

**T.C.**  
**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**BİR SU TEMİN SİSTEMİNİN ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN**  
**YAŞAM DÖNGÜSÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Jaweed Ahmad HAIDERY**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**  
**İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

**ARALIK -2019**



**T.C.**  
**İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**BİR SU TEMİN SİSTEMİNİN ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN**  
**YAŞAM DÖNGÜSÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Jaweed Ahmad HEIDERY**

**Y1613.090035**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**  
**İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Bilge BAŞ**

**ARALIK -2019**



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ



YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1613.090035 numaralı öğrencisi JAWEED AHMAD HAIDERY'nin "BİR SU TEMİN SİSTEMİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 16.07.2019 tarihli ve 2019/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Tezli Yüksek Lisans tezi 12.12.2019 tarihinde kabul edilmiştir.

	<u>Unvan</u>	<u>Adı Soyadı</u>	<u>Üniversite</u>	<u>İmza</u>
<b>ASIL ÜYELER</b>				
<b>Danışman</b>	Dr. Öğr. Üyesi	Bilge BAŞ	İstanbul Bilgi Üniversitesi	
<b>1. Üye</b>	Dr. Öğr. Üyesi	Hasan Volkan ORAL	İstanbul Aydın Üniversitesi	
<b>2. Üye</b>	Dr. Öğr. Üyesi	Emel TOPUZ	Gebze Teknik Üniversitesi	

ONAY

Prof. Dr. Ragıp Kutay KARACA  
Enstitü Müdürü



## **YEMİN METNİ**

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Bir Su Temin Sisteminin Çevresel Sürdürülebilirliğinin Yaşam Döngüsü Analizi ile Değerlendirilmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onuruyla beyan ederim. (12/12/2019)

Jaweed Ahmad HEIDERY





*Aileme,*



## **ÖNSÖZ**

Bu bitirme çalışmasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Bilge Baş'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de sonsuz teşekkürler ederim.

Aralık 2019

Jaweed Ahmad Haidery



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amaç ve Hedefleri.....	1
1.2 Tezin Kapsamı.....	2
<b>2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....</b>	<b>3</b>
2.1 Su Temin Sistemleri.....	3
2.1.1 Hazne ve Su Kuleleri.....	3
2.1.2 Boru Hatlar ve Parçaları.....	4
2.1.3 Terfi Merkezleri.....	4
2.2 Yaşam Döngüsü Analizi.....	5
2.2.1 Safha 1: Amaç ve Kapsam.....	5
2.2.2 Safha 2: Yaşam Döngüsü Envanteri.....	6
2.2.3 Safha 3: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi.....	7
2.2.4 Safha 4: Yorumlama.....	8
2.3 Su Temin Sistemlerinin Çevresel Sürdürülebilirliği ve YDA.....	9
<b>3. MATERYAL ve METOT.....</b>	<b>13</b>
3.1 Van ve Çevre Su Temin Sistemi Projesi.....	13
3.1.1 Projenin yeri.....	13
3.1.2 Projenin kapsamı ve bileşenleri.....	13
3.1.2.a İsale hatları.....	14
3.1.2.b Sanat yapıları.....	14
3.1.2.c Yollar.....	15
3.1.2.d Mevcut tesisler.....	15
3.1.2.e Elektrik, SCADA ve otomasyon işleri.....	15
3.1.2.f Şantiye ihtiyaçları.....	15
3.2 YDA Çalışması .....	16

3.2.1	Amaç ve kapsam.....	16
3.2.1.a	Çalışmanın amacı.....	16
3.2.1.b	Çalışmanın kapsamı.....	16
3.2.1.c	Yazılım ve Metotlar.....	20
3.2.2	Envanter analizi.....	20
3.2.2.a	Boru hatları.....	20
3.2.2.b	Depolar.....	21
3.2.2.c	Klor binası.....	24
3.2.2.d	Terfi merkezi.....	26
3.2.2.e	Su temin sisteminde kullanılan ekipmanlar.....	26
3.2.2.f	Çeşitli bileşenler kapsamında yer alan ve veritabanında yer alan diğer alt prosesleri.....	27
3.2.3	Etkilerin Değerlendirmesi.....	53
3.2.3.a	Etki değerlendirme.....	53
3.2.3.b	Çevresel etki kategorilerinin seçilmesi.....	53
<b>4.</b>	<b>YDA SONUÇLARI YORUMLAMA.....</b>	<b>54</b>
4.1	Tüm Projenin Çevresel Etkileri.....	54
4.2	İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkilerin Proje Birimleri Bazında İncelenmesi.....	54
4.2.1	Boru Hatları.....	56
4.2.2	Depolar.....	59
4.2.3	Terfi Merkezi.....	60
4.2.4	Klor Binası.....	61
<b>5.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>63</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>		<b>65</b>
<b>EKLER.....</b>		<b>71</b>

## **KISALTMALAR**

<b>ADP</b>	: Abiyotik Tükenme Potansiyeli
<b>AP</b>	: Asidifikasyon Potansiyeli
<b>CED</b>	: Kümülatif Enerji Talebi
<b>DPE</b>	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
<b>EP</b>	: Ötrofikasyon Potansiyeli
<b>FAETP</b>	: Tatlısu Ekotoksitesitesi Potansiyeli
<b>GFRP</b>	: Cam Elyaf Takviyeli Polyester
<b>GWP</b>	: Küresel Isınma Potansiyeli
<b>HTP</b>	: İnsan Toksikitesitesi Potansiyeli
<b>MAETP</b>	: Deniz Toksikitesitesi Potansiyeli
<b>PE</b>	: Polietilen
<b>PVC</b>	: Polivinil Klorür
<b>TETP</b>	: Karasal Ekotoksitesite Potansiyeli
<b>YDD</b>	: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
<b>YDE</b>	: Yaşam Döngüsü Envanteri
<b>YDED</b>	: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi
<b>YDEA</b>	: Yaşam Döngüsü Envanter Analizi





## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1: Su Temini Sistemleri ile İlgili Önceki YDA Çalışmaları.....	12
Çizelge 3.1: Boru tipleri.....	14
Çizelge 3.2: Sanat yapıları.....	15
Çizelge 3.3: 1 m boru üretim için gerekli malzeme miktarları.....	21
Çizelge 3.4: Depolar.....	21
Çizelge 3.5: Depolar için toplanan veri envanteri.....	23
Çizelge 3.6: Klor binası için toplanan veri envateri.....	25
Çizelge 3.7: Terfi merkezi için toplanan very envateri .....	26
Çizelge 3.8: Çalışmada kullanılan standart taşıma uzaklıkları.....	27
Çizelge 3.9: Boru hatları için hesaplanan kazı, sıkıştırma alanı ve hendek doldurma miktarları.....	32
Çizelge 4.1: Farklı Etki Kategorileri İçin YDA Sonuçları.....	54
Çizelge 4.2: Çevresel Etkilerin Proje Bileşenlerine Göre İncelenmesi .....	55
Çizelge 4.3: Farklı Etki Kategorileri İçin Gösterilen Gösterilen YDA Sonuçları.....	56



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Su temin sistemi parçaları.....	3
Şekil 2.2: Rezervuar ve su kuleleri örnekleri.....	4
Şekil 2.3: YDD yapı ve uygulamaları.....	5
Şekil 2.4: Bir ürün sisteminin enerji ve madde akışı .....	7
Şekil 3.1: Projenin konumu.....	13
Şekil 3.2: Sistem sınırları.....	17
Şekil 3.3: Boru hatları için akım şeması.....	18
Şekil 3.4: Su depoları için akım şeması.....	19
Şekil 3.5: Örnek bir boru hattı hendek kesiti.....	28
Şekil 3.6: Hendek kazısı prosesi akım şeması.....	29
Şekil 3.7: Kazı prosesi akım şeması.....	29
Şekil 3.8: Hendek geri doldurma prosesi akım şeması.....	31
Şekil 3.9: Toprak sıkıştırma prosesi akım şeması.....	31
Şekil 3.10 : Boru kesimi prosesi akım şeması.....	32
Şekil 3.11 : Beton çelik çubuklarının kesilmesi, yerine konulması ve bükülmesi prosesi.....	33
Şekil 3.12 : Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması prosesi akım şeması.....	34
Şekil 3.13 : Demir imalatın bir kat antipa, iki kat sentetik boya ile boyanması prosesi akım şeması.....	35
Şekil 3.14 : Düz yüzeyli rendeli ve lamba zırvanalı beton ve betonarme kalıbı.....	36
Şekil 3.15 : Beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi ve yerine konulması akım şeması.....	36
Şekil 3.16 : Beyaz karo fayans ile duvar kaplaması yapılması prosesi akım şeması.....	37
Şekil 3.17 : 150*150*12,5 mm lik karo seramik ile döşeme kaplaması yapılması.....	38
Şekil 3.18 : 400 kg çimento dozlu harç yapılması (suni taş sıva).....	39
Şekil 3.19: 200 kg çimento dozlu harç yapılması.....	39
Şekil 3.20 : 600 dozlu çimento şerbeti hazırlanması.....	40
Şekil 3.21 : Katran badana yapılması + epoksi sürme yalıtım prosesi.....	41
Şekil 3.22 : Dolu harman tuğlası (19*19*5) ile tuğla duvar yapılması prosesi.....	41
Şekil 3.23 : Sıcağa ve soğuğa karşı çatı ve dış duvarlarda ısı yalıtım yapılması prosesi.....	42
Şekil 3.24 : 350-kg çimento dozlu harç karışımı yapılması prosesi.....	43
Şekil 3.25 : 0,100 m <sup>3</sup> /kg kireç-çimento karışımı yapılması prosesi.....	43
Şekil 3.26 : Kireç-çimento karışımı harçla tavan sıvası yapılması prosesi.....	44
Şekil 3.27 : Oluklu kiremitle çatı örtüsü yapılması prosesi.....	44
Şekil 3.28 : 250 dozlu demirsiz beton hazırlanması prosesi.....	45

<b>Şekil 3.29</b> : 300 dozlu demirsiz beton hazırlanması prosesi.....	46
<b>Şekil 3.30</b> : Kaynak işlemi akım şeması.....	47
<b>Şekil 3.31</b> : Paslanmaz çelikten çubuk izgara yapılması prosesi.....	48
<b>Şekil 3.32</b> : Mala perdahlı şap yapılması prosesi.....	48
<b>Şekil 3.33</b> : C 8/10 sınıfı beton dökülmesi.....	49
<b>Şekil 3.34</b> : C 12/15 sınıfı beton dökülmesi.....	50
<b>Şekil 3.35</b> : C 20/25 sınıfı beton dökülmesi.....	51
<b>Şekil 3.36</b> : C 30/37 sınıfı beton dökülmesi.....	52
<b>Şekil 3.37</b> : Düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti akım şeması.....	52
<b>Şekil 3.38</b> : A(20/5) PVC su tutucu bantı üretim ve montaj prosesi akım şeması.....	53
<b>Şekil 4.1</b> : İnşaat Aşaması Bileşenlerinin Çevresel Etkileri.....	55
<b>Şekil 4.2</b> : Boru Hatların Çevresel Etkiler.....	57
<b>Şekil 4.3</b> : Boru Hatlarının Çevresel Etkilerinin Temel Prosesler Bazında İncelenmesi.....	57
<b>Şekil 4.4</b> : Boru Hatlarının Çevresel Etkilerinin Temel Prosesler Bazında İncelenmesi.....	58
<b>Şekil 4.5</b> : Boru Hatlarının Çevresel Etkilerinin Boru Çapı Özelinde İncelenmesi.....	59
<b>Şekil 4.6</b> : İnşa Edilen Tüm Depoların Çevresel Etkileri.....	59
<b>Şekil 4.7</b> : Depo 1 İçin Çevresel Etkilerin İnşaat Prosesleri Bazında İncelenmesi.....	60
<b>Şekil 4.8</b> : Terfi Merkezlerinin Çevresel etkileri.....	61
<b>Şekil 4.9</b> : Klor Binasının Çevresel Etkileri.....	62
<b>Şekil A.1</b> : Ø110 PN10 için inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	73
<b>Şekil A.2</b> : Ø110 PN12.5 için inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	73
<b>Şekil A.3</b> Ø110 PN16 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	74
<b>Şekil A.4</b> Ø125 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	74
<b>Şekil A.5</b> Ø125 PN16 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	75
<b>Şekil A.6</b> Ø125 PN25 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	75
<b>Şekil A.7</b> Ø140 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	76
<b>Şekil A.8</b> Ø160 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	76
<b>Şekil A.9</b> Ø160 PN16 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	77
<b>Şekil A.10</b> Ø225 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	77
<b>Şekil A.11</b> Ø225 PN12.5 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	78
<b>Şekil A.12</b> Ø250 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	78
<b>Şekil A.13</b> Ø280 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	79
<b>Şekil A.14</b> Ø315 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	79
<b>Şekil A.15</b> Ø355 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler.....	80
<b>Şekil B.1</b> : Depo 2 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkiler.....	80
<b>Şekil B.2</b> : Depo 3 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkiler.....	81
<b>Şekil B.3</b> : Depo 4 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkiler.....	81
<b>Şekil B.4</b> : Depo 5 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkiler.....	82
<b>Şekil B.5</b> : Depo 6 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkiler.....	83
<b>Şekil B.6</b> : Depo 7 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkiler.....	83

# **BİR SU TEMİN SİSTEMİNİN ÇEVRESEL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

## **ÖZET**

Nüfus arttıkça insanların su ihtiyacı da artmaktadır. Bu durum yeni su temin sistemlerinin inşasını ya da mevcut olanların kapasitelerinin artırılmasını gerektirmektedir. Bu nedenle, çevre problemleri ve kaynakların tükenmesi göz önüne alınarak, bu inşaat işlemlerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve azaltılmaları için uygulanacak en iyi yönetim uygulamalarının belirlenmesi önemlidir.

Bu çalışmada, Van, Türkiye’de inşa edilen bir su temin projesinin çevresel etkileri Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Proje kapsamında, isale hatlarına ek olarak, depolar, terfi merkezleri ve klorlama binaları inşa edilmiştir. Çalışma için gerekli tüm madde ve enerji verileri toplanarak yaşam döngüsü envanteri (YDE) oluşturulmuştur. GaBi yazılımı veri girişi ve hesaplamalar için kullanılmıştır. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED) yöntemi olarak CML 2001 kullanılmıştır. Son olarak, elde edilen tüm sonuçlar çalışmanın amaç ve kapsamı doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, Abiyotik Element Tükenme Potansiyeli (ADP), Asidifikasyon Potansiyeli (AP), Ötrofikasyon Potansiyeli (EP), Tatlı Su Ekotoksitesitesi Potansiyeli (FAETP), Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), İnsan Toksikitesitesi Potansiyeli (HTP), Deniz Toksikitesitesi Potansiyeli (MAETP), Karasal Ekotoksitesite Potansiyeli (TETP) çevresel etki kategorileri bazında sunulmuştur.

Çalışma sonuçları proje bileşenlerine bağlı olarak incelendiğinde, proje kapsamında inşa edilen birimlerin tüm çevresel etkilere katkılarına göre terfi merkezleri, depolar, boru hatları ve klor binaları olarak sıralandığı belirlenmiştir. Farklı proje bileşenleri ve sistem sınırları nedeniyle tüm sonuçların literatür verileri ile karşılaştırılması yapılamamış; ancak proje bileşenleri ayrı ayrı literatür verileri ile karşılaştırıldığında literatür ile uyumlu sonuçların elde edildiği belirlenmiştir.

Bu çalışma, yapılan literatür çalışmasından ulaşılan bilgi dahilinde, Türkiye’de su temin sistemlerinin isale hattı kısmı için yapılan ilk YDA çalışmasıdır. Bu açıdan Türkiye inşaat sektörü ve karar vericiler için bir isale hattının inşaatında çevresel açıdan önemli noktaların ve çevresel etkilerin belirlenmesi açısından yol gösterici olacağı düşünülmektedir



## **EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF A WATER SUPPLY SYSTEM THROUGH LIFE CYCLE**

### **ABSTRACT**

As the population grows, water demand also increases. This situation also increase the need of construction of new water supply systems or increasing the capacity of new ones. By considering environmental issues and resource depletion problems, it is evident that it is important to understand the environmental impacts and diminish them.

In this study, environmental impacts of construction of a water supply system Van, Turkey is analyzed using Life Cycle Assessment (LCA) methodology. In this project, in addition to constructing pipeline, structures such as chlorination building, water reservoirs and pumping stations were considered. In order to evaluate the environmental impacts of the project, an Life Cycle Inventory (LCI) is constituted by collecting data of all of the input & output material and energy data. GaBi software is used for data entry and calculations. CML 2001 method was used for Life Cycle Impact Assessment (LCIA). Finally, the results were interpreted in accordance to the goal and scope of the study.

For the results part, GaBi categorizes the environmental impacts in various categories and for this study , following impact categories considered: Abiotic Depletion Potential (ADP elements), Acidification Potential (AP), Eutrophication Potential (EP), Freshwater Aquatic Ecotoxicity Potential (FAETP), Global Warming Potential (GWP), Human Toxicity Potential (HTP), Marine Aquatic Ecotoxicity Potential (MAETP), and Terrestrial Ecotoxicity Potential (TETP).

According to the study results, it is determined that the biggest contributor to the environmental impacts of the project is the construction of pumping stations, which is followed by reservoirs, pipelines and chlorination buildings. Due to the very different project components and system boundaries, only components of the project compared to the literature data separately and it was determined that the results were compatible with literature data.

Up to the knowledge, this is the first study analyzing construction of water supply systems in Turkey in terms of environmental impacts using LCA methodology. In this manner, it might be helpful for construction companies and decision makers to determine environmental hotspots and related best management practices.





## 1. GİRİŞ

Günümüzde artan nüfusla birlikte su ihtiyacı da artmaktadır. Bu nedenle artan nüfusun su ihtiyacını karşılayacak su temin sistemlerinin inşaatı da bu artışın doğurduğu bir ihtiyaçtır. Ayrıca, halen Dünya'nın birçok yerinde temiz su iletim sistemlerinin ulaşmadığı yerler mevcut olup gerekli koşullar oluşturulup bu bölgelere de yapılacak su temin ve su arıtma sistemleriyle içme suyunun sağlanması gereklidir.

Yapılacak bir su temin sisteminin hem teknik hem ekonomik açıdan uygun olmasının yanı sıra büyük inşaat hacimleri gerektiren bu sistemlerinin çevresel açıdan da değerlendirilmesi ve proje aşamasında çevresel faktörlerin de ele alınması önemlidir.

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA), bir ürünün, projenin veya hizmetin çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde ölçmek ve yorumlamak için kullanılan analitik bir araçtır. Bu özelliğiyle yapılacak bir su temin sistemine çevresel etkileri de kapsayarak bütüncül bir şekilde bakılabilmeye olanak sağlaması açısından uygun ve faydalı bir yöntemdir.

### 1.1 Tezin Amaç ve Hedefleri

Bu tez çalışmasının amacı, Türkiye'nin Van ilinde inşaatı gerçekleştirilen bir su temin sistemi projesinin çevresel etkilerinin belirlenmesidir.

Bu tez çalışması ile aşağıdaki sorulara cevap verilmesi amaçlanmaktadır:

1. Su temin sistemi inşaatlarının sürdürülebilirliğini etkileyen parametreler nelerdir?
2. İnşa edilen su temin sisteminde belirlenen her bir parametrenin toplam etkiye katkısı nedir?
3. Su temin sistemlerinin sürdürülebilirliğinin belirlenmesi için kullanılması uygun olan yöntem nedir?
4. Su temin sistemlerinin çevresel etkilerinin azaltılması için inşaat proseslerinde ne gibi değişiklikler yapılabilir?

## **1.2 Tezin Kapsamı**

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye’de Van ilinde inşa edilmiş olan bir su temin sisteminin YDA yöntemi ile çevresel etkilerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ilgili proje ile ilgili saha verisi temin edilmiş olup Türkiye koşullarına özel bir YDA çalışması gerçekleştirilmiştir.

İkinci bölümde çalışma konusu ile ilgili yapılan literatür çalışması sunulmuştur. Bu kısımda öncelikle su temin sistemleri ve bileşenleri ile ilgili temel bilgiler verilmiştir. Daha sonra çalışmada kullanılan temel yöntem olan YDA ile ilgili genel bilgiler sunulmuştur. İzleyen bölümde su temin sistemlerinin çevresel etkileri ve bu etkilerin belirlenmesi için YDA yönteminin kullanıldığı çalışmaların bir özeti sunulmuştur.

Üçüncü bölümde çalışmaya konu olan Van ve Çevre İleri Su Temini Projesi hakkında genel bilgi verilmiştir. Bu kısımda söz konusu projenin coğrafi konumu, projede yer alan temel bileşenler ve kullanılan inşaat yöntemleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde bu tez çalışmasında izlenen yöntem ayrıntıları ile açıklanmıştır.

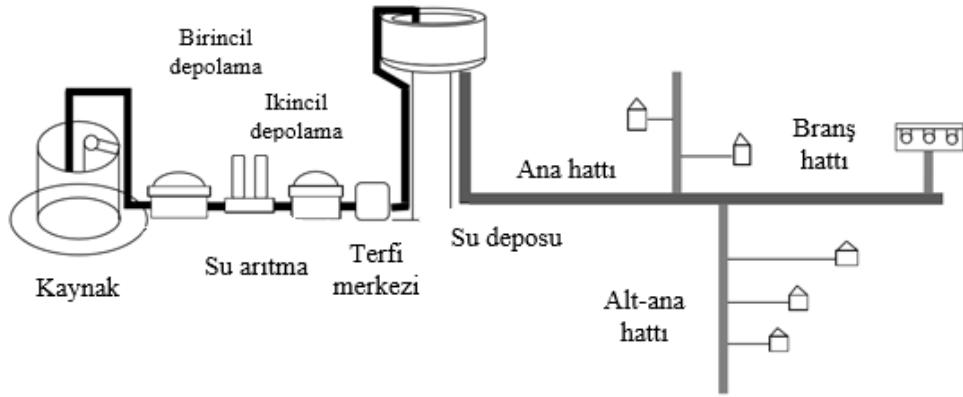
Beşinci bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilerek sunulmuştur.

Altıncı bölümde yapılan çalışmanın sonuçları genel bir değerlendirme ile sunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

### 2.1 Su Temin Sistemleri

Bir su temin sistemi tüketiciler için su tedarik etmede kullanılır. Su, tüketiciler tarafından evsel kullanım, sulama, endüstriyel kullanım, madencilik faaliyetleri, güç üretimi, su ürünleri yetiştiriciliği ve rekreasyonel amaçlar için kullanılır. Su kaynaklardan alınır, işlenir, depolanır ve sonunda tüketicilerin kullanımı için dağıtılır. Suyun yeraltı suyu (kuyular, el tulumbarı, borulu kuyular), yerüstü suyu (nehirler, göletler, yağmur suları) ve ham ya da işlenmiş olarak alınan yığın/içme suyu gibi pek çok kaynakları vardır. Bir su temin sistemi genellikle bir su alma tesisi, su depoları, su arıtma tesisi, boru hatları, terfi merkezleri ve su şebekesinden oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Su temin sistemi parçaları (Pradhikaran, 2012)

#### 2.1.1 Hazne ve Su Kuleleri

Bir içme suyu sistemi tasarlandığı bölgedeki su talebi temel dizayn parametresi alınarak tasarlanır. Su talebi yıllık, mevsimlik ve günlük olarak değişen bir büyüklüktür.

Ayrıca, acil su gereksinimi durumunda (arıza, yangın, vb.) anlık olarak su ihtiyacı olasılığı da bulunmaktadır. Su temin sistemlerinin bu değişimlere ayak uydurarak istenen su ihtiyacını her an karşılayabilmesi için projelerde su haznesine yer verilir.

Ayrıca, su kulesi şeklindeki su hazneleri pompa kullanımına ihtiyaç duymaksızın dağıtım için hidrolik yük basıncı sağlamak amacıyla da kullanılırlar. Özet olarak, su depolarının işlevi ne zaman ihtiyaç duyulursa, hem normal hem de acil durum zamanlarında, dağıtıma hazır şekilde içme suyu depolamaktır.

Su hazneleri genellikle boyut olarak büyüktürlerYüksek su basıncına dayanıklı oldukları ve maliyeti göreceli olarak daha uygun olduğu için su depoları genellikle demirli betondan inşa edilir. Ancak daha küçük olanları çelik panellerden de yapılabilir (Şekil 2.2) (Van Zyl, 2014).



Şekil 2.2: Su depoları ve su kuleleri örnekleri (Van Zyl, 2014)

### 2.1.2 Boru Hatları ve Parçaları

Borular, suyun su kaynaklarından su depolarına ya da su kulelerine ve daha sonra depolardan ya da su kulelerinden tüketicilere aktarmak için kullanılırlar (Van Zyl, 2014).

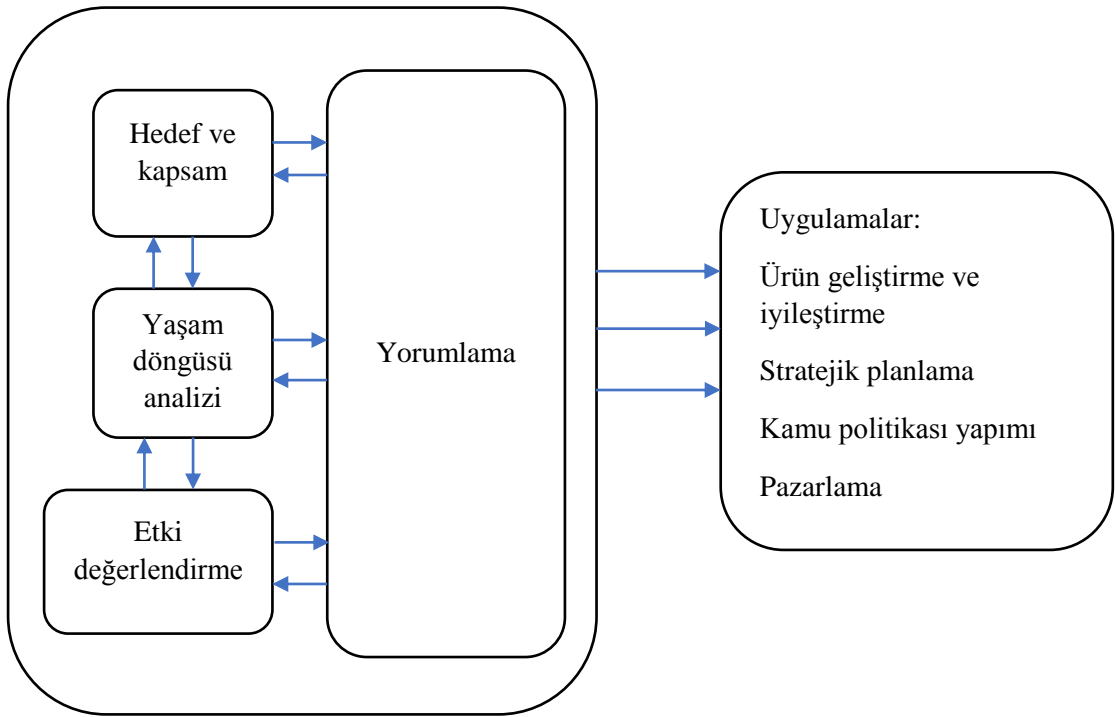
### 2.1.3 Terfi merkezleri

Planlanan su temin sisteminde topografya gereği su kaynağından hazneye ve yerleşim yerlerine su iletimi için suyun yükseltilmesi gereken noktalarda terfi

merkezleri inşa edilir. Terfi merkezleri pompalar, bağlantı elemanları ve çeşitli kontrol ünitelerinden oluşur (Van Zyl, 2014).

## 2.2 Yaşam Döngüsü Analizi (YDA)

YDA bir ürün/prosesin tüm çevresel etkilerinin tüm yaşam döngüsü boyunca belirlenmesi amacıyla kullanılan sayısal bir yöntemdir. YDA çalışmaları ISO 14040 serisi standartlar ile düzenlenmiştir. ISO 14040'e göre, bir YDA çalışmasının dört safhası vardır: Amaç ve Kapsam Tanımı, Envanter Analizi, Etki Değerlendirmesi ve Yorumlama (ISO 14044, 2006).



Şekil 2.3 : YDD yapı ve uygulamaları (ISO 14040, 2006)

### 2.2.1 Safha 1: Amaç ve Kapsam

Çalışmanın amacı ve kapsamı açık bir şekilde tanımlanmalıdır.

Çalışmanın Amacı: Bu kısım şu soruları cevaplayacak şekilde oluşturulur: Çalışma neden yapılır veya uygulanır? Kim içindir? Neyle ilgilidir?

Çalışmanın sonuçları kamuyla ilgili kararların alınmasında kullanılabilir mi? (Mundy ve Livesey, 2014).

Çalışmanın Kapsamı: Bu kısımda ise çalışmanın içeriği ve sınırları ile ilgili karar verilir ve hangi çevresel etki kategorilerinin inceleneceği, çalışma için gereken veri ve onların nasıl değerlendirileceği gibi sorulara cevap verilecek şekilde bir çalışma gerçekleştirilir (Mundy ve Livesey, 2014).

Çalışmanın kapsamını tanımlarken aşağıdaki gibi bazı maddeler belirtilmelidir (Mundy ve Livesey, 2014):

- Ürün sisteminin işlevleri
- Fonksiyonel birim: Fonksiyonel birim, ele alınan ürün/prosesin özelliklerini sayısal olarak tanımlar. girdi ve çıktılara sayısal referans vermek için işlevsel bölümü tanımlamak önemlidir. Bu şekilde elde edilen sonuçların diğer sonuçlarla karşılaştırılabilmesi için bir temel oluşturur.
- Sistem kısıtları: Çalışmaya hangi temel süreçlerin dahil edilmesi gerektiğini belirler.
- Değerlendirme için veri ihtiyaçları: YDD çalışmasının amaçları ve kapsamını olanaklı kılmak için gerekli olacak veriler tanımlanır.
- Varsayımlar ve kabuller: Veri toplamanın kapsamlılığından dolayı bazen gerekli veri ya da bilgiye ulaşamadığında yapılması gerekli varsayı ve kabullerdir. Pratik değere yakın veri tabanlarından almak gerekir.
- Gözden geçirme: Çalışmanın YDD metodolojisinin standart gereksinimlerinin karşılanıp karşılanmadığına karar vermek için gerçekleştirilen eleştirel gözden geçirmedir (Hauschild & Olsen, 2018).

### **2.2.2 Safha 2: Yaşam Döngüsü Envanteri (YDE)**

Bu kısımda YDD çalışmasını gerçekleştirmek için gerekli tüm veriler ürün / prosese ilişkin bir akış şeması oluşturularak toplanır. Girdiler ve çıktılar burada merkezi bir

rol oynadığından veri toplamanın çalışma için oldukça önemlidir. Hammadde, enerji, yakıt, vb. gibi girdiler ve ürünler, atık ve emisyon vb. çıktılar bu aşamada toplanması gerekli verilerdir. Bunların tamamı YDD uygulamasının belirlenen sistem sınırları ve bütün kullanım ömrün için bir araya getirilir.

YDE hazırlanması tekrarlanabilir, iteratif bir prosedürdür; çünkü çalışmanın derinliklerine indikçe yeni sınırlamalar ve gereksinimler bulunabilir. Çalışmanın amacı ve kapsamını karşılamak için bazen YDE veri toplama prosedürünü yeni kısıtlamalarla tekrar etmek gerekir veya amaç ve kapsam belli kısıtlamalar altında başarılabilir değilse değiştirmek gerekir.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 2.4), bir YDE'nin temel bileşenleri akış şeması şeklinde verilmektedir. Ele alınan ürün/prosesle ilgili olarak veriler bu başlıklar altında toplanır.



Şekil 2.4 : Bir ürün sisteminin enerji ve madde akışı (Knutsson, 2015)

### 2.2.3 Safha 3: Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED)

YDD'nin bu aşamasında, YDE'yi oluşturan tüm enerji ve madde miktarları çevresel etkiye dönüştürülür. Bu süreçte, değerlendirilen etkilerin seçimi ve kullanılan yöntemler amaç ve kapsama dayandığından, YDED aşaması amaç ve kapsam aşamasıyla direkt olarak bağlantılıdır.

ISO 14040 standartları bu safhayı aşağıdaki gibi tanımlar:

“Yaşam döngüsü değerlendirme safhası, ürünün yaşam döngüsü boyunca ürün sistemi için olası çevresel etkilerin büyüklüğünü ve önemini anlamayı ve değerlendirmeyi hedefler” (Knutsson, 2015).

YDED safhasında yapılması gereken üç iş vardır: Etki kategorisi seçimi, sınıflandırma ve nitelendirme.

Etki kategorisi seçimi: Doğru seçilen etki kategorileri anlamlı çalışma sonuçlarını içerdiğinden bu önemli bir maddedir. Çevresel etki kategorileri çalışmanın amaç ve kapsamıyla uyumlu olarak seçilmeli ve çevresel bir gösterge ile bağlantılı olmalıdır.

Sınıflandırma: YDE’de yer verilen ilk akışlar daha önce tanımlanan çevresel etki kategorilerine olan katkılarına göre sınıflandırılırlar (Hauschild & Olsen, 2018).

Karakterizasyon: Envanter elemanları sınıflandırıldıktan sonra, aynı kategoride etki eden ve katkı sağlayan tüm envanter elemanları ilgili katsayılarla çarpılır ve tüm elemanlar tek bir parametre üzerinden karakterize edilir. (Hauschild & Olsen, 2018).

Normalizasyon: Normalizasyon, etki kategorilerinin önemini netleştirmek için tüm karakterize edilmiş etkileri genel referanslarla bağdaştırmak için kullanılır. (Hauschild & Olsen, 2018).

Gruplama veya Ağırlıklandırma: Gruplama ve ağırlıklandırma ile etki kategorilerini çevreye ne şiddette zarar verdiklerine göre derecelendirmek mümkündür. Gruplama ve ağırlıklandırma tüm etki kategorilerinin bir ürünün ya da sürecin tek bir çevresel etkisine kümelenmesine olanak tanır. Bu, iki veya daha fazla ürün/süreci kıyaslamada karar vermek için faydalıdır (Hauschild & Olsen, 2018).

#### **2.2.4 Safha 4: Yorumlama**

Bu safha bir YDD uygulamasının son safhasıdır. Bu safhada YDED aşamasında elde edilen sonuçlar amaç ve kapsam kısıtları göz önünde bulundurularak yorumlanır. Yorumlama aşaması ISO 14040 standardında şu şekilde tanımlanmıştır:

“Yorumlama, envanter analizi bulgularının ve etki değerlendirmesinin beraber ele alındığı veya YDE çalışmaları durumunda yalnızca envanter analizi bulgularının olduğu YDD safhasıdır. Yorumlama safhası, tanımlı amaç ve kapsam ile birbirini tutan ve yargılara ulaşan, kısıtlamaları açıklayan ve öneriler sunan sonuçlar vermelidir”.

Bu aşamada sonuçların yorumlanmasının yanı sıra bütünlük, hassasiyet ve tutarlılık kontrollerine dayalı değerlendirmelere de yer verilmelidir. Bu amaçla, hassasiyet



analizi ve belirsizlik analizi yapılarak bu analizlerin sonuçları çalışma ile varılan yargıların sağlamlığının bir göstergesi olarak sunulur.

Yorumlama safhasında sunulan bulgular karar vericilere yardım edebilir. Yorumlama aşaması, amaç ve kapsam aşamasına sıkı sıkıya bağlıdır.

Son olarak, YDE sonuçları hedef kitleye tüm farklı safhaları, varsayımları, kısıtlamaları, sonuçları ve yargıları ile verilmelidir. Eğer YDD raporu açıklanacaksa, tüm safhalarının kritik gözden geçirmesi, tüm çalışmanın ISO standartlarına göre yürütülüp yürütülmediğini kontrol edecek olan üçüncü bağımsız bir kişi tarafından yapılmalıdır (Knutsson, 2015).

### **2.3 Su Temin Sistemlerinin Çevresel Sürdürülebilirliği ve YDA**

Kentsel bölgelerde yaşayan insan nüfusunun artmasından kaynaklanan kentsel su temini ve atıksu sistemleri önemli bir konudur. Yüksek nüfusa su sağlamak için büyük boyutlarda inşaat gerektirdiğinden ve ayrıca su arıtma sistemlerinin geliştirilmesi nedeniyle sürekli olarak büyük miktarlarda suyun işletilmesini kapsadığından, su temin sistemlerinin çevresel etkileri ve sürdürülebilirliği bilim insanları ve toplumun dikkatini çekmektedir. YDA, beşikten mezara malzeme / ürün / işlemlerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için sistematik bir nicel yaklaşım olduğundan, su temini sistemlerinin çevresel performanslarını değerlendirmek için de kullanılabilir. Literatürde su temin sistemlerinin sürdürülebilirliğinin YDA yöntemi ile kullanılarak değerlendirildiği çeşitli çalışmalar mevcuttur. Aşağıda, bu kapsamda yapılmış olan çalışmalar sunulmuştur. Su arıtma sistemlerine odaklanan çalışmalar, bu tez kapsamında ele alınan vaka incelemesinin kapsamı dışında olmasından dolayı literatür çalışmasına dahil edilmemiştir.

Sanjuan-Delmas vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada, İspanya'nın Calafell kentinde yer alan içme suyu dağıtım ve iletim sisteminin çevresel verimliliğini değerlendirmek için YDA yöntemi kullanılmıştır. Proje 125 km uzunluğunda boru hattı içermektedir. Bu bağlamda, borular için çevresel açıdan daha az zararlı olan malzemeyi bulmak için farklı malzemeler (fibroçimento, sfero döküm, düşük yoğunluklu polietilen (PE), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), polivinil klorür (PVC)) incelenmiştir. Söz konusu çalışmada ele alınan çevresel etki kategorileri şunlardır: Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), Ozon Tabakasının Azalma Potansiyeli (ODP), Ötrofikasyon Potansiyeli (EP) ve Kümülatif Enerji Talebi (CED). Çalışmada

ayrıca maliyet faktörü de göz önünde bulundurulmuştur. Genel sonuç olarak, yapılan çalışma alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında hem çevresel hem de ekonomik etkilerin önemli olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, daha az etkili olan boru malzemesinin seçilmesiyle çevresel etkilerin %5 oranında azaltılabildiği ve daha çok yenilenebilir enerji oranına sahip bir karması seçerek çevresel etkilerin de azaltılabileceği tespit edilmiştir.

Benzer bir çalışmada (Sanjuan-Delmas vd., 2013), su şebeke boruları için malzeme seçiminin çevre etkileri açısından etkileri PVC, HDPE, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), cam elyaf takviyeli polyester (GFRP) ve sfero demir gibi 5 farklı boru malzemesi ve iki farklı boru çapı (90 mm ve 200 mm) için incelenmiştir. Söz konusu çalışmada CML 2 Baseline 2000 yöntemi kullanılmış; sonuçlar ADP, AP, EP, GWP, ODP, PCOP VE CED bazında verilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, PVC, HDPE ve düşük yoğunluklu PE borular 90 mm boru çapı için değerlendirildiğinde benzer etkilere sahiptir. 200 mm boru çapı değeri için ise, sfero döküm boruların diğer borulara göre daha yüksek çevresel etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Boruların kurulumunun tüm etkiye katkısı incelendiğinde, doğal olarak beklenebileceği gibi, daha küçük olan boru çapında kurulum katkısının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, yaşam döngüsü aşamaları (üretim, taşıma ve inşaat) bazında incelendiğinde, 90 mm çapında borular için elde edilen sonuçlarda, ele alınan yedi etki kategorisinden beşinde etkilerin %40'ından fazlasının kurulumundan, %20-40'ının taşıma işlemlerinden ve %10-20'sinin ise boru üretiminden kaynaklandığı belirlenmiştir. 200 mm çaplı olan borularda ise durum farklılık göstermekte, üretim proseslerinin etkisi ağır basmaktadır. Ayrıca, boruların ömrünün, YDA çalışmasına dahil edilmesi gerektiği; faydalı ömür süresince seçilen malzemeye bağlı olarak boru hattında yapılacak yenilemelerin de toplam çevresel etkileri belirleyeceği vurgulanmıştır. Aynı çalışmada, ele alınan bir örnek su şebekesi için boru malzemesini değiştirerek çevresel etki kategorilerinde %6-16 oranında bir azalma elde edilebileceği ortaya konmuştur.

Hajibabaei ve diğerleri (2018), gerçekleştirdikleri çalışmada boru malzemesinin oluşan çevresel etkilere etkisini ele almışlardır. Çalışmalarında beş farklı çeşit boru için YDA çalışmasını gerçekleştirmişlerdir: PVC, HDPE, sfero döküm, fibro-çimento ve çelik. Bu çalışmanın sistem sınırları, boruların üretimi, nakliyesi ve montajını içermektedir. Sonuçlar, üretim aşaması için sfero döküm borunun, tüm

boru tipleri arasında çoğu kategoride en yüksek çevresel etkiye sahip olduğunu, PVC'nin ise en düşük seviyede olduğunu göstermiştir. Farklı boru hendeklerinin etkisinin de araştırıldığı çalışmada, kullanılan malzeme tipi nedeniyle fibro çimento borunun en yüksek oranda çevresel etkiye neden olduğu belirlenmiştir. Sfero döküm boruların daha az çevresel etkiye sahip olanlarla değiştirilmesi veya geleneksel hendek kazısı yerine boru patlatması gibi kazısız daha çevre dostu boru döşeme tekniklerinin kullanılması önerilmiştir. Loss ve diğerleri. (2016) tarafından yapılan çalışmada da yine geleneksel hendek kazısı ve yeni bir yöntem olan boru patlatma yöntemlerinin çevresel açısından karşılaştırılması 200 mm ve 500 mm çapındaki asbestli çimento ve döküm demir borular için YDA yöntemi ile yapılmıştır. ReCiPe 2008 H/H Europe yönteminin kullanıldığı çalışmada, boru patlatma yönteminin ele alınan tüm etki kategorilerinde daha düşük sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Çalışmada, elde edilen sonuçların boru çapı ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ayrıca yine aynı boru döşeme tekniklerini değerlendiren Ariaratnam (2011)'in çalışması ile de uyumludur.

Shi ve diğerleri (2019) tarafından yapılan çalışmada ise bambu geleneksel olarak kullanılan boru malzemelerine bir alternatif olarak önerilmiş ve çevresel performansı YDA metodu ile değerlendirilmiştir ve boru malzemesi olarak PVC kullanımı ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Çevresel ve Ekonomik Sürdürülebilirlik İçin Bina (The Building for Environmental and Economic Sustainability Index, BEES) kullanılarak sunulmuştur. Söz konusu çalışmaya göre, bambu kullanımı, EP hariç tüm etki kategorilerinde 1,1-488,8 kat aralığında çevresel etki azalmasına ve kümülatif enerji talebi (CED) değerlerinde 3,4 kat azalmaya sağlamaktadır.

Bugün piyasada, teknik özelliklere ve malzeme türlerine göre farklılaştırılmış çeşitli içme suyu boruları vardır. Genel olarak, boru detayları teknik özelliklere göre yapılır. Maiolo ve diğerleri (2018), belirli bir su temini sistemi için boru malzemeleri seçerken sadece teknik meseleleri özellikleri değil, aynı zamanda çevresel hususları da göz önünde bulundurarak bilgi vermeyi amaçlamışlardır. İçme suyu boru hatları için gerçekleştirilen bu çalışmada, yazarlar tarafından, Yerde Sürdürülebilirlik Endeksi isimli yeni bir endeks tanımlamışlardır. İndeks, insan sağlığı, ekosistem kalitesi, iklim değişikliği ve kaynaklar olmak üzere 4 farklı etki kategorisi içermektedir. Teknik özellikler ve çevresel etkileri kapsayan bu endeksin projelendirme aşamasında boru seçiminde yardımcı bir araç olması hedeflenmiştir.

Çalışma sırasında ISSI kullanılarak teknoloji ve çevresel etkiler açısından 10 tür boru ve boru malzemesi değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, çelik boruların ve polimer bazlı malzemeden üretilen boruların insan sağlığı açısından daha fazla etkiye sahip olduğu, ekosistem kalitesi açısından çelik borunun en fazla etkiye sahip olup diğerlerinin benzer olduğu; iklim değişikliği açısından çelik, PE, PP, PRFV ve PVC boruların daha fazla katkısının bulunduğu ve kaynaklar bazında ise en yüksek etkiye sahip olan boru malzemelerinin çelik, PVC, PRFV, PE and PP borular olduğu belirlenmiştir. Çizelge 2.2’de ise literatürde yer alan çalışmaların genel bir incelemesi verilmiştir. Görüldüğü gibi, literatürde yer alan çalışmalar, sistem sınırları, kullanılan veritabanları, YDA metodu ve ele alınan çevresel etki kategorileri açısından değişiklik göstermektedir.

**Çizelge 2.1 : Su temini sistemleri ile ilgili önceki YDA çalışmaları**

<b>Kaynak</b>	<b>Kapsam</b>	<b>Başlık</b>	<b>Başvurulan Veritabanları</b>	<b>YDED Metodu</b>	<b>Ele Alman Çevresel Etki Kategorileri</b>
Borghi vd. (2013)	Su arıtımı ve dağıtımı	Water supply and sustainability: life cycle assessment of water collection, treatment and distribution service	Siciliacque Spa	Bilinmiyor .	İklim değişikliği, yenilenemeyen enerji kaynakları ve su tüketimi
Morera vd. (2016)	Boru hatları	Life cycle assessment of construction and renovation of sewer systems using a detailed inventory tool	Ecoinvent	ReCiPe	İklim değişikliği, insan toksisitesi, partikül kirliliği, abiyotik tükenme.
Sanjuan-Delmás, vd. (2014)	Boru hatları	Eco-efficiency Assessment of the drinking water distribution network of Calafell (Spain)	Ecoinvent 2.2	CML 2000	Küresel ısınma, ötrofikasyon, ozon tabakasının tükenmesi, kümülatif enerji talebi.
Vahidi vd. (2014)	Boru malzemesi seçimi	Comparative Life Cycle Analysis of Materials in Wastewater Piping Systems	Ecoinvent		Karsinojenler, İklim değişikliği, Radyasyon, Ozon tabakası, Ekotoksosite, Asidifikasyon, Arazi kullanımı
Carolin vd. (2014)	PE boruların üretim, taşıma, kullanım, bakım ve montajı	Life Cycle Assessment of a Polyethylene (PE) pipe system for water supply, using horizontal directional drilling (HDD) installation	Ecoinvent, Simapro	-	Abiyotik tükenme, Asidifikasyon, Ötrofikasyon, Küresel ısınma, Ozon tabakasının tükenmesi, Fotokimyasal oksidasyon.



### 3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde bu tez çalışmasına konu olan su temin sistemi projesi ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

#### 3.1 Van ve Çevre İlçeleri Su Temin Sistemi Projesi

##### 3.1.1 Projenin yeri

Proje, Van ili sınırları içerisinde, Van Acil İçmesuyu İnşaatı isale hattı güzergâhında bulunan köyler ile bu isale hattı arasında yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Projenin konumu (Google Earth)

##### 3.1.2 Projenin kapsamı ve bileşenleri

Tezde ele alınan su temin projesinin kapsamı Van İli'ne bağlı Edremit, Çiçekli, Gürpınar ve Gevaş ilçe merkezleri ile Van Acil İçmesuyu İnşaatı isale hattı güzergahında bulunan köylerin, Van Acil İçmesuyu İnşaatı kapsamında bırakılan branşmanlardan alınacak su ile içme, kullanma ve endüstriyel su ihtiyacının karşılanması amacıyla gerekli olan içmesuyu tesislerinin inşasıdır.

Proje kapsamında mevcut branşman noktalarından alınacak suyun, hat çevresinde bulunan mevcut ve yeni yapılacak depolara iletilmesi için gerekli içmesuyu tesislerinin (isale hatları, terfi merkezleri, hatlar üzerindeki sanat yapıları vb.) inşası, şamran kaptajının rehabilitasyonu, yeni depoların inşası ve tüm tesislerin otomasyon ve SCADA sisteminin kurulması yer almaktadır.

Proje kapsamında hazırlanan hidrolik rapora göre, projeyi oluşturan çeşitli isale hatları için proje faydalı ömrü süresince (35 yıl) nüfus ve su ihtiyacı projeksiyonları yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu hesaplanan su ihtiyacı değerleri şu şekildedir: 2010 yılı için 2493,05 L/s, 2015 yılı için 2520,93 L/s, 2020 yılı için 2616,04 L/s, 2025 yılı için 2754,27 L/s, 2030 yılı için 2925,82 L/s, 2035 yılı için 3109,67 L/s, 2040 yılı için 3314,28 L/s ve 2045 yılı için 3571 L/s.

Buna göre, YDA hesaplamalarında kullanılmak üzere tüm proje ömrü boyunca iletilecek su miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$(2493,05 + 2520,93 + 2616,04 + 2754,27 + 2925,82 + 3109,67 + 3314,28 + 3571) \times 86400 \times 365 \times 5 \times 10^{-3} = 3674741861 m^3$$

### 3.1.2.a İsale hatları

Proje kapsamında Çizelge 3.1’de cins, çap ve basınç sınıfları verilen yüksek yoğunluklu polietilen (PE100) ve çelik borular döşenmiştir.

**Çizelge 3.1 : Boru tipleri**

Sıra No	İletim Hattı Çapı ve Cinsi	Basınç Sınıfı	Boru Uzunluğu (m)
1	Ø110-PE100	PN10	24.595,97
2	Ø110-PE100	PN12,5	3.706,27
3	Ø110-PE100	PN16	2.655,04
4	Ø125-PE100	PN10	196,04
5	Ø125-PE100	PN16	7.147,43
6	Ø125-PE100	PN25	5.943,63
7	Ø140-PE100	PN10	114,04
8	Ø160-PE100	PN10	1.200,84
9	Ø160-PE100	PN16	1.419,01
10	Ø225-PE100	PN10	840,63
11	Ø225-PE100	PN12,5	916,68
12	Ø250-PE100	PN10	167,61
13	Ø280-PE100	PN10	430,72
14	Ø315-PE100	PN10	6.782,61
15	Ø355-PE100	PN10	566,88
16	Ø1000 ÇB	e=14,5	161,64

\* ÇB: Çelik boru

### 3.1.2.b Sanat yapıları

İsale hatları üzerinde projesine uygun olarak Çizelge 3.2’de verilen sanat yapılarının inşaatları veya tadilatları yapılmış ve mekanik ekipmanları tesis edilmiştir. Ayrıca, isale hatları üzerinde yer alan yol, kanalizasyon, yağmur suyu ve dere geçişleri ile tespit kitleleri vb. sanat yapılarının inşaatı da gerek görüldüğü hallerde gerçekleştirilerek proje tamamlanmıştır.



**Çizelge 3.2 : Sanat yapıları**

Sıra No	Sanat Yapısı Cinsi	Adedi
1	Branşman Yapısı İnşaatı	5
2	Debimetre Yapısı İnşaatı	8
3	100 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	3
4	100 m <sup>3</sup> Hacimli Ayaklı Depo İnşaatı	1
5	200 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	3
6	400 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	2
7	800 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	1
8	2500 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	1
9	30000 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	1
10	Klor Binası İnşaatı	5
11	100 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaat Tadilatı	2
12	200 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaat Tadilatı	3
13	500 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaat Tadilatı	2
14	1500 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaat Tadilatı	1
15	100 m <sup>3</sup> Hacimli Ayaklı Depo Mekanik Tadilatı	1
16	100 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo Mekanik Tadilatı	1
17	200 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo Mekanik Tadilatı	3
18	500 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo Mekanik Tadilatı	3
19	1000 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo Mekanik Tadilatı	3
20	1500 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo Mekanik Tadilatı	1
21	15000 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo Mekanik Tadilatı	1
22	Terfi Merkezi İnşaatı	10
23	Şamran Kaptajı Tadilatı	1
24	Tahliye Yapısı İnşaatı	60
25	Vantuz Yapısı İnşaatı	62

### 3.1.2.c Yollar

Proje kapsamında yaklaşık 13 km uzunluğunda stabilize yol inşaatı yapılmıştır.

### 3.1.2.d Mevcut tesisler

İsale hatları güzergahı boyunca ve/veya diğer inşaatlar yapılırken hasar gören ve bozulan tüm tesisler tamir edilerek eski haline getirilmiştir.

### 3.1.2.e Elektrik, SCADA ve otomasyon işleri

İş kapsamında inşa edilen sanat yapılarına ait elektrik, mekanik ekipmanları teçhiz edilmiş, elektrik, otomasyon, SCADA vb. gerekli tüm donanım yapılmıştır.

### 3.1.2.f Şantiye ihtiyaçları

Projenin inşaat aşamasında gerekli olan yemekhane, bürolar, atölyeler, depolar, sıhhi tesisat, ısıtma, aydınlatma, güç kaynağı, su temini, telefon, nakliye, park yeri ve çitleme gibi bileşenleri içeren tesisler inşa edilmiştir.

## **3.2 YDA Çalışması**

Bu bölümde gerçekleştirilen YDA çalışması temel YDA aşamalarına bölünmüş alt başlıklarda sunulmuştur.

### **3.2.1 Amaç ve kapsam**

#### **3.2.1.a Çalışmanın amacı**

Çalışmanın amacı, yukarıda kapsamı verilen su temini sistemi projesinin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü boyunca değerlendirilmesidir.

#### **3.2.1.b Çalışmanın kapsamı**

Çalışmanın kapsamı fonksiyonel birim, sistem sınırları, çevresel etki kategorileri ve çalışmadaki kısıtlama ve kabulleri içermektedir.

#### ***Fonksiyonel Birim***

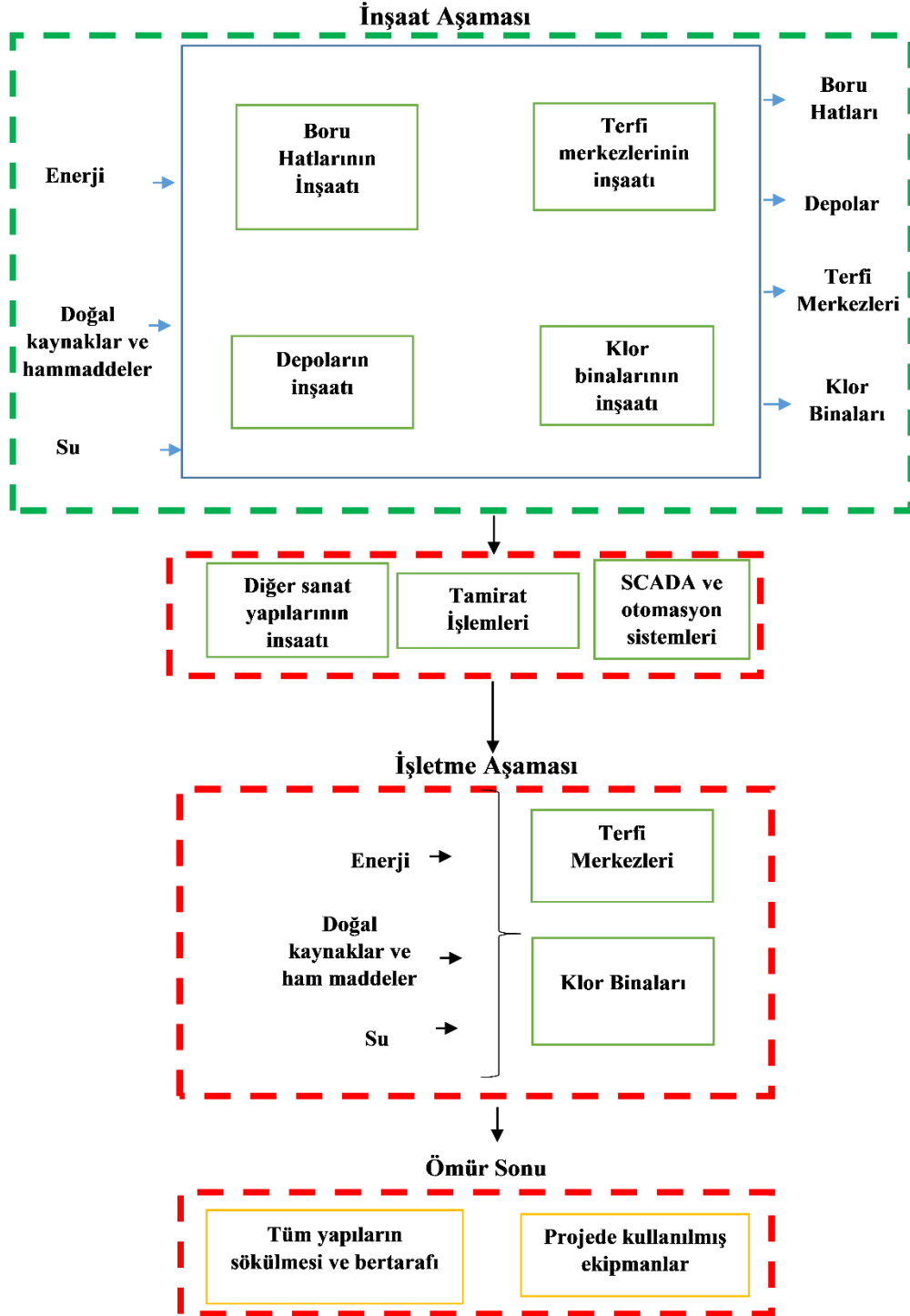
Araştırmanın fonksiyonel birimi, 1 m<sup>3</sup> suyun 35 yıl boyunca su temin sistemi aracılığı ile iletilmesidir.

#### ***Sistem Sınırları***

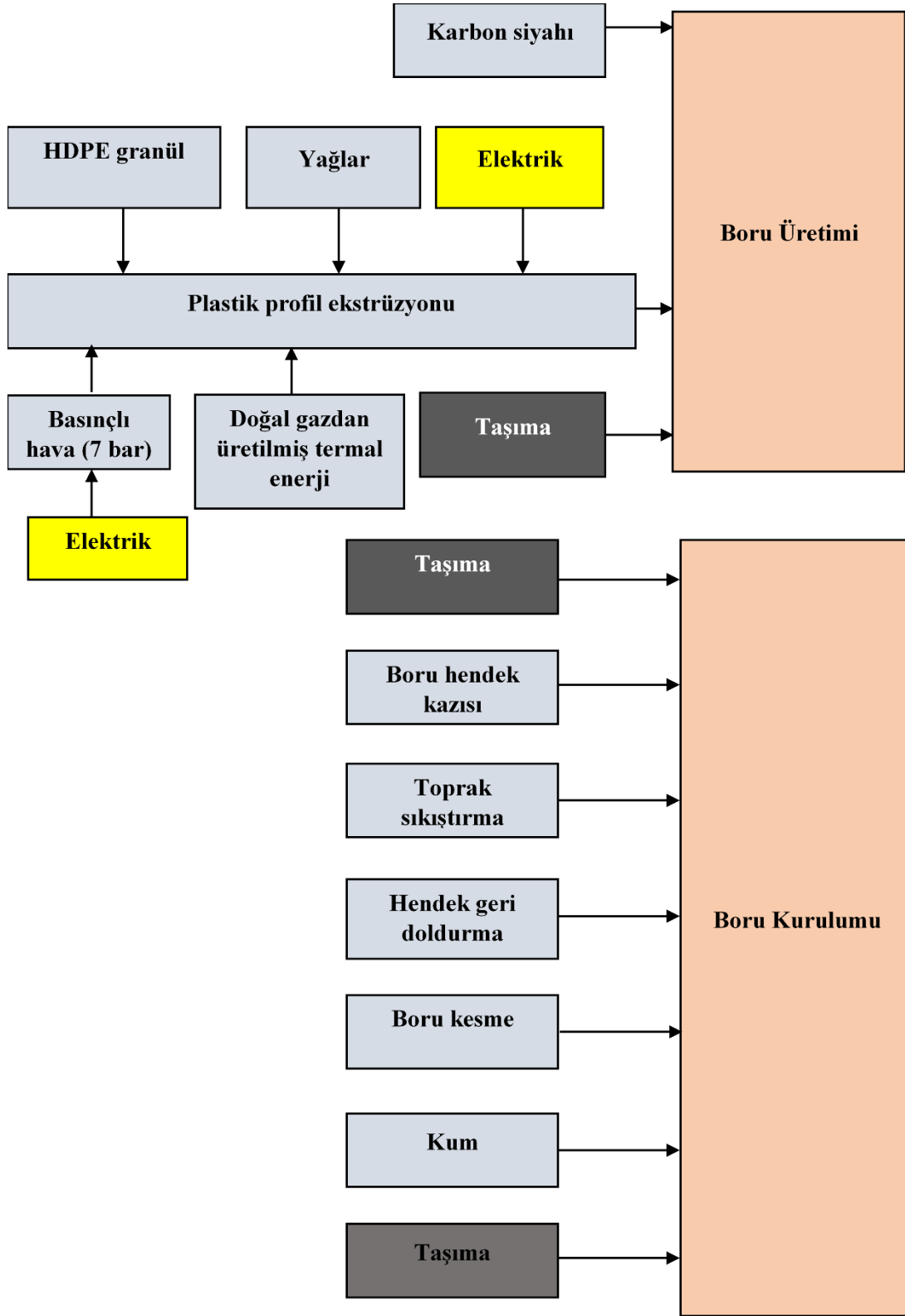
YDA yöntemini uygulayabilmek için öncelikle değerlendirmeye dahil edilecek olan süreçler ve hariç tutulacak olan süreçler belirlenerek bir sistem sınırı çizilmesi gereklidir. Çalışmanın sistem sınırları olarak ‘beşikten kapıya’ yaklaşımı ile su temin sisteminin üretimden kullanıma kadar olan tüm aşamaları seçilmiştir. Bu kapsamda su temin sisteminin tüm bileşenlerinin hammadde teminleri, kendilerinin üretimleri ve proje bölgesinde inşa ve kurulum aşamaları çalışmaya dahil edilmiştir. Bu aşamalar içerisinde yer alan tüm taşıma işlemleri de sistem sınırları dahilindedir. Su temin sisteminin kullanımı ve sistem faydalı ömrünü tamamladığında bertaraf edilmesi aşamaları çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Sistem sınırları olarak ‘beşikten kapıya’ yaklaşımının belirlenmesinin nedeni çalışma ile ilgili olarak bu sınırlar kapsamında veri sahibi olunmasıdır.

Ayrıca sistem sınırları içerisinde en yüksek katkıda bulunması beklenmesi beklenen ve daha çok veriye sahip olunan temel bileşenler olan boru hatları, depolar, terfi merkezi ve klor binası çalışmada ele alınmıştır. Bunların dışında diğer inşaatlar, mekanik bağlantı parçaları, elektrik ve otomasyon sistemleri çalışmaya kapsamı dışında tutulmuştur. Şekil 3.2’de proje için genel olarak ele alınan sistem sınırları verilmiştir. Şekil 3.3 ve 3.4’te ise boru hatları ve depolar için sistem sınırları ve

ayrıntılı akım şemaları yer almaktadır. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi, borularla ilgili akım şeması boru üretimi için gerekli hammadde temini, bu hammaddelerin taşınması, boruların üretimi, üretilen boruların su temin sisteminin yapılacağı alana taşınması ve boruların döşenmesi aşamalarından oluşmaktadır.

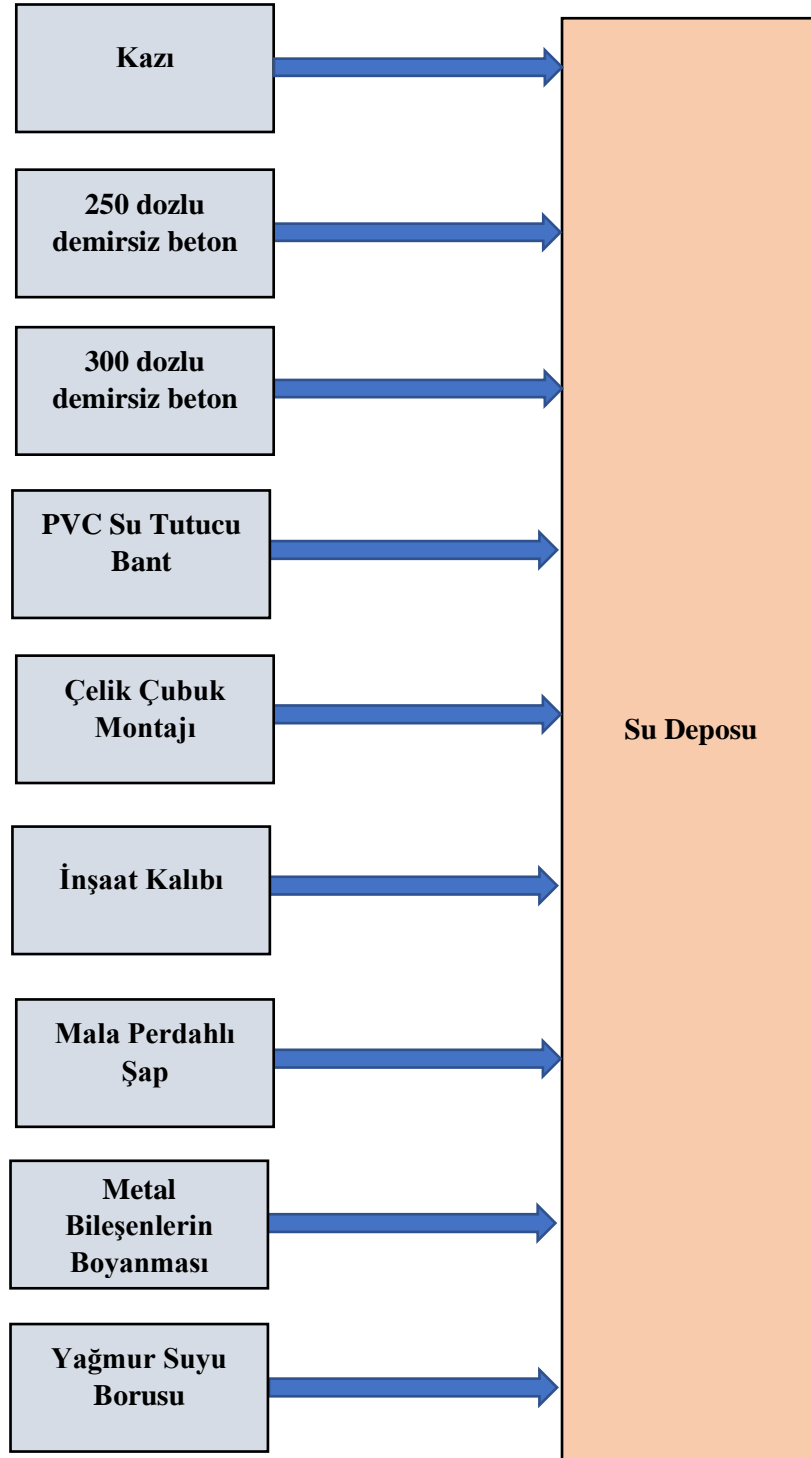


Şekil 3.2 : Sistem sınırları (Yeşil kutular: Sistem sınırlarına dahil; Kırmızı kutular: Sistem sınırlarına dahil değil)



**Şekil 3.3 : Boru hatları için akım şeması**

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi, depolarla ilgili akım şeması temel olarak depoların üretimi için gerekli hammadde temini, bu hammaddelerin taşınması ve depoların kaba ve ince inşaatı (yalıtım, fayans, vb.) aşamalarından oluşmaktadır.



Şekil 3.4 : Su depoları için akım şeması

### **3.2.1.c Yazılım ve Metotlar**

YDA çalışmasında gerekli hesaplamaların yapılmasında GaBi yazılımı kullanılmıştır. GaBi, ürün/proses/hizmetleri değerlendirmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirme veritabanına sahip bir sürdürülebilirlik değerlendirme yazılımıdır. Bu çalışmada GaBi Professional Veritabanı projedeki proseslerle ilgili veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

### **3.2.2 Envanter analizi**

Veri toplama, hesaplama ve sonradan değerlendirilmesinde envanter analizinin en önemli kısımlarından biridir. Veri toplama, hesaplama en iyi sonucu almak için YDD gereklilikleri ve standartları ile tutarlı olmalıdır.

Proses girdi verileri, hammadde, elektrik, yakıt, kimyasallar gibi süreçler tarafından tüketilen enerji ve malzemeden oluşur. Çıktılar ise hava kirlenici emisyonlar, aşırı toprak, boru kesim artıkları ve diğer yenilenebilir veya yenilenemeyen malzemeler gibi maddelerdir.

Bu araştırmanın envanterine ilişkin veriler, araştırma yapılan su temini sisteminden sorumlu firmadan birincil veri olarak alınmıştır. Ayrıca, birincil verinin mevcut olmadığı durumlarda ilgili literatürden ve çeşitli kataloglardan yararlanılmıştır. Belirli bir literatür verisinin bulunmadığı durumlar için çeşitli varsayım ve kabuller yapılmıştır.

#### **3.2.2.a Boru hatları**

Projede genellikle farklı basınç sınıflarındaki (PN değerleri) PE100 (HDPE) boru kullanılmaktadır. Ayrıca, sadece küçük bir bölümde, 1000 mm çapında çelik boru kullanılmıştır. Miktarı az olduğundan çelik boru bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

Aşağıdaki çizelgede (Çizelge 3.4) projede kullanılan tüm boruların üretilmesi için gerekli malzeme miktarları birim boru boyu (1 m) için verilmiştir.

**Çizelge 3.3 : 1 m boru üretimi için gerekli malzeme miktarları**  
(Environmental Product Declaration-Polyethylene Pipes, 2018)

No	İletim Hattı Çapı (Ø)ve Basınç Sınıfı (PN)	PE (kg)	Karbon Siyahı (kg)	Tehlikeli Olmayan Katkı Maddeleri (kg)
1	Ø110, PN10	2,134	0,055	0,011
2	Ø110, PN12,5	2,5802	0,0665	0,0133
3	Ø110, PN16	3,1234	0,0805	0,0161
4	Ø110, PN25	4,4814	0,1155	0,0231
5	Ø125, PN10	2,7257	0,07025	0,01405
6	Ø125, PN16	4,0546	0,1045	0,0209
7	Ø125, PN25	5,7715	0,14875	0,02975
8	Ø140, PN10	3,4144	0,88	0,0176
9	Ø160, PN10	4,4717	0,11252	0,02305
10	Ø160, PN16	6,6445	0,17125	0,03425
11	Ø225, PN10	8,8658	0,2285	0,0457
12	Ø225, PN12,5	10,864	0,28	0,056
13	Ø250, PN10	10,864	0,28	0,056
14	Ø280, PN10	13,483	0,3475	0,0695
15	Ø315, PN10	17,363	0,4475	0,0895
16	Ø355, PN10	22,019	0,5675	0,1135

Boruların üretimi ile ilgili temel verilerin yanı sıra, boruların nakliyesi ve döşenmesi ile ilgili veriler de envanter çizelgesinde yer almaktadır. Boru hatlarının döşenmesi aşamasında, kazma ve gerekli hallerde beton ankrajını yapmak için çukur kazıma, kazı işlemleri ve kazının yapılması için gerekli ekipmanın boyutları, kazı işlemi ve ekipmanı bu bilgiler arasındadır. Bu ekipmanlarla ilgili kesin bilgi mevcut olmadığından benzer ekipmanların kullanıldığı varsayılarak ikincil kaynaklardan veri toplanmıştır.

### 3.2.2.b Depolar

Su temin projesi kapsamında inşa edilen farklı büyüklüklerde toplam 7 adet su deposu bulunmaktadır (Çizelge 3.5).

**Çizelge 3.4 : Depolar**

Depo No	Sanat Yapısı Cinsi	Adedi
1	100 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	3
2	100 m <sup>3</sup> Hacimli Ayaklı Depo İnşaatı	1
3	200 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	3
4	400 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	2
5	800 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	1
6	2500 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	1
7	30000 m <sup>3</sup> Hacimli Gömme Depo İnşaatı	1

Her bir depo ile ilgili olarak, bunları oluşturmak için kullanılan malzemeleri, miktarlarını ve ilgili prosesleri içeren bir envanter izelgesi yapılmıştır (izelge 3.6). Her bir proseste kullanılan malzeme ve enerji verileri ise ilgili kaynaklardan ikincil veri olarak toplanmış ve Bölüm 3.2.2.f'te detaylıca açıklanmıştır.



**Çizelge 3.5 : Depolar için toplanan veri envanteri**

İmalat Prosesi	Birim	Miktar						
		Depo 1 (100 t)	Depo 2 (100 t ayaklı)	Depo 3 (200 t)	Depo 4 (400 t)	Depo 5 (800 t)	Depo 6 (2500 t)	Depo 7 (30000 t)
Her cins zeminde temel kazısı yapılması	m <sup>3</sup>	260	240	534	850	900	3300	3000
Duvar Arka ve Üstlerinin Doldurulması	m <sup>3</sup>	143	-	335	490	970	2500	25000
250 dozlu Demirsiz beton	m <sup>3</sup>	7	23	15	21	57	100	923
300 dozlu Demirsiz beton	m <sup>3</sup>	5	15	10	15	30	33	307
Demirli C30-37 betonu (Granulometrik kum ve çakıl ile)	m <sup>3</sup>	90	297	153	250	500	1017	11808
A (20 / 5) PVC Su Tutucu Bant	m	40	40	63	162	126	238	1358
Düz yüzeyli rendeli ve lamba zıvanalı beton ve betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	452	502	443	964	1517	3204	23068
Q 14-Q 28 mm'lik beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi, yerine konulması	ton	22,925	54,793	26,570	18,826	58,857	128,358	1350
Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması	kg	400	400	690	690	690	690	690
Paslanmaz Çelikten Çubuk Izgara Yapılması	kg	196	196	216	216	216	216	216
Demir borudan kaynakla korkuluk yapılması, yerine konulması (pencere ve bahçe duvarı parmaklıkları ve benzeri işler)	kg	379	100	379	379	379	379	379
B.A. Direkli Himaye Çiti (h=2.63 mt)	m	50	50	80	80	80	100	200
12 no'lu çinko levhadan 150 mm çapında düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti. düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti	m	50	50	80	80	80	120	200
Demir imalatın bir kat antipas, iki kat sentetik boya ile boyanması	m <sup>2</sup>	33	33	33	33	33	33	33
Dışta ve içte ince sıva veya çıplak beton yüzeyleri akrilik esaslı ince malzeme ile istenilen renkte kaplama yapılması	m <sup>2</sup>	443	135	418	937	1431	1919	19495
Katran badana yapılması + epoksi sürme yalıtım	m <sup>2</sup>	521	217	546	1138	1761	2492	26937
Beyaz çimentolu, düz veya desenli, her renkte, her ebat ve kalınlıkta, çift tabakalı terrazo karo plak (karo mozayik - sınıf 2) ile iç mekanlarda döşeme kaplaması yapılması (250x250mm/300x300mm/330x330mm vb. ebatlarda)	m <sup>2</sup>	78	17	128	201	330	573	6000
Mala perdahlı şap yapılması.	m <sup>2</sup>	78	17	128	201	330	573	6000
Q=150 mm çapında drenaj borusu döşeme,gömlekleme keçe sarma ve muayene bacası bırakılması	m	42	44	49	83	100	160	1400
Ocak taşı ile blokaj	m <sup>3</sup>							3000



### **3.2.2.c Klor binası**

Projede sıvılaştırılmış gaz klor tankları kullanılmıştır. Proje için klor tanklarını korumak üzere beş adet klor binası inşa edilmiştir.

Klor binaları ile ilgili olarak, bunları oluşturmak için kullanılan malzemeleri ve miktarlarını içeren bir envanter çizelgesi yapılmıştır (Çizelge 3.7). Her bir proste kullanılan malzeme ve enerji verileri ise ilgili kaynaklardan ikincil veri olarak toplanmış ve Bölüm 3.2.2.f'te detaylıca açıklanmıştır.

Klor binası içerisinde kullanılan elektrik donanımları ve mekanik ekipmanlar hem yeterli veri olmadığından hem de toplama katkısı oldukça düşük olacağından sistem sınırları dışarısında tutulmuştur.

**Çizelge 3.6 : Klor binası için toplanan veri envanteri**

<b>İmalat Prosesi</b>	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>
Her cins zeminde serbest kazı yapılması	m <sup>3</sup>	5
Her cins zeminde temel kazısı yapılması	m <sup>3</sup>	48
Tuvenan Kum-Çakıl Serilmesi	m <sup>3</sup>	20
Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 8/10 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	4
Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 12/15 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	2
Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 16/20 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	5
Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	35
Ocak taşı ile blokaj	m <sup>3</sup>	4
Dolu harman tuğlası (19*9*5cm) ile tuğla duvar yapılması (10.003 harcı ile) (TS.704)	m <sup>3</sup>	12
Genleştirilmiş peritli şilte ile sığağa ve soğuga karşı çatı ve dış duvarlarda ısı yalıtımı yapılması	m <sup>2</sup>	39
Oluklu kiremitle çatı örtüsü yapılması.	m <sup>2</sup>	42
Polistren Köpüğü İle Derz Dolgusu Yapılması	m <sup>2</sup>	36
Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	244
0-4 m'ye kadar olan yapı ve sınaı imalata ait ahşap kalıp iskelesi (4.00 m. Dahil)	m <sup>3</sup>	162
İş işkelesi (duvarlar için ) (0-12.50 m yükseklik için) (12.50 m.dahil )	m <sup>2</sup>	57
İş işkelesi (tavanlar için ) (0-12.50 m yükseklik için) (12.50 m.dahil )	m <sup>3</sup>	62
Q 8-Q 12 mm beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi yerine konulması	ton	2
Q 14-Q 28 mm'lik beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi, yerine konulması	ton	2
Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması	kg	500
Çeşitli demir işleri yapılması ve yerine konulması (her çeşit merdiven, balkon, köprü, korkuluklar, pencere ve bahçe parmaklıkları, çatıya çıkma, fosseptik ve benzeri yerlere yapılan merdivenler, ızgara ve benzeri işler)	kg	10
Demir borudan kaynakla korkuluk yapılması, yerine konulması (pencere ve bahçe duvarı parmaklıkları ve benzeri işler)	kg	10
12 no'lu çinko levhadan 150 mm çapında düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti. düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti	m	12
Demir imalatın bir kat antipas, iki kat sentetik boya ile boyanması	m <sup>2</sup>	13
Yeni sıva yüzeylerine beyaz üç kat kireç badana yapılması	m <sup>2</sup>	29
Katran badana yapılması	m <sup>2</sup>	40
Beyaz çimentolu, düz veya desenli, her renkte, her ebat ve kalınlıkta, çift tabakalı terrazo karo plak (karo mozayik - sınıf 2) ile iç mekanlarda döşeme kaplaması yapılması (250x250mm/300x300mm/330x330mm vb. ebatlarda)	m <sup>2</sup>	12
Beyaz karo fayans ile duvar kaplaması yapılması	m <sup>2</sup>	57
150*150*12.5 mm'lik karo seramik ile döşeme kaplaması yapılması	m <sup>2</sup>	35
Kireç-çimento karışımı harçla tavan sıvası yapılması	m <sup>2</sup>	142
200 kg çimento dozlu tesviye tabakası yapılması	m <sup>2</sup>	92

### 3.2.2.d Terfi merkezi

Projede gerekli görülen yerlerde, suyun iletilmesini sağlamak için terfi merkezlerine yer verilmiştir.

Terfi merkezleri ile ilgili olarak, bunları oluşturmak için kullanılan malzemeleri ve miktarlarını içeren bir envanter çizelgesi yapılmıştır (Çizelge 3.8). Her bir proste kullanılan malzeme ve enerji verileri ise ilgili kaynaklardan ikincil veri olarak toplanmış ve Bölüm 3.2.2.f'te detaylıca açıklanmıştır.

### 3.2.2.e Su Temin sisteminde kullanılan ekipmanlar

Projede kullanılan bazı parça ve ekipmanlarla ilgili bazı veriler mevcut olmadığından, başka kaynaklardan ikincil veri olarak alınmıştır. Bunun için benzer inşaat proseslerinde kullanılan tipik ekipmanların katalogları incelenerek gerekli her proses için uygun ekipman seçimi yapılmıştır.

**Çizelge 3.7 : Terfi merkezi için toplanan veri envanteri**

İmalat Prosesi	Birim	Miktar
Her cins zeminde temel kazısı yapılması	m <sup>3</sup>	9294
250 dozlu Demirsiz beton	m <sup>3</sup>	187
300 dozlu Demirsiz beton	m <sup>3</sup>	70
Demirli C30-37 betonu (Granulometrik kum ve çakıl ile)	m <sup>3</sup>	1523
A (20 / 5) PVC Su Tutucu Bant	m	40
Duvar örülmesi 19x19x15	m <sup>2</sup>	1155
Düz yüzeyli rendeli ve lamba zıvanalı beton ve betonarme kalıbı	m <sup>2</sup>	4792
Q 14-Q 28 mm'lik beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi, yerine konulması	ton	252
Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması	kg	15000
PVC pencere	adet	18
Demir borudan kaynakla korkuluk yapılması, yerine konulması (pencere ve bahçe duvarı parmaklıkları ve benzeri işler)	kg	500
B.A. Direkli Himaye Çiti (h=2.63 mt)	m	50
12 no'lu çinko levhadan 150 mm çapında düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti.	m	449
Demir imalatın bir kat antipas, iki kat sentetik boya ile boyanması	m <sup>2</sup>	75
Dışta ve içte ince sıva veya çıplak beton yüzeyleri akrilik esaslı ince malzeme ile istenilen renkte kaplama yapılması	m <sup>2</sup>	2963
Katran badana yapılması + epoksi sürme yalıtım	m <sup>2</sup>	521
Beyaz çimentolu, düz veya desenli, her renkte, her ebat ve kalınlıkta, çift tabakalı terrazo karo plak (karo mozayik - sınıf 2) ile iç mekanlarda döşeme kaplaması yapılması (250x250mm/300x300mm/330x330mm vb. ebatlarda)	m <sup>2</sup>	1226
Mala perdahlı şap yapılması.	m <sup>2</sup>	642
Ahşap çatı ve trapez (0.50mm) sac kaplaması	m <sup>2</sup>	1007

### 3.2.2.f Çeşitli bileşenler kapsamında yer alan ve veritabanında yer alan diğer alt prosesler

#### *Taşıma Uzaklıkları*

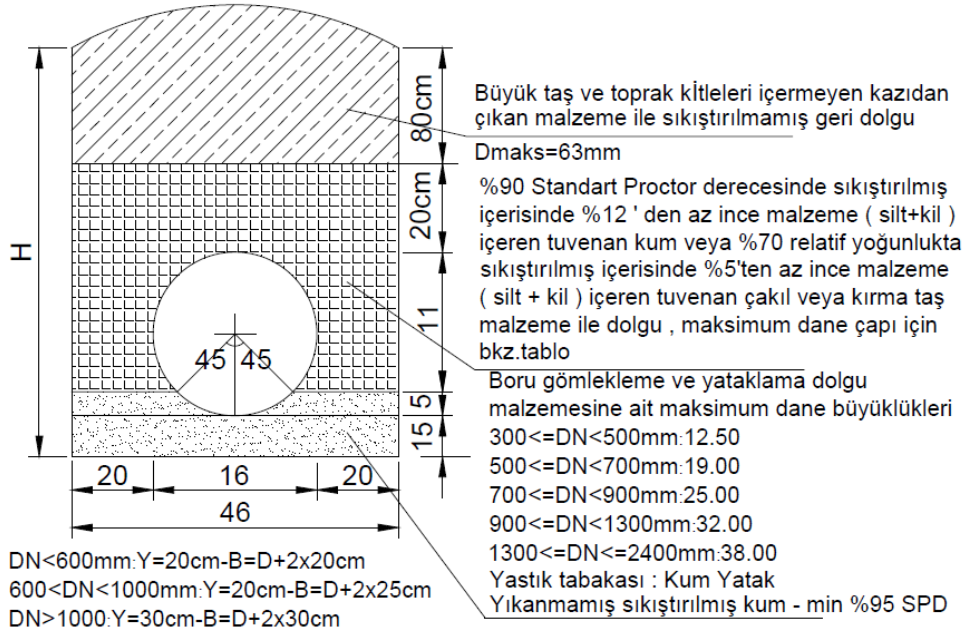
Çalışmada hammadde, ürün ve atıkların taşıma uzaklıkları bilinmediğinde Ecoinvent YDA veritabanının taşıma ile ilgili kılavuzunda (Frischknecht vd., 2007) verilen standard uzaklıklardan taşıma yapıldığı kabul edilmiştir. Sözü edilen standard taşıma uzaklıklarından bu çalışmada kullanılanlar Çizelge 3.9’da sunulmuştur.

**Çizelge 3.8 :** Çalışmada kullanılan standart taşıma uzaklıkları (Frischknecht vd., 2007)

Malzeme	Taşıma Uzaklığı (Avrupa ortalaması, 32 t’luk kamyon ile) (km)
Agrega / Kum	50
Çimento	100
Çelik	100
Alüminyum	100
Plastikler	100
Ahşap / Tahta	100
Temel kimyasallar	100
Atık yakma tesisi	10
Düzenli depolama alanı	10

#### *Hendek Kazısı ve Kazı Prosesi*

Çalışmanın konusu olan su temin sisteminin boru hattı, depo, vb. bileşenlerinin hepsinin inşaatında kazı çalışması yapılması gerekmiştir. Her bir bileşenin inşaatında yapılan kazı ile ilgili bilgiler birincil veri olarak temin edilmiştir. Direkt olarak kazı hacminin verilmediği durumlarda kazı hacimleri proje ile ilgili çizimler kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Örnek bir boru hattı hendek kesiti

Şekilden de görüldüğü gibi, boru hendeğinde borunun her iki yanında 20 cm'lik bir dolgu genişliği bulunmaktadır. Hendek derinliği ise borunun altında 12,5 cm (tanecik büyüklüğünün 300-500 mm aralığında olduğu kabul edilmiştir), boru çapı (D) ve borunun üzerinde 100 cm dolgu malzemesinin toplamı olarak hesaplanmıştır. Aşağıdaki formülle, birim hendek boyu için yapılacak kazı miktarını hesaplamak mümkündür:

$$((2 \times (0,2) + D) * (0,125 + D + 1)) * (1) = 1 \text{ m boru boyu için hesaplanan kazı miktarı}$$

Çizelge 3.9'da tüm borular için hesaplanan kazı miktarları verilmiştir.

Kazı işlemlerinde kullanılan kazı makinesi ile ilgili veri mevcut olmadığından, bu alanda kullanılan ekipmanlardan biri olan Caterpillar 329D/ 329D L kazı makinesi olarak seçilmiştir. Seçilen ekipmanla ilgili teknik bilgi ilgili firma kataloğundan alınmıştır (Caterpillar, 2014)

Belirli bir kazı miktarı için gerekli yakıt miktarını hesaplamak için öncelikli olarak saatte yapılan kazı miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$Q = \frac{60 \times q \times z \times n \times K_f}{k_t}$$

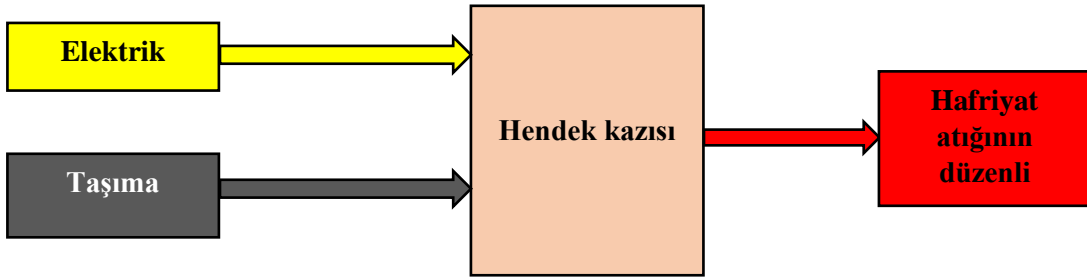
Burada, Q ekskavatorün verimi, q her bir kepçenin hacmi (38,85 ft<sup>3</sup>), z kepçe sayısı (z = 1) (Caterpillar, 2014) ve n rotorun dönme açısidir (10,2 dev/dk). Kepçenin

sallanması, kazma, yükleme vb. işlemlerle gecikmeler de eklenerek bu hız değeri 5 dev/dk olarak alınmıştır.  $K_f$  dolma faktörü olup 1 olarak alınmıştır.  $k_1$  ise toprak gevşemesi faktörü olup 1,4 olarak seçilmiştir (URL-2). Bu işlem sonucunda seçilen ekskavatörün saatte  $235,7 \text{ m}^3$  kazı yaptığı hesaplanmıştır.

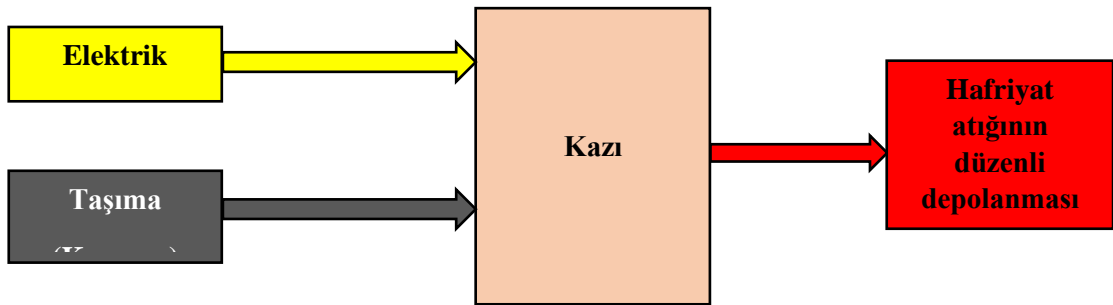
Yoğun çalışmada saatlik ortalama yakıt tüketimi oranı 23-30,5 litre olduğundan (URL-3), bu çalışmada saatte 30,5 litre yakıt tüketildiği kabul edilmiştir. Hesaplamalarda yakıtın özgül kütlesi  $832 \text{ kg/m}^3$  olarak alınmıştır.

Hendek kazısı ve diğer kazılardan çıkan toprağın düzenli depolama alanına götürüldüğü kabul edilmiş; çalışmada sadece buraya götürülmesi için gerekli taşıma işlemi hesaplamalara dahil edilmiştir.

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de sırasıyla hendek kazı ve kazı prosesleri için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Diesel mix at refinery, EU-28: Transport, truck-trailer (40 t total cap., 24.7t payload) (A4) ts.



Şekil 3.6 : Hendek kazısı prosesi akım şeması



Şekil 3.7 : Kazı prosesi akım şeması



### ***Hendek Geri Doldurma***

Borular yerleştirildikten sonra, açılan hendeklerin geri doldurulması gereklidir. Boruların üzerine kum tabakası doldurulmuş; kum tabakasının üzerine ise kazıdan çıkan toprak doldurularak en üst katman oluşturulmuştur (Şekil 3.5).

Çalışmada kullanılan dolgu malzemesi miktarı proje çizimlerinden çıkartılan aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\left[ \left[ (2 \times 0,2) + D \right] \times (0,15 + 0,05 + 0,11 + 0,2) \right] - \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) * 1$$

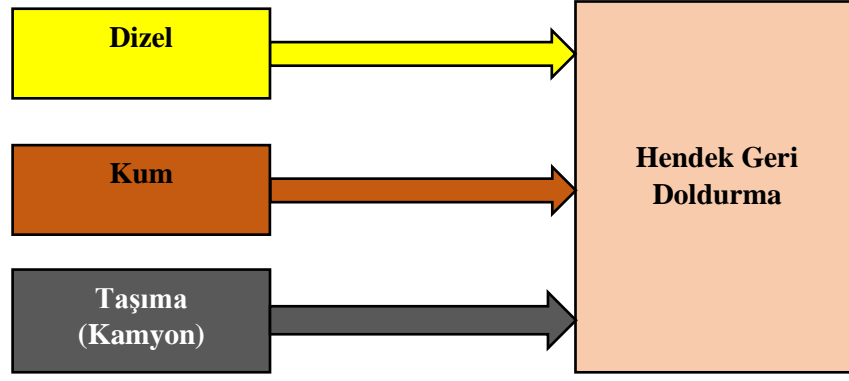
Geri doldurulan toprak miktarı, kazılan toprak miktarı ve doldurulan kum miktarının farkı olarak hesaplanmıştır. Artan kazıdan çıkmış olan toprağın atık olarak düzenli depolama sahasına gönderildiği kabul edilmiş ve yapılan hesaplamalarda kazılan toprağın özgül kütlesi  $1700 \text{ kg/m}^3$  olarak alınmıştır. Çıkan toprağın nasıl kullanıldığı bilinmediğinden, daha önce de belirtildiği gibi, hesaplamalara sadece bu toprağın taşınması dahil edilmiştir (Çizelge 3.9).

Geri doldurma işleminin Caterpillar D7G modeli bir dozer ile yapıldığı kabul edilmiştir. Kum ve çakılı geri doldurmak için ne kadar saat çalışılması gerektiği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam süre} = \frac{Q}{P \times N}$$

Burada, P ekipmanın verimi, Q elleçlenecek toplam madde miktarı ve N geri doldurma ekipmanı sayısıdır. Buna göre, seçilen modeldeki bir ekskavatörün saatte elleçlediği malzeme miktarı  $229,37 \text{ m}^3$  olarak hesaplanmıştır (URL-4). Ele alınan ekskavatörün saatte kullandığı yakıt miktarı 20 litredir (URL-5).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.8) hendek geri doldurma için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Diesel mix at refinery; EU-28: Transport, truck-trailer (40 t total cap., 24.7t payload) (A4) ts; EU-28: Sand 0/2 ts. Programda kullanım kolaylığı açısından kum ve taşıma prosesleri hendek geri doldurma prosesinin yerine boru kurulumu akım şeması içerisine yerleştirilmiştir.



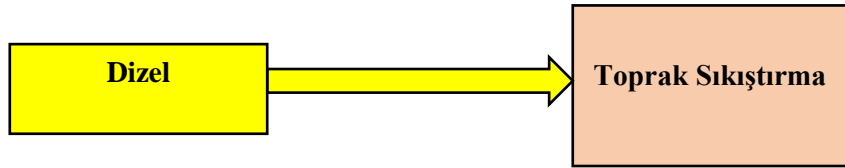
**Şekil 3.8 :** Hendek geri doldurma prosesi akım şeması

***Toprağın sıkıştırılması:***

Bu proseste, kazı ve geri doldurma işlemleri yapıldıktan sonra toprağın sıkıştırma işlemi yapılmaktadır. Projede kullanılan ekipman modeli tam olarak bilinmediğinden örnek bir ekipman seçilmiştir. Seçilen ekipmanın motoru saatte 650 m<sup>2</sup> sıkıştırma işlemi yapmakta ve 0,7695 kg of dizel tüketmektedir (URL-6).

Birim boru boyu için toprağın sıkıştırılacağı kazı alanı her bir boru için kazı miktarına benzer şekilde  $D + (2 \times 0,2)$  formülü ile hesaplanmış ve Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.9) toprak sıkıştırma için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Diesel mix at refinery.



**Şekil 3.9 :** Toprak sıkıştırma prosesi akım şeması

**Çizelge 3.9 :** Boru hatları için hesaplanan kazı, sıkıştırma alanı ve hendek geri doldurma miktarları (1 m boru boyu için)

Boru Çapı (mm) ve Basınç Dayanım Sınıfı	Kazı miktarı (m <sup>3</sup> )	Sıkıştırma alanı (m <sup>2</sup> )	Hendek Geri Doldurma Miktarı (m <sup>3</sup> )	Gerekli Dolgu Malzemesi Hacmi (m <sup>3</sup> )	Düzenli Depolama Alanına Gönderilen Atık Miktarı (m <sup>3</sup> )
Ø 110, PN10	0,63	0,51	0,37	0,25	0,26
Ø110, PN12.5	0,63	0,51	0,37	0,25	0,26
Ø110, PN16	0,63	0,51	0,37	0,25	0,26
Ø125, PN10	0,66	0,53	0,40	0,26	0,27
Ø125, PN16	0,66	0,53	0,40	0,26	0,27
Ø125, PN25	0,66	0,53	0,40	0,26	0,27
Ø140, PN10	0,68	0,54	0,41	0,26	0,28
Ø160, PN10	0,72	0,56	0,44	0,27	0,28
Ø160, PN16	0,72	0,56	0,44	0,27	0,28
Ø225, PN10	0,84	0,63	0,55	0,28	0,29
Ø225, PN12,5	0,84	0,63	0,55	0,28	0,29
Ø250, PN10	0,89	0,65	0,60	0,28	0,29
Ø280, PN10	0,96	0,68	0,67	0,29	0,30
Ø315, PN10	1,03	0,72	0,73	0,29	0,30
Ø355, PN10	1,12	0,76	0,82	0,29	0,30

### ***Boru Kesimi***

Sahada boru hatları yerleştirilirken kesilmeleri prosesidir. Bu amaçla kullanılan ekipmanın markası bilinmediğinden benzer bir ekipman seçilmiştir (URL-7). Boru kesme ekipmanının her km boru için 1 saat çalıştırıldığı kabul edilmiştir. Seçilen boru kesme ekipmanı 2kWh elektriksel güç değerine sahiptir.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.10) boru kesimi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır EU-28: Electricity grid mix (production mix).



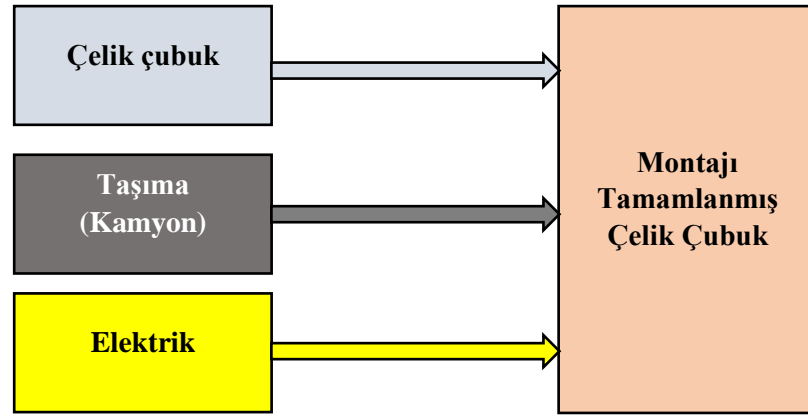
**Şekil 3.10 :** Boru kesimi prosesi akım şeması

### ***Beton Çelik Çubuklarının Kesilmesi, Yerine Konulması ve Bükülmesi***

Bu proste, demirli beton üretiminde kullanılan beton çelik çubuklarının bir çelik kesme ve bükme makinası ile kesilmesi, yerine konulması ve bükülmesi yer almaktadır. Kullanılan makina modeli tam olarak bilinmediğinden Türkiye inşaat piyasasında teklif/bütçe/ihale dosyası hazırlanırken kullanılan tipik değerler ele alınmıştır. Buna göre, kullanılacak betonun her tonu için 1070 kg çelik

kullanılmakta, her ton çeliğin işlenmesi 2 saat sürmekte (URL-8) ve kullanılan makina 6-kWh enerji tüketmektedir (URL-18).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.11) beton çelik çubuklarının kesilmesi, yerine konulması ve bükülmesi işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU: Steel rebar worldsteel, EU-28: Transport, truck-trailer (40 t total cap., 24.7t payload) (A4) ts, EU-28: Electricity grid mix (production mix) ts <Mfg>.



**Şekil 3.11** : Beton çelik çubuklarının kesilmesi, yerine konulması ve bükülmesi prosesi

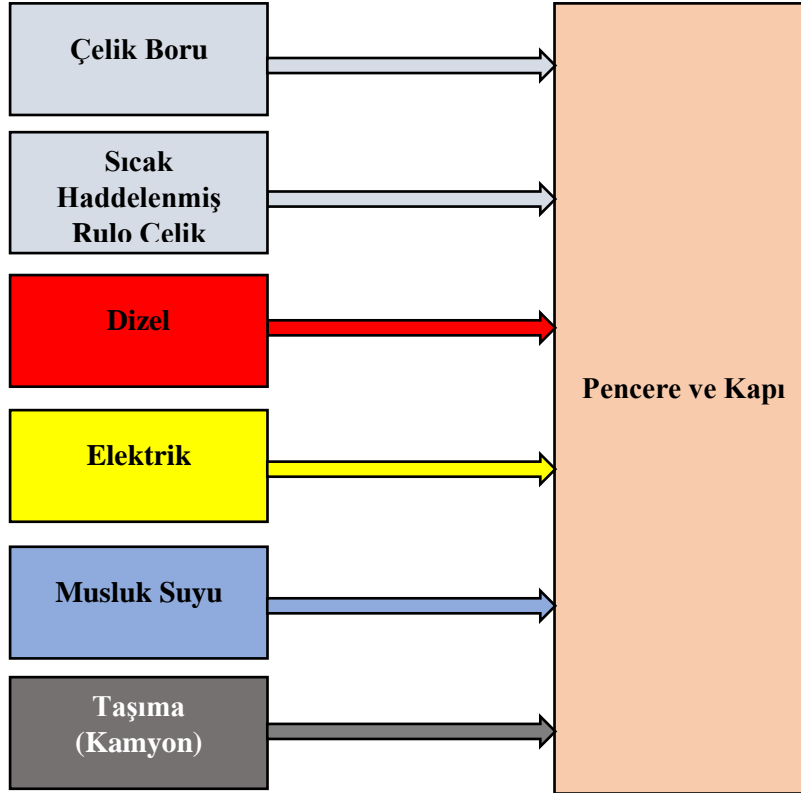
### ***Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması***

Bu proses alüminyum profillerden kare ve dikdörtgen şeklinde pencere ve kapıların yapılmasını içerir. Proseste üretilen her kg pencere/kapı için, 0,682 kg kare ya da dikdörtgen kesitli profil ve 0,418 kg sıcak haddelenmiş profil çubukları kullanılmaktadır (URL-19). Bu işlem 0,015 saat marangozluk işi gerektirmekte olup bu süreçte 0,075 m<sup>3</sup> su, 0,18 kW elektrik ve 0,01725 kg dizel harcanmaktadır (URL-20). Alüminyum profiller kesilmeden önce alana taşınmış olup, bunun için standart taşıma uzaklıkları kullanılmıştır (Bölüm 3.2.2.f, Taşıma uzaklıkları). Profilleri şekillendirmek için kullanılan ekipman tam olarak bilinmediğinden KD350P modeli bir alüminyum kesme testeresinin kullanıldığı kabul edilmiştir. Söz konusu ekipman elektrikle çalışmakta olup, 2,2 kW gücündedir (<https://www.yavuzaluminium.com/urun-detay/kd-350-p-dereceli-kesme-makinesi-pnomatik/>). Bu proseste üretilen her kg ürün için demir doğrama atölyesinde 0,075 saat çalışma yapılması gereklidir (URL-20) ve bunun sonucu olarak 1 kg üretilen

kapı

ve pencere başına 0,165kW elektrik tüketimi söz konusudur.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.12) kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: RER: Steel UO pipe (version released in 2011) worldsteel, EU: Steel hot rolled coil worldsteel, EU-28: Diesel mix at refinery ts, EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Electricity grid mix ts, EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload ts.

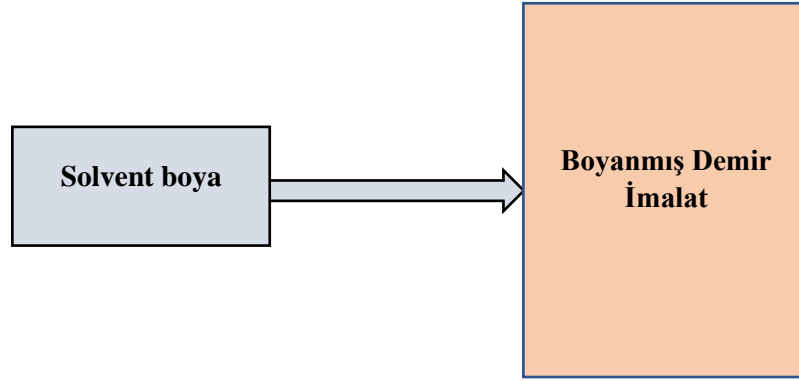


**Şekil 3.12 :** Kare ve dikdörtgen profillerle pencere ve kapı yapılması prosesi akım şeması

*Demir imalatın bir kat antipas, iki kat sentetik boya ile boyanması*

Bu proseste boyanan demir imalatın her 1-m<sup>2</sup>'si için, 0,1 kg pas önleyici, 2 zımpara kağıdı (A4 büyüklüğünde) ve 0,1 kg sentetik boya kullanılmaktadır. Boyama işlemi için bir ekipman kullanımı söz konusu değildir. (URL-22). Toplam çevresel etkisi oldukça küçük olduğundan zımpara kağıdı hesaplamalara katılmamıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.13) demir imalatın bir kat antipas, iki kat sentetik boya ile boyanması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Solvent paint white (EN15804 A1-A3) ts.



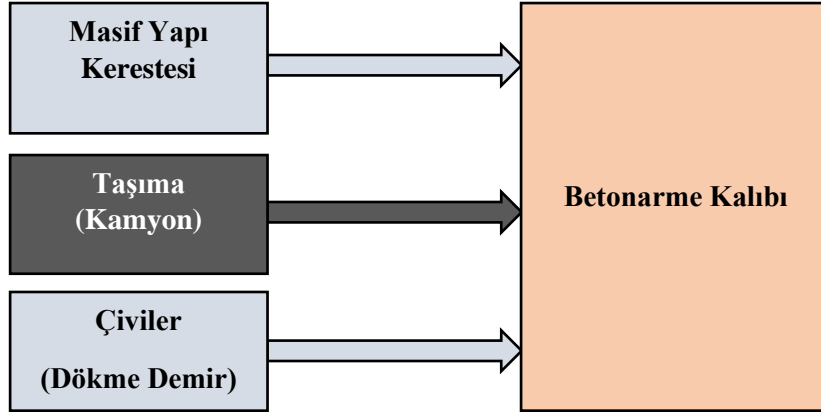
**Şekil 3.13 :** Demir imalatın bir kat antipas, iki kat sentetik boya ile boyanması prosesi akım şeması

### ***Düz yüzeyli rendeli ve lamba zıvanalı beton ve betonarme kalıbı***

Beton duvarlar, tavanlar ve temel için ahşap inşaat kalıbı kullanılması gereklidir. Bu proses için ilk aşama taşımadır. Gerekli kereste inşaat alanına getirildikten sonra istenen boyutlarda kesilmektedir. Bu amaçla, 3kW gücündeki elektrikli bir ahşap kesme makinesi nin kullanıldığı varsayılmıştır. Oluşturulan inşaat kalıbının her m<sup>2</sup>'si için 0,027 m<sup>3</sup> kereste (13,5 kg) (Çam ağacı Sınıf 2) ve 0,2 kg çivi kullanılması (URL-24) ve iki saatlik marangozluk işlemi yapılması gereklidir. Yapılan hesaplamalarda, %15 nem oranına sahip çam ağacının özgül kütleinin 500 kg/m<sup>3</sup> (URL-25) olduğu kabul edilmiş ve bu değer çam ağacının kütleini hesaplamakta kullanılmıştır. Bu proseste, toplam alan 30150 m<sup>2</sup> olup, bunun sonucunda 60300 saatlik marangozluk işi sırasında 814,05 m<sup>3</sup> (407,025 kg) kereste ve 6030 kg çivi kullanılmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.14) düz yüzeyli rendeli ve lamba zıvanalı beton ve betonarme kalıbı işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional

veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: DE: Solid construction timber (softwood) (EN15804 A1-A3) ts, EU-28: Small lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 7.5 t total weight, 3.3 t max payload ts, DE: Cast iron component (EN15804 A1-A3) ts <p-agg>.

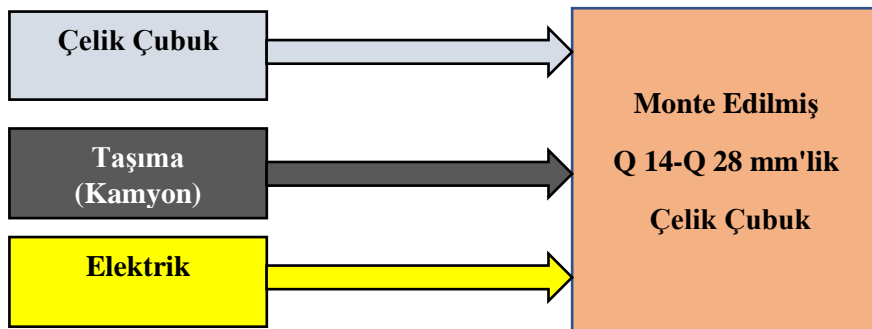


Şekil 3.14 : Düz yüzeyli rendeli ve lamba zıvanalı beton ve betonarme kalıbı

#### ***Q 14-Q 28 mm'lik beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi, yerine konulması***

Bu proseste nervürlü beton çelik çubukları donatılı beton üretimi için kullanılmakta olup, üretilen betonun her 1 tonu için 1070-kg çelik çubuk kullanılmaktadır. Proseste kullanılan ekipman bilinmediğinden, 6kWh enerji tüketimi değerine sahip olan bir kesme ve bükme makinesinin kullanıldığı kabul edilmiştir. İşlenen demirin her tonu için makinenin 2 saat çalışması gereklidir. Toplam işlenen miktar 1670,329 ton olduğu için, makinenin toplamda 30 dakika çalışması, dolayısıyla 1,5 kW enerji tüketilmesi gereklidir (URL-41).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.15) Q 14-Q 28 mm'lik beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi, yerine konulması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU: Steel rebar worldsteel, Transport, truck-trailer (40 t total cap., 24.7t payload) (A4), EU-28: Electricity grid mix (production mix).

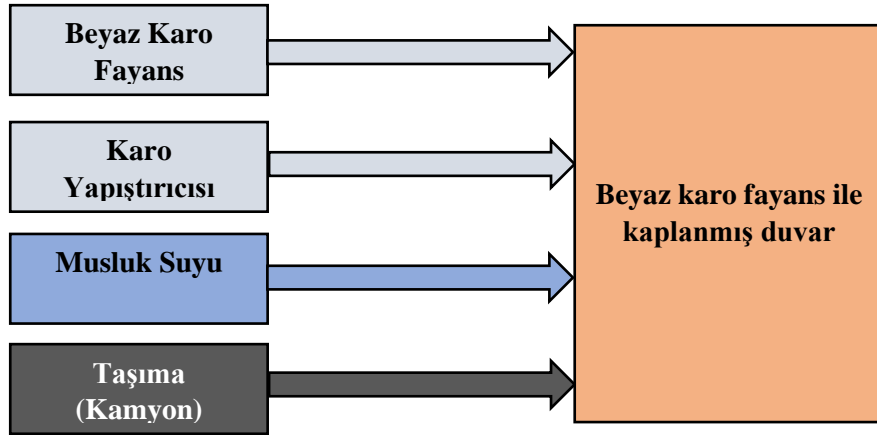


**Şekil 3.15 :** Beton çelik çubuğunun (nervürlü) bükülmesi ve yerine konulması  
prosesi akım şeması

***Beyaz karo fayans ile duvar kaplaması yapılması***

Bu proste, kaplanan her 1 m<sup>2</sup> alan için, 1,05 m<sup>2</sup> karo fayans (150.150.6), 1,7 kg seramik yapıştırıcısı ve 0,01 m<sup>3</sup> su gereklidir (URL-26).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.16) beyaz karo fayans ile duvar kaplaması yapılması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: CN: Stoneware tiles unglazed ts, EU-28: Tile adhesive (EN15804 A1-A3) ts, EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload.



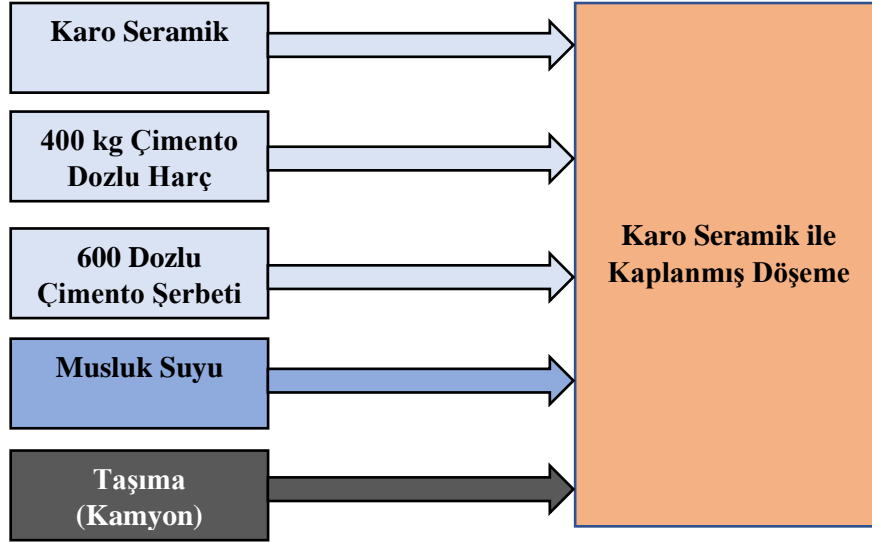
**Şekil 3.16 :** Beyaz karo fayans ile duvar kaplaması yapılması prosesi akım şeması

***150\*150\*12.5 mm lik karo seramik ile döşeme kaplaması yapılması***

Bu proste, karo seramik ile kaplanan yüzeyin her 1 m<sup>2</sup>'si için 44,89 karo kullanılmaktadır. Kullanılan karoların kütlesi 2000 kg/m<sup>3</sup> özgül kütle değerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (URL-42). Karo seramikleri yere döşemek için, 0,015- m<sup>3</sup> 400 kg çimento dozlu harç (URL-29), 0,00015 ton Portland çimentosu, 0,005 m<sup>3</sup> su, 0,004 m<sup>3</sup> 600 dozlu çimento şerbeti (URL-31) kullanılmıştır. Karıştırma ve döşeme işleri manuel olarak yapılmış olup, bu amaçla hiçbir makine kullanılmamıştır (URL-27).



Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.17) 150\*150\*12.5 mm lik karo seramik ile döşeme kaplaması yapılması için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: CN: Stoneware tiles unglazed ts, , EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload ts. Ayrıca, bu çalışma için GaBi programında oluşturulan 400 kg çimento dozlu harç ve 600 dozlu çimento şerbeti prosesleri de kullanılmıştır.

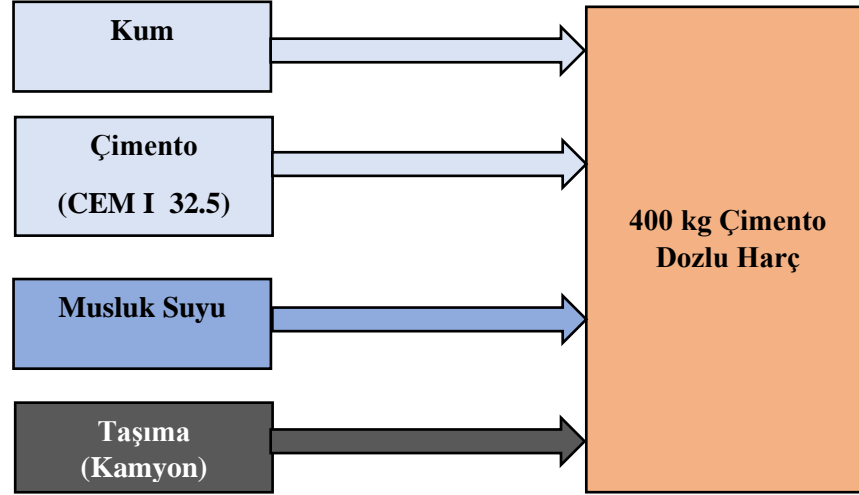


**Şekil 3.17 :** 150\*150\*12,5 mm lik karo seramik ile döşeme kaplaması yapılması

#### **400 kg çimento dozlu harç yapılması (suni taş sıva)**

Bu proste, 400 kg çimento dozlu harcın her 1-m<sup>3</sup>'ü için 1 m<sup>3</sup> kum (tuvenan,elenmiş, yıkanmış), 400 kg Portland çimentosu (CEM I 32.5 n) ve 0,26-m<sup>3</sup> su kullanılmaktadır (URL-29).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.18) 400 kg çimento dozlu harç yapılması (suni taş sıva) işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Sand (grain size 0/2) (EN15804 A1-A3) (dried) ts, EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Cement (CEM I 32.5) (EN15804 A1-A3), EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload.

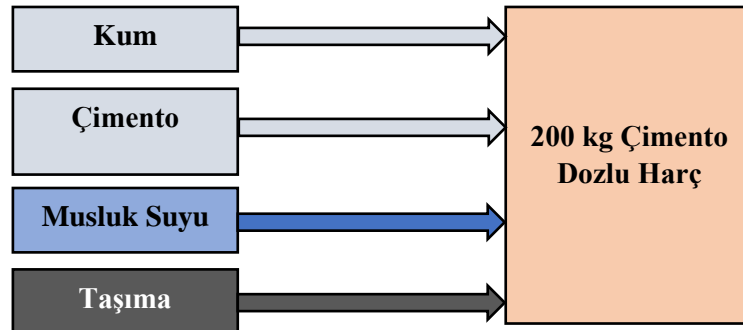


**Şekil 3.18 : 400 kg çimento dozlu harç yapılması (suni taş sıva)**

### ***200 kg çimento dozlu harç yapılması***

Bu proste üretilen 200 kg çimento dozlu harcın her 1-m<sup>3</sup>'ü için, 1-m<sup>3</sup> kum (tuvenan, elenmiş, yıkanmış), 200 kg Portland çimentosu (CEM I 32.5 n) ve 0,2-m<sup>3</sup> su kullanılmaktadır (URL-32).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.19) 200 kg çimento dozlu harç yapılması (suni taş sıva) işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Sand (grain size 0/2) (EN15804 A1-A3) (dried) ts, EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Cement (CEM I 32.5) (EN15804 A1-A3), EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload.

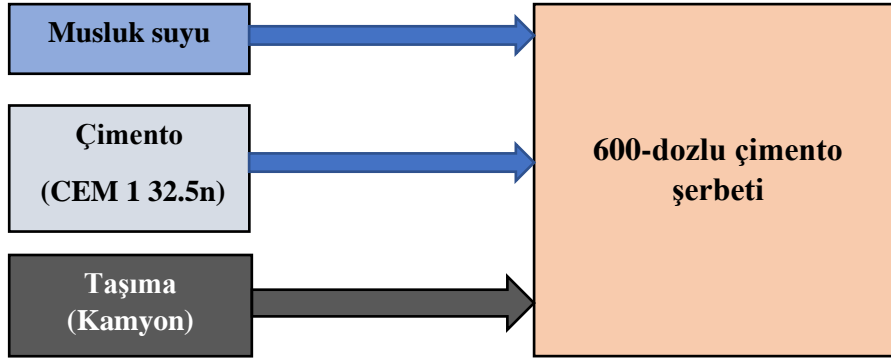


**Şekil 3.19 :200 kg çimento dozlu harç yapılması**

### **600 dozlu çimento şerbeti hazırlanması**

Bu proseste üretilen 600 dozlu çimento şerbetinin her 1-m<sup>3</sup>'ü için, 0,6 ton Portland çimentosu (CEM I 32.5 n) ve 0,1-m<sup>3</sup> su kullanılmaktadır (URL-31).

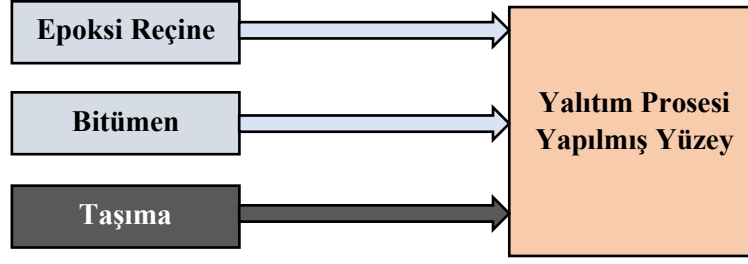
Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.20) 600 dozlu çimento şerbeti hazırlanması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Cement (CEM I 42.5) (EN15804 A1-A3), EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload.



**Şekil 3.20 : 600 dozlu çimento şerbeti hazırlanması**

### **Katran badana yapılması + epoksi sürme yalıtım**

Bu proses çatıların ve yüzeylerin su için izolasyonu amacıyla gerçekleştirilmektedir. Proses kapsamında izolasyonu yapılan her 1 m<sup>2</sup> alan için, sızdırmazlık kaplaması amacıyla 1 litre epoksi ve ardından taşkın kaplaması amacıyla 3 litre epoksi uygulaması yapılmaktadır (URL-37) (Şekil 3.21). Hesaplamalarda epoksinin özgül kütlesi 1250 kg/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir (URL-38). Ayrıca, her 1 m<sup>2</sup> alan için 0,4 kg katran kullanılmaktadır (URL-39). Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.21) katran badana yapılması + epoksi sürme yalıtım işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: RER: Epoxy resin PlasticsEurope, EU-28: Bitumen at refinery, RER: Small lorry (7.5t) incl. fuel ELCD.

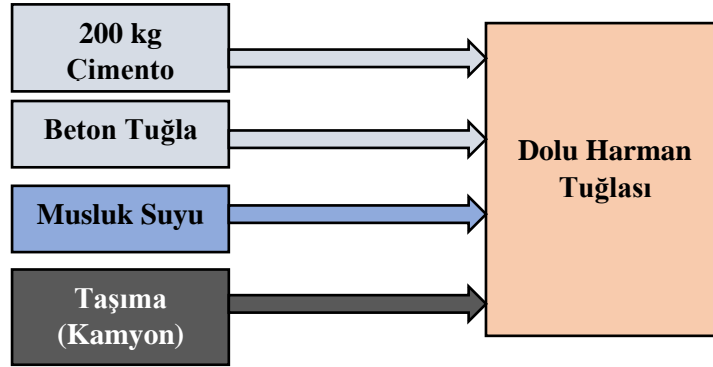


**Şekil 3.21 :** Katran badana yapılması + epoksi sürme yalıtım süreci

***Dolu harman tuğlası (19x9x5cm) ile tuğla duvar yapılması (10.003 harcı ile)***

İnşa edilen duvarın her 1 m<sup>3</sup>'ü için 890 tuğla (19 x 9 x 5 cm boyutlarında, 0.761 m<sup>3</sup> hacminde) kullanılmıştır. Tuğlaların her m<sup>3</sup>'ü için, 0,275 m<sup>3</sup> 200 dozlu çimento ve 0,025 m<sup>3</sup> su kullanılması gereklidir (URL-30).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.22) dolu harman tuğlası (19x9x5cm) ile tuğla duvar yapılması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Concrete bricks (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, RER: Lorry (22t) incl. fuel ELCD.



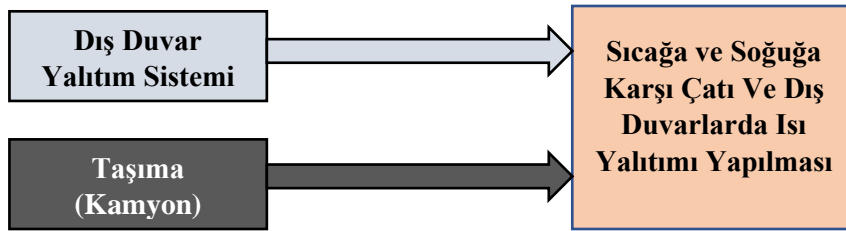
**Şekil 3.22 :** Dolu harman tuğlası (19x9x5cm) ile tuğla duvar yapılması süreci

***Genleştirilmiş perlitli şilte ile sığağa ve soğuşa karşı çatı ve dış duvarlarda ısı yalıtımı yapılması***

Bu proseste, her bir m<sup>2</sup> alan için 1-m<sup>3</sup> (7-cm kalınlığında) genleştirilmiş perlitli şilte kullanımı gereklidir. Yalıtım işi el işçiliği ile yapıldığından prosesin başka bir önemli girdisi mevcut değildir (URL-36).

Bu proses için dış duvarlar için kullanılan ve GaBi Professional veritabanında daha ayrıntılı olarak yer alan bir yalıtım sistemi kullanılmıştır. Veritabanında verilen veriye göre yalıtım maddesinin birim kütlesi  $12,48 \text{ kg/m}^2$  olup, taşıma proseslerinde bu birim kütleyle göre hesaplama yapılmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.23), genişletilmiş perlitli şilte ile sığağa ve soğuga karşı çatı ve dış duvarlarda ısı yalıtımı yapılması prosesi akım şeması sunulmuştur. Gabi Professional veritabanından seçilerek kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: External wall insulation system (synthetic resin plaster) (A1-A3), EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix.



**Şekil 3.23 :** Sığağa ve soğuga karşı çatı ve dış duvarlarda ısı yalıtımı yapılması prosesi

### ***Kireç-çimento karışımı harçla tavan sıvası yapılması***

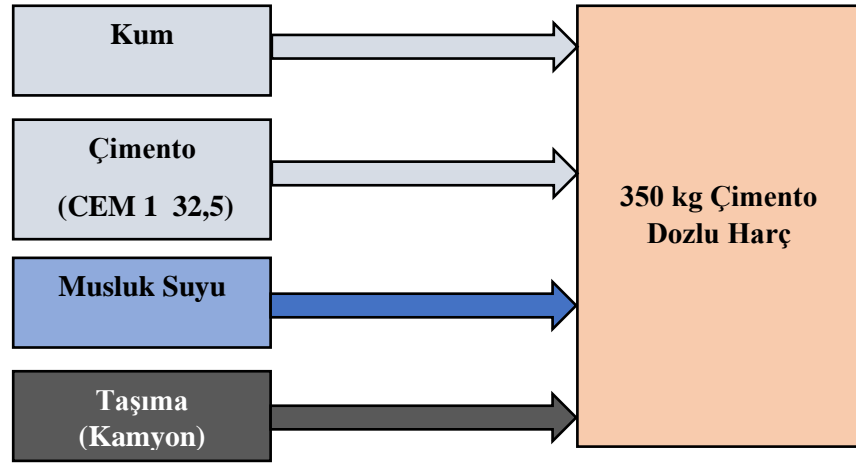
Bu proseste, tavan sıvası yapılan birim alan ( $1 \text{ m}^2$ ) için,  $0,01\text{-m}^3$  350-kg çimento dozlu harç,  $0,100 \text{ m}^3/250 \text{ kg}$  kireç-çimento karışımı ince harç ve  $0,01\text{-m}^3$  su kullanılmaktadır (URL-43).

$1 \text{ m}^3$  350-kg çimento dozlu harç karışımı,  $1 \text{ m}^3$  kum (tuvenan agregadan elenmiş ve yıkanmış), 0,35 ton Portland çimentosu (torbalı) (TS En 197-1 CEM I 32.5n) ve  $0,245 \text{ m}^3$  sudan oluşmaktadır (URL-10).

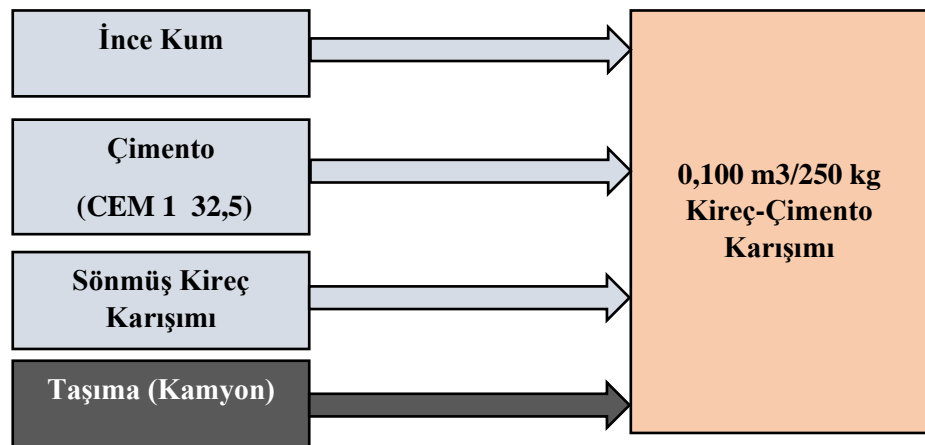
$0,100 \text{ m}^3/250 \text{ kg}$  kireç-çimento karışımı ince harç karışımı oluşturmak için ise  $1 \text{ m}^3$  ince sıva veya derz kumu (hesaplamalarda özgül kütlesi  $2000 \text{ kg/m}^3$  olarak alınmıştır), 0,25 ton Portland çimentosu (torbalı) (TS En 197-1 CEM I 32.5 n),  $0,1 \text{ m}^3$  söndürülmemiş parça kalker kireci ve  $0,2 \text{ m}^3$  su kullanılmaktadır (URL-11).

$0,1 \text{ m}^3$  söndürülmemiş parça kalker kireci oluşturmak için ise 500 kg söndürülmemiş parça kalker kireci ve  $1 \text{ m}^3$  su kullanılmaktadır (URL-11).

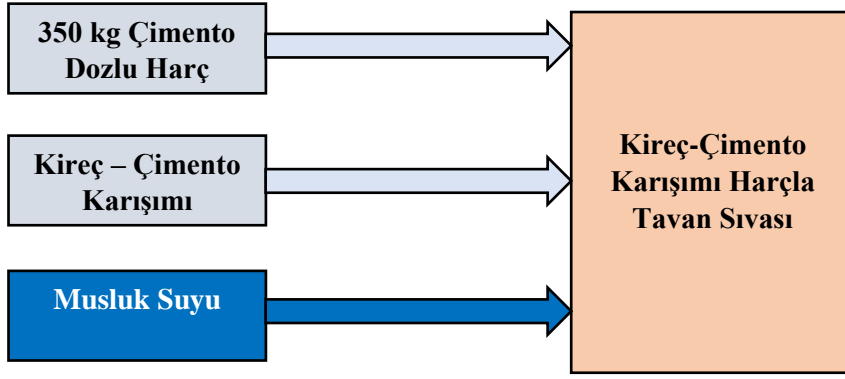
Şekil 3.24, 3.25 ve 3.26'da sırasıyla, 350-kg çimento dozlu harç karışımı yapılması, 0,100 m<sup>3</sup>/250 kg kireç-çimento karışımı yapılması ve kireç-çimento karışımı harçla tavan sıvası yapılması işlemleri için proses akım şemaları verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Sand (grain size 0/2) (EN15804 A1-A3) (dried), EU-28: Cement (CEM I 32.5) (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload, EU-28: Very fine milled silica sand d50 = 20 micrometer IMA-Europe/ELCD, EU-27: Quicklime EuLa.



Şekil 3.24 : 350-kg çimento dozlu harç karışımı yapılması prosesi



Şekil 3.25 : 0,100 m<sup>3</sup>/250 kg kireç-çimento karışımı yapılması prosesi

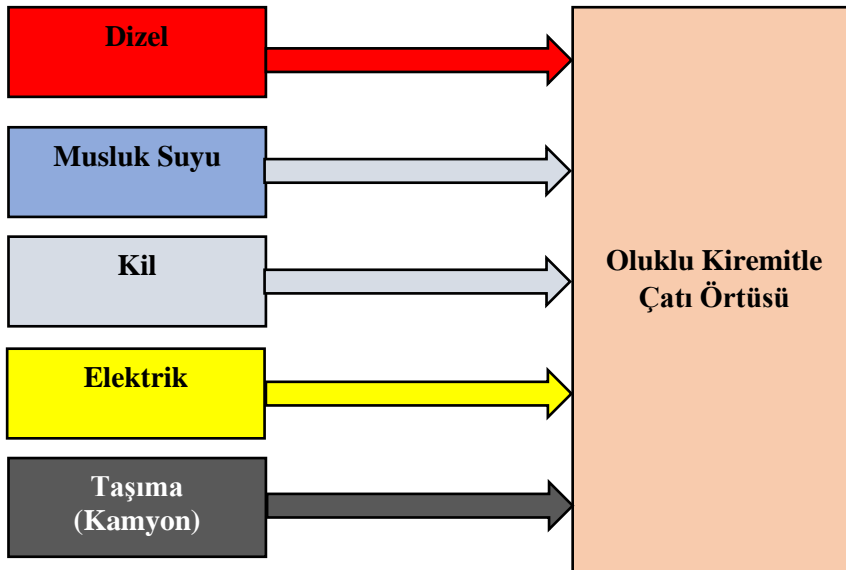


Şekil 3.26 : Kireç-çimento karışımı harçla tavan sıvası yapılması prosesi

### *Oluklu kiremitle çatı örtüsü yapılması*

Bu proste, her birim alandaki ( $m^2$ ) çatı alanının kaplanması için 30 parça oluklu kiremit kullanılmıştır (URL-13). Burada kiremit üretim prosesi için birim kaplama alanı için malzeme ve enerji girdileri Kurupparachchi vd.'nin (2014)'nin çalışmasından alınmıştır. Sözkonusu çalışmaya göre, 1  $m^2$  çatı alanını kaplayacak kiremit üretimi için 0,383 L dizel, 40,674 kWh elektrik, 6,87 L su ve 109 kg kil harcanmaktadır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.27) oluklu kiremitle çatı örtüsü yapılması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Diesel mix at refinery, EU-28: Expanded clay (EN15804 A1-A3), EU-28: Electricity grid mix 1kV-60kV, EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload.

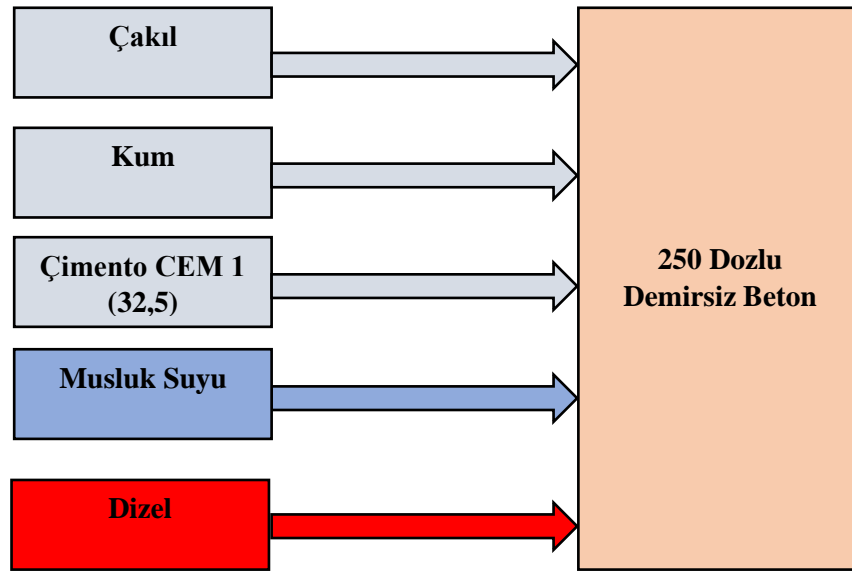


Şekil 3.27 : Oluklu kiremitle çatı örtüsü yapılması prosesi

### **250 dozlu demirsiz beton hazırlanması**

Bu proste, 1-m<sup>3</sup> 250 dozlu demirsiz beton hazırlanması için, 0,5 m<sup>3</sup> kum, 0,72 m<sup>3</sup> çakıl , 0,25 ton Portland çimentosu (CEMI 32,5 n), 0,51 m<sup>3</sup> su kullanılmakta ve betonu hazırlamak için 0,25 saat betoniyer ve 0,15 saat vibratör çalıştırılmaktadır (URL-14). Betoniyerin çalışması sırasında saatte 1,14 kg motorin (URL-15), vibratörün çalışması sırasında ise saatte 0,255 kg motorin harcanmaktadır (URL-16). GaBi programına veri girişi amacıyla yapılan hesaplamalarda kumun özgül kütlesi 1600 kg/m<sup>3</sup>, çakılın özgül kütlesi ise 1350 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Dolayısıyla gerekli kum ve çakıl miktarları sırasıyla 800 kg ve 972 kg olarak hesaplanmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.28) 250 dozlu demirsiz beton hazırlanması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Cement (CEM I 42.5) (EN15804 A1-A3).



**Şekil 3.28 : 250 dozlu demirsiz beton hazırlanması prosesi**

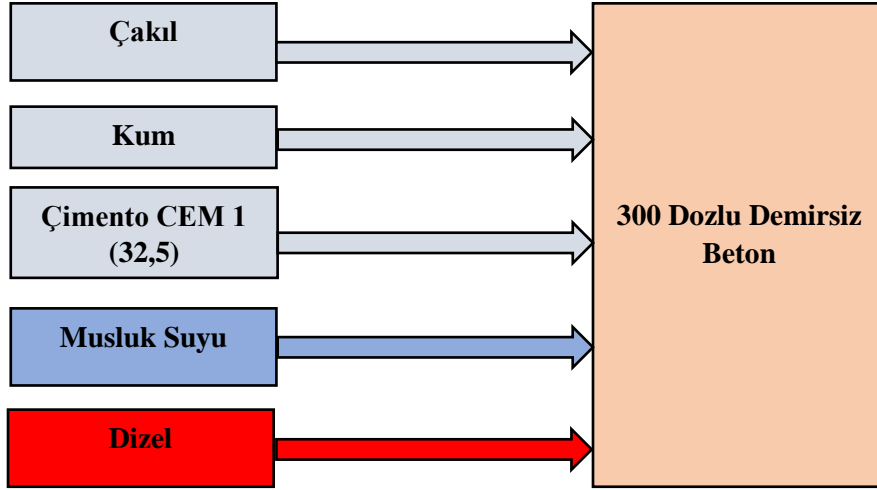
### **300 dozlu demirsiz beton hazırlanması**

Bu proste, 1-m<sup>3</sup> 250 dozlu demirsiz beton hazırlanması için, 0,5 m<sup>3</sup> kum, 0,3 ton Portland çimentosu (CEMI 32,5 n), 0,515 m<sup>3</sup> su kullanılmakta ve betonu hazırlamak için 0,25 saat betoniyer ve 0,15 saat vibratör çalıştırılmaktadır (URL-14). Betoniyerin çalışması sırasında saatte 1,14 kg motorin (URL-15), vibratörün çalışması sırasında ise saatte 0,255 kg motorin harcanmaktadır (URL-16). GaBi programına veri girişi amacıyla yapılan hesaplamalarda kumun özgül kütlesi 1600



kg/m<sup>3</sup>, çakılın özgül kütlesi ise 1350 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Dolayısıyla gerekli kum ve çakıl miktarları sırasıyla 800 kg ve 945 kg olarak hesaplanmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.29) 300 dozlu demirsiz beton hazırlanması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Tap water from groundwater ts, EU-28: Cement (CEM I 32.5) (EN15804 A1-A3).

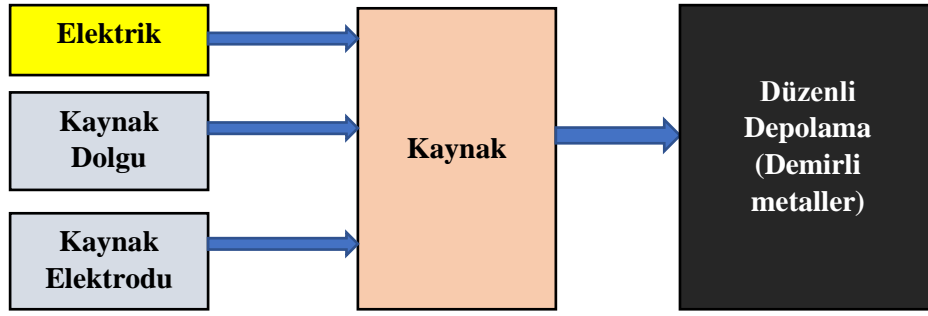


Şekil 3.29 : 300 dozlu demirsiz beton hazırlanması prosesi

### ***Kaynak İşlemi***

Kaynak yapılması prosesinde kaynak hızının 20 cm/dk olduğu, 1 m kaynak işlemi için ortalama 4.6 kWh elektrik enerjisi harcandığı, 1380 g kaynak dolgu malzemesi ve 383 g kaynak elektrodu tüketildiği, 10 g cürufun ve 152 g kaynak elektrodu artığının atık olarak çıktığı kabul edilmiştir (Chang vd., 2015).

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.30) kaynak işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Electricity grid mix (production mix), EU: Steel wire rod worldsteel, EU-28: Copper Wire Mix (Europe 2015) DKI/ECI, EU-28: Ferro metals on landfill.



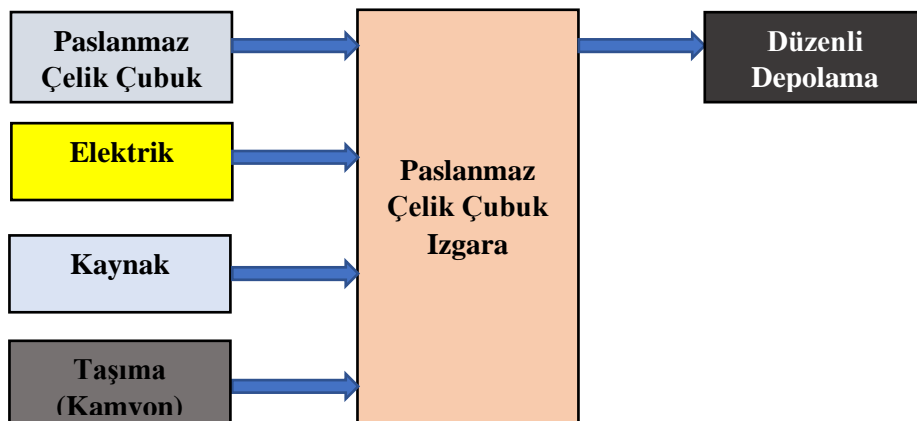
Şekil 3.30 : Kaynak işlemi akım şeması

### *Paslanmaz Çelikten Çubuk Izgara Yapılması*

Bu proste, 1 kg paslanmaz çelikten çubuk yapılması için, 1,11 kg paslanmaz çelik kullanılmakta ve demirin işlenerek yapılması için 0,16 saat sıcak demirci ustasının çalışması, 0,2 saat kaynak yapılması ve 0,1 saat tornacı ustasının çalışması gereklidir (URL-44).

Birim paslanmaz çelik çubuk üretimi için 0,2 saat kaynak yapılacağına göre 1 kg paslanmaz çubuktan çelik için 2,4 m kaynak yapılması gerektiği hesaplanmıştır. Kaynak işleminden çıkan atıkların nereye gönderildiği ile ilgili bilgi mevcut olmadığından düzenli depolama sahasına gönderildiği kabul edilmiştir. Tornacı ustasının yaptığı kesme işlemi sırasında kullanılan ekipman bilinmediğinden, saatte 2,2 kW elektrik tüketim değerine sahip KD350P modeli elektrikli kesme makinesinin kullanıldığı kabul edilmiştir (URL-45). Sıcak demirci ustasının çalışması, GaBi Professional veri tabanında yer alan çelik çubuk üretimi prosesi (EU: Steel rebar worldsteel) içerisinde yer aldığından ayrıca saat hesabı üzerinden bir hesap yapılmamıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.31) 1 kg paslanmaz çelikten çubuk yapılması işlemi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU: Steel rebar worldsteel, EU-28: Electricity grid mix (production mix), EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload, EU-28: Ferro metals on landfill.

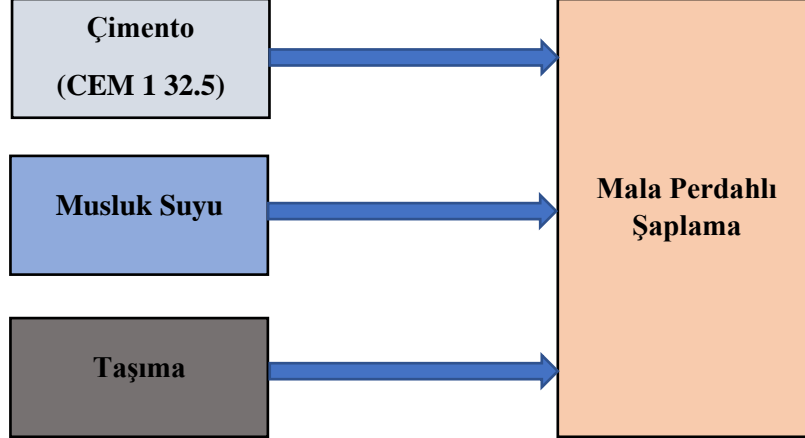


**Şekil 3.31 : Paslanmaz çelikten çubuk ızgara yapılması prosesi**

### ***Mala Perdahlı Şap Yapılması***

1 m<sup>2</sup> mala perdahlı şap yapılması için, 0,0025 ton Portland çimentosu (TS EN 197-1 CEM I 32.5 n) ve 0,01 m<sup>3</sup> su kullanılmıştır (URL-46). Karıştırma ve mala ile düzeltme işi manuel olarak yapılmış olup, bu amaçla hiçbir makine kullanılmamıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.32) mala perdahlı şap yapılması için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Cement (CEM I 32.5) (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 22 t total weight, 17.3t max payload.



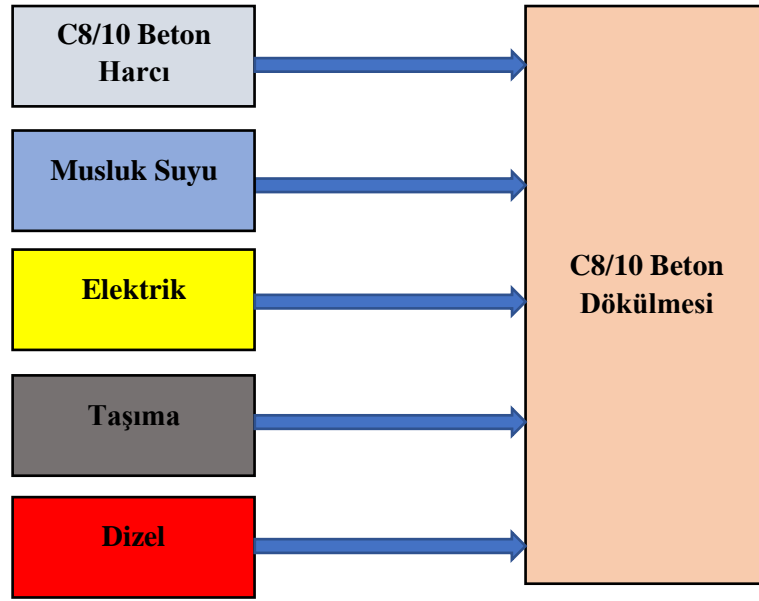
**Şekil 3.32 : Mala perdahlı şap yapılması prosesi**

### ***C8/10 Sınıfı Beton Dökülmesi***

1-m<sup>3</sup> C8/10 beton hazırlanması ve dökülmesi için, 1 m<sup>3</sup> C8/10 beton harcı ve 0,4 m<sup>3</sup> su kullanılmakta, betonu hazırlamak için 0,01 saat beton pompası (URL-47) ve 0,01 saat vibratör çalıştırılmaktadır. Tam olarak projede kullanılan ekipman markaları bilinmediğinden, bu alanda kullanılan iki örnek ekipman seçilip, beton pompasının çalışması sırasında saatte 12 L benzin (URL-48) ve vibratörün çalışması sırasında 4

kWh elektrik (URL-49) harcandığı kabul edilmiştir. Taşıma uzaklıkları hesaplanırken betonun özgül kütlesi  $2400 \text{ kg/m}^3$  olarak alınmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.33) C8/10 sınıfı beton hazırlanması ve dökülmesi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Concrete C8/10 (Ready-mix concrete) (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Electricity grid mix (production mix), EU-28: Transport, van (up to 7,5 t total cap., 3.3t payload) (A4).



Şekil 3.33 : C8/10 Sınıfı Beton Dökülmesi

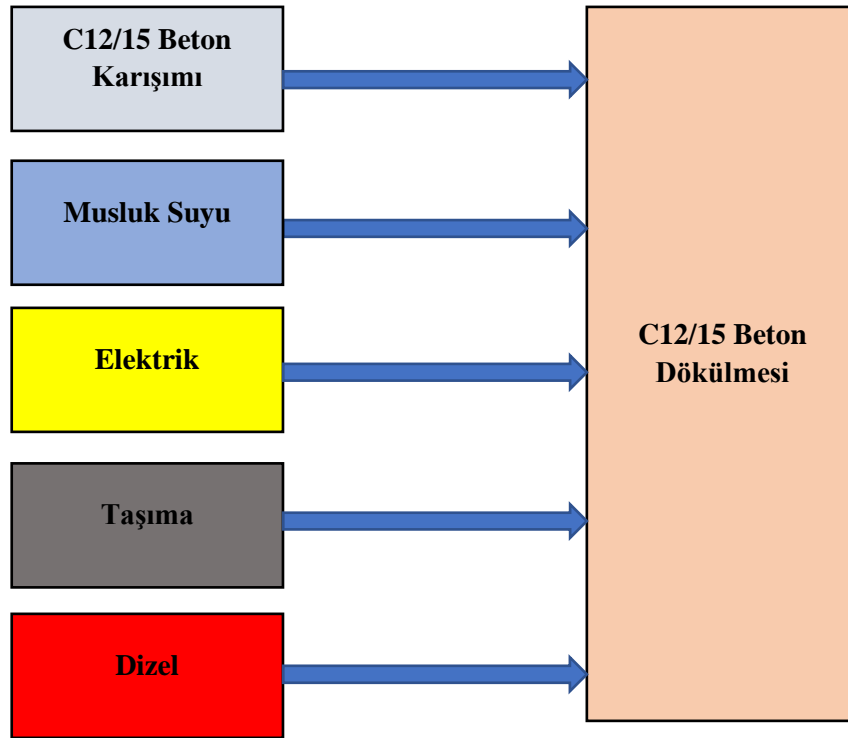
### ***C12/15 Sınıfı Beton Dökülmesi***

$1\text{-m}^3$  C12/15 beton hazırlanması ve dökülmesi için,  $1 \text{ m}^3$  C12/15 beton harcı ve  $0,4 \text{ m}^3$  su kullanılmakta, betonu hazırlamak için 0,01 saat beton pompası (URL-50) ve 0,01 saat vibratör çalıştırılmaktadır. Tam olarak projede kullanılan ekipman markaları bilinmediğinden, bu alanda kullanılan iki örnek ekipman seçilip, beton pompasının çalışması sırasında saatte 12 L dizel (URL-48) ve vibratörün çalışması sırasında 4 kWh elektrik (URL-49) harcandığı kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda, dizelin özgül kütlesi  $850,8 \text{ kg/m}^3$  olarak kabul edilmiştir. Taşıma uzaklıkları hesaplanırken betonun özgül kütlesi  $2400 \text{ kg/m}^3$  olarak alınmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.34) C12/15 sınıfı beton hazırlanması ve dökülmesi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler

şunlardır: EU-28: Concrete C12/15 (Ready-mix concrete) (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Electricity grid mix (production mix), EU-28: Transport, van (up to 7,5 t total cap., 3.3t payload) (A4), EU-28: Diesel mix at refinery.

GaBi Professional veri tabanında C16/20 sınıfı hazır beton karışımı verisi olmadığından, bu tip karışımın kullanıldığı yerlerde C12/15 beton karışımı kullanılmıştır.

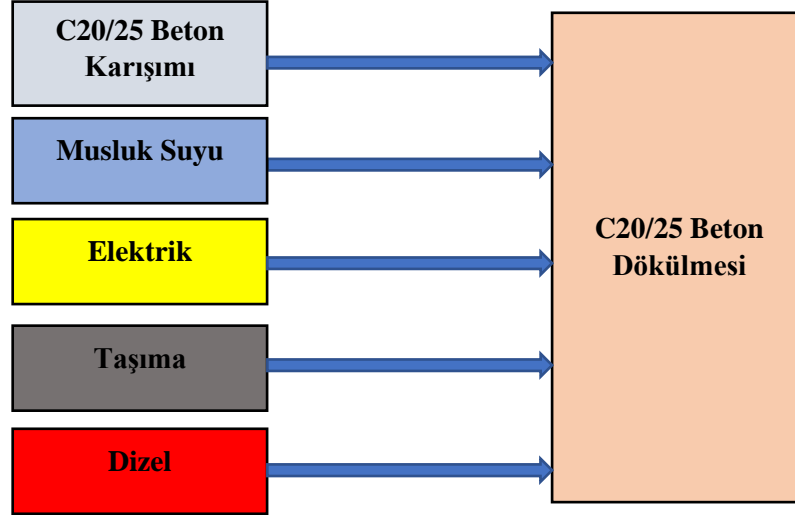


Şekil 3.34 : C12/15 Sınıfı Beton Dökülmesi

### ***C20/25 Sınıfı Beton Dökülmesi***

1-m<sup>3</sup> C20/25 beton hazırlanması ve dökülmesi için, 1 m<sup>3</sup> C20/25 beton harcı ve 0,4 m<sup>3</sup> su kullanılmakta, betonu hazırlamak için 0,01 saat beton pompası (URL-51 ) ve 0,01 saat vibratör çalıştırılmaktadır. Tam olarak projede kullanılan ekipman markaları bilinmediğinden, bu alanda kullanılan iki örnek ekipman seçilip, beton pompasının çalışması sırasında saatte 12 L dizel (URL-48) ve vibratörün çalışması sırasında 4 kWh elektrik (URL-49) harcandığı kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda, dizelin özgül kütlesi 850,8 kg/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir. Taşıma uzaklıkları hesaplanırken betonun özgül kütlesi 2400 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.35) C20/25 sınıfı beton hazırlanması ve dökülmesi için

proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Concrete C20/25 (Ready-mix concrete) (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Electricity grid mix (production mix), EU-28: Transport, van (up to 7,5 t total cap., 3.3t payload) (A4), EU-28: Diesel mix at refinery.

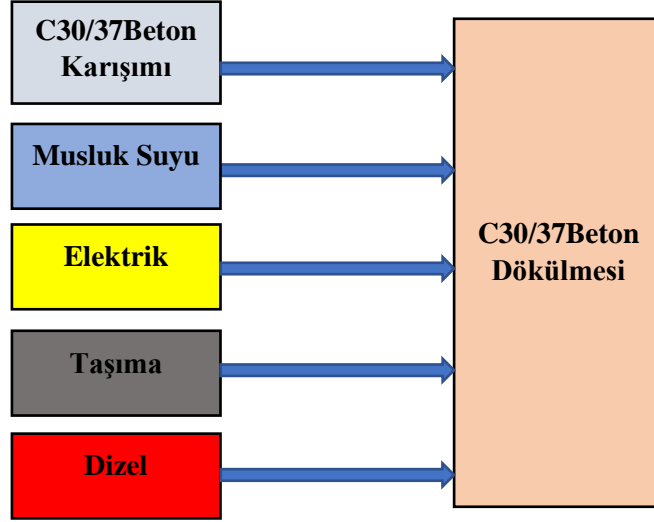


Şekil 3.35: C20/25 Sınıfı Beton Dökülmesi

### ***C30/37 Sınıfı Beton Dökülmesi***

1-m<sup>3</sup> C30/37 beton hazırlanması ve dökülmesi için, 1 m<sup>3</sup> C30/37 beton harcı ve 0,4 m<sup>3</sup> su kullanılmakta, betonu hazırlamak için 0,01 saat beton pompası (URL-51 ) ve 0,01 saat vibratör çalıştırılmaktadır. Tam olarak projede kullanılan ekipman markaları bilinmediğinden, bu alanda kullanılan iki örnek ekipman seçilip, beton pompasının çalışması sırasında saatte 12 L dizel (URL-48) ve vibratörün çalışması sırasında 4 kWh elektrik (URL-49) harcandığı kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda, dizelin özgül kütlesi 850,8 kg/m<sup>3</sup> olarak kabul edilmiştir. Taşıma uzaklıkları hesaplanırken betonun özgül kütlesi 2400 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.36) C30/37 sınıfı beton hazırlanması ve dökülmesi için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU-28: Concrete C30/37 (Ready-mix concrete) (EN15804 A1-A3), EU-28: Tap water from groundwater, EU-28: Electricity grid mix (production mix), EU-28: Transport, van (up to 7,5 t total cap., 3.3t payload) (A4), EU-28: Diesel mix at refinery.

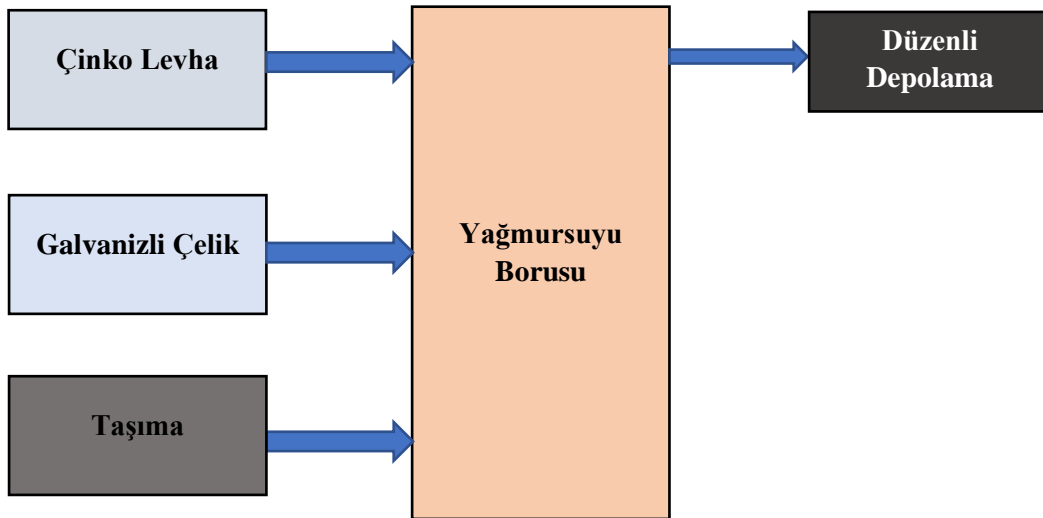


**Şekil 3.36 : C30/37 Sınıfı Beton Dökülmesi**

### ***12 no'lu Çinko Levhadan 150 mm Çapında Düşey Yağmur Borusu Yapılması ve Yerine Tespiti***

Bu proses için, 2,229 kg çinko levha, 0,05 kg lehim ve 0,3 kg galvanizli kelepçe gerekmekte ve 0,139 kg çinko levha parçası atık olarak çıkmaktadır (URL-52). Atık olarak çıkan çinkonun levha parçalarının nasıl bertaraf edildiği ile ilgili bilgi mevcut olmadığından düzenli depolama alanına gönderildiği kabul edilmiştir.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.37) düşey yağmur boru yapılması ve yerine tespiti için proses akım şeması verilmiştir. Gabi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: EU: Steel electrogalvanized steel worldsteel, GLO: Special high grade zinc IZA, EU-28: Small lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 7.5 t total weight, 3.3 t max payload, EU-28: Ferro metals on landfill.

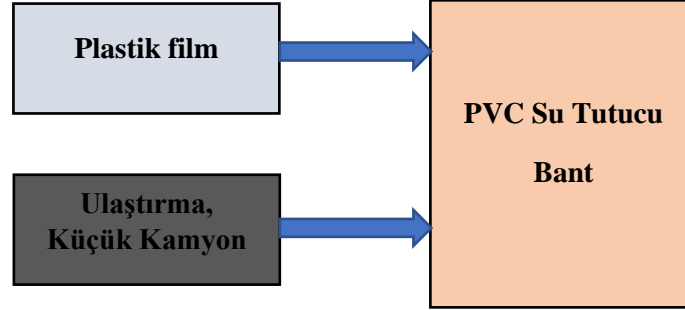


**Şekil 3.37 : Düşey yağmur borusu yapılması ve yerine tespiti prosesi akım şeması**

### **A(20/5) PVC Su Tutucu Bant**

A(20/5) tipi su tutucu bandın genişliği 20 cm, kalınlığı ise 5 mm (URL-53), özgül kütlesi ise 700 kg/m<sup>3</sup>'tür (URL-54). Su tutucu bant ufak tel parçaları ile kalıba el ile bağlanarak uygulanmaktadır. Ufak metal parçalarının miktarı ve dolayısıyla toplam etkiye katkısı az olduğundan prosese katılmamıştır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.38) A(20/5) PVC su tutucu bandın üretimi ve montajı için proses akım şeması verilmiştir. GaBi Professional veritabanından kullanılan prosesler şunlardır: GLO: Plastic Film (PE, PP, PVC), EU-28: Small lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix, 7.5 t total weight, 3.3 t max payload.



**Şekil 3.38** : A(20/5) PVC su tutucu bant üretim ve montaj prosesi akım şeması

### **3.2.3 Etkilerin Değerlendirilmesi**

Bu kısımda YDA'nın Etki Değerlendirme aşamasında seçilen yöntem ve belirlenen etki kategorileri verilmiştir.

#### **3.2.3.a Etki Değerlendirme**

Toplanan envanter verileri ve GaBi Professional Veritabanındaki proseslerin çevresel etki kategorilerine dönüştürülmesi için CML 2001 metodu seçilmiştir.

#### **3.2.3.b Çevresel Etki Kategorilerinin Seçilmesi**

Çalışmada ele alınacak çevresel etki kategorileri Abiyotik Tüketim Potansiyeli (elementler) (ADP), Asidifikasyon Potansiyeli (AP), Ötrofikasyon Potansiyeli (EP), Tatlı Su Ekotoksosite Potansiyeli (FAETP), Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), İnsan Toksikitesi Potansiyeli (HTP), Deniz Ekotoksosite Potansiyeli (MAETP) ve Karasal Ekotoksosite Potansiyeli (TETP) olarak belirlenmiştir.



## 4. YDA SONUÇLARI VE YORUMLAMA

Envanterin her bir bölümünden elde edilen çıktılar, çevreye etkilerine göre burada kategorize edilmiştir. Projenin her aşamasının çevresel etkileri genelden özele gidilerek sunulmuştur.

### 4.1 Tüm Projenin Çevresel Etkileri

Çizelge 4.1’de tüm projenin çevresel etkilerinin toplam değerleri verilmiştir. Verilen sonuçlar çalışmanın fonksiyonel birimi olan yerleşim yerlerine 35 yıl boyunca ulaştırılan 1 m<sup>3</sup> su içindir.

**Çizelge 4.1:** Farklı etki kategorileri için YDA sonuçları

Çevresel Etki Kategorisi	Birim	Miktar
Abiyotik Element Tükenme Potansiyeli (ADP)	kg Sb-Eq	1,64E-07
Asidifikasyon Potansiyeli (AP)	kg SO <sub>2</sub> -Eq	1,25E-05
Ötrofikasyon Potansiyeli (EP)	kg PO <sub>4</sub> -Eq	1,94E-06
Tatlı Su Ekotoksitesitesi Potansiyeli (FAETP)	kg DCB-Eq	1,04E-04
Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)	kg CO <sub>2</sub> -Eq	4,89E-03
İnsan Toksikitesitesi Potansiyeli (HTP)	kg DCB-Eq	4,48E-03
Deniz Toksikitesitesi Potansiyeli (MAETP)	kg DCB-Eq	5,84E-01
Karasal Ekotoksitesite Potansiyeli (TETP)	kg DCB-Eq	1,52E-04

Literatürde yer alan çalışmalar genellikle çeşitli boru hatları malzemelerini ele alan ya da su arıtma sistemlerinde odaklanan çalışmalar olduğundan bu çalışmanın genel sonuçları literatür verileri karşılaştırılamamıştır. Ancak, Bölüm 4.3.1’de bu çalışmanın boru hatları bileşeni literatürdeki çalışmalarla karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.

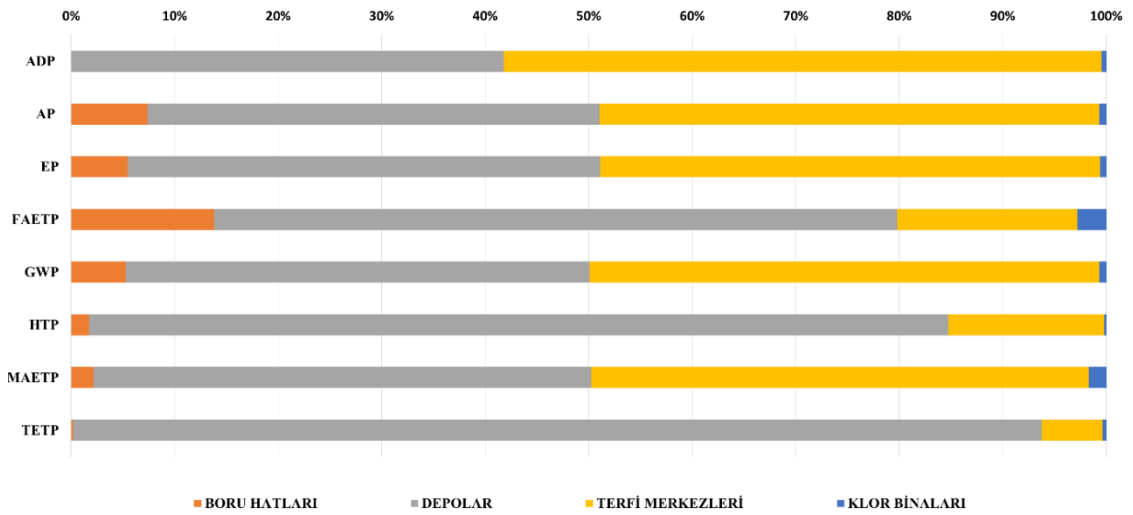
### 4.2 İnşaat Aşamasındaki Çevresel Etkilerin Proje Birimleri Bazında İncelenmesi

Projenin dört temel bileşeni için, aşağıdaki şekilde (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1) çevresel etkiler sunulmuştur. Görüldüğü gibi, tüm etki kategorilerinde proje bileşenlerinin katkıları açısından terfi merkezleri en yüksek katkıya sahiptir. İkinci en

yüksek katkı depolara aittir. Depoları boru hatları ve klor binaları izlemektedir. Bu durumun nedeni terfi merkezleri ve depoların büyük yapılar olması, adetlerinin birden fazla olması ve bu nedenle yüksek miktarda inşaat malzemesi, inşaat faaliyeti ve taşıma gerektirmeleridir.

**Çizelge 4.2 : Çevresel etkilerin proje bileşenlerine göre incelenmesi**

Çevresel etkiler	Birim	Toplam	Boru Hatları	Terfi Merkezleri	Depolar	Klorlama Binaları
ADP	kg Sb-Eq	1,64E-07	1,91E-11	9,45E-08	6,84E-08	7,65E-10
AP	kg SO <sub>2</sub> -Eq	1,25E-05	9,18E-07	6,03E-06	5,46E-06	8,44E-08
EP	kg PO <sub>4</sub> -Eq	1,94E-06	1,06E-07	9,35E-07	8,83E-07	1,16E-08
FAETP	kg DCB-Eq	1,04E-04	1,44E-05	1,81E-05	6,88E-05	2,92E-06
GWP	kg CO <sub>2</sub> -Eq	4,89E-03	2,58E-04	2,41E-03	2,19E-03	3,20E-05
HTP	kg DCB-Eq	4,48E-03	7,72E-05	6,73E-04	3,72E-03	9,29E-06
MAETP	kg R11-Eq	5,84E-01	1,26E-02	2,81E-01	2,81E-01	9,86E-03
TETP	kg DCB-Eq	1,52E-04	3,04E-07	8,87E-06	1,42E-04	5,56E-07



**Şekil 4.1 : İnşaat aşaması bileşenlerinin çevresel etkileri**

Boru hatlarından elde edilen çevresel etki sonuçları çeşitli YDA çalışmalarında su temin sistemleri ya da kanalizasyon sistemlerinde aynı malzemedeki (PE100) boru hattı inşaatını inceleyen çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken tüm çalışmalarda bütün etki kategorileri ele alınmadığından her çalışmada hepsi için karşılaştırma yapılamamıştır. Literatür çalışmalarında fonksiyonel birimin farklı olması (genellikle birim boru uzunluğu) durumunda, projede yer alan literatürdeki çap değerine en yakın boru planı 1 m boru boyu için GaBi programı çalıştırılarak hesaplanmış ve bu çalışmanın sonuçları tabloda 1 m boru boyu için verilmiştir. Başka bir deyişle hem bu çalışma hem de literatür çalışması sonuçları ortak bir birim – 1 m boru boyu – için verilerek karşılaştırma yapılması mümkün olabilmektedir (Çizelge 4.3).

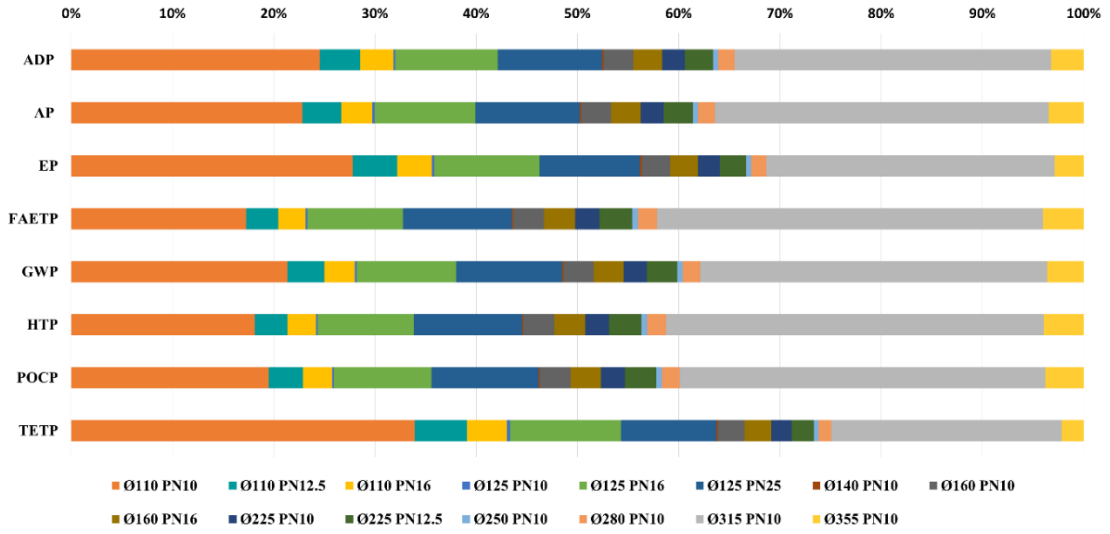
Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi, bu çalışmada 225 m çaplı boru hatları için elde edilen GWP, AP ve EP sonuçları literatürdeki 200mm çaplı boruları içeren çalışmalarla oldukça uyumludur. Aradaki farklılıklar ise hem çalışmalardaki inşaat yöntemlerinden, kullanılan inşaat ekipmanlarından, taşıma mesafelerinden hem de YDA yönteminin farklılığından kaynaklanmaktadır.

**Çizelge 4.3:** Farklı etki kategorileri için gösterilen YDA sonuçları

Kaynak	YDED Yöntemi	Ø (mm) ve Basınç Sınıfı	GWP (kg CO <sub>2</sub> -Eq)	AP (kg SO <sub>2</sub> -Eq)	EP (kg PO <sub>4</sub> -Eq)
Bu çalışma	CML2001	225, PN10	2,63E+01	9,24E-02	1,01E-02
Sanjuan-delmás vd., (2013)	CML 2 baseline 2000	200 , PN10	3,70E+01	1,77E-01	4,26E-02
Hajibabaei vd., (2018)	CML 2 baseline 2000	200 , PN10	3,81E+01	1,68E-01	3,22E-02
Vahidi vd., (2016)	TRACI	200 , PN10	1,65E+02	1,43E+00	2,10E-02

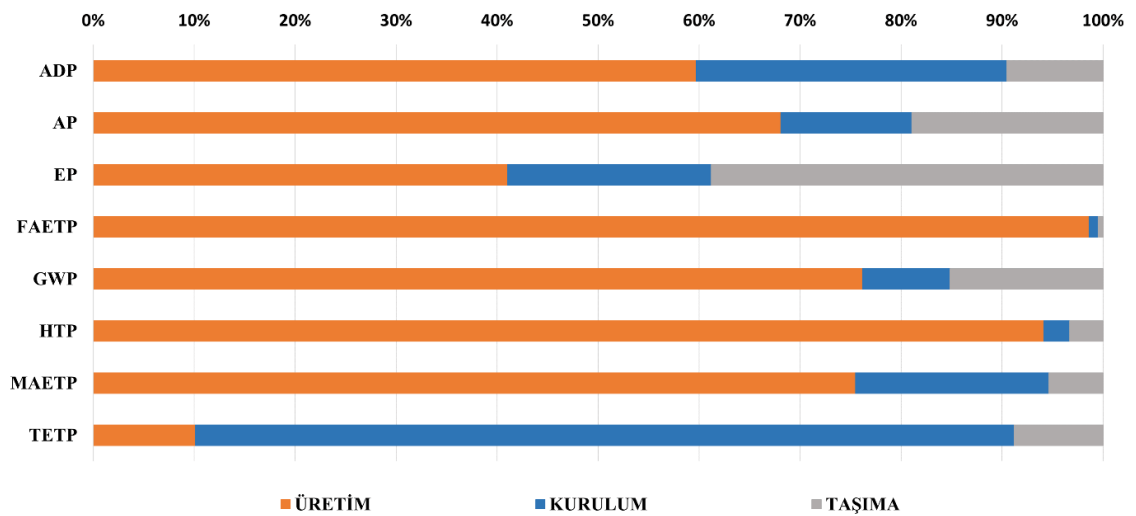
#### 4.2.1 Boru Hatları

Şekil 4.2, projede inşa edilen tüm boru hatlarının çevresel etkilerini göstermektedir. Şekilden de görülebileceği gibi, Ø315 PN10 and Ø110 PN10 en yüksek çevresel etkiye sahip boru hatlarıdır. Ø315 PN10 inşa edilen en yüksek çaplı boru hattı olup, Ø110 PN10 ise düşük çap değerine rağmen çok yüksek uzunluk değerine sahiptir (Çizelge 3.1). Yakın uzunluk değerine sahip boru hatlarından (Ø315 PN10 ve Ø125 PN10), çapları büyük olanlar daha fazla çevresel etkiye sahiptir. Ø140 PN10 inşa edilen en kısa boru hattı olması nedeniyle tüm boru hatları içerisinde çevresel etkileri en az olan boru hattıdır.



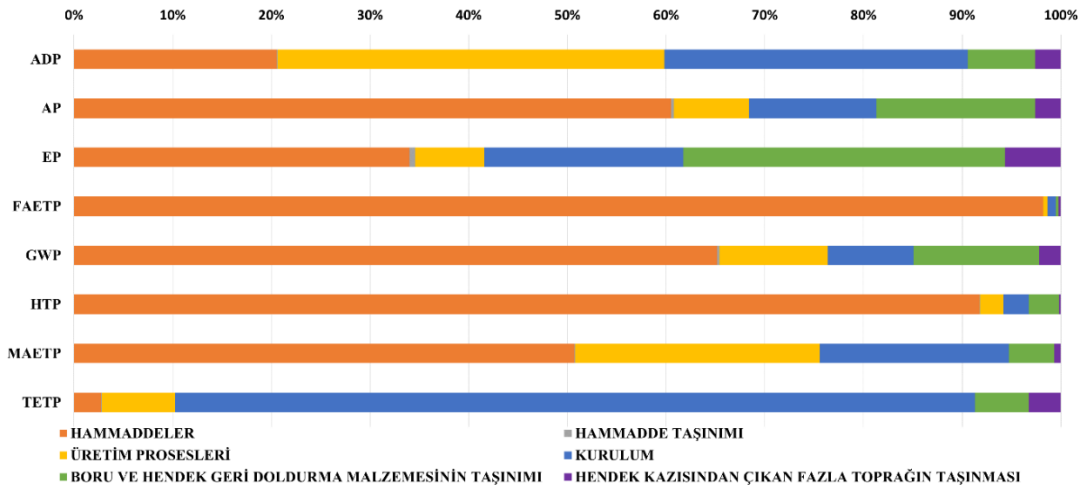
Şekil 4.2 : Boru hatlarının çevresel etkileri

Şekil 4.3'te boru hatlarının çevresel etkileri boru üretimi (boru hammaddeleri ve boru üretim prosesleri), kurulumu (boru kesimi, hendek kazısı, hendek geri doldurma, toprak sıkıştırma) ve taşınması (hammadde taşınımı, boruların inşaat sahasına taşınımı ve hendek kazısından artan toprağın düzenli depolama alanına taşınımı) aşamaları bazında değerlendirilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi, TETP dışındaki tüm çevresel etki kategorilerinde boru üretimi en yüksek katkıya sahiptir. Bunun nedeni kurulum aşamasında hendek geri doldurulması için temin edilen kumdur. EP kategorisinde boru üretimi (~ %41) ile taşıma (~ %38,8) katkıları oranları, taşıma işlemlerinde araçlardan kaynaklanan NO<sub>x</sub> emisyonları nedeniyle birbirine yakındır. Bunun dışındaki tüm çevresel etki kategorilerinde taşıma katkısı en az olan bileşendir.



Şekil 4.3 : Boru hatlarının çevresel etkilerinin temel prosesler bazında incelenmesi

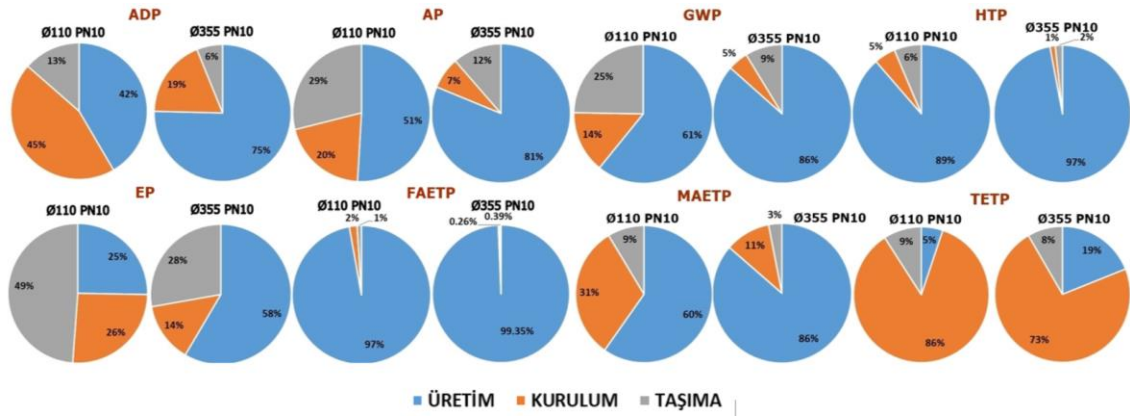
Şekil 4.4'te ise bir önceki şekilde verilen temel aşamalar alt proseslere ayrılarak daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Burada hammaddeler, hammadde taşınımı, üretim prosesleri, kurulum, boru ve hendek geri doldurma malzemesinin taşınması ve hendek kazısından çıkan fazla toprağın taşınması ele alınan alt proseslerdir. Hammaddeler, yüksek yoğunluklu polietilen ve karbon siyahı; üretim prosesleri, endüstriyel yağlar, elektrik enerjisi ve termal enerji; kurulum ise boru kesimi, hendek kazısı, hendek geri doldurma, toprak sıkıştırma proseslerini kapsamaktadır. Şekilde görülebileceği gibi Şekil 4.4'te en yüksek katkıyı yaptığı belirlenen boru üretimindeki bu yüksek etki kullanılan hammaddelerden (yüksek yoğunluklu polietilen ve karbon siyahı) kaynaklanmaktadır. Taşımanın EP'ye olan katkısı özellikle yüksek miktarlarda temin edilen hendek geri doldurma amaçlı kum temininden ileri gelmektedir. Boru hammaddelerinin taşınmasının toplam etkiye katkısı oldukça düşüktür. Hendek kazısından çıkan fazla toprağın taşınması %0,22-5,68 aralığında değişen oranlarda tüm etki kategorilerinde çevresel etkiye neden olmaktadır.



**Şekil 4.4 :** Boru hatlarının çevresel etkilerinin temel prosesler bazında detaylı incelenmesi

Şekil 4.5'te ise boru hatlarının çevresel etkileri boru çapları dikkate alınarak incelenmiştir. Bu amaçla, proje kapsamında inşaatı yapılan en küçük çaplı (Ø110 PN10) ve en büyük çaplı (Ø355 PN10) boru hatları ele alınarak tüm çevresel etki kategorilerindeki etkileri ele alınmıştır. Görüldüğü gibi, TETP hariç olmak üzere tüm etki kategorilerinde üretimin etkisi büyüktür ve daha büyük boru çapı için üretimin ve TETP'de kurulumun etkisi artmaktadır. Bunun nedeni artan boru çapıyla üretim için gereken hammadde ve enerjinin artması; TETP için ise artan hendek genişliği ile

gerekli kazı, geri doldurulacak kum ve gerekli taşıma işlemlerinin artmasıdır.

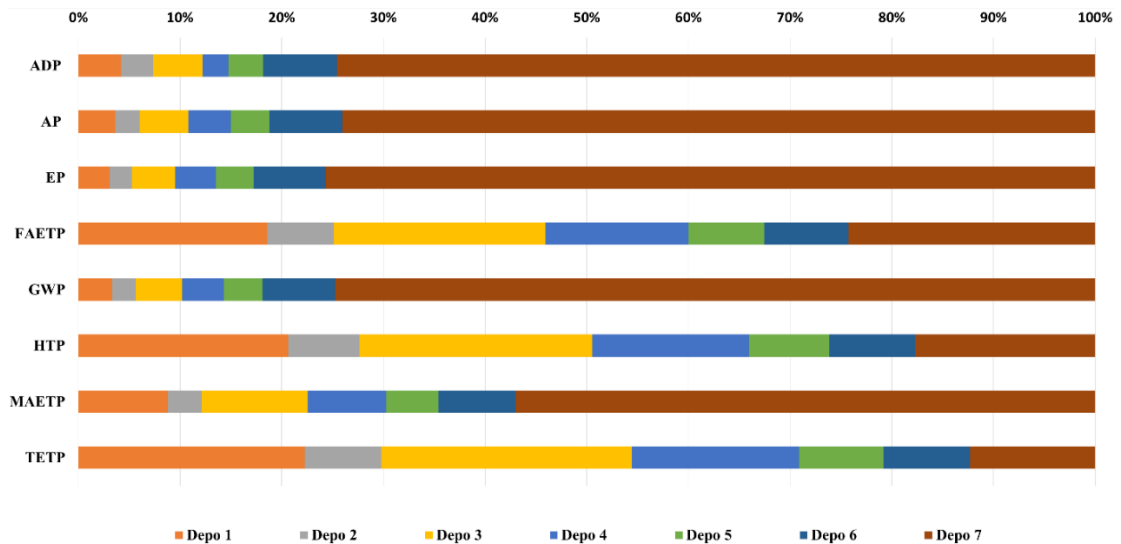


Şekil 4.5 : Boru hatlarının çevresel etkilerinin boru çapı özelinde incelenmesi

Tüm boru hatlarının inşaat proseslerine bağlı olarak çevresel etkilerini içeren grafikler EK A'da verilmiştir.

#### 4.2.2 Depolar

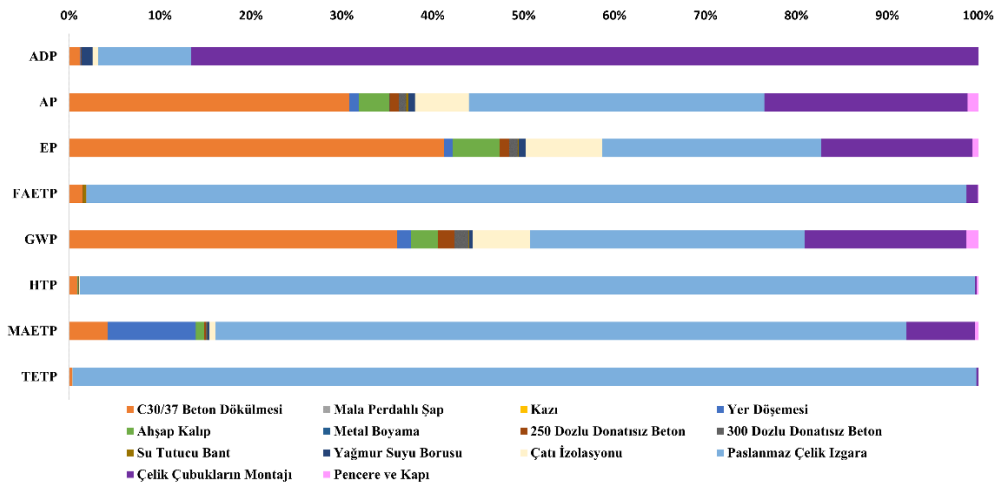
Şekil 4.6, proje kapsamında inşa edilen depoların inşaat aşamasının çevresel etkilerini göstermektedir. Şekilde görülebileceği gibi, Depo 7, tüm kategorilerde en yüksek etkiye sahiptir. En büyük hacme sahip olan bu depo, çelik, beton, vb. malzemelerin en fazla tüketildiği, bu malzemelerin inşaat alanına getirilmesi için en fazla taşıma gerektirdiği ve inşaat işlerinin en fazla olduğu depodur.



Şekil 4.6 : İnşaat edilen tüm depoların çevresel etkileri

Şekil 4.7’de ise Depo 1’den kaynaklandığı hesaplanan çevresel etkiler inşaat prosesleri bazında verilmiştir. Şekilde görüldüğü ve doğal olarak bekleneceği gibi, inşaatta kullanılan çelik çubuklar en fazla abiyotik eleman tüketimine neden olan inşaat prosesidir. Çelik sınırlı kaynakların tüketilmesiyle üretilmektedir ve üretiminin yüksek çevresel etkilere neden olduğu bilinen bir sektördür. Yine aynı sebeple, inşaatta kullanılan çelik ızgaralar da tüm etki kategorilerinde yüksek katkıya -ADP (~ %10), AP(~ %32.5), EP(~ %24), FAETP(~ %97), GWP(~ %30), HTP(~ %94), MAETP(~ %76), TETP(~ %99)- sahiptir. AP (~ %31), EP (~ %41) ve GWP (~ %36) kategorilerinde, ayrıca, miktarı, bileşimi ve üretim prosesleri nedeniyle C30/37 tipi hazır karışım beton dökülmesi de ayrıca etkindir.

Diğer depo inşaatlarının inşaat prosesleri bazında incelendiği grafikler EK C’de verilmiştir.

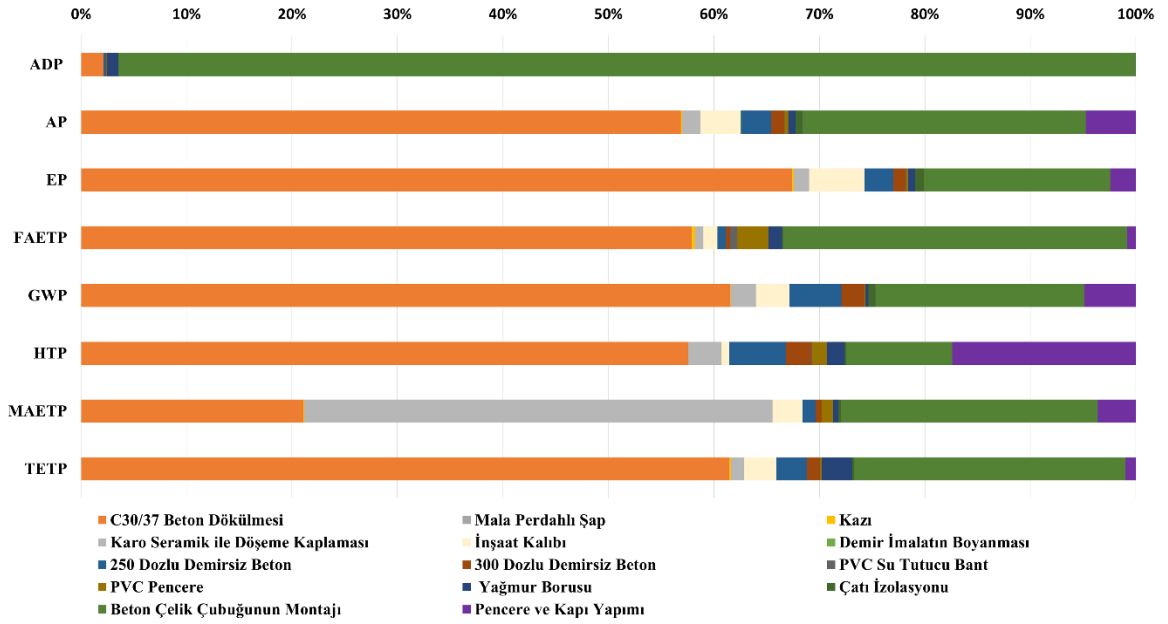


Şekil 4.7 : Depo 1 için çevresel etkilerin inşaat prosesleri bazında incelenmesi

#### 4.2.3 Terfi Merkezi

Şekil 4.8, inşa edilen terfi merkezlerinin çevresel etkilerini göstermektedir. Şekilde görülebileceği gibi, çelik çubukların montajı ADP kategorisinde en yüksek etkiye (~ %97) sahip olup, diğer etki kategorilerinde de ~ %10-33 aralığında değişen katkı oranlarına sahiptir. İkinci en yüksek etkiler ise C30/37 beton dökülmesine aittir. Bunun nedeni C30/37'nin beton üretim proseslerinin sahada üretilen betona göre daha karmaşık olması ve kullanılan katkı malzemeleridir. Bunların dışındaki bileşenlerin toplama katkısı şekilde de görülebileceği gibi düşük oranlardadır. Projede yer alan tüm terfi merkezleri aynı şekilde inşa edildiğinden bir tek terfi

merkezinin toplama etki oranı aşağıdaki değerlerin terfi merkezi sayısına bölünmesi ile değerlendirilebilir.

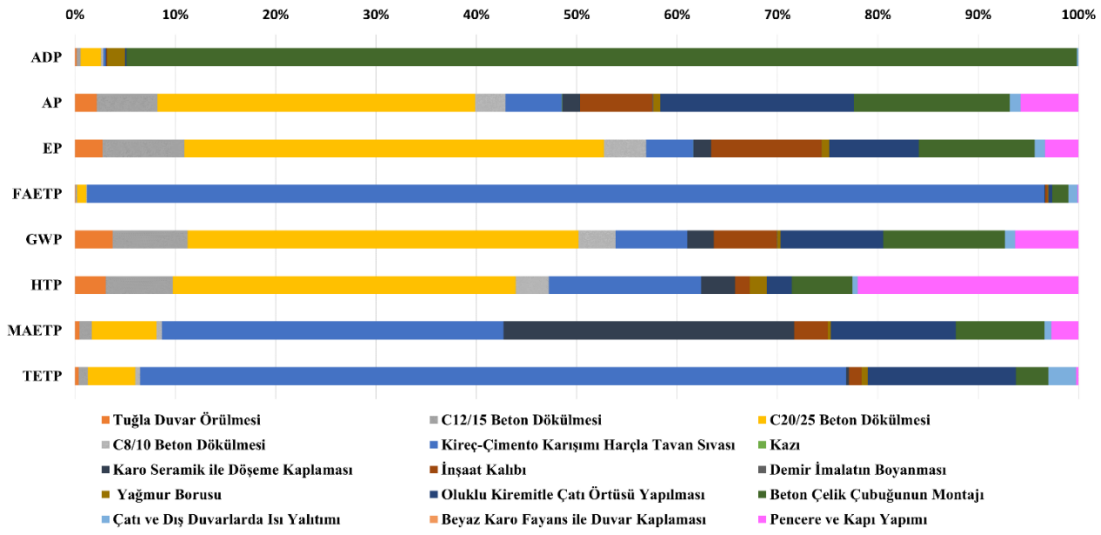


Şekil 4.8 : Terfi merkezlerinin çevresel etkileri

#### 4.2.4 Klor Binası

Şekil 4.9, klorlama binasının inşaat aşamasının çevresel etkilerini göstermektedir. Şekilden de görülebileceği gibi, abiyotik element tüketimine en çok katkıda bulunan proje bileşeni klor binalarının inşaatında kullanılan nervürlü çelik inşaat çubuklarıdır. İnşaatda kullanılan C30/37 hazır beton ise AP (~ %31), EP (~ %41), GWP (~ %37), HTP (~ %38) kategorilerine önemli oranda katkı yapmaktadır. HTP'ye katkıda bulunan diğer bir önemli (~ %21), inşaat bileşeni ise pence ve kapı yapımıdır. Bu katkı pencere ve kapı yapımında kullanılan çelik üretiminden gelmektedir. Kireç-çimento karışımı harçla tavan sıvası yapılması işlemi de içerisinde kullanılan malzemeler nedeniyle klor binalarının inşaatından kaynaklanan FAETP (~ %95) ve TETP'ye (~ %70) yüksek katkıda bulunmaktadır.





Şekil 4.9 : Klor binasının çevresel etkileri

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada YDA yöntemi kullanılarak Türkiye’de inşa edilen bir su temin sisteminin çevresel etkileri belirlenmiştir. Çalışmada beşikten kapıya yaklaşımı izlenmiş; dolayısıyla su temin sisteminin bileşenlerinin hammadde üretiminden temin sisteminin kurulmasının tamamlanması arasındaki tüm süreç sistem sınırlarına dahil edilmiştir. Sistemin kullanım ve bertaraf aşamaları çalışma sınırları dışındadır. Bu kapsamda, söz konusu su temin sisteminin temel bileşenleri olan boru hatları, su depoları, terfi merkezleri ve klor binalarının inşaat aşamaları ele alınmıştır.

Çalışmanın sonucunda ADP 1,64E-07 kg Sb-Eq; AP 1,25E-05 kg SO<sub>2</sub>-Eq, EP 1,94E-06 kg PO<sub>4</sub>-Eq, FAETP 1,04E-04 kg DCB-Eq, GWP kg 4,89E-03 CO<sub>2</sub>-Eq, HTP 4,48E-03 kg DCB-Eq, MAETP 5,84E-01 kg DCB-Eq ve TETP 1,52E-04 kg DCB-Eq olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları proje bileşenlerine bağlı olarak incelendiğinde, proje kapsamında inşa edilen birimlerin tüm çevresel etkilere katkılarına göre terfi merkezleri, depolar, boru hatları ve klor binaları olarak sıralandığı belirlenmiştir. Farklı proje kapsamı ve sistem sınırları nedeniyle tüm proje sonuçları literatür ile karşılaştırılmamış; ancak boru hatları ile ilgili yapılan karşılaştırma neticesinde çalışmanın literatürle uyumlu, anlamlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Sanjuan-delmás vd., 2013; Hajibabaei vd., 2018; Vahidi vd., 2016).

Ele alınan proje ile ilgili birincil veriye dayanmaktadır. Birincil veri ile toplanan madde ve enerji girdi ve çıktı miktarları, GaBi Professional veritabanında yer alan arka plan prosesleri ve veri eksikliği durumunda yapılan kabullerle bu çalışmaya özgü veri tabanı oluşturulmuştur. Proje kapsamında kullanılan ekipmanlar, taşıma uzaklıkları ve kullanılan enerji/yakıt miktarları yapılan kabullerle çalışmaya dahil edilmiştir. Projenin sistem sınırları beşikten kapıya yaklaşımı ile belirlenmiş, projenin kullanım ve ömür sonu aşamaları sistem sınırlarına dahil edilmemiştir.

Yukarıda açıklanan veri eksikliklerinin yeniden veri toplanarak kapanması ve yapılacak yeni bir çalışmayla çalışmanın tekrar ele alınması projenin tüm aşamalarının sistem sınırlarına dahil edilmesini ve daha kesin sonuçların elde

edilmesini sağlayacaktır. YDA iteratif bir çalışma yöntemi olduğundan bu birçok YDA çalışmasında izlenen bir yöntemdir.

Bu çalışma, yapılan literatür çalışmasından ulaşılan bilgi dahilinde, Türkiye’de su temin sistemlerinin isale hattı kısmı için yapılan ilk YDA çalışmasıdır. Bu açıdan Türkiye inşaat sektörü ve karar vericiler için bir isale hattının inşaatında çevresel açıdan önemli noktaların ve çevresel etkilerin belirlenmesi açısından yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adriana, D. B., Carlo, S., Michela, G., Simona, M., ve Massimiliano, N.** (2013) Water supply and sustainability: life cycle assessment of water collection, treatment and distribution servic, *Department of Chemical and Process Engineering "G.B. Bonino", University of Genoa, Via all'Opera Pia 15, sayfa 7, şubat.*
- Alejandro, J., Anna, P. B., Carla, A., David, S., D. Desiree, M., Joan, R. ve Xavier G.** (2015) Eco-efficiency Assessment of the drinking water distribution network of Calafell, Spain.
- Caterpillar®** (2014). Caterpillar Performance Handbook Edition 44. Kurupparachchi KABN, Ihalawatta RK, Kulatunga AK (2014) Life Cycle Assessment of two different Clay Roofing Tiles. In: Conference: Asia Pacific Roundtable on Sustainable Consumption and Production.
- Cristopher S. S., Angus, R. ve Simpson, H. R.** (2014) A computational software tool for the minimization of cost and greenhouse gas emissions associated with water distribution systems.
- David, S. D., Anna, P. B., Carles, M. G., Gara, V., Maria, E. S-O., Xavier, G. J. ve Joan, R.** (2015). Ecoefficiency assessment of the drinking water distribution network of Calafell (Spain). *2015 GCPC2015. Global Cleaner Production and Sustainable Consumption Conference 2015, November 1-4, 2016; Sitges, Spain.*
- Ehsan, V., Enze, J., Maithilee, D., Mansukh, S. ve Fu, Z.** (2016) Environmental life cycle analysis of pipe materials for sewer systems, *sustainable cities and societies.*
- Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Doka G., Heck T., Hellweg S., Hischer R., Nemecek T., Rebitzer G., Spielmann M., Wernet G.** (2007) Overview and Methodology. ecoinvent report No. 1. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Harry, E. ve Hickey, Ph.D.** (2008) Water Supply Systems and Evaluation Methods (2008), Volume I: Water Supply System Concepts, Sayfalar 37-40.
- Hidrovo, R.** (2018) Life Cycle Assessment (LCA) Comparing Disinfection Options for Drinking Water Treatment, University of New Hampshire.
- ISO, 2006.** Environmental Management -Life Cycle Assessment – Requirement and Guidelines – ISO 14044, ISO 14044:2006. European Committee for Standards rue de stassart, 36, B-1050 Brussels.
- ISO 14040,** 1997 Environmental management, Life cycle assessment, principles and framework.
- J. Paul, G. P. E., R. A** (2012) Introduction to Water Supply Systems, Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point, NY 10980.

- JO, M. ve KATIE, L.** (2004) Life Cycle Assessment for Construction Products.
- J. v. Zyl** (2014) Operation and Maintenance of Water Distribution Systems, edition 1, obtainable from Water Research Commission, sayfa 92.
- Kulip, S S., V, B.** (2017) Life cycle analysis of HDPE pipe manufacturing – a case study from an Indian industry, The 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, sayfa 743.
- Maharashtra, J. P.** (2012) Basics of water supply system, module 1, training module for local water and sanitation management, sayfa 6.
- Michael, Z. H., Ralph, K. ve Rosenbaum, S. I. O.** (2018) Life Cycle Assessment, theory and practice, *Springer International Publishing AG*
- Mohsen, H., Sara, N ve Fatemeh, T.S.** (2018) Life cycle assessment of pipes and piping process in drinking water distribution networks to reduce environmental impact, School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, P.O.Box 1417466191, Tehran, Iran.
- Mundy, J. ve Livesey, K.** (2004). Life Cycle Assessment for Construction Products: An introductory guide for manufacturers and specifiers.
- Maiolo, M., Capano, G., Carini, M., Pantusa, D.** (2018) Sustainability criteria for the selection of water supply pipeline, *Cogent Engineering*, 5:1, DOI: 10.1080/23311916.2018.1491777.
- Mario, M. Gilda, C. Manuela, C. Daniela, P.** (28 June 2018) Sustainability criteria for the selection of water supply pipeline, Sayfa 1.
- Ola, K.** (2015) Life Cycle Assessment Framework: Incorporating an extended environmental perspective in the Haldex Project Management Model.
- Philippe, L., Philippe, R., Eleonore, L., Veronique, B. M.** (2014) Life cycle assessments of urban water systems: A comparative analysis of selected peer-reviewed literature, *ELSA, Research Group for Environmental Life Cycle Sustainability Assessment, 2 Place Pierre Viala, F-34060 Montpellier, France*
- Serni, M., Christian, R., Joaquim, C. Ve Luis, C.** (2016) Life cycle assessment of construction and renovation of sewer systems using a detailed inventory tool, *the international journal of life cycle assessment*, 21, 1121-1133.
- Shaik, S. S. ve Samuel, T. A** (2009) Methodology of estimating emissions in underground utility construction operations, *journal of engineering, design and technology*, Vol. 7, No. 1.
- Sheldon, Q. S., Liping, C., Dong. W. ve Yuanping, S.** (2019) Comparative life-cycle assessment of water supply pipes made from Bamboo vs. Polyvinyl Chloride, *Journal of clear production*.
- Spirinckx, C., Peeters, K. ve Thuring, M.** (2014). Life Cycle Assessment of a Polyethylene (PE) pipe system for water supply, using horizontal directional drilling (HDD) installation.

Yi, L., Wei, X., Wenlong, Z. ve Peifang, W. (2015) Life Cycle Assessment of Water Supply Alternatives in Water-Receiving Areas of the South-to-North Water Diversion Project in China.

### Internet Kaynakları :

A (20 / 5) PVC water retention tape. (t.y). Adomemembran. Aldığı tarih: 05.10.2018, adres: <http://adomemembran.com.tr/su-tutucu-bant-fiyati/>

150-mm rainwater fall pipe made of zinc plates. (t.y). Birimfiyat. Aldığı tarih: 05.10.2018, adres: <https://www.birimfiyat.net/24.002-12-nolu-cinkodan-120-mm-dusey-yagmur-borusu-yapma>.

Environmental Product Declaration-Polyethylene Pipes (2018) adres: <https://epd-australasia.com/wp-content/uploads/2018/04/20180501-VIN104-EPD-Polyethylene-1.pdf>

Acrylic plastic sheets. (t.y). Usplastic. Aldığı tarih: 05.10.2018, adres: <https://www.usplastic.com/search/?it=item&keyword=acrylic%20plastic%20sheets>.

NON-SLAM DYNAMIC AIR RELEASE VALVE. (t.y). Esvana. Aldığı tarih: 23.11.2018, adres: <http://esvana.com/tr/Urun/darbesiz-dinamik-vantuz>

Hydraulic Pipe Cutting Machine. (t.y). Csunitec. Aldığı tarih: 23.11.2018, adres: <https://www.csunitec.com/saws/pipe-cutting-machines/hydraulic-pipe-cutting-machine>.

EPD of Vinindex Polyethylene pipe products - in collaboration with the Plastics Industry Pipe Association of Australia (PIPA), version 1.2, 4 August, 2016. [https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/11962/epd719\\_Vinindex\\_Polyethylene%20Pipes\\_2018.pdf](https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/11962/epd719_Vinindex_Polyethylene%20Pipes_2018.pdf)

URL-1 <<https://crosscountryis.com/pdf/Cat329D-DL.pdf>, >aldığı tarih : 01.07.2019

URL-2 <<https://sciencing.com/how-7995132-calculate-excavator-productivity.html>> aldığı tarih : 05.07.2019

URL-3 <<https://www.wph.net.au/wp-content/uploads/2016/01/329DL.pdf>> aldığı tarih : 01.07.2019

URL-4 <<https://sciencing.com/how-7995132-calculate-excavator-productivity.html>> aldığı tarih : 01.07.2019

URL-5 <<https://edoc.pub/standard-fuel-consumption-model2-5-pdf-free.html>> aldığı tarih : 01.07.2019

URL-6 <[https://www.northerntool.com/shop/tools/product\\_200659933\\_200659933](https://www.northerntool.com/shop/tools/product_200659933_200659933)> aldığı tarih : 01.07.2019

URL-7 <<https://www.csunitec.com/saws/pipe-cutting-machines/pneumatic-pipe-cutting-machine>> aldığı tarih : 01.07.2019

URL-8 <<https://www.birimfiyat.net/24.002-12-nolu-cinkodan-120-mm-dusey-yagmur-borusu-yapma>> aldığı tarih : 01.07.2019

URL-9 <<https://www.birimfiyat.net/27.535-1-serpmesi-350dz.-incesi-0.1m3-250kg-ki.-ci.karis.tavan-sivasi-yap.-kum-el-ile-sehir-suyu-cim.ver>>aldığı tarih : 12.07.2019

- URL-10** <<https://www.birimfiyat.net/10.007-350-kg-cimento-dozlu-harc-yapilmasi-kargir-insaat-ve-kaba-siva-islerinde>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-11** <<https://www.birimfiyat.net/10.042-0.100-m3-250-kg-kirec-cimento-karisimi-ince-harc-yapilmasi>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-12** <<https://www.birimfiyat.net/08.321-is-yerinde-1-m3-sondurulmemis-parca-kalker-kireci-hazirl>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-13** <<https://www.birimfiyat.net/18.201-alaturka-kiremitle-cati-ortusu-yapilmasi>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-14** <<https://www.birimfiyat.net/16.003-250-dozlu-demirsiz-beton>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-15** <<https://www.birimfiyat.net/03.524-betoniyer-in-bir-saatlik-ucreti-250-lt>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-16** <<https://www.birimfiyat.net/03.527-vibratorun-1-saatlik-ucreti>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-17** <<https://www.birimfiyat.net/15.160.1004-14-28-mm-nervurlu-beton-celik-cubugu-cubuklarin-kesilmesi-bukulmesi-ve-yerine-konulmasi>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-18** <<https://www.birimfiyat.net/03.651-y-demir-kesme-ve-bukme-makinasi-nin-1-saatlik-ucreti>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-19** <[www.birimfiyat.net/y.23.152-kare-ve-dikdortgen-profillerle-pencere-ve-kapi-yapilmasi-ve-yerine-konulmasi](http://www.birimfiyat.net/y.23.152-kare-ve-dikdortgen-profillerle-pencere-ve-kapi-yapilmasi-ve-yerine-konulmasi)> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-20** <<https://www.birimfiyat.net/03.589-y-demir-dograma-imalat-atelyesinin-1-saatli-ucreti>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-21** <<https://lunamachinery.com.au/product/kd350p-aluminium-cutting-mitre-saw>> aldığı tarih : 12.07.2019
- URL-22** <<https://www.birimfiyat.net/kgm-25.015-k-demir-imalatin-bir-kat-antipas-iki-kat-sentetik-boya-ile-boyanmasi>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-23** <<http://www.bizon-ins.com/en/catalog/wood-cutting-machine/wood-cutting-machine-mrd-38>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-24** <<https://www.birimfiyat.net/kgm-21.042-koprulerde-duz-yuzeyli-rendeli-ve-lamba-zivanali-beton-ve-betonarme-kalibi>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-25** <[https://www.engineeringtoolbox.com/weight-wood-d\\_821.html](https://www.engineeringtoolbox.com/weight-wood-d_821.html)> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-26** <<https://www.birimfiyat.net/26.091-beyaz-karo-fayans-duvar-kaplamasi-yapilmasi-fayans-cimentosu-ile>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-27** <<https://www.birimfiyat.net/26.121-150x150x12.5mm-lik-karo-seramik-ile-doseme-kaplamasi-yapilmasi>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-28** <<https://www.birimfiyat.net/10.021-600-dozlu-cimento-serbeti-hazirlanmasi>> aldığı tarih : 15.07.2019

- URL-29** <<https://www.birimfiyat.net/10.009-400-kg-cimento-do-zlu-harc-yapilmasi-suni-tas-siva>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-30** <<https://www.birimfiyat.net/18.001-mk-dolu-harman-tuglasi-19-9-5-cm-ile-tugla-duvar-yapilmasi-10.003-harci-ile-ts-704>. > aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-31** <<https://www.birimfiyat.net/10.021-600-do-zlu-cimento-serbeti-hazirlanmasi>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-32** <<https://www.birimfiyat.net/10.003-mk-200-kg-cimento-do-zlu-harc-yapilmasi-kargir-insaat>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-33** <<http://www.bestbartopepoxy.com/epoxy-pricing-and-coverage-chart/>> aldığı tarih : 15.07.2019
- URL-34** <<https://www.birimfiyat.net/25.052-katran-badana-yapilmasi>> aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-35** <<https://assets.master-builders-solutions.basf.com/da-dk/basf-epd-mastertop-tc-428.pdf>> aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-36** <<https://www.birimfiyat.net/18.172-1-genles.perlitli-silteyle-cati-dis-duvarlarda-isi-yalitimi-yapilmasi>> aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-37** <[www.bestbartopepoxy.com/epoxy-pricing-and-coverage-chart/](http://www.bestbartopepoxy.com/epoxy-pricing-and-coverage-chart/)> aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-38** <<https://assets.master-builders-solutions.basf.com/da-dk/basf-epd-mastertop-tc-428.pdf>> aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-39** <<https://www.birimfiyat.net/25.052-katran-badana-yapilmasi> > aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-40** <<https://www.dg.history.vt.edu/ch2/impact.html>> aldığı tarih : 21.07.2019
- URL-41** <<https://www.birimfiyat.net/y.23.015-14-28-mm-nervurlu-beton-celik-cubugu-cubuklarin-kesilmesi-bukulmesi-ve-yerine-konulmasi>> aldığı tarih: 25.07.2019
- URL-42** <<http://gabi-documentation-2019.gabi-software.com/xml-data/processes/cda0fd43-5fd5-416c-9279-2879450ab50a.xml>> \_aldığı tarih: 25.07.2019
- URL-43** <<https://www.birimfiyat.net/27.534-kirec-cimento-karisimi-harcla-tavan-sivasi-yapimi>> aldığı tarih: 25.07.2019
- URL-44** <<https://www.birimfiyat.net/23.176-ib-paslanmaz-celikten-cubuk-izgara-yapilmasi>> aldığı tarih: 25.07.2019
- URL-45** <<https://lunamachinery.com.au/product/kd350p-aluminium-cutting-mitre-saw>> aldığı tarih: 25.07.2019
- URL-46** <<https://www.birimfiyat.net/27.582-mala-perdahli-sap-yapimi>> aldığı tarih: 25.07.2019



**URL-47** <<https://www.birimfiyat.net/y.16.050-01-beton-santralinde-uretilen-veya-satin-alinan-ve-beton-pompasiyla-basilan-c-8-10-basinc-dayanim-sinifinda-beton-dokulmesi-beton-nakli-dahil>> aldığı tarih: 30.07.2019

**URL-48** <<https://www.concretepumpmachine.com/products/concrete-boom-truck/>> aldığı tarih: 30.07.2019

**URL-49** <<https://civilblog.org/2016/05/17/how-to-use-needle-vibrator-efficiently/>> aldığı tarih: 30.07.2019

**URL-50** <<https://www.birimfiyat.net/y.16.050-02-beton-santralinde-uretilen-veya-satin-alinan-ve-beton-pompasiyla-basilan-c-12-15-basinc-dayanim-sinifinda-beton-dokulmesi-beton-nakli-dahil>> aldığı tarih: 30.07.2019

**URL-51** <<https://www.birimfiyat.net/y.16.050-03-beton-santralinde-uretilen-veya-satin-alinan-ve-beton-pompasiyla-basilan-c-16-20-basinc-dayanim-sinifinda-beton-dokulmesi-beton-nakli-dahil>> aldığı tarih: 30.07.2019

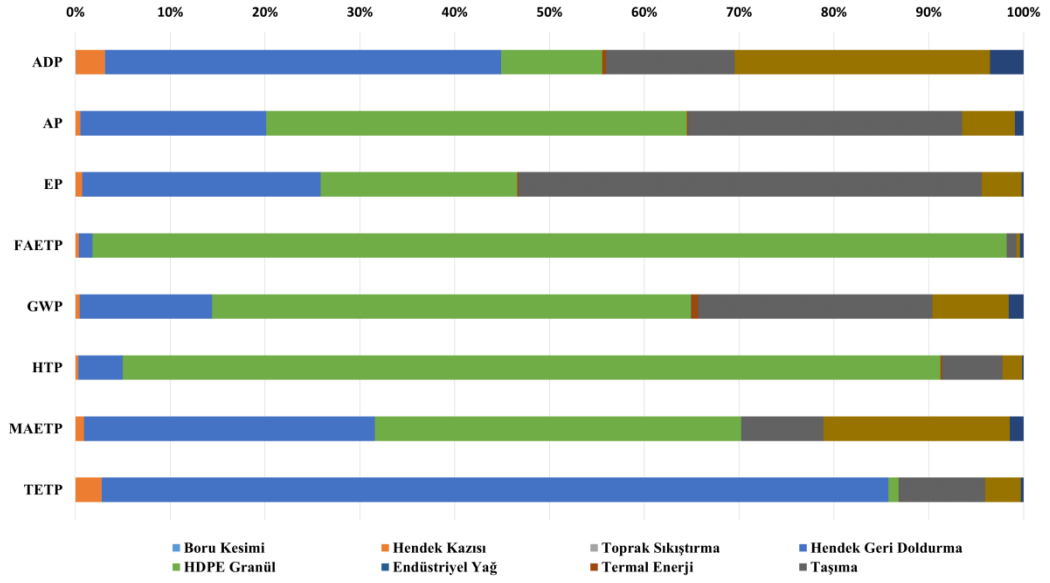
**URL-52** <<https://www.birimfiyat.net/24.001-12.nolu-cinkodan-150-mm-dusey-yagmurborusu-yapma>> aldığı tarih: 30.07.2019

**URL-53** <<https://www.adetasyapi.com/a-20-5-tipi-pvc-su-tutucu-bant>> aldığı tarih: 30.07.2019

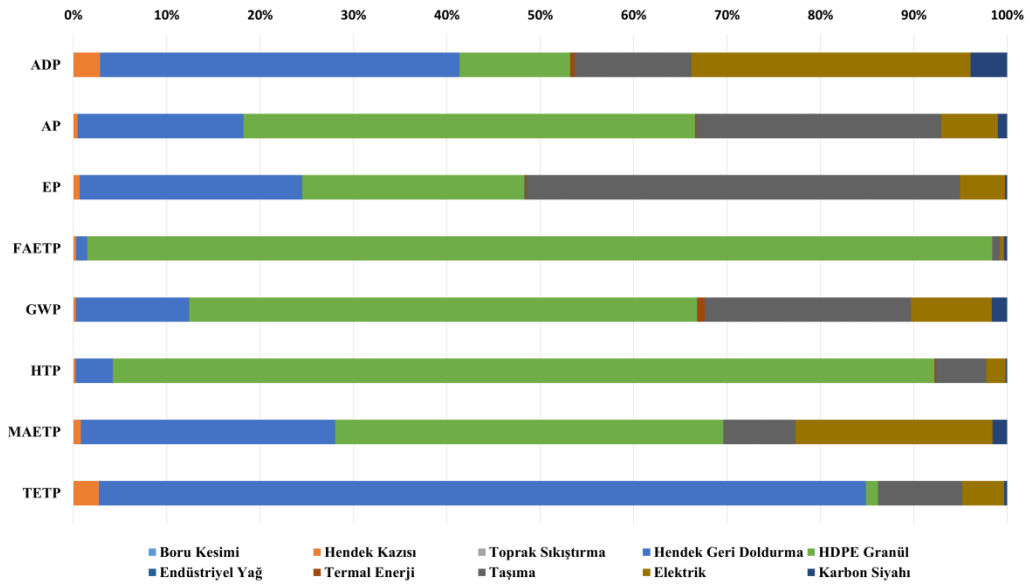
**URL-54** <<https://www.acplasticsinc.com/informationcenter/r/guide-to-plastic-weights>> aldığı tarih: 30.07.2019

## EKLER

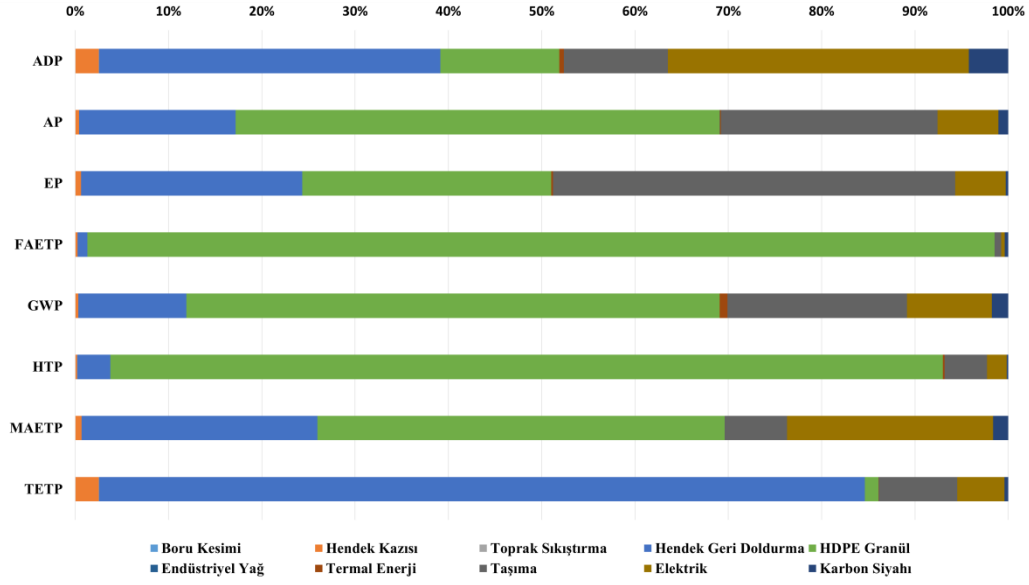
### EK A. BORULAR İÇİN SONUÇ TABLOLARI



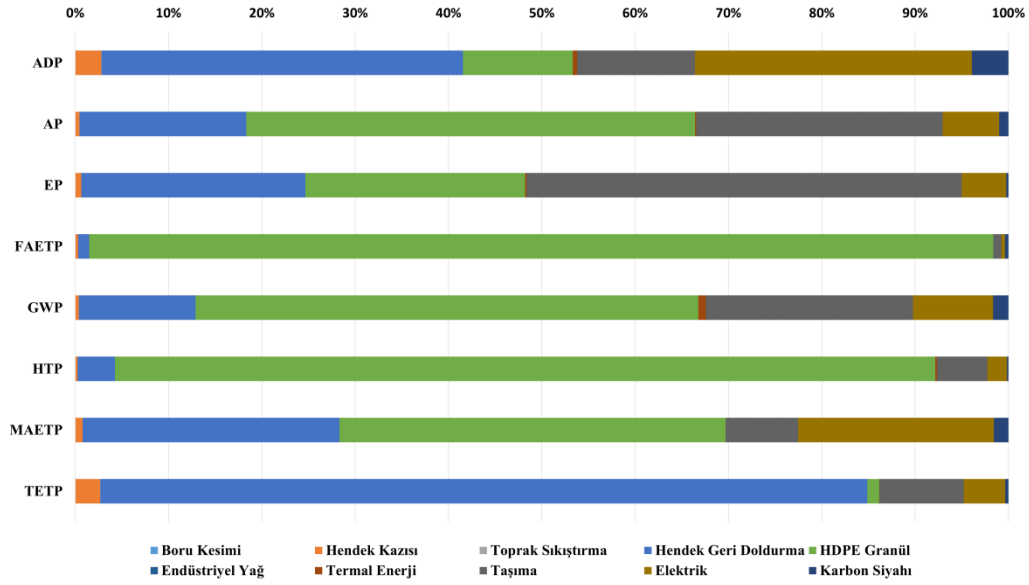
Şekil A.1 Ø110 PN10 için inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



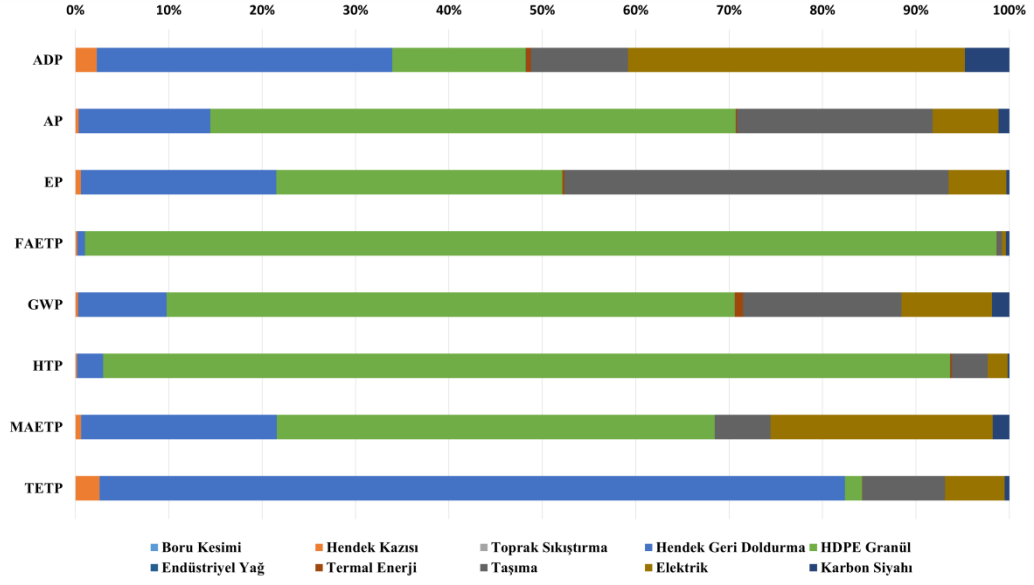
Şekil A.2 Ø110 PN12.5 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



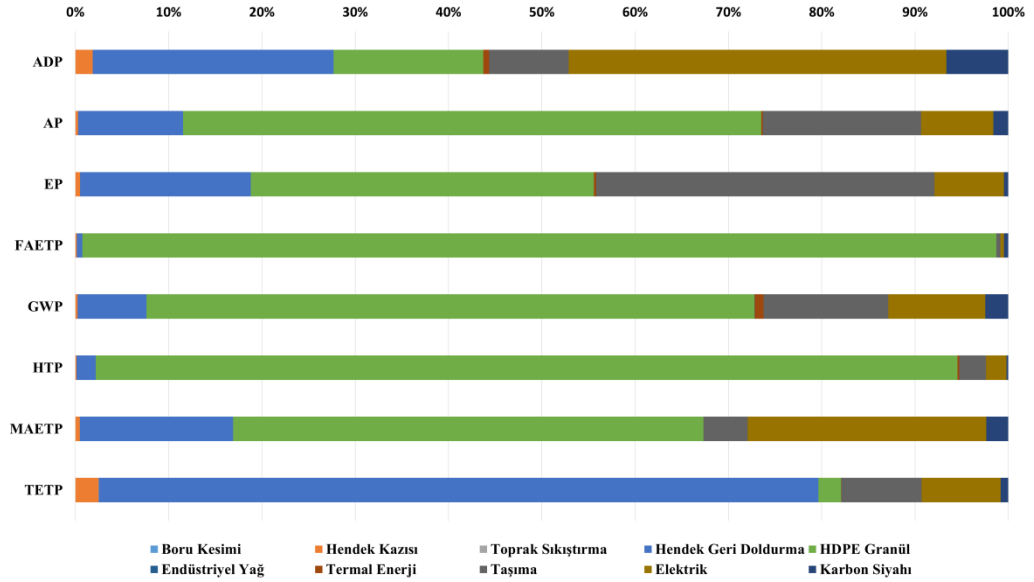
Şekil A.3 Ø110 PN16 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



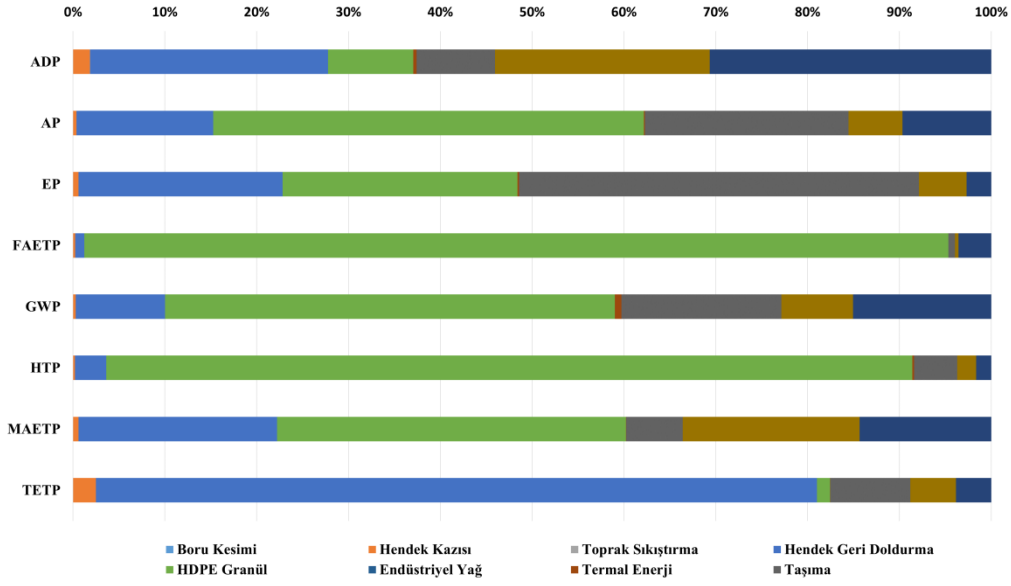
Şekil A.4 Ø125 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



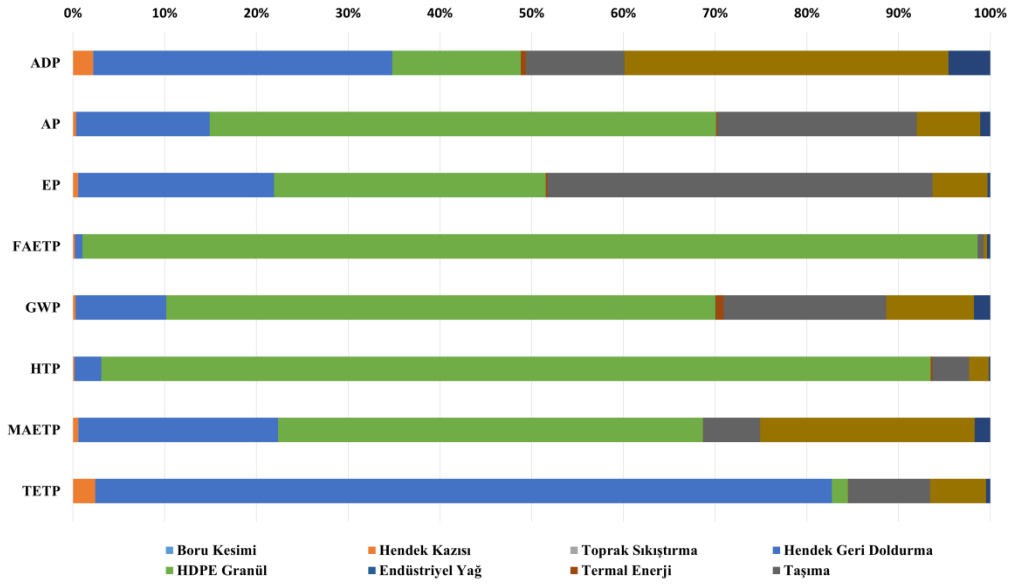
Şekil A.5 Ø125 PN16 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



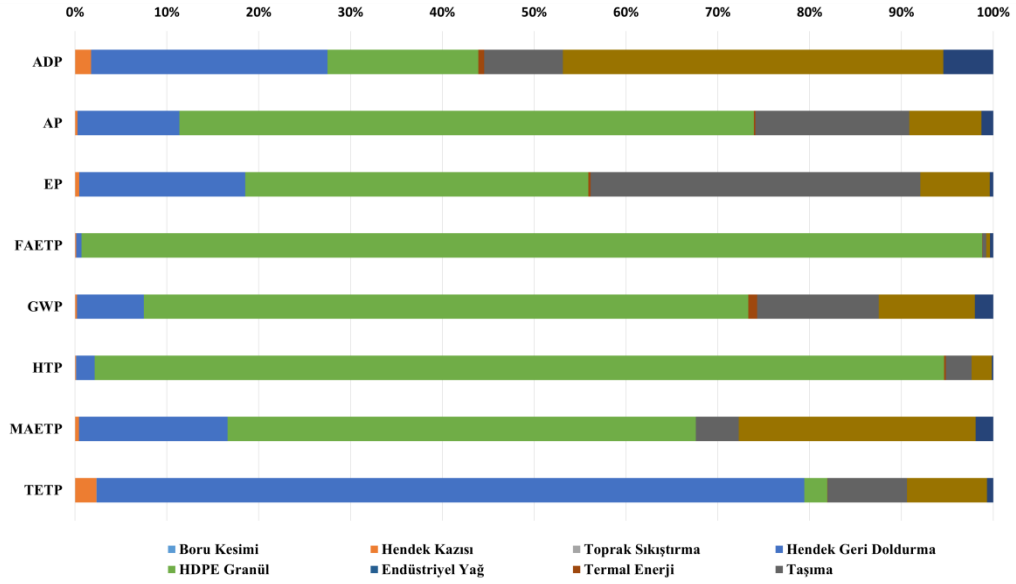
Şekil A.6 Ø125 PN25 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



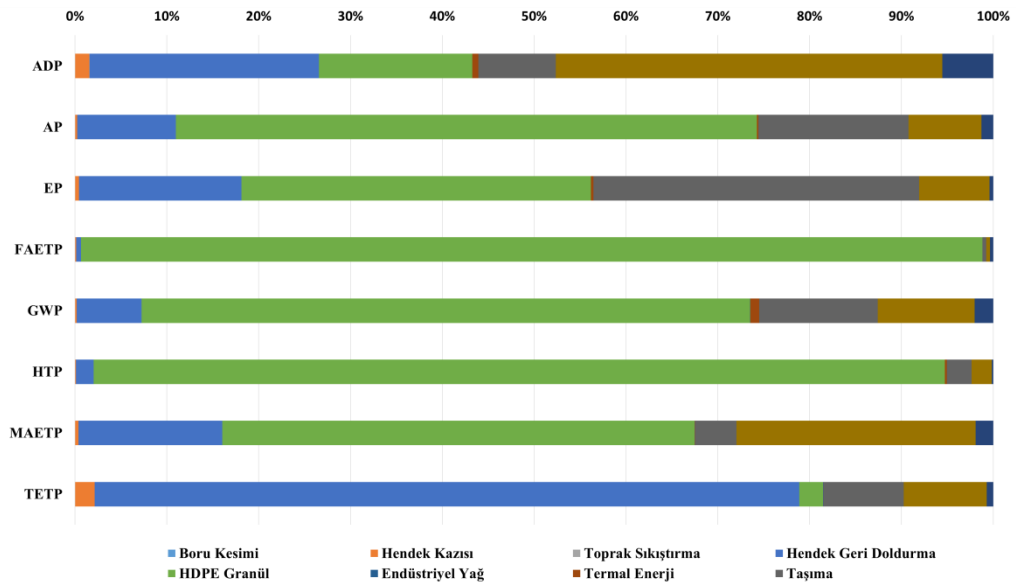
Şekil A.7 Ø140 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



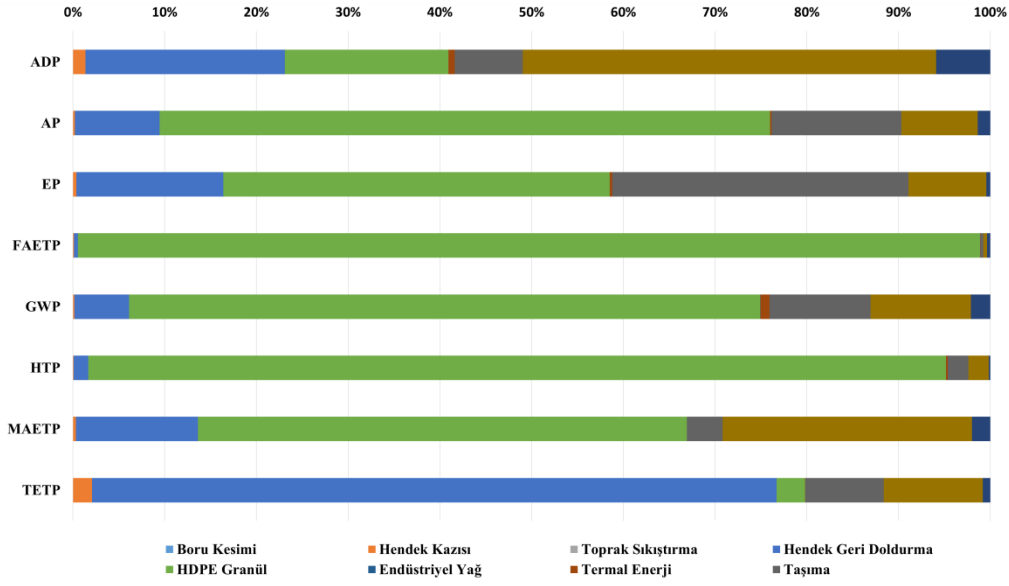
Şekil A.8 Ø160 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



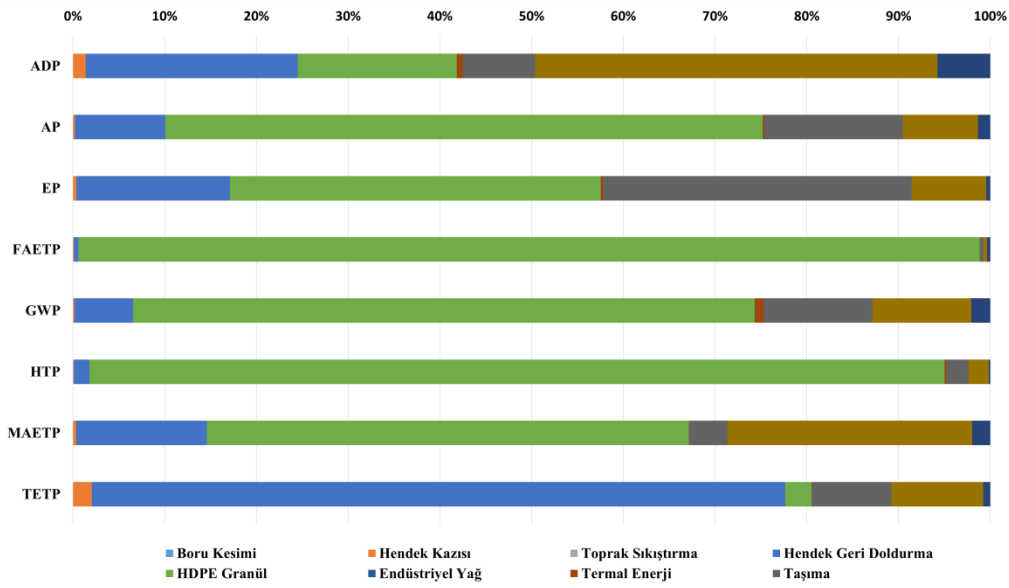
Şekil A.9 Ø160 PN16 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



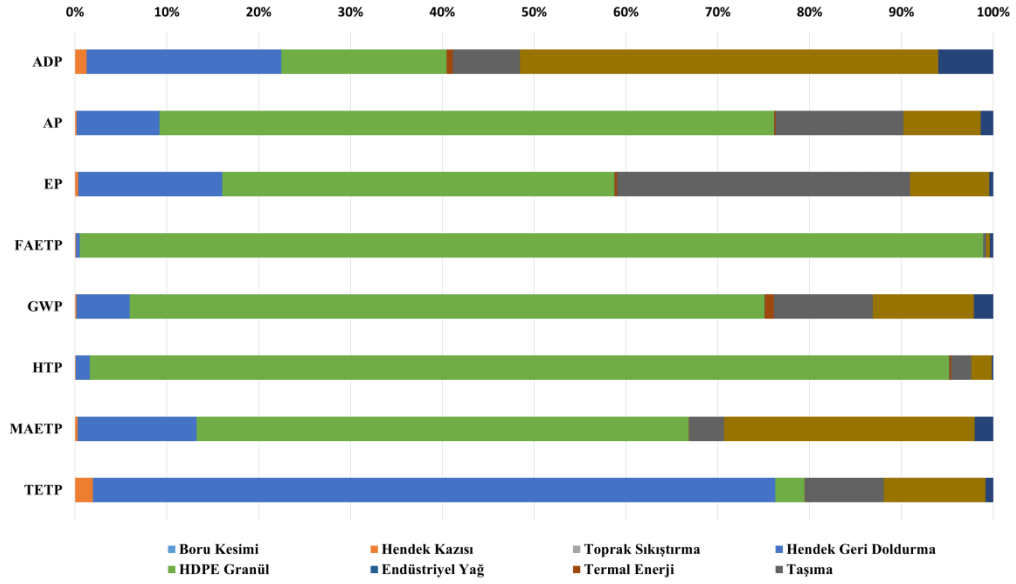
Şekil A.10 Ø225 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



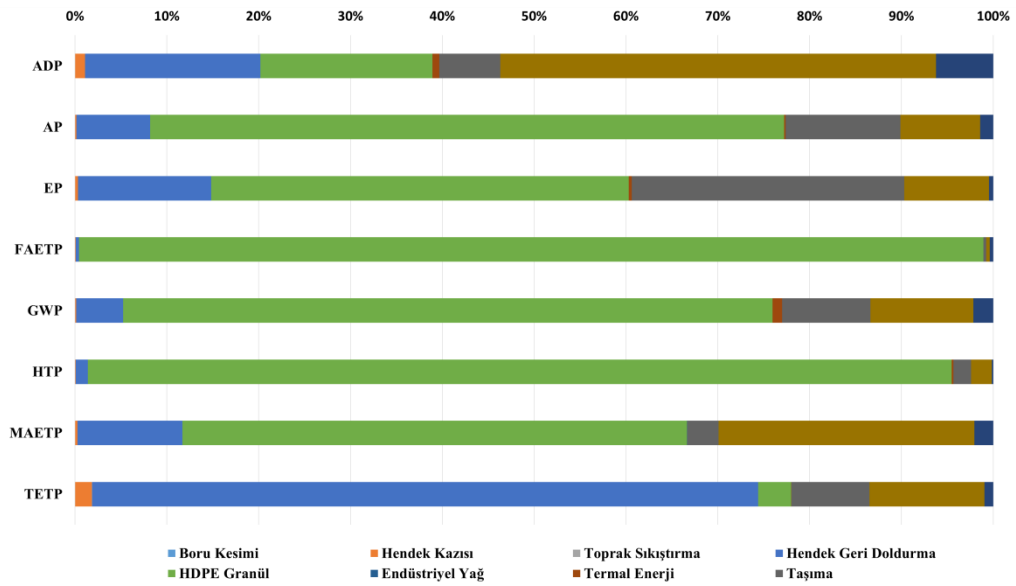
Şekil A.11 Ø225 PN12.5 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



Şekil A.12 Ø250 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler

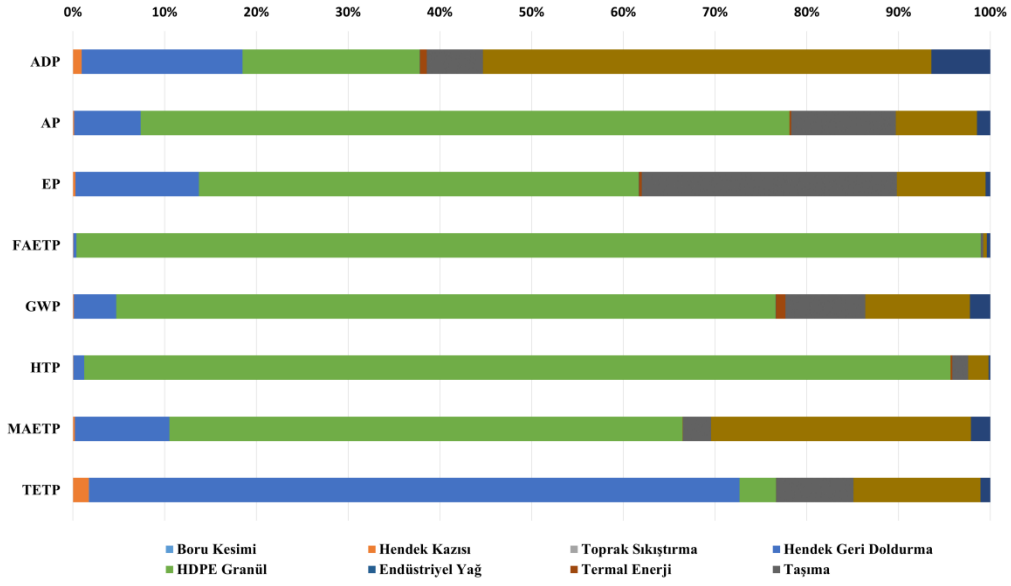


Şekil A.13 Ø280 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



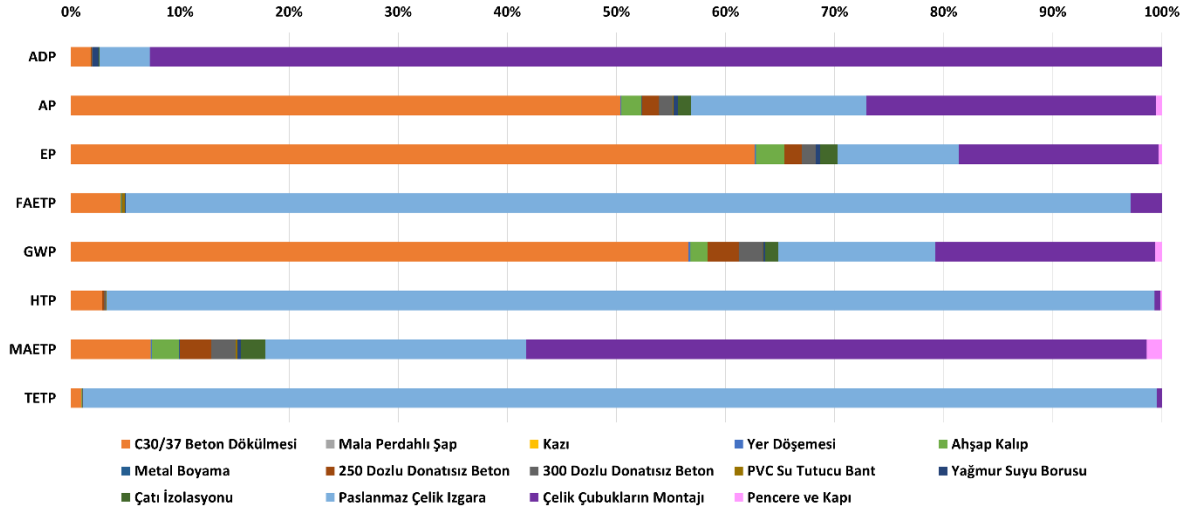
Şekil A.14 Ø315 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



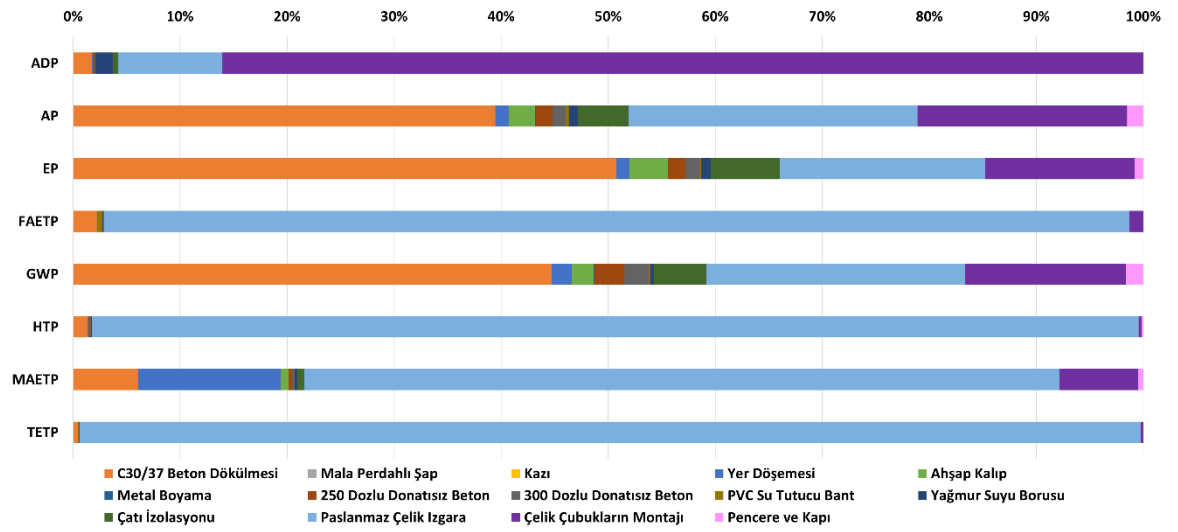


Şekil A.15 Ø355 PN10 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler

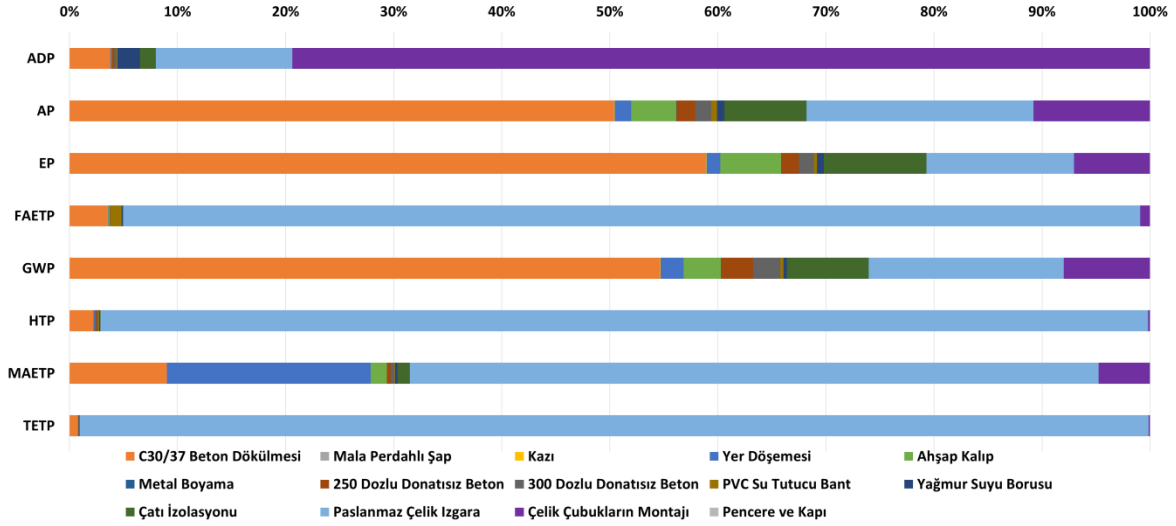
## EK B. DEPOLAR İÇİN SONUÇ TABLOLARI



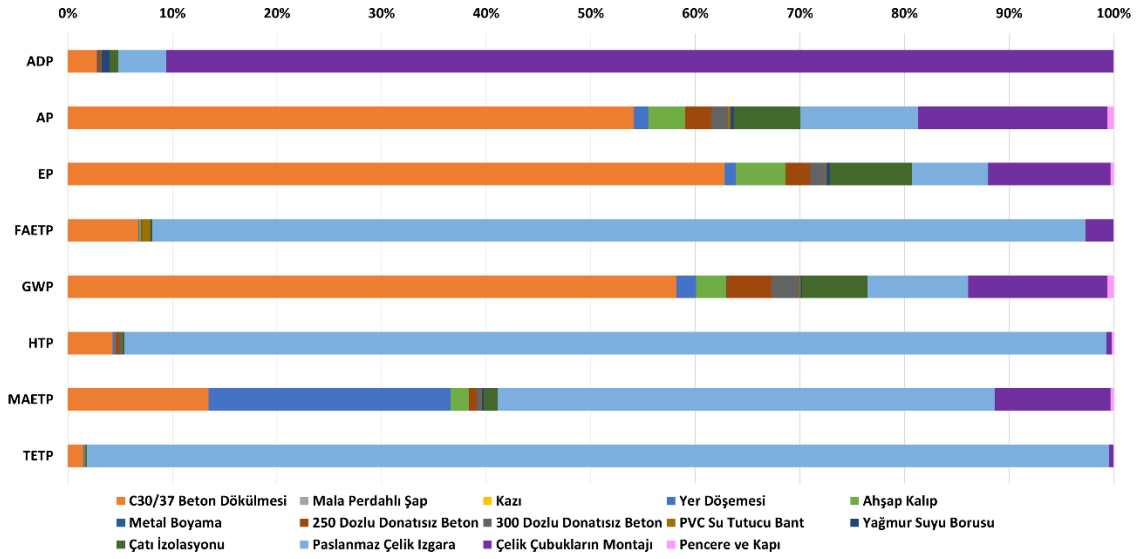
Şekil B.1 : Depo 2 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



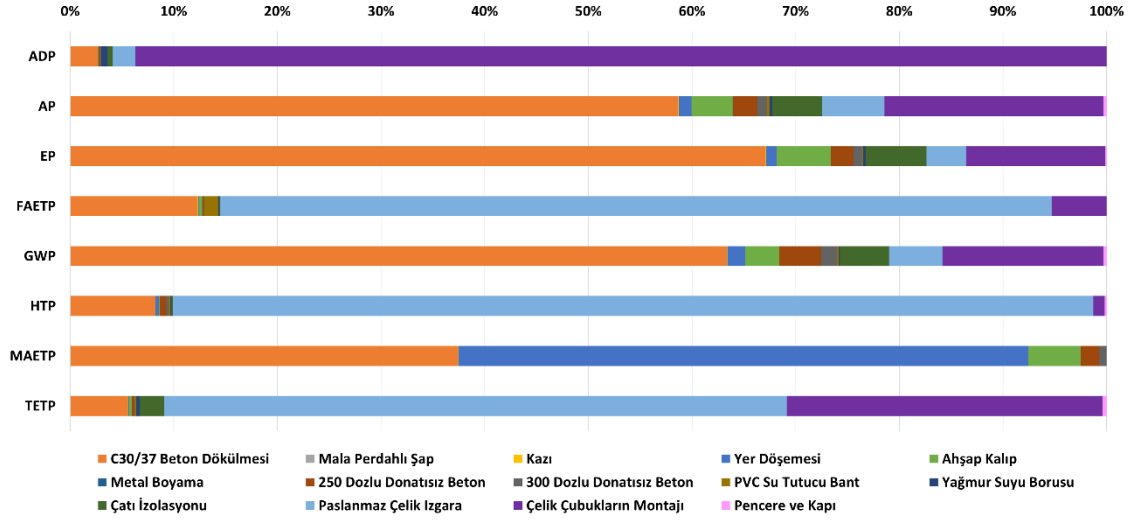
Şekil B.2 : Depo 3 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



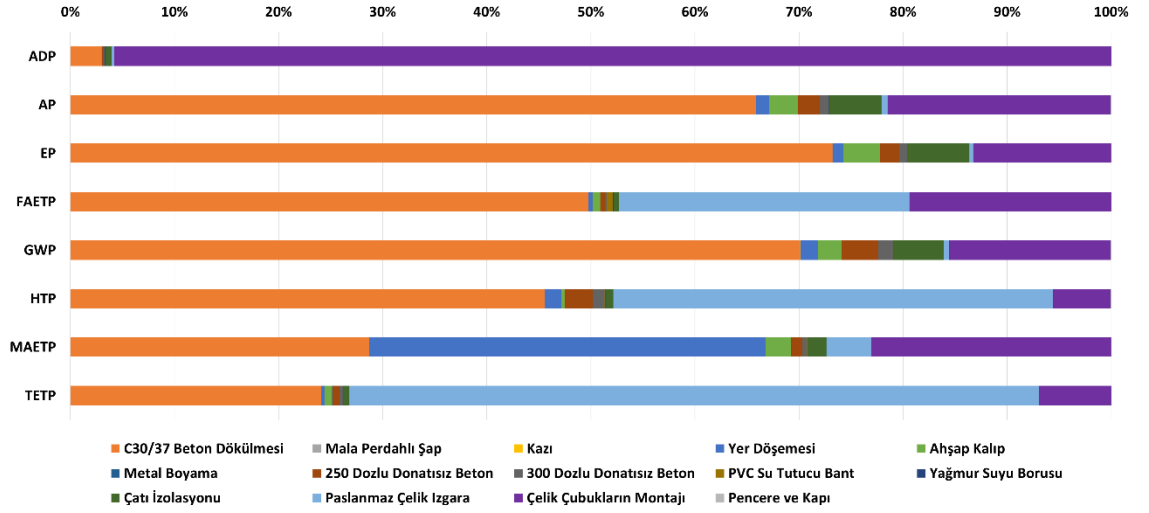
Şekil B.3 : Depo 4 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



Şekil B.4 : Depo 5 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



Şekil B.5 : Rezervuar 6 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler



Şekil B.6 : Rezervuar 7 inşaat aşamasındaki çevresel etkiler

