

BÖLÜM 14

ÇEVRESEL YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETLEME VE YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME TABANLI YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETLEME

Gülhan SUADIYE¹

GİRİŞ

Yaşam döngüsü, sosyal bilimlerde en çok kullanılan kavramlar arasındadır. Yaşam döngüsü kavramının anlamı ve kullanımı çeşitlidir. Ancak belirsiz tanımlar ve uygulamalar, sosyal bilimlerdeki çalışmalarda anlam kargaşasına neden olmakta; konunun veya problemin tam olarak tanımlanmasında zorluklar yaratmaktadır. Kesin olarak tanımlandığında, kavram, doğal popülasyonlarda üreme mekanizmaları tarafından yönlendirilen olgunlaşma ve nesil süreçlerini temsil etmek için kullanılır. Bununla birlikte, çoğu zaman kavram, genel anlamda geçiciliği belirtmek için de kullanılmaktadır. Bu kullanımda yaşam döngüsü, “yaşam süresi”, “yaşam seyri” ve “yaşam (hayat) boyu” terimleri aynı anlama gelecek şekilde birbirinin yerine kullanılmaktadır. Yaşam döngüsü kavramı, daha sıklıkla, bireylerden organizasyonlara, sosyal alanlardaki gelişimsel veya olgunlaşma olgularının analizlerini başlatmak için metaforik veya sezgisel olarak uygulanmaktadır. Yaşam süresi alternatifi, olgunlaşmanın meydana geldiği varsayılan bireyin yaşam süresini temsil etme eğilimindedir. Yaşam süresi, doğum veya ölüm olayları dışında, yaşamın farklılaşmamış bir anlayışını temsil eder. Öte yandan yaşam seyri, bireylerin gelişimsel yollarını oluşturan aşamaların veya olayların içeriğine, zamanlamasına ve sıralanmasına odaklanmasıyla ayırt edilir. Bu alternatif kavramlar, üretimi veya yeniden üretimi hesaba katmaz. Bu nedenle yaşam döngüsü kavramını tam olarak tanımlayabilmek için evrelerin (aşamaların), olgunlaşmanın (gelişimin) ve üremenin (üretimin) açık bir şekilde ele alınması gerekir (O’Rand & Kreckler, 1990). Bu temel kavramsallaştırma, alternatif kullanımlar içinde en ideal olanıdır. Bu ayrımlar sosyal bilimlerde pek dikkate alınmamaktadır. Kavramlar birbirinin yerine kullanılmaktadır. Yine de, bu farklı kavramsallaştırmaların sonuçları dikkate değerdir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, gsuadiye@mku.edu.tr

Yaşam döngüsünün “döngüsel” bileşenini tanımlayan zorunlu yeniden üretim kavramı, sürdürülebilirlik kavramının, buna bağlı gelişen “sürdürülebilir kalkınma” kavramının ve düşüncesinin de temel gerekçesini oluşturur. İçinde yaşanan gezegenin insan dahil bütün yaşam formlarının yaşamlarını sürdürmesi için bir yaşam döngüsü içinde olmaları gerekir. İnsan neslinin sağlıklı bir biçimde sürekliliğini sağlamak, insanlığın ortak sorunu ve sorumluluğudur. Nitekim bu anlayış içinde, uzun bir süreden beri ulusal ve uluslararası düzeyde birçok kurum ve kuruluş, ulusal hükümetler, akademi çevreleri, sivil toplum kuruluşları ve toplumun diğer kesimleri, sürdürülebilirliğin bütün boyutları ile başarılması için yoğun ve ortak bir çaba içinde çalışmalarını yürütmektedir. Birleşmiş Milletler, sürdürülebilir kalkınma konusunda somut adımlar atarak 2012 yılında “Binyıl Kalkınma Hedeflerini”, ardından 2015 yılında, 15 yıllık eylem planı olarak “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri”ni programlarına almıştır. Öte yandan doğal kaynakların verimli kullanımı, sanayi ürünlerinin üretimi ve tüketiminin yol açtığı olumsuz çevresel etkilerin en aza indirilmesi için ulusal ve uluslararası düzeyde çeşitli politikalar ve stratejiler geliştirilmekte, iş sahalarında kullanılacak yeni iş anlayışları ve uygulamaları tanıtılmaktadır. Yaşam döngüsü düşüncesinin temel oluşturduğu “Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD)”, “Yaşam Döngüsü Yönetimi (YDY)”, “Yaşam Döngüsü Maliyetleme (YDD)” ve “Çevresel Yaşam Döngüsü Maliyetleme (ÇYDM)” gibi yöntem ve anlayışlar, bu çerçevede tanıtılan modern iş uygulamaları olarak karşımıza çıkmaktadır.

YDD, bir ürünün hayatı boyunca, doğal kaynaklardan üretilmesinden nihai bertarafına kadar hayatı boyunca geçirdiği birbiriyle bağlantılı bütün safhalarda, çevreye olan etkilerinin, sistematik olarak incelenmesi, değerlendirilmesi ve ilgililere raporlanması amacıyla geliştirilen bir yöntemdir. Günümüzde Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), bu yöntemi özellikle sanayi ve diğer hizmet kuruluşlarının iş süreçleri ve uygulamalarının yaşam döngüsü perspektifinde çevresel etkilerini değerlendirebilmelerine olanak sağlamak amacıyla metodolojik bir çerçeveye oturtarak (ISO-14040 ve 14044) standartlaştırmıştır. Ancak YDD yöntemi, iş uygulamalarının sadece çevresel boyutunu dikkate almakta, diğer sosyal ve ekonomik boyutunu ihmal etmektedir. Hâlbuki sürdürülebilir kalkınmaya doğru ilerlemek için çevresel ve ekonomik hususlar bir arada değerlendirilmelidir. YDY, bu bağlamda, çevresel etkilerle birlikte sürdürülebilirliğin ekonomik ve sosyal boyutunu dikkate alan bir anlayış geliştirir. YDY, her türlü iş kolundaki işletmelere ürünlerini ve dolayısıyla kendileri ve ilgili değer zincirlerinin sürdürülebilirlik performansını iyileştirmek için kullanılabilecek bir iş yönetimi yaklaşımı sunar (UNEP / SETAC, 2009). YDY literatürde, toplumlara daha sürdürülebilir mal ve hizmetler sunmak ve bir kuruluşun ürün portföyünün toplam yaşam döngüsünü

daha sürdürülebilir üretim ve tüketime doğru yönetmek amacını taşıyan modern bir iş uygulaması (Jensen, 2012) olarak tanıtılır. YDY'de, sürdürülebilirliğin ekonomik hedefi için karlılık ve dolayısıyla maliyet yönetimi, ürünün yaşam döngüsü yönetiminde merkezi bir unsur olarak dikkate alınır (Hunkeler & Rebitzer, 2003). Çünkü iş alanlarında veya sanayi kuruluşlarında çevresel hususlar, özellikle çok kısa vadede, genellikle iş geliştirmenin önündeki engeller olarak görülür. Sürdürülebilirlik çerçevesi içinde Yaşam Döngüsü Maliyetleme (YDM) düşüncesinin ortaya çıktığı yer, burasıdır. YDM düşüncesi YDY'de, çevresel kaygıları temel iş stratejileriyle birleştirmek için önemli bir bağlantı sunar (Hunkeler vd., 2004).

YDM düşüncesi, ilk olarak 1960'larda ABD Savunma Bakanlığı(SB) tarafından uçaklar veya tanklar gibi yüksek maliyetli askeri teçhizatın satın alma kararlarında kullanılmıştır (Epstein, 1996). ABD SB'nın uzun ömürlü askeri teçhizatların satın alma kararlarını ilk edinim maliyeti ile birlikte işletme ve bakım maliyetlerine ve bir dereceye kadar elden çıkarma maliyetlerine dayandırması, YDM fikrinin bir yöntem olarak gelişmesine katkıda bulunmuştur. Nitekim NATO RTO (2009), YDM'yi bir ürünün, hizmetin, projenin veya programın yaşam döngüsünün herhangi bir aşamasında, yöneticilere sunulan seçenekler arasında maliyeti en uygun olanını seçmek üzere yöneticinin karar verme süreçlerine katkıda bulunan, analitik süreçleri destekleyen bir teknik veya yöntem olarak tanımlanmaktadır. Çevresel Yaşam Döngüsü Maliyetlemesi (ÇYDM) ise, üretim sistemlerinin çevresel sınırlamalarını hem nitel hem de nicel olarak değerlendirebilmek için YDD ve YDM sistemlerini birleştirir. Bu anlamda ÇYDM, çevresel etki ve üretimin ekonomik boyutunu birlikte değerlendiren bir sistem veya yöntem olarak tanımlanabilir.

Bu bölümde, sürdürülebilirliğin ekonomik ve çevresel boyutları ile birlikte başarılması bakımından sanayi ve diğer iş kollarında faaliyet gösteren işletmelerin kullanabileceği ÇYDM ve Rebitzer (2005) tarafından YDD yöntemini esas olarak metodolojisi geliştirdiği YDD tabanlı YDM sisteminin tanıtılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, bölümün girişten sonraki kısmında ÇYDM'nin temeli olan ve 1960'lı yıllardan bu yana kullanılan geleneksel YDM yöntemi ve üçüncü kısımda, YDD yöntemi ve metodolojisi ISO 14040 standardı çerçevesinde kısaca açıklanmıştır. Dördüncü kısımda ise ÇYDM yönteminin kavramsal çerçevesi, kapsamı, avantajları ve sınırları ele alınmış, son kısımda ise SETAC Yaşam Döngüsü Çalışma Grubundan Rebitzer (2005) tarafından sanayi işletmeleri için geliştirilen YDD tabanlı YDM yöntemi ana hatları ile tanıtılmıştır.

Yaşam Döngüsü Maliyetleme

Yaşam Döngüsü Maliyetleme Kavramı ve Ortaya Çıkışı

Yaşam döngüsü veya ürün yaşam döngüsü, üründe kullanılan hammadde ve malzemelerin tedarikinden, üretimi, kullanımı/tüketimi ve nihai bertarafına kadar ürünün hayatı boyunca geçirdiği birbirini takip eden ve birbiriyle bağlantılı tüm safhalarını içeren bir kavramdır. Ürün yaşam döngüsü teorisi, ilk olarak 1966'da R. Vernon tarafından ortaya atılmıştır. Vernon (1966), bir ürünün yaşamını insan yaşamına benzetir ve bir ürünün pazarlama ömrü olduğunu savunur. İnsan yaşamının doğum, büyüme, olgunluk ve ölüm safhalarını yeni bir ürün için geliştirme, giriş, büyüme, olgunluk ve düşüş safhaları şeklinde uyarlar. Böylece ürün yaşam döngüsünü, ürünün pazar ömrü olarak tanımlar. Başka bir deyişle, ürünün yaşam döngüsünü, yeni bir ürünün piyasaya veya pazara girme aşamasından piyasa tarafından ortadan kaldırılmasına kadar geçen süreç olarak tanımlar.

Ürün yaşam döngüsü maliyeti ise, yine 1960'ların ortalarında ABD SB tarafından askeri malzemelerin maliyet kontrolü üzerine yaptığı bir araştırmadan esinlenerek ortaya çıkmış bir kavramdır. ABD SB, askeri teçhizat tedariki için yaptığı ekonomik araştırmada, satın alma maliyetlerinin toplam maliyetlerin küçük bir kısmını oluşturduğunu, operasyon ve destek maliyetlerinin toplam maliyetlerin içindeki oranının yaklaşık % 75'lere vardığını tespit etmiştir (Asiedu & Gu, 1998). ABD SB bu araştırma üzerine, ulusal savunma harcamalarını kontrol altına almak amacıyla tüm yaşam döngüsü içinde en yüksek performans ve en düşük maliyete sahip askeri malzemelerin teminini şart koşmuştur. Bu tarihten sonra ABD SB, başta askeri teçhizat olmak üzere kendi bünyesinde satın alacağı her türlü ürün sistemlerine yönelik, ilgili ürünün yaşam döngüsünde (tedarikinden yaşam ömrü sonu ve bertaraf edilmesine kadar) ortaya çıkacak muhtemel maliyetlerin hesaplanması ile ilgili birçok direktif geliştirmiştir. ABD'de esas olarak sermaye teçhizatı veya birim başına yüksek yatırım maliyeti olan uzun ömürlü ürünlerin satın alma kararlarına destek olması için uygulanan YDM, 1970'li yıllardan sonra, kamu binalarının satın alma kararlarına destek olması için de uygulanmasına karar verilmiştir. Bu amaçla kamu binalarının yaşam döngüsü maliyetlerinin hesaplanmasını içeren birkaç yönetmelik çıkarılmıştır. Sonraki yıllarda da YDM'nin kullanım alanları genişlemiş, ticari veya kamu amaçlı binalar, enerji üretimi ve kullanımı ve yatırım maliyetleri yüksek olan nakliye araçlarının satın alma (esas olarak havacılık sektöründen) kararlarına destek olmak için kullanılmaya başlanmıştır (Sherif & Kolarik 1981; Epstein, 1996).

O zamandan beri birçok kamu kuruluşu ve farklı disiplin, yaşam döngüsü perspektifine dayanan bu maliyet yönetimini, bir ürünün, hizmetin, projenin

veya yatırımın optimum bütçe tahsisini hesaplamak için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, YDM'nin kesin bir tanımı ve geleneksel maliyet muhasebesi gibi belirli bir sistematığı yoktur. Yaşam döngüsü kavramının birbirinden farklı nedenler, amaçlar, alanlar ve kapsamalar için kullanılması, YDM'ye yönelik kesin bir tanımlama yapılmasını zorlaştırmaktadır (Huppess vd., 2004). Ancak yine de genel bir tanım yapılacak olursa, YDM'nin belirli bir kararın yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkacak ilgili maliyetleri hakkında bilgi toplama süreci olarak genel bir tanımlama yapılabilir. NATO RTO (2009) YDM'yi, herhangi bir programın farklı yaşam döngüsü aşamalarında ve yaşam döngüsü maliyet tahmininin farklı düzeylerinde yöneticilere sunulan seçenekler içinde maliyeti en uygun kararı verebilmelerine yardımcı olan ve analitik süreçleri destekleyen bir teknik olarak tanımlamıştır. Bu seçenekler, gelecekteki harcamaların değerlendirilmesi, alternatif çözümler arasında karşılaştırma, mevcut bütçelerin yönetimi ve farklı satın alma seçenekleri olabileceği gibi maliyet azaltma fırsatlarının değerlendirilmesi de olabilir.

YDM'nin ABD'deki ilk uygulamalarını inceleyen Sherif & Kolarik (1981), YDM'nin varsayımsal modellerden ziyade belirli uygulamaların bir sonucu olarak daha fazla geliştiğini ifade etmişlerdir. Bu tespit, bugüne kadar aşağı yukarı geçerlidir. YDM için genel olarak kullanılabilir bir metodolojik çerçeve veya model, bu yönde eğilimler olsa da gelişmemiştir. Bu durumun altında yatan en önemli neden, her ürün sisteminin, yapının veya projenin kendine has bir yaşam döngüsünün olması ve/veya ürün sistemlerinin yaşam döngülerine olan bakış açılarının farklılaşmasıdır. YDM açısından ürünün yaşam döngüsü içindeki hangi aktör veya aktörlerin (tedarikçi, üretici, dağıtıcı, kullanıcı, tüketici ve yaşam sonu - örneğin, geri dönüşüm ve imha şirketleri) maliyetlerinin tahmin edileceği önemli bir sorundur. Dolayısıyla yaşam döngülerine yönelik yapılan maliyetleme çalışmaları, uygulama bazında olmaktadır.

Yaşam Döngüsü Yaklaşımları ve Yaşam Döngüsü Maliyet Türleri

Her bir ürünün, hizmetin, projenin ve/veya yatırım gibi alanların kendilerine özgü yaşam döngüleri vardır. Öte yandan, bu alanlarla ilgili olanların da örneğin, üreticilerin, kullanıcıların, tüketicilerin veya uygulayıcıların söz konusu alanlara yönelik farklı yaşam döngüleri tanımlamaları bulunmaktadır. Bu durum, farklı yaklaşımlar veya bakış açıları için farklı yaşam döngüleri ve farklı maliyet türlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla tanımlı bir yaşam döngüsü içinde ortaya çıkan tüm maliyetlerin, ilgili ürünün, yapının veya sistemin yaşam döngüsü maliyetini oluşturma potansiyeli ve olasılığı vardır. Aşağıda pazarlama, üretici, kullanıcı/tüketici ve tedarikçinin bakış açısından hareketle tanımlanan yaşam döngüleri ve bunların maliyetlerine ilişkin örnekler verilmiştir.

Ürün yaşam döngüsünün pazarlama bakış açısı, en iyi bilinen ve en sık kullanılanıdır. Ürün satışlarının zaman içindeki gelişiminden türetilen bir modeldir. Bu modelde ürünün yaşam döngüsü, piyasaya sürülme aşamasıyla başlar ve ürünün piyasadaki çekilmesi ile son bulur. Bu model, genel olarak ürünün giriş, büyüme, olgunluk ve düşme olarak yalnızca dört aşamasını hesaba katar (Yükselen, 2000;146). Ürün yaşam döngüsünün pazarlama anlayışı, bölümün girişinde bahsedildiği üzere, ürünün yaşam döngüsünden çok ürünün yaşam seyri veya süresi tanımına daha yakındır. Bu yaklaşım, pazardaki ürün talebinin seyrine bağlı olarak ürün pazarlama stratejilerinin belirlenmesinde veya geliştirilmesinde kullanılır. Bahsedilen bu modelin dezavantajı, ürün veya hizmetlerin yaşam seyri içinde tasarım, planlama, araştırma ve geliştirme aşamalarını tamamen göz ardı etmesidir. Pazarlama bakış açısı ile tanımlanan aşamalarda bir ürün veya hizmetin satışını artırmak ve/veya satış düzeyini korumak ve piyasadaki çekmek için yapılan bütün harcamalar, ilgili ürün veya hizmetin pazarlama açısından yaşam döngüsü maliyetini oluşturacaktır.

Üretici bakış açısından ürünün yaşam döngüsü genel olarak, ürün fikrinin ortaya çıkması, tasarım ve planlama, araştırma ve geliştirme (ar-ge), üretim, pazarlama ve dağıtım, kullanım desteği aşamalarından oluşur. Woodward (1997), üretici bakış açısından bir ögenin yaşam döngüsü maliyetini ögenin tasarlanması, üretilmesi, işleyişi ve faydalı ömrünün sonuna kadar desteklenmesi için harcanan tüm fonların toplamı olarak tanımlamıştır. Ansami & Bell (1997) ise, bir hizmetin yaşam döngüsü maliyetini, fikrin ortaya çıktığı andan ürünün piyasadaki geri çekildiği ana kadar yapılan bütün faaliyetlerin toplam maliyetleri olarak kabul ederler. Uygun tahmin yöntemlerini seçme sorununa vurgu yapan Baussabaine & Kirkham (2004) ise, ürünle doğrudan bağlantılı maliyetlerin toplamından ayrı olarak, sermaye maliyetlerini, risk maliyetlerini ve çevre koruma ile bağlantılı maliyetleri yaşam döngüsünün toplam maliyeti olarak ifade ederler. Dhillon (1989), yaşam döngüsü maliyeti ile ilgili olarak pazar öncesi, sırası ve sonrası olmak üzere üç ana maliyet grubunu tanımlar. Buna göre, yaşam döngüsü maliyeti, pazar öncesi (tasarım ve planlama maliyeti, araştırma ve geliştirme maliyetleri, üretim / hizmet maliyeti), pazar aşaması (satış maliyeti ve piyasa aşamasında katlanılan diğer maliyetler) ve pazarlama sonrası (üretimin sonlandırılması ve elden çıkarma maliyeti / veya yaşamın son aşamasında hizmet sağlama maliyeti) maliyetlerinin toplamıdır. Artto (1994) ise, üretici açısından toplam yaşam döngüsü maliyetlerini; ürün fikrinin ortaya çıkışı, tasarım, ürün ve süreç geliştirme, üretim, lojistik, pazarlama, hizmet ve garantiler için harcanan maliyetler olarak ifade eder. Huppel vd. (2004) de, genel olarak bir üreticinin YDM analizine dahil edebileceği ana maliyet kategorilerini araştırma, geliştirme ve tasarım- birincil üretim- ima-

lat-kullanım aşaması-imha etme (bertaraf) aşaması olmak üzere beş farklı yaşam döngüsü aşamasıyla ilişkilendirmiştir. Buna göre, bu aşamalarda ortaya çıkacak dolaylı ve dolaysız bütün maliyetler, ürün yaşam döngüsünün toplam maliyetini oluşturacaktır.

Nihai alıcının (kullanıcı veya tüketicinin) bakış açısından ürün yaşam döngüsü maliyeti ise, satın alım maliyeti, kullanım maliyeti, bakım-onarım maliyeti ve elden çıkarma maliyetinden oluşur. Artto (1994), ürün yaşam döngüsü maliyetlerini, satın alma fiyatı, teslimat sorunları ve gecikme maliyeti, kurulum maliyetleri, işletme maliyetleri, destek maliyetleri, bakım ve yeniden canlandırma maliyetleri ve net bertaraf maliyetleri olarak sıralamıştır.

Öko- Institut. e.V (Alman Çevre Araştırma Enstitüsü), bir tedarikçinin bakış açısından tedarik kaleminin yaşam döngüsü maliyetlerini şu şekilde örneklendirmiştir (Öko- Institut & ICLEI, 2007): Satın alma maliyetleri (satın alma fiyatı veya kiralama maliyeti), nakliye maliyetleri (satın alma maliyetine henüz dahil edilmişse), kurulum maliyetleri (örneğin, ısıtma ve aydınlatma sistemleri), işletme ve bakım maliyetleri, (örneğin enerji maliyetleri, temizlik hizmetleri için içme suyu temini ve sanitasyon maliyetleri, kağıt ve diğer sarf malzemeleri, vergiler, sigorta maliyetleri, eğitim maliyetleri, bakım ve onarım maliyetleri gibi), yok etme maliyetleri (atık imha şirketine taşıma veya atık işleme ve yok etme maliyeti) ve kalıntı değeri (kullanım süresi bitiminden sonra satış maliyetleri düşülerek ürünün satışından elde edilen gelir).

YDM ile doğrudan bir ilişkisi olan diğer bir kavram da “toplam sahip olma maliyeti” veya “sahipliğin toplam maliyeti”dir. Sahipliğin toplam maliyeti (STM) anlayışı, belirli bir ürün veya hizmet için belirli bir tedarikçi ile iş yapmanın oluşturduğu gerçek maliyeti ölçmeye çalışır. STM, tüm tedarik zinciri boyunca satın alınan mal ve hizmetlerle ilişkili bütün maliyetleri inceler ve analizini yapar (Ellram, 1993). STM kavramı (anlayışı) aynı zamanda ürün kullanıcısının bakış açısını da yansıtır. Bu anlamda STM, ürün kullanıcısının yargısını içerir (Ellram, 1994). Zira bir maliyetin STM analizine dahil edilip edilmeyeceği, genellikle satın alınan ürünler için, bu maliyetin göreceli önemine veya büyüklüğüne bağlıdır. STM'nin bir ürün veya hizmetin tedarikinden başlayıp, kullanımı ve sonrasında gelişen süreçlerde ortaya çıkan direkt ve endirekt maliyetleri hesaba katması, bu kavramın aynı zamanda ilgili ürün veya hizmetin yaşam döngüsü boyunca toplam maliyetlerini de belirlediği anlamına gelir (Huppel vd., 2004).

Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD)

YDD'nin Kavramsal Çerçevesi

YDD, bir ürün veya hizmetin üretimi için gerekli olan hammadde ve malzemelerin elde edilmesinden başlayarak, üretimi, dağıtımını, kullanımını, kullanım ömrü sonunda geri kazanımı ve yok edilmesine kadar tüm yaşamı boyunca çevresel boyutlarını ve etkilerini sistematik ve bütüncül bir bakış açısıyla değerlendiren bir yöntemdir (ISO 14040: 2006).

YDD, ürün veya hizmetin yaşam döngüsü aşamalarındaki çevresel etkilerinin değerlendirmesinde “beşikten mezara” yaklaşımını kullanır. “Beşikten mezara”, bir ürün veya hizmetin bütün yaşam döngüsünü kapsayan bir tanımlamadır. YDD çalışmaları, yaşam döngüsünün yapıldığı aşamaya bağlı olarak “beşikten mezara”, “beşikten kapıya”, beşikten beşiğe” ve “kapıdan kapıya” şeklinde sınıflandırılabilir. “Beşik”, ürün veya hizmetin üretiminde kullanılan malzemelerin doğal kaynaklardan elde edilme aşamasının, “kapı” ürün ya da hizmetin üretim (tesis/fabrika) veya ürünün üretim sonrası kullanım (kullanıcıya ulaşması) aşamasının, “mezar” ise söz konusu ürün veya hizmetin nihai bertarafı aşamasının ifadesidir (Jimenez-Gonzales, 2000). YDD beşikten mezara yaklaşımı ile birlikte sürdürülebilirliğin “6R” düşüncesini de destekler. YDD bu anlamda, ürün veya hizmetin üretim öncesi (hammadde eldesi), üretim sırası (imalatı) ve sonrası (kullanım/tüketim, geri kazanım ve nihai bertaraf) safhalarının herhangi bir aşamasında;

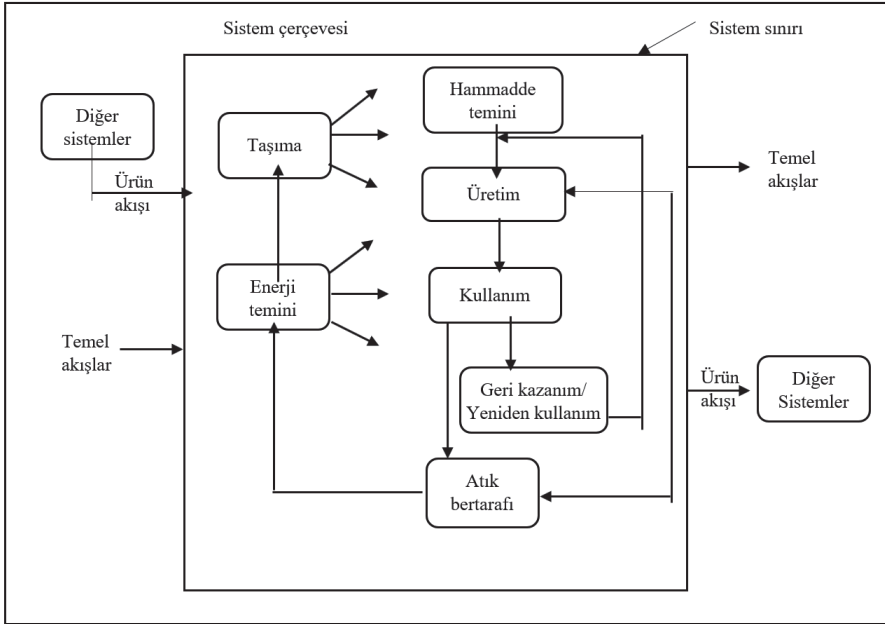
- Kullanılan hammadde, malzeme ve enerji miktarının azaltılması (Reduce),
- Yenilenemez, çevreye zararlı, geri dönüşümü zor olan enerji ve malzemeler yerine yenilenebilir, çevreye zararı az ve geri dönüşümü kolay olanlarla ikame edilmesi veya değiştirilmesi (Replace),
- Geri dönüşümü olan malzemelerin seçimi (Recycle),
- Ürünün tekrar kullanılabilir (Reuse) ve onarımına (tamire) uygun olacak şekilde üretilmesi (Repair) ve
- Ürün ve işlevi hakkında detaylı ve tekrarlı analiz yapılması (Rethink)
- hususlarında çevresel açıdan sürdürülebilir olmalarına katkıda bulunan önemli bir çevre değerlendirme aracı olarak tanımlanabilir.

ISO 14040:2006 YDD standardına göre YDD çalışmaları, çalışmanın amacına ve kapsamına uygun modeller oluşturularak yürütülür. Aşağıda YDD çalışması için kullanılacak bir modelin çerçevesini oluşturan temel unsurlar, ISO 14040:2006 standardı kapsamında kısaca açıklanmıştır.

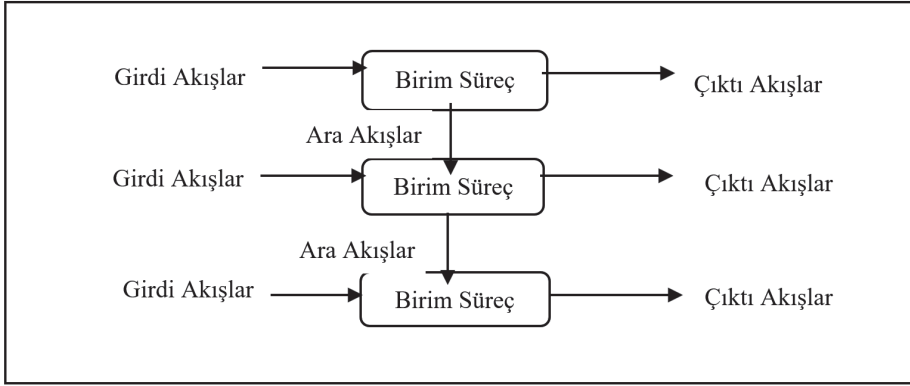
Standarda göre, YDD uygulamasında ürün, herhangi bir mal veya hizmettir ve ürün bir sistem olarak modellenir. Bu ürün sistemi, kendisine ait bir veya birden fazla işlevi (fonksiyonu) yerine getiren, hayatının herhangi bir aşamasında temel

veya ürün akışları kullanan bütün süreçleri kapsar. Ürün sistemi, son ürün olabileceği gibi ara ürün de olabilir. Şekil 1’de bir ürün sisteminin yaşam döngüsüne ait örnek bir şema verilmiştir. Akış, bir sistemin girdisi ve çıktını temsil eder. Temel akışlar, doğal çevreden alınan ve çalışılan sisteme giren veya çalışılan sistemi terk eden ve çevreye salınan malzeme ve enerjiyi ifade eder. Dolayısıyla temel akışlar, kaynakların kullanımını ve bu kullanımdan kaynaklanan sistemle bağlantılı havaya, suya ve toprağa verilen salınımları içerir. Ürün akışları ise, çalışılan ürün sisteminden diğer ürün sistemlerine ara ürün akışını sağlayan ve/veya yok edilmesi gereken atıkları ifade eder (Şekil 1).

YDD’de çalışılan ürün sisteminin akışlarını, başka bir deyişle, girdi ve çıktıları- nı kolayca tanımlayabilmek için söz konusu ürün sistemi birim süreçlere bölünür. Birim süreç, girdileri çıktılarına dönüştüren birbiriyle ilişkili faaliyetlerin bir kümesidir. Şekil 2’de bir ürün sistemi içerisinde yer alan birim süreçlere örnek bir şema verilmiştir. Çoğu durumda, bir birim süreçte kullanılan hammadde, yardımcı madde ve malzemeler, su gibi girdilerin bazıları, çıktı ürünün bir bileşenini oluştururken diğerleri, özellikle yardımcı girdiler (örneğin enerji, yardımcı malzemeler), birim süreçte kullanıldığı halde çıktı ürünün bir parçası haline gelmeyebilir. Çalışılan ürün sisteminin birim süreçleri arasında oluşan malzeme, enerji ve ürün akışları, ara akışlar olarak tanımlanır (Şekil 2).



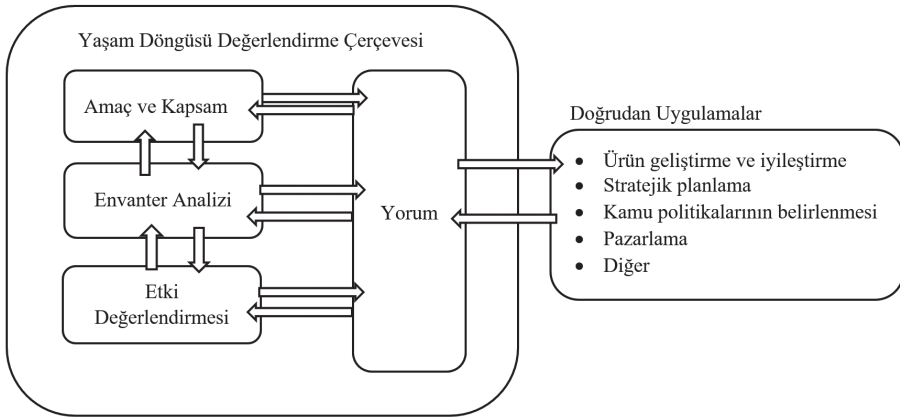
Şekil 1. YDD için bir ürün sistemine örnek (ISO 14040:2006)



Şekil 2. Bir ürün sistemi içerisindeki birim süreçlere örnek (14040:2006)

YDD Metodolojisi

YDD çalışması, sistemin hedef ve sınırlarının (amaç ve kapsam) belirlenmesi, veri toplama (envanter analizi), çevresel etki değerlendirmesi (etki değerlendirme) ve sonuçların yorumlanması (yorum) olmak üzere dört aşamadan oluşur. Bu safhalar arasındaki ilişki Şekil 3'de gösterilmiştir. YDD'nin dört aşaması, sabit bir dizi metodolojik adımların standardından ziyade, her bir aşama diğer aşamalara bağlı olacak şekilde, her birinin içeriğinde sık değişiklikler ve revizyonlar içeren bir yineleme döngüsü olarak kabul edilir.



Şekil 3. YDD metodolojisi (ISO 14040:2006)

Birinci Aşama- YDD çalışmasının amacı ve kapsamının belirlenmesi: Bu aşamada, önce hedeflenen uygulamanın ne olduğu, YDD çalışması yürütülmesinin nedenleri, çalışma sonuçlarının hedef kitleleri, sonuçların karşılaştırmalı beyanlarda kullanılıp kullanılmayacağı gibi hususlar belirlenir. Daha sonra çalışmanın kapsamı amaçlarla uyumlu ve yeterli olacak şekilde açıkça tanımlanır. Standart, çalışma kapsamının asgari olarak şu unsurlardan oluşmasını tavsiye et-

mektedir: Çalışılacak ürün sistemi ve sınırı, ürün sisteminin fonksiyonları, tahsis prosedürleri, seçilen etki kategorileri, etki değerlendirme metodolojisi, verilerin kalite gereksinimleri, varsayımlar, sınırlamalar, eleştirel gözden geçirme türü, raporun tipi ve formatı vb.

Bu aşamada, YDD'nin amaç ve kapsamına bağlı olarak özellikle sistemin muhtemel fonksiyonları (işlevleri) ve referans akışlarının tanımlanması büyük önem taşır. Ürünün tanımlanan fonksiyonlarına göre ürünün her bir fonksiyonu (işlevi), bir fonksiyonel birim olarak tanımlanır. Fonksiyonel birim tanımlamanın temel amacı, girdi ve çıktıyla ilgili bir akış referansı sağlamaktır. Buna göre, bir birim fonksiyonun (işlevin) yerine getirilmesi için gerekli olan girdi (malzeme, enerji, ürün) veya çıktı (ürün veya atık gibi) miktarı, ilgili birim fonksiyonun referans akışını temsil eder. Sistemlerin referans akışlarının tanımlanması, özellikle farklı sistemlerin karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmalarda daha da önem kazanır. Örneğin, bir çelik yapının boyanması ile gerçekleştirilen işlev, yapının atmosferik korozyondan korunması ise fonksiyonel birimin referans akışı, önceden belirlenmiş bir süre boyunca korunan alan birimi veyahut korunan alan birimin koruma süresi olarak tanımlanabilir. Fonksiyon birim için tanımlanan referans akışı, diğer koruyucu sistemlerin referans akışları (koruyucu süresi veya korunan alan) ile karşılaştırılabilir. Bu aşamada yine önemli diğer bir husus, incelenecek ürün sisteminin sınırlarının belirlenmesidir. Sistem sınırı, ürün sistemin birim süreçlerini ve bu süreçler için temel akışları tanımlar (Şekil 1 ve 2). Sisteminin sınırları maliyet-fayda dengesi gözetilerek modellenir. Çalışma sonuçlarını değiştirmeyecek akışların (girdi ve çıktıların) hesaplanması için kaynak harcanmaması önemlidir. Modellenen ürün sisteminin ana unsurları, çalışmanın amaç ve kapsamında belirlenen hususlara bağlı olarak seçilir ve bu seçimlerin ardındaki varsayımlar açıkça tanımlanır. Ayrıca, sistem sınırı belirleme çalışmasında farklı yaşam döngüsü aşamalarına sahip birim süreçler ve akışlar da dikkate alınmalıdır.

İkinci Aşama- Envanter analizi: Bu aşamada çalışmanın amacına ve kapsamına uygun olarak tanımlanan prosedürler dahilinde çalışılan ürün sisteminin akışlarıyla ilgili envanteri çıkarılır, değerlendirilir ve tahsisatı yapılır. Envanter çıkarma, ürün için hayatı boyunca kullanılan akışlarla ilgili veri toplama ve hesaplama işlemleridir. Sistem sınırı içerisindeki her bir birim sürecin akışlarına (girdilerine ve çıktılarına) ait veriler şu ana başlıklar altında sınıflandırılabilir:

- Enerji girdileri, hammadde girdileri, yardımcı girdiler, diğer fiziksel girdiler,
- Ürünler, yan ürünler ve atık,
- Havaya verilen emisyonlar, suya ve toprağa deşarjlar,
- Diğer çevresel boyutlar.

Envanter çalışması boyunca toplanan veriler, daha sonra birim süreçlerle ve fonksiyonel birimin referans akışıyla ilişkisi ve geçerlilikleri değerlendirilir. Değerlendirme işleminden sonra akışların ve salınımların tahsisatı yapılır. Tahsisatlar tanımlanmış tahsisat prosedürlerine göre yapılır. Tahsisatlar genelde fiziksel büyüklükler temelinde kütle, hacim, enerji vb. gibi fiziksel bir parametreler kullanılarak yapılır. YDD tekrarlı bir tekniktir. Bu nedenle veri toplandıkça ve sistem hakkında daha çok bilgi sahibi olundukça, çalışmanın amaçları doğrultusunda veri toplama prosedürlerinde değişiklikler yapılabilir veyahut çalışmanın amaç ve kapsamında değişiklik gerektiren hususlar tekrar gözden geçirilerek tanımlanır.

Üçüncü Aşama- Etki değerlendirmesi: Etki değerlendirme aşamasında envanter analizi sonuçları kullanılarak ürünün yaşamı boyunca muhtemel çevresel etkilerinin niteliği ve büyüklüğü değerlendirilir. Çevresel etkiler küresel, bölgesel veya yerel olmak üzere eylem düzeyine göre bölünebilir (Baldo, 2000). Her çevresel etki aynı zamanda bir veya daha fazla çevresel etki ile ilişkilendirilebilir. YDD çalışmasında sıklıkla kullanılan tipik çevresel etki kategorileri için küresel ısınma, asitleşme (asifikasyon), ötrofikasyon, stratosferik ozon incelmeleri ve fotokimyasal ozon oluşumu örnek olarak verilebilir. Etki analizi, birincisi (gerekli olan), üç aşamalı görevden oluşur:

1. Etki kategorilerinin ve ilgili göstergelerin seçilmesi (asitleşme \Rightarrow SO₂; sera \Rightarrow CO₂; ötrofikasyon \Rightarrow NO₃; ozon incelmeleri \Rightarrow CFC11 gibi.)
2. Envanter sonuçlarının seçilen etki kategorilerine atanması (sınıflandırma)
3. Her bir etki kategorisi göstergelerinin hesaplanması (Karakterizasyon).
4. İkincisi, (isteğe bağlı aşama) ise iki görevden oluşur:
5. Hesaplanan göstergeler ve ölçütler arasında karşılaştırma (standardizasyon);
6. Bireysel çevresel etkilerin önemini belirlenmesi (ağırlıklandırma).

Sınıflandırma, söz konusu operasyonların doğrudan ve dolaylı olarak neden olduğu gazlı, sıvı ve katı tüm emisyonların envanter değerlerinin çeşitli etki kategorileriyle ilişkilendirilerek düzenlenmesinden oluşur. Diğer yandan karakterizasyon, bilimsel literatürde bulunan her bir kirleticinin karakterizasyon oranları kullanılarak hesaplanan bireysel emisyonların katkısının niceliksel olarak belirlenmesine izin verir. İsteğe bağlı aşamalar (standardizasyon ve ağırlıklandırma), çeşitli etki kategorilerinin sonuçlarını tek bir endekste birleştirmeyi hedefler. Çalışmayı gerçekleştiren kişi, çalışmanın ilk aşamasında tanımlanan hedefler ve kapsam ile tutarlı olacak şekilde detay düzeyi ve değerlendirilecek etkilere ilişkin seçim hakkına sahiptir. Etki kategorilerinin seçimi, modellenmesi ve değerlendirilmesi gibi konular, etki değerlendirme safhasının tarafsızlığına zarar verebilir.

Bu nedenle, varsayımların açık bir şekilde tanımlanması ve raporlanması için şeffaflık önemlidir. Etki değerlendirmesi, diğer aşamalarda olduğu gibi ihtiyaç duyulması durumunda amaç ve kapsamı doğrultusunda revize edilebilir veya YDD çalışmasının amaç ve kapsamı gözden geçirilebilir.

Dördüncü Aşama - Yorum: YDD çalışmasının bu aşamasında envanter analizi ve etki değerlendirmesi aşamalarından elde edilen bulgular, çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olarak birlikte değerlendirilir ve karar almaya temel olacak şekilde özetlenir ve yorumlanır. Yorum aşamasında YDD çalışmasına ait sonuçlara ilişkin sınırlamaların açıklanması, önerilerin yapılması ve sonuçların şeffaf bir şekilde kolay anlaşılabilir, tam ve tutarlı bir şekilde raporlanması sağlanır.

YDD'nin Kısıtları ve Faydaları

Bir YDD çalışmasından beklenen faydalar olduğu kadar bu uygulamanın kısıtları da bulunmaktadır. YDD, bir ürün sisteminin yaşam döngüsü boyunca çevresel boyutlarını ve etkilerini değerlendirdiğinden, yerel çevresel etkilerin belirlenmesinde uygun bir araç değildir. Zamana karşı önemli bir değişim gösteren ürün sistemleri için uygulanamaz. YDD çevresel etki sonuçları, sistemin modellemesi, fonksiyonel birimin özelliği, seçilen etki kategorilerinden dolayı kesinlik taşımaz. Dolayısıyla, YDD'nin çevresel etkilere ait sonuçları kesin değil, görecelidir. Dünya genelindeki uygulamaları henüz yeterli ve güvenli bir veri tabanı oluşturacak yeterlilikte değildir. Ürün sisteminin muhtemel çevresel etkileri şu an için ancak belirli etki kategorileri kapsamında belirlenebilmektedir. YDD uygulamaları son yıllarda giderek daha fazla önem kazanmakla birlikte, daha çok gelişmiş ülkelerde ve sınırlı sayıdaki ürün sistemlerine ait çalışmaların verilerine ulaşılabilmektedir. Kullanılacak etki kategorilerine ait veri eksikliğini gidermeye yönelik birçok ülkede YDD veri tabanlarının oluşturulması ve standart bir formata dönüştürme çalışmaları devam etmekle birlikte, bu veriler henüz olgunluk aşamasında ve kısmi ürün sistemleri için geçerlidir. Dolayısıyla veri sınırlılığı yanında çevresel verilerin bütünlüğü açısından farklı zaman ve mekanda yapılan çalışmalar, çevresel etki değerlendirmelerinin güvenilirliğine gölge düşürmektedir. Ayrıca, ürün sistemlerinin bütün yaşam döngüsünü modellemek oldukça zor ve maliyeti yüksek bir çalışmadır. YDD'deki kapsam, etki değerlendirme ve yorumlama kısmının uzmanlık gerektiren aşamalar olması, uygulayıcıları oldukça zorlamakta ve ciddi eleştirilere neden olmaktadır (ISO 1410:2006; Demirel, 2011).

Öte yandan bir YDD çalışmasından beklenen faydalar da çeşitlidir. Örneğin, bir YDD çalışması işletmelere

- Çevreye duyarlı iş projelerinin geliştirilmesi ve uygulanması sırasında yöneticilerin karar verme süreçlerine yardımcı olacak verilerin toplanması,

- Değer zinciri ve stratejik konumlama analizine yardımcı olacak verileri sağlaması,
- Üretim süreçlerinde ve tedarik zincirindeki verimsizliklerin belirlenmesi,
- Maliyet yönetimi,
- Salınımların azaltılması,
- Çevre bilinci ile hareket eden müşteriler için ürün pazarlama stratejilerinin oluşturulması,
- Ürünlerin eko-etiketi deklarasyonlarına sahip olması,
- Marka bilinirliği ve değerinin oluşturulması,
- Çevresel etkileri minimize edilmiş yeni ürünlerin tasarlanması ve planlanması

gibi hususlarda yardımcı olabilir. Ayrıca üretici dışında tedarikçilerin, nihai müşterilerin ve diğer paydaşların üretilen mal ve hizmetlerin yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerine yönelik farkındalıklarını artırabilir ve salınımların azaltılmasında tüm paydaşları motive edebilir.

Çevresel Yaşam Döngüsü Maliyetleme (ÇYDM)

ÇYDM Kavramı ve Ortaya Çıkışı

ÇYDM, üretimin çevresel etkisini hem nicel hem de nitel terimlerle tahmin etme yöntemidir. ÇYDM, çevresel etki ve sürdürülebilir kalkınma tanımının tatmini açısından üretimin ekonomik boyutunun değerlendirilmesidir (Biernancki, 2018). ÇYDM, YDM ve YDD yönteminin bir kombinasyonudur. YDD uygulamaları, üretiminin çevresel boyutu ile ilgilendirir. Üretimin ekonomik ve sosyal boyutlarını göz ardı eder. YDM ise tamamen ekonomik amaçlı, en uygun maliyetli seçeneği seçmek için geçmiş, şimdiki ve gelecekteki maliyetleri analiz etmek amacıyla taşıyan bir araçtır. ÇYDM bu bağlamda literatüre kapsamlı bir çözüm aracı olarak sunulur. Üretimin çevresel ekonomik ve sosyal boyutlarını eş zamanlı olarak bir araya getirmeye çalışır (Norris, 2001; Hunkeler & Rebitzer, 2003; Hunkeler vd., 2008; Swar vd., 2011).

Ekonomik temelli YDM'nin kökleri YDD yöntemi geliştirilmesinden çok öncesine dayanır. Bununla birlikte, YDD'de yaşam döngüsüne ait değerlendirmeler, esas olarak niteldir. Nicel göstergelerden ve hesaplamalardan yoksundur. 1990'ların başlarında yaşam döngüsü değerlendirme metodolojisi (Hunt & Franklin, 1996) ve sürdürülebilirlik çerçevesinin (WCED, 1987) oluşturulmasından sonra, YDM kavramı sürdürülebilirlik tartışmasının bir parçası olarak yeniden keşfedilmiştir. Fleisher vd. (1997), sürdürülebilirliğin ekonomik boyutunu değerlendirmek için YDD modülünün envanter analizine dayanan YDM'yi önermişlerdir. YDM için önerdikleri yöntemde YDD'nin "beşikten mezara" kavramı çerçeve-

sinde ürünün tüm maliyetlerini ve faydalarını dahil etmişlerdir. Norris (2001) ürünlerin hem çevresel hem de ekonomik etkilerini yaşam döngüsü perspektifinden değerlendirmek için YDD'den bağımsız YDM ile ilgili daha farklı bir yöntem önermiştir. Norris (2001), ürün tasarımı ve geliştirme kararlarında hem çevresel hem de ekonomik değerlendirmelerden elde edilen sonuçları kullanmak için YDM analizlerinde yönetsel maliyet muhasebesi ve senaryo tabanlı ekonomik risk modellemesi entegrasyonuna odaklanmıştır. YDM'in özellikle işle ilgili ekonomik bilgi ve karar desteğinin rolü konusunda ortak bir anlayış YDM ile ilgili metodolojik arka planın ve uygulama prosedürlerinin geliştirilmesi amacıyla 2002 yılında SETAC bünyesinde bir çalışma grubu kurulmuştur (Rebitzer & Seuring, 2003). SETAC –Yaşam Döngüsü Çalışma Grubunun (YDÇG) üyelerinden olan Rebitzer & Hunkeler (2003), hali hazırda YDM kavramına dışsallıkların içselleştirilmesi fikrini ortaya koymuştur. Rebitzer & Hunkeler (2003), dışsallıkları veya dışsal maliyetleri, “ürünü üreten, kullanan veya işleyen firmaya, tüketiciye veya devlete doğrudan fatura edilmeyen çevresel ve sosyal etkilerin parasal olarak ifade edildiği maliyetler” olarak tanımlamaktadır. SETAC-YDÇG'nin detaylandırmaları dahilinde, mevcut YDM yaklaşımları üzerine bir anket yapılmıştır (Ciroth & James, 2004). Bu anket, üç tür YDM bulunduğunu ortaya çıkarmıştır (Rebitzer vd., 2004b):

- Geleneksel YDM: Ürünün doğrudan yaşam döngüsü aktörleri tarafından ilgili ürüne ait geleneksel maliyetleri değerlendirmeye odaklanan YDM çalışmalarıdır. Sürdürülebilirliğin çevresel ve sosyal boyutları ile bağlantısı olmayan tamamen ekonomik amaçlı bir değerlendirmeyi kapsar.
- Toplumsal YDM: İncelenen ürünün paraya çevrilmiş çevresel etkilerini içeren YDM çalışmalarıdır. Bunlar, sürdürülebilirliğin üç unsurunu ayırt etmeyen, dolayısıyla şeffaflık ve son derece yüksek belirsizlikler riskini taşıyan, oldukça toplu değerlendirmelerdir.
- Çevresel YDM: YDD ve YDM sonuçlarının ayrı tutulduğu, tipik olarak bir YDD aracılığıyla ürünün çevresel etkilerinin parasal olmayan bir değerlendirilmesiyle bağlantılı olarak gerçekleştirilen YDM çalışmalarıdır.

Yukarıdaki üç tür YDM içinde geleneksel YDM ise en iyi bilinenidir. Çevresel YDM terminolojisi ve metodolojisi, özellikle son yıllarda SETAC-YDÇG sayesinde daha fazla geliştirilmiştir. ÇYDM'nin geliştirilmesine öncülük eden SETAC-YDÇG'den Rebitzer & Hunkeler (2003) ÇYDM'yi, iyi bir çevresel ve sosyal performansa sahip bir seçeneğin fizibilitesini (yapılabilirliğini) değerlendirmek için kullanılan bir araç olarak tanıtmıştır. Rebitzer & Hunkeler (2003), ÇYDM'yi “ürün yaşam döngüsündeki herhangi bir veya daha fazla aktör için doğrudan olan ve bir ürünün yaşam döngüsü ile bağlantılı olan tüm içsel ve dışsal maliyetleri

kapsayacak şekilde karar süreçlerine dahil edilmesi için yapılan bir değerlendirme” olarak tanımlamıştır. Bu tanımdaki aktörler, ürün yaşam döngüsündeki tedarikçi, üretici, kullanıcı / tüketici ve ürün yaşamı sonunda yer alan geri dönüştürücüler veya yeniden kullananları temsil etmektedir.

Toplumsal YDM ile ilgili terminolojiyi oluşturma çalışmaları hala devam etmektedir. Aşağıda Rebitzer ve Hunkeler tarafından özellikle ürünün yaşam döngüsü yönetimi (YDY) açısından geliştirilen ÇYDM yönteminin dayandığı varsayımlar ve kapsam kısaca açıklanmıştır.

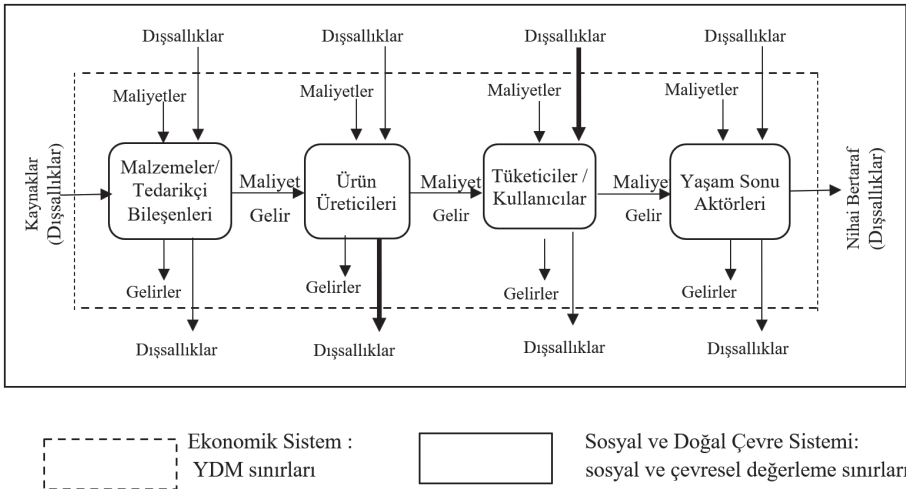
ÇYDM'nin Kapsamı ve Varsayımları

Bir ürünün yaşam döngüsünü yönetmek için çeşitli seçenekler karşılaştırıldığında ve /veya çevresel ve sosyal faydaları nedeniyle bir seçeneğin tercih edilmesi durumunda bu seçenek, her zaman ekonomik anlamda sürdürülebilir olanın olur. Ürün veya ürün gruplarının yaşam döngüsü maliyetlerinin düşük çevresel ve sosyal etkileriyle doğrulanmış doğrusal bir ilişkisi var olduğu sürece, ilgili ürün veya ürün gruplarının ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilirliği sağlanmış olur. Bu anlamda Rebitzer & Hunkeler (2003), ÇYDM'nin, bir ürünün veya ürün gruplarının ek değerlendirmeler olmaksızın sürdürülebilir bir yaşam döngüsü yönetimi için tek bir gösterge olarak hizmet edebileceğini ileri sürmektedir. Bu nedenle YDY içindeki ÇYDM'yi, yalnızca bir eşğin üzerindeki (yani karar için önemli olan ve iç maliyetler olması beklenen) dışsallıkları hesaba katan bir yöntem olarak tanımlamaktadır. Basit bir deyişle, YDY'deki ÇYDM, bir ürünün yaşam döngüsüyle ilişkili “gerçek dünyadaki” para akışlarını kapsar. Bu akışlar, analizin amacına ve kapsamına bağlı olarak geçmişte, şu anda veya gelecekte gerçekleşebilir.

YDY'nin ekonomik ayağı genellikle karşılaştırmalı bir yapıya sahiptir; bu da yalnızca alternatifler arasında farklılık gösteren maliyetlerin hesaba katıldığı anlamına gelir (Rebitzer, 2004). Bu nedenle, mutlak ve ayrıntılı maliyet rakamlarından ziyade karşılaştırmalar ve maliyet farklılıkları, sıklıkla ana odak noktasını oluşturur. ÇYDM, bir finansal muhasebe yöntemine benzemez; ancak yaşam döngüsü boyunca maliyet yönetimi veya yönetim muhasebesi için kullanılacak bir araçtır. Öte yandan, YDM, ürün perspektifi ele alındığında, çevre yönetimi muhasebesinin bir bileşeni olabilir (Bennett ve James, 1998). Ayrıca, değerlendirmenin ürün kullanıcısı / tüketicisinin bakış açısını aldığı için belirli bir yaşam döngüsü maliyetlendirme durumu olarak görülebilen STM ile de örtüşür.

Şekil 4, fiziki bir ürünün yaşam döngüsüne dayalı ÇYDM kavramsal çerçevesini özetlemektedir. Bu çerçeveye göre iç maliyetler, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca bir üretici, dağıtıcı (nakliye şirketi), tüketici veya doğrudan dahil olan

ve tedarik zincirindeki aşağı ve yukarı akışlarda bulunan diğer paydaşların üretim, kullanım veya kullanım ömrü sonu (nihai berteraf veya yeniden kullanım) için katlandığı tüm harcamalar veya masraflardır. Bu tür harcamalar, iktisadi bir faaliyetin maliyetidir. Aynı zamanda yaşam döngüsü içinde bulunan aktörlerin yükümlülüğü olarak da görülebilir. İçsel maliyetler Şekil 4'de ince çizgiler içinde gösterildiği gibi, ekonomik sistemdeki tüm maliyetler ve gelirlerle ilgilidir. Dış maliyetler ise, ürünü üreten, kullanan veya işleyen firmaya, tüketiciye, devlete veya diğer paydaşlara vb. doğrudan fatura edilmeyen çevresel ve sosyal etkilerin parasal veya finansal ölçüsü için öngörülen dış maliyetlerdir. Bunlar, Şekil 4'de gösterildiği gibi doğal çevre ve sosyal sistemin içinde olmalarına rağmen ekonomik sistemin dışında oldukları için "dışsallıklar" olarak tanımlanan maliyetlerdir.



Şekil 4. ÇYDM'nin kavramsal çerçevesi (Rebitzer ve Hunkeler, 2003).

Genel olarak yalnızca dahili ve içselleştirilmiş maliyetlerin, yaşam döngüsü boyunca olsa da, YDY içindeki çevresel YDM'de hesaba katılması gerektiği sonucuna götürmektedir. İstisnalar, ilk veya ön analizlere dayalı olarak, düzenleyici tedbirler yoluyla (örneğin, beklenen CO2 vergileri, yenilenebilir enerji sübvansiyonları) içselleştirilen ve gelecekte önemli (potansiyel) maliyetler ortaya çıkardığı görülen dışsallıkların meydana geldiği durumlardır. Şekil 4'deki koyu renkli oklar, bu riskleri içermek için YDM'de seçilen sayıda dışsallığın dikkate alınması gereken böyle bir örneği şematize etmektedir.

Rebitzer & Hunkeler (2003), dışsallıkların hesaba katılmasını gerektirecek herhangi bir vergi veya sübvansiyon olmaksızın, tamamen serbest bir piyasa içinde, ÇYDM'nin aynı sistem sınırlarına sahip aynı ürün sistemi için çevresel ve/veya sosyal değerlendirmelerle birlikte uygulanması koşuluyla ekonomik sisteme

odaklanabileceğini ifade etmektedir. Öte yandan, vergiler ve sübvansiyonlar varsa ve adilse, ekonomik sistem tüm sosyal ve doğal çevre için bir basitleştirme olarak kullanılabilir. Bu nedenle, tüm dışsallıklar, ulusal ve uluslar üstü vergi ve sübvansiyon mekanizmalarıyla tamamen ve mükemmel bir şekilde kapsanacak olursa, YDM, ürünün yaşam döngüsü yönetimi için gerekli tüm bilgileri sağlayacaktır. Açıkça, yukarıda bahsedilen makroekonomik varsayımlar fazla basitleştirilmiş ve özellikle ikincisi (dışsallıkların vergi ve sübvansiyon mekanizmalarıyla tam olarak kapsanması) gerçeğe yaklaşmaz. Vergi sisteminin belirli ürünler için geçerli olduğu ve diğerleri için geçerli olmadığı varsayılırsa, dışsallıkların parasallaştırılarak bütünleştirilmesi halinde, White vd. (1996) ve Shapiro (2001) tarafından önerildiği gibi, o zaman dışsallıkların teorik olarak, bir kararın sosyal ve çevresel sonuçlarını değerlendirmek için gereken tamamlayıcı bilgileri sağlayabilir. Ancak bilimsel bir bakış açısından böyle bir toplama arzu edilebilir olsa da, YDY'nin yaşam döngüsü yaklaşımlarını şeffaf, anlaşılır, işlevsel ve rutin karar vermede kolayca uygulanabilir hale getirme hedefleriyle uyumlu hale getirilemez. Bu, yalnızca küçük ve orta ölçekteki şirketler ve gelişmekte olan bölgelerde değil, aynı zamanda çok uluslu şirketler için de geçerlidir (Schmidt & Sullivan 2002). Çünkü bu analizlerin karmaşıklığını büyük ölçüde artıracak ve ek diğer seçenekleri ve diğer disiplinlerin makroekonomik maliyet-fayda analizi gibi başlıca metodolojik problemlerini ortaya çıkaracaktır (Ackerman &Heinzerling 2004).

Çevresel YDM Faydaları ve Sınırlamaları

Yaşam döngüsü yönetiminde ÇYDM'nin uygulanması, akademik çevrelerce desteklenmekte ve tavsiye edilmektedir (Hupples, 2003, Klöpffer, 2003, Norris, 2001; Rebitzer, 2002) Bu maliyetlendirme sisteminin ana hedefleri şunları içerir (Hunkeler vd., 2008: 36):

- Alternatif veya benzer projelerin yaşam döngüsü maliyetlerinin karşılaştırılması,
- Geleneksel ve çevre ile ilgili maliyetlerin doğrudan ve dolaylı taşıyıcılarının tespiti,
- Üretim sırasında ortaya çıkan dış ve iç çevre ile ilgili maliyetlerin belirlenmesi,
- Belirli bir ürünle ilgili iyileştirmelerin kaydı ve analizi,
- Yaşam döngüsü sürecindeki değişiklikler dahil planlanan ürün değişikliklerinin niteliksel ve niceliksel tahmini,
- Ürün yaşam döngüsünün çevresel - ekonomik - sosyal yönleri arasındaki “kazan-kazan” durumunun ve “altın ortalamanın” belirlenmesi,
- Üretimin ve sunulan ürünün parasal değerlerle çevresel etkisinin tanımı, belirlenmesi, analizi.

Literatürde ÇYDM konusu ile ilgili en çok tartışılan konu, kimin maliyetinin hesaba katılacağı sorusudur. Bazı örnekler vermek gerekirse, kullanıcı veya tüketicinin maliyetleri mi? Üreticinin maliyetleri mi veya atık yönetimi operatörünün maliyetleri mi? Bu tartışmalar, özellikle çevresel veya sosyal değerlendirmelerde karşılığı olmayan katma değer ve marjinal faydaların varlığından kaynaklanmaktadır. Yaşam döngüsü için de bir aktörün maliyeti aynı zamanda bir başkasının geliridir. Örneğin, basitlik olması açısından ticaret sektörü ihmal edilirse, bir ürünü satın alan tüketicinin maliyeti, ürün üreticisi için gelirdir. Katma değer kavramı, YDM'deki her aşamada hem maliyetlerin hem de gelirlerin dikkate alınmasını gerektirir. Bu, bir ürün için gerekli olan malzeme, enerji ve hizmet akışının satın alımından üretimi, nakliyesi, dağıtımını, kullanımını ve bertarafına kadar hatta nükleer reaktörler, söküm ve uzun vadeli bertaraf gibi çok dayanıklı tesisler için de dahil edilmesi anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, ürün için gerekli olan fiziksel süreçler ve bunlarla ilişkili akışların neden olduğu maliyetlere ek olarak, işgücü maliyetleri veya bilgiden yararlanma maliyetleri (örneğin patentler), araştırma ve geliştirme giderleri, işlem maliyetleri (örneğin bilgi akışları) ve pazarlama gibi giderler dikkate alınmalıdır (Rebitzer vd., 2003a).

ÇYDM, bir ürünün varlığıyla ilişkili maliyetleri tahmin etmeyi amaçlayan bir maliyet yönetimi yöntemidir. ÇYDM, tıpkı YDD gibi, belirli bir karar ışığında görelî karşılaştırmalar için kullanılacak bir yöntemdir. Amaç, bir ürünü, süreci veya hizmeti sürekli iyileştirme anlamında iyileştirmek ve / veya yalnızca farklılıkların önemli olduğu alternatif seçeneklerle kıyaslamaktır. ÇYDM, karardan etkilenmedikleri veya bir seçenekten diğerine farklılık göstermedikleri sürece genel giderlerin tahsisi ile ilgilenmez. ÇYDM, faaliyet tabanlı maliyetlendirme (ABC) gibi daha iyi bir maliyet tahsisi sağlamayı amaçlayan maliyet yönetimi yöntemlerinin yerini de tutmaz. Bununla birlikte, yaşam döngüsü içindeki kararlar için maliyet etkenlerini ve kararların birbirleri yerine kullanımını belirlemek için bir ürünün yaşam döngüsü maliyetlerini ayrıntılı olarak daha iyi analiz etmek isterse, o zaman faaliyet tabanlı maliyetlendirme gibi mevcut yaklaşımlar ÇYDM'nin bir bileşeni olarak kullanılabilir.

Aşağıdaki kısımda YDM'yi YDD'deki ürün sistemine eşdeğer bir ürün sistemi için modelleyen ve Rebitzer (2005) tarafından geliştirilen metodoloji tanıtılmaktadır. Ana fikir, fiziksel bir ürünün yaşam döngüsü maliyet hesaplamaları için ISO 14040 YDD standardının önerdiği sistem modellemesini ve yaşam döngüsü envanter verilerini kullanmaktır. Bu metodoloji ile ağırlıklı olarak sanayi kurumlarında karar verme sürecine destek sağlamak amaçlanmıştır. Aşağıdaki kısım Rebitzer (2005) çalışmasından derlenmiştir.

YDD Tabanlı YDM Modeli

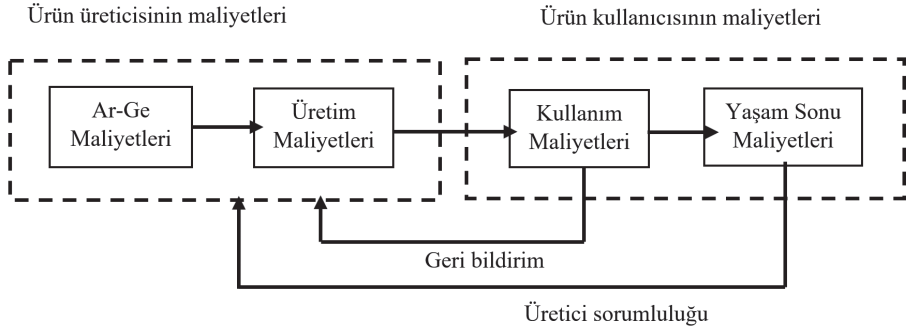
YDD tabanlı YDM Modelinin Amacı ve Kapsamı

YDE tabanlı YDM, bir yaşam döngüsü içindeki alternatifler veya iyileştirme potansiyelleri arasındaki maliyet farklılıklarını tahmin etmek için geliştirilen bir yöntemdir (Rebitzer vd., 2004a; Ekvall & Weidema, 2004). YDE tabanlı YDD, aynı zamanda bir ÇYDM aracıdır. Ancak ürünün yaşam döngüsündeki sosyal etkilerinin maliyetlemesini kapsamaz. Ürünün yaşam döngüsü içindeki çevresel ve ekonomik etkilerinin parasal değerlerle ifadesi için geliştirilen bir yöntemdir. YDD tabanlı YDM, karşılaştırmalı ve sistemik yapıya sahip olması nedeniyle geleneksel ayrıntılı finansal maliyet muhasebesi veya maliyet yönetimi uygulamalarının yerini alacak bir yönetime de benzemez.

YDD tabanlı YDM için tanımlanan yaşam döngüsü aşamaları, YDD çalışmasındaki yaşam döngüsüne benzer olmalıdır. Bununla birlikte, YDD genellikle üretim aşamalarını (hammadde çıkarılmasından üretime kadar), kullanım / tüketim, kullanım ömrünün sonunu ('beşikten mezara') içerirken, YDM yaşam döngüsü aynı zamanda araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) aşamasını da içerecek şekilde genişletilir. Çünkü bir ürün için yaşam döngüsü, hammadde tedarikinden daha önce başlar. Bu durum ek aşamayı içerse de YDD'nin fiziksel yaşam döngüsünde temelde bir fark yaratmaz. Çünkü Ar-Ge ve/veya tasarım aşaması çoğu durumda, çevresel açıdan değil yalnızca ekonomik açıdan fark yaratır ve bu nedenle YDD'da genellikle ihmal edilir. Bir YDD çalışmasında, Ar-Ge ve/veya tasarım aşamasında tüketilen kaynakların ve salınan maddelerin genellikle endüstriyel bir ürünün çevresel performansı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı varsayılır. Laboratuvar ve test çalışmalarını içeren Ar-Ge aşamasında mutlak malzeme ve enerji akışları oldukça küçüktür ve büyük üretim hacimlerini içermez. Bu nedenle, Ar-Ge'nin ürün yaşam döngüsünün bir parçası olmakla birlikte çevresel etkisinin doğrudan olmaması, YDD değerlemesinde ihmal edildiği kabul edilmektedir. Ar-Ge veya tasarım dışında pazarlama faaliyetleri gibi genellikle YDD'ye dahil edilmeyen diğer unsurlar, Ar-Ge aşamasıyla aynı mantık çerçevesinde fiziksel yaşam döngüsüne dahil edilebilir. Bununla birlikte, örneğin, bir pazarlama kampanyası çevresel etkilere neden oluyorsa, o zaman YDD'nin sistem sınırları içinde olması gerekir.

Sonuç olarak, ekonomik açıdan önemli olan, ancak çevresel açıdan olmayan ek unsurların YDD ve YDM sınırlarının eşdeğer olması gerektiği koşulunu ihlal etmediği sürece dahil edilebileceği söylenebilir. Başka bir deyişle değerlendirme sisteminin (çevresel veya ekonomik) ve ele alınan kapsamın (hangi çevresel veya ekonomik etkilerin dahil edileceği) farklı olabileceği, ancak ürün sistemi modeline atıfta bulunan sistem sınırlarının eşdeğer olması gerektiği söylenebilir. Bu çer-

çevrede bir ürün üreticisi ve kullanıcıasını barındıran basitleştirilmiş YDM kavramı Şekil 5'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 5. Yaşam döngüsü maliyet kavramı (Rebitzer 2002)

Şekil 5, bir ürün üreticisini ve kullanıcıasını (tüketiciyi) yaşam döngüsünün merkezi aktörleri olarak göstermektedir. Aktörlerden biri, bir ihtiyacı gidermeye veya arzuyu tatmin etmeye çalışan tüketici (kullanıcı), diğeri ise kullanıcı/tüketici ihtiyacına veya arzusuna uygun ürünü üreten ve bazen de pazarlama yoluyla ürüne yönelik bir ihtiyaç veya istek yaratan üreticidir. Bu aktörler, bir ürünün varoluşunun itici gücü sayıldığından, bu iki aktör yaşam döngüsü performansı açısından özellikle dikkate alınır. Ürünün kullanım ömrü sonu, başka bir deyişle kullanılmış ürünlerin geri kazanımı veya yok edilmesi faaliyetleriyle uğraşanlar, üreticinin veya kullanıcının (tüketicinin) istediği bir hizmeti sunan ve ilgili yaşam döngüsü içinde yalnızca ikincil bir işlevi olan diğerk aktörlerdir. Ek olarak bu modelde, tıpkı YDD olduğu gibi fonksiyonel (işlevsel) birim her zaman kullanıcının bakış açısından görülür. Fonksiyonel birime referans akışı sağlayan da üreticidir. Bu aynı zamanda YDD terminolojisinin doğrudan YDE (veya YDD) tabanlı YDM'ye aktarılabileceğini gösterir. Fonksiyonel birim tarafından sağlanan hizmet, ürün kullanıcısı bakış açısına aitse, YDM yaklaşımı aynı zamanda "sahipliğin toplam maliyeti (STM)" yaklaşımı ile de benzerlik gösterir.

Ancak yine de YDM'nin kapsamı, çevresel etkilerden ziyade maliyetler olduğundan, YDD kapsamından farklıdır. Bununla birlikte YDD ile YDM arasında bağlantılar ve örtüşmeler mevcuttur. Tablo 1, yaşam döngüsü aktörlerinin doğrudan maliyet unsurlarını ve bunların YDD unsurlarıyla nasıl bağlantılı olduklarını göstermektedir.

Tablo 1. YDD unsurlarının YDM unsurları ile bağlantısı

Yaşam döngüsü safhaları	Üretici Maliyetleri	Kullanıcı /tüketici Maliyeti
Ar-Ge	Pazar araştırması, Geliştirme maliyetleri	
Üretim	Malzemeler, Enerji , Makineler, tesisler, İşçilik, Atık Yönetimi, Emisyon kontrolleri, Taşımlar (transports) , Pazarlama aktiviteleri	
Kullanım	Bakım / onarım (garanti), Yükümlülük, Altyapı	Taşımlar , Depolama, Malzemeler Enerji , Bakım Onarım, Altyapı
Kullanım Ömrü Sonu	Atık toplama, geri alma planları vb. varsa sökme / geri dönüştürme / imha etme	Atık koleksiyonu Demontaj / geri dönüşüm / imha

Kaynak: Rebitzer (2002)

YDE'den alınan malzeme ve enerji akışı verilerine doğrudan parasal değerler atayarak türetilen bu maliyet unsurları, kalın italik olarak yazılmıştır. Bir YDD'nin YDE'si, malzeme ve enerji akışlarının miktarları ile ilgili veri sağlarken, YDM bu akışlarla ilgili şirket maliyetleri veya piyasa fiyatları (örneğin, malzeme satın alma) ile çarparak maliyetleri tahmin eder. İtalik olarak yazılan (kalın olmayan) maliyetler, kısmen veya dolaylı olarak bir YDE'de bulunan bilgilerden türetilir. Bu maliyet türleri için, örneğin, belirli bir sürecin işletilmesi için ihtiyaç duyulan işgücü veya saat başına makine maliyetleri gibi ek bilgiler toplanabilir. Bu tür bilgi ihtiyacı, YDE modelinin oluşturulma aşamasında eşzamanlı olarak gerçekleştirilirse (tüm süreçler YDE için derinlemesine incelendiği ve analiz edildiği için), ayrıca bir çaba gerektirmez veya bu bilgi ihtiyacı minimum ek çaba ile giderilebilir.

Ar-Ge aşaması, bir YDD çalışmasında hariç tutulmuşsa, ürünün Ar-Ge maliyetleri YDD modelinden türetilemez. Bunun için bu maliyetlerin ayrı belirlenmesi gerekir. Yukarıda da ifade edildiği gibi, doğrudan (direkt) maliyetler için YDD'nin ürün sistemi modeli ve YDE iyi bir temel oluşturur. Kullanılan malzeme veya enerji miktarlarına maliyet tahsis etmek için satın alma fiyatı ile çarpılması yeterli olur. Dolaylı maliyetlerin (genel giderler gibi) tespit edilmesi, çok daha zordur. Ancak geliştirilen metodoloji karşılaştırmalı bir yapıya sahip olduğundan bu tür dolaylı maliyetler, eğer incelenen alternatifler arasında farklılık gösteriyorsa, sadece YDM yöntemi kapsamında ele alınır. Genel giderlerde veya fonksiyonel birimlerin toplam çıktısında farklılıklar beklenebiliyorsa, ilgili süreçleri (örneğin, pazarlama faaliyetleri) de içerecek şekilde ürün sistemi genişletilir. Faaliyet taban-

lı maliyetlendirme gibi mevcut yöntemler, dolaylı maliyetlerin hesaplanmasında kullanılabilir. Örneğin, atık yönetimi maliyetleri gibi sadece dolaylı olarak hesaplanabilen maliyetlerin ayrıştırılmasına ve bunları direkt maliyet olarak ürüne veya diğer faaliyetlere tahsis edebilir. Sonuç olarak YDD tabanlı YDM, YDD kapsamındaki bir ürün sistemi içinde yer alan bütün bu süreçlerin maliyetlerini direkt (malzeme ve enerji akışları için) veya endirekt (işçilik maliyetleri ve üretim ekipmanı maliyetleri için) olarak ortaya çıkarmak için iyi bir temel sağlar. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi açısından uygun görülmeyen ancak fiziksel veya fiziksel olmayan süreçlerde ortaya çıkan, karşılaştırılan alternatifler arasında farklı olması beklenen (bazı genel maliyetler gibi) maliyetler de ayrıca eklenir.

Yaşam Döngüsü Maliyetlerinin Hesaplanması

YDD'da olduğu gibi, YDE tabanlı YDM'de hesaplamalar, birim süreç başına toplanan verilere dayanır. YDD'de bir birim süreç, verilerin toplandığı tek süreç olarak tanımlandığından, toplanan veri miktarı ve geçerliliği değerlendirme çalışmasının amacına, kapsamına ve verilerin kullanılabilirliğine bağlı olarak değişkenlik gösterecektir.

Çevresel ve ekonomik sistem ile incelenen ürün sisteminin sınırları arasındaki farklılıklar, YDD ve YDM'de farklı toplulaştırma seviyeleri meydana getirebilir. YDM için gerekli veya istenen veri düzeyi, kullanılabilirliğinin yanı sıra, çalışmanın gerçekleştirildiği perspektife bağlıdır. Farklı birim süreçleri birbirleriyle uyumlu oldukları sürece veri için istenilen toplulaştırma yapılabilir. Malzeme ve enerji maliyetleri, süreçleri işletme maliyetleri (malzeme / kimyasal üretimi, bileşen / ürün imalatı, nakliye, kullanım, yeniden kullanım / geri dönüşüm, atık yönetimi gibi) ve YDD'de muadili olmayan ek maliyetler (örneğin işgücü maliyetleri) belirlendikten sonra, bu maliyetler, değerlendirilecek ürün miktarı (YDD çalışmasının fonksiyonel biriminden elde edilen referans akışı) için bir araya getirilir.

Maliyet döngüsü maliyetlerinin hesaplamasında, referans akışını fonksiyonel birime göre (temeldeki YDD modeliyle aynı olması gereken) tanımlamaya ek olarak, yaşam döngüsündeki aktöre ve desteklenecek karara karşılık gelen bir maliyet perspektifi seçilir. Maliyet perspektifinin seçimi oldukça önemlidir. Çünkü fiyatlar, tedarik zinciri boyunca oluşan katma değer nedeniyle üretici fiyatları (örneğin, bir otomobilin üretimi için hammadde maliyeti) veya tüketici fiyatları (örneğin, bir otomobili satın alma maliyeti) olup olmadıklarına bağlı olarak farklılık gösterecektir. Ayrıca beklenen maliyetlerle ilgili olarak, özellikle gelecekte yüksek belirsizlikler varsa veya seçilecek iskonto oranıyla ilgili olarak kararsızlıklar varsa, incelenen alternatiflerde farklı olan maliyetlere ve varsayımlara odaklanılma-

sı ve duyarlılık analizinin karşılaştırmalı olarak kullanılması gerekir. Bu yöntem ve analizler, külfetli ek çabalara neden olmadan alternatiflerin kıyaslanmasında karşılaşılan belirsizlikleri azaltmada kullanılacak verilerin toplanmasına yardımcı olur. Ancak duyarlılık analizi, belirli veri noktalarında yüksek hassasiyet sonuçları veriyor ise, kalitelerini doğrulamak veya iyileştirmek için özel çabalar sarf edilmesi gerekir.

YDD ve YDD tabanlı YDM Arasındaki Benzerlikler ve Farklar

İşlevsel birimin tanımı ve referans akışları: YDD tabanlı YDM için fonksiyonel birim, aynı ürün sistemi üzerine kurulduğundan temeldeki YDD ile aynı olmalıdır. Ayrıca sonuçların uygun ve tutarlı bir şekilde yorumlanabilmesi için örneğin, fiziksel malzeme, enerji veya hizmet akışlarına ait referans akışlarının da özdeş olması gerekir.

Birim süreçlerinin tanımı, veri toplama ve verinin kullanılabilirliği: YDD'de tanımlanan birim süreçleri ve dolayısıyla veri toplama düzeyi, YDM için de aynı kabul edilir. Yani veriler aynı birim süreçleri için toplanır. Bununla birlikte, birçok durumda - en azından tek tek tüm teknolojik süreçlerin ayrıntılı bir değerlendirmesinin gerekli olmadığı durumlarda - belirli bir süreç girdisinin (örneğin, malzeme, bileşen, veya hizmet) fiyatı, toplanan yukarı akış maliyetleri için bir ölçü olarak hizmet edebilir. Böyle bir durumda, üretim öncesi maliyetlerin ayrıntılı maliyetleri ve katma değerlerinin bilinmesine gerek yoktur. Dolayısıyla, birim süreçlerin YDM için temeldeki YDD birim süreçleri ile aynı olması gerekmez; uyumlu kümeler genellikle yeterlidir. Bu, toplu değer hesaplanması için tüm yukarı akış süreçlerine ilişkin verilerin gerekli olduğu YDD ile YDM arasındaki temel farktır. Öte yandan, bir ürün sistemi içindeki farklı birim süreçler için mevcut bir maliyet verisi varsa, bunlar temel malzeme ve enerji akışları ve / veya YDD'deki karşılık gelen etkiler gibi basitçe toplanamaz. Burada maliyetlere ek olarak katma değer varlığı da dikkate alınmalıdır. Örneğin, satın alınan girdiler için fiyatları veya ilgili perspektifin (örneğin üretici) etkisi dışında kalan daha ileri işlemler için çıktılarının kullanılması tavsiye edilebilir. Eğer amaç işletme içindeki maliyet etkenlerini belirlemekse, maliyetler genellikle daha iyi bir seçimdir. Bu tür seçimler aynı zamanda veri kullanılabilirliğini de yansıtır. Örneğin, maliyetler genellikle bir işletmenin veya maliyet biriminin içindeki süreçlerden elde edilebilir; fiyatlar da dış süreçler ve akışlar için nispeten kolayca elde edilebilir (Rebitzer, 2005). Verinin kullanılabilirliği bağlamında, maliyetlerin ve fiyatların zaman içinde ve duruma göre piyasa esnekliklerine (elastikyetlerine), yeni gelişmelere, pazar güçlerine ve işlem maliyetleri gibi faktörlere bağlı olarak büyük ölçüde değişkenlik gösterebilir. Maliyet ve fiyatlardaki değişkenlik, genel-

likle farklı YDE verilerine yansıyan teknolojilerin değişkenliklerinden çok daha yüksektir. Bu nedenle, genel maliyet veya fiyat verilerini toplarken ve kullanırken çok dikkatli olunmalıdır. İlgili piyasa durumları dikkate alınarak, incelenen belirli bir nesne için belirli verilerin kullanılması tercih edilmelidir. Maliyet verileri, YDD ürün sistemi modelinde temsil edilen süreçlerin, malzemelerin, enerjilerin, teknolojilerin vb. maliyetlerini ve fiyatlarını yansıtmalıdır. YDD ve YDM analizi için ortak veri toplarken, bunların geçici bir bakış açısıyla ilişkilendirilmesine de dikkat edilmelidir.

İskonto: Gelecekte ortaya çıkan maliyetler veya gelirler için kullanılan iskonto, YDM'de çok tartışılan bir konudur (Huppel, 2004). İskonto, kullanım aşaması sırasında (örneğin, enerji tüketimi, bakım) veya kullanım ömrü sonunda (atık işleme / geri dönüşüm maliyetleri ve / veya ikincil malzemeler veya yeniden kullanılabilir ürünler için gelirler) ilgili maliyetleri içeren uzun ömürlü ürün yaşam döngüleri ile ilgilidir. Bireysel zaman tercihlerini ve değer seçimlerini içerdiğinden, en uygun iskonto oranını seçmek için tamamen bilimsel bir çözümün bulunmadığı konusunda fikir birliği vardır. Bu tür iskonto oranlarının aralığı, ülkeden ülkeye değişkenlik gösterebilir. Ciroth & James (2004), farklı türlerdeki mevcut YDM vaka çalışmaları için yaptıkları analizde iskonto oranlarının % 0 - %10 aralığında olduğunu tespit edilmişlerdir. YDM uygulayıcısı, analizi için yaşam döngüsü perspektifini iyi tanımlamalı ve yaşam döngüsünün zaman boyutunu olabildiğince doğru tahmin etmelidir. Örneğin, yaşam döngüsü içinde önemli kullanım ömrü maliyetleri yoksa veya kullanım aşaması çok kısa ise, % 0 iskonto oranını uygulayabilir. Bununla birlikte, fırsat maliyetlerini de hesaba katmalıdır. Örneğin, maliyetlerin şu anda ve gelecekte karşılanması durumunda kaybedilen faydalardan (faiz gibi) vazgeçilmesi düşünülmelidir. Ürün yaşam döngüsü bir yıl veya daha uzun bir süreyi kapsıyorsa ve kullanım sırasında veya kullanım ömrü sonunda ilgili maliyetler veya gelirler ortaya çıkarsa, genellikle % 0'lık bir indirim oranı uygulamak uygun görülmez. Genel sonuçların ve tavsiyelerin büyük ölçüde iskonto oranına bağlı olduğu her durumda, yorumlama aşamasında son derece dikkatli olunmalıdır.

Maliyet Tahsisi: Maliyetlerin tahsisi veya dağıtımı YDD'de çok tartışılan bir konudur. YDM'de, ortak ürün ve geri dönüşüm tahsisi, doğrudan piyasa fiyatlarına dayalı olarak ilişkilendirilebildiğinden zorluk, daha çok yapı ile ilgili olabilir. Dolaylı maliyetlerin tahsisi veya bir ürün içindeki farklı bileşenlerin neden olduğu maliyetlerin tahsisi, önemli metodolojik zorluklar yaratabilir. Genel giderlerin tahsisi konusu, geleneksel maliyet muhasebesinde tam bir disipline tabidir ve faaliyet tabanlı maliyetlendirme (ABC) gibi yöntemler altında çözülebilir. Ancak esasen YDD tabanlı YDM, maliyeti doğrudan sadece süreçlere tahsis edilebildiği

için geleneksel maliyet yönetimi çalışmalarından daha fazla iyileştirmeler sağlanabilir. Dolayısıyla YDD tabanlı YDM, doğrudan sadece süreçlere ve ilgili malzeme veya enerji akışlarına atanamayan genel giderleri en aza indirebilir. Süreçlere ve ürünlere odaklı sistemler, maliyetleri daha iyi tanımlayarak daha fazla dolaylı maliyeti doğrudan maliyet olarak tahsis eder. Bu duruma, genellikle bir şirketin genel giderlerinin bir parçası olan, ancak geliştirilmiş YDM yaklaşımı ile doğrudan maliyetlere dönüştürülebilen üretim atığının yönetim maliyeti örnek olarak verilebilir. YDM'de yalnızca bir üründen diğerine farklı olan genel giderler, ilgili ürüne özgü olmadığı için ihmal edilebilir. Çünkü YDM, YDD gibi karşılaştırmalı bir yapıya sahiptir ve sonuçsal bir yaklaşımı izler.

Veri toplama ve Birleştirme

YDD tabanlı YDM için genel bir veri formatı henüz yoktur ve YDM için veri gereksinimlerinin ayrıntılı olarak standartlaştırılıp standartlaştırılmayacağı şüphelidir. Veri gereksinimleri, büyük ölçüde çalışmanın amacına ve kapsamına bağlıdır ve temel husus mutlak rakamlardan ziyade maliyet farklılıklarıdır. Bu aynı zamanda, tıpkı YDD çalışmalarında olduğu gibi, aynı objenin farklı amaç ve kapsamlara sahip çalışmalarının doğrudan birbiriyle karşılaştırılmayacağı anlamına gelmektedir. Buna ek olarak, maliyet bilgileri zaman içinde yaşam döngüsü envanter verilerinden çok daha değişkendir. Bu nedenle statik (durağan) veri tabanları, YDM uygulaması için çok yararlı olmazken, YDE birim süreçlerinin akış verileri için durum tam tersidir (Frischknecht & Rebitzer, 2004). Bununla birlikte, belirli verilerin eksik olduğu veya sadece genel bir yaşam döngüsü maliyet analizinin hedef olduğu durumlarda, malzeme ve üretim süreci maliyetleri için varsayım üzerine fiyat aralıkları sağlayan veri tabanlarından göreceli fiyat veya maliyet katalogları kullanılabilir. YDD tabanlı YDM, bir organizasyon içinde düzenli olarak uygulanıyorsa, incelenen süreçlerin, malzemelerin ve enerji taşıyıcılarının ilgili maliyet unsurları için dahili bir veri tabanı oluşturulması ve sürdürülmesi tavsiye edilir (Rebitzer, 2005).

Ürün sistemi modelinin birim işlem veya alt sistemi başına ilgili maliyet ve miktar verilerinin belirlenmesi ve üretim, kullanım ve kullanım ömrü sonu aşaması için yaşam döngüsü maliyetlerinin bir araya getirilmesi için uygulanacak genel prosedür, aşağıdaki gibi özetlenebilir (Rebitzer, 2005):

- *1. Adım:* Farklı maliyet türleri ortaya çıkaran veya gelir sağlayan alt sistemlerin veya birim süreçlerin tanımlanması,
- *2. Adım:* 1. adımda tanımlanan birim süreçlerin veya alt sistemlerin ilgili malzeme ve enerji akışlarına maliyet (dahili süreçler için) veya fiyatların (harici süreçler için) referans birim olarak süreç çıktısı ile (örneğin, 1 kg ara ürün) atanması.

- 3. *Adım*: İncelenen alternatifler (yatırımlar, aletler, işçilik gibi dikkate alınan sürecin diğer işletme maliyetleri) arasında farklılık gösteren, birim süreçlerin veya alt sistemlerin ek maliyet veya fiyat etkilerinin belirlenmesi.
- 4. *Adım*: Maliyetlerin veya fiyatların, işlem çıktısının referans birim olduğu 3. adımda tanımlanan ek işlem işletim maliyetlerine atanması.
- 5. *Adım*: Tam ürün sisteminin referans akışını veya akışlarını sağlamak için 2. ve 4. adımdaki referans birim başına maliyetlerle süreç çıktılarının mutlak miktarlarını çarparak birim süreç veya alt sistem başına maliyetlerin hesaplanması.
- 6. *Adım*: Katma değer dahil olmak üzere, tüm birim süreç veya alt sistemin (5. adımdan itibaren) maliyetlerinin tüm yaşam döngüsü boyunca toplanması.

YDD tabanlı YDM Sonuçlarının Yorumlanması

YDD için ISO 14040 standardının tarifi, YDD tabanlı YDM için kullanılabilir. Buna göre yorumlama, bir ürün sisteminin YDM sonuçlarından elde edilen maliyet bilgilerinin çalışmanın amaç ve kapsamına uygun şekilde değerlendirilmesidir. Yorumlama, çalışmanın amacı ve kapsamına uygun olarak toplanan verilerin kolay anlaşılabilir, tam ve tutarlı bir şekilde ortaya konmasını amaçlar. Yorumlama, çalışmanın amacı ve kapsamıyla uyumlu olarak karar vericilere karar veya tavsiyeler şeklinde olabilir. Değerlendirme, çalışmanın amaç ve kapsamı açısından gerekli ise tamlik kontrolünü, hassasiyet kontrolünü, tutarlılık kontrolünü ve başka herhangi bir doğrulamayı içerebilir.

Belirsizlik ve duyarlılık analizi, uygun ve gerekli olduğunda, kaba varsayımların, beklenen değişikliklerin örneğin, piyasa fiyatlarının çok esnek olması veya verilerin zaman ve mekan özelliklerine bağlı olması nedeniyle en yüksek belirsizlikleri içerebilecek verilere odaklanmalıdır. Aynı şekilde gelecekteki maliyetlerin ve gelirlerin iskonto edilmesi de, duyarlılık analizlerinde dikkate alınması gereken diğer önemli bir faktördür. Gerekirse ve istenirse, risk ve yükümlülüklerden kaynaklanan maliyeti hesaplamak için Monte Carlo analizini kullanan Norris & Laurin (2004) tarafından gösterildiği gibi, maliyet ve gelir girdisi verilerinin belirsizliğini değerlendirmek için daha karmaşık teknikler de uygulanabilir.

YDM'nin sonuçlarını yorumlarken, potansiyel farklılıklarda belirsizlikleri küçümsemek için özen gösterilmelidir. YDM yalnızca para birimi ile çalışsa da, bazı maliyet verilerinin belirsizlikleri YDE veya YDED verilerinden daha yüksek olabilir. Gelecekteki maliyetlerin belirsizliklerini artıran, ancak mutlaka gelecekteki çevresel maliyetlerin belirsizliklerini artıran etkilere aşağıdaki örnekler verilebilir (Schmidt, 2003):

- Vergilendirme, ücretler, yasal haklardaki değişiklikler,

- İskonto oranları,
- Pazardaki değişiklikler (erişim, rakipler),
- Piyasa politikaları, imaj, trendler, döviz kurları gibi nedenler ile zamansal veya bölgesel fiyat değişimleri.

Sonuç olarak, YDM çevresel ve sosyal değerlendirmelerle tutarlı ve bunlarla uyumlu sistematik bir analize dayanmalıdır. Ancak bu şekilde, sürdürülebilir kalkınma hedefine doğru ilerlemek için gerekli olan değişikliklerin ekonomik fizibilitesini tahmin etmede verimli bir ölçüm aracı olarak hizmet eder. YDD' de ele alınmayan (veya sıfır etkiye sahip olduğu varsayılan) bazı hususlar olsa da (örneğin, içsel ve dışsal maliyetlerin toplanma düzeyi ile zamana bağlılıkla ilgili veri uyumluluğu) YDM, yaşam döngüsü envanter verilerini yorum yapmak için kullanılabilir. YDM içinde tüm iç maliyetlerin ve dışsallıkların tam olarak toplanması, belki bazıları için arzu edilebilir olsa da, bu tür analizlerin yapılmasında ortaya çıkan uygulama sorunları (örneğin, parasal değer atama sorunu) YDD tabanlı YDM kapsamı dışında olduğundan göz ardı edilebilir.

SONUÇ

Bu bölümde, yaşam döngüsü düşüncesinin temel alındığı geleneksel YDM, YDD, ÇYDM ve YDD tabanlı ÇYDM yaklaşımları, avantajları ve sınırlamaları ile birlikte değerlendirilmiştir. YDD standardı işletmelere, faaliyetlerinin çevresel etkilerin değerlendirmesi için oldukça yararlı ve kapsamlı bir metodolojik çerçeve sunmaktadır. Ancak oldukça karmaşık ve detaylı olan YDD yönteminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için oldukça yoğun bir çaba ve yüksek bilgi birikimi gerektirmektedir. Bu dezavantajlarının yansısı YDD yönteminin ekonomik ayağının olmaması, YDD çalışmalarının yaygınlaşmasının önündeki en büyük engeller olarak kabul edilmektedir. İşletme faaliyetlerinin ekonomik ve çevresel etkilerinin birlikte değerlendirildiği ÇYDM uygulaması ile söz konusu engellerin aşılabileceği düşünülmektedir. Zira YDD ve YDM arasında bir köprü vazifesi üstlenen ÇYDM, çevresel faaliyetlerin gelişimini hem nitel hem de parasal değerlerle ölçme imkânı sağlamaktadır. Bu nedenle, ÇYDM'nin işletmelerin ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliklerini değerlendirmelerini kolaylaştırabileceği ve bu yönde teşvik edebileceği varsayılabilir. YDD'nin envanter verilerine dayalı olarak geliştirilen YDD tabanlı YDM yöntemi de, çevresel etkilerin özellikle ekonomik boyutunu değerlendirmek açısından oldukça verimli ve önemli bir yaklaşım sunmaktadır. Geleneksel YDM, uzun bir süredir yöneticilerin karar alma süreçlerinde kullanılmakta ve ürün bazında olsa da uygulama ilkeleri belirli temellere oturtulmuş güçlü bir yöntemdir. YDM'yi, YDD'nin envanter verilerine dayandırarak uygulamak, YDM'nin verilerini ve modellerini yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda çevre-

sel değerlendirmeler için kullanma fırsatı yaratır. YDD tabanlı YDM, sürdürülebilirlik çerçevesinde yaygın bir YDM veya YDD uygulaması için işletmeleri teşvik edebilir ve faaliyetlerinin eko-verimliliğini artırabilir. Bununla beraber, çevresel ve ekonomik değerlendirme için kullanılan modeller arasında tutarlılık ve uyumluluk sağlamak zordur. YDD ve YDM'nin bireysel uygulamalarındaki zorluklar, kısıtlamalar, YDD tabanlı YDM için de geçerliliğini koruyacaktır. Ancak yine de, YDM'nin yol gösterici ilkelerini ve YDD'nin sistemik doğasını kullanmak bütünsel değerlendirmeleri kolaylaştırabilir. YDD tabanlı YDM, işletmelerin ve diğer kuruluşların karar alma süreçlerinde sürdürülebilirlik konularının entegrasyonu için önemli bir adım olarak görülebilir.

KAYNAKÇA

- Ackerman F. & Heinzerling L. (2004). *Priceless – on knowing the price of everything and the value of nothing*. New York, USA: The New Press.
- Ansami S.& Bell J. (1997). *Target Costing. The next frontier in strategic cost management*, Irvin.
- Artto, K.A. (1994). Life cycle cost concept and methodologies. *Journal of Cost Management*, 8 (3), 28-32.
- Asiedu Y.& Gu P. (1998). Product life cycle cost analysis: state of the art review. *International Journal of Product Research*, 36 (4), 836 - 908.
- Baldo G.L. (2000). *LCA: A tool for energetic and environmental analysis*. IPAServizi Editore, Milan.
- Baussabaine H.A.& Kirkham R.J. (2004). *Whole Life-cycle Costing. Risk and Risk Responses*, Blackwell Publishing Ltd.
- Bennett M. & James P. (1998). The green bottom line. In: Bennett M.; James P. (eds.): *The Green Bottom Line – Environmental Accounting for Management, Current Practice and Future Trends*. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing, 30-60.
- Biernancki, M. (2018). Benefits and inconveniences of the practical implementation of environmental life cycle costing. *Financial Sciences*, 23 (3), 9-16.
- Ciroth, A & James, K. (2004). A survey of current ICC studies. SETAC LCC Working Group, *Working paper*.
- Demirer, G. (2011). Yaşam döngüsü analizi. Pratik yaşam döngüsü analizi klavuzu AB sürecinde işletmeler ve kamu için yaşam döngüsü analizi yöntem ve örnekleri. Ankara: REC.
- Dhillon, B.S. (1989). *Life cycle costing*. New York, Gordon Breach Science Publishers.
- Ekvall, T & Weidema, B. (2004). System boundaries and input data in consequential life cycle inventory analysis. *Journal of Life Cycle Assessment* 9 (3), 161-171.
- Ellram L. (1993). Total cost of ownership: elements and implementation. *International Journal of Purchasing and Materials Management*. 29(3), 2-11.
- Ellram L. A (1994). Taxonomy of total cost of ownership models. *Journal of business logistics*. 15(1), 171-191.
- Epstein M. J. (1996). Improving environmental management with full environmental cost accounting. *Environmental Quality Management*, 6 (1). 11-22.
- Fleischer, G., Rebitzer, G., Schiller, U.& Schmidt, W.-P.(1997). Tool for environmental life cycle design and life cycle costing. In: Seliger, G.; Krause, F.-L. (eds.): *CIRP Life Cycle Networks*. London, UK: Chapman & Hall.
- Hunkeler D.& Rebitzer G. (2003). Life cycle costing - paving the road to sustainable development? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8 (2). 109 – 110.
- Hunkeler D., Lichtenvort K., & Rebitzer G., (2008), *Environmental Life Cycle Costing*, CRC Press.
- Hunkeler, D., Saur, K., Rebitzer, G., Schmidt, W.P., Jensen, A.A., Stranddorf, H.& Christiansen, K. (2004). *Life Cycle Management*. Pensacola, USA: Society for Environmental Toxicology and

Chemistry (SETAC).

- Hunt, R. & Franklin, W. (1996). Personal reflections on the origin and the development of LCA in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 1 (1), 4-7.
- Huppés G., van Rooijen M., Kleijn R., Heijungs R., de Koning A., & van Oers L. (2004). Life Cycle Costing and the environment. *Report of a Project Commissioned by The Ministry of VROM-DGM*.
- Huppés, G. (2004). Life cycle costing and life cycle assessment in management accounting for sustainability. Presented at the *EMAN Conference "Sustainability Accounting and Reporting"*, March 4-5th 2004, Lueneburg, Germany
- Huppés, G. (2003). The Simple Analytics of Life Cycle Costing in Sustainability Analysis. *Presentation at the SETAC-Europe Annual Meeting* in Hamburg, Germany.
- Institut e.V. & ICLEI (2007). Costs and Benefits of Green Public Procurement in Europe, https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/eu_recommendations_1.pdf
- ISO, 14040 (2006). ISO 14040 International standard. environmental management – life cycle assessment – principles and framework. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jensen, A.A (2012). The business case of life cycle management – how to create a sustainable value chain. Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai.
- Jiménez-González, C., Kim, S. & Overcash, M. (2000). Methodology for developing gate-to-gate Life cycle inventory information. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(3), 153-159.
- Klöpffer, W. (2003). Life cycle based methods for sustainable product development. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 8 (3), 157- 159.
- NATO RTO (2009). (North Atlantic Treaty Organisation - Research And Technology Organisation). *Code of Practice for Life Cycle Costing*.
- Norris G. & Laurin L.(2004). Total Cost Accounting. *Working Paper*, SETAC Life Cycle Costing Working Group, 2004.
- Norris G. (2001). Integrating Life Cycle Costing Analysis and Life Cycle Assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(2), 118 – 120.
- O’Rand M. & Krecker, M.J (1990). Concepts of the Life Cycle: Their History, Meanings, and Uses in the Social Sciences, *Annual Review of Sociology*, 16, 241-262.
- Rebitzer & Seuring (2003). Methodology and application of life cycle costing. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8 (2), 110-111.
- Rebitzer G. (2005) Enhancing the application efficiency of life cycle assessment for industrial uses, Doctorate These No:3307, Institut des sciences et technologies de l’environnement.
- Rebitzer G. & Hunkeler D. (2003). Life cycle costing in lcm: ambition, opportunities and limitations. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8 (5), 253 – 256.
- Rebitzer G., (2002). Integrating life cycle costing and life cycle assessment for managing costs and environmental impacts in supply chains. In: Seuring S., Goldbach M. (editors): *Cost Management in Supply Chains*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Rebitzer G., Hunkeler, D. & Jolliet, O. (2003). Life cycle costing – the economic pillar of sustainability, introduction of methodology and application to waste water treatment. *Environmental Progress*, 22 (4), 241 – 249.
- Rebitzer, G. (2004). From compliance to proactive lcm with a materials perspective. In: Hunkeler, D.; Saur, K.; Rebitzer, G.; Schmidt, W.-P.; Jensen, A.A.; Stranddorf, H.; Christiansen, K.: *Life Cycle Management*. Pensacola, USA: Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 2004.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Schmidt, W.-P., Suh, S., Weidema, B. P. & Pennington, D. W. (2004a): Life cycle assessment (Part 1): Framework, goal & scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, 30, 701-720,
- Rebitzer, G., Hunkeler, D. & Lichtenvort, K. (2004b), Towards a code of practice for life cycle costing – Results from the SETAC Working Group on LCC. In: *6th Ecobalance Conference*, Proceedings, Tsukuba, Japan, 2004.
- Schmidt W.P. (2003). Life cycle costing in design for the environment. *The International Journal of*

- Life Cycle Assessment*, 8 (3): 167 – 174.
- Schmidt, W.P. & Sullivan J. (2002). Weighting in life cycle assessments in global context. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7 (1), 5-10, 2002.
- Shapiro K. G. (2001). Incorporating costs in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(2), 121- 123.
- Sherif Y.S. & Kolarik W.J (1981). Life cycle costing: concept and practice. *OMEGA - The International Journal of Management Science*, 9 (3), 287-296.
- Swarr, TE, Hunkeler, D., Klöpffer W., Pesonen H-L, Ciroth A., Brent AC & Pagan R. (2011). Environmental life cycle costing: a code of practice. *Society of Environmental Chemistry and Toxicology (SETAC)*, Pensacola.
- UNEP / SETAC, (2009). UNEP-SETAC. Life cycle management: how business uses it to decrease footprint, create opportunities and make value chains more sustainable, United Nations Environment Programme.
- Vernon, R. (1966). International investment and international trade in the product cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 80 (2), 190-207.
- WCED, (1987). World commission on environment and development (WCED): Our Common Future, *The Brundtland Report*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1987.
- White, A.L., Savage D. & Shapiro, K.G. (1996). Life-cycle costing – concepts and application. In: Curran MA (ed.): *Environmental Life-Cycle Assessment*. New York, USA: McGraw-Hill, pp. 7.1-7.19.
- Woodward D.G. (1997). Life cycle costing – theory, information acquisition and application, *International Journal of Project Management*. 15 (6), 335-344.
- Yükselen,C., 2000, *Pazarlama İlkeler-Yönetim* , Detay Yayıncılık, Ankara.