ekonomi Üniversitesi
Gazi Üniversitesi	Özyeğin Üniversitesi
Anadolu Üniversitesi	Işık Üniversitesi
Selçuk Üniversitesi	İstanbul Kültür Üniversitesi
Pamukkale Üniversitesi	Maltepe Üniversitesi

Lisans seviyesinde alınan jeoloji, mühendislik jeolojisi ve yer bilimleri derslerinin içerikleri üniversiteler arasında farklılık göstermektedir. Bazı üniversitelerimizde ders içeriğinde yer küre, levha hareketleri, jeolojik çalışmalarda kullanılan teknikler, tektonizmayı yaratan faktörler, mühendislik jeolojisinin inşaat mühendisliği uygulamaları gibi konulara ağırlık verilirken; bazı üniversitelerimizde bu konulara ek olarak inşaat mühendisliği konularının yer kabuğu ortamıyla ilişkisi detaylandırmakta, malzeme seçimi gibi konulara değinilmekte ve kayaçların mühendislik özellikleri de ders konularına dâhil edilmektedir.

Üniversitelerimiz lisans programlarında zemin mekaniği, temel tasarımı dersleri zorunlu olarak verilmekte olup, konu ile ilgilenen öğrenciler için ileri ve özel konularda seçmeli dersler almalarına olanak tanınmaktadır. Ayrıca, temellerin tasarımında zemin ve kaya mühendislik parametrelerinin davranışını etkilediği dikkate alınacak olursa bazı üniversitelerimizde mühendislik jeolojisi ve/veya jeoloji derslerinde kaya mekaniğine giriş yapıldığı böylece kaya davranışı ile ilgili başlangıç seviyesinde bilgi verildiği ancak bazı üniversitelerimizde ise kaya mekaniği dersini seçmeli ders olarak verildiği görülmektedir. Değerlendirilen üniversitelerimizde tünelcilik konusu ile ilgili olarak verilen dersler: tünel tasarımı ve yapımı, tüneller, tüneller ve altyapı tesisleri, demiryolu ve metro tünelleri, yer altı yapıları, tünel inşaatı ve tünel mühendisliğidir. Tünelcilik ile ilgili verilen derslerin içerikleri üniversitelere göre tablo 4’de verilmektedir.

Yukarıda yeralan değerlendirmeler incelenen üniversitelerin eğitim programlarına dayanmaktadır. Webometrics 2015 Türkiye sıralamalarında seçilen aralık dışında yer alan bazı üniversitelerin inşaat mühendisliği bölümlerinde kaya mekaniği ve tünelcilik konusunda eğitim verilmektedir.

Tablo 2. İncelenen devlet üniversitelerinde lisans eğitiminde geoteknikdalıyla ilgili verilen dersler*

	İstanbul Üniversitesi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Ege Üniversitesi	İstanbul Teknik	Hacettepe Üniversitesi	Boğaziçi Üniversitesi	Gazi Üniversitesi	Anadolu	Selçuk	Pamukkale Üniversitesi
Zorunlu Dersler	Zemin Mekaniği 1 (INMU 2077)	İnşaat		İnşaat Jeolojisi (INS 251E)	İnşaat Mühendisliği için Jeoloji (İMÜ 231)	Yer Bilimleri (CE 331)	İnşaat	Zemin		İnşaat
	Zemin Mekaniği 2 (INMU 3117)	Zemin Mekaniği (CE 363)	Zemin Mekaniği 1	Zemin Mekaniği 1 (INS 331E)	Zemin Mekaniği 1 (İMÜ 331)	Zemin Mekaniği 1 (CE 332)	Zemin Mekaniği 1 (İM 361E)	Temel	Zemin Mekaniği 1	Zemin Mekaniği (CIVE 321)
	Temel	Temel	Zemin Mekaniği 2	Temel İnşaatı 1 (INS 332E)	Zemin Mekaniği Lab. (İMÜ 333)	Zemin Mekaniği Lab (CE 334)	Zemin Mekaniği 2 (İM 364E)		Zemin Mekaniği 2	Temel İnşaatı (CIVE 324)
			Temel	Toprak İşleri ve	Temel Mühendisliği 1 (İMÜ 332)	Temel	Temel		Temel İnşaatı	
Seçmeli Dersler	İleri Zemin Mekaniği (INMU 3089)	Temel	Temel	Zemin Mekaniği 2 (INS 419E)	Zemin Mekaniği 2 (İMÜ431)		Temel		Tünel	Zemin İyileştirme Yöntemleri (CIVE 425)
	Geoteknik	Geoteknik	Zemin İyileştirme	Temel İnşaatı 2 (INS 468)	Geoteknik Tasarım (İMÜ 438)		Kaya Mekaniği İlkeleri (İM 455)	Zemin	Zemin	Zemin Dinamiği ve Geoteknik Deprem
	Mühendislik Jeolojisi (INMU 2115)	Zemin	Çevre	Tünel Tasarımı ve Yapımı (INS 436E)	Temel Mühendisliği 2 (İMÜ 433)		Özel Konu	Temel	Zemin Dinamiği Esasları	Zemin Mekaniği Proje (CIVE 478)
	DeneySEL Zemin Mekaniği (INMU 3078)	Zemin İyileştirme (CE 464)	Geoteknik Tasarım	Tünel İnşaatı (INS 443)	Geoteknik Deprem Mühendisliği (İMÜ 432)				Temel Tasarımı	Özel Temeller (CIVE 424)
	Toprak İşleri ve Demiryolu	Toprak Yapılar (CE 465)						Zemin	Derin Temeller ve Derin Kazılar	Toprak İşleri (CIVE 426)
		Zemin		Çevre						
		Demiryolu ve Metro Tünelleri (CE 439)								
		Temel						Zemin		
		Geoteknik Tasarım (CE 468)						Çevre		
								Temel		

*01.03.2015-09.07.2015 tarihleri arasında üniversitelerin websitesinden alınmıştır.

Tablo 3.İncelenen vakıf üniversitelerinde lisans eğitiminde geoteknikdalı ile ilgili verilen dersler*

	Yeditepe	Fatih	Atılım	Çankaya	İstanbul Bilgi	İzmir Ekonomi	Özyeğin	Işık	İstanbul Kültür	Maltepe
Zorunlu Dersler	Zemin Mekaniği (CE 341)		Jeoloji ve Ölçme Bilgisi (CE 309)		Zemin Mekaniği (CE 303)	Zemin Mekaniği (CIVE 303)	Zemin	Jeoloji (CE 231)		Zemin
	Temel	Zemin	Zemin Mekaniği (CE 311)	Geoteknik			Temel İnşaatı (CE 306)	Zemin	Zemin	Temel
		Temel	Temel	Temel				Temel İnşaatı (CE 332)		
								Toprak İşleri (CE 239)		
Seçmeli Dersler	Derin Temeller (CE 485)	Zemin	Tünel	Zemin İyileştirme	Temel		Jeodezi ve		Zemin	
	Toprak İşleri ve İstinat Yapıları (CE 474)		Kaya Mekaniği (CE 417)						Temel	Çevre
		Toprak İşleri (IM 428)							Yeraltı Yapıları (CE 0206)	

*01.03.2015-09.07.2015 tarihleri arasında üniversitelerin websitesinden alınmıştır.

Tablo 4.İncelenen üniversitelerde tünelcilik ile ilgili verilen dersler*

Üniversite	Ders	İçerik
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Demiryolu ve Metro Tünelleri (CE 439)	Demiryolu ve metro tünellerinin tarihi, enkesit ve boykesitleri, basınç teorileri, segman tasarımı sayısal örneği, yapım aşamasında kullanılan teknikler, metro tüneli karakteristikleri ve planlaması, metro istasyonları, havalandırma, önemli örnekler, NATM yöntemi ve maliyet hesabı.
İstanbul Teknik Üniversitesi	Tünel İnşaatı (INS 443)	Tünel mühendisliğine giriş, gabari ve eğimler, saha etütleri, tünel stabilizasyonu ve boykesit, yöntemler, zemin/kaya tünelleri, sorunlu zeminli tünelleri, aç-kapa tüneller, tünel delme makineleri, Yeni Avusturya Yöntemi ve genel özellikleri, Derinsu tüp tünelleri, tünel havalandırması, mikro tüneller, tünellerin servis, işletme ve bakım.
İstanbul Teknik Üniversitesi	Tünel Tasarımı ve Yapımı (INS 436E)	Tünelciliğe giriş, jeolojik araştırmalar, jeolojik koşulların tünel inşaatı ve dizaynındaki etkileri, kaya ortamlarda delgi ve patlatma, kaya ortamlarda roadheader ve tünel delgi makinelerinin kullanımı, elverişsiz zemin koşulları, zemin iyileştirmeleri, tünelcilikte riskler, tünel desteklemeleri ve dizaynı.
Gazi Üniversitesi	Kaya Mekaniği İlkeleri (İM 455)	Mühendislik jeolojisi tekrarı, kaya mekaniğinin prensipleri, kayaçlarda süreksizlik, ayrışma, kayaçların mekanik özellikleri, arazi ve laboratuvar deneyleri, kaya maddesi sınıflama sistemleri, kaya yenilme kriterleri, destek sistemleri, yeraltı açıklıkları.
Fatih Üniversitesi	Tüneller ve Altyapı Tesisleri (İM 421)	Tünelciliğe giriş, tünelcilikte jeolojik koşullar, tünelcilik yöntemleri, tünelcilikte zemin iyileştirmesi, zorlu zemin koşulları, tünel tasarım ve desteklemesi, tünelcilikte sayısal analiz yöntemlerinin uygulanması.
Atılım Üniversitesi	Kaya Mekaniği İlkeleri(CE 417)	Kaya mekaniğine giriş, gerilme ve birim deformasyon analizi, kaya özellikleri, kayaların kırılması ve kırılma kriterleri, arazi gerilmeleri, yeraltı boşlukları civarındaki gerilmeler, kaya sınıflandırma sistemleri ve tahkimat tasarımı .
Atılım Üniversitesi	Tünel	Tünelciliğe giriş, jeolojik safha, tünelcilik yöntemleri, zemin iyileştirme, tünel açıklığı civarında oluşan gerilme ve deplasmanlar, tünellerin tasarımı ve tahkimatı, tünelcilikte sayısal analiz yöntemlerinin uygulanması.
İstanbul Kültür Üniversitesi	Yeraltı Yapıları (CE 0206)	Tünelciliğe giriş, tünelcilikte jeolojik ve geoteknik araştırmalar, farklı jeolojik ortamların tünel açımına etkisi, yumuşak zeminde tünel açımı, kaya ortamda del-patlat yöntemiyle tünel açımı, kaya ortamda kollu galeri açma makinesi (roadheader) ve tam cephe (TBM) makinesiyle tünel açımı, tünelcilikte olumsuz zemin koşulları, tünelcilikte ortam iyileştirmeleri, tünellerde destek sistemi elemanları, geçici, primer (birincil) ve sekonder (ikincil) destek elemanları. tünellerde destek sistemi tasarımı, yeraltı açıklıklarında oluşan gerilme ve şekil değiştirmeler, Yeni Avusturya Tünelcilik Yöntemi (NATM).

*01.03.2015-09.07.2015 tarihleri arasında üniversitelerin websitesinden alınmıştır.

UluslararasıTünelcilik Birliği (ITA)Eğitim Çalışma Grubu tarafından “Tünelcilikte Üniversite Eğitimi” çalışması yapılmıştır. Sözkonusu çalışma sırasında 45 ITA üye ülkesine anket gönderilmiş ve 17 üye ülkeden gelen sonuçlar değerlendirilmiş ve yayınlanmıştır [2,3]. 17 anketin 14’ü üniversiteler tarafından cevaplandırıldığı belirtilmekte oluptünelcilik eğitiminin Kaya Mekaniği ve Ulaşım Altyapısı dersleri ile genellikle İnşaat Mühendisliği öğrencilerine verildiği ifade edilmektedir. Derslerin içeriğinin büyük ölçüde destek elemanlarının tasarımını kapsamakta olduğu, sınırlı olarak mekazinetünelcilik anlatıldığı, 3 yıllık ve 5 yıllık eğitimlerde genellikle son dönemlerde verildiği, tünelcilik ve yeraltı yapıları ile ilgili yüksek lisans eğitiminde az sayıda dersin olduğu belirtilmektedir.

Lisans seviyesinde tünelcilik konusunda verilen eğitimin yapısı ve içeriğine örnek olarak Avusturya Graz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü değerlendirilebilir [4]. 6 Dönemlik 180 kredilik lisans eğitiminde seçilen 2 alanda zorunlu derslerin alınması ve proje çalışması yapılması gereklidir. Bu alanlardan biri olarak seçilebilen Geoteknik alanında 10 kredilik ve haftalık 9 saatlik ders bloğu Zemin Mekaniği ve Temel Yapıları, Kaya Mekaniği ve Tünelcilik, Uygulamalı Jeoloji Enstitüleri tarafından verilmektedir. Tünelcilik alanı ile do-laylı veya direk olarak ilgili olan derslerde kaya ve kaya kütlesi ile ilgili temel bilgiler, kaya kütlesi ve tünel yapısı etkileşimi dikkate alınarak tünel tasarımı ve tünel yapımı ile ilgili konular işlenmektedir. Proje kapsamında analitik ve sayısal yöntemlerle tünel davranışının değerlendirilmesi ve laboratuvarında kaya mekaniği deneyleri ve model deneylerle tünelcilik alanındaki konularda çalışma yürütülmesi amaçlanmaktadır.

Yeraltı Yapıları veTünelcilik Konusunda Yüksek Lisans Eğitimi

Ülkemizde İnşaat Mühendisliği Bölümlerinde yüksek lisans eğitimi sırasında tünelcilik ile ilgili olarak Tablo 2, 3, 4 ve5’de verilen derslerden alınabilmektedir. Ayrıca Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümlerinin konu ile ilgili verdiği dersler takip edilebilmektedir. İnşaat Mühendisliği bölümlerinde tünelcilik konusu ile ilgili yüksek lisans tezi çalışması yaptırılmaktadır.

Tablo 5. İncelenen üniversitelerde inşaat mühendisliği bölümlerinde kaya mekaniği ve tünelcilik ile ilgili yüksek lisans seviyesinde verilen dersler*

Üniversiteler	Dersler
Ege Üniversitesi	Kaya Mekaniği (9103045432002)
İstanbul Teknik Üniversitesi	Yeraltı Yapılarının Tasarımı (ZMG506)
Gazi Üniversitesi	Kaya Mekaniği (5301308)
Selçuk Üniversitesi	Derin Kazılar ve Yeraltı Yapıları(Y.L)
Fatih Üniversitesi	Tünel Mühendisliği (CIVE514, İNŞ614)
Atılım Üniversitesi	Kaya Mekaniği (CE517) Tünelcilik (CE522)
İstanbul Kültür Üniversitesi	Kaya Mekaniği (İMYG2007) Yeraltı Yapıları (İMYG 0010)

*01.03.2015-09.07.2015 tarihleri arasında üniversitelerin websitesinden alınmıştır.

Tünelcilik ve Yeraltı Yapıları isimli Yüksek Lisans Programı Türkiye’de tek olarak Atılım Üniversitesi’nde Fen Bilimleri Enstitüsü’nün altında tezsiz olarak verilmektedir. İki yıllık olan bu programda yirmidört kredi sekiz zorunlu ders, altı kredi iki seçmeli ders ve kredisiz bitirme projesi derslerinin alınması gerekmektedir.

Programda açılan zorunlu dersler:

- Ön Çalışmalar ve Tasarım,
- Yeraltı Yapıları İçin Uygulamalı Sayısal Yöntemler,
- Zemin Mekaniği ve Yeraltı Zemin Karakterizasyonu
- Tünel İnşaatında Proje Yönetimi ve Kontrolü
- Tünel ve Yeraltı Yapıları Yapım Yöntemleri,
- Yapısal Jeoloji Prensipleri,
- Yeraltı Yapıları İçin Uygulamalı Kaya Mekaniği,
- Tünelcilik ve Yeraltı Yapılarında İş Sağlığı ve Güvenliği

Uluslararası Tünelcilik ve Yeraltı Yapıları Birliği (ITA) de tünelcilik eğitime çok önem vermekte olup bilgi ve tecrübe paylaşımını sağlamak için ITA-CET (Committee on Education and Training) Komitesi aracılığıyla çalışmalarını sürdürmektedir. Komite tünelcilik konusunda çeşitli alanlarda kısa kursların düzenlenmesi için destek olmakta ve ayrıca Tablo 6’da ismi verilen Tünelcilik Programlarını resmi olarak desteklemektedir. Ayrıca Tünelcilik konusunda dünyanın öncü ülkelerinden Avusturya’da, Graz Üniversitesi tarafından NATM-Engineer Sertifika ve Yüksek Lisans Programı açılmaktadır.

Avusturya TU Graz Üniversitesi tarafından düzenlenen NATM (Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu) Mühendisi isimli program; araştırma ve zemin karakterizasyonu, geoteknik tasarım ve tünel yerleşimi, risk analizi, şantiye organizasyonu, yapım sözleşmeleri ve proje yönetimi, enstrümantasyon, izleme, veri değerlendirmesi, konvansiyonel ve mekanik kazı teknikleri, zemin iyileştirme derslerinden oluşmaktadır. Programa dört yarıyıl devam ederek “Akademik NATM Mühendisi” sertifikası veya altı yarıyıl devam ederek ve tez yazarak “Yüksek Mühendis” ünvanı alınabilmektedir [7].

Öneriler ve Sonuç

Ülkemizde inşaat mühendisliği lisans programları zorunlu ve seçmeli dersleri incelendiğinde tünelcilik eğitime yönelik olarak zorunlu alınan derslerde bazı üniversitelerde mühendislik jeolojisi derslerinde kaya mekaniği konusunda giriş yapıldığı konuların genellikle genel jeoloji ağırlıklı olarak işlendiği görülmektedir. Zemin mekaniği ve temel mühendisliği dersleri ağırlıklı olarak zemin ortamlar dikkate alınarak işlenmektedir. Ancak seçmeli olarak alınabilecek kaya mekaniği ve tünelcilik / tünel mühendisliği dersleri ile tünelcilik ile ilgili eğitim verilebilmektedir. Mühendislik jeolojisi ve zemin mekaniği derslerinde sınırlı da olsa kaya mekaniğinin temel kavramlarından ve kaya kütle davranışından bahsedilmesi, temel mühendisliği derslerinde kaya ortamlardaki tasarımının giriş seviyesinde verilmesinin ve seçmeli derslerde kaya mekaniği, tünelcilik giriş ve tünel mühendisliği konularının detaylandırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yeraltı yapıları ve tünelcilik konusunda yüksek lisans programlarının geliştirilmesi bu alanda yetkin inşaat mühendislerinin sektöre kazandırılmasını sağlayacaktır.

Tablo 6. ITA-CET komitesi tarafından desteklenen yüksek lisans programları [2,5,6]

Yüksek Lisans Programının Adı	Üniversite / Organizasyon
Tünel yüksek lisans programı • 1.modül (3 ay), hazırlık çalışmaları • 2. ve 3. modül (4 ay), jeolojik araştırmalar ve zemin karakterizasyonu, kaya ve zemin mekaniği, kazı metodları, destekleme tasarımı sayısal yöntemler, yapım, vakalar, özel konular, proje • 4. modül (2ay), tünelcilik firmasında çalışma veya yüksek lisans tezi	İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü (Swiss Federal Institute of Technology) Lozan / İsviçre
Tünelcilik ve Tünel Açma Makinaları Yüksek Lisans Programı Konular: Tünelcilik, kalkanlar, ileri çalışmalar, yenilikçi kazı araçları, şantiye yönetimi, metro, demiryolu ve yol tünelleri, mikrotünelcilik	Politecnico / İtalya
Tünelcilik ve Yeraltı Yapıları Yüksek Lisans Programı (1 yıl) Konular: İletişim ve liderlik, proje yönetimi, tünelcilikte sonlu elemanlar, jeolojik araştırmalar ve zemin karakterizasyonu, güvenlik ve çevre konuları, proje, kaya mekaniği, tünel tasarımı, yeraltı yapım yöntemleri	Warwick Üniversitesi / Birleşik Krallık
Tünelcilik ve Yeraltı Yapıları Yüksek Lisans Programı	INSA / ENTPE Lyon/ Fransa
Tüneller ve Yeraltı Yapıları Yüksek Lisans Programı (10 ay)	İspanya Yeraltı İşleri Birliği (AETOS), İnşaat Mühendisleri Birliği (CICCP) ve İspanya Açık Üniversitesi (UNED)

Kaynaklar

- [1] <http://www.webometrics.info/en/Asia/Turkey> Erişim 03.07.2015.
- [2] <http://www.ita-aites.org> Erişim 03.07.2015.
- [3] Peila, D., 2000. University Education in Tunnelling. ITA Eğitim Çalışma Grubu Raporu.
- [4] Solak T., 2009. Yeraltı Yapıları ve Tünelcilik Konusunda Eğitim. 3. Geoteknik Sempozyum, 2009, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- [5] <http://lmr.epfl.ch/mas> Erişim 04.07.2015.
- [6] <http://www.insa-lyon.fr/en/node/6145> Erişim 04.07.2015.
- [7] <http://www.natm.at/index.php?id=136> Erişim 04.07.2015.

