

ABD'DE İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİ

Emin Aktan

EĞİTİM VE UYGULAMA ALTYAPISI

ABD'de İnşaat Mühendisliği eğitimi ile ilgili herhangi bir irdeleme için İnşaat Mühendisliği Eğitim ve Uygulama'sının bir "altyapı" olduğunu ve diğer tüm altyapılar gibi birbirine dolaşmış insan-doğa-mühendislik (multi-domain) sistemi olarak işlediğini anlamamız gerekir. Eğitimin bir altyapı olduğu bazı mühendislere ve öğretim üyelerine şaşırtıcı gelebilir, ama 2009 yılında berrak olarak anlıyoruz ki, **etkili/başarılı işlemesi toplum için önemli olan her insan-doğa-mühendislik sistemini bir altyapı sistemi olarak görebilmek ve irdelemek gerekir**. Benzer altyapılar: Ulaşım, Su, Elektrik, Sağlık, Finans, Gıda, vb...

İnşaat Mühendisliği denilince ilgili disiplinler ülkeden ülkeye ve üniversiteye göre değişmektedir. ASCE'YE göre içerilen disiplinler: (1) Mimar-Mühendis (Architectural Engineering); (2) Kıyı, Liman, Okyanus ve Nehir Mühendisliği (Coasta, Oceans, Ports and Rivers); (3) Yapım Mühendisliği (Construction); (4) Mekanik (Engineering Mechanics); (5) Çevre ve Su Kaynakları (Environmental and Water Resources); (6) Zemin Mühendisliği (Geo-Institute); (7) Yapı Mühendisliği (Structural Engineering) ve (8) Ulaşım Mühendisliği (Transportation ve Development) olarak düşünülmektedir (<http://www.asce.org/instfound/>). Bunlara ek olarak, mimarlık, şehir ve çevre planlaması, ulaşım planlaması, altyapı planlaması ve işletmesi, uygulamalı sistem analizi (Operations Research) disiplinlerinin de bugün inşaat mühendisliği ile çok yakın ilişkileri olduğu ve inşaat mühendislerinin bu disiplinleri yakından izlemeleri gerektiği yadsınamaz bir gerçektir. Bunlara ek olarak siyasal bilimler, ekonomi ve işletme mühendisliği disiplinlerinin de bugünün inşaat mühendisliği ile yakından ilişkili olduklarını görmemeye imkân yoktur.

Altyapıların "insan" sistemleri (toplum, devlet, kurum, organizasyon ve kişi) altyapısının beklendiği gibi çalışması için genellikle diğer sistemlerden çok daha önemlidir. Gene de, "doğa" ve "mühendislik" sistemleri de "insan" sistemlerinin beklendiği gibi davranmaları ve işlemeleri için son derece gerekli ve önemlidir. Bu tür çok-disiplinli "multi-domain" sistemlerin gerek mühendisliği gerekse işletmeciliği "koordinasyonlu çok-disiplinli yaklaşım" gerektirmektedir. İlginçtir ki inşaat mühendislerinin koordinasyon görevini yapmak için en kuvvetli aday olduğu ABD'de kabul edilmektedir ve bu inşaat mühendisliğinin önemini bir anda arttırmıştır. ABD'de inşaat mühendisliği eğitimi ve uygulaması ile ilişkili en önemli "İnsan" sistemleri aşağıda sıralanmaktadır.

ABD'de İnşaat Mühendisliği Derecesi veren Üniversite ve Yüksek Okullar (2008'de 207 Program) ve bunlara ilişkin veriler: <http://www.asee.org/publications/profiles/upload/2008ProfileEng.pdf>

ABD’de İnşaat Mühendisliği Eğitimine etkisi olan kurumlar:

1. Carnegie Foundation <http://www.carnegiefoundation.org/>
2. ASCE (www.asce.org) ve (<http://www.asce.org/professional/educ/>)
3. ASEE (<http://www.asee.org/>)
4. ABET (<http://www.abet.org/>)
5. NAE (<http://www.nae.edu/>) ve <http://www.nae.edu/Programs/CASEE.aspx>
6. NSF (<http://www.nsf.gov/>) ve (<http://www.nsf.gov/div/index.jsp?div=EEC>)
7. TRB (<http://144.171.11.107/Main/Public/Home.aspx>)

İnşaat Mühendisliği Uygulamalarını Etkileyenler:

8. ICC Uluslararası Yapı Yönetmeliği Konseyi (<http://www.iccsafe.org/>)
9. AASHTO (<http://www.transportation.org/>)
10. USDOT (<http://www.dot.gov/new/index.htm>) ve (<http://www.dot.gov/DOtagencies.htm>) ve (<http://www.fhwa.dot.gov/>)
11. NIST (<http://www.nist.gov/index.html>) ve (<http://www.bfml.nist.gov/>)
12. EPA <http://www.epa.gov/>
13. Eyalet ve daha küçük düzeylerdeki Devlet Birimleri; örneğin: (<http://www.pa.gov/portal/server.pt/community/government/3014>) ve <http://www.dot.state.pa.us/> ve <http://roadsandbridges.montcopa.org/roadsandbridges/site/default.asp>
14. Belediyeler; örneğin: <http://www.phila.gov/> ve <http://www.phila.gov/water/index.html> ve <http://www.phila.gov/streets/index.html>
15. Müteahhitler – <http://enr.construction.com/Default.asp> ve <http://enr.construction.com/toplists/default.asp>
16. Danışman ve Tasarımcılar - <http://enr.construction.com/toplists/DesignFirms/001-100.asp>

MÜHENDİSLİK/İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE REFORM

Yukarı mühendislik eğitime katkısı ve ilişkisi olan kurumlar (İnsan Sistemleri) sıralanırken, bunların ABD bütününde “yaptırımsal” değil de “öğütsel” kurumlar olduğunu vurgulamak gerekmektedir. Türkiye’de olduğu gibi YÖK veya benzeri bir kurum ABD’de yoktur. Üniversite ve yüksekokullardaki inşaat mühendisliği eğitimi şekilleneyen etkenler üniversal, ülke-çapında, bölgesel (eyalet veya şehir-metropolitan alan çapında) olarak sınıflanır. Bunlar içinde NAE ve bir ölçüde de NSF tüm mühendisliği bir bütün olarak gören ve inşaat mühendisliği disiplininin diğer mühendislik disiplinlerinden farkını irdeleyecek kadar yakına gelmemeyi tercih eden kurumlar olarak düşünmek mümkündür.

GENEL ÜNİVERSİTE EĞİTİMİNDE ETKİN OLAN YAYINLAR/ÇALIŞMALAR

Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching Başkanı E. Boyer’in katkısı olan uc dev eser:

1. The Boyer Commission Report: (<http://naples.cc.sunysb.edu/Pres/boyer.nsf/>) (1998)

2. Boyer: Scholarship Reconsidered - PRIORITIES OF THE PROFESSORiate (1990) (<https://depts.washington.edu/gs630/Spring/Boyer.pdf>)
3. Boyer: From Scholarship Reconsidered to Scholarship Assessed (1996) (See: <http://edrev.asu.edu/reviews/rev15.htm> for excerpts and review)

GENEL MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDE ETKİN OLAN YAYINLAR/ÇALIŞMALAR

1. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century, National Academy Press (2004) http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10999
2. Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century, National Academy Press (2005) http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11338
3. The Offshoring of Engineering: facts, Unknowns, and Potential Implications, , National Academy Press (2008) http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12067
4. Developing Metrics for Assessing Engineering Instruction: What Gets Measured is What Gets Improved, National Academy Press (2009) http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12636
5. Frontiers of Engineering: Reports on Leading-Edge Engineering from the 2008 Symposium, National Academy Press http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12523
6. National Academy of Engineering: Center for the Advancement of Scholarship on Engineering Education (CASE) <http://www.nae.edu/Programs/CASEE/Projects12300/EntryPortals/Facultydevelopment.aspx>
7. Grand Challenges for Engineering <http://www.nae.edu/Programs/CASEE/Projects12300/EntryPortals/Facultydevelopment.aspx>
Purdue, Virginia Tech and Cincinnati Üniversitelerinde son yıllarda kurulan Department veya School of Engineering Education Programları. Bu programlar'ın amacı engineering education ile ilgili generic çalışmalar yaparak "scholarship of education" kavramını ilerletmek olarak belirlenmiştir.
8. University of British Columbia'da kurulan Carl Wieman Science Education Initiative <http://www.3.ubcbeta.com/carlwieman/index.htm> ve <http://www.cwsei.ubc.ca/> Mühendislik Eğitimi için de son derece önemli bulgular geliştirmiştir.
9. NSF Engineering Education and Centers tarafından Mühendislik Eğitimi ve İnşaat Mühendisliği Eğitimi araştırmaları için destek verilen araştırma projeleri aşağıdaki web sitesinden öğrenilebilir: <http://www.nsf.gov/awardsearch/progSearch.do?SearchType=progSearch&page=2&QueryText=&ProgOrganization=EEC&ProgOfficer=&ProgEleCode=&BooleanElement=false&ProgRefCode=&BooleanRef=false&ProgProgram=&ProgFoaCode=&RestrictActive=on&Search=Search#results>

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNE YÖNELİK ETKİN ÇALIŞMALAR

1. İnşaat Mühendisliği eğitiminde reform kavramı 1995 yılında Profesör James Yao'nun öncülüğünde önemli bir akıma dönüştü. Prof. Yao'nun çalışmaları Lohman web-site'da <http://lohman.tamu.edu/> muhafaza edilmektedir. Bu site'de ayrıca ABD'nin inşaat mühendisliğinde etkin diğer kurumların site'lerine bağlantılar yapılmaktadır.
2. 1995 ASCE Civil Engineering Education Conference (CEEC '95) <http://www.asce.org/community/educational/ceecrpt.cfm>. Bu toplantı'da ortaya konulan görüşler ASCE'nin daha sonraki eğitim çalışmalarının temelini oluşturdu.
3. Bordogna, J. (1998) "Tomorrow's Civil Systems Engineer-The Master Integrator," ASCE Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, April, pp. 48-50.
4. A New Millennium Colloquium on the Future of Civil and Environmental Engineering <http://web.mit.edu/civenv/www/colloquium.html> (March 19 to 21, 2000). MIT Department of Civil and Environmental Engineering hosted a New Millennium Colloquium of Civil and Environmental Engineering. Önemli sunular arasında: Dr. G. Wayne Clough, P.E., President, Georgia Institute of Technology: "Civil Engineering in the Next Millenium" ; ve Ronald Sack, Rafael L. Bras, David E. Daniel, Chris Hendrickson, Karl A. Smith and Herb Levitan: "Reinventing Civil Engineering Education"; ve James T.P. Yao and Jose M. Roesset: "On Faculty Reward Systems" özellikle okunmasında yarar olan son derece önemli bildirilerdir.
5. ASCE Profesyonel Uygulamacıların Eğitimi ile ilgili web-sitesini oluşturdu <http://www.asce.org/professional/educ/> . Bu sitede 1990'dan bu yana ASCE bünyesi içinde eğitim için yapılan tüm çalışmaların kayıtlarını ve sonuçlarını bulmak mümkün. Örneğin: Civil Engineering Body of Knowledge for the 21st Century (2nd Edition -- 2008) bu siteden alınabilir.
6. ASCE Vision 2025 konusunda 2006 yılında bir çalıştay yaparak 2025 yılında inşaat mühendislerinin toplumun gereksinimlerine nasıl katkıda bulunacağını tartıştı. Bu çalışmanın raporunu web sitesinde bulmak mümkün: <http://content.asce.org/vision2025/index.html>
7. NSF 2007 yılında **"Frontier Research Directions in Civil and Environmental Engineering"** konulu bir Workshop'i destekledi. Oldukça önemli görüşleri içeren bu Workshop'ta eğitim için yol gösterici sunular verildi http://www.ce.gatech.edu/frontier_research/
8. **ABET** <http://www.abet.org/forms.shtml> ve **Abet Criteria for Accrediting Engineering Programs** <http://www.abet.org/Linked%20Documents-UPDATE/Criteria%20and%20PP/E001%2009-10%20EAC%20Criteria%2012-01-08.pdf> ABET İnşaat Mühendisliği Eğitiminde özellikle etkin bir organizasyondur. İnşaat Mühendisliğinde kriter olarak aradığı koşullar web sitesindedir.

MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDE REFORM GEREKÇELERİ

İnşaat Mühendisliği eğitiminde reform konusu ASCE ve diğer kurumlarca 10 yıldan fazla bir süredir tartışılırken, reform son derece az eğitim kurumunda ivedilikle ele alınıp uygulanmaya başlamıştır. Bunun birinci nedeni ABET dışında üniversite programlarını denetleyen (o da ancak üniversite gönüllü olursa ve masraflarını öderse) bir kurum olmamasıdır. ABET ise son derece düşük bir standardı öngördüğü için reforma etkisi olmamaktadır. US News ve World Report gibi resmi olmayan sıralamalar yaygın olsa da, NAE üniversite programlarının “resmi kalite sıralamaları” için daha yeni öneriler oluşturmaktadır. Üniversitelerin eğitim kalite ve etkinliklerini tarafsız, bilimsel ve resmen irdeleyen ve sıralayan bir kurum veya yaptırım olmadığı için üniversiteler reform için büyük bir ivedilik içinde değildir.

Hemen önemle üzerinde durmak gerekir ki bilgisayar, elektrik, makine, kimya ve biomedical mühendisliği gibi ABD’nin bugünkü ekonomisinde önemi olan endüstrilere insangücünü yetiştiren disiplinler, eğitimlerinde reformu çoktan başlatmışlardır. Bugün elektronik, uzay/uçak, enerji, ağır-makine, cip, robotik, ilaç ve kimya endüstrileri üniversitelerin ötesinde araştırma yaptıkları ve finans gücüne sahip oldukları için kendi endüstrileri ile ilgili üniversite eğitimini etkin olarak şekillendirebilmektedirler. Böylece, bu disiplinlerde eğitim reformu endüstrinin liderliğinde ivedilikle gelişebilmektedir.

Yukarıda sıralanan genel mühendislik eğitimi için yapılan çalışmaları sentezlersek genel mühendislik eğitiminde reformu gerektiren koşulları şöyle sıralayabiliriz:

- ÖĞRENİCİ:** Bugünün ve yarının öğrencileri (mikro-bilgisayarların/İnternet’in yayılmasından sonra doğan çocuklar) eskiye göre çok değişik bir genel yapı gösteriyorlar. Kariyerlerine hemen başlamak ve gerekli becerileri hemen kazanmak istedikleri gibi öğrenme yöntemleri de çok değişik. Deneyle ve belli bir silsile takip etmeden gereken bilgi ve uygulama yeteneklerini öğrenmek istiyorlar. Klasik mühendislik yerine yeni konulara dalmak istiyorlar ve mühendislik eğitimi yapsalar da çoğu finans, tıp, hukuk gibi alanlarda çalışmak istiyorlar. Önümüzdeki yıllarda mühendislik eğitime gelen yetenekli öğrencinin önemli bir kısmının alışılmış mühendislik kariyerine girmeyeceği, bu eğitimi basamak olarak kullanacağı bekleniyor.
- ÖĞRETİCİ:** Öğretim üyeleri ve öğretim yöntemleri de öğrencilere paralel olarak hızla değişiyor. Bugün artık mühendisliğin uygulamalı bilim değil daha çok yaratıcı sanat olduğu kavramı yerleşiyor. Mühendisin görevi DIZAYN yani SOMUT bir ÜRÜN YARATMAK ve toplumun yaratılan ürünlerle ilgili sorunlarına ÇÖZÜM BULMAK. Öbür taraftan bilim adamının görevi dünyanın nasıl oluştuğunu anlamak, fakat bir ürün yaratmak değil. Bu durumda, öğretim üyelerinin sanatlarında usta uygulayıcılar olmaları gerekiyor. Piyano çalmayı bilmeden bunu nasıl öğretirsin? Ancak inşaat mühendisliği eğitimi ile görevli çok kişi gerçek inşaat mühendisliği uygulaması yapmamış, yapanlarla da ilişki kurmamış oluyor.
- ÖĞRETİM:** Öğretim teknolojisi ve biliminde de önemli değişimler oluyor. Artık pasif öğrenme yerine aktif ve grup çalışmasıyla öğrenme geçerli. Birçok konuyu belli bir sıra ile dershanede değil, her öğrencinin algılama yeteneğine göre ve bilgisayar network’i veya İnternet yolu ile sanal-eğitim kullanarak öğrenmesi yaygınlaşıyor. **Konuların artık ne olur ne olmaz belki gerekir**

diye üniversitede öğretilmesi yerine, mühendislikte bir konuyu uygulamada gerekli olduğu zaman anında öğrenmeyi ve kendi-kendine öğrenmeyi öğretmek önemli bir gerek olarak kabul ediliyor. 4 veya 5 yıllık öğrenim yerine omur-boyu öğrenim kavramı yerleşiyor. Buna ek olarak 21. Yüzyılda mühendislik eğitiminin 4-yıla sığdırılamayacağı üzerinde fikir birliği oluşmuş durumda.

4. **MÜHENDİSLİĞİN UYGULAMA GEREKSİNİMLERİ:** Dünyada insanların önemli bir kısmı şehirlere göçmüş/göçüyor ve son derece yoğun bir yaşam oluştu. Bu yoğunluğun getirdiği altyapı gerekleri ve çalışmaması durumundaki toplumsal riskler eskiye göre çok değişik. 2020’de dünya nüfus’u 8 Milyar, gelişen ülkelerde genç nüfus, gelişmiş ülkelerde ise yaşlı nüfus büyük çoğunlukta olacak. 2050’de dünya nüfusunun YARISI 18 yaşının altında olacak ve gelişmekte olan ülkelerde yaşayacak. Dünyanın her bir kösesi birbirine bugünkünden çok daha etkin bağlanacak ve de gitgide her köşe birbirine daha bağımlı olacak (GLOBALİZASYON). Mühendislerin çözümleri gereken sorunlar gitgide daha karmaşık ve çok-disiplinli oluyor. Bunun yanında teknoloji büyük bir hızla ilerliyor (Bio-Nano-teknolojileri, Enformasyon teknolojisi, Büyük ve Kompleks Sistemlerin entegrasyonu, vb). Mühendisin teknolojiyi yakından izlemesi, anlaması ve toplum sorunlarına çözüm için etkin kullanması becerilerini alması eğitimde önemli bir gereksinim oluyor.

Mühendislik, Hukuk ve Siyasal Bilimler gitgide birbirine karışıyor. Mühendislerin politikacılara ve yöneticilere kararlarında rehber olması, politikacıların ve yöneticilerin de verdikleri kararların mühendislik ve teknolojik etkilerini anlamaları gerekiyor. **Mühendislerin dünya kültürlerini tanıma ve anlamaları, takım olarak çalışmalarda değişik ülke mühendislerinin birbirleri ile yakından çalışmaları gerektiği** gerçeği.

Doğa ile Harmoni içinde yaşam (Sustainability) = Doğa-Ekonomi-Toplum Gereksinmelerinin sonsuza dek dengelenmesi olarak tanımlanabilir. **Geleceğin mühendisliği bu kavram’a bağlı olacak.**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİNDE REFORM GEREKÇELERİ

Yukarıda genel mühendislik eğitimi sorunu ve inşaat mühendisliği eğitimi sorunları üzerinde yapılan çalışmaları sıraladıktan sonra, inşaat mühendisliği eğitiminde çözüm bekleyen ve bu disiplinin diğer disiplinlerden ayrıcalıklarından kaynaklanan sorunların tartışmasına geçeceğiz. Yukarıda değinilen ve genel mühendislik eğitimi ile ilgili sorunların inşaat mühendisliği eğitimi için de geçerliliği ve önemi açıktır.

Toplumsal hızla değişen gereksinimlerini düşünürsek İnşaat Mühendisliği’ne düşen görevler özellikle zorlu ve hızla çözüm bekleyen gerekler. İnşaat Mühendisleri kritik altyapıların tümü veya birtakım elemanlarından sorunludur. Örneğin, karayolu ve demiryolu ulaşımı ve içme suyu altyapılarının hemen tüm birimleri inşaat mühendislerinin sorumluluğundadır. Enerji ve kommunikasyon gibi inşaat mühendisliği yapılarına (ENERJİ SANTRALLERİ, RAFİNERİLER, ELEKTRİK HATLARINI TAŞIYAN KULELER, BORU HATLARI, ANTEN DİREKLERİ, TÜM BİNALAR) gereksinimi olan tüm altyapıların da güvenli ve verimli çalışabilmesi inşaat mühendislerinin başarılı uygulamalarına bağlıdır.

Toplum için sorumlulukları bu kadar kritik olan inşaat mühendisleri, ne yazık ki eğitim reformunda oldukça geride kalan disiplinlerden biridir. Sayı ve kalite olarak bakıldığında, bugün ABD, Japonya ve Uzak Doğu'da inşaat mühendisi sayısı yeterli görülse de Avrupa Birliği önemli bir inşaat mühendisi eksikliği içindedir. Avrupa'nın birçok ülkesinde inşaat mühendisliği lisans eğitimi yazarın görüşüne göre Japonya ve ABD'ye göre ileridir. Buna rağmen, bugün toplumun gerçekten gereksinimi olan kalitedeki inşaat mühendisi nerede yetişiyor dersek, bunun ABD, Avrupa ve Japon'yanın sadece birkaç "elit" üniversitesinde olduğunu ve mezun olanların ~%10'unu geçmeyeceğini kabul etmemiz gerekir. Buna ek olarak bu en kaliteli mezunların önemli bir kısmı inşaat mühendisliğinde uygulama yerine başka alanlara kaymaya (hukuk, finans, sigorta, defans, vb) eğilim göstermektedir.

İnşaat Mühendisliğinin diğer mühendisliklerden bazı ayrıcalıkları, ve bu nedenle eğitim reformu gereksinimleri aşağıda sıralanmıştır:

1. İnşaat Mühendisliğinin ürünleri i.e. yapı sistemleri, tüm diğer mühendislik disiplinlerinin ürünlerine göre temelde ayrıcalıklar göstermektedir. Her bir yapı, ne kadar prefabrik elemanlarla yapılsa bile, jeoloji, zemin ve lokal topografya ve coğrafya özellikleri nedeni ile tektir (unique). Aynı zamanda inşa edilen, birbirine bitişik ikiz köprüler bile yaşamları boyunca çok değişik davranışlar ve performans gösterebilmektedir. İnşaat Mühendisliği ürünlerinin tüm diğer disiplinlerde olduğu gibi "fabrikasyon yaklaşımı" ile tasarlanması ve prototiplerinin yapılarak performans kontrolü için denenmesi olanaksızdır.
2. İnşaat Mühendisliğinin ürünlerinin gerçek mekanik özellikleri bilinmez, **bilinemez. Tüm mühendislik disiplinleri içinde oluşturduğu ürünün gerçek özelliklerini bilmeyen bir tek mühendis inşaat mühendisidir.** Aksi gibi, birçok inşaat mühendisi bu gerçeğin farkında bile değildir. İnşaat Mühendisliği ürünleri birbirini görmeyen ve bilmeyen birçok insanın ve birimin katkıları ile oluşur – özellikle yapımcının – ve ürünler normal bir insanın yaşam süresinin çok üzerinde bir yaşam süresi boyunca özellikleri gitgide değişerek işlev yapar.
3. Yukarıdaki gerçeklerin ışığında önemli bir sorun inşaat mühendisliği eğitimi ve uygulamalarında 1950'den buyana hızla artan bağlantısızlık ve kopukluktur (fragmentation). İnşaat Mühendisliği ürünü olan yapıların finans, ön taslak, planlama, çevre ve ekonomik fizibilite analizi, detaylı taslak önerileri ve taslak secimi, dizayn ve detaylandırma, ihale, yapım için dizayn, yapım, işletme, bakım, onarım ve bunlarla ilgili finans konuları birbirinden kopuk, çoğunlukla birbirinden habersiz gruplar ve birimlerce yapılır. Yapıların sorumluları ve sahipleri ve yapı kullanma şekilleri, 30-100 yıllık kullanma süresi boyunca birçok kez değişebilir. Dolayısı ile yapıların performansı ile ilgili sorumluluk alacak birini bulmak yapının teslim alınmasından sonra olası değildir. Örneğin 1940'ta açıldıktan 4 ay sonra rüzgâr etkisi ile göçen Tacoma Narrows köprüsünün dizaynından sorumlu olan Leon Moisseif köprü yıkıldıktan sonra suçlu bulunmamıştır. Manhattan'da 2001'de uçak çarpması ve yangın sonunda göçerek yıkılan ve binlerce kişinin ölümüne yol açan ve 1973'de işletmeye giren iki gökdelenin yapımlarından 30 yıl sonra ne mimar, ne mühendis, ne yapımcı ne de işleticilerinde bir sorumluluk bulunmamıştır. Buna karşın bugün otomobiller 10 yıl, bilgisayar'lar bile 3-yıl garanti ile gelmektedir. İnşaat Mühendisliği, ürettiği yapıların performansı için sorumluluk almayan nadir mesleklerden biridir.

4. İnşaat Mühendisliğinde özellikle malzeme ve yapım tekniklerinde son 10 yıldır gittikçe hızlanan bir değişim görüyoruz. Bu değişim eskiden beri güvendiğimiz ve 1950'lerden buyana oluşan deneyim ve birikimi yetersiz kılmaktadır. Yapıların gerçek özelliklerini bilmediğimiz – genellikle bilemeyeceğimiz için – inşaat mühendisliğinin geçmişinde başarılı yapıların gözlenmesi ve bunlardan örnek alınarak yapımcılık sınırlarının dikkatli ve kontrollü bir şekilde dışarıya itilmesi toplumun korunması için gereklidir. Hem yapım endüstrisinin hızla yeni ve daha ucuz yapı malzemeleri ve yapım yöntemleri araması, hem de yapı işleticilerinin işlettikleri yapının gerçek özelliklerini ve performans risklerini bilmemeleri yüzünden inşaat mühendisliği ürünleri diğer mühendislik disiplinlerinin ürünlerinden (otomobil, uçak, gemi, bilgisayar, cep telefonu, vb) çok geride kalmaktadır.
5. İnşaat Mühendisliğinin birçok ürünleri (köprüler, yollar, barajlar, limanlar, vb) genellikle politikanın etkisi altında kalmaktadır. Toplumun sahibi bu ürünlerin finansı, planlaması, yapımı ve işletmesi politik düşüncelerden ve politikacıların isteklerinden son derece etkilendiği için inşaat mühendislerinin görevleri de zorlaşmaktadır. 1999'lardan beri ABD'de altyapıların mühendisliği ve işletmeciliğinden politikanın etkisini ayırma çabalarına karşın, inşaat mühendisliği uygulamaları ile politika'nın bağlantıları bazen son derece açık, bazen e gizli olarak gitgide artmaktadır. Diğer mühendislik disiplinlerinde toplum alacağı ürünler arasında seçim yapabilse de inşaat mühendisliği ürünlerinde bu mümkün değildir.
6. İnşaat Mühendisliği yapılarının tasarım, yapım, işletme, bakı ve onarımında etkin olan "epistemik" bilinmeyenlerin nedenlerini anlamadan inşaat ve diğer mühendislik disiplinleri arasındaki ayrıcalıkları anlamak mümkün olmayacaktır:
 - a) **Ölçek:** Yapıların gerek geometri gerekse zaman boyutları diğer mühendislik disiplinlerinin ürünlerine göre çok daha büyük ölçektedir.
 - b) **Benzersiz:** Her yapı, zemin, site ve yapım koşulları (örneğin, beton dökülürken havanın nemi ve sıcaklığı) nedeniyle benzersizdir.
 - c) **Değişken:** Yapıların davranışı gerek geometrik gerekse malzeme yönünden dogrusak değildir. Buna ek olarak, yapıların davranışı çevre koşulları ile son derece etkilenmektedir, dolayısı ile zaman boyunca değişmektedir.
 - d) **Kendince dengelenen iç kuvvetler:** Yapım sırasında ve yapıların öz ağırlıkları nedeni ile önemli iç kuvvetler kilitlenir. Bu kuvvetler doğa koşulları nedeni ile devamlı değişirler. Yapıların güvenliği bu bilinmeyen iç kuvvetlerin dağılımı ile yakından ilgilidir ve bu kuvvetlerin bilinmesi imkânsızdır.
 - e) **Sinir ve süreklilik koşulları:** Yapıların sınır koşulları zemin ile yapı temelleri arasındaki etkileşimlere bağlı olup çevre koşulları ve zamana bağlı olarak önemli değişimler gösterir. Yapıların değişik sistemleri (duvar-çerçeve, birbirine dik çerçeveler, döşemeler ve duvarlar, döşemeler ve carceveler gibi) arasındaki etkileşimler süreklilik koşullarını etkiler ve değişikendir. Nihayet, yapıların değişik bölümleri arasına konulan ve bölümlerin birbirine göreceli olarak hareket edebilmesini sağlamak için konulan sistemlerin (deck joints, movement systems, flexible bearings, v.b.) uzun zaman içinde davranışlarını kestirmek mümkün değildir.

Yapıların modellenebilmesi ve davranışlarının anlaşılabilmesi için yukarıdaki bilinmeyenlere ek olarak her yapının özelliklerine gö ilave bilinmeyenler beklenmelidir. Bu konudaki bilgi eksikliğimizi ancak gerçek yapılar üzerinde tanımlama (system-identification of actual constructed systems) yaparak giderebiliriz. Çevre ve su kaynakları yapıları ile kıyı ve liman yapılarının davranışları, gerek zemin, gerek yapı ve gerekse akarsu hidrolik etkenleri ve etkileşimleri altında daha da karmaşıktır. Bu koşullar altında, inşaat mühendisliği ve özellikle yapı mühendisliği eğitimlerini dikkatle irdelemek, inşaat mühendisliğinin yalnızca bir bilim değil, bilimden de öte bir sanat olduğunu açıkça anlamak gereklidir.

ÖNERİLER

1. İnşaat Mühendisliği eğitiminde reform, gerek genel mühendislik eğitimini, gerekse özel olarak inşaat mühendisliği eğitimini etkileyen global ve yerel faktörleri gözönüne alarak planlamak gereklidir. Mühendislik yalnız uygulamalı bilim değil aynı zamanda bir sanattır ve bu özellikle inşaat mühendisliği için geçerlidir.
2. İnşaat Mühendisliğinde reformun diğer mühendislik disiplinleri gibi uygulamacılardan kaynaklanmasını beklemek gerçekçi değildir. Gerek yapımcılar, gerekse tasarımcılar ve devlette çalışan inşaat mühendisleri reformun içinde yer almalıdır, ancak, reformun basını deneyimli eğiticiler çekmelidir. 1930'larda öğretim üyelerinin önemli bir bölümü ama ile yakından ilgili olurken, bugün birçok öğretim üyesinin ofislerinin dışarıya çıkmama ve gerçek uygulamaya ilgi göstermediği de bir gerçektir. Dolayısı ile eğitim ve uygulamayı birlikte götürmüş ve uygulama gerçeklerini yakından izlemiş öğretim üyelerinin reforma katkısı son derece önemli olacaktır.
3. Reform için bilgisayar, fiziksel modellerin denendiği laboratuvar ve de gerçek yapıların gözlenmeleri bir araya getirilmeli ve birbirleri ile entegre edilmelidir. Artık tahtaya yazarak ders verip inşaat mühendisliği eğitimi yapmak geçerli değildir. Öğrenciye gerçek yapıların yapımını gözleterek, gerçek yapıların mekanik özelliklerini, performanslarını ve davranışlarını ölçüm ile göstererek, bunları modellemek ve epistemik bilinmeyenleri hesaba almak yeteneğini vermek gereklidir. Bunları, öğrencilerin öğrenme yaklaşımlarındaki gelişmeleri göze alarak ve pedagoji biliminden yararlanarak başarmak önemli olacaktır.
4. İnşaat Mühendisliği eğitimini 4 yıla sığdırmak olası değildir. İnşaat Mühendisi olmak isteyen her öğrenci de usta ve sanatkâr mühendis olmak yeteneğine sahip olmayacak, bu eğitimi alabileceği bir kurumda okuyamayacaktır. Gerek üniversitelerde, gerek işveren ve mühendislik odalarında, değişik düzey ve yetenekte mühendis olunabileceği, bunların farklı sorumluluklar alacakları ve değişik yeteneklerde olacakları benimsenmelidir.
5. İnşaat Mühendislerinin en yetenekli olanları altyapı mühendisliği ve altyapı işletmesi alanlarına kayabilmelidir. Bu mühendislerin yetişmesinde ilk yapılacak devrim, disiplinlerin arasındaki kopukluğu yok etmek ve mühendisin insan-doğa-mühendislik sistemlerinden oluşan altyapıların davranışını ve performansını anlamasını sağlamaktır. Bu mühendislerden beklediğimiz, altyapı sorunlarını anlamak, tanımlamak ve çözmek için çok-disiplinli ekip çalışmalarına liderlik etmek ve bunları yönlendirmektir.

6. Ülkedeki her bölgenin, her mühendislik eğitimi veren programın ve bu programa gelen öğrencilerin aynı olmasına olanak yoktur. Akılcı yaklaşım, ülkedeki programlara değişik konularda uzmanlaşma olanağı ve değişik tip ve yeteneklerde mühendis yetiştirmek olanağı verilmesidir.
7. Aşağıda 21. Yüzyıl inşaat mühendisleri için önerilen kavramsal bir program ve bu programın gerçekleştirmesi beklenen entegrasyonu gösteren iki şekil görülecektir.

BASIC SCIENCES

Math, Physics, Chem-Bio	Statistics, Probability <i>Risk, Uncertainty</i>	Mechanics of Solids and Fluids	<i>Discrete Math</i> <i>IT for Engineers</i>	Material Science Energy Science
----------------------------	---	-----------------------------------	---	------------------------------------

ENGINEERING ARTS

Multidisciplinary Team Skills and Problem Solving	<i>Physical/Numerical Experiments</i>	Construction Materials, Processes and Logistics	Multidisciplinary Engineering Design For Sustainability
Constructed Systems	Natural Systems Soil, Water, Air	Lifecycle Management	<i>Applied Systems Analysis and Design in Specialization Area</i>

SOCIAL SCIENCES

Humanities	Ethics	Communication	Psychology	Economics	Decision-Making
------------	--------	---------------	------------	-----------	-----------------

MANAGEMENT ARTS

Attitudes/Leadership	Public Policy and Law	Organization Theory	Management	Globalization
----------------------	-----------------------	---------------------	------------	---------------

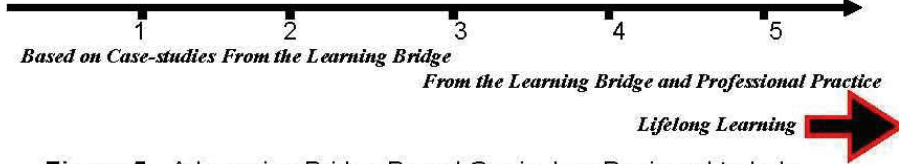


Figure 5 - A Learning Bridge Based Curriculum Designed to help Illustrate and Conceptualize the Concepts Identified by BOK-2

