



Green Samples for Chemistry Curriculum in Secondary Education

Zafer KARAGÖLGE ^{1*}

¹ Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Erzurum/Türkiye, zaferk@atauni.edu.tr

Received : 23.03.2018

Accepted : 18.04.2018

Doi: 10.17522/balikesirnef.437843

Abstract – With the chemistry course curriculum, students are aimed to comprehend the significance of chemistry by using of knowledge and skills acquired in this course in explanation of daily life, health, industry and environment-related events, developing a manner to distinguish pros and cons of chemical technology reflecting our life. Similarly, students are expected to evaluate these developed manners in respect to health, community, environment and life quality, being aware of influence of chemistry on community, social life, economics and technology and identifying the renewable and alternative energy sources alongside with current energy sources, developing environmentally sensitive technologies and providing a sustainable development. Green Chemistry which is the new application of the basics of chemistry has impact on life quality, human welfare and sustainable development as well as basically involving the activities which aim to protect environment. The aim of this study within the framework named chemistry course curriculum is drawing attentions of teachers and students to the livable environment, environmental education, health and sustainable development topics by giving green examples of green chemistry and its policies and raising their interest for these topics which gain significance day by day since 1990s up to today. Another aim of this study is to ensure that students see how the science of chemistry provides concrete and rational solutions to the daily life problems that they encounter, by giving concrete examples.

Keywords: green chemistry, chemistry education, environmental education, sustainable development, curriculum

Summary

It is the rapid spread of knowledge where human life is under the blockage of technology, humans are indispensable, and in a globalizing world of shorter distances, it is only possible with education to grow up self-confident individuals who are open-minded, can keep up with the developments and can research, question and produce. It is the teaching

* Corresponding author: Zafer KARAGÖLGE, Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi Anabilim Dalı ,Erzurum/Türkiye, zaferk@atauni.edu.tr

programs which carry out the changes and developments in the world to its system. Therefore revising the programs in accordance with the requirements of the age is extremely important.

With the chemistry course teaching program which is revised in 2017, ministry of education aims students to understand the significance of chemistry by using the knowledge and skills acquired in the course to explain the daily life, health, industry and environment-related events, develop an attitude for the pros and cons of chemical technology reflecting to our life, evaluate these attitudes in respect to health, community, environment and quality of life, notice the effect of chemistry on community, social life, economics and technology and identify the renewable and alternative energy sources alongside with current energy sources, developing environmentally sensitive technologies and provide a sustainable development.

Nowadays using natural resources, development policies and as a result, unlimited and unconscious consumption cause environmental problems as well as significant threats. Especially with the industrialization and modernization, population growth, urbanization, improvement in the life quality, the influence of competition and war leading environmental pollution and degradation since the second half of the twentieth century, efforts for sensitivity and consciousness of environment started to increase. Green movement started with reducing waste, reusing and recycling which is spread by raising awareness of society on the conservation of nature and by sustainability being one of the catchwords of twentieth century. Field of chemistry is also influenced by this movement. Environment-friendly “green” chemistry view started to include in our life. Green chemistry researches are bloomed with the production and training projects. Looking back at the past 150 years of chemistry, green chemistry is a concept which is quite young.

As a new application of the basics of chemistry, green chemistry finds out solutions to the universal problems such as climate changes faced by mankind today, sustainable agriculture, energy, toxins, extermination of natural resources by designing chemical products and processes which don't involve production and usage of harmful substances. To leave future generations a habitable world of green chemistry and green chemistry, it is important to understand and apply the principles of chemistry. Life quality of green chemical science has positive effects on human welfare and sustainable development.

The aim of this study within the framework of chemistry course teaching program is drawing the attentions of teachers and students to the livable environment, environmental education, health and sustainable development topics by giving green examples of green

chemistry and its policies and raising their interest for these topics which gain significance day by day since 1990s up to today. At the same time by giving concrete examples from daily life, it aims to allow students to see how concrete and rational solution ways chemistry provides for the daily life dilemma. In this study, "*catalytic converter, coal gasification and liquefaction, biodiesel production and elimination of rigidity of water by Zeolite method*" are given as green examples. These green examples include usage of natural resources, evaluation of wastes, sustainable development, alternative energy sources, environmental awareness and eco-friendly products. Today environmental education which is supported by green chemical applications should be given to every age group starting from pre-school education establishments up to various levels of higher education studies, and particularly for lifelong learning because of its interdisciplinary feature. For this reason, green chemistry philosophy and its rules must be learned in the process of chemistry teachers and engineers' postgraduate education. Green chemistry has the potential of raising modern individual who has a magic wand in hand to bear the rise of life quality and our civilization to the sustainable future. For this reason while wasting no time, initially it should be taken to the computer-aided applications within the higher education context after that, it should be accepted to each chemistry teaching programs.

Students' theoretical knowledge in a field and its inability to transfer its real life applications to the related field and while chemistry topics are processed theoretically disconnected from daily life, these become some of the factors that make it less-liked course by chemistry students. Scientists are in same opinion that, by making chemistry teaching more attractive to young people and more suitable, it should be supported by context based teaching model. Students learn the lessons with feelings if they comprehend that chemistry is directly related to their lives counter to think that it is abstract knowledge. Chemistry teaching can provide motivation to learning when students' lives become related to their needs and desires. The examples given in this study like use of natural resources, alternative sources of energy, recycling of contaminant, elimination of chemicals by catalysis that are dangerous for the environment are green chemistry principles which involve the issues of environment and sustainable development and are concrete green examples which increase the motivation of students related to the life of students, their needs and desires and their lectures. This and similar to these examples can be found in chemistry teaching programs. Therefore the essential point in here is relating these examples with green chemistry and its principles and overlapping them with the daily life.

Green Chemistry is a new scientific branch which offers appropriate solutions in the field of economy and energy, providing lesser waste material, reduce the accident risk because it instigates for the foundation of reactions progressing safely, provides the protection of human and nature health. Since 1990s to the present day, green chemistry and principles are gaining more and more significance therefore it should be involved in chemistry teaching programs.

Ortaöğretimde Kimya Dersi Öğretim Programı İçin Yeşil Örnekler

Zafer KARAGÖLGE ¹

¹ Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Erzurum/Türkiye, zaferk@atauni.edu.tr

Gönderme Tarihi: 23.03.2018

Kabul Tarihi: 18.04.2018

Doi: 10.17522/balikesirnef.437843

Özet – Kimya Dersi Öğretim Programı’yla öğrencilerin; kimya dersinde edindiği bilgi ve becerileri günlük hayat, sağlık, sanayi ve çevre ile ilgili olayları açıklamada kullanmaları, kimyasal teknolojilerin hayata yansıyan olumlu ve olumsuz yanlarını ayırt edebilecek tutum geliştirmeleri amaçlanmaktadır. Aynı zamanda bu öğretim programı öğrencilerin geliştirdiği tutumları sağlık, toplum, çevre ve hayat kalitesi açısından değerlendirmelerini, kimyanın topluma, sosyal hayata, ekonomiye ve teknolojiye etkilerinin farkına varmalarını ve mevcut enerji kaynaklarının yanında yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarını tanımalarını, çevreye duyarlı teknolojileri geliştirmelerini ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında kimyanın önemini kavramalarını hedeflemektedir. Kimya temellerinin yeni bir uygulaması olan Yeşil Kimya, temel olarak çevresel korumayı amaçlayan aktiviteler içermekle beraber yaşam kalitesi, insan refahı ve sürdürülebilir kalkınma üzerinde de etkili olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Kimya dersi öğretim programı çerçevesinde, 1990’lardan günümüze her geçen gün daha da önem kazanan Yeşil Kimya ve ilkelerini yeşil örnekler vererek öğretmen ve öğrencilerin yaşanabilir bir çevre, çevre eğitimi, sağlık ve sürdürülebilir kalkınma konularına dikkatlerinin çekilmesi ve bu konulara olan ilgilerinin artırılmasıdır. Günlük yaşamdan somut örnekler vererek, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları sorunlara kimya biliminin nasıl somut ve akılcı çözüm yolları önerdiğini görmelerini sağlamak bu çalışmanın diğer bir amacıdır.

Anahtar Kelimeler: yeşil kimya, kimya eğitimi, çevre eğitimi, sürdürülebilir kalkınma, öğretim programı[†]

Giriş

Bilim ve teknoloji hiç şüphesiz zamanın önde gelen değerleridir. Yaşadığımız çağa haklı olarak “bilgi çağı” deniliyor. Günümüzde bilgi çağı olarak adlandırılan dönem, bilginin insan, organizasyon ve toplum hayatında temel güç ve ana sermaye halini aldığı, bilgi çalışanlarının çoğaldığı, hayat boyu öğrenme alışkanlığının yerleştiği, öğrenen birey, öğrenen organizasyon ve öğrenen toplum bağının kurulduğu ve bunların toplumsal bir yaşam biçimini

[†] Sorumlu yazar: Zafer KARAGÖLGE, Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Kimya Eğitimi Anabilim Dalı, Erzurum/Türkiye, zaferk@atauni.edu.tr

ifade etmektedir. Toplumlar “bilgi toplumu” olma sürecinden geçerken ekonomiler de yüksek katma değer üretmek için “bilgi tabanlı ekonomi” olmaya gayret ediyor. Bilişim ve iletişim teknolojilerinin dünyayı bir ağ gibi sardığı çağımızda, bilim teknolojiyi tetikliyor, teknoloji de değişimin motorluğunu yapıyor (Çengel, 2012; Ögüt, 2001).

Bilginin hızla yayıldığı, teknolojinin insan hayatını abluka altına aldığı ve insanın vazgeçilmezi olduğu, mesafelerin kısaldığı küreselleşen dünyada, gelişmelere açık ve ayak uydurabilen, araştıran, sorgulayan, üreten ve özgüven duygusu gelişmiş bireyler yetiştirmek ancak eğitimle mümkündür. Dünyadaki değişim ve gelişimleri eğitim sistemlerine taşıyan elbette ki öğretim programlarıdır. Bu nedenle, programların çağın gereklerine uygun revize edilmesi son derece önemlidir (Demircioğlu, Aslan, & Yadigaroglu, 2015).

Milli Eğitim Bakanlığı 2017 yılında revize ettiği Ortaöğretim Kimya dersi öğretim programının gerekliliğini şu şekilde ifade etmiştir: Bilim ve teknolojide yaşanan hızlı değişim, bireyin ve toplumun değişen ihtiyaçları, öğrenme öğretme teori ve yaklaşımlarındaki yenilik ve gelişmeler, bireylerden beklenen rolleri de doğrudan etkilemiştir. Bu değişim bilgiyi üreten, hayatta işlevsel olarak kullanabilen, problem çözebilen, eleştirel düşünen, girişimci, kararlı, iletişim becerilerine sahip, empati yapabilen, topluma ve kültüre katkı sağlayan vb. niteliklerdeki bir bireyi tanımlamaktadır. Bu nitelik dokusuna sahip bireylerin yetişmesine hizmet edecek öğretim programları salt bilgi aktaran bir yapıdan ziyade bireysel farklılıkları dikkate alan, değer ve beceri kazandırma hedefli, sade ve anlaşılır bir yapıda hazırlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bir taraftan farklı konu ve sınıf düzeylerinde sarmal bir yaklaşımla tekrar eden kazanımlara ve açıklamalara, diğer taraftan bütünsel ve bir kerede kazandırılması hedeflenen öğrenme çıktılarına yer verilmiştir. Her iki gruptaki kazanım ve açıklamalar da ilgili disiplinin yetkin, güncel, geçerli ve eğitim öğretim sürecinde hayatla ilişkileri kurulabilecek niteliktedir. Bu kazanımlar ve sınırlarını belirleyen açıklamaları, sınıflar ve eğitim kademeleri düzeyinde değerler, beceriler ve yetkinlikler perspektifinde bütünlük sağlayan bir bakış açısıyla yalın bir içeriğe işaret etmektedir. Böylelikle üst bilişsel becerilerin kullanımına yönlendiren, anlamlı ve kalıcı öğrenmeyi sağlayan, sağlam ve önceki öğrenmelerle ilişkilendirilmiş, diğer disiplinlerle ve günlük hayatla değerler, beceriler ve yetkinlikler çevresinde bütünleşmiş bir öğretim programları toplamı oluşturulmuştur (MEB, 2017, s.4).

Türk Millî Eğitiminin Genel Amaçları ile Türk Millî Eğitiminin Temel İlkeleri esas alınarak hazırlanan Kimya Dersi Öğretim Programı’yla öğrencilerin; kimya dersinde edindiği bilgi ve becerileri günlük hayat, sağlık, sanayi ve çevre ile ilgili olayları açıklamada kullanmalarını, kimyasal teknolojilerin hayata yansıyan olumlu ve olumsuz yanlarını ayırt

edebilecek tutum geliştirmelerini; geliştirdiği tutumları sağlık, toplum, çevre ve hayat kalitesi açısından değerlendirmelerini, kimyanın topluma, sosyal hayata, ekonomiye ve teknolojiye etkilerinin farkına varmalarını ve mevcut enerji kaynaklarının yanında yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarını tanımaları, çevreye duyarlı teknolojilerin geliştirilmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında kimyanın önemini kavramaları amaçlanmaktadır (MEB, 2017). Kimya öğretim programında özellikle çevre, sağlık, alternatif enerji kaynakları ve sürdürülebilir kalkınma gibi konulara vurgu yapılmaktadır.

Son zamanlarda ekosistemdeki bozulmalar ve çevresel değişimlerden dolayı çevre eğitime verilen önem de artmaktadır. Çevresel sorunlar, gezegenimizin yalnızca bir bölgesini değil tüm dünyayı ilgilendirmektedir. Bu yüzden eğitim alanında çevre eğitimi her ülke için önemli bir hale gelmelidir (Pekel, Kaya, & Demir, 2007). Çevre eğitimindeki amaç, insanoğlunun çevresini bütün olarak algılaması, çevreye karşı iyi bir tutum oluşturması, temiz bir çevre için duyarlı, bilinçli ve girişken bir birey olarak yaşam ortamı olan dünyayı sahiplenmesidir (Gürbüz & Çakmak, 2012).

Yeşil Kimya

Günümüzde insanların doğal kaynakları kullanmaları, kalkınma politikaları ve bununla birlikte ortaya çıkan sınırsız ve bilinçsiz yapılan tüketimler çevresel sorunlara neden olmakla birlikte büyük tehditlere de yol açmıştır. Özellikle sanayileşme ve modernleşmeyle nüfus artışı, şehirleşme, yaşam kalitesinin yükselmesi, rekabet ve savaşların etkisiyle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren çevresel kirlenme ve bozulmayla birlikte, çevreye karşı duyarlılık ve bilinç kazandırmaya yönelik çabalar artmaya başlamaktadır (Yılmaz & Gültekin, 2012). Atıkların azaltılması, tekrar kullanımı ve geri kazanımla başlayan yeşil hareket, toplumun doğayı koruma konusunda farkındalığının artması, sürdürülebilirliğin 20. yüzyılın sloganlarından biri haline gelmesiyle dalga dalga yayıldı. Kimya alanı da bu akımdan etkilendi, çevreye dost “yeşil” kimya anlayışı yeşil kimya araştırmaları, üretimleri ve eğitim projeleriyle yaşamımıza girmeye başladı (Karagölge & Gür, 2016; Yılmaz, 2001). Kimyanın 150 yılı aşkın geçmişine bakıldığında, yeşil kimya oldukça genç bir kavramdır. Bu akım 1990’da endüstriyi sonradan temizlemek yerine kirliliği kaynağında azaltmaya ya da yok etmeye çağıran kirlilik engelleme hareketi ile başlamıştır (Pollution Prevention Act of, 1990).

Kimya temellerinin yeni bir uygulaması olan yeşil kimya, günümüzde insanlığın karşı karşıya kaldığı iklim değişiklikleri, sürdürülebilir tarım, enerji, toksinler, doğal kaynakların yok olması gibi evrensel sorunlara, zararlı maddelerin üretimi ve kullanımını içermeyen

kimyasal ürünler ve prosesler dizayn ederek çözüm üretmektedir (Gerçek, 2012). İnsanlığın karşı karşıya kaldığı enerji, ulaşım, ısınma, teknoloji, aydınlanma gibi pek çok problemin kaynağı kimya olmakla beraber, çözüm yolları da kimya biliminde saklıdır. Fakat enerji, zaman ve emek açısından ele alındığında, sorunu oluşturan etmenleri ortadan kaldırmak, sorunu çözmekten çok daha etkili bir yöntemdir. Geleneksel kimya yöntemleri ile meydana gelen olumsuzlukların kaynağında yok edilmesi için kullanılacak yöntem yeşil kimya olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kimya endüstrisi yeşil kimyanın ilkelerini kullanarak, sürdürülebilirlik ve çevre ile ilgili önlemler almaya başladı. Sürekli olarak artan bir nüfusa ve sınırlı kaynaklara sahip olan dünyada sürdürülebilir bir kalkınma fikri için 21. yüzyıldaki en büyük düşüncelerden birisi yeşil kimyadır. Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak için yeşil kimya ve yeşil kimyanın ilkelerini anlamak ve uygulamak önemlidir (Karagölge & Gür, 2016). Yeşil kimya ve yeşil mühendislik çok basitleştirilmiş bir şekilde, tasarım ile proseslerin ve kimyasal reaksiyonların daha verimli, daha güvenli, daha temiz olmasını ve daha az atık üretmeyi sağlamak için kullanılabilecek amaçlar ve ilkelerdir (Constable & David, 2016). Yeşil kimya biliminin yaşam kalitesi, insan refahı ve sürdürülebilir bir gelişim üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Çabuk & Çabuk, 2017).

Massachusetts Üniversitesi Yeşil Kimya Enstitüsü bilim insanları yeşil kimya yaklaşımının on iki ilkesini belirlediler ve bu ilkeler yeşil kimya konusunda çalışacaklar için bir rehberlik özelliğindedir (Anastas & Warner, 1998).

1. *Önleme*: Bir kirliliği temizlemeye çalışmaktansa; hiç kirliletmemek yani kirliletme öncesi önlem almak daha doğru bir yaklaşımdır. Bu prensibe ‘Atıkların Önlenmesi’ de diyebiliriz.
2. *Atom Ekonomisi*: Atom ekonomisi sentezlenmek istenilen maddenin atom ağırlığının, o maddenin sentezinde kullanılan reaktiflerin atom ağırlığına oranının % olarak ifadesidir. Bu yüzde oranı atom ekonomisinin bir göstergesidir. Eğer sonuç %100 ise bu reaksiyonun %100 atom ekonomisi ile gerçekleştiği söylenebilir.
3. *Zararsız kimyasal sentez*: Çevre ve insan sağlığı açısından zararlı bir sentez tekniği yerine daha az zararlı başka bir alternatif tercih edilmelidir. Maliyet bakımında zararlı kimyasal sentez daha avantajlı olsa dahi, kirliliğin temizlenmesi de bir maliyet oluşturacağından ekonomik açıdan da dezavantajlıdır.
4. *Güvenli kimyasalların tasarımı*: Kullanılan kimyasalların toksik etkisini en aza indirecek tasarımların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

5. *Güvenli çözücüler ve yardımcı kimyasalların kullanımı:* Aşırı ve gereksiz çözücü veya ayırıcı yardımcı kimyasalların kullanımından kaçınarak, çevre ve insan sağlığı açısından daha az zararlı olanlar tercih edilmelidir.
6. *Enerjinin verimli kullanımı:* Kimyasal proseslerdeki enerji eşitlikleri hem çevre hem de ekonomi açısından en az olacak şekilde düzenlenmelidir. Sentezlerde kullanılacak ortam sıcaklığı ve basıncı mümkünse minimum olacak şekilde ayarlanmalıdır.
7. *Yenilenebilir hammadde kullanımı:* Bir reaksiyonun sentezinde kullanılan ham maddelerin veya reaksiyon sonucu oluşan yan ürünlerin yeniden kullanılabilir olanların tercih edilmesi gerekmektedir. Her türlü ham maddenin; ürün ömrünün tamamlamasından sonra yeniden kullanılabilir özellikte olması gerekir.
8. *İlave reaktif gerektiren uygulamaları azaltma, mümkünse kaçınma:* Reaksiyonlar tasarlanırken en az basamaklı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü fazla basamaklı reaksiyonlarda kimyasal kullanımı artacağından; reaksiyon basamakları azaltılmalıdır.
9. *Kataliz:* Katalitik reaktifler (yeteri kadar selektif) stokiometrik reaktiflerden daha üstündür.
10. *Bozunma için tasarım:* Kimyasal ürünler, ömürlerini tamamladıklarında, doğada atık olarak kalmayıp, çevreye zararlı olmayacak bozunma ürünleri vererek parçalanabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bugün kullanılan pek çok kimyasal ürün doğada yüzlerce yıl bozunmadan kalmaktadır. Yeşil ürünlerde bu süre daha kısa olmalı ve bozunma ürünleri çevre ya da insan sağlığına zararsız olmalıdır.
11. *Kirliliğin önlenmesi için gerçek zamanlı analiz:* Tehlikeli maddelerin oluşumundan önce üretim sürecinin sürekli izlenmesine ve kontrol edilmesine olanak sağlayacak ileri analitik yöntemlerin geliştirilmesine çalışılmalıdır.
12. *Kazaları önlemek için güvenli kimya:* Patlamalar, yangınlar gibi kimya kazalarının en aza indirilmesi için kimyasal prosesler bu şekilde tasarlanmalıdır.

Yeşil kimyada temel ilke; çevre kirliliği ile mücadele etmek ve çevreyi kirlilememektir. İnsanlar başta olmak üzere tüm canlıların ihtiyacı temiz bir çevrede yaşama devam edebilmektir. Temiz çevre ortamını korumak ve yaşatmak için yeşil kimya bilincine sahip kişilerin varlığı büyük önem taşımaktadır (Wardencki, Curylo, & Namiesnik, 2005). Yeşil kimya, disiplinler arası bir farkındalık gerektirmektedir. Yeşil kimya amaçlarına ulaşmak için kimyacılar, üretim, işletme, sağlık, çevre uzmanları ve eğitimciler gibi disiplinler arası bir

çalışma grubuna ihtiyaç duymaktadır. Yeşil kimya eğitiminin çok disiplinli yaklaşımı bireylerin disiplinler arası iletişim yeteneklerini artırır. Çevre kirliliğinin önüne geçmek için ilk basamak, günümüz ve gelecek nesillerini yeşil kimya alanında eğitmektir.

Kimya bilimi hayatımızda olmasına rağmen öğrenciler kimyayı soyut bulmakta ve kimya konularını öğrenmekte zorlanmaktadırlar. Aslında günlük hayatta karşılaştığımız bir çok olayda kimyasal reaksiyonlar yer almaktadır (Koçak & Önen, 2012; Karagölge & Ceyhun, 2002). Bu çalışmanın amacı, Ortaöğretim Kimya dersi öğretim programı çerçevesinde, 1990'lerden günümüze her geçen gün daha da önem kazanan yeşil kimya ve ilkelerini yeşil örnekler vererek öğretmen ve öğrencilerin yaşanabilir bir çevre, çevre eğitimi, sağlık ve sürdürülebilir kalkınma konularına dikkatlerinin çekilmesi ve bu konulara olan ilgilerinin artırılmasıdır. Günlük yaşamdan somut örnekler vererek, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları sorunlara kimya biliminin nasıl somut ve akılcı çözüm yolları önerdiğini görmelerini sağlamak bu çalışmanın diğer bir amacıdır.

Yeşil Örnekler

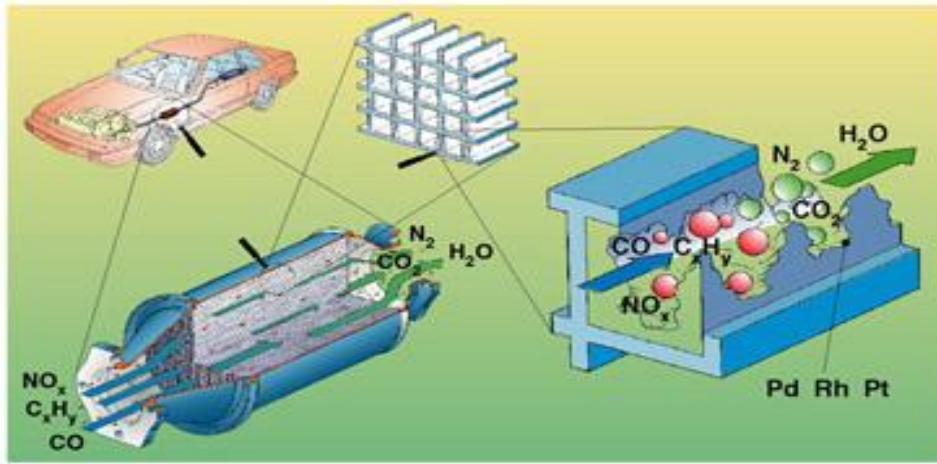
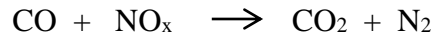
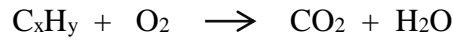
Günümüz dünyasının en büyük sorunlarından biri çevre kirliliğidir. Çevre kirliliğinin en büyük sebeplerinden biri ise doğaya atılan kimyasallar, arabalardan ve fabrika bacalarından sızan zehirli gazlar ve sulara karışan çözücülerdir. Hızla büyüyen çevre kirliliğinin en büyük sorumlusu kimyasallar olarak gösterilince, kimyacılar ve kimya mühendisleri de alternatif çözüm yolları aramaya başladılar. Sürekli olarak artan bir nüfus ve sınırlı kaynaklarla dünyada sürdürülebilir bir kalkınmayı gerçekleştirmek için alternatif çözüm yollarından en önemlisi de yeşil kimyadır (Karagölge & Gür, 2016). Bu çalışmada, doğal kaynakların kullanımı, atıkların değerlendirilmesi, sürdürülebilir kalkınma, alternatif enerji kaynakları, çevre bilinci ve çevre dostu ürünleri içeren yeşil örnekler verilecektir.

Katalitik Konvektör

Dünyada ve ülkemizdeki milyonlarca araç, hava kirliliğinin kaynaklarından birini oluşturuyor. Özellikle kalabalık şehirlerde, egzoz gazlarının yaşam kalitesini düşürdüğü aşikârdır. Bu problemi azaltmak için araçlarda 1975 yılından itibaren katalitik konvektörler kullanılmaya başlanmış ve son on yıl içerisinde hemen hemen bütün ülkelerde zorunlu hale getirilmiştir. Otomobil egzoz sistemindeki katalitik konvektörlerde heterojen katalizör kullanılmaktadır. Heterojen katalizör, çoğunlukla, katı bir katalizörün yüzeyinde adsorbe edilen gaz halindeki reaktantları içerir.

Azot oksitler, karbon monoksit ve yanmamış hidrokarbonlar gibi bileşikler içeren egzoz gazları, gözenekli katı katalizör içeren bir dönüştürücüden geçirilir. Katalizör, egzoz gazlarının çevresel etkisini azaltmak için karbon monoksidin karbondioksite, hidrokarbonların karbondioksit ve suya, azot oksitlerin azot gazına dönüştürülmesini destekler (Zumdahl & Zumdahl, 2012).

Şekil 1 otomobillerde kullanılan bir katalitik konvertörü göstermektedir. Katalitik konvertörün kanalları Platin (Pt), Paladyum (Pd), Rodyum (Rh) ve Seryum (Ce) ile kaplanmıştır. Konvertör içindeki Pd ve Pt, C_xH_y ve CO'lerin oksitlenmesini, Rh ise NO_x'lerin indirgenmesini sağlar. Ce ise zengin ve fakir çalışma esnasında değişiklik gösteren oksijen miktarını, oksijeni depolayarak gerekli miktarda katalizörde tutmaya yarar.



Şekil 1 Otomobillerde kullanılan katalitik konvektör

Kömürün Gazlaştırılması ve Sıvılaştırılması

Çağımızda yiyecek, içecek kadar önemli tüketim maddelerinden biri ve vazgeçilmez uygarlık aracı, enerjidir. Kömür “kirli” bir enerji kaynağıdır ve çıkarılması da tehlikeli bir çabayı gerektirir. Kömür, petrol ve doğalgaz (ağırlıklı olarak metan) hep birlikte fosil yakıtlar olarak adlandırılır. Çünkü bunlar bitki ve hayvanların yüz milyonlarca yıl süren bir çürüme sürecinin sonucunda oluşmuştur. Petrol ve doğal gaz, kömüre göre daha temiz ve daha verimli bir yakıttır. Ancak petrol ve doğal gaz kaynakları, alarm veren bir hızla tüketilmektedir. Son

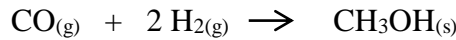
yıllarda araştırmalar kömürün daha farklı endüstri alanlarında kullanımını destekler niteliktedir.

Kömürün temiz ve verimli bir yakıt olarak kullanılması için en ümit verici yöntemlerden biri kömürün gazlaştırılması diğeri ise kömürün sıvılaştırılmasıdır (Chang, 2000). Kömürün gazlaştırılması sonucu oluşan gaza “*sentetik gaz*” adı verilir; bu gaz, kızgın buhar ve hava ortamında kömürün bozunma reaksiyonundan elde edilir.



Sentetik gazın ana bileşeni metandır (CH₄). Sentetik gazın depolanması ve taşınması kömürden daha kolaydır. Ayrıca, kömürün gazlaştırma sürecinde kükürt ayrıştığı için hava kirliliğine de neden olmaz.

Kömürden sıvı yakıt elde etmenin ilk basamağı genellikle tepkime (1)'dir. Reaksiyonda elde edilen ürünler (H₂ ve CO), katalizör (ZnO, Cr₂O₃) eşliğinde sıvı hidrokarbonları verir.



Sıvı metanolün de sentetik gaz gibi depolanması ve taşınması kolaydır. Metanol çeşitli kullanım alanlarına da sahiptir. Örneğin, asetik asit gibi çeşitli organik çözücülerin üretiminde, boya, plastiklerin başlangıç maddesi olarak, tiner ve biyodizel üretiminde kullanılır. Ayrıca atık su arıtım tesisinde de denitrifikasyon amacıyla kullanılmakta, binaların ısıtılmasında, elektrik enerjisi üretiminde ve yakıt pillerinde de kullanılmaktadır.

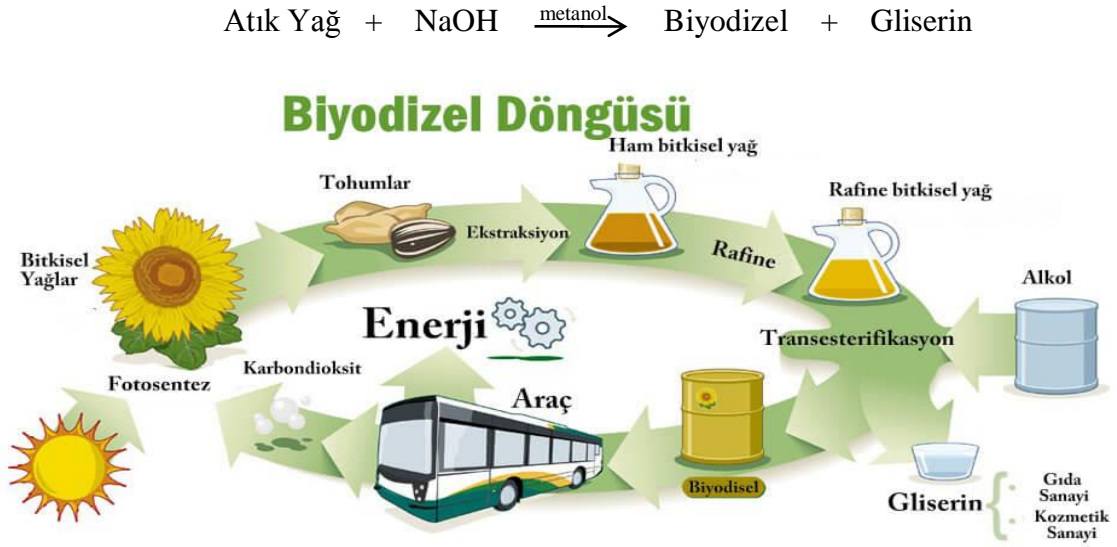
Biyodizel Üretimi

Sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeksizin, günümüz ihtiyaçlarını karşılayan bir gelişmedir (Lancaster, 2002; Rauch, 2012). Sürdürülebilir kalkınma sosyal, ekolojik, ekonomik, mekânsal ve kültürel boyutları için düşünüldüğünde ekonomik ve kültürel, doğal kaynaklar kapsamında ise ekolojik açıdan önem taşımaktadır.

Günümüzde yeşil kimya kavramı, kimyasal ürünlerin ve proseslerdeki çevre ve insan sağlığına zararlı maddelerin oluşumunu engelleyici ve önleyici yöntemlerin bulunması, planlanması ve geliştirilmesini hedefleme amaçlı bir slogan olarak algılanmaktadır. Yeşil

Kimya bilinciyle, kimyasal ürünler ve süreçlerin ekosisteme zararlarının minimuma indirilmesini amaçlanmaktadır. Bu nedenle özellikle atık bitkisel yağlardan ve yanmış motor yağlarından biyodizel üretimi çevre ve sürdürülebilir kalkınma için büyük bir önem arz etmektedir. Çevre ve sağlımız açısından unutulmaması gereken önemli bir nokta “bir litre atık yağın bir milyon litre suyu kirlettiği” gerçeğidir.

Biyodizel, genellikle kanola, aspir, soya, pamuk, ayçiçeği ve palmiye yağları gibi bitkisel yağların; bunun yanı sıra evsel, endüstriyel vb. tüketimlerden kaynaklanan bitkisel atık yağların; mezbaha, balık ve tavuk yağları gibi hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir esterdir. Şekil 2’de biyodizel üretim döngüsü gösterilmektedir:



Şekil 2 Biyodizel üretim döngüsü

Bitkisel yağda bulunan yağ asitlerini esterleştirerek yapılan bir yakıt olan biyodizel, dizel yakıtına göre bazı avantajlara sahiptir. Biyodizel, partikül madde, karbon monoksit ve kompleks organik moleküller gibi daha az kirletici üretir ve bitkisel yağlar kükürt içermediğinden egzoz gazlarında zehirli kükürt dioksit yoktur. Ayrıca, biyodizel çok az değişiklikle mevcut motorlarda kullanılabilir (Zumdahl & Zumdahl, 2012). Biyodizel üretim reaksiyonunda yan ürün olarak elde edilen gliserin kozmetiklerde, sabun ve deterjan üretiminde çok fazla kullanılmaktadır. Biyodizel üretim reaksiyonu tek basamaklı bir

reaksiyon olduğundan verimli, elde edilen iki ürünün de ticari değeri olmasından dolayı da ekonomiktir.

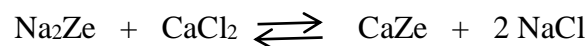
Zeolit Yöntemiyle Suların Sertliğinin Giderilmesi

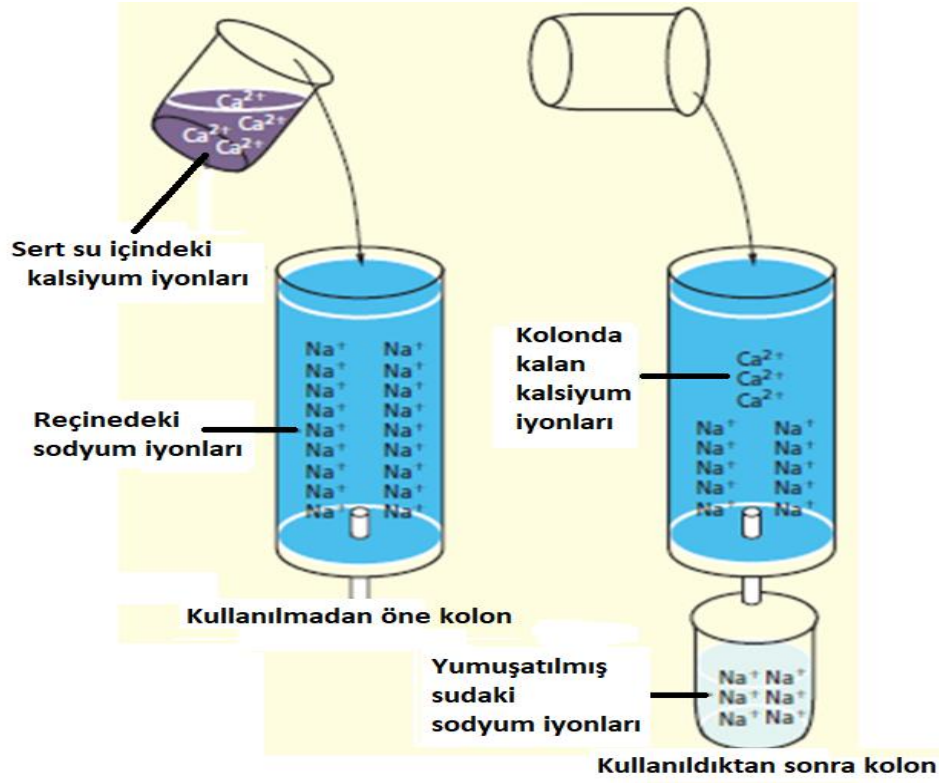
Tüm canlıların yaşaması ve hayatlarının devamı için gerekli temel unsurların başında oksijen ve su gelmektedir. Su, yaşam için zorunlu maddelerden birisidir. Çünkü canlı organizmayı meydana getiren hücrelerin metabolik faaliyetlerini sürdürebilmeleri ancak su ile mümkün olur (MEB, 2007). Suyun içme suyu olarak kullanılabilmesi için taşınması zorunlu olan kalite koşullarından birisi de suyun belirli sertlik derecesinde ve yeterli derecede yumuşak olmasıdır. Su, çökelti verebilecek kadar önemli miktarda iyonlar içeriyorsa suyun sert olduğundan söz edilir. Bünyelerinde kalsiyum, magnezyum ve ağır metal iyonları içeren, .sabunu kolaylıkla köpürtmeyen ve lezzetli olmayan sulara, sert su denir (Candaş & Akbaba, 2005). Suyu yumuşatmada kullanılan en iyi yöntemlerden biri, iyon değiştiricidir. İyon değiştirici olarak kullanılan madde ya zeolit denen doğal gözenekli sodyum alumino silikat polimeridir ya da yapay reçine benzeri bir maddedir. Doğada $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ şeklinde bulunan zeolitın yapay olarak hazırlanan formuna “permutit” adı verilir.

Zeolit, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının giderilmesi ve suyun yumuşatılması için deterjanlara da eklenir (Lancaster, 2002). Zeolitler başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; *iyon değişikliği yapabilme, adsorbsiyon* ve buna bağlı *moleküler elek yapısı* zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına olanak sağlar. Son yıllarda zeolit mineralleri iyon değiştirme ve adsorbsiyon özellikleri nedeniyle kirlilik kontrolünde gittikçe artarak kullanılmaktadır.

İyon değiştirme yönteminde suya sertliğini veren ve istenmeyen Ca^{+2} , Mg^{+2} ve Fe^{+3} iyonları Na^+ iyonu gibi zararsız iyonlarla yer değiştirilir. Sert su, iyon değiştirici bir kolon veya tabakadan geçirildiğinde, iyon değişimi meydana gelir ve suyun sertliği giderilmiş olur.

Na^+ iyonlarını veren zeolit sertlik giderme özelliğini zamanla kaybeder. Sertlik giderme özelliğini kaybetmiş zeolit üzerinden $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ çözeltisi geçirilir ve zeolit eski haline döner (Le Chatelier prensibi). İyon değiştirme maddesi (zeolit) sonsuz ömürlüdür. Zeolitın yenilenmesi hiçbir kayıp olmadan sonsuz olarak yapılabilir. İyon değiştiriciden çıkan su devamlı olarak kontrol edilir. Suda sertlik arttığında zeolit, $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ çözeltisi ile yıkanır. Aşağıdaki tepkime soldan sağa doğru suyu yumuşatma, sağdan sola doğru ise zeoliti yenileme tepkimesidir. . Şekil 3 iyon değiştirme yöntemi ile suların sertliğinin giderilmesini göstermektedir.





Şekil 3 İyon değiştirme yöntemi ile suların yumuşatılması

Yukarıda bahsedilenler özetlenecek olursa Yeşil kimya eğitimi halen uygulanmakta olan geleneksel kimya eğitiminin ortadan kaldırılması değil, eğitimin farklı bir anlayışla modifiye edilmesidir. Geleneksel kimya eğitiminin modern bir versiyonu olması, daha az toksik madde kullanılması, öğrenciler için güvenli bir deney ortamı sağlaması, kritik düşünme becerileri kazandırması, daha ucuz çözümler ve düzenekler kullanması ve atık miktarını azaltarak maliyeti düşürmesi, bilimsel kavramları sürdürülebilirlik ve sorumlu liderlik kavramlarıyla birleştirmesi, lisans öğrencilerinin araştırmalarda yer almalarını sağlamasından dolayı yeşil kimya, kimya lisans düzeyindeki bilim eğitimi için ideal bir odaktır (Gerçek, 2012).

Yeşil Kimya bilinciyle, kimyasal ürünler ve süreçlerin ekosisteme zararlarının minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır. Bununla birlikte kimyasal maddelerin zararlı etkilerinin farkında olunması bilincinin aşılması ve toplumun belirli basamaklarına ulaştırılması sağlanmaktadır (Yücel, 2008).

Sonuç ve Tartışma

Teknolojinin hızla gelişimi ile ozon tabakasının incelmesi, küresel ısınmanın artması, insan sağlığını tehdit eden kanserojenlerin çoğalması, fosil yakıtların tükenmesi, su yetersizliği ve su kirliliği gibi bazı çevresel sorunlar da beraberinde gelmiştir (Bare, 2003).

Yeşil kimyanın temel ilkesi; çevre kirliliği ile mücadele etmek ve çevreyi kirletmemektir. İnsanlar başta olmak üzere tüm canlıların ihtiyacı, temiz bir çevrede yaşama devam edebilmektir. Temiz çevre ortamını oluşturmak, korumak ve yaşatmak için yeşil kimya bilincine sahip kişilerin varlığı büyük önem taşımaktadır (Wardencki & Curyo, 2004). Yeşil kimya, çevresel sorunlara atomik ve moleküler düzeyde çözüm ürettiğinden sürdürülebilir kalkınma için vazgeçilmez temellerden biridir. Yeşil kimya, geleneksel kimya biliminin temelleri üzerine yerleşmiş yeni bir kavramdır. Yeşil kimya kuralları uygulanarak gerçekleştirilen üretim ve prosesler çevre ile uyumlu ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde dizayn edilirler. Yeşil kimyanın en büyük etkisi, ilkelere pratikte uygulanması ile görülür (Gerçek, 2012). Kimya ders programlarının içeriğinde yeşil kimyanın prensipleri yer aldığına yaşantımızda sıkça gündemi oluşturan küresel ısınma, ozon tabakasında incelme, kirlilik, enerji tasarrufu, sürdürülebilirlik, geri dönüşüm vb. konuları öğrenciler daha iyi anlamakta aralarında doğru ilişkileri kurabilmektedirler (Lerman, 2003). Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak için yeşil kimya ve yeşil kimyanın ilkelerini anlamak ve uygulamak önemlidir (Karagölge & Gür, 2016).

Bugün yeşil kimya uygulamaları ile desteklenen çevre eğitimi disiplinler arası özelliğinden dolayı okul öncesi fen eğitimi programlarından başlayarak ilköğretimin, ortaöğretimin ve yükseköğretimin çeşitli düzeylerinde ve özellikle yaşam boyu eğitim olarak her yaşta bireylere verilmelidir (Morgil, Yılmaz, Aktuğ, & Göbekli, 2002). Çünkü geleceğin kimyacılarının, kimya öğretmenlerinin ve kimya mühendislerinin lisans eğitimleri sürecinde yeşil kimya felsefesi ve kurallarını öğrenmeleri gerekmektedir. Yeşil kimya, yaşam kalitesini arttırmak ve uygarlığımızı sürdürülebilir bir geleceğe taşımak için elinde sihirli bir değneğe sahip modern insan yetiştirme potansiyeline sahiptir. Bu yüzden yeşil kimya zaman geçirilmeden, bilgisayar destekli uygulamalar dahilinde yükseköğretim içeriğine alınmalı, ardından da her düzeydeki kimya eğitimi öğretim programlarına dahil edilmelidir (Gerçek, 2012; Erökten, 2006; Çakmak, Topal, & Çakmak, 2012).

Dünyamızda sürdürülebilir kalkınma yeşil kimya ile ulaşılabilecek bir hedeftir. Kimya eğitimi müfredatlarına bu konunun girmesi için American Chemical Society (ACS), Royal

Society of Chemistry (RSC) ve Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) tarafından müşterek bir proje de hazırlanmıştır (Erökten, 2006).

Öğrencilerin bir alanda öğrendiği kuramsal bilgileri ilgili alanın gerçek hayat uygulamalarına aktaramamaları ve kimya konularının gündelik yaşamdan kopuk bir şekilde kuramsal olarak işlenmesi kimyanın öğrenciler tarafından daha az sevilen bir ders olmasındaki faktörlerden bazılarıdır (Kutu & Sözbilir, 2011). Bilim insanları kimya öğretiminin daha çekici, gençlerin ilgilerine ve günlük hayatına daha uygun olması için yaşam (bağlam) temelli öğretim modeli ile desteklenmesi görüşündedirler (Bennett & Lubben, 2006). Bağlam temelli öğrenme anlayışına dayanan REACT stratejisi ile de öğrenciler bilimsel bilgileri ezberlemek yerine, bu bilgilerin günlük yaşamlarıyla ilişkisini öğrenirler ve farklı durumlarda bu bilimsel bilgileri kullanarak “bu bilginin nerede kullanılabileceğini” öğrenme fırsatını yakalamış olurlar (Ültay & Çalık, 2011). Öğrenciler kimyadaki bilgilerin soyut olmadığını aksine kendi yaşantılarıyla direk olarak ilişkisi olduğunu algıarlarsa, ona karşı ilgi ve tutumları da artacağı için dersi hissederek öğrenirler. Kimya öğretimi, öğrencilerin yaşadıkları hayat, ihtiyaçları ve arzuları ile ilişkili olduğu zaman onların öğrenmeye karşı motivasyonunu sağlayabilir (Ayas, Çepni, Johnson, & Turgut, 1997; Turgut, Baker, Cunningham, & Pipum, 1997; Shen, 1993).

Bugün birçok öğrenci, dünyalarının sürdürülebilirliği ile yakından ilgileniyor. Öğrenciler, faaliyetlerimizle artan küresel ısınma ve sera etkisinin gezegenimizin sağlığını nasıl etkilediğini kaygıyla takip ediyorlar, artan kirlilik konusunda endişe duyuyorlar ve geri dönüşüm uyguluyorlar. Bundan başka gelecek nesiller için sağlıklı bir Dünya’yı güvence altına almak istiyorlar. Yeni ve hızlı bir şekilde gelişen yeşil kimya alanının kimya dersi öğretim programlarına alınmasıyla öğrencilerin bu kaygıları azalacaktır (Hjeresen, Schutt, & Boese, 2000).

Bu çalışmada verilen örnekler doğal kaynak kullanımı, alternatif enerji kaynakları, atıkların değerlendirilmesi, çevre için tehdit oluşturan kimyasalların katalizör kullanılarak bertaraf edilmesi gibi yeşil kimyanın ilkeleri, çevre ve sürdürülebilir kalkınma konularını içeren öğrencilerin yaşadıkları hayat, ihtiyaçları, arzuları ile ilişkili ve derse karşı öğrencilerin motivasyonunu artıran somut yeşil örneklerdir. Bu ve buna benzer birçok örnek kimya öğretim programında bulunabilir. Burada önemli olan bu örneklerin yeşil kimya ve ilkeleriyle bağdaştırılması ve gündelik yaşamla örtüşmesidir.

Öneriler

Yeşil Kimya, ekonomi ve enerji alanında uygun çözümler sunan, daha az atık madde oluşumunu sağlayan, güvenli yollardan ilerleyen reaksiyonların bulunmasına ön ayak olduğu için kaza riskini de azaltan, insan ve doğa sağlığının korunmasını sağlayan yeni bir bilim dalıdır. Bu nedenle 1990'lardan günümüze her geçen gün daha da önem kazanan Yeşil Kimya ve ilkelerine kimya öğretim programlarında yer verilmelidir.

Kaynakça

- Anastas, P., & Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.
- Ayas, A., Çepni, S., Johnson, D., & Turgut, M. F. (1997). *Kimya Öğretimi, Öğretmen Eğitimi Dizisi*. Ankara.
- Bare, J. C. (2003). The Tool For The Reduction And Assessment of Chemical And Other Environmental Impacts. *Journal of Industrial Ecology*, 6, 49-78.
- Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters Approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015.
- Can, T. (2005, Ocak). Sürdürülebilir Dünya Umudu Yeşil Kimya. *Bilim ve Teknik*, 66-69.
- Candaş, D., & Akbaba, G. (2005, Kasım). Su. *Bilim ve Teknik, Yeni Ufuklara*, 1-31.
- Chang, R. (2000). *Fen ve Mühendislik Bölümleri için Kimya*. (A. B. Soydan, A. Z. Aroğuz, Çev.) İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A. Ş.
- Constable, C. J. G., & David, J. (2016). *Yeşil Kimya ve Mühendislik*. (T. K. Aşkar, Çev.) Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Çabuk, M., & Çabuk, U. F. (2017). “Yeşil Kimya ile Çevreyi Koruyorum” İsimli Projenin Okul Öncesi Dönem Çocuklarının Çevreye Yönelik Bilgi Düzeyi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *DPÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi / EBDER*, 1(1), 64-74.
- Çakmak, R., Topal, G., & Çakmak, M. (2012). Kimya Öğretiminde Yeni Bir Kavram: Yeşil Kimya. *The Journal of Academic Social Science Studies, JASS*, 5(8), 359-371.
- Çengel, Y. (2012, Ekim). Bilim ve Teknoloji. *Bilim ve Teknik*, 50-53.
- Demircioğlu, G., Aslan, A., & Yadigaroğlu, M. (2015). Yenilenen Kimya Dersi Öğretim Programının Öğretmen Görüşleri İle Destekli Analizi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 4, 135-146.
- Erökten, S. (2006). Kimya Eğitiminde “Yeşil Kimya” Konusunun Öğretimi İle İlgili Çeşitli Değerlendirmeler. *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*.

- Gerçek, Z. (2012). Kimya'nın Yeni Rengi: Yeşil Kimya. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi/Journal of Higher Education and Science*, 2(1), 50-53.
- Gürbüz, H., & Çakmak, M. (2012). Biyoloji Eğitimi Bölümü Öğrencilerinin Çevreye Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19, 162-173.
- Hjeresen, D. L., Schutt, D. L. & Boese, J. M. (2000). Green Chemistry and Education. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1543-1544.
- Karagölge, Z., & Ceyhun, İ. (2002). Öğrencilerin Bazı Kimyasal Kavramları Günlük Hayatta Kullanma Becerilerinin Tespiti. *Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 287-290.
- Karagölge, Z., & Gür, B. (2016). Sustainable Chemistry: Green Chemistry. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.*, 6(2), 89-96.
- Kirchhoff, M. M. (2001). Topics in Green Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 78(12), 1577.
- Koçak, C., & Önen, S. (2012). Kimya konularının Günlük Yaşam Konsepti Çerçevesinde Değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 42, 262-273.
- Kutu, H., & Sözbilir, M. (2011). Yaşam Temelli ARCS Öğretim Modeliyle 9. Sınıf Kimya Dersi "Hayatımızda Kimya" Ünitesinin Öğretimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 30(1), 29-62.
- Lancaster, M. (2002). *Green Chemistry: An Introduction Text*. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry.
- Lerman, Z. M. (2003). Using the Arts To Make Chemistry Accessible to Everybody. 2002 James Flack Norris Award, sponsored by ACS Northeast Section. *Journal of Chemical Education*, 80, 1234-1243.
- MEB. (2007). *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı MEGEP, Gıda Teknolojisi İçme ve Kullanma Suyu Analizleri*. Ankara.
- MEB. (2017). *2017-Kimya Dersi Öğretim Programı*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Morgil, İ., Yılmaz, A., Aktuğ, P., & Göbekli, İ. (2002, Temmuz 8-12). Evaluation of the Student's Understanding on Environmental Problems and Suggestions. *ISWA-2002*, 5, s. 3029-3034. İstanbul.
- Öğüt, A. (2001). *Bilgi Çağında Yönetim*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Pekel, K., Kaya, E., & Demir, Y. (2007). Farklı Lise Öğrencilerinin Ozon Tabakasına İlişkin Düşüncelerinin Karşılaştırılması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 15(1), 169-174.

- Pollution Prevention Act of 1990 U.S.C., Sections 13101-13109, United States Environmental Protection Agency (<https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990>).
- Rauch, I. E. (2012). Sustainable Development And Green Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 57-58.
- Shen, K. (1993). Happy Chemical Education. *Journal of Chemical Education*, 70.
- Turgut, M. F., Baker, D., Cunningham, R., & M., P. (1997). *İlköğretim Fen Öğretimi, Öğretmen Eğitimi Dizisi*. Ankara.
- Ültay, N., & Çalık, M. (2011). Asitler ve Bazlar Konusu İle İlgili Örnekler Üzerinden 5E Modelini ve REACT Stratejisini Ayırt Etmek. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 5(2), 199-220.
- Wardencki, W., & Curyo, j. W. (2004). Green Chemistry - Current and Future Issues. *Gdańsk University of Technology, Narutowicza, Poland*, 11-12.
- Wardencki, W., Curylo, J., & Namiesnik, J. (2005). Green Chemistry — Current and Future Issues. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14(4), 389-395.
- Yılmaz, E. (2001, Kasım). Kimya Endüstrisine Bahar Geliyor: Yeşil Kimya. *Bilim ve Teknik*, 94-97.
- Yılmaz, F., & Gültekin, M. (2012). Sınıf Öğretmeni Adaylarının Çevre Sorunları Bağlamında Öğrenim Gördükleri Programa İlişkin Görüşleri. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 120-132.
- Yücel, S. A. (2008). A New Motto in Environmental Protection: Green Chemistry. *Eurasian Journal of Educational Research*, 32, 145-154.
- Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2012). *Chemistry: An Atoms First Approach*. Belmont, USA: Brooks/Cole, Cengage Learning.