



AVRUPA KOMİSYONU

**Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (IPPC)**

**Kağıt Hamuru ve Kağıt Sanayiinde Kullanılabilecek En İyi  
Teknikler Hakkında Referans Belgesi**

**Aralık 2001**



## İDARİ ÖZET

Kağıt hamuru ve kağıt sanayiinde kullanılabilecek en iyi tekniklerin açıklandığı bu Referans Belgesi, 96/61/EC sayılı Konsey Yönergesinin 16(2) sayılı maddesi uyarınca gerçekleştirilen bir bilgi alışverişi niteliğindedir. Bu belge, amaçlarının ve kullanım sahasının açıklandığı önsöz bölümünün ışığı altında incelenmelidir.

Kağıt esas itibari ile liflerden oluşan bir yaprak ile bu yaprağın özelliklerini ve kalitesini etkileyen çeşitli kimyasal maddelerden oluşan bir üründür. Kağıt hamuru ve kağıt üretiminde lifler ve kimyasal maddeler dışında büyük miktarda su ile buhar ve elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Dolayısıyla kağıt hamuru ve kağıt üretiminde çevre ile ilgili en önemli hususlar, suya ve havaya yapılan salımlar ve enerji tüketimidir. Atıkların gün geçtikçe artan çevresel bir sorun olacağı tahmin edilmektedir.

Kağıt üretiminde kullanılan selüloz, kimyasal veya mekanik yöntemlerle ham liflerden elde edilebileceği gibi hurda kağıtların hamurlaştırılması yöntemiyle de elde edilebilmektedir. Kağıt değirmenleri başka bir tesiste üretilen selülozu yeniden hamur haline getirebilmekte ya da aynı tesiste yer alan hamurlaştırma işlemlerine entegre edilebilmektedir.

Bu belgede entegre kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinde ve entegre olmayan kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinde çeşitli lifli maddelerden selüloz ve kağıt üretimi ile ilgili çevresel hususlar ele alınmaktadır. Entegre olmayan selüloz değirmenlerinde (piyasa selülozu) üretilen selüloz sadece açık piyasada satılmaktadır. Entegre olmayan selüloz değirmenleri kağıt üretiminde kullandıkları selülozu satın almaktadır. Entegre selüloz ve kağıt değirmenlerinde ise selüloz ve kağıt üretim faaliyetleri aynı tesiste gerçekleştirilmektedir. Kraft hamuru değirmenleri hem entegre şekilde hem de entegre olmayan şekilde çalışabilmektedir, sülfite hamuru değirmenleri ise normalde kağıt üretimine entegre edilmektedir. Mekanik selüloz üretimi ve hurda liflerin işlenmesi genellikle kağıt üretimi işlemine entegre edilmektedir, ancak sadece bu işlemleri gerçekleştiren birkaç adet tesis de bulunmaktadır.

Bu belgede hem ormancılık yönetimi, kullanılan kimyasal maddelerin tesis dışında üretilmesi ve hammaddelerin değirmene nakledilmesi gibi üretim öncesi işlemler hem de kağıdın dönüştürülmesi ve basılması gibi üretimle ilgili işlemler ele alınmaktadır. Kimyasal maddelerin nakliyesi ve muhafaza edilmesi, iş güvenliği ve riskleri, ısı ve enerji üretim tesisleri, soğutma ve vakum sistemleri ve taze suyun işlenmesi gibi doğrudan selüloz ve kağıt üretimi ile ilgili olmayan çevresel konular ele alınmamakta ya da kısaca ele alınmaktadır.

Bu BREF belgesi bir giriş bölümü (genel bilgiler, Bölüm 1) ile beş ana bölümden oluşmaktadır:

- Kraft hamuru üretimi (Bölüm 2),
- Sülfite hamuru üretimi (Bölüm 3),
- Mekanik kağıt hamuru üretimi ve kimyasal-mekanik kağıt hamuru üretimi (Bölüm 4),
- Hurda liflerin işlenmesi (Bölüm 5), ve
- Kağıt üretimi ve ilgili işlemler (Bölüm 6).

Bu bölümlerin her birinde IPPC BAT Referans Belgeleri Genel Özetine uygun şekilde beş ana kısım bulunmaktadır. Bir çok okuyucu için belgenin tamamının değil, sadece söz konusu değirmenle ilgili bölüm ya da kısımların okunması yeterli olacaktır. Örneğin piyasa kraft hamuru değirmenleri sadece 2. Bölümde ele alınmaktadır; entegre kraft hamuru ve kağıt değirmenleri ise 2. ve 6. Bölümlerde ele alınmaktadır, entegre hurda kağıt işleme değirmenleri ise 5. ve 6. Bölümlerde incelenmektedir.

Belgenin sonunda bir referans listesi ve konunun anlaşılmasını kolaylaştırmak amacı ile terimler ve kısaltmalar sözlüğü yer almaktadır.

Genel bilgiler bölümü (Bölüm 1) Avrupa’da kağıt tüketimi hakkında istatistiksel veriler, selüloz ve kağıt üretiminin coğrafi dağılımı, ekonomik veriler, selüloz ve kağıt üretimi ve temel çevresel sorunlar hakkında özet bilgiler ve Avrupa’daki selüloz ve kağıt değirmenlerinin sınıflandırılması gibi bilgileri içermektedir. Genel bilgiler bölümü, çok çeşitli ürünlerin ve işlemlerin (işlem kombinasyonlarının) yer aldığı ve önemli ölçüde işleme entegre teknik çözümlerin kullanıldığı bu sektörde BAT’ın belirlenmesi ile ilgili genel yorumlarla sona ermektedir.

5 ana bölümün her birinde aşağıda belirtilen konular ile ilgili bilgiler sunulmaktadır: uygulanan işlemler ve teknikler; kaynak ve enerji talebi, salımlar ve atıklar gibi temel çevresel sorunlar; salımların ve atıkların azaltılması ve enerji tasarrufu amacı ile kullanılan teknikler; kullanılabilir en iyi tekniklerin tanımlanması ve yeni teknikler.

Raporlarda yer alan salım ve tüketim değerlerinin incelenmesi sırasında, çeşitli Üye Ülkelerde farklı ölçüm yöntemleri kullanılması nedeniyle, verilerin ülkeler arasında karşılaştırılmasının her zaman doğru sonuç vermeyebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (bu konu hakkında ayrıntılı bilgi almak için Ek III’e başvurunuz, ancak farklı yöntemler kullanılması işbu belgede yer alan yorumları etkilememektedir).

BAT’ın belirlenmesi amacı ile değerlendirilen teknikler hakkındaki görüşler aynı yapıyı içermekte ve tekniğin kısaca açıklanması, elde edilen çevre performansı, uygulanabilirlik, ortamlar arasındaki etkiler, işletme deneyimleri, ekonomi, tekniğin uygulanmasını motive eden etkenler, örnek tesisler ve referans olarak kullanılan yayınlar gibi bölümlerden oluşmaktadır. Kullanılabilir En İyi Teknikler başlıklı kısımda BAT’ın kullanımı ile elde edilen salım ve tüketim seviyeleri açıklanmaktadır. BAT üzerinde yapılan yorumlar gerçek hayattan alınan örneklere ve TWG uzmanlarının görüşlerine dayanmaktadır.

Selüloz ve kağıt üretimi çeşitli işlem aşamalarından ve farklı ürünlerden oluşan karmaşık bir üretim koludur. Ancak selüloz ve kağıt üretiminde kullanılan çok çeşitli hammaddeler ile farklı işlemler, tartışmaların sınıflandırılabilmesi amacı ile çeşitli kategorilere ayrılabilir. Bu belgede çevresel sorunlar ile salımların/atıkların önlenmesi ve azaltılması, enerji ve hammadde tüketiminin azaltılması amacı ile kullanılan teknikler beş ana sınıf için ayrı ayrı açıklanmaktadır (2 ila 6. Bölümler). Bu beş ana sınıf, gerekli görülen yerlerde alt sınıflara ayrılmıştır.

Bu belge Avrupa kağıt sanayiinde yer alan çeşitli hammaddeleri, enerji kaynaklarını, ürünleri ve işlemleri sektör düzeyinde incelemektedir. Ancak bazı durumlarda ana ürün kategorilerinin içerisinde, standart üretim kalitesinden farklılık gösteren ve işletme koşulları ile iyileştirme potansiyeli üzerinde etkileri bulunan çeşitli hammaddeler ve farklı özelliklere sahip ürünler yer almaktadır. Bu durum özellikle farklı kalitedeki kağıtları ardışık bir şekilde üreten özel kağıt değirmenleri ve “özel kalitede” kağıt üreten kağıt değirmenleri için geçerlidir.

Yapılan bilgi alışverişi BAT üzerinde yorumlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. BAT ve ilgili salımlar hakkında ayrıntılı bir fikir sahibi olunabilmesi için her bir Bölümde BAT’ın açıklandığı kısımlara başvurulmalıdır. Ana bulgular aşağıda özetlenmektedir.

### **Tüm işlemler için genel BAT**

Bilgi alışverişi sırasında salımların/tüketimin azaltılması ve ekonomik performansın iyileştirilebilmesi için alınabilecek en etkili önlemin, kullanılabilir en iyi işlem ve salım azaltma teknolojilerinin aşağıda belirtilen yöntemlerle birlikte uygulanması olduğu kanaatine varılmıştır: -

- Personelin ve operatörlerin eğitilmesi ve motive edilmesi;
- İşlem kontrolü optimizasyonu;
- Teknik ünitelerin düzenli olarak bakım görmesi ve ilgili salım azaltma tekniklerinin sürekli olarak uygulanması;

- Yönetimi optimize eden, çevre bilincini artıran ve hedefleri, alınması gereken önlemleri, işlem ve görev talimatlarını içeren çevre yönetimi sistemi.

### Kraft hamuru üretim işlemleri için BAT (Bölüm 2)

Sülfat ya da kraft işlemi, hamura üstün bir dayanıklılık kazandırması ve tüm ağaç türlerine uygulanabilirliği nedeniyle tüm dünyada en çok kullanılan yöntemdir. Kraft hamuru üretim sürecinde çevre ile ilgili en önemli sorunlar atık sular, pis kokulu gazla da dahil olmak üzere havaya yapılan salımlar ve enerji tüketimi konularındır. Bazı ülkelerde atıkların da gün geçtikçe artan çevresel bir sorun olacağı tahmin edilmektedir. Kullanılan temel hammaddeler yenilenebilir kaynaklar (odun ve su) ile pişirme ve ağartma işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerdir. Suya yapılan salımlarda organik maddeler ön sırada yer almaktadır. Klor içeren ağartma maddelerinin kullanıldığı ağartma tesislerinde oluşan atık sular AOX olarak ölçülen organik olarak bağlı klor bileşiklerini içermektedir. Değirmenlerden boşaltılan bazı bileşikler suda yaşayan organizmalar üzerinde toksik etkiler göstermektedir. Renkli madde salımları, boşaltmanın yapıldığı ortamda yaşayan canlıları olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Besleyici madde (nitrojen ve fosfor) salımları, boşaltmanın yapıldığı ortamda yaşlanmaya neden olabilmektedir. Ahşaptan çıkartılan metallerin düşük konsantrasyonlarda boşaltılmalarına rağmen yüksek akış miktarı nedeniyle ortaya çıkan etkiler önemli düzeylere ulaşabilmektedir. İşlem içi önlemler selüloz değirmenlerinden salınan atık suların içerdiği klorlu ve kloruz organik madde miktarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Kraft hamuru değirmenlerinde kullanılabilecek en iyi teknikler aşağıda açıklanmaktadır:

- Ağaç kabuğunun kuru şekilde soyulması;
- Selüloz liflerini birbirine bağlayan ligninlerin ayrılması işleminin ağartma tesislerinden önce, pişirme işleminin süresinin uzatılması veya değiştirilmesi ve oksijen aşamaları ilavesi yardımıyla uzatılması;
- Esmer liflerin yüksek verimlilikle yıkanması ve kapalı devrede elekten geçirilmesi;
- Düşük AOX ile doğal kloruz (ECF) ağartma ya da tamamen kloruz (TCF) ağartma;
- Ağartma tesisi işleme suyunun bir kısmının, çoğunlukla alkalik suyun geri dönüşümü;
- Dökülmenin etkili bir şekilde izlenmesi, etkili muhafaza ve geri kazanım sistemi;
- Buharlaştırma tesisinde oluşan yoğunlukların sıyrılarak yeniden kullanılması;
- Siyah eriyik buharlaştırma tesisinin ve geri kazanım kazanının ilave eriyik ve kuru katı madde yüküne yetecek kapasiteye sahip olması;
- Temiz soğutma sularının toplanarak yeniden kullanılması;
- Ani yüklemelerin ve harici atık su işleme tesisinde ortaya çıkabilecek arızaların önlenmesi amacı ile dökülen pişirme eriyikleri ile geri kazanılan eriyiklerin ve kirli yoğunlukların muhafaza edilmesini sağlayacak, yeterli büyüklükte yedek depoların tahsis edilmesi;
- Kraft hamuru üretim değirmenlerinde işleme entegre önlemlerin yanı sıra birincil işleme ve biyolojik işleme de BAT olarak değerlendirilmektedir.

Ağartılmış ve ağartılmamış kraft hamuru değirmenlerinde, bu tekniklerin uygun kombinasyonlarının kullanılması sonucunda elde edilen, suya yapılan BAT salım düzeyleri aşağıda yer almaktadır:

	Akış m <sup>3</sup> /Adt	COD kg/Adt	BOD kg/Adt	TSS kg/Adt	AOX kg/Adt	Toplam N kg/Adt	Toplam P kg/Adt
Ağartılmış hamur	30 - 50	8-23	0.3-1.5	0.6-1.5	< 0.25	0.1-0.25	0.01-0.03
Ağartılmamış hamur	15 - 25	5-10	0.2-0.7	0.3-1.0	-	0.1-0.2	0.01-0.02

Yukarıda açıklanan salım düzeyleri yıllık ortalama değerlerdir. Su akışı değerleri, soğutma suları ile diğer temiz suların ayrı ayrı boşaltıldıkları varsayımına dayanmaktadır. Bu değerler

sadece hamur üretimi ile ilgilidir. Entegre değirmenlerde ürün türüne bağlı olarak kağıt üretim tesislerinin salımları da eklenmelidir (bkz. Bölüm 6)

Çeşitli kaynaklardan yapılan atık gaz salımları da önemli çevresel hususlardan biridir. Atmosfere yapılan salımlar geri kazanım kazanı, kireç ocağı, ağaç kabuğu fırını, yonga muhafaza deposu, pişirme kazanı, hamur yıkama, ağartma tesisi, ağartma işleminde kullanılan kimyasal maddelerin hazırlanması, buharlaştırma, elekten geçirme, yıkama, ağartma suyunun hazırlanması ve çeşitli tanklar gibi çeşitli noktalardan kaynaklanmaktadır. Bu salımların bir kısmı işlemler sırasında çeşitli noktalardan sızan dağınık salımlardan oluşmaktadır. Ana kaçak noktaları geri kazanım kazanı, kireç ocağı ve yardımcı kazanlardır. Salımlar çoğunlukla nitrojen oksitleri, kükürt dioksit gibi kükürt içeren bileşik ve pis kokulu indirgenmiş kükürt içeren bileşik içermektedir. Bunlara ilaveten madde parçacığı salımları da mevcuttur.

Havaya yapılan salımları azaltmak amacı ile kullanılabilen en iyi teknikler aşağıda yer almaktadır:

- Derişik pik kokulu gazların toplanıp yakılması ve bu işlem sırasında ortaya çıkan SO<sub>2</sub> salımlarının kontrol altında tutulması. Zengin gazlar geri kazanım kazanında, kireç ocağında veya düşük NO<sub>x</sub> salımlı ayrı bir fırında yakılabilmektedir. Bu fırından çıkan baca gazlarının içerisinde bulunan yüksek SO<sub>2</sub> derişigi yıkama tesislerinde geri kazanılmaktadır.
- Çeşitli kaynaklar tarafından salınan sulandırılmış pis kokulu gazlar da toplanıp yakılmakta, bu işlem sırasında ortaya çıkan SO<sub>2</sub> salımları kontrol altında tutulmaktadır.
- Geri kazanım kazanından yapılan TRS salımları yanma işleminin etkili bir şekilde kontrol altında tutulması ve CO ölçümü ile azaltılmaktadır.;
- Kireç ocağından yapılan TRS salımları ise oksijen fazlasının kontrol altında tutulması, düşük-S yakıt kullanılması ve ocağa gönderilen kireç çamurunun içinde bulunan çözünebilir artık sodyumun kontrol altında tutulması ile azaltılmaktadır.
- Geri kazanım kazanlarından yapılan SO<sub>2</sub> salımları, geri kazanım kazanında yüksek kuru katı madde derişigine sahip siyah eriyik yakılması ve/veya baca gazı yıkama cihazı kullanılması ile kontrol altında tutulmaktadır;
- Geri kazanım kazanından (örneğin havanın kazan içerisinde uygun bir şekilde karıştırılması ve dağıtılması), kireç ocağından ve yardımcı fırınlardan yapılan NO<sub>x</sub> salımlarının, ateşleme koşullarının kontrol altında tutulması ve yeni ya da tadilat gören tesislerde uygun tasarımlar kullanılması sayesinde daha da düşürülmesi BAT olarak değerlendirilmektedir;
- Yardımcı kazanlardan yapılan SO<sub>2</sub> salımları ağaç kabuğu gazı, düşük oranda kükürt içeren yağ veya kömür kullanılması veya S salımlarının yıkama cihazı yardımıyla kontrol altında tutulması sayesinde azaltılmaktadır.
- Geri kazanım kazanlarının, yardımcı kazanların (diğer biyolojik yakıtların ve/veya fosil yakıtlarının yakıldığı fırınlar) ve kireç ocağının baca gazları etkili elektrostatik çökelticilerle temizlenerek toz salımları azaltılmaktadır.

Ağartılmış ve ağartılmamış kraft hamuru değirmenlerinde işlemler sırasında, bu tekniklerin uygun kombinasyonlarının kullanılması sonucunda elde edilen, havaya yapılan BAT salım düzeyleri aşağıda yer almaktadır. Verilen salım düzeyleri yıllık ortalama değerlerdir ve standart koşulları yansıtmaktadırlar. Hamurun ve/veya kağıdın kurutulması amacı ile kullanılan buharın üretildiği kazanlar gibi yardımcı kazanlardan yapılan salımlar bu değerlere dahil edilmemiştir. Yardımcı kazanlardan yapılan salım değerleri için aşağıda yer alan yardımcı kazanlar için BAT bölümüne başvurunuz.

	<b>Toz kg/Adt</b>	<b>SO<sub>2</sub> (S olarak) kg/Adt</b>	<b>NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub> , NO<sub>2</sub> olarak) kg/Adt</b>	<b>TRS (S olarak) kg/Adt</b>
Ağartılmış ve ağartılmamış kraft hamuru	0.2-0.5	0.2-0.4	1.0-1.5	0.1-0.2

Yukarıda belirtilen değerler sadece hamur üretimi sırasında ortaya çıkan salımlarla ilgilidir. Diğer bir deyişle, entegre değirmenlerde işlemler sırasında ortaya çıkan salım değerleri sadece

kraft hamuru üretimiyle ilgilidir ve kağıt üretimi için gereken enerjinin elde edilmesi amacı ile kullanılabilir buhar kazanlarından veya enerji santrallerinden havaya yapılan salımları içermemektedir.

Atıkların azaltılması için kullanılabilir en iyi teknikler, katı atık oluşumunun asgari düzeyde tutulması ve bu maddelerin mümkün olduğu ölçüde geri kazanılması, geri dönüşümü ve yeniden kullanılmasıdır. Atık parçacıklarının kaynağında ayrı bir şekilde toplanıp depolanması bu amaca ulaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Toplanan atıkların üretim işlemlerinde kullanılmaması durumunda, artıkların/atıkların ikame madde olarak haricen kullanılması veya organik maddelerin enerjinin geri kazanılmasını sağlayan, uygun bir tasarıma sahip kazanlarda yakılması BAT olarak değerlendirilmektedir.

Taze buhar ve elektrik enerjisi tüketiminin azaltılması ve dahili buhar ve elektrik enerjisi üretiminin artırılması amacı ile çeşitli önlemler alınabilmektedir. Enerji tasarrufu sağlayan, entegre olmayan hamur değirmenlerinde siyah eriyikten ve ağaç kabuklarının yakılmasından elde edilen ısı, tüm üretim işlemi için gereken enerjiden fazladır. Ancak ilk ateşleme gibi bazı durumlarda ve kireç ocağındaki değirmenlerde yağ yakıt kullanılması gerekmektedir.

Enerji tasarrufu sağlayan kraft hamuru ve kağıt değirmenlerinin ısı ve enerji tüketim değerleri aşağıda yer almaktadır:

- Entegre olmayan ağartılmış kraft hamuru değirmenleri: 10-14 GJ/Adt ısı ve 0.6-0.8 MWh/Adt enerji;
- Entegre ağartılmış kraft hamuru ve kağıt değirmenleri (kaplanmamış ince kağıt): 14-20 GJ/Adt ısı ve 1.2-1.5 MWh/Adt enerji;
- Entegre ağartılmamış kraft hamuru ve kağıt değirmenleri (kraft astarı): 14-17.5 GJ/Adt ısı ve 1-1.3 MWh/Adt enerji.

### **Sülfite hamuru üretimi için BAT (Bölüm 3)**

Sülfite hamuru üretimi, kraft hamuru üretiminden çok daha azdır. Hamur üretimi sırasında pişirme işlemi için farklı kimyasal maddeler kullanılabilir. Kapasite ve Avrupa'da faaliyet gösteren değirmen adedi açısından en önemli konumda bulunduğu için bu belgede ayrıntılı olarak magnezyum sülfite hamuru üretimi incelenmektedir.

Kraft ve sülfite hamuru üretim işlemleri bir çok açıdan benzerlik göstermektedir ancak çevreye yapılan salımları azaltmak amacı ile uygulanan dahili ve harici önlemler farklıdır. Kimyasal yöntemlerin uygulandığı bu iki hamur üretme işlemi arasında çevresel açıdan en önemli farklar pişirme işleminde kullanılan kimyasal maddelerden, kimyasal maddelerin hazırlanmasından, geri kazanım sisteminden ve sülfite hamurunun daha parlak olması nedeniyle daha az ağartılmasından kaynaklanmaktadır.

Kraft hamuru üretiminde olduğu gibi sülfite hamuru üretiminde de çevre ile ilgili en önemli sorunlar atık sular ve havaya yapılan salımlardır. Kullanılan temel hammaddeler yenilenebilir kaynaklar (odun ve su) ile pişirme ve ağartma işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerdir. Suya yapılan salımlarda organik maddeler ön sırada yer almaktadır. Değirmenlerden boşaltılan bazı bileşikler suda yaşayan organizmalar üzerinde toksik etkiler göstermektedir. Renkli madde salımları, boşaltmanın yapıldığı ortamda yaşayan canlıları olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Besleyici madde (nitrojen ve fosfor) salımları, boşaltmanın yapıldığı ortamda yaşlanmaya neden olabilmektedir. Ahşaptan çıkartılan metallerin düşük konsantrasyonlarda boşaltılmalarına rağmen yüksek akış miktarı nedeniyle ortaya çıkan etkiler önemli düzeylere ulaşabilmektedir. Sülfite hamurunun ağartılmasında klor içeren ağartma maddelerinin kullanılmasından kaçınılmakta, TCF ağartma işlemi uygulanmaktadır. Bu nedenle ağartma tesislerinin atık suları önemli miktarda organik olarak bağlı klor bileşikleri içermemektedir.

Sülfite değirmenlerinde BAT'ın belirlenmesi amacı ile değerlendirilen teknikler hakkındaki bilgiler kraft hamuru değirmenleri hakkındaki bilgilerden daha zayıftır. Bu nedenle bilgi alışverişi sırasında TWG üyeleri tarafından sunulan sınırlı bilgilerin ışığı altında sadece birkaç teknik kraft hamuru üretiminde olduğu kadar ayrıntılı bir şekilde açıklanabilmektedir. Eldeki

veriler nispeten daha azdır. Bu durum sülfite hamuru üretim işlemi ile kraft hamuru üretim işlemi arasındaki benzerlikler sayesinde bir miktar telafi edilebilmektedir. Kraft hamuru üretim işlemlerinde kirliliğin önlenmesi ve kontrol altında tutulması amacı ile kullanılan teknikler bir çok açıdan sülfite hamuru üretim işlemleri için de geçerlidir. Kraft ve sülfite teknolojileri arasında farklar bulunmasına rağmen gerekli bilgilerin elde edilmesi için gerekli girişimlerde bulunulmuştur. Ancak sadece Avusturya, Almanya ve İsveç'ten sağlanan bilgiler tekniklerin açıklanması ve BAT'ın belirlenmesi amacı ile kullanılabilir. İşlem içi önlemler, suya yapılan salım miktarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Sülfite hamuru değirmenlerinde kullanılacak en iyi teknikler aşağıda açıklanmaktadır:

- Ağaç kabuğunun kuru şekilde soyulması;
- Selüloz liflerini birbirine bağlayan ligninlerin ayrılması işleminin ağartma tesislerinden önce, pişirme işleminin süresinin uzatılması veya değiştirilmesi yardımıyla uzatılması;
- Esmer liflerin yüksek verimlilikle yıkanması ve kapalı devrede elekten geçirilmesi;
- Dökülmenin etkili bir şekilde izlenmesi, etkili muhafaza ve geri kazanım sistemi;
- Sodyum bazlı pişirme işlemi sırasında ağartma tesisinin kapatılması;
- TCF yöntemiyle ağartma;
- Hafif amonyak eriyiğinin buharlaşma öncesinde nötralize edilmesi ve yoğuşkunun üretim işlemi ya da oksijensiz ortamda gerçekleştirilen işlemler sırasında yeniden kullanılması;
- Ani yüklemelerin ve harici atık su işleme tesisinde ortaya çıkabilecek arızaların önlenmesi amacı ile dökülen pişirme eriyikleri ile geri kazanılan eriyiklerin ve kirli yoğuşkuların muhafaza edilmesini sağlayacak, yeterli büyüklükte yedek depoların tahsis edilmesi;
- Sülfite hamuru üretim değirmenlerinde işleme entegre önlemlerin yanı sıra birincil işleme ve biyolojik işleme de BAT olarak değerlendirilmektedir.

Ağartılmış sülfite hamuru değirmenlerinde, bu tekniklerin uygun kombinasyonlarının kullanılması sonucunda elde edilen, suya yapılan BAT salım düzeyleri aşağıda yer almaktadır:

	<b>Akış m<sup>3</sup>/Adt</b>	<b>COD kg/Adt</b>	<b>BOD kg/Adt</b>	<b>TSS kg/Adt</b>	<b>AOX kg/Adt</b>	<b>Toplam N kg/Adt</b>	<b>Toplam P kg/Adt</b>
Ağartılmış hamur	40 - 55	20-30	1-2	1.0-2.0	-	0.15-0.5	0.02-0.05

Yukarıda açıklanan salım düzeyleri yıllık ortalama değerlerdir. Su akışı değerleri, soğutma suları ile diğer temiz suların ayrı ayrı boşaltıldıkları varsayımına dayanmaktadır. Bu değerler sadece hamur üretimi ile ilgilidir. Entegre değirmenlerde ürün türüne bağlı olarak kağıt üretim tesislerinin salımları da eklenmelidir (bkz. Bölüm 6).

Çeşitli kaynaklardan yapılan atık gaz salımları da önemli çevresel hususlardan biridir. Atmosfere yapılan salımlar geri kazanım kazanı ve ağaç kabuğu fırını gibi çeşitli noktalardan kaynaklanmaktadır. Düşük oranda SO<sub>2</sub> derişığı içeren salımlar yıkama ve elekten geçirme işlemleri ile buharlaştırıcıların havalandırma kanallarından ve çeşitli tanklardan kaynaklanmaktadır. Bu salımların bir kısmı işlemler sırasında çeşitli noktalardan sızan dağılık salımlardan oluşmaktadır. Salımlar çoğunlukla kükürt dioksit, nitrojen oksitleri ve tozdan oluşmaktadır.

Havaya yapılan salımları azaltmak amacı ile kullanılacak en iyi teknikler aşağıda yer almaktadır:

- Derişik SO<sub>2</sub> salımlarının toplanarak farklı basınç seviyelerine sahip tanklarda yeniden kazanılması;
- Çeşitli kaynaklardan salınan dağılık SO<sub>2</sub> salımlarının toplanarak geri kazanım kazanına yanmayı sağlayan hava olarak gönderilmesi;
- Geri kazanım kazanlarından yapılan SO<sub>2</sub> salımlarının, elektrostatik çökticiler ile çok kademeli baca gazı temizleyicileri ve çeşitli havalandırma kanallarından salınan gazların toplanıp temizlenmesi yöntemiyle azaltılması;



- Yardımcı kazanlardan yapılan SO<sub>2</sub> salımlarının ağaç kabuğu, gaz, düşük oranda kükürt içeren yağ veya kömür kullanılması veya S salımlarının kontrol altında tutulması sayesinde azaltılması;
- Kokulu gaz salımlarının etkili toplama sistemleri yardımıyla azaltılması;
- Geri kazanım kazanı ile yardımcı kazanlardan yapılan NO<sub>x</sub> salımlarının, ateşleme koşullarının kontrol altında tutulması sayesinde azaltılması;
- Toz salımlarının azaltılması amacı ile yardımcı kazanların baca gazlarının etkili elektrostatik çökticiler yardımıyla temizlenmesi;
- Artıkların emisyonların optimize edileceği şekilde yakılması ve enerjinin geri kazanımı.

İşlemler sırasında bu tekniklerin uygun kombinasyonlarının kullanılması sonucunda elde edilen BAT salım düzeyleri aşağıda yer almaktadır. Hamurun ve/veya kağıdın kurutulması amacı ile kullanılan buharın üretildiği kazanlar gibi yardımcı kazanlardan yapılan salımlar bu değerlere dahil edilmemiştir. Bu tesislerden yapılan salım değerleri için aşağıda yer alan yardımcı kazanlar için BAT bölümüne başvurunuz.

	<b>Toz kg/Adt</b>	<b>SO<sub>2</sub> (S olarak) kg/Adt</b>	<b>NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub> olarak) kg/Adt</b>
Ağartılmış hamur	0.02 - 0.15	0.5 - 1.0	1.0 – 2.0

Verilen salım düzeyleri yıllık ortalama değerlerdir ve standart koşulları yansıtmaktadırlar. Belirtilen değerler sadece hamur üretimi sırasında ortaya çıkan salımlarla ilgilidir. Diğer bir deyişle, entegre değirmenlerde işlemler sırasında ortaya çıkan salım değerleri sadece hamur üretimiyle ilgilidir ve kağıt üretimi için gereken enerjinin elde edilmesi amacı ile kullanılabilir buhar kazanlarından veya enerji santrallerinden havaya yapılan salımları içermemektedir.

Atıkların azaltılması için kullanılabilir en iyi teknikler, katı atık oluşumunun asgari düzeyde tutulması ve bu maddelerin mümkün olduğu ölçüde geri kazanılması, geri dönüşümü ve yeniden kullanılmasıdır. Atık parçacıklarının kaynağında ayrı bir şekilde toplanıp depolanması bu amaca ulaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Toplanan atıkların üretim işlemlerinde kullanılmaması durumunda, artıkların/atıkların ikame madde olarak haricen kullanılması veya organik maddelerin enerjinin geri kazanılmasını sağlayan, uygun bir tasarıma sahip kazanlarda yakılması BAT olarak değerlendirilmektedir.

Taze buhar ve elektrik enerjisi tüketiminin azaltılması ve dahili buhar ve elektrik enerjisi üretiminin artırılması amacı ile çeşitli önlemler alınabilmektedir. Sülfid hamuru değirmenleri koyu eriyiğin, ağaç kabuklarının ve ağaç atıklarının ısı değerini kullanarak ısı ve enerji açılardan kendi kendilerine yetmektedir. Entegre değirmenlerde tesis içi ya da tesis dışı enerji santrallerinde üretilen ilave buhar ve elektrik enerjisine gereksinim duyulmaktadır. Entegre sülfid hamuru ve kağıt değirmenleri 18 - 24 GJ/Adt ısı ve 1.2 - 1.5 MWh/Adt elektrik enerjisi tüketmektedirler.

#### **Mekanik selüloz üretimi ve kimyasal-mekanik selüloz üretimi için BAT (Bölüm 4)**

Mekanik selüloz üretiminde odun lifleri, odun matrisine uygulanan mekanik enerji yardımıyla birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bu işlemin amacı yüksek randıman, kabul edilebilir dayanıklılık özellikleri ve parlaklık elde edebilmek için ligninlerin ana bölümünün muhafaza edilmesidir. İki farklı işlem uygulanmaktadır:

- Kütüklerin döner bir öğütme taşından geçirilerek aynı anda su ile işlendiği odun öğütme işlemi ve;
- Odun yongası liflerinin ezici merdaneler yardımıyla ayrıldığı mekanik ezme işlemi ile elde edilen kağıt hamuru.

İşlem ısısının artırılması ve ezme işlemi sırasında odun yongalarının önceden kimyasal işleme tabi tutulması kağıt hamurunun özelliklerini etkileyebilmektedir. Odunun kimyasal maddeler

yardımıyla önceden yumuşatılıp basınç uygulanarak ezildiği ve kimyasal-ısı işlem olarak adlandırılan kağıt hamuru üretme yöntemi de bu belgede incelenmektedir.

Mekanik kağıt hamuru üretme işlemlerinin çoğu kağıt üretimine entegre edilmiştir. Bu nedenle bu belgede entegre kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinin BAT kullanımını ile ilgili salım düzeyleri belirtilmektedir (CTMP dışında).

Mekanik ve kimyasal-mekanik kağıt hamuru üretiminde en önemli hususlar atık sular ile öğütme taşları ve ezici merdaneler için gereken elektrik enerjisi tüketimidir. Kullanılan temel hammaddeler yenilenebilir kaynaklar (odun ve su) ile pişirme ve ağartma işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerdir (CTMP ve yongaların kimyasal ön işleme tabi tutulması için). Üretim işlemine yardımcı olmak ve ürün özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamak amacı ile üretim sırasında çeşitli katkıları uygulanmaktadır. Suya yapılan salımlarda, su içerisinde çözünen veya dağılan organik maddeler ön sırada yer almaktadır. Mekanik kağıt hamurunun bir veya iki alkalin peroksit işlemine tabi tutularak ağartılması halinde organik kirletici madde salımı önemli ölçüde artmaktadır. Peroksitle yapılan ağartma, işlem öncesi yaklaşık 30 kg O<sub>2</sub>/Adt miktarında ilave COD yüküne neden olmaktadır. Değirmenlerden boşaltılan bazı bileşikler suda yaşayan organizmalar üzerinde toksik etkiler göstermektedir. Besleyici madde (nitrojen ve fosfor) salımları, boşaltmanın yapıldığı ortamda yaşlanmaya neden olabilmektedir. Ahşaptan çıkartılan metallerin düşük konsantrasyonlarda boşaltılmalarına rağmen yüksek akış miktarı nedeniyle ortaya çıkan etkiler önemli düzeylere ulaşabilmektedir.

BAT'ın belirlenmesi amacıyla değerlendirilen tekniklerin büyük bir çoğunluğu suya yapılan atıkların azaltılması ile ilgilidir. Mekanik kağıt hamuru üretimi işlemlerinde su sistemleri genellikle kapalı devre çalışmaktadır. Kağıt makinesinin ihtiyaç fazlası arıtılmış suları genellikle kağıt hamuru ve iskartalarla birlikte devreyi terk eden suyun yerine kullanılmaktadır.

Mekanik kağıt hamuru değirmenlerinde kullanılacak en iyi teknikler aşağıda açıklanmaktadır:

- Ağaç kabuğunun kuru şekilde soyulması;
- Iskartaların verimli bir şekilde değerlendirildiği işlem aşamaları kullanılarak iskarta kayıplarının asgari düzeyde tutulması
- Mekanik kağıt hamuru üretimi bölümünde su devridaimi
- Kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinin su sistemlerinin koyultucular yardımıyla birbirlerinden ayrılmasının sağlanması
- Entegrasyon derecesine bağlı olarak kağıt değirmeninden kağıt hamuru değirmenine giden karşı akımlı köpüklü su sistemi
- İşlemden çıkan derişik atık suların muhafaza edilmesini sağlayacak, yeterli büyüklükte yedek depoların kullanılması (Çoğunlukla CTMP için)
- Atık suların birincil işlemeye ve biyolojik işlemeye, bazı durumlarda da pıhtılaşma ya da kimyasal çökelme işlemine tabi tutulması.

CTMP değirmenlerinde atık suların oksijensiz ve oksijenli ortamda işlenmesi de etkili bir arıtma yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Son olarak en kirli atık suların buharlaştırılarak derişğin yakılması ve artıkların aktifleştirilmiş çamur işlemine tabi tutulması, değirmenlerin arıtılması için ilginç bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Bu tekniklerin uygun kombinasyonlarının kullanılması sonucunda elde edilen salım düzeyleri entegre olmayan CTMP değirmenleri ve entegre mekanik kağıt hamuru ve kağıt değirmenleri için ayrı ayrı verilmektedir. Bu salım düzeyleri yıllık ortalama değerleri yansıtmaktadır.

	Akış m <sup>3</sup> /t	COD kg/t	BOD kg/t	TSS kg/t	AOX kg/t	Toplam N kg/t	Toplam P kg/t
Entegre olmayan CTMP değirmenleri (sadece kağıt hamuru üretiminin katkısı)	15-20	10-20	0.5-1.0	0.5-1.0	-	0.1-0.2	0.005-0.01
Entegre mekanik kağıt hamuru & kağıt değirmenleri (gazete kağıdı, LWC ve SC kağıdı değirmenleri)	12-20	2.0-5.0	0.2-0.5	0.2-0.5	< 0.01	0.04-0.1	0.004-0.01

Entegre CTMP değirmenlerinde ürün türüne bağlı olarak kağıt üretim tesislerinin salımları da eklenmelidir (bkz. Bölüm 6).

Entegre mekanik kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinin salım düzeylerinde hem kağıt hamuru hem de kağıt üretimi ile ilgili olarak üretilen beher ton kağıt başına düşen kirletici madde miktarı kilogram cinsinden belirtilmektedir.

Peroksitle ağartma, işlem öncesinde daha fazla organik madde yüküne neden olduğundan, mekanik kağıt hamuru üretiminde COD aralıkları özellikle peroksitle ağartılan lif oranına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle BAT ile ilgili salım aralığının üst sınırı yüksek oranda peroksitle ağartılmış TMP kullanılan kağıt değirmenleri için geçerlidir.

Atmosfere yapılan salımlar çoğunlukla yardımcı kazanlarda ısı ve elektrik üretiminden kaynaklanan salımları ve uçucu organik karbonları (VOC) içermektedir. VOC salımlarının kaynakları yonga kümeleri, odun yongası yıkama gözleri ile diğer gözlerden boşaltılan hava ve ezici merdanelerin uçucu odun parçaları ile kirlenmiş geri kazanılan buharında bulunan yoğunlaşlardır. Bu salımların bir bölümü işlem sırasında çeşitli noktalardan dağınık şekilde sızmaktadır.

Havaya yapılan salımların azaltılması amacı ile kullanılabilir en iyi teknikler ezici merdanelerde oluşan ısının verimli bir şekilde geri kazanılması ve kirlenmiş buharında bulunan VOC salımlarının azaltılmasıdır. Mekanik kağıt hamuru üretiminde atmosfere, VOC salımlarının dışında, üretim işlemi ile ilgili olmayan ve tesiste enerji üretiminden kaynaklanan salımlar da yapılmaktadır. Gerekli ısı ve enerji çeşitli fosil yakıtları ile ağaç kabuğu gibi yenilenebilir odun kalıntılarının yakılması suretiyle elde edilmektedir. Yardımcı kazanlar için BAT aşağıda ayrı bir bölümde incelenmektedir.

Atıkların azaltılması için kullanılabilir en iyi teknikler, katı atık oluşumunun asgari düzeyde tutulması ve bu maddelerin mümkün olduğu ölçüde geri kazanılması, geri dönüşümü ve yeniden kullanılmasıdır. Atık parçacıklarının kaynağında ayrı bir şekilde toplanıp depolanması bu amaca ulaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Toplanan atıkların üretim işlemlerinde kullanılmaması durumunda, artıkların/atıkların ikame madde olarak haricen kullanılması veya organik maddelerin enerjinin geri kazanılmasını sağlayan, uygun bir tasarıma sahip kazanlarda yakılması ve böylece atık alanına atılan ıskarta miktarının azaltılması BAT olarak değerlendirilmektedir.

Taze buhar ve elektrik enerjisi tüketiminin azaltılması amacı ile çeşitli önlemler alınabilmektedir. Enerji tasarrufu sağlayan mekanik kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinin ısı ve enerji tüketim değerleri aşağıda yer almaktadır:

- Entegre olmayan CTMP: Kağıt hamurunun kurutulması amacı ile geri kazanılan işletme ısısı kullanılabilir, yani bu işlem için yeni buhar üretilmesine gerek yoktur. Enerji tüketimi 2 - 3 MWh/Adt'dır.

- Entegre gazete kağıdı değirmenleri 0 - 3 GJ/t ısı ve 2 - 3 MWh/t elektrik enerjisi tüketmektedir. Buhar gereksinimi lif yapısına ve ezici merdanelerden geri kazanılan buhar miktarına bağlıdır.
- Entegre LWC kağıdı değirmenleri 3 - 12 GJ/t ısı ve 1.7 - 2.6 MWh/t elektrik enerjisi tüketmektedir. LWC'nin lif yapısı normalde PGW ya da TMP'nin üçte birini oluşturmaktadır, geri kalanı ağartılmış kraft hamuru, dolgu malzemesi ve kaplama renklerinden oluşmaktadır. Ağartılmış kraft hamuru üretiminin aynı tesiste (entegre) gerçekleştirilmesi halinde, üretilen lif yapısına bağlı olarak, kraft hamuru üretimi için gereken enerji miktarının ilave edilmesi gerekmektedir.
- Entegre SC kağıdı değirmenleri 1 - 6 GJ/t ısı ve 1.9 - 2.6 MWh/t elektrik enerjisi tüketmektedir.

### Hurda liflerin işlenmesi için BAT (Bölüm 5)

Yeniden kazanılan hurda lifler, aynı kalitede ham hamurdan daha düşük maliyeti ve birçok Avrupa ülkesinde geri dönüşümlü kağıt kullanımının teşvik edilmesi nedeniyle kağıt üretim sanayiinin vazgeçilemez hammaddelerinden biri olmuştur. Geri kazanılan kağıdın işleme sistemleri üretilen kağıdın kalitesine, örneğin ambalaj kağıdı, gazete kağıdı, oluklu ambalaj kağıdı ve temizlik kağıdı, ve kullanılan lif yapısına göre farklılık göstermektedir. Geri dönüşümlü liflerin (RCF) işleme yöntemleri genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır:

- Mürekkepten arındırmayan özel mekanik temizleme işlemleri. Bu işlemler oluklu ambalaj kağıdı, oluklu mukavva, mukavva ve karton üretiminde kullanılmaktadır.
- Mürekkepten arındıran mekanik ve kimyasal ünitelerde gerçekleştirilen işlemler. Bu işlemler gazete kağıdı, temizlik kağıdı, baskı ve kopya kağıtları, dergi kağıtları (SC/LWC), belirli kalitede kartonlar ve piyasaya DIP'i üretiminde kullanılmaktadır.

RCF bazlı kağıt üretiminde kullanılan hammaddeler çoğunlukla geri kazanılan kağıt, su, kimyasal katkı maddeleri ile buhar ve elektrik enerjisinden oluşmaktadır. Üretim ve soğutma işlemleri için büyük miktarlarda su kullanılmaktadır. Üretim işlemine yardımcı olmak ve ürün özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamak amacı ile kağıt üretimi sırasında çeşitli katkıları uygulanmaktadır. Geri kazanılan kağıdın işlenmesi sürecinin çevresel etkileri suya yapılan salımlar, katı atıklar (özellikle, temizlik kağıdı değirmenlerinde olduğu gibi yıkama yöntemiyle mürekkepten arındırıldığı takdirde) ve atmosfere yapılan salımlardan oluşmaktadır. Atmosfere yapılan salımlar çoğunlukla enerji santrallerinde yakılan fosil yakıtlarından kaynaklanmaktadır.

Geri kazanılan kağıt işleme değirmenlerinin çoğu kağıt üretimine entegre edilmiştir. Bu nedenle BAT kullanımı ile ilgili salım düzeyleri entegre değirmenlerin verilerini içermektedir. BAT'ın belirlenmesi amacı ile değerlendirilen tekniklerin çoğu suya yapılan salımların azaltılması ile ilgilidir.

Geri kazanılan kağıt işleme değirmenlerinde kullanılacak en iyi teknikler aşağıda açıklanmaktadır:

- Daha az kirlenmiş suyun kirli sudan ayrılması ve işleme suyunun geri dönüşüm işlemine tabi tutulması;
- Optimal su yönetimi (su döngüsünün düzenlenmesi), suyun tortulaşma, yüzdürme ya da filtrasyon teknikleriyle arıtılması ve işleme suyunun çeşitli amaçlarla geri dönüşüm işlemine tabi tutulması;
- Su döngülerinin tamamen ayrılması ve işleme suyunun akıma karşı akmasının sağlanması;
- Mürekkepten arındırma tesisleri için arıtılmış su elde edilmesi (yüzdürme);
- Eşitleme haznesi yerleştirilmesi ve birincil işlem uygulanması;
- Atık suların biyolojik işleme tabi tutulması. Mürekkepten arındırılmış kağıtlar için uygulanan ve koşullara bağlı olarak mürekkepten arındırılmamış kağıtlarda da kullanılabilen etkili yöntemlerden biri de oksijenli ortamda biyolojik işleme yöntemi ve bazı durumlarda pıhtılaştırma ve kimyasal çökeltme yöntemleridir. Mekanik işleme ve ardından oksijensiz-oksijenli ortamda biyolojik işleme mürekkepten arındırılmamış kağıtlar için

tercih edilen bir yöntemdir. Suyun büyük ölçüde kapalı devre kullanılması nedeniyle bu tip değirmenlerde genellikle daha yüksek miktarda derişik atık suların işlenmesi gerekmektedir;

- Biyolojik işlem görmüş suyun kısmen geri dönüşümü. Suyun geri dönüşüm oranı üretilen kağıdın kalitesine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Mürekkepten arındırılmamış kağıtlar için bu teknik BAT olarak değerlendirilmektedir. Ancak bu işlemin artıları ile eksilerinin özenle araştırılması gerekmektedir ve genellikle ilave işlemlerin (üçüncü işleme) uygulanması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.
- Dahili su devrelerinin işleme tabi tutulması

Entegre geri kazanılan kağıt işleme değirmenleri için kullanılabilir en iyi tekniklerin uygun kombinasyonları ile elde edilen salım düzeyleri aşağıda yer almaktadır:

	<b>Akış m<sup>3</sup>/t</b>	<b>COD kg/t</b>	<b>BOD kg/t</b>	<b>TSS kg/t</b>	<b>Toplam N kg/t</b>	<b>Toplam P kg/t</b>	<b>AOX kg/t</b>
Mürekkepten arındırma işlemi uygulamayan entegre RCF kağıdı değirmenleri (örneğin wellenstoff, oluklu ambalaj kağıdı, beyaz kağıt, karton vb)	< 7	0.5-1.5	<0.05-0.15	0.05-0.15	0.02-0.05	0.002-0.005	<0.5
Mürekkepten arındırma işlemi uygulanan RCF kağıdı değirmenleri (örneğin gazete kağıdı, baskı & parşömen kağıdı vb.)	8 - 15	2-4	<0.05-0.5	0.1-0.3	0.05-0.1	0.005-0.01	<0.5
RCF bazlı temizlik kağıdı değirmenleri	8-25	2.0-4.0	<0.05-0.4	0.1-0.4	0.05-0.25	0.005-0.015	<0.5

BAT salım düzeyleri yıllık ortalama değerleri yansıtmaktadır ve mürekkepten arındırma işlemine sahip olan ve olmayan üretim işlemleri için ayrı ayrı belirtilmektedir. Atık su akışı, soğutma suyu ile temiz suyun ayrı ayrı boşaltıldığı varsayımına dayanmaktadır. Yukarıda belirtilen değerler entegre değirmenlere aittir, yani geri kazanılan kağıdın işlenmesi ve kağıt üretimi aynı tesiste gerçekleştirilmektedir.

Ortak arıtma tesislerinin kağıt değirmeni atık sularını işlemeye uygun olması halinde, bir ya da birden çok RCF kağıdı değirmeninin atık sularının belediyenin atık su arıtma tesislerinde ortak şekilde arıtılması da BAT olarak değerlendirilmektedir. Bu seçenek BAT olarak değerlendirilmeden önce, ortak atık su arıtma sisteminin arıtma verimliliğinin hesaplanması ve benzer arıtma verimliliği ya da salım derişikleri belirlenmelidir.

RCF bazlı kağıt değirmenlerinden havaya yapılan salımlar çoğunlukla ısı üretimi tesislerinden, bazı durumlarda da yardımcı elektrik üretim santrallerinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla enerji tasarrufu havaya yapılan salımların azaltılması anlamına gelmektedir. Kullanılan enerji santralleri diğer enerji santralleri gibi değerlendirilebilmesi mümkün olan standart kazanlardır. Enerji tüketiminin ve havaya yapılan salımların azaltılabilmesi için aşağıda belirtilen önlemler BAT olarak değerlendirilmektedir: Yardımcı ısı ve enerji üretimi, mevcut kazanların iyileştirilmesi ve donanım değiştirileceği zaman daha az enerji tüketen donanımın kullanılması. BAT kullanımı ile ilgili salım düzeyleri aşağıda yardımcı kazanlar için BAT bölümünde ele alınmaktadır.

Atıkların azaltılması için kullanılabilir en iyi teknikler, katı atık oluşumunun asgari düzeyde tutulması ve bu maddelerin mümkün olduğu ölçüde geri kazanılması, geri dönüşümü ve yeniden

kullanılmasıdır. Atık parçacıklarının kaynağında ayrı bir şekilde toplanıp depolanması bu amaca ulaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Toplanan atıkların üretim işlemlerinde kullanılamaması durumunda, artıkların/atıkların ikame madde olarak haricen kullanılması veya organik maddelerin enerjinin geri kazanılmasını sağlayan, uygun bir tasarıma sahip kazanlarda yakılması BAT olarak değerlendirilmektedir. Katı atıklar liflerin geri kazanımının, stok hazırlama tesislerinin arıtılması, stok hazırlama işleminde temizlik aşaması sayısının optimize edilmesi, liflerin ve dolgu malzemelerinin geri kazanımı için sıralı işlem olarak çözülmüş hava yüzdürme sisteminin (DAF) uygulanması ve işleme suyunun arıtılması yöntemleri ile optimize edilmesi sayesinde azaltılabilmektedir. Stoğun temizliği, lif kayıpları, enerji gereksinimi ve maliyetler arasında, kağıt kalitesine bağlı olarak bir denge kurulmalıdır. Atık alanına atılan katı atık miktarının azaltılması BAT olarak değerlendirilmektedir. Bunun için ıskarta ve tortular tesis içerisinde işlenerek (sudan arındırma) içerdikleri kuru katı madde miktarı artırılmalı ve bu ıskarta ve tortular yakılarak enerjinin geri kazanılması sağlanmalıdır. Elde edilen kül, inşaat malzemeleri sanayiinde hammadde olarak kullanılabilir. ıskarta ve tortuların yakılması için farklı seçenekler mevcuttur. Bunların uygulanabilirliği değirmenin boyuna ve bir dereceye kadar da buhar ve elektrik enerjisi üretmek amacı ile kullanılan yakıtın türüne bağlıdır.

Enerji tasarrufu sağlayan geri kazanılan kağıt işleme değirmenlerinin ısı ve enerji tüketim değerleri aşağıda yer almaktadır:

- Mürekkepten arındırılmamış entegre RCF kağıdı değirmenleri (örneğin oluklu ambalaj kağıdı, oluklu mukavva): 6 - 6.5 GJ/t ısı ve 0.7 - 0.8 MWh/t enerji;
- DIP tesisli entegre temizlik kağıdı değirmenleri: 7 - 12 GJ/t ısı ve 1.2 - 1.4 MWh/t enerji;
- DIP tesisli entegre gazete kağıdı ve parşömen kağıdı değirmenleri: 4 - 6.5 GJ/t ısı ve 1 - 1.5 MWh/t enerji.

#### **Kağıt üretimi ve ilgili işlemler için BAT (Bölüm 6)**

Kağıt üretiminde kullanılan liflerin üretim süreçleri 2 ila 5 numaralı Bölümlerde açıklanmaktadır. 6. Bölümde kağıt hamuru üretiminden bağımsız olarak kağıt ve karton üretimi açıklanmaktadır. Bu yaklaşımın tercih edilmesinin nedeni, kağıt hamuru üretimine entegre edilmiş olsun olmasın tüm kağıt değirmenlerinde kağıt ve karton makinelerinde aynı işlemler uygulanmakta olmasıdır. Kağıt üretiminin entegre kağıt hamuru değirmenlerinin bir parçası olarak açıklanması teknik açıklamaları daha karmaşık bir hale getirecektir. Ayrıca adet itibarıyla Avrupa'daki kağıt değirmenlerinin çoğu entegre olmayan değirmenlerdir.

Bu bölüm entegre kağıt değirmenlerinin sadece kağıt üretimi ile ilgili kısımlarını ilgilendirmektedir.

Kağıt lifler, su ve kimyasal katkı maddelerinden üretilmektedir. Bunlara ilaveten üretim işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için büyük miktarda enerjiye gereksinim duyulmaktadır. Çeşitli motorların çalıştırılabilmesi ve stoğun hazırlanması için gereken hamur ezme işlemlerinde çoğunlukla elektrik enerjisi tüketilmektedir. Suyun, diğer sıvı ve eriyiklerin ve havanın ısıtılması, kağıt makinesinin kuru tarafındaki suyun buharlaştırılması ve buharın elektrik enerjisine dönüştürülmesi için (yardımcı enerji üretimi) işlemler sırasında ortaya çıkan ısı kullanılmaktadır. İşlem ve soğutma suyu olarak büyük miktarda su kullanılmaktadır. Üretim işlemine yardımcı olmak ve ürün özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamak amacı ile üretim sırasında çeşitli katkılar uygulanmaktadır.

Kağıt değirmenleri ile ilgili çevresel sorunlar çoğunlukla suya yapılan salımlar ile enerji ve kimyasal madde tüketiminden oluşmaktadır. Bu işlemler sırasında katı atıklar da oluşmaktadır. Atmosfere yapılan salımlar çoğunlukla enerji santrallerinde kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır.

Suya yapılan salımların azaltılması amacı ile kullanılacak en iyi teknikler aşağıda açıklanmaktadır:

- İşlemler sırasında kullanılan suyun geri dönüşüm oranının artırılması ve su yönetiminin uygulanması sayesinde farklı kalitede kağıtlar için su kullanımının asgari düzeyde tutulması;
- Su sistemlerinin kapatılmasının doğuracağı olumsuzlukların kontrol altında tutulması;
- Dengeli bir köpüklü su, arıtma ve kuru kağıt saklama sisteminin kurulması ve mümkün olduğu takdirde daha az su tüketen yapıların, tasarımın ve makinelerin kullanılması. Bu durum makine veya parçaların yenilenmesi ya da yeniden üretilmesi sırasında değerlendirilmelidir;
- Kazara yapılan boşaltmaların sayısının ve etkilerinin azaltılması için gereken önlemlerin alınması;
- Kaplama işlemi sırasında ortaya çıkan atık suların ayrı bir şekilde ön işleme tabi tutulması;
- Zararlı maddelerin yerine daha az zararlı alternatiflerinin kullanılması;
- Atık suların eşitleme haznesinde arıtma işlemine tabi tutulması;
- Atık suların birincil işleme, ikincil biyolojik işleme ve/veya bazı durumlarda ikincil kimyasal çökelmeye ya da pıhtılaşmaya tabi tutulması. Kimyasal işlem uygulandığı takdirde boşaltılan COD miktarı daha fazla olacak ancak daha kolay çözülebilen maddelerden oluşacaktır.

Aşağıdaki tabloda entegre olmayan kağıt değirmenleri için BAT kullanımı ile ilgili salım düzeyleri kaplanmış ve kaplanmamış ince kağıtlar ve temizlik kağıtları için ayrı ayrı belirtilmektedir. Ancak çeşitli kalitedeki kağıtlar arasındaki farklar çok açıktır.

Parametreler	Birimler	Kaplanmamış ince kağıt	Kaplanmış ince kağıt	Temizlik kağıdı
BOD <sub>5</sub>	kg/t kağıt	0.15-0.25	0.15-0.25	0.15-0.4
COD	kg/t kağıt	0.5-2	0.5-1.5	0.4-1.5
TSS	kg/t kağıt	0.2-0.4	0.2-0.4	0.2-0.4
AOX	kg/t kağıt	< 0.005	< 0.005	< 0.01
Toplam P	kg/t kağıt	0.003-0.01	0.003-0.01	0.003-0.015
Toplam N	kg/t kağıt	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.25
Akış	m <sup>3</sup> /t kağıt	10-15	10-15	10-25

BAT salım düzeyleri yıllık ortalama değerleri yansıtmaktadır ve kağıt hamuru üretimini içermemektedir. Bu değerler entegre olmayan değirmenlere ait olmalarına rağmen entegre değirmenlerde bulunan kağıt üretim ünitelerinin salımları hakkında bir tahminde bulunulmasına yardımcı olmaktadır. Atık su akışı, soğutma suyu ile temiz suyun ayrı ayrı boşaltıldığı varsayımına dayanmaktadır.

Ortak arıtma tesislerinin kağıt değirmeni atık sularını işlemeye uygun olması halinde, bir ya da birden çok RCF kağıdı değirmeninin atık sularının belediyenin atık su arıtma tesislerinde ortak şekilde arıtılması da BAT olarak değerlendirilmektedir. Bu seçenek BAT olarak değerlendirilmeden önce, ortak atık su arıtma sisteminin arıtma verimliliğinin hesaplanması ve benzer arıtma verimliliği ya da salım derişikleri belirlenmelidir.

Entegre olmayan kağıt değirmenlerinden havaya yapılan salımlar çoğunlukla buhar kazanlarından ve enerji santrallerinden kaynaklanmaktadır. Kullanılan enerji santralleri diğer enerji santralleri gibi değerlendirilebilmesi mümkün olan standart kazanlardır. Bu kazanların aynı kapasiteye sahip diğer yardımcı kazanlarla aynı şekilde çalıştırıldıkları varsayılmaktadır (aşağıdaki bölüme bakınız).

Atıkların azaltılması için kullanılacak en iyi teknikler, katı atık oluşumunun asgari düzeyde tutulması ve bu maddelerin mümkün olduğu ölçüde geri kazanılması, geri dönüşümü ve yeniden kullanılmasıdır. Atık parçacıklarının kaynağında ayrı bir şekilde toplanması ve artıkların/atıkların depolanması daha fazla miktarda atığın atık alanına atılmak yerine geri dönüştürülebilmesine olanak sağlamaktadır. Lif ve dolgu malzemesi kaybının azaltılması, kaplama işleminin atık sularının geri kazanılması için ultra-filtrasyon uygulanması (sadece

kaplanan kağıtlar için), artıkların ve tortuların sularının etkili bir şekilde alınarak kurutulması uygulanabilecek diğer teknikler arasındadır. Atık alanına boşaltılacak atık miktarının azaltılması, geri kazanım olasılıklarının değerlendirilmesi ve uygun olduğu takdirde atıkların malzemelerin geri dönüşümü amacı ile kullanılması veya enerjinin geri kazanılmasını sağlayacak şekilde yakılması BAT olarak değerlendirilmektedir.

Genel olarak bu sektörde BAT enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması şeklinde değerlendirilmektedir. Üretim sürecinin çeşitli aşamalarında enerji tasarrufu sağlayacak bir çok seçenek mevcuttur. Bu önlemler genellikle üretim donanımının değiştirilmesi, yeniden yapılması veya geliştirilmesine yönelik yatırımlara bağlıdır. Enerji tasarrufuna yönelik önlemlerin sadece enerji tasarrufu amacı ile kullanılmadığına dikkat çekilmektedir. Üretim verimliliği, ürün kalitesinin artırılması ve toplam maliyetlerin düşürülmesi yapılacak yatırımlar için en önemli dayanakları oluşturmaktadır. Enerji kullanımının ve performansının izlenmesini sağlayan sistemlerin kullanılması, kağıt makinesinin baskı bölümünde geniş bükümlü baskı teknolojileri uygulayarak kağıt dokusunun suyunun daha etkili bir şekilde alınması ve koyulaştırma, enerji tasarrufu sağlayan eziciler, çift tel oluşturmak, optimize vakum sistemleri, fanlar ve pompalar için çalışma devri ayarlanabilen tahrik sistemleri, yüksek randımanlı elektrik motorları, uygun boyda elektrik motorları, buhar yoğunlaşmasının geri kazanımı, genişleyen baskı silindirleri ve atık gaz ısısının geri kazanılmasını sağlayan sistemler gibi enerji tasarrufu sağlayan diğer teknolojiler kullanılması sayesinde enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Buharın doğrudan kullanımının azaltılabilmesi için tasarruf analizi yapılarak dikkatli bir şekilde işlem entegrasyonu sağlanması gerekmektedir.

Enerji tasarrufu sağlayan, entegre olmayan kağıt değirmenlerinin ısı ve enerji tüketim değerleri aşağıda belirtilmektedir:

- Entegre olmayan kaplanmamış ince kağıt değirmenlerinin ısı gereksinimi 7 - 7.5 GJ/t, enerji gereksinimi ise 0.6 - 0.7 MWh/t'dir;
- Entegre olmayan kaplanmış ince kağıt değirmenlerinin ısı gereksinimi 7 - 8 GJ/t, enerji gereksinimi ise 0.7 - 0.9 MWh/t'dir;
- Ham liflerden temizlik kağıdı üreten entegre olmayan kağıt değirmenlerinin ısı gereksinimi 5.5 - 7.5 GJ/t, enerji gereksinimi ise 0.6 - 1.1 MWh/t'dir.

#### **Yardımcı kazanlar için BAT**

Yardımcı kazanlardan atmosfere yapılan salımlar, kağıt hamuru veya kağıt değirmeninin fiili enerji dengesine, kullanılan harici yakıt türlerine, ağaç kabuğu ve ağaç atıkları gibi biyolojik yakıt kullanma olasılığına bağlı olarak değerlendirilmektedir. Ham liflerden kağıt hamuru üreten kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinde genellikle ağaç kabuğu yakılan kazanlar kullanılmaktadır. Entegre olmayan kağıt değirmenleri ile RCF kağıdı değirmenlerinde havaya yapılan salımlar genellikle buhar kazanlarından ve/veya enerji santrallerinden kaynaklanmaktadır. Kullanılan enerji santralleri diğer yakma kazanlarından farklı olmayan standart kazanlardır. Bu kazanların aynı kapasiteye sahip diğer yardımcı kazanlarla aynı şekilde çalıştırıldıkları varsayılmaktadır. Bu nedenle yardımcı kazanlarla ilgili BAT bu belgede sadece kısaca açıklanmaktadır. Bu teknikler şunlardır:

- Isı/enerji oranının izin vermesi halinde yardımcı ısı ve enerji üretimi
- Fosil yakıtlarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımlarını azaltmak amacı ile yakıt olarak odun veya odun atığı gibi yenilenebilir kaynakların kullanılması
- NO<sub>x</sub> salımlarının, ateşleme koşullarının kontrol altında tutulması ve düşük oranda NO<sub>x</sub> yakan brülörlerin kullanılması sayesinde azaltılması
- SO<sub>2</sub> salımlarının ağaç kabuğu gazı, düşük oranda kükürt içeren yakıt kullanılması veya S salımlarının kontrol altında tutulması sayesinde azaltılması
- Katı yakıt kullanılan yardımcı kazanlarda tozların arındırılması amacı ile etkili ESP'ler (veya torba tipi filtreler) kullanılmaktadır.

Kağıt hamuru ve kağıt sanayiinde farklı türde yakıt kullanan yardımcı kazanlardan yapılan BAT ile ilgili salım düzeyleri aşağıda belirtilmektedir. Verilen salım düzeyleri yıllık ortalama değerlerdir ve standart koşulları yansıtmaktadırlar. Ancak ürüne bağlı olarak havaya yapılan salımlar tesisin özelliklerine göre farklılık göstermektedir (örneğin yakıt türü, tesisin boyu ve türü, değirmenin entegre olup olmadığı, elektrik üretimi).



Sahnan maddeler	Kömür	Ağır yağ yakıt	Gaz yağı	Gaz	Biyolojik yakıtlar (örneğin ağaç kabuğu)
mg S/MJ yakıt girdisi	100 - 200 <sup>1</sup> (50 - 100) <sup>5</sup>	100 - 200 <sup>1</sup> (50-100) <sup>5</sup>	25-50	<5	< 15
mg NO <sub>x</sub> /MJ yakıt girdisi	80 - 110 <sup>2</sup> (50-80 SNCR) <sup>3</sup>	80 - 110 <sup>2</sup> (50-80 SNCR) <sup>3</sup>	45-60 <sup>2</sup>	30 -60 <sup>2</sup>	60 -100 <sup>2</sup> (40-70 SNCR) <sup>3</sup>
mg toz Nm <sup>3</sup>	10 - 30 <sup>4</sup> at 6% O <sub>2</sub>	10 - 40 <sup>4</sup> at 3 % O <sub>2</sub>	10-30 3% O <sub>2</sub>	< 5 3% O <sub>2</sub>	10 - 30 <sup>4</sup> at 6% O <sub>2</sub>
Notlar:					
1) Yağ veya kömürle çalışan kazanların kükürt salımları düşük-S yakıt ve kömür kullanımına bağlıdır. Kalsiyum karbonat püskürtülerek kükürt miktarında belirli bir azalma sağlanması mümkün olmaktadır.					
2) Sadece yanma teknolojisi uygulanmaktadır					
3) SNCR gibi ikincil önlemler de uygulanmaktadır; normalde sadece büyük tesislerde					
4) Etkili elektrostatik çökticiler kullanıldığında elde edilen değerlerdir					
5) Yıkayıcı kullanıldığında; sadece büyük tesislerde kullanılmaktadır					

Kağıt hamuru ve kağıt sanayiinde çok farklı ebatlarda yardımcı kazanlar kullanıldığının belirtilmesinde fayda vardır (10 MW'den başlayarak 200 MW'nin üzerine kadar çıkmaktadır). Küçük kazanlarda sadece düşük-S yakıtlarla yanma teknikleri makul bir maliyetle uygulanabilmektedir, kontrol önlemleri ancak büyük kazanlarda uygulanabilmektedir. Bu fark yukarıdaki tabloda göze çarpmaktadır. Yüksek değer aralıkları küçük tesisler için BAT olarak değerlendirilmekte ve ancak kaliteli yakıt kullanıldığı ve dahili önlemler uygulandığı takdirde elde edilebilmektedir; daha düşük olan değerler ise (parantez içerisinde) SNCR ve yıkayıcılar gibi ilave kontrol önlemleri uygulandığında elde edilebilmekte ve daha büyük tesisler için BAT olarak değerlendirilmektedir.

### Kimyasal madde ve katkı maddesi kullanımı

Kağıt hamuru ve kağıt sanayiinde üretilen kağıdın kalitesine, üretim sürecinin tasarımına ve elde edilecek ürünün niteliklerine bağlı olarak çok sayıda kimyasal madde kullanılmaktadır. Bir yandan kağıt hamuru üretimi için çeşitli kimyasal maddeler kullanılması gerekirken öte yandan kağıt üretimi sırasında çeşitli kimyasal katkı maddeleri ve yardımcı maddeler uygulanmaktadır. Kimyasal katkı maddeleri kağıda çeşitli özellikler kazandırmak amacı ile kullanılmakta, kimyasal yardımcı maddeler ise üretim sürecinin randımanını artırmak ve daha az kesintiye uğramasını sağlamak amacı ile kullanılmaktadır.

Kimyasal madde kullanımında kullanılan tüm kimyasal maddeler için bir veritabanı bulunması ve ikame prensibinin uygulanması BAT olarak değerlendirilmektedir. Yani mümkün olduğu takdirde daha az zararlı maddeler kullanılmaktadır. Kimyasal maddelerin taşınması ve muhafazası sırasında kazara toprağa ve suya karışmalarının önlenmesi için gerekli önlemler alınmaktadır.

### Fikir birliği seviyesi

BU BREF belgesi TWG'nin bir çok üyesi ile Bilgi Alışverişi Forumunun 7. toplantısının katılımcıları tarafından desteklenmiştir. Ancak CEPI – kağıt hamuru ve kağıt sanayiini temsilen – ve birkaç Üye Ülke bu nihai taslağı tamamen desteklemeyerek bu belgede yer alan yorumlardan bazılarını itiraz etmişlerdir. İtiraz edilen ana konular aşağıda belirtilmekte ve 7. Bölümde ayrıntılı şekilde açıklanmaktadır.

CEPI ile Üye Ülkelerden biri yeni/mevcut ve büyük/küçük değirmenler arasındaki ekonomik farkların yeterli ölçüde dikkate alınmadığı ve BREF'te bu farkların daha net bir şekilde belirtilmesi gerektiği görüşünü benimsemişlerdir. Ayrıca CEPI ile Üye Ülkelerden üçü tipik bir değirmenin BAT olarak değerlendirilen çeşitli tekniklerin uygun kombinasyonlarının kullanılması ile ilgili olarak belirtilen tüm salım ve tüketim değerlerini aynı anda elde edemeyeceğini savunmaktadırlar. Bu görüşe göre tüm parametreler yeteri kadar entegre bir

şekilde değerlendirilmemiştir. Ancak bu görüşün aksine belirtilen tüm düzeyleri aynı anda elde eden değirmenlerin mevcut olduğu saptanmış ve azınlıkta kalan bu görüş TWG'nin bir çok üyesi tarafından benimsenmemiştir.

Bu genel konulara ilaveten nihai yorumların TWG'de oybirliği ile desteklenmediği birkaç spesifik husus daha mevcuttur. CEPI ile Üye Ülkelerden ikisi ağartılmış kraft hamuru üretiminde BAT kullanımı ile ilgili TSS üst değerinin 1.5 kg/Adt yerine 2.0 kg/Adt olması gerektiğini savunmuşlardır. CEPI ile Üye Ülkelerden biri de çeşitli kalitede kağıtlar için BAT kullanımı ile ilgili değer aralıklarının çok sınırlı olduğunu savunmuşlardır. Ancak bazı TWG üyeleri bu görüşün aksine, bazı kağıt hamuru ve kağıt değirmenlerinde yakın bir geçmişte gerçekleştirilen iyileştirmeleri göz önünde bulundurarak BAT ile ilgili bazı düzeylerin gereğinden daha geniş olduğunu savunmuşlardır.

Çevre koruma örgütlerini temsil eden Avrupa Çevre Dairesi, kraft hamuru değirmenlerinde ECF-ağartma yönteminin önlem ve önleme prensipleri açısından BAT ölçütlerine uygun olmadığı ve genel olarak atık suların tabi tutuldukları üçüncü işleme ozon, peroksit veya UV radyasyonu ile arıtma işlemlerinin ve biyolojik filtrasyon aşamasının eklenmesi gerektiği gibi çeşitli farklı görüşleri savunmuşlardır.