

**TÜRKİYE'DE ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLARIN  
YÖNETİMİNİN PLANLANMASI  
VE  
TESİS YERİ SEÇİMİNDE  
ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİNİN  
KULLANIMI**

**Gülşah TULGER**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**4 Haziran 2010**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

**Gülşah TULGER**'in “**Türkiye’de Elektrikli ve Elektronik Atıkların Yönetiminin Planlanması ve Tesis Yeri Seçiminde Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri’nin Kullanımı**” başlıklı **Çevre Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 4 Haziran 2010 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

|                     | <b>Adı-Soyadı</b>                 | <b>İmza</b> |
|---------------------|-----------------------------------|-------------|
| Üye (Tez Danışmanı) | : Doç. Dr. Müfide BANAR.....      |             |
| Üye                 | : Yard.Doç.Dr.Gürkan ÖZTÜRK ..... |             |
| Üye                 | : Öğr.Gör.Dr. Aysun ÖZKAN.....    |             |

**Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun**  
..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Enstitü Müdürü**  
Prof. Dr. Rıdvan SAY

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **TÜRKİYE'DE ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLARIN YÖNETİMİNİN PLANLANMASI VE TESİS YERİ SEÇİMİNDE ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİNİN KULLANIMI**

**Gülşah TULGER**

**Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Müfide BANAR  
2010, 117 sayfa**

Bu çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşüm tesisi için yer seçimi çalışması yapılmıştır. Öncelikle, elektrikli ve elektronik ekipman atıkları ile ilgili olarak genel bilgi verilmiş, ülkemizdeki atık miktarları ve gelecek yıllara ait tahmini verilerle mevcut durum belirlenmeye çalışılmıştır. Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlarının içerdikleri bileşiklere ve tehlikelerine değinilerek geri dönüşümün ve kontrollü bertarafın gerekliliği ortaya konulmuştur. Ayrıca etkin bir atık yönetiminin sağlanabilmesi için, yürürlükte olan RoHS ve halen taslak halinde bulunan AEEE yönetmeliği hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak elektrikli ve elektronik atık geri dönüşüm tesisi niteliklerinden bahsedilmiş ve yer seçiminde dikkate alınması gereken kriterler belirlenmiştir. Yer seçimi için çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP, ANP, ELECTRE ve PROMETHEE kullanılmış ve Türkiye için en uygun alternatifler sıralanmıştır. Buna göre en iyi ilk üç alternatifin İstanbul, Ankara ve İzmir illerinin olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli ve Elektronik Atıklar, Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri, Yer Seçimi, AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE.

## **ABSTRACT**

**Master of Science Thesis**

### **PLANNING OF WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT MANAGEMENT IN TURKEY AND USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS FOR SITE SELECTION**

**Gülşah TULGER**

**Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Environmental Engineering Program**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Müfide BANAR  
2010, 117 pages**

In this thesis, by using multi-criteria decision making methods, location decision has been made for waste electrical and electronic equipment recycling plant. First of all, some general information about waste electrical and electronic equipment has been given in the text. Amount of waste and estimated amounts for next years has given and situation in our country has been identified. Substances in waste electrical and electronic equipments and their toxic risks have been mentioned and the necessity of recycling and controlled disposal has been stated. Furthermore, for an effective system management, RoHs Directive, which is currently in force, and draft of WEEE Directive has been mentioned. Lastly, characteristics of WEEE recycling plant have been mentioned and criteria for location decision of the plant have been chosen. For location decision, AHP, ANP, ELECTRE and PROMETHEE are used and the most appropriate alternatives are determined for Turkey. Accordingly, İstanbul, Ankara and İzmir have been stated as best alternatives.

**Keywords:** Waste Electrical and Electronic Equipment, Multi-Criteria Decision Making Method, Location Decision, AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE.

## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgisini, deneyimlerini bana aktararak yol gösteren, çalışmamın tüm aşamalarında bana her türlü desteği sağlayan değerli danışman hocam Doç. Dr. Müfide BANAR'a sabrı ve katkılarından dolayı,

Özgün bakış açısı ve bilgisiyle çalışmamı zenginleştiren, teknik konulardaki yardımı ve bana ayırdığı zaman için değerli hocam Öğr. Gör. Dr. Aysun ÖZKAN'a,

Değerli görüşleri ve katkılarından dolayı Yard. Doç. Dr. Gürkan ÖZTÜRK'e,

Hayatım boyunca tüm iyi ve kötü anlarımda yanımda olan ve olacağına inandığım, benden desteğini esirgemeyen, başarılarımda en büyük paya sahip annem Huriye TULGER ve babam Ömer Lütfi TULGER başta olmak üzere tüm aileme,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Gülşah TULGER

2010

## İÇİNDEKİLER

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÖZET</b> .....  | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>ii</b>   |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....  | <b>iii</b>  |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....   | <b>vii</b>  |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....   | <b>viii</b> |
| <b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....  | <b>x</b>    |
| <br>   |             |
| <b>1.GİRİŞ</b>   | <b>1</b>    |
| <br>   |             |
| <b>2.ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLAR HAKKINDA GENEL BİLGİ</b>                           | <b>4</b>    |
| 2.1. Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman Bileşimi ve İçerdiği Tehlikeli Maddeler ..... | 15          |
| 2.1.1.Kurşun .....   | 18          |
| 2.1.2.Kadmiyum .....   | 19          |
| 2.1.3.Cıva .....   | 19          |
| 2.1.4.Krom VI (Altı değerli krom bileşikleri).....                                       | 20          |
| 2.1.5.Plastikler.....  | 20          |
| 2.2. Elektrikli ve Elektronik Atıklarla İlgili Uluslararası ve Ulusal Yasal Durum.....   | 21          |
| 2.2.1.Avrupa Birliği'ndeki yasal durum.....  | 21          |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.2. ABD ve diğ er bazı ÷lkelerdeki yasal durum.....  | 24        |
| 2.2.3. ÷lkemizdeki yasal durum.....   | 24        |
| 2.2.3.1. Basel S÷zleşmesi.....  | 26        |
| 2.2.3.2. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.....  | 26        |
| 2.2.3.3. Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Yönetmeliği taslağı.....   | 27        |
| 2.2.3.4. Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına dair yönetmelik..... | 28        |
| <b>3.ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLARIN YÖNETİMİ</b>  | <b>31</b> |
| 3.1. Atık Önleme .....  | 31        |
| 3.2. Geri Dönüşüm .....   | 32        |
| 3.3. İnsinerasyon .....   | 38        |
| 3.4. Depolama .....   | 38        |
| <b>4.KONUyla İLGİLİ ÖNCE DEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR</b>  | <b>40</b> |
| 4.1. ÷lkemizde Yapılan Çalışmalar .....   | 40        |
| 4.2. Uluslararası Alanda Yapılan Çalışmalar .....   | 42        |
| <b>5.ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİ: AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE</b>   | <b>45</b> |
| 5.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process (AHP)) .....   | 45        |
| 5.2. Analitik Serim Süreci (Analytical Network Process (ANP)).....  | 49        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.3. ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realité).....                       | 54         |
| 5.4. PROMETHEE.....  | 60         |
| <b>6.MATERYAL VE YÖNTEM</b>  | <b>65</b>  |
| 6.1. Tesis Yer Seçimi Kriterleri.....  | 65         |
| 6.2. Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı.....                            | 71         |
| 6.2.1.AHP yöntemi ile yer seçimi.....  | 71         |
| 6.2.2.ANP yöntemi ile yer seçimi.....  | 73         |
| 6.2.3.ELECTRE III yöntemi ile yer seçimi.....  | 74         |
| 6.2.4.PROMETHEE yöntemi ile yer seçimi.....  | 75         |
| 6.3. Bulgular ve Değerlendirme .....   | 76         |
| <b>7.SONUÇ</b>   | <b>88</b>  |
| <b>EKLER</b>   | <b>89</b>  |
| <b>Ek-1:</b> AHP yönteminde kullanılan Expert Choice 2000 yazılımı görüntüleri ..... | 89         |
| <b>Ek-2:</b> ANP yönteminde kullanılan Super Decisions yazılımı görüntüleri .....    | 98         |
| <b>Ek-3:</b> ELECTRE yönteminde kullanılan Excel yazılımı görüntüleri.....           | 103        |
| <b>Ek-4:</b> PROMETHEE yönteminde kullanılan D-Sight yazılımı görüntüleri.....       | 106        |
| <b>KAYNAKLAR</b>   | <b>111</b> |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| 2.1. UNEP/MAP Projesi kapsamında hesaplanan atık miktarları.....                  | 12 |
| 2.2. AEEE'nin ağırlıkça yüzde bileşimi.....                                       | 16 |
| 2.3. Türkiye'deki yasal mevzuat çerçevesi.....                                    | 25 |
| 3.1. Bir AEEE geri dönüşüm tesisi örneği.....                                     | 33 |
| 3.2. AEEE'nin mekanik ayrılma aşaması.....  | 35 |
| 3.3. AEEE'nin ürün yaşam döngüsü.....   | 37 |
| 5.1. Örnek bir serim.....   | 51 |
| 5.2. Tercih fonksiyonları.....  | 63 |
| 6.1. Türkiye model grupları.....  | 65 |
| 6.2. Seçilen değerlendirme kriterleri.....  | 66 |
| 6.3. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....                                 | 72 |
| 6.4. ANP yönteminde oluşturulan ağ.....   | 73 |
| 6.5. D-Sight yazılımı ile oluşturulan matris görüntüsü.....                       | 75 |
| 6.6. AHP yöntemi ile alternatiflerin ölçütlere göre değerlendirilmesi.....        | 77 |
| 6.7. AHP yöntemi ile alternatiflerin ölçütler bazındaki performans grafiği.....   | 78 |
| 6.8. AHP yönteminde en iyi iki alternatifin karşılaştırılması (İstanbul-İzmir)... | 79 |
| 6.9. ANP yönteminden elde edilen sonuçlar.....                                    | 80 |
| 6.10. PROMETHEE yönteminden elde edilen sonuçlar.....                             | 82 |
| 6.11. Kriter ve alternatiflerin dağılımı.....                                     | 83 |
| 6.12. İstanbul ve Ankara şehirlerinin kriter bazında karşılaştırılması.....       | 85 |
| 6.13. İstanbul ve Ankara şehirlerinin ağ şeklinde karşılaştırılması.....          | 86 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Avrupa'daki bazı ülkelere ait işlenen AEEE miktarları .....   | 5  |
| 2.2. Bazı ürünlerin teknolojik ve fonksiyonel ömürlerinin karşılaştırılması .....  | 6  |
| 2.3. Türkiye'deki dayanıklı tüketim malları üretimi (Adet).....  | 7  |
| 2.4. Türkiye'deki haberleşme araçları (adet) .....   | 7  |
| 2.5. Türkiye'deki hanelerde bilişim teknolojileri ekipman durumu.....  | 8  |
| 2.6. Bazı ülkeler ve mobil telefon kullanım miktarları .....   | 8  |
| 2.7. Kullanımdaki bilgisayar adetleri ve artış oranları .....  | 10 |
| 2.8. UNEP/MAP projesi kapsamında tahmin edilen 2007 yılı atık miktarının kategorilere göre dağılımı .....  | 11 |
| 2.9. Tipik bir AB ülkesinde evsel kullanım sonucu oluşan AEEE miktarı.....   | 13 |
| 2.10. Bazı ülkelerde kategorilere ait kişi başına toplanan AEEE miktarı.....   | 14 |
| 2.11. AEEE'de bulunan temel toksik bileşen ve malzemeler.....  | 17 |
| 2.12. WEEE ve RoHs direktiflerinin karşılaştırılması.....  | 23 |
| 2.13. Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik kapsamındaki maddeler ve izin verilen konsantrasyon değerleri..... | 29 |
| 2.14. Sağlığa zararlı maddelerin kullanım yerleri.....   | 30 |
| 3.1.AEEE geri kazanımında yeni malzeme eldesi ile sağlanan enerji tasarrufu.....   | 36 |
| 3.2. AEEE geri kazanımından elde edilen fayda yüzdeleri.....   | 38 |
| 5.1. AHP'de temel ölçeklendirme .....  | 47 |
| 6.1. Türkiye'deki karakteristik belediye gruplarının tanımlaması.....  | 66 |

|   |    |
|---|----|
| <b>6.2.</b> Karar verme sürecinde kullanılan kriterler.....                   | 69 |
| <b>6.3.</b> Karar Verme Sürecinde Kullanılan Ham Veriler.....                 | 70 |
| <b>6.4.</b> Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi.....                      | 72 |
| <b>6.5.</b> Kriter ağırlıkları, birimleri, tercih yönü ve eşik değerleri..... | 74 |
| <b>6.6.</b> Kriterlerin özellikleri.....                                      | 76 |
| <b>6.7.</b> ELECTRE yönteminin sonuçları .....                                | 81 |
| <b>6.8</b> Akım diyagramı.....  | 84 |
| <b>6.9.</b> AHP, ANP, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerinin sonuçları.....       | 87 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|            |  |
|------------|--|
| AB         | : Avrupa Birliği   |
| AB15(EU15) | : Avusturya, Belçika, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Hollanda, Portekiz, İspanya, İsveç ve İngiltere |
| ABD        | : Amerika Birleşik Devletleri  |
| AEEE       | : Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar   |
| AHP        | : Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)   |
| ANP        | : Analitik Serim Süreci (Analytic Network Process)   |
| BOCR       | : Fayda, fırsat, maliyet ve riski önceliklendirme işlemi.  |
| CRT        | : Katod ışın tüpü (Catode Ray Tube)  |
| CFC        | : Kloroflorokarbon   |
| E-atık     | : Elektrikli ve elektronik ekipman atığı   |
| ELECTRE    | : Gerçeklik ifade eden eleme ve seçme (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)   |
| ETC/RWM    | : Avrupa Kaynak Kazanımı ve Atık Yönetimi Merkezi  |
| GAIA       | : Etkileşimli yardım için geometrik analiz (Geometrical Analysis for Interactive Assistance)   |
| GSYİH      | : Gayri safi yurt içi harcamalar   |
| HCFC       | : Hidrokloroflorokarbonlar   |
| HFC        | : Karma Fiber Koaks (Hybrid fibre-coaxial)   |
| IT         | : Bilgi teknolojisi (Information Technology)   |
| LCD        | : Likit kristal gösterim (Liquid Crystal Display)  |

- MCDM : Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri (Multiple Choices Decision Making)
- PBB : Polibromlu bifeniller
- PBDD : Polibromlu dioksin
- PBDE : Polibromlu difenil eterler
- PROMETHEE: Zenginleştirilmiş değerlendirmeler için tercih sıralaması yöntemi (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations)
- PVC : Polivinil Klorür
- RFID : Radyo frekans tanımlama (Radio-frequency identification)
- RoHS :Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılması (Restriction of the use of certain Hazardous Substances)
- UNEP/MAP :United Nations Environment Programme – Mediterranean Action Plan
- WEEE : Waste Electrical and Electronic Equipment

## 1. GİRİŞ

Her gün yeni bir çevresel tehdidin ortaya çıktığı dünyada tehlikeli ancak doğal zenginlikler barındıran elektrikli ve elektronik ekipman atıkları (AEEE) son yıllarda evsel atıktan çok daha hızlı artış göstermektedir. Teknolojik gelişmeler ve beraberinde artan tüketim oranı, henüz ürün ömrünün yarısına bile gelmeden, bu tür cihazların atık haline gelmesiyle sonuçlanmaktadır. Evsel atıktan yaklaşık 3 kat daha hızlı artış gösteren AEEE, düzenli bir sistem içinde yer almıyorsa, evsel atıkla beraber depolama alanlarına atılmaktadır. Ancak depolama alanlarında, içerdikleri ağır metal gibi birçok tehlikeli ve toksik bileşikler, yer altı sularını, havayı ve toprağı kirletmektedir. Depolama alanlarına gitmeyen atıklar ise, yasal olmayan ve çevreye ya da insan sağlığına duyarlı olmayan yöntemlerle işlenmektedir. Ancak, belirli yasal düzenlemelerin ve yatırımların yapıldığı bölgelerde durum daha farklıdır. Yasal olarak onaylanmış ve kontrollü işletmelerde bu tür atıklar kendi türlerine ve içerdikleri malzemelere göre gruplanarak özel işlem görmekte ve yeniden kullanım seçeneği değerlendirilerek değerli malzemeler ayrıştırılmakta, doğal kaynaklardan ve enerjiden tasarruf edilerek olası birçok çevre kirliliğinin önüne geçilebilmektedir.

Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları, elektronik/elektrikli cihazların kullanıcısı tarafından kullanım ömrünü tamamlamasıyla ortaya çıkan atık olarak tanımlanabilir. Günlük olarak evlerde kullanılan televizyon, çamaşır ve bulaşık makinesi, buzdolabı, fırın, elektrik süpürgesi gibi aletlerin yanı sıra ofislerde de kullanılan yazıcılar, aydınlatma sistemleri, bilgisayarlar, güvenlik sistemleri AEEE kapsamında değerlendirilir.

Elektrikli ve elektronik cihazlar birçoğu toksik olan, kurşun, cıva, arsenik, kadmiyum, selenyum, krom VI ve yakıldığında dioksin oluşmasına sebep olan alev önleyiciler gibi bileşiklerin de dahil olduğu 1000'den fazla farklı malzeme türü içermektedir. ABD'de 1997-2004 yılları arasında 315 milyon bilgisayar atığı oluşmuş olup bu durum yaklaşık 600 bin ton kurşun, 1000 ton kadmiyum, 600 ton krom VI ve 200 ton cıva anlamına gelmektedir. Ağır metallere ek olarak bu tür cihazların önemli kısmını oluşturan plastik malzemelerin ise yaklaşık % 26'sını

diğer plastik türlerine göre insan ve çevre sağlığına daha çok zarar veren PVC oluşturmaktadır. Bir bilgisayarda yaklaşık 6,5 kilogram plastik malzeme bulunmaktadır. O nedenle atık bilgisayarlardan her yıl 500.000 tondan fazla plastik hurda çıkmaktadır (Tchobanoglous ve ark., 2002).

AEEE miktarı gayrisafi milli hasıla ile doğru orantılı olarak artmakla beraber, çözüm aşamasına gelindiğinde atıkların işlenmesi daha maliyetli olduğundan, az gelişmiş ülkelere yapılan ihracat ciddi bir seçenek haline gelmiştir. Ancak Türkiye'nin de imzasının bulunduğu Basel sözleşmesine göre bu tür atıkların ihracatı yasaklanmıştır. Günümüzde bu tür atıkların gelişmiş ülkelerden, gelişmekte olan Afrika ve Asya ülkelerine, yasal olmayan yollardan taşındığı bilinmektedir. Bu ülkelerdeki gerek iş gücü değerinin düşük olması, gerekse atık bertarafının kontrolsüz olarak gerçekleştirilerek maliyetlerin düşürülmesi, ihracatın tercih edilmesine sebep olmaktadır.

Yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım AEEE'lerin bertaraf yöntemlerindedir. Yeniden kullanım söz konusu olduğunda, güvenlik ve kalite ön plana çıkmaktadır. Ancak bu hususlarla ilgili alınabilecek önlemler belli olup çeşitli ülkelerde bulunan tesisler tarafından uygulanmaktadır. Bununla beraber EEE üreticileri de bu yöntemi, yeni ürüne olan talebin azalması, satışların düşmesi açısından desteklememektedir. Henüz yaygınlaşmamasına rağmen, farklı ekonomik gelir seviyelerinin bulunduğu ülkemizde hem ikinci el, hem de yeni ürünlere ayrı ayrı talep vardır. Geri dönüşüm, geri kazanım yöntemleri ise kontrollü olarak gerçekleştirilmelidir. İlerleyen teknoloji ve yapılan çalışmalarla bu işlemlerin maliyeti düşürülebilir. Sağladığı faydalar açısından da bu seçenekler değerlendirilmelidir.

AB ülkelerinde atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar, "Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman Direktifi" (Directive 2002/96/EC WEEE) ile "Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Kısıtlanması Direktifi" (Directive 2002/95/EC RoHs) olarak isimlendirilen iki adet yönetmelik kapsamında değerlendirilmektedir. Ülkemizde AB yönetmelikleriyle uyumlu olarak "Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılması"na dair yönetmelik 30.05.2008 tarihinde yayımlanmış ve bu tarihten bir yıl sonra yürürlüğe girmiştir. AEEE ile ilgili olarak ise taslak halinde

bulunan bir yönetmelik üzerinde çalışılmaktadır. 2010 yılının sonuna kadar bu yönetmeliğin de çıkartılması beklenmektedir. Mevcut durumda, AEEE, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kapsamına girmektedir. Lisanslı olmamakla beraber Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan uygunluk belgesi almış 6 tesis konuyla ilgili olarak çalışmaktadır. Ayrıca Bakanlık tarafından yürütülen MATRA projesinde Muğla pilot il olarak seçilmiş ve AEEE için yönetim sistemi oluşturularak uygulanmaya başlanmıştır. Uygunluk belgesi alan tesislerin bazı belediyeler ve sanayi kuruluşları ile anlaşmalar yaparak çalışmalarına devam ettiği bilinmektedir.

Bakanlık tarafından yapılan çalışmalarda, özellikle ilerleyen yıllarda artan atık miktarına karşılık tüm bölgelerdeki talebin karşılanabilmesi için, ülkemizde 850 adet ilçe belediyelerine ait toplama noktasına ve 15 tane de büyük toplama merkezine ihtiyaç olduğu belirlenmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008a). O nedenle bu çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının yönetiminin planlanması ve geri dönüşümü amacıyla gerekli olan tesisler için yer seçimi çalışması yapılmıştır. AEEE ile ilgili çalışmaların oldukça yeni yapıldığı ve potansiyel e-atık pazarı henüz paylaşılmamış olan Türkiye'de, yeni yatırım yapmayı planlayan girişimciler için çalışmanın yol gösterici nitelikte olacağı düşünülmektedir.



## **2. ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLAR HAKKINDA GENEL BİLGİ**

Hızla ilerleyen teknoloji ve yükselen hayat beklentilerinin belirlediği tüketim alışkanlıkları, 20 yıl öncesinde lüks olarak görülen birçok elektronik eşyanın günümüz yaşantısının vazgeçilmezleri arasına girmesiyle sonuçlanmıştır. Bugün buzdolabı, çamaşır ve bulaşık makinesi, televizyon, kişisel bilgisayar, hemen hemen tüm gelişmiş ya da gelişmekte olan ülke ailelerinin evinde bulunan cihazlardandır. Zamanla yarış halinde sürekli gelişen günlük yaşantımızda bu cihazlar yetersiz kalmaya başlayarak çamaşır kurutucuları, birçok küçük ev eşyası, aydınlatma ve ses sistemleri ile bunları koruma amacıyla ihtiyaç duyulan güvenlik sistemleri de bu hayati öneme sahip cihazlar arasında yerlerini almaya başlamıştır. Gelişen ekonominin ve pazarın diğer bir getirisi ise, bu cihazların uzun yıllar boyunca kullanılması yerine bir kişinin hayatına birden fazla modelin girmesi ve giderek artan miktarlarda elektronik atıkların meydana gelmesi olmuştur. İçerdikleri tehlikeli ve toksik bileşenler su ve toprak kirliliğine sebep olmakla beraber, uygun olmayan koşullardaki bertaraf yöntemleri hava kirliliğine sebep olurken, insan sağlığını da tehdit etmektedir. Bu sorunlara ek olarak doğal kaynakların tüketimi açısından da elektronik atıklar oldukça önemlidir.

Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları, “elektrikli/elektronik cihazların kullanıcısı tarafından kullanım ömrünü tamamlamasıyla ortaya çıkan atık” olarak tanımlanabilir. Kullanım ömrünü tamamlamış olan televizyon, bilgisayar, yazıcı, telefon, faks, fotokopi, ekranlar, radyo, video, kamera, DVD oynatıcıları, entegre devreler, yarı iletkenler, baskılı devreler, algılayıcılar, kablolar, MP3 çalarlar, tıbbi cihazlar, kapasitörler ve beyaz ev eşyaları gibi cihazlar elektrikli ve elektronik ekipman atığı kapsamında değerlendirilir. Bunları kendi arasında gruptandırmak gerekirse, atık haline gelmiş olan bilgisayar ve televizyon monitörü ve parçaları, sabit ve mobil telefonlar, faks ve yazıcı gibi ekipmanlar elektronik; soğutucu, çamaşır, kurutma makinesi, klima, elektrikli süpürge, ütü, kahve ve tost makinesi vb. ise elektrikli ekipman kapsamında değerlendirilir (http-1, 2009).

1998 yılında Batı Avrupa’da 6 milyon ton AEEE oluşmuştur ve bu miktarın her yıl % 3-5 oranında artması beklenmektedir. ABD’de 315 milyon bilgisayarın 2004 yılında kullanım ömrünü doldurduğu bilinirken, Avustralya’da yaklaşık 9 milyon bilgisayar, 5 milyon yazıcı, 2 milyon tarayıcının şu an evlerde ve iş yerlerinde kullanımda olduğu ve önümüzdeki birkaç yıl içinde yerine yenilerinin alınarak atık haline geleceği tahmin edilmektedir (Huang ve ark., 2006).

Evsel atığın en hızlı ve kontrol edilemeyen bölümünü oluşturan AEEE’in ABD’deki evsel atığın yaklaşık % 1’ini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Avrupa’daki bazı ülkelere ait rapor edilmiş işlenen atık miktarları Çizelge 2.1’de verilmiştir (United Nations University, 2007).

**Çizelge 2.1.** Avrupa’daki bazı ülkelere ait işlenen AEEE miktarları \*(United Nations University, 2007)

| Ülke                         | İşlenen Atık Miktarı (ton) |
|------------------------------|----------------------------|
| Estonya                      | 1143                       |
| Finlandiya                   | 35086                      |
| Macaristan                   | 10257                      |
| Letonya                      | 3095                       |
| Litvanya                     | 1897                       |
| Hollanda                     | 72103                      |
| Polonya                      | 12080                      |
| Slovakya                     | 2556                       |
| Slovenya                     | 316                        |
| *Veriler 2005 yılına aittir. |                            |

AEEE miktarında gerçekleşen yıllık % 3-5 artış oranı, hemen hemen evsel atığın üç katına karşılık gelmektedir. Bu artışın en önemli sebepleri teknolojinin ve tasarımların hızla gelişmesi, buna karşılık ürün kullanım sürelerinin azalmasıdır (Davis ve Herat, 2008). Örneğin 90’lı yılların başında standart bir

beyaz eşyanın kullanım süresi 5-10 yıl arasında değişirken, günümüzde bu süre 1-2 yıla düşmüştür.

Elektrikli ve elektronik ekipmanların ürün ömürlerine etki eden faktörlerin başında tüketicilerin teknolojik yenilik beklentileri gelmektedir. Burada da karşımıza ürün için fonksiyonel ömür kavramı dışında, ürünün teknolojik yenilik seviyesini ifade eden teknolojik ömür kavramı çıkar. Birçok elektrikli ve elektronik ekipman, fonksiyonel ömürlerini tamamlamalarına rağmen, teknolojik ömürlerini tamamladıkları için atık olarak sınıflandırılmaktadırlar. Çizelge 2.2’de bazı elektrikli ve elektronik ekipmanlar için fonksiyonel ve teknolojik ömür karşılaştırması verilmiştir (Çığgın, 2007).

**Çizelge 2.2.** Bazı ürünlerin teknolojik ve fonksiyonel ömürlerinin karşılaştırılması (Çığgın, 2007)

| <b>Mamul</b>         | <b>Fonksiyonel Ömür (Yıl)</b> | <b>Teknolojik Ömür (Yıl)</b> |
|----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Masa Üstü Bilgisayar | 10                            | 2                            |
| LCD Monitör          | 5                             | 2                            |
| CD Kaydedici         | 7                             | 2,5                          |
| Ses Sistemi          | 9                             | 3,5                          |
| Televizyon Seti      | 11                            | 4                            |
| Çamaşır Makinesi     | 10                            | 6                            |
| Kablosuz Telefon     | 10                            | 5                            |

Kullanılan EEE miktarları, AEEE miktarının tahmini açısından oldukça önemlidir. Üretim bilgilerinden yola çıkarak gerçek atık miktar rakamlarına ulaşılmasa da bu bilgiler ileriki yıllarda oluşabilecek atık miktarları hakkında fikir verici özelliğe sahiptir. Ülkemizdeki dayanıklı tüketim malları üretim miktarları Çizelge 2.3’te, haberleşme cihazı miktarları Çizelge 2.4’te ve hanelerde bilişim teknolojileri ekipman durumu Çizelge 2.5’te verilmiştir (TÜİK, 2009). Günümüzde oluşan AEEE içinde önemli bir orana sahip olan mobil telefon miktarları ise Çizelge 2.6’da verilmiştir (CIA, 2009). Çizelge 2.7’de dünyada kullanımdaki bilgisayar adedi ve artış oranları görülmektedir (Çığgın, 2007).

**Çizelge 2.3.** Türkiye’deki dayanıklı tüketim malları üretimi (Adet) (CIA, 2009)

|                                 | <b>2003</b> | <b>2004</b> | <b>2005</b> | <b>2006</b> | <b>2007</b> |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Ev tipi buzdolabı</b>        | 4.123.501   | 4.863.762   | 5.098.866   | 6.222.690   | 6.161.517   |
| <b>Ev tipi çamaşır makinesi</b> | 2.470.644   | 4.057.729   | 4.433.810   | 5.410.212   | 5.407.789   |
| <b>Televizyon(renkli)</b>       | 15.035.631  | 20.345.757  | 20.790.123  | 17.930.371  | 12.591.569  |
| <b>Elektrik Süpürgesi</b>       | 613.523     | 1.017.318   | 1.206.693   | 1.487.791   | 1.575.867   |
| <b>Fırın</b>                    | 3.584.216   | 4.527.759   | 4.540.860   | 5.645.961   | 5.769.673   |

**Çizelge 2.4.** Türkiye’deki haberleşme araçları (adet) (CIA, 2009)

|  | <b>2002</b> | <b>2003</b> | <b>2004</b> | <b>2005</b> | <b>2006</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Telefon abone</b>                                 | 18.914.857  | 18.916.721  | 19.125.163  | 18.978.223  | 18.831.616  |
| <b>Teleks abone</b>                                  | 5.491       | 4.243       | 3.364       | 2.950       | 2.750       |
| <b>Teleks kapasitesi</b>                             | 16.400      | 15.200      | 11.100      | 11.100      | -           |
| <b>Cep telefonu</b>                                  | 23.323.118  | 27.887.535  | 34.707.549  | 43.608.965  | 52.662.709  |
| <b>Mobil(aracı) abone</b>                            | 51.246      | 37.474      | 28.364      | 22.463      | 1.853       |
| <b>Çağrı cihazı</b>                                  | 5.412       | 3.420       | 2.277       | 1.677       | 1.306       |
| <b>İnternet abone</b>                                | 1.309.770   | 906.650     | 1.474.590   | 2.248.105   | 3.180.580   |
| <b>Bireysel</b>                                      | 1.274.508   | 863.181     | 1.264.290   | 1.865.930   | 2.820.801   |
| <b>Kurumsal</b>                                      | 35.262      | 43.469      | 210.300     | 382.175     | 359.779     |
| <b>Köylerdeki telefon abone sayısı<sup>(1)</sup></b> | 52.786      | 52.854      | 37.333      | 51.334      | 54.225      |

(1) Telefonlu mahal ve mezralar dahildir.

Çizelge 2.5. Türkiye’deki hanelerde bilişim teknolojileri ekipman durumu (CIA, 2009)

|                        | Bilişim teknolojilerine sahip olan hane oranı (%) | İnternete bağlı araçlara sahip olan hane oranı (%) |
|------------------------|---|--|
| Kişisel bilgisayar     | 23,02   | 15,04  |
| Taşınabilir bilgisayar | 5,14  | 3,45   |
| El bilgisayarı         | 0,34  | 0,04   |
| Cep telefonu           | 86,11   | 3,96   |
| Oyun konsolu           | 3,56  | 0,11   |

Çizelge 2.6. Bazı ülkeler ve mobil telefon kullanım miktarları (TÜİK, 2009)

| Ülke                      | Mobil telefonu miktarı 2008 | Nüfus         | Kişi Başına Düşen Telefon Sayısı |
|---------------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------|
| Almanya                   | 107.245.000                 | 82.329.758    | 1,30                             |
| ABD                       | 270.000.000                 | 307.212.123   | 0,88                             |
| Arjantin                  | 46.509.000                  | 40.913.584    | 1,14                             |
| Avustralya                | 22.120.000                  | 21.262.641    | 1,04                             |
| Avusturya                 | 10.816.000                  | 8.210.281     | 1,32                             |
| Azerbaycan                | 6.548.000                   | 8.238.672     | 0,79                             |
| Belçika                   | 11.822.000                  | 10.414.336    | 1,14                             |
| Beyaz Rusya               | 8.693.000                   | 9.648.533     | 0,90                             |
| Birleşik Arap Emirlikleri | 9.358.000                   | 4.798.491     | 1,95                             |
| Brezilya                  | 150.641.000                 | 198.739.269   | 0,76                             |
| Bulgaristan               | 10.633.000                  | 7.204.687     | 1,48                             |
| Cezayir                   | 31.871.000                  | 34.178.188    | 0,93                             |
| Çek Cumhuriyeti           | 13.780.000                  | 10.211.904    | 1,35                             |
| Çin                       | 634.000.000                 | 1.338.612.968 | 0,47                             |
| Danimarka                 | 6.551.000                   | 5.500.510     | 1,19                             |
| Endonezya                 | 140.578.000                 | 240.271.522   | 0,59                             |
| Ermenistan                | 2.336.000                   | 2.967.004     | 0,79                             |
| Estonya                   | 2.525.000                   | 1.299.371     | 1,94                             |
| Filipinler                | 68.102.000                  | 97.976.603    | 0,70                             |
| Finlandiya                | 6.830.000                   | 5.250.275     | 1,30                             |
| Fransa                    | 59.259.000                  | 64.057.792    | 0,93                             |
| Güney Afrika              | 45.000.000                  | 49.052.489    | 0,92                             |
| Güney Kore                | 45.607.000                  | 22.665.345    | 2,01                             |
| Gürcistan                 | 2.755.000                   | 4.615.807     | 0,60                             |
| Hindistan                 | 427.300.000                 | 1.166.079.217 | 0,37                             |
| Hollanda                  | 19.927.000                  | 16.715.999    | 1,19                             |
| Hong Kong                 | 11.374.000                  | 7.055.071     | 1,61                             |

**Çizelge 2.6. (Devam)** Bazı ülkeler ve mobil telefon kullanım miktarları

|                 |                   |                   |             |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|
| Irak            | 17.529.000        | 28.945.657        | 0,61        |
| İngiltere       | 75.565.000        | 61.113.205        | 1,24        |
| İran            | 43.000.000        | 66.429.284        | 0,65        |
| İrlanda         | 5.048.000         | 4.203.200         | 1,20        |
| İspanya         | 49.682.000        | 40.525.002        | 1,23        |
| İsrail          | 8.902.000         | 7.233.701         | 1,23        |
| İsveç           | 10.988.000        | 9.059.651         | 1,21        |
| İsviçre         | 8.780.000         | 7.604.467         | 1,15        |
| İtalya          | 88.580.000        | 58.126.212        | 1,52        |
| Japonya         | 110.395.000       | 127.078.679       | 0,87        |
| Kanada          | 21.455.000        | 33.487.208        | 0,64        |
| Kazakistan      | 14.911.000        | 15.399.437        | 0,97        |
| Kuzey Kore      | 45.607.000        | 48.508.972        | 0,94        |
| Letonya         | 2.234.000         | 2.231.503         | 1,00        |
| Litvanya        | 5.023.000         | 3.555.179         | 1,41        |
| Macaristan      | 12.224.000        | 9.905.596         | 1,23        |
| Makedonya       | 2.502.000         | 2.066.718         | 1,21        |
| Malezya         | 27.125.000        | 25.715.819        | 1,05        |
| Meksika         | 75.304.000        | 111.211.789       | 0,68        |
| Mısır           | 41.272.000        | 83.082.869        | 0,50        |
| Nijerya         | 62.988.000        | 149.229.090       | 0,42        |
| Norveç          | 5.287.000         | 4.660.539         | 1,13        |
| Özbekistan      | 12.734.000        | 27.606.007        | 0,46        |
| Pakistan        | 91.440.000        | 176.242.949       | 0,52        |
| Peru            | 20.952.000        | 29.546.963        | 0,71        |
| Polonya         | 44.004.000        | 38.482.919        | 1,14        |
| Portekiz        | 14.910.000        | 10.707.924        | 1,39        |
| Romanya         | 24.467.000        | 22.215.421        | 1,10        |
| Rusya           | 187.500.000       | 140.041.247       | 1,34        |
| Slovakya        | 5.520.000         | 5.463.046         | 1,01        |
| Slovenya        | 2.055.000         | 2.005.692         | 1,02        |
| Suriye          | 7.056.000         | 20.178.485        | 0,35        |
| Suudi Arabistan | 36.000.000        | 28.686.633        | 1,25        |
| Tayland         | 62.000.000        | 65.905.410        | 0,94        |
| Tayvan          | 25.412.000        | 22.974.347        | 1,11        |
| <b>Türkiye</b>  | <b>65.824.000</b> | <b>76.805.524</b> | <b>0,86</b> |
| Ukrayna         | 55.695.000        | 45.700.395        | 1,22        |
| Vietnam         | 70.000.000        | 86.967.524        | 0,80        |
| Yunanistan      | 13.799.000        | 10.737.428        | 1,29        |

**Çizelge 2.7.** Kullanımdaki bilgisayar adetleri ve artış oranları (Çığgın, 2007)

| Ülke         | 1991   | 1993   | 1996   | 1991–1996<br>Değişim (%) | 1993–2000<br>Değişim (%) |
|--------------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| Dünya Geneli | 136,90 | 186,90 | 301,00 | 119,9                    | 181                      |
| Çin          | 0,67   | 1,30   | 4,21   | 528,4                    | 1052                     |
| Hindistan    | 0,43   | 0,83   | 2,12   | 393,0                    | 604                      |
| Rusya        | 0,65   | 1,40   | 3,64   | 460,0                    | 580                      |
| Brezilya     | 0,62   | 1,30   | 3,15   | 408,1                    | 565                      |
| Endonezya    | 0,26   | 0,52   | 1,24   | 376,9                    | 552                      |
| Ukrayna      | 0,14   | 0,30   | 0,71   | 407,1                    | 525                      |
| Polonya      | 0,44   | 0,76   | 1,54   | 136,9                    | 462                      |
| Güney Kore   | 1,00   | 1,90   | 4,57   | 357,0                    | 415                      |
| Tayland      | 0,30   | 0,58   | 1,36   | 353,3                    | 371                      |
| Malezya      | 0,23   | 0,46   | 1,07   | 365,2                    | 368                      |
| Güney Afrika | 0,33   | 0,56   | 1,12   | 239,4                    | 366                      |
| Arjantin     | 0,29   | 0,55   | 1,09   | 275,9                    | 330                      |
| Hong Kong    | 0,33   | 0,59   | 1,16   | 251,5                    | 296                      |
| Japonya      | 9,20   | 12,60  | 22,11  | 140,3                    | 284                      |
| Portekiz     | 0,33   | 0,51   | 0,90   | 172,7                    | 258                      |
| İsrail       | 0,33   | 0,46   | 0,92   | 178,8                    | 256                      |
| İtalya       | 3,70   | 5,00   | 7,86   | 112,4                    | 247                      |
| İspanya      | 1,40   | 2,30   | 4,16   | 197,1                    | 245                      |
| Avusturya    | 0,64   | 0,92   | 1,47   | 129,7                    | 242                      |
| Venezüella   | 0,25   | 0,40   | 0,74   | 196,0                    | 234                      |
| Finlandiya   | 0,60   | 0,90   | 1,49   | 148,3                    | 221                      |
| Norveç       | 0,52   | 0,78   | 1,33   | 155,8                    | 218                      |
| İsviçre      | 0,74   | 1,00   | 1,67   | 125,7                    | 211                      |
| Hollanda     | 1,60   | 2,40   | 3,87   | 141,9                    | 199                      |
| Türkiye      | 0,38   | 0,68   | 1,06   | 178,9                    | 198                      |
| Avustralya   | 2,10   | 3,40   | 5,73   | 172,9                    | 190                      |
| Almanya      | 7,30   | 10,40  | 16,20  | 120,9                    | 189                      |
| Kanada       | 3,70   | 5,20   | 8,54   | 130,8                    | 186                      |
| Fransa       | 5,70   | 7,50   | 11,74  | 106,0                    | 183                      |
| İngiltere    | 7,20   | 9,60   | 14,51  | 101,5                    | 169                      |
| ABD          | 62,00  | 76,50  | 107,20 | 72,9                     | 96                       |

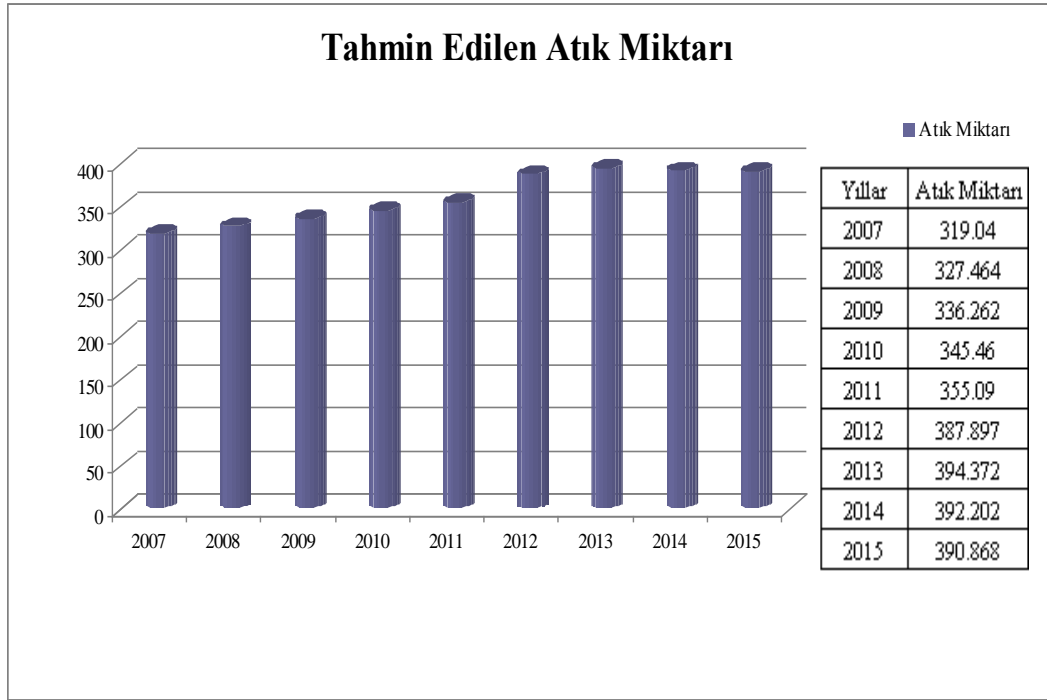
Ülkemizde yeni mevzuat ile ilgili çalışmalar yapılırken beraberinde atık miktarı üzerine de çalışmalar yürütülmüştür. Bunlardan biri olan “*UNEP/MAP - Bölgesel Kurallar Geliştirmek Amacıyla Elektrikli ve Elektronik Atıkların Değerlendirilmesi, Avrupa ve Akdeniz Ülkeleri’nde Bu Tür Atıklarının Yönetimi için Bölgesel Bir Strateji Oluşturulması*” isimli projedir ve Aralık 2008’de tamamlanmıştır. Proje; Arnavutluk, Hırvatistan, Slovakya, Bosna Hersek, Karadağ ve Türkiye’nin de içinde bulunduğu 6 ülkenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Proje sonuçlarına göre, Türkiye’de oluşan 2007 ve 2008 yıllarına ait atık miktarları sırasıyla, 319 bin ton ve 328 bin tondur. Projede elde

edilen verilerle hazırlanmış olan, 2007 yılı atık miktarının kategoriler halinde dağılımı Çizelge 2.8’de verilmiştir. Çalışmada yalnızca geçmiş yıla ait miktar hesabı yapılmakla yetinilmemiş ayrıca, gelecek yıllara dair atık miktarı tahminlerinde de bulunulmuştur. Buna göre Türkiye’de yıllık % 2’lik bir artış hızıyla artan EEE atık miktarı 2015 yılında 400 bin tona ulaşacaktır. 2007-2015 yıllarına ait tahmini atık miktarları Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008a).

**Çizelge 2.8.** UNEP/MAP Projesi kapsamında tahmin edilen 2007 yılı atık miktarının kategorilere göre dağılımı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008a)

| Ürün Sınıfı                                    | Atık Miktarı (Ton) | Kişi Başına Düşen Miktar (kg) | Toplam AEEE İçindeki Oranı (%) |
|--|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Büyük ev eşyaları                              | 156.486            | 2,22                          | 49,00                          |
| CRT’li Televizyonlar                           | 42.475             | 0,6                           | 13,30                          |
| CRT monitörler                                 | 26.507             | 0,38                          | 8,30                           |
| CRT içermeyen IT ve Telekomünikasyon Cihazları | 25.549             | 0,36                          | 8,00                           |
| Tüketici Elektronik (CRT hariç)                | 24.910             | 0,35                          | 7,80                           |
| Küçük ev eşyaları                              | 22.355             | 0,32                          | 7,00                           |
| Elektrikli ve elektronik cihazlar              | 11.178             | 0,16                          | 3,50                           |
| Aydınlatma cihazları                           | 7.665              | 0,11                          | 2,40                           |
| Gözlem ve kontrol aletleri                     | 639                | 0,01                          | 0,20                           |
| Otomatlar                                      | 639                | 0,01                          | 0,20                           |
| Oyuncaklar, hobi ve spor aletleri              | 319                | 0                             | 0,10                           |
| Medikal cihazlar                               | 319                | 0                             | 0,10                           |
| LCD ekranlar                                   | 0                  | 0                             | 0,00                           |
| Düz panelli televizyonlar                      | 0                  | 0                             | 0,00                           |
| <b>Toplam AEEE</b>                             | <b>319.359</b>     | <b>4,52</b>                   |                                |





**Şekil 2.1.** UNEP/MAP Projesi kapsamında hesaplanan atık miktarları (1000xton) (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008a)

AB Ülkelerinde gelişmişlik artarken beraberinde evlerde kullanılan cihaz çeşitliliği ve miktarı da artmaktadır. 20 yıllık bir süre sonunda tipik bir AB Ülkesinde evlerden kaynaklanan AEEE miktarı yaklaşık 900 kg'dır. Bu da yıllık 46 kg ve yıllık kişi başına düşen AEEE miktarının 20 kg olması anlamına gelmektedir (Çizelge 2.9). Çizelgeden de görüldüğü gibi, çıkan AEEE miktarının %50'sini çamaşır makinesi, televizyon ve bilgisayarlar oluşturmaktadır. Çizelge 2.10'da ise bazı ülkelerde, kategorilere göre, kişi başına toplanan AEEE miktarları verilmiştir (United Nations University, 2007).

**Çizelge 2.9.** Tipik Bir AB ülkesinde evsel kullanım sonucu oluşan AEEE miktarı (United Nations University, 2007)

| <b>Ekipman</b>                  | <b>Hane Başına Düşen Sayı</b> | <b>Ağırlık (kg)</b> | <b>Hane Başı Toplam Ağırlık (kg)</b> | <b>Ürün Ömrü (yıl)</b> | <b>Ürün Yenilenme Süresi (yıl)</b> | <b>20 yıl içinde oluşan atık miktarı (kg)</b> |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------------------|---|
| Çamaşır Makinesi                | 0,9                           | 65                  | 58,5                                 | 8                      | 2,5                                | 146   |
| Çamaşır kurutucusu              | 0,4                           | 35                  | 14                                   | 10                     | 2                                  | 28  |
| Bulaşık Makinesi                | 0,4                           | 50                  | 20                                   | 10                     | 2                                  | 40  |
| Buzdolabı                       | 0,5                           | 35                  | 17,5                                 | 10                     | 2                                  | 35  |
| Dondurucu                       | 0,7                           | 35                  | 24,5                                 | 10                     | 2                                  | 49  |
| Derin dondurucu                 | 0,6                           | 35                  | 21                                   | 10                     | 2                                  | 42  |
| Mikrodalga fırın                | 0,9                           | 15                  | 13,5                                 | 7                      | 2,9                                | 39  |
| Elektrikli ocak                 | 0,5                           | 60                  | 30                                   | 10                     | 2                                  | 60  |
| Elektrik süpürgesi              | 1                             | 10                  | 10                                   | 10                     | 2                                  | 20  |
| Ütü                             | 1                             | 1                   | 1                                    | 10                     | 2                                  | 2   |
| Su ısıtıcısı                    | 1                             | 1                   | 1                                    | 3                      | 6,7                                | 7   |
| Tost makinesi                   | 0,9                           | 1                   | 0,9                                  | 5                      | 4                                  | 4   |
| Mikser                          | 0,8                           | 1                   | 0,8                                  | 5                      | 4                                  | 3   |
| Televizyon                      | 1,8                           | 30                  | 54                                   | 10                     | 2                                  | 108   |
| Video çalar/DVD çalar           | 2                             | 5                   | 10                                   | 5                      | 4                                  | 40  |
| Hi-Fi sistem                    | 2                             | 10                  | 20                                   | 10                     | 2                                  | 40  |
| Radyo                           | 1                             | 2                   | 2                                    | 10                     | 2                                  | 4   |
| Bilgisayar                      | 1,5                           | 25                  | 37,5                                 | 4                      | 5                                  | 188   |
| Elektrikli oyunlar              | 1,5                           | 3                   | 4,5                                  | 5                      | 4                                  | 18  |
| Saç kurutma makinesi            | 0,5                           | 1                   | 0,5                                  | 10                     | 2                                  | 1   |
| Elektrikli ısıtıcılar           | 0,2                           | 5                   | 1                                    | 20                     | 1                                  | 1   |
| Telefon                         | 2                             | 1                   | 2                                    | 5                      | 4                                  | 8   |
| Elektrikli matkap               | 0,8                           | 2                   | 1,6                                  | 10                     | 2                                  | 3   |
| Elektrikli testere              | 0,2                           | 2                   | 0,4                                  | 10                     | 2                                  | 1   |
| Çim biçme makinesi              | 0,8                           | 15                  | 12                                   | 10                     | 2                                  | 24  |
| Diğer elektrikli bahçe aletleri | 0,3                           | 10                  | 3                                    | 10                     | 2                                  | 6   |
| <b>Toplam</b>                   |                               |                     | 361,2                                |                        |                                    | 917   |

**Çizelge 2.10.** Bazı ülkelerde kategorilere ait kişi başına toplanan AEEE miktarı(United Nations University, 2007)

| Ülke  | Kategoriler  |             |             |             |             |             |             |             |             |             | Toplam      |
|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|   | 1  | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          |             |
| Çek Cumh.   | 0,14   | 0,00        | 0,12        | 0,05        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,01        | 0,00        | 0,01        | 0,33        |
| Estonya   | 0,48   | 0,00        | 0,04        | 0,10        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | 0,62        |
| Slovakya  | 0,35   | 0,04        | 0,05        | 0,20        | 0,02        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,66        |
| Macaristan  | 0,91   | 0,04        | 0,09        | 0,22        | 0,01        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 1,27        |
| İsviçre   | 4,19   | 1,40        | 3,52        | 2,17        | 0,12        | 0,04        | 0,01        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 11,45       |
| İsveç   | 5,01   | 1,41        | 2,54        | 2,36        | 0,74        | 0,11        | 0,02        | 0,02        | n.d.        | n.d.        | 12,21       |
| Norveç  | 8,15   | 0,46        | 2,68        | 2,01        | *           | *           | 0,04        | 0,06        | -           | 0,01        | 13,41       |
| Avusturya   | 2,00   | 0,30        | 0,10        | 0,20        | 0,10        | *           | *           | *           | *           | *           | 2,70        |
| Japonya   | 2,58   | n.d.        | n.d.        | 0,82        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | n.d.        | 3,40        |
| Hollanda  | 2,59   | 0,53        | n.d.        | 1,18        | 0,03        | 0,06        | 0,03        | 0,00        | 0,00        | 0,02        | 4,44        |
| Belçika   | 2,99   | 1,12        | 1,16        | 1,64        | 0,20        | 0,14        | 0,00        | 0,02        | 0,00        | 0,00        | 7,27        |
| Finlandiya  | 4,75   | 0,28        | 1,44        | 1,30        | 0,27        | 0,03        | 0,00        | 0,02        | 0,01        | 0,00        | 8,10        |
| İrlanda   | 6,68   | 0,28        | 0,43        | 0,67        | 0,09        | 0,07        | n.d.        | n.d.        | 0,00        | n.d.        | 8,22        |
| İngiltere   | 7,17   | 0,54        | 0,59        | 1,10        | 0,04        | 0,35        | 0,16        | 0,00        | 0,00        | 0,00        | 9,95        |
| <b>Ortalama</b>   | <b>3,43</b>  | <b>0,49</b> | <b>1,06</b> | <b>1,00</b> | <b>0,15</b> | <b>0,08</b> | <b>0,03</b> | <b>0,01</b> | <b>0,00</b> | <b>0,00</b> | <b>6,00</b> |
| <b>Kategoriler</b>  |  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>1</b>  | Büyük ev eşyaları  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>2</b>  | Küçük ev eşyaları  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>3</b>  | Bilişim ve telekomünikasyon ekipmanları                              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>4</b>  | Tüketici ekipmanları   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>5</b>  | Aydınlatma ekipmanları   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>6</b>  | Elektrikli ve elektronik aletler (sanayi kullanımı dışında kalanlar) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>7</b>  | Oyuncaklar, eğlence ve spor aletleri                                 |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>8</b>  | Tıbbi cihazlar (kontamine olanlar dışında kalanlar)                  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>9</b>  | İzleme ve kontrol aletleri   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>10</b>   | Otomatlar  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b>n.d.:</b> Veri yok. *Diğer kategorilerin içinde verilmiştir. |  |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |

Bu çizelgede dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi, Japonya mevzuatına göre yalnızca 4 kategorideki eşyaların (çamaşır makinesi, buzdolapları, televizyonlar (CRT'ler) ve klimalar) toplanması zorunluluğudur. Bu

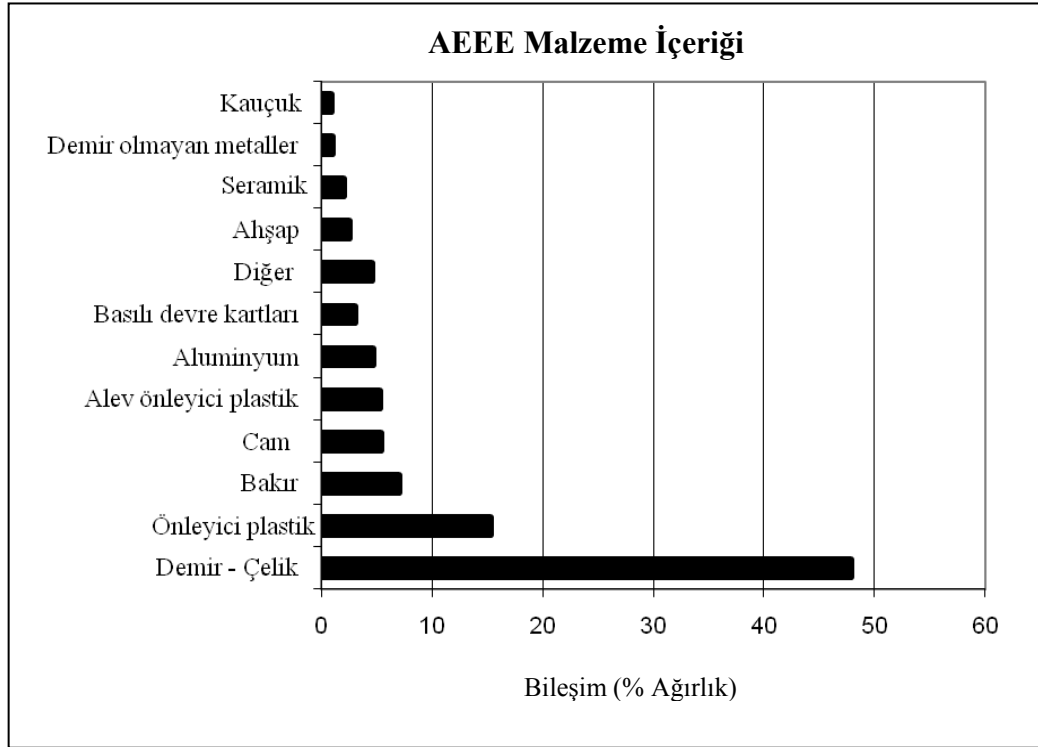
nedenle, kişi başına düşen miktarlar tüm AEEE kategorilerini kapsamamaktadır. Bununla beraber bu tip eşyalar, tüm AEEE'lerin ağırlıkça önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Birer AB ülkesi olmayan Norveç ve İsviçre'de, kategori 1 dikkate alındığında AB ülkeleriyle benzer performans görülmele beraber, diğer kategorilerde daha yüksek oranlara ulaşıldığı görülmektedir. Bunun sebebi, bu iki ülkedeki toplama sistemlerindeki verimin yanında, yüksek GSYİH ve coğrafik koşulları sayesinde sınırlardaki kontrolün daha iyi yapılarak atık ihracatının engellenmesi olarak açıklanabilir. Genel ortalamaya bakıldığında (6 kg/kişi), direktifte konulan hedefin (4kg/kişi) AB15 (EU15) ülkeleri için zorlayıcı olduğu söylenemez, ancak, yeni üyeler için oldukça ciddi bir rakam olduğu görülmektedir.

## **2.1.Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman Bileşimi ve İçerdiği Tehlikeli Maddeler**

Elektronik atıklar herhangi bir önlem alınmaksızın kontrolsüz bir biçimde atıldıklarında, çevre ve insan sağlığına bazı olumsuz etkileri vardır. AEEE birçoğu toksik olan, kurşun, cıva, arsenik, kadmiyum, selenyum, krom VI ve yakıldığında dioksin oluşmasına sebep olan alev önleyiciler gibi bileşiklerin de dahil olduğu 1000'den fazla farklı malzeme içermektedir. Evsel atık depolama sahalarında bulunan ağır metallerin yaklaşık %70'i bu tür atıklardan kaynaklanmaktadır. Tüketici elektroniklerinin %40'ı evsel atık depolama alanlarında yaşam döngüsünü tamamlar. Bunlara ek olarak AEEE içinde değerli elementler de bulunmaktadır. Günümüzde bu miktar 1 grama kadar düşmüş olmakla beraber, ilk nesil bilgisayarlarda 4 grama kadar altın bulunmakta idi. Elektronik atıkların içinde bulunan sıradan metallerin değeri bile çok fazladır. Bu nedenle de atık elektrikli ve elektronik eşyaların geri dönüşümü birçok girişimcinin de dikkatini çekmiş ve birçok ülkede konuyla ilgili ciddi yatırımlar yapılmıştır. İçerdiği bileşik çeşitlerinin geniş bir yelpazede dağılım göstermesi nedeniyle, elektronik atıklar için genelleştirilmiş bir atık bileşimi vermek oldukça güçtür. Ancak, yapılmış olan çalışmalar sonucunda 4 kategori belirginleşmektedir.

Bunlar: demirli metaller, demir içermeyen metaller, cam ve plastik olarak sıralanabilir.

Avrupa Kaynak Kazanımı ve Atık Yönetimi Merkezi (ETC/RWM)'ne göre en yaygın metaller demir ve çeliktir. Şekil 2.2'den de görüleceği üzere, bu metaller toplam ağırlığın yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. İkinci sırada ise plastikler ve daha sonra bakır, cam gibi malzemeler gelmektedir (Widmer ve ark., 2005).



Şekil 2.2. AEEE'nin ağırlıkça yüzde bileşimi (Widmer ve ark., 2005)

AEEE farklı boyutlarda ve miktarlarda, bazıları toksik malzemeler de içeren parçalar içermektedir. AEEE'nin ayrıca işlem görmesi gereken ana bileşenleri Çizelge 2.11'de verilmiştir (Cui ve Forssberg, 2003).

**Çizelge 2.11.** AEEE’de bulunan temel toksik bileşen ve malzemeler (Cui ve Forssberg, 2003)

| <b>Bileşenler</b>                            | <b>Tanım</b>  |
|--|---|
| Piller                                       | Kurşun, cıva ve kadmiyum gibi ağır metalleri içerir.  |
| CRT  | Konik camın içinde kurşun bulunmaktadır.  |
| Cıva içeren parçalar (Anahtar vb.)           | Cıva, termostatlar, sensörler ve anahtarlarda kullanılmaktadır. Ayrıca medikal ekipman, bilgi aktarımı, telekomünikasyon ve cep telefonlarında bulunmaktadır. |
| Asbestli malzeme                             | Bu tür malzemeler ayrıca işlenmelidir.  |
| Toner, kartuşlar                             | Toner ve kartuşlar AEEE’den ayrı toplanarak işleme sokulmalıdır.  |
| Basılı devre kartları                        | Ana bileşenler olan cip dirençleri, yarıiletkenler ve kızılötesi detektörlerin içinde kadmiyum bulunmaktadır.   |
| PCB içeren kapasitörler                      | Güvenli bir bertarafın sağlanabilmesi için AEEE’den uzaklaştırılmalıdırlar.   |
| LCD ekranlar                                 | 100 cm <sup>2</sup> ’den daha geniş olan ekranlar AEEE’den uzaklaştırılmalıdır.   |
| Halojenli alev geciktirici içeren plastikler | Yakmanın oluştuğu sırada toksik malzemelerin çıkmasına sebep olurlar.   |
| CRC, HCFC, HFC içeren ekipman                | Köpükler ve buzdolabının CFC, HCFC içeren buzdolabı devresi özenle sökülerek bertaraf edilmelidir.  |
| Gaz deşarj lambaları                         | İçinde bulunan cıva uzaklaştırılmalıdır.  |

AEEE’nin dünya genelinde ve ülkemizde artış göstermesiyle beraber, konuyla ilgili yatırımlar yapılmış ve çeşitli yasal düzenlemelere gidilmiştir. Birçok ülkede geri dönüşüm tesisleri kurulmuş ve günümüzde de faaliyetlerine devam etmektedir. Ancak atık miktarındaki artışla beraber rekabetin de artıyor olması, daha fazla kar etme amacının güdülmesi, yasal düzenlemelerin dışına çıkılarak bu tür atıkların tesis içinde işlem görmeden ekonomik olarak geri kalmış ülkelere ihraç edilmesiyle sonuçlanabilmektedir. Birçok elektrikli ve elektronik

eşya geri dönüşüm tesisi biriktirdiği atığı işlememektedir. Örneğin İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde bile, bu tür atıkların işlenmektense, atık ihracatı yapan kişilere illegal yollardan satılarak daha fazla para kazanılmaya çalışıldığı bilinmektedir. Atıkları alan kişiler bu atıkları ikinci el kullanıma açılacak gibi etiketleyerek gümrüklerden geçirebilmektedir. Daha sonra bu atıklar daha düşük bir ücretle, düşük sağlık ve çevre standartlarında çalışan kişilerce parçalanmak üzere, gelişmekte olan ülkelere satılmaktadır. Bu ülkelerde kullanılan yöntemler ve zararları şu şekilde sıralanabilir:

- Katod ışın tüplerinin çekiçle kırılması, içindeki fosfor tozunun havaya karışmasına sebep olmaktadır.
- Devre kartlarının içindeki kurşunu eritmek amacıyla açık ortamda yakılması, bu sırada çıkan kurşun gazı solunduğunda solunum sistemine zarar vermektedir.
- Dışındaki plastiği eriterek içindeki bakırı elde etmek amacıyla kabloların ya da plastik ambalajların yakılması, dioksin ve furan emisyonuna sebep olmaktadır.
- Bu yöntemler sonucunda işlenemez atık olarak ortaya çıkan zehirli ve kirli parçaların sulama kanallarına, saf asitlerin ya da ağır metallere kirlenmiş suların doğrudan nehirlere verilerek bertaraf edilmesi de önemli sorunlara yol açmaktadır.

Özellikle bazı Afrika ve Çin, Hindistan, Pakistan gibi bazı Asya ülkelerindeki insanların bu şekilde gelişmiş ülkelerin atık işleyicisi olarak çalıştırıldığı bilinmektedir (GAO, 2008).

### **2.1.1. Kurşun**

Depolama alanlarında bulunan tüketici elektronikleri % 40 oranında kurşun içermektedir. Sadece ABD’de 1997-2004 yılları arasında 315 milyon bilgisayar atığı oluşmuştur. Bu da yaklaşık 600 bin ton kurşun anlamına gelmektedir (Tchobanoglous ve ark., 2002). Depolama alanlarındaki kurşun varlığıyla ilgili en önemli husus yer altı sularında kurşun kirliliğinin oluşması ile

birlikte içme sularının da kirlenmesidir. Bunun yanında kurşun, merkezi ve diğer sinir sistemlerinin tamamına, kan dolaşım sistemine ve böbreklere zarar verir. Endokrin sistemi üzerindeki etkileri de tespit edilmiş olup çocuklarda beyin gelişimi üzerine negatif etkileri kanıtlanmıştır. Kurşun doğada birikir ve ilerleyen nesillere aktarımı sırasında mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar üzerinde toksik etkiler bırakır.

### **2.1.2. Kadmiyum**

Kadmiyum bileşikleri toksik olarak sınıflandırılmakta ve insan sağlığı üzerinde geri dönülemez etkileri bulunmaktadır. Böbrekleri etkilemenin yanı sıra, solunum ve sindirim sırasında absorbe edilerek vücuda dağılır. Kadmiyum vücutta kaldığı yarılanma süresi olan 30 yıl boyunca zehirlenme semptomlarına yol açacak kadar birikebilir. Ayrıca doğada da birikimi söz konusudur. ABD’de 1997-2004 yılları arasında 1000 ton kadmiyum, depolama alanlarına gitmiştir (Tchobanoglous ve ark., 2002).

### **2.1.3. Cıva**

Dünyada her yıl tüketilen cıvanın % 22’si elektrikli ve elektronik eşyalarda kullanılmaktadır. Özellikle termostatlar, sensörler, elektronik devreler, ölçüm aletlerinde kullanılan anahtarlar ve elektrik düzenleyicileri başta olmak üzere, medikal ekipmanlar, telekomünikasyon cihazları, cep telefonları, piller ve basılı devre kartlarında cıva bulunmaktadır. Bir tek alettaki miktarı az olsa bile 315 milyon adet atık bilgisayar, 200 ton cıva içermektedir. İnorganik cıva suyla karıştığında dip sedimentlerde birikim gösteren metil cıva formuna geçer. Metil cıva birikim göstererek besin zincirinin üst basamaklarına kadar taşınır. Bu bileşik özellikle beyne zarar vermektedir (Tchobanoglous ve ark., 2002).



#### **2.1.4. Krom VI (Altı değerli krom bileşikleri)**

Krom VI bileşiği hücre zarından kolayca geçerek çeşitli toksik etkilere sebep olacak şekilde adsorbe edilir. Düşük konsantrasyonlarında bile alerjik reaksiyonlara yol açabilir, DNA hasarına sebep olabilir. Özellikle insinerasyon sonrası oluşan küllerde bulunan krom, kolayca yer altı sularına sızabilir özelliktedir. Bu yüzden krom içeren atıklar kesinlikle yakılmamalıdır. 315 milyon bilgisayarda 600 ton krom VI bulunmaktadır (Tchobanoglous ve ark., 2002).

#### **2.1.5. Plastikler**

Ortalama bir bilgisayarda yaklaşık 6,5 kilogram plastik malzeme bulunmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, atık bilgisayarlardan her yıl 500.000 tondan daha fazla plastik hurda çıkmaktadır. Çıkan plastik malzemelerin % 26'sını diğer plastik türlerine göre insan ve çevre sağlığına daha çok zarar veren PVC oluşturmaktadır. Bilgisayar firmaları kullanılan PVC miktarını ciddi anlamda düşürmüş olmasına rağmen, halen yıllık 125 bin ton PVC atığı oluşmaktadır. Özellikle kablolarda kullanılan PVC'nin yakılması oldukça tehlikeli sonuçlara yol açar. Düşük yoğunluklu polietilen ve termoplastik olefinler PVC'ye alternatif malzemelerdir (Tchobanoglous ve ark., 2002).

PVC geri dönüşümü zor olan ve geri dönüşüm sürecindeki diğer plastikleri de kirleten bir malzemedir. Bununla beraber PVC üretimi ve yakılması dioksin ve furan bileşiklerinin oluşumuna sebep olmaktadır. Bu sebeplerden birçok ülkede yalnızca elektronik ekipmanlarda değil, diğer ürünlerde de PVC kullanılmamasına yönelik yasal düzenlemelere gidilmektedir (Tchobanoglous ve ark., 2002).

## **2.2.Elektrikli ve Elektronik Atıklarla İlgili Uluslararası ve Ulusal Yasal Durum**

1980'lerden günümüze elektrikli ve elektronik eşya sanayi yükselişe geçmiş ve günümüzde çok hızlı bir şekilde yeni ürünler tasarlanır, tasarlanan ürünler hızla üretilir ve tüketicisine ulaştıktan sonra kısa bir süre içinde tüketilir hale gelmiştir. Özellikle bilgisayarlar, telefonlar ve bunlara bağlı diğer ekipmanlar ile ucuzlayarak hemen hemen bütün evlere giren beyaz eşya üretiminde önemli artışlar meydana gelmiştir. Artan nüfus, yeni eşyalara olan talebi artırırken, bir yandan da ömrünü dolduran eşya atıkları evsel depolama alanlarını doldurmaya başlayarak hem üreticiyi hem de tüketiciyi ilgilendiren ciddi bir sorun haline gelmiştir. Bu aşamada bazı yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu bölümde, uluslararası ve ulusal düzeyde yasal durum ve yapılan düzenlemeler ele alınmıştır.

### **2.2.1. Avrupa Birliği'ndeki yasal durum**

Elektrikli ve elektronik atıkların Avrupa Birliği'nde ortaya çıkışı, üyelerin gelişmiş ülkelere oluşması nedeniyle çok daha hızlı olmuş ve bu yüzden gelişmekte olan ülkelere göre daha hızlı önlem alınması gerekmiştir. Üye ülkelerde AEEE yönetimini düzenleyen yönetmelikler olan "Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipman Direktifi" (Directive 2002/96/EC WEEE) ile "Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Kısıtlanması Direktifi" (Directive 2002/95/EC RoHs) 2003 yılında yayımlanmış ve üye ülkelerin kendilerine ait yasalarını çıkartmaları için son tarih 13 Ağustos 2004 olarak belirlenmiştir (Directive 2002/96/EC WEEE ve Directive 2002/95/EC RoHs). Bununla beraber uygulanmaya başladığı ülkelerde karşılaşılan sorunlar ve gereksiz maliyetler, devam eden çevresel kirlilik, atık toplanması ve işlenmesindeki artıştaki azalma, rekabet ortamının bozulması ve gereksiz idari yükler gibi yasal, yönetsel ve teknik problemler sonucunda, AB parlamentosu yönetmelikte revizyona gidilmesi kararını almıştır. Her iki yönetmelikle ilgili önemli hususlar Çizelge 2.12'de verilmiştir (Çıggin, 2007 ve http-2, 2010).

WEEE ve RoHS Direktifleri, miktarları hızla artan elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının çevresel etkilerinin önlenmesini amaçlamaktadır. Söz konusu

atıklar ağırlıklı olarak ev ve büro ekipmanları ile çeşitli ses ve görüntü ekipmanlarından kaynaklanmaktadır. Bu atıkların bu derece hızla artmasının sebebi, elektrikli ve elektronik ekipmanların ilerleyen teknoloji karşısında çok çabuk değer kaybetmeleridir. Ayrıca tehlikeli atık içeriği sebebiyle bu tür atıkların bertarafı zordur (http-3, 2009).

WEEE Direktifi, söz konusu atıkların ayrı toplanması ve geri kazanımını gerekli kılmaktadır. Üreticiler, ürünlerinin ömrünü tamamlama aşamasından da sorumludurlar. Böylece üreticilerden geri kazanım, geri dönüşüm ve parçalanabilirlik olanaklarını değerlendirerek ürünlerini tasarlamaları beklenmektedir (http-3, 2009).

RoHS Direktifi elektrikli ve elektronik ekipmanların bazı tehlikeli madde içeriklerinin azaltılması ile ilgilidir. WEEE' ye göre elektrikli ve elektronik ekipman atıkları ayrı toplanmış olsalar bile, içerdikleri tehlikeli maddelerden dolayı risk taşımaktadırlar. Söz konusu maddeler ağır metaller, PBB ve PBDE' lerdir (http-3, 2009).

WEEE Direktifi, Avrupa Antlaşmasının 175/1 maddesini temel almış olup bu hüküm, yalnızca çevre koruma düzeyinin artırılmasıyla ilgilienmektedir. Rekabetin bozulmasını önlemek üzere benzer işletme koşullarının oluşturulması konusu hariç olmak üzere piyasa bütünleşmesine ait bileşenler bulunmamaktadır. Bunun anlamı Avrupa Antlaşmasıyla uyumlu önlemler alınırken, üye devletler direktifin şartlarından daha sıkı kuralların oluşturulması ve uygulanması konusunda serbesttirler. Bu minimum uyumlaştırma olarak tanımlanır (http-3, 2009).

Diğer taraftan, RoHS Direktifi ürün bileşenlerinde sınırlamalar getirmektedir. Dolayısıyla direktif bu tür ürünlerin serbest dolaşımıyla ilgilidir. İç piyasa fonksiyonu açısından bunun tüm Üye Devletlerde aynı şekilde uygulanması çok büyük önem taşımaktadır. Yasal açıdan Avrupa Birliği Antlaşmasının 95. maddesine göre Üye Ülkelerin daha sıkı kurallar koymasına izin verilmemektedir (http-3, 2009).

**Çizelge 2.12.** WEEE ve RoHS Direktiflerinin karşılaştırılması (Çığgın, 2007 ve http-2, 2010).

| WEEE   | RoHS  |
|--|---|
| <b>Amaç</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depolama alanlarına gönderilen AEEE miktarının azaltılması</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• AEEE'in çevreye olan etkilerinin en aza indirilmesi</li> </ul>   |
| <b>Kapsam / Ürün Grupları</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Büyük ve küçük ev gereçleri</li> <li>• Bilgi teknolojileri ve telekomünikasyon donanımları</li> <li>• Tüketici donanımları</li> <li>• Aydınlatma donanımları</li> <li>• Büyük ölçekli sabit endüstriyel araçlar dışındaki elektrikli ve elektronik donanımlar</li> <li>• Oyuncaklar, boş vakit ve spor donanımları</li> <li>• Tıbbi cihazlar</li> <li>• İzleme ve kontrol aletleri</li> <li>• Otomatik dağıtıcılar</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Büyük ve küçük ev gereçleri</li> <li>• Bilgi teknolojileri ve telekomünikasyon donanımları</li> <li>• Tüketici donanımları</li> <li>• Aydınlatma donanımları</li> <li>• Büyük ölçekli sabit endüstriyel araçlar dışındaki elektrikli ve elektronik donanımlar</li> <li>• Oyuncaklar, boş vakit ve spor donanımı</li> <li>• Otomatik dağıtıcılar</li> </ul>   |
| <b>Konum ve Son Süreler</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 27.01.2003 yönerge</li> <li>• 13.02.2003 direktifin yürürlüğe girmesi</li> <li>• 13.08.2004 üye ülkelerin uygulama yasalarını çıkarması</li> <li>• 13.08.2005 geri alım lojistiklerinin kurulması</li> <li>• 31.12.2006 itibariyle geri dönüşüm kotalarının karşılanması</li> <li>• 03.12.2008 Yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair teklif</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 27.01.2003 yönerge</li> <li>• 13.02.2003 direktifin yürürlüğe girmesi</li> <li>• 13.08.2004 üye ülkelerin uygulama yasalarını çıkarması</li> <li>• 13.02.2005 uygulamanın yeniden gözden geçirilmesi ve yeni yasak listesinin belirlenmesi</li> <li>• 1 Temmuz 2006 itibariyle sınırlamaların uygulamaya konulması</li> <li>• İstisnaların gözden geçirilmesinin Avrupa Komisyonu tarafından üstlenilmesi</li> </ul> |
| <b>Yükümlülükler</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dağıtıcılar ve imalatçılar, tedarikçilerle doğrudan ilintili olmayan gerekleri yerine getirmekle yükümlüdürler.</li> <li>• Kişi başına yıllık birim toplama <math>\geq 4</math> kg</li> <li>• Mamul kategorisi başına özel yeniden kazanım, geri dönüşüm, yeniden kullanım kotaları</li> <li>• İmalatçılar geri dönüşümü finanse eder.</li> <li>• İmalatçılar, müşterilerine uygun bir geri alma çözümü sunmak zorundadırlar.</li> <li>• İmalatçılar, geri dönüştürücülere uygun geri dönüşüm için gerekli tüm bilgileri yollamakla yükümlüdürler.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• RoHS sınırlamaları kapsamındaki tüm ürünlerdeki maddelerin belli istisnalar hariç 30 Haziran 2006'dan itibaren pazara konması</li> </ul>   |

### **2.2.2. ABD ve diğer bazı ülkelerdeki yasal durum**

Avrupa Birliği Ülkeleri için geçerli olan WEEE direktifleri, Brezilya, Çin, Japonya ve ABD gibi dünyanın başka bölgelerinde de etkili olmuştur. Brezilya'da, pillerin geri alınmasını kapsayan mevcut mevzuatın iyileştirilerek elektrikli ve elektronik ekipmanların da bu kapsamda geri alınması hedeflenmektedir. Japonya'da, belirli tip elektronik cihazların geri dönüşümü kanunu, imalatçılar açısından beyaz eşyalar ve TV setleri için geri alma programının uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Gelecekte iletişim cihazlarının da bu kapsamda değerlendirilmesi beklenmektedir. Çin'de atık bertaraf kanunu yeniden düzenlenerek ithalatçıların ve imalatçıların belirli tip elektronik mamuller için geri dönüşüm bedeli ödeyerek toplama ve geri dönüşüm programını desteklemeleri zorunlu kılınmıştır. Şu an için düzenlemenin hedefi büyük ev gereçleri, televizyonlar ve bilgisayarlardır (Çığgın, 2007).

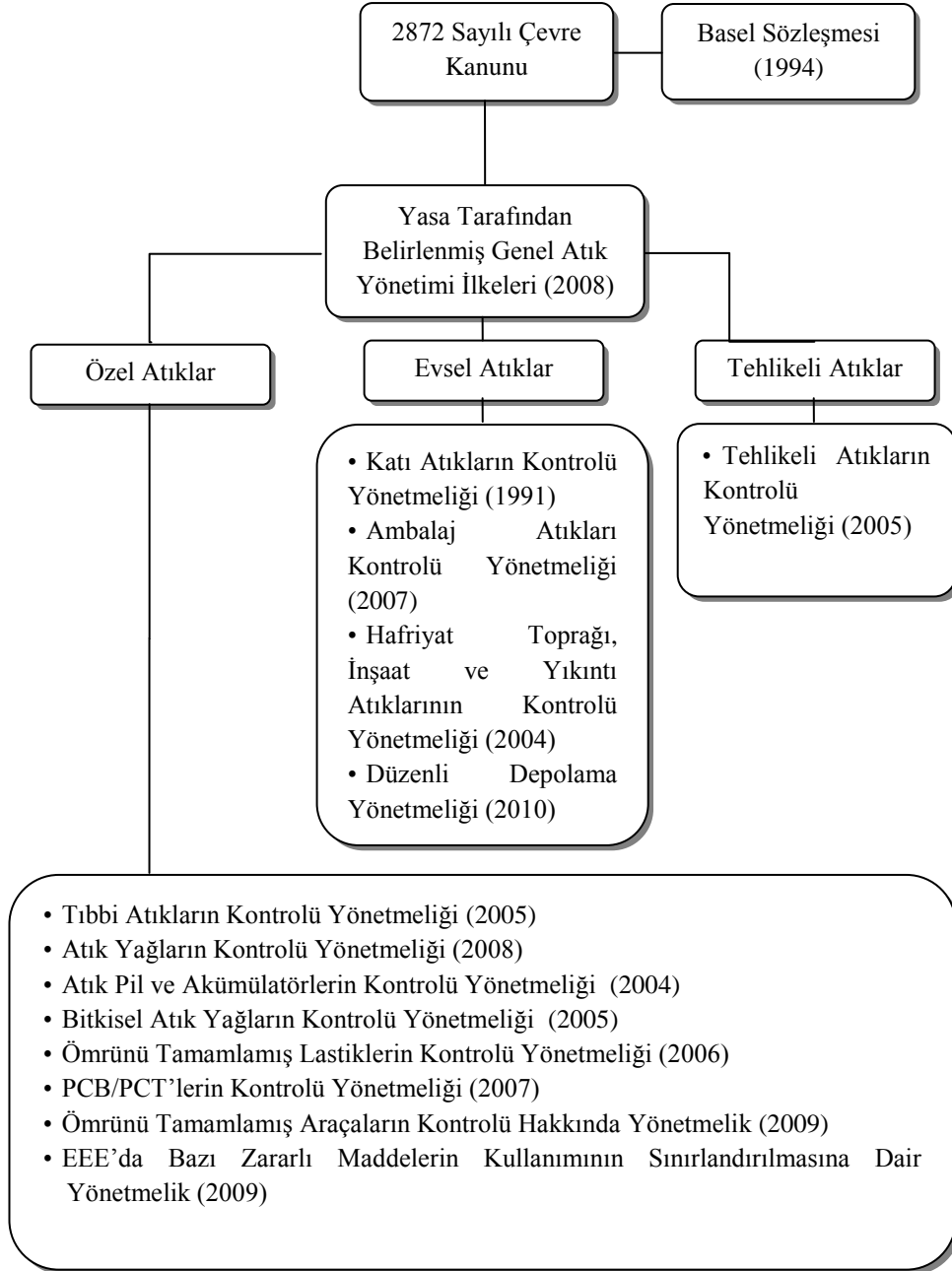
ABD'de ulusal bir düzenleme olmamakla beraber Kaliforniya eyaleti, 25 Eylül 2003 tarihinde California SB 20 ve 29 Eylül 2004 tarihinde California SB 50 olarak bilinen AB direktiflerine benzer bir mevzuatı kabul etmiştir. Bu mevzuat sadece Kaliforniya eyaletinde yapılan satın alımları kapsamına rağmen şu an ABD eyaletlerinin yarısından fazlasında elektrikli ve elektronik atıklarla ilgili yasalar ya teklif edilmiş durumdadır ya da görüşülmeyi beklemektedir (Çığgın, 2007).

### **2.2.3. Ülkemizdeki yasal durum**

Türkiye'de çevre ile ilgili düzenlemeler, 2872 sayılı Çevre Kanunu ile başlayarak bu Kanun altında yer alan, ilgili kanun hükmünde kararname, tüzük, yönetmelik ve Bakanlar Kurulu kararı eki kararlar ile düzenlenir. Atıklar ise, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kapsamında ve atık türlerine göre çıkartılmış olan alt düzenleyici mevzuatlara göre değerlendirilir. Ülkemizdeki atık yönetimi çerçevesi Şekil 2.3'te gösterilmiştir (Yahşi, 2009).

Günümüzde elektronik atıklarla ilgili olarak üç adet ulusal ve bir adet uluslararası yönetmelik öne çıkmaktadır. Bunlar Basel Sözleşmesi, Tehlikeli

Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, henüz yürürlüğe girmemiş olan Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Yönetmeliği ve Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlanmasına Dair Yönetmelik olarak sıralanabilir.



Şekil 2.3. Türkiye'deki yasal mevzuat çerçevesi

### **2.2.3.1.Basel Sözleşmesi**

Gelişmiş ülkelerden ülkemize olan yasadışı atık trafiğinin önlenmesi amacıyla 1989 yılında “Basel Sözleşmesi” imzalanmış ve 1994 yılında onaylanmıştır.

Sözleşmenin amacı,

- Tehlikeli ve diğer atıkların sınır ötesi hareketlerini azaltmak,
- Tehlikeli ve diğer atıkların oluştukları yere en yakın olacak şekilde çevreyle uyumlu olarak ıslahı ve bertaraf edilmesini sağlamak,
- Tehlikeli ve diğer atıkların oluşumunu miktar ve olası zarar yönünden minimize etmektir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2003).

Elektronik atıklarla ilgili mevcut yasal düzenlemelere rağmen, AB ülkelerinde dahi, halen yasadışı atık ticareti ile mücadele edilmektedir. Bu tür atıkların ikinci el kullanıma açık olması, bazı yasa dışı çalışan kuruluşlar tarafından açık bir kapı gibi görülüp atıkların genellikle Afrika ülkeleri olmak üzere az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelere uygun olmayan yöntemlerle geri kazanıma gönderilmeye çalışılmasıyla sonuçlanabilmektedir. Bu noktada Basel Sözleşmesi içerdiği kurallar ve yasal prosedürler ile uluslararası ve ulusal düzeyde elektronik atıkların taşınımı ve çevre ve insan sağlığına uygun bertarafının sağlanması açısından önem kazanmaktadır.

### **2.2.3.2.Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği**

Ülkemizde tehlikeli atık yönetim sisteminin oluşturulması amacıyla Çevre Kanunu ve Basel Sözleşmesi esas alınarak 27.08.1995'te “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY)” hazırlanmış ve 14.03.2005 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak revize edilmiştir. Yönetmelik tehlikeli atıkların toplanması, tesis içinde geçici olarak depolanması, ara depolanması, taşınması, geri kazanılması, nihai bertarafı ile ithalat ve ihracatına ilişkin hukuki ve teknik esasları kapsamaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005).

Günümüzde elektrikli ve elektronik ekipman atıklar Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği kapsamında, liste Ek 7'ye göre 16 02 başlığı altında değerlendirilmektedir. Yönetmeliğe göre, bu tür atıkların masrafları atık üreticisi tarafından karşılanması koşulu ile diğer atıklardan ayrı toplanması, lisanslı araçlarla taşınarak lisanslı tesislerde işlenmesi ya da bertarafının sağlanması gerekmektedir.

### **2.2.3.3.Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Yönetmeliği taslağı**

Uzun yıllardır süren AB'ne uyum çalışmaları içinde, çevre ile ilgili yasaların düzenlenmesi ve uyumlaştırılması oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmaların içinde elektronik atıklarla ilgili mevzuat çalışmaları oldukça yeni olmakla ve altyapı çalışmaları devam etmekle beraber henüz yayımlanmamıştır. Taslak olarak yayımlanan yönetmelik ise günümüzde AB'ne üye devletler arasında geçerli olan "Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Yönetmeliği" (WEEE) esas alınarak oluşturulmuştur.

Yönetmeliğin amacı: elektrikli ve elektronik atıkların üretiminden başlayarak nihai bertarafına kadar; elektrikli ve elektronik atıkların oluşumunun ve bertaraf edilecek atık miktarının azaltılması başta olmak üzere, bu amaçla uygulanan tekrar kullanım, geri dönüşüm ve diğer geri kazanım yöntemlerinin desteklenmesi, teşvik edilmesi ve aynı zamanda bunların işlenmesi ve bertarafı ile uğraşan ticari kuruluşların çevresel veriminin artırılması, bu yöntemler için teknik ve idari standartların belirlenmesi, elektrikli ve elektronik eşyaların çevreyle uyumlu üretiminin ve tasarımının gerçekleştirilmesinin sağlanması, AEEE'in ithalatı, ihracatı ve transit geçişi için esasların belirlenmesi, kullanılmış AEEE'in toplanması ve taşınması için üretici sorumluluğu kapsamında gerekli sistemin oluşturulmasıdır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

Bu Yönetmelik büyük ve küçük ev eşyalarını, bilişim ve telekomünikasyon ekipmanlarını, tüketici ekipmanlarını, aydınlatma ekipmanlarını, elektrikli ve elektronik aletleri, oyuncakları, eğlence ve spor aletlerini, tıbbi cihazları, izleme ve kontrol aletlerini ve otomatları kapsamaktadır.



Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Yönetmeliği taslağında toplama ve geri kazanım esnasında ortaya çıkan maliyetlerin tamamının üreticiler tarafından karşılanması zorunlu kılındığından, en büyük sorumluluğun üreticilere düştüğü söylenebilir. Bu kapsamda atık oluşumunun en aza inmesi için, yine üreticiler tarafından ürün kullanım süresinin uzatılması, parça değişiminin artırılması gibi atık önleyici faaliyetlere ağırlık verilmelidir, ancak üreticiye getirilen diğer maliyetler ve rekabet ortamı göz önüne alındığında uygulanabilmesi oldukça zor hususlardır.

Söz konusu yönetmelik taslak halinde olduğundan, henüz bağlayıcılığı yoktur ve ne zaman yayımlanacağı da henüz kesinleşmemiştir. Yayımlandığı zaman, konulan hedeflere ulaşılabilmesi için üreticilerin günümüzden itibaren çalışmalarına başlaması gerekmektedir. Bununla beraber atık miktarı her geçen gün artmakta ve bu atıkların uzaklaştırılmasında ileride yönetmeliğin dışında kalabilecek farklı çözümler üretilmekte ve uygulanmaktadır. Bu yüzden mevcut boşluğun doldurulması için çalışmaların hızlandırılması gerek insan, gerek çevre sağlığı açısından son derece önemlidir.

#### **2.2.3.4. Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına dair yönetmelik**

AEEE yönetmeliğine ek olarak 2002/95/EC nolu AB direktifi esas alınarak “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin (RoHS) Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik” 30.05.2009 tarih ve 26891 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. RoHS ve AEEE yönetmelikleri birbirlerini kapsam olarak tamamlamaktadır. RoHS yönetmeliği, atık oluştuktan sonra atığın işlenmesinde sorun yaratabilecek tehlikeli maddelerin üründe bulunmamasını hedefler. Bu yönetmelik, üretilen ürünlerin AB üye ülkeleri içinde serbest dolaşımı açısından önemlidir. Yönetmelik, ürünlerin farklı menşelere sahip olsalar bile atık haline geldikten sonra var olan tesislerde çevre ve insan sağlığına uygun olarak geri dönüştürülebilir olmasını hedeflemektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008b).

Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik, AEEE yönetmeliğinde olduğu gibi, büyük ve küçük ev eşyalarını, bilişim ve telekomünikasyon ekipmanlarını, tüketici ekipmanlarını, aydınlatma ekipmanlarını, elektrikli ve elektronik aletleri (büyük ve sabit sanayi aletleri hariç olmak üzere), oyuncakları, eğlence ve spor aletlerini, tıbbi cihazları, izleme ve kontrol aletlerini ve otomatları kapsamaktadır. Bahsi geçen ekipmanlarda kurşun (Pb), cıva (Hg), artı altı değerlikli krom ( $Cr^{6+}$ ), polibromürlü bifeniller (PBB) ve polibromürlü difenil eterler (PBDE) ile kadmiyum (Cd)'un belirli konsantrasyonun üstünde kullanılması yasaktır. İlgili maddeler ve konsantrasyon değerleri Çizelge 2.13' te verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008b). Sağlığa zararlı maddelerin kullanım yerleri ise Çizelge 2.14'te görülmektedir (Yılmaz, 2006).

**Çizelge 2.13.** Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına dair yönetmelik kapsamındaki maddeler ve izin verilen konsantrasyon değerleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008b)

| <b>Madde</b>                            | <b>Miktar<br/>(% ağırlık)</b> |
|---|-------------------------------|
| Cıva (Hg)                               | 0,1                           |
| Artı altı değerlikli krom ( $Cr^{6+}$ ) | 0,1                           |
| Polibromürlü bifenil (PBB)              | 0,1                           |
| Polibromürlü difenil eter (PBDE)        | 0,1                           |
| Kurşun (Pb)                             | 0,1                           |
| Kadmiyum (Cd)                           | 0,01                          |

**Çizelge 2.14.** Sağlığa zararlı maddelerin kullanım yerleri (Yılmaz, 2006).

|           |  |
|-----------|--|
| Kurşun    | Lehim, aktif ve pasif elektronik malzeme, terminasyon uçları, baskılı devre kaplamaları, cam, akü ve piller. |
| Kadmiyum  | Elektroliz kaplamalar, plastik malzeme, sensörler, NiCd piller, kıvılcım çıkaran kontaklar.                  |
| Cıva      | Piller, anahtarlar, sensörler, röleler, floresan lambalar, vs.   |
| Krom (VI) | Krom kaplamalar  |
| PBB-PBDE  | Alev almayı önleyici malzeme   |

Elektrikli ve elektronik eşyaların içeriğinde bulunan maddeler çok çeşitlilik göstermektedir. Bu açıdan yönetmelik kapsamında üreticilerden, var olan maddeleri listelemeleri yerine, yalnızca uygunluk beyan formu yani ürünlerinin Yönetmelik hükümlerine uygun olarak üretilmiş olduğunun taahhüdü istenmektedir.

### **3. ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLARIN YÖNETİMİ**

Elektrikli ve elektronik atıkların yönetiminde, diğer tüm atık türlerinde olduğu gibi, atık yönetim hiyerarşisi mantığı esas alınır. Buna göre, öncelikle atığın oluşması önlenmelidir. Eğer atık oluşumu engellenemiyorsa, atık miktarının en aza indirilmesi sağlanmalıdır. AEEE'lerde atık önleme aşamasının önemli bir kısmını, yeniden kullanım oluşturmaktadır. Bu tür atıkların yeniden ya da diğer bir deyişle ikincil kullanımı tamir edilebilme veya parça değişikliği yapılarak yeniden çalıştırılabilme söz konusu olduğundan daha kolaydır. Bu sebepten dolayı da AEEE geri dönüşüm tesislerine gelen atıkların ilk önce çalışıp çalışmadığı veya tamir edilip edilmeyeceği kontrol edilir. Bu kontrollerden geriye kalan atıklar geri dönüştürülmelidir. Uygulanan bu yöntemlerden sonra, geriye kalan atık malzemeye uygulanacak en son işlem bertaraftır. Bu bölümde, elektrikli ve elektronik ekipmanlara ait atık yönetim basamakları ele alınmıştır.

#### **3.1. Atık Önleme**

Atık yönetiminin ilk ve en önemli basamaklarından biri olan atık önleme, bu tür atıklarda da kullanım ömrünün uzun tutulması, dayanıklılığın artırılması, yedek parça değişiminin yaygınlaştırılması ve kolaylaştırılması gibi temelde üretici sorumluluğu altında olan önlemlerle sağlanabilir. Eğer atık oluşması önlenemiyorsa, eşyanın yeniden kullanımı değerlendirilmelidir. Diğer ürünlerden farklı olarak elektronik ekipmanlar atık haline geldikten sonra da kullanılabilir. Ülkemizde henüz yaygın olarak benimsenmemiş olmasına rağmen bu tür atıklar için ikincil kullanım atık önlemede büyük önem taşımaktadır. Yeniden kullanımda güvenlik öne çıkmaktadır. Bu konunun çözümüne örnek olarak Almanya'da bulunan geri dönüşüm tesisleri verilebilir. Bu tesislerde bertaraf edilen sabit diskler defalarca formatlandıktan sonra tamamen kapalı alanlarda gözetmenler varlığında çok küçük parçalar haline getirilerek güvenlik sağlanmaktadır (Özgür, 2009). Bu seçenekler tükendikten sonra elektronik atıkların yönetimindeki geri dönüşüm gibi basamaklara geçilmelidir.

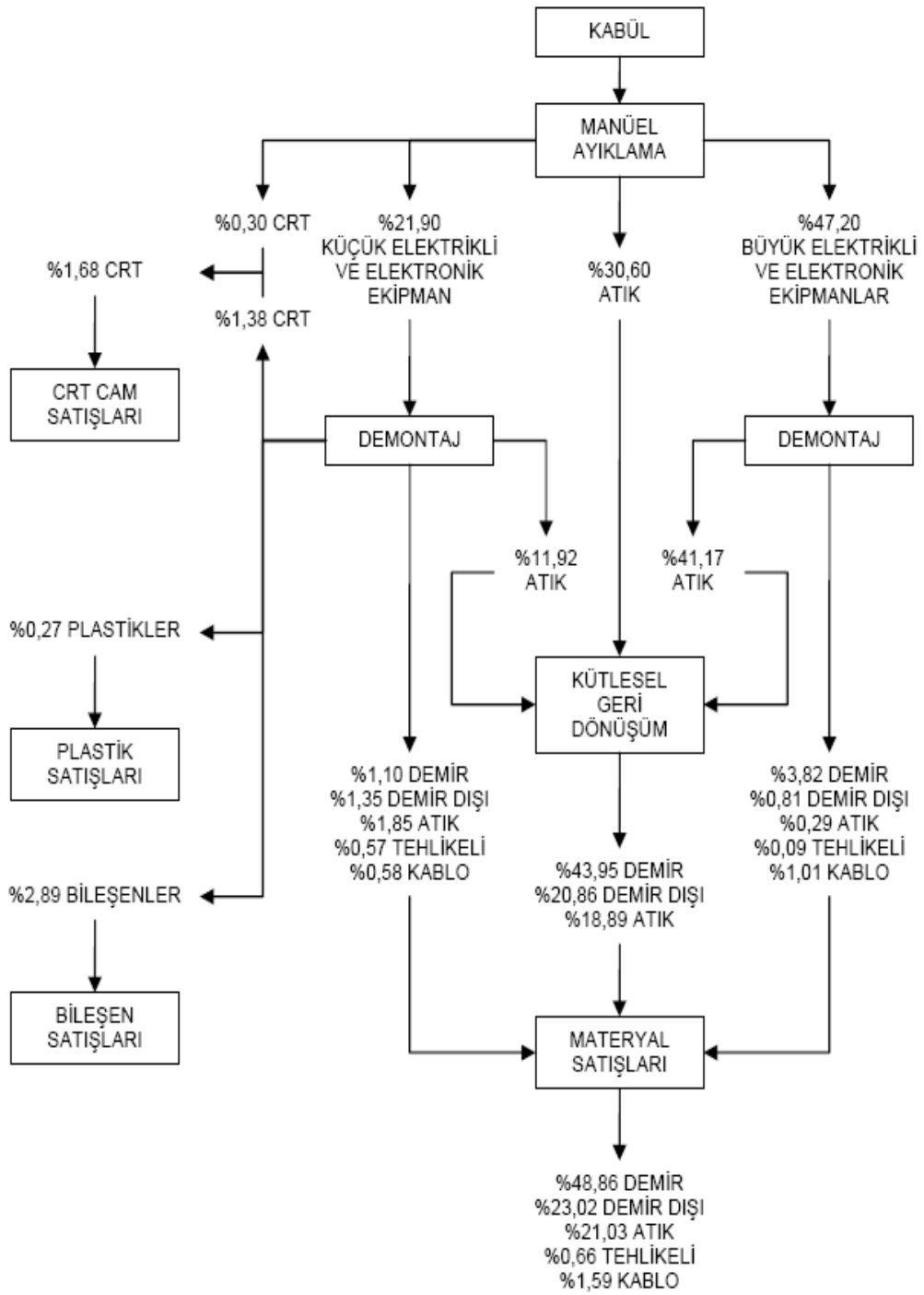
### 3.2.Geri Dönüşüm

Atık yönetiminin en önemli basamağı olan geri dönüşüm, AEEE’de de geçerlidir. Elektronik atıkların geri dönüşümü, bu atıkların yalnızca değerli malzemeler içermesi değil, bunların yanı sıra çevre sağlığına son derece zararlı malzemeler içermesi nedeniyle de diğer atıkların geri dönüşümünden ayrılmaktadır (Nagurney ve Toyasaki, 2003). Yapılan çalışmalar, bu tür atıkların geri dönüşüm işlemleri sırasında toksik ağır metallerin ve bazı organik bileşiklerin alıcı ortama verilmesinin söz konusu olduğunu göstermektedir. Bu da öncelikle işlemi gerçekleştiren çalışanların sağlığını ve çalışılan ortamın suyunu ve toprağını tehdit etmektedir (Brigden ve ark., 2005). Bu açılarından bakıldığında, Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmeliğin uygulanması son derece önemli hale gelmektedir.

Elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının geri dönüşümünde kütleli geri dönüşüm yöntemi sıklıkla kullanılır. Kütleli geri dönüşüm yöntemi ürünün bir bütün olarak küçük taneler şeklinde karışım halinde parçalanıp ardından bir veya birden fazla işlemle ana bileşenlerine ayrılması yöntemidir. Örnek bir kütle akım diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir (Çığgın, 2007).

Elektronik atıkların geri dönüşümünde kullanılan süreçler/uygulanan işlemler ülkelere göre değişiklik gösterse de ana hatlarıyla aşağıdaki gibi sıralanabilir:

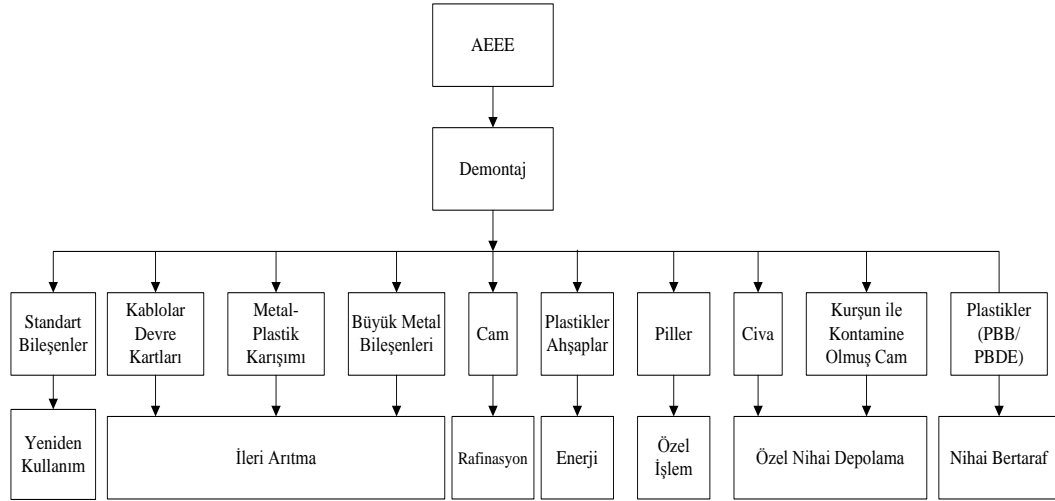
- Geri kazanım sürecinin ilk aşamasını, ürün ömrünün sonuna gelmiş ekipmanların nakliyesini de kapsayan “geri toplama adımı” oluşturur (Çığgın, 2007).
- İkinci adımı ürünün yeniden kullanılabilmesi için test işlemlerini de kapsayan “onarım aşaması” oluşturur. Bu aşamada onarım için yedek parçalara ihtiyaç duyulabilir (Çığgın, 2007).



Şekil 3.1. Bir AEEE geri dönüşüm tesisi örneği (Çığgın, 2007).

- “Hasarsız demontaj”, ürünün tamamının bir bütün olarak kullanılamayacağı durumlarda uygulanır. Ürünün hedeflenen parçalarına veya bileşenlerine bağlı olarak ürün parçalarına ve bileşenlerine ayrılır. Elde edilen bileşenlerin ve parçaların yeniden test edilmesi ve muhtemelen onarılması gerekebilir. Bileşenler ve parçalar yeni ve yeniden imal edilecek ürünlerde yedek parça olarak da kullanılabilirler. “Hasarlı demontaj” aşamasında ise, parçaların ve bileşenlerin ayniyetinin korunması gözetilmez. Bu nedenle, bileşenlerin ve parçaların sahip oldukları değerli malzemeler geri dönüşüm işleminde değerlendirilir. Bazen hasarlı veya kısmi demontaj, farklı bileşenlerin veya parçaların hasarsız demontajını kolaylaştırmak için uygulanır. Hasarlı veya kısmi demontaj ucuz olması ve hasarsız demontaj işlemine göre daha az işçilik hassasiyetine ve daha düşük işçi kalifiyesine gerek olduğundan genellikle tercih edilir. Bu işlemleri takiben, geri dönüşüm için kusurlu veya zararlı olan farklı bileşenlerin veya malzemelerin ayrılması işlemi olan “ayıklama işlemi” yer alır (Çığgın, 2007).
- Hasarsız ve hasarlı demontaj işlemlerinin ardından ürünün geriye kalan kısmı için “parçalama işlemi” uygulanır. Parçalama işlemi atık ürünün boyutunun küçültülmesi işlemi olup dövme, kesme, öğütme gibi birçok yolla yerine getirilebilir. Genellikle giderek daha küçük tanelerin sağlanması için birkaç adımdan oluşur (Çığgın, 2007).
- Boyut küçültme işleminden elde edilen yığınlar, fiziksel, metalürjik ve kimyasal yöntemler kullanılarak malzeme sınıflarına göre ayrılır (Çığgın, 2007). “Fiziksel ayırma” sırasında, hat boyunca ilerleyen parçalanmış malzeme yığından, plastik, cam, alüminyum gibi değerli malzemeler elektromagnetik, santrifüj ya da gravimetrik ayırma tekniği gibi mekanik olarak ya da elle ayrılır (Huang ve ark., 2006). “Metalürjik ve kimyasal ayırma yöntemleri” ise alaşımlar ve bileşikler gibi karmaşık malzemelerin ayrıştırılması için kullanılır. Ayrıştırma işlemleri özel tesislerde gerçekleştirilir (Çığgın, 2007).

İlerleyen aşamalarda kirliliğe sebep olmaması için CRT ekranların kurşun içerikli kısımlarının, pillerin, ampullerin ve buzdolaplarından CFC gazlarının ayrılması işlemleri yapılır (http-5, 2009). Daha ileri ayırma tekniklerini içeren fabrika ölçekli mekanik ayırma sürecinin bölümlerini, ezici üniteler, öğütücüler, magnetik, akımlı ve hava ayırıcılar oluşturur (http-6, 2009). Bu süreç sırasında özellikle gelişmiş ülkelerde çıkan emisyonlar gaz tutucularla toplanarak çevreye olan etki en aza indirilir (http-5, 2009). Şekil 3.2’de AEEE’ını “mekanik ayırma” aşaması görülmektedir (Huang ve ark., 2006). Bu aşama sonunda elde edilen bileşenlerin ve parçaların yeniden test edilmesi ve muhtemelen onarılması gerekebilir. Bileşenler ve parçalar yeni ve yeniden imal edilecek ürünlerde yedek parça olarak da kullanılabilirler (Çılgın, 2007).



Şekil 3.2. AEEE'nin mekanik ayrılma aşaması (Huang ve ark., 2006)

- E-atıkların birçok kısmının ikincil malzeme olarak satılmak veya nihai olarak yok edilmek için “rafinasyon/şartlandırmaya” ihtiyacı vardır. Rafinasyon mekanik, termal ve kimyasal prosesleri içerir. Piller, CRT,



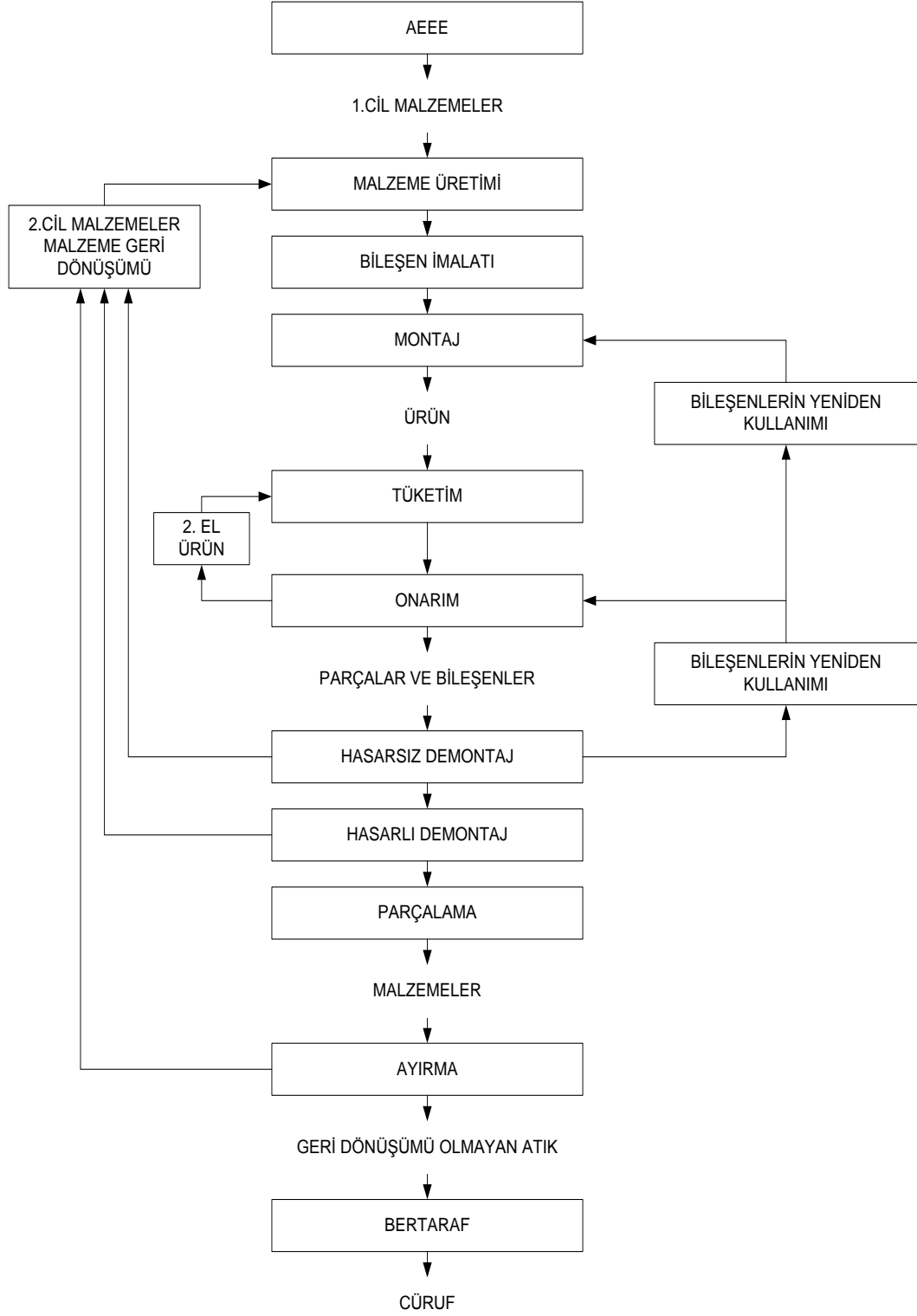
demirli/demir-dışı metaller, geri dönüşebilir plastikler ve basılı devrelerde rafinasyon işlemi kullanılır (http-4, 2009). Demontaj, rafinasyon ve şartlandırma sonucunda çıkan değerli malzemeler yaşam döngüsüne yeniden katılır (Huang ve ark., 2006).

- Geri dönüşümsüz malzemelerin güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi ile atığın işlenmesi sonlanır. Bu adımlar Şekil 3.3'te verilen ürün yaşam döngüsü içerisinde görülmektedir (Çığgın, 2007).

AEEE'dan elde edilen metal, plastik gibi hammaddelerin tekrar kullanılması ile yeni hammadde eldesindeki azalmalar, ciddi oranlarda enerji tasarrufu sağlar. Hammadde türleri ve elde edilen enerji tasarrufu Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. AEEE'nın geri dönüşümü ile yalnızca malzemelerden değil, doğal kaynak kullanımında da azalma sağlanırken üretim aşamasında oluşan çevre kirliliğinin de önüne geçilir. Bu tür atıklardan elde edilen hurda demir ve çeliğin yeniden kullanımı ile elde edilen faydalar Çizelge 3.2'de gösterilmiştir (Cui ve Forssberg, 2003).

**Çizelge 3.1.** AEEE geri kazanımında yeni malzeme eldesi ile sağlanan enerji tasarrufu (Cui ve Forssberg, 2003)

| <b>Malzeme</b> | <b>Enerji tasarrufu (%)</b> |
|----------------|-----------------------------|
| Alüminyum      | 95                          |
| Bakır          | 85                          |
| Demir ve çelik | 74                          |
| Kurşun         | 65                          |
| Çinko          | 60                          |
| Kağıt          | 64                          |
| Plastik        | >80                         |



Şekil 3.3. AEEE'nin ürün yaşam döngüsü (Çığgın, 2007)

**Çizelge 3.2.** AEEE geri kazanımından elde edilen fayda yüzdeleri (Cui ve Forssberg, 2003)

| <b>Faydalar</b>                                 | <b>Yüzde (%)</b> |
|---|------------------|
| Enerji kazanımı                                 | 74               |
| Yeni malzeme kullanımı                          | 90               |
| Hava kirliliğinde gerçekleşen azalma            | 86               |
| Su kullanımında gerçekleşen azalma              | 40               |
| Su kirliliğinde gerçekleşen azalma              | 76               |
| Maden atıklarındaki azalma                      | 97               |
| Oluşabilecek tüketici atığı miktarındaki azalma | 105              |

### **3.3.İnsinerasyon**

İnsinerasyon, atıkların kontrollü şekilde yüksek sıcaklıklarda yakılarak bertaraf edilmesidir. AEEE'in içinde bulunan bileşiklerin çok çeşitli olması nedeniyle, insinerasyon birçok toksik bileşenin ve kirleticinin ortaya çıkmasına neden olabilir. Yakma sırasında oluşan atık gazlar ve küller çoğu zaman toksiktir. Evsel katı atık insinerasyon tesisleri üzerine yapılan çalışmalar göstermiştir ki devre kartlarında ve kablolarda bulunan bakır ve alev geciktiriciler yakılırken dioksin oluşumunda katalizör görevi görmektedir. Bromlu alev geciktiriciler 600-800°C arasındaki düşük sıcaklıklara maruz kaldığında son derece toksik olan polibromlu dioksin (PBDD) ve furan (PBDF) oluşturur. Zehirli gaz oluşumuna bir diğer örnek olarak AEEE'da farklı miktarlarda bulunabilen, yakıldığında yüksek derecede korozif ve dioksin oluşumunu tetikleyen PVC'ler verilebilir. Ayrıca yakma sırasında geri kazanılabilecek bazı nadir elementlerin kaybı da söz konusudur (http-5, 2009).

### **3.4.Depolama**

Depolama, atık bertarafında en yaygın kullanılan yöntemdir. Ancak düzenli olmayan depolamalarda sızıntı suyuna karışan ağır metal ya da toksik maddeler toprak kirliliğine ve ilerleyen aşamalarda su kaynaklarının kirlenmesine

neden olabilirler. Sızıntılarda bulunan cıva, kadmiyum ve kurşun en toksik maddelerdir. Bunlardan cıva, devre kartları gibi belirli elektronik atıkların yok edilmesi sırasında ortaya çıkabilir. Kurşun ise televizyonlarda ve monitörlerde bulunan CRT tüplerinden kaynaklanır. Sızıntı sularına ek olarak cıva ve cıvalı bileşikler gibi uçucu bileşiklerin depolama sahasından buharlaşması ya da oluşabilecek yangınlar sonucunda toksik dumanın ortaya çıkması çevre sağlığını tehdit eden risklerdendir. Depolamanın önemli etkilerinin önüne, öncelikle standartlara uygun, iyi bir düzenli depolama sahası, AEEE'ın evsel atıklardan ayrılması ve depolanmaya gönderilen malzemelerin toksik özelliğinin tamamen giderilerek stabil hale getirilmesi ile geçilebilir (<http-5>, 2009).

#### 4. KONUYLA İLGİLİ ÖNCEDEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda, AEEE miktarında görülen artış karşısında AB üyesi olan ve üye olmamasına rağmen AEEE'in ciddi bir sorun haline geldiği Çin gibi ülkelerde özellikle mevzuat ve bu tür atıkların yönetimine ilişkin çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda bu tür atıkların toksik içeriğinin yanı sıra çevre sağlığını tehdit eden unsurlardan da bahsedilmiş ve geri dönüşümün gerekliliği vurgulanmıştır. Ülkemiz açısından ise yapılan çalışmaların sayısına bakıldığında bu konu halen yeni sayılabilir.

##### 4.1. Ülkemizde Yapılan Çalışmalar

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Cemil ÇELİK tarafından yapılmış “*Elektrik Elektronik Atıklardan Metal ve Plastik Geri Kazanımının Araştırılması*” yüksek lisans çalışmasında elektronik atıklardan değerli ürünlerin geri kazanımı araştırılmış, günümüzde kullanılan geri dönüşüm yöntemleri göz önünde bulundurularak basit ve ekonomik bir cevher hazırlama prosesi geliştirilmiştir. Çalışmada Türkiye'deki elektronik atık bertarafının, bilgisayar (monitör, kasa, klavye, mouse, vs), yazıcı, tarayıcı, faks, fotokopi makinesi, telefon, cep telefonu, santral, televizyon, müzik aletleri, küçük ev aletleri, kartuş, toner, kablo, switch, röle, konektör gibi elektronik bileşenler ve diğer elektrikli ve elektronik tüm malzemeleri kapsadığı belirtilmiştir. Ek olarak plastiklerin çok büyük bir kısmının geri dönüşmediği ve en büyük oranda faydalanılan malzemelerin metal kısımlar olduğu, elektronik devrelerin ise öğütülmek üzere yurt dışına gönderildiğinden bahsedilmiştir. Çalışmanın deneysel aşamalarında ise henüz ülkemizde uygulanmayan, metal ve plastik gibi ikincil hammadde kaynağı olarak kullanılacak ürünlerin elde edildiği bir mekanik cevher hazırlama prosesi geliştirilmiştir.

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Esra Yılmaz tarafından yapılmış bir diğer çalışma olan “*Elektrikli ve Elektronik Atıkların Geri Kazanımı ve Muğla İli Pilot Proje Uygulaması*”nda ise, seçilen pilot ilde özel bir firma ile imzalanan protokol kapsamında uygulanan sistemin sonuçları ele alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, 12 Nisan 2005 tarihinde Muğla ilinde e-atıkların evlerden ve teknik servislerden toplanması projesine başlanmıştır. 20 Nisan 2006

tarihine kadar sürdürülen proje kapsamında, 4488 kg elektrikli ve elektronik atık toplandı, özel firmanın lisanslı araçlarıyla geri dönüşüm tesisine nakledilen atıklardan % 90 oranında geri kazanım sağlandığı, %10'luk geri kazanılamayan ve bertaraf edilmesi gereken atıkların ise İZAYDAŞ tesisine bertaraf edilmek üzere gönderildiği belirtilmiştir. Proje sonucunda kişi başına 0,054 kg e-atık toplanmış olup bu miktarın artarak Avrupa standartlarına ulaşabilmesi için taslak yönetmeliğin yürürlüğe girmesinin oldukça önemli olduğu belirtilmiştir.

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Cenk Tolga ÇIĞGIN tarafından yapılmış "Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıklarının Geri Kazanımı için Tesis *Konstrüksiyonu ve Sistem Parametrelerinin Araştırılması*" çalışmasında, geri dönüşüm yöntemlerinin teknik ayrıntıları üzerinde durulmuş, geri dönüşüm tesis konstrüksiyonunun sistem parametreleri, maliyet ve gelir analizleri göz önüne alınarak oluşturulan farklı senaryolar değerlendirilmiştir. Çalışmada, geri kazanım tesisine kabul edilecek olan elektrikli ve elektronik ekipman atığı tipleri belirlenerek bu atık tipleri için geri dönüşüm öncesi demontaj yapılarak ayrılması gerekli olan bileşenler tespit edilmiştir. Demontajı yapılarak geri dönüşüme hazır hale getirilen elektrikli ve elektronik ekipman atıklarının içerdikleri materyallerin geri dönüşümünü sağlayacak; ısıl işlem içermeyen, tamamı kuru ortamda gerçekleştirilen, bir dizi aşamadan oluşan, mekanik ve fiziksel proseslere dayanan ve saatte 1 ton materyal işleyecek bir geri dönüşüm tesisinin, temel prensipleri belirlenerek sistemin değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirilen senaryolardan ilk yatırım maliyetini en kısa sürede karşılayacak olanı tespit edilmiştir. Buna göre de yatırım maliyetini en kısa sürede amorti eden sistem tasarımının, ön kırıcı, kırıcı elek, manyetik ayırıcı, girdap akımı ayırıcısı ve havalı sınıflandırıcı sıralamasına sahip temel sistem tasarımı olduğu belirlenerek sonuç olarak örnek bir geri kazanım tesisi sunulmuştur.

Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Çağrı Özgün tarafından yapılmış "*Elektrikli ve Elektronik Atıkların Yönetim Süreçlerinin Seçilmesi*" yüksek lisans tezinde ise, çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılarak uygun yönetim sistemi seçilmeye çalışılmıştır. Yöntem olarak çok amaçlı karar verme (Bulanık Hedef Programlama) ve bulanık çok ölçütlü karar verme (Bulanık AHP) kullanılarak modeller Lingo ile çözümlenmiş ve sonuçlar

doğrultusunda süreç seçimleri yorumlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre ise günümüzde Türkiye’de uygulanan yönetim sisteminin hem geri dönüşüm hedeflerinin karşılanabilmesi açısından hem de çevre açısından uygun olmadığından ciddi bir revizyona ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

#### **4.2. Uluslararası Alanda Yapılan Çalışmalar**

Ülkemizde yapılan çalışmaların yanı sıra, uluslararası anlamda da konuyla ilgili yapılan çalışmalar oldukça yenidir. 2007 yılında ABD’de Kahhat ve arkadaşları tarafından “*ABD’de E-Atık Yönetim Sistemlerinin Araştırılması*” çalışması yapılmıştır. Çalışmada ABD, Japonya, Güney Kore ve Tayvan’daki e-atık yönetim sistemleri incelenmiştir. Çalışmaya göre BM’de 2005 yılı içinde 1,36-1,72 milyon ton e-atığın yalnızca 0,31-0,34 milyon tonu geri dönüştürülmüş, kalan kısmı ise genellikle depolama alanlarına atılmıştır. Çalışmada mevcut durumdan yola çıkılarak gelecek için yönetim sistemlerinin planlanmasıyla ilgili konular tartışılmıştır. Çalışmanın diğer kısmında ise, ABD’deki mevzuatın uygulanmasını ve kabul edilebilirliğini etkileyen belirli koşullar ele alınmıştır. Bu kapsamda depozito bir çözüm önerisi olarak sunulmuştur. Buna göre sistemin, tüketicinin üreticiye bir depozito ödemesiyle başladığı, bu şekilde toplanan cihazların üzerinde bulunan bir radyo frekans tanımlama cihazı (RFID) ile cihazın takip edildiği ve ömrünü doldurduğunda, kullanıcının elindeki atığı açık arttırmayla sattığı belirtilmiş ve bu şekilde atığın doğru şekilde bertaraf edildiği ya da edilene kadar takip altında tutulduğu eklenmiştir. Son olarak çalışmada önerilen tasarımın uyarlanması yerel ve uluslararası sonuçları tartışılmıştır.

Bir diğer örnek ise 2007 yılında Barba-Gutierrez ve arkadaşları tarafından yapılan “*Avrupa AEEE Yönetmeliğinin Çevresel Sonuçları Üzerine Bir Analiz*” çalışmasıdır. Çalışmada farklı cihazlar (çamaşır makinesi, buzdolabı, TV, kişisel bilgisayarlar), LCA (Life cycle analysis/yaşam döngüsü analizi) kullanılarak farklı toplama sistemlerinden hangisinin daha zararlı olduğu tespit edilmiştir. Çalışma, son zamanlarda ürettikleri cihazları kullanım sonrasında toplamaya yoğunlaşmış üreticilere, geri dönüşüm sistemlerini çevreci bir bakış açısından tasarlamada yardımcı olmayı hedeflemiş, özellikle de taşıma sırasında kullanılan

fosil yakıtlar nedeniyle geri dönüşümün uzak tesislerde yapılmasının düşünüldüğü kadar çevreci olmadığına değinilmiştir.

2005 yılında Sinha-Khetriwal ve arkadaşları tarafından yapılan “*İsviçre ve Hindistan’daki Elektronik Atık Geri Dönüşüm Sistemlerinin Karşılaştırılması*” araştırmasında iki ülkedeki sistemler incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Kişi başına düşen kazanç açısından dünyanın önde gelen devletlerinden biri olan İsviçre’de, elektronik cihaz kullanımının oldukça yüksek ve bu tür ürünlere kişi başına düşen harcama miktarının ise en yüksek değere sahip olduğu belirtilmiştir. Çevreye verdiği önem açısından da önde gelen İsviçre’nin aynı zamanda e-atık yönetim sistemini yasallaştıran ilk ülke olduğuna ve Hindistan’da atık miktarı yükselmekle beraber alınan önlemlerin son derece yetersiz olduğuna dikkat çekilmiştir.

Genişletilmiş üretici sorumluluğunu ve AEEE’in end-of-life aşamasında uygulanabilirliğinin ele alındığı, Khetriwal ve arkadaşları tarafından yapılan “*E-Atık Yönetiminde Üretici Sorumluluğu: Temel Konular-İsveç Deneyimlerinden Bir Örnek*” çalışmasında, ülkedeki AEEE’in şu anki durumu, ekonomik akışlar, vergilendirme, toplama noktaları ve diğer taraflar gibi hususlar ayrı ayrı ele alınarak ortaya konmuştur. Özellikle 5 konu tartışılmıştır. Bunlar, üretici sorumluluğu sisteminin başlatılmasındaki teşvikler, kendi kendini besleyebilen bir sistem için finansmanın güvence altına alınması, cihazların geri alımı ve atıkların toplanması için lojistik bir ağın organize edilmesi, sistem içindeki aktörlerin uyumunun sağlanması ve son olarak tekellerin oluşumunun azaltılması olarak sıralanabilir.

Queiruga ve arkadaşları tarafından 2007 yılında yapılan, “*İspanya’da AEEE Geri Dönüşüm Tesisleri için Yer Seçimi*” isimli çalışmada, İspanya’da bulunan belediyelerin AEEE geri dönüşüm tesisi kurulumuna uygunluğu incelenmiştir. Alternatiflerin sıralanabilmesi için çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerden ele alınacak problemin özelliklerine uygun olduğu için, uzman görüşleri ve istatistiksel verilerle desteklenerek PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. Çalışma gelecekteki bir geri dönüşüm sisteminin yapısını ortaya koymayı değil ileride kurulacak geri dönüşüm tesisleri için en iyi yer alternatiflerini belirlemeyi hedeflemiştir. Alternatiflerin kendi içinde sıralaması yapılırken, arazi bedeli, personel maliyeti, enerji birim maliyeti,



karayoluna uzaklık, diğer geri dönüşüm tesislerinin varlığı, nüfus, işçi potansiyeli, yasal düzenleme ve çevresel faaliyetlere fon imkânı gibi ölçütler kullanılmıştır.

Rousis ve arkadaşları tarafından “*Kıbrıs için en iyi AEEE Yönetim Senaryosunun Belirlenmesi*” çalışmasında, PROMETHEE kullanılarak alternatif sistemler değerlendirilmiştir. 12 adet alternatif sistem verim ve performansları dikkate alınarak derecelendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. En uygun yöntem parçalanarak faydalı kısımların ayrılması ve kalanının deponi sahalarına gönderilmesi olarak belirlenmiştir.

## **5. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME TEKNİKLERİ: AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE**

Çok ölçütlü karar verme teknikleri, seçeneklerin belirlenen ölçütlere göre değerlendirilerek birinin seçildiği veya aralarında sıralamanın yapıldığı bir karar verme problemi olarak da tanımlanabilir. Genellikle birbiriyle çelişen ölçütler içerir ve bunlar arasında bir uzlaşma sağlanması gerekir. Seçeneklerin ölçütlere göre değerlendirilmesinde sayısal olmayan (iyi, orta, kötü gibi) değerlendirmeler de kullanılabilir.

### **5.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytical Hierarchy Process (AHP))**

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), insanın doğasında var olan değerlendirme sürecini temel alan ve problemleri hiyerarşik bir düzende seviyelere ayırarak analiz eden bir teknik olarak tanımlanabilir (Sağır, 2006). Bir karar verme sürecinde temel problem, birbiri ile çelişen ölçütlere göre değerlendirilen seçenekler kümesinden en iyi seçeneği belirlemektir. Saaty (1976) tarafından ortaya konulan AHP Modeli, insanların nasıl bir karar vermeleri gerektiği hususunda bir yöntem kullanma zorunluluğu yerine, onları, kendi karar verme mekanizmalarını kullanarak iyi karar vermelerini amaçlamaktadır. AHP yöntemi, karar vericinin karmaşık problemlerini belli ortak özellikler açısından grupsal bir yapıya kavuşturarak sonuca gitmektedir. Bu ortak özelliklere sahip gruplar yine kendi aralarında gruplandırılabilir. AHP'nin temelinde sistem yaklaşımı kuramı mevcuttur. (Felek ve ark., 2007)

Günlük hayatta karşı karşıya kalınan karar problemleri yalnızca sayısal faktörlerden oluşmaz, aynı zamanda niteliksel faktörler de karar verme sürecini önemli oranda etkilemektedir. Niteliksel faktör ile kararı etkilediği halde niceliksel olarak doğrudan ifade edilemeyen tecrübe, imaj, önsezi gibi etkenler, karar süreçlerine katılmayınca çözüm için geliştirilen modellerin gerçeği temsil etme oranları ve buna bağlı olarak da sonuçların uygulanabilirliği azalmaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci teknikleri, niteliksel faktörleri de dikkate alarak sonlu

sayıda seçeneği değerlendiren birer çok ölçütlü karar verme tekniğidir (Sağır, 2006).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Analitik Serim Süreci (ANP) sonlu sayıda seçeneğin olduğu çok ölçütlü karar problemlerinde, seçeneklerin değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilen tekniklerdir. Özellikle niteliksel etkenleri göz önüne alabilmeleri yönüyle bilinen çok ölçütlü karar verme tekniklerinden farklıdır. Teknikler ikili karşılaştırmalar yoluyla, problem için tanımlanmış tüm ölçütlerin ağırlıklarını bulur ve en sonunda seçenekler bu ölçütler açısından yine ikili karşılaştırmalar ile değerlendirilerek birer ağırlık alırlar. Niteliksel özellikte olanlar olsa bile “Hangisi kaç kat daha önemli?” şeklindeki sorgulamalarla tüm ölçütler, oransal tek bir ölçütle değerlendirilmiş olurlar (Sağır, 2006).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), karar problemlerini hiyerarşik bir yapıda ele alan ve ikili karşılaştırma mantığına dayanan çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. İkili karşılaştırma, ilgilenilen iki özelliğin hangisinin kaç kat daha önemli, tercih edilir, baskın olduğunun değerlendirmesidir. İnsan beyninin pek çok ölçütle de karşılaşsa bunları ikili ikili karşılaştırdığı ve bir sıraya koyduğu gösterilmiştir (Sağır, 2006).

Bir problemde söz konusu tüm ölçütler, olası tüm ikili gruplar şeklinde ele alınıp her birini bir diğerine göre değerlendirildiği için önemli hiç bir baskınlık ve tercih edilirlilik gözden kaçmaz. Fakat çok sayıda ölçütün hepsini birden aynı anda ve sistematik olmayan bir yolla düşünmek, hata yapmaya yatkın değerlendirme sürecinde yanlış kararlara yol açabilir (Sağır, 2006).

AHP’de hiyerarşinin en üst seviyesinde amaç, ara seviyelerinde ölçütler ve varsa alt ölçütler, en alt seviyede ise seçenekler yer alır. Bu yapıda amaç, ölçütlere bağlıdır. Bir başka deyişle, amacın gerçekleşmesi, tanımlanan ölçütler açısından değerlendirilmektedir, ölçütler ise seçeneklerin ne derece tercih edilir olduğunun belirlenmesinde esas alınır. Hiyerarşilerde amaç ile seçenekler arasında doğrudan bir ilişki kurulmadığı gibi iki ölçütün birbirinden etkilenmediği de varsayılır. Sonuç olarak yukarıdan aşağıya doğru ve tek yönlü bir ilişkilendirme vardır. Yaklaşım, önce ölçütlerin, daha sonra seçeneklerin her bir ölçüte göre görece önem derecelerinin bulunması şeklindedir. Bir seçeneğin her bir ölçüte göre görece önem

derecesi ile ilgili ölçütün kendi önem derecesi çarpılarak bulunan değerlerin toplamı, o seçeneğin genel önem derecesini, ağırlığını, verir. En yüksek değere sahip seçenek en iyi seçenektir. Diğer seçenekler için de birer değer elde edildiğinden, bir anlamda bir önem sırası da elde edilmiş olunur. İkili karşılaştırma sırasında Çizelge 5.1’de verilen 1-9 temel ölçeği kullanılır. Bu ölçek, çeşitli ölçekler arasından, benzetim analizleri yapılarak seçilmiştir (Sağır, 2006).

**Çizelge 5.1.** AHP’de temel ölçeklendirme (Sağır, 2006)

| Ölçek | Anlamı                |
|-------|-----------------------|
| 1     | Aynı derecede önemli  |
| 3     | Orta derecede önemli  |
| 5     | Önemli                |
| 7     | Çok önemli            |
| 9     | Aşırı derecede önemli |

Bu ölçeklerin ara basamaklarında kalan 2, 4, 6 ve 8 değerleri ise ara değerler olarak kullanılmaktadır. Ters karşılaştırmalarda, önem derecesinin matematiksel tersi değer olarak kullanılır, örnek olarak A bileşeni B bileşeninden 4 kat daha önemli ise, B bileşeni de A bileşeninden 1/4 kat daha önemli demektir (Sağır, 2006).

Ağırlıkların bulunmasıyla ölçütler, farklı birimlerle de ifade edilmelerine rağmen, aynı birime dönüştürülmüş olurlar. Örneğin bir ürünü talep ederken fiyat, firma imajı ve servis özellikleri dikkate alınan ölçütler olsun. Bu ölçütler için hangisi diğerinden kaç kat daha önemli şeklindeki ikili karşılaştırmalar sonucunda göreceli bir ölçek türetilerek birimlere bağlı olmaksızın örneğin 0,28, 0,4 ve 0,32 şeklinde toplamı 1 eden birer ağırlık değeri elde edilebilir. Bu ağırlıklar hesaplanırken kullanılan bir kaç yöntem vardır. Tüm yöntemler matrisin

"özdeğeri" ve "tutarlılık" kavramlarını temel alırlar. Yöntemlere bir örnek şöyle verilebilir: Matrisin her değeri, bulunduğu sütunun toplamına bölünür. Elde edilen yeni matrisin her satırının ortalaması alınır. Bulunan ortalamalar sütun vektörü, seçeneklerin ağırlıklarını verir. İkili karşılaştırmalar matrisi A'nın genel gösterimi Denklem 5.1'de yer almaktadır. Burada  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  değeri, bulunmak istenen ağırlık vektörüdür. A matrisinin sağdan w vektörü ile çarpımı sonucu  $A \cdot w = n \cdot w$  denklemi elde edilir. w vektörünü elde edebilmek için bu denklemi çözmek gerekmektedir. Çözüm, matris boyutu w'nin A matrisinin bir özdeğeri olması halinde vardır ve bunun yanı sıra elde edilen çözümün tutarlı olması da gerekmektedir. Örnek olarak karar verici, "A ölçütü B ölçütünden 2 kat önemli, B ölçütü de C ölçütünden 3 kat önemli" şeklinde yargıda bulunmuşsa, dolaylı olarak "A ölçütü C ölçütünden 6 kat önemli" yargısında bulunmuştur. Bu sonucun A ve C ikili karşılaştırmasına uyumlu olması gerekmektedir. Karar verici "A, C'den örneğin 2, 3, 8 veya 9 kat daha önemlidir", ya da "C, A'dan daha önemlidir" şeklinde bir yargıda bulunursa tutarsızlık ortaya çıkar. Tutarlılık, matrisin en büyük öz değeri  $\lambda_{\max}$ 'ın n'e eşit olması durumunda sağlanmaktadır. A matrisindeki değerler birer ikili karşılaştırma yargısına karşılık gelmektedir, (Sağır, 2006).

$$A_w = \begin{matrix} & A_1 & & A_n \\ A_1 & \left[ \begin{array}{cccc} w_1/w_1 & \dots & w_1/w_n \\ \vdots & & \vdots \\ A_n & \left[ \begin{array}{cccc} w_n/w_1 & \dots & w_n/w_n \end{array} \right] \end{array} \right] \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = nw \quad (5.1)$$

AHP'nin adımları şu şekilde sıralanabilir:

1. Hedefin, kriterlerin ve karar seçeneklerinin belirlenmesi.
2. Kriterlerin hedef başarmadaki katkısının belirlenmesi (önem derecelerine göre ikili karşılaştırma)
3. Karar seçeneklerinin her bir kriteri başarmadaki katkısının belirlenmesi.

4. Tutarlılık analizi ile ikili karşılaştırmaların değerlendirilmesinin yapılması.
5. Hedef için kriterlerin öncelikleri ile, her bir kriter için karar seçeneklerinin ölçütleri çarpılarak karar seçeneklerinin hedefi başarmadaki önceliklerinin elde edilmesi, önceliklere göre karar seçeneklerinin sıralanması (Banar, 2009).

AHP, pek çok araştırmacı tarafından bilinen ve günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan bir tekniktir (Sağır, 2006). Rogers, Saaty ve Pell, 1980 yılında gerçekleştirdikleri “Portfolio Selection Through Hierarchies” çalışmasında portföy seçiminde, performans değerlendirme (Rogers ve ark., 1980), Ghodsypour ve O’Brien ise “A Decision Support System For Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming” çalışmasında tedarikçi seçimi yaparken AHP yöntemini kullanmıştır (Ghodsypour ve O’Brien, 1998). Felek ve arkadaşları 2007 yılında hazırladıkları çalışmada mobil iletişim sektörü için pazar paylaşımının tahmininde AHP ve ANP yöntemlerini kıyaslamış (Felek ve ark., 2007), Sağır ise 2002 yılında, AHP kullanarak performans değerlendirmesi yapmıştır (Sağır, 2002).

Günümüzde, karar vermede destek amaçlı AHP yöntemlerinin uygulaması için geliştirilmiş olan Expert Choice yazılımı kullanılmaktadır.

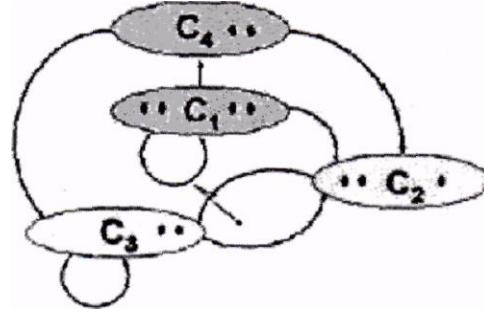
## **5.2. Analitik Serim Süreci (Analytical Network Process (ANP))**

Analitik Serim Süreci (ANP), Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yaklaşımından daha genel bir yaklaşım olarak yine Thomas Saaty tarafından geliştirilmiş çok ölçütlü bir karar verme tekniğidir. Analitik Serim Süreci (ANP), gerçek problemlerin her zaman hiyerarşik bir yapıyla ifade edilemeyeceği düşüncesinden hareketle geliştirilmiş olup AHP’nin genelleştirilmiş halidir (Sağır, 2006). ANP yöntemi de ikili karşılaştırmalar esasına dayanır. Karar verme kriterleri ve seçenekleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığı esas alındığından, karmaşık karar durumlarının daha doğru bir şekilde modellenbildiği bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır (Felek ve ark., 2007). Karar vericinin kişisel yargı ve değerlendirmelerine bağlı olarak seçenekleri en

önemliden en önemsiz doğru sıralar. ANP de AHP gibi, kararı etkilediği halde, çözüm sürecinde doğrudan ele alınamayan faktörlerin nasıl ele alınabilecekleri konusunda yol gösterir (Banar, 2009).

Karar sürecindeki her bir ölçüt birer küme, kontrol kriterlerini meydana getiren faktörler de bu kümelerin birer bileşeni olarak ele alınır. Kümeler ve bileşenler arasındaki karşılıklı etkileşimler ve geri bildirimlerle aralarındaki karşılıklı ilişkiler tespit edilir. Bir problemde yer alan bileşenler arasındaki ilişkiler tek yönlü değil karşılıklı olduğu zaman, hiyerarşik tanımlamalar yeterli olmaz. Bu nedenle AHP' deki hiyerarşik yapıdan farklılık gösterir. ANP'de doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır. Sonrasında ise birbirine etki eden bileşenler ve kümeler arasında ikili karşılaştırmalar yapılarak birbirlerine etki derecelerine yönelik bir çıkarsama yapılır (Felek ve ark., 2007).

Problemde yer alan ölçütler ve seçenekler birbirleriyle karşılıklı etkileşim halinde olabilirler (Üstün ve ark., 2005). Nitekim gerçek hayattaki çoğu sistem bu tür ilişkiler içerir, örneğin, teknoloji askeri gücü, askeri güç coğrafi ve politik şartları, coğrafi ve politik şartlar enerji ve diğer kaynakları, enerji ve diğer kaynaklar dünya ekonomisini, dünya ekonomisi düşünce ve kaynakları, düşünce ve kaynaklar teknolojiyi etkiler. Bu bir çevrim olmakla birlikte, teknolojinin dünya ekonomisini doğrudan etkilemesi örneğinde olduğu gibi, içinde yer alan bazı kavramlar birbirlerini doğrudan da etkileyebilir. Ölçütler arasındaki tek veya çift yönlü etkileşimler bağlantı oklarıyla ifade edilirse ortaya bir serim çıkar. Bu durumda seviyeler ortadan kalkarak ölçütleri ve seçenekler kümesini oluşturan bileşenlerin ağırlıklarını bulmak daha karmaşık bir sürecin analizini gerektirir. Analitik Serim Süreci, problemleri, bileşenler arasındaki ilişkileri ve ilişkilerin yönlerini tanımlayarak bir serim şeklinde ifade etmektedir (Sağır, 2006).



Şekil 5.1. Örnek bir serim (Sağır, 2006).

Şekil 5.1’de örnek olarak verilen basit serimde, bir problem için  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  ve  $C_4$  olmak üzere dört küme tanımlanmıştır. Bu dört kümenin bir tanesi mutlaka seçenekleri içermelidir. Diğer kümeler ana ölçüt kümeleridir. Her küme içinde elemanlar (eleman ana ölçüt kümeleri için alt ölçütler, seçenek kümesi içinse seçeneklerdir) bulunmaktadır. Etkileşimler, elemanlar arasında olmaktadır. İki küme arası bağlantı, birisi bir kümeden, diğeri diğer kümeden olmak üzere herhangi iki eleman arasındaki varsa etkileşimin doğal sonucu olarak tek veya çift yönlü gerçekleşir. Örnek olarak  $C_4$  kümesinden  $C_2$  kümesine yönlendirilen ok,  $C_4$  kümesinde yer alan elemanların en az bir tanesinin,  $C_2$  kümesinde bulunan elemanlardan en az bir tanesinden etkilendiğini göstermektedir. Bu iki küme arasındaki etkileşim birden fazla eleman çifti arasında da olabilir. Bu durum yine tek yönlü bir okla ifade edilmektedir.  $C_2$  kümesinden en az bir elemanın da  $C_4$  kümesindeki bir elemandan etkilenmesi durumunda ise ok çift yönlü olacaktır. Bir kümenin kendi içindeki iki elemanı arasında bir etkileşim olduğunda ise iç bağımlılık söz konusudur.  $C_1$  ve  $C_3$  kümeleri bu duruma birer örnektir. Problemden yer alan ölçütler, alt ölçütler ve seçeneklerin yanı sıra bağlantılar bu şekilde belirlendikten sonra gerekli olan ikili karşılaştırmalar yapılarak ağırlıklar elde edilir. Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır. Örneğin, Şekil 5.1’de  $C_3$  ve  $C_1$  kümeleri arasında doğrudan bağlantı yoktur. Fakat  $C_1$  kümesi  $C_4$  kümesinden,  $C_4$  kümesi ise  $C_3$  kümesinden etkilenmektedir.



Dolayısıyla,  $C_1$  kümesi  $C_3$  kümesinden dolayı olarak etkilenmektedir (Sağır, 2006).

ANP'de problemin tüm bileşenleri ve olası ilişkiler tanımlanarak ilişkilerin tek yönlü mü yoksa çift yönlü mü olduğuna karar verildikten sonra bir bileşene etki eden diğer tüm bileşenler için ikili karşılaştırmalar yapılarak etkideki üstünlükleri analiz edilir. Çift yönlü etkileşimler göz önünde bulundurulduğundan, sistemin bütünü içerisinde doğrudan bağlantılı görünmeyen elemanların da birbirleri üzerindeki etkileşimleri dikkate alınmaktadır. Bu nedenle yöntem geri bildirim izin verir.

ANP'de temel olarak üç tip sorgulama vardır (Üstün ve ark., 2005):

1. Bir ölçüt ve iki bileşen verildiğinde, bileşenlerden hangisinin ilgili ölçüte göre etkisinin daha çok olduğu,
2. Bir seçenek ve iki bileşen verildiğinde bileşenlerden hangisinin ilgili seçenek üzerinde etkisinin daha çok olduğu,
3. Bir ölçüt, A, B ve C bileşenleri verildiğinde, B ve C'den hangisinin verilen ölçüt açısından A bileşeni üzerinde daha çok etkisinin olduğu.

ANP'de analizler ağırlıklandırılmamış matris (unweighted matrix-UM), ağırlıklandırılmış matris (weighted matrix- WM) ve limit matrisi (limit matrix-LM) olmak üzere üç tür matris kullanılarak yapılır (Sağır, 2006 ve Üstün ve ark.).

Ağırlıklandırılmamış matris, ikili karşılaştırmalar sonucu her bileşenin görece önem vektörünü veren matristir. Ağırlıklandırılmış matris, bu değerlerin, ilgili bileşenin içinde yer aldığı kümenin ağırlığı ile çarpılması sonucu elde edilen değerlerin yer aldığı matristir. Limit matris ise, problemin geri bildirim içermesi nedeniyle ağırlıklandırılmış matrisin limiti alınarak bileşenlerin görece önem değerlerinin yakınsadıkları değerlerin elde edildiği matristir. Problemin sonuç değerleri bu matristen okunur (Sağır, 2006 ve Üstün ve ark.).

ANP'de değerlendirmelerin ilgilenilen konuda uzman olan kişilerce yapılması, tutarlılık testinin olması ve özellikle bir probleme etki eden tüm bileşenlerin ve ilişkilerin irdelenebilmesi, elde edilen sonuçların güvenilirliğini

artırmaktadır (Üstün ve ark., 2005). ANP problemlerinin çözümü için Süper Decisions yazılımları geliştirilmiştir (Sağır, 2006).

Karmaşık ANP problemlerinde, her seçeneğin doğurabileceği fayda ve zararlarla birlikte fırsat (gelecekte ortaya çıkması olası fayda) ve riskler (gelecekte ortaya çıkması olası zarar) de değerlendirilir. Böylece tüm seçenekler potansiyel artı ve eksileriyle birlikte değerlendirilmiş olurlar. Bu noktada dikkat edilmesi gereken konu, bir problemde faydalar, zararlar, fırsatlar ve risklerin eşdeğer öneme sahip olmayabileceğidir. Savaşta bir bölgeye ilaç veya cephane ulaştırma, salgın hastalık durumunda ilaç dağıtımı gibi konularda ekonomik faktörler arka planda kalabilmektedir. Bazı durumlarda ise risk çok önemlidir. Kopya insan yapma konusundaki deneysel çalışmaların taşıdığı riskin, böyle bir uygulamayı başarmının getireceği faydaların çok üzerinde olabilmesi bu duruma bir örnektir. Fayda, fırsat, maliyet ve riski önceliklendirme işlemine BOCR analizi denir. Bu işlem için, stratejik ölçüt denen, problemin ana ölçütlerinden farklı bir dizi ölçüt kullanılmaktadır (Sağır, 2006).

ANP, özellikle sonlu sayıda seçeneğin bulunduğu problemlerde en iyi seçeneğin belirlenmesi için kullanılır. Ayrıca, diğer seçenekler için de birer görelî önem değeri elde edildiğinden bu değerler, bir bütçenin elde edilen ağırlıklar oranında seçeneklere dağıtılması gibi kararlarda kullanılabilir. ANP yöntemi, Güneri ve arkadaşlarının 2008 yılında yapmış oldukları çalışmada tersane yer seçiminde (Güneri ve ark., 2008), Dağdeviren ve Yüksel'in, 2009 yılında gerçekleştirdikleri sektörel rekabet seviyesinin ölçümü çalışmasında (Dağdeviren ve Yüksel, 2009) kullanılmıştır. Köne ve Büke ise 2007 yılında, Türkiye'de elektrik üretimi için alternatif yakıtların değerlendirmesini yaparken ANP yöntemini kullanmışlardır (Köne ve Büke, 2007). ANP tekniği, Sağır ve arkadaşları tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada (Üstün ve ark., 2005), Kıbrıs Sorununun Çözümünün Araştırılmasında olduğu gibi, Sağır tarafından 2002 yılında yapılan bir diğer çalışmada (Sağır Özdemir, 2002) İsrail-Filistin Probleminde En İyi Politikanın Bulunması amacıyla, politik sorunlarının çözümünde de kullanılmıştır.

### 5.3.ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realité)

Seçim gerektiren sorunların çözümü için kullanılan bir yöntem olan ELECTRE yöntemi (Elimination and Choice Expressing Reality) yöntemi ilk kez 1960'lı yılların sonunda Roy tarafından ortaya atılmıştır (Özkan ve ark., 2007 ve Eryürek ve ark., 2003). Daha sonra Nijkamp ve Van Delft ile Voogd tarafından geliştirilmiştir (Özkan ve ark., 2007). ELECTRE yöntemi, her bir değerlendirme faktörü için alternatifler arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır (Soner ve Önüt, 2006). ELECTRE yöntemi, bazen yalnızca tek bir alternatif belirlemeyerek en çok tercih edilen alternatiflerle sonuçlanabilir. Bu yöntem daha çok, en az tercih edilen alternatiflerin elenmesinde yardımcı olur. ELECTRE yönteminin en uygun olduğu problem tipleri, az kriter, çok alternatif içeren karar verme problemleridir (Triantaphyllou, 2000). ELECTRE yöntemi 8 adımda şu şekilde açıklanabilir (Yaralıoğlu, 2004):

**Adım 1: Karar Matrisinin (A) Oluşturulması:** Karar matrisinin satırlarında, üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi denklem (5.2)'deki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

$A_{ij}$  matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

**Adım 2: Standart Karar Matrisinin (X) Oluşturulması:** Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve denklem (5.3) kullanılarak hesaplanır:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (5.3)$$

Örneğin X matrisinin  $x_{11}$  elemanını hesaplamak için, A matrisinin  $a_{11}$  elemanı, matrisin 1. sütun elemanlarının kareleri toplamının, kareköküne bölünerek elde edilir. Burada amaç, bir karar noktası ile ilgili değerlendirme faktörü ilişkilendirilirken, diğer karar noktaları açısından ağırlıklandırmaktır.

Hesaplamalar sonunda X matrisi denklem (5.4)'te gösterildiği gibi elde edilir:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

### **Adım 3: Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması:**

Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtabilmek için, Y matrisi hesaplanır. Karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını ( $w_i$ )

belirlemelidir ( $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ). Daha sonra X matrisinin her bir sütunundaki elemanlar,

ilgili  $w_i$  değeri ile çarpılarak Y matrisi oluşturulur. Y matrisi denklem (5.5)'te gösterilmiştir:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

**Adım 4: Uyum ( $C_{kl}$ ) ve Uyumsuzluk ( $D_{kl}$ ) Setlerinin Belirlenmesi:** Uyum setlerinin belirlenebilmesi için  $Y$  matrisinden yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve setler denklem (5.6)'da gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir:

$$C_{kl} = \bigwedge_j y_{kj} \geq y_{lj} \quad (5.6)$$

Denklem (5.6), temel olarak satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır. Bir çoklu karar problemindeki uyum seti sayısı ( $m.m - m$ ) tanedir. Çünkü uyum setleri oluşturulurken  $k$  ve  $l$  indisleri için  $k \neq l$  olmalıdır. Bir uyum setindeki eleman sayısı ise en fazla değerlendirme faktörü sayısı ( $n$ ) kadar olabilir.

Örneğin  $k=1$  ve  $l=2$  için  $C_{12}$  uyum seti için  $Y$  matrisinin 1. ve 2. satır elemanları karşılıklı olarak birbirleriyle kıyaslanır ve eğer burada 4 değerlendirme faktörü varsa  $C_{12}$  uyum seti en fazla 4 elemanlı olacaktır. Verilen örnekte 1. ve 2. satır kıyaslamasında,  $y_{11} > y_{21}$ ,  $y_{12} < y_{22}$ ,  $y_{13} < y_{23}$ ,  $y_{14} = y_{24}$ , sonuçlarıyla karşılaşılmışsa (5.6) denklemindeki şarta  $j=1$  ve  $j=4$  değerleri uyacak ve  $C_{12}$  uyum seti  $C_{12} = \{1,4\}$  şeklinde oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde her uyum setine ( $C_{kl}$ ) bir uyumsuzluk seti ( $D_{kl}$ ) karşılık gelir. Diğer bir deyişle uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti sayısı vardır. Uyumsuzluk seti elemanları, ilgili uyum setine ait olmayan  $j$  değerlerinden oluşur. Verilen örnekte  $C_{12} = \{1,4\}$  ise  $D_{12} = \{2,3\}$  elemanlarından oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde uyum setlerini oluştururken değerlendirme faktörlerinin anlamlarına dikkat edilmelidir. Örneğin ilgili değerlendirme faktörü

kar ise uyum seti için (5.6) denklemi kullanılacaktır. Ancak değerlendirme faktörü maliyet ise bu durumda uyum seti için gerek şart  $y_{kj} < y_{lj}$  eşitsizliği olacaktır.

**Adım 5: Uyum (C) ve Uyumsuzluk Matrislerinin (D) Oluşturulması:** Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisi  $m \times m$  boyutludur ve  $k = l$  için değer almaz. C matrisinin elemanları denklem (5.7)'de gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (5.7)$$

Örneğin  $C_{12} = \{4\}$  ise C matrisinin  $c_{12}$  elemanının değeri,  $c_{12} = w_4$  olacaktır. C matrisi denklem (5.8)'de gösterilmiştir:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (5.8)$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise denklem (5.9) yardımıyla hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (5.9)$$

Örneğin Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanlarının kıyaslamasından  $d_{12}$  ( $k=1$  ve  $l=2$ ) elemanı elde edilir.  $d_{12}$  için, (5.9) denkleminin pay kısmında  $D_{12} = \{3\}$  uyumsuzluk setini oluşturan  $j=2$  ve  $j=3$  değerleri dikkate alınır ve  $|y_{12} - y_{22}|$  ve  $|y_{13} - y_{23}|$  mutlak farklarından büyük olanı seçilir. Formülün

payda kısmı için ise Y matrisinin 1. ve 2. satırlarındaki tüm elemanların karşılıklı mutlak farkları bulunarak bunlardan en büyük olanı seçilir.

C matrisi gibi D matrisi de  $m \times m$  boyutludur ve  $k = l$  için değer almaz. D matrisi denklem (5.10)'da gösterilmiştir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \quad (5.10)$$

**Adım 6: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması:** Uyum üstünlük matrisi (F)  $m \times m$  boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin ( $\underline{c}$ ) uyum matrisinin elemanlarıyla ( $c_{kl}$ ) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değeri ( $\underline{c}$ ) denklem (5.11) yardımıyla elde edilir:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (5.11)$$

Formüldeki  $m$  karar noktası sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla  $\underline{c}$  değeri,  $\frac{1}{m(m-1)}$  ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

F matrisinin elemanları ( $f_{kl}$ ), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden, değer yoktur.

Eğer  $c_{kl} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 1$ , eğer  $c_{kl} < \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 0$  dir.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de  $m \times m$  boyutludur ve F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri ( $\underline{d}$ ) denklem (5.12) yardımıyla elde edilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (5.12)$$

Diğer bir deyişle  $\underline{d}$  değeri,  $\frac{1}{m(m-1)}$  ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

G matrisinin elemanları da  $(g_{kl})$ , ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden, değer yoktur. Eğer  $d_{kl} \geq \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 1$ , eğer  $d_{kl} < \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 0$  dır.

**Adım 7: Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması:** Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları  $(e_{kl})$ ,  $f_{kl}$  ve  $g_{kl}$  elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir (Denklem (5.13)). Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak  $m \times m$  boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \quad (5.13)$$

**Adım 8: Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi:** E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterir. Örneğin E matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmışsa,

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

$e_{21} = 1$ ,  $e_{31} = 1$  ve  $e_{32} = 1$  değerlerini alır. Bu ise 2. karar noktasının 1. karar noktasına, 3. karar noktasının 1. karar noktasına ve 3. karar noktasının da 2. karar noktasına mutlak üstünlüğünü gösterir. Bu durumda karar noktaları  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) sembolüyle ifade edilirse, karar noktalarının önem sırası  $A_3$ ,  $A_2$  ve  $A_1$  şeklinde oluşacaktır (Yaralıoğlu, 2004).



ELECTRE I, II, III IV ve TRI olarak sınıflanan birkaç sürümü vardır. Özkan ve arkadaşları tarafından yapılan “Alternatif Katı Atık Depolama Sahalarının ELECTRE III ile Değerlendirilmesi” çalışmasında da olduğu gibi yöntemin çevresel problemlere dönük uygulamalarda kullanıldığı görülmektedir (Poyraz ve ark. 2005). Hokkanen ve Salminen, 1997 yılında yaptıkları çalışmada, katı atık yönetim sistemi seçimi için ELECTRE III’ü kullanmışlardır (Hokkanen ve ark., 1998)

#### **5.4.PROMETHEE**

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) 1982 yılında Brans tarafından geliştirilmiş ve 1985 yılında Brans ve Vincke tarafından genişletilmiştir. PROMETHEE, bazen birbiriyle çelişebilen kriterler çerçevesinde alternatif aksiyonların değerlendirilmesini amaçlar. Diğer metotlara göre uygulanabilirlik ve kapsam bakımından daha basit bir yöntem olduğu için, her geçen yıl kullanıcısı da artmaktadır (Behzadian ve ark., 2007).

PROMETHEE metodu, gerçek sayılarla ifade edilebilen problemler için etkin ve kolay kullanılabilen yöntemlerden birisidir (Ballı ve ark., 2007). PROMETHEE sonlu ve uygulanabilir alternatif setinin, kötüden iyiye doğru tam sıralamasını sağlamayı hedefler (Behzadian ve ark., 2007). Bu özelliğiyle yöntemin tek bir hedef göstermektense, karar verici için yol gösterici bir özellik taşıdığı söylenebilir.

Bu yöntemde, Analitik Hiyerarşi Sürecinde (AHP) olduğu gibi, karşılaştırma yapmaya gerek kalmadan veriler doğrudan kullanılır. AHP’den üstün olduğu diğer yönleri ise, her bir kritere göre yapılan sınıflandırmanın doğruluğunun otomatik olarak hesaplanması, ölçeklendirmenin sabit bir aralıkta değil, istenilen aralıkta yapılabilmesi ve problemin görsel olarak ortaya konabilmesidir. Genel olarak PROMETHEE-I (kısmi sıralama) ve PROMETHEE-II (tüm sıralama) olarak bilinmektedir. Bunların haricinde PROMETHEE III, IV, V ve VI gibi farklı yaklaşımlar da bulunmaktadır. Ayrıca görsel bir parça olan GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) ile grafiksel olarak etkin bir gösterim sağlanır. PROMETHEE metodunun çok yaygın

olarak başarılı bir şekilde kullanılmasının temelinde matematiksel özellikleri ve kolay kullanımı gelmektedir (Ballı ve ark., 2007).

PROMETHEE'nin uygulanması için iki tip bilgi gerekir: birincisi, kriterlerin göreceli önem değerleri (ağırlıkları), ikincisi ise karar vericinin tercihinin (fonksiyonuna) göre alternatiflerin kritere ilişkin değerleridir (Ballı ve ark., 2007).

Yöntem, karar vericinin ağırlıklandırmayı doğru şekilde yapabileceğini kabul eder. Tercih fonksiyonu ise, her bir kriter için tercih derecesi 0 ya da 1 olan iki alternatif arasındaki farkın uyarlamasını yapar. 6 adet tercih fonksiyonu vardır, olağan, U-tipi, V-tipi, kademeli, lineer ve Gaussian (Şekil 5.2). Her bir kriter için, kayıtsızlık eşik değeri (q), tercih eşik değeri (p), p ve q arasında kalan orta değer (s) belirlenmelidir. PROMETHEE yöntemi 5 adımdan oluşur. Prosedür ikili karşılaştırmalara dayanan sapmaların tespit edilmesi ile başlar. Daha sonra her bir kriter için uygun tercih fonksiyonu kullanılarak global tercih indeksi hesaplanır (2. ve 3. aşamalar). 4. Aşamada her bir alternatif için pozitif ve negatif baskın akımlar hesaplanır ve kısmi sıralama yapılır. Son aşamada prosedür her bir alternatif için net baskın akımın hesaplanması ve tam sıralamanın yapılmasıyla tamamlanır. PROMETHEE adımları şu şekilde sıralanabilir (Behzadian ve ark., 2007):

**Adım 1: İkili karşılaştırmalar kullanılarak sapmaların belirlenmesi:**  $d_j(a,b)$  her bir kriterin değeri olan a ve b arasındaki fark olsun, sapma, denklem (5.14) yardımıyla hesaplanır.

$$d_j(a,b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (5.14)$$

**Adım 2: Tercih fonksiyonunun uygulanması:**  $P_j(a,b)$ ,  $d_j(a,b)$  nin bir fonksiyonu olarak a alternatifinin her bir kriter bazında b alternatifine göre tercih edilmesidir.

$$P_j(a,b) = F_j[d_j(a,b)] \quad j = 1, \dots, k \quad (5.15)$$

**Adım 3: Global tercih indeksinin hesaplanması:**  $\pi(a,b)$ , 0 ya da 1 değerindeki, a ve b'nin her bir kriter için ağırlıklandırılmış toplamı ve  $w_j$ , j sıra numaralı kriterin ağırlığı olarak tanımlanırsa, global indeks hesabı denklem (5.16) kullanılarak yapılır.

$$\forall a, b \in A, \quad \pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) w_j, \quad (5.16)$$

**Adım 4: Baskın akımların hesaplanması / Kısmi sıralamanın yapılması:**  $\phi^+(a)$  ve  $\phi^-(a)$  sırasıyla her bir alternatif için pozitif ve negatif baskın akımı temsil etmek üzere denklem (5.17) ve (5.18) kullanılarak hesaplama ve sıralama yapılır.

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (5.17)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (5.18)$$

**Adım 5: Net baskın akımın belirlenmesi / Tam sıralama:** Her bir alternatif için net baskın akım  $\Phi(a)$  ile ifade edilir. Denklem (5.19) kullanılarak son sıralama yapılır ve yöntem tamamlanır.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (5.19)$$

| Tip                        | Parametreler | Fonksiyon   | Grafik, $p(x)$ |
|----------------------------|--------------|---|----------------|
| Birinci Tip<br>(olağan)    | -            | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$                                      |                |
| İkinci Tip<br>(U-tipi)     | $l$          | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$                                      |                |
| Üçüncü Tip<br>(V-tipi)     | $m$          | $p(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$                                 |                |
| Dördüncü Tip<br>(Seviyeli) | $q, p$       | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q < x \leq q+p \\ 1, & x > q+p \end{cases}$           |                |
| Beşinci Tip<br>(Lineer)    | $s, r$       | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x-s)/r, & s \leq x \leq s+r \\ 1, & x \geq s+r \end{cases}$ |                |
| Altıncı Tip<br>(Gaussian)  | $\sigma$     | $p(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x \geq 0 \end{cases}$              |                |

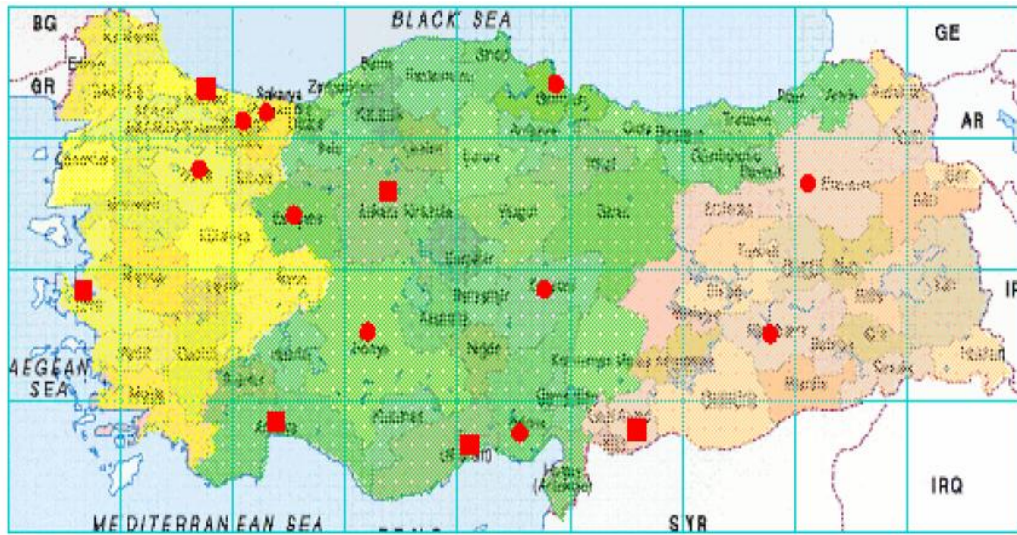
Şekil 5.2. Tercih fonksiyonları (Dağdeviren ve Eraslan, 2007)

Günümüze kadar gelmiş olan diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin arasından PROMETHEE son zamanlarda daha fazla dikkat çeken bir yöntem haline gelmiştir. PROMETHEE yöntemleri Çevre Yönetimi, Hidroloji ve Su Yönetimi, İş ve Finans Yönetimi, Kimya, Lojistik ve Nakliye, Üretim, Politika, Sosyal Bilimler ve diğer birçok alandaki problemlerin çözümünde kullanılabilir. PROMETHEE, diğer çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile bir arada kullanılabilirdiği gibi, GAIA yöntemiyle de birlikte kullanılabilen bir baskınlık ilişkisi yöntemidir (Behzadian ve ark., 2007).

PROMETHEE yönteminin uygulamasında, iki adet yazılım kullanılır. Bunlardan bir tanesi, 1986 yılında aynı zamanda yöntemin geliştiricisi olan Brans ve Mareschal tarafından hazırlanan PROMCALC yazılımıdır. GAIA modülünü de içeren bu yazılım, tüm çok ölçütlü problem çeşitlerinin çözümünde kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır. Diğer yazılım olan D-Sight, Visual Decision adındaki bir Belçika şirketinin işbirliği ile geliştirilmiştir. PROMETHEE yönteminin günümüzdeki uygulayıcısı olan, analitik ve bilişimsel yardımcıları içeren bu yazılım sayesinde kullanıcılar karar verme sürecinin kalitesini ve güvenilirliğini artırmaktadır (Behzadian ve ark., 2007).

## 6. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tezde, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden, AHP, ANP, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak tüm Türkiye genelinde bir elektrikli ve elektronik atık geri dönüşüm tesisinin yer seçimi yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, toplam 7 kriter kullanılarak Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanmış olan Atık Yönetimi Eylem Planında (2008-2012) belirlenen 3 ana bölgeyi temsil edecek şekilde 16 şehir alternatifi ele alınmıştır. Bu bölgeler Şekil 6.1'de ve Çizelge 6.1'de gösterilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008c).



Şekil 6.1. Türkiye model grupları (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008c)

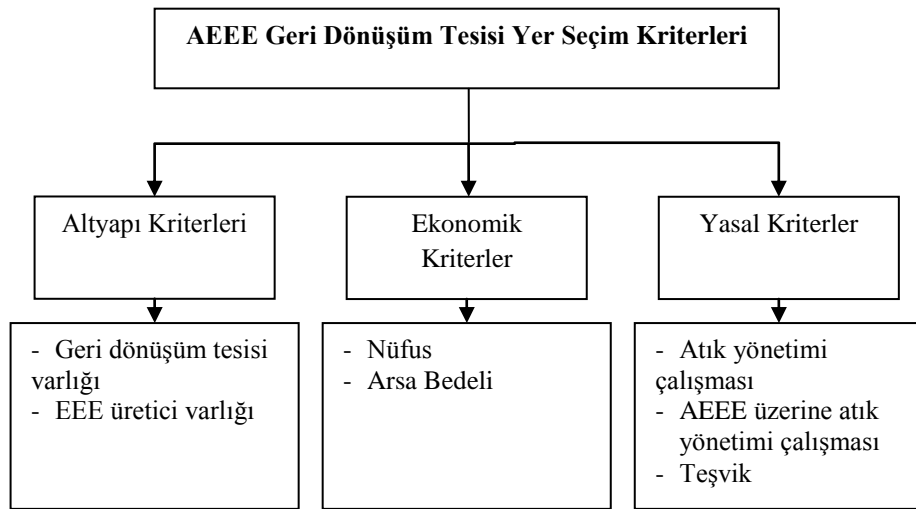
### 6.1.Tesis Yer Seçimi Kriterleri

Tesislerin yerleşeceği alanın seçimi, tesisin devamlılığını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. İşletmenin türü ne olursa olsun, perakendeci, toptancı, üretici, ya da finansal kurumlar gibi kuruluş yerinin seçiminde titiz kararlar alınmalıdır. İşletmelerin kuruluş yeri, işletmenin amaçları doğrultusunda seçilmelidir. Her işletme için değerlendirilmesi gereken kriterler farklıdır. Bu çalışmada da ilk aşama AEEE geri dönüşüm tesisi yer seçimi için dikkate alınacak kriterlerin belirlenmesi ve incelenmesidir. Bu çalışmada, ekonomik, yasal ve

altyapı kriterleri olarak 3 grupta ele alınan toplam 7 kriter belirlenmiştir (Şekil 6.2).

**Çizelge 6.1.** Türkiye'deki karakteristik belediye gruplarının tanımlaması (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2008c)

|  |    |  |                     |
|--|----|--|---------------------|
| Marmara / Ege Bölgesi                    | 1a | İstanbul, İzmir (Büyükşehirler)                      | İstanbul<br>İzmir   |
|  | 1b | Diğer Büyükşehir Belediyeleri                        | Bursa               |
|  | 1c | Diğer Belediyeler (orta/küçük)                       | Kocaeli<br>Sakarya  |
| Akdeniz / Karadeniz / İç Anadolu Bölgesi | 2a | Ankara (Büyükşehir)                                  | Ankara              |
|  | 2b | Antalya / İçel (Turizm şehirleri)                    | Antalya<br>Mersin   |
|  | 2c | Diğer Büyükşehir Belediyeleri                        | Eskişehir           |
|  | 2d | Diğer Belediyeler, Karadeniz (orta/küçük)            | Samsun              |
|  | 2e | Diğer Belediyeler, Akdeniz / İç Anadolu (orta/küçük) | Konya<br>Kayseri    |
| Doğu Anadolu / Güneydoğu Anadolu Bölgesi | 3a | Gaziantep (Büyükşehir)                               | Gaziantep           |
|  | 3b | Diğer Büyükşehir Belediyeleri                        | Adana<br>Diyarbakır |
|  | 3c | Diğer Belediyeler (orta/küçük)                       | Erzurum             |



**Şekil 6.2.** Seçilen değerlendirme kriterleri

AEEE geri dönüşüm tesisleri yer seçim kriterlerine karar verirken, girdiler, süreç ve çıktılar gibi tesis özellikleri de dikkate alınmalıdır, AEEE'nin geri dönüşümünün gerçekleşebilmesi için bu tür atıklara olan erişimin maksimum düzeyde olması çok önemlidir. Ulaşım masraflarının azaltılması açısından yüksek oranda AEEE oluşturma potansiyeli taşıyan yerlere yakın olmak önemlidir. Diğer üreticiler ihtiyaçları olduğu zamanda ve miktarda hammadde siparişi verirken, geri dönüşüm tesislerinin gelecek olan atığın miktarı, durumu ve çeşitliliği üzerinde kontrolü bulunmamaktadır. Bu yüzden bu tür tesisler oldukça esnek olmalıdır.

Geri dönüşüm tesislerinin sahip olduğu bu spesifik özelliklerden dolayı, toplama noktalarının sayısı ve altyapısı önem kazanmaktadır. Bu toplama noktaları atık üreticilerine yakın olmalıdır. Toplama noktalarından geri dönüşüm tesisine taşınması gereken atık miktarı göz önüne alındığında, toplama noktalarıyla tesis arasındaki taşıma masraflarını azaltmak gereklidir. Bu yüzden nüfus yoğunluğu ve EEE üreten tesisler yer seçiminde son derece etkilidir. Atık miktarının nüfus ile doğru orantılı olarak arttığı bilinmektedir. EEE üreticilerini önemli kılan özellik ise, bu tür tesislerden çıkan atıklara ek olarak ömrünü tamamlamış eşyaların tüketiciden alınmasıyla birlikte bu atıkların tesislerin olduğu bölgelerde yoğun olarak toplanmasıdır.

AEEE geri dönüşüm tesislerinin çıktılarını, metaller, metal olmayan malzemeler ve tehlikeli bileşikler oluşturmaktadır. Bu çıktılar, işlenen atığın özelliğine göre farklılık gösterir. Pazarın sürekliliğinin sağlanabilmesi açısından diğer geri dönüşüm tesislerine olan yakınlık, yer seçimini etkileyen diğer bir kriterdir.

Çalışma kapsamında dikkate alınan kriterler, birimleri ve açıklaması Çizelge 6.2'de özetlenmiştir. Çalışmada kullanılan ham veriler ise Çizelge 6.3'te verilmiştir.

**Arsa bedeli** değerleri oluşturulurken, birçok açıdan daha avantajlı olan organize sanayi bölgeleri birim fiyatları dikkate alınmıştır. Bazı bölgelerde 1. sanayi bölgeleri olduğu için, 2. sanayi bölgelerinin fiyatları değerlendirmeye alınmıştır. Arsa fiyatları bedelsizden başlayarak 446 TL/m<sup>2</sup>'ye kadar yükselmektedir. Arsa bedelleri 50 TL/ m<sup>2</sup> 'lik aralıklarda sınıflandırılarak



ağırlıklandırılmıştır. Bu kriterde alternatifler arasından arsa bedeli düşük olanlar öne çıkmıştır.

**Şehir nüfusları** 2000 yılında yapılan nüfus sayımı sonuçları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Nüfus kriterinde alternatifler, 100.000 kişilik artış dikkate alınarak gruplandırılmıştır. Nüfus en önemli kriterlerden biri olduğu için sıralamanın sonucunu belirleyen en önemli kriterden birisi olmuş, nüfusun en fazla olduğu alternatifler ön sıralara yükselmiştir.

**Geri dönüşüm tesis varlığının** karşılaştırılmasında, alternatif şehirlerde bulunan, Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan geri dönüşüm tesisi lisansı almış olan tesis sayısı dikkate alınmıştır. Bazı şehirlerde 40'a kadar tesis bulunmaktadır. Bu aralıktaki sayılar genellikle 5'er aralıkla artış gösterdiğinden, 5'erli gruplar halinde değerlendirme yapılmıştır. Geri dönüşüm tesislerinin varlığı olumlu bir kriter olarak işleme sokulduğundan, fazla sayıda tesise sahip olan şehirler öne çıkmıştır.

Yine olumlu bir kriter olarak işleme alınan **EEE üretici sayısı**, elektrikli ve elektronik eşya üreticilerinin şehirlerin sanayi ve ticaret oda kayıtları incelenerek elde edilmiştir. Büyük şehirlerde 625'e kadar yükselen tesis sayısı, 50'şerli gruplar halinde değerlendirilmiştir.

**Atık yönetimi ve AEEE yönetimi çalışmalarının olması**, atıkların ulaşılabilirliğini artırarak toplanmasını kolaylaştırdığından, olumlu bir özellik olarak ele alınmıştır. Atık yönetimi çalışması olmayan şehirler 1 değerini alırken, var olan şehirler 2 olarak puanlanmıştır. Çalışmanın yapıldığı şehirler kendi aralarında aynı düzeyde sayılırken, yapılmayan şehirlere göre 2 kat önem kazanmıştır.

Çizelge 6.2. Karar verme sürecinde kullanılan kriterler

| Kriter no | Kriter Grubu       | Kriter Adı                           | Birimi            | Açıklama  |
|-----------|--------------------|--------------------------------------|-------------------|---|
| K1        | Ekonomik Kriterler | Arsa Bedeli                          | TL/m <sup>2</sup> | Tesisin ilk kurulum maliyetinin düşük tutulması düşünülmüştür. Düşük olan arsa bedeli tercih edilir.            |
| K2        |                    | Nüfus                                | Puan (1-9)        | Hammadde bulunabilmesi açısından nüfus önemlidir.   |
| K3        | Altyapı Kriterleri | Geri Dönüşüm Tesisi Varlığı          | Puan (1-9)        | Diğer geri dönüşüm tesislerine ait çıktıları girdi olarak kullanır.   |
| K4        |                    | EEE Üretici Varlığı                  | Puan (1-9)        | Hammadde kaynağıdır.  |
| K5        | Yasal Kriterler    | Atık Yönetimi Çalışması              | Değer (1-2)       | Atık yönetiminin verimli uygulanabilmesi hammadde miktarını artırır.  |
| K6        |                    | AEEE Üzerine Atık Yönetimi Çalışması | Değer (1-2)       | Atıkların temiz ve ayrı olarak toplanmış ve ulaşılabilir olmasını artırır.                                      |
| K7        |                    | Teşvik kapsamı                       | Değer (1-2)       | Teşvik yasası kapsamında olması yatırım maliyetlerinin ve işletme giderlerinin düşürülmesi açısından önemlidir. |

**Çizelge 6.3.** Karar verme sürecinde kullanılan ham veriler

|  |                                |  |            | K1      | K2       | K3 | K4  | K5 | K6 | K7 |
|--|--------------------------------|--|------------|---------|----------|----|-----|----|----|----|
| Marmara / Ege Bölgesi                    | 1a                             | İstanbul, İzmir (Büyükşehirler)                      | İstanbul   | 25      | 10018735 | 39 | 625 | ✓  | ✓  | -  |
|  |                                |  | İzmir      | 60      | 3370866  | 21 | 138 | ✓  | -  | -  |
|  | 1b                             | Diğer Büyükşehir Belediyeleri                        | Bursa      | 182     | 2125140  | 27 | 9   | ✓  | -  | -  |
|  | 1c                             | Diğer Belediyeler (orta/küçük)                       | Kocaeli    | 480     | 1206085  | 15 | 121 | ✓  | ✓  | -  |
|  |                                |  | Sakarya    | 75      | 756168   | 6  | 62  | ✓  | ✓  | -  |
| Akdeniz / Karadeniz / İç Anadolu Bölgesi | 2a                             | Ankara (Büyükşehir)                                  | Ankara     | 60      | 4007860  | 13 | 383 | ✓  | -  | -  |
|  | 2b                             | Antalya / İçel (Turizm şehirleri)                    | Antalya    | 53      | 1719751  | 12 | 41  | -  | -  | -  |
|  |                                |  | Mersin     | 35      | 1651400  | 8  | 11  | -  | -  | -  |
|  | 2c                             | Diğer Büyükşehir Belediyeleri                        | Eskişehir  | 25      | 706009   | 6  | 62  | ✓  | -  | -  |
|  | 2d                             | Diğer Belediyeler, Karadeniz (orta/küçük)            | Samsun     | 175     | 1209137  | 6  | 7   | -  | -  | ✓  |
|  | 2e                             | Diğer Belediyeler, Akdeniz / İç Anadolu (orta/küçük) | Konya      | 30      | 2192166  | 6  | 39  | ✓  | -  | -  |
| Kayseri                                  |                                |  | 60         | 1060432 | 6        | 71 | -   | -  | -  |    |
| Doğu Anadolu / Güneydoğu Anadolu Bölgesi | 3a                             | Gaziantep (Büyükşehir)                               | Gaziantep  | 73      | 1285249  | 4  | 111 | -  | -  | -  |
|  | 3b                             | Diğer Büyükşehir Belediyeleri                        | Adana      | 42      | 1849478  | 5  | 67  | -  | -  | -  |
|  |                                |  | Diyarbakır | 0       | 1362708  | -  | 75  | -  | -  | ✓  |
| 3c                                       | Diğer Belediyeler (orta/küçük) | Erzurum  | 70         | 937389  | -        | 0  | -   | -  | ✓  |    |

**Teşvik yasası kapsamında** olan şehirlerde, yatırımcıya birçok ekonomik avantaj sağlandığı için, teşvik olumlu bir kriter olarak karar verme sürecini etkiler. Atık yönetimi çalışmalarıyla benzer şekilde 1-2 arasında değerlendirme yapılmıştır.

## **6.2.Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı**

Bu çalışmada, önceki aşamalarda derlenen veriler çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden AHP, ANP, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

### **6.2.1.AHP yöntemi ile yer seçimi**

AHP yazılımı olarak “Expert Choice 2000” kullanılmıştır. İkili karşılaştırmaya dayanan AHP yönteminde temel ölçek kullanılarak alternatifler değerlendirilmiştir. Çizelge 6.4’te kriterlerin ikili karşılaştırma değerleri verilmiştir. Matriste 1’den büyük olan değerler, karşı geldiği satır kriterinin sütun kriterinden daha önemli olduğunu göstermektedir. Program görüntüsü ise Şekil 6.3’te verilmiştir. Burada, kırmızı renkte olan değerler, karşılık geldikleri sütunun, satırdaki kriterden; siyah renkteki değerler ise satırdaki kriterin sütundaki değerden daha önemli olduğunu göstermektedir. Kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra alternatif şehirlerin her biri kendi arasında, kriter bazında değerlendirilmiştir. Tüm alternatifler kendi arasında karşılaştırıldıktan sonra, Expert Choice yazılımı yardımıyla karar verme süreci tamamlanmıştır. Bu karşılaştırmalar yapılırken, tutarsızlık (inconsistency) değerinin 0,05’ten düşük olmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 6.4. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

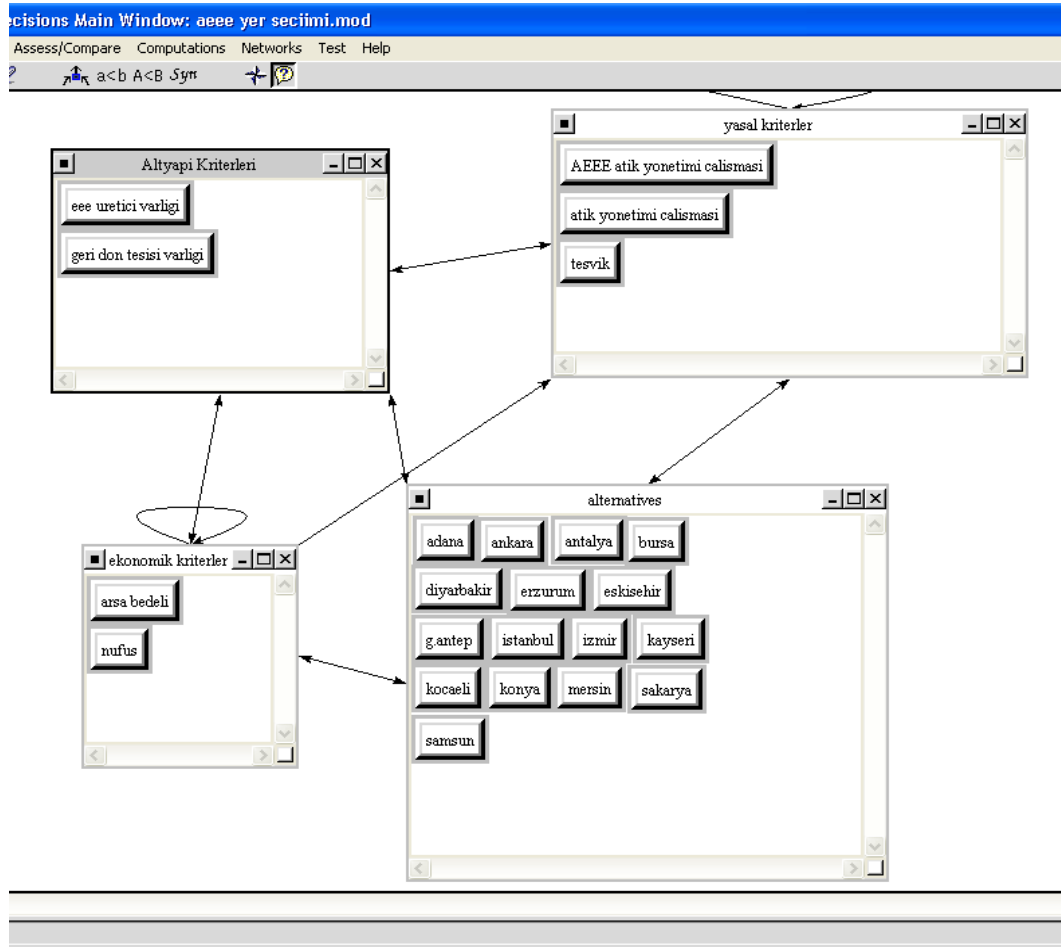
|                         | Teşvik kapsamı | Geri Dönüşüm Tesisleri | Atık Yön. Çalışması | AEEE Atık Yön Çalışması | EEE Üreticisi | Arsa Bedeli | Nüfus |
|-------------------------|----------------|------------------------|---------------------|-------------------------|---------------|-------------|-------|
| Teşvik kapsamı          |                | 1/3                    | 1/3                 | 1                       | 1/5           | 1           | 1/5   |
| Geri Dönüşüm Tesisleri  |                |                        | 1                   | 2                       | 1/2           | 3           | 1/2   |
| Atık Yön. Çalışması     |                |                        |                     | 2                       | 1/2           | 3           | 1/2   |
| AEEE Atık Yön Çalışması |                |                        |                     |                         | 1/3           | 2           | 1/3   |
| EEE Üreticisi           |                |                        |                     |                         |               | 5           | 1     |
| Arsa Bedeli             |                |                        |                     |                         |               |             | 1/5   |
| Nüfus                   |                |                        |                     |                         |               |             |       |

|                           | teşvik | Geri ön tes | atık yön | aeee üzer | eee üretici | arsa bedeli | nüfus |
|---------------------------|--------|-------------|----------|-----------|-------------|-------------|-------|
| teşvik                    |        | 3.0         | 3.0      | 2.0       | 5.0         | 1.0         | 5.0   |
| Geri ön tes varlığı       |        |             | 1.0      | 2.0       | 2.0         | 3.0         | 2.0   |
| atık yön çalışması        |        |             |          | 2.0       | 2.0         | 3.0         | 2.0   |
| aeee üzerine ay çalışması |        |             |          |           | 3.0         | 2.0         | 3.0   |
| eee üretici varlığı       |        |             |          |           |             | 5.0         | 1.0   |
| arsa bedeli               |        |             |          |           |             |             | 5.0   |
| nüfus                     |        | Incon: 0.03 |          |           |             |             |       |

Şekil 6.3. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

## 6.2.2. ANP yöntemi ile yer seçimi

ANP yöntemi için “Super Decision” yazılımı kullanılmıştır. İkili karşılaştırmaya dayanan ANP yönteminde oluşturulan basit ağ altında alternatifler değerlendirilmiştir. Alternatifler karşılaştırılırken, ikili karşılaştırmalar için, direkt değerlerin girilmesi tercih edilmiştir. Kurulan ağa ait ilişkiler Şekil 6.4’te gösterilmiştir.



Şekil 6.4. ANP yönteminde oluşturulan ağ

Şekil 6.4’ten de anlaşılacağı gibi, kriterler kümeler altında değerlendirilmiştir. Bu kriterlerden, elektrikli ve elektronik eşya üreten tesis varlığı ile nüfus, geri dönüşüm tesisi varlığıyla nüfus ve atık yönetimi çalışması, atık yönetimi çalışması ile geri dönüşüm tesislerinin varlığı ve AEEE yönetim

sisteminin varlığı arasında ilişki kurulmuştur. Kriterlerin kendi arasında ağırlıklandırılması yapıldıktan sonra karar verme süreci tamamlanmıştır.

### 6.2.3.ELECTRE III yöntemi ile yer seçimi

AHP ve ANP yöntemlerinde olduğu gibi, 3 gruptaki 7 kriter ve 16 alternatif değerlendirmeye alınmıştır. Bu yöntemde, öncelikle kriterlerin tercih yönü belirtilmiştir. Arsa bedeli dışındaki kriterlerin “artan” yönde olması tercih edilmiştir. Bununla beraber, sayısal değeri olanlarda direkt değerler girilmiş, sayısal değer olmayanlar için, 0-1 olmak üzere puanlama yapılmıştır. Kriterlerin kendi aralarındaki ağırlıkları ise AHP ve ANP yöntemleri ile aynı alınmıştır. Eşik değeri olarak tercih ve farksızlık eşik değerleri kullanılırken, veto eşik değerleri kriterlerin yapısı gereği dikkate alınmamıştır. Kriter ağırlıkları, birimleri, tercih yönü ve eşik değerleri Çizelge 6.5’te görülmektedir.

Çizelge 6.5. Kriter ağırlıkları, birimleri, tercih yönü ve eşik değerleri

| Kriter Adı                           | Birimi            | Kriter Ağırlıkları | Tercih Yönü | Tercih Eşik Değerleri ( $p_j$ ) |         | Farksızlık Eşik Değerleri ( $q_j$ ) |         |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------------------------|---------|-------------------------------------|---------|
|                                      |                   |                    |             | $\alpha$                        | $\beta$ | $\alpha$                            | $\beta$ |
| Arsa Bedeli                          | TL/m <sup>2</sup> | 5                  | Azalan      | 0                               | 50      | 0                                   | 110     |
| Geri Dönüşüm Tesis Varlığı           | Adet              | 15                 | Artan       | 0                               | 10      | 0                                   | 5       |
| Nüfus                                | Kişi sayısı       | 25                 | Artan       | 0                               | 100000  | 0                                   | 1000    |
| EEE Üretici Varlığı                  | Adet              | 25                 | Artan       | 0                               | 165     | 0                                   | 50      |
| Atık Yönetimi Çalışması              | Puan (0-1)        | 15                 | Artan       | 0                               | 1       | 0                                   | 0       |
| AEEE Üzerine Atık Yönetimi Çalışması | Puan (0-1)        | 10                 | Artan       | 0                               | 1       | 0                                   | 0       |
| Teşvik kapsamı                       | Puan (0-1)        | 5                  | Artan       | 0                               | 1       | 0                                   | 0       |

#### 6.2.4. PROMETHEE yöntemi ile yer seçimi

PROMETHEE yöntemi uygulanmasında Decision Sight sprl firmasından satın alınan D-Sight yazılımının akademik sürümü kullanılmıştır. Önceki yöntemlerle benzer olarak alternatifler ve kriterler belirlenerek değerler girilmiş ve matris oluşturulmuştur. Sayısal değerleri kullanılan, EEE üretici sayısı, geri dönüşüm tesisi sayısı gibi kriterlerde, en uygun ve en yaygın olan “Gauss” fonksiyonu kullanılırken, var ya da yok (1-0) olarak değerlendirilen kriterlerde “olağan” tipte fonksiyon kullanılmıştır. Kriterlerin birim, maksimum/minimum olmak üzere tercih yönü ve fonksiyon özellikleri, tercih eşik değerleri ve ağırlıklandırılması Çizelge 6.6’da görülmektedir. Bu yöntemde, alternatiflerin birbirine göre ağırlıklandırılması yerine, alternatiflerin kendi değerleri girilerek yazılım çalıştırılmıştır. Şekil 6.5’te yazılımın ekran görüntüsü bulunmaktadır.



|            | Arsa bed... | Nüfus      | Geri Dönüş... | EEE eşya ü... | Atık Yön ç... | AEEE üz... | Teşvik ka... |
|------------|-------------|------------|---------------|---------------|---------------|------------|--------------|
| İstanbul   | 25          | 10.018.735 | 39            | 625           | 1             | 1          | 0            |
| İzmir      | 60          | 3.370.866  | 21            | 138           | 1             | 0          | 0            |
| Bursa      | 182         | 2.125.140  | 27            | 9             | 1             | 0          | 0            |
| Kocaeli    | 480         | 1.206.085  | 15            | 121           | 1             | 1          | 0            |
| Sakarya    | 75          | 756.168    | 6             | 62            | 1             | 1          | 0            |
| Ankara     | 60          | 4.007.860  | 13            | 383           | 1             | 0          | 0            |
| Antalya    | 53          | 1.719.751  | 12            | 41            | 0             | 0          | 0            |
| Mersin     | 35          | 1.651.400  | 8             | 11            | 0             | 0          | 0            |
| Eskişehir  | 25          | 706.009    | 6             | 62            | 1             | 0          | 0            |
| Samsun     | 175         | 1.209.137  | 6             | 7             | 0             | 0          | 1            |
| Konya      | 30          | 2.192.166  | 6             | 39            | 1             | 0          | 0            |
| Kayseri    | 60          | 1.060.432  | 6             | 71            | 0             | 0          | 0            |
| Gaziantep  | 73          | 1.285.249  | 4             | 111           | 0             | 0          | 0            |
| Adana      | 42          | 1.849.478  | 5             | 67            | 0             | 0          | 0            |
| Diyarbakır | 0           | 1.362.708  | 0             | 75            | 0             | 0          | 1            |
| Erzurum    | 70          | 937.389    | 0             | 0             | 0             | 0          | 1            |

Şekil 6.5. D-Sight yazılımı ile oluşturulan matris görüntüsü



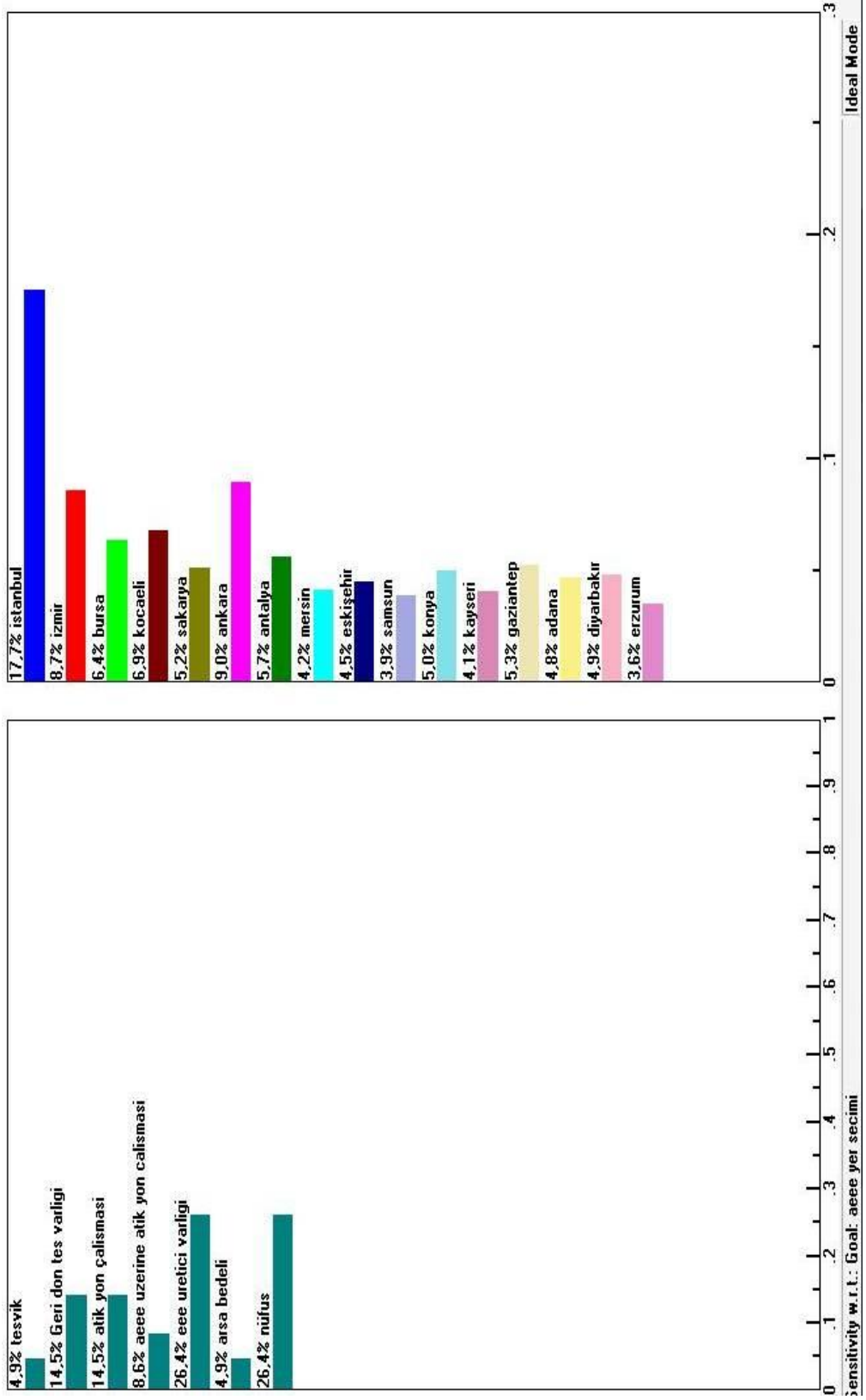
Çizelge 6.6. Kriterlerin özellikleri

| Kriterler                   | Minimum/<br>Maksimum | Fonksiyon<br>Tipi | Mutlak/<br>Göreceli | Tercih<br>Eşik<br>Değerleri | Ağırlıklandırma | Birim             |
|-----------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| Arsa bedelleri              | Minimum              | Gauss             | Mutlak              | 50                          | 0,05            | TL/m <sup>2</sup> |
| Nüfus                       | Maksimum             | Gauss             | Mutlak              | 100.000                     | 0,25            | Kişi sayısı       |
| Geri Dönüşüm Tesisi Varlığı | Maksimum             | Gauss             | Mutlak              | 10                          | 0,15            | Adet              |
| EEE eşya üreticisi          | Maksimum             | Gauss             | Mutlak              | 165                         | 0,25            | Adet              |
| Atık Yön çalışması          | Maksimum             | Olağan            | Mutlak              | 1                           | 0,15            | Puan (0-1)        |
| AEEE üzerine atık çalışması | Maksimum             | Olağan            | Mutlak              | 1                           | 0,1             | Puan (0-1)        |
| Teşvik kapsamı              | Maksimum             | Olağan            | Mutlak              | 1                           | 0,05            | Puan (0-1)        |

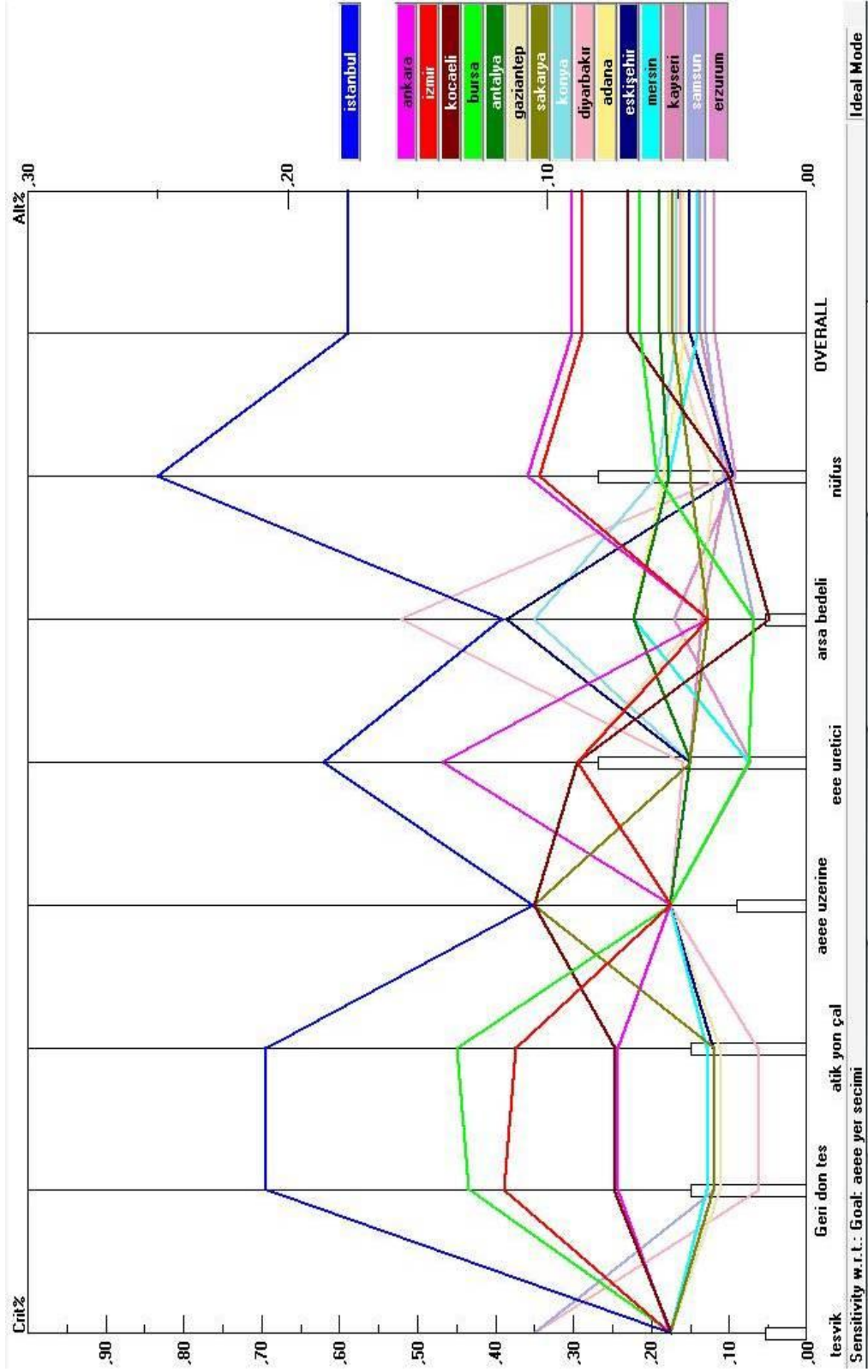
### 6.3.Bulgular ve Değerlendirme

AEEE geri dönüşüm tesisi yer seçiminde AHP, ANP, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak en iyi alternatif şehir belirlenmeye çalışılmış ve bu bölümde elde edilen sonuçlar verilmiştir.

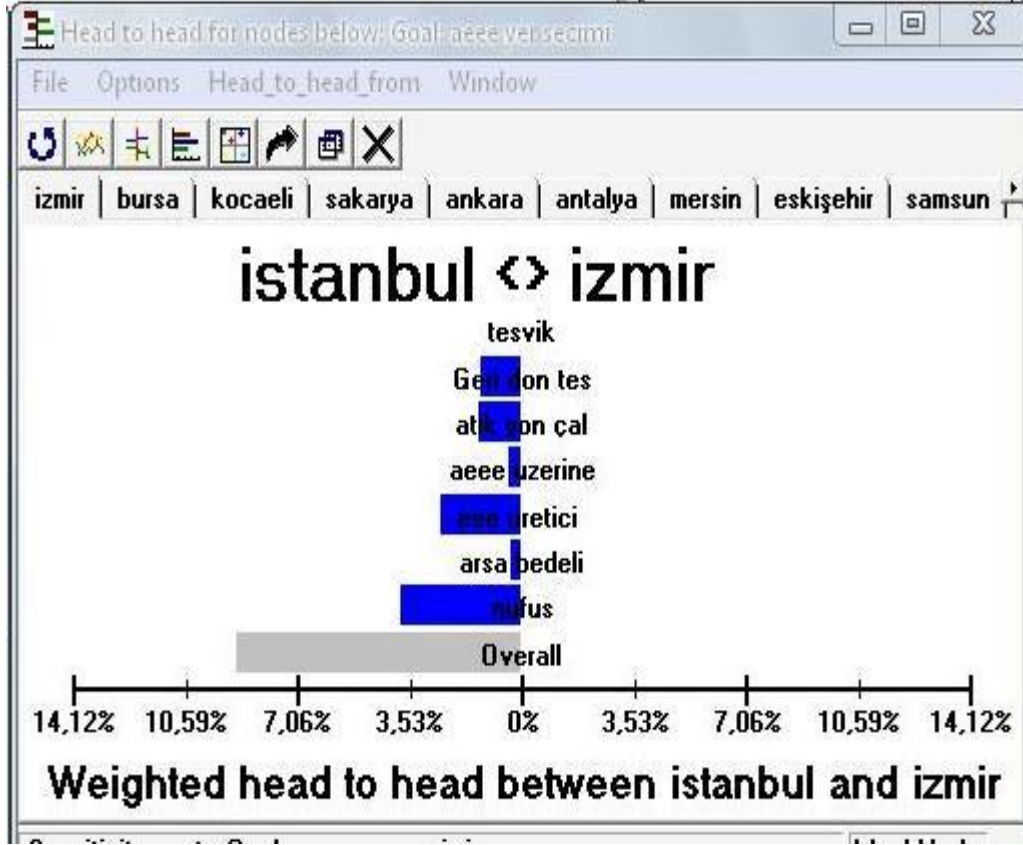
İkili karşılaştırmayı esas alan AHP yönteminde, İstanbul ve İzmir en iyi iki alternatif olarak öne çıkmıştır. Elde edilen sıralama Şekil 6.6'da görülmektedir. Alternatiflerin kriter bazındaki performans değerleri Şekil 6.7'de, en iyi iki alternatifin kendi arasında karşılaştırması ise Şekil 6.8'de verilmiştir.



Şekil 6.6. AHP yöntemi ile alternatiflerin ölçütleri göre değerlendirilmesi











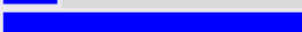







Şekil 6.7. AHP yöntemi ile alternatiflerin ölçütler bazındaki performans grafiği



Şekil 6.8. AHP yönteminde en iyi iki alternatifin karşılaştırılması(İstanbul-İzmir)

İkili karşılaştırmayı esas alan ve AHP yönteminden, kriterler arasındaki ilişkileri göz önüne almasıyla farklılaşan ANP yönteminden elde edilen sonuçlar Şekil 6.9’da görülmektedir. Bu sonuçlara göre İstanbul, Ankara ve İzmir en iyi üç alternatiftir.

Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: aeee yer secimi.mod: ratings

| Name       | Graphic   | Ideals   | Normals  | Raw      |
|------------|---|----------|----------|----------|
| adana      |    | 0.202884 | 0.045329 | 0.018980 |
| ankara     |    | 0.473001 | 0.105679 | 0.044250 |
| antalya    |    | 0.209626 | 0.046835 | 0.019611 |
| bursa      |    | 0.313290 | 0.069996 | 0.029309 |
| diyarbakır |    | 0.168519 | 0.037651 | 0.015765 |
| erzurum    |    | 0.133320 | 0.029787 | 0.012472 |
| eskışehir  |    | 0.150420 | 0.033607 | 0.014072 |
| gaziantep  |    | 0.181575 | 0.040568 | 0.016987 |
| istanbul   |    | 1.000000 | 0.223422 | 0.093552 |
| izmir      |    | 0.389030 | 0.086918 | 0.036395 |
| kayseri    |    | 0.159975 | 0.035742 | 0.014966 |
| kocaeli    |   | 0.313999 | 0.070154 | 0.029375 |
| konya      |  | 0.239140 | 0.053429 | 0.022372 |
| mersin     |  | 0.182534 | 0.040782 | 0.017076 |
| sakarya    |  | 0.173919 | 0.038857 | 0.016270 |
| samsun     |  | 0.184602 | 0.041244 | 0.017270 |

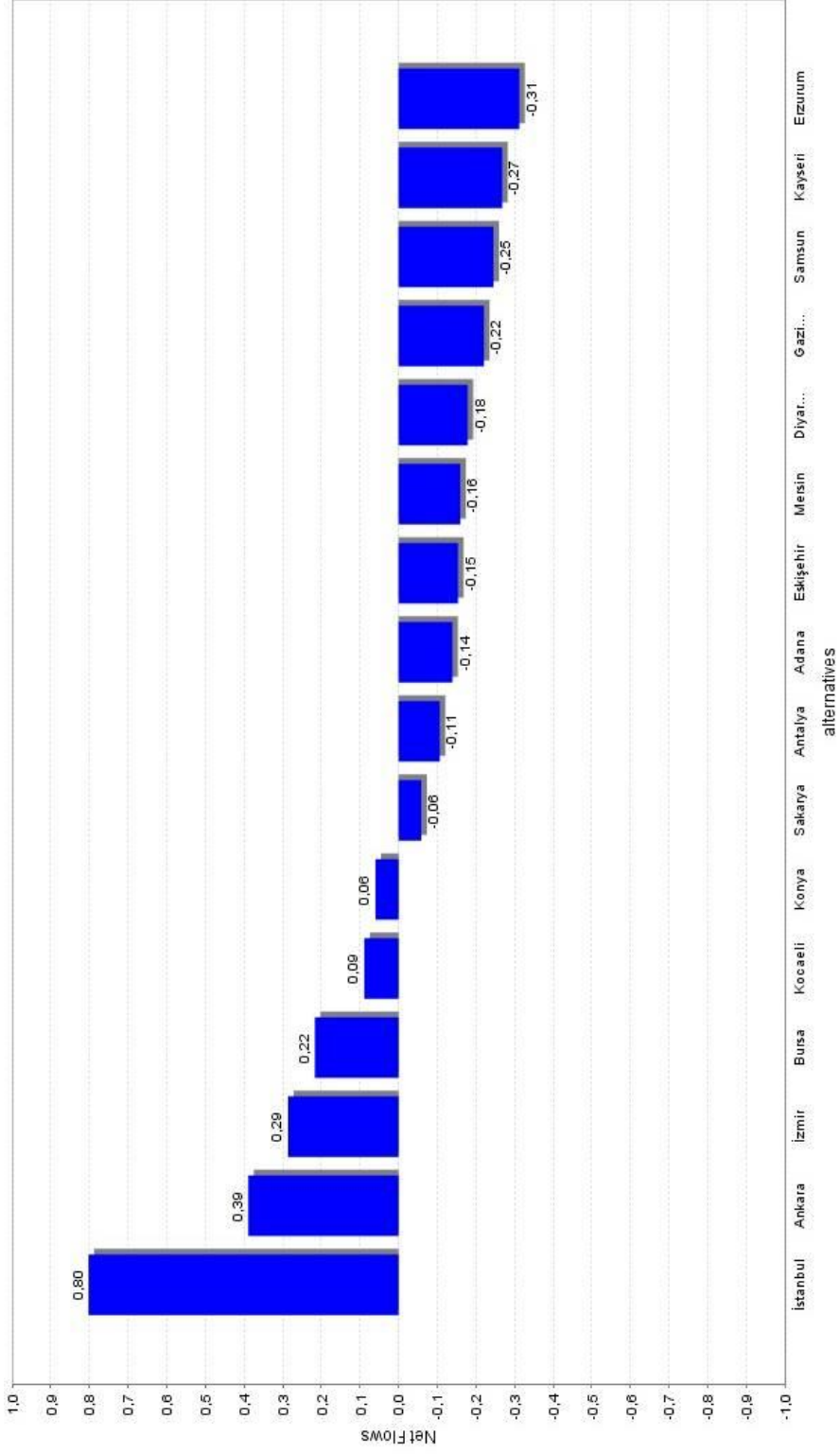
Şekil 6.9. ANP yönteminden elde edilen sonuçlar

ELECTRE yönteminde de gerekli tüm kriter ve değerlerin, makrolar kullanılarak oluşturulmuş MS-Office Excel belgesine girilmesinden sonra elde edilen sonuçlara göre en iyi 3 şehir İstanbul, Ankara ve İzmir olarak öne çıkmaktadır (Çizelge 6.7). Çıkan sonuçlar, daha önce yapılan AHP ve ANP yönteminin sonuçlarıyla benzer şekilde en iyi alternatif olarak İstanbul şehrini öne çıkartmıştır.

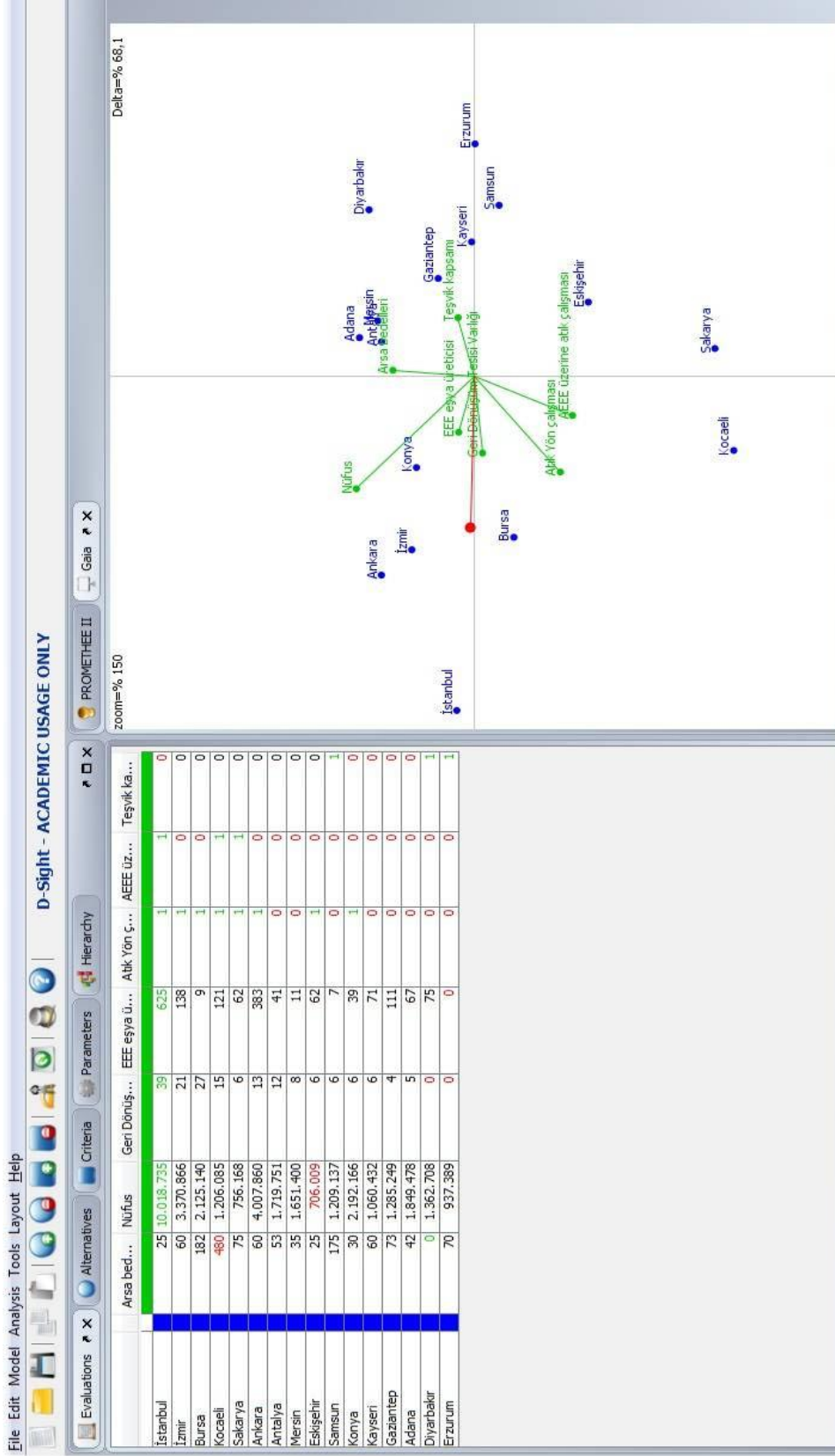
**Çizelge 6.7.** ELECTRE yönteminin sonuçları

|    |            |
|----|------------|
| 1  | İstanbul   |
| 2  | Ankara     |
| 3  | İzmir      |
| 4  | Bursa      |
| 5  | Konya      |
| 6  | Kocaeli    |
| 7  | Antalya    |
| 8  | Sakarya    |
| 9  | Mersin     |
| 10 | Eskişehir  |
| 11 | Samsun     |
| 12 | Kayseri    |
| 12 | Gaziantep  |
| 12 | Adana      |
| 12 | Diyarbakır |
| 12 | Erzurum    |

PROMETHEE yönteminden elde edilen sonuçlar Şekil 6.10' da görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, İstanbul, Ankara ve İzmir en iyi seçenektir. Oluşturulan matrise göre kriter ve alternatiflerin birbirine göre durumunu gösteren ağ Şekil 6.11'de, akım değerleri ise Çizelge 6.8'de verilmiştir. Aynı zamanda en iyi iki alternatif olan İstanbul ve Ankara şehirlerinin birbirine göre karşılaştırmaları Şekil 6.12 ve Şekil 6.13'te verilmiştir.



Şekil 6.10. PROMETHEE yönteminden elde edilen sonuçlar

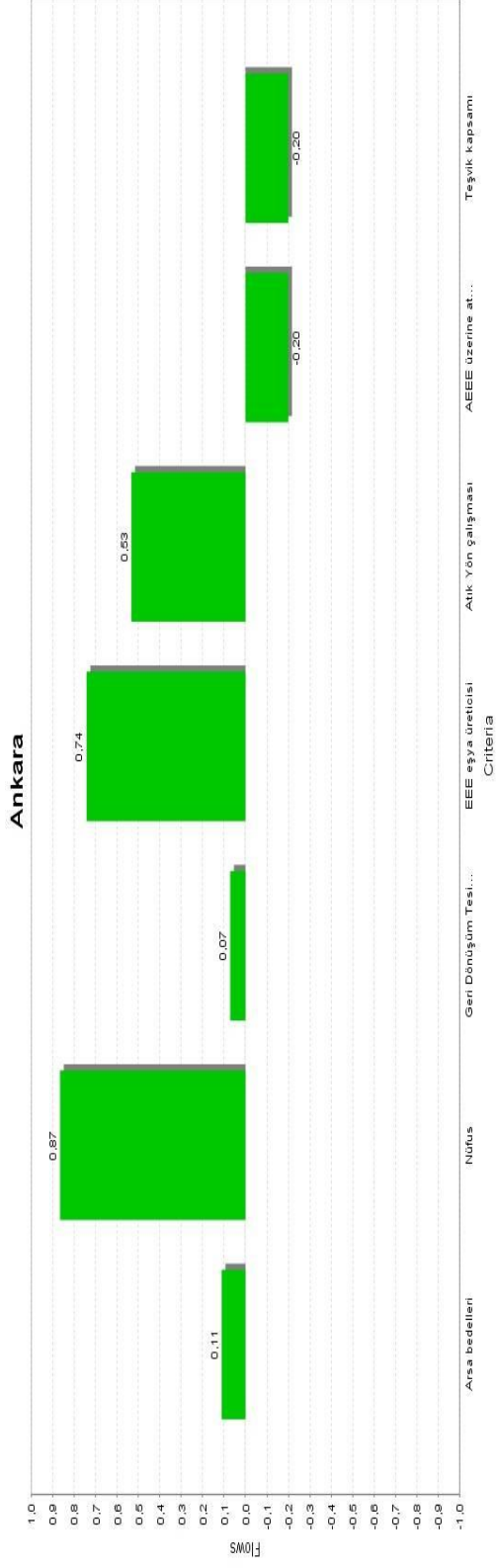
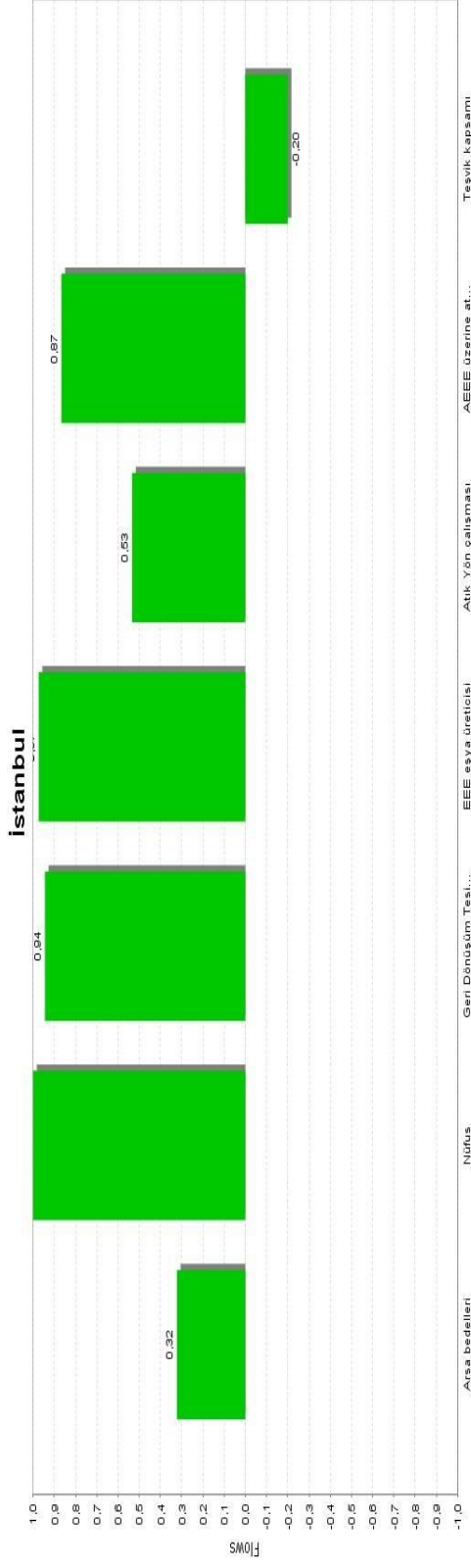


Şekil 6.11. Kriter ve alternatiflerin dağılımı

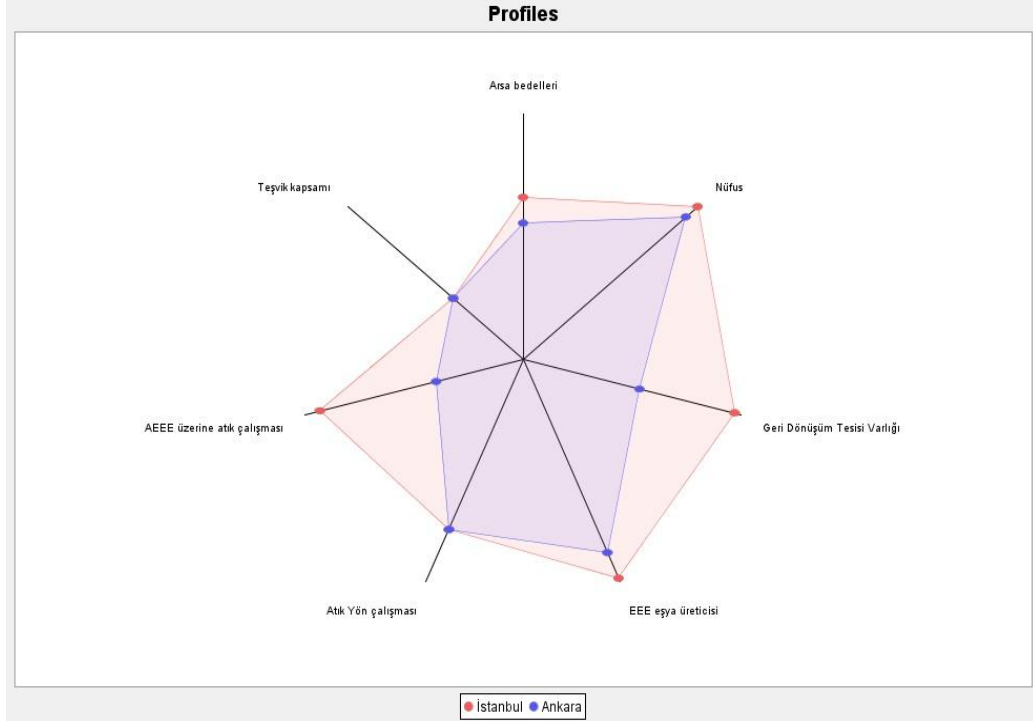


**Çizelge 6.8.** Akım değerleri

| <b>Alternatif</b> | <b>Sıralama</b> | <b>Net Akım Değeri</b> | <b>Pozitif Akım Değeri</b> | <b>Negatif Akım Değeri</b> |
|-------------------|-----------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| İstanbul          | 1               | 0,802                  | 0,813                      | 0,01                       |
| Ankara            | 2               | 0,389                  | 0,476                      | 0,087                      |
| İzmir             | 3               | 0,286                  | 0,384                      | 0,098                      |
| Bursa             | 4               | 0,217                  | 0,377                      | 0,161                      |
| Kocaeli           | 5               | 0,089                  | 0,294                      | 0,205                      |
| Konya             | 6               | 0,06                   | 0,214                      | 0,154                      |
| Sakarya           | 7               | -0,059                 | 0,187                      | 0,245                      |
| Antalya           | 8               | -0,107                 | 0,134                      | 0,241                      |
| Adana             | 9               | -0,139                 | 0,115                      | 0,255                      |
| Eskişehir         | 10              | -0,154                 | 0,106                      | 0,26                       |
| Mersin            | 11              | -0,16                  | 0,106                      | 0,266                      |
| Diyarbakır        | 12              | -0,179                 | 0,132                      | 0,311                      |
| Gaziantep         | 13              | -0,221                 | 0,074                      | 0,295                      |
| Samsun            | 14              | -0,245                 | 0,089                      | 0,335                      |
| Kayseri           | 15              | -0,268                 | 0,047                      | 0,315                      |
| Erzurum           | 16              | -0,312                 | 0,07                       | 0,382                      |



Şekil 6.12. İstanbul ve Ankara şehirlerinin kriter bazında karşılaştırılması



Şekil 6.13. İstanbul ve Ankara şehirlerinin ağ şeklinde karşılaştırılması

Elde edilen tüm yöntem sonuçlarında en iyi alternatif İstanbul şehridir. Bunu sağlayan, karar verme sürecini en çok etkileyen “nüfus” ve “EEE üretici tesis sayısı” kriterlerinin diğer alternatiflere göre daha fazla olmasıdır. Ancak daha alt basamaklardaki sıralamalarda değişiklikler mevcuttur. AHP yöntemi, karar problemlerini hiyerarşik bir yapıda ele alan ve ikili karşılaştırma mantığına dayanan bir yöntemdir. Bununla beraber, ANP, gerçek problemlerin her zaman hiyerarşik bir yapıyla ifade edilemeyeceğini göz önüne alarak kriterler ve seçenekler arasında geri besleme ve bağımlılığı esas alır ve karar verme problemini bir ağ yapısında ortaya koyar. ELECTRE’ de, kriterler için tercih, kayıtsızlık ve veto eşik değerleri kullanılarak değerlendirme yapılır. PROMETHEE yöntemi ise, karar verici için yol gösterici bir özellik taşımakla beraber, kriterlerin dağılımına uygun olarak seçilmiş fonksiyon tipi doğrultusunda karar verme problemini ele alır. ELECTRE ve PROMETHEE yöntemi, AHP ve ANP yönteminden farklı olarak karşılaştırma yapmaya gerek kalmadan veriler doğrudan kullanılır. Sıralamadaki çeşitliliğin, yöntemler arasındaki bu farklardan

kaynaklandığı söylenebilir. Tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.9'da gösterilmiştir.

**Çizelge 6.9.** AHP, ANP, ELECTRE ve PROMETHEE yöntemlerinin sonuçları

| <b>AHP</b> | <b>ANP</b> | <b>ELECTRE</b> | <b>PROMETHEE</b> |
|------------|------------|----------------|------------------|
| İstanbul   | İstanbul   | İstanbul       | İstanbul         |
| Ankara     | Ankara     | Ankara         | Ankara           |
| İzmir      | İzmir      | İzmir          | İzmir            |
| Bursa      | Kocaeli    | Bursa          | Bursa            |
| Antalya    | Bursa      | Konya          | Kocaeli          |

## 7. SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye’de elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşüm tesisi için çok ölçütlü karar verme teknikleri kullanılarak yer seçimi yapılmıştır. Çok ölçütlü karar verme tekniği olarak AHP, ANP, ELECTRE III VE PROMETHEE yöntemleri kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kullanılan tüm yöntemlerde en iyi alternatifin İstanbul şehri olduğu görülmektedir. Bunun olmasındaki en etkili iki kriter, ağırlıklandırması da diğer kriterlere göre daha yüksek olan, nüfus ve elektrikli ve elektronik eşya üreten tesis sayısının fazla olmasıdır. Bununla beraber daha alt basamaklardaki sıralamalarda değişiklikler mevcuttur. AHP yönteminin karar problemlerini hiyerarşik bir yapıda ele alması, ANP’nin ise, kriter ve seçenekler arasındaki karşılıklı ilişkileri esas alarak karar verme problemini bir ağ yapısında ortaya koyması ikili karşılaştırmaya dayanan bu iki yöntemin sonuçları arasındaki farklılığa sebep olmaktadır. ELECTRE yönteminde, kriterler için eşik değerlerinin ve alternatiflere ait verilerin doğrudan kullanılmasıyla, belirlenen aralıklara göre alternatiflerin birbirine göre önem seviyesinin oransal karşılaştırmalardan farklılaşmasının; PROMETHEE yönteminde ise, yine doğrudan girilen veriler kullanılarak kriterlerin seçilmiş fonksiyon tipi doğrultusunda değerlendirilmesinin sıralamadaki farklılıklara sebep olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada en iyi tek bir alternatifin belirlenmesinden çok, alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılarak bir sıralama elde edilmesi hedeflenmiştir. Ek olarak olası tesis yatırımları için birden fazla seçenek sunulabilmesi de önemlidir. Bu açıdan, en iyi dört seçenek, İstanbul, Ankara, İzmir ve Bursa olarak sıralanabilir. Ayrıca, maksimum düzeyde atığa ulaşarak maliyetlerin en aza indirilmesinin ancak kurulacak tesislerin uygun toplama noktaları ile desteklenmesiyle mümkün olacağı da göz önüne alınmalıdır.

## EKLER

### Ek-1: AHP yönteminde kullanılan Expert Choice 2000 yazılımı görüntüleri

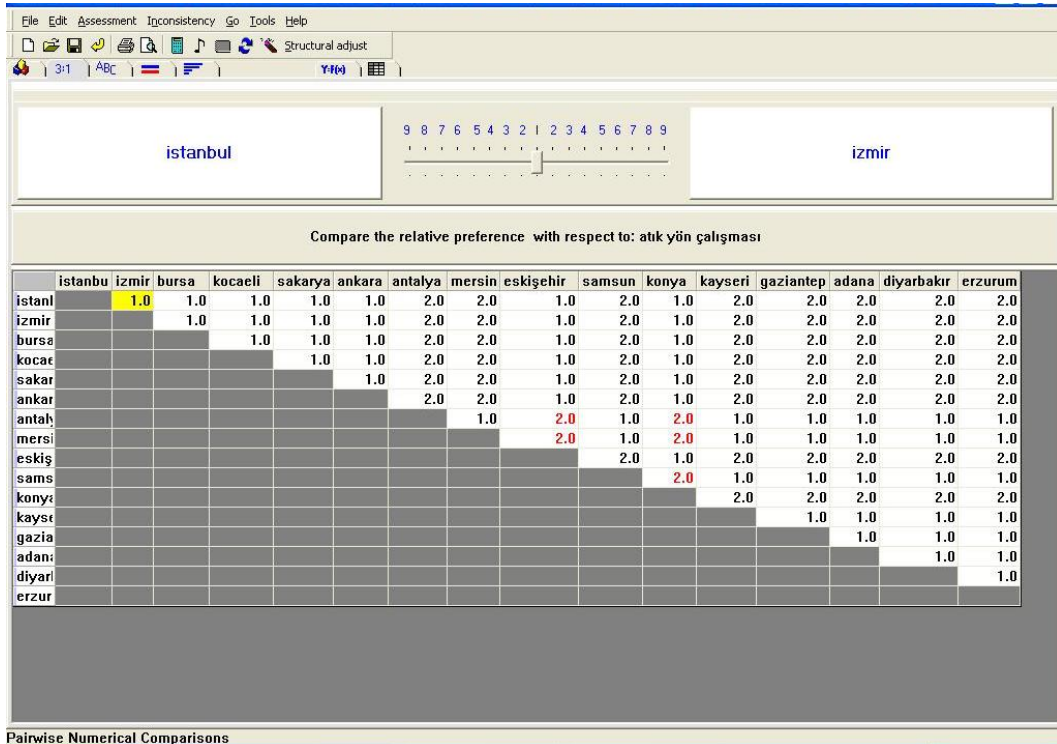
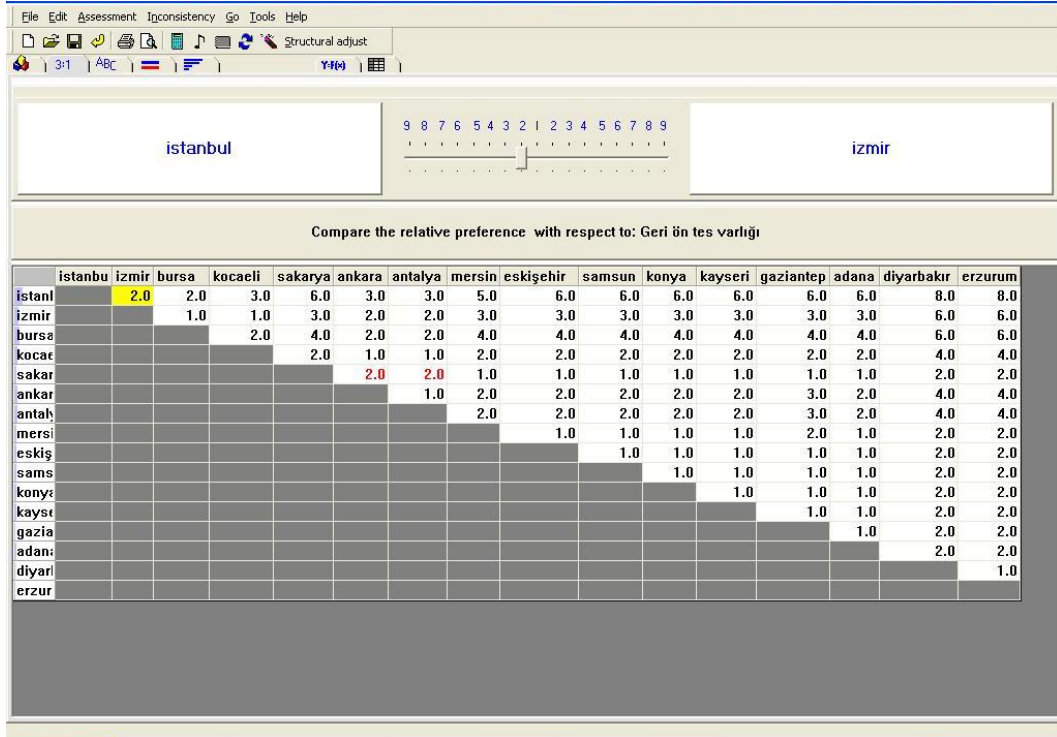
The screenshot shows the Expert Choice 2000 interface. The main window displays a pairwise comparison matrix for the goal "aece yer secimi". The matrix compares seven criteria: teşvik, Geri ön tes varlığı, atk yön çalışması, aece üzerine ay çalışması, eee üretici varlığı, arsa bedeli, and nüfus. The values are as follows:

|                           | teşvik | Geri ön tes | atk yön | aece üzer | eee üretici | arsa bedi | nüfus |
|---------------------------|--------|-------------|---------|-----------|-------------|-----------|-------|
| teşvik                    |        | 3.0         | 3.0     | 2.0       | 5.0         | 1.0       | 5.0   |
| Geri ön tes varlığı       |        |             | 1.0     | 2.0       | 2.0         | 3.0       | 2.0   |
| atk yön çalışması         |        |             |         | 2.0       | 2.0         | 3.0       | 2.0   |
| aece üzerine ay çalışması |        |             |         |           | 3.0         | 2.0       | 3.0   |
| eee üretici varlığı       |        |             |         |           |             | 5.0       | 1.0   |
| arsa bedeli               |        |             |         |           |             |           | 5.0   |
| nüfus                     |        |             |         |           |             |           |       |

The inconsistency index (Incon) is 0.03.

The screenshot shows the Expert Choice 2000 interface. The main window displays a pairwise comparison matrix for the goal "teşvik". The matrix compares 14 cities: istanbu, izmir, bursa, kocaeli, sakarya, ankara, antalya, mersin, eskişehir, samsun, konya, kayseri, gaziantep, adana, diyarbakır, and erzurum. The values are as follows:

|            | istanbu | izmir | bursa | kocaeli | sakarya | ankara | antalya | mersin | eskişehir | samsun | konya | kayseri | gaziantep | adana | diyarbakır | erzurum |
|------------|---------|-------|-------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|-----------|-------|------------|---------|
| istanbu    |         | 1.0   | 1.0   | 1.0     | 1.0     | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| izmir      |         |       | 1.0   | 1.0     | 1.0     | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| bursa      |         |       |       | 1.0     | 1.0     | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| kocaeli    |         |       |       |         | 1.0     | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| sakarya    |         |       |       |         |         | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| ankara     |         |       |       |         |         |        | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| antalya    |         |       |       |         |         |        |         | 1.0    | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| mersin     |         |       |       |         |         |        |         |        | 1.0       | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| eskişehir  |         |       |       |         |         |        |         |        |           | 2.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| samsun     |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        | 2.0   | 2.0     | 2.0       | 2.0   | 1.0        | 1.0     |
| konya      |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| kayseri    |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         | 1.0       | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| gaziantep  |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           | 1.0   | 2.0        | 2.0     |
| adana      |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       | 2.0        | 2.0     |
| diyarbakır |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       |            | 2.0     |
| erzurum    |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       |            |         |



File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

Structural adjust

3:1 ABC Y#

istanbul 9 8 7 6 5 4 3 2 | 2 3 4 5 6 7 8 9 izmir

Compare the relative preference with respect to: aeee üzerine ay çalışması

|         | istanbu | izmir | bursa | kocaeli | sakarya | ankara | antalya | mersin | eskişehir | samsun | konya | kayseri | gaziantep | adana | diyarbakır | erzurum |
|---------|---------|-------|-------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|-----------|-------|------------|---------|
| istanbu |         | 2.0   | 2.0   | 1.0     | 1.0     | 2.0    | 2.0     | 2.0    | 2.0       | 2.0    | 2.0   | 2.0     | 2.0       | 2.0   | 2.0        | 2.0     |
| izmir   |         |       | 1.0   | 2.0     | 2.0     | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 1.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| bursa   |         |       |       | 2.0     | 2.0     | 1.0    | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 1.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| kocae   |         |       |       |         | 1.0     | 2.0    | 2.0     | 2.0    | 2.0       | 2.0    | 2.0   | 2.0     | 2.0       | 2.0   | 2.0        | 2.0     |
| sakar   |         |       |       |         |         | 2.0    | 2.0     | 2.0    | 2.0       | 2.0    | 2.0   | 2.0     | 2.0       | 2.0   | 2.0        | 2.0     |
| ankar   |         |       |       |         |         |        | 1.0     | 1.0    | 1.0       | 1.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| antah   |         |       |       |         |         |        |         | 1.0    | 1.0       | 1.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| mersi   |         |       |       |         |         |        |         |        | 1.0       | 1.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| eskiş   |         |       |       |         |         |        |         |        |           | 1.0    | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| sams    |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        | 1.0   | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| kony:   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       | 1.0     | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| kayst   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         | 1.0       | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| gazia   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           | 1.0   | 1.0        | 1.0     |
| adan:   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       | 1.0        | 1.0     |
| diyarl  |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       |            | 1.0     |
| erzur   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       |            |         |

File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

Structural adjust

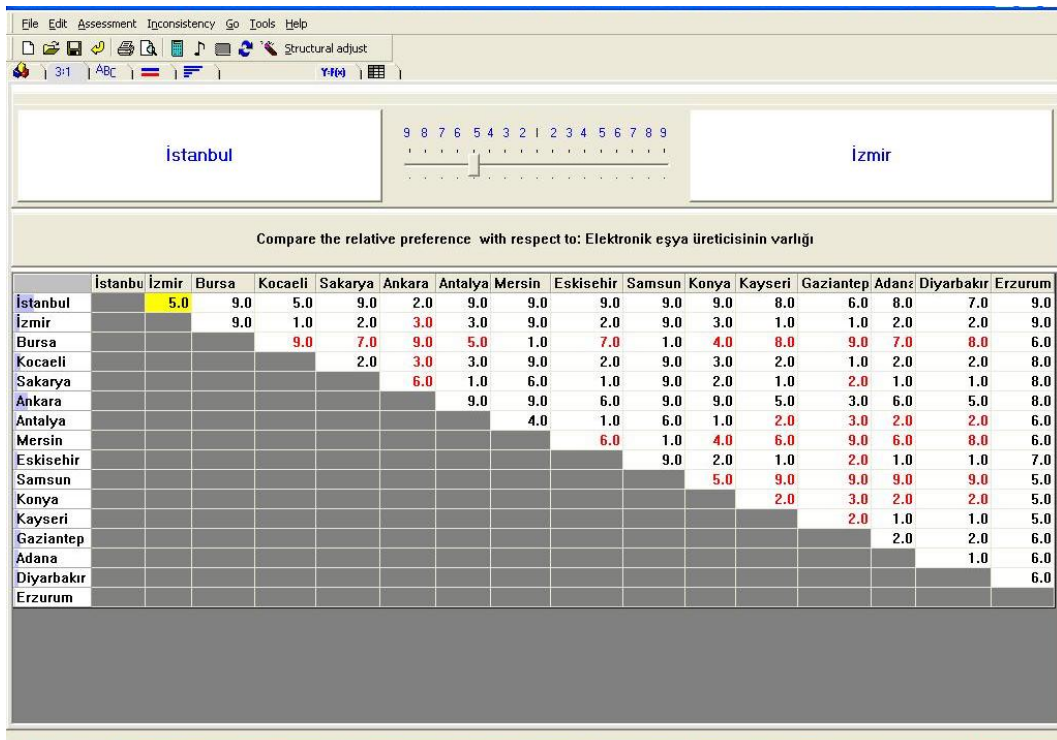
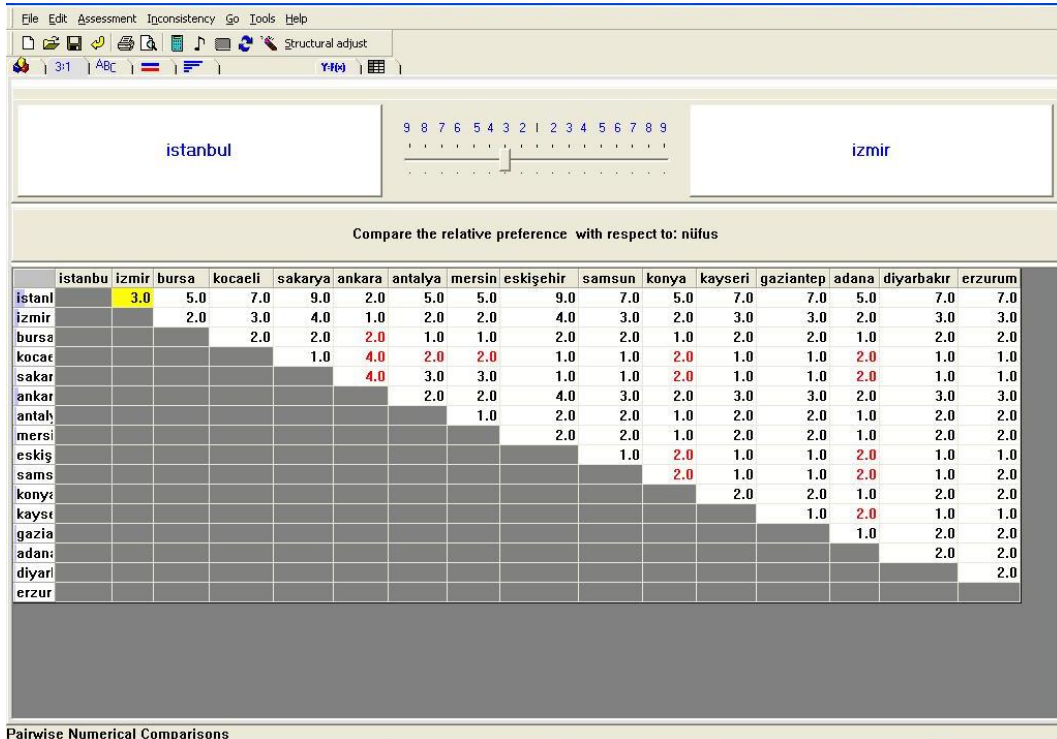
3:1 ABC Y#

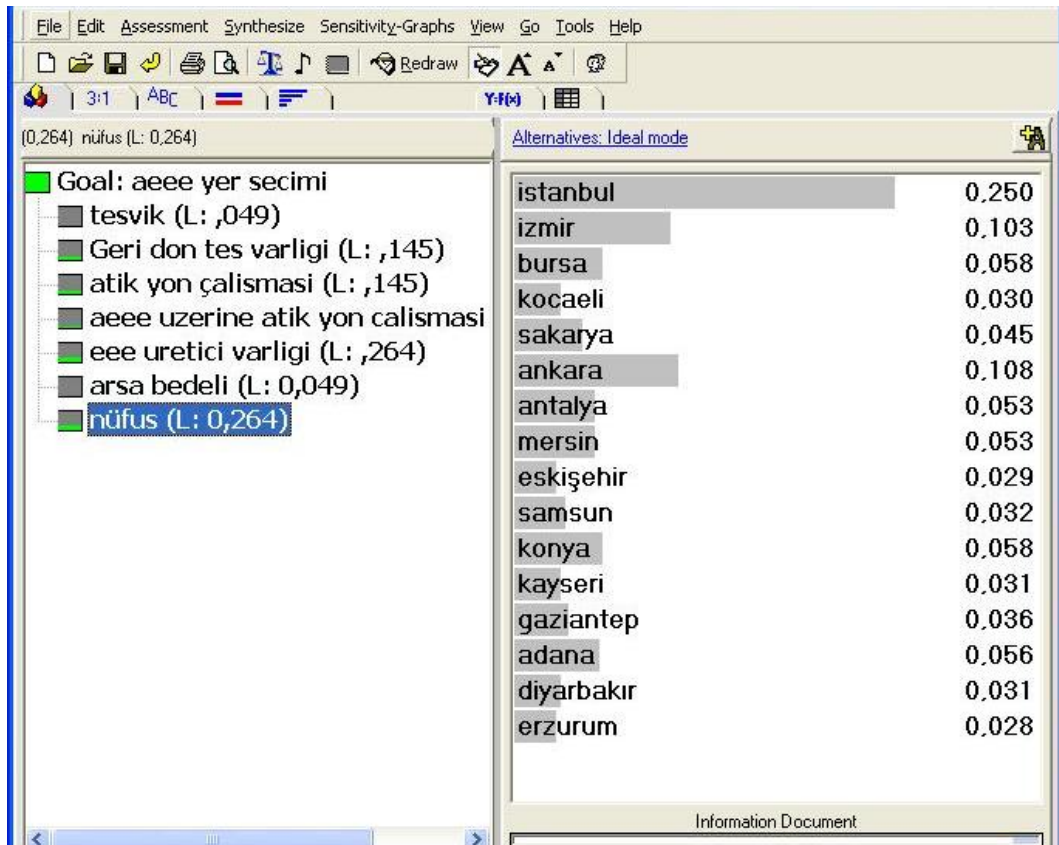
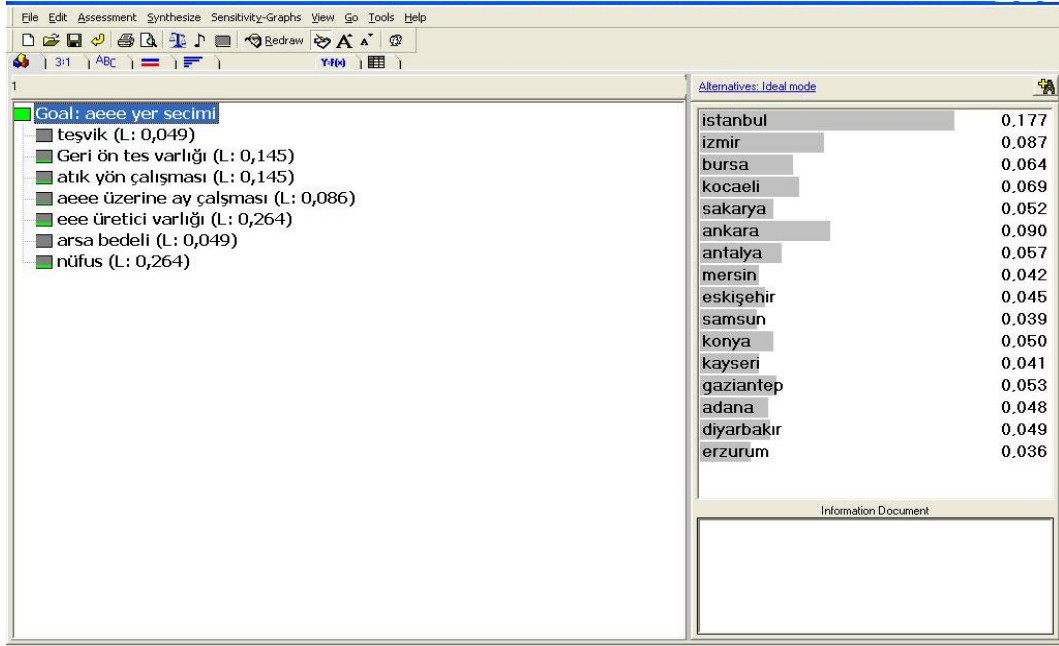
istanbul 9 8 7 6 5 4 3 2 | 2 3 4 5 6 7 8 9 izmir

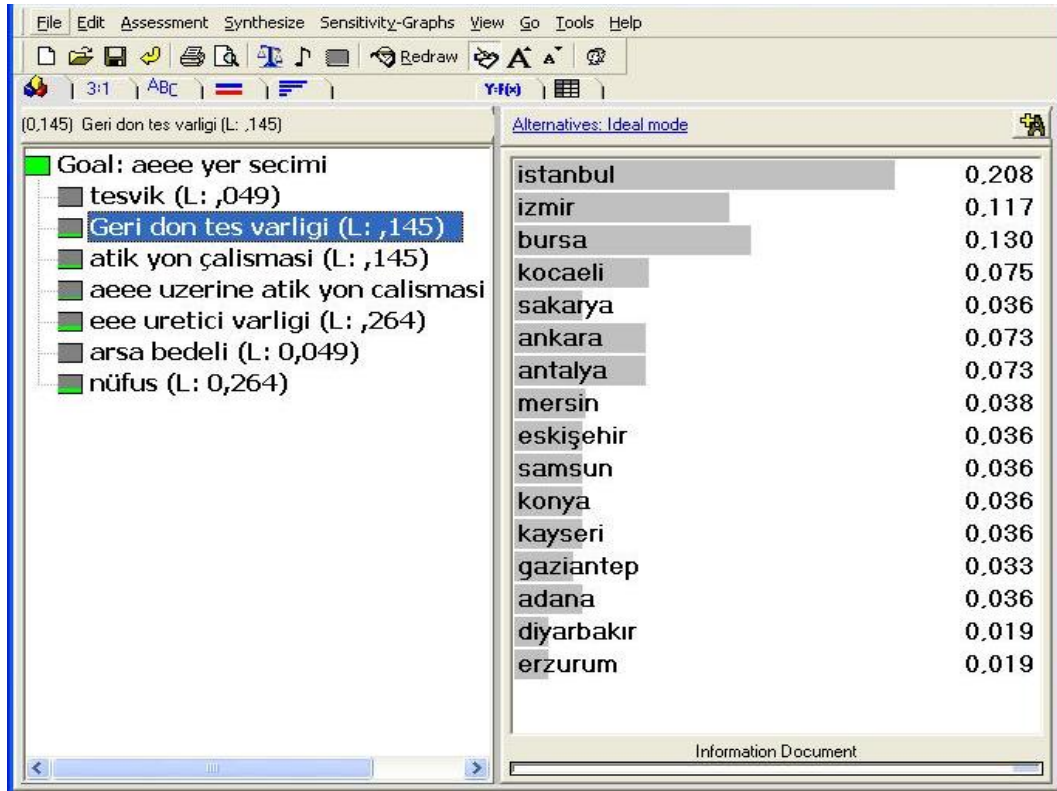
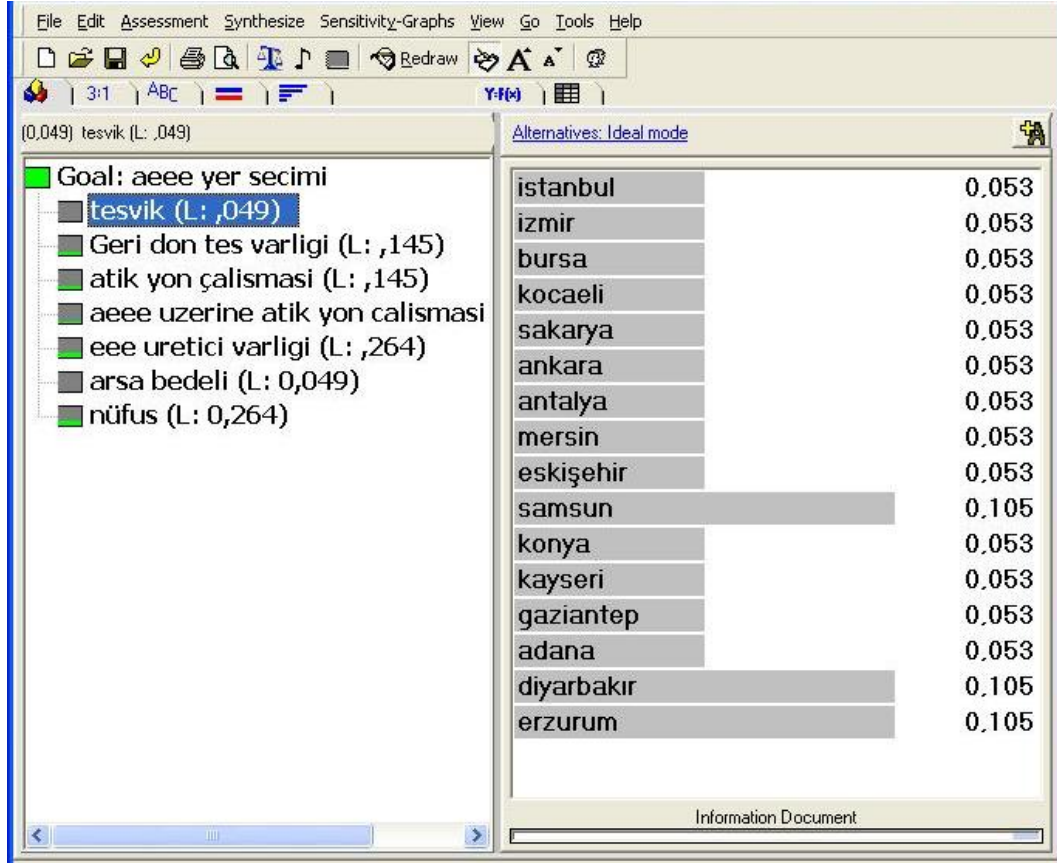
Compare the relative preference with respect to: arsa bedeli

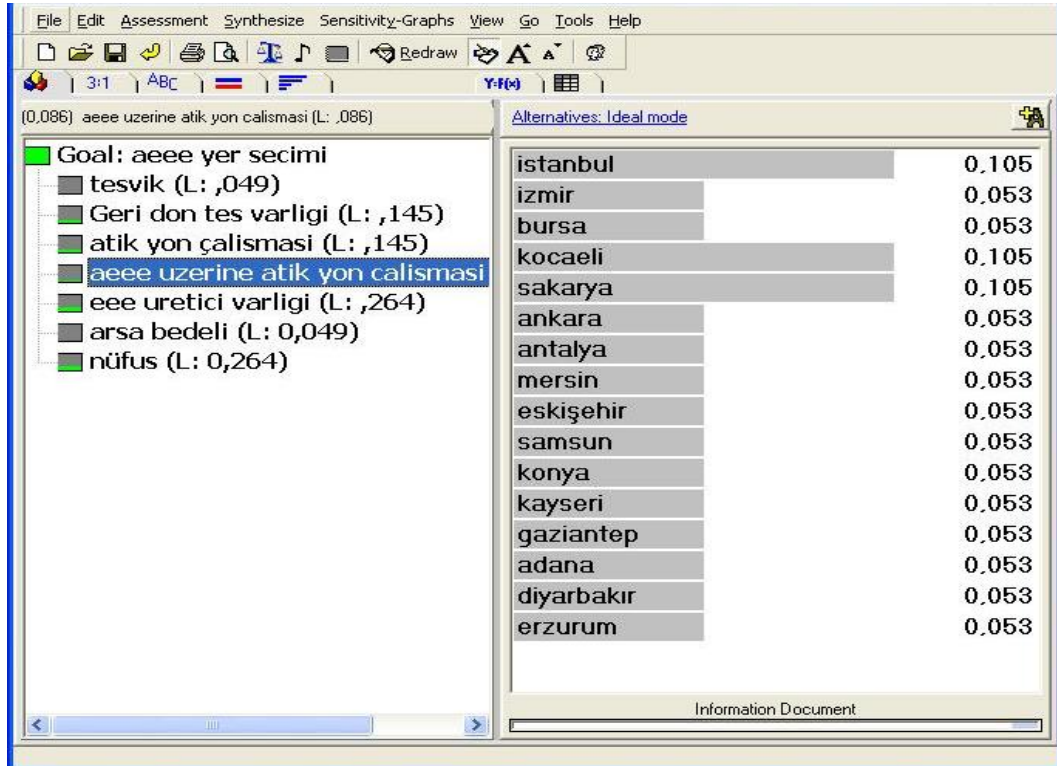
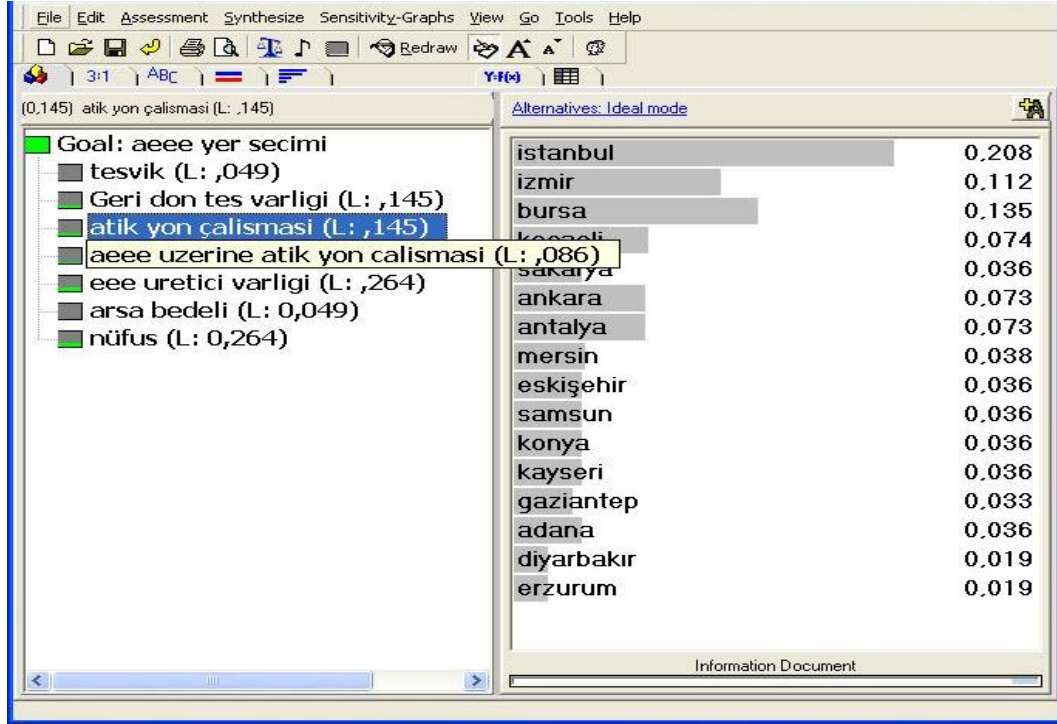
|         | istanbu | izmir | bursa | kocaeli | sakarya | ankara | antalya | mersin | eskişehir | samsun | konya | kayseri | gaziantep | adana | diyarbakır | erzurum |
|---------|---------|-------|-------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|-----------|-------|------------|---------|
| istanbu |         | 3.0   | 6.0   | 8.0     | 3.0     | 3.0    | 2.0     | 2.0    | 1.0       | 6.0    | 1.0   | 3.0     | 3.0       | 2.0   | 2.0        | 3.0     |
| izmir   |         |       | 2.0   | 3.0     | 1.0     | 1.0    | 2.0     | 2.0    | 3.0       | 2.0    | 3.0   | 1.0     | 1.0       | 2.0   | 4.0        | 1.0     |
| bursa   |         |       |       | 2.0     | 2.0     | 2.0    | 3.0     | 3.0    | 6.0       | 1.0    | 6.0   | 2.0     | 2.0       | 3.0   | 7.0        | 2.0     |
| kocae   |         |       |       |         | 3.0     | 3.0    | 4.0     | 4.0    | 6.0       | 2.0    | 6.0   | 3.0     | 3.0       | 4.0   | 8.0        | 3.0     |
| sakar   |         |       |       |         |         | 1.0    | 2.0     | 2.0    | 3.0       | 2.0    | 3.0   | 1.0     | 1.0       | 2.0   | 4.0        | 1.0     |
| ankar   |         |       |       |         |         |        | 2.0     | 2.0    | 3.0       | 2.0    | 3.0   | 1.0     | 1.0       | 2.0   | 4.0        | 1.0     |
| antah   |         |       |       |         |         |        |         | 1.0    | 2.0       | 3.0    | 2.0   | 2.0     | 2.0       | 1.0   | 3.0        | 2.0     |
| mersi   |         |       |       |         |         |        |         |        | 2.0       | 3.0    | 2.0   | 2.0     | 2.0       | 1.0   | 3.0        | 2.0     |
| eskiş   |         |       |       |         |         |        |         |        |           | 6.0    | 1.0   | 3.0     | 3.0       | 2.0   | 2.0        | 3.0     |
| sams    |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        | 6.0   | 2.0     | 2.0       | 3.0   | 7.0        | 2.0     |
| kony:   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       | 3.0     | 2.0       | 2.0   | 2.0        | 2.0     |
| kayst   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         | 3.0       | 2.0   | 2.0        | 1.0     |
| gazia   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           | 2.0   | 2.0        | 1.0     |
| adan:   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       | 3.0        | 2.0     |
| diyarl  |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       |            | 2.0     |
| erzur   |         |       |       |         |         |        |         |        |           |        |       |         |           |       |            |         |

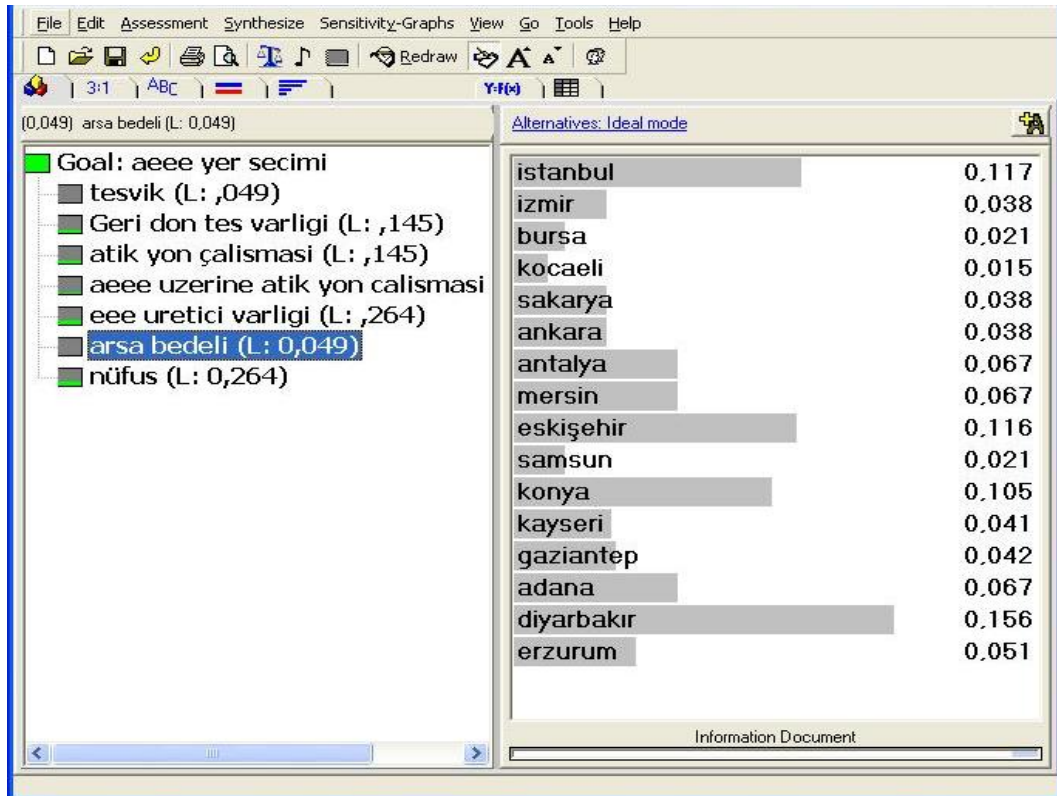
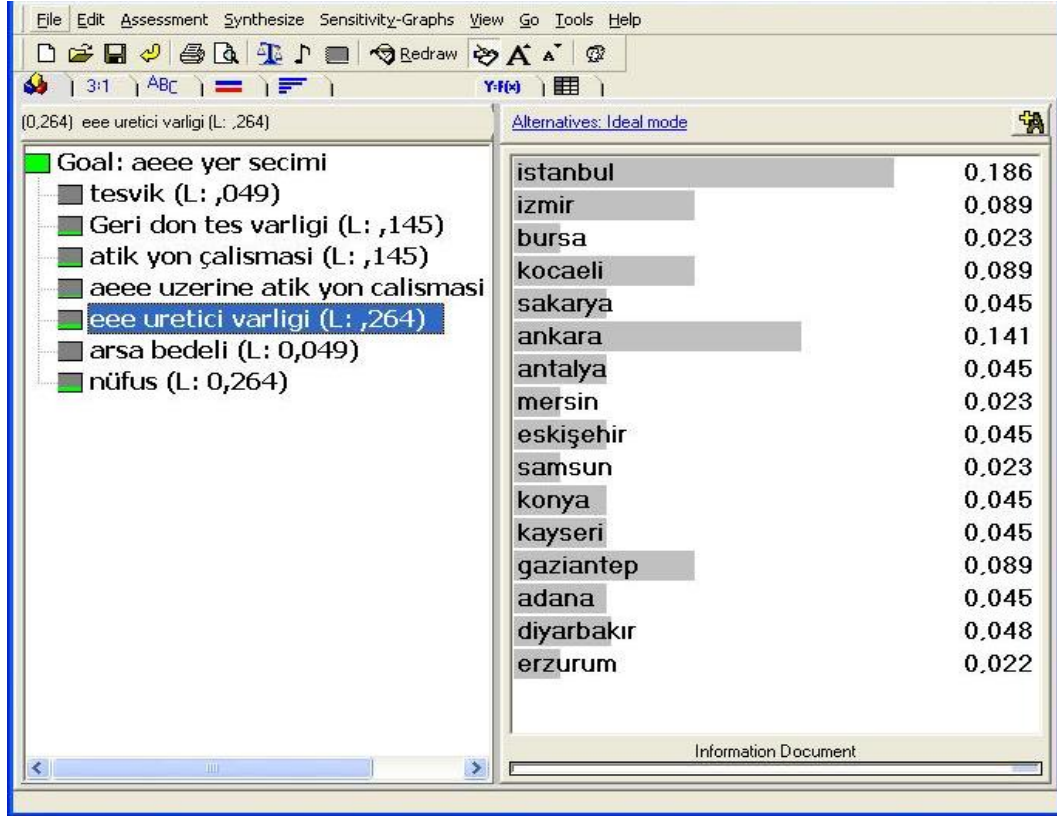


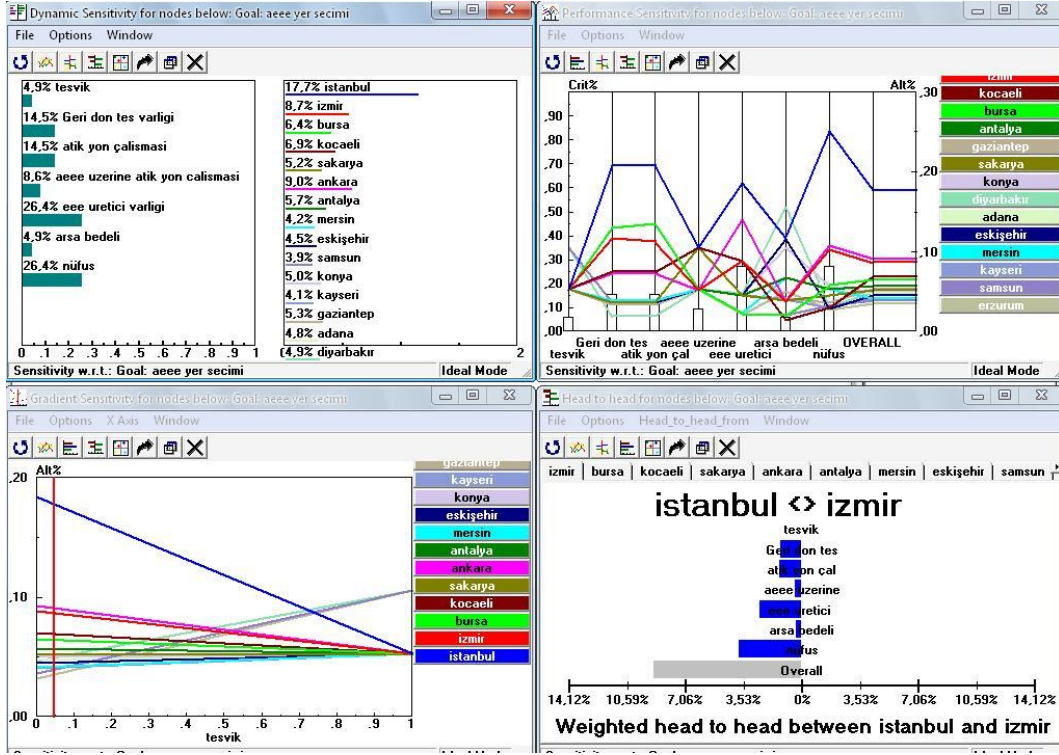




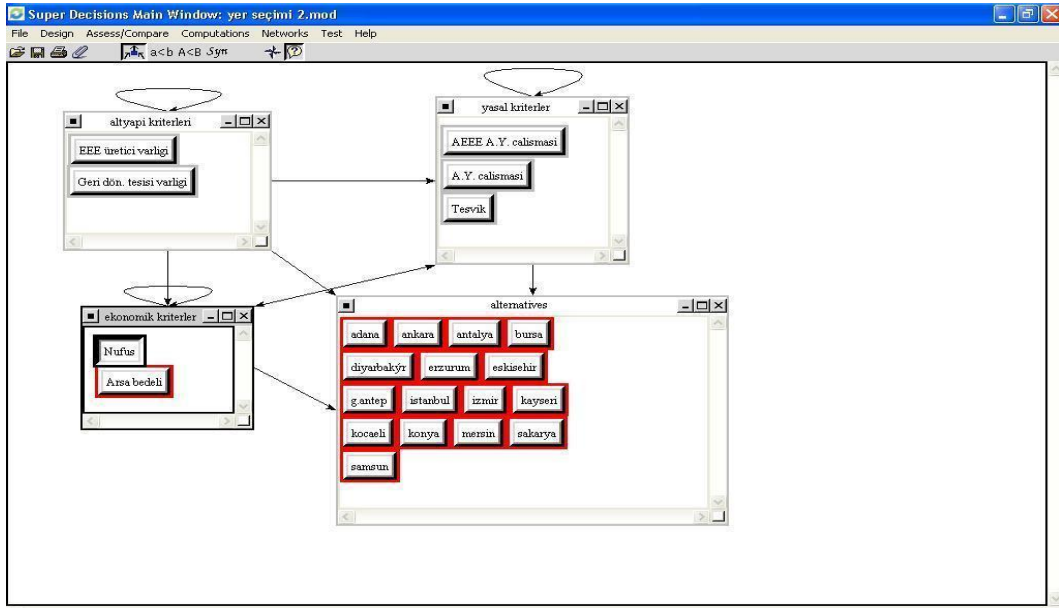
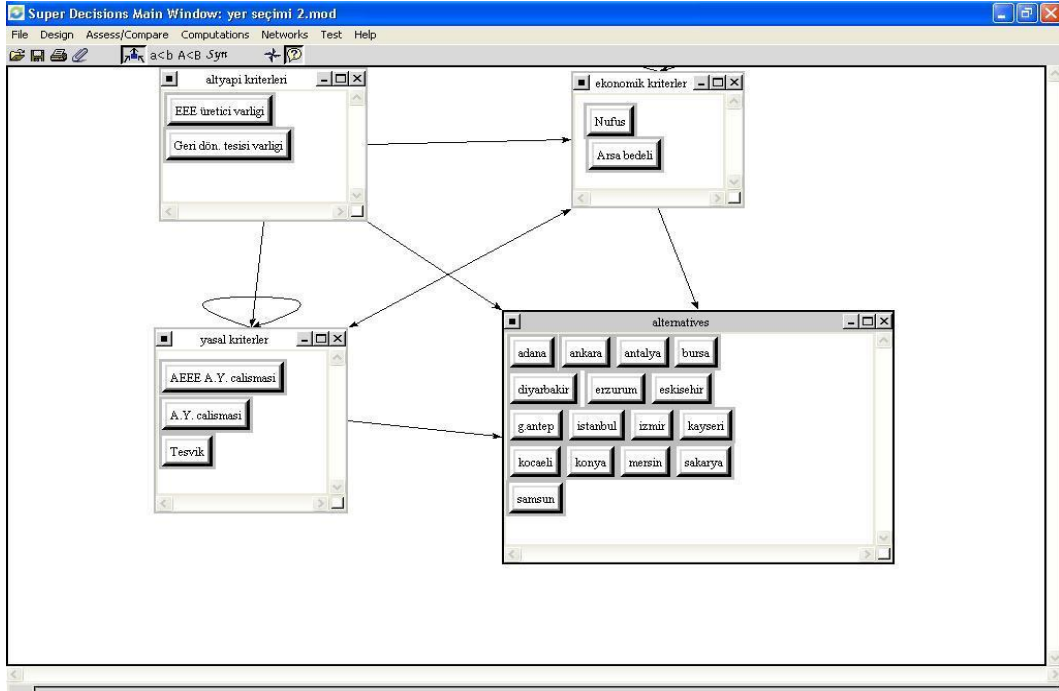


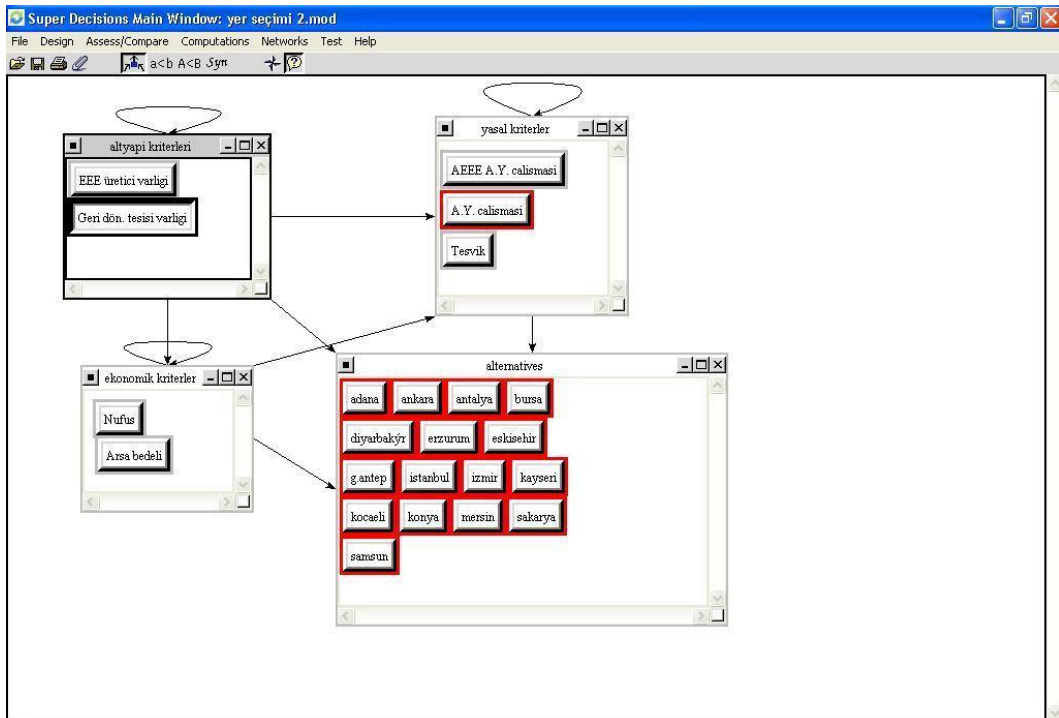
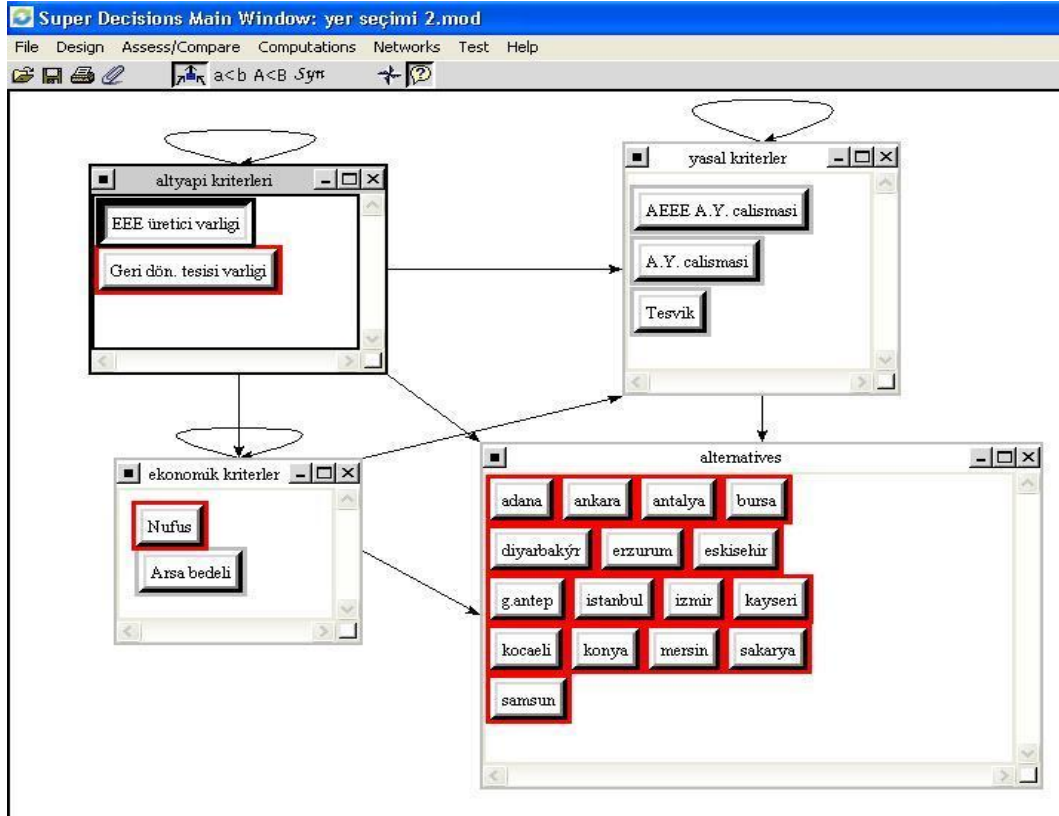




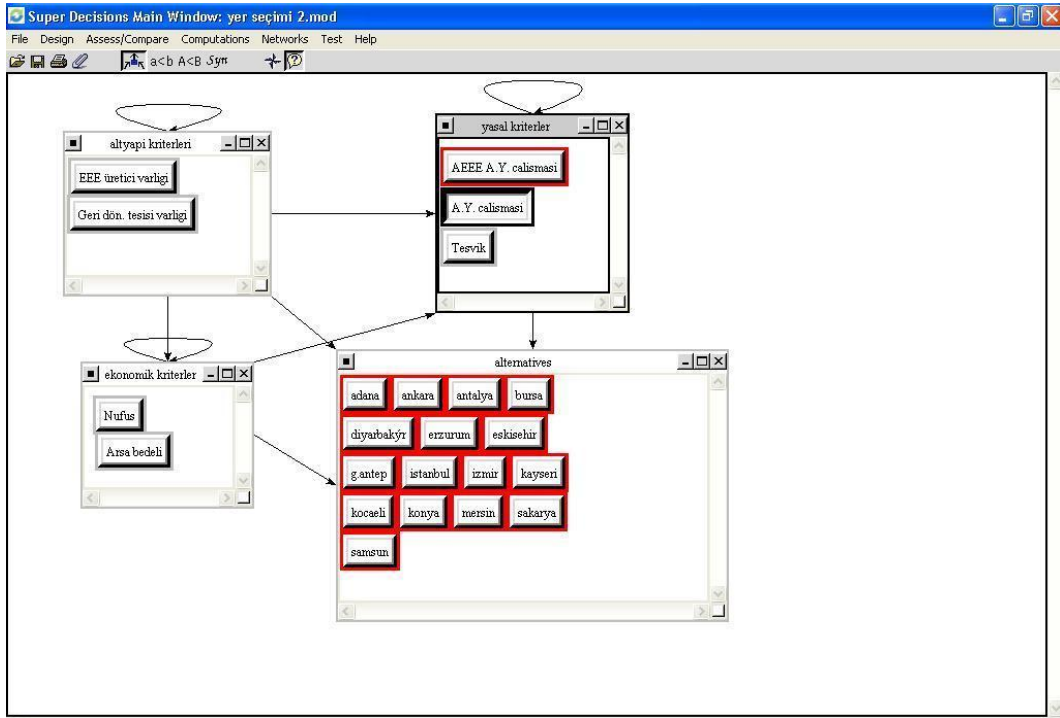
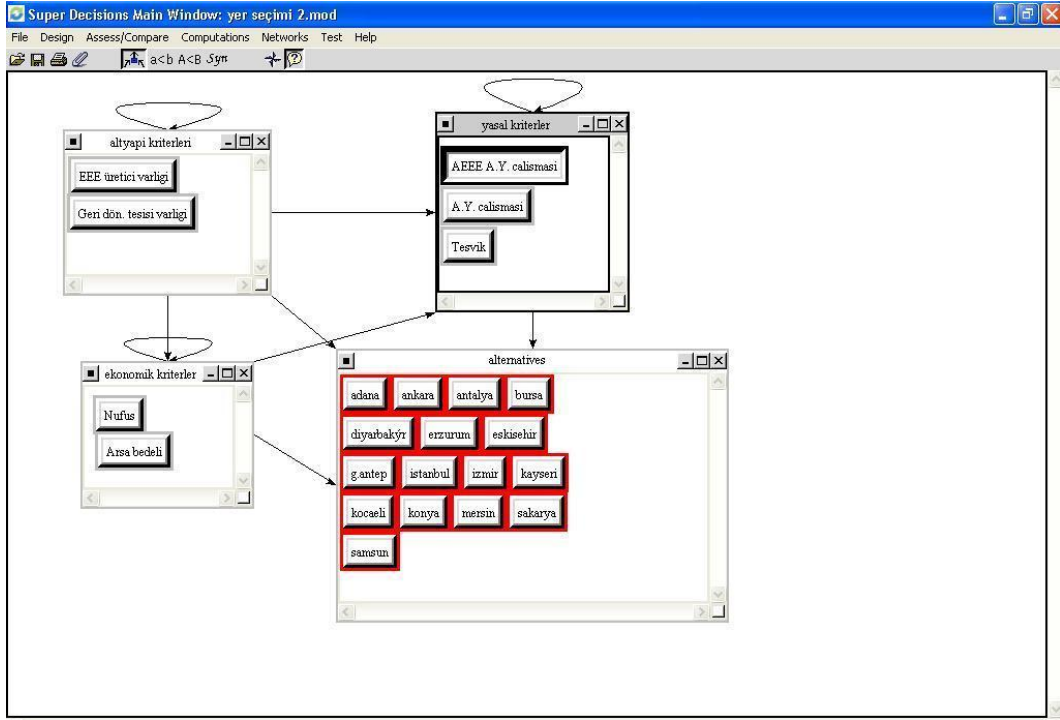


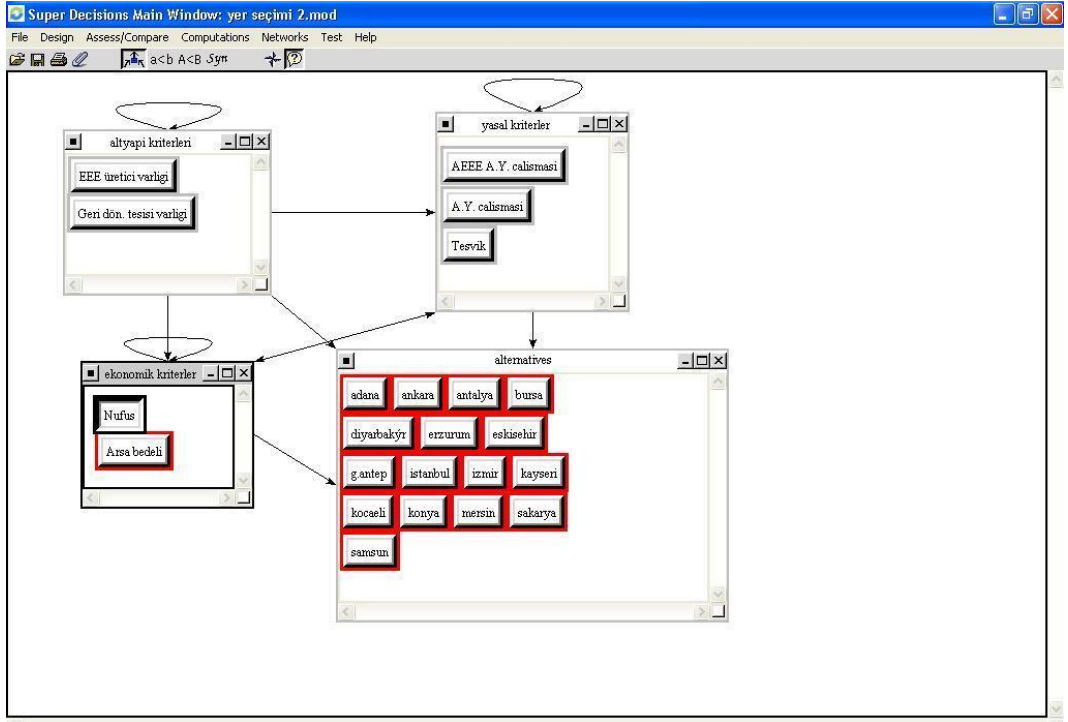
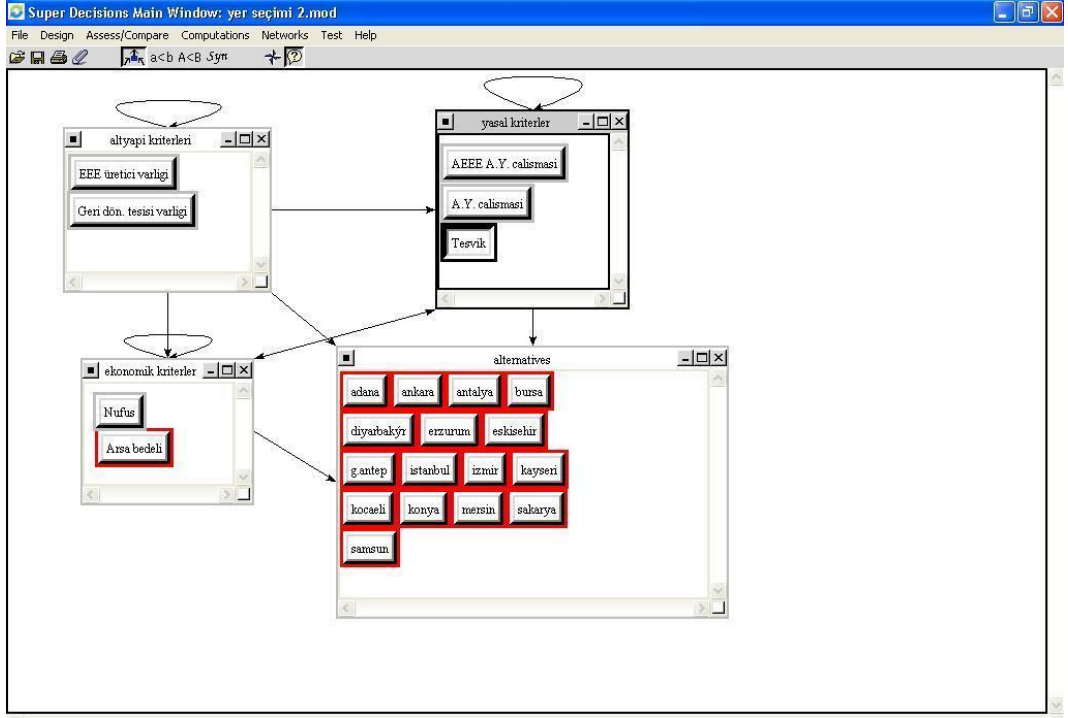
## Ek-2: ANP yönteminde kullanılan Super Decisions yazılımı görüntüleri











Please input the priorities for each node directly here.

|            |          |
|------------|----------|
| adana      | 1849478  |
| ankara     | 4007860  |
| antalya    | 1719751  |
| bursa      | 2125140  |
| diyarbakır | 1362708  |
| erzurum    | 937389   |
| eskisehir  | 706009   |
| gaziantep  | 1285249  |
| istanbul   | 10018735 |
| izmir      | 3370866  |
| kayseri    | 1060432  |
| kocaeli    | 1206085  |
| konya      | 2192166  |
| mersin     | 1651400  |
| sakarya    | 756168   |
| samsun     | 1209137  |

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

Comparisons wrt "nufus" node in "alternatives" cluster  
**samsun** is equally to moderately more important than **sakarya**

|           |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |       |          |            |
|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|----------|------------|
| 1. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | ankara     |
| 2. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | antalya    |
| 3. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | bursa      |
| 4. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | diyarbakır |
| 5. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | erzurum    |
| 6. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | eskisehir  |
| 7. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | gaziantep  |
| 8. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | istanbul   |
| 9. adana  | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | izmir      |
| 10. adana | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | kayseri    |

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

Comparisons wrt "adana" node in "Yasal kriterler" cluster  
**atik yon calismasi** is moderately more important than **tesvik**

|                             |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |       |          |                    |
|-----------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|----------|--------------------|
| 1. AEEE uzerine atik yon c. | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | atik yon calismasi |
| 2. AEEE uzerine atik yon c. | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | tesvik             |
| 3. atik yon calismasi       | >=9.5 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | >=9.5 | No comp. | tesvik             |

### Ek-3: ELECTRE yönteminde kullanılan Excel yazılımı görüntüleri

The screenshot shows the 'Execution' flowchart in the right pane of the Excel spreadsheet. The flowchart consists of four steps: 1. Clear data, 2. Outranking indexes, 3. Distillation, and 4. Results. Arrows indicate a clockwise flow from step 1 to 2, 2 to 3, 3 to 4, and 4 back to 1. The left pane shows the 'General description' section with the following data:

| Question              | Value | Maximum    | Description                 |
|-----------------------|-------|------------|-----------------------------|
| How many criteria ?   | 7     | maximum 20 | <a href="#">description</a> |
| How many actors ?     | 1     | maximum 20 | <a href="#">description</a> |
| How many alternatives | 16    | maximum 50 | <a href="#">description</a> |

The screenshot shows the 'Criteria description' and 'Actors description' sections in the Excel spreadsheet. The 'Criteria description' table is as follows:

| Name                                     | Ascending order | Units  |
|--|-----------------|--------|
| Teşvik kapsamında mı?                    | increasing      | score  |
| Geni Dönüşüm Tesisleri                   | increasing      | number |
| Atık Yön. Çalışması var mı?              | increasing      | score  |
| AEEE üzerine Atık Yön. Çalışması var mı? | increasing      | score  |
| Elektronik Eşya Üreticisi var mı?        | increasing      | number |
| Arsa Bedelleri                           | decreasing      | t/m2   |
| Nüfus                                    | increasing      | number |

The 'Actors description' table lists 20 actors:

| Name     |
|----------|
| actor 1  |
| actor 2  |
| actor 3  |
| actor 4  |
| actor 5  |
| actor 6  |
| actor 7  |
| actor 8  |
| actor 9  |
| actor 10 |
| actor 11 |
| actor 12 |
| actor 13 |
| actor 14 |
| actor 15 |
| actor 16 |
| actor 17 |
| actor 18 |
| actor 19 |
| actor 20 |

Microsoft Excel - ELECTRE\_III\_.xls

Q20

|    | B   | C   | D           | E           | F                         | G           | H           | I           | J | K |
|----|-----|---|-------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---|---|
| 63 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 64 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 65 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 66 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 67 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 68 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 69 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 70 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 71 |     | <a href="#">return to the general description</a> |             |             | <a href="#">Execution</a> |             |             |             |   |   |
| 72 | 100 | critereon 1                                       | critereon 2 | critereon 3 | critereon 4               | critereon 5 | critereon 6 | critereon 7 |   |   |
| 73 |     | 5   | 15          | 15          | 10                        | 25          | 5           | 25.0        |   |   |
| 74 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 75 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 76 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 77 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 78 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 79 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 80 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 81 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 82 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 83 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 84 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 85 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 86 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 87 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 88 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 89 |     |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |

Introduction \ Description \ Inputs \ M. Cglobale \ M. Crédibilité \ Distillations \ M. Préc

Hazır SAYI

Microsoft Excel - ELECTRE\_III\_.xls

Q20

|     | B           | C   | D           | E           | F                         | G           | H           | I           | J | K |
|-----|-------------|---|-------------|-------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---|---|
| 80  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 81  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 82  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 83  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 84  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 85  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 86  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 87  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 88  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 89  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 90  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 91  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 92  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 93  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 94  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 95  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 96  |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 97  | <b>Veto</b> | <a href="#">return to the general description</a> |             |             | <a href="#">Execution</a> |             |             |             |   |   |
| 98  |             | critereon 1                                       | critereon 2 | critereon 3 | critereon 4               | critereon 5 | critereon 6 | critereon 7 |   |   |
| 99  | alpha       | 0   | 0           | 0           | 0                         | 0           | 0           | 0           |   |   |
| 100 | beta        | 0   | 5           | 0           | 0                         | 50          | 110         | 1000        |   |   |
| 101 | alpha       | 0   | 0           | 0           | 0                         | 0           | 0           | 0           |   |   |
| 102 | beta        | 1   | 10          | 1           | 1                         | 165         | 50          | 100000      |   |   |
| 103 | alpha       | 0   | 0           | 0           | 0                         | 0           | 0           | 0           |   |   |
| 104 | beta        | 0   | 0           | 0           | 0                         | 0           | 0           | 0           |   |   |
| 105 |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |
| 106 |             |   |             |             |                           |             |             |             |   |   |

Introduction \ Description \ Inputs \ M. Cglobale \ M. Crédibilité \ Distillations \ M. Préc

Microsoft Excel - ELECTRE\_III\_.xls

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Araçlar Veri Pencere Yardım

Yardım için soru yazın

Times New Roman 12 % 100

Q20

| Alternatives description |                |            | Performance matrix                |                                   |            |            |            |            |            | Execution  |          |
|--------------------------|----------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
|                          | Name           | Acronym    | return to the general description | return to the general description |            |            |            |            |            |            |          |
| 18                       | alternative 1  | Istanbul   | A1                                | critrion 1                        | critrion 2 | critrion 3 | critrion 4 | critrion 5 | critrion 6 | critrion 7 |          |
| 19                       | alternative 2  | Izmir      | A2                                | A1                                | 0          | 39         | 1          | 1          | 625        | 25         | 10018735 |
| 20                       | alternative 3  | Bursa      | A3                                | A2                                | 0          | 21         | 1          | 0          | 138        | 60         | 3370866  |
| 21                       | alternative 4  | Kocaeli    | A4                                | A3                                | 0          | 27         | 1          | 0          | 9          | 182        | 2125140  |
| 22                       | alternative 5  | Sakarya    | A5                                | A4                                | 0          | 15         | 1          | 1          | 121        | 480        | 1206085  |
| 23                       | alternative 6  | Ankara     | A6                                | A5                                | 0          | 6          | 1          | 1          | 62         | 75         | 756168   |
| 24                       | alternative 7  | Antalya    | A7                                | A6                                | 0          | 13         | 1          | 0          | 383        | 60         | 4007860  |
| 25                       | alternative 8  | Mersin     | A8                                | A7                                | 0          | 12         | 0          | 0          | 41         | 53         | 1719751  |
| 26                       | alternative 9  | Eskişehir  | A9                                | A8                                | 0          | 8          | 0          | 0          | 11         | 35         | 1651400  |
| 27                       | alternative 10 | Samsun     | A10                               | A9                                | 0          | 6          | 1          | 0          | 62         | 25         | 706009   |
| 28                       | alternative 11 | Konya      | A11                               | A10                               | 1          | 6          | 0          | 0          | 7          | 175        | 1209137  |
| 29                       | alternative 12 | Kayseri    | A12                               | A11                               | 0          | 6          | 1          | 0          | 39         | 30         | 2192166  |
| 30                       | alternative 13 | Gaziantep  | A13                               | A12                               | 0          | 6          | 0          | 0          | 71         | 60         | 1060432  |
| 31                       | alternative 14 | Adana      | A14                               | A13                               | 0          | 4          | 0          | 0          | 111        | 73         | 1285249  |
| 32                       | alternative 15 | Diyarbakır | A15                               | A14                               | 0          | 5          | 0          | 0          | 67         | 42         | 1849478  |
| 33                       | alternative 16 | Erzurum    | A16                               | A15                               | 1          | 0          | 0          | 0          | 75         | 0          | 1362708  |
| 34                       | alternative 17 |            | A16                               | A16                               | 1          | 0          | 0          | 0          | 70         |            | 937389   |

Introduction \ Description \ Inputs \ M. Cglobale \ M. Crédibilité \ Distillations \ M. Préc

Hazır SAYI

Microsoft Excel - ELECTRE\_III\_.xls

Dosya Düzen Görünüm Ekle Biçim Araçlar Veri Pencere Yardım

Yardım için soru yazın

Times New Roman 14

B7 =EĞER(Description!O18="";Description!S18)

| Ranks |     | Mun. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       |     | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT | SORT |
| 7     | A1  | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8     | A6  | 2    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9     | A2  | 3    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10    | A3  | 4    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 11    | A11 | 5    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 12    | A4  | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 13    | A5  | 8    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 14    | A7  | 7    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 15    | A8  | 9    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 16    | A9  | 10   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 17    | A10 | 11   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 18    | A12 | 12   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 19    | A13 | 12   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 20    | A14 | 12   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 21    | A15 | 12   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 22    | A16 | 12   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

M. Préordre final \ Préordre final \ Distillations pays \ POF pays \ Results

Hazır Toplam=126 SAYI

**Ek-4:** PROMETHEE yönteminde kullanılan D-Sight yazılımı görüntüleri

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

Evaluations Alternatives **Criteria** Parameters Hierarchy

| Name  | ShortN. | Category |
|---|---------|----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Arsa bedelleri              | c1      | None     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Nüfus                       | c2      | None     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Geri Dönüşüm Tesisi Varlığı | c3      | None     |
| <input checked="" type="checkbox"/> EEE eşya üreticisi          | c4      | None     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Atık Yön çalışması          | c5      | None     |
| <input checked="" type="checkbox"/> AEEE üzerine atk çalışması  | c6      | None     |
| <input checked="" type="checkbox"/> Teşvik kapsamı              | c7      | None     |

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

D-Sight - ACADEMIC USAGI

Evaluations Alternatives Criteria Parameters Hierarchy

|            | Arsa bedelleri | Nüfus      | Geri Dönüş... | EEE eşya ü... | Atık Yön ça... | AEEE üzeri... | Teşvik kap... |
|------------|----------------|------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| İstanbul   | 25             | 10.018.735 | 39            | 625           | 1              | 1             | 0             |
| İzmir      | 60             | 3.370.866  | 21            | 138           | 1              | 0             | 0             |
| Bursa      | 182            | 2.125.140  | 27            | 9             | 1              | 0             | 0             |
| Kocaeli    | 480            | 1.206.085  | 15            | 121           | 1              | 1             | 0             |
| Sakarya    | 75             | 756.168    | 6             | 62            | 1              | 1             | 0             |
| Ankara     | 60             | 4.007.860  | 13            | 383           | 1              | 0             | 0             |
| Antalya    | 53             | 1.719.751  | 12            | 41            | 0              | 0             | 0             |
| Mersin     | 35             | 1.651.400  | 8             | 11            | 0              | 0             | 0             |
| Eskişehir  | 25             | 706.009    | 6             | 62            | 1              | 0             | 0             |
| Samsun     | 175            | 1.209.137  | 6             | 7             | 0              | 0             | 1             |
| Konya      | 30             | 2.192.166  | 6             | 39            | 1              | 0             | 0             |
| Kayseri    | 60             | 1.060.432  | 6             | 71            | 0              | 0             | 0             |
| Gaziantep  | 73             | 1.285.249  | 4             | 111           | 0              | 0             | 0             |
| Adana      | 42             | 1.849.478  | 5             | 67            | 0              | 0             | 0             |
| Diyarbakır | 0              | 1.362.708  | 0             | 75            | 0              | 0             | 1             |
| Erzurum    | 70             | 937.389    | 0             | 0             | 0              | 0             | 1             |

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

Evaluations Alternatives Criteria Parameters Hierarchy

| Name   | ShortN. | Group |
|--|---------|-------|
| <input checked="" type="checkbox"/> İstanbul   | a1      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> İzmir      | a2      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Bursa      | a3      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kocaeli    | a4      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Sakarya    | a5      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ankara     | a6      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Antalya    | a7      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Mersin     | a8      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Eskişehir  | a9      | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Samsun     | a10     | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Konya      | a11     | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Kayseri    | a12     | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Gaziantep  | a13     | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Adana      | a14     | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Diyarbakır | a15     | None  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Erzurum    | a16     | None  |

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

D-Sight - ACADEMIC USAGE ONLY

Evaluations Alternatives Criteria Parameters Hierarchy

| Criteria                    | Min/Max  | Function | Abs/Rel  | Indiff. | Pref.   | Weight | Unit  | Scale     | Decimals |
|-----------------------------|----------|----------|----------|---------|---------|--------|-------|-----------|----------|
| Arsa bedelleri              | Minimize | Gaussian | Absolute |         | 50      | 5,0%   | t/m2  | Numerical | 0        |
| Nüfus                       | Maximize | Gaussian | Absolute |         | 100.000 | 25,0%  | sayı  | Numerical | 0        |
| Geri Dönüşüm Tesis Varlığı  | Maximize | Gaussian | Absolute |         | 10      | 15,0%  | birim | Numerical | 0        |
| EEE eşya üreticisi          | Maximize | Gaussian | Absolute |         | 165     | 25,0%  | birim | Numerical | 0        |
| Atk Yön çalışması           | Maximize | Usual    | Absolute |         |         | 15,0%  | birim | Numerical | 0        |
| AEEE üzerine atık çalışması | Maximize | Usual    | Absolute |         |         | 10,0%  | birim | Numerical | 0        |
| Teşvik kapsamı              | Maximize | Usual    | Absolute |         |         | 5,0%   | birim | Numerical | 0        |



**Hierarchy**

**Hierarchy** ✖

All Criteria

- Arsa bedelleri
- Nüfus
- Geni Dönüşüm Tesisi Varlığı
- EEE eşya üreticisi
- Atık Yön çalışması
- AEEE üzerine atık çalışması
- Teşvik kapsamı

Categories properties :

| Name | Shortname | Grouped |
|------|-----------|---------|
|------|-----------|---------|

Content of the selected category :

| Criteria         | Weight |
|------------------|--------|
| Arsa bedelleri   | 5,0%   |
| Nüfus            | 25,0%  |
| Geni Dönüşü...   | 15,0%  |
| EEE eşya ür...   | 25,0%  |
| Atık Yön çalı... | 15,0%  |
| AEEE üzerin...   | 10,0%  |
| Teşvik kapsamı   | 5,0%   |

Total for selected level : 100. %

Normalize Weights Set Equal Add Category Remove Category

D-sight 3.1.2 - CAUsers\VAIO\Desktop\gulsah\_tez.dsi

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

D-Sight - ACADEMIC USAGE ONLY

**Hierarchy** ✖

All Criteria

- Arsa bedelleri
- Nüfus
- Geni Dönüşüm Tesisi Varlığı
- EEE eşya üreticisi
- Atık Yön çalışması
- AEEE üzerine atık çalışması
- Teşvik kapsamı

Categories properties :

| Name | Shortname | Grouped |
|------|-----------|---------|
|------|-----------|---------|

Content of the selected category :

| Criteria         | Weight |
|------------------|--------|
| Arsa bedelleri   | 5,0%   |
| Nüfus            | 25,0%  |
| Geni Dönüşü...   | 15,0%  |
| EEE eşya ür...   | 25,0%  |
| Atık Yön çalı... | 15,0%  |
| AEEE üzerin...   | 10,0%  |
| Teşvik kapsamı   | 5,0%   |

Total for selected level : 100. %

Normalize Weights Set Equal Add Category Remove Category

**Summary** ✖

|            | Arsa bedelleri | Nüfus      | Geni Dönüşüm ... | EEE eşya üreticisi | Atık Yön çalışması | AEEE üzerine a... | Teşvik kapsamı |
|------------|----------------|------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| Min/Max    |                |            |                  |                    |                    |                   |                |
| Function   | Gaussian       | Gaussian   | Gaussian         | Gaussian           | Usual              | Usual             | Usual          |
| Abs/Rel    | Absolute       | Absolute   | Absolute         | Absolute           | Absolute           | Absolute          | Absolute       |
| Indiff.    | 0              | 0          | 0                | 0                  | 0                  | 0                 | 0              |
| Prefr      | 50             | 100.000    | 10               | 165                | 1                  | 1                 | 1              |
| Weight     | 5%             | 25%        | 25%              | 15%                | 15%                | 10%               | 5%             |
| Unit       | 1/m2           | sayı       | birim            | birim              | birim              | birim             | birim          |
| Scale      | Numerical      | Numerical  | Numerical        | Numerical          | Numerical          | Numerical         | Numerical      |
| Decimals   | 0              | 0          | 0                | 0                  | 0                  | 0                 | 0              |
| Istanbul   | 25             | 10.018.735 | 35               | 625                | 1                  | 1                 | 0              |
| İzmir      | 60             | 3.370.866  | 21               | 138                | 1                  | 0                 | 0              |
| Bursa      | 182            | 2.125.140  | 27               | 9                  | 1                  | 0                 | 0              |
| Kocaeli    | 480            | 1.206.085  | 15               | 121                | 1                  | 1                 | 0              |
| Sakarya    | 75             | 756.168    | 6                | 62                 | 1                  | 1                 | 0              |
| Ankara     | 60             | 4.007.860  | 13               | 283                | 1                  | 0                 | 0              |
| Antalya    | 53             | 1.719.951  | 12               | 41                 | 0                  | 0                 | 0              |
| Mersin     | 35             | 1.651.400  | 8                | 111                | 0                  | 0                 | 0              |
| Eskişehir  | 25             | 706.009    | 6                | 62                 | 1                  | 0                 | 0              |
| Samsun     | 175            | 1.209.137  | 6                | 7                  | 0                  | 0                 | 1              |
| Konya      | 30             | 2.192.166  | 6                | 39                 | 1                  | 0                 | 0              |
| Kayseri    | 60             | 1.060.432  | 6                | 71                 | 0                  | 0                 | 0              |
| Gaziantep  | 73             | 1.285.249  | 4                | 111                | 0                  | 0                 | 0              |
| Adana      | 42             | 1.849.478  | 5                | 67                 | 0                  | 0                 | 0              |
| Diyarbakır | 0              | 1.362.708  | 0                | 75                 | 0                  | 0                 | 1              |
| Eraurum    | 70             | 937.389    | 0                | 0                  | 0                  | 0                 | 1              |

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

D-Sight - ACADEMIC USAGE ONLY

Summary

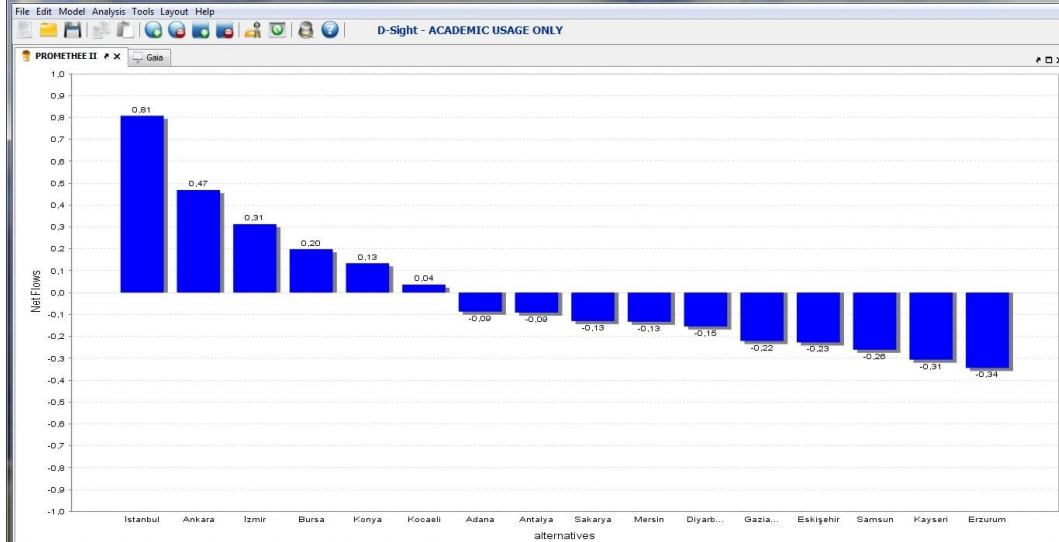
|            | Arsa bedelleri | Nüfus      | Geri Dönüşüm Tesisi Varlığı | EEE eşya üreticisi | Atık Yön çalışması | AEEE üzerine atık çalışması | Teşvik kapsamı |
|------------|----------------|------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|----------------|
| Min/Max    | Minimize       | Maximize   | Maximize                    | Maximize           | Maximize           | Maximize                    | Maximize       |
| Function   | Gaussian       | Gaussian   | Gaussian                    | Gaussian           | Usual              | Usual                       | Usual          |
| Abs/Rel    | Absolute       | Absolute   | Absolute                    | Absolute           | Absolute           | Absolute                    | Absolute       |
| Indiff.    | 0              | 0          | 0                           | 0                  | 0                  | 0                           | 0              |
| Pref       | 50             | 100.000    | 10                          | 165                | 1                  | 1                           | 1              |
| Weight     | 5%             | 25%        | 15%                         | 25%                | 15%                | 10%                         | 5%             |
| Unit       | t/m2           | sayı       | birim                       | birim              | birim              | birim                       | birim          |
| Scale      | Numerical      | Numerical  | Numerical                   | Numerical          | Numerical          | Numerical                   | Numerical      |
| Decimals   | 0              | 0          | 0                           | 0                  | 0                  | 0                           | 0              |
| Istanbul   | 25             | 10.018.735 | 39                          | 625                | 1                  | 1                           | 0              |
| İzmir      | 60             | 3.370.866  | 21                          | 138                | 1                  | 0                           | 0              |
| Bursa      | 182            | 2.125.140  | 27                          | 9                  | 1                  | 0                           | 0              |
| Kocaeli    | 480            | 1.206.085  | 15                          | 121                | 1                  | 1                           | 0              |
| Sakarya    | 75             | 756.168    | 6                           | 62                 | 1                  | 1                           | 0              |
| Ankara     | 60             | 4.007.860  | 13                          | 383                | 1                  | 0                           | 0              |
| Antalya    | 53             | 1.719.751  | 12                          | 41                 | 0                  | 0                           | 0              |
| Mersin     | 35             | 1.651.400  | 8                           | 11                 | 0                  | 0                           | 0              |
| Eskişehir  | 25             | 706.009    | 6                           | 62                 | 1                  | 0                           | 0              |
| Samsun     | 175            | 1.209.137  | 6                           | 7                  | 0                  | 0                           | 1              |
| Konya      | 30             | 2.192.166  | 6                           | 39                 | 1                  | 0                           | 0              |
| Kayseri    | 60             | 1.060.432  | 6                           | 71                 | 0                  | 0                           | 0              |
| Gaziantep  | 73             | 1.285.249  | 4                           | 111                | 0                  | 0                           | 0              |
| Adana      | 42             | 1.849.478  | 5                           | 67                 | 0                  | 0                           | 0              |
| Diyarbakır | 0              | 1.362.708  | 0                           | 75                 | 0                  | 0                           | 1              |
| Erzurum    | 70             | 937.389    | 0                           | 0                  | 0                  | 0                           | 1              |

File Edit Model Analysis Tools Layout Help

D-Sight - ACADEMIC USAGE ONLY

Analyse

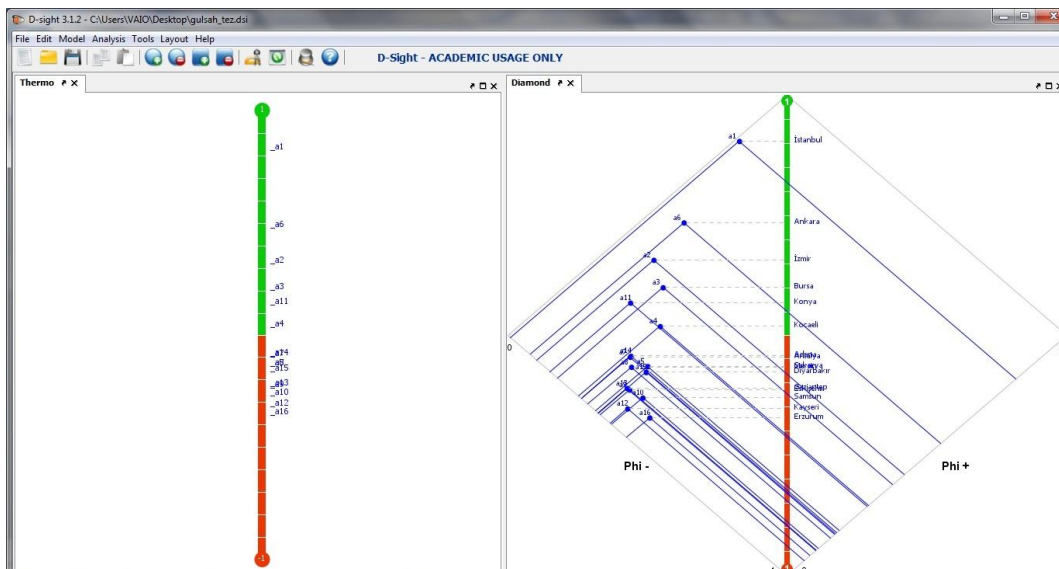
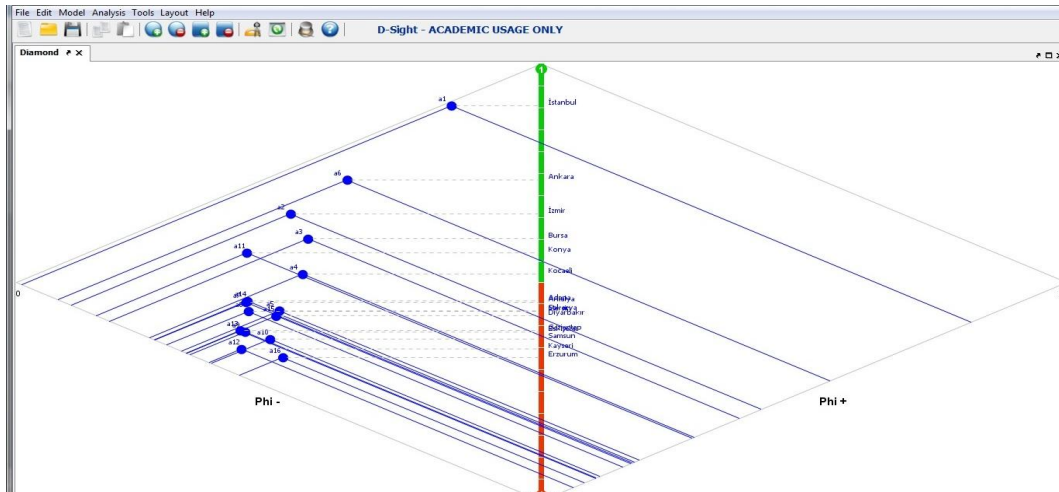
- Ranking
  - PROMETHEE I Diamond Ctrl+D
- Visualization
  - PROMETHEE II Ranking Ctrl+P
- Sensitivity
  - Thermo
- Tables



Preference Degrees

|            | Istanbul | Izmir | Bursa | Kocaeli | Sakarya | Ankara | Antalya | Mersin | Eskişehir | Samsun | Konya | Kayseri | Gaziantep | Adana | Diyarbakir | Erzurum |
|------------|----------|-------|-------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|--------|-------|---------|-----------|-------|------------|---------|
| Istanbul   | 0,000    | 0,728 | 0,726 | 0,689   | 0,668   | 0,670  | 0,903   | 0,900  | 0,749     | 0,949  | 0,749 | 0,909   | 0,916     | 0,902 | 0,899      | 0,916   |
| Izmir      | 0,000    | 0,000 | 0,363 | 0,326   | 0,379   | 0,441  | 0,490   | 0,550  | 0,376     | 0,615  | 0,392 | 0,521   | 0,520     | 0,530 | 0,551      | 0,608   |
| Bursa      | 0,000    | 0,025 | 0,000 | 0,377   | 0,383   | 0,094  | 0,501   | 0,525  | 0,383     | 0,533  | 0,133 | 0,533   | 0,539     | 0,531 | 0,546      | 0,546   |
| Kocaeli    | 0,000    | 0,100 | 0,151 | 0,000   | 0,315   | 0,103  | 0,284   | 0,332  | 0,415     | 0,353  | 0,179 | 0,475   | 0,319     | 0,322 | 0,361      | 0,653   |
| Sakarya    | 0,000    | 0,100 | 0,158 | 0,050   | 0,000   | 0,100  | 0,252   | 0,262  | 0,130     | 0,307  | 0,102 | 0,250   | 0,253     | 0,251 | 0,275      | 0,292   |
| Ankara     | 0,000    | 0,117 | 0,128 | 0,479   | 0,497   | 0,000  | 0,622   | 0,648  | 0,493     | 0,700  | 0,504 | 0,641   | 0,637     | 0,651 | 0,692      | 0,720   |
| Antalya    | 0,000    | 0,000 | 0,053 | 0,300   | 0,279   | 0,000  | 0,000   | 0,068  | 0,275     | 0,327  | 0,025 | 0,275   | 0,295     | 0,033 | 0,327      | 0,337   |
| Mersin     | 0,000    | 0,006 | 0,049 | 0,300   | 0,267   | 0,006  | 0,003   | 0,000  | 0,253     | 0,302  | 0,003 | 0,259   | 0,274     | 0,007 | 0,287      | 0,302   |
| Eskişehir  | 0,000    | 0,011 | 0,062 | 0,050   | 0,020   | 0,011  | 0,159   | 0,163  | 0,000     | 0,213  | 0,003 | 0,161   | 0,171     | 0,194 | 0,175      | 0,208   |
| Samsun     | 0,050    | 0,050 | 0,050 | 0,100   | 0,300   | 0,050  | 0,050   | 0,050  | 0,300     | 0,000  | 0,050 | 0,217   | 0,053     | 0,051 | 0,025      | 0,369   |
| Konya      | 0,000    | 0,008 | 0,104 | 0,300   | 0,267   | 0,008  | 0,405   | 0,404  | 0,250     | 0,454  | 0,000 | 0,408   | 0,418     | 0,401 | 0,425      | 0,445   |
| Kayseri    | 0,000    | 0,000 | 0,064 | 0,050   | 0,250   | 0,000  | 0,004   | 0,016  | 0,250     | 0,065  | 0,005 | 0,000   | 0,005     | 0,001 | 0,025      | 0,181   |
| Gaziantep  | 0,000    | 0,000 | 0,089 | 0,117   | 0,089   | 0,000  | 0,022   | 0,042  | 0,261     | 0,152  | 0,023 | 0,237   | 0,000     | 0,009 | 0,017      | 0,312   |
| Adana      | 0,000    | 0,003 | 0,064 | 0,300   | 0,360   | 0,003  | 0,147   | 0,229  | 0,250     | 0,315  | 0,004 | 0,253   | 0,259     | 0,000 | 0,368      | 0,355   |
| Diyarbakir | 0,056    | 0,076 | 0,119 | 0,277   | 0,335   | 0,076  | 0,077   | 0,079  | 0,307     | 0,243  | 0,064 | 0,323   | 0,148     | 0,065 | 0,000      | 0,306   |
| Erzurum    | 0,050    | 0,050 | 0,096 | 0,100   | 0,252   | 0,050  | 0,050   | 0,050  | 0,283     | 0,044  | 0,050 | 0,050   | 0,050     | 0,050 | 0,000      | 0,000   |

alternatives



## KAYNAKLAR

- Ballı, S., Karasulu, B., Korukoğlu, S. (2007), “En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık PROMETHEE Yöntemi Uygulaması”, D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi Cilt:22 Sayı:1, Yıl:2007, ss:139-147 139.
- Banar, M. (2009) “Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri, Çev 421 Katı Atık Yönetimi Ders Notları”, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Barba-Gutiérrez, Y., Adenso-Díaz, B., Hopp, M. (2007) “An Analysis of Some Environmental Consequences of European Electrical and Electronic Waste Regulation”, *Resources, Conservation and Recycling*, **52**, 481–495.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., Aghdasi, M. (2007) “PROMETHEE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications”, *European Journal of Operational Research* **200**, 198–215.
- Brigden, K., Labunska, I., Santillo, D., Allsopp, M. (2005) “Recycling of electronic waste in China and India”, Greenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter, Exeter, UK, August.
- CIA (2009), *The World Factbook*, Central Intelligence Agency, 2009, Mobile Cellular and Population Datas, <https://www.cia.gov>
- Cui. J., Forssberg, E. (2003) “Mechanical Recycling of Waste Electric and Electronic Equipment: A Review”, *Journal of Hazardous Materials*, **B99**, 243–263.
- Çelik, C. (2007) *Elektrik Elektronik Atıklardan Metal ve Plastik Geri Kazanımının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Çevre ve Orman Bakanlığı (2003), *Türkiye Çevre Atlası*, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Daire Başkanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2003. [www.cedgm.gov.tr/CED/Files/cevreatlası/atlas\\_metni.pdf](http://www.cedgm.gov.tr/CED/Files/cevreatlası/atlas_metni.pdf)
- Çevre ve Orman Bakanlığı (2005), *Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği*, Sayı: 25755, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (2008a), *UNEP/MAP Project for The Assessment of The Electric and Electronic Waste in Order to Develop Regional Guidelines and Build Up A Regional Strategy For Its Management in European Mediterranean Countries*, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (2008b), *Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik*, Sayı: 26891, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Çevre ve Orman Bakanlığı (2008c), *Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012)*, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/belge/atikeylemlani.pdf>
- Çevre ve Orman Bakanlığı (2010), *Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Taslak Yönetmeliği*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Çığgın, C. T. (2006), *Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıklarının Geri Kazanımı İçin Tesis Konstrüksiyonu ve Sistem Parametrelerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dağdeviren, M. (2007), Eraslan, E., “Promethee Sıralama Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi”, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 23, No 1, 69-75, Ankara.
- Dağdeviren, M., Yüksel, İ. 2009 (), “A Fuzzy Analytic Network Process (ANP) Model For Measurement of The Sectoral Competititon Level (SCL)”, Expert Systems with Applications, Volume 37, Issue 2, March 2010, Pages 1005-1014.

Davis, G., Herat, S. (2008), "Electronic Waste: The Local Government Perspective in Queensland, Australia", *Resources, Conservation and Recycling*, 52, 1031–1039.

Directive 2002/95/EC of The European Parliament and of The Council of 27 January 2003 on *The Restriction of The Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment*.

Directive 2002/96/EC of The European Parliament and of The Council of 27 January 2003 on *Waste Electrical and Electronic Equipment*.

Eryürek, Ö. F., Tanyaş, M. (2003), "Hata Türü ve Etkileri Analizi Yönteminde Maliyet Odaklı Yeni Bir Karar Verme Yaklaşımı", İTÜ İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, İtü Dergisi Mühendislik, Cilt:2, Sayı:6, 31-40.

Felek, S., Yuluğkural, Y. (2007), Aladağ, Z., "Mobil iletişim Sektöründe Pazar Paylaşımının Tahmininde AHP ve ANP Yöntemlerinin Kıyaslaması", Endüstri Mühendisliği Dergisi Makina Mühendisleri Odası, Cilt: 18 Sayı: 1 Sayfa: (6-22).

GAO (2008), *Electronic Waste, EPA Needs to Better Control Harmful U.S. Exports Through Stronger Enforcement and More Comprehensive Regulation*, Report to the Chairman, Committee on Foreign Affairs, House of Representatives, United States Government Accountability Office, GAO, <http://www.gao.gov/new.items/d081044.pdf>

Ghodsypour, S. H., O'Brien, C. (1998), "A Decision Support System for Supplier Selection Using An Integrated Analytic Hierarchy Process And Linear Programming", *International Journal of Production Economics*, Volumes 56-57, ss.199-212, *Production Economics: The Link Between Technology And Management*.

- Guneri, A.F., Cengiz, M., Seker, S. (2008), "A Fuzzy ANP Approach to Shipyard Location Selection", Yıldız Teknik Üniversitesi University, Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- Hokkanen, J. ve Salminen, P. (1997), "Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis", European Journal of Operational Research, **98**, 19-36.
- Huang, J., Xu, M., He, W., Li, G., Ma, X., Wang, H., Huang, C. (2006), "WEEE Recovery Strategies and The WEEE Treatment Status in China", Journal of Hazardous Materials, **B136**, 502–512, China.
- Kahhata, R., Kima, J., Xua, M., Allenbya, B., Williams, E., Zhang, P. (2008), "Exploring E-waste Management Systems in the United States", Resources, Conservation and Recycling, **52**, 955–964, USA.
- Köne, A. Ç., Büke, T. (2007), "An Analytical Network Process (ANP) Evaluation of Alternative Fuels for Electricity Generation in Turkey", Energy Policy Volume 35, Issue 10, October 2007, Pages 5220-5228.
- Nagurney, A., Toyasaki, F. (2003), "Reverse Supply Chain Management and Electronic Waste Recycling: A Multitiered Network Equilibrium Framework for E-Cycling", Department of Finance and Operations Management Isenberg School of Management, University of Massachusetts.
- Özgün, Ç. (2008), *The Selection of the Process of Waste Electric And Electronical Equipment Management*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özgür, T. (2009), *Almanya Teknik Gezisi*, Recycling Dergisi, **24**.
- Özkan, A., Banar, M. (2007), "Electre III Yöntemi Kullanılarak En Uygun Geri Kazanım Sisteminin Belirlenmesi", Ulusal Çevre Sempozyumu, ss.119, Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin, 18-21 Nisan,.

- Özkan, A. (2008), *Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemlerinin Oluşturulmasında Farklı Tekniklerin Kullanımı*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir.
- Poyraz, I., Özkan, A., Banar, M., Sipahioglu A. (2005) “Evaluation of the Alternative Solid Waste Landfill Sites by ELECTRE III” 10th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications & Practice in Clearwater/FLORIDA, USA, 04-07 December.
- Rogers, P., Saaty, T.L., Pell, R. (1980), “Portfolio Selection Through Hierarchies”, *The Journal of Portfolio Management*, **3**.
- Rousis, K., Moustakas, K., Malamis, S., Papadopoulos, A., Loizidou, M. (2007), “Multi-criteria analysis for the determination of the best WEEE management scenario in Cyprus”, *Waste Management*, **28**, 1941–1954.
- Sağır, M. (2002), “Bir işletmede AHP Kullanılarak Performans Değerlendirme Sistemi Tasarımı”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Nisan-Mayıs-Haziran, No:2.
- Sağır, M. (2006), *Niteliksel Karar Verme, Ders Notları*, Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.
- Sağır Özdemir, M. (2002), “The Most Hopeful Outcome in The Middle East Conflict: The Analytic Network Process, Mideast Regional Security Dilemmas: Searching for Solutions”, October 5-8, Athens, Greece.
- Sinha-Khetriwal, D., Kraeuchi, P., Schwaninger, M. (2005), “A Comparison of Electronic Waste Recycling in Switzerland and in India”, *Environmental Impact Assessment Review*, **25**, 492– 504.
- Sinha-Khetriwal, D., Kraeuchi, Widmer, R. (2009), “Producer Responsibility for E-waste Management: Key Issues for Consideration - Learning from the Swiss Experience”, *Journal of Environmental Management*, **90**, 153-165.



- Soner, S., Önüt, S. (2006), *Multi-Criteria Supplier Selection: An Electre-Ahp Application*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İstanbul.
- Tchobanoglous, G., Kreith, F. (2002), *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw-Hill Handbooks, New York.
- Triantaphyllou, E. (2000), *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*, Kluwer Academic Publishers, ABD.
- TÜİK (2009), *Türkiye İstatistik Yıllığı 2008*, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- United Nations University (2007) *Weee Final Report*, Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), Final Report, United Nations University.
- Üstün, Ö., Özdemir Sağır, M., Demirtaş Aktar, E. (2005), “Kıbrıs Sorunu Çözüm Önerilerini Değerlendirmede Analitik Serim Süreci Yaklaşımı”, Makine Mühendisleri Odası, Endüstri Mühendisliği Dergisi, Cilt 16, Sayı 4, s. 2 – 13.
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., Bonia, H. (2005), “Global Perspectives on E-waste, Switzerland”, *Environmental Impact Assessment Review*, **25**, 436– 458.
- Yahşi, E. (2009), *Current Situation of the WEEE Directive*, TAIEX Çalıştayı, Midi Otel Ankara.
- Yaraloğlu, K. (2004), *Uygulamada Karar Destek Yöntemleri*, İlkem Ofset, İzmir, 180 sayfa.
- Yılmaz, E. (2006), *Elektrikli ve Elektronik Atıkların Geri Kazanımı ve Muğla İli Pilot Proje Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

http-1, 2009, <http://www.exitcom.com.tr/hizmetlerimiz/e-atik-geri-kazanimi.html>

http-2, 2010, <http://www.buyusa.gov/europeanunion/weee.html>

http-3, 2009, [http://www.iso.org.tr/tr/Web/StatikSayfalar/Cevre\\_bilgi\\_elektrikli.aspx](http://www.iso.org.tr/tr/Web/StatikSayfalar/Cevre_bilgi_elektrikli.aspx)

http-4, 2009, [http://www.geridonusum.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=34](http://www.geridonusum.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=34)

http-5, 2009, <http://ewasteguide.info/state-art-recycling->

http-6, 2009, <http://ewasteguide.info/processes>