

Üniversiteden Liseye Uzanan Köprü: Bir Nanobilim Atölye Çalışması

Berra Sagun-Gököz ve Sevil Akaygün

Özet

Nanobilim Atölye Çalışması (NAÇ) lise öğrencilerinin günümüzde giderek önem kazanan nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki okuryazarlık ve farkındalıklarını arttırmak amacıyla lise kimya programı, alanyazında yer alan çalışmalar ve bir sosyobilimsel konu olan nanoteknolojinin etik boyutu göz önünde bulundurularak tasarlanmış bir etkinliktir. Nanobilim Atölye Çalışması, öğrencilerin gözlem yapma, veri toplama, analiz, sentez ve değerlendirme yapmalarına olanak tanıyan grup çalışmaları, tartışma ve sunular içerecek şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca her grup masalarında bulunan öğretmen adayı bir lider tarafından bilgi yapılandırma sürecinde desteklenmiştir. Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Fizik Laboratuvarı'nda bir tam gün olarak gerçekleştirilmiş olan NAÇ'ın içerdiği 7 ayrı etkinlik 9-12. sınıf kimya programına uyumlu olması nedeniyle tek tek ya da bir arada kimya derslerinde uygulanabilir olma özelliği taşımaktadır.

Anahtar sözcükler: Nanobilim, nanoteknoloji, atölye çalışması, nanobilim okuryazarlığı, nanobilim farkındalığı.

Giriş

Kullandığımız güneş koruyucusu nanotanecek içeriyor mu? Piyasada olan antibakteriyel buzdolabı, kirlenmez kumaş, su tutmayan boya gibi uygulamalardan hiç yararlandınız mı? Veya kanser tedavisinde kullanılan ilaçları kan akışı ile tümöre taşıyan nano boyuttaki kapsülleri hiç duydunuz mu? Peki, bütün bu nanoteknolojik ürün ve uygulamaların risk ve faydalarını değerlendirebilir misiniz? Sizce ülkelerin nanoteknoloji araştırmalarına ayrılmış bütçeleri, bu araştırma ve uygulamaları düzenleyen yönergeleri ve uzun vadeli politikaları olmalı mı? Aslında tüm bu sorular içinde bulunduğumuz çağda her bireyin sahip olması beklenen nanobilim ve nanoteknoloji okuryazarlığı ve farkındalığının temelini oluşturuyor. Bu okuryazarlık ve farkındalık ise ancak temel ortaokul ve lise eğitimi sırasında kazandırılabilir.

Nanobilim metrenin bir milyarda biri olan nano boyutta maddenin farklılaşan fiziksel ve kimyasal özelliklerini anlamayı sağlayan bilim; nanoteknoloji ise nano boyutta yeni yapılar tasarlayarak ya da yapıları yeni özellikler kazandırarak çeşitli alanlarda kullanmayı hedefleyen teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki çalışma ve araştırmalar tüm dünyada her geçen gün hız kazanmakta ve uygulamalar günlük yaşamın içerisinde yer almaktadır.

Berna Sagun-Gököz, Özel ENKA Eğitim Kurumları, İstanbul, berrasgn@gmail.com

Yrd. Doç Dr. Sevil Akaygün, Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, İstanbul, sevil.akaygun@boun.edu.tr

Amerikan Ulusal Bilim Kurumu (National Science Foundation, NSF) için hazırlan bir raporda 2015 yılında tüm dünyada nanobilim ve nanoteknoloji bilgisine sahip yaklaşık 2 milyon kişinin farklı meslek alanlarında çalışacağı öngörülmüştür (Roco, 2003). Bunun yansıması olarak pek çok ülke nanobilim eğitimine önem vermeye ve bu konuda uygulamalara yönelik planlamalar yapmaya başlamışlardır. Nanobilim ve nanoteknoloji okuryazarlığının artırılması ve bu alanda yer alacak potansiyel işgücü için eğitim programları birçok ülkede geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri'nde Ulusal Nanoölçekte Bilim ve Mühendislik Öğrenme ve Öğretme Merkezi (National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering, NCLT), Nanoölçekte Okuldışı Fen Eğitimi (Nanoscale Informal Science Education, NISE) gibi kuruluşlar tarafından öğretim programı geliştirme, atölye çalışmaları, yaz okulları, okul dışı müze sergi ve çokluortam gösterileri gibi birçok program düzenlenmiştir.

Amerikan Ulusal Bilim Kurumu (National Science Foundation, NSF) nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin lise düzeyinde başlaması gerektiği fikrinden hareketle bu hedefe yönelik olarak şekillendirilmiş 'Nanosense', 'Big ideas in Nanoscience', 'Nanoleap' ve 'National Nanotechnology Infrastructure Network' gibi bazı projelere destek vermiştir. Bu projelerde önerilen program, materyal ve laboratuvar çalışmaları ve aktiviteler ülke genelinde lise ve üniversite düzeyinde uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca Nanoed Resource Portal da nanobilim eğitiminde kullanılmak üzere hazırlanmış materyal, video, simülasyon, araştırma ve haberleri içeren, hem öğrenci, hem öğretmen hem de araştırmacıların yararlanabileceği bir internet portalı olarak dikkate değer niteliktedir.

Benzer yaklaşımlar Avrupa'da da gözlenmiş, Avrupa Birliği Komisyonu'nun 2004 yılında yayınladığı Nanoteknoloji Stratejileri raporunda 'nanobilim ve nanoteknoloji konularında bilimsel araştırmalara yönelik ilgi, farkındalık ve değerlerinin anlaşılması için, lise ve üniversite düzeyinde nanoteknolojide disiplinler arası yaklaşımlara olanak veren yeni ders, program, öğretmen eğitimi ve öğretim materyali tanımlama ve uygulamalarının desteklenmesi' vurgulanmıştır. Bunun üzerine bu amaca yönelik hazırlanmış olan 'Time for nano', 'Nanototouch', ve 'Nanoyou' gibi bazı programlar Avrupa Birliği tarafından desteklenmiştir. Bu projelerden bazılarında Türkiye de aktif olarak yer almış ve proje dahilinde pek çok öğrenciye nanobilim eğitimi verilmiştir.

Türkiye'de de nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi uygulanmış olan birkaç Avrupa Birliği destekli proje (NanoYou, Time for Nano) ve birkaç gönüllü uygulama (Ak 2009, Akaygun, 2010, Sagun-Gököz, 2012) ile sınırlı kalmış; daha kapsamlı ve bütüncül uygulamalar oluşturulmamıştır. Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin sadece gönüllü ve kısıtlı sayıdaki uygulamalar ile sınırlı kalmasındansa Türkiye genelinde örgün eğitimin içerisinde yer alması nanobilim okuryazarlığı ve farkındalığının oluşturulmasında önem taşımaktadır.

Öğretim programlarını yeniden yapılandırma çalışmaları ile 2007'de hazırlanmış olan lise kimya programları ile güçlü bir bilim ve teknoloji eğitimi

verilmesinin amaçlanmış olduğu söylenebilir. Buna rağmen nanobilim ve nanoteknoloji konuları, kimya ve diğer disiplinler ile ilişkileri ve güncel hayat uygulama örneklerine yer verilmemiştir. 2013’de hazırlanmış olan programda ise nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili konuların ancak lise 12. sınıf kimya programı kapsamında yer almamakta ve bu alanda yapılmakta olan araştırma ve uygulamalar duyulan bilgilerin ötesine gidememektedir. Oysa bilim okuryazarlığının artırılması için lise öğrencilerinin daha erken yaşta, konu hakkında bilgi, beceri, okuryazarlık ve farkındalık kazanmalarının gereği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji konusunda bilgi ve farkındalık kazanmalarına, bilimsel kavram ve süreçleri daha iyi anlamalarına, kimyanın temel prensiplerinin bu bağlamda nasıl işlediğini fark edip günlük hayat ile ilişkilendirmelerine, merak ve ilgi ile olaylara yaklaşmalarına, araştırma ve sorgulamanın önemini kavramalarına, bilim ve teknoloji alanında meslek seçimlerinde bilinçli ve toplumda duyarlı birer birey olmalarına yardımcı olmak amacıyla düzenlenmiş olan ‘Nanobilim/Nanoteknoloji Atölye Çalışması’nın (NAÇ) oluşturulması ve mevcut lise kimya programına öğretmenler tarafından nasıl adapte edilebileceği tartışılmaktadır. NAÇ’ın bir bütün ya da bölünerek uygulanması ile toplumda şu anda eksikliği hissedilen nanobilim/nanoteknoloji okuryazarlığı ve farkındalığı kazanımının ilk temelleri atılmış olacak ve eğer projeden elde edilecek sonuçlar hedefleri karşılar doğrultuda olursa toplumun bu konuda bilinçlenmesi amacıyla daha büyük kapsamda oluşumlara neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, atölye çalışmasına katılmış olan öğrencilerin yalnızca kendilerinin bu konuda bilgi ve farkındalık kazanmakla kalmayıp yakın çevrelerinde bulunan kişileri (arkadaş, aile bireyleri, öğretmen, akran gibi) de bu konuda bilgilendirip atölye çalışmasında edindikleri deneyimleri onlarla paylaşmaları da beklenmektedir.

Alanyazın

Nanobilim ve nanoteknoloji

Bilim; atom altı taneciklerden uzayın derinliklerine uzanan doğayı anlama serüveni ve süreci olarak tanımlanabilir. Albert Einstein’a (1951) göre herşeyi daha iyi anlamak için doğaya derinden bakmak gereklidir. Doğayı anlamaya çalışma ve taklit etme çalışmaları farklı boyut ve şekillerde ortaya çıkmış; nanobilim ve nanoteknoloji de bu derinden bakmaların sonucunda şekillenmiştir. Richard Feynman (1959) ise ünlü sözü ‘Temelde çok boşluk var’ ile atom ve molekül araştırmalarına değinerek 24 ciltlik Ana Britanica ansiklopedisinin bir toplu iğnenin başına sığdırılabileceğini öngörmüştür. Gerek Einstein gerekse Feynman’ın söylemleri nanobilim ve nanoteknoloji araştırmalarının dönüm noktası olarak kabul edilen nano boyutta görüntü ve ölçüm alınmasını sağlayan Taramalı Tünelleme Mikroskobu’nun (Scanning Tunneling Microscope) Binning (1986) tarafından icat edilmesinden çok öncelere dayanmaktadır.

Yunanca’da ‘cüce’ anlamına gelen nano kelimesi ölçü birimlerinde öntaki olarak kullanıldığında ‘milyarda bir’ büyüklüğünü temsil etmektedir. Başka bir deyişle ‘nanometre’, metrenin milyarda biri demektir. Nanobilim ise esas olarak nanometrik

ölçek özelliklerinin makroskobik ölçek özelliklerine (iletkenlik, renk, magnetizma vb.) göre önemli ölçüde farklılık gösterdiği. 1 ila 100 nanometre boyutlarında maddeyi anlamının ve kontrol ederek yeni uygulamalar geliştiren bilim olarak tanımlanır (ABD Ulusal Bilimsel ve Teknolojik Konsül Komitesi, Nanoölçek Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Alt Komitesi; National Science and Teknoloji Council Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology (NSET), 2000). Bu yeni uygulamalar, nanobilim, mühendislik ve teknoloji kapsayan görüntüleme, ölçüm, modelleme ve manipüle sağlayarak yeni özellikleri ve fonksiyonları olan malzeme, cihaz ve sistemleri oluşturmayı kapsar. Nanoteknoloji kelimesini ise ilk defa kullanan Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Norio Taniguchi, 1974 yılında 'Nanoteknoloji' yi genel olarak malzemelerin atom ya da molekül işlenmesi, ayrılması, birleştirilmesi ve bozulması olarak tanımlamıştır (Kazlev, 2003). Günümüzde daha küçük, daha hızlı, daha hafif materyal geliştirme yöntemleri ile bilgi-işlem, iletişim, güvenlik, elektronik, tıp, gibi pek çok sektörde kullanılmakta, tenis raketinden deterjana, bilgisayar çiplerinden tekstile pek çok ürün için pazar bulmaktadır.

Nanobilim ve nanoteknolojinin disiplinlerarası özelliğe sahip olması da birçok tanımda söz edilen önemli bir özelliğidir (Hutchinson, 2007; Porter & Youtie, 2009). Elektronik, tıp, biyoteknoloji, tarım ve kimya / ilaç, malzeme gibi farklı alanlarda uygulamaları ile farklı alanlarda nanoteknolojiyi görmek mümkündür. Roco, 2004; Wong ve diğerleri, 2007). Whitesides ve Love'a göre (2007) nanobilim ve nanoteknoloji, biyoloji, bilgisayar, kimya, malzeme bilimi, elektrik mühendisliği ve fizik gibi alanların da birleşimi olarak tarif edilebilir.

Nanobilim ve nanoteknoloji alanında yapılan çalışma ve araştırmalar pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de desteklenmekte ve hızla artmaktadır. Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) 2004 yılında yayınladığı '2003-2023 Strateji Belgesi' nde, 2003-2023 arası bilim ve teknoloji alanında izlenecek ulusal stratejiler saptanmıştır. Raporda belirtildiği üzere Cumhuriyetin yüzüncü yılı, 2023'de Türkiye'nin vizyonu, eğitim, sağlık, tarım ve gıda, inşaat, ulaştırma, enerji, makina, kimya, çevre gibi alanlarda 'bilim, teknoloji ve yenilikte yetkinleşmiş; üreten; net katma değerini kendi beyin gücüne dayanarak artırabilen bir TÜRKİYE' olarak belirlenmiştir. 2023 Türkiye vizyonunda ayrıca 8 ana stratejik teknoloji alanı belirlenmiş ve 'nanoteknoloji' bu alanlardan bir tanesi olarak listelenmiştir. Raporda 'Türkiye'nin, nanobilim ve nanoteknolojinin yaratacağı radikal değişikliklerde etkin rol alabilecek bilimsel, teknolojik ve endüstriyel birikime sahip olabilmesi'nin önemi vurgulanmıştır.

Bu nedenle toplumdaki tüm bireylerin nanobilim ve nanoteknoloji nanobilim okuryazarlığı ve farkındalığı kazanmaları önem kazanmakta ve nanobilim eğitiminin ortaokul ve lise düzeyinde başlaması kaçınılmaz olmaktadır.

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi

Nanobilim ve nanoteknoloji araştırmaları hızla artarken, Amerikan Ulusal Bilim Kurumu (National Science Foundation, NSF) nanoteknoloji üst düzey danışmanı Roco (2003a,b), 2015 yılında tüm dünyada nanobilim ve nanoteknoloji alanlarında

çalışmak üzere yaklaşık 2 milyon kişiye ihtiyaç duyulacağını tahmin ettiklerini ve bu vasıflı kişileri sağlamak için nanoteknoloji eğitiminin öncelikli olarak gerekliliğini belirtmiştir. Avrupa Birliği Komisyonu'nun 2005 yılında yayınladığı eylem planında da disiplinler arası araştırma, eğitim ve öğretime verilen önem artırılarak nanobilim ve nanoteknoloji alanında daha fazla büyüme ve iş imkanlarının artırılması hedeflenmiştir.

Bunu takip eden süreçte, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa başta olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde çeşitli nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi programları ve faaliyetleri farklı bilim ve teknoloji alanlarında görev alan bilim insanları, akademisyenler, araştırmacılar tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Örneğin, Avrupa Komisyonu, (2005) Avrupa için 2005-2009 yıllarını kapsayan nanoteknoloji ve nanobilim eylem planında disiplinlerarası eğitim olanakları ile nanoteknoloji alanında büyümeyi ve istihdama teşvik etmeyi amaçladıklarını belirtmiştir. Almanya'da, Eğitim Bakanlığı 2006 yılında nanoteknoloji alanında eğitim, araştırma ve yeniliğe teşvik içeren ulusal eğitim stratejisi geliştirmiştir. Japon Nanoteknoloji Araştırmacılar Ağı Merkezi (Nanotechnology Researchers Network Center of Japan, NRNCJ) tarafından 2006 yılında yayınlanan raporda genç araştırmacıları eğitmek üzere nanoteknoloji eğitiminin okullarda verilmeye başlandığı bildirilmiştir.

Roco ve Bainbridge (2005) nanoteknolojinin potansiyel riskleri ve yararları üzerine yaptıkları çalışmada toplumun gelişimi için en fazla yararın sağlanabilmesi üzerine alan uzmanlarının 'nanobilim/nanoteknoloji eğitimi'nin lise döneminde başlaması ve ders programlarına dahil edilmesini önerdiklerinden bahsetmişlerdir. Chank (2006)'a göre fen eğitimi için bir itici güç olarak 'nano' gençlerin hayal güçlerini ve bilim ve teknolojiye olan ilgilerini artırabilir. Schank ve diğerlerine (2010) göre ise lise öğrencilerine nanobilim konuları ile ilgili anlamlı ve uygun deneyimler sunulmalı ve böylece nanobilim ve nanoteknolojiye ilgi duyan öğrenci sayısı artar. Bu da nanobilim alanında kariyer yapmak isteyen öğrenci sayısında artış sağlar. Sonuç olarak, Amerikan Ulusal Bilim Kurumu (National Science Foundation, NSF) ve Ulusal Nanoteknoloji Girişimi (National Nanotechnology Initiative, NNI) nanobilim eğitiminin özellikle lise ve üniversite öğretiminde yer alması, öğretmen ve ders programı destek materyallerinin geliştirilmesi ve bu eğitimin toplumun her kesimine ulaşması için çalışmalar planlamışlardır (Murday, 2009).

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin ortaokul ve lise döneminde verilmesi için çeşitli ülkelerde programlar hazırlanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde örgün ve yaygın eğitim için nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi planlama ve geliştirilmesi Ulusal Nanoölçekte Bilim ve Mühendislik Öğrenme ve Öğretme Merkezi (National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering, NCLT), Nanoölçekte Okuldışı Fen Eğitimi (Nanoscale Informal Science Education, NISE), Ulusal Nanoteknoloji Girişimi (National Nanotechnology Initiative, NNI) gibi kuruluşlar tarafından yürütülmüş; öğretmen ve öğrencilerin yanı sıra vatandaşları da amaçlayan programlarda öğretim programı geliştirme, uzun süreli proje oluşturma, kısa ve uzun dönem atölye çalışmaları, yaz okulları, okul dışı müze sergileri, görsel deneyler, fen ve bilim müzelerinde çokluortam gösterileri gibi birçok çalışmayı kapsamıştır. Bunlara

örnek olarak Wisconsin Madison'daki Kimya Eğitimi Enstitüsü'nde yürütülen Nanoworld Cineplex ve NanoVenture programları, Northwestern Üniversitesi'ndeki Materials World Modules ve Nanocos programları, Albany Üniversitesi'nde Nano for Kids, Nanohigh ve NanoEducation Summit isimli programlar verilebilir (Feather & Aznar, 2011). Ayrıca, Amerikan Ulusal Bilim Kurumu tarafından desteklenen 'Nanosense', 'Big ideas in Nanoscience', 'Nanoleap' ve 'National Nanotechnology Infrastructure Network' gibi projelerde de öğretim programları, materyal ve laboratuvar çalışmaları ve aktiviteler geliştirilmiş, lise ve üniversite düzeyinde uygulanmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Avrupa'da da çeşitli ülkelerde benzer programlar ve eğitimler hazırlanmış ve yürütülmüştür. Örneğin Almanya'da devlet tarafından desteklenen araştırma enstitülerini ve sanayiye biraraya getirmeyi amaçlayan Nanonet Networks (Schulte, 2005), etkileşimli videolar içeren NanoReisen, gezici bir sergi olan NanoTruck ve öğretmen ve öğrencilere nanoteknoloji ile ilgili deney kitleri sunan NanoBioNet, İsviçre'de TopNano21 ve Original Virtual Nano Lab adlı ulusal nanoteknoloji programları çeşitli eğitimler düzenlemiş, İngiltere'de U.K. NanoMission ve U.K. Nanotechnology for Schools, Bulgaristan'da Nanopolis, öğretmen ve öğrenciler için nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili eğitim materyalleri sunmuştur (Feather & Aznar, 2011). Tüm bu girişimlerin ortak amacı gelecekte işgücü olarak görülen bilimsel okuryazar bireyler yetiştirmek olmuştur (Schank ve diğerleri, 2007). Ayrıca Avustralya'da In2science ve AccessNano, Mısır'daki In2nano ve Rusya'daki Nanoeducator isimli programlar ile nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki araştırma ve yeniliklerin lise sınıflarına taşınması amaçlanmıştır.

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi sadece ülkelerin kendi sınırları içerisinde kalmamış, çoklu ülke ortaklıkları ile yürütülen projeler gündeme gelmiştir. Avrupa Birliği Komisyonu'nun 2004 yılında yayınladığı Nanoteknoloji Stratejileri raporunda 'nanobilim ve nanoteknoloji konularında bilimsel araştırmalara yönelik ilgi, farkındalık ve değerlerinin anlaşılması için, lise ve üniversite düzeyinde nanoteknolojide disiplinler arası yaklaşımlara olanak veren yeni ders, program, öğretmen eğitimi ve öğretim materyali tanımlama ve uygulamalarının desteklenmesi' vurgulanmış ve bu amaca yönelik hazırlanmış olan 'Time for nano', 'Nanototouch', ve 'Nanoyou' gibi bazı projeler Avrupa Birliği tarafından desteklenmiştir. Bu projelerden bazılarında Türkiye de aktif olarak yer almış ve proje dahilinde pek çok öğrenciye nanobilim eğitimi verilmiştir. Ayrıca, Türkiye'de, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun 2004'de (TÜBİTAK), Vizyon 2023 ismi ile yayınladığı Türkiye Ulusal Teknoloji Öngörü Programında nanoteknolojiyi stratejik teknoloji alanlarından bir tanesi olarak sınıflandırmıştır. Nanobilim ve nanoteknoloji alanında üniversitelerde ve üniversitelerin araştırma ve geliştirme merkezlerinde çeşitli araştırma projeleri yürütülmektedir (Sarıtaş ve diğerleri, 2007). Bu merkezlerden bazı örnekler; Gebze Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü, Bilkent Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma Merkezi (UNAM), Marmara Üniversitesi Nanoteknoloji ve Biyomalzemeler Araştırma Merkezi ve Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi (SUNUM)'dur. Beyhan ve Pamukcu (2011), Haziran 2010 tarihli 337 adet nanoteknoloji ve nanobilim ile ilgili TÜBİTAK destekli projenin olduğunu belirtmiştir.

Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili desteklenen projeler sadece üniversite öğrencilerini değil gençleri de hedef almıştır. Bu konuda bazı Avrupa Birliği projeleri örnek gösterilebilir. Örneğin, NanoYou isimli projede aralarında Türkiye'nin de bulunduğu çeşitli ülkelerden seçilmiş yaklaşık 400 okuldan 25.000'den fazla öğrenciye projenin resmi internet sitesi üzerinden etkinlikler ve tartışma forumları aracılığı ile nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi verilmiştir.

Türkiye'nin de içinde yer aldığı Avrupa Birliği tarafından desteklenen 'Nano Channels' isimli diğer bir projede ise lise öğrencileri tıp, enerji, çevre ve güvenlik gibi konularda nanoteknolojinin potansiyel yarar ve risklerini münazara yöntemi ile sorgulamışlardır. Türkiye'den özel bir lisenin koordinatörlüğünü yaptığı, Avrupa Birliği destekli başka bir proje olan Nano Technology for Science Education (NTSE)'de ise öğrenciler hazırlanmış olan kitler aracılığı ile laboratuvar ortamında, proje web sayfasında yer alan sanal laboratuvar aracılığı ile de sanal ortamda nanoteknoloji eğitimi almışlardır. Time for Nano isimli proje ise diğer Avrupa Birliği destekli projeye ise Türkiye'den Türkiye Bilim Merkezi katılmıştır. Bu projede yer alan diğer Avrupa ülkeleri İtalya, Belçika, Slovenya, Portekiz, Fransa, Polonya, Almanya, İngiltere ve Finlandiya'dır. Bu proje kapsamında, Nano günleri, etkileşimli 'Nanokit' adı verilen deneyler, yarışmalar ve öğretmen eğitimleri düzenlenmesi amaçlanmıştır. Avrupa Komisyonu'nun desteklediği diğer bir proje ise bilgisayar teknolojileri destekli bir program sağlayarak nanoteknoloji ve nanobilim eğitimini ilgi çekici ve ulaşılabilir kılmayı amaçlamıştır. Bu projeye Türkiye'den özel bir eğitim kuruluşu üye olmuştur. Diğer ülke katılımcıları ise 13-18 yaş arası öğrenciler, fen alanları öğretmenleri, fen alanlarında ders alan üniversite öğrencileri olmuştur. Nanoteknoloji eğitimi ile ilgili yapılan diğer bir proje de UNAM'da çalışan bir araştırmacı tarafından hazırlanan 'Türk Gençliği Nanoteknoloji Klübü' adlı projedir. Bu projenin amacı nanoteknolojiyi anasınıfından liseye uzanan yaş grubunda tanıtmaktır (Ak, 2009). Nanobilim eğitimi ile ilgili diğer bir çalışmada da fen ve matematik öğretmen adayları tarafından nanobilim okuryazarlığı ve farkındalığını arttırmak amacıyla bir 'Nanobilim Atölye Çalışması' tasarlanmış ve bir sosyal hizmet projesi olarak farklı branşlarda olan 36 kişilik bir öğretmen grubuna ve bir ders kapsamında 20 kişilik bir öğretmen adayı grubuna uygulanmıştır (Akaygun, 2010). Her iki atölye çalışmasında da katılımcıların çoğunluğu çalışma hakkında olumlu görüş bildirirken konu ile ilgili bilgi edindiklerini ifade etmişlerdir.

Bundan yola çıkarak ve nanobilim ve nanoteknoloji eğitimine duyulan ihtiyaçtan hareketle; lise kimya programı, alanyazında yer alan çalışmalar ve bir sosyobilimsel konu olan nanoteknolojinin etik boyutu göz önünde bulundurularak 11. sınıf lise öğrencilerine yönelik bir tam günlük Nanobilim Atölye Çalışması (NAÇ) tasarlanmıştır. Okul dışı aktivite olarak Boğaziçi Üniversitesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, fizik laboratuvarında 2010-2011 eğitim-öğretim yılı güz döneminde gerçekleştirilmiş olan bu çalışma, lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji hakkında farkındalıklarını arttırmak ve temel kavramları tanıtmak ve öğrencilerin gözlem yapma, veri toplama, analiz, sentez ve değerlendirme yapmalarına olanak tanıyan grup çalışmaları, tartışma ve sunular içerecek şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca her grup masalarında bulunan öğretmen adayı bir lider tarafından bilgi yapılandırma sürecinde desteklenmesi amaçlanmıştır. İçerdiği 7 ayrı etkinlik ve 9-12.

sınıf kimya programına uyumlu olması nedeniyle NAÇ, tek tek ya da bir arada kimya derslerinde uygulanabilir olma özelliği taşımakta ve bu nedenle Türkiye’de lise düzeyinde nanobilim eğitime katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın Önemi ve Özgün Değeri

Nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin önemi ve özellikle lise düzeyindeki gerekliliği her geçen gün artarken, Dünya’daki pek çok ülke ile karşılaştırıldığında, Türkiye’de yapılan nanobilim eğitimi çalışmaları henüz yeterli düzeyde olmadığı bu alanda gerek okul dışı gerekse öğretim programları kapsamında yürütülecek çalışmalara gereksinim olduğu görülmektedir.

Lise düzeyinde, nanobilim ve nanoteknolojinin öğretim programlarına entegre edilmesinin gerekliliği tartışılırken, bu çalışma ile 11.sınıf lise öğrencilerine yönelik bir tam günlük okul dışı etkinlik ile nanobilim ve nanoteknoloji atölye çalışması tasarlanarak, öğrencilerin nanobilim ve nanoteknoloji okuryazarlık ve farkındalıklarını arttırmak amaçlanmıştır. Nanobilim Atölye Çalışması (NAÇ) oluşturulurken alanyazında yer alan programların içerikleri, lise kimya öğretim programı ve risk ve yararları bir arada bulunduran, sosyobilimsel bir konu olan nanoteknolojinin etik boyutu göz önünde bulundurulmuştur. Çalışma sırasında öğrencilerin küçük gruplar halinde çalışacakları, gözlem yapma, veri toplama, analiz, sentez ve değerlendirme yapma becerilerini kullanacakları, risk ve yararları tartışarak değerlendirecekleri etkinlik, deney ve tartışmalar planlanmıştır. Ayrıca masalarında bulunan öğretmen adayı bir grup lideri tarafından öğrencilerin yeni öğrendikleri bir konu hakkında bilgilerin yapılandırılma süreci izlenmiş ve desteklenmiştir. NAÇ sırasında ayrıca öğrencilere ileride nanobilim ve nanoteknoloji alanındaki öğrenim ve çalışma olanakları da tanıtılmıştır. Çalışmaya 11. sınıf öğrencilerinin dahil edilmesinin nedeni bu sınıf düzeyindeki öğrencilerin kimyanın temel kavramlarını biliyor olmaları ve böylece nanobilim ile daha kolay ilişkilendirme yapabilecek olmalarının düşünülmesidir.

Bu çalışma ile geliştirilmiş olan Nanobilim Atölye Çalışması (NAÇ) tasarlanma yöntemi, içeriği, bileşenleri ve lise 9-12. sınıf kimya programına uyumlu olması nedeniyle tek tek ya da bir arada lise kimya öğretim programına entegre edilebilir veya kimya derslerinde uygulanabilir olma özelliğindedir. Ayrıca, lise düzeyi fizik, kimya ve biyoloji öğretim programı göz önüne alındığında bu atölye çalışması farklı sınıf seviyelerinde de uygulanmak üzere revize edilebilir. Bu nedenle, NAÇ’ın hem bu alanda bir boşluğu doldurduğu hem de daha sonra düzenlenecek çalışmalar için bir model oluşturacağı söylenebilir. Bütün bu nedenlerden ötürü bu çalışmanın fen eğitimi açısından önemli ve özgün değere sahip olduğu söylenebilir.

Yöntem

Nanobilim Atölye Çalışması (NAÇ) oluşturulurken planlama, geliştirme, uygulama ve değerlendirme evrelerinden geçilerek hazırlanmıştır. İlk aşama olan planlama aşamasında hedeflerin, içeriğin ve yöntemin belirlenmiştir. Daha sonra program

tasarlanmış ve 4 ayrı grup 11. sınıf öğrencisine uygulanmıştır. Programa katılan öğrencilere sertifika verilmiştir. Son olarak katılımcılara açık uçlu 10 sorunun yer aldığı bir anket verilerek çalışmanın değerlendirilmesi yapılmıştır. Her bir atölye çalışmasına ortalama 20 öğrenci olmak üzere, toplam 79 öğrenci katılmıştır. Çalışmaya gönüllü olarak katılan bu öğrencilerin 42'si İstanbul'da bulunan 1 devlet lisesinden, geri kalan 37'si ise 2 farklı özel lisede öğrenim görmekte olan 11.sınıf öğrencilerinden seçilmiştir.

I. Planlama

a. Hedeflerin belirlenmesi

Nanobilim Atölye Çalışması planlanırken ülkemizdeki lise eğitim ve öğretimi için var olan güncel durum, öğrencilerin ihtiyaçları ve çağın gereklilikleri göz önünde bulundurularak çalışma için birkaç temel hedef belirlenmiştir. Öncelikle, öğrencilerin ilgisini bilim ve teknolojinin gelişen bir dalı olan nanobilim ve nanoteknoloji konularına çekmek ve bu konuları onlara tanıtarak okuryazarlıklarını ve farkındalıklarını arttırmak amaçlanmıştır. Ayrıca nanobilim ve nanoteknoloji konularının lise kimya öğretim programında görülen birçok konusu ile ilişkili, disiplinler arası bir konu olduğunu fark etmelerini sağlamak da hedeflenmiştir.

Ayrıca NAÇ'ın planlama aşamasında alanyazında yer alan çalışmalar ile ABD ve Avrupa'da yürütülen birçok nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi proje uygulamaları incelenmiş ve bu çalışmaların NAÇ ile ulaşılmak istenen hedeflere ne derece yakın olduğu irdelenmiştir. NAÇ'ın temelini oluşturan hedeflerin, *NanoLeap* and *NanoSense* Projelerinin hedefleri ve öğrencilerin çalışma sonunda ulaşımlarını istedikleri kazanımlar ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bu önemli iki proje, 2004 yılında NSF tarafından finanse edilen 7-12. sınıf düzeylerinde öğretim programı geliştirme projeleridir (Greenberg, 2009). *NanoLeap* Projesinin iki hedefinden ilki, öğrencilerin temel fen kavramlarını öğrenmelerini desteklemek için nanobilim, nanoteknoloji, mühendislik ve matematik kavramlarının lise fizik ve kimya dersleri ile nasıl ilişkilendirmelerine rehberlik etmektir. Diğer hedefi ise nanobilim, nanoteknoloji, mühendislik ve matematik alanında öğretim materyallerinin geliştirilmesi ve buna bağlı olarak daha etkili öğretim yaklaşımları bulmaktır. *NanoSense* Projesinin temel amacı ise lise öğrencilerinin nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili fen kavramlarını anlamalarına yardımcı olmaktır. Bu proje aynı zamanda öğrencilere temel ilkeleri, uygulamaları ve nano ölçekli bilim etkinliklerini anlamaya yardımcı olmak için öğrenme üniteleri oluşturmayı amaçlanmıştır. İncelemeler sonucunda bu iki önemli proje ile paralellik gösteren ve Nanobilim Atölye Çalışmasının temelini oluşturan hedefler ise şu şekilde belirlenmiştir:

- i Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili temel fen kavramlarını anlamayı ve buna bağlı olarak nanobilim okuryazarlığını geliştirmek,
- ii Lise kimya öğretim programında yer alan konuları ile nanobilim konuları arasında ilişki kurmalarına destek olmak,

- iii Nanoteknolojinin fayda ve zararları hakkında farklılıklarını arttırmak,
- iv Nanobilim ve nanoteknolojinin disiplinler arası bir alan olduğunu tanıtmak,
- v Güncel uygulamalar ve gelecek kariyer seçenekleri hakkında farkındalık sahibi olmalarına yardımcı olmak.

b. İçeriğin belirlenmesi

Nanobilim Atölye Çalışması'nın içeriği belirlenirken Feather ve Aznar (2011) tarafından önerilen nanoteknoloji ile ilgili kritik düşünme becerisi geliştirmeleri için 9 temel sorunun etrafında şekillendirilen ICE-9 modeli (bkz. Şekil 1.) benimsenmiştir. Başka bir deyişle, NAÇ'ın *Kimlik*, *Değişim* ve *Değerlendirme* düzeylerinde yer alan bütün bu sorulara cevap verecek şekilde, sunu, etkinlik ve tartışmalara dahil edilecek şekilde oluşturulmasına dikkat edilmiştir.

Değerlendirme (Evaluation)

3. Nanoteknoloji hangi risk ve yararları sağlar?

2. Nanoteknolojiyi nasıl değerlendiririz?

Değişim (Change)

6. Nanoteknoloji nasıl değişir?

5. Nanoteknoloji bizi nasıl değiştirir?

4. Biz nanoteknolojiyi nasıl değiştiririz?

Kimlik (Identity)

1. Nanoteknoloji nedir?

9. Neden nanoteknoloji kullanırız?

8. Nanoteknoloji nereden geliyor?

7. Nanoteknoloji nasıl çalışır?

Şekil 1: NAÇ'ın içeriğinin belirlenirken kullanılan ICE-9 modeli.

NAÇ'ın içerdiği temel kavramlar ise daha önce alanyazında yer alan çalışmalarda (Feather ve Aznar, 2011) vurgulanmış olan temel kavramlardan seçilmiştir. Belirlenen nanobilim kavramlarının her biri için 'genel merak', 'kişisel ilgi', ve günlük yaşam, 'uygulama ve deneye dayalı olup olmadıkları kontrol edilmiştir. İlk 4 soruyu içeren *Kimlik* bölümünde nanoteknolojinin ne olduğu ve nasıl işlediği üzerine temel kavramlar vurgulanırken, 2. Bölüm olan *Değişim* bölümünde nanoteknolojinin farklı alanlarda nasıl değişiklikler gösterdiği (Soru 5), nanoteknolojinin toplum üzerinde (Soru 6) ve toplumun nanoteknoloji üzerinde etkileri (Soru 7) irdelenmiştir. Son bölüm

olan *Değerlendirme* bölümünde ise nanoteknolojinin hangi risk ve yararları sağladığı (Soru 8) ile etik boyutu (Soru 9) üzerinde durulmuştur.

Özetle, u atölye lise öğrencileri için bir nanobilim ve nanoteknoloji tanıtım atölyesi olarak planlanmıştır ve ele alınan temel kavramlar şu şekilde belirlenmiştir:

- Ölçek bilgisi ve ölçme
- Nanoteknolojide kullanılan ölçek ve araçlar (AFM ve STM)
- Maddenin özellikleri (yüzey gerilimi, ferromagnetizma)
- Tanecikler arası etkileşimler
- Yüzey özellikleri (hidrofob ve hidrofil yüzeyler, Lotus etkisi)
- Toplum ve etik boyut (risk ve yararları)

c. Yöntemin belirlenmesi

NAÇ'ın içeriğinin yanı sıra bu içeriğin aktarılmasındaki yöntem de etkili bir öğrenme için oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle, etkinlikler tasarlanırken etkili bir öğrenme yaklaşımı olarak kabul edilen sorgulama tabanlı öğrenme modeli benimsenmiş ve tüm etkinlikler bu yaklaşım ışığında yapılandırılmıştır.

Temel olarak sorgulama tabanlı öğrenme yaklaşımında öğrenciler soru sorarak, araştırarak ve veri toplayarak soruların cevaplarını bulmaya çalışırlar. Sorgulama tabanlı öğrenmenin, onaylandırılmalı (confirmation), yapılandırılmış (structured), rehberlikli (guided) ve açık (open), olmak üzere dört çeşidi vardır. Bu çeşitler, öğrencilere ne kadar bilgi verildiği ve ne kadar rehberlik sağlandığına bağlı olarak çok yapılandırılmıştan az yapılandırılmışa doğru sıralanmıştır (Banchi & Bell, 2008; Bell, Smetana & Binns 2005; Herron, 1971). NAÇ için uyarlanmış etkinliklerde yapılandırılmış ve rehberlikli sorgulama tabanlı öğrenme yöntemi benimsenmiş, öğrenciler her bir etkinlik için kendilerine verilen çalışma kağıtlarını önce bireysel olarak daha sonra grup tartışma yaparak birlikte doldurmuşlardır. Böylece sosyal yapılandırmacı (Social Constructivism) bir ortam içerisinde bilgilerini yeniden yapılandırmışlardır. Ayrıca her masada bulunan öğretmen adayı bir lider de etkinlikler sırasında gruba rehberlik ederken aynı zamanda gelişimsel iskele sürecinde (zone of proximal development, Vygotsky, 1934, 1978) öğrencilerin yeni öğrendikleri bilgileri yapılandırmalarına destek olmuşlardır. Bu şekilde, NAÇ'ın planlama aşamasında sosyal yapılandırmacı ve sorgulama tabanlı öğretim yaklaşımları benimsenmiştir.

II. Geliştirme

Bir tam günlük (Saat 10:00-16:00) bir uygulamalı etkinlik olarak tasarlanan Nanobilim Atölye Çalışması'nın içeriğinde, sunu, görsel demo etkinlikleri, çalışma kağıtları ile desteklenen grup çalışması etkinlikleri ve gruplar arası tartışmaların yer alması kararlaştırıldı. Her bir bölüm, kendi içerisinde tasarlanıp, her uygulamadan sonra gerekli düzenleme ve düzeltmeleri yapılarak bir sonraki atölye çalışmasına hazır hale getirildi.

i. NAÇ Zaman Çizelgesi

NAÇ'ın geliştirilmesi aşamasında her bir etkinlik ayrı ayrı seçildi, uyarlandı ve gerekli olan süre saptanarak çalışma için zaman çizelgesi oluşturuldu.

Tablo 1. Nanobilim Atölye Çalışması sırasında izlenen zaman çizelgesi.

No	Etkinlik Adı	Başlangıç Saati	Bitiş Saati
1	Sunu: Nanobilim ve nanoteknoloji nedir?	10:00	10:40
2	Etkinlik 1. Büyükten küçüğe	10:40	11:00
3	Mola - Ara öğün	11:00	11:10
4	Etkinlik 2. Nanoya doğru	11:10	11:30
5	Etkinlik 3. Sihirli kutular: Nanoboyutta nasıl görüyoruz?	11:30	12:10
6	Etkinlik 4. Ferro sıvı	12:10	12:30
7	Öğle Arası	12:30	13:30
8	Etkinlik 5. Farklı ve farklılaşan yüzeyler	13:30	14:20
9	Etkinlik 6. Nanoetik	14:20	14:50
10	Mola - Ara öğün	14:50	15:00
11	Etkinlik 7. Kendi nano ürünü tasarla	15:00	15:30
12	Katılım Belgelerinin verilmesi	15:50	16:00

ii. Atölye çalışmasının içeriğini oluşturan alt bölümler

a. Sunu

Nanobilim Atölye Çalışması'nda yer alan sunular araştırmacılar tarafından derlenmiş ve bu makalenin ilk yazarı olan Sagun-Gököz tarafından sunulmuştur.

NAÇ, yaklaşık 40 dakika süren giriş sunusu (Sagun-Gököz, 2012) ile başlamıştır. Bu sunudaki slaytlar genel olarak nanobilim ve nanoteknolojinin tarihine genel bakış, nanoboyut hakkındaki ilginç gerçekler, görülen teknolojik gelişmeler ve bu uygulamaların hayatımıza olan etkisi hakkındaki bilgileri içerecek şekilde oluşturulmuştur. Sunuya giriş, 1950 yapımı eski bir film olan 'Beyaz Takım Elbiseli Adam (The Man in the White Suit)' filminden kesitler gösterilerek yapılmıştır. Bu filmde bir kumaş fabrikasında çalışan kimyagerin, dayanıklı, kir tutmaz, karanlıkta parlayan fiber, icat etmesini konu almaktadır. Öğrencilere film hakkında sorular sorularak meraklarının artması ve konu hakkında düşünceleri sağlanmıştır.

Bu filmin gösteriminden sonra öğrencilere, nanoteknoloji alanında 2015 yılına kadar gerekli tahmini işgücü sayısının 2,5 milyon kişi olacağı (Roco ve Bainbridge, 2001) paylaşılmıştır. Nanoteknoloji teriminin tanımı sonrasında, tarihçesi 18. Yüzyıldan başlayıp günümüze kadar, farklı dönemlerde nanoteknolojinin gelişmesi için alt yapı oluşturan buluş ve uygulamalar fotoğraf ve görseller ile sunulmuştur. Tarihçe sonrasında, nanoboyut ile ilgili kısımda gösterilen 'Power of Ten' java uygulamasının devamında ilk etkinlik olan 'Büyükten küçüğe (Scale Activity)' grup çalışması olarak tanıtılmıştır.

Uygulanan her bir etkinliğin bitiminde konu ile ilgili küçük bir sunu yapılarak etkinlik ile ilgili konu hakkında daha detaylı bilgi verilmiştir. Örneğin, Sihirli Kutular etkinliğinden sonra nanobilim araştırmalarında kullanılan Taramalı Tünellem Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscope, STM) ve Atomik Kuvvet Mikroskobunun (Atomic Force Microscopy, AFM) çalışma prensibi ile ilgili bir animasyon gösterilmiştir. Gösteri deneyi olarak yapılan Ferrosivü etkinliğinin ardından ise maddelerin nanoölçekteki hallerinin aynı maddenin büyük ölçekteki parçacıklarından farklı özellikler göstermesini vurgulanmış ve bu fikri kullanarak sanat çalışması yapmış olan Japon sanatçı Sachiko Kodama'nın ferrosivü heykel videosu gösterilmiştir. Farklı ve Farklılaşan Yüzeyler etkinliği sonrasında da hidrofob ve hidrofil yüzeyler, yüzey temas açısı ve Lotus etkisi üzerinde durulmuştur.

b. Etkinlikler

Nanobilim Atölye Çalışması'nın içeriğini oluşturan konular belirlendikten sonra, ortaokul ve lise seviyesinde dünyada gerçekleştirilen ve açık kaynakta yer alan projeler incelenerek uygun bulunan etkinlikler NAÇ'ın hedefleri doğrultusunda adapte edilmiştir. Nanobilim ve nanoteknolojiyi anlamak adına yapılacak olan aktivitelerin seçimi, araştırmacı tarafından belirlenen aşağıda verilen prensiplere göre yapılmıştır:

- ✓ Etkinlikler, laboratuvar ortamında gerçekleştirilmek üzere güvenli olmalı.
- ✓ Etkinlikler, belirlenen konular ile tutarlı olmalı.
- ✓ Her etkinlik farklı bir konuya değinmeli.

- ✓ Etkinlik malzemeleri ucuz maliyetli ve kolay ulaşılabilir olmalı, böylece atölye çalışması sonrasında farklı mekanlarda da uygulanabilmeli.

Seçilen aktiviteler sırası ile: Nanoscale Informal Science Education (NISE) kaynaklı ‘Büyükten küçüğe (Cutting Down to Nano)’, ‘Sihirli Kutular: Nanoölçekte nasıl görüyoruz? (Black Box)’ aktivitesi ise NanoSense projesinin ‘Tools of the Nanoscience’ ünitesinde yer alan laboratuvar çalışmalarından biri, ‘Farklı ve farklılaşan yüzeyler (Lotus Leaf Effect)’ ise Wisconsin-Madison Materials Research, Science and Engineering Center (MRSEC) tarafından geliştirilmiş olan bir aktivite idi. ‘Nanoetik: Fikir paylaşım platformu’ ve ‘Kendi nano ürünü tasarla’ aktiviteleri araştırmacılar tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Aşağıda her bir etkinliğin kısa özeti yer almaktadır. Etkinliklerin sonunda makalenin ilk yazarı olan Sagun-Gököz eğitmen olarak görev almış ve etkinlikte öğrenilmesi hedeflenen kavramların üzerinden görsellerle desteklenen bir sunu ile geçmiştir.

Etkinlik 1. Büyükten küçüğe: Her gruba renkli fotokopi ile çoğaltılmış büyüklüklerin (kutu, beyzbol sopası, bilye, tuz tanesi, saç kılı, kırmızı kan hücresi, bakteri, virus, protein, atom ve basit molekül) ve boş sıralama tablosu öğrencilere verilmiş ve öğrencilerden önce bireysel olarak daha sonra da grup arkadaşları ile tartışarak verilen büyüklükleri büyükten küçüğe doğru sıralamaları istenmiştir. Daha sonra grup sözcüsü grup tablosunu sunmuş. Eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilerek ve nanoboyut kavramı tartışılmış, konu ile ilgili video, simülasyon ve bir internet sitesindeki (<http://learn.genetics.utah.edu/content/begin/cells/scale/>) görsel gösterimi ile kavramların pekiştirilmesi sağlanmıştır.

Etkinlik 2. Nanoya doğru: Bu etkinliğin amacı Nanoboyut kavramının pekiştirilmesi ve nanoboyutta ne tür cihazlar ile çalışma yapılabilmenin mümkün olacağını anlaşılmasıdır. Öğrencilere 150 mm x 5 mm boyutlarında olan bir kağıt parçası, cetvel, makas, hesap makinesi, bireysel ve grup çalışma kağıtları dağıtılmış ve 150 mm x 5 mm boyutlarındaki kağıdı, eni aynı kalacak şekilde her defasında iki eşit parçaya keserek yaklaşık 1 nm uzunluğa ulaşana kadar kaç kere kesmeleri gerektiğini önce tahmin etmeleri istenmiştir. Sonra da grup çalışması yaparak önce kesme ardından hesaplama yapmaları istenmiştir. Daha sonra grup sözcüsü grup tablosunu sunmuş, eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilmiş ve nanoboyutta çalışma yapma kavramı tartışılmıştır.

Etkinlik 3. Sihirli Kutular: Nanoölçekte nasıl görüyoruz? İki bölümden oluşan bu etkinliğin amacı nanobilim ve nanoteknoloji araştırmalarında kullanılan cihazların çalışma prensiplerinin ve özelliklerinin kavranmasıdır. İlk bölüm olan *Kutudaki cisim* etkinliğinde yüzeyine düzgün boyutlarda sert bir cisim (mesela kesme şeker) yapıştırılmış kapalı bir kutuyu (ilaç kutusu gibi) öğrencilere verilmiş, açmadan, alt yüzeyi masaya temas edecek şekilde tutarak, kutuya bir iğne ya da çuvaldız batırarak kutunun içindeki cismin boyutlarını saptamaları istenmiştir. *Tabanda ne var?* isimli ikinci bölüm olan etkinlikte ise yüzeyini kaplayacak şekilde aynı tür cisimler (mesela bocuk, lego gibi) yapıştırılmış ve yan yüzünde 2 cm çapında bir delik bulunan büyük bir ayakkabı kutusunun yüzeyinin nasıl bir materyal ile kaplı olduğunu farklı tür uçlar

kullanarak saptamaları istemiştir. Her iki etkinlikte de öncelikle öğrenciler nanoteknolojide kullanılan cihazların (AFM, STM gibi) modellerinin nasıl işlediğine dair bireysel tahminlerini yapmış ve tahminlerini kendilerine verilen çalışma kağıtlarına yazmışlardır. Ardından grup olarak etkinlikleri gerçekleştirmiş ve bu araçların çalışma prensibi ve ne tür materyal, yüzey ve uçlarla işlem yapıldığı konusunda çıkarımlar yapmışlardır. Daha sonra eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilmiş ve nanoboyutta çalışma yaparken kullanılan cihazlar Boğaziçi Üniversitesi'nin AR-GE Bölümü'nde çekilmiş olan Taramalı Tünelleme Mikroskopunu ve Atomik Kuvvet Mikroskopunu tanıtan video, simülasyon ve görsellerin gösterimi ile tartışılmıştır.

Etkinlik 4. Ferro sıvı: Bu etkinlik ile ferrosıvı ile nano ve makro boyutlarda maddenin özelliklerinin nasıl değişiklikler gösterdiğinin anlaşılması amaçlanmıştır. Öğrencilere Siyah kum (demir oksit) içeren test tüpü, Ferrosıvı içeren test tüpü, düğme mıknatıs, pusula, bireysel ve grup çalışma kağıtları dağıtılmış ve Manyetit (siyah) kum ve ferrosıvıyı düğme mıknatıs ve pusula ile karşılaştırarak makro ve nano boyuttaki özelliklerin kıyaslamaları istenmiştir. Bu aşamada öncelikle öğrenciler mıknatısı içinde manyetit kum olan şişenin yakınına koymuş, sonra mıknatısı test tüpünden uzaklaştıracak ve gözlem yapmışlardır. Sonra bu işlemin aynısını ferrosıvı içeren şişeyle de denemiş ve oluşan şekle dikkat ederek gözlem yapmışlardır. Ardından kendilerine verilen pusulayı manyetik kum ve ferrosıvı içeren şişelere yaklaştırarak yeniden gözlem yapacak ve gözlemlerini yazmışlar ve çalışma kağıdındaki soruları yanıtlamışlardır. Son olarak, eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilmiş ve ferrosıvının yapısı ve özellikleri tartışılmış ve konu ile ilgili görsel gösterim ile kavramların pekiştirilmesi sağlanmıştır.

Etkinlik 5. Farklı ve farklılaşan yüzeyler: Bu etkinlik ile yüzey özelliklerinin, hidrofobik ve hidrofilik olmaya bağlı olarak nasıl farklılık gösterdiğinin kavranması ve nanoteknolojik ürünlerin (kumaş, kaplanmış materyal gibi) yüzeylerinin nanoteknoloji ürünü olmayanlar ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Her gruba 2 farklı çeşit (örneğin akasya ve defne) yaprak, birer parça pamuklu, sentetik, nano kaplanmış kumaş, nano kaplanmış materyal (taş, tahta, kumaş gibi), açı ölçer, büyüteç, beherlerin içerisinde su ve pipet, toz Türk kahvesi, ketçap, meyve suyu verilmiştir. Öğrencilerden farklı yüzey özelliği gösteren 2 çeşit yaprağın üzerlerinde su tutma ve 4 çeşit kumaşın üzerlerinde su tutma ve leke bırakma özelliklerinin karşılaştırmaları istenmiştir. Ayrıca nanokaplama yapılmış ve yapılmamış yüzeyleri üzerlerinde su tutma ve yüzey-temas açılarını bakımından karşılaştırmışlardır. Öğrenciler bu etkinlikte yüzeye konulan sıvılara büyüteç ile bakarak sıvı-yüzey açısı için bireysel tahminlerini yapmışlar, ardından grup olarak etkinliği gerçekleştirmişler ve çalışma kağıdındaki soruları cevaplamışlardır. Daha sonra Boğaziçi Üniversitesi Kimya Bölümü ile işbirliği yapılarak getirilen yüzey-temas açı ölçer cihazı ile farklı yüzeyler için su-yüzey temas açısı ölçümü yaparak yüzeyleri karşılaştırmışlardır. Ardından eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilerek ve yüzey özelliklerinin, hidrofobik ve hidrofilik olmaya bağlı olarak nasıl farklılık gösterdiği ve nanoteknolojik ürünlerin yüzeyleri kimyanın temel kanunları ışığında görsellerle desteklenerek tartışılmıştır.

Etkinlik 6. Nanoetik: Fikir paylaşım platformu: Nanobilim ve nanoteknolojinin beraberinde getirdiği yarar ve risklerin kavranmasının amaçlandığı bu etkinlikte öncelikle öğrenciler nanobilim ve nanoteknolojinin hangi yarar ve riskleri beraberinde getirdiği konusunda bireysel tahminlerini yapmış ve tahminlerini kendilerine verilen bireysel çalışma kağıtlarına yazmış, ardından katılan 6 grup ikiye bölünerek 3 grubun birleşerek nanobilim ve nanoteknolojinin getirdiği yararları; 3 grubun da bir araya gelerek nanobilim ve nanoteknolojinin getirdiği riskler konusunda beyin fırtınası yaparak poster oluşturmuşlardır. Daha sonra her gruptan seçilen sözcüler münazara şeklinde fikirlerini paylaşmışlardır. Son olarak, eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilecek ve nanobilim ve nanoteknolojinin beraberinde getirdiği yarar ve riskler, sağlık, çevre, güvenlik, jeopolitik ve ekonomik açılardan tartışılmıştır.

Etkinlik 7. Kendi nano ürününü tasarla: Bu etkinlikte de Nanobilim Atölye Çalışması'nda öğrencilerin öğrendikleri nanobilim ve nanoteknoloji kavramları, uygulama, araştırma ve sosyal boyut hakkında öğrendiklerinin pekiştirilmesi ve içselleştirilmesi amaçlanmıştır. Öğrencilere renkli karton ve kalemler verilerek bir nanoteknoloji ürünü tasarlayarak bu üründe hangi özelliklerin olacağını, nasıl bir çalışma prensibine sahip olacağını ve beraberinde hangi yarar ve riskleri getireceğini grup çalışması yaparak bir poster oluşturmaları istenmiştir. Sonra her grup tasarladığı ürünü sınıfa sunmuş ve sınıf tartışması yapılmıştır. Daha sonra eğitmen tarafından etkinlik üzerinden geçilmiş ve her ürün/tasarım için nanobilim ve nanoteknolojinin beraberinde getirdiği yarar ve risklerin tartışılmıştır.

III. Uygulama

Nanobilim Atölye Çalışması, 2010-2011 eğitim ve öğretim yılının güz döneminde 11. sınıf öğrencilerinin katılımı ile Boğaziçi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Bölümü fizik laboratuvarında toplam 4 kez gerçekleştirilmiştir. Her bir çalışmaya ortalama 20 öğrencinin katılımı sağlanmış ve toplamda 3 farklı liseden 79 öğrenci nanobilim ve nanoteknoloji eğitimi almıştır. Şekil 2'de bu süreçte düzenlenmiş olan bir NAÇ'da öğrenciler giriş sunusunu dinlerken görülmektedir. Etkinlikler sırasında, öğretmen adayı 3. ve 4. sınıf üniversite öğrencileri grup liderliği yaparak gruba destek oldu ve gruplar çalışmaları esnasında gözlemlenmiştir. Şekil 3'de ise grup etkinliği yaparlarken görülmektedir.



Şekil 2. Bir Nanobilim Atölye Çalışması'nda öğrenciler giriş sunusunu dinlerken.



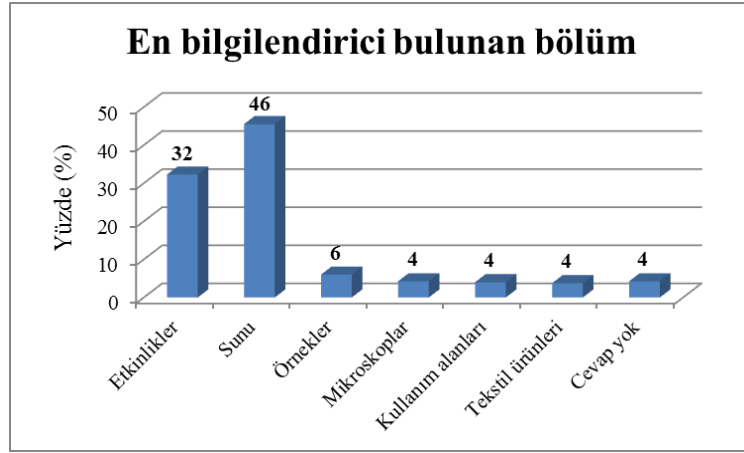
Şekil 3. Bir Nanobilim Atölye Çalışması'nda öğrenciler grup çalışması yaparken.

IV. Değerlendirme

NAÇ sonrasında tüm katılımcılara 10 tane açık uçlu sorunun yer aldığı bir anket verilerek çalışmayı değerlendirmeleri istenmiştir. Ankette yer alan sorular şöyledir:

1. *Atölye çalışmasının en bilgilendirici yanı neydi?*
2. *Atölye çalışmasının bilgilendirici olmayan yanı neydi?*
3. *Atölye çalışmasının en etkileyici yanı neydi?*
4. *Atölye çalışmasının en eğlenceli kısmı ne idi?*
5. *Atölye çalışmasının en sıkıcı bölümü ne idi?*
6. *Atölye çalışmasının içeriğinden çıkarılmasını önerdiğin üç şey nedir?*
7. *Atölye çalışmasında mutlaka kalsın dediğin şeyler var mı, var ise nedir?*
8. *Atölye çalışmasında keşke olsaydı dediğin şeyler var mı, var ise nedir?*
9. *Bu atölye çalışmasından başka nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili başka bir çalışmaya daha katılmak ister miydin?*
10. *Bu atölye çalışmasını geliştirmek ve daha etkili kılmak için sizin önerileriniz nelerdir?*

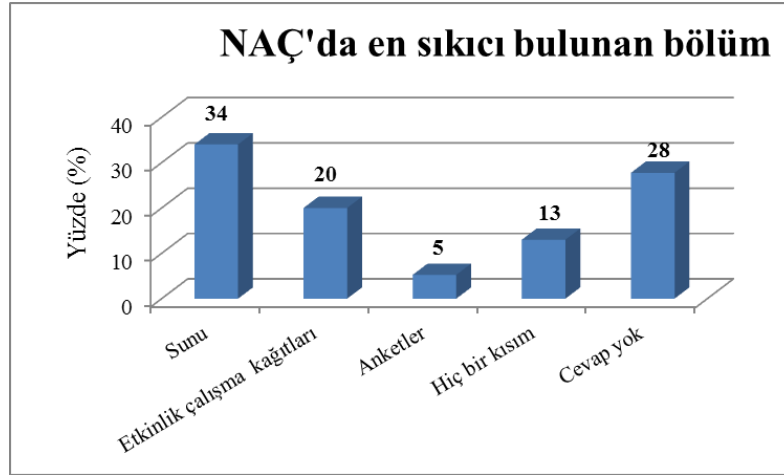
Analiz aşamasında, katılımcıların cevapları kodlanmış ve kategoriler saptanarak bu kategoriler için frekans (yüzde) hesaplanmıştır. Buna göre katılımcıların çoğunluğu tarafından NAÇ değerlendirilmiş ve değerlendirme sonucu gözlemlenen yüzde dağılımı Şekil 4-7’de verilmiştir.



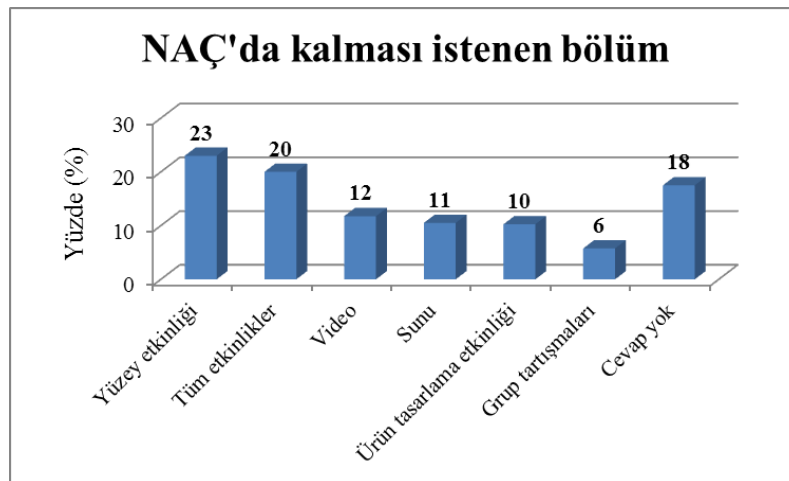
Şekil 4. Atölye çalışmasının en bilgilendirici bulunan bölümlerin yüzde dağılımı

Öğrencilerin bir kısmı (%34) uzun olması nedeniyle sunuyu sıkıcı olarak nitelendirilirken (Şekil 6), öğrencilere atölye çalışmasını daha etkili kılmak için önerileri sorulduğunda bu öğrencilerden %14’ü uzun sunulardan kaçınılmasının iyi

olacağını önermiştir. NAÇ'da mutlaka kalması gereken kısım olarak *etkinlikler*, katılımcıların %20'si tarafından belirlenirken, özellikle *Farklı ve farklılaştırılmış yüzeyler etkinliği* %23'lük bir grup tarafından kalması en çok istenen aktivite olarak seçilmiştir (Şekil 7).

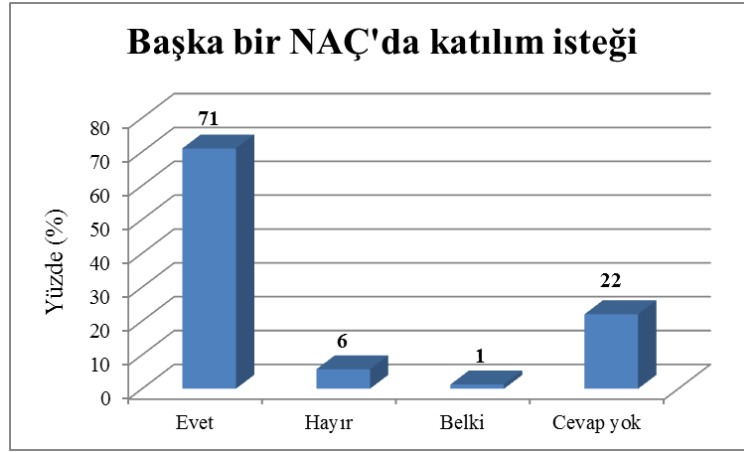


Şekil 6. Atölye çalışmasında sıkıcı bulunan bölümlerin yüzde dağılımı



Şekil 7. Atölye çalışmasında mutlaka kalması istenen bölümlerin yüzde dağılımı

Bütün bu etkinliklerin yanı sıra katılımcıların %13'ü Taramalı Tünelleme Mikroskobu ya da Atomik Kuvvet Mikroskobunu kendilerinin kullanacakları başka bir etkinliğin dahil edilmesini istemişlerdir. Ayrıca katılımcıların %71'i düzenlenecek olan başka bir Nanobilim Atölye Çalışması'na mutlaka katılmak istediklerini belirtirken (Şekil 8), %12'si daha fazla etkinlik yer almasını önermişlerdir.



Şekil 8. Başka bir atölye çalışmasına katılım isteğinin yüzde dağılımı

Sonuç ve Tartışma

Günümüzde hızla ilerleyen bir alan olan nanobilim ve nanoteknoloji uygulamaları tüm vatandaşların ama özellikle gençlerin bu alanda okuryazarlık ve farkındalık sahibi olmalarını gerektirmektedir. 2015'e yaklaşırken bu gençlerin bir kısmının nanoteknoloji alanında bilgi sahibi olan 2 milyon kişilik iş gücünü (Rocco ve Bainbridge, 2002) oluşturması beklenebilir. Nanobilim eğitimi çalışmaları hemen her ülkede gerek toplum gerekse ortaokul ve lise öğrencilerini hedefleyerek geliştirilse de, özellikle Türkiye'de henüz istenilen düzeyde olmadığı dikkat çekicidir.

Bu çalışma ile geliştirilmiş olan NAÇ, planlanma süreci, alanyazında yer alan denenmiş uygulamaların yanı sıra ülkemizdeki öğrencilerin ihtiyaçları ve lise kimya programı gözetilerek oluşturulmuş olması, sorgulama tabanlı etkinlikleri ve her grubun öğretmen adayı bir lider tarafından desteklenmesi ve lise-üniversite işbirliği sağlayarak bir köprü oluşturması nedeniyle önemli ve özgündür. Yetmiş dokuz 11. sınıf öğrencisinin katılımı ile gerçekleştirilmiş olan NAÇ, katılımcıların çoğunluğu tarafından bilgilendirici bulunan sunu, etkileyici ve eğlenceli bulunan etkinlikleri ile kimya eğitimi alanına önemli bir katkı sağladığı ve kimya öğretmenleri, öğretmen adayları, program geliştirmeciler ve ders kitabı yazarlarına yol gösterici olduğu söylenebilir.

Öneriler

NAÇ'ın Lise Kimya Öğretim Programına Entegrasyonu

Nanobilim Atölye Çalışması gönüllü katılımcı, grup liderleri, eğitmen ve araştırmacıların katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu alandaki çalışmalar halen birkaç gönüllü çalışma ve proje ile sınırlı kalmış durumdadır (Ak, 2009; Akaygun, 2010). Oysa, bu alanda daha bütüncül programlara ve nanobilim ve nanoteknoloji konularının lise düzeyinde öğretim programlarına entegrasyonuna ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir. NAÇ'da uygulanan tüm etkinliklerle lise kimya öğretim programı içerisinde yer alabilir ve kimya öğretmenleri tarafından uygulanabilir. Örneğin, tek tek NAÇ'da uygulanmış olan etkinlikler bazında düşünüldüğünde, *Büyükten küçüğe*, *Nanoya doğru* ve *Sihirli Kutular: Nanoölçekte nasıl görüyoruz* etkinlikleri 9. sınıfın (Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı, 2013) ikinci ünitesi olan Atom ve Periyodik Sistem Ünitesi'in başında uygulanarak ölçek konusunun pekiştirilmesi ve atom ve moleküllerinin boyutlarının daha anlaşılır ve anlamlı hale gelmesi sağlanmış olur. *Ferro sıvı* etkinliği ise etkinliği 9. sınıfın dördüncü ünitesi olan Maddenin Halleri Ünitesi'nde, maddenin farklı durumlarda farklı özelliklere, manyetiklik özelliği vurgulanarak uygulanabilir. Bu etkinlik için diğer bir öneri de 10. sınıfın 2. ünitesi olan Karışımlar Ünitesi'nde farklı karışımların ve özelliklerinin karşılaştırılması aşamasında uygulanmasıdır. *Farklı ve farklılaşan yüzeyler* etkinliği 9. sınıfın üçüncü ünitesi olan Kimyasal Türler Arası Etkileşimler Ünitesi'nde, özellikle yüzey özellikleri, hidrofil ve hidrofob olma ve moleküller arası etkileşimler ile bağlantılı olarak verilmesi önerilebilir. Nanobilim ve nanoteknoloji ile ilgili temel tanımlar ve uygulamalarına örnekler 10. sınıfın dördüncü ünitesi olan Kimya Her Yerde Ünitesi'nde işlenerek güncel hayatta yer alan uygulamalara temizlik, ilaç, kozmetik, boya, tekstil gibi sektörlerden örnekler verilerek ve *Farklı ve farklılaşan yüzeyler* etkinliği bu unite içerisinde gerçekleştirilerek değinilebilir. Ayrıca, *Nanoetik: Fikir paylaşım platformu* ve *Kendi nano ürününü tasarla* etkinlikleri yine bu unite sırasında gerçekleştirilerek nanobilim ve nanoteknolojinin beraberinde getirdiği risk ve yararlar çevre, sağlık, güvenlik, tıp, ekonomi gibi alanlar için tartışılarak öğrencilerin bu konudaki okuryazarlık ve farkındalık geliştirmesi desteklenebilir.

Öğrencilerin kimyaya karşı ilgi ve meraklarının yeni oluştuğu ve temel düzey kabul edilen lise 9. ve 10. sınıflarında nanobilim ve nanoteknoloji eğitiminin verilmesi gelişen toplum bilinci ve bilimsel okuryazarlığın kazanılması bakımından oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar tarafından planlanmış, geliştirilmiş, uygulanmış ve değerlendirilmiş olan Nanobilim Atölye Çalışması'nın içeriği bir bütün olarak ya da tek tek etkinlikler bazında lise kimya programına ve derslerine entegre edilmesi önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışmayı en başından beri destekleyen Boğaziçi Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Güzver Yıldırım'a, çalışmanın her aşamasında işbirliğini esirgemeyen Boğaziçi Üniversitesi, Kimya Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Amitav Sanyal'a, atölye çalışmalarında grup lideri olarak görev almış olan öğretmen adayları Rabia Karatoprak, Abdullah Acar, Birgül Çelikler, Filiz Carus, Sema Bakıoğlu, Seçil Özenç, Nihan Ağaçalı'ya ve ayrıca materyal ve teknik destek sağlamış olan Münevver Deren, Ece Yalçın, Merve Öztürk, Hanife Terzi, Mesut Hardal, Fatih Totik, Tuğçe Tengir, Umut Gürler, Alev Sağlam ve Sevcen Filiz'e, yüzey-temas açısı ölçüm cihazı konusundaki yardımlarından dolayı Boğaziçi Üniversitesi, Kimya Bölümü araştırma görevlisi Tuğçe Nihan Gevrek'e ve cihaz tanıtım videolarının hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Boğaziçi Üniversitesi AR-GE Bölümü sorumlusu Bilge Gedik Uluocak'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ak, N. (2009). *Nanoteknoloji Eğitiminin Lise Düzeyine Uyarlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Akaygün, S. (2010). A Nanoscience Workshop for and from Pre-Service Teachers, *Poster presented at 10th European Conference on Research in Chemistry Education*, Krakow, Poland, 4-9 Temmuz 2010.
- Bainbridge, W. S. (2002). Public Attitudes Toward Nanotechnology, *Journal of Nanoparticle Research*, 4, 561-570.
- Banchi, H. & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. The Learning Centre of the NSTA. http://learningcenter.nsta.org/files/sc0810_26.pdf. (Ekim, 2012).
- Bell, R., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-34.
- Einstein, A. (1951). Qouted in Alice Calaprice, ed. *The new quotable Einstein*, Princeton, 2005, 61.
- Feather, J. L. & Aznar, M. F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Herron, M.D. (1971). The nature of scientific inquiry. *School Review* 79(2), 171-212.
- Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü. (2010), www.gyte.edu.tr, (Kasım, 2010).
- Greenberg, A. (2009), *Integrating Nanoscience into the Classroom: Perspectives on Nanoscience Education Projects*, <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn900335r>, (Ocak, 2011).
- Hutchinson, K., (2007). *Secondary Students' Interests in Nanoscale Science and Engineering Concepts and Phenomena*, Master Thesis, Purdue University.
- Nano Channels. (2011). *Student Material*, <http://www.nanochannels.eu/?cat=5>, (Mart, 2011).
- NanoBioNet. (2011). *About Us*, <http://www.nanobionet.de>, (Şubat, 2011).
- Nanoscale Informal Science Education Network (2010). *Nanoscale Informal Science Education*, www.nisenet.org, (Kasım, 2010).

- Nanoscale Science and Engineering Center (2011). WISC Saturday Science <http://www.cise.columbia.edu/nsec/outreach/index.php?subsection=hs>, (Mayıs 2011).
- Nanoscale Science and Engineering. (2010), *Nanoscale Science and Engineering*, www.nclt.us, (Aralık, 2010).
- Nanosense Project, (2008). Nanosense Project, www.nanosense.org, (Ocak, 2011).
- Nano-Tech Science Education. (2010). *Nano-Tech Science Education (NTSE) Web Site*, www.ntse-nanotech.eu/ (Aralık, 2010).
- Nanotechnology Research Foundation. (2008). *History and Future of Nanotechnology*, <http://www.nanotechnologyresearchfoundation.org/nanohistory.html>, (Aralık, 2010).
- NanoYou Project. (2011). *NanoYou Project*, www.nanoyou.eu, February 2011.
- National Center for Learning and Teaching Nanoscale Science and Engineering, *Big Ideas of Nanoscience*, www.nclt.us/news/news_docs/Giordano-AAPT.pdf, (Kasım, 2010).
- National Nanotechnology Initiative. (2007). *Strategic Plan*, http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_strategic_plan_2007.pdf?q=NNI_Strategic_Plan_2007.pdf, (Aralık, 2010).
- National Nanotechnology Research Center. (2010). *Institute of Material Science and Nanotechnology*, www.nano.org.tr, (Ocak, 2010).
- Nisbet, M. C., & Scheufele, D. (2007). The Future of Public Engagement, *The Scientist*, 21(10), 39-44.
- Porter, A. L., & Youtie, J. (2009). How Interdisciplinary is Nanotechnology?, *Journal of Nanoparticle Research*, 11(5), 1023-1041.
- Roco, M. C. (2003). Broader Social Issues of Nanotechnology, *Journal of Nanoparticle Research*, 5, 181-189.
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. (2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science*, http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf, (Şubat, 2011).
- Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi. (2010). http://www.sabanciuniv.edu/eng/?arastirma/arastirma_alanlari_ve_birimler/SUNUM.html, (Ocak, 2011).
- Sarıtaş, O., Taymaz, E. & Tümer, T. (2007). Vision 2023: Turkey's National Technology Foresight Program: A Contextualist Analysis and Discussion, *Technological Forecasting and Social Change*, 74(8), 1374-1393.
- Schank, P., Wise, A., Stanford, T. & Rosenquist, A. (2010). *Can High School Students Learn Nanoscience? An Evaluation of the Viability and Impact of the NanoSense Curriculum*, <http://nanosense.org/documents/reports/FinalEvaluationReport.pdf>, (Aralık, 2010).
- Schank, P., Krajcik, J. & Yunker, M. (2007). Can Nanoscience Be a Catalyst for Education Reform?, In: F. Allhoff, P. Lin, J. Moor, J. Weckert (Editors), *Nanoethics: The ethical and Social Implications of Nanotechnology*, Hoboken, NJ. 2007, Wiley Publishing.

- Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2013). Ortaöğretim Kimya Dersi Öğretim Programı, Ankara.
- Time for Nano Project. (2011). Time for Nano Project, <http://www.timefornano.eu>, (Şubat, 2011).
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Arastırma Kurumu, (TÜBİTAK) (2004), *Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları, 2003-2023 Strateji Belgesi*, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf (Aralık 2013).
- Türkiye Bilim Merkezleri Vakfı. (2010). <http://www.bilimmerkezi.org.tr/> (Aralık, 2010).
- Vygotsky, L. (1934/1986). Thought and language. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L.S. (1978). Mind in society. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Whitesides, G. M. & Love, J. (2007). The Art of Building Small, *Scientific American*, 17, 12-21

A Bridge Connecting High School to University: A Nanoscience Workshop

Abstract

Nanoscience Workshop (NW) is an activity designed to increase high school students' literacy and awareness in nanoscience and nanotechnology, which are recently developing fields, by considering high school chemistry curriculum, related studies in literature and ethical aspects of nanotechnology as a socioscientific issue. Nanoscience Workshop has been developed by providing students environments to do observations, collect data, analyze, synthesize and evaluate by working and discussing in small groups, and including informative presentations. In addition, each group has been supported by a mentor pre-service teacher who guided them during knowledge construction. NW which was implemented in one full day at Boğaziçi University, Physics Education Laboratory, can be integrated into chemistry classes as a whole or separately, due to the 7 different activities being compatible with high school chemistry curriculum

Keywords: Nanobilim, nanoteknoloji, atölye çalışması, nanobilim okuryazarlığı, nanobilim farkındalığı