

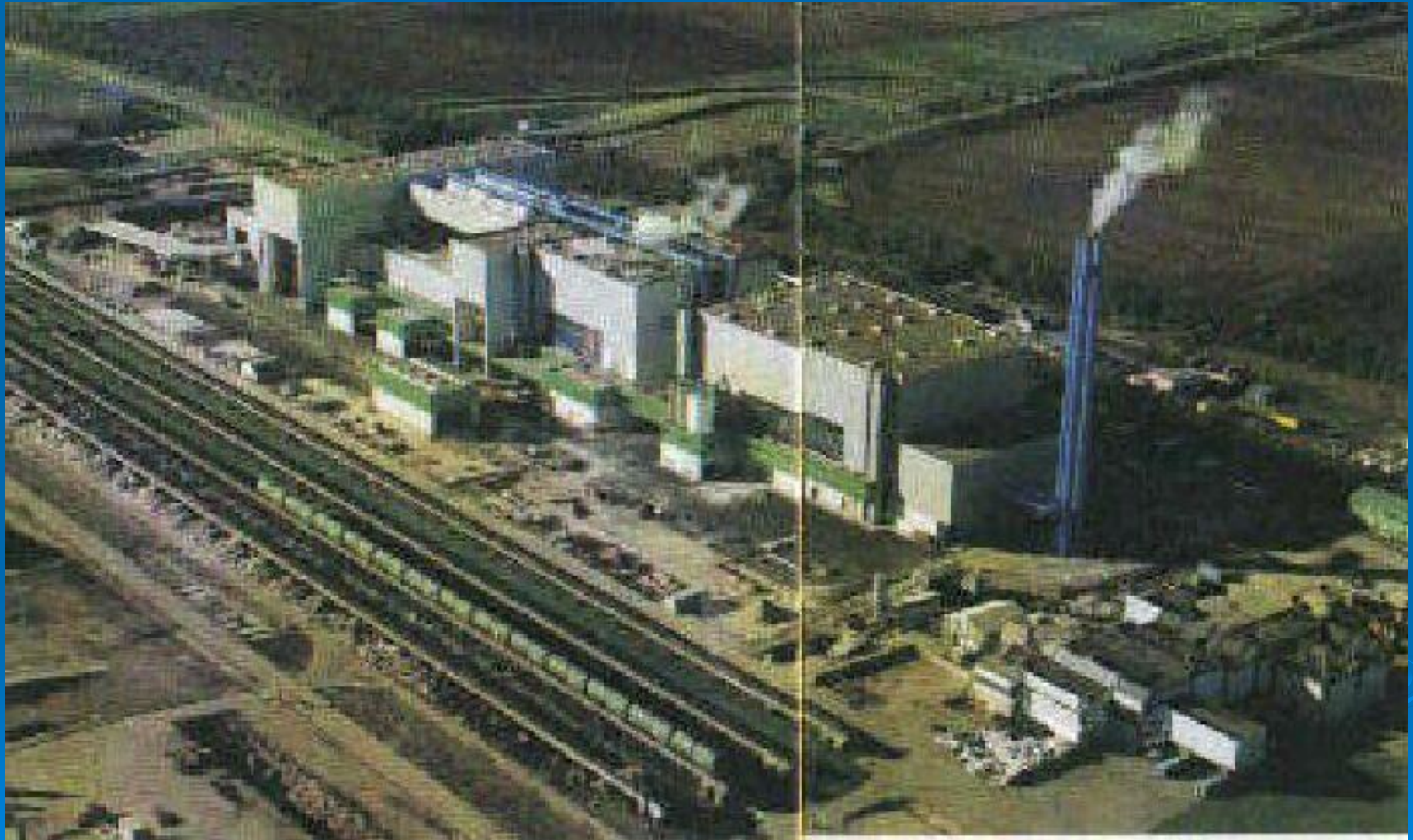
# Hollanda daki Yakma Tesisi (GAVI-VAM WIJSTER)

**Prof. Dr. Ertugrul ERDIN**  
Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

**3160 BUCA- IZMIR TÜRKİYE**  
0090.232. 4127120; Fax: 0090.232. 3887864; 0090.232. 4531143

E-Mail: [eerdin@deu.edu.tr](mailto:eerdin@deu.edu.tr);  
[ertugrul.erdin@deu.edu.tr](mailto:ertugrul.erdin@deu.edu.tr); [eerdin@izmir.eng.deu.edu.tr](mailto:eerdin@izmir.eng.deu.edu.tr)  
[erdin@itu104.ut.tu-berlin.de](mailto:erdin@itu104.ut.tu-berlin.de)

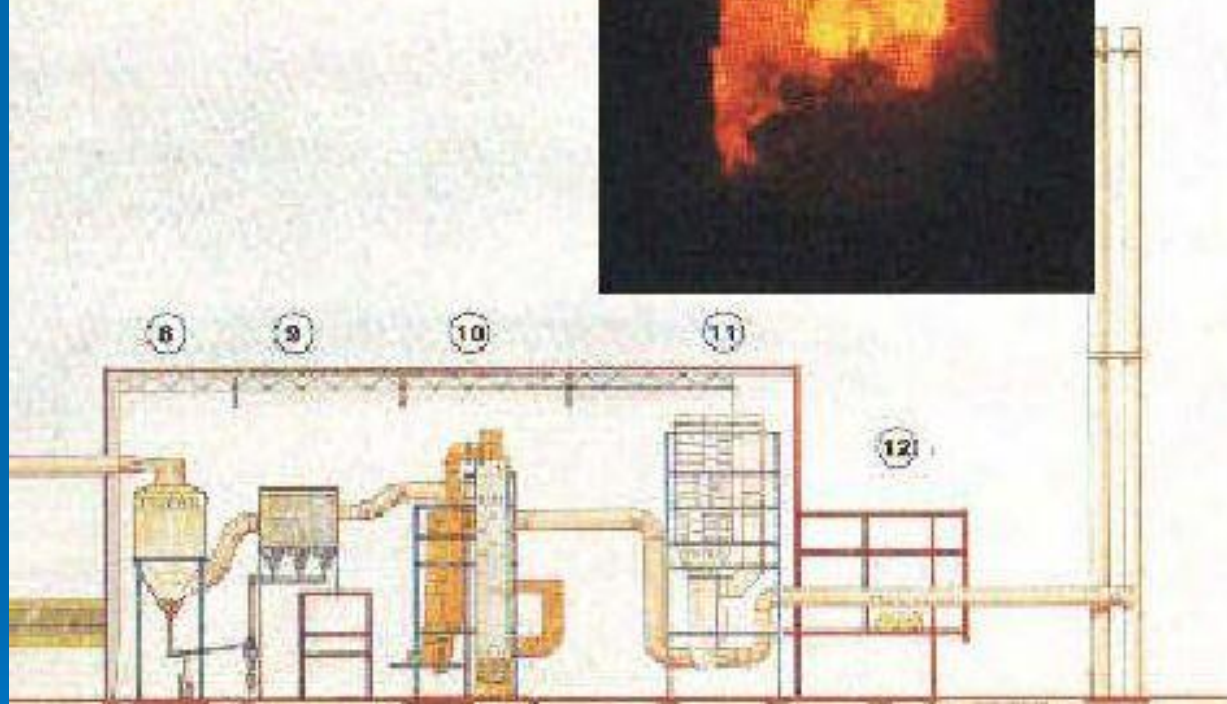
WEB : <http://web.deu.edu.tr/erdin>







## Längsdurchschnitt GAVI-VAM



- 1 Entladehalle
- 2 Rohmüllbunker
- 3 Siebtrommel Ø 190 mm
- 4 Siebtrommel Ø 45 mm
- 5 RDF-Bunker
- 6 Kessel
- 7 Elektrofilter
- 8 Sprühtrockner
- 9 Gewebefilter
- 10 Säure und neutrale  
Waschanlage
- 11 Oxykottanlage
- 12 Rauchgaskontrolle
- 13 Luftgekühlte Kondensatoren
- 14 Turbogenerator

## Ø Hollanda GAVI-VAM WIJSTER Yakma Tesisi

- Ø 735 000 ton/yıl kapasiteli bir yakma tesisidir. 1 Temmuz 1993 de temeli atılmış ve 3 yılda da tamamlanmıştır. 22 Nisan 1996 da faaliyete geçmiştir. Eylül 1997 e kadar da garanti süresi vardı. Tesisin boyutlandırılması için esas alınan çöp analizinin değerleri tablo da verilmiştir. Tesisin ana işlem kısımları ise : katı atık hazırlama üniteleri ( eleme, parçalama, homojenleştirme), 3 hat halinde ve her hat için besleme debisi ise 3x 40 ton/h, elde edilen yakıt fraksiyonu 40 - 180 mm, 40 mm den küçük olanlar inert ve organik karışımı deponiye,
- Ø yakma sistemi karşı akım ızgara sistemi , 3x 18-24 ton/h beslemeli , atığın ısı değeri 9000 - 14000 kJ/kg ortalama 12 MJ/kg, fırının yapısı aynı yönde akım , destek ateşleme 3x2,

- Ø Buhar özellikleri : kazan tasarımı, yatay emişli kazan , buhar miktarı 3x69,5 ton/h, besleme suyu sıcaklığı 150 derece, sıcak buhar sıcaklığı 405 derece, sıcak buhar basıncı 44 bar, atıkgaz sıcaklığı da 210 derece,
- Ø atık gaz arıtılması: toplam sistem : elektrofiltre, püskürtmeli kurutucu , bez filtre, iki kademeli yıkama, iki kademeli oksidasyon katalizatörü, : duman gazı debisi : 3x 124 500 m<sup>3</sup> /h
- Ø enerji eldesi: sistemin tümü: jeneratörlü kondenzasyon türbinleri, enstelasyon verimi 54,0 MW
- Ø spesifik buhar tüketimi 4.4 kg/kWh: buhar basıncı 2,0 bar: alınan buhar miktarı 55 kg/saniye,
- Ø alınan buharın basıncı 17/7/0,8 bar: fazla buharın basıncı 0, 095 bar: jenartaör verimi 67.5 MVA ,

# Evsel çöplerin fraksiyonu (Hollanda da )

Ø Tablo : Evsel çöplerin fraksiyonu (Hollanda da )

Ø Bileşenleri	önişlem öncesi	işelem sonrası	40 mm den küçük	hurda
	%	%	%	%
Ø organik	34,3	8,6	25,7	
Ø kağıt/karton	19,8	18,4	1,4	
Ø plastik folyeler	4,9	4,9	0,0	
Ø sert plastik	3,8	3,5	0,3	
Ø cam	3,9	0,2	3,7	
Ø demir	2,5	0,5	0,0	2,0
Ø demir olmayan metaller	0,6	0,5	0,1	
Ø tekstil	3,3	3,3	0,0	
Ø taşlar	5,2	2,6	2,6	
Ø ahşaplar	5,6	5,6	0,0	
Ø tetrapak	1,8	1,8	0,0	
Ø selüloz	2,9	2,9	0,0	
Ø kum/toprak	9,0	0,0	9,0	
Ø diğerleri	2,4	2,1	0,3	
Ø	100,0	54,9	43,1	2,0

- Ø Tesisin boyu 400 m eni ise 100 m dir. 850 milyon DM mal olmuştur. 139 yerleşim yerinden 3 milyon nufusa hizmet vermektedir. KAIM de kompost tesisi ve deponi de vardır. Toplam alan 150 ha dır.
- Ø 45 m 3 lük kamyonlarla gelmekte ve 32 000 m 3 hacmi olana bunkerlere boşaltılmaktadır. 3-5 gün gibi bir tamponlama görevi üstlenmektedir. Hamçöp ahtapot vinçleri ile ayıklama tamburuna verilmektedir. Her bir ahtapotun kapasitesi 18 ton veya 11 m 3 tür. 3x 40 ton/h besleme yapılmaktadır. 40-180 mm fraksiyonu, 180 den büyük ve 40 dan küçükler ayrılmaktadır. Büyükler değirmene gitmekte parçalandıktan sonra da YDKA (yakıta dönüştürülmüş katı atık) bunkerine gitmektedir. Bu bunkerde de 9,5 m 3 veya 15 ton kapasiteli ahtapot viçler tarafından yanma odalarına /fırına) beslemeler yapılmaktadır. Izgaralı yanma odasında yakılmaktadır. Nihai yakma 850 derece de 2 sn olarak gerçekleşmektedir. 150 derece olarak gelen besleme suyu sonra 405 derece sıcak su buharı oluşturmaktadır.



Ø Gaz kontrol ünitelerinin ilk elemanı elektrofiltredir. Sonra diğerleri arka arkaya devreye geçmektedir. Atıkgazın sıcaklığı bu arada 170 °C'e düşürülmektedir. Ön yıkama da HCl, HF elimine edilmekte ana yıkama da ise SO<sub>2</sub> elimine edilmektedir. Kireç kaymağı ile püskürtüldüğünde alçı taşı elde edilmektedir.

Ø VAM işletmekte ve tesise gelen katı atıklardan da 180 DM/ton almaktadır. Yılda 735 000 ton çöpten elde edilecek girdiler de işletme masraflarını karşılayacak şekilde planlamıştır. BU ham çöpün %55 YDKA olursa bu da 430 000 ton/yıl yakma ünitesine gelen hammadde demektir. Az çöp alınması ya da çöpün bileşimin iyileşmesi durumunda ki bu az çöp alınacak demektir. Girdiler işletme masrafını karşılamaya yetmemektedir.

Ø Kütle debisi  $\times$  ısı değeri = MW/h  
verdiğine göre , 12 000 kJ/kg  
boyutlandırılmış olan bir tesisi çöpün ısı  
değerini iyileşmesi sonucunda bu değerini  
14 000 kJ/kg veya daha fazla olması  
halinde eşitliği sağlamak için katı atık  
miktarının azalması gerekmektedir. Bu da  
işletmenin iflası demektir.

# Bir Örnek : Yakma Kazanları ve Verimi

- Ø **Kağıt Sanayiinde Akışkan Yataklı Yakma Tesisleri**
- Ø Bu akışkan yataklı yakma tesisleri uygulamasındaki amaç, kağıt sanayiinde oluşan her türlü artıkların yakılmasını, bu sırada içerdiği enerjinin değerlendirilmesini, ve emisyon sınır değerlerine uyulmasını sağlamaktır.
- Ø - Üretim sırasında oluşan artıkların bertarafı ve aynı zamanda buhar elde edilmesi
- Ø - Birincil enerjiden tasarruf
- Ø - Sıkı olan emisyon sınır değerlerine uyumu sağlamak
- Ø Bu tesisde ağaç kabuğu, hurda kağıt ve üretim artıkları yakılmaktadır.



Ø Atıklar

Ø **Ağaç Kabuğu**

Ø Ağaç kabuğunun asıl bileşeninde seluloz, hemiseluloz, lignin ve az miktarda da reçine, balmumu ve kül bulunmaktadır. Kül miktarı %2-5 arasındadır. Toprak, kum ve taş gibi balast maddelerin depolandıkları yerlerde ve taşınmaları sırasında bulaşması halinde bu oran artmaktadır.

Ø Ağaç kabuğunun ısı değerinin odun türüne ve içerdiği rutubete göre değiştii bilinmektedir.

Ø **Reject (Kusurlu, Iskarta Mal)**

Ø Özellikle hurda kağıtların geri kazanılması sırasında iskarta kısımlar oluşmakta ve atılması gerekmektedir. Bunun bileşimi çeşitli oranlarda olabilmektedir. Çizelge 1 'de reject'in özellikleri görülmektedir.

Ø Çizelge 1 : Reject'in özellikleri

Ø -----

Ø H <sub>2</sub> O	% ağır.	50 - 85
Ø Yanan kükürt	% ağır.	0,06 - 0,08
Ø Toplam kükürt	% ağır.	1,0
Ø Klor	% ağır.	1 - 3
Ø Kül	% ağır.	10
Ø Isıl değeri	MJ/kg	16 - 19

Ø -----

## Ø Deinking Çamuru

Ø Deinking aslında içinde baskı boyası bulunan eski kağıtların temizlenmesi için uygulanan bir prosestir. Kullanılmış kağıtlardaki boya maddesi miktarı % 0,5-2 arasındadır. Bir ton hazırlanmış ürün başına 50 - 100 kg Deinking çamuru oluşmaktadır. Bu çamurun bileşimi Çizelge 2 de verilmiştir.

Ø Çizelge 2 : Kuru Deinking çamurunun metal içeriği

Ø -----

Ø	Cu	mg/kg	250 - 400
Ø	Mn	mg/kg	200 - 300
Ø	Mo	mg/kg	10 - 50
Ø	Ni	mg/kg	10 - 100
Ø	Co	mg/kg	iz miktarda
Ø	Pb	mg/kg	100 - 300

Ø -----

### Ø Selüloz Üretimi Kostik Artığı

Ø Pişirme ve selüloz yıkama sırasında kostik atıkları oluşmaktadır.

Ø Bu atıklar yoğunlaştırılıp, yakılabilir. Kostüğün bileşimi ve özelliği çözelti yöntemlerine göre değişmektedir. Bu özellikler Çizelge 3' de verilmiştir.

Ø Çizelge 3 : Selüloz kostüğünün bileşimi

Kostik	Magnefit	Magnezyum- bisülfid	Kalsiyum- bisülfid
--------	----------	------------------------	-----------------------

Ø	-----	-----	-----		
Ø	C	%	38,0	43,7	44,0
Ø	H	%	4,9	5,0	4,6
Ø	S	%	10,0	5,1	5,3
Ø	Mg	%	5,5	3,0	-
Ø	Ca	%	-	-	5,0
Ø	N,O,kalıntı	%	41,6	43,2	41,1
Ø	Hu	KJ/kg	14600	16000	17000
Ø	-----	-----	-----	-----	-----



## Ø Akışkan Yataklı Yakma Tesisinde Yakılması İçin İstenen Koşullar

Ø Aslında yukarıda sözü edilen atıkların akışkan yataklı yakma tesislerinde yakılması buhar ve sıcak su üretilmesi mümkündür. Ayrıca bu yolla elektrik enerjisi elde edilmektedir.

### Ø Isıl Değeri

Ø Yakıtların ısı değerine bağımlı olarak teorik yanma sıcaklıkları farklı farklıdır. Yakıtlar yanabilirliklerini ısı değerlerine göre çok güzel ifade etmek de mümkündür.

Ø Akışkan yatakta yanmanın olması için 750-9500 C 'ye ihtiyaç vardır. Düşük sıcaklıklarda yanma iyi olmamakta ve CO miktarı artmaktadır. Yüksek sıcaklıklar da ise küllerin erimesi ve kazanı sarması söz konusudur.

Ø Eğer yakıtların ısı değerleri kendi kendine yanmayı sağlayacak düzeyde ve yeterlilikde değilse o zaman ilave yakıt kullanmak gerekmektedir. Bu durum özellikle arıtma çamurlarının katı madde içeriğinin %30-35 civarında olması halinde söz konusudur. Bu ise yanma havasının ön ısıtılması veya yakıtın ilave edilmesi ile mümkündür.

Ø Eğer atıkların ısı değeri çok yüksek ise ve yanma odası için müsaade edilen sıcaklık değerlerinin geçmesi, aşması söz konusu ise, o zaman akışkan yataklar-daki bu fazla ısı enerjisinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu da dalgıç eşanjörlerin, ısı dönüşüm yüzeylerinin kullanılması ile mümkün olur. Diğer bir yöntem de duman gazlarının resirkülasyonu ile yanacak artıkların entalpisini yükseltmektir. Çeşitli yakıtların ısı değerlerine bağımlı olarak hava gereksinimleri de değişmektedir.

### Ø **Dane Büyüklüğü**

Ø Yakıtların maksimum dane büyüklüğü 50 mm civarındadır. Ağaç kabuğu kömür ve arıtma çamuru gibi artıklar besleme ağzından akışkan yatağa boşaltılmaktadır.

Ø Kostik gibi sıvı yakıtlar ise yanma odasına püskürtülerek verilmektedir. Akışkan yatağa gelmeden bu tür atıkların yanması sağlanmaktadır.

### Ø **Kısmi Yük Davranışı**

Ø Akışkan yataklı kazanlarda yakmanın kısmi yüklenmesi akışkan yatak havasının ve asgari yanma sıcaklığının ayarlanması ile mümkündür.

Ø Bu şekilde %50-100 ayarlama sahası oluşmaktadır. Eğer bu da yetmezse o zaman bölmeli akışkan yataklar yapmakta yarar vardır, ihtiyaç fazlası kapatılır.

## Ø Emisyonları

- Ø Akışkan yataklı yakma tesislerinin en büyük avantajı kireç veya dolomit vererek zararlı maddelerin bağlanması olanağının olmasıdır. Kükürtdioksit ve flor gazı bu şekilde bağlanmaktadır.
- Ø Bu sırada klor bağlanması az olmaktadır. Çünkü klor bağlanması genelde düşük sıcaklarda gerçekleşmektedir.
- Ø Yakıtın ısı değerine ve kükürt miktarına bağlı olarak dumanda oluşabilecek kükürtdioksit miktarı, %90 kükürt arıtılmasına göre değişmektedir. Konvensiyonel yakma tesislerine göre yakma sıcaklıkları düşük olduğundan NOX emisyonları düşüktür. Bir çok yakıt için bu değer 200 ile 400mg/Nm<sup>3</sup> arasındadır.

Ø **Bazı İşletme Sonuçları**

Ø Aşağıdaki Çizelge 4 'de Avusturya'da kurulu, çalışan iki kazan tesisinin işletme sonuçları görülmektedir.

Ø Bu kazanlarda her türlü katı yakıt yakılmaktadır. Evsel çöplerden üretilen çöpyakıt, biriketlenmiş linyit, ağaç kabuğu (kağıt sanayii artığı olarak), kağıt sanayii arıtma çamurları v.b. gibi maddeler yakılmaktadır.

Ø Çizelge 4 : İki akışkan yataklı kazanın işletme verileri

Ø -----

Ø Tesisin adı :	Ø W.Hamburger	Ø Leykam-Mürztaler	
Ø -----			
Ø Buhar	Ø ton/h	Ø 70	Ø 16
Ø	Ø bar a	Ø 62	Ø 42
Ø	Ø oC	Ø 500	Ø 450
Ø -----			
Ø Yakıt	Ø DDR Linyit	Ø Ağaç kabuğu,Deinking	
Ø	Ø biriketi	Ø çamuru, Linyit	
Ø	Ø Çöpyakıt		
Ø -----			
Ø Isıl değeri MJ/kg	Ø 14 - 19	Ø 5 - 12	
Ø Yanma oranı %	Ø 99,5	Ø 99,5	
Ø Randıman %	Ø 89	Ø 81 - 83	
Ø -----			
Ø işletmeye alınış			
Ø tarihi	Ø Nisan 1984	Ø Aralık 1985	
Ø -----			
Ø Bu kazan kağıt fabrikasının buhar ihtiyacını tamamen karşılamaktadır. Mevcut fuel oil kazanları ise yedek kazan olarak durmaktadır.			



# Teşekkürler

