

ATIKLAR ve ÇEVRE SORUNLARI: MÜHENDİSLİK CEPHESİNDEN ÇEVRE SORUNLARINA BAKIŞ

Türkey DERELİ, Adil BAYKASOĞLU

Gaziantep Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Yeraltı kazılarından, eski uygarlıklar zamanında da insanların çöplerini attığı ve bunları kapılarının önünde ya da bir köşede biriktirdikleri anlaşılmıştır. 1772'de Kral *William-I* şehir halkının tutumlarına öylesine sinirlenmiştir ki, askerlerine evlerden dışarı bırakılan çöplerin, küreklerle tekrar evlerin içine atılmasını emretmiştir. Bu bir anlamda, belki de; "*kirleten öder*" prensibini uygulayan bir yetkili bulunduğunu gösteren kayıtlı ilk örnek olmuştur. Bugün, Avrupa Birliğine üye ülkelerde kişi başına yılda ortalama 400 kg "*kentsel (evsel) katı atık*" çıkarılmaktadır. ABD'de ise bu rakam 1996 yılı verilerine göre yılda 750 kg'a yaklaşmaktadır. Günlük olarak düşünüldüğünde, ortalama bir kişi günde yaklaşık 2 kg kadar *evsel katı atık* çıkarmaktadır. Ülkemizde ise bu değer, kişi başı günlük 1 kg olarak tahmin edilmektedir [1].

19. Yüzyılda ortaya çıkan sanayileşme süreci ve tüketici toplumuna doğru yöneliş, toplum tarafından açığa çıkarılan atıkların miktarının çok hızlı bir biçimde artmasına neden olmuştur [2]. Şehirsel atıkların ne yapılacağı, nasıl değerlendirileceği konusu günümüzde önemli bir sorun haline gelmiştir. En uygun çöp toplama alanları genellikle kullanılmış durumda olup, sayıları ve kullanım alanları giderek azalmaktadır [3]. Bununla birlikte, insanların yoğun olarak yaşadığı yerleşim birimlerine yakın olan bölgelerde, atıkların karmaşık bir şekilde sıkıştırılması ile oluşan tehlikelerin gün yüzüne çıkmasıyla, atıklar nedeniyle ortaya çıkan çevre kirlenmesi problemi üzerinde daha çok durulmaya başlanmıştır. Ama deniz bitmiştir; ozon tabakası delinmiş, ağaçlar kesilmiş, vahalar kirlenmiş, mevsimlerin düzeni allak bullak olmuş, küresel ısınmadan söz edilmeye başlanmış, hayatlar *plastikleşmeye* yüz tutmuştur.

Bu makalede, "*Yeniden Kazanım*" (*Recycling*), "*Çevre Dostu Üretim*" ve "*Temiz Teknoloji Kullanımı*" ve benzeri gibi tekniklerin kullanımı tartışılmakta ve çevre problemlerine mühendislik penceresinden bakılmaktadır.

ÇEVRE ve ATIKLAR

Etrafımızı sarıp sarmalayan bütün nesnelere olarak tarif edilebilecek "*çevre*", soluduğumuz havadan, içtiğimiz suya, ektiğimiz topraktan yüzdüğümüz denize, oturduğumuz binadan piknik yaptığımız ormanlara, bindiğimiz arabadan, etini yediğimiz ya da beslediğimiz hayvanlara, tırnaklarımıza sürdüğümüz ojedden kullandığımız spreye kadar her şeyi içine alır. Bu yönüyle, çevre; "*yaşadığımız dünya*" olarak tarif edilebilir. Çevresini kirleten dünyasını da kirletmektedir.

Atıklar veya çevre kirleticiler birçok şekilde karşımıza çıkabilir. Bazen radyoaktif bir soğutucu şeklinde, bazen de kapımızın önüne koyduğumuz çöp tenekesi ya da poşeti biçiminde. Evlerden çıkan çöpler (evsel atıklar), toplum tarafından üretilen toplam atık maddenin genellikle %5-10'unu teşkil etmektedir. DİE verilerine göre bu oran ülkemiz için %2.5-5 civarında gerçekleşmektedir. Bununla birlikte, bunlar herkesin bireysel olarak kontrol edebileceği, kontrol altına alabileceği bir düzeydedir. Evsel atıkların içeriği ve kompozisyonu ülkeden ülkeye değişebilmektedir. Bu atıkların en büyük kısmını, toplam atıkların ağırlığının %30'unu teşkil eden "*organik atıklar*" oluşturmaktadır. Çöpe atılan artık yiyecek maddeleri bir toplumun zenginlik veya refah seviyesinin belirlenmesinde de kullanılan enteresan bir ölçüt olsa da, bunlar organik maddelerin tamamını teşkil

etmezler. Organik atıklar, çimen kırpıntılarında tutun da, tırnak kırpıntılarında kadar birçok maddeyi de ihtiva etmektedir. Kağıt, karton ve türevleri, evsel atıkların yaklaşık olarak %20-40'ını oluşturur. Sadece gazete kağıtları çöpe atılan atık maddelerin hacimsel olarak %18'ini oluşturmaktadır. Avrupa'da şehirselsel atıkların %8-12'sini cam malzemeler, %6-8'ini plastik malzemeler ve aşağı yukarı %9-12'sini de diğer atık maddeler oluşturmaktadır. Evsel katı atıkların %90'ı zararlı ve zehirli olmayan maddelerden oluşmaktadır. *Kağıt, metaller, plastik ve cam malzemeler* katı atıkların içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu yüzden, bu malzemelerin yeniden kazanımı ya da dönüştürülmesi oldukça önemlidir. Türkiye'de yılda yaklaşık 22.5 milyon ton evsel atık, 14 milyon ton endüstriyel atık çıktığı tahmin edilmektedir. Sanayide atıklarının %6'sı yeniden değerlendirilmekte ve %29'u atık borsalarında satılabilmektedir. [4]. Evsel atıkların %64'ü organik ve %12'si kazanılabilir niteliktedir ve mali değeri yaklaşık 40 milyon dolar civarındadır [1].

ATIKLAR ve ÇEVRE SORUNLARI ile MÜCADELE ve MÜHENDİSLİK BOYUTU

Çevre sorunlarının ve atık probleminin yalnızca çevre mühendisleri ve gönüllüleri tarafından çözülebilmesini beklemek hayalcilikten öteye gidemeyecektir. Topyekün bir mücadele olmadan çevre sorunlarının çözülmesi hemen hemen imkansız gibi gözükmektedir.

Mühendislik bilimlerini diğer bilimlerden ayıran en önemli özelliklerden biri de, "*çevre ile çok yakından ilişkili olmasıdır*". Esas olarak teknoloji geliştirilmesi ile ilgili olan mühendislik bilimi, çevre ile yakından ilişki içerisinde. Hatta genellikle çevre ile birlikte düşünülmektedir. Örneğin, TÜBİTAK bu olguyu öne çıkarabilmek ve vurgulayabilmek için mühendislik bilimleri alanında çıkarmakta olduğu derginin ismini "*DOĞA ve MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ*" olarak belirlemiştir. Problemlere pratik çözümler bulabilen ve bunları denklemlerle ifade edebilen kişiler olarak da tarif edilen mühendislerin çevre problemlerinin çözümünde de etkili çözüm yolları sunabilecekleri ve uygulayabilecekleri düşünülmektedir. Bugün, yaşamın en küçük kesitlerinde kullanılan, otomobillerin, televizyonların, bilgisayarların, CD'lerin vb gibi araç ve gereçlerin tasarımı ve geliştirilmesi üzerinde çalışan mühendislik biliminin, bu ürünlerin çevresel etkilerini de göz önünde bulundurması artık temel bir zorunluluk haline gelmiştir. Üretim penceresinden bakıldığında ise, mühendislik hammaddelerin yararlı ürünler haline dönüştürülmesi olarak tarif edilmektedir. Bu yönüyle, mühendisler ürünlerin geliştirilmesi için bir takım kararlar almakta, yöntem ve işlemler kullanmaktadır. Mühendislerin aldıkları bu kararlar, kullandıkları yöntem ve işlemler dolaylı olarak çevre ile ilişkilidir (kaynakların etkin kullanılması, çevreye dost işlemlerin uygulanması vb). Bu nedenle, yeryüzü kaynaklarının tüketilmesi ve üretilen ürünlerin ve üretim işlemlerinin çevreye olan etkileri (atıklar ve atmosferin kirlenmesi vb.) mühendislik ile yakından ilişkilidir. Kısacası, mühendislerin kararlarıyla belirlenen ve şekillenen tasarım ve üretim süreçleri, bir yandan çevrenin kirlenmesine neden olabilmekte, diğer yandan, eğer "çevre" ön plana çıkarıldığı takdirde, çevre problemlerinin önüne geçilmesine ya da azaltılabilmesini sağlayabilmektedir.

Teknolojiyi üreten firmaların ve kuruluşların, teknolojik ve endüstriyel üretimin çevreye olan zararlı etkilerinin farkına varmış olmaları beklenmektedir. Bazı yasal yaptırım ve düzenlemelerin etkisiyle de olsa, son yıllarda bazı duyarlı kuruluşların "yeşil mühendislik" konusunda yatırım yapmaya başladıkları ve bununla kendileri için de büyük faydalar sağlamayı başardıkları görülmektedir. Örneğin, Almanya'da düzenlenen yasalar ile, toksik etkisi olan elektronik cihazların üretici firmalar tarafından *kullanım sonunda* belli bir ücret karşılığında geri alınması uygulaması başlatılmıştır. Bunun üzerine, IBM firması çareyi çevreye dost, toksik etkisi olmayan elektronik elemanlar tasarlamakta ve bunları üretmekte bulmuş ve bu uygulaması ile kendi kârını artırmıştır. Yine, BP - Amoco, 2000 yılında dünya genelinde 40 büyük şehri kapsayan "*Temiz yakıtlar - Temiz şehirler*" adı altında hava kirliliğinin önlenmesini amaçlayan bir proje başlatmış bulunmaktadır. Mercedes-Benz ise otobüslerini çevre dostu motorlarla donatmıştır. Yeşil fabrika

stratejisini izleyen ve ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemini kurmayı taahhüt eden Honda Motor Co., geçtiğimiz yıllarda bu sertifikayı almayı başarmıştır.

Yeşil mühendislik (Green Engineering) bir ürünün, üretilirken, kullanılırken ve kullanıldıktan sonra, kısacası ömür çevrimi boyunca (*life cycle*) çevreye en az zarar verecek şekilde tasarlanmasını ve üretilmesini içermektedir. Bu yaklaşımın tasarım basamağı, mühendislik terminolojisinde *Çevreye Yönelik Tasarım* (Design for Environment) olarak da anılmaktadır. Bu yaklaşım tarzları ile birlikte, mühendislerin daha tasarım aşamasında, örneğin malzeme seçimi sırasında, çevreye en az zarar verebilecek alternatifleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. Üretim aşamasında ise *mühendisler*; en az artık madde açığa çıkarılacak şekilde, havayı ve suyu en az kirletecek bir biçimde, en az enerji kullanarak kullanım ömrü boyunca az enerji harcatacak ürünleri üretebilecek ortamları hazırlamak, işlemleri yapmak ve kararları almak durumundadır. Dolayısıyla, mühendislere artık biraz daha büyük bir sorumluluk yüklenmekte, sadece anlık işlemler ve bunların etkilerinin değil, ürünün kullanım sonrası durumunun da göz önünde bulundurulması istenmektedir.

Sanayileşmenin, endüstriyelleşmenin çevre üzerindeki tahribatını ve izlerini gören ve ekolojik dengenin bozulduğunu fark eden günümüz dünyası, *Çevre için Tasarım (Design for Environment)* konsepti yanında, *endüstriyel ekoloji* konseptini ortaya çıkarmıştır. Endüstriyel ekoloji konseptine göre, hiçbir endüstriyel sistem çevresinden bağımsız olarak düşünülemez. Doğal kaynakların çıkarılmasından, hammaddelerin elde edilmesinden, son ürünün üretilmesine değin geçen yapılan tüm işlemler ve bu işlemleri etkileyen faktörlerin **optimizasyonu** ve kaynakların etkin yönetimi, ve aynı zamanda muhtemel atıkların miktarının ve bunların etkilerinin minimizasyonu *endüstriyel ekolojinin* en önemli prensipleridir [5,6]. Kısaca, ekolojik dengenin korunması amaçlanmaktadır.

Optimizasyon, minimizasyon ve kaynakların etkin yönetimi konusunda özellikle matematik, yöneylem (operations research) ve endüstri ve kalite mühendisliği bilimlerinden mümkün olduğunca faydalanmak gerekmektedir. Ayrıca, son iki yüzyılda meydana gelen teknolojik gelişmeler, aynı zamanda dünyanın doğal kaynaklarının hızla tüketilmesine neden olduğundan, doğal kaynakların yönetimi önemli bir sorun haline gelmiştir. Özellikle ileriki nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak ve teknolojik gelişmelerin sürdürülebilmesi için, mevcut kaynakların uygun bir şekilde kullanılması, gelişim ve kalkınma süreçlerinde "*sürdürülebilirliğin*" ön plana çıkarılması arzu edilmektedir (belki de böylelikle kaçınılmaz final ya da tükeniş biraz daha geciktirilebilecektir). *Sürdürülebilir kalkınma ya da gelişim modeli* olarak da adlandırılan bu model, kalkınma ve gelişimin, bugünün ve yarının ihtiyaçları arasındaki **dengenin** korunarak yapılmasını hedeflemektedir [7]. Örnek olarak, son dönemde ozon tabakasını incelten bazı maddelerin kullanımı kısıtlanmış, bu maddeleri içeren ürünlerin üzerine "*ozon tabakasına zarar verir*" uyarısı yazılması uygulaması başlatılmıştır. Ozon tabakasına zarar veren CFC (ChloroFloroCarbon) maddesinin kullanımı büyük ölçüde kısıtlanmış durumdadır. Bununla birlikte bu maddenin kullanımının önlenemeyeceği de açıkça ortaya konulmuş bulunmaktadır. Şöyle ki, bugünkü refah konumuna hızlı büyüme yoluyla ulaşan ABD'de her evde bir buzdolabı bulunmaktadır (CFC gazının en büyük kullanım alanlarından biri buzdolaplardır). Çin ise bugün 12 yeni CFC üretim tesisi kurmuş olup, her eve bir buzdolabı hedefini koymuş durumdadır [8]. Bu durumda CFC yasaklanarak, Çinlilerin yaşam standardının yükseltilmesine müsaade edilmeyecek midir? sorusu gündeme gelmektedir. Bu durum, özellikle insan hakları açısından bakıldığında ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, bu sorunun belki de yeni bir teknoloji ile aşılabilmesi de mümkün olabilecektir.

Çevre kirliliği özellikle atmosferde kalıcı tahribatlara yol açmaktadır. Artan tüketim alışkanlıklarımızla birlikte en ciddi ekolojik sorun olarak ortaya çıkan *sera etkisi* dünyanın sürekli olarak ısınmasına (*küresel ısınma*) ve hatta dönüş hızının yavaşlamasına neden olmaktadır. Güneşten gelen ısının bir bölümü emilmekte bir kısmı ise yansıtılmaktadır. Atmosferdeki karbondioksit tabakası ise ısının yükselmesini engelleyen bir perde oluşturarak, tıpkı seralardaki gibi; güneş ışınlarının içeri girmesine izin vermekte fakat

dışarı çıkmasını engellemektedir. Artan "karbondioksit" oranı dünyanın daha çok ısınmasına neden olmaktadır. 2020 yılına kadar petrol rezervlerinin bugünkü tüketim hızıyla tüketilmesi durumunda, iklimlerin değişmesinin kaçınılmaz olacağı iddia edilmektedir [9]. Otomobiller egzozlarından yaydıkları karbonmonoksit ve benzeri atık gazlar nedeniyle, çevre kirliliğinin en önemli öğelerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Öteden beri bir güç sembolü olarak nitelendirilen otomobillerin yıllar içindeki evrimi oldukça ilginçtir. 1950'li yıllarda, üst sınıf bir otomobilin ağırlığı takriben 1901 kg iken, 1990'lı yılların aynı sınıf otomobilleri yaklaşık olarak 1434 kg kadardır. Bu durum ilk bakışta, çok olumlu bir gelişmeyi ifade eder. Çünkü ağırlığın düşürülmesi ile yakıt sarfiyatı azaltılacak, bu da dünya petrol rezervlerinin daha uzun bir müddet kullanılmasını sağlayacaktır. Bununla birlikte, yine aynı verilere göre 1950'li yılların otomobilinde hiç plastik ve alüminyum kullanılmazken, 1990'lı yılların otomobilinde 101 kg plastik ve 68 kg alüminyum kullanılmaktadır [5]. Şunu belirtmekte fayda var ki, ancak *ömür çevrimi değerlendirilmesi ya da analizi (life cycle assessment or analysis)* yöntemleri kullanılarak malzeme seçimlerinde doğru kararları verebilmek mümkündür. Bunun için her bir tasarımın çevresel etkilerinin karşılaştırılması yeterli olabilecektir.

Endüstriyel Ekoloji ve Sürdürülebilir Kalkınma Modeli özde çevreyi korumak amacıyla, aşağıdaki argümanların sıklıkla kullanılmasını gerektirmektedir;

- **Malzemelerin yeniden kullanılması, yeniden kazanımı, yeniden üretimi veya dönüştürülmesi** (1969-1977 yıllarında basılan ve tedavülden kaldırılan madeni paralar döküm fabrikalarında ızgara halinde getirilerek Fransa'ya ihraç edilmiştir. Izgaralar Fransa'da çöp yakma fırınlarında kullanılmaktadır)
- **Belirli bir fonksiyonu icra edecek bir ürünün tasarımında, kaynakların bitirilmesinin önüne geçmek için mümkün olan en az miktarda malzemenin kullanılması.** (Bu nedenle mühendislerin özellikle malzeme seçiminde dikkatli olmaları ve güvenlik katsayısı (factor of safety) konusunda hassas olmaları ve aşırı güvenlikten uzak durmaları gerekmektedir. Yapılacak tüm tasarımların güvenlik katsayısının, tıpkı uçak teknolojisinde olduğu gibi 1'e çok yakın tutulması çevre ve kaynaklarımız açısından büyük önem taşımaktadır. Örneğin, 100 dairesel bir siteye, daha iyi ısınsın diye lüzumundan daha büyük kapasiteli bir kalorifer kazanı seçen bir mühendisin, dünya yakıt kaynaklarının tüketim hızının hızlandırılmasındaki rolü hiç azımsanmayacak bir büyüklüktedir.)
- **Lüzumsuz ambalajlamadan kaçınılması** (Dış macunu tüplerinin karton kutular için de satılması düşünüldüğünde, dış ambalaj olan kağıt kutunun dış sağlığı ile hiçbir ilişkisinin olmadığı görülecektir. Bu yüzden çoğu dış macunu üreticisi yalnızca tüplü ambalaj kullanmaya başlamıştır)
- **Tüm canlıların korunması için çevrenin zararlı maddelerden arındırılması** (Modern atık su arıtma tesisleri vb.)
- **Enerji kullanımının minimizasyonu** (gerekliyse işe gitmek için araba yerine bisiklet kullanımı vb.)
- **Çevreye verilen ısı miktarının azaltılması için yeni teknolojilerin bulunması** (Klimaların çevreye verdiği ısının küresel ısınmayı artırdığı bilinmektedir.)
- **Atıkların ortaya çıktıktan sonra temizlenmesi yerine, çevreyi koruma önlemlerinin üretim süreçlerine entegre edilmesi** (Kalite Guru'su Deming'in yeşil ilkelerinden en önemlisi.)

Günümüzde atıklar ile mücadele edebilmek, çevreyi koruyabilmek, endüstriyel ekoloji prensiplerini yerine getirebilmek ve endüstriyel gelişimi sürekli kılabilmek için kullanılan yöntem, felsefe, metodoloji, sistem ya da stratejilerden yaygın olarak bilinenleri aşağıdaki başlıklar ile özetlemek mümkündür;

- Yeniden Kullanım/Kazanım/Üretim/Dönüştürme
- Temiz Teknoloji kullanımı,
- Ömür Çevrimi Analizi,
- Çevre Dostu Tasarım ve Üretim [3],

- Çevre için Tasarım [3],
- Demontaj için Tasarım [3],
- Yeniden Kullanım/Kazanım/Üretim/Dönüştürme için Tasarım [3], vb.

Yeniden kullanım ve kazanım, kullanılmış eşyaların, malzemelerin, araç ve gereçlerin atılması yerine yeniden kullanılması ile ilgilidir. Bunlar atıklarla savaşmanın ve çevreyi korumada kullanılacak en basit ama bir o kadar etkili yöntemdir. Daha çok katı atıklar için kullanılabilen bu yöntemler ile, atıklar toplanır, biriktirilir, tipine göre ayrılır ve yeniden kullanılmaya elverişli ise yeniden kullanılmak için yönlendirilirler. Evlerden çıkan alüminyum, cam, kağıt ve plastik gibi atık malzemelerin yaklaşık %80'i yeniden kazanılabilir çöplerdir. Orijinal bir alüminyum içecek kutusunun yapımı, kullanılmış alüminyum teneke kutularının eritilerek yeniden yapılmasından 20 kez daha fazla enerji gerektirmektedir. Cam da yeniden kazanılabilen ve defalarca kullanılabilen bir malzemedir. Cam şişeler, kavanozlar belli lokal istasyonlarda toplanmakta ve yeniden kullanılmak ve kazanılmak üzere bir merkez toplama istasyonunda biriktirilmektedir. Camların orijinal olarak imal edilmesinde çok yüksek ısılar kullanıldığından, harcanan enerji miktarı da yüksek olmaktadır. Halbuki yeniden kazanım da toplanan şişelerin ergitilmesi için gerekli ısı enerjisi miktarı oldukça düşüktür. Teorik olarak atık kağıt ve türevlerinin tamamı yeniden kazanılıp kullanılabilmesi mümkün olduğu halde, pratikte bugün bunların yalnızca %25'i yeniden kazanılabilmektedir. Kağıtların yeniden kazanımı için kullanılan işlem, kağıtların yapımında kullanılan işleme çok benzemektedir. Ağaç yongaları yerine, bu kez atık kağıt kullanılır ve kağıt hamuru elde edilir.

Temiz teknoloji kullanımı da özellikle son dönemlerde atıklar ile mücadelede kullanılan bir felsefe olarak yaygınlaşmaktadır. Temelde, atıkları daha ortaya çıkmadan azaltmayı hedefleyen ve bu yönüyle diğer birçok çevre kirliliği ile mücadelede yöntemi arasında bir adım öne çıkan *temiz teknoloji kullanımı* felsefesi, ürünlerin temiz teknoloji kullanılarak, çevreyi kirletmeden ya da daha az atık üretilerek imal edilebilmesini amaçlamaktadır. Bir çok endüstride, üretim sonrası çıkması muhtemel atıklar daha üretim yapılmadan tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmaya başlanmıştır ve bunların çevreye olan etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte, halen birçok endüstride, *atık arıtma* probleminde *boru sonu* teknolojisi kullanılmakta, atıkların boşaltıldığı, denize döküldüğü yerlerde boruların ağzına ya da kirli dumanın ya da gazın havayla tanışmadan önceki son durağı olan bacanın ağzına bir *filtre* bağlamakla atıkların arıtılabileceği sanılmaktadır. Bununla birlikte, filtrasyon ancak bir yere kadar çevrenin kirletilmesini önleyebilmektedir ve çoğu kez bu filtrelerin bakımları ihmal edildiğinden arıtma işleminin sağlığı tartışılır bir düzeyde kalmaktadır. Filtreleme gibi geçici çözümler yerine temiz teknolojiler kullanılarak, hiç atık üretmemeye ya da çok az atık üretmeye çalışmak, çevreyi korumada kullanılacak en kestirme ve en akılcı yol gibi gözükmektedir. Atıkların minimizasyonu için yapılacak çalışmalar, kaynakların etkili olarak kullanılmasını beraberinde getirecek ve büyük bir enerji tasarrufunu da sağlayabilecektir. Temiz teknoloji kullanımının daha etkin olabilmesi için yeniden kazanım teknikleri ile birlikte kullanılması da düşünülebilir.

"Kolayca ayrıştırılabilme" ve "kolay kazanılabilme"; "*Yeniden Dönüştürülebilme için Tasarım*" (Design for Recycling) da kullanılan en önemli iki kriterdir. Buna göre, tasarlanan bir ürün için, kolayca geri dönüştürülebilecek, kazanılabilecek ve ayrıştırılabilecek malzemelerin seçilmesine özen gösterilir. Ayrıca ürün ömrünün uzunluğu, minimum işlem gereksinimi ve minimum ham madde gereksinimi de malzeme seçiminde etkili olan faktörlerdendir. *Demontaj için Tasarım* (Design for Disassembly) da parçaların kullanım ömrü sonunda kolaylıkla parçalanabilecek ve demonte edilebilecek (sökülebilecek) ve yeniden kullanılabilir elemanlar haline getirilebilecek şekilde tasarlanması amaçlanır. *Demontaj için Tasarım* özellikle otomotiv endüstrisinin sıklıkla kullandığı bir yöntemdir. BMW, Ford, Mercedes-Benz vb. gibi otomobilleri üreten saygın üreticiler, kullanılmış arabalarını geri getiren müşterilerine büyük indirimler sunmakta ve geri aldıkları bu otomobillerin kullanılabilir parçalarının yeniden kazanarak orijinal üretimlerinde kullanılmaktadır [3]. Digital firması kullanılmış ürünlerinin değerlendirilmesi için 6Y (6R) prensibini kullanmaktadır;

- Yeniden Dönüştürme – Recycle
- Yeniden Düzeltme – Reclaim
- Yenileştirme – Refurbish
- Yeniden Üretim – Remanufacture
- Yeniden Satış – Resell
- Yeniden Kullanım – Reuse

Yukarıda kısaca bahsedilen mühendislik tabanlı **çevre dostu tasarım ve üretim** ile ilgili yöntem ve metotlar ve bunların kullanım alanlarından örnekler [3] no'lu referanstan elde edilebilir. Adı geçen makalede, ayrıca bu yöntemler detaylı olarak açıklanmış, örneklenmiş ve hangi argümanların kullanıldığı tartışılmıştır.

Yakın bir gelecekte, çevre dostu üretim yapan kuruluşların, artan toplumsal çevre hassasiyeti nedeniyle, global rekabette bir adım önde olacakları ve çevre dostluğunun bir müşteri gereksinimi haline alacağı beklenmektedir. Bu yüzden, hammaddelerin seçiminden, ürünlerin tasarımına ve üretimine değin çok önemli bir çevrimden sorumlu mühendislerin çevre koruma bilincini edinmiş ve çevre kültürü ile yoğrulmuş ve çevreyi korumakla ilgili kullanılacak bilgiler ile donatılmış olmaları gerekmektedir.

Son olarak, **çevre dostu tasarım/üretim ve yeniden kazanım** konusunda yapılacak araştırma ve geliştirme çalışmalarında ve yatırımlarda, **endüstri mühendisliği** ve **yöneylem araştırması**'nın güçlü araçlarının ve bakış açılarının avantajlarından yararlanılması gereklidir [3]. Yukarıdaki paragraflarda bahsedilen ve atıklar ile mücadele edebilmek, çevreyi koruyabilmek için kullanılan yöntemlerin birçoğu **optimizasyon** ve **karar verme** ile ilgilidir. Örneğin, ömür çevrimi analizlerinde ya da bir tasarım için uygun bir malzeme seçimi sırasında yapılan iş, genellikle eldeki alternatiflerin, belli amaçlar uğrunda mevcut kısıtlara göre değerlendirilmesini içerir. Endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması bu problemlerinin çözümü için birçok çözüm tekniği ve aracı sunmaktadır.

ISO 14000 – ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ

ISO 14000 standardı, organizasyonların hammadde kullanımlarını, üretimlerini, işlemlerini ve çevreye bıraktıkları zehirli atıklarını kontrol altına almayı gereklilik haline getirir [10]. Bir organizasyonun ne kadar zararlı atık üretebileceğini belirlemeyen bu standart, şirketlerin çevreye daha az zarar vermek ya da hiç vermemek için mevcut işlemlerinde ne gibi iyileştirmeler yapabileceğini içeren bir plan ya da strateji hazırlamasını sağlar. ISO 14000 – Çevre Yönetim Sistemi'nin yaptırımlarından bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Kaynakların etkin kullanımı ve kirlenici unsurların azaltılması ile ilgili bir planın hazırlanması
- Çevresel performansın ölçülmesi
- Çevresel etiketleme ("*yeniden dönüştürülebilir*", "*enerjinin verimli kullanımı ile...*", "*ozon tabakasına zarar vermez*", vb. gibi) uygunluğunun belirlenmesi ve kullanılması
- Bir ürünün üretilmesi, kullanılması ve atılmasının çevreye zaman içindeki etkilerinin araştırılması

Çevre yönetimi ile ilgili standartlar ailesi aşağıdaki elemanlardan oluşur;

- ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi - Özellikler ve Kullanım Kılavuzu
- ISO 14004 Çevre Yönetimi - Çevre Yönetim Prensipleri Kılavuzu -Sistemler ve Destekleyici Teknikler
- ISO 14010 Çevre Yönetimi - Çevre Denetim Kılavuzu - Çevre ile İlgili Denetimin Genel Prensipleri
- ISO 14011 Çevre Yönetimi - Çevre Denetim Kılavuzu - Denetim Usulü - Kısım 1 -

Çevre Yönetim Sistemlerinin Denetimi

- ISO 14012 Çevre Yönetimi Çevre Denetçilerinin Sahip Olması Gereken Özellikler
- ISO 14020 Çevre Yönetimi - Çevre ile İlgili Etiketlemenin Temel Prensipleri
- ISO 14021 Çevre Yönetimi - Çevre ile İlgili Etiketleme - Öz beyan - Terimler Tarifler
- ISO 14040 Çevre Yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme - Genel Prensipler ve Uygulamalar
- ISO 14060 Çevre Yönetimi - Mamullerin Çevre Veçhelerinin Mamul Standartlarına Dahil Edilmesi ile İlgili Kılavuz

ISO 14000 çevre yönetim sistemi her sektöre uygulanabilir. ISO 14000 serisinin temel belgelendirme standardı olan **ISO 14001** beş ana başlıkta toplanabilecek yaptırım maddeleri içermektedir;

i. Çevre Politikası: Kuruluşun üst yönetimi çevre politikasını hazırlamalıdır. Çevre politikası, yürürlükteki çevre yasa ve yönetmelikleri ile uyumlu olmalı ve sürekli gelişmeyi desteklemelidir. Bu politika dokümanite edilmeli ve tüm çalışanların öğrenmesi sağlanmalıdır.

ii. Planlama: Kuruluş, çevre yönetim sisteminin planlarını hazırlamalıdır. Planlamada, kuruluşun faaliyetlerinin, servisinin çevreye etkisi belirlenmeli, çevre yasa ve yönetmelikleri ile uyumlu amaç ve hedefler saptanmalı ve çevre yönetim programı oluşturulmalıdır.

iii. Uygulama ve İşlem: Çevre yönetim sisteminin kurulabilmesi için gerekli kaynak; teknoloji, finans ve insan gücü sağlanmalı, uygulama ve işlemi sürekli kontrol altında tutabilmek için bir yönetim temsilcisi seçilmelidir. Acil durum planları yapılmalı ve olası bir kaza anında kimin sorumlu olacağı, ne yapılacağı belirlenmelidir .

iv. Kontrol ve Düzeltici Faaliyetler: TS-EN-ISO İşletme sürekli iyileştirilmeli ve yönetimce belirlenmiş olan hedeflere ulaşılmalıdır. Sistem sürekli kontrol altında tutulmalı, olası aksaklıklar için düzeltici ve önleyici faaliyetler tasarlanmalı ve faaliyete geçirilmelidir. Ayrıca kuruluş kendi içinde denetimden geçmeli ve bu denetimin sonuçları üst yönetime sunulmalıdır.

v. Yönetimce Yürütülen Gözden Geçirme: Kuruluşun üst yönetimi, çevre yönetim sisteminin uygunluğunu, yeterliliğini ve etkinliğini sürdürürebilmek için belirli aralıklarla sistemini gözden geçirmelidir. Çevre politikası, amaç ve hedefleri gerekirse değiştirilmeli, iç denetim sonuçları incelenmeli, çevreyle ilgili yasa ve yönetmeliklerdeki değişiklikler uygulanmalıdır.

Sertifikasyonlarının devam edebilmesi için, organizasyonlar düzenli olarak özel uzman ve denetçiler tarafından denetlenmektedir. Doğrusunu kabul etmek gerekirse, günümüzde ISO 14000 belgesine sahip olmak hiç te kolay değildir. Bununla birlikte, bu belgenin özünü benimsemiş şirketlerin gerek toplumsal ve gerekse ekonomik açıdan büyük getiriler sağlama şansı oldukça yüksektir. Gönüllülük esas olduğu için, ISO tarafından hazırlanan diğer standartlar gibi ISO 14000 standartlarını uygulamak zorunlu değildir. Bununla birlikte, üretim ve hizmet sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlar uluslararası piyasada iş yapabilmek için çevre yönetimi ile ilgili standartların kuruluşu kazandırdığı rekabet gücünü kullanabilirler. ISO 14000 günümüzdeki çevre mevzuatının uygulanabilirliğini desteklemektedir. ISO 14000 serisinde ulaşılması istenen özel seviyeler ve barajlar yoktur. Ancak kuruluşun bu konudaki hedeflere ne ölçüde ulaştığı sorgulanır. ISO 14000 çevre yönetim sistemi yalnızca yeşile duyulan özleme uzanan bir yol değildir. İşin bir de ekonomik ve ticari boyutu bulunmaktadır. 2000'li yıllarda, dünya liginde rekabet etmek isteyen işletmelerin ISO 14000 standartlarına dört elle sarılmaları gerekmektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Özellikle son iki yüzyılda korkunç boyutlara ulaşan ve 90'lı yıllarda tüketici toplumu diye bir kavramın ortaya çıkmasına neden olan aşırı kaynak tüketimi ve malzeme kullanımı çevrenin kirliliğinden başka, aynı zamanda yaşam kalitesini de azaltmaktadır. "Atın, eskimiş çoraplarınızı atın !" sloganı ile başlayan tüketici toplumu çılgınlığı kaynakların sanıldığından daha erken tüketilmesine neden olabilecektir. Her şeyden önce insanoğlu kendisinin ve torunlarının nasıl bir dünya istediğine karar vermek zorundadır. Her isteyenin, her istediğini üretmesi ve bunları üretirken çevreyi ve atmosferi kirlletmesine izin verilmemeli, bunu sağlayacak ulusal ve uluslararası düzenlemelerin ve özendirmelerin uygulamaya konulabilmesi gereklidir. Bu gerekçe ile, Avrupa Topluluğu, atıklar ile ilgili olarak beş konuda stratejik planlar yapılması gerektiğine dikkat çekmiştir. Bunlar aşağıdaki başlıklarla özetlenebilir;

- Atıklardan korunma ve kurtulma
- Yeniden kazanım ve kullanım
- Son biriktirmede optimizasyon
- Çöp biriktirme istasyonlarının daha iyi yönetimi
- Kirlenmiş alanların temizlenmesi

Buna göre yapılması gereken ilk şey, şu an mevcut bulunan tüm yararlı atıkların yeniden kazanılmasıdır. Böylelikle "kirlenmeye" bir ölçüde dur denilebilecektir.

Doğal kaynakların hızla tüketimi ve hızla artan atıkların miktarı, çevre konusunda ciddi olarak çözümler üretilmesini gerektirmiştir. Çözümlerin başarıya ulaşabilmesi için aslında iki temel kuralın daima uygulanması ve yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunlar; [3];

- Çevre dostu (yeşil) ürünler üretmek,
- Yeniden kazanım ve atık yönetimi için etkili teknikler geliştirmektir.

Etkili çözümlerin bulunabilmesinde mühendisliğin çok önemli katkıda bulunabileceği yadsınamaz bir gerçektir. Bu konuda, özellikle **çevre ve endüstri mühendisleri** olmak üzere, tüm mühendisleri ve bireyleri görevlerini yapmaya davet ediyoruz. Bu arada şunu da belirtmekte fayda var ki, atık miktarının azaltılabilmesi atıklar ile mücadelenin birinci şartıdır. Bu da ancak tasarruf ile ve israfın önüne geçilebilmesi ile mümkün olacaktır. *İsraf* ya da bir başka deyişle kaynakların verimsiz kullanımı bir sistemin, şirketin toplumun ya da insanın hedeflerine ulaşmasına engel olur. *Tasarruf* ise ekonomilerin düzlüğe çıkmasını sağlayabilir büyüklükte bir kaynak meydana getirebilecek güce sahiptir. Bu yüzden gerek toplumsal olarak, gerek kişisel ve şirketler bazında topyekün bir tasarruf kampanyasına gidilmesi ya da politikalarının oluşturulması gereklidir. *Tasarrufları arttırmak için israfın önlenmesi*, israfı meydana getiren tüm işlerin (aşamaların) israflardan arındırılması ve tüm aşamalarda kesintisiz ve sürekli olarak *mükemmellik* sağlanması gereklidir. Üzerinde "Bu ürün hiçbir saf kaynak hammadde kullanılmadan, tamamen yeniden kazanılmış maddeler ile üretilmiştir ve sağlığa zararsızdır" yazan ürünlere dokunmak ve kullanmak umuduyla, ve; plastik şişelere *kalite ödülü* verilmediği günlerin gelmesi ümidiyle...

KAYNAKÇA

1. ÇEVKO, Rapor, 1999.
2. Topacık, D., Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSKİ Genel Müdürlüğü, 2000.
3. Güngör A, Gupta, S.M., "Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey", Computers & Industrial Engineering, Cilt 36, s. 811-853, 1999.
4. Hürriyet Gazetesi, s. 13, 20 Temmuz 1999.

5. Graedel, T.E, Allenby, B.R., *Industrial Ecology and the Automobile*, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
6. Krajewski, L.J, Ritzman, L.P, *Operations Management – Strategy and Analysis*, Addison-Wesley, USA, 1999.
7. TS-EN-ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemleri Kitapçığı, TSE, 1997.
8. NPQ (New Perspectives Quarterly), Cilt 1, Özel Sayı, 1999.
9. Hürriyet Pazar Gazetesi, s. 8, 18 Temmuz 1999.
10. Rubin, E.S., *Introduction to Engineering & The Environment*”, McGraw-Hill, Singapore, 2001.