

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAKIR BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ayşe CEYLAN**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**HAZİRAN 2014  
SAMSUN**





T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAKIR BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ayşe CEYLAN**  
**10210243**

**Tezin Savuma Tarihi : 08 Temmuz 2014**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ayşe KULEYİN**



Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında

Ayşe CEYLAN Tarafından Hazırlanan

**BAKIR BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ  
DEĞERLENDİRMESİ**

başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 08/07/2014 tarihinde yapılan sınav ile

**YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hanife BÜYÜKGÜNGÖR  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Ayşe KULEYİN  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gökhan KAYHAN  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

.../.../...2014

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Enstitü Müdürü





*Canım aileme,*



## ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca ilminden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam Sn. Doç. Dr. Ayşe KULEYİN'e;

Programın temin edilmesi aşamasında ve sonrasında çok yardımcı olan Sn. Dr. Hüdaî KARA'ya (Metsims Sürdürülebilir Danışmanlık Şirketi Genel Müdürü);

Araştırmalarım esnasında yardımını esirgemeyen sevgili meslektaşlarım Sn. Murat Özgür POLAT, Sn. Arş. Gör. Sevde ÜSTÜN ve Sn. Abdullah ÇALIŞKAN'a;

Bugünlere gelmemi sağlayan, her kararında yanımda olan ve bana sabreden en büyük destekçilerim canım annem Halide CEYLAN'a, sevgili babam Yunus CEYLAN'a ve biricik kardeşim aynı zamanda da meslektaşım olan Cihan CEYLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2014

Ayşe CEYLAN  
Çevre Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR .....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT .....	xix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı.....	1
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>3</b>
2.1 Bakır .....	3
2.1.1 Bakırın fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	3
2.1.2 Bakır mineralleri .....	5
2.1.3 Bakır bileşikleri ve kullanım alanları.....	7
2.1.4 Tesisatta bakır boru kullanımı .....	9
2.1.5 Bakır borunun kullanım avantajları .....	10
2.1.6 Bakır borunun ekonomideki yeri .....	12
2.2 Sürdürülebilirlik ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	13
2.2.1 Yaşam döngüsü değerlendirme .....	16
2.2.2 Yaşam döngüsü standardizasyonu .....	17
2.2.3 Yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin aşamaları .....	18
2.2.4 Yaşam döngüsü değerlendirme uygulama alanları ve sınırlamaları .....	23
2.2.5 Yaşam döngüsü değerlendirme üzerine çalışan kurumlar .....	24
2.2.6 Yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik modeller .....	26
2.2.7 Yaşam döngüsü değerlendirmesine örnek çalışmalar .....	30
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>35</b>
3.1 Veri Temini.....	35
3.2 Bakır Boru Üretimi .....	36
3.3 SimaPro 8.0.1 Yazılımı .....	39
3.3.1 Amaç ve kapsam .....	46
3.3.2 Envanter analizi .....	48
3.3.3 Etki değerlendirme .....	51
3.3.4 Yorum .....	52
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>53</b>
4.1 Bakır Boru Üretiminin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	53
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>59</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>69</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>79</b>



## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1. Bakır elementinin temel özellikleri .....	4
Çizelge 2.2. Bakırın fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	4
Çizelge 2.3. Başlıca bakır mineralleri.....	6
Çizelge 2.4. Bazı bakır bileşikleri ve başlıca kullanım alanları.....	8
Çizelge 2.5. ISO 14040 standartları serisi.....	18
Çizelge 2.6. Ofis binaları enerji tüketim ve CO <sub>2</sub> miktarları .....	31
Çizelge 3.1. Bakır boru üretiminde kullanılan makinelerin elektrik sarfıyatı .....	49



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Kalkosit mineralinin görünümü.....	5
Şekil 2.2. Bakır üretiminin kademeleri.....	7
Şekil 2.3. Tesisat amaçlı kullanılan malzemelerin yüzde dağılımları.....	9
Şekil 2.4. Farklı formlardaki bakır borular.....	10
Şekil 2.5. İklimlendirme sistem parçaları Türkiye ihracat oranları.....	12
Şekil 2.6. İklimlendirme sistem parçaları Türkiye ithalat oranları.....	12
Şekil 2.7. Sürdürülebilirliğin üç ana alanı.....	13
Şekil 2.8. Sürdürülebilir üretimin şematik gösterimi.....	15
Şekil 2.9. Yaşam döngüsü.....	16
Şekil 2.10. Yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin aşamaları.....	19
Şekil 2.11. Etki değerlendirmesi aşamaları.....	23
Şekil 3.1. Veri temini yapılan tesisin genel görünümü.....	35
Şekil 3.2. Bakır katot şekli.....	36
Şekil 3.3. Yatay döküm makinesinin resmi.....	36
Şekil 3.4. Yüzey temizleme makinesinin resmi.....	37
Şekil 3.5. Boru ovalama makinesinin resmi.....	37
Şekil 3.6. Üçlü boru çekirme makinelerinin resmi.....	38
Şekil 3.7. Spinner block makinesinin resmi.....	38
Şekil 3.8. LWC kangal sarma makinesinin resmi.....	39
Şekil 3.9. Orta nokta son nokta yaklaşımı.....	42
Şekil 3.10. Bakır borunun yaşam döngüsü atık senaryosu.....	47
Şekil 3.11. Oluşturulan proje ekranına ait görünüm.....	48
Şekil 3.12. Bakır borunun yaşam döngüsü aşamalarının görüntüsü.....	49
Şekil 3.13. Bakır boru içeriği program ekranı.....	50
Şekil 3.14. Bakır boru montaj içeriği program ekranı.....	50
Şekil 3.15. Bakır boru ulaşım içeriği program ekranı.....	51
Şekil 3.16. Eco-Indicator 99 (H) hesaplama yönteminin seçilmesi.....	52
Şekil 4.1. Zarar sınıflarına göre grafiksel görünüm.....	54
Şekil 4.2. Zarar değerlendirmesine göre grafiksel görünüm.....	55
Şekil 4.3. Yaşam döngüsü aşamalarına göre grafiksel görünüm.....	56
Şekil 4.4. Bakır borunun ağaç diyagramı ile gösterimi.....	57
Şekil 4.5. Bakır boru üretiminin yaşam döngüsüne genel bakış.....	58



## KISALTMALAR

<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>BEES</b>	: Building for Environmental and Economic Sustainability
<b>BRE</b>	: British Research Establishment
<b>BREEAM</b>	: British Research Establishment Environmental Assessment Method
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>Cu-DHP</b>	: Phosphorous deoxidised copper
<b>EMS</b>	: Environmental Management System
<b>EN</b>	: European Standard
<b>EPA</b>	: Environmental Protection Agency
<b>EPD</b>	: Environmental Product Declaration
<b>EPR</b>	: Extended Producer Responsibility
<b>FSC</b>	: Forest Stewardship Council
<b>GHG</b>	: Greenhouse Gas
<b>IISBE</b>	: International Initiative for a Sustainable Build Environment
<b>ISO</b>	: International Organization for Standardization
<b>LEED</b>	: Leadership in Energy and Environmental Design
<b>MÖ</b>	: Milattan Önce
<b>NIST</b>	: National Institute of Standard Technology
<b>P</b>	: Fosfor
<b>SETAC</b>	: Society of Environmental and Economic Sustainability
<b>USGBC</b>	: US Green Building Council
<b>YY</b>	: Yüz Yıl



# BAKIR BORU ÜRETİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ

## ÖZET

Teknoloji ve sanayideki gelişmeler, kent nüfusunun artması ile 21. yüzyılın başı ekolojik dengenin bozulduğu, doğal kaynakların tükenme tehlikesinin yaşandığı dönemdir. Sürdürülebilirlik bu bağlamda, ekonomik, çevresel ve toplumsal gereksinmelerin, gelecek kuşakların yaşam koşullarına zarar vermeden karşılanmasını hedefleyen bir dünya görüşü olarak ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında enerji tüketimlerinin azaltılması, enerji verimliliği konusunda daha fazla çalışma yapılması ve kullanıcıların bu konularda bilinçlendirilmesi oldukça önemli olacaktır. Yaşam döngüsü analizi çevresel girdilerin, çıktıların ve bir ürün, malzeme yada servisin yaşam döngüsünün potansiyel çevresel etkilerinin hesaplanması ve değerlendirilmesidir.

Bu çalışmada sistemdeki envanter analizleri, atık senaryosu, etki değerlendirme işlemleri ISO 14040 yaşam döngüsü değerlendirme standardına uygun olarak üretilmiş olan SimaPro 8.0.1 adlı bir yazılımda Eco-Indicator 99 (H) metodu seçilerek gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik; Yaşam Döngüsü Analizi; ISO 14040; Bakır Boru Üretimi.



## **LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MANUFACTURING OF COPPER TUBE**

### **ABSTRACT**

Together with improvements in technology and industry and increasing in urban population, the beginning of 21st century is a period in which ecological stability went bad and natural resources was faced with ruin. However, a world view covering the requirements of economical, environmental and social without hurt future life conditions arises that is sustainability. Sustainability, reduction of energy consumption, further work on energy efficiency, and awareness of the users will be critically important. Life cycle assessment is the calculation and evaluation of the environmentally relevant inputs and outputs and the potential environmental impacts of the life cycle of a product, material or service.

In this study, inventory analysis, waste scenario, assessment and comparing operations in the system are done by using software entitled with is being selected Eco-Indicator 99 (H) method in Simapro 8.0.1 which is developed as appropriate with ISO 14040 Life Cycle Assessment standard.

**Key Words:** Sustainability; Life Cycle Assessment; ISO 14040; Manufacturing of Copper Tube.





## 1. GİRİŞ

Küresel ölçekte önemli bir sorun olan çevre kirliliği arttıkça, sektörler ürettikleri ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerini değerlendirmeye yönelik çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu çalışmalar, bir ürün veya hizmetin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, kamuda ve özel sektörde stratejik planlanması, çevresel performans göstergelerinin dikkate alınması ve pazarlama araçlarının geliştirilmesi için yönetim sistemleri gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Elkington, 1993). Bu kapsamda farklı sektörlerdeki kuruluşlar, ISO 14000 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) Standardları serisini benimsemişlerdir. Bu standartlar, kuruluşlara çevre yönetimi konusunda yol gösterici ve sınırlandırıcı özellikte olup küreselleşen dünyada çevre konusunda ortak bir dil oluşturmaya çalışmaktadır.

ÇYS'nin amaçlarından biri, bir kuruluşun çevreyle ilgili hedeflerini belirleyerek kendisine uygun bir çevre politikası geliştirmesini sağlamaktır. Çevre politikası, kuruluşun ulusal veya uluslararası yasa ve yönetmeliklere uyumu, maliyet denetimi ve üretilen ürün ve hizmetlerin kaynak kullanımı ve kirlilik denetimini kapsayabilir. Bu kapsamda, bir kuruluşun çevre politikasının amacı, ürettiği ürün ve hizmetlerin yaşam döngüleri boyunca oluşturduğu çevresel etkilerin azaltılması olabilir (ISO 14001, 1997).

Yaşam döngüsü, bir ürünün hammaddelerinin çıkarılmasından başlayıp, işlenmesi, paketlenmesi, taşınması, yapımı, kullanımı, gerektiği zamanlarda bakım-onarımı, ömrünü tamamladığında atılması, geri dönüştürülmesi, birtakım işlemlerden geçirilerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmesine kadar geçen süreçtir. Yaşam döngüsüne yönelik ilk fikirler 1960'lı yıllarda enerjinin etkin kullanımı, hammadde tüketimi ve atık maddeler gibi çevre sorunlarıyla ilgili veri çalışmalarıyla başlamış ve bu çalışmalar 1980'li yılların sonunda hızlanmıştır (Jensen ve diğ., 1997).

### 1.1 Tezin Amacı

Korozyon direncinin iyi olması, servis imkanlarının fazlalığı ve bakım kolaylığı gibi üstünlükleri olması nedeniyle bakır insanoğlunun kullandığı bilinen en eski

malzemedir. Teknolojinin gelişmesi, 1930'larda bina tesisatlarında özellikle de bakır tesisatlarında gelişmeleri de beraberinde getirmiştir. Günlük yaşamımızda iç hava kalitesi sağlama amaçlı havalandırma, ısıtma ve soğutma gibi iklimlendirme sistemleri ile buhar taşıma sistemleri, hastane tesisatları, medikal gaz ve diğer gaz taşıma tesisatlarının tasarımlarında bakır boru kullanılmaktadır. Aynı zamanda insan sağlığı ile doğrudan ilişkili olan içme suyu tesisatlarında, depolama alanlarında, havuz ve filtrasyon sistemlerinde de tercih edilmektedir (Onuk, 2013).

Bakır, insanoğlu tarafından kullanılan madenler içerisinde, uygarlıkların biçimlendirilmesindeki rolü bakımından en önde gelen birkaç madenden biridir. Yapı sistemlerinin oluşturulmasında kullanılan bakır malzeme, diğer malzemelerle karşılaştırıldığında çok sayıda avantaja sahiptir (Eren ve Başarır, 2013).

Kimyasal, fiziksel ve estetik özellikleri, bakıra, endüstride ve yüksek teknoloji uygulamaları alanında çok geniş bir kullanım sahası yaratmaktadır. Yüksek elektrik ve ısı iletkenliği ile maddeden çekilebilme ve dövülebilme özelliklerine sahip olan bakır, aynı zamanda paslanma ve aşınmaya karşı da dirençlidir. Bakırın, çinko, alüminyum, kalay, nikel gibi metallerle çok çeşitli alaşımları bulunmaktadır. Çinko ile alaşımından pirinç, alüminyum ya da kalay ile alaşımından ise bronz elde edilmektedir. Bu alaşımlar ile bakıra, değişik özellikteki uygulamalarda kullanımı için yeni karakteristikler kazandırılmaktadır. Böylelikle, endüstrinin temel girdilerinden biri olmuştur. Bakırın en temel kullanım alanları; elektrik ve ısı üretim ve iletim endüstrisi, elektronik ve iletişim sektörleri, inşaat sektörü, ulaşım sektörü ve makina-teçhizat imalat sanayidir. Bakırın, bunların dışında da pek çok kullanım alanlarını saymak mümkündür. Bakırın bir başka özelliği ise, tüm diğer metaller arasında geri kazanımı en fazla olan metal olmasıdır (Tamzok, 2005).

Bu bilgiler ışığında bu çalışmada bakır boru üretiminin yaşam döngüsü içinde sürdürülebilirliği, kaynak verimliliği, enerji verimliliği, geri dönüştürülebilirlik vb. kriterleri SimaPro 8.0.1 yazılımı doğrultusunda değerlendirilmiştir.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1 Bakır**

Bakır, insanlık tarihinde çıkarılan ve işlenen ilk minerallerden birisidir. Binlerce yıl öncesine dayanan (Neolitik Çağ – yaklaşık 10.000 yıl önce) bakır madenciliği günümüze kadar süregelmiş ve önemi hiçbir zaman azalmamış, tam tersine kendine yeni ve vazgeçilemez kullanım alanları bulmuştur. Tarihi dönemlerde kolay bulunabilmesi ve işlenebilmesi nedeniyle silah, çeşitli araç-gereç yapımı, sanat eserleri ve süslemecilikte yaygın olarak kullanılmıştır. MÖ 2500’lü yıllarda ise kalayla karışımı sonucu elde edilen bronz, yeni bir çağı başlatmış, bakırın insanlık tarihindeki önemini daha da arttırmıştır. Roma ve Yunan toplumlarının bakır ihtiyacının yoğun olarak Kıbrıs Adası’ndan karşılanmasından dolayı bu önemli minerale Cyprium yani “Kıbrıs Metali” denilmeye başlanmıştır. 18. Yüzyılın sonlarına gelindiğinde bakırın manyetik ve elektrikle ilgili buluşlarda kullanılması, bu minerali yeni bir çağa taşımıştır (Lide, 2005).

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyona direnç, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir. Ayrıca alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik - elektronik vb.) değişik amaçlı kullanılmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

#### **2.1.1 Bakırın fiziksel ve kimyasal özellikleri**

Bakır kırmızımsı renkli, metalik parlaklığı olan ağır, dövmekle şekillendirilebilen, tel haline çekilebilen, korozyona, çekmeye karşı dayanıklı; manyetit duyarlılığı olmayan çeşitli metallerle alaşım yapan ve hepsinden önemlisi yüksek elektrik iletkenliği olan bir metaldir (Bingöl, 1995). Bakır elementinin temel özellikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Bakır elementinin temel özellikleri (Çakır, 2010)

Atom numarası	29
Element serisi	Geçiş metalleri
Grup, periyot, blok	11, 4, d
Görünüş	Metalik kahverengi
Atom ağırlığı	63,546 g/mol
Elektron dizilimi	Ar 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>

Bakır, modern teknolojilerde kullanılan en önemli metallere birisidir. Günümüzde altın ve gümüş en iyi elektriksel iletkenliğe sahip metaller olarak bilinmektedir. Fakat bakır, altın ve gümüşe göre daha düşük maliyetli iyi bir iletkenidir. Bu nedenle bakır, altın ve gümüşe iyi bir alternatif olmaktadır (Gülfen, 2002). Bakırın sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Bakırın fiziksel ve kimyasal özellikleri (Cankut, 1994)

Özellikler	Veriler
Simgesi	Cu
Atom numarası	29
Atom ağırlığı	63,54
Değerliği	1 ve +2
Sertliği	2,5-3
Yoğunluğu	8.92-8.93 g/cm <sup>3</sup>
Ergime noktası	1083-1084 °C
Ergime ısı	43 kcal/kg
Kristal şekli	Kübik
Isı iletkenliği	0.934 cal /cm /cm <sup>2</sup> /sn7/ °C
Özdirenci	1.72 mikro ohm /cm

Tabiatta % 0.0055 oranında yer kabuğunda bulunan bakır, bu özelliğine rağmen çok iyi maden yatağı oluşturabilmektedir. Bakır mineralleri içerdikleri elementlere göre birkaç sınıfta incelenirler (Gülfen, 2002).

Bakır yatakları oluşumlarına göre; magmatik, tortul, metamorfik bakır yatakları isimleri altında üç ana grupta sınıflandırılır. Tenörlerine göre ise bakır yatakları şu şekilde sınıflandırılabilir;

- Porfirik bakır yatakları : Dünya bakır rezervlerinin % 40-45'ini oluştururlar. Bakır tenörü % 0,3 ile 2 arasındadır.
  - Volkanojenik Masif sülfür yatakları: Dünya rezervinin % 30-35'ini oluştururlar. Bakır tenörü % 2-6 arasındadır.
  - Damar tipi bakır yatakları: Dünya rezervinin % 20-30'unu oluştururlar.
- Bakır ürünleri yarı ürünler ve ürünler olmak üzere iki grupta toplanabilir:

Yarı ürünler:

- Konsantre, blister bakır, rafine bakır, katot bakır.

Ürünler:

- Elektrolitik ürünler: Tel kütüğü, blok takoz, sürekli döküm filmanşini
- Elektrolitik olmayan ürünler: Levha, lama, çubuk, boru, profil
- Alaşımlar: Pirinç, bronz, diğer bakır alaşımları

Blister bakır % 97-98 saflıktadır ve Fe, S, Au, Ag, Se, Te, Ni gibi metaller içerir. Elektrolitik bakırın % 99,9 saflıkta olması istenir (Tanaydın, 2010).

### 2.1.2 Bakır mineralleri

Doğada çeşitli bakır minerallerine rastlanılmaktadır. Bu minerallerden pek çoğu endüstriyel önem taşımaktadır. Dünya bakır üretiminde kullanılan minerallerin yaklaşık % 50'si kalkosit, % 25'i kalkopirit ve % 3'ü enargittir. Bunların dışında, % 15 oranında oksitli mineraller ve % 7 civarında ise nabit bakır kullanılmaktadır. Şekil 2.1'de kalkosit mineralinin görünümü verilmektedir.



**Şekil 2.1.** Kalkosit mineralinin görünümü (Akkaş, 2010)

En çok bilinen ve en önemli bakır mineralleri ihtiva ettikleri bakır oranları ile Çizelge 2.3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Başlıca bakır mineralleri (Kökeş, 2013)

<b>Mineral Adı</b>	<b>Formülü</b>	<b>Cu Miktarı, %</b>
Natif Bakır	Cu	99,9
Kalkosit	Cu <sub>2</sub> S	79,9
Kovellin	CuS	66,5
Kalkopirit	CuFeS <sub>2</sub>	34,6
Bornit	Cu <sub>3</sub> FeS <sub>3</sub>	55,6
Kuprit	Cu <sub>2</sub> O	88,8
Tenorit	CuO	79,9
Malahit	CuCO <sub>3</sub> .Cu(OH) <sub>2</sub>	57,5
Azurit	2CuCO <sub>3</sub> .Cu(OH) <sub>2</sub>	55,3
Krisokol	CuSiO <sub>3</sub> .2H <sub>2</sub> O	36,2
Kalkantit	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	25,5
Brokantit	CuSO <sub>4</sub> .3Cu(OH) <sub>2</sub>	56,2
Atakamit	CuCl <sub>2</sub> .3Cu(OH) <sub>2</sub>	59,5
Kronkit	CuSO <sub>4</sub> .Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .Cu(OH) <sub>2</sub>	42,8
Enargit	Cu <sub>3</sub> AsS <sub>4</sub> (3Cu <sub>2</sub> S.As <sub>2</sub> S <sub>5</sub> )	48,4
Famatinit	Cu <sub>3</sub> SbS <sub>4</sub> (3Cu <sub>2</sub> S.Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub> )	43,3
Tetrahedrit	Cu <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub> (3Cu <sub>2</sub> S.Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> )	46,7
Tenantit	Cu <sub>3</sub> As.S <sub>3</sub> (3CuS.As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> )	52,7

Bakır üretim metotları:

- Pirometalurjik metotlar
- Hidrometalurjik metotlar
- Elektrometalurjik metotlar (Akdoğan, 2008).

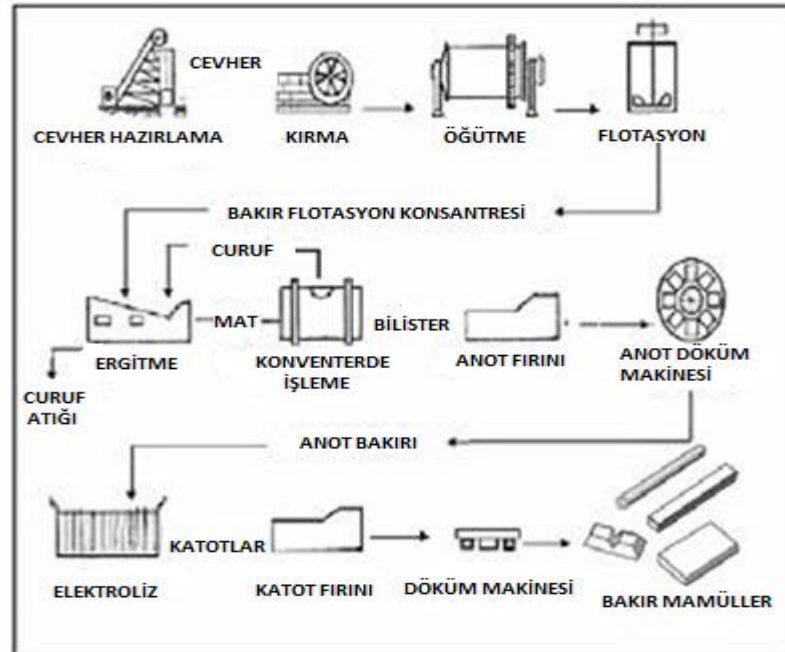
Pirometalurjik metoda kuru metalürji de denir. Bu metotta metal sıcakta veya ısı etkisiyle sıvı hale getirilerek üretilir. Hidrometalurji veya yaş metalürji metodu, sulu çözeltilerden metali uygun ortamlarda elde etme metodudur. Uygun ortam asit, baz veya tuz olabilir. Metal bu ortamlarda çözüldükten sonra, metalin kendisi veya bileşimleri halinde çeşitli yollarla ayrılırlar. Elektrometalurjik metot

elektrotermik ve elektrokimyasal metot olarak ayrılır. Elektrotermik yolda elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüşür ve reaksiyon için gerekli olan sıcaklığı temin eder.

Bakır üretim kademeleri şu şekilde özetlenebilir:

- Bakır cevherinin ocaktan çıkarılması ve hazırlanması
- Öğütme
- Flotasyon (zenginleştirme)
- Ergitme ile mat ve curufa ayrıştırılması
- Konvertör de hava üfleme ile mattan bilister bakır üretimi
- Anot fırınında anot bakıra dönüştürme
- Elektrolizle katot bakır yapımı
- Katot bakırın ergitilerek külçe haline getirilmesi ve satışa sunulması

Bakır üretiminin bu kademeleri şematik olarak Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Habashi, 1997).



Şekil 2.2. Bakır üretiminin kademeleri (Habashi, 1997)

### 2.1.3 Bakır bileşikleri ve kullanım alanları

Bakır, bileşiklerinde +1 ve +2 oksidasyon basamaklarında bulunur. Bakır (I) bileşiklerine küpro bileşikleri ve bakır (II) bileşiklerine küpri bileşikleri denir.

Bakır (I) bileşikleri gümüş ve altın bileşikleri ile benzerlik gösterirler ve bunlardan suda çözünenler  $Cu^+$  iyonunun  $Cu^{+2}$  ve metalik bakıra dönüşmesi sebebiyle kararlı değildirler (Harman, 2010). Kullanım alanlarına göre bazı bakır bileşikleri Çizelge 2.4'te sunulmuştur.

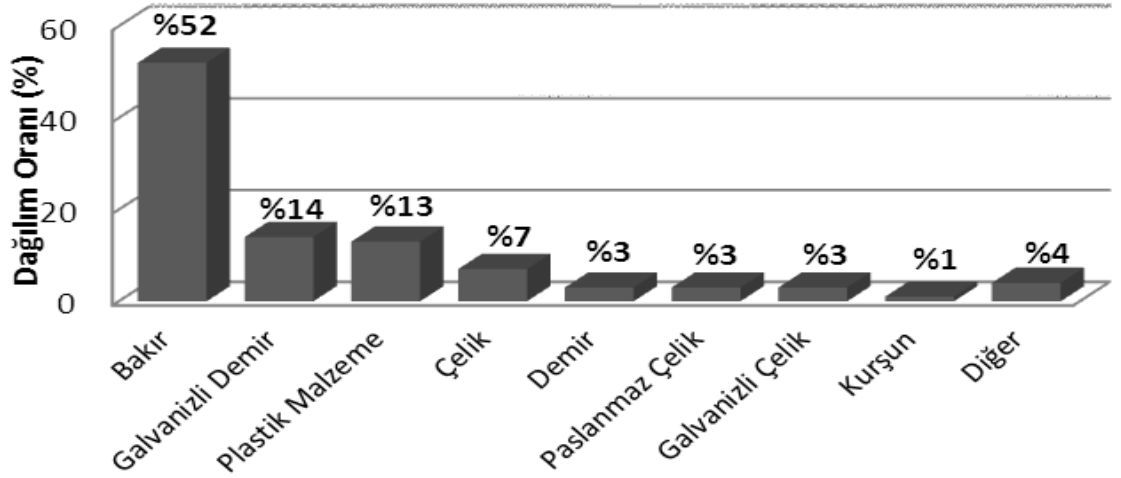
**Çizelge 2.4.** Bazı bakır bileşikleri ve başlıca kullanım alanları (Harman, 2010)

<b>Adı</b>	<b>Yapısı</b>	<b>Kullanım Alanları</b>
<b>Bakır Sülfat</b>	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	Tarımsal ilaçlama, flotasyonda aktivatör, boya imalinde, antiseptik olarak kullanılmaktadır.
<b>Bazik Kuprit Asetat</b>	$Cu(C_2H_3O_2)CuO \cdot 6.H_2O$	Organik bileşiklerin üretiminde katalizör olarak kullanılmaktadır.
<b>Bazik Kuprik Karbonat</b>	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	Boya ve seramik, tarımsal ilaçlama, hammadde
<b>Bordo Bulamacı</b>	$3Cu(OH)_2 \cdot CuSO_4$	Tarımsal mücadelede kullanılmaktadır.
<b>Kuproklorür</b>	$CuCl$	Kimya sanayinde katalizör, sabun ve yağ yapımında yoğunlaştırıcı
<b>Bakır sianür</b>	$CuCN$	Galvanoplasti, katalizör, haşere ilacıdır.
<b>Kuprik Klorür</b>	$CuCl_2$	Boya tespit edici, altın ve gümüş tasfiyesi, civa üretimi
<b>Bakır Nitrat</b>	$Cu(NO_3)_2$	Galvanoplasti, haşere ilacıdır.
<b>Kupro Oksit</b>	$Cu_2O$	Bakır tuzları üretimi, seramik, galvanoplastik, tarımsal mücadele, boyaların bozulmasına karşı.
<b>Kuprik Oksit</b>	$CuO$	Suni elyaf, seramik, katalizör

#### 2.1.4 Tesisatta bakır boru kullanımı

Günümüzde hava, su ve gaz dağıtım amaçlı kullanılan tesisat malzemeleri metalik ve polimerik esaslı olmak üzere çeşitlilik gösterir. En yaygın kullanılan malzemeler bakır, galvanizli demir ve polietilen (PE) gibi plastik esaslı malzemelerdir.

Şekil 2.3'te tesisatta kullanılan malzemelerin kullanım oranlarına göre yüzde dağılımları verilmiştir (Onuk, 2013).



Şekil 2.3. Tesisat amaçlı kullanılan malzemelerin yüzde dağılımları (Onuk, 2013)

Soğutma ve iklimlendirme amaçlı bakır borular %99,90 Cu ve %0,015-0,040 P içeren Cu-DHP malzemedен yumuşak ve sert çekilmiş özelliklerde kullanılmaktadır. ASTM B280, ASTM B68, ASTM B88, EN 1057, EN 12735 ve EN 12449 normlarındaki standart spesifikasyonları içeren bakır boruların başlıca kullanım alanları:

- İçme suyu tesisatları,
- Sıcak ve soğuk içeren sıhhi tesisatlar,
- Depolama tankları,
- Sıhhi atık su drenajı,
- Radyatör ve konvektör gibi ıslak merkezi ısıtma sistemleri,
- Yerden ısıtma sistemleri,
- Isıtma ve pişirme amaçlı gaz sistemleri,
- Tıbbi gaz taşınımı sistemleri,

- Soğutucu akışkan devreleri,
- Isıtma amaçlı yağ sistemleri,
- Yakıt ve gaz tesisatları olarak özetlenebilir (Erol, 1994)

### 2.1.5 Bakır borunun kullanım avantajları

Bakır borular bugün başta içme suyu tesisatları olmak üzere yakıt ve gaz tesisatlarına kadar birçok alanda tercih edilmektedir. Bu tesisatlardan beklenen güvenilirliği, kullanım kolaylığı, mekanik özellikleri, fiziksel özellikleri ve antibakteriyel özellikleri karşılayabilmektedir. Şekil 2.4'te iklimlendirme sektöründe kullanılan farklı formlardaki bakır borulara örnekler verilmiştir.

Bakırın fiziksel ve mekanik özelliklerindeki üstünlükleri oldukça fazladır. Buna paralel olarak bakır boruların da yapısal olarak mekanik dayanımının fazla olması basınca maruz kalması halinde güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlar. Farklı sıcaklıklarda tavlı, yarı tavlı veya sert olarak kullanılması halinde geniş basınç varyasyonlarında ve yüksek basınçlara kadar sızdırmazlık özelliği gösterir. Bakır boruların iç yüzey pürüzlüğü plastik, galvanizli ve demir esaslı malzemelere kıyasla daha düşüktür. Yüzey pürüzlüğünün düşük olması sürtünme katsayısının da düşük olmasını beraberinde getirir ve bu sayede tesisatlarda meydana gelen basınç ve enerji kayıpları da nispeten daha düşük olur. Yüksek basınç değerlerinde çalışılması için çapların küçültülmesi halinde basınç kayıpları minimum seviyelere indirgenebilir. Tesisat işlemleri sırasındaki lehimleme ve uyarılma etkinliği sayesinde basınç kayıpları %60 oranında önlenebilir.



Şekil 2.4. Farklı formlardaki bakır borular (Erol, 1994).

Isıya olan dayanımı ile oluşabilecek yangın gibi afet durumlarında da dayanım gösterir. Kısmi olarak her ne kadar diğer malzemeler gibi korozyona uğrasa bile korozyon direnci açısından üstünlük gösterir. Sıcaklık değişimlerinin olduğu sistemlerde malzemeler genleşme ve daralma etkisi gösterebilirler. Ancak bakır borular sıcaklığa bağlı olarak kullanıldıkları tesisatlarda güvenilirlerdir ve binalarlarda kullanılan beton gibi yapı malzemelerinin genleşme katsayılarına yakın genleşme değerlerinde oldukları için tesisata kolaylıkla uyarlanabilirler (Erol, 1994).

Bakırın antibakteriyel özelliği doğal olarak saflaştırma etkisi ile bakteri ve virüsleri yok ederek zararlı oluşumları kontrol edici özelliكتedir. Bugün yapılan araştırmalar ile Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Bakır Enstitüsü gibi uluslararası kurumlarca bakırın antimikrobiyel olduğu bilinmektedir (Stern ve Lagos, 2008).

Bakır malzemesinin kolay şekil alabilir özelliği çalışma kolaylığı sağlar, tesisatlardaki karmaşık sistemlere dahi uygulanabilir. Buna bağlı olarak uygulayıcı niteliğinin çok kapasiteli olmasına ihtiyaç duyulmadan hava, su ve gaz sistemlerinde kurulumu kolay profesyonel bir malzemedir.

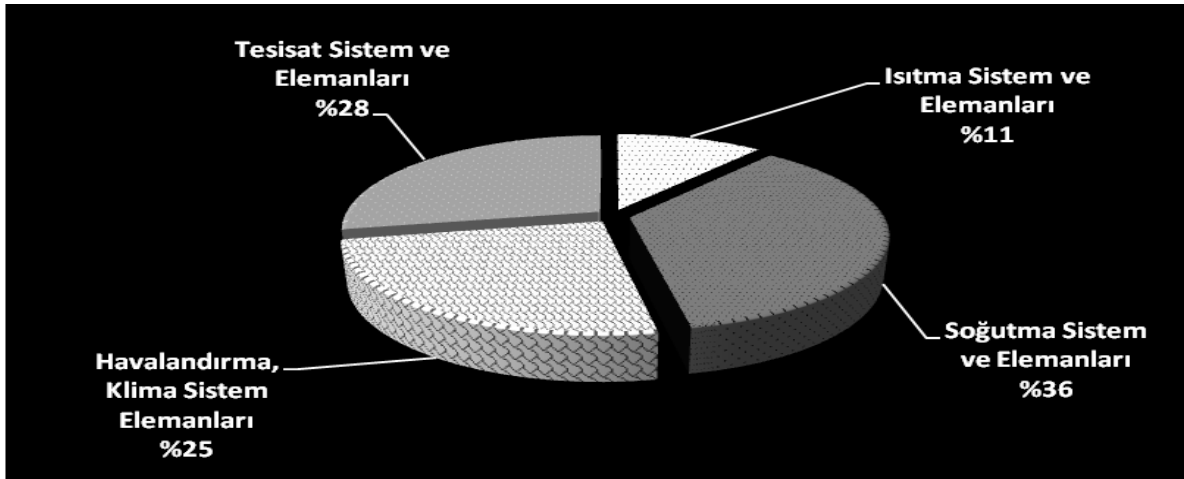
Bakırın diğer tesisat malzemeleri ile kıyaslandığında pahalı bir malzeme olduğu bilinmektedir. Buna karşın uzun servis ömrü, küçük çaplarda ve duvar kalınlıklarında kullanılabilirliği, enerji verimliliği, tesisat ve bakım maliyetlerinin az olması tesisat maliyetlerini düşürücü yönde olumlu etkisi vardır. Tesisatların uzun ömürlü olması ve bakım maliyetlerinin düşük olması bakır dışındaki malzemelerle kurulan tesisatlardan daha pratiktir. Bu nedenle bakır pahalı bir malzeme olarak gözükmesine rağmen uzun vadede ekonomiktir. (Onuk, 2013).

Korozyona dayanımı, kullanım kolaylığı, basınca dayanımı, ısı iletkenliğindeki üstünlüğü, düşük sürtünme katsayısı, genleşme oranının yapı malzemesi olarak kullanıma uygun olması, sızdırmazlık özelliği, sağlamlığı ve yangına dayanımı gibi özelliklerine ek olarak çevre duyarlı ve estetik bir malzemedir. Diğer plastik ve kompozit esaslı malzemelerle kıyaslandığında doğadan gelen kompleks olmayan bir kimyası vardır. Bu sayede %100 geri dönüşümlüdür. Estetik açıdan ise bugün birçok tasarım malzemesinde dahi bakır tercih edilebilmektedir (URL-1).

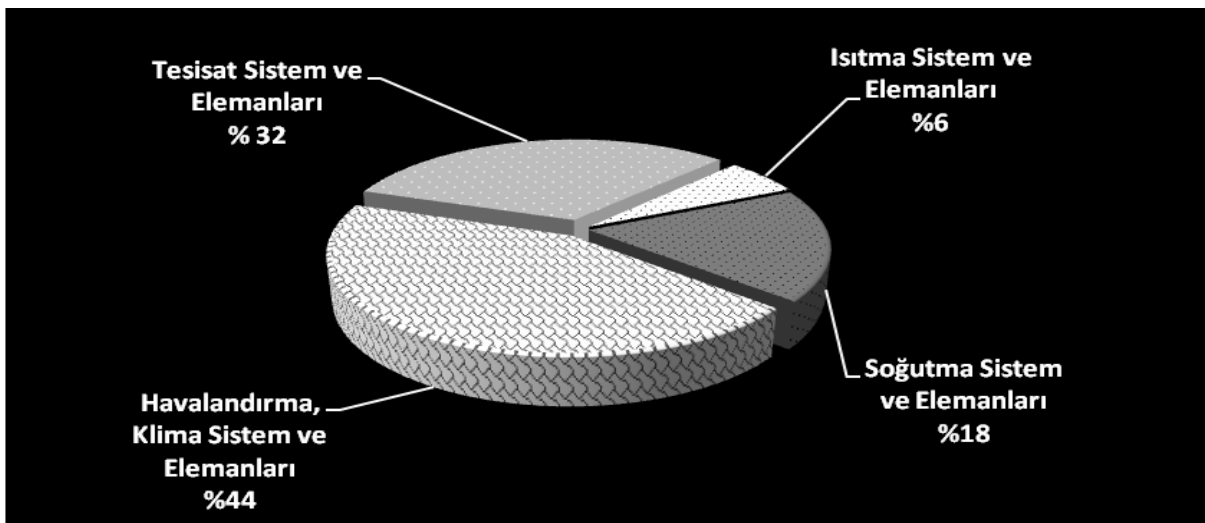
### 2.1.6 Bakır borunun ekonomideki yeri

Bakır boruların en çok kullanıldığı sektör iklimlendirme sektörüdür. Bu sektör başta ısıtma sistemleri olmak üzere soğutma sistemleri, havalandırma ve klima sistemleri ile tesisat sistemlerini içermektedir. Beyaz eşyadan, klima parçalarına ve tesisat malzemelerine kadar geniş ürün yelpazesinesahip bu grupta bakır boruların kullanıldığı yaşam kalitemizi etkileyen birçok ürün yer almaktadır.

2011 yılına ait veriler iklimlendirme alanında ihracat hacminin %3,5 ve ithalat hacminin %3,0 olmak üzere toplam hacmin %3,0 olduğunu göstermektedir iklimlendirme sektörüne ait havalandırma ve klima sistemleri elemanlarının %36, tesisat sistemi elemanlarının %30, soğutma sistemi elemanlarının %25 ve ısıtma sistemi elemanlarının ait parçalar için %9 oranlarında hacimsel olarak ekonomimizde yer almaktadır (Bıyıkoğlu, 2011). Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da Türkiye ihracat ve ithalat hacim oranları verilmiştir.



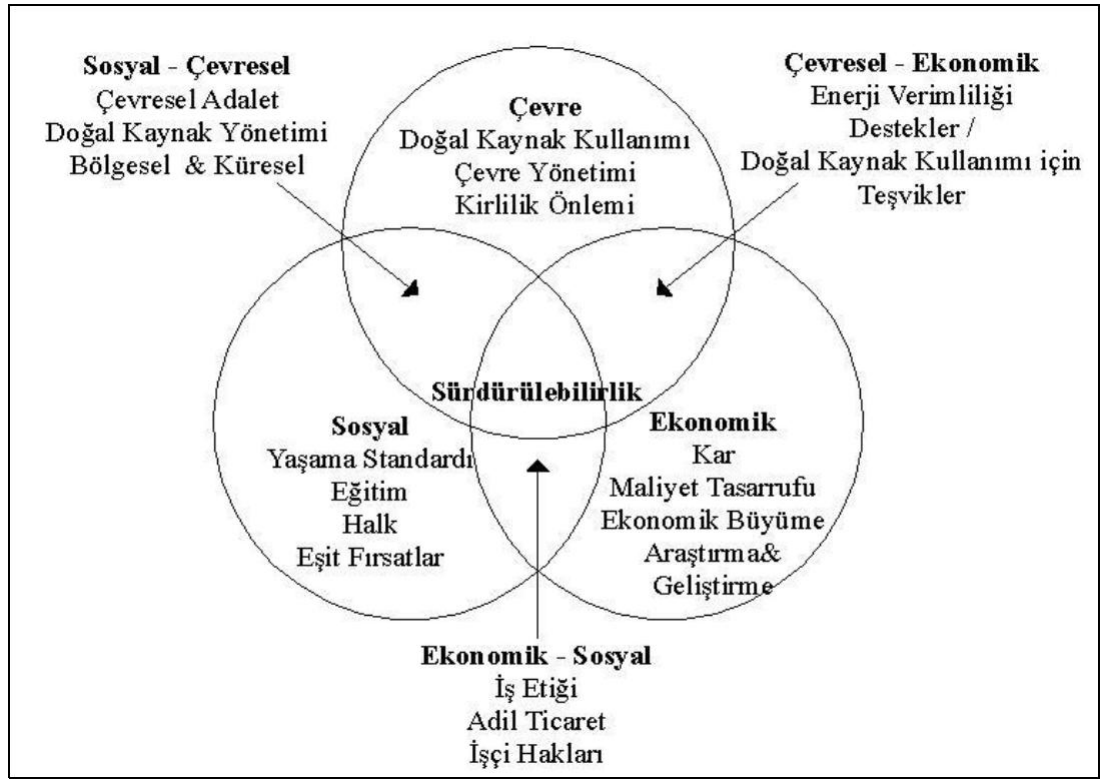
Şekil 2.5. İklimlendirme sistem parçaları Türkiye ihracat oranları (Bıyıkoğlu, 2011)



Şekil 2.6. İklimlendirme sistem parçaları Türkiye ithalat oranları (Bıyıkoğlu, 2011)

## 2.2 Sürdürülebilirlik ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Sürdürülebilirlik; doğal sistemlerin sağlığını ve verimliliğini azaltmadan insan ihtiyaçlarını karşılayan bir denge sunar. İnsan nüfusunun, nadir kaynaklara olan talebin ve kirliliğin artmasıyla birlikte sürdürülebilirlik, zamanın dikkat çekici konusu olmuştur (Andersson ve diğerleri, 1998). Sürdürülebilirliği çevre, sosyal, ekonomik olmak üzere üç ana alanın kesişimi oluşturur. Şekil 2.7’de ifade edilen bu üç alan kendi arasında da etkileşimdedir.



Şekil 2.7. Sürdürülebilirliğin üç ana alanı (URL-2)

Çevresel sorunların gün geçtikçe artışı karşısında, insanlığın çözüm yolu olarak çevresel gelişme ile ekonomik kalkınma arasındaki yaşamsal bağın kurulması ve gelişmenin sürdürülebilir olması üzerinde durulmaktadır (Koçhan, 2002).

15. yy'dan günümüze kadar geçen zaman diliminde doğal çevrenin sürdürülebilirliği konusunda uluslararası çalışmaların önemli bir boyut kazandığı ve yeni çevre politikalarının üretildiği gözlemlenmektedir.

Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi üzerine 1972 yılında gerçekleştirilen Stockholm'daki konferans, ilk kez sürdürülen bir kalkınmayı üretmek için doğal yaşamı korumaya olan ihtiyaca ve bunun için uluslararası bir işbirliğine gidilmesine dikkat çekmiştir. Konferansta belirtilen düşünce, sosyal, ekonomik ve kalkınmaya yönelik politika faktörlerini de ele alarak çevresel problemleri çözmeye dayalıdır. Konferansta benimsenen Stockholm bildirisi, ortaklaşa gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler tarafından şekillendirilmiştir. Bildiri, çevre koruması ve kalkınmasının uygulanması için pratik tavsiyelere ek olarak onların ilkelerini içerir ve uluslararası sürdürülebilir kalkınma politikasının temel taşlarından biri olarak kabul edilir (İncedayı, 2004).

Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) 1987 yılında Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) isimli bir rapor hazırladığından beri sürdürülebilir kalkınma tüm milletlerde büyük önem kazanmıştır (Ortiz ve Sonnermann, 2009). Brundtland Raporu olarak da bilinen bu raporda kritik küresel çevre problemlerinin, öncelikle güneydeki yoksulluğun ve Kuzey'deki üretimin ve tüketimin sürdürülemeyen örneklerinin sonucu olduğu belirtilmiştir.

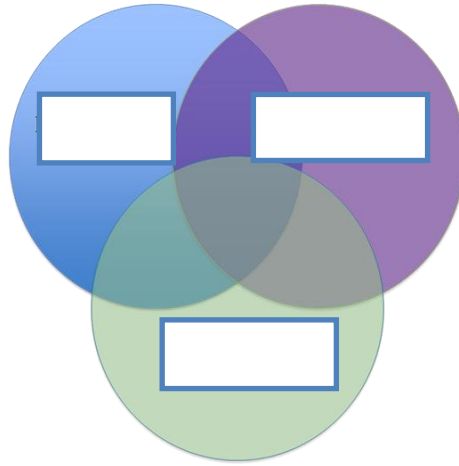
1992 yılında Türkiye'nin de içinde olduğu 178 millet, Rio de Janeiro' da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı' nda (UNCED) toplanmıştır. Yoksulluk, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında büyüyen boşluk, çevresel, ekonomik ve sosyal problemler gibi konular için çözümler aranmıştır. Amaç; sürdürülebilir kalkınma için dünya genelinde strateji belirlemektir. Üye ülkeler küresel ısınma ve ozon tabakasının delinmesi gibi sorunlara karşı, küresel ısınmaya neden olan başlıca gazların yayılımlarını azaltmaya yönelik ölçüler koymak, yaşayan yağmur ormanlarını korumak, dünya ekosisteminin biyolojik çeşitliliğini korumak ve sürdürülebilir kalkınma gibi stratejiler geliştirmek üzere anlaşmışlardır (Tanaçan, 2012).

Sürdürülebilir kalkınma; yaşam kalitesini artırarak sosyal, ekonomik ve çevresel koşulları yükseltmek ve böylece insanlara sağlıklı bir çevrede yaşama olanağı sunmak olarak açıklanabilir. Daha yaygın şekilde Brundtland Komisyonu olarak bilinen Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonu, en iyi bilinen ve en sık kullanılan tanımlardan birini yapmıştır. Gro Harlem Brundtland'a göre sürdürülebilir kalkınma “durağan bir kavram olmayıp, aksine, günümüz kadar geleceğin gereksinimleriyle de uyumlu olmak şartıyla, kaynakların kullanımı, yatırımların

yönlenmesi, teknolojik ve bilimsel gelişmeler doğrultusunda yön değiştirebilen bir gelişme sürecidir” (Sev, 2009).

Bir üretim yönteminin sürdürülebilirliğinin sağlanması; (i) Üretimin teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir, (ii) Sosyal yönden kabul edilebilir ve (iii) Çevresel açıdan sürdürülebilir olmasına bağlıdır.

Sürdürülebilir üretimin ekonomik, sosyal ve çevre boyutları bulunmakta ve her biri karşılıklı olarak birbirini etkilemekte ve desteklemektedir. Sürdürülebilir üretim ekonomik, sosyal ve çevre boyutlarının kesişim noktasındadır (Şekil 2.8.) (Azapagic ve Perdan, 2000).



**Şekil 2.8.** Sürdürülebilir üretimin şematik gösterimi (Azapagic ve Perdan, 2000).

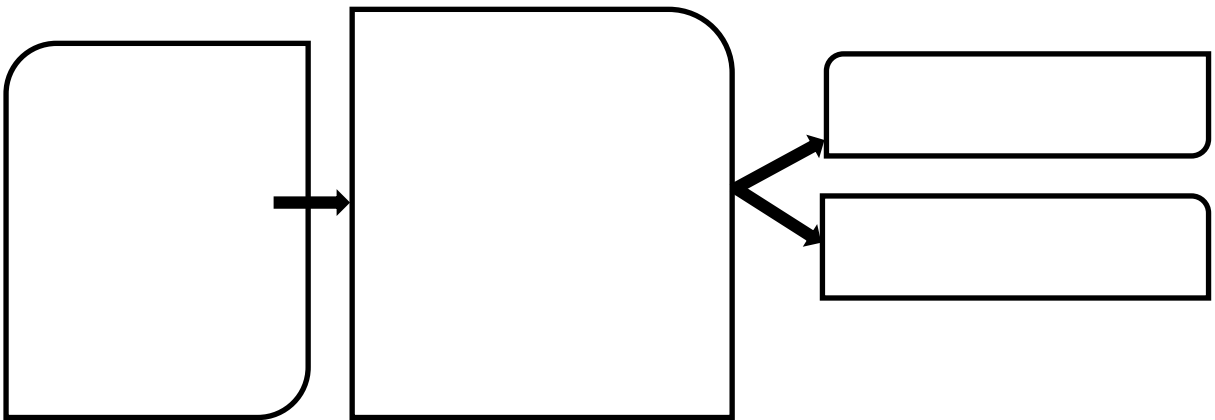
Sürdürülebilir üretim kapsamı içinde endüstrilerin performanslarının iyileştirilmesini sağlamak açısından üretim ve tüketim biçimlerinin çevresel etki bilgisinin edinilmesi, vazgeçilmez bir unsurdur. Sürdürülebilir ürün ve hizmetlerin elde edilmesi için üretimin başlangıcından sonuna tüm çevresel etkilerinin tümleşik bir biçimde değerlendirilmesi esas alınmaktadır. Ürün ve hizmetlerin çevresel performansının ölçümlenebilmesini sağlayan “Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi” bu amaçla yaygın olarak kullanılan uluslararası kabul görmüş değerlendirme araçlarından biridir. Yaşam döngüsü değerlendirilmesi belli bir işlevi gerçekleştiren farklı alternatif teknolojiler arasından seçim yapma aşamasında, bu seçeneklerin çevresel sonuçlarının derlenip değerlendirilmesini sağlayarak, karar verilme aşamasına katkıda bulunmaktadır (Guinée ve Heijungs, 2007).

### 2.2.1 Yaşam döngüsü değerlendirmesi

Bilim adamları 1960’larda fosil yakıtların büyük bir hızla tüketilmesinden duydukları kaygı sonucunda enerji tüketiminin etkilerini anlamak için yaşam döngüsü değerlendirmesinin ilk çıkışı sayılabilecek bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Artan dünya nüfusunun hammadde ve enerji kullanımındaki etkilerini, fosil yakıtlarının hızla tükenmesiyle neden olacağı iklim değişikliklerini modellemelerle önceden bilmeye başlamışlardır. Yapılan enerji analizleri genişletilerek 1970’lerde Kaynak ve Çevresel Profil Analizi (Resource and Environmental Profile Analysis–REPA) adlı bir yaklaşıma dönüştürülmüştür (Özçuhadar, 2007).

Yaşam döngüsü değerlendirmesi; ürünlerin, üretimlerin, servislerin doğal çevreye etkilerini anlamak ve aza indirmek için malzeme ve enerji akışlarını, hammadde ediniminden, atık olana ya da geri dönüşüme kazandırılmasına kadarki süreçte nitelendirmekte kullanılan bir araçtır (Özçuhadar, 2007).

Yaşam döngüsü, çevresel etki ile yakından ilişkilidir. yaşam döngüsü değerlendirmesi, ürünün yaşam döngüsünde neden olduğu potansiyel çevresel etkilerin girdi ve çıktıların değerlendirilmesi ve birleştirilmesidir. Bu durum, ürünün çevresel etkilerinin öğrenilmesini kolaylaştırmaktadır (Mora, 2007). Şekil 2.9’da kaynak girişinden ürün çıkışına kadar süreyi kapsayan yaşam döngüsü şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Yaşam döngüsü (Sievers ve diğerleri, 2006)

Yaşam döngüsü değerlendirmesi ile;

- Doğal kaynakların korunması,
- Çevresel kirliliğin önlenmesi,
- Çevresel eşitliğin sağlanması,
- Çevre ile ilgili yasa ve yönetmeliklerin gelişmesi,
- Çevre yönetim sistemlerinde çevresel performans değerlendirmesinin gelişmesi,
- Çevreye duyarlı ürünlerin üretiminin sağlanması,
- Ürün gelişimi ve kullanımı sonucu oluşan çevresel etkilerin azaltılması amaçlanmaktadır (Taygun, 2005).

### **2.2.2 Yaşam döngüsü standardizasyonu**

Değişik sistemlerin çevresel duruma ilgisinin artmasıyla çevresel etkileri değerlendirmek amacıyla çeşitli yöntemler, araçlar ve göstergeler geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak; Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD - Life Cycle Assessment), Stratejik Çevre Değerlendirmesi (SEA - Strategic Environmental Assessment), Çevresel Etki Değerlendirmesi (EIA - Environmental Impact Assessment), Çevresel Risk Değerlendirmesi (ERA - Environmental Risk Assessment), Maliyet - Fayda Analizi (CBA - Cost-Benefit Analysis), Malzeme Akış Analizi (MFA - Material Flow Analysis) ve Ekolojik Ayakizi (Ecological Footprint) verilebilir (Finnveden ve diğerleri, 2009).

ISO 14040 Standardları serisi Çizelge 2.1'de gösterilmektedir. Bu genel standartlar ISO 14040 (Çevresel Yönetim-Hayat Boyu Değerlendirme) serisi içinde ISO tarafından üretilmiştir.

Bu standartlardan bazıları Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılarak revize edilen ISO 14040 (ISO, 2006a) standardının kapsamına alınmıştır. Yürürlükten kaldırılan standartlar ISO 14040 (ISO, 1997), ISO 14041 (ISO, 1998), ISO 14042 (ISO, 2000a), ISO 14043 (ISO, 2000b) standartları olup, Çizelge 2.5'te mevcut olan standartlar ile birlikte bunlar belirtilmektedir.

**Çizelge 2.5.** ISO 14040 Standardları Serisi (ISO, 1997; ISO, 1998; ISO, 2000a; ISO, 2000b; ISO, 2002; ISO, 2003a; ISO, 2003b; ISO, 2006a; ISO, 2006b)

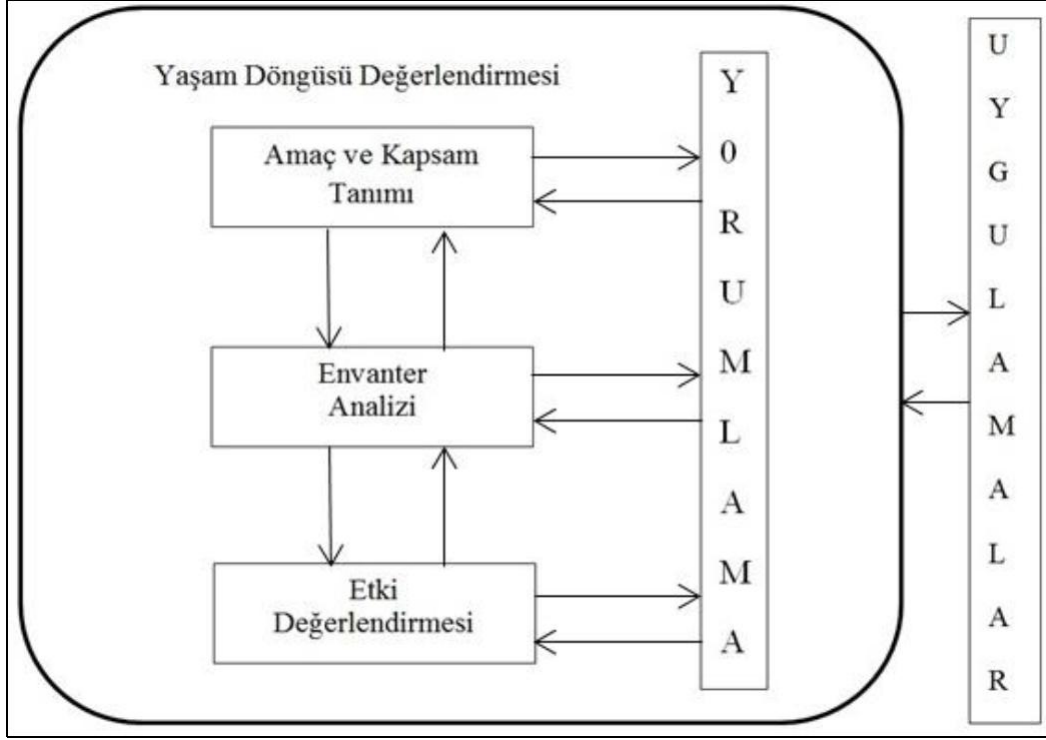
ISO 14040 STANDARDLARI SERİSİ
ISO 14040 (2006): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve
ISO 14040 (1997): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Prensip ve Çerçeve (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO/DIS 14041(1998) Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14042 (2000): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14043 (2000): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Hayat Boyu Yorumu (Haziran 2006'da yürürlükten kaldırılmıştır.)
ISO 14044 (2006): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Gereksinimler ve Kılavuzlar
ISO 14047 (2003): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme-ISO 14042 Uygulama Örnekleri
ISO/TS 14048 (2002): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Değerlendirme-Veri Belgeleme Biçimi
ISO 14049 (2003): Çevre Yönetimi-Hayat Boyu Etki Değerlendirme-ISO 14041 Amaç ve Kapsam Tanımı ve Envanter Analizi Uygulama Örnekleri

### 2.2.3 Yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin aşamaları

Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi bileşenler ve adımlar olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Bileşenler adımların her birinin daha detaylı olarak geliştirildiği mantıksal bir yapı içerisine yerleştirilmiştir. ISO (International Organisation for Standardization)'ya göre yaşam döngüsü değerlendirmesi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır. Bunlar;

- Amaç ve kapsam tanımı,
- Envanter analizi,
- Etki değerlendirmesi,
- Yorumlama ve düzeltme (iyileştirme, geliştirme) analizi

şeklinde sıralanmaktadır (ISO 14040, 2006). Şekil 2.10'da yaşam döngüsü yönteminin işleyişi verilmektedir.



**Şekil 2.10.** Yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin aşamaları (Hozatlı, 2013).

**Amaç ve kapsam aşaması,** çalışmanın konusunu ve sınırlamalarını içerir. Bu aşama çalışmanın kimin için ve neden yapıldığına cevap vermelidir. Kapsam yeterince açıkça anlatılmalı ve çalışmanın derinliği, detayları amaçla uyumlu olmalıdır. Kapsam, çalışılan ürün sistemini, ürün sisteminin fonksiyonunu, fonksiyonel birimi, sistem sınırlarını, ayırma yöntemlerini, seçilen etki kategorilerini ve etki değerlendirme yöntemlerini, veri gereksinimlerini, tahminleri, sınırlamaları, ilk veri kalitesi gereksinimlerini, çalışma için gereken raporun formatını içermelidir (Tanaçan, 2003; Spiegel ve Meadows, 2002).

Amaç ve kapsam bazı alt başlıklarda inceleyebilir:

**Fonksiyon:** Bir sistem, birtakım fonksiyonlara sahiptir ve bu fonksiyonlardan bir ya da birkaçı yaşam döngüsü değerlendirmesinin amaç ve kapsamına bağlı olarak seçilir.

**Fonksiyonel Birim:** Ürünlerin geliştirdiği fonksiyonların nicel ölçüsü fonksiyonel birim olarak tanımlanır (Finnveden ve diğerleri, 2009).

**Referans Akışları:** Fonksiyonel birimin esas amacı, girdi ya da çıktılarla ilgili olduğu bir referans belirlemektir. Bu referans yaşam döngüsü değerlendirmesi sonuçlarını karşılaştırabilmek için gereklidir. Yaşam döngüsü

değerlendirmesi sonuçlarını karşılaştırmak, değişik sistemler değerlendirildiğinde doğru sonuç vermeyebilir, bu nedenle emin olmak için benzer ögeler karşılaştırılmalıdır. Her ürün sisteminde tasarlanan fonksiyonu tamamlamak için referans akışını belirlemek önemlidir. Örneğin; fonksiyonu tamamlamak için ürünün miktarı gereklidir (Tanaçan, 2003).

**Sistem Sınırlamaları:** Sistemdeki birim süreçleri tanımlar. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, fiziksel sistemlerin anahtar ögelerini tanımlayan modeller gibi ürün sistemlerini tanımlayarak yürütülür. Birçok yaşam döngüsü aşamasında birim süreçler ve akışlar dikkate alınmalıdır. Bunlar:

- Hammadde temini
- Ana süreçlerdeki girdiler çıktılar
- Dağıtım, taşıma
- Yakıt, ısı ve elektriğin üretim ve kullanımı
- Ürünlerin kullanım ve bakımı
- Ürünlerin ve süreç atıklarının yok edilişi
- Ürünlerin yeniden kullanılması
- İkincil malzemelerin yeniden üretilmesi
- Ana ünitelerin üretimi, bakımı ve devreden çıkarılması
- Aydınlatma ve ısıtma gibi ilâve işlemler (ISO 14040, 2006).

**Veri Niteliği Gereksinimleri:** Veri niteliği çalışmanın güvenilirliği için önemlidir (ISO 14040, 2006).

**Envanter analizi aşaması,** oluşturabilmek için verinin toplanması gerekir. Envanter Analizi, söz konusu ürün veya aktivitenin yaşam döngüsü boyunca kullanılan girdiler (hammadde, su, enerji vb.) ile kullanım sonrası oluşan çıktılar (emisyon, yan ürün, atık vb.) ortaya koyulduğu kısımdır (ISO 14040, 2006a). İstenilen veriye her zaman gerçek uygulamalardan ulaşılamayabilir, bu durumda veri kalitesi gereksinimleri kullanılarak literatürden, daha önce yapılan çalışmalardan, yazılımların veri tabanlarından, ticari olarak bulunan envanter veri tabanlarından yararlanılabilir. Elde edilen yüklü miktarda verinin işlenmesi için çoğu zaman envanter analizi için tasarlanmış özel yazılımlar (GaBi, SimaPro vb.) kullanılabilir.

Veriler kullanılırken, veri kalitesi göstergelerine de dikkat edilmelidir. Veri kalitesi göstergeleri toplanan verinin; kesinlik, bütünlük, temsil edilebilirlik,

uygunluk/tutarlılık, tekrar edebilir olması gerekmektedir.

Bu standartta yer alan amaç ve kapsam aşamasının son bölümü olan kritik gözden geçirme işlemi ise, çalışmanın hedefine göre kurum içi denetimlerle veya standartları oluşturan kurumlar olarak konunun uzmanları tarafından yapılabilir. Bu işlemin amacı, çalışmanın standartlara göre yapılıp yapılmadığının tespit edilmesi, bilimsel ve teknik kalitesinin belirlenmesi, hedef, veri toplama ve çalışma sonuçlarının incelenmesidir.

Bu standartta yer alan envanter analizi bölümündeyse, veri toplamak için hazırlanma, veri toplama işlemi, hesaplama yöntemleri, toplanan verilerin fonksiyonel birimle ilişkilendirilerek referans akışlarını oluşturulması üzerinde durulmaktadır (ISO 14040, 2006b).

**Etkilerin değerlendirilmesi aşaması,** yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yöntemleri toplanan her bir veriyi bu sonuca denk gelen çevresel etkiye dönüştürmeyi hedeflemektedir. Yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları için geliştirilmiş pek çok yazılım programı ve çok sayıda etki değerlendirme yöntemleri mevcuttur. Piyasada bulunan yazılım programları ve yöntemlerin yanı sıra ülkeler veya üreticiler kendi yazılım programlarını veya yöntemlerini geliştirebilmektedir. Etki değerlendirmesi aşamasında kullanılan tüm bu yöntemlerde bulunması zorunlu olan ve isteğe bağlı adımlar bulunmaktadır (Database Manual SimaPro, 2008). Bunlar şu şekilde sıralanabilmektedir:

**Sınıflandırma:** Veri toplama aşamasında emisyon, enerji ve malzemeler ile ilgili çok sayıda bilgi elde edilmektedir. Elde edilen bu uzun listeyi yorumlamak bu şekliyle kolay olmamaktadır. Bu nedenle, tüm yöntemlerde olması zorunlu olan sınıflandırma aşaması ilk aşama olarak uygulanmaktadır. Örneğin, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> iklim değişikliği kategorisinde, SO<sub>2</sub> ve NH<sub>3</sub> asidifikasyon kategorisinde sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma ile belirlenen etkiler orta nokta olarak tanımlanan yaşam döngüsü verileri ile çevresel etkinin görüldüğü son nokta arasındaki herhangi bir yerde ya da son noktada yer alabilmektedir. Bu çerçevede kapsamında iki ayrı yöntem grubu geliştirilmiştir:

**-Klasik etki değerlendirmesi yöntem grubu:** Bu yöntemler yaşam döngüsü verilerini orta nokta kategorilerinde temalarına göre (toksiklik, solunum etkileri, asidifikasyon, ötrofikasyon gibi) gruplamaktadır. EDIP97 bu yöntem grubuna örnektir.

**-Zarara yönelik yöntem grubu:** Eco-indicator 99 ve EPS bu yöntemlerdendir.

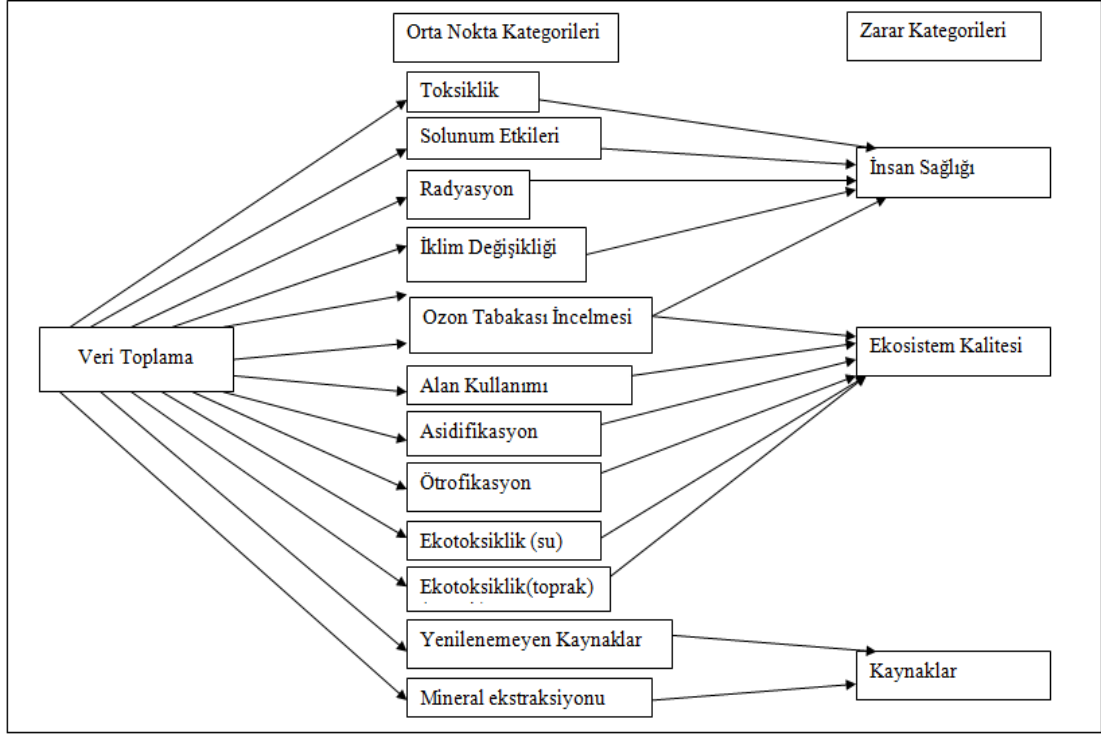
Modelleme son noktaya varana kadar sürdürülmektedir, ancak bu şekilde belirsizliklerin de artması söz konusu olabilmektedir.

Orta nokta etkileri ve zarar etkilerine örnek bir etki değerlendirmesi Şekil 2.11'de gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi toksiklik, solunum etkileri, radyasyon, iklim değişikliği, ozon tabakası incelmeleri, alan kullanımı, asidifikasyon, ötrofikasyon, ekotoksiklik, fosil kaynak kullanımı, mineral kullanımı orta nokta etkilerindedir. Orta nokta etkilerinin devam etmesi çevre şartlarının kalitesini düşürecek insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve kaynakların tüketilmesi gibi bir veya birden fazla zararlı etkinin oluşmasına neden olmaktadır (Jolliet ve diğerleri, 2003).

**Karakterizasyon:** Sınıflandırma ile etkiler belirlendikten sonra toplanan veriler belirli etkilere denk gelecek şekilde karakterize edilmekte, diğer bir deyişle emisyonların etki kategorilerine olan katkıları hesaplanmaktadır. Karakterizasyon aşaması da her yöntemde olması gereken bir aşamadır. Karakterizasyon sonuçlarında, her bir etki kendi birimiyle ifade edilmekte ve sonuçlar yüzde cinsinden verilebilmektedir.

**Normalizasyon:** Normalizasyon aşaması isteğe bağlı bir aşamadır. Amaç, hangi etkinin toplam çevresel etki üzerinde daha çok paya sahip olduğunu belirlemektir. Bu nedenle karakterizasyon değerleri çeşitli şekillerde belirlenebilen bir normal sabitine bölünmektedir. Bu değer genellikle belirlenmiş bölgede bir sene boyunca yaşayan kişi sayısıdır. Bu şekilde tüm etkiler birimsiz ifade edilerek karşılaştırma yapmak kolaylaştırılmaktadır.

**Ağırlıklandırma:** Ağırlıklandırma aşaması da normalizasyon gibi isteğe bağlı bir aşamadır. Normalizasyon sonucunda elde edilen değerler sadece hangi etkinin daha büyük olduğu hakkında bilgi vermektedir. Normalizasyon değerlerine etkilere ait önem veya derecesini belirten ağırlıklandırma faktörü uygulanarak bu etkilerin önemi ortaya koyulmaktadır (ISO 14040, 2006; Database Manual SimaPro, 2008).



**Şekil 2.11.** Etki değerlendirmesi aşamaları (Jolliet ve diğerleri, 2003)

Yorumlama aşaması, önemli konuların belirtildiği, sonuçlara ulaşmak için bulguların değerlendirildiği ve önerilerin ifade edildiği son aşamadır. Etki değerlendirilmesinde sınıflanan ve tanımlanan olumsuz etkilerin yaşam döngüsü boyunca enerji, hammadde kullanımı ve çevresel atıkların azalması amacına yönelik yorumlandığı kısımdır. Tüm yaşam ömrü objektif bir bakış açısıyla ele alınarak ve çevreye olan etki değerlendirilerek ürün veya sistemden doğan çevresel yükleri azaltmak için gerekli iyileştirmeleri bu aşama içerir. Yaşam döngüsü yorumu aşaması önemli çevresel konuların tanıtımı, değerlendirme (çevresel etkilerin niteliksel olarak değerlendirilmesi), sonuç ve öneriler kısımlarından oluşmaktadır (Taygun, 2005).

#### **2.2.4 Yaşam döngüsü değerlendirmesinin uygulama alanları ve sınırlamaları**

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin uygulandığı alanlar uluslararası standard ISO 14040'da tanımlanmakta olup, dört ana başlık altında toplanmaktadır. Buna göre yaşam döngüsü değerlendirmesi (ISO, 2006);

- Kamuya yaşam döngüsünde çeşitli noktalarda ürünlerin çevresel yönlerini geliştirmek için olasılıkları belirlemede,
- Stratejik planlama, öncelik belirleme, ürün ve hizmetlerin tasarımı ve

mevcut tasarımların yenilenmesi konularında kamuda ve özel sektörde karar verilmesinde,

- Ölçüm tekniklerini de içerecek şekilde çevresel performans göstergeleriyle ilgili kamu politikası oluşturulmasında,
- Pazarlamada (örnek çevresel ürün beyanları ve çevre etiketi) kullanılmaktadır.

Yaşam döngüsü değerlendirmesi, karşılaşılan çeşitli problemler ve sahip olduğu bazı sınırlılıklar nedeniyle kullanıcılar tarafından eleştirilmektedir. Yaşam döngüsü değerlendirmesinin sınırlılıkları Horvath'a göre aşağıdaki maddeleri içermektedir (Horvath, 1997):

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi için anlaşılabilir veri eksikliği mevcuttur.
- Verilerin güvenilirliği sorgulanabilir.
- Yaşam döngüsü değerlendirmesi için tanımlı problem sınırı tartışmalı ve gelişigüze'dir. Farklı sınır tanımlamaları farklı sonuçlar ortaya çıkaracaktır.
- Tasarım işleminde uygulaması zor ve pahalıdır.
- Dünya çapında hem fikir olunacak ve kabul edilebilir tek bir yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi mevcut değildir.
- Geleneksel SETAC tipi yaşam döngüsü değerlendirmesi genellikle dolaylı olan ekonomik ve çevresel etkileri göz ardı etmektedir.
- Yayınlanmış yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmaları çoğunlukla geniş çaplı çevresel yüklerin sonuçlarını içermemektedir, tipik olarak sadece birkaç çevresel etki belgelenmektedir.
- Eşit güvenilirliği olan analizlerde niceliksel olarak farklı sonuçlar çıkabilmektedir.
- Yeni bir ürün veya işlemin modellenmesi zor ve pahalıdır.
- Yaşam döngüsü değerlendirmesi değişen teknoloji ve piyasanın dinamikliğini yakalayamamaktadır.
- Yorumlamalardaki farklılıklar nedeniyle eko-etiketlemede kullanılmak için yaşam döngüsü değerlendirmesi sonuçları uygun olmayabilmektedir.

## **2.2.5 Yaşam döngüsü değerlendirmesi üzerine çalışan kurumlar**

Ürün endüstrisindeki yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi üzerindeki gelişmeler diğer sektörleri etkilediği gibi inşaat sektörünü de etkilemiştir. Bu nedenle inşaat sektöründe yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi üzerine çalışmalar ortaya koyan

kurumlar vardır. İnşaat sektöründe yaşam döngüsü değerlendirmesi modelini destekleyen üç ana kurum vardır:

-Çevresel Zehirlilik ve Kimya Topluluğu (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry - SETAC),

-Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Development UNEP),

-Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (The International Organization for Standardization - ISO).

Yaşam döngüsü değerlendirmesinin gelişiminin anlaşılabilirliği açısından bu üç ana kurum ve yaptıkları çalışmaların ortaya konması gerekmektedir.

**SETAC:** Yaşam döngüsü değerlendirmesinin gelişmesi için çalışan ilk uluslararası kurumdur. Kökeninde akademik toplumun, endüstrinin ve devletin olduğu bilimsel bir organizasyondur. Kar amacı gütmeyen dünya çapında profesyonel bir kurum olan SETAC'ın amacı; sürdürülebilir çevre kalitesinin ve ekosistemin bütünlüğünü korumak, geliştirmek ve yönetmek için ilkelerin ve uygulamaların gelişmesini desteklemektir. 1990 yılında düzenlenen SETAC toplantısında Yaşam döngüsü değerlendirmesinin genel prensiplerinin ve kılavuzlarının geliştirilmesine başlanmıştır. Bu gelişme işlemi "SETAC Code of Practice" adı altında sonuçlanmıştır (Bozkurt, 2007). Bu, Yaşam döngüsü değerlendirmesinin teknik çerçevesinin ilk defa uluslararası kabul gördüğü Yaşam döngüsü değerlendirmesinin uyumlaştırılmasına doğru önemli bir aşamadır (Guinee, 2002).

**ISO:** Hem endüstriyelmiş hem de gelişmiş ülkelerdeki ulusal kuruluşları içeren, amacı geniş bir yelpazedeki ürün ve etkinliklerin standartlaşmasını hedefleyen dünya çapında özel bir organizasyondur. yaşam döngüsü değerlendirmesi, ISO'nun da çalışma konusu içinde yer almaktadır. ISO çalışmaları 1994 yılında başlamış ve yaşam döngüsü değerlendirmesi standartlarının ilk ve tam olarak serisinin oluşturulması bu çalışma ile hedeflenmiştir. Bunlardan 14000 serisi yaşam döngüsü değerlendirmesi ile ilişkili birçok standardı (14040 serisi) ve çevre yönetim sistemi üzerine olan 14001 standardını içermektedir (Bozkurt, 2007; Guinee, 2002).

**UNEP:** Yaşam döngüsü değerlendirmesi alanında önemli rol oynayan üçüncü uluslararası kuruluş Paris'te Teknoloji, Endüstri ve Ekonomi Bölümü tarafından temsil edilen UNEP'tir. UNEP, kısmen gelişmiş ülkelerdeki yaşam döngüsü

değerlendirmesi uygulamaları üzerine çoğunlukla odaklanmaktadır (Guinee, 2002).

UNEP ve SETAC şu anda daha büyük ve yeni bir görev olan Yaşam Döngüsü İnişiyatifi için işbirliği yapmaktadırlar. UNEP/SETAC Yaşam Döngüsü İnişiyatifinin amacı, ürün ve hizmetlerin tüm yaşam döngüsü boyunca olanaklarının ve risklerinin değerlendirilmesi için gerekli pratik araçların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasıdır (Bozkurt, 2007).

### 2.2.6 Yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik modeller

**LEED modeli:** Çevre etiketi ve YDD yöntemlerini bir araya getirerek yapının yaşam döngüsü boyunca çevresel performansını değerlendirmek amacı ile USGBC (US Green Building Council) tarafından oluşturulmuş bir programdır. USGBC; mimarlar, yapı ürünü üreticileri, mal sahipleri, yükleniciler ve çevre grupları tarafından 1993 yılında oluşturulan bir kurumdur. LEED modeli yapı değerlendirmesini denetim listesi aracılığı ile yapmaktadır. Denetim listesini oluşturan çevresel etki alanları aşağıda belirtilmiştir (Ding, 2008).

- Sürdürülebilir Alanlar
- Su Tasarrufu
- Enerji ve Atmosfer
- Ürünler ve Kaynaklar
- Yapı İçinin Çevresel Niteliği
- Yenileme ve Tasarım Süreci

**Athena modeli:** Sürdürülebilir Malzemeler Enstitüsü bireylerin, şirketlerin, yönetimlerin ya da diğer kurumlarının üyelikleri ile yapılanmaktadır. Hammadde edinimi ile ilgili kapsamlı çevresel konular, farklı yapı ürünlerinin üretim süreci, ürünlerin yapıda ve yapımda kullanımları, yapının yıkılması ve yok edilmesine ilişkin ayrıntılı bilgiye sahip uzman kişi ve kurumlar enstitünün araştırma ekibini oluşturmaktadır.

Kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak amacı ile enstitünün sunduğu danışmanlık ve uygulama alanları (Taygun ve Balanlı, 2005);

- Belirli yapıların çevresel değerlendirmeleri,
- Ürün ya da üretim sürecinde YDD' nin ilkeleri ve uygulanması,
- Athena kullanımına ilişkin eğitim,
- Kullanıcının sürdürülebilirlik çalışmalarında yol göstericilik ve öneriler

**BEES modeli:** NIST Sağlıklı ve Sürdürülebilir Yapılar Programı 1994 yılında BEES projesini başlatmıştır. BEES'in amacı; çevresel ve ekonomik performansları en iyi olan yapı ürünlerini seçmek için sistematik bir yöntem geliştirmek ve yürütmektir. Standartlara dayalı yöntem pratik, esnek, çok renkli grafiklerle anlaşılması kolay ve karşılaştırmalı sonuçlar çıkarabilmektedir. BEES modelinin adımları (Ceylan, 2012);

- Çevresel performans
- Amaç ve konu alanı tanımı
- Envanter analizi
- Etki değerlendirmesi
- Değerlendirmenin yorumlanması
- Ekonomik performans
- Toplam performans

**BRE modelleri:** İngiltere' de yapı, yapım, enerji, çevre, yangın ve risk konularında uzman olan BRE tarafından tüketicilere danışmanlık yapma, ölçüm ve sertifika verme amaçlı araştırmalar düzenlenmektedir. 'BRE' planlamacılara, mimarlara, tasarımcılara, yapı sahiplerine ve yöneticilere yapı içinde ve dışında konforlu, verimli, güvenli ve sağlıklı çevreler oluşturma becerisini vermekte ve ayrıca verimin artırılmasında ve riskin azaltılmasında yardımcı olmaktadır. 'BRE' yapılarda can kaybına, ekonomik ve çevresel zararlara yol açan tehlikeleri değerlendirebilmekte, riskleri tahmin edebilmekte ve pratik çözümler oluşturabilmektedir. BRE modelleri (Ding, 2008);

- **BREEAM;** ofis, ticaret ve endüstri yapılarının çevresel performanslarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesinde kullanılmaktadır.
- **EcoHomes;** konutların çevresel performanslarının değerlendirilmesi ve geliştirilmesini sağlamaktadır.
- **Invest;** ön tasarım sürecinde bir yapının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır.
- **Environmental Profiles;** tüm yapı ürünlerinin sürdürülebilirliğinin ölçülmesini sağlamaktadır.
- **SMARTWaste;** yapım atıklarının ölçülmesi, yönetilmesi ve azaltılması için geliştirilmiştir.

**Analytica modeli:** Analytica karar modellerinin tasarımı, analizi ve ifade edilmesi için görsel bir araçtır. Danışmanlık, sağlık ve çevre bilimleri, havacılık,

petrol, yapı endüstrisi, üretim, finansal hizmetler ve yatırım alanlarında Analytica modeli kullanıcıları aşağıdaki kriterleri yapabilmektedir (Ceylan, 2012):

- Proje değerlendirme,
- Mali modelleme,
- Karar destekleme ve analizi,
- Risk analizi ve yönetimi, risklerin azaltılması,
- Piyasa analizi,
- Olasılık simülasyonları,
- Alternatif senaryolar,
- Maliyet/kar değerlendirmeleri,
- Yönetim analizleri

**GaBi modeli:** Ürünlerin yaşam döngüsü süresince sürdürülebilir bilgi yönetimi ve değerlendirmesi için kullanılan evrensel bir araçtır. GaBi sera etkisi gazlarının hesaplanması, yaşam döngüsü değerlendirmesi, çevre tasarımı, enerji tasarrufu, çevresel raporlar, stratejik risk yönetimi ve toplam maliyet hesaplanması gibi alanlarda yönetim konusunda çözümler sağlamaktadır. GaBi analist; senaryo analizi, hassaslık analizi, parametre varyasyonları ve Monte Carlo analizi yapmaktadır. Senaryo analizi içinde parametreler, miktarlar ya da ağırlıklandırma gibi farklı sınırlılık durumlarının etkisi konusunda denge sonuçları belirtilmiştir. Hassaslık analizi, hassas denge sonucunun parametreler, miktarlar ve ağırlıklandırmaların değişimlerini nasıl etkilediğini göstermektedir. Parametre varyasyonları içinde kesin niteliklerin final sonuçlarına etkisi belirtilmektedir. Monte- Carlo analizi tüm etki faktörlerinin hesaplanması için kullanılan bir araçtır (Taygun ve Balanlı, 2005).

**TEAM modeli:** Ecobilan'ın oluşturduğu bir YDD yazılımıdır. Ecobilan 1990 yılından beri endüstriye ve yönetimlere ürünlerin ve servislerin çevresel performansları, çevresel yönetim sistemleri, ekonomi, risk ve sosyal etki değerlendirmeleri konusunda çalışmalar yapan bir kurumdur. TEAM kullanıcının kapsamlı bir veritabanı oluşturması ve kullanmasını, ürünler, süreçler ve eylemler ile ilişkili işlemlerin gösterildiği bir sistemin modellenmesini sağlamaktadır. Ayrıca TEAM herhangi bir endüstriyel sistemin tanımlanmasına, ISO 14040 standartlarına göre olası çevresel etkilerinin hesaplanmasına, hassas analizlerin yapılmasına ve alternatif senaryolarının araştırılmasına olanak vermektedir. TEAM ile yapılan çalışmaların sonucu çizelge ya da grafiksel gösterimlerden birisi kullanılarak hazırlanabilmektedir (Ceylan, 2012).

**GB Tool modeli:** IISBE'nin (International Initiative for a Sustainable Built Environment) sorumlu olduğu GBC değerlendirme yönteminin yazılımı olan GB Tool yapıların çevresel ve sürdürülebilir performansının değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. GB Tool'da değerlendirmeler ön tasarım, tasarım, yapım ve kullanım gibi dört farklı yaşam döngüsü sürecinde yapılmaktadır (Ding, 2008).

**Woolley modeli:** İnşaat sektörünün önde gelen topluluklarından biri olan BSRIA yeşil yapı ve sürdürülebilir yapıyı kaynak tasarrufu ve ekolojik ilkelere dayanan sağlıklı yapay çevre oluşturulması ve mantıklı bir biçimde yönetilmesi" olarak tanımlamaktadır. Yeşil yapı, sürdürülebilirlik, çevre ile dost yapı, ekoloji, enerji tasarrufu gibi konuların tartışıldığı süreçte Tom Woolley ve çalışma arkadaşları kullanıcıların ve tasarımcıların en iyi sonuca ulaşmasına ve en doğru kararları alabilmesine yardımcı olmak amacı ile bazı yapı malzemelerinin ve ürünlerinin çevre üzerine etkilerini gösteren Woolley modelini oluşturmuştur. Woolley modelinde yapı ürünlerinin çevre etkilerinin değerlendirmesi üretim ve kullanım olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

**Curwell ve March modeli:** Yapının tasarımı, yapımı, bakımı ve yapılan değişiklikleri kapsayan süreçlerde tasarımcıların sağlığa ve çevreye en az zararlı, ancak teknik ve görünüş olarak en yeterli ve mantıklı sınırlar içinde kalan ürünü seçmelerine yardımcı olmak amacı ile tasarlanmıştır (Ceylan, 2012).

**Eco—Quantum' modeli:** EQ, yapının tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel etkilerini hesaplayan bilgisayar aracıdır. EQ modelindeki yaşam döngüsü yapıda kullanılan ürünlerin hammaddelerinin edinimi, üretim, uygulama veya kullanım, yıkma, geri dönüşüm ve ürünün geri kullanımına kadar olan süreçleri kapsamaktadır. EQ'yu kullanıcılar ve sivil örgütler yerleşim programları için çevresel hedeflerin belirtilmesinde ve mimarlar ise tasarımlarının çevresel koşullarını iyileştirmek için kullanmaktadır (Ding, 2008).

**SimaPro Modeli:** Pre Consultants kurumu tarafından geliştirilen bir YDD aracıdır. SimaPro modeli ürünlerin ve servislerin çevresel performanslarının değerlendirilmesini sağlamaktadır. ISO 14040 standart serilerini izleyen sistematik ve kolay anlaşılır bir yol ile karmaşık yaşam döngülerinin modellenmesini ve analizini kolaylaştırmaktadır.

SimaPro 1990'da oluşturulmuştur. Ana endüstriler, danışmanlık hizmetleri ve üniversiteler tarafından kullanılmaktadır. Elli ülkede satılan ve çok sayıda lisanslı kullanıcısı bulunan SimaPro'nun özellikleri (Taygun ve Balanlı, 2005):

- Kullanıcının programı kendi kendine öğrenilebilmesi ve ISO 14040 standardını izleyebilme,
- Modelin her aşamasında doğrudan etki değerlendirme hesaplamaları yapabilme,
- Monte Carlo analizini yapabilme,
- Uygun bir pencere içinde tüm sonuçları sunabilme,
- Analizde önemli noktaların belirlenmesi için ağaç yöntemini kullanma,
- Tüm sonuçlar için kapsamlı seçenekler oluşturabilme,
- Atık yönetimi ve geri dönüşüm senaryolarının analizini yapabilme

### **2.2.7 Yaşam döngüsü değerlendirmesine örnek çalışmalar**

İkinci dünya savaşı sonrası artan kalkınma hızı ile birlikte savaşlar da kullanılan silahlar, endüstriyel atıklar, sera gazı salınımları ile çevre kirliliği artmış, doğal kaynaklar tükenmeye ve biyolojik çeşitlilik azalmaya başlamıştır. Geçmişte bir tahminleme olarak bilim adamlarının belirttiği iklim değişiklikleri ve olası sonuçların günümüzde gerçekleştiği görülmektedir. Yıllar önce çevresel etkilerinin izlenmesi endüstriyel gelişmeyi frenleyecek bir unsur olarak algılanırken, yeni araçlarla yaygınlık kazandırılmaya çalışılan yeşil endüstri kavramı artık ekonomik kazanç ile birlikte ekolojik dengenin korunmasını bir arada sağlayan bir yaklaşım olarak kabul görmektedir (Toprak, 2006).

Bu konuda ilk farkındalık 1960'lı yıllarla birlikte başlamıştır. Enerji ve hammadde kullanımında sınırlamalara gidilmesi düşüncesinin gelişmesi bugün geldiğimiz noktanın ilk adımı olmuştur. Bu konuda yapılan ilk yayınlardan biri Harold Smith'in 1963 Dünya Enerji Konferansı'nda kimyasal ürünlerin üretimi sırasında gereken toplam enerjinin hesaplanmasını içeren çalışması sayılabilir. 1960'lı yıllarda çeşitli ürünlerin karşılaştırılması ve çevreye olan etkilerinin tüm yaşam döngüleri bazında belirlenmesi amacıyla başlatılan çabaların bir sonucu olan YDA yaklaşımı günümüzde AB ülkeleri, ABD, Japonya, Kore, Kanada ve Avustralya gibi pekçok ülkede çevre politikalarının ve gönüllü pekçok girişimin temel aracı haline gelmiştir (URL-3).

Ülkemizde YDA alanında yapılmış çalışmalar oldukça sınırlı bir seviyede kalmaktadır. YDA ile ilgili ilk çalışmalar 1990'lı yılların sonunda yapılmaya başlanmasına karşın, dünya'daki eğilimin aksine geçen yıllar içerisinde daha yavaş bir

gelişme yaşanmıştır. 2000’li yıllarda daha çok akademik çalışmalar şeklinde sürmüştür. Bu konuda yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerinin yanı sıra yayınlanan ulusal/uluslararası çalışmalar ön planda olmuştur.

Suzuki ve Oka (1998), çalışmada ofis binalarının yapım, işletim, bakım ve yenilenmesi sırasında tüketilen enerji miktarı ve üretilen CO<sub>2</sub> miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplamanın yapılabilmesi için öncelikle binaların yaşam döngüsü boyunca doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan yerli ürün ve hizmetlerin toplam miktarı belirlenmiştir. Hesaplamalar yapılırken, endüstrilerden elde edilen birim ürün başına enerji tüketim ve CO<sub>2</sub> salım miktarları kullanılmıştır (Çizelge 2.6). Ofis binalarının kullanımı esnasında tüketilen enerji, binanın yaşam döngüsündeki toplam tüketimin % 82’sidir. Binanın kullanımına yönelik alınacak enerji verimliliğine yönelik tedbirler ile çevreye verilen zararın azaltılmasının sağlanacağı belirtilmiştir.

**Çizelge 2.6.** Ofis binaları enerji tüketim ve CO<sub>2</sub> miktarları (Suzuki ve Oka, 1998)

	<b>Enerji Tüketimi(GJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>CO<sub>2</sub> Emisyonu (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>İnşaat/Yapım</b>	8.95	790
<b>Kullanım/İşletim</b>	48.4	3480
<b>Bakım/Yenilenme</b>	1.54	128
<b>Yıkım</b>	0.49	36

Schmidt ve diğerleri (2004), çalışmalarında çatı izolasyonu için kullanılan üç adet yalıtım malzemesi; taş yünü, kağıt yünü ve ketenin yaşam döngüsü analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Envanter analizi, çevresel etki değerlendirme, hassaslık analizi ve teknik yorumlama çalışmalarını içermektedir. Benzer şekilde, DeBenedetti ve diğerleri (2007), çalışmalarında çeşitli malzemeler için gerçekleştirilmiş Çevre Dostu Ürün Deklarasyonu (EPD) örnekleri tanıtmıştır. Yalıtım malzemeleri için sunulan EPD’lerin önemi vurgulanmıştır.

Canals ve diğerleri 2006 yılında, Yeni Zelanda’da elma üretiminin çevresel etkilerini yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada tarımsal üretim yöntemleri ve bu yöntemlerde kullanılan araçları küçük bir ölçekte uygulamışlardır. Intergrated Fruit Production (IFP) sistemine göre yapmış oldukları değerlendirmenin sonucunda peptist kullanımı ile üretimde %10-20 enerji

tüketimi gerçekleşirken, makineli üretimde %7-12 arasında enerji tüketimi tespit edilmiştir.

İtalya'da 2008'de yapılan çalışma ISO 14040 standartları serisine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma kenaf bitkisinin üretiminden, yalıtım malzemesi olarak kullanımı ve atık olarak bertarafına kadar olan süreçleri kapsamaktadır. Yaşam döngüsünde geliştirilmeye açık süreçleri belirlenmiştir (Ardente ve diğerleri, 2008).

Murphy ve Norton (2008), doğal liften yapılmış (tarımsal kökenli) yalıtım malzemelerine yönelik, oldukça detaylı bir YDA çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma, İngiltere Çevre, Gıda ve Kırsal Bölgeler Bakanlığı (DEFRA) tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın yapıldığı tarihlerde pazara yeni girme aşamasındaki bu ürünlerin çevresel performansını geliştirme yönünde yorumlar da içermektedir.

Ülkemizde ise buna benzer şekilde yalıtım malzemeleri ile ilgili olarak taşıyünü ve geliştirilmiş Polistiren (EPS) malzemelerinin çevresel etkileri beşikten kapıya (cradle to gate) yaklaşımıyla analiz edilmiştir. Yalıtım malzemelerinin çevresel etkileri GaBi 4 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ulaşılan sonuçlardan bir tanesi çevresel etkilerin en çok üretim aşamasında gerçekleştiğidir (Çamur, 2008).

1969 yılında Coca-Cola şirketinin farklı içecek kaplarını karşılaştırılarak, hangisinin çevreye ve doğal kaynaklara daha az zarar verdiğinin bulunmasının amaçlandığı çalışma bu konuda yapılan ilk araştırmalardan biridir.

1980'li yıllarla birlikte katı atık üretimi ve bertarafı gibi konuların analizi için yaşam döngüsü değerlendirmesi, teknik bir yöntem olarak gündeme gelmiştir. Ürün ve prosesin hayat boyu değerlendirilmesinde geri kazanım ve kompostlaştırma yaklaşımları da yer almıştır. Örnek bir çalışma Arthur D. Little tarafından 1990 yılında tek kullanımlık çocuk bezleri için gerçekleştirilmiştir (Balpetek ve diğerleri, 2012).

Suh ve Rousseaux (2002), çalışmalarında Fransa'daki kanalizasyon arıtma çamuru için beş farklı arıtım senaryosunun çevresel etkilerini yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ile karşılaştırılmışlardır. Senaryolar; yakma araziye uygulama veya depolamadan oluşan ana proses kısmı, kireç ile stabilizasyon, kompostlaştırma veya anaerobik parçalamadan oluşan stabilizasyon süreci ve çamurun taşınması süreçlerinden oluşmuştur. Kanalizasyon atıksu çamuru inceltirilip susuzlaştırıldıktan sonra arıtım senaryoları oluşturulmaya başlanılmıştır. İlk senaryoda çamurun susuzlaştırılmasının ardından yakma-taşıma-deponi iken, ikinci senaryoda çamur susuzlaştırıldıktan sonra kireç ile stabilizasyon-taşıma-deponi, üçüncü

senaryoda çamur susuzlaştırıldıktan sonra kireç ile stabilizasyon-taşıma-yığın depolama-arazi uygulaması, dördüncü senaryoda çamur susuzlaştırıldıktan sonra kompostlaştırma-taşıma-yığın depolama-arazi uygulaması, beşinci senaryoda çamur susuzlaştırıldıktan sonra anaerobik parçalama-taşıma-yığın depolaması-arazi uygulaması sırasıyla takip etmektedir. Senaryolar SETAC/CML metoduna göre yaşam döngüsü değerlendirmesi ile değerlendirildiğinde; anaerobik parçalama ve arazi uygulamasının emisyon oluşumu ve enerji tüketimi açısından en az çevresel etkiye sahip arıtım yöntemi olarak beşinci senaryo seçilmiştir (Suh ve Rousseaux, 2002).

Klima sistemlerinde hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) yerine kullanılan başta hidroflorekarbonlar (HFC)'lar gibi soğutma gazlarının, atmosfere verilmeleri durumunda büyük ölçüde küresel ısınma potansiyeli oluşturdukları bilinmektedir. Barnabe (1999) tarafından yapılan bir çalışmada da HFC'lerin kullanımını azaltmaya yönelik olarak, SimaPro yazılımı kullanılmış, iki ürünün (CAC ve RAC) YDD çalışması yapılmıştır.

Plastiklerin farklı toplama yöntemlerinin ekonomik uygunluğu ve çevresel etkileri, Quintavalla ve diğerleri (2004) tarafından YDD analizleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında, geri kazanım/geri dönüşüm, yakma ve depolamadan oluşan ve şu anda geçerli olan bir senaryo ele alınmış; ikinci kısmında ise gerçek veriler kullanılarak plastiklerin toplama ve taşıma sistemlerinin, geri kazanım ve bertarafının YDD yöntemi kullanılarak bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Olası alternatif senaryoların karşılaştırılmaları, Eko-indikatör 99 metoduyla yapılmıştır. Ele alınan proseslerde, PET geri dönüşümü – 0.00172 puan (Pt), PE geri dönüşümü –0.00259 Pt ve PVC VINYLOOP geri dönüşümü ise –0.000639 Pt ile önlenen en büyük hasarlar olmuştur. İnsinerasyonda ise, toplam önlenen hasar -8.12E-5 Pt olarak verilmiştir. Yukarıda verilen değerlerin aksine, sahada bertarafın 7.78E-5 Pt değerinde bir hasara neden olduğu belirlenmiştir.

Song ve Hyun (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, PET için çeşitli atık yönetim senaryolarının YDD metodolojisi yardımıyla karşılaştırılması yapılmıştır. PET şişelerin yaşam döngüsünde yer alan üretim ve atık senaryolarının tüm aşamalarında tüketilen enerji ve oluşan emisyonları dikkate almak üzere enerji ve kütle dengeleri kurulmuş ve daha sonra bu çeşitli atık senaryolarının gidiş yolunu göstermek üzere bir matematik model oluşturulmuştur. Şişelerin toplama

modeli için, lineer olmayan fonksiyonel ilişki seçilmiş ve değerler modele uygulanmıştır. Bu geliştirilmiş modeli kullanarak, çeşitli atık yönetim alternatiflerinin çevresel yükleri değerlendirilmiştir.

Nucci ve diğerleri, 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında yemeklerde kullanılan ayçiçek yığınının çevresel performansını yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede kaynak yönelimli metot ve etkiler yönelimli metot olmak üzere her iki yöntemde de yemeklik yağ rafinerisinin enerji yöntemi için benzer sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Kaynak yönelimli metodun enerji tüketimi ile ilişkili olmayan çevresel etkileri yoksaydığı için yaşam döngüsünün bazı noktalarında yanıltıcı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Rafineri aşamasının ana noktaları ağartma adımı, doğalgazdan buhar üretimi ve atıksu arıtma tesisidir. Sistem sınırları; kimyasal rafineri aşaması ve atıksuların arıtımı aşaması ile kapıdan kapıya, ayçiçeği yetiştirilmesinden başlamak üzere kullanımı ve satılması kısımları ise beşikten mezara olmak üzeredir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi ardından sürdürülebilir çevresel iyileştirmenin paketlenme ve işleme aşamasında gerekli malzeme tüketimi ve enerjinin azaltılması ile sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Gerilla ve diğerleri (2007), ahşap ve betonarme binaların çevresel etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu iki farklı malzemenin kullanıldığı binalar için enerji kullanımı ve hava emisyonları açısından değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Karbon emisyonları, kükürt oksitler, azot oksitler ve askıda bulunan partiküller olmak üzere 4 tür emisyon değerlendirmeye alınmıştır. Çalışmada 150 m<sup>2</sup> taban alanına sahip ve tasarım ömrü 35 yıl olarak belirlenmiş müstakil evler ele alınmıştır. Ahşap bina için yıllık enerji tüketimi 21.000 kWh hesaplanırken betonarme binadaki yıllık enerji kullanımı 25.000 kWh olarak belirtilmiştir. Betonarme binaların ahşap binalara göre daha fazla olumsuz etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Binaların işletilmesi aşamasının en fazla enerji tüketimine sahip olduğu ve yine aynı aşamanın en fazla çevresel etkiyi oluşturduğu belirtilmiştir. Binaların küresel ısınma üzerindeki etkisinin en fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca binaların tasarım ömürlerindeki her 5 yıllık artışın karbon salımlarında %2 oranında azalmaya neden olacağını belirtmişlerdir. Binalarda %100 oranında ihtiyacı karşılayacak fotovoltaik sistemlerin kullanılmasıyla binaların işletilmesi aşamasındaki karbon salımlarında %93 oranında azalma sağlanacağını söylemişlerdir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Veri Temini

Çalışmanın yapıldığı tesis 1970 yılında bir şahıs işletmesi olarak anılmakta ve sadece mutfak eşyaları için gerekli bakır levhaları üretmekteydi. Yeni Boru Tesisi artan boru talebini karşılamak amacıyla 2012 yılı Mart ayında Samsun Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyete başlamıştır. Fabrika, dünya kalitesinde üretim yapabilecek olup, tamamen yeni teknolojiyle donatılmıştır. 41.000 metrekare çalışma alanı, 30.000 metrekare entegre üretim alanı ile Türkiye ve dünya ekonomisine destek vermeyi sürdürmektedir. Tesisin genel görünümü Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1. Veri temini yapılan tesisin genel görünümü

### 3.2 Bakır Boru Üretimi

Bu çalışmada; şofbenlerde, kombilerde, sıhhi tesisatta, ısı tesisatında, sanayi ve ev tipi klimalarda, güneş enerji sistemlerinde, oto gaz LPG dönüşüm sistemlerinde, hava ve yağ tesisatlarında, medikal tesisatlarda, eşanjörlerde ve doğalgaz tesisatları gibi yerlerde geniş bir kullanım alanı bulunan bakır borunun üretimi incelenecektir. Bakır muhteviyatı Cu min. % 99.90 - P % 0.015-0.040 olan hammadde, bakır cevherinden bakır üretimi yapan Eti Bakır İşletmeleri'nden temin edilmektedir.



**Şekil 3.2.** Bakır katot şekli

Bakır katotlar halinde gelen hammadde Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Yatay döküm makinesinde (Horizontal Casting Machine) yüksek sıcaklıkta ergitildikten sonra kontinü sistem ile boru döküm makinesinde su ile soğutularak Şekil 3.3’te gösterildiği gibi bakır boru elde edilmektedir.



**Şekil 3.3.** Yatay döküm makinesinin resmi

Elde edilen bakır borular, yüzey temizleme işlemi için Şekil 3.4'te gösterildiği gibi yüzey temizleme makinesinden geçirilir ve boru ovalama makinesinde (pilger) ezilerek dış çapı inceltilir. Boru ovalama makinesi Şekil 3.5'te görüldüğü üzeredir.

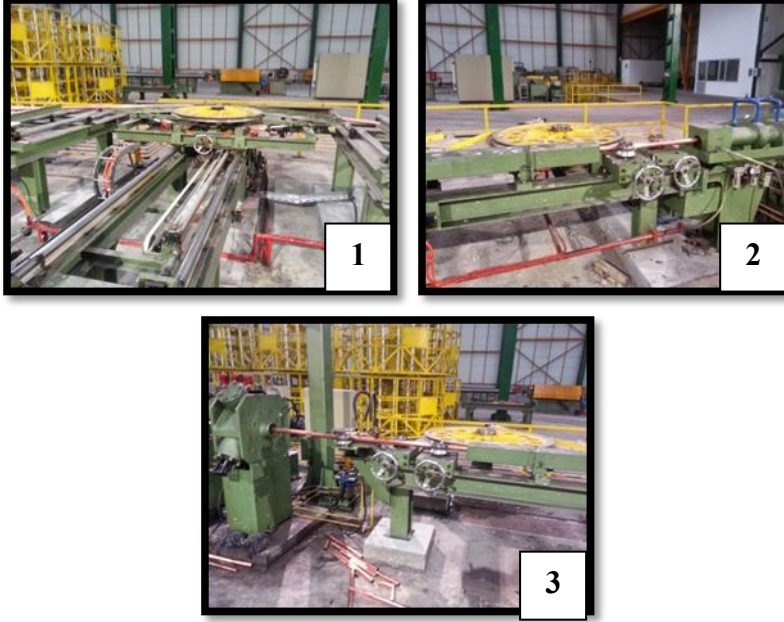


**Şekil 3.4.** Yüzey temizleme makinesinin resmi



**Şekil 3.5.** Boru ovalama makinesinin (pilger) resmi

Üçlü boru çektirme (Schumang) makinelerinde boru çapı inceltme işlemlerine devam edilir. Bir dizi üç makineden oluşan üçlü boru çektirme makinelerinin görüntüsü Şekil 3.6’da sırasıyla gösterildiği gibidir.



Şekil 3.6. Üçlü boru çektirme makinelerinin resimleri

Bakır borunun Spinner block makinesinde sürekli olarak dönmesi halinde yağ yardımıyla inceltilecek bir makaraya sarımı gerçekleştirilir. Sarımın gerçekleştiği spinner block makinesi Şekil 3.7’de görüldüğü üzeredir.



Şekil 3.7. Spinner block makinesinin resmi

Son olarak fiziksel kontrolden geçirilen bakır borunun Şekil 3.8’de gösterilen LWC kangal sarma makinesinde sarılarak sevkiyata hazırlanması ile işlem tamamlanır.

Üretim sonucu oluşan %20 oranında defolu olarak meydana gelen ürün tekrar yüksek sıcaklıkta ergitilerek kullanılmak üzere döküm makinesine gönderilmektedir.



Şekil 3.8. LWC kangal sarma makinesinin resmi

### 3.3 SimaPro 8.0.1 Yazılımı

Yaşam döngüsü değerlendirmesi hesaplamak için çok sayıda yazılım (SimaPro, GaBi, Quantis Suite v.b.) bulunmaktadır. Bu çalışmada 80’den fazla ülkede sanayi, araştırma enstitüleri ve danışmanları tarafından seçilen dünyanın önde gelen Pre Consultans adlı Hollanda firmasına ait lisanslı YDD yazılımı SimaPro kullanılmıştır. SimaPro Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) hesaplamalarında kullanılan ve bir ürünün beşikten mezara tüm aşamalarındaki çevreye etkilerini nümerik olarak hesaplamaya yarayan bir araçtır.

Türkiye’de birçok üniversite ve endüstri tarafından tercih edilen SimaPro ile:

- Karbon ayakizi hesaplamaları
- Ürün tasarımı ve eko-tasarım

- Çevresel Ürün Bildirimleri
- Ürünlerin veya hizmetlerin çevresel etkisi
- Çevresel raporlama
- Temel performans göstergelerinin (KPI) belirlenmesi yapılabilmektedir.

SimaPro 8.0.1 yazılımı; amaç ve kapsam (Goal and scope), envanter analizi (Inventory), etki değerlendirmesi (Impact assesment) ve yorum (Interpretation) aşamalarını içermektedir.

**Amaç ve kapsam tanımı**, yaşam döngüsü değerlendirmesinin ilk aşamasıdır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin hedef tanımı aşamasında; yaşam döngüsü değerlendirmesinin amacı, tasarlanan uygulama, çalışmanın gerçekleştirilme sebepleri ve hedef kitle (çalışmanın sonuçlarının kime iletileceği), şüpheye yer vermeyecek şekilde ifade edilmelidir (TSE EN ISO 14041, 2003).

Kapsam tanımında, sistem ve sınırları (girdiler, çıktılar, üretim, dağıtım, nakliye, atık bertaraf senaryoları gibi işlem birimleri), veri gereksinimleri ve çalışmada yer alan tahminler belirtilmelidir.

Kapsam, çalışmanın hedefini desteklemelidir. Kapsam tanımında bulunurken sistemin fonksiyonu, fonksiyonel birim, ayırma (tahsisat) prosedürleri, kullanılacak etki değerlendirmesi yöntemi, veri kalitesi gereksinimleri (tarih, coğrafya, teknoloji vb.) de verilmelidir.

Çalışmanın kapsamı; çalışmanın uygun genişlik, derinlik ve detayda olması ve başlangıçta belirlenen hedefe ulaşılabilmesi açısından iyi bir şekilde tanımlanmalıdır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin tekrarlama gerektiren bir teknik olması nedeniyle, çalışma yürütülürken ilave bilgi toplanması gibi durumlarda, çalışmanın kapsamı modifiye edilmelidir (Çokaygil, 2005).

**Envanter analizi**, yaşam döngüsünün ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Verilerin toplanması, sistem sınırlarının incelenmesi, hesaplama, verilerin geçerliliği, çalışılmakta olan sistemle ilgili veriler ve paylaşırma kısımları içermektedir.

Envanter analizi için yaşam döngüsünün tüm aşamalarındaki materyal tüketimi, atık ve emisyon profillerinde kullanılacak olan veriler toplanmaktadır ve elenmektedir. Veriler, yaşam döngüsündeki tüm aşamalardan toplanmalıdır. Bir ürün sisteminin ilgili girdi ve çıktı verileri, sistemle ilgili kaynak kullanımını, havaya,

suya ve toprağa olan salınımları içermelidir. Toplanan veriler nitel veya nicel olabilir. Envantere dahil edilen nitel ve nicel veriler, sistem sınırlarında verilen her bir proses için toplanmalıdır.

Envanter analizi (ISO 14041), oluşturabilmek için en kaliteli verilerin toplanması gerekir. Veriler kullanılırken, veri kalitesi göstergelerine de dikkat edilmelidir.

Veri kalitesi göstergeleri toplanan verinin;

- Kesinlik
- Bütünlük
- Temsil edilebilirlik
- Uygunluk/Tutarlılık
- Tekrarlanabilirlik açısından değerlendirilmesidir (Çokaygil ve Banar, 2005).

Her bir birim proses için, uygun bir referans akış belirlenmektedir (1 Kg materyal, 1 MJ enerji için gibi). Birim prosesin ölçülebilir girdi ve çıktı verileri bu referans akışla ilgiye göre hesaplanmaktadır. Tüm sistemin hesaplanabilmesi için, akış diyagramı ve sistem sınırlarına dayanarak, birim prosesler birbirlerine bağlanmaktadır. Bunun için bir sistemdeki birim prosesin girdi ve çıktıları fonksiyonel birime uyarlanmakta, sonra tüm alt ve üst akımlar buna göre ayarlanmaktadır.

**Etki değerlendirmesi**, yaşam döngüsü değerlendirmesinin üçüncü aşamasını oluşturmaktadır. Yaşam döngüsü envanter analizi sonucunda elde edilen verilerin, potansiyel çevre etkilerinin değerlendirilmesine ilişkin esasları içermektedir. Kategori tanımı, Sınıflandırma, Karakterizasyon, Değerlendirme / ağırlıklandırma ana konuları içermektedir.

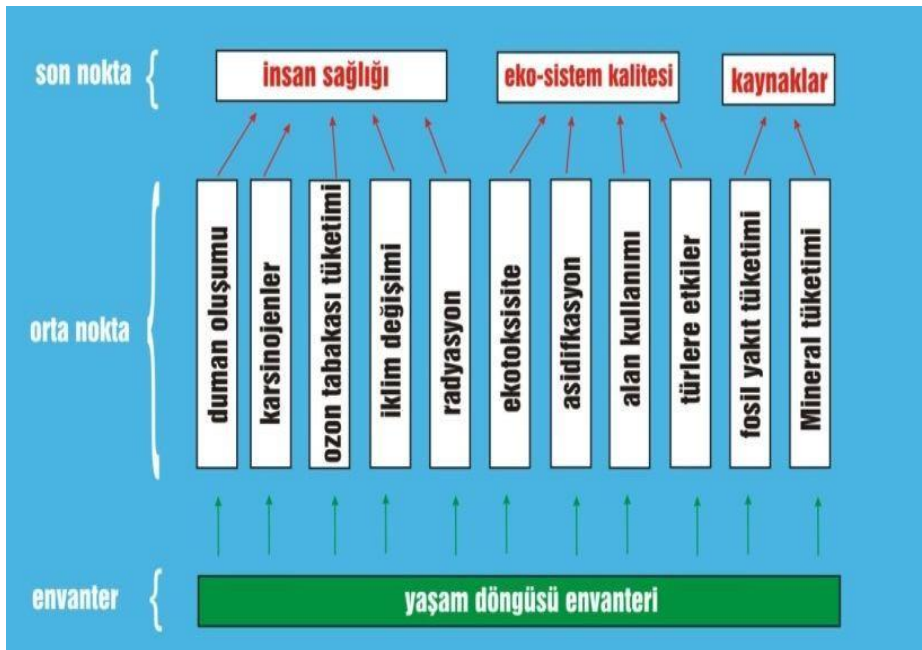
Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi yapısı ve prosedürü şeffaf olmalı ve geniş bir uygulama aralığı için esneklik ve pratiklik sağlamalıdır (ISO 14042, 2003).

Ürünün/sistemin etkilediği çevresel alanlar ‘‘Kategori Göstergeleri’’ ile ifade edilir. Bu göstergeler;

- Stratosferik ozon tüketimi (CFC-11 eşdeğeri)
- İklim değişimi (CO<sub>2</sub> eşdeğeri)
- Foto-oksidan oluşum potansiyeli (Etilen eşdeğeri)

-Asidifikasyon (SO<sub>2</sub> eşdeğeri)

-Suyun ötrofikasyonu (PO<sub>4</sub> eşdeğeri) olarak sıralanabilmektedir (Dahllöf, 2004). Etki değerlendirme aşamasında ise matematiksel hesaplamalara dayanan birçok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden de uygun olan seçilerek oluşturulmuş olan yaşam döngüsü analiz edilir veya iki ürün/sistem/yasam döngüsü için karşılaştırma yapılır. SimaPro 8.0.1 yazılımında sistemlerin envanter analizlerinin hesaplanması için birçok hesaplama metodu bulunmaktadır. Metodların bazıları orta nokta, bazılarıysa son nokta prensibine dayanmaktadır. Orta nokta prensibine dayanan metodların üçüncü kişilerce anlaşılması oldukça güçtür. Son nokta prensibine dayanan metodların sonuçlarının anlaşılması daha kolaydır ve literatürde görüldüğü üzere bu metodlar uygulayıcılar tarafından daha çok tercih edilmektedir. Literatürde son nokta prensibine dayanan metodlardan en çok tercih edilenlerden birisi de Eco-indicator 99 metodudur. Bu tez çalışmasında çevre mühendisliği alanındaki çalışma konularına daha yakın olması nedeniyle Eco-indicator 99 metodu hesaplama yöntemi olarak seçilmiştir. Şekil 3.9'da bu metod kullanılarak yapılacak olan çalışmanın yapısı verilmiştir.



Şekil 3.9. Orta Nokta-Son Nokta Yaklaşımı (Kıran Cılız,2008)

Etki değerlendirmesi adımları;

**Sınıflandırma:** Çevre üzerindeki etkilerine göre tüm maddeler sınıflara ayrılmalıdır. Örneğin sera etkisine ya da ozon tabakasının yok olmasına katkıda bulunan maddeler, iki sınıfa ayrılmalıdır. Bazı maddeler birden fazla sınıfa dahil edilebilmektedir. Örneğin NO<sub>x</sub>'in zehirli, asitleştirici ve ötrofikasyona neden olan yapıda olduğu bilindiğinden 3 ayrı sınıfta yer alması söz konusudur.

**Karakterizasyon:** Bir etki skoru oluşturmak için her sınıftaki maddelerin kümelenmesi işlemidir. Bazı maddelerin diğerlerine kıyasla daha yoğun bir etkiye sahip olması mümkündür. Bu nedenle sadece ilgili maddelerin miktarlarının toplanması yeterli olmayacaktır ve bu aşamada ağırlık faktörlerinin uygulanması gerekebilmektedir.

Örneğin, asidifikasyon durumunda, HCl karakterizasyon faktörü 0,88 dir. Çünkü 1 kg SO<sub>2</sub>'den protonların % 88'i salınmaktadır.

**Normalleştirme:** Bu adım, bir etkinin görece boyutunun daha iyi anlaşılması için ürünün yaşam döngüsünde hesaplanan her etki ile bu sınıf için bilinen toplam etkinin karşılıklı olarak test edilmesini kapsamaktadır (Dahllöf, 2004).

**Kategori uç noktası:** Kullanılan etki değerlendirmesi yönteminin türüne göre (verileri hesaplama yöntemi), etki kategorilerinin birleşmesinden oluşan son noktaları ifade etmektedir.

Hesaplama prosedürü olarak kullanılan bazı yöntemler, "kategori uç noktaları (son noktalar)", bazı yöntemler ise "etki kategorileri (orta noktalar)" prensibine dayanmaktadır. Orta nokta prensibine dayanan yöntemlerde sonuçlar, etki kategorileri bazında verilmekte ve öyle yorumlanmaktadır.

Son nokta prensibine dayanan yöntemlerde ise, etki kategorileri (orta noktalar) özelliklerine göre son noktalar oluşturulmakta (sınıflandırma) ve sonuçlar bu son noktalara göre verilmektedir (Çokaygil ve Banar, 2005). Bu son noktalar ve onları oluşturan orta noktalar aşağıda açıklanmıştır:

**İnsan sağlığı:** Bu son noktayı oluşturan orta noktalar; kanserojenler, solunan organikler, solunan inorganikler, iklim değişikliği, radyasyon ve ozon tabakasının tahribatıdır. Metotta bu etkilerin birimleri DALY (Disability Adjusted Life Years) olarak açıklanmıştır. DALY, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Dünya Bankası tarafından geliştirilmiş olan, hastalığa ve ölüme neden olan sağlık etkilerini tanımlamakta kullanılan bir birimdir. Kanseri veya solunumsal etkiler gibi tüm ölüme neden olan sağlık etkileri kaybedilen yaşam yılları (YOLL) indikatörü kullanılarak

tanımlanmaktadır. Solunumla ilgili sağlık etkileri akut ve kronik olarak ele alınmaktadır. Ölümcül bir hastalık nedeniyle kaybedilen yaşam yılı sayısını hesaplamak için WHO tarafından pek çok istatistik kullanılmıştır. Bu istatistikler, kanserden veya solunumla ilgili bir sağlık etkisinden kaynaklanan ölümün hangi yasta ve hangi oranda gerçekleştiğini göstermektedir. Bu istatistikler, doz ve maruz kalma değeriyle birleştirilerek, belirli bir kirleticinin konsantrasyonundaki artışı nedeniyle kaç yaşam yılının kaybedildiği hesaplanabilmektedir. DALY, sadece ölümcül etkileri değil aynı zamanda ölüme hemen neden olmayan belirli bir süre acı ve ağrı vererek yaşam kalitesini düşüren Radyoaktif maddelere örnek olarak, Amerikyum-241, Uranyum-234, Karbon-14 verilebilir.

**Ozon tabakasının tahribatı:** Ozon tabakasında tahribata neden olan madde emisyonları sonucu artan UV radyasyonun yarattığı hasar olup DALY/kg olarak verilmiştir. Bu hasara neden olan maddelere örnek olarak CFC-115, metan, Halon 1001 verilebilir (SimaPro Database Manuel 2004).

**Ekosistem kalitesi:** Ekosistem kalitesi ekotoksosite ve asidifikasyon/ötrofikasyon olmak üzere üç zarar kategorisini içermektedir.

**Ekotoksosite:** Ekotoksosite, çevrede toksik etki altında yaşayan tüm türlerin yüzdesi olarak açıklanmaktadır. Potansiyel olarak etkilenmiş kısım (PAF) indikatör olarak kullanılmakta ve türlerin “olumsuz etkinin görülmediği konsantrasyon” (NOEC)’a eşit veya daha yüksek bir konsantrasyona maruz rağmen kısmına denk gelmektedir. Bu gerçek bir zarar olmamasına rağmen, toksik etki için bir ölçüdür (Sonneman ve diğerleri, 2004). Ekotoksik maddelerin havaya, suya ve toprağa karışması sonucu oluşan bu hasar PAF.m<sup>2</sup>.yıl/kg olarak ele alınmaktadır. Örn: 2,4-D (toprak), arsenik (hava), kadmiyum iyonu (su) gibi.

**Asidifikasyon/ötrofikasyon:** Asidifikasyon ve ötrofikasyon bir kategori olarak ele alınmıştır. Doğal alanlardaki hedef türlere olan zararı değerlendirmek için görülme yüzdesi (POO) kullanılmaktadır. Eko-indikatör 99 bu kavramı potansiyel olarak kaybolan kısma (PDF) dönüştürmektedir (PDF = 1-POO). Asit oluşturma özelliğine sahip maddelerin havaya karışması sonucu oluşan bu hasar, PDF.m<sup>2</sup>.yıl/kg emisyon olarak ele alınmaktadır. Örn: kükürt dioksit gibi.

**Doğal kaynakların tüketimi:** İnsanlar her zaman düşük kaliteli kaynağı ileriye bırakarak en iyi kaynağı en önce tüketme eğiliminde olmuşlardır. Doğal kaynaklara verilen zararın sonuçlarından gelecek nesiller etkileneceğinden, kalan kaynakları kullanabilmek için daha fazla çaba harcayacaklardır. Bu fazladan çaba “fazla enerji” (surplus energy) olarak açıklanmaktadır.

**Mineraller:** Maden filizinin seviyesinin düşmesi nedeniyle 1 kg filiz veya maden elde etmek için harcanan fazla enerji olup, MJ fazla enerji/kg olarak ele alınmaktadır. Örn: alüminyum, boksit, bakır gibi.

**Fosil yakıtlar:** Düşük kaliteli kaynakların kullanımı sonucu, 1 kg veya 1 m<sup>3</sup> fosil yakıtı elde etmek için harcanan fazla enerji, MJ fazla enerji/kg olarak ele alınmaktadır. Örn: kömür, Doğal gaz gibi.

**Nitelendirme faktörü:** Çevresel yüklerin etki kategorilerine katkılarının hesaplanmasında kullanılır ve maddelere göre nitelendirme faktörlerinin oluşturulduğu tablolar bulunmaktadır.

Örneğin, metanın (CH<sub>4</sub>) küresel ısınma için nitelendirme faktörü 56 g eş değer CO<sub>2</sub>/g metan'dır. Yapılan emisyon ölçümü sonucu bir üründen 30 g metan çıktığı görülmüşse, bu miktarın nitelendirme faktörüyle çarpımı 1652 g eşdeğer CO<sub>2</sub> olup, bu değer, bu ürünün üretiminden kaynaklanan metanın küresel ısınmaya olan katkısını göstermektedir.

Bu şekilde açığa çıkan tüm etkiler hesaplanır ve aynı kategoriye temsil edenler toplanmaktadır. Hesaplamalar ticari olarak bulunan bilgisayar yazılımları ile yapılabilir. Hesaplamalar için de farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden, sonuçların açıklanmasında en uygun olanı seçilmelidir (Çokaygil ve Banar, 2005).

**Yorumlama,** yaşam döngüsü değerlendirmesi yorumu, bir sistemin envanter analizi veya etki değerlendirmesi sonuçlarından elde edilen bilgiyi nitelendirmek, kontrol etmek ve değerlendirmek, amaç ve kapsam bölümünde belirtildiği gibi sunmaya yönelik sistematik bir prosedürdür. Yorum, yaşam döngüsünün diğer üç aşaması arasında gerçekleştirilmektedir.

Envanter analizlerinden ve etki değerlendirmesinden bulunan sonuçlar, amaç ve kapsam tanımında belirtilenleri karşılamazsa, envanter analizi sistem sınırları revize edilmeli, daha fazla veri toplanması gibi işlemlerle geliştirilmeli, bunu geliştirilmiş etki değerlendirmesi takip etmelidir. Bu tekrarlayıcı proses, amaç ve

kapsam aşamasında belirtilen gereksinimler, aşağıda tanımlanan noktalar karşılanıncaya kadar tekrarlanmalıdır:

- 1. Önemli çevresel konuların belirlenmesi:** Bunun hedefi, amaç ve kapsam tarifine uygun olarak, değerlendirme unsuru ile karşılıklı etkileşim içindeki önemli konuları belirlemek üzere, envanter analizleri ve etki analizlerinden elde edilen bilgileri yapılandırmaktır (TS EN ISO 14043, 2003).
- 2. Bütünsellik, hassasiyet ve tutarlılık açısından metodolojinin ve sonuçların değerlendirilmesi:** Etki değerlendirmesinden bulunan sonuçların, bütünlük, hassasiyet ve uygunluk açısından kontrolünün yapılmasında, yorumlanmasında, bu sonuçlara dayalı önerilerin sunulmasında ve raporun hazırlanmasında uyulması gereken noktalar açıklanmaktadır.  
**Bütünlük kontrolü:** Gerekli tüm verilerin elde edildiği ve kullanıldığıнын kontrolüdür.  
**Hassasiyet analizi:** Tahminlerdeki, metottaki ve verideki değişkenliğin sonuçları nasıl etkilediğinin analizidir.  
**Uygunluk kontrolü:** Veri eldesinin, modellerin, tahminlerin ve metodun yaşam döngüsü boyunca veya farklı ürünlerin yaşam döngüleri boyunca uygulanıp uygulanmadığına dair kontrollerin yapılmasıdır (TS EN ISO 14043, 2003).
- 3.** Sonuçların amaç ve kapsam tanımındaki gereksinimlerle uyumluluğu kontrol edilmelidir.
- 4.** Yukarıdaki işlemler sağlanıyorsa sonuç olarak bir rapor yazılmalı, sağlanmıyorsa 1. ve 2. Basamağa geri dönülmelidir. Bu işlem 3. Basamak sağlanıncaya kadar tekrarlanmalıdır (Çokaygil ve Banar, 2005).

### 3.3.1 Amaç ve kapsam

Bu çalışmada bakır boru üretiminin hammadde nakliyesinden başlayarak borunun üretim aşamaları ve ürünün sevkiyata hazır hale getirilmesi için gerekli bilgiler fabrikadan alınmış, SimaPro 8.0.1 yazılımının kütüphanesindeki veriler ile değerlendirilmiştir. Bakır boru üretiminin yaşam döngüsü şeması oluşturulup yaşam döngüsü değerlendirilmiştir. Kullanım avantajına sahip bakır borunun üretiminin etki değerlendirmesi yapılarak çevreye zararlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

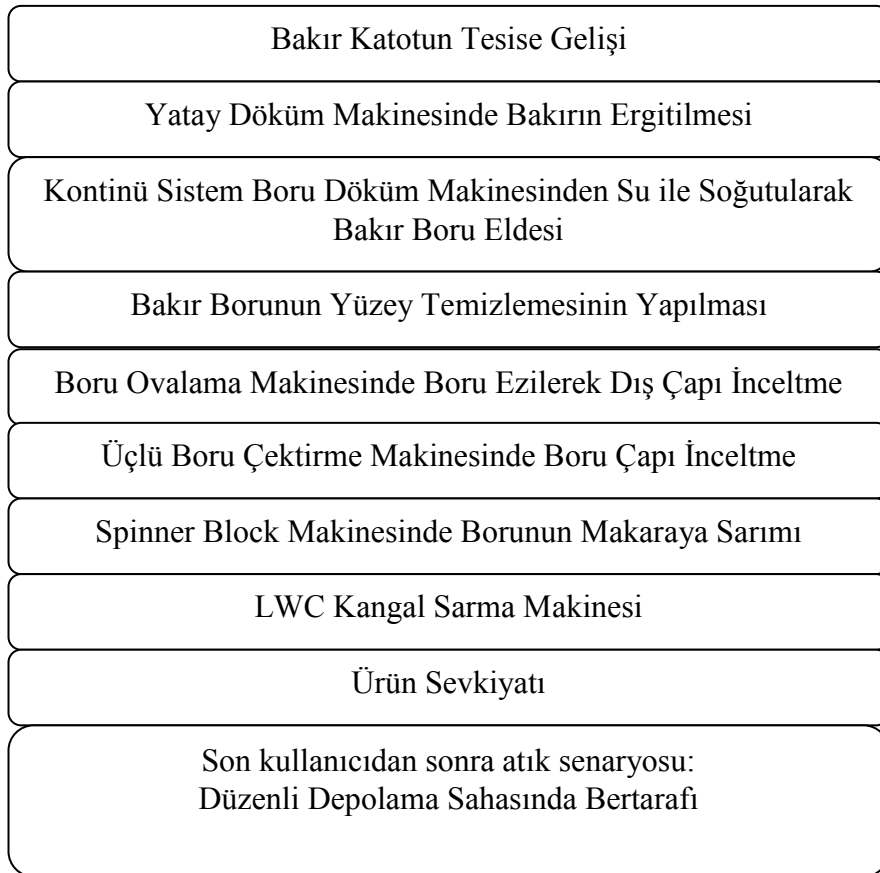
**Fonksiyonel birim:** Bu çalışmada fonksiyonel birim olarak “ton” boru seçilmiştir.

**Sistem sınırları:** Bu çalışmada bakır borunun;

- Hammaddenin tesise nakliyesi
- Bakır borunun üretilmesi
- Boru çapının inceltilmesi
- Kangal sarma işlemi
- Ürün sevkiyatına hazır hale getirilmesi
- Son kullanıcıdan sonraki atık senaryosu
- Depolama sahasında depolanması

olarak belirlenmiştir.

Yukarıdaki sistem sınırlarına bağlı olarak oluşturulan bakır boru yaşam döngüsü şeması şekil 3.10 ‘da gösterilmiştir.



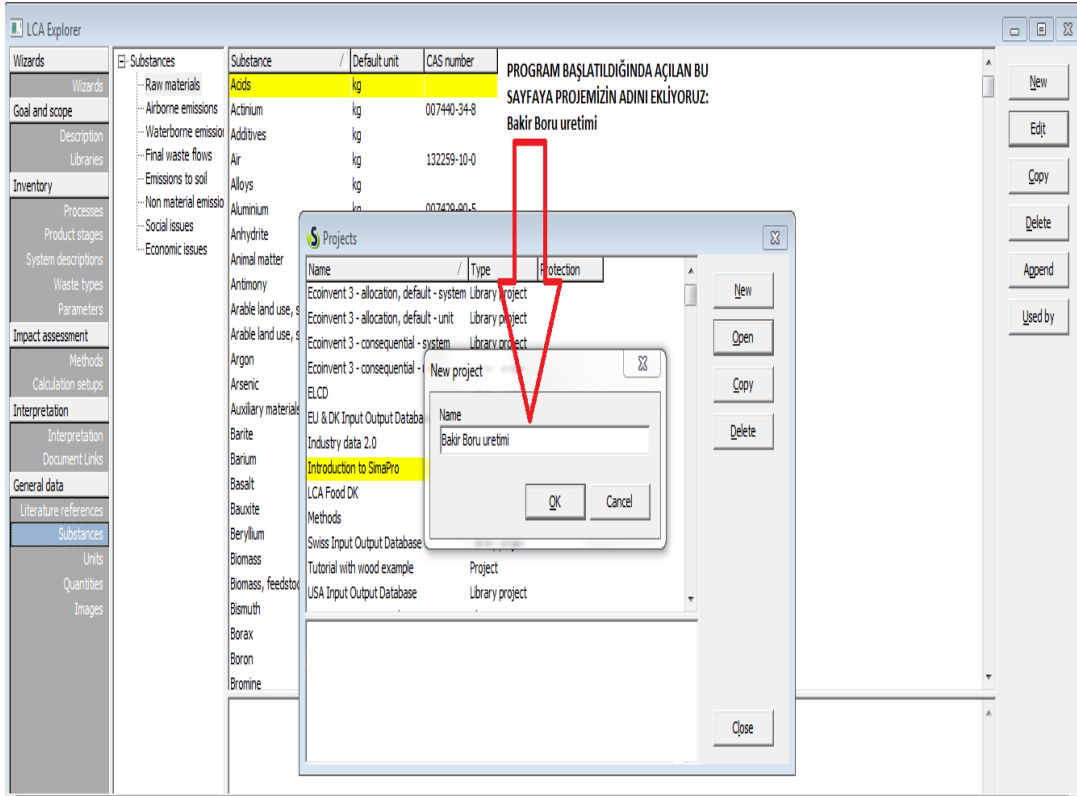
**Şekil 3.10.** Bakır borunun yaşam döngüsü ve atık senaryosu

Akım şemasında da gösterildiği gibi bakır boru yaşam döngüsü değerlendirmesi beşikten kapıya, atık senaryosu da son kullanıcı tarafından tüketilmesinin ardından bertaraf edilmek üzere düzenli depolama sahasına gönderilmesi şeklinde ele alınmıştır.

### 3.3.2 Envanter analizi

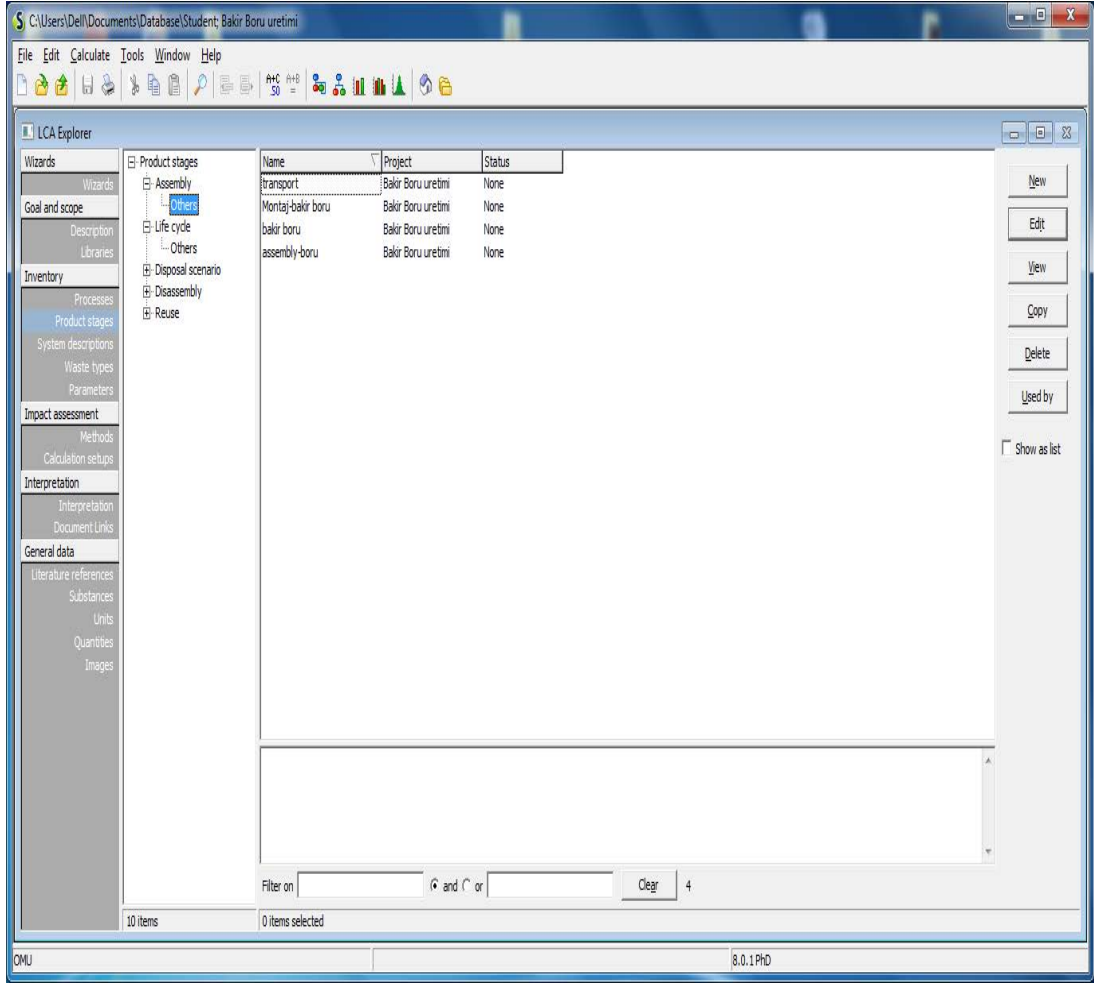
**Veri toplama:** Bakır boru üretiminde kullanılan hammadde ve enerji sarfiyatı tesisten, bunlara ait detaylı bilgiler ise yazılımın veri tabanından alınmıştır.

Bu bölümde bakır boru üretimine ilişkin verilerin sisteme girişleri yapılmıştır. Programı çalıştırdıktan sonra açılan ekrana yeni projenin ismi kaydedilir (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Oluşturulan proje ekranına ait görünüm (SimaPro 8.0.1)

Açılan proje ekranının solunda, ürün aşamaları (product stages) kısmına giriş yapılır. Ürün aşamaları başlığı altında; Assembly (birleştirme), Life Cycle (yaşam döngüsü), Disposal Scenario (bertaraf senaryoları), Disassembly (ayırma) ve Reuse (yeniden kullanım) olmak üzere beş farklı satır bulunmaktadır. Assembly başlığı altında bulunan others sekmesinde iken “bakır boru” başlığı açılır ve bakır boruya ait diğer alt başlıklar oluşturularak Şekil 3.12’de gösterildiği gibi kayıt edilir.



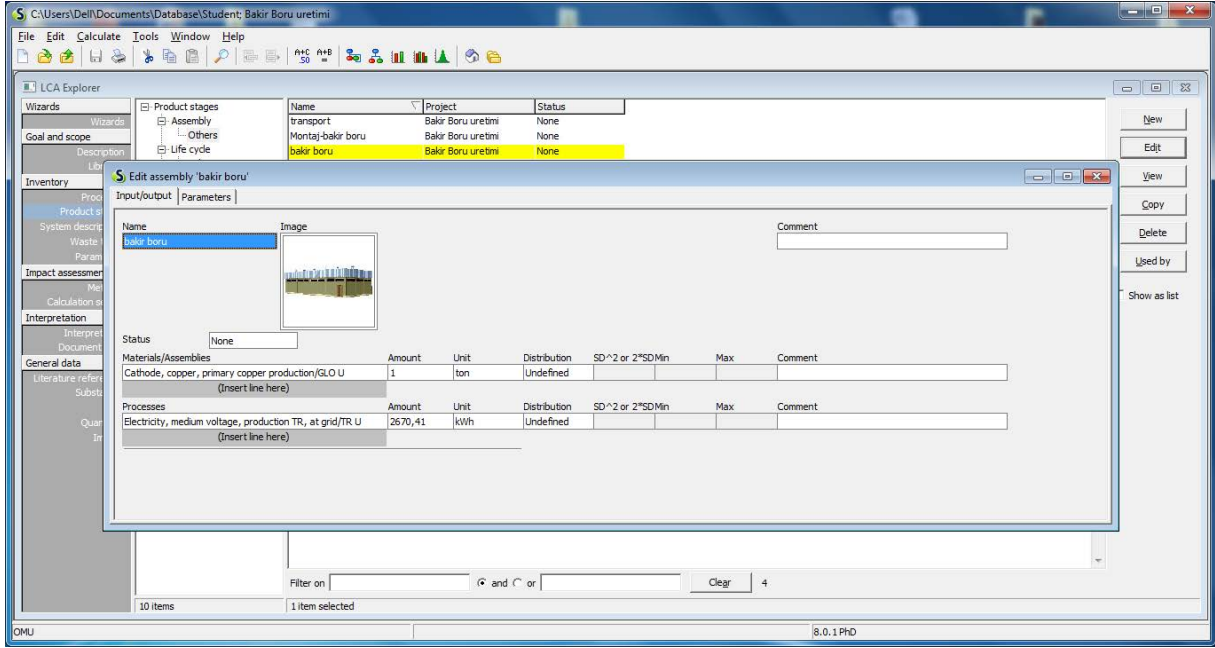
**Şekil 3.12.** Bakır borunun yaşam döngüsü aşamalarının görüntüsü (SimaPro 8.0.1)

Bakırın katot halinden başlayarak kangal boru elde edilmesine kadar süren aşamalarda 1 ton bakır boru için makinelerin kullandığı elektrik sarfiyatı Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Bakır boru üretiminde kullanılan makinelerin elektrik sarfiyatı

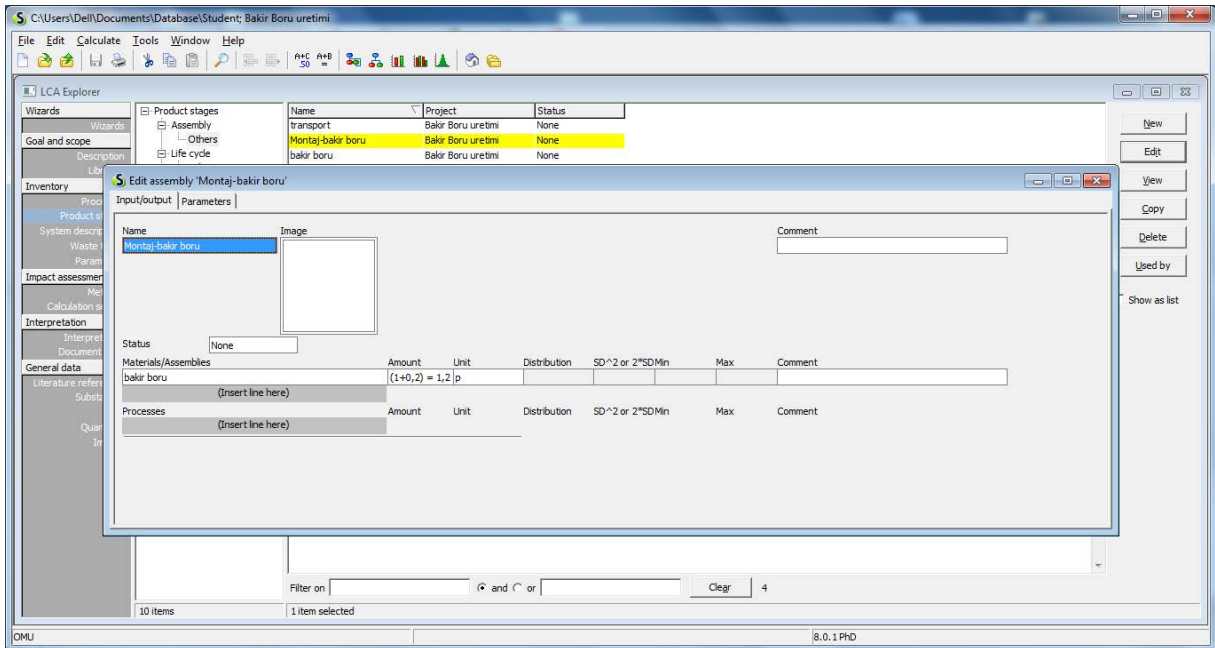
<b>Makine adı</b>	<b>Elektrik Sarfiyatı</b>
Yatay döküm makinesi	382 kWh/ton
Yüzey temizleme makinesi	140 kWh/ton
Boru ovalama makinesi	113,4 kWh/ton
3’lü boru çekirme makinesi	1920 kWh/ton
Spinner block makinesi	98,16 kWh/ton
LWC kangal sarma makinesi	16,85 kWh/ton

Üretim sırasında kullanılan makinelerin tümü elektrik enerjisi ile çalışmaktadır ve bu aşamalarda herhangi bir katı, sıvı ve gaz emisyon oluşmamaktadır.



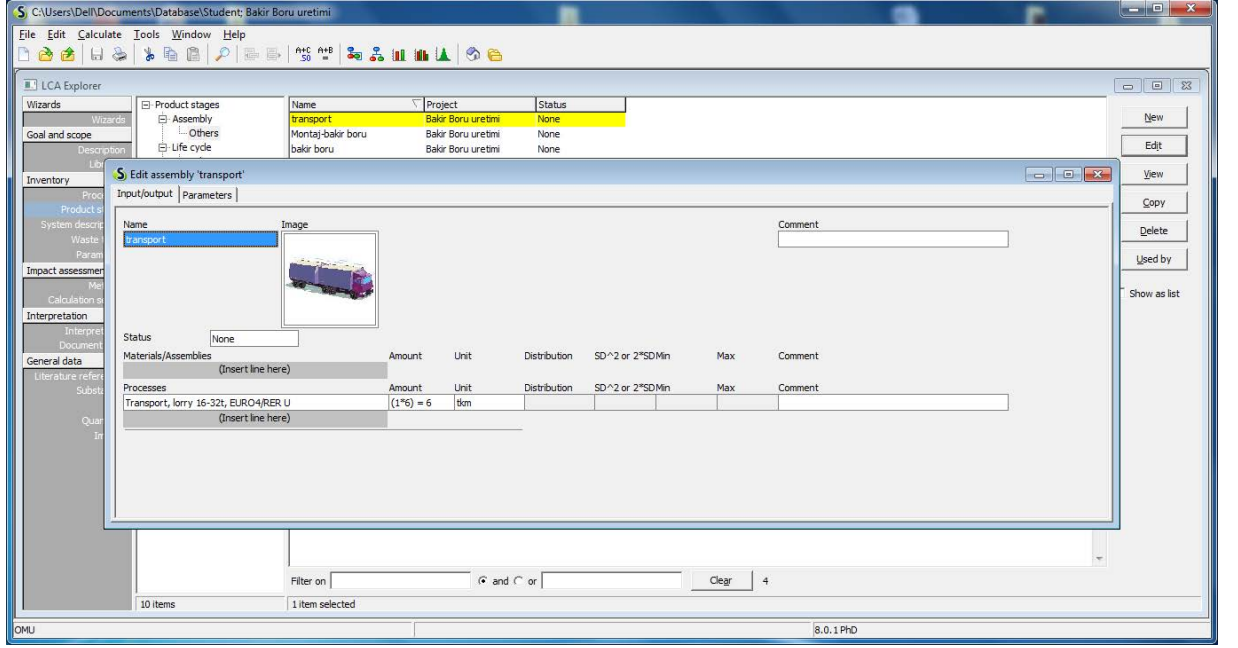
Şekil 3.13. Bakır boru içeriği program ekranı (SimaPro 8.0.1)

Yatay döküm makinesine giren hammaddenin üretim aşamasında %20 iskarta ürün oluşmaktadır. Iskarta ürünler tekrar ergitileceğinden artı bir elektrik sarfiyatı oluşacağı gözetilerek programa veri girişi Şekil 3.14'te gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 3.14. Bakır boru montaj içeriği program ekranı (SimaPro 8.0.1)

Şekil 3.15'de gösterildiği gibi, Eti Bakır İşletmeleri'nden 16-32 ton kapasiteli tır ile tesise nakliyesi sağlanan hammaddenin, karayolu taşımada alacağı mesafe 6 km olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.15. Bakır boru ulaşım içeriği program ekranı (SimaPro 8.0.1)

**Varsayımlar:** Türkiye için kullanılan elektrik enerjisinin veri tabanı programda mevcut değildir. Programın veri tabanında Türkiye'ye elektrik enerjisi kaynakları bakımından en yakın ülke Romanya'dır. Fakat Romanya'nın elektrik enerjisi kaynakları arasında nükleer enerji olması nedeni ile bu veri kullanılamamıştır. Bu nedenle programa TEDAŞ'tan alınan bilgilere göre düzenlenen yeni bir veri tabanı eklenmiştir. İşlemlerin hepsi yeni oluşturulan veri tabanı kullanılarak yapılmıştır.

Eti Bakır İşletmeleri ile tesis arasındaki karayolu mesafesi 6 km olarak alınmış, 16-32 ton kapasiteli tır ile nakliyesi sağlanmıştır.

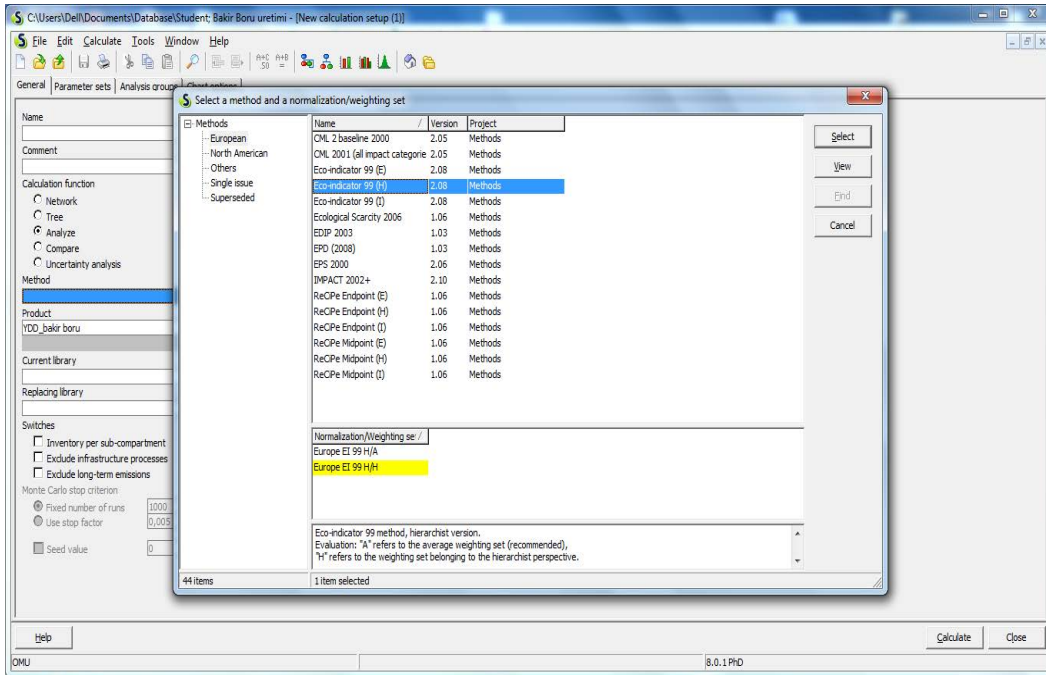
Bakır boru üretimi tamamlandıktan sonra fabrika içerisinde fiziksel kontrolden geçirilir. Fiziksel kontroller el ile yapıldığı için çevreye herhangi bir zarar oluşturmaktadır.

**Hesaplama yöntemi:** Bu çalışmada elde edilen veriler bakır borunun fonksiyonel birimi seçilen 1 tona denk gelen ağırlıklarına göre hesaplanarak yazılımda kullanılmıştır.

### 3.3.3 Etki değerlendirilmesi

Bu çalışmada SimaPro 8.0.1 yazılımında bulunan veri tabanlarından Eco-Indicator 99 (H) hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Şekil 3.16). Bu hesaplama yöntemindeki etki kategorileri grupları;

- Kanserojenler,
- Solunan organikler,
- Solunan inorganikler,
- İklim değişikliği,
- Radyasyon,
- Ozon tabakası tahribatı,
- Ekotoksisite,
- Asidifikasyon/ötrofikasyon,
- Arazi kullanımı,
- Mineraller,
- Fosil yakıtlardır.



Şekil 3.16. Eco-Indicator 99 (H) hesaplama yönteminin seçilmesi (SimaPro 8.0.1)

### 3.3.4 Yorum

Son nokta metoduna göre “insan sağlığı”, “ekosistem kalitesi” ve “kaynaklar” olmak üzere üç bölümde gruplandırılmış ve yukarıdaki etki kategorilerine göre yorumlanmıştır. Etki değerlendirmesinde elde edilen sonuçlar Bulgular kısmında belirtilmiştir.

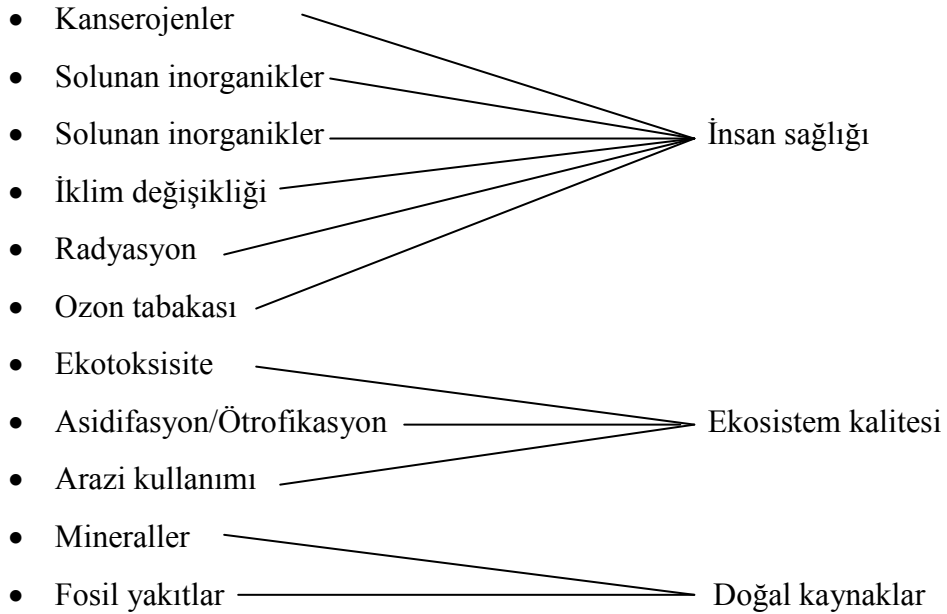
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Bakır Boru Üretimini Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Bu bölümde yaşam döngüsü değerlendirmesinin üçüncü ve dördüncü adımları olan etki değerlendirme ve yorum aşamaları bulunmaktadır. Bakır borunun yaşam döngüsü beşikten kapıya olacak şekilde düzenlenmiştir. Atık senaryosu ise ürünün kullanım ömrünü doldurduktan sonra düzenli depolama sahasına gönderilmesi ile sonuçlanacak şekilde tasarlanmıştır. Bakır boru üretiminin yaşam döngüsü aşamaları;

- Borunun üretilmesi
- Borunun atık senaryosu

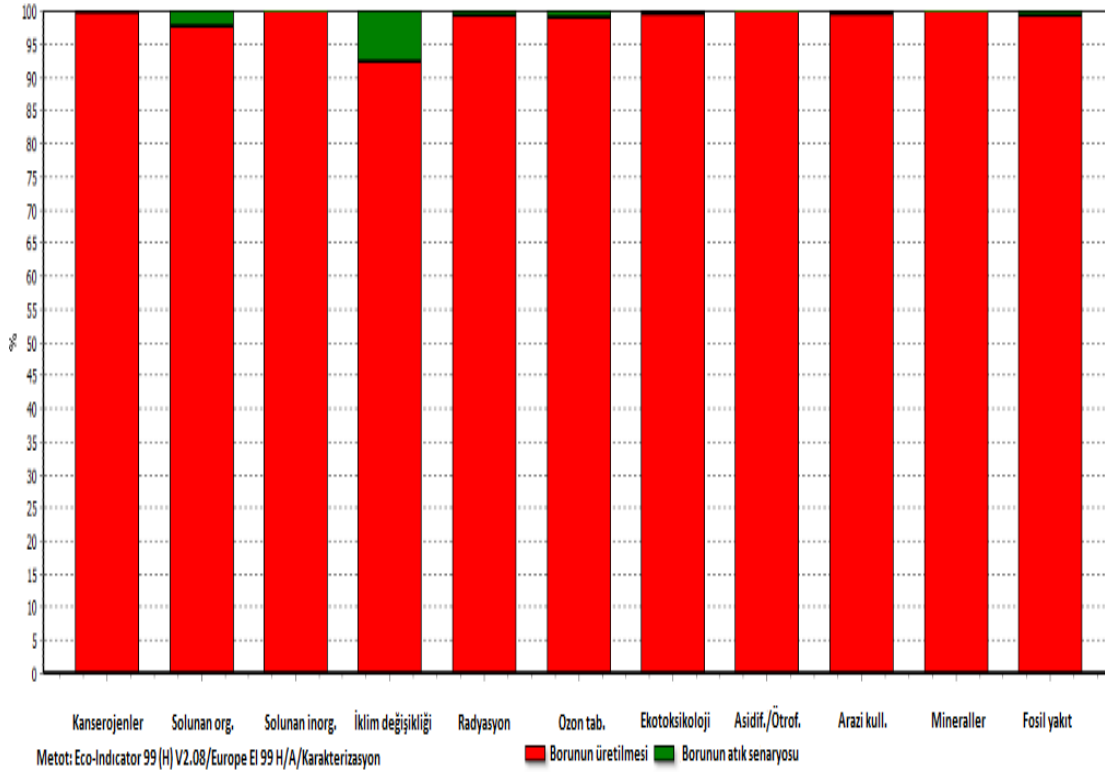
şeklinde dir. Eco-Indicator 99 etki değerlendirme yöntemi sınıflandırma basamağında emisyonlar;



olmak üzere 11 farklı etki sınıfına ayrılmıştır. Bu etki sınıfları da üç etki kategorisi altında Şekil 4.2’de ve Şekil 4.3’te görüldüğü gibi gruplandırılabilir.

Çalışma sonuçları; zarar sınıflarına göre Şekil 4.1’de, zarar değerlendirmesine göre Şekil 4.2’de, yaşam döngüsüne göre Şekil 4.3’te olmak üzere bu üç ayrı aşamada gösterilmiştir.

Burada yapılan değerlendirme zarar sınıfları bazında olduğu için, grafikte görülen barlar birbirinden bağımsız olup grafiğin en üst noktasının tüm zarar sınıfları için aynı değerde olması anlamına gelmektedir.



**Şekil 4.1.** Zarar sınıflarına göre grafiksel görünüm (SimaPro 8.0.1)

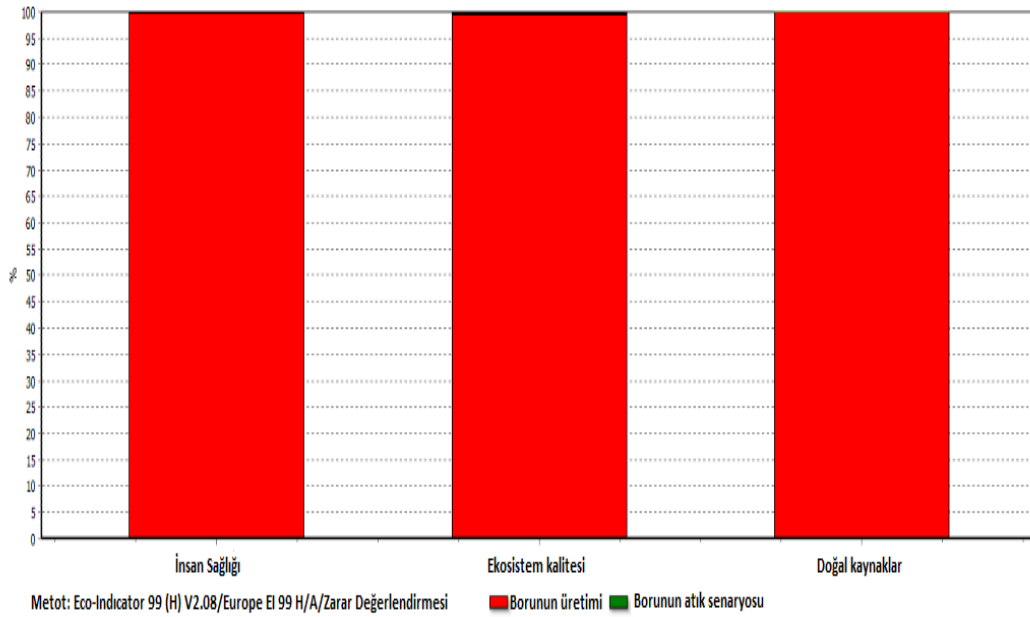
Şekil 4.1’de gösterildiği gibi kanserojenler bazında incelendiğinde bakır borunun üretim aşamasındaki çevresel etki, uzun süreli yüksek konsantrasyonlarda bakıra maruz kalınmasından kaynaklanmaktadır.

Bakır borunun üretim aşamasında harcanan enerji kaynakları, çıkan salınımlar ise ekosistemlere ve insan sağlığına etki etmektedir.

Solunan organikler ve solunan inorganikler açısından incelendiğinde hammaddenin üretim için kullanılan formlara dönüştürülmesi esnasında soluma yolu ile bakıra maruz kalınmasından kaynaklanmaktadır. İklim değişikliği; tarımsal alanlar ve besi üretimi, doğal kaynaklar, canlı sağlığı ve tüm ekosistem için bir tehdittir. Buna bağlı olarak; buzulların küçülmesi, nehir ve göllerdeki buz

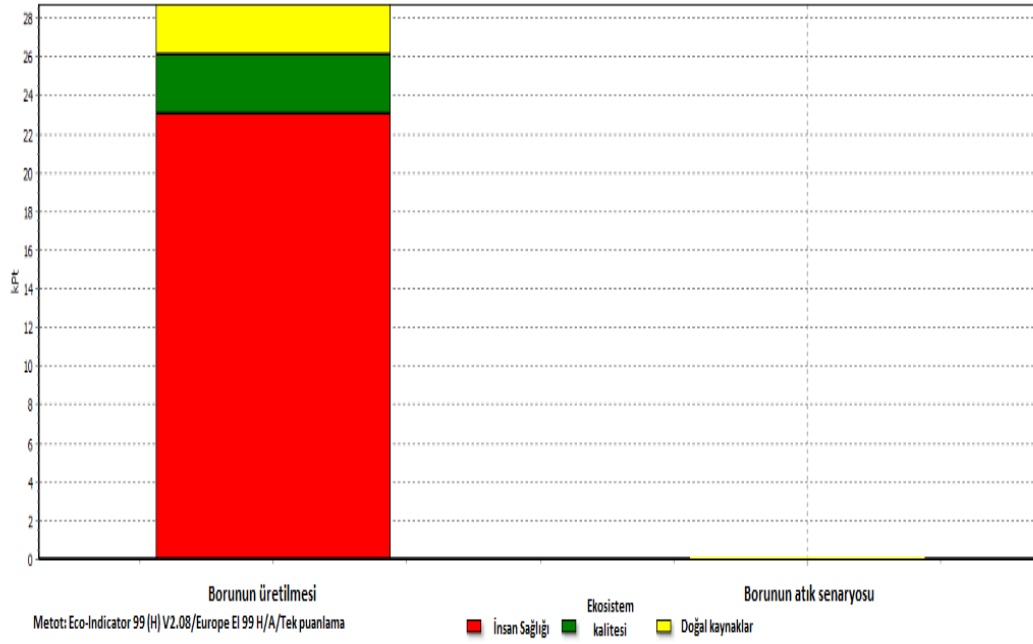
tabakalarının daha geç oluşması ve daha erken erimesi, göçmen kuşların göç yollarını şaşırması, bitki ve hayvanların yaşam alanlarında değişiklikler, bazı bitki ve hayvan popülasyonlarında azalma, ağaçların erken çiçeklenmesi, böceklerin erken ortaya çıkması, kuşların erken yumurtlaması, özellikle kutuplarda bulunan tatlı su kaynaklarının eriyerek tuzlu suya karışması ve kullanım imkanlarının kalmaması ile sonuçlanmaktadır.

Radyasyon, ozon tabakası, ekotoksikoloji, asidifikasyon/ötrofikasyon, mineraller bazında bakıldığında en önemli çevresel etki üretim esnasındaki elektrik kullanımı ve hammaddeden meydana gelmektedir. Arazi kullanımında, doğal yaşam için gerekli olan karasal yaşam kaybı ve düzenli depolama alanındaki azalmadan kaynaklanan etki kategorisi söz konusu olmaktadır. Fosil yakıtlar bazında incelendiğinde ise hammaddenin tesise nakliyesi esnasında karayolu taşımacılığında kullanılan yakıttan kaynaklandığı gözlemlenmektedir.



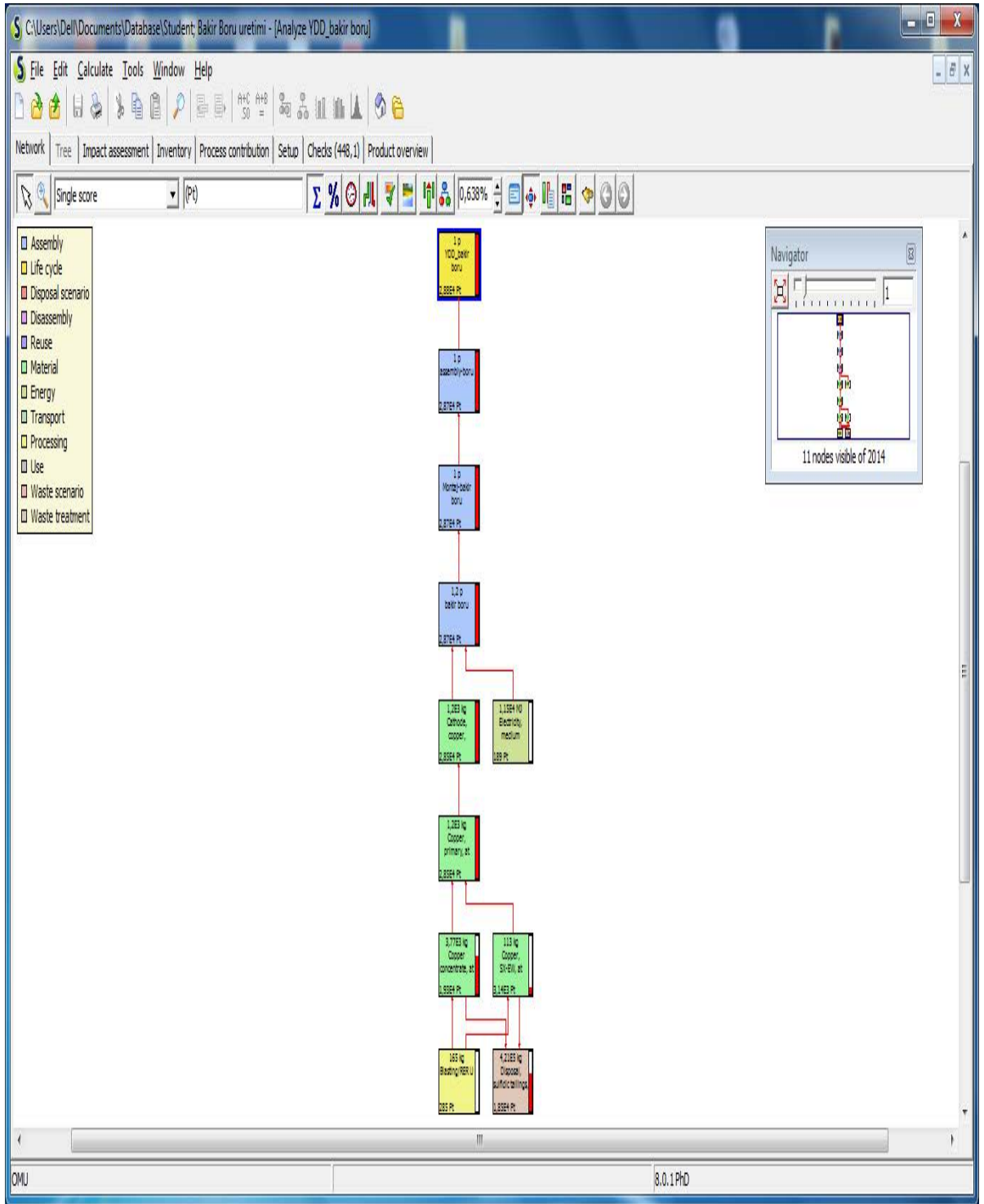
**Şekil 4.2.** Zarar değerlendirmesine göre grafiksel görünüm (SimaPro 8.0.1)

Şekil 4.2 de görüldüğü gibi insan sağlığı, ekosistem kalitesi ve doğal kaynaklara dair en fazla çevresel etki bakır borunun üretim aşamasında kaynaklanmaktadır. Bertaraf aşamasında, ekosistem kalitesinde bir miktar artış gözlenmiştir. Bunun nedeni bakır borunun kullanım ömrünü doldurduktan sonra düzenli depolama sahasında bertarafı nedeniyle arazi kullanımınıdır.



**Şekil 4.3.** Yaşam döngüsü aşamalarına göre grafiksel görünüm (SimaPro 8.0.1)

Şekil 4.3'te yaşam döngüsü aşamalarına göre incelendiğinde en fazla etkinin borunun üretilmesi sırasında meydana geldiği ve en fazla insan sağlığı parametrelerini etkilediği görülmektedir. Şekil 4.4'te ise bakır borunun yaşam döngüsü ağaç diyagramı tüm aşamalarıyla verilmiştir.



**Şekil 4.4** Bakır borunun ağaç diyagramı ile gösterimi (SimaPro 8.0.1)

Bütün bu girdiler sonucunda bakır borunun yaşam döngüsüne genel bakış Şekil 4.5'teki gibidir.

Top products

No	Name
1	YDD_bakir boru

Projects and libraries

No	Name	Type	Count
1	Bakir Boru uretimi	Project	10
2	Ecoinvent unit processes	Library project	2004

Products  Show only "Referenced in project" products

No	Name	Unit	Waste type	Type	Category	Referenced in p
1	assembly-boru	p		Assembly	Others	
2	bakir boru	p		Assembly	Others	
3	disassembly-assembly boru	p		Disassembly	Others	
4	Disposal_assembly boru	p		Disposal scenario	Others	
5	Electricity, high voltage, production TR, at grid/TR U	MJ		Energy	Electricity country mix/High Vol	
6	Electricity, medium voltage, production TR, at grid/TR U	MJ		Energy	Electricity country mix/Medium	
7	Electricity, production mix TR/TR U	MJ		Energy	Electricity country mix/Product	
8	Montaj-bakir boru	p		Assembly	Others	
9	transport	p		Assembly	Others	
10	YDD_bakir boru	p		Life cycle	Others	

OMU 8.0.1 PhD

Şekil 4.5. Bakır boru üretiminin yaşam döngüsüne genel bakış (SimaPro 8.0.1)

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu yüksek lisans tez çalışmasında YDD sistematığı için Hollanda firması patentli SimaPro 8.0.1 isimli bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Çevre mühendisliği disiplini açısından bazı bulgular saptanmıştır. Yapılan literatür araştırmasına göre hammaddeden başlayarak bakır boru üretiminin neden olduğu çevresel etkileri belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Türkiye’ de de çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili adımlar atılmaya başlanmıştır. Sera gazları salınımı, ozon tabakasının incilmesi, enerji tüketimi gibi çevresel konularla ilgili bakanlıklar, kuruluşlar, sivil toplum örgütleri çeşitli çalışmalar yapıyor olsalar da ülkemiz, üretim sektörünün çevresel etkilerini belirlemede dünyadaki birçok ülkenin gerisinde kalmıştır.

Türkiye’nin bu konudaki eksikliğinden yola çıkılarak yapılan bu çalışmada ISO 14040’ a göre geliştirilmiş olan yaşam döngüsü değerlendirmesi yöntemi temel alınmıştır. Bu doğrultuda bakır boru üretiminin yaşam döngüsü süreçlerinde girdileri ve çıktıları belirlenerek her bir etmenin neden olduğu çevresel etkiler ve etki kategorileri değerlendirilmiştir.

Bakır çok yaygın bir maddedir ve doğada doğal olarak bulunur ve doğal olaylar yoluyla ile doğada yayılır. İnsanlar bakırı yaygın bir şekilde kullanırlar. Örneğin endüstride ve tarımda kullanılır. Bakır üretimi son on yılda çok gelişmiştir ve buna bağlı olarak doğadaki bakır miktarı artmıştır.

Bakır birçok çeşit gıdada, içme suyunda ve havada bulunabilir. Bundan dolayı her gün yiyerek, içerek ve soluyarak önemli bir miktar bakırı vücudumuza alırız. Bakırın absorpsiyonu gereklidir, çünkü bakır insan sağlığı için gerekli olan bir iz elementtir. İnsanların yüksek konsantrasyonlarda bakırı orantılı olarak idare edebilmelerine rağmen, çok fazla bakır önemli sağlık problemlerine yol açabilir.

Havadaki bakır konsantrasyonu genellikle oldukça düşüktür, bundan dolayı soluma ile bakıra maruz kalma ihmal edilebilir. Fakat bakır cevherini metale işleyen dökümcülerin yakınlarında yaşayan kişiler bu tür bir maruz kalmayı yaşamaktadırlar.

Bakırdan tesisata sahip evlerde yaşayan kişiler çoğu kişiye oranla daha fazla bakır miktarına maruz kalmaktadırlar, çünkü bakır, korozyona uğramış borulardan içme suyuna geçmektedir.

Bakıra mesleki olarak maruz kalma sıklıkla olmaktadır. Çalışma ortamında bakır bulaşması metal ateşi olarak bilinen grip benzeri duruma neden olmaktadır. Bakıra uzun süreli maruz kalma burun, ağız ve göz tahrişine ve baş ağrılarına, karın ağrılarına, baş dönmesine, kusmaya ve ishale neden olmaktadır. Bakırın kasten yüksek miktarda alımı karaciğer ve bakır hasarlarına ve hatta ölüme bile neden olabilir.

Bakır dumanına, tozuna veya sisine endüstriyel olarak maruz kalma metal dumanı ateşi ile burunda mukoza membrandaki atrofik değişikliklerle sonuçlanmaktadır. Kronik bakır zehirlenmesi Wilson Hastalığı ile sonuçlanmaktadır ve karaciğer sirozu, beyin hasarı, demiyelinizasyon, böbrek hastalığı ve korneada bakır birakma ile karakterize edilmektedir.

Bütün bu bilgiler ışığında, uzun süre yüksek konsantrasyonda bakıra solunma yoluyla maruz kalınmasının insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı, bakır borunun üretiminde görev alan personelin meslek hastalığına sahip olmamaları adına gerekli önlemlerin alınması önerilebilir.

Arazi kullanımını ve doğal kaynaklar açısından verim alabilmek adına hurda bakır üretimine gereken değer verilmelidir.

Bakırın geri dönüşümü sağlanarak, yeniden ergitilerek kullanılması ile hammadde ve enerji tüketiminin azaltılması söz konusu olabilecektir.

Sürdürülebilirlik bir ideoloji değil gelecek kuşakların sağlıklı bir çevrede yaşayabilmesi için zorunlu bir özellik olmalıdır. Bakır borunun üretim aşamasında olduğu kadar, kullanım alanlarına göre periyodik bakımının yapılması sağlanmalıdır.

Bakır dış etkilere etkilenmeyen bir madde olması sayesinde inşaatlarda çok rahat kullanılmaktadır. Alçı, çimento, beton beton veya su bakıra hiç zarar vermez. Ayrıca bakır ultraviyole ve enfraruj ışınlarından etkilenmediği gibi yıllar boyunca bile hiçbir eskime göstermez.

Bakır kolay şekillendirilen bir madde olduğundan kullanılması basit ve işlenmesi süratlidir. Bu sayede tesisatçı zaman kazanmakta, dolayısıyla maliyet düşmektedir. Ayrıca çok ucuz aletlerle çalışılabilmekte ve lehim sistemi sayesinde kaçak olmayan bir tesisat kurulabilmektedir.

Düşük bir genişleme oranı betonun genişleme oranına çok yakın olması sayesinde bakır boru çok güvenlidir. Plastik borularda bu oran bakırdan 7- 10 kat fazla olduğundan sıcak su tesisatları sorun çıkartmaktadır.

Bakır boru yüksek ısıda bile %100 oranında oksijen ve gaz geçirmeme özelliğine sahiptir. Bu sayede plastik ve demir tesisatlarda rastlanan mantar ve bakteri üremez. Bu özelliğin yıllar geçtikçe değişmesi söz konusu değildir.

Bakır bakterisid özelliği sayesinde tatil zamanları ihtiva ettiği su durgun olan ve bakteri ve yosun üremesi için ideal bir ortam yaratan tesisatlardaki suyu temizler ve bakterilerden arındırır.

Plastikten bin kat fazla olan ısı iletkenliği sayesinde bakır boru özellikle yerden ısıtma sistemlerinde çok verimli olmaktadır. Demir borulu sistemlerle karşılaştırıldığında ise ilk ısıtmada meydana gelen kayıplar çok aza inmektedir. Buna ısı geçirgenliğinin yanı sıra et kalınlığının da az olması yol açmaktadır.

Bakır boruların diğer tesisat borularına kıyasla iç yüzeyleri çok kaygan olduğundan küçük çaplı borularla bile randımanlı bir tesisat kurulabilmektedir. Bu sayede daha küçük pompalar kullanılmakta ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Bakır borunun çekme mukavemeti diğer malzemelere göre daha yüksektir: tavlı borularda 200Mpa, sert borularda 300Mpa. İnşaatlarda oluşan zor şartlarda bile bakır boru önlem almadan kullanılabilir. Ayrıca ateşten ve kemirgen hayvanlardan da etkilenmemektedir.

Basınca dayanıklılık özelliği sayesinde bakır boru tesisatta basınç veya ısı kısıtlaması olmadan kullanılabilir. Bu değerler boru çapı düştükçe daha da artmaktadır. Dolayısıyla zaman zaman derecesi yüksek muhtemel kalorifer tesisatlarında bakır boru mükemmel netice vermektedir.

Bakır borunun ve bağlantı elemanlarının inceliği tesisata çok estetik bir görünüm sağlar. Bakır boru kolaylıkla boyanır.

Metal olması sebebi ile bakır boru evlerde meydana gelebilecek yangın olaylarında etkilenmez. Bu konu maalesef plastik borulu sistemlerde büyük sorun teşkil etmektedir.

Bakır doğadan elde edilen saf bir madendir. Çevreye hiçbir zarar vermediği gibi tamamen geri kazanılan bir maddedir.

Bakır borsasına göre temin edildiği için yüksek maliyetlerde satın alma işlemi gerçekleşmektedir. Buna alternatif olarak hurda bakır alımı gerçekleştirildiği takdirde hem enerji sarfiyatı azalacak hem de düzenli depolama sahasına gönderilen bakırın miktarı azalacağından arazi kullanımını açısından olumlu etkilenecektir.

Enerji az ya da çok her alanda kullanılan bir kaynaktır ve özellikle üretim maliyetleri içerisinde ağırlıklı bir yer tutmaktadır. Günümüzde enerjiye olan talep her geçen gün artmaktadır. Bugün dünya genelinde enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamakta olan fosil yakıtların rezervleri hızla tükenmektedir. Bir yandan tükenen fosil yakıtların yerine alternatif enerji kaynakları aranırken diğer yandan da mevcut kaynakların etkin ve verimli biçimde değerlendirilmesi gündeme gelmektedir. Sanayi sektörü, gerek yüksek enerji tasarruf potansiyeline sahip olması, gerekse de sanayide tüketilen enerjinin çoğunlukla ticari enerji olması nedeniyle enerji tasarrufu çalışmalarında öncelikle ele alınması gereken bir sektördür. Eski teknolojiyle üretim yapan ekipmanların yerine daha az enerji tüketen makinelerin kullanılması sağlanarak enerji sarfiyatının önüne geçilebilir. Bununla birlikte son senelerde dünyada büyüyen atmosfer kirliliğinin azaltılması için, mümkün olduğunca daha az enerji tüketilmesi çözümlerden biri olduğu gibi tesisin enerji verimliliğini arttırmak üzere enerji yönetimi sistemi oluşturması, enerji etütlerini yaptırması ve etüt sonuçlarını uygulama planı çerçevesinde uygulaması, belli başlı ürünlerinin spesifik enerji tüketimini izlemesi, bunun izlenmesi için tesisteki eksik sayaç ve benzeri ölçüm cihazlarını taktırması amacına yönelik olarak çalışmalar yürütebilir. Sanayide enerji tasarruf potansiyelinin diğer sektörlerle göre daha az bir maliyetle gerçekleştirilebilmesi ve yatırımın yaklaşık üç yıl gibi kısa bir sürede kendisini amorti etmesi söz konusudur.

## KAYNAKLAR

- Akdoğan Eker A., 2008. Bakır ve Bakır Alaşımları, Analiz Raporu, Kasım, İstanbul.
- Akkaş C., 2011. Oksitli bakır cevherlerinden bakır kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, İstanbul, 327292.
- Andersson K., Eide M. H., Lundqvist U., Mattsson B., 1998. The Feasibility of Including Sustainability in LCA For Product Development, Journal of Cleaner Production, 6, 289-298.
- Ardente F., Beccali M., Cellura M., Mistretta M., 2008. Building energy performance: A LCA case study of kenaf-fibres insulation board, Energy and Buildings 40, No: 1, 1-10.
- Azapagic A., Perdan, S., 2000, Indicators of Sustainable Development for Industry: A General Framework, Trans IChemE, 78(B), 244.
- Balpetek F. G., Alay E., Özdoğan E., 2012. Sürdürülebilir Kalkınma İçin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ve Tekstil Sanayi, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi 6, No: 2, 37-49, İzmir.
- Barnabe F., 1999. Life cycle analysis : first stage in the development of new – ecotools for air conditioning systems designers , ICR0499.
- Bingöl G., 1995. Bakır cevherleri ve zenginleştirilmesi, Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü.
- Bıykoğlu, A., 2011. Türkiye İklimlendirme Meclisi Sektör Raporu, Ankara, Aralık.
- Bozkurt, E., 2007. Life cycle assesment (LCA) based home rating model for İzmir (HRM-İZMİR), Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 202129.
- Çakır M., 2010. Bakır atıklardan bakır kazanımına mekanik aktivasyonun etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 274787.
- Çamur C., 2010, Isı yalıtım malzemelerinin yaşam döngüsü değerlendirme yöntemiyle çevresel etkilerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 268537.
- Canals L. M., Burnip G.M., Cowell S.J., 2006. Evolution of Environmental Impacts of Apple Production Using Life Cycle Assesment (LCA): Case Study in New Zeland, Agriculture, Ecosystems and Environment, Sayı 114, 226-238.
- Cankut S., 1994. Mineralbilim kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını.
- Ceylan Öztürk Y., 2012. Otomotiv endüstrisinde kullanılan tampon ve turbo emiş borusunun yaşam döngüsü değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 324763.

- Çokaygil Z., 2005. Atık yönetimi planlamasında yaşam döngüsü analizi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 199915.
- Çokaygil Z., Banar M., 2005. Yaşam döngüsü analizi ve standartlar açısından bir değerlendirme, VI. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Poster Bildiri, İstanbul.
- Dahllöf L., 2004. ESA-Report Methodological Issues in the LCA Procedure for the Textile Sector, Environmental Systems Analysis, Chalmers Tekniska Högskola Göteborg, Sweden.
- DeBenedetti B., Maffia L., Rossi S., 2007. From Materials to Eco-Materials: Life Cycle Environmental Approach for Insulation Products in Building Applications, Proceedings of the 8th International Conference of Eco-Materials, ICEM 8, Brunel University, UK.
- Ding G.K.C., 2008. Sustainable construction-the role of environmental assessment tools, Journal of Environmental Management, 86: 451-464.
- Elkington J., 1993. The LCA Sourcebook: A European business Guide to Life Cycle Assessment. London, England.
- Eren Ö., Başarır B., 2013. Çelik Strüktürlerin Yaşam Döngüsü İçinde Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi, E-Journal of New World Sciences Academy – Engineering Sciences, 8 (2), Article Number: 1A0346
- Erol T., 1994. Bakır Borunun Tesisatta Kullanımı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Aylık Teknik Süreli Yayın, Ocak, Cilt:1 Sayı:11
- Finnveden G., Hauschild M. Z., Ekvall T., Guinée J., Heijungs R., Hellweg S., Koehler A., Pennington D., Suh S., 2009. Recent developments in Life Cycle Assessment. Journal of Environmental Management, 91, 1-21.
- Gerilla G.P., Teknomo K. and Hokao, K., 2007. An environmental assessment of wood and steel reinforced concrete housing construction Building and Environment, 42:2778-2784.
- Guinée J.B. and Heijungs, R., 2007. Life Cycle Assessment, Kirk-Othmer Chemical Technology and the Environment, Wiley-Interscience Publication, 1, 20-46.
- Guinee J.B., 2002. Handbook of life cycle assessment: operation guide to ISO Standards, Kluwer Academic Publishers, USA, 10-12, 19-106.
- Gülfen M., 2002. Kalkopirit cevherindeki bakırın sülfürik asit çözeltisinde çözünürlüğünün incelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Habashi F., 1997. Handbook of Extractive Metallurgy Volume II:Primary Metals, Secondary Metals,Light Metals, Congress of British Library: 525-530.
- Harman H., 2010. Hidrometalurjik yöntemlerle bakır kimyasalları üreten tesislerden çıkan bakır içerikli atık suların iyon değişimi metodu ile temizlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 292055
- Horvath A., 1997. Estimation of environmental implications of construction materials and designs using life-cycle assessment techniques, Doctoral Dissertation, Carnegie Mellon University, Department of Civil and Environmental Engineering, Pittsburgh, PA, 28-29.

- Hozatlı B., 2013. Muğla ili koşullarında betonarme ve ahşap malzemeli binaların yaşam döngüsü analizi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, 335252.
- ISO, 1997. Environmental management - Life cycle assessment - principles and framework, ISO 14040, Geneva, 1-12.
- ISO, 1997. Environmental management systems - specification with guidance for use: EN-ISO 14001, Geneva, 1 - 15.
- ISO, 1998. Environmental management - Life cycle assessment - goal and scope definition and inventory analysis, ISO 14041 :1998(E), Geneva, 1-16.
- ISO, 2000a. Environmental management - Life cycle assessment - life cycle impact assessment, ISO 14042 : 2000(E), Geneva, 1-16.
- ISO, 2000b. Environmental management - Life cycle assessment - life cycle interpretation, ISO 14043 : 2000(E), Geneva, 1-18.
- ISO, 2002. Environmental management - Life cycle assessment - data documentation format, ISO/TS 14048 : 2002, Geneva, 1-87.
- ISO, 2003a. Environmental management - Life cycle assessment - examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis, ISO/TR 14049 : 2003(E), Geneva, 1-43.
- ISO, 2003b. Environmental management - Life cycle impact assessment - examples of application of ISO 14042, ISO/TR 14047 : 2003(E), Geneva, 1-87.
- ISO, 2006a. Environmental management – Life cycle assessment – principles and framework ISO 14040, Geneva, 1-20.
- ISO, 2006b. Environmental management – Life cycle assessment – requirements and guidelines, ISO 14044, Geneva, 1-46.
- Jensen A. A., Elkington J., Christiansen K., Hoffmann L., Moller B.T., Schmidt A., and Dijk F., 1997. Life cycle assessment - a guide to approaches, experiences and information sources, Report to the European Environment Agency, Environmental Issues Series, No:6, Soborg, 13 - 16.
- Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G., Rosenbaum R., 2003. IMPACT 2002: A new life cycle impact assessment methodology, International Journal of Life Cycle Assessment, 8, 324-330.
- Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2004. Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji Dergisi, 47-53, 136.
- Kıran Cılız N., 2008. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim İçin Yeşil Rekabet, Boğaziçi Üniversitesi Sürdürülebilir Kalkınma ve Temiz Üretim Merkezi, Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Koçhan A., 2002. Sürdürülebilir Gelecek İçin Ekolojik Tasarım, Yapı Dergisi, 249: 45-53.
- Kökeş H., 2013. Oksitli bakır cevherlerinden hidrometalurjik yöntemle bakır sülfat kristalleri üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 352255.
- Lide D. R., 2005. CRC Handbook of Chemistry and Physics (86th ed.) RC Press. ISBN 0-8493-0486-5.

- Mora E. P., 2007. Life Cycle, Sustainability And The Transcendent Quality Of Building Materials, *Building and Environment*, 42:1329-1334.
- Murphy R. J., Norton, A., 2008. Life cycle assessments of natural fibre insulation materials -Final report, Imperial College London, Division of Biology, NNFCC.
- Nucci B., Puccini M., Pelagagge L., Vitolo S., 2013. Improving the Environmental Performance of Vegetable Oil Processing Through LCA, *Journal of Cleaner Production*, DOI: 2013.07.049.
- Onuk A.G., 2013. Hava, Su ve Gaz Dağıtım Sistemlerinde Bakır Boru Kullanımı ve Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisi, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, 17-20 Nisan.
- Ortiz O., Castells F., Sonnermann G., 2009. Sustainability In The Construction Industry: A review of recent developments based on LCA, *Construction and Building Materials*, 23, 28-39.
- Özçuhadar T., 2007. Binalarda Yaşam Döngüsü, *Yapı*, 312:14-18.
- PréConsultants, 2008. Database Manual SimaPro, General Introduction to LCA.
- Quintavalla A., Melloni, R., Neri, P. ve Bergonzoni, M., 2004. Optimization of the integrated system for the differentiated collection of plastics, evaluated through a LCA analysis, ISWA World Environment Congress and Exhibition, October 14-21, Roma.
- Schmidt A.C., Jensen A. A., Clausen A. U., Kamstrup O., Postlethwaite D., 2004. A comparative life cycle assessment of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax: Comparative assessment, *The International Journal of Life Cycle Assessment* 9, No. 2, 122–129.
- Sev A., 2009. Sürdürülebilir Mimarlık, Yapı Endüstri Merkezi, YEM Yayınevi, İstanbul.
- Sievers H., Tikana L., Tomaschek U., 2006. Material Life-cycle Analyses: Comparative Materials Study For Drinking - Water Systems, European Copper Institute, Belçika.
- Song H. S., Hyun J.C., 1999. A study on the comparison of the various waste management scenarios for PET bottles using the life-cycle assessment (LCA) methodology, *Resources, Conservation and Recycling*, 27, 267-284.
- Spiegel R., Meadows D., 2002. Green building materials : a guide to product selection and specification, Wiley, New York.
- Stern B. R., Lagos G., 2008. Human and Ecological Risk Assessment Cilt: 14, No:4, 773.
- Suzuki M., Oka T., 1998. Estimation of life cycle energy consumption and CO<sub>2</sub> emission of office buildings in Japan, *Energy and Buildings*, Cilt: 28, No: 1, 33–41, Japan.
- Tamzok N., 2005. Bakır Madenciliğindeki Son Gelişmeler ve Türkiye, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Sayfa:50-53, Haziran, Ankara.
- Tanaçan L., 2002. Bildiri: Ekolojik Yapı Malzemelerinin Tanımlanmasındaki Sorunlar, Mimarlar Odası 1. Yapı Malzemeleri Kongresi, İstanbul.

- Tanaçan L., 2003-2010. Ders Notları, CKY 536E Ecological Building Materials, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tanaydın M., 2010. Oksitli bakır cevherinden bakır üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnönü Üniversitesi, Malatya, 275738.
- Taygun G. T. ve Balanlı A., 2005. Yapı Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi, Megaron, YTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi, 1:40-50.
- Toprak D., 2006, Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Çevre Politikaları ve Mali Araçlar, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Cilt:2 Sayı 4, Güz.
- TS EN ISO 14042 Türk Standardı, 2003. Çevre Yönetimi, Hayat Boyu Değerlendirme, Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi, Ankara.
- TS EN ISO 14043 Türk Standardı, 2003. Çevre Yönetimi, Hayat Boyu Değerlendirme, Hayat Boyu Yorumu Ankara.
- TSE EN ISO 14041 Türk Standardı, 2003. Çevre Yönetimi, Hayat Boyu Değerlendirme, Amaç ve Kapsam Tanımı ile Envanter Analizi, Ankara.
- URL-1:<http://www.elektrikce.com/metallerin-iletkenlik-ve-diger-ozellikleri/> (Ziyaret Tarihi 23 Şubat 2014)
- URL2:<http://www.are.admin.ch/themen/nachhaltig/00266/00540/index.html?lang=en> (Ziyaret Tarihi, 5 Haziran 2014)
- URL-3:<http://hydra.com.tr/uploads/kutup9.pdf> (Ziyaret Tarihi: 5 Haziran 2014)



## EKLER

### EK-A: Bakır Borunun LCA Veri Tabanı (SimaPro 8.0.1)

Network   Tree   Impact assessment   Inventory   Process contribution   Setup   Checks (448.1)   Product overview							
Compartment		Indicator	Cut-off				
All compartments		Amount	0%		<input type="checkbox"/> Default units <input type="checkbox"/> Exclude long-term <input type="checkbox"/> Per impact category		
<input type="checkbox"/> Per sub-compartment <input type="checkbox"/> Skip unused		Category	<input type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Group				
No	Substance	Compartment	Unit	Total	assembly-boru	Disposal_assembly boru	
1	1-Butanol	Air	ng	161	161	0,433	
2	1-Butanol	Water	mg	2,66	2,65	0,00934	
3	1-Pentanol	Air	µg	22,1	22,1	0,00168	
4	1-Pentanol	Water	µg	53,1	53,1	0,00403	
5	1-Pentene	Air	µg	16,7	16,7	0,00127	
6	1-Pentene	Water	µg	40,1	40,1	0,00304	
7	1-Propanol	Air	µg	195	195	0,245	
8	1-Propanol	Water	µg	71,6	71,6	0,00735	
9	1,4-Butanediol	Air	µg	9,21	9,18	0,0315	
10	1,4-Butanediol	Water	µg	3,69	3,67	0,0126	
11	2-Aminopropanol	Air	ng	191	190	0,171	
12	2-Aminopropanol	Water	ng	461	461	0,429	
13	2-Butene, 2-methyl-	Air	ng	3,71	3,71	0,000281	
14	2-Methyl-1-propanol	Air	µg	38,2	38,2	0,00318	
15	2-Methyl-1-propanol	Water	µg	91,7	91,7	0,00763	
16	2-Methyl-2-butene	Water	ng	8,9	8,9	0,000675	
17	2-Nitrobenzoic acid	Air	ng	72,7	72,4	0,29	
18	2-Propanol	Air	mg	157	157	0,55	
19	2-Propanol	Water	µg	11,2	11,2	0,00187	
20	2,4-D	Soil	mg	1,13	1,13	0,00195	
21	4-Methyl-2-pentanone	Water	ng	733	731	1,9	
22	Acenaphthene	Air	µg	14,9	14,9	0,00776	
23	Acenaphthene	Water	µg	152	150	2,06	
24	Acenaphthylene	Water	µg	9,5	9,38	0,129	
25	Acetaldehyde	Air	g	2,17	2,08	0,0871	
26	Acetaldehyde	Water	mg	5,44	5,42	0,0176	
27	Acetic acid	Air	g	25,9	25,9	0,0111	
28	Acetic acid	Water	mg	900	899	0,446	
29	Acetone	Air	g	2,1	2,1	0,00187	
30	Acetone	Water	µg	102	102	0,144	
31	Acetonitrile	Air	mg	3,37	3,36	0,0058	
32	Acetonitrile	Water	ng	436	435	1,37	
33	Acetyl chloride	Water	µg	41,7	41,7	0,00316	
34	Acidity, unspecified	Water	mg	350	349	0,866	
35	Adonifen	Soil	µg	574	571	2,49	
36	Acrolein	Air	µg	872	834	38	
37	Acrylate, ion	Water	µg	963	960	3,37	
38	Acrylic acid	Air	µg	407	405	1,42	
39	Actinides, radioactive, unspecified	Air	mBq	388	384	4,13	
40	Actinides, radioactive, unspecified	Water	Bq	61,1	60,7	0,405	
41	Aerosols, radioactive, unspecified	Air	Bq	9,14	9,09	0,0425	
42	Aldehydes, unspecified	Air	mg	170	170	0,239	
43	Aldrin	Soil	µg	10,5	10,4	0,0367	
44	Aluminium	Air	kg	24,9	24,9	0,000586	
45	Aluminium	Water	kg	405	390	14,9	
46	Aluminium	Soil	g	16,7	16,5	0,122	
47	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Raw	kg	21,1	21,1	0,00699	
48	Ammonia	Air	kg	10	10	0,00201	
49	Ammonium carbonate	Air	mg	8,76	8,74	0,0194	
50	Ammonium, ion	Water	kg	1,72	0,045	1,67	
51	Anhydrite, in ground	Raw	mg	171	169	1,33	
52	Aniline	Air	µg	79,4	79,4	0,0101	
53	Aniline	Water	µg	191	191	0,0243	
54	Anthranic acid	Air	ng	53,3	53,1	0,211	

55	Antimony	Air	g	136	136	0,000349
56	Antimony	Water	kg	1,51	1,51	0,00287
57	Antimony	Soil	µg	11,3	11	0,228
58	Antimony-122	Water	mBq	24,3	22	2,36
59	Antimony-124	Air	µBq	60,3	54,5	5,87
60	Antimony-124	Water	Bq	10,3	10,1	0,149
61	Antimony-125	Air	µBq	630	569	61,2
62	Antimony-125	Water	Bq	9,59	9,45	0,143
63	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Water	mg	584	583	0,307
64	Argon-41	Air	Bq	4,57E3	4,56E3	10,1
65	Arsenic	Air	kg	1,09	1,09	3,39E-6
66	Arsenic	Soil	mg	6,44	6,39	0,0489
67	Arsenic, ion	Water	kg	4,71	4,7	0,000783
68	Arsine	Air	ng	4,74	4,73	0,0166
69	Atrazine	Soil	µg	2,75	2,74	0,00962
70	Barite	Water	g	203	203	0,708
71	Barite, 15% in crude ore, in ground	Raw	kg	2,79	2,77	0,0201
72	Barium	Air	mg	727	710	17
73	Barium	Water	kg	1,48	1,3	0,178
74	Barium	Soil	g	7,39	7,33	0,0596
75	Barium-140	Air	mBq	41	37	3,98
76	Barium-140	Water	mBq	107	96,2	10,4
77	Basalt, in ground	Raw	kg	1,79	1,78	0,00222
78	Benomyl	Soil	µg	7,2	7,18	0,0124
79	Bentazone	Soil	µg	293	291	1,27
80	Benzal chloride	Air	pg	123	123	0,32
81	Benzaldehyde	Air	µg	349	329	19,4
82	Benzene	Air	g	21,9	21,9	0,0642
83	Benzene	Water	g	12,2	12,2	0,0264
84	Benzene, 1-methyl-2-nitro-	Air	ng	62,8	62,5	0,25
85	Benzene, 1,2-dichloro-	Air	µg	38,3	38,3	0,00783
86	Benzene, 1,2-dichloro-	Water	mg	1,41	1,4	0,00407
87	Benzene, chloro-	Water	mg	27,2	27,1	0,0837
88	Benzene, ethyl-	Air	mg	556	547	8,93
89	Benzene, ethyl-	Water	mg	586	578	7,94
90	Benzene, hexachloro-	Air	mg	1,39	1,38	0,00627
91	Benzene, pentachloro-	Air	µg	134	127	7,13
92	Benzo(a)pyrene	Air	mg	75,7	75,6	0,107
93	Beryllium	Air	mg	165	165	0,0235
94	Beryllium	Water	g	616	616	0,00505
95	BOD5, Biological Oxygen Demand	Water	kg	32,7	10	22,6
96	Borate	Water	mg	4,04	4,04	0,000322
97	Borax, in ground	Raw	mg	67,6	67,4	0,233
98	Boron	Air	g	38,6	38,1	0,533
99	Boron	Water	kg	131	131	0,00824
100	Boron	Soil	g	1,32	1,32	0,00395
101	Boron trifluoride	Air	pg	64,9	64,7	0,227
102	Bromate	Water	g	3,45	3,44	0,00955
103	Bromide	Water	mg	209	209	0,019
104	Bromine	Air	g	2,37	2,34	0,0309
105	Bromine	Water	g	105	89	16,4
106	Bromine, 0.0023% in water	Raw	mg	248	248	0,0219
107	Butadiene	Air	µg	19,1	19,1	0,0188

108	Butane	Air	g	52,3	51,9	0,4
109	Butene	Air	mg	522	513	8,88
110	Butene	Water	mg	1,42	1,41	0,00261
111	Butyl acetate	Water	mg	3,46	3,45	0,0121
112	Butyrolactone	Air	µg	2,46	2,45	0,00866
113	Butyrolactone	Water	µg	5,89	5,87	0,0208
114	Cadmium	Air	g	381	381	0,00195
115	Cadmium	Soil	mg	1,24	1,23	0,0101
116	Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	Raw	mg	294	285	9,32
117	Cadmium, ion	Water	kg	3,03	3,02	0,014
118	Calcite, in ground	Raw	kg	622	621	0,81
119	Calcium	Air	g	12,1	11,9	0,214
120	Calcium	Soil	g	76,8	76,2	0,514
121	Calcium, ion	Water	kg	5,19E3	5,17E3	17,1
122	Carbetamide	Soil	µg	705	705	0,493
123	Carbofuran	Soil	mg	3,95	3,94	0,0068
124	Carbon	Soil	g	55,2	54,9	0,365
125	Carbon-14	Air	Bq	3,75E4	3,71E4	361
126	Carbon dioxide, biogenic	Air	kg	290	122	168
127	Carbon dioxide, fossil	Air	kg	5,33E3	5,31E3	23
128	Carbon dioxide, in air	Raw	kg	142	142	0,171
129	Carbon dioxide, land transformation	Air	g	146	146	0,252
130	Carbon disulfide	Air	kg	13,3	13,3	4,06E-5
131	Carbon disulfide	Water	mg	2,57	2,57	0,000184
132	Carbon monoxide, biogenic	Air	g	46,2	33,1	13
133	Carbon monoxide, fossil	Air	kg	19,6	19,6	0,045
134	Carbon, in organic matter, in soil	Raw	g	4,98	4,97	0,00859
135	Carbonate	Water	g	3,11	3,09	0,0189
136	Carboxylic acids, unspecified	Water	g	107	105	1,34
137	Cerium-141	Air	mBq	9,93	8,97	0,965
138	Cerium-141	Water	mBq	42,6	38,5	4,14
139	Cerium-144	Water	mBq	13	11,7	1,26
140	Cesium	Water	mg	24,4	24,1	0,331
141	Cesium-134	Air	µBq	476	429	46,2
142	Cesium-134	Water	Bq	8,7	8,64	0,0539
143	Cesium-136	Water	mBq	7,56	6,83	0,735
144	Cesium-137	Air	mBq	8,43	7,61	0,819
145	Cesium-137	Water	Bq	7,04E3	6,99E3	47,7
146	Chloramine	Air	µg	77,8	77,8	0,00623
147	Chloramine	Water	µg	694	694	0,0557
148	Chlorate	Water	g	32,8	32,7	0,0737
149	Chloride	Water	kg	38	29,5	8,48
150	Chloride	Soil	g	135	127	8
151	Chlorinated solvents, unspecified	Water	mg	19,3	19,2	0,0366
152	Chlorine	Air	g	6,47	6,46	0,00911
153	Chlorine	Water	mg	134	132	1,6
154	Chloroacetic acid	Air	µg	74	73,5	0,42
155	Chloroacetic acid	Water	mg	11,9	11,8	0,0287
156	Chloroacetyl chloride	Water	ng	616	615	0,572
157	Chloroform	Air	µg	923	915	8,23
158	Chloroform	Water	µg	75,8	75,7	0,19
159	Chlorosilane, trimethyl-	Air	µg	889	888	1,12
160	Chlorosulfonic acid	Air	ng	636	634	2
161	Chlorosulfonic acid	Water	µg	1,59	1,58	0,00499
162	Chlorothalonil	Soil	mg	593	593	0,0425
163	Chromium	Air	g	113	113	0,0238
164	Chromium	Soil	mg	88,4	87,7	0,661
165	Chromium-51	Air	µBq	636	574	61,9
166	Chromium-51	Water	Bq	12,5	11,8	0,771
167	Chromium VI	Air	g	2,66	2,66	0,000681
168	Chromium VI	Water	g	999	997	2,03
169	Chromium VI	Soil	g	6,64	6,63	0,0156
170	Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Raw	kg	30,7	30,7	0,0068
171	Chromium, ion	Water	mg	469	467	2,06
172	Chrysotile, in ground	Raw	mg	653	653	0,284
173	Cinnabar, in ground	Raw	mg	61,1	60,9	0,237
174	Clay, bentonite, in ground	Raw	kg	1,58	1,57	0,00646
175	Clay, unspecified, in ground	Raw	kg	297	296	0,292
176	Coal, brown, in ground	Raw	kg	1,28E3	1,28E3	0,852
177	Coal, hard, unspecified, in ground	Raw	kg	630	629	0,862
178	Cobalt	Air	g	3,26	3,26	0,000768
179	Cobalt	Water	kg	8,18	8,18	0,0017
180	Cobalt	Soil	mg	1,37	1,37	0,00247
181	Cobalt-57	Water	mBq	240	217	23,3
182	Cobalt-58	Air	µBq	886	800	86,1
183	Cobalt-58	Water	Bq	87,7	84,3	3,36
184	Cobalt-60	Air	mBq	7,83	7,07	0,761
185	Cobalt-60	Water	Bq	69,4	66,4	2,99
186	Cobalt, in ground	Raw	mg	2,16	2,08	0,0835
187	COD, Chemical Oxygen Demand	Water	kg	112	17,1	94,8

188	Colemanite, in ground	Raw	g	12,5	11,8	0,632
189	Copper	Air	kg	3	3	1,53E-5
190	Copper	Soil	g	4,22	4,21	0,0103
191	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,51E3	1,51E3	0,000435
192	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	2,98	2,98	0,00241
193	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	g	790	789	0,639
194	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Raw	kg	3,92	3,91	0,00318
195	Copper, ion	Water	kg	25	23,6	1,45
196	Cumene	Air	g	4,46	4,45	0,00235
197	Cumene	Water	g	10,7	10,7	0,00564
198	Cyanide	Air	g	6,84	6,79	0,0482
199	Cyanide	Water	g	527	527	0,00334
200	Cyanoacetic acid	Air	ng	521	519	1,64
201	Cypermethrin	Soil	µg	590	589	0,972
202	Diatomite, in ground	Raw	µg	81,3	77,6	3,69
203	Dichromate	Water	mg	173	173	0,422
204	Diethylamine	Air	µg	35,4	35,4	0,00457
205	Diethylamine	Water	µg	84,9	84,9	0,011
206	Dimethyl malonate	Air	ng	653	651	2,06
207	Dimethylamine	Water	µg	38,4	38,3	0,0173
208	Dinitrogen monoxide	Air	g	769	764	5,08
209	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	Air	µg	4,42	4,4	0,0264
210	Dipropylamine	Air	µg	22,5	22,5	0,00282
211	Dipropylamine	Water	µg	54	54	0,00676
212	DOC, Dissolved Organic Carbon	Water	kg	92,1	6,25	85,9
213	Dolomite, in ground	Raw	g	555	554	1,06
214	Energy, gross calorific value, in biomass	Raw	MJ	1,51E3	1,5E3	1,58
215	Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Raw	kJ	345	345	0,595
216	Energy, kinetic (in wind), converted	Raw	MJ	330	329	0,349
217	Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Raw	MJ	1,58E4	1,58E4	19,4
218	Energy, solar, converted	Raw	MJ	2,95	2,93	0,0183
219	Ethane	Air	g	172	172	0,194
220	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Air	mg	1,09	1,08	0,00642
221	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Air	µg	3,75	3,71	0,0399
222	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Air	mg	79,6	69,8	9,79
223	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Air	µg	19,3	19,2	0,0676
224	Ethane, 1,2-dichloro-	Air	mg	481	480	0,708
225	Ethane, 1,2-dichloro-	Water	mg	75,5	75,5	0,022
226	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Air	mg	15,4	15,3	0,177
227	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Air	mg	448	448	0,11
228	Ethanol	Air	g	3,58	3,58	0,00168
229	Ethanol	Water	mg	6,64	6,62	0,0219
230	Ethene	Air	g	12,4	12,4	0,0285
231	Ethene	Water	g	4,19	4,19	0,0017
232	Ethene, chloro-	Air	mg	199	198	0,452
233	Ethene, chloro-	Water	mg	2,3	2,29	0,00595
234	Ethene, tetrachloro-	Air	µg	9,04	8,95	0,0913
235	Ethyl acetate	Air	mg	733	730	2,57
236	Ethyl acetate	Water	µg	90,5	90,5	0,0129
237	Ethyl cellulose	Air	mg	1,48	1,47	0,00517
238	Ethylamine	Air	µg	25,8	25,8	0,00223
239	Ethylamine	Water	µg	62	62	0,00535
240	Ethylene diamine	Air	µg	541	541	0,0531
241	Ethylene diamine	Water	mg	1,3	1,3	0,000128
242	Ethylene oxide	Air	mg	53,6	53,5	0,0242
243	Ethylene oxide	Water	µg	568	566	1,75
244	Ethyne	Air	g	1,15	1,15	0,000568
245	Feldspar, in ground	Raw	mg	3,05	3,04	0,00929
246	Fenpiclonil	Soil	mg	23,4	23,4	0,00176
247	Fluoride	Water	kg	241	241	0,0622
248	Fluoride	Soil	g	5,24	5,22	0,0165
249	Fluorine	Air	g	59,5	59,5	0,00976
250	Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	Raw	g	386	386	0,0163
251	Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	Raw	g	169	169	0,00739
252	Fluorspar, 92%, in ground	Raw	kg	11,1	11,1	0,000665
253	Fluosilicic acid	Air	mg	523	522	0,123
254	Fluosilicic acid	Water	mg	941	940	0,221
255	Formaldehyde	Air	g	12,8	12,6	0,164
256	Formaldehyde	Water	mg	562	562	0,316
257	Formamide	Air	µg	40,5	40,5	0,00307
258	Formamide	Water	µg	97,1	97,1	0,00736
259	Formate	Water	µg	824	824	0,434
260	Formic acid	Air	mg	23,4	23,4	0,042
261	Formic acid	Water	µg	28,2	28,2	0,00214
262	Furan	Air	mg	6,39	6,38	0,011
263	Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Raw	µg	8,36	8,31	0,0496
264	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Raw	m3	6,15	6,14	0,00819
265	Gas, natural, in ground	Raw	m3	841	839	1,19
266	Glutaraldehyde	Water	mg	25,1	25	0,0873
267	Glyphosate	Soil	mg	29	28,7	0,262
268	Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore, in ground	Raw	mg	1,45	1,44	0,00507

270	Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	3,18	3,17	0,0111
271	Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	4,85	4,84	0,017
272	Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	1,2	1,2	0,00421
273	Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Raw	mg	2,88	2,87	0,0101
274	Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	4,46	4,44	0,0156
275	Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	5,03	5,01	0,0176
276	Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Raw	µg	301	300	1,05
277	Granite, in ground	Raw	µg	63,6	63,6	0,017
278	Gravel, in ground	Raw	kg	2,17E3	1,96E3	210
279	Gypsum, in ground	Raw	mg	390	389	1,39
280	Heat, waste	Air	GJ	85,3	84	1,25
281	Heat, waste	Water	GJ	17,3	3,9	13,4
282	Heat, waste	Soil	MJ	1,28E3	152	1,13E3
283	Helium	Air	g	1,14	1,1	0,0437
284	Heptane	Air	g	5,21	5,12	0,0888
285	Hexane	Air	g	26,4	26,2	0,199
286	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Air	mg	60,6	60,5	0,0321
287	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Air	g	34,2	34,1	0,07
288	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Water	g	3,18	3,13	0,043
289	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Air	g	6,77	6,76	0,00699
290	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Water	mg	293	289	3,97
291	Hydrocarbons, aromatic	Air	g	11,3	11,3	0,0486
292	Hydrocarbons, aromatic	Water	g	13,2	13	0,176
293	Hydrocarbons, chlorinated	Air	mg	203	202	0,204
294	Hydrocarbons, unspecified	Water	g	6,38	6,36	0,0218
295	Hydrogen	Air	g	296	296	0,0565
296	Hydrogen-3, Tritium	Air	kBq	215	214	1,29
297	Hydrogen-3, Tritium	Water	kBq	1,61E4	1,6E4	108
298	Hydrogen chloride	Air	g	323	301	21,7
299	Hydrogen fluoride	Air	g	60,5	53,5	7,02
300	Hydrogen peroxide	Air	mg	1,1	1,09	0,00384
301	Hydrogen peroxide	Water	mg	40,7	40,7	0,0427
302	Hydrogen sulfide	Air	g	23,1	23,1	0,0237
303	Hydrogen sulfide	Water	g	91,6	1,67	90
304	Hydroxide	Water	mg	31,4	31,2	0,112
305	Hypochlorite	Water	g	1,57	1,57	0,00175
306	Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	Raw	mg	5,32	5,16	0,158
307	Iodide	Water	g	2,68	2,63	0,0476
308	Iodine	Air	g	1,34	1,34	0,00144
309	Iodine-129	Air	Bq	37,6	37,4	0,249
310	Iodine-131	Air	Bq	1,81E3	1,8E3	3,26
311	Iodine-131	Water	Bq	1,9	1,86	0,037
312	Iodine-133	Air	mBq	94	88,7	5,27
313	Iodine-133	Water	mBq	66,9	60,4	6,5
314	Iodine-135	Air	mBq	97,6	96,5	1,1
315	Iodine, 0.03% in water	Raw	mg	54	54	0,00517
316	Iron	Air	g	32,1	31,9	0,188
317	Iron	Soil	g	77,3	76,9	0,38
318	Iron-59	Water	mBq	18,4	16,6	1,79
319	Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	Raw	kg	109	109	0,378
320	Iron, ion	Water	kg	1,11E3	1,11E3	2,59
321	Isocyanic acid	Air	mg	28,9	28,8	0,0779
322	Isoprene	Air	µg	297	296	0,511
323	Isopropylamine	Air	µg	2,02	2,02	0,000338
324	Isopropylamine	Water	µg	4,84	4,84	0,00081
325	Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,28	1,28	7,31E-5
326	Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Raw	g	3,09	3,09	0,00146
327	Krypton-85	Air	Bq	1,43E4	1,43E4	34,5
328	Krypton-85m	Air	Bq	819	761	57,7
329	Krypton-87	Air	Bq	305	292	13
330	Krypton-88	Air	Bq	309	292	17,1
331	Krypton-89	Air	Bq	85,1	77,9	7,19
332	Lactic acid	Air	µg	17,6	17,6	0,00221
333	Lactic acid	Water	µg	42,3	42,3	0,0053
334	Lanthanum-140	Air	mBq	3,5	3,16	0,34
335	Lanthanum-140	Water	mBq	114	102	11
336	Lead	Air	kg	2,72	2,72	9,65E-6
337	Lead	Water	kg	2,92	2,32	0,602
338	Lead	Soil	mg	12,5	12,2	0,326
339	Lead-210	Air	Bq	453	453	0,636
340	Lead-210	Water	Bq	4,53E3	4,52E3	0,339
341	Lead, 5.0% in sulfide, Pb 3.0%, Zn, Ag, Cd, In, in ground	Raw	g	126	125	0,863
342	Linuron	Soil	mg	4,42	4,4	0,0192
343	Lithium, 0.15% in brine, in ground	Raw	mg	1,17	1,17	8,88E-5
344	Lithium, ion	Water	mg	190	189	0,487
345	m-Xylene	Air	mg	54,5	54,4	0,115
346	m-Xylene	Water	µg	110	110	0,0216
347	Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,99	1,98	0,00521
348	Magnesium	Air	g	10,5	10,3	0,208
349	Magnesium	Water	kg	3,15E3	3,15E3	4,09
350	Magnesium	Soil	g	13,8	13,7	0,0996

351	Magnesium, 0.13% in water	Raw	mg	39,2	39,1	0,109
352	Mancozeb	Soil	mg	770	770	0,0551
353	Manganese	Air	g	386	386	0,00674
354	Manganese	Water	kg	355	355	0,306
355	Manganese	Soil	g	1,66	1,65	0,00729
356	Manganese-54	Air	µBq	326	294	31,7
357	Manganese-54	Water	Bq	5,41	5,21	0,203
358	Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	Raw	g	379	378	0,868
359	Mercury	Air	g	2,44	2,44	0,00212
360	Mercury	Water	g	9,67	7,94	1,73
361	Mercury	Soil	µg	227	227	0,0751
362	Metalddehyde	Soil	µg	285	284	0,104
363	Metamorphous rock, graphite containing, in ground	Raw	g	27,6	27,6	0,00726
364	Methane, biogenic	Air	kg	24,9	0,142	24,7
365	Methane, bromo-, Halon 1001	Air	pg	28,2	28,2	0,0732
366	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Air	mg	41	41	0,021
367	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Air	mg	14	13,7	0,304
368	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Air	mg	151	151	0,0908
369	Methane, dichloro-, HCC-30	Air	µg	288	287	1,09
370	Methane, dichloro-, HCC-30	Water	mg	374	371	3,02
371	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Air	µg	236	236	0,288
372	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Air	ng	141	141	0,534
373	Methane, fossil	Air	kg	10,3	9,18	1,17
374	Methane, monochloro-, R-40	Air	µg	111	110	1,12
375	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Air	mg	23,2	23,1	0,153
376	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Air	g	4,02	4,02	0,000946
377	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Air	ng	229	228	0,867
378	Methane, trifluoro-, HFC-23	Air	µg	44,9	44,7	0,17
379	Methanesulfonic acid	Air	ng	526	524	1,66
380	Methanol	Air	g	16,8	16,8	0,00635
381	Methanol	Water	mg	729	728	0,405
382	Methyl acetate	Air	ng	16,8	16,8	0,0671
383	Methyl acetate	Water	ng	40,4	40,2	0,161
384	Methyl acrylate	Air	µg	462	460	1,62
385	Methyl acrylate	Water	mg	9,02	8,99	0,0316
386	Methyl amine	Air	µg	1,39	1,39	0,00425
387	Methyl amine	Water	µg	3,34	3,33	0,0102
388	Methyl borate	Air	µg	8,2	8,2	0,000634
389	Methyl ethyl ketone	Air	mg	733	730	2,57
390	Methyl formate	Air	µg	12,5	12,5	0,00708
391	Methyl formate	Water	µg	4,99	4,98	0,00283
392	Methyl lactate	Air	µg	19,3	19,3	0,00242
393	Metolachlor	Soil	mg	32	31,8	0,139
394	Metribuzin	Soil	mg	27,1	27,1	0,00194
395	Molybdenum	Air	mg	302	302	0,478
396	Molybdenum	Water	kg	2,98	2,97	0,000991
397	Molybdenum	Soil	µg	447	446	0,587
398	Molybdenum-99	Water	mBq	39,1	35,3	3,8
399	Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	Raw	g	72,8	72,8	0,059
400	Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	Raw	g	10,4	10,4	0,0084
401	Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Raw	kg	18,9	18,9	9,47E-6
402	Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	Raw	g	38	38	0,0308
403	Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E-2% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Raw	g	8,39	8,37	0,0191
404	Monoethanolamine	Air	mg	58,6	58,5	0,124
404	Monoethanolamine	Air	mg	58,6	58,5	0,124
405	Napropamide	Soil	µg	503	503	0,183
406	Nickel	Air	kg	2,14	2,14	8,62E-6
407	Nickel	Soil	mg	8,75	8,64	0,111
408	Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore, in ground	Raw	g	20,9	20,9	0,00536
409	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground	Raw	kg	70,5	70,5	0,018
410	Nickel, ion	Water	kg	5,22	5,09	0,129
411	Niobium-95	Air	µBq	38,7	34,9	3,76
412	Niobium-95	Water	mBq	860	845	14,7
413	Nitrate	Air	g	1,32	1,32	0,0018
414	Nitrate	Water	kg	49,9	46,5	3,42
415	Nitrite	Water	g	61,3	0,85	60,5
416	Nitrobenzene	Air	µg	106	106	0,0137
417	Nitrobenzene	Water	µg	425	425	0,055
418	Nitrogen	Water	g	62,2	37,3	24,9
419	Nitrogen oxides	Air	kg	64,7	64,6	0,141
420	Nitrogen, organic bound	Water	kg	4,27	3,03	1,24
421	NM VOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Air	kg	11,4	11,3	0,0282
422	Noble gases, radioactive, unspecified	Air	kBq	3,62E5	3,59E5	2,39E3
423	o-Xylene	Water	µg	3,86	3,85	0,00999
424	Occupation, arable, non-irrigated	Raw	m2a	2,12	2,12	0,000768
425	Occupation, construction site	Raw	m2a	2,64	2,34	0,302
426	Occupation, dump site	Raw	m2a	508	506	1,81
427	Occupation, dump site, benthos	Raw	m2a	0,326	0,325	0,00114
428	Occupation, forest, intensive	Raw	m2a	32,8	32,8	0,00735
429	Occupation, forest, intensive, normal	Raw	m2a	238	237	0,104
430	Occupation, forest, intensive, short-cycle	Raw	cm2a	867	865	1,49

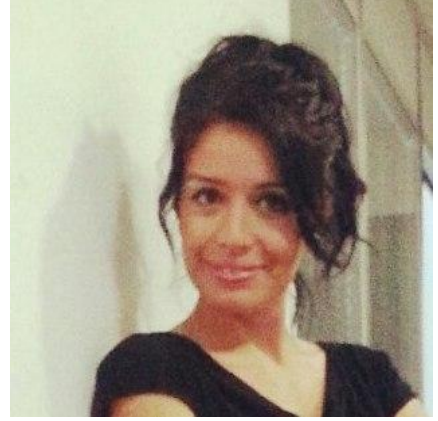
431	Occupation, industrial area	Raw	m2a	26,8	26,8	0,0135
432	Occupation, industrial area, benthos	Raw	cm2a	29,4	29,3	0,114
433	Occupation, industrial area, built up	Raw	m2a	30,8	30,8	0,0112
434	Occupation, industrial area, vegetation	Raw	m2a	8,07	8,05	0,0273
435	Occupation, mineral extraction site	Raw	m2a	12,4	12,3	0,0621
436	Occupation, permanent crop, fruit, intensive	Raw	cm2a	720	718	2,16
437	Occupation, shrub land, sclerophyllous	Raw	m2a	0,981	0,68	0,301
438	Occupation, traffic area, rail embankment	Raw	m2a	0,286	0,285	0,00101
439	Occupation, traffic area, rail network	Raw	m2a	0,316	0,315	0,00112
440	Occupation, traffic area, road embankment	Raw	m2a	2,97	2,96	0,0078
441	Occupation, traffic area, road network	Raw	m2a	8,01	5,74	2,27
442	Occupation, urban, discontinuously built	Raw	cm2a	48	48	0,0123
443	Occupation, water bodies, artificial	Raw	m2a	10	10	0,0265
444	Occupation, water courses, artificial	Raw	m2a	17,5	17,5	0,0143
445	Oil, crude, in ground	Raw	kg	414	407	6,73
446	Oils, biogenic	Soil	g	3,53	3,53	0,00185
447	Oils, unspecified	Water	kg	1,64	1,62	0,0138
448	Oils, unspecified	Soil	kg	1,7	1,68	0,013
449	Olivine, in ground	Raw	mg	62,9	62,2	0,648
450	Orbencarb	Soil	mg	146	146	0,0105
451	Ozone	Air	g	28,1	28,1	0,0742
452	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Air	g	2,04	2,04	0,00624
453	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Water	mg	162	160	1,83
454	Particulates, < 2.5 um	Air	kg	34,5	34,5	0,013
455	Particulates, > 10 um	Air	kg	6,21	6,2	0,00528
456	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Air	kg	28,9	28,9	0,00277
457	Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Raw	µg	746	741	5,1
458	Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Raw	mg	1,79	1,78	0,0123
459	Peat, in ground	Raw	g	99,7	99	0,757
460	Pentane	Air	g	67,7	67,1	0,51
461	Phenol	Air	mg	462	461	0,847
462	Phenol	Water	g	2,58	2,55	0,031
463	Phenol, 2,4-dichloro-	Air	ng	396	395	0,844
464	Phenol, pentachloro-	Air	mg	9,79	9,77	0,0176
465	Phosphate	Water	kg	647	647	0,0503
466	Phosphine	Air	ng	352	350	1,23
467	Phosphorus	Air	mg	329	318	11
468	Phosphorus	Water	g	2,42	2,42	0,00261
469	Phosphorus	Soil	g	1,25	1,25	0,00719
470	Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground	Raw	g	682	682	0,0312
471	Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore, in ground	Raw	kg	1,54	1,54	6,51E-5
472	Pinimcarb	Soil	µg	27,7	27,6	0,12
473	Platinum	Air	ng	523	519	4,21
474	Plutonium-238	Air	µBq	5,14	5,1	0,034
475	Plutonium-alpha	Air	µBq	11,8	11,7	0,0779
476	Polonium-210	Air	Bq	808	807	1,05
477	Polonium-210	Water	Bq	6,83E3	6,83E3	0,438
478	Polychlorinated biphenyls	Air	mg	2,12	2,11	0,00595
479	Potassium	Air	g	16,6	16,4	0,179
480	Potassium	Soil	g	8,04	7,99	0,0486
481	Potassium-40	Air	Bq	108	107	0,0837
482	Potassium-40	Water	Bq	703	703	0,213
483	Potassium, ion	Water	kg	1,77E3	1,77E3	2,49
484	Propanal	Air	µg	501	481	19,5
485	Propanal	Water	µg	76,9	76,9	0,00583
486	Propane	Air	g	80,3	79,9	0,412
487	Propene	Air	g	4,36	4,34	0,0206
488	Propene	Water	g	4,1	4,1	0,003
489	Propionic acid	Air	mg	445	444	0,222
490	Propionic acid	Water	µg	1,98	1,97	0,00301
491	Propylamine	Air	µg	12,8	12,8	0,000972
492	Propylamine	Water	µg	30,8	30,8	0,00233
493	Propylene oxide	Air	mg	9,3	8,82	0,478
494	Propylene oxide	Water	mg	22,4	21,2	1,15
495	Protactinium-234	Air	Bq	5,15	5,11	0,046
496	Protactinium-234	Water	Bq	95	94,2	0,847
497	Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Raw	µg	37,5	37,2	0,233
498	Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Raw	µg	134	133	0,837
499	Radioactive species, alpha emitters	Water	Bq	13,1	13,1	0,000746
500	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Water	Bq	3,67E4	3,64E4	243
501	Radioactive species, other beta emitters	Air	Bq	131	125	5,92
502	Radium-224	Water	Bq	1,22E3	1,21E3	16,5
503	Radium-226	Air	Bq	302	301	1,63
504	Radium-226	Water	Bq	6,61E4	6,55E4	553
505	Radium-228	Air	Bq	170	170	0,0677
506	Radium-228	Water	Bq	2,44E3	2,41E3	33,1
507	Radon-220	Air	Bq	3,71E3	3,71E3	3,45
508	Radon-222	Air	kBq	6,81E5	6,75E5	6,07E3
509	Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Raw	µg	13,7	13,6	0,109
510	Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Raw	µg	42,8	42,4	0,341

511	Rhenium, in crude ore, in ground	Raw	µg	13,5	13,3	0,186
512	Rubidium	Water	mg	244	241	3,31
513	Ruthenium-103	Air	µBq	8,5	7,67	0,826
514	Ruthenium-103	Water	mBq	8,26	7,46	0,803
515	Sand, unspecified, in ground	Raw	g	40,1	40	0,0407
516	Scandium	Air	mg	65,2	64,7	0,557
517	Scandium	Water	kg	1,08	1,08	1,21E-5
518	Selenium	Air	g	109	109	0,000564
519	Selenium	Water	kg	2,26	2,26	0,000128
520	Shale, in ground	Raw	mg	483	479	3,77
521	Silicon	Air	g	41,9	41,3	0,658
522	Silicon	Water	kg	655	654	1,22
523	Silicon	Soil	g	7,4	7,38	0,0231
524	Silicon tetrafluoride	Air	mg	11,7	11,7	0,00049
525	Silver	Air	mg	2,78	2,76	0,0242
526	Silver-110	Air	µBq	84,2	76	8,19
527	Silver-110	Water	Bq	64,3	61,4	2,91
528	Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In, in ground	Raw	mg	32,8	32,7	0,117
529	Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore, in ground	Raw	mg	23,4	23,3	0,0836
530	Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	2,16	2,15	0,00772
531	Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	4,94	4,92	0,0176
532	Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore, in ground	Raw	mg	4,84	4,82	0,0173
533	Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Raw	mg	3,19	3,18	0,0114
534	Silver, ion	Water	g	167	167	0,858
535	Sodium	Air	g	10,4	10,1	0,333
536	Sodium	Soil	g	30,1	29,8	0,264
537	Sodium-24	Water	mBq	296	267	28,8
538	Sodium chlorate	Air	mg	128	128	0,0093
539	Sodium chloride, in ground	Raw	kg	39,6	39,5	0,0825
540	Sodium dichromate	Air	mg	46,7	46,6	0,114
541	Sodium formate	Air	mg	6,67	6,67	0,000287
542	Sodium formate	Water	mg	16	16	0,000691
543	Sodium hydroxide	Air	mg	4,08	4,07	0,0143
544	Sodium nitrate, in ground	Raw	µg	14,8	14,7	0,177
545	Sodium sulphate, various forms, in ground	Raw	kg	3,23	3,23	0,000125
546	Sodium, ion	Water	kg	649	643	6,3
547	Solids, inorganic	Water	kg	5,25	5,25	0,00327
548	Solved solids	Water	g	966	966	0,414
549	Stibnite, in ground	Raw	µg	8,45	8,07	0,384
550	Strontium	Air	mg	797	796	1,01
551	Strontium	Water	kg	48,3	48,3	0,00153
552	Strontium	Soil	mg	149	147	1,2
553	Strontium-89	Water	Bq	1,23	1,17	0,065
554	Strontium-90	Water	Bq	5E4	4,99E4	89,9
555	Styrene	Air	mg	31,2	31,2	0,0462
556	Sulfate	Air	g	253	252	0,249
557	Sulfate	Water	kg	1,91E4	1,91E4	4,05
558	Sulfide	Water	mg	156	156	0,59
559	Sulfite	Water	g	4,28	4,28	0,00472
560	Sulfur	Water	g	4,74	4,7	0,0354
561	Sulfur	Soil	g	10,2	10,1	0,0731
562	Sulfur dioxide	Air	kg	515	515	0,0591
563	Sulfur hexafluoride	Air	mg	480	479	0,717
564	Sulfur trioxide	Air	µg	854	853	0,112
565	Sulfur, in ground	Raw	g	66,4	66,4	0,0364
566	Sulfuric acid	Air	µg	857	854	3,01
567	Sulfuric acid	Soil	ng	528	526	1,85
568	Suspended solids, unspecified	Water	kg	1,03	1,03	0,0033
569	Sylvite, 25 % in sylvinit, in ground	Raw	g	35,6	35,5	0,0187
570	t-Butyl methyl ether	Air	mg	5,44	5,43	0,0146
571	t-Butyl methyl ether	Water	mg	52,5	52,1	0,392
572	t-Butylamine	Air	µg	2,67	2,67	0,00141
573	t-Butylamine	Water	µg	6,42	6,41	0,00338
574	Talc, in ground	Raw	g	142	142	0,00251
575	Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	Raw	mg	25,8	25,7	0,0916
576	Tebutam	Soil	mg	1,19	1,19	0,000435
577	Technetium-99m	Water	mBq	905	817	87,4
578	Teflubenzuron	Soil	mg	1,81	1,81	0,000129
579	Tellurium-123m	Water	Bq	1,11	1,11	0,00843
580	Tellurium-132	Water	mBq	2,27	2,05	0,22
581	Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	Raw	mg	3,51	3,5	0,0125
582	Terpenes	Air	mg	2,8	2,8	0,00483
583	Thallium	Air	mg	4,3	4,29	0,00822
584	Thallium	Water	g	281	281	0,00113
585	Thiram	Soil	µg	12,8	12,7	0,022
586	Thorium	Air	mg	4,24	4,24	0,0017
587	Thorium-228	Air	Bq	28,4	28,4	0,0186
588	Thorium-228	Water	Bq	4,94E3	4,87E3	66,2

589	Thorium-230	Air	Bq	40,4	40,2	0,17
590	Thorium-230	Water	Bq	1,3E4	1,29E4	115
591	Thorium-232	Air	Bq	33,9	33,8	0,0259
592	Thorium-232	Water	Bq	32,2	32,1	0,0354
593	Thorium-234	Air	Bq	5,16	5,11	0,046
594	Thorium-234	Water	Bq	95	94,2	0,847
595	Tin	Air	g	136	136	0,000462
596	Tin	Soil	mg	1,08	1,08	0,000965
597	Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore, in ground	Raw	g	6,34	6,33	0,00988
598	Tin, ion	Water	kg	2,8	2,72	0,0881
599	TiO2, 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore, in ground	Raw	kg	5,98	5,98	0,000728
600	TiO2, 95% in rutile, 0.40% in crude ore, in ground	Raw	µg	373	363	10,3
601	Titanium	Air	g	1,98	1,97	0,0106
602	Titanium	Soil	mg	72,5	72,3	0,173
603	Titanium, ion	Water	kg	2,64	2,64	0,000348
604	TOC, Total Organic Carbon	Water	kg	92,2	6,27	85,9
605	Toluene	Air	g	8,2	8,11	0,0942
606	Toluene	Water	g	3,03	2,99	0,0411
607	Toluene, 2-chloro-	Air	µg	31,6	31,6	0,00439
608	Toluene, 2-chloro-	Water	µg	66,1	66,1	0,00888
609	Transformation, from arable	Raw	cm2	125	125	0,11
610	Transformation, from arable, non-irrigated	Raw	dm2	389	389	0,142
611	Transformation, from arable, non-irrigated, fallow	Raw	cm2	25,6	25,6	0,00848
612	Transformation, from dump site, inert material landfill	Raw	cm2	369	368	0,951
613	Transformation, from dump site, residual material landfill	Raw	cm2	989	988	0,301
614	Transformation, from dump site, sanitary landfill	Raw	cm2	602	1,88	600
614	Transformation, from dump site, sanitary landfill	Raw	cm2	602	1,88	600
615	Transformation, from dump site, slag compartment	Raw	mm2	135	94,9	40,5
616	Transformation, from forest	Raw	dm2	68,3	67,7	0,519
617	Transformation, from forest, extensive	Raw	dm2	217	217	0,0847
618	Transformation, from forest, intensive, clear-cutting	Raw	cm2	31	30,9	0,0533
619	Transformation, from industrial area	Raw	cm2	62,9	62,7	0,245
620	Transformation, from industrial area, benthos	Raw	mm2	25,3	25,2	0,0123
621	Transformation, from industrial area, built up	Raw	mm2	551	551	0,0232
622	Transformation, from industrial area, vegetation	Raw	mm2	940	940	0,0395
623	Transformation, from mineral extraction site	Raw	dm2	10	9,86	0,174
624	Transformation, from pasture and meadow	Raw	dm2	41	33,8	7,28
625	Transformation, from pasture and meadow, intensive	Raw	cm2	31,7	31,7	0,0116
626	Transformation, from sea and ocean	Raw	dm2	32,7	32,6	0,114
627	Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Raw	dm2	30,3	24,3	6,03
628	Transformation, from tropical rain forest	Raw	cm2	31	30,9	0,0533
629	Transformation, from unknown	Raw	dm2	567	566	0,822
630	Transformation, to arable	Raw	dm2	10,4	10,4	0,00661
631	Transformation, to arable, non-irrigated	Raw	dm2	389	389	0,142
632	Transformation, to arable, non-irrigated, fallow	Raw	cm2	38,4	38,4	0,0199
633	Transformation, to dump site	Raw	dm2	387	387	0,00544
634	Transformation, to dump site, benthos	Raw	dm2	32,6	32,5	0,114
635	Transformation, to dump site, inert material landfill	Raw	cm2	369	368	0,951
636	Transformation, to dump site, residual material landfill	Raw	cm2	989	988	0,301
637	Transformation, to dump site, sanitary landfill	Raw	cm2	602	1,88	600
638	Transformation, to dump site, slag compartment	Raw	mm2	135	94,9	40,5
639	Transformation, to forest	Raw	dm2	22,2	16	6,19
640	Transformation, to forest, intensive	Raw	dm2	21,8	21,8	0,0049
641	Transformation, to forest, intensive, clear-cutting	Raw	cm2	31	30,9	0,0533
642	Transformation, to forest, intensive, normal	Raw	dm2	193	193	0,0786
643	Transformation, to forest, intensive, short-cycle	Raw	cm2	31	30,9	0,0533
644	Transformation, to heterogeneous, agricultural	Raw	cm2	320	317	2,98
645	Transformation, to industrial area	Raw	dm2	52,1	52,1	0,0079
646	Transformation, to industrial area, benthos	Raw	mm2	418	416	1,03
647	Transformation, to industrial area, built up	Raw	dm2	62,2	62,2	0,0319
648	Transformation, to industrial area, vegetation	Raw	dm2	16,4	16,3	0,0628
649	Transformation, to mineral extraction site	Raw	dm2	105	104	1,08
650	Transformation, to pasture and meadow	Raw	cm2	95,3	95,3	0,0218
651	Transformation, to permanent crop, fruit, intensive	Raw	cm2	10,1	10,1	0,0304
652	Transformation, to sea and ocean	Raw	mm2	25,3	25,2	0,0123
653	Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Raw	dm2	19,6	13,6	6,02
654	Transformation, to traffic area, rail embankment	Raw	mm2	664	662	2,36
655	Transformation, to traffic area, rail network	Raw	mm2	730	728	2,59
656	Transformation, to traffic area, road embankment	Raw	cm2	229	229	0,251
657	Transformation, to traffic area, road network	Raw	dm2	10,4	9,14	1,23
658	Transformation, to unknown	Raw	cm2	116	115	0,347
659	Transformation, to urban, discontinuously built	Raw	mm2	95,6	95,5	0,0244
660	Transformation, to water bodies, artificial	Raw	cm2	783	770	13,6
661	Transformation, to water courses, artificial	Raw	dm2	21,5	21,5	0,0167
662	Tributyltin compounds	Water	mg	58,5	58,1	0,355
663	Triethylene glycol	Water	mg	457	457	0,223
664	Trimethylamine	Air	ng	30,3	30,2	0,119
665	Trimethylamine	Water	ng	72,7	72,4	0,285
666	Tungsten	Air	mg	7,05	6,98	0,0628

667	Tungsten	Water	kg	4,11	4,11	1,19E-5
668	Ulexite, in ground	Raw	mg	611	610	0,684
669	Uranium	Air	mg	5,52	5,52	0,00181
670	Uranium-234	Air	Bq	81,3	80,7	0,535
671	Uranium-234	Water	Bq	114	113	1,02
672	Uranium-235	Air	Bq	2,91	2,88	0,0259
673	Uranium-235	Water	Bq	188	186	1,68
674	Uranium-238	Air	Bq	169	168	0,602
675	Uranium-238	Water	Bq	2,61E3	2,6E3	2,73
676	Uranium alpha	Air	Bq	280	278	2,49
677	Uranium alpha	Water	Bq	5,47E3	5,43E3	48,8
678	Uranium, in ground	Raw	g	21,1	20,9	0,19
679	Urea	Water	µg	88,4	88,4	0,00685
680	Vanadium	Air	g	43,3	43,3	0,00965
681	Vanadium	Soil	mg	2,07	2,07	0,00496
682	Vanadium, ion	Water	kg	1,35	1,35	0,00335
683	Vermiculite, in ground	Raw	mg	248	245	3,08
684	VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Water	g	8,79	8,67	0,118
685	Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	Raw	cm3	43,2	42,8	0,384
686	Volume occupied, final repository for radioactive waste	Raw	cm3	10,9	10,8	0,0836
687	Volume occupied, reservoir	Raw	m3y	60,3	59,9	0,412
688	Volume occupied, underground deposit	Raw	cm3	177	176	0,672
689	Water	Air	kg	38,2	38,2	0,000337
690	Water, cooling, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	94,9	94,8	0,131
691	Water, lake	Raw	l	262	259	3,24
692	Water, river	Raw	m3	173	173	0,0844
694	Water, salt, sole	Raw	l	410	407	3,76
695	Water, turbine use, unspecified natural origin	Raw	m3	1,74E5	1,74E5	121
696	Water, unspecified natural origin/m3	Raw	m3	11,2	10,8	0,305
697	Water, well, in ground	Raw	m3	5,8	5,79	0,0114
698	Wood, hard, standing	Raw	l	17,6	17,6	0,0382
699	Wood, primary forest, standing	Raw	cm3	32	32	0,0552
700	Wood, soft, standing	Raw	l	136	136	0,105
701	Wood, unspecified, standing/m3	Raw	cm3	1,58	1,58	0,00253
702	Xenon-131m	Air	Bq	1,42E3	1,35E3	68
703	Xenon-133	Air	kBq	45,9	43,4	2,49
704	Xenon-133m	Air	Bq	178	175	2,56
705	Xenon-135	Air	Bq	1,88E4	1,78E4	995
706	Xenon-135m	Air	Bq	1,12E4	1,05E4	627
707	Xenon-137	Air	Bq	233	214	19,7
708	Xenon-138	Air	Bq	2E3	1,85E3	147
709	Xylene	Air	g	19,5	19,4	0,0662
710	Xylene	Water	g	2,5	2,47	0,0328
711	Zinc	Air	g	843	843	0,019
712	Zinc	Soil	mg	646	622	23,5
713	Zinc-65	Air	mBq	1,63	1,47	0,158
714	Zinc-65	Water	Bq	4,01	3,62	0,39
715	Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag, Cd, In, in ground	Raw	g	655	653	1,29
716	Zinc, ion	Water	kg	161	159	1,3
717	Zirconium	Air	mg	1,95	1,94	0,00667
718	Zirconium-95	Air	mBq	1,59	1,44	0,155
719	Zirconium-95	Water	mBq	46,5	42	4,52
720	Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore, in ground	Raw	mg	34,7	34,6	0,122

## ÖZGEÇMİŞ



**Adı Soyadı :** Ayşe CEYLAN

**Doğum Yeri ve Tarihi :** Samsun – 15.11.1987

**Adres :** Cumhuriyet Mah. İ.İnönü Bulv. No: 216 D: 16 Atakum/Samsun

**E-Posta :** ay\_she\_ceylan@hotmail.com

**Lisans :** Ondokuz Mayıs Üniversitesi (2005-2010)

**Yüksek Lisans:** Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2011-2014)

**Mesleki Deneyim:** Çevre Mühendisliği, HCE Geri Dönüşüm Tesisi, (2010-2011). Raporlama Uzmanlığı, Callus Bilgi ve İletişim Hizmetleri A.Ş., (2011-2014).

**Yayın ve Patent Listesi :** Ceylan A., 2009. Geri Dönüşüm, Bildiri Sunumu, Çevre Mühendisleri Odası 3. Öğrenci Kurultayı, Kocaeli, Türkiye.

