



Bu proje, Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir



Enerji Verimliliğinde Kurumsal  
Kapasitenin Geliştirilmesi İin  
Teknik Destek Projesi

# BİNA VE SANAYİ SEKTÖRÜ İİN VERİ KALİTESİ VE VERİ TOPLAMA SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YOL HARİTASI



**NIRAS**





**Enerji Verimliliği ve  
Çevre Dairesi Başkanlığı**

---

## **BİNA VE SANAYİ SEKTÖRÜ İÇİN VERİ KALİTESİ VE VERİ TOPLAMA SÜRECİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK YOL HARİTASI**

# İÇİNDEKİLER



SUNUŞ	iii
KISALTMALAR	iv
<hr/>	
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. KALİTE GÜVENCESİ YOL HARİTASI</b>	<b>2</b>
<b>2.1. ÖN AŞAMA</b>	<b>3</b>
<b>2.2. BAŞLANGIÇ AŞAMASI</b>	<b>8</b>
<b>2.3. İKİNCİ AŞAMA</b>	<b>8</b>
<b>3. GÖSTERGELERİN ALT SEKTÖRLER BAZINDA ELE ALINMASI</b>	<b>10</b>
<b>3.1. ÇİMENTO SEKTÖRÜ</b>	<b>10</b>
<b>3.2. DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ</b>	<b>13</b>
<b>3.3. SERAMİK SEKTÖRÜ</b>	<b>15</b>
<b>3.4. TEKSTİL SEKTÖRÜ</b>	<b>17</b>
<b>3.5. SELÜLOZ VE KAĞIT SEKTÖRÜ</b>	<b>19</b>
<b>3.6. ŞEKER SEKTÖRÜ</b>	<b>21</b>
<b>3.7. CAM SEKTÖRÜ</b>	<b>24</b>
<hr/>	
EKLER	27
EK I. ÇİMENTO SEKTÖRÜ	27
EK II. DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ	30
EK III. SELÜLOZ VE KAĞIT SEKTÖRÜ	31
EK IV. CAM SEKTÖRÜ	38



## SUNUŞ

Bu kitapçık, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığının (EVÇED) ana faydalanıcı olduğu ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen “Enerji Verimliliğinde Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi İçin Teknik Destek Projesi” kapsamında hazırlanmıştır.

Genel amacı AB'nin kaynak verimliliği ve iklim eylem hedefleri doğrultusunda enerji verimliliğinin teşvik edilmesi olan projenin, uygulama sürecinde yürütülen faaliyetler ile enerji verimliliğinin sektörel veya sektörler arası düzeylerde teşvik edilmesi hedeflenmiştir.

Bu sürece destek vermek amacıyla yürütülen proje çalışmalarında, kamu kurumlarının, ilgili piyasa aktörlerinin ve paydaş grupların mevcut kurumsal kapasitelerinin güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Enerji verimliliği ile ilgili ulusal mevzuatın çerçevesinin daha da iyileştirilmesi ve uygulanabilirliğine teknik destek sağlanması konularında çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, enerji verimliliği uygulamalarının ilerleyen süreçte artarak gerçekleştirilmesinin ülke ekonomisine sağlayacağı faydalar konusunda, somut verilere dayanan analizler ve projeksiyonlar yapılarak gerek ilgili teknik paydaşlar ve gerekse tüm kamuoyunun farkındalığının artırılması da amaçlanmıştır.

Proje kapsamında üretilen çıktıların proje paydaşları ve ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılması ve mevcut uygulamalara rehberlik etmesi düşüncesiyle bu kitapçık oluşturulmuştur.

Kılavuz olarak da değerlendirilebilecek bu kitapçık, EVÇED - Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı uzmanlarının ve proje teknik destek ekibinin ortak çalışmalarının bir ürünüdür.

Ankara, 2021



# GİRİŞ

AB	Avrupa Birliği
EUT	En İyi Uygulama Teknolojisi
EV	Enerji Verimliliği
GJ	Gigajoule
kWh	kilovatsaat
MET	Mevcut En İyi Teknoloji
MJ	Megajoule
PJ	Petajoule
TMP	Termo-Mekanik Selüloz
UNIDO	Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü

Sektörel ölçekte yapılan kıyaslama çalışmaları sonucunda çeşitli analizler yapılarak önemli sonuçlara ulaşmak ve ayrıca teknik değerlendirmeler yapabilmek mümkündür. Kıyaslama çalışmalarında temel unsur olan verilerin doğru ve güvenilir olması oldukça önemlidir. Veri toplama, hataya oldukça meyilli olabilen bir süreçtir. Bu nedenle, toplanan veya ölçülen verilerin mümkün olan en iyi kaliteye sahip olması sağlanmalıdır.

Prosedürün, yerinde Denetim sırasında dâhil edilmesi halinde veya prosedürün anketler vasıtasıyla elde edilen verilere uygulanması durumunda kalite güvencesi farklılık gösterir.

**1** Eğer Enerji Denetçisi sektörde bulunuyor, etüt gerçekleştiriyor ve verileri bizzat topluyorsa, toplanan verilerin her zaman yerinde güvenilirlik kontrolüne tabi tutulması gerekir. Örneğin, okunması kolay olmayan yazılı plakalar veya belgeler ile ilgili okuma hataları olabilir. Bu durumda, deneyimli bir denetçi, genellikle derhal değerlerin makul olup olmadığını değerlendirebilir. Şüphede durumunda, değer, şirketteki benzer bir cihazla karşılaştırılabilir veya ilgili cihazın veri sayfası daha sonra internette aranabilir.

Şirketteki ölçümler ile hata yapılmasına yönelik birçok olasılık vardır. Ölçüm düzeni ve ölçüm cihazındaki ayarlar her zaman kontrol edilmelidir. Bir “tüketicinin” (ekipman, proses, vb.) tipik koşullar altında ölçülüp ölçülmediğinin şirket personeli ile netleştirilmesi önemlidir. Tüketicilerden istisnai durumlarda alınan ölçüm sonuçları genellikle anlamsızdır.

Aynı durum, bir cihazın çalışma süreleri ve çalışma yoğunlukları için de geçerlidir. Burada büyük hatalar meydana gelebilir. Örneğin, günde 24 saat devrede olan bir basınçlı hava sisteminin yalnızca 6 saat yük altında çalışması ve 18 saat boşta olması halinde, bu durumun enerji tüketimi üzerinde büyük bir etkisi vardır. Bu nedenle, bu örnekte, her iki koşulun da ölçülmesi gerekir. Çalışma sürelerinin ve davranışlarının açıkça görüldüğü bir uzun vadeli ölçümün yapılmaması halinde,

şirket personeli bir cihazın ne kadar uzun ve yoğun çalıştığını mümkün olan en iyi şekilde açıklığa kavuşturmalıdır. Ölçümler her zaman belgelenmelidir. Ölçüm kurulumu, ölçülen bölüm, ölçüm cihazının tipi ile kalibrasyon (tarih) ve hassasiyetiyle ilgili detaylar, ölçüm dönemleri, mevsimsel farklılıklar, farklı yükler altında ölçüm sonuçları, ölçüm tarihi ve saati kayıt altına alınmalıdır.

Dikkate alınması gereken bir başka konu değişken faktörlerdir. ISO 50001, tüm önemli enerji tüketicisi işletmelerin, enerji tüketimlerini etkileyen değişken faktörlerini belirlemesini şart koşar. Bu faktörler; sıcaklık, nem, çalışan sayısı, ürün karması ve diğerleri olabilir. Daha sonra, belirlenen tüketimin, karşılık gelen değişken faktörler kullanılarak normalleştirilmesi gerekir. Ayrıca, bu süreç de belgelenmelidir.

2 Veri toplama işleminin, şirket tarafından doldurularak denetçi veya yetkili kuruma teslim edilen bir anket vasıtasıyla yapılması halinde, kalite güvencesinin sağlanması daha zordur.

Bu, büyük ölçüde anketi dolduran kişinin motivasyonuna ve niteliklerine bağlıdır.

Ayrıca, güvenilirlik kontrolleri ile birçok hata tespit edilebilir. Yanlış veya güvenilir olmayan değerlerin sorgulanması gerekir.

Ayrıca, değerlerin nasıl değerlendirildiği de sorgulanmalıdır (örneğin enerji faturaları, ölçümler, tahminler, hesaplamalar, simülasyonlar, deneyimler vb.).

Hatalar genel olarak şu şekilde tespit edilebilir:

- Verilerin, diğer karşılaştırılabilir şirketlerin, proseslerin, makinelerin vb. verileri ile karşılaştırılması.
- Verilerin, aynı şirketin önceki yıla ait verileri ile karşılaştırılması. Bu, doğrulama için en kolay yoldur. Veriler elbette çeşitli nedenlerle (proseslerdeki, ürünlerdeki değişiklikler, yeni, verimli ekipman vb.) değişebilir ancak bu nedenlerin daha sonradan şirketten talep edilmesi gerekir.
- Mevcut olan sektörler için, “Sanayi Veri Tabanlarındaki” uluslararası enerji performansı göstergeleri ile karşılaştırma yapın. Burada genellikle aralıklar (... ıla ...) verilir. Örneğin, İsveç'teki bir çelik fabrikası, Türkiye'deki bir çelik fabrikası ile basit bir şekilde karşılaştırılmaz. Farklı sistemler,

prosesler, ürünler vb. bulunur ancak aralık, değerlerin güvenilir olup olmadığını değerlendirmeye yardımcı olacaktır.

Ek olarak, bir veri anketinin nasıl doldurulduğuna dair öznel bir değerlendirme yapılabilir. Birçok değer eksik olması, yanlış birimler girilmiş olması, birçok yazım hatasının bulunması halinde, değerlerin de yanlış olma ihtimali vardır. Diğer taraftan, çok titiz bir şekilde doldurulmuş bir anket daha güvenilirdir.

# KALİTE GÜVENCESİ YOL HARİTASI

## 2

Faaliyet 2.5 çerçevesinde hem sanayi hem de bina sektörü için kıyaslama kılavuzları hazırlanmıştır. Metodolojiler; veri toplama, enerji performans göstergelerinin hesaplanması ve kıyaslamaya yönelik genel ilkeleri ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Hiç şüphesiz, her bir sanayi veya bina sektörü için, gerçekçi bir şekilde toplanabilecek veri miktarına (yani, alt sektör enerji tüketim dağılımlarının seviyesi) ve bu sektörler için normleştirme faktörlerinin (yani iklim düzeltmesi, ürün karması, kapasite kullanımı vb.) uygunluğuna bağlı olarak farklılıkların olması kaçınılmazdır.

Bir kıyaslama sisteminin uygulanmasının kurumsallaştırılması için, buna bir kalite güvence sisteminin de eşlik etmesi zorunludur. Bu durum, kıyaslama sisteminin sonuçlarının güvenilir olmasını ve sanayi sektörlerinin ve ilgili alt sektörlerin enerji tasarrufu potansiyelinin hesaplanması için kullanılabilmesini ve dolayısıyla enerji politikasının formülasyonu için çok güçlü bir araç olmasını sağlayacaktır.

Bir kalite güvence sisteminin uygulanması için aşağıdaki yol haritası önerilmektedir. Önerilen yol haritası, ilgili makamlar tarafından üstlenilmesi gereken karar verme ve izleme faaliyetlerini açıklamaktadır.

## 2.1. ÖN AŞAMA

Bu aşama, kıyaslama sisteminin kurumsallaştırılması ve uygulanması öncesindeki aşamayı ifade eder. Kıyaslama ve kalite güvence sisteminin kurumsallaştırılmasından önce, aşağıdaki ön faaliyetlerin sırayla gerçekleştirilmesi ve ilgili kararların alınması gerekir:

### 1. Uluslararası Enerji Performans Göstergeleri

Kıyaslama sisteminin uygulanması sırasında, Türk sanayilerine ilişkin enerji performansı göstergelerinin diğer ülkelerin göstergeleri ile kıyaslanabilmesi ve dolayısıyla veri toplama sistemindeki hataların dolaylı olarak kontrol edilmesi amacıyla her bir sanayi sektörü ve alt sektörü için bir uluslararası enerji performans göstergeleri veri tabanı hazırlanmalıdır. Bu tür enerji performans göstergeleri için çok fazla bilgi mevcut olduğundan, bu ön aşamada, kullanılacak olan bilgi kaynaklarına ilişkin bir karar alınması gerekir. Başlıca karar verme kriterleri; güvenilirlikleri ve ayrıca gelecekte mevcut olup olmayacakları olmalıdır. Örneğin, belirli bir zaman diliminde çeşitli sektörler üzerinde yapılan bir araştırma çalışmasının kullanılması bugün için yararlı olabilir, ancak birkaç yıl içerisinde dikkate değer bir yararı olmayabilir. Diğer taraftan, sürekli olarak güncellenen veri tabanları (örn. Odyssee-Mure Veri Tabanı, Uluslararası Enerji Ajansı veri tabanı vb.) istikrarlı bir referans sağlayacaktır.

### 2. Enerji Performansı Analizinin Seviyesi

Ön aşamada, her bir sanayi sektörü için, kıyaslama sisteminin analiz seviyesine (yani, sektörel, alt sektörel veya hatta proses seviyesinde) ilişkin plan hakkında bir karar alınması gerekir. Bu karar, uluslararası enerji performans göstergelerinden elde edilen bilgilerin miktarına ve analiz düzeyine ve ayrıca ulusal düzeyde toplanan verilerin güvenilirliğine bağlı olacaktır.

#### • Senaryo 1: Uluslararası Enerji Performansı Göstergelerinin Yalnızca Sektörel Düzeyde Mevcut Olması

Bu durumda, kıyaslama sisteminin, ilk birkaç yıl boyunca yalnızca sektörel düzeyde uygulanması gerekir. Ulusal ölçekte toplanan güvenilir verilerin miktarı arttıkça ve/veya uluslararası ölçekte daha

ayrıntılı ve güvenilir bilgiler yayınlandıkça, kıyaslama sistemi, alt sektörel düzeye ve hatta proses düzeyine genişletilebilir.

- **Senaryo 2: Uluslararası Enerji Performansı Göstergelerinin Alt Sektörel Düzeyde ve Hatta Proses Düzeyinde Mevcut Olması Ancak Ulusal Verilerin Güvenilir Olmaması**

Bu durumda da kıyaslama sisteminin, ilk birkaç yıl boyunca yalnızca sektörel düzeyde uygulanması gerekir. Bu yıllar boyunca, sektörlerin, topladıkları verilerin güvenilirliğinin artırılması için gerekli tüm adımları (yani ölçüm cihazlarının kurulumu, ayrıntılı ve sertifikalı enerji etütlerinin detaylandırılması) atması gerekir. Bu yapıldıktan sonra, kıyaslama sistemi bir alt sektörel düzeye ve hatta proses düzeyine genişletilebilir.

- **Senaryo 3: Uluslararası Enerji Performansı Göstergelerinin Alt Sektörel Düzeyde ve Hatta Proses Düzeyinde Mevcut Olması ve Ulusal Verilerin Güvenilir Olması**

Bu durumda, kıyaslama sistemi derhal sektörel düzeyde ve hatta proses düzeyinde uygulanabilir.

### 3. Düzeltme (Normalleştirme) Faktörleri

Ön aşamada, her sanayi sektörü için, normalleştirme faktörlerinin kullanımına yönelik plan ile ilgili bir karar alınmalıdır. Bu kararın alınması da büyük ölçüde, söz konusu normalleştirme faktörlerinin hesaplanması için kullanılan verilerin güvenilirliğine ve kullanılabilirliğine bağlıdır. Örneğin, aşağıdaki yaygın olarak kullanılan normalleştirme faktörleri için aşağıdaki veriler gereklidir:

- **İklim Düzeltmesi-** İşletmelerin yer aldığı şehirler/bölgeler için ısıtma ve/veya soğutma gün dereceleri ve her bir işletme için iklime bağlı olarak değişen enerji tüketimi.
- **Kapasite Kullanımı-** Kapasite kullanımı, ortalama kapasite kullanımı ve maksimum kapasitesinden bağımsız olarak işletmenin yıllık temel enerji tüketimi.
- **Ürün Karması-** Ulusal ölçekte her bir ürünün ortalama özgül enerji tüketimi.

Belirli bir düzeltme faktörü için yeterli güvenilir verinin olmaması durumunda, kıyaslama çalışması, bu düzeltme faktörü kullanılmadan başlatılabilir. Kıyaslama çalışması, işletmelerin kendilerini daha iyi hazırlayıp gerekli tüm faaliyetleri (ölçüm cihazlarının kurulumu, ayrıntılı ve sertifikalı enerji etütlerinin hazırlanması gibi) yerine getirdikten sonraki bir aşamada düzeltme faktörleri kullanılarak devam ettirilebilir.

### 4. Gönderilen Verilerin Rastgele Doğrulanması

Ön aşamada, şirketlerden gönderilen verilerin rastgele doğrulanması konusunda her sanayi sektörü için bir plana karar verilmelidir. Bu plan, bir sektördeki doğrulama için rastgele seçilmesi gereken şirketlerin yüzdesini içermelidir (örneğin %10). Ek olarak, rastgele seçim metodolojisi ve her bir şirketten talep edilen belgeler (örneğin enerji faturaları, ölçüm sonuçları, enerji denetim raporları, vb.) belirtilmelidir.

### 5. Enerji Performans Göstergelerinin Sapması

İzleme yapan kişi ya da kurumlar, enerji performans göstergelerindeki sapma belli bir değerin üzerindeyse girilen verinin güvenilirliğini kontrol etmek için ek belge talep edebilir. Her bir sanayi sektörü için sınır olarak kabul edilecek bu sapma değeri ön aşamada belirlenmelidir.



## 2.2. BAŞLANGIÇ AŞAMASI

Bu aşama, kıyaslama çalışmasının uygulamaya geçilmesinden hemen sonraki aşamayı ve daha spesifik olarak, faaliyetin ilk çalışma yılını ifade eder. Bu aşamada aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilir:

- **Rastgele Örnekleme-** Sektörlerden rastgele örneklem alınmalıdır. Bu, enerji performansı göstergelerindeki olası sapmalardan bağımsız olarak yapılmalıdır.
- **Enerji Performansı Göstergeleri İle Karşılaştırma-** Her bir sektörün enerji performansı göstergeleri, uluslararası ve/veya ulusal enerji performansı göstergeleri aralığı ile karşılaştırılmalıdır. Önemli bir sapmanın tespit edilmesi halinde, işletmeler, bu sapmayı gerekçelendirmeli ve denetim otoritelerine gerekli tüm belgeleri sunmalıdır.

## 2.3. İKİNCİ AŞAMA

Bu aşama, kıyaslama çalışmasının faaliyetinin ilk yılından sonraki aşamayı ifade eder. Süreçte, aşağıdakilerin gerçekleştirilmesi gerekir:

- **Rastgele Örnekleme-** Sektörlerden rastgele örneklem alınmalıdır. Bu, enerji performansı göstergelerindeki olası sapmalardan bağımsız olarak yapılmalıdır.
- **Enerji Performansı Göstergeleri İle Karşılaştırma-** Yeni işletmeler için, her bir işletmenin enerji performansı göstergeleri, uluslararası ve/veya ulusal enerji performansı göstergeleri aralığı ile karşılaştırılmalıdır. Önemli bir sapmanın tespit edilmesi halinde, işletmeler, bu sapmayı gerekçelendirmeli ve denetim otoritelerine gerekli tüm belgeleri sunmalıdır.
- **Önceki Yıllarla Karşılaştırma-** Her sektörün enerji performansı göstergeleri önceki yıllarla karşılaştırılmalıdır. Önemli bir sapmanın tespit edilmesi halinde, işletmeler, bu sapmayı gerekçelendirmeli ve denetim otoritelerine gerekli tüm belgeleri sunmalıdır.

- **Kıyaslama Sisteminin Revizyonu-** Her yıl ve her sanayi sektörü için, kıyaslama sistemine ilişkin olası iyileştirmeler ve revizyonlar (örneğin, daha ileri düzeyde bir enerji performansı analizinin devreye alınması, yeni düzeltme faktörlerinin uygulanması vb.) hakkında bir karar alınmalıdır.

# GÖSTERGELERİN ALT SEKTÖRLER BAZINDA ELE ALINMASI

# 3

Ana proseslerde ve üretim hatlarında önemli farklılıklar bulunan heterojen bir yapıya sahip sanayi sektörlerinde, benzer proseslere sahip işletmelerin alt sektörler halinde gruplandırılması ve daha yüksek doğruluk ve alaka düzeyi elde etmek için kıyaslama analizlerinin münferit alt sektörler genişletilmesi tavsiye edilir. Bu bölümde de her bir alt sektör için, verilerin “doğruluğunun” değerlendirilmesinde kullanılabilecek ilgili göstergeler hakkında daha fazla bilgi verilmektedir.

## 3.1. ÇİMENTO SEKTÖRÜ

Çimento üretimindeki başlıca proseslerin göstergeleri bu bölümde verilmektedir. Bu değerler, farklı ülkelerdeki çimento sektörlerinin kıyaslama değerlerine ilişkin çeşitli yayınlarda bulunmaktadır. Portland çimentosu (dünya çapında genel kullanımda en yaygın çimento türü) üreten standart bir çimento fabrikasını kıyaslamak için kullanılabilirler. Özgül enerji tüketimi, büyük ölçüde, çimento türüne ve ilgili prosese bağlıdır. Islak proses, kuru prostesten daha fazla enerji gerektirir. Çok kademeli ön ısıtıcı ve prekalsinasyonlu fırınlar daha az termal enerji gerektirir. Islak proses fırınları yaklaşık 6.350 MJ/t ile en fazla miktarda enerjiye ihtiyaç duyarken, 6 kademeli ön ısıtıcı kurutma fırınları yaklaşık 2.790 MJ/t ile en az enerji gerektirir. Özet için lütfen aşağıdaki Tablo 1'e bakın. Bu tabloda sunulan şekillerle ilgili ayrıntılı bilgiler Ek 1'de verilmektedir. Ayrıca, ilgili özgül elektrik ve ısı enerjisi tüketimleri sırasıyla Şekil 1 ve 2'de sunulmaktadır.

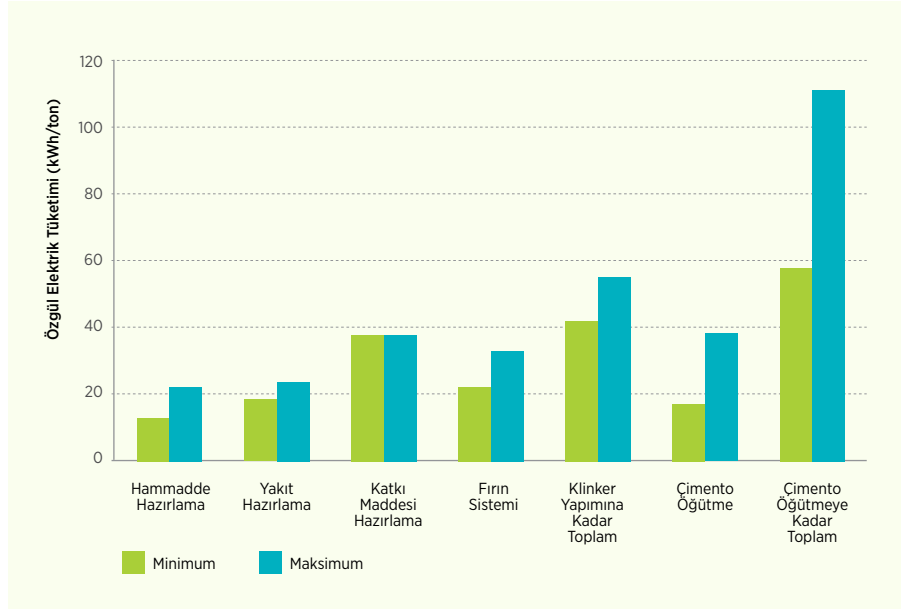
Tablo 1: Çimento Sektörünün Ana Proseslerine İlişkin Göstergeler

	Özgül Elektrik Tüketimi (kWh/ton)		Özgül Elektrik Tüketimi (MJ/ton)	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Hammadde Hazırlama	12,63	21,85	0	0
Yakıt Hazırlama	18,6	23,9	0	0
Katkı Maddesi Hazırlama (Sadece Puzolan <sup>1</sup> Çimentosu Gibi Özel Çimento Türleri İçin)	38	38	250	250
Fırın Sistemi	22,5	33,25	2.790	3.677
Klinker Yapımına Kadar Toplam (Katkı Maddesi Hazırlama Olmadan)	42	55,1	2.790	3.677
Çimento Öğütme	17	38,5	0	0
<b>Çimento Öğütmeye Kadar Toplam (Katkı Maddesi Hazırlama Olmadan)</b>	<b>58</b>	<b>111</b>	<b>2.790</b>	<b>3.677</b>

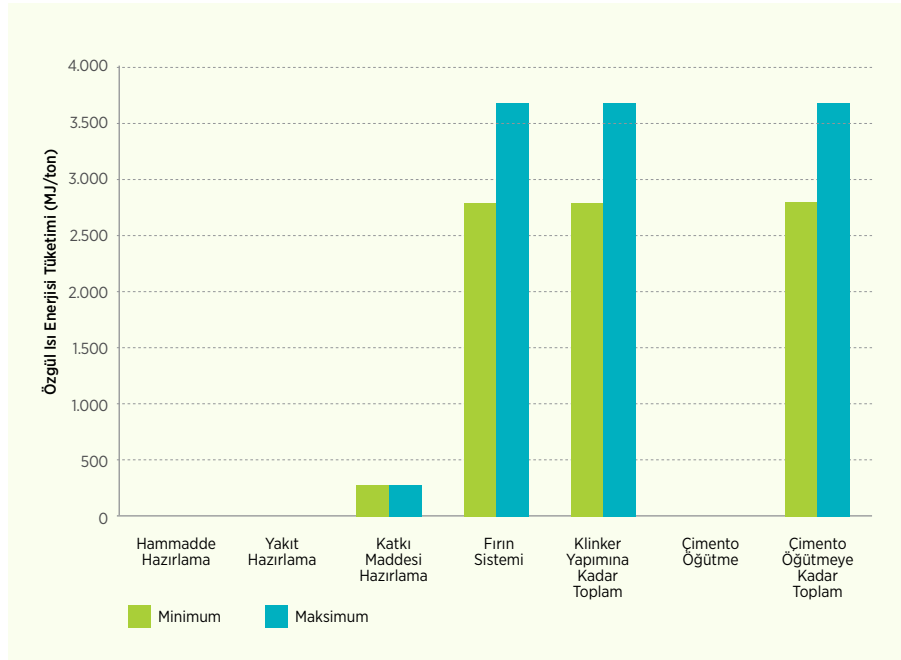
1: Puzolan çimentosu, standart çimento (Kireçtaşı veya tebeşir ve kil hammaddeli Portland çimentosu) ve puzolanların bir karışımıdır. Puzolanlar, su eklendiğinde reaksiyona girerek mukavemet kazanan silisik asit ve alümina içeren maddelerdir. Elde edilen puzolan çimentosu belli alanlarda bazı avantajlar getirir (örneğin, iç inşaat için daha ince bir yapı). Ancak Portland çimentosu kadar stabil değildir, daha yavaş kürlenir ve üretimi daha karmaşıktır. Bu nedenle, evler veya köprüler gibi tüm standart inşaat uygulamalarında Portland çimentosu kullanılır. Puzolan çimentosu, çeşitli özel uygulamalar için farklı karışım oranlarında üretilmektedir.

## 3.2. DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ

Demir-çelik üretimindeki ana proseslerin göstergelerinin özeti bu bölümde sunulmaktadır. Bu değerler, farklı ülkelerdeki demir-çelik tesislerinin kıyaslama değerlerine ilişkin çeşitli yayınlarda bulunmaktadır. Bu değerler, standart bir demir-çelik fabrikasını kıyaslamak için kullanılabilir. Özgül enerji tüketimi, büyük ölçüde, demir-çelik türüne ve ilgili prosese bağlıdır. İlgili göstergeler Tablo 2’de, ana prosesler için özgül elektrik enerjisi tüketimi ise Şekil 3’te sunulmaktadır. Ek olarak, demir-çelik üretiminde çeşitli uluslararası EV göstergeleri ile ilgili genel değerlendirme için lütfen Ek 2’ye bakınız.



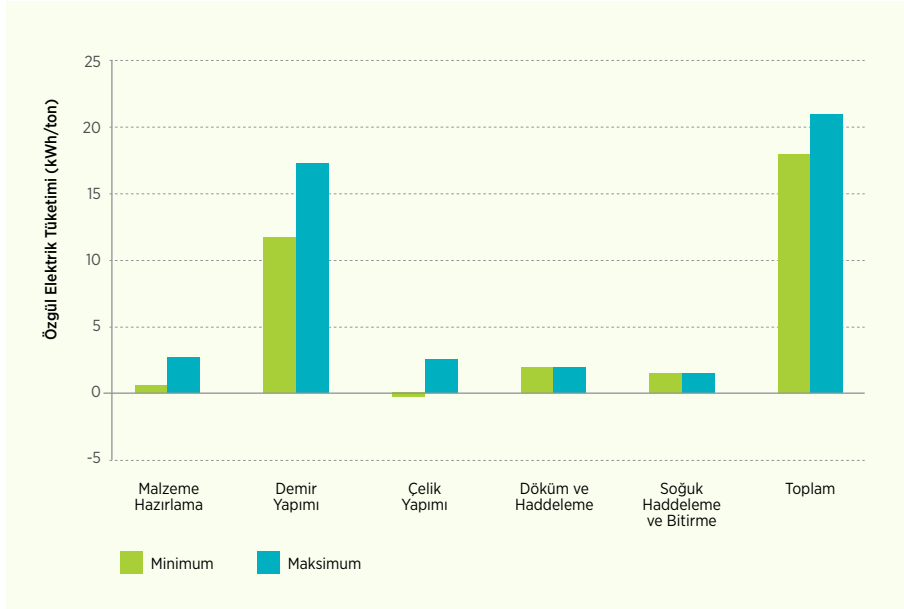
Şekil 1: Çimento Sektörünün Ana Proseslerine İlişkin Özgül Elektrik Tüketimi (kWh/ton)



Şekil 2: Çimento Sektörünün Ana Proseslerine İlişkin Özgül Isıl Enerji Tüketimi (MJ/ton)

Tablo 2: Demir-Çelik Sektörünün Proseslerine İlişkin Göstergeler

Proses Adı	Özgül Tüketim GJ/ton	
	Minimum	Maksimum
Malzeme Hazırlama	0,6	2,7
Demir Yapımı	11,7	17,3
Çelik Yapımı	-0,3	2,5
Döküm ve Haddelenme	1,9	1,9
Soğuk Haddelenme ve Bitirme	1,5	1,5
<b>Toplam</b>	<b>18</b>	<b>21</b>



Şekil 3: Demir ve Çelik Sektörünün Başlıca Proseslerine İlişkin Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWh/ton)

### 3.3. SERAMİK SEKTÖRÜ

Bu bölümde, seramik sektörüne ilişkin göstergelerin detayları sunulmaktadır. Seramik Sektörü proseslerinin göstergeleri Tablo 3'te, Seramik Sektörü ürünlerinin göstergeleri ise Tablo 4'te verilmiştir. Bu değerlerin, farklı ülkelerdeki seramik üretim tesislerinin kıyaslama değerlerine ilişkin çeşitli yayınlarda (referanslar ilgili Tabloların "Yayın Kaynağı" sütununda verilmiştir) bulunduğu unutulmamalıdır.

Tablo 3: Seramik Sektörünün Proseslerine İlişkin Göstergeler

İşlem	Teknoloji	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi kWh/t	Özgül Isı Enerjisi Tüketimi GJ/t	Bölge	Çalışma Yılı	Yayın Kaynağı
Hammadde Hazırlama		35-300	-	Almanya		<a href="https://www.ffe.de/download/langberichte/Kennzahlen.pdf">https://www.ffe.de/download/langberichte/Kennzahlen.pdf</a>
Şekillendirme			-	Almanya		
Kurutma			2,8 - 4	Almanya		
Pişirme			3,8 - 10,1	Almanya		
Ateşleme	Geleneksel Tünel Fırın		9,1 - 12	Avrupa	2007	<a href="https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cer_bref_0807.pdf">https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cer_bref_0807.pdf</a>
	Hafif Elyaf İzolasyonlu Modern Tünel Fırın		4,2 - 6,7	Avrupa	2007	
	Rulo Konveyörlü Fırın		3,5 - 5,0	Avrupa	2007	
	Modern Kamara Fırın, Onarım Pişirmesi		8,3 - 10,4	Avrupa	2007	
	Modern Kamara Fırın, İlk Pişirme		9,2 - 11,3	Avrupa	2007	

**Tablo 4: Seramik Sektörü Ürünlerine İlişkin Göstergeler**

Ürün	Proses Adı	İşletme	Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi kWh/t	Özgül Isı Enerjisi Tüketimi GJ/t	Bölge	Çalışma Yılı	Yayın Kaynağı	
Çatı Kiremiti	Toplam		63,9 - 113,9	1,97 - 2,93	Avrupa	2007	AB <a href="https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cer_bref_0807.pdf">https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cer_bref_0807.pdf</a>	
Duvar Fayansı	Toplam			3,82 - 7,81	İspanya	2012	<a href="https://inis.iaea.org/search/searchsingle?recordsFor=SingleRecord&amp;RN=41122834">https://inis.iaea.org/search/searchsingle?recordsFor=SingleRecord&amp;RN=41122834</a>	
Duvar Fayansı	Toplam			3,98 - 6,35	Brezilya			
Duvar Fayansı	Kütle Hazırlama	Kuru öğütme	11,1 - 19,4		İtalya	2007	AB <a href="https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cer_bref_0807.pdf">https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/cer_bref_0807.pdf</a>	
		Yaş Öğütme	13,9 - 97,2		İtalya	2007		
		Püskürtmeli Kurutma	2,8 - 19,4	1,1 - 2,2	İtalya	2007		
	Şekillendirme	Presleme	13,9 - 41,7		İtalya	2007		
	Kurutma		2,8 - 11,1	0,3 - 0,8	İtalya	2007		
	Pişirme	Tünel Fırın (Tek Seferlik Pişirme)			5,4 - 6,3	Avrupa		2007
		Tünel Fırın (İki Seferlik Pişirme)			5,9 - 7,3	Avrupa		2007
		Rulo Konveyörlü Fırın (Tek Seferlik Pişirme)	5,6 - 41,7	1,9 - 4,8	İtalya	2007		
Rulo Konveyörlü Fırın (İki Seferlik Pişirme)				3,4 - 4,6	Avrupa	2007		
Fayanslar (Duvar, Zemin ve Porselen)	Toplam		75 - 366,7	5,24 - 7,1	Mısır	2016	<a href="http://ieeegypt.org/wp-content/uploads/2017/01/BM-Report-Ceramics.pdf">http://ieeegypt.org/wp-content/uploads/2017/01/BM-Report-Ceramics.pdf</a>	

### 3.4. TEKSTİL SEKTÖRÜ

Tekstil sanayisi, imalat sektöründeki en uzun ve en karmaşık sanayi zincirlerinden birisidir. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin çoğunluğunun hâkim olduğu parçalı ve heterojen bir sektördür ve talep büyük ölçüde giyim, ev mefruşatı ve sanayi kullanımı olmak üzere üç temel son kullanım grubundan kaynaklanmaktadır.

Tekstil ve giyim zinciri, hammadde üretiminden (suni elyaflar) yarı işlenmiş malzemelere (apre süreci dahil iplikler, dokuma ve örme kumaşlar) ve nihai/tüketim ürünlerine kadar tüm üretim döngüsünü kapsayan çok sayıda alt sektörden oluşmaktadır.

Sektörün karmaşıklığı, dahil olan farklı faaliyetler için net bir sınıflandırma sistemi ve enerji kıyaslama süreci için gereken güvenilir temsili verileri bulmanın zorluğuna da yansımıştır.

AB araştırma uygulamasının ardından, “Özgül su tüketimi, m<sup>3</sup>/ton işlem görmüş tekstil” ve “Özgül enerji tüketimi, kWh/ton işlem görmüş tekstil” göstergelerine ait sonuçlar aşağıdaki Tablo 5’te ana prosesler için sunulmaktadır.

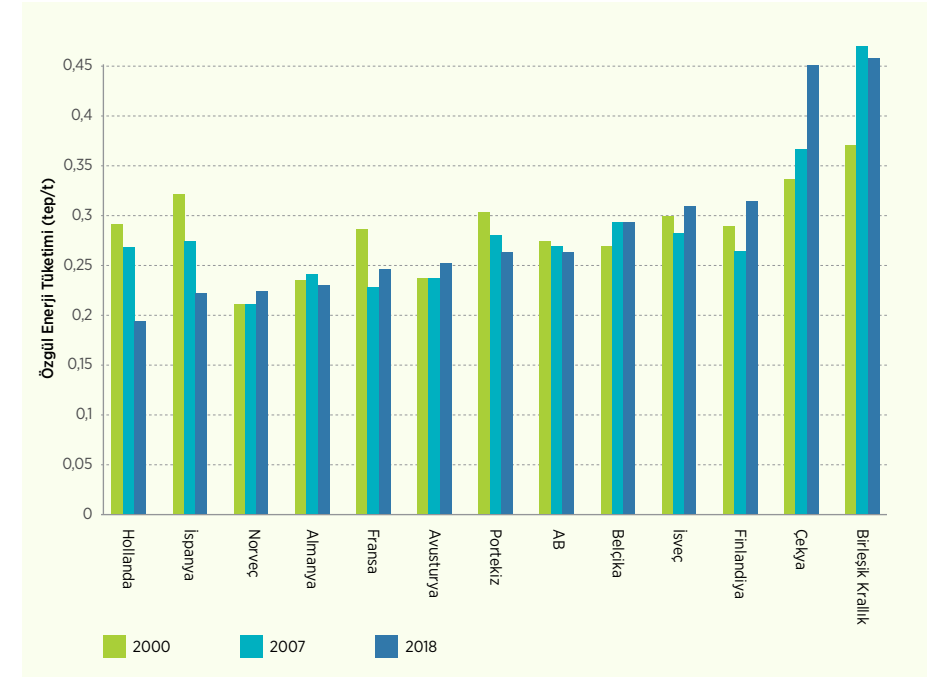
Öncelikle, tekstil işlemlerinden bazıları, iç mekânda özel iklim koşulları gerektirmektedir. Kıyaslamaya ilişkin güvenilir bir veri tabanı elde etmek için, enerji tüketiminin, dış iklim koşullarına bağlı olan kısmının “normalleştirilmesi” gereklidir. Genellikle, enerjinin bu kısmı, yıllık tüketimin %25 ila 27’sine ulaşabilir.

Tablo 5: Tekstil Sektörünün Proseslerine İlişkin Göstergeler<sup>2</sup>

Proses Adı	Özgül Su Tüketimi (kWH/ton)		Özgül Enerji Tüketimi (kWH/ton)		
	Maksimum	Minimum	Minimum	Maksimum	
Sentetik Elyafın Yıkanması	1	80	129	5.069	
İplik Yakma			25	1.030	
Haşıl Sökme	1	80	109	3.500	
Merserizasyon	1	61	243	7.406	
Pişirme	1	43	5	13.117	
Ağartma	1	130	29	3.545	
Boyama	Toplu Boyama	1	365	1	12.218
	Kesintisiz Boyama	0	110	2051	42.459
Baskı	13	934	41	9.120	
Apre	Toplu Apre	0	148	42	12.818
	Kesintisiz Apre	0	148	29	12.818
Kaplama			228	5.970	
Isıl İşlem			120	8.800	

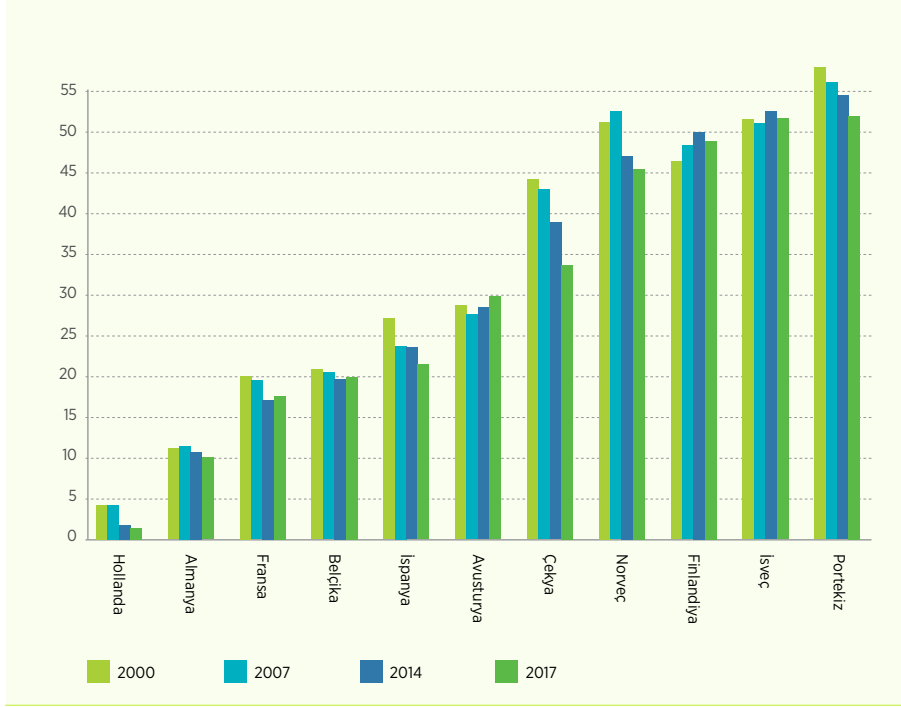
### 3.5. SELÜLOZ VE KÂĞIT SEKTÖRÜ

Selüloz ve kâğıt imalatı sektöründeki ana proseslerin göstergeleri bu bölümde verilmektedir. Bu değerler, farklı ülkelerdeki selüloz ve kâğıt işletmelerinin kıyaslama değerlerine ilişkin çeşitli yayınlarda bulunmaktadır ve selüloz, kâğıt veya entegre selüloz ve kâğıt üretimine ilişkin sanayi birimlerini kıyaslamak için kullanılabilirler. Özgül enerji tüketimi, büyük ölçüde, selüloz ve kâğıt yapım proseslerine bağlıdır. Avrupa Birliği'nden bir özet için lütfen aşağıdaki Şekil 4 ve 5'e bakınız. Diğer kaynaklardan daha fazla bilgi Ek 3'te verilmektedir.



Şekil 4: Özgül Enerji Tüketimi (tep/t) - Kaynak: Odyssee - Mure Veri Tabanı (<https://www.odyssee-mure.eu/>)

2: Tekstil Sanayisi İçin Mevcut En İyi Teknikler (MET) Referans Belgesi. ORTAK ARAŞTIRMA MERKEZİ, Büyüme ve İnovasyon Direktörlüğü, Döngüsel Ekonomi ve Sanayi Liderlik Birimi. Avrupa IPPC Bürosu. Aralık 2019. <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>



Şekil 5: AB ülkelerinde Hamur/Kâğıt Üretimi Oranı- Kaynak: Odyssee- Mure Veri Tabanı (<https://www.odyssee-mure.eu/>)

### 3.6. ŞEKER SEKTÖRÜ

Şeker pancarının şeker içeriği, mahsulden mahsule önemli ölçüde değişmektedir ve şeker fabrikalarında mahsuldeki şekerin tamamı çıkarılmaz. Bu nedenle, şeker sanayisindeki enerji tüketimi, tipik olarak, üretilen şeker miktarı birimi başına yerine şeker pancarı (veya Brezilya ve Hindistan gibi ülkelerde şeker kamışı) olan birincil hammaddenin birim miktarı başına şeklinde ifade edilir. Pancarın şeker içeriği, büyüme koşullarına bağlı olarak yaklaşık %12 ila %21 arasında değişir ve analizde genellikle %17 olarak alınır. Tipik bir şeker fabrikası şeker içeriğinin yaklaşık %85'ini çeker ve bu nedenle tipik şeker verimi %14,5 olur. Ancak şeker sanayisindeki özgül enerji tüketimi, tipik olarak, şeker pancarının birim kütlesi başına ifade edildiğinden, şeker içeriği, fabrikaların enerji verimliliği seviyelerini etkilemez.

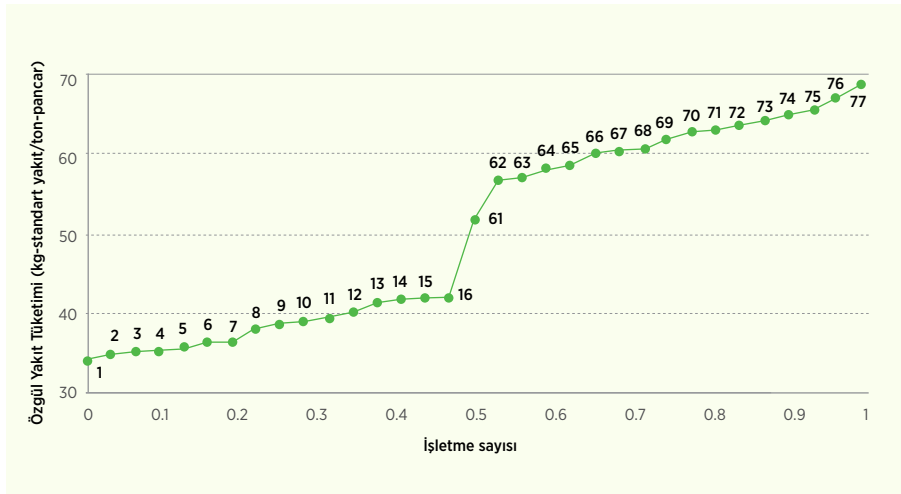
Tipik bir şeker fabrikasının elektrik tüketim miktarı, ton pancar başına 17- 29 kWh aralığındadır (küspenin kurutulması ve topaklanması dâhil) ve bu değer, ton pancar başına toplam enerji tüketiminin yaklaşık %10'una karşılık gelir. Jensen ve Morin<sup>3</sup>, Danimarka, Fransa ve Almanya'daki şeker pancarı fabrikaları için sırasıyla 17, 20 ve 25 kWh/ton-pancar elektrik tüketim değerleri vermektedir. Birçok şeker fabrikası, kojenerasyon kullanarak kendi elektriğini üretmekte ve hatta fazla elektriği şebekeye satmaktadır. Bu nedenle, şeker fabrikalarının enerji tüketiminin neredeyse tamamının, daha çok kazanlarda yakıt yakılarak elde edilen buhar olarak sağlanan ısı olduğu düşünülebilir. Sonuç olarak, bir şeker fabrikasının özgül enerji tüketimi, genellikle, kullanılan şeker pancarının birim miktarı başına özgül yakıt tüketimi (veya buna karşılık gelen kalorifik değer) olarak ifade edilir.

Bazen özgül enerji tüketimi, tüketilen proses buharının kütlesinin işlenen şeker pancarı kütlesine oranı olarak ifade edilir. Şeker pancarı fabrikalarının çoğu %20 ila %30 arasında buhar tüketimi ile çalışmaktadır. Yani 100 kg şeker pancarı işlemek için 20 ila 30 kg buhar tüketirler. Bu oran, en iyi uygulama teknolojileri kullanılarak %15'e düşürülebilmektedir. Ayrıca, brüt kalorifik değer (7000 kcal/kg) kullanıldığında, tipik şeker fabrikaları için özgül enerji tüketimi azaltım oranı %25 olarak kabul edilebilir. Bu da 6 MJ/kg-şeker veya 0,87 MJ/kg-pancar'a (242 kWh/pancar) karşılık gelir. Küspenin kurutulması için tüketilen enerji, özgül enerji tüketimi miktarının %50'si kadar ek bir tüketim gerektirebilir (121 kWh/ton-pancar daha fazla tüketim). Böylece toplam özgül enerji tüketimi 363 kWh/ton-pancar değerine ulaşmaktadır. Ancak küspe kurutma, atık ısı ile gerçekleştirilebilir ve böylece enerji verimliliği tedbirleri uygulanarak 121 kWh/ton-pancar tasarruf edilebilir.

3: A. S. Jensen and B. Morin (2015). "Pancar şekeri üretiminde enerji ve çevre", Avrupa Şeker Teknolojisi Derneği, EŞTD Tutanakları Reims. <http://energy.eu/wp-content/uploads/2015/12/jensen-AS-ESST-reprint.pdf>

Şeker sanayisinde; enerji tüketiminin, brüt kalorifik değeri 7000 kcal/kg yakıt (8,14 kWh/kg-yakıt veya 29,3 MJ/kg-yakıt) eşittir) olan hayali bir standart yakıt tüketimi olarak ifade edilmesi yaygın bir uygulamadır.<sup>4</sup> Jensen ve Morin, eski teknolojiye sahip şeker pancarı fabrikalarının özgül enerji tüketimini, küspe kurutma hariç 250-300 kWh/ton-pancar aralığında verirken, tamburlarda buharla küspe kurutma işlemi için ise 98 kWh/ton-pancar olarak belirtmektedirler. Tamburlarda buharla küspe kurutma işlemi için 98 kWh/ton-pancar değerini belirtmektedirler. En iyi uygulama teknolojisine (EUT) sahip bir şeker pancarı fabrikasının özgül enerji tüketiminin, küspe kurutma hariç 170 kWh/ton-pancar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, mevcut en iyi teknoloji (MET) ile bu değerin, küspe kurutma da dâhil olmak üzere, EUT özgül enerji tüketim değerinin neredeyse yarısı olan 140-150 kWh/ton-pancara düşürülebileceğini belirtmektedirler.

M. Maslikov<sup>5</sup>, 2012 yılında, Ukrayna'da genellikle ağustos ayında başlayan ve yılda 30 ila 100 gün arasında faaliyet gösteren 35 adet şeker pancarı fabrikasından (mevcut 77 fabrika arasından) alınan verileri kullanarak, UNIDO sponsorluğunda enerji verimliliği kıyaslama çalışması yürütmüştür. Pancarın şeker içeriğinin %17,5 olduğu Ukrayna şeker sektörü için kıyaslama eğrisi aşağıda gösterilmekte olup, fabrika numaraları eğri üzerinde işaretlenmiştir. Özgül enerji tüketimi kg-standart yakıt/ton-pancar (1 kg yakıt = 7000 kcal = 8,14 kWh = 29,3 MJ) cinsinden verilmiştir.



Şekil 6: Ukrayna'da Şeker Pancarı Sanayisi Kıyaslama Eğrisi

4: Phil Thompson (1999; Sugar Knowledge International Ltd, Birleşik Krallık). Şeker fabrikalarında Enerji Tüketiminin azaltılması: Avrupa deneyimi ve bunun Kuzey Amerika'da uygulanması, Amerika Şeker Pancarı Teknolojileri Derneği Toplantısı, 1999. <https://www.sucrose.com/energy.html#assbt>

5: M. Maslikov (2012). "Ukrayna'nın (Tarım) Sanayi Sektörünün Şeker Alt Sektöründe Enerji Verimliliği Kıyaslaması", Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO). <https://open.unido.org/>

Bu kıyaslama eğrisinden, Ukrayna'daki şeker pancarı sanayisinin enerji verimliliği göstergeleri şöyle tanımlanmıştır:

- En verimli kuruluş (Ukrayna'daki MET): 34,3 kg-yakıt/ton-pancar = 279 kWh/ton-pancar
- En az verimli kuruluş: 68,9 kg-yakıt/ton-pancar = 561 kWh/ton-pancar
- En iyi uygulama teknolojisi (Ukrayna'daki EUT): 36,0 kg-yakıt/ton-pancar = 293 kWh/ton-pancar
- Ukrayna sektör ortalaması: 48,1 kg-yakıt/ton-pancar = 392 kWh/ton-pancar

Yani, özgül enerji tüketimi 279 ila 561 kWh/ton-pancar arasında değişmekte olup, ortalama değeri 392 kWh/ton-pancardır. Ukrayna'daki şeker sanayisi işletmelerinin kendi elektrik üretim kapasiteleri olduğundan ve kendi elektrik ihtiyaçlarını kendileri karşıladığından, elektrik için ayrı bir analiz yapılmamıştır. Bu nedenle elektrik tüketimi yakıt tüketim dengesine dâhil edilmiştir.

Şeker pancarı fabrikaları arasındaki farklılıklar şunlara isnat edilmiştir: (1) İşletmelerdeki çeşitli ısı tedarik sistemleri, (2) İşleme ve enerji üreten ekipmanların farklı yaş ve teknolojik verimliliğe sahip olması, (3) İkincil ısı kaynaklarının (sıcak kondansatların ısı, buharlar, vb.) kullanımındaki farklı dereceler, (4) Tedarik edilen hammaddelerin miktarına bağlı olarak farklı üretim sezonu uzunlukları, (5) Farklı hammadde (şeker pancarı) kalitesi, (6) Farklı işletme personeli nitelikleri, (7) Fabrika üst yönetimlerinin enerji tasarrufu konusundaki kararlılığındaki farklılıklar.

Salih M. Abdel-Samad<sup>6</sup> tarafından, buharlaştırıcı ünitelerin veya takviye buharlaştırıcı sistemlerinin, Şeker Pancarı Fabrikalarındaki enerji tasarrufu üzerindeki etkisinin incelendiği ilginç bir çalışma yapılmış ve sunulmuştur.

6: Saleh M. Abdel-Samad, Ali K. Abdel-Rahman ve Mohamed M. El-Tabakh (2012). "Plakalı Buharlaştırıcı Ünite veya Takviye Buharlaştırıcı Sistem Ekleme Suretiyle Şeker Pancarı Fabrikalarında Enerji Tasarrufu", Değişen Siyasi ve Ekonomik Ortamda Dünya Şeker Ekonomisinin Yeni Rolü Uluslararası Konferansı, 10-13 Kasım 2012, Aswan, Mısır. [http://www.aun.edu.eg/sugar\\_tec\\_institute/Arabic/conf\\_2012/pdf\\_posters/P\\_%203.pdf](http://www.aun.edu.eg/sugar_tec_institute/Arabic/conf_2012/pdf_posters/P_%203.pdf)



### 3.7. CAM SEKTÖRÜ

Camın türüne ve üretim sürecine bağlı olarak, üretim sürecinde ihtiyaç duyulan enerjinin yaklaşık %85'i eritme işlemi için kullanılmaktadır. Burada, kayıtlı hammadde ve cam kırığı partisi, 1.450 °C ile 1.650 °C sıcaklığa kadar ısıtılmalıdır.

Düz camın üretimi ve işlenmesinde, münferit enerji yoğun prosesler, ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Düz cam üretim sürecinde, esas olarak, erimiş camın 600 °C ile 1.100 °C'ye ısıtılmış bir kalay banyosuna aktığı, yüzdürme adı verilen bir proses kullanılır. İhtiyaç duyulan termal enerjinin büyük çoğunluğu (%89), 500 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısı sağlamak için gereklidir.

Hammaddelerin ve geri dönüştürülmüş atık camın bileşimi, gerekli eritme enerjisi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğundan "parti hazırlama" adlı proses aşaması da analiz edilir. Cam kap, düz cam ve cam elyafların şekillendirme süreci, proses teknolojisi bakımından birbirinden çok farklıdır ve bu nedenle bunlar ayrı ayrı değerlendirilir. Üretilen bir ton camın özgül enerji gereksinimi, büyük ölçüde eritme tankının eritme kapasitesine ve dolayısıyla doğrudan, eritme fırınındaki eriyik bekleme süresine bağlıdır. İstenen cam kalitesi ne kadar yüksekse, camın tamamen saflaştırılmasını ve homojenleştirilmesini sağlamak için cam eriyiğinin ince eritme aralığında o kadar uzun süre kalması gerekir. Sektörde tipik olarak kullanılan eritme tankları düşünüldüğünde, özel cam için olan eritme tankı ile düz cam için olan eritme tankında bekleme süreleri cam kap için gerekli bekleme süresinin sırasıyla 4 ve 2 katıdır. Cam kap tanklarındaki ortalama eriyik cam bekleme süresi yaklaşık 12 saattir.

Cam sektörünün ana proseslerine yönelik göstergeler Tablo 6'da sunulmaktadır. Eritme işleminin önem arz etmesi nedeniyle, eritme işlemine dair özgül enerji tüketimi ve diğer proseslere dair özgül enerji tüketimi olmak üzere iki endeks oluşturulmalıdır.

**Tablo 6: Cam Sektörü için Ana Proseslerin Göstergeleri<sup>7</sup>**

Ürün	Kısmi Proses	Elektrik [GJ/tcam]	Yakıtlar [GJ/tcam]	Toplam [GJ/tcam]	Toplam [PJ/a]
Cam kap		1,4	5,8	7,2	28.656
	Eritme	0,5	4,9	5,4	
	Diğer Prosesler	0,9	0,9	1,8	
Düz cam		3,3	9,3	12,6	27.002
	Eritme	0,7	7,9	7,7	
	Diğer Prosesler	2,6	1,4	2,8	
Cam fiber		1,8	7,1	8,9	3.106
	Eritme	0,6	7,0	5,4	
	Diğer Prosesler	1,2	0,1	1,3	
Özel cam		5,0	11,5	16,5	5.150
	Eritme	2,0	11,2	13,2	
	Diğer Prosesler	3,0	0,3	3,2	
<b>Toplam</b>		-	-	-	<b>63.914</b>

Tablo 7'de Karıştırma ve Şekillendirme Proseslerine ilişkin göstergeler sunulmaktadır.

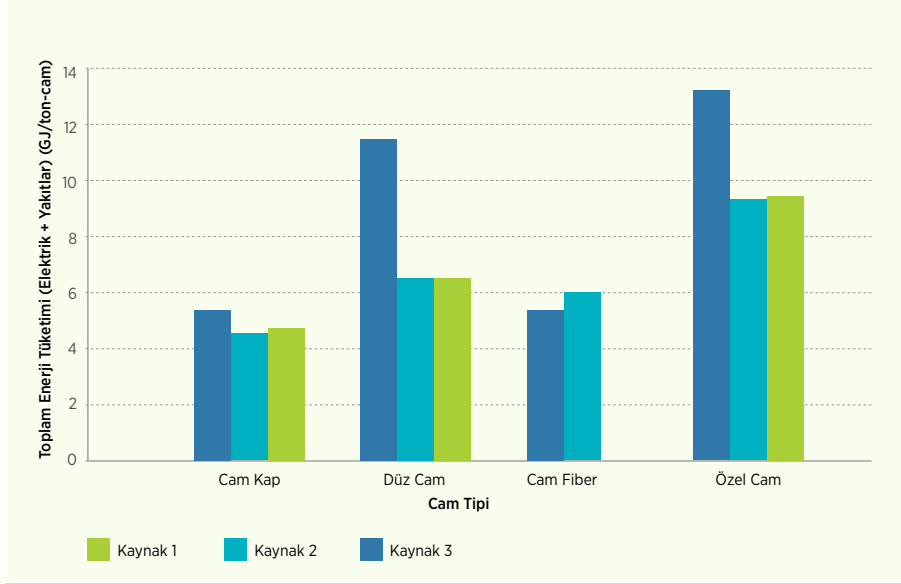
**Tablo 7: Karışım ve Şekillendirme İşlemlerinin Göstergeleri<sup>8</sup>**

Ürün	Karıştırma için Özgül Enerji Tüketimi [GJ/tcam]	Karıştırma için Toplam Enerji Tüketimi [PJ/a]	Şekillendirme için Özgül Enerji Tüketimi [GJ/tcam]	Şekillendirme için Toplam Enerji Tüketimi [PJ/a]
Cam kap	0,17	0,682	1,03	4,09
Düz cam	0,04	0,092	0,13	0,28
Cam fiber	0,195	0,068	0,26	0,09
Özel cam	0,17	0,054	2,25	0,70
<b>Toplam</b>	-	0,897	-	5,16

7: Fleiter, Tobias (Hrsg.) (2013): „Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen industrieller Prozesstechnologien: Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente“, Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2013

8: Scalet, Bance Maria u. a. (2013): Cam İmalat Sektöründe Kullanılabilen En İyi Teknikler Hakkında Referans Belgesi

Ayrıca, eritme prosesi için cam türüne göre özgül enerji tüketimi Şekil 7'de sunulmaktadır. Bu şekil, üç farklı kaynaktan<sup>9</sup> elde edilen değerleri içermektedir.



Şekil 7: Eritme Prosesi için Cam Türüne Göre Özgül Enerji Tüketimi

Ayrıca, mevcut enerji verimliliği tedbirlerinin/tekniklerinin uygulanması ile elde edilen tipik özgül enerji tüketimi değerleri, Ek 4'te verilmektedir.

9: Kaynak 1: Fleiter, Tobias (Hrsg.) (2013): „Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen industrieller Prozess-technologien: Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente“, Stuttgart: Fraunhofer-Verl., 2013

Kaynak 2: B. Fleischmann, Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glasindustrie e.V., "HVG-Mitteilung", Offenbach am Main

Kaynak 3: Schaeffer, Helmut A./Langfeld, Roland (2014): "Werkstoff Glas: Alter Werkstoff mit großer Zukunft", Berlin: Springer Vieweg, 2014

## EKLER

### EK I. ÇİMENTO SEKTÖRÜ

#### Çimento Üretiminde Çeşitli Uluslararası Enerji Verimliliği Göstergelerine Genel Bakış:

Tablo 8: Çimento Sektörü için Enerji Verimliliği

Adım	Proses Adı	Özgül Elektrik Tüketimi kWh/t	Özgül Isıl Enerji Tüketimi MJ/t	Bölge	Çalışma Yılı	Yayın Kaynağı
Hammadde hazırlama	Ön harmanlama	0,7		Uluslararası en iyi uygulama /	2013	<a href="https://ies.lbl.gov/sites/all/files/6328e_industry_energy_benchmarking_june_.2013.pdf">https://ies.lbl.gov/sites/all/files/6328e_industry_energy_benchmarking_june_.2013.pdf</a>
	Kırma	0,38				
	Öğütme	11,45				
	Homojenizasyon	0,1				
Yakıt hazırlama	Yakıt öğütme ve hazırlama	18,6				
Katkı maddesi hazırlama (Sadece Puzolan çimentosu gibi özel çimento türleri için)	Katkı maddesi kurutma		250			
	Yüksek fırın cürufu öğütme ve harmanlama	38				
	Uçucu kül öğütme ve harmanlama	20				
	Doğal Puzolan öğütme ve harmanlama	20				
Fırın sistemi	Klinker yapımı (Ön-ısıtıcı prekalsinasyon fırını, fırın ve klinker soğutucuyu içerir)	22,5	2.850			
Son öğütme	tip ve sınıfa bağlı olarak öğütme	23 - 35				
Diğer üretim enerjisi	Yardımcı prosesler	4				
Diğer üretim enerjisi	Konveyörler	1,5				
Çimentoya kadar toplam	Çimentoya kadar bütün aşamalar (katkı maddesi hazırlığı olmadan)	82,2 - 94,2	2.850	/		

Hammadde hazırlama	Hammadde hazırlamadaki bütün aşamalar	21,85		İran	2016	İran'da Çimento Sanayisinin Enerji Kullanımının ve CO2 Emisyonlarının Enerji Kıyaslaması ve Projeksiyonu, Unido, Envidatec
Klinker yapımı	Klinker yapımındaki bütün aşamalar	33,25	3.480			
Çimento Öğütme	Son öğütme	38,47				
Çimentoya kadar toplam		93,57	3.480			
Klinker üretimindeki bütün aşamalar	Klinker üretimi		3.400	Dünya ortalaması	2018	<a href="https://www.iea.org/reports/cement">https://www.iea.org/reports/cement</a>
Klinker üretimindeki bütün aşamalar	Klinker üretimi	88,11		Dünya ortalaması	2018	<a href="https://www.iea.org/reports/cement">https://www.iea.org/reports/cement</a>
Klinker üretimindeki bütün aşamalar	Klinker üretimi	41,67	2.790	MET	2010	Unido
Klinker üretimindeki bütün aşamalar	Klinker üretimi	52,37	3.290	Çin Şantung eyaleti en iyi değer	2009	<a href="https://www.osti.gov/servlets/purl/974444">https://www.osti.gov/servlets/purl/974444</a>
Klinker üretimindeki bütün aşamalar	Klinker üretimi	96,16	4.250	Çin Şantung eyaleti en kötü değer	2009	<a href="https://www.osti.gov/servlets/purl/974444">https://www.osti.gov/servlets/purl/974444</a>
Klinker üretimindeki bütün aşamalar	Klinker üretimi	49,77	2.885	Hindistan'ın en iyi 3 tesisinin ortalaması	2014	<a href="http://www.greenbusinesscentre.com/site/ci">http://www.greenbusinesscentre.com/site/ci</a>
Son öğütme	Çimento öğütme	21,00		Hindistan çimento öğütme için en iyi özgül enerji tüketimi		
Son öğütme	Öğütme çimento 325	16,67		MET	2010	Unido
Çimentodaki bütün aşamalar	Çimento üretimi	111,00	3.677	AB 27 Ortalaması	2006	<a href="https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/euro-scientific-and-technical-research-reports-energy-efficiency-and-co2-emissions-prospective-scenarios-cement-industry">https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/euro-scientific-and-technical-research-reports-energy-efficiency-and-co2-emissions-prospective-scenarios-cement-industry</a>
	Yaş: Fırın Besleme Hazırlama	29,78		ABD	1999	Çimento Yapımında Enerji Verimliliği İyileştirme ve Maliyet Tasarrufu İmkanları Ernst Worrell ve Christina Galitsky.
	Yaş: Klinker Üretimi	43,02	6.978	ABD	1999	
	Yaş: Son Öğütme	62,87		ABD	1999	
	Kuru: Fırın Besleme Hazırlama	41,91		ABD	1999	
	Kuru: Klinker Üretimi	49,64	4.652	ABD	1999	
	Kuru: Son Öğütme	57,36		ABD	1999	
/	Fiziksel Optimum		1.700	ABD	1999	

Aşağıdaki tabloda, Çimento Sanayisi için UNIDO 2010'un özeti sunulmaktadır.

Tablo 9: Çimento Sanayisi için Enerji Performans Göstergelerine Genel Bakış (UNIDO, 2010)

Kıyaslama Ölçütü (KÖ)	Seçilmiş Sanayi Ülkeleri	Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkeler	Küresel Ortalama	Mevcut En İyi Teknoloji (BAT)	Uluslararası BM (en düşük EEI)	Son Onda Birlikteki Tesis veya Bölge	En Kötü Tesis veya Bölge
GJ/t klinker	3,3-4,2	3,1-6,2	3,5	2,9	3,0	4,4	6,6
kWh/t çimento	109 - 134	92-121	HB	56	88	133	144
GJ/t çimento (toplam enerji)	-	-	-	2,92	3,02	-	-

Aşağıdaki tabloda Çimento Sanayisi için uluslararası MET rakamları özeti sunulmaktadır. (UNIDO 2010)

Tablo 10: Termal Enerji, Elektrik Enerjisi ve Toplam Enerji Tüketimi için Uluslararası MET

Üretim Prosesleri	Portland Çimentosu (GJ/t)
Hammadde Hazırlama:	Elektrik
	0,07
Klinker Üretimi	Yakıt
	2,79
	Elektrik
	0,08
Son Öğütme CEM 32,5	Elektrik
	0,06
Özgül Termal Enerji Tüketimi (GJ/t çimento)	
	2,71
Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi (GJ/t çimento)	
	0,21
Özgül Enerji Tüketimi (GJ/t çimento)	
	2,92

## EK II - DEMİR-ÇELİK SEKTÖRÜ

### Demir ve Çelik Üretiminde Çeşitli Uluslararası Enerji Verimliliği Göstergelerine Genel Bakış<sup>10</sup>

Tablo 11: Demir-Çelik Sektörü için Enerji Verimliliği Göstergeleri

Proses	Alt Proses	Yüksek Fırın - Bazik Oksijen Fırını		İzabe İndirgeme - Bazik Oksijen Fırını		Doğrudan İndirgenmiş Demir - Elektrik Ark Fırını		Hurda Malzeme - Elektrik Ark Fırını	
		GJ/t	kgce/t	GJ/t	kgce/t	GJ/t	kgce/t	GJ/t	kgce/t
Malzeme Hazırlama	Sinterleme	1,9	65,2			1,9	65,2		
	Peletleme			0,6	19,0	0,6	19,0		
	Koklaştırma	0,8	28,6						
Demir Yapımı	Yüksek Fırın	12,2	414,9						
	İzabe İndirgeme			17,3	591,6				
	Doğrudan İndirgenmiş Demir					11,7	399,6		
Çelik Yapımı	Bazik Oksijen Fırını	-0,4	-15,4	-0,4	-15,4				
	Elektrik Ark Fırını					2,5	85,6	2,4	80,6
	Rafinasyon	0,1	4,3	0,1	4,3				
Döküm ve Haddeleme	Sürekli Döküm	0,1	2,0	0,1	2,0	0,1	2,0	0,1	2,0
	Sıcak Haddeleme	1,8	62,5	1,8	62,5	1,8	62,5	1,8	62,5
<b>Ara Toplam</b>		<b>16,5</b>	<b>562,2</b>	<b>19,5</b>	<b>664,0</b>	<b>18,6</b>	<b>633,9</b>	<b>4,3</b>	<b>145,1</b>
Soğuk Haddeleme ve Bitirme	Soğuk Haddeleme	0,4	13,7	0,4	13,7				
	Apré	1,1	38,1	1,1	38,1				
<b>Toplam</b>		<b>18,0</b>	<b>613,9</b>	<b>21,0</b>	<b>715,8</b>	<b>18,6</b>	<b>633,9</b>	<b>4,3</b>	<b>145,1</b>
Alternatif: Döküm ve Haddeleme	Sürekli Döküm ve Haddelemeyi İnce Levha Dökümü ile Değiştirin	0,2	6,9	0,2	6,9	0,2	6,9	0,2	6,9
<b>Alternatif Toplam</b>		<b>14,8</b>	<b>504,5</b>	<b>17,8</b>	<b>606,4</b>	<b>16,9</b>	<b>576,2</b>	<b>2,6</b>	<b>87,5</b>

10: Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı- Seçilmiş Sanayi Sektörleri için Dünyadaki En İyi Uygulama Enerji Yoğunluğu Değerleri <https://escholarship.org/content/qt77n9d4sp/qt77n9d4sp.pdf>

## EK III- SELÜLOZ VE KAĞIT SEKTÖRÜ

### Dünyadaki En İyi Uygulama Enerji Yoğunluğu Değerleri

Tablo 12: Bağımsız Selüloz Fabrikaları için Dünyadaki En İyi Uygulamalarda Enerji Yoğunluğu Değerleri (değerler hava kurutmalı metrik ton [adt] başınadır)<sup>11 12</sup>

Hammadde	Ürün	Proses adı	Buhar için Yakıt Kullanımı		İhraç Edilen Buhar		Elektrik Kullanım	Üretilen Elektrik	Toplam	
			GJ/adt	kgce/adt	GJ/adt	kgce/adt			GJ/adt	kgce/adt
Odun Dışı	Piyasa Tipi Selüloz	Selüloz Yapımı	10,5	358	-4,2	-143	400		7,7	264
Odun	Piyasa Tipi Selüloz	Kraft	11,2	382			640	-655	11,1	380
		Sülfite	16	546			700		18,5	632
		Termo Mekanik			-1,3	-45	2190		6,6	224
Kâğıt	Geri Kazanılmış Selüloz		0,3	10			330		1,5	51

kgce: Eşdeğer kilogram kömür adt: hava kurutmalı metrik ton

Tablo 13: Bağımsız Selüloz Fabrikaları için Dünyadaki En İyi Uygulamalarda Enerji Yoğunluğu Değerleri (değerler hava kurutmalı metrik ton [adt] başınadır)<sup>13 14</sup>

Hammadde	Ürün	Proses adı	Buhar için Yakıt Kullanımı		İhraç Edilen Buhar		Elektrik Kullanımı	Üretilen Elektrik	Toplam	
			GJ/adt	kgce/adt	GJ/adt	kgce/adt			GJ/adt	kgce/adt
Odun Dışı	Piyasa Tipi Selüloz	Selüloz Yapımı	10,5	358	-4,2	-143	1212		10,7	364
Odun	Piyasa Tipi Selüloz	Kraft	11,2	382			1939	-1985	11,0	377
		Sülfite	16	546			2121		23,6	807
		Termo Mekanik			-1,3	-45	6636		22,6	770
Kâğıt	Geri Kazanılmış Selüloz		0,3	10			1000		3,9	133

Not: Birincil enerji, %67 oranında elektrik üretim, iletim ve dağıtım kayıpları içermektedir.

(Kaynak: Ernest Orlando Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı – Şubat 2008)

11: IPPC, 2001. Selüloz ve Kâğıt Sanayisindeki Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Entegre Kirlilik Ölçme & Kontrolü Avrupa Komisyonu, Brüksel/Sevilla, 2001.

12: Francis, D.W., M.T. Towers, T.C. Browne. 2002. Selüloz ve Kâğıt Sanayisinde Enerji Maliyeti Azaltma: Enerji Kiyaslama Perspektifi. Ottawa: Kanada Tabii Kaynaklar Yönetim Departmanı (NRCan)

13: IPPC, 2001. Selüloz ve Kâğıt Sanayisindeki Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Entegre Kirlilik Ölçme & Kontrolü Avrupa Komisyonu, Brüksel/Sevilla, 2001

14: Francis, D.W., M.T. Towers, T.C. Browne. 2002. Selüloz ve Kâğıt Sanayisinde Enerji Maliyeti Azaltma: Enerji Kiyaslama Perspektifi. Ottawa: Kanada Tabii Kaynaklar Yönetim Departmanı (NRCan)

**Tablo 14: Bağımsız Kâğıt Fabrikaları için Dünyadaki En İyi Uygulamalarda Enerji Yoğunluğu Değerleri (değerler hava kurutmalı metrik ton başınadır).<sup>15 16 17</sup>**

Hammadde	Ürün	Proses adı	Buhar için Yakıt Kullanımı		Elektrik Kullanımı kWh/adt	Toplam	
			GJ/adt	kgce/adt		GJ/adt	kgce/adt
Selüloz	Kaplanmamış İnce Kâğıt (odun içermeyen)	Kâğıt Makinesi	6,7	229	640	9,0	307
	Kaplanmış İnce Kâğıt (odun içermeyen)	Kâğıt Makinesi	7,5	256	810	10,4	355
	Gazete Kâğıdı	Kâğıt Makinesi	5,1	174	570	7,2	244
	Karton	Kâğıt Makinesi	6,7	229	800	9,6	327
	Kraftliner	Kâğıt Makinesi	5,9	201	535	7,8	267
	Kâğıt Mendil (Tissue)	Kâğıt Makinesi	6,9	235	1.000	10,5	358

**Tablo 15: Bağımsız Kağıt Fabrikaları için Dünyadaki En İyi Uygulamalarda Enerji Yoğunluğu Değerleri (değerler hava kurutmalı metrik ton başınadır).<sup>18 19 20</sup>**

Hammadde	Ürün	Proses adı	Buhar için Yakıt Kullanımı		Elektrik Kullanımı kWh/adt	Toplam	
			GJ/adt	kgce/adt		GJ/adt	kgce/adt
Selüloz	Kaplanmamış İnce Kâğıt (odun içermeyen)	Kâğıt Makinesi	6,7	229	1.939	13,7	467
	Kaplanmış İnce Kâğıt (odun içermeyen)	Kâğıt Makinesi	7,5	256	2.455	16,3	558
	Gazete Kâğıdı	Kâğıt Makinesi	5,1	174	1.727	11,3	386
	Karton	Kâğıt Makinesi	6,7	229	2.424	15,4	527
	Kraftliner	Kâğıt Makinesi	5,9	201	1.621	11,7	401
	Kâğıt Mendil (Tissue)	Kâğıt Makinesi	6,9	235	3.030	17,8	608

Not: Birincil enerji, %67 oranında elektrik üretim, iletim ve dağıtım kayıpları içermektedir.

15: IPCC. 2001. Selüloz ve Kâğıt Sanayindeki Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Entegre Kirlilik Önleme & Kontrolü Avrupa Komisyonu, Brüksel/Sevilla, 2001

16: Karlsson, M., 2005. Hollanda Yenilik Dönüşümü, Küçük/Büyük Kağıt/Karton Makinesi Kavramları, Otomasyonu. Hollanda Kraliyet Kâğıt ve Karton Sınai Birliği (VNP) Toplantısında Yapılan Sunum, Beekbergen, Hollanda, 23 Şubat 2005

17: Francis, D.W., M.T. Towers, T.C. Browne. 2002. Selüloz ve Kâğıt Sanayinde Enerji Maliyeti Azaltma: Enerji Kıyaslama Perspektifi. Ottawa: Kanada Tabii Kaynaklar Yönetim Departmanı (NRCan)

18: IPCC. 2001. Selüloz ve Kâğıt Sanayindeki Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Entegre Kirlilik Önleme & Kontrolü Avrupa Komisyonu, Brüksel/Sevilla, 2001

19: Karlsson, M., 2005. Hollanda Yenilik Dönüşümü, Küçük/Büyük Kağıt/Karton Makinesi Kavramları, Otomasyonu. Hollanda Kraliyet Kâğıt ve Karton Sınai Birliği (VNP) Toplantısında Yapılan Sunum, Beekbergen, Hollanda, 23 Şubat 2005

20: Francis, D.W., M.T. Towers, T.C. Browne. 2002. Selüloz ve Kâğıt Sanayinde Enerji Maliyeti Azaltma: Enerji Kıyaslama Perspektifi. Ottawa: Kanada Tabii Kaynaklar Yönetim Departmanı (NRCan)

**Tablo 16: Entegre Selüloz ve Kâğıt Fabrikaları için Dünyadaki En İyi Uygulamalarda Enerji Yoğunluğu Değerleri (değerler hava kurutmalı metrik ton başınadır).<sup>21 22</sup>**

Hammadde	Ürün	Proses adı	Buhar için Yakıt Kullanımı		Elektrik kWh/adt	Toplam	
			GJ/adt	kgce/adt		GJ/adt	kgce/adt
Odun	Ağartılmış Kaplanmamış İnce Kâğıt	Krall	14	478	1.200	18,3	625
	Kraftliner (ağartılmamış) ve Kâğıt Torba	Krall	14	478	1.000	17,6	601
	Ağartılmış Kaplanmış İnce Kâğıt	Sülfite	17	580	1.500	22,4	765
	Ağartılmış Kaplanmamış İnce Kâğıt	Sülfite	18	614	1.200	22,3	762
	Gazete Kâğıdı	TMP	-1,3	-44	2.200	6,6	226
	Dergi Kâğıdı	TMP	-0,3	-10	2.100	7,3	248
	Karton	%50 TMP	3,5	119	2.300	11,8	402
	Geri Kazanılmış Kâğıt	Karton (Mürekkepten arındırılmamış)		8	273	900	11,2
Gazete Kâğıdı (Mürekkepten arındırılmış)			4	137	1.000	7,6	259
Kâğıt Mendil (Tissue - Mürekkepten arındırılmış)			7	239	1.200	11,3	386

21: IPCC, 2001. Selüloz ve Kâğıt Sanayindeki Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Entegre Kirlilik Önleme & Kontrolü Avrupa Komisyonu, Brüksel/Sevilla, 2001

22: Francis, D.W., M.T. Towers ve T.C. Browne. 2002. Selüloz ve Kâğıt Sanayinde Enerji Maliyeti Azaltma - Enerji Kıyaslama Perspektifi NRCan, Ottawa, Ontario (ON), Kanada

**Tablo 17: Entegre Selüloz ve Kâğıt Fabrikaları için Dünyadaki En İyi Uygulamalarda Enerji Yoğunluğu Değerleri (değerler hava kurutmalı metrik ton başınadır).<sup>23 24</sup>**

Hammadde	Ürün	Proses adı	Buhar için Yakıt Kullanımı		Elektrik	Toplam	
			GJ/adt	kgce/adt		GJ/adt	kgce/adt
Odun	Ağartılmış Kaplanmamış İnce Kâğıt	Krall	14	473	3.636	27,1	925
	Kraftliner (ağartılmamış) ve Kâğıt Torba	Krall	14	478	3.030	24,9	850
	Ağartılmış Kaplanmış İnce Kâğıt	Sülfite	14	478	3.030	24,9	850
	Ağartılmış Kaplanmamış İnce Kâğıt	Sülfite	17	580	4.545	33,4	1139
	Gazete Kâğıdı	TMP	18	614	3.636	31,1	1061
	Dergi Kâğıdı	TMP	-1,3	-44	6.667	22,7	775
	Karton	%50 TMP	-0,3	10	6.364	22,6	772
Geri Kazanılmış Kâğıt	Karton (Mürekkepten arındırılmamış)		3,5	119	6.970	28,6	976
	Gazete Kâğıdı (Mürekkepten arındırılmış)		3	273	2.727	17,8	608
	Kâğıt Mendil (Tissue - Mürekkepten arındırılmış)		4	137	3.030	14,9	509

Not: Birincil enerji, %67 oranında elektrik üretim, iletim ve dağıtım kayıpları içermektedir.

## Kanada Selülozü ve Kâğıt Fabrikalarında Kullanılan Enerjinin Kıyaslaması (Kaynak: Kanada Enerji Koruma Sınai Programı, Kanada Doğal Kaynaklar- 2008)

**Tablo 18: Selüloz Üretim Bölgelerinde Elektrik Tüketimi**

Elektrik Tüketimi (kWh/ODt) <sup>25</sup>				
	Yüzde 25'lik Dilim	Medyan	Yüzde 75'lik Dilim	Modern
Odun Hazırlama	9,50	22,20	31,60	22,00
Kraft Selüloz Yapımı - Sürekli	150,50	179,50	221,30	161,00
Kraft Selüloz Yapımı - Toplu	134,90	169,30	230,50	161,00
Kraft Selüloz Yapımı - M&D	166,00	190,90	208,70	--
Kraft Buharlaştırıcı - Dolaylı Temas	0,00	15,70	30,60	33,00
Kraft Buharlaştırıcı - Doğrudan Temas	10,00	24,50	44,70	--
Kraft Yeniden Kostikleme	23,20	32,10	47,90	56,00
Kraft Ağartma - Yumuşak Odun	112,30	179,50	240,70	122,00
Kraft Ağartma - Sert Odun	117,10	143,90	237,50	--
Sülfite Selüloz Yapımı	226,50	766,40	1.358,80	--
Sülfirik Asit Tesisi	-	32,00	-	--
Mekanik Selüloz Yapımı - Gazete Kâğıdı için TMP	2.508,60	2.661,60	2.786,80	2.450,00 - 2.600,00
Mekanik Selüloz Yapımı - Kâğıt için TMP	2.586,60	2.943,20	3261,10	2.650,00 - 2.800,00
Mekanik Selüloz Yapımı - Taş Mekanik Odun Hamuru (SGW)	1.690,80	1.780,30	2.081,70	1.500,00 - 1.800,00
Mekanik Peroksit Ağartma	84,10	133,80	232,50	--
Geri Dönüşümlü Selüloz Yapımı	256,10	344,20	428,60	460,00

25: Özgül enerji; tüketilen elektriğin, üretilen elyafa bölümü veya fırın kurutmalı olarak ifade edilen bölgeye tahsis edilmesidir. Mekanik selüloz yapımı için kâğıt dereceleri - kâğıt için TMP, kaplanmamış odun özelliklerini ve baskı ve yazı kâğıdını içerir; selülozun bir kısmı gazete kâğıdı için de kullanılabilir

23: IPCC. 2001. Selüloz ve Kâğıt Sanayindeki Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgesi Entegre Kirlilik Önleme & Kontrolü Avrupa Komisyonu, Brüksel/Sevilla, 2001

24: Francis, D.W., M.T. Towers ve T.C. Browne. 2002. Selüloz ve Kâğıt Sanayinde Enerji Maliyeti Azaltma -- Bir Enerji Kıyaslama Perspektifi NRCan, Ottawa, ON, Canada.

**Tablo 19: Selüloz Üretim Bölgelerinde Termal Enerji Tüketimi**

Termal Enerji Tüketimi (GJ/ODt)*				
	Yüzde 25'lik Dilim	Medyan	Yüzde 75'lik Dilim	Modern
Odun Hazırlama	0,00	0,00	0,00	0,00
Kraft Selüloz Yapımı - Sürekli	2,43	2,94	3,81	2,20
Kraft Selüloz Yapımı - Toplu	4,33	4,94	5,64	3,50
Kraft Selüloz Yapımı - M&D	5,50	6,04	6,76	--
Kraft Buharlaştırıcı - Dolaylı Temas	5,03	5,91	7,06	3,20
Kraft Buharlaştırıcı - Doğrudan Temas	2,90	2,96	3,89	--
Kraft Yeniden Kostikleme	0,00	0,14	0,44	0,00
Kraft Ağartma - Yumuşak Odun	2,57	3,41	4,65	1,70
Kraft Ağartma - Sert Odun	1,62	2,33	3,37	--
Sülfite Selüloz Yapımı	4,11	5,00	6,48	--
Sülfirik Asit Tesisi	0,00	-	-	--
Mekanik Selüloz Yapımı - Gazete Kâğıdı için TMP	0,39	0,56	0,80	0,00
Mekanik Selüloz -TMP Kâğıt için	0,03	%0,67	0,93	0,00
Mekanik Selüloz Yapımı - Taş Mekanik Odun Hamuru (SGW)	0,00	0,00	0,00	0,00
Mekanik Peroksit Ağartma	0,00	0,00	0,13	0,00
Geri Dönüşümlü Selüloz Yapımı	0,00	0,11	0,44	0,00
* Özgül enerji; tüketilen termal enerjinin, üretilen elyafa bölümü veya fırın kurutmalı olarak ifade edilen bölgeye tahsis edilmesidir.				

**Tablo 20: Ürün İmalat Alanlarının Elektrik Tüketimi**

Elektrik Tüketimi (kWh/adt)*				
	Yüzde 25'lik Dilim	Medyan	Yüzde 75'lik Dilim	Modern
Kâğıt Makinesi - Gazete Kâğıdı	502,90	565,20	622,40	330,00
Kâğıt Makinesi - Kaplanmamış Odun	559,10	677,00	777,10	--
Kâğıt Makinesi - Baskı ve Yazı	595,80	662,50	706,70	550,00
Kâğıt Makinesi - Kraft Kâğıtları	823,90	1.021,50	1.108,80	--
Karton Makinesi	493,40	555,00	637,90	515,00
Selüloz Makinesi - Buhar Kurutucu	119,10	153,20	191,30	141,00
Selüloz Makinesi - Yaş Lepleme	67,20	71,20	100,90	--
Dönüştürme Operasyonu	57,50	87,20	129,10	--
*Özgül enerji, tüketilen elektriğin havada kurutulmuş olarak ifade edilen üretilen fibere bölünmesiyle elde edilir.				

**Tablo 21: Ürün İmalat Alanlarının Termal Enerji Tüketimi**

Termal Enerji Tüketimi (GJ/adt)*				
	Yüzde 25'lik Dilim	Medyan	Yüzde 75'lik Dilim	Modern
Kâğıt Makinesi - Gazete Kâğıdı	4,77	5,36	6,62	4,90
Kâğıt Makinesi - Kaplanmamış Odun	4,93	6,21	7,01	--
Kâğıt Makinesi - Baskı ve Yazı	5,74	6,32	8,31	5,10
Kâğıt Makinesi - Kraft Kâğıtları	8,47	9,10	9,11	--
Karton Makinesi	6,92	6,94	7,18	3,40
Selüloz Makinesi - Buhar Kurutucu	4,14	4,59	5,26	2,30
Selüloz Makinesi - Yaş Lepleme	0,00	0,00	0,00	--
Dönüştürme Operasyonu	0,00	0,00	0,00	--
* Özgül enerji; tüketilen termal enerjinin, üretilen elyafa bölümü veya hava kurutmalı olarak ifade edilen bölgeye tahsis edilmesidir.				

## EK IV - CAM SEKTÖRÜ

### Mevcut Enerji Verimliliği Tedbirlerinin/Tekniklerinin Uygulanması ile Elde Edilen Tipik Özgül Enerji Tüketimi Değerleri.<sup>26</sup>

Tablo 22: Enerji Verimliliği Önlemleri Uygulandıktan Sonra Tipik Özgül Enerji Tüketim Değerleri

Sektör	Fırın Tipi/Kapasitesi	Fırın Enerji Tüketimi (GJ/ton eritilmiş cam)	Toplam Enerji Tüketimi (GJ/ton nihai ürün)
<b>Cam Kap</b>			
Şişeler ve Kavanozlar	<100 t/d	5,5 - 7	<7,7
	>100 t/d	3,3 - 4,6	
	Elektrikli fırınlar	2,9 - 3,6	
Şişeleme	<100 t/d	7 - 9	<16
	>100 t/d	4,8 - 6	
<b>Düz Cam</b>			
	Tüm Kapasiteler	5 - 7	<8
<b>Sürekli Filament Cam Fiber</b>			
	Tüm Kapasiteler	7 -14	<20
<b>Ev Tipi Cam</b>			
	Konvansiyonel Fırınlar		< 100 t/d <sub>a</sub> kapasiteler için < 24 > 100 t/d kapasiteler için < 18
	<100 t/d <sub>a</sub>	6,7 - 9,5	
	>100 t/d	5 - 6	
	Elektrikli fırınlar <sub>b</sub>	3,4 - 4,3	
<b>Özel Cam</b>			
Tüm Ürünler	Elektrikli Fırınlar <sub>b</sub>	3,9 - 4,5	20 <
Soda-Kireç Camı	Konvansiyonel Fırınlar	5 - 10	
Borasilikat camı		10 - 15	
<b>Mineral yün</b>			
Cam Yünü	Tüm Kapasiteler	2,7 - 5,5	< 14
Taş Yünü	Tüm Kapasiteler	4,2 - 10	< 12
<b>Yüksek Sıcaklık Yalıtım Yünü</b>			
	Tüm Kapasiteler	6,5 - 16,5	< 20
<b>Cam Kırıntıları</b>			
	Oksijen Ateşlemeli Fırınlar	≤ 9	
	Hava/Yakıt ve Zenginleştirilmiş Hava/Yakıt Fırınları	≤ 13	

### NOTLAR:

- Değerler, eritme işlemine yönelik enerji tüketiminin 10 ila 30 GJ/ton-erilmiş cam aralığında olabileceği pot fırınlar veya günlük tanklarla donatılmış tesisleri kapsamamaktadır.
- Bildirilen veriler, kullanım noktasındaki enerjiyi ifade etmektedir ve birincil enerjiye göre düzeltilmemiştir.

Her ne kadar teorik minimum enerji kullanımı soda-kireç camı için 2,8 GJ/t ve borosilikat ve kristal cam için 2,35 GJ/t olsa da, pratikteki ortalama enerji kullanımı 5,75 ila 9 GJ/t arasında değişmektedir.

Cam fırınlarındaki enerji yoğunluğu, fırının boyutuna ve teknolojisine ve kullanılan cam kırığı miktarına bağlı olarak yüksek farklılıklar gösterebilir. 123 cam kap ve 23 düz cam fırını için yapılan analize dayalı olarak, Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki sürekli cam fırınlarının enerji yoğunluğu, cam kap için 4-10 GJ/t, düz cam için ise 5-8,5 GJ/t olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmada en yüksek enerji verimliliğine sahip olduğu belirlenen fırın, %50 cam kırığına dayalı olarak ve elektrik üretimi için birincil enerji tüketimini hesaba katarak 3,82 - 3,85 GJ/t enerji tüketimi göstermektedir.

Farklı cam ürünleri farklı özelliklere ve farklı üretim yollarına sahip olduğundan, farklı cam ürünlerine yönelik enerji ihtiyaçlarında da önemli farklılıklar gözlemlenmektedir. Tablo 22'de, enerji verimliliği tedbirlerinin kullanılmasıyla elde edilen tipik özgül enerji tüketimi değerleri verilmiştir.

<sup>26</sup>: İleriye Yönelik Teknolojik Çalışmalar Enstitüsü/Avrupa Komisyonu (2013). Cam İmalatı için Mevcut En İyi Teknikler (MET) Referans Belgesi, s. 310.









Bu proje, Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir  
This project is funded by the European Union

## Proje K nyesi / Project Identity

### Proje Adı / Title:

Enerji Verimliliğinde Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi İin Teknik Destek Projesi / Technical Assistance for Enhancement of Institutional Capacity in Energy Efficiency

### S zleşme No. / Contract No.:

TR2015/EN/07/A2-01/001

### S resi / Duration:

24 ay / 24 months (19.03.2019 – 18.03.2021)

### B te / Budget:

3 470 000 Avro / Euros

### Finansman Kaynağı / Source of Funding:

Avrupa Birliği / The European Union

### S zleşme Makamı / Contracting Authority:

T rkiye Cumhuriyeti Hazine ve Maliye Bakanlığı Merkezi Finans ve İhale Birimi / Ministry of Treasury and Finance, Central Finance and Contracts Unit (CFCU)

### Faydalanıcı / Beneficiary:

T rkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı / The Republic of Turkey, Ministry of Energy and Natural Resources

### Y klenici / Contractor:

NIRAS IC Sp. z o.o. (Polonya) liderliğindeki Energy Saving International AS (Norve) Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Tasarrufu Merkezi (Yunanistan) ve Rast M hendislik Hizmetleri Ltd.Őti. (T rkiye) konsorsiyumu. NIRAS IC Sp. z o.o. (Poland) in consortium with, Energy Saving International AS (Norway), Centre for Renewable Energy Sources and Saving (Greece) and Rast M hendislik Hizmetleri Ltd. Őti. (Turkey).

*Bu yayın Avrupa Birliğinin maddi desteği ile hazırlanmıştır. İerik tamamıyla NIRAS IC Sp. z o.o. sorumluluğu altındadır ve Avrupa Birliğinin g r Őlerini yansıtılmak zorunda değildir.*

*This publication was produced with the financial support of the European Union. The content of this publication is the sole responsibility of NIRAS IC Sp. z o.o. and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.*

### Daha detaylı bilgi iin / For further information

T.C.Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği ve evre Dairesi Başkanlığı  
The Republic of Turkey, Ministry of Energy and Natural Resources Department of Energy Efficiency and Environment  
<https://enerji.gov.tr/evced>



**NIRAS**

