



AVRUPA KOMİSYONU

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

**Cam Sanayiinde Kullanılabilecek En iyi Teknikler Hakkında  
Referans Belgesi**

**Aralık 2001**



## İDARİ ÖZET

### 1) Giriş

Cam sanayiinde kullanılabilir 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.

Bu belge, 96/61/EC sayılı Konsey Yönergesi Ek 1'in 3.3 ve 3.4 no.'lu Bölümlerinde tanımlanan aşağıdaki endüstriyel etkinlikleri içermektedir.

- 3.3 Cam elyafı da dahil olmak üzere erime kapasitesi günlük 20 tonu geçen cam üretim tesisleri .
- 3.4 Madeni elyaf üretimi de dahil olmak üzere madeni maddeleri eritmek için kullanılan kapasitesi günlük 20 tonu geçen tesisler.

Bu belge çerçevesinde, Yönergedeki bu tanımlara denk düşen sanayi faaliyetleri cam sanayii olarak tanımlanmıştır, söz konusu cam sanayii sekiz sektörden oluşmaktadır. Bu sektörler üretilen ürünlere göre birbirinden ayrılmaktadır, ancak kaçınılmaz olarak bazıları birbirinin alanına geçmektedir. Söz konusu bu sekiz sektör şu şekilde sıralanmaktadır: cam ambalaj, düz cam, sonsuz filament cam elyafı, cam ev ürünleri, özel cam (su camı da dahil), madeni yün (iki alt sektörle beraber: cam yünü ve taş yünü), seramik elyaf ve cam hamurları.

Belge yedi bölümden ve ilave bilgi içeren birkaç ekten oluşmaktadır. Bu yedi bölüm ve dört ek şu şekildedir:

1. Genel Bilgiler
2. Uygulanan İşlemler ve Teknikler
3. Mevcut Tüketim ve Salım Seviyeleri
4. BAT'ın Saptanmasında Dikkate Alınacak Teknikler
5. BAT Sonuçları
6. Yeni Teknikler
7. Sonuçlar ve Öneriler
8. Ek 1 Örnek donanım salım verileri
9. Ek 2 Örnek kükürt dengeleri
10. Ek 3 İzleme
11. Ek 4 Üye Ülke Yasaları

İdari özetin amacı belgenin ana bulgularını özetlemektir. Ana belgenin yapısı nedeniyle, tüm karmaşıklığını ve kıvraklığını bu kadar kısa bir özet dahilinde sergilemek mümkün değildir. Bu nedenle, ana metne bazı referanslar yapılmıştır ve herhangi bir uygulama için BAT saptama sırasında bütünlüğü dahilinde sadece ana belgenin kullanılması gerektiği özellikle vurgulanmalıdır. Bu tür kararları sadece idari özete dayanarak vermek, bilginin içerikten çıkartılmasına ve konuların karmaşıklığının yanlış yorumlanmasına yol açabilir.

### 2) Cam Sanayii

1. Bölüm, cam sanayii hakkında genel temel bilgiler sağlamaktadır. Ana amacı, belgede ilerleyen bölümlerde verilen bilgileri, karar mercilerinin sanayii etkileyen daha kapsamlı etkilerin ışığında görmelerine yardım etmek için bir bütün olarak sanayi hakkında temel bir anlayış sağlamaktır.

Avrupa Birliği'ndeki (AB) cam sanayii, hem üretilen ürünler hem de uygulanan üretim teknikleri açısından çok çeşitlidir. Ürün gamı, ince el yapımı kristal kadehlerden, inşaat ve otomotiv sanayii için üretilen geniş hacimli düz cama kadar çok farklı ürünleri kapsamaktadır. Üretim teknikleri, seramik elyafı sektöründeki küçük elektrikli fırınlardan, düz cam sektöründeki günde 700 tona kadar üretebilen çapraz ateşli reaktif ocaklara kadar değişmektedir.

Daha kapsamlı cam sanayii, Yönergenin Ek 1’inde belirtilen günlük 20 tonluk eşikten az üretim yapılan bir çok küçük tesisi de içermektedir..

Cam sanayii, her ne kadar sanayiinin rekabetçi kalabilmesi için yüksek hacimli ürünlere ilave değer verecek bir çok yol geliştirildiyse de, aslen bir tüketim malı sanayiidir. Sanayi üretiminin % 80’inden fazlası diğer sanayilere satılır, ve genel olarak cam sanayii; inşaat ve yiyecek içecek sanayilerine fazlasıyla bağımlıdır. Ancak bazı küçük hacimli sektörler, pahalı teknik veya tüketici ürünleri üretmektedir.

AB dahilindeki cam sanayiinin 1996 yılı üretim rakamlarının (seramik elyafı ve cam hamurları hariç) 29 milyon ton olması beklenmektedir. Bu rakamın sektörlere göre dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir:

Sektör	Toplam AB üretiminin %’si (1996)
Cam Ambalaj	60
Düz Cam	22
Sonsuz Filament Cam Elyafı	1.8
Cam Ev Ürünleri	3.6
Özel Cam	5.8
Madeni Elyaf	6.8

### Cam Sanayii üretiminin sektör bazında yaklaşık dağılımı (seramik elyaf ve cam hamurları hariç)

1. Bölüm şu başlıklar altında her bir sektör hakkında bilgi vermektedir: sektöre bakış, ürünler ve pazarlar, ticari ve mali konular ve belli başlı çevre konuları. Sanayiinin çeşitliliği nedeniyle verilen bilgi her sektör için farklı olmaktadır. Bir örnek teşkil etmesi nedeniyle, cam ambalaj sektörüyle ilgili verilen bilgi aşağıdaki paragrafta özetlenmektedir. Mümkün olan her yerde, tüm sektörler için benzer bilgiler verilmiştir.

Cam üretiminin % 60’ını oluşturan cam ambalaj üretimi, toplam AB cam sanayiinin en büyük sektörüdür. Sektör, her ne kadar bazı seri üretim masa takımları da bu sektör içerisinde üretiliyor olabile de, aslen cam paketlemeyi yani şişeleri ve kavanozları kapsamaktadır. 1997 yılında sektör AB dahilinde çalışan 295 firmada 17,3 milyon tonun üzerinde üretim yapmıştır. 140 tesisi olan yaklaşık 70 adet firma bulunmaktadır. Lüksemburg haricinde tüm Üye Ülkelerde cam ambalaj üretimi yapılmaktadır. İçecek sektörü ürünleri, cam kap tonajının yaklaşık %75’ine denk gelmektedir. Asıl rekabet, teneke, alüminyum, karton ve plastik gibi alternatif ambalaj ürünlerinden gelmektedir. Sektördeki önemli bir gelişme, geri dönüşümlü camın kullanılmasındaki artıştır. Tüketici atıklarının AB dahilindeki cam kap sektöründe kullanılmasının ortalama oranı toplam ham madde girişinin % 50’sine, bazı tesislerde ise %90’ına kadar ulaşmaktadır.

### 3) Uygulanan İşlemler

2. Bölüm, cam sanayiinde genelde rastlanan işlemleri ve üretim tekniklerini tanımlamaktadır. İşlemlerin çoğu, beş temel aşamaya bölünebilir: malzemenin işlenmesi, eritme, şekil verme, hammadde işleme ve paketleme.

Cam sanayiinin değişkenliği, bir çok farklı hammadde kullanımını beraberinde getirmektedir. Malzemenin işlenmesinde kullanılan teknikler bir çok sanayi ile ortaktır ve BREF’in 2.1 no.’lu Bölümünde anlatılmıştır. Asıl konu, hassas malzemenin işlenmesi sırasında ortaya çıkan tozun denetimidir. Eritme için ana hammadde; şekil verme malzemeleri (örneğin silisli kum, cam kırıcı toz), ara/değiştirici malzemeler (örneğin soda külü, kireç taşı, feldispat) ve boya/boya atma maddeleri (örneğin demir krom, demiroksit).

Münferit ham maddelerin yüksek sıcaklıkta erimiş cam oluşturmak üzere kombinasyonu olan eritme, cam üretimindeki merkezi aşamadır. Eritme işlemi, kimyasal reaksiyonlar ile fiziksel işlemlerin karmaşık bir kombinasyonudur ve bir çok aşamaya bölünebilir: ısıtma, ön eritme, saflaştırma ve homojenleştirme ve havalandırma.

Ana eritme teknikleri aşağıda özetlenmektedir. Taş yün ve cam hamuru sektörlerinde farklı teknikler kullanılmaktadır ve bu teknikler ayrıntılı bir şekilde ana belgede açıklanmaktadır. Cam yapımı, yoğun enerji gerektiren bir aktivitedir ve enerji kaynağının seçimi, ısıtma tekniği ve ısının geri kazanılması yöntemleri, fırının tasarımında merkez teşkil etmektedir Aynı seçenekler, çevre performansını ve eritme işleminin enerji verimini etkileyen en önemli unsurlardan bazılarıdır. Cam yapımında kullanılan üç ana enerji kaynağı, doğal gaz, akaryakıt ve elektriktir.

**Reaktif fırınlar**, reaktif ısı geri kazanımı sistemlerini kullanır. Brülörler genelde yanma odası/atık gaz çıkışı açıklıklarının içine veya altına yerleştirilir. Atık gazlardaki ısı, yanmadan önce havayı ön ısıtma için kullanılır, bu işlem sırasında ısıyı emen ateşe dayanıklı malzeme içeren odalardan atık gazlar geçirilmektedir. Ocakların aynı anda sadece bir tarafı yanar. Yaklaşık yirmi dakika sonra, ateşleme geri çevrilir ve yanma havası daha önce atık gazlar tarafından ısıtılmış olan odadan geçer. Çok yüksek termal verimliliğe yol açan 1400°C'lik ön ısıtma sıcaklıklarına ulaşılabilir. Çapraz ateşli reaktif fırınlarda, ateşleme yanma açıklıkları ve brülörler fırının kenarlarına ve reaktif odalar da ocağın iki tarafından birine konumlandırılmıştır. Son ateşlemeli reaktif fırınlarda çalışma prensibi aynıdır ancak iki reaktif oda fırının sonuna yerleştirilmiştir.

**İlk ısıtıcı fırınlar**, ısı geri kazanımı için atık gazlarla yanmayı sürekli ön ısıtan ısı dönüştürücüleri kullanırlar. Hava ön ısıtma sıcaklıkları, metalik ön ısıtıcılar için 800°C'de sınırlanmıştır. Ön ısıtıcı fırınların spesifik ergime kapasitesi (birim başına eriyen alan), reaktif fırınlarından yaklaşık % 30 daha düşüktür. Brülörler, sürekli her iki taraftan gelen ateşin ve camın akışının enine gelecek şekilde fırının her iki kenarında konumlandırılmıştır. Bu tip fırın özellikle reaktif fırınların kullanımının ekonomik açıdan mantıklı olamayacağı küçük ölçekli üretimin yapıldığı asgari ilk sermaye yatırımıyla yüksek esneklikte işlem gerektiren yerlerde kullanılmaktadır. Daha çok az kapasiteli işletmelere uygun olmasına rağmen, yüksek kapasiteli fırınlarda da (günlük 400 tona kadar) görülmesi olağan dışı değildir.

**Oksijen-yakıtlı yanma**, yanma havasının oksijenle (>% 90 saf) yer değiştirmesidir. Yanma atmosferinden nitrojenin çoğunun alınması, atık gaz hacmini üçte iki oranında azaltır. Bu nedenle, atmosferik nitrojeni alevlerin sıcaklığına ısıtma gereksinimi ortadan kalktığından fırın enerji korunma yöntemi mümkün olmaktadır. Termal NO<sub>x</sub> oluşumu da büyük oranda azalır. Genelde oksijen-yakıtlı fırınlar, çoklu yanal brülörleri ve tek atık gaz çıkışı ile döken eritme kazanlarıyla aynı tasarıma sahiptirler. Ancak oksijen yanmalı olarak tasarlanan fırınlar, brülörlere giden oksijeni ön ısıtmak için ısı geri kazanma sistemleri kullanmazlar.

**Elektrikli fırınlar**, fırının iki tarafından birine, tavanına veya daha çok tabanına elektrotlar yerleştirilmiş çelik bir iskelet tarafından desteklenen ateşe dayanıklı malzemeye kaplanmış bir kutudan oluşmaktadır. Ergime için kullanılan enerji, sıvı camdan akım geçerken oluşan dirençli ısıdan sağlanmaktadır. Bu teknik genelde küçük fırınlar özellikle de özel cam için olanlarda kullanılmaktadır. Elektrikli fırınların boyutunda, fosil yakıtlarıyla karşılaştırılmalı elektrik maliyetine dayanan, ekonomik açıdan bir üst sınır bulunmaktadır. Fosil yakıtlarının fırına yerleştirilmesi yanma ürünlerinin oluşumunu engeller.

**Fosil yakıtı ve elektriğin beraber kullanıldığı eritme** iki şekilde gerçekleşebilir: elektrikli ateşlemeyle ağırlıklı fosil yakıtının kullanılması veya fosil yakıtı desteğiyle ağırlıklı elektrikli ısıtmanın kullanılması. Elektrikli ateşleme, tankın tabanındaki elektrotlar aracılığıyla elektrik akımı geçirerek bir cam fırınına ilave ısı verme yöntemidir. Daha az kullanılan bir teknik ise, gaz veya yağın, prensipte elektrikle ısıtılan bir fırında destek yakıtı olarak kullanılmasıdır.

**Fasılalı eritme kazanları**, daha az cam istenen yerlerde, özellikle camın formülasyonu düzenli olarak değişiyorsa, kullanılır. Bu gibi durumlarda, spesifik oranda hammaddenin eritilmesi için potalı fırınlar veya günlük tanklar kullanılmaktadır. Bu tip birçok cam işlemi, günlük ergime kapasiteleri 20 tonun altında olduğundan IPPC denetimi dahilinde olmayacaktır. Bir potalı fırın temelde, yanma havasını ön ısıtmak için bir alt bölüm ve kapları tutan ve ergime odası işlevi gören bir üst bölümden oluşmaktadır. Günlük tanklar, potalı fırınlardan yola çıkılarak günlük

kapasitesi 10 tona gelecek şekilde daha büyük kapasiteli olması için geliştirilmişlerdir. Yapısal olarak klasik bir fırının dört köşeli yapısını daha çok çağrıştırmaktaysalar da, yine de her gün kümelenmiş malzeme ile tekrar doldurulurlar.

Verimliliği ve çevre korunması ile ilgili performansı artırmak amacıyla **özel ergime kazanı tasarımları** geliştirilmektedir. Bu tip fırınların en bilinenleri LoNox kazan ve Flex Kazan'dır.

Sanayide kullanılan ana işlem ve tekniklerin özellikleri aşağıdaki paragraflarda özetlenmektedir.

Cam ambalaj farklı bir sektördür ve yukarıda tarif edilen hemen her tekniği bulmak mümkündür. Şekillendirme işlemi iki aşamada gerçekleştirilir, ilk şekillendirme ya ham camın bir pistonu bastırarak ya da basınçlı havayla cama üfleyerek yapılır, son şekillendirme ise nihai içi boş şekli kazanması için üfleyerek yapılır. Bu her iki işlem de sırasıyla “basınç uygulama ve üfleme” veya “üfleme ve üfleme” olarak adlandırılmaktadır. Ambalaj üretimi neredeyse tamamen IS (Münferit Bölmeli) makineler tarafından gerçekleştirilmektedir.

**Düz cam** neredeyse tamamen çapraz ateşli fırınlarla üretilmektedir. Float işleminin temel prensibi, ergimiş tenek banyosu üzerine ergimiş cam dökmek ve yer çekimi ve yüzey gerilimi sayesinde paralelleşen üst ve alt yüzeyler ile bir şerit oluşturmaktır. Float banyonun çıkışından çıkan cam şerit, kalan gerginlikleri azaltmak için camın ısısını yavaş yavaş azaltarak cam tav fırınından geçer. Ürünün performansını (örneğin düşük ısı yansıtan camlar) artırmak için on-line kaplama kullanılabilir.

**Sonsuz filament cam elyafı**, ilk ısıtıcı veya oksijen-yakıtlı fırınlar kullanılarak üretilir. Cam, fırından tabandaki yataklardan geçtiği ön ocağa doğru akar. Sonsuz filament oluşturmak için cam yatak uçlarından çekilir. Filamentler biraraya haddelenir ve her bir filamente sulu bir kaplama uygulayan bir merdane veya kayış üzerinden geçer. Oksitli filamentler, daha sonraki işlemler için demet halinde bir araya toplanır.

**Cam ev ürünleri**, çok çeşitli ürün ve işlemleri içeren farklı bir sektördür. Uzmanlık isteyen ev yapımı kristallerden, seri üretim masa takımları için yüksek hacimli, mekanize yöntemlere kadar çok farklı ürünleri içerir. Pota fırınlardan büyük reaktif fırınlara kadar yukarıda açıklanan neredeyse tüm eritme teknikleri bu sektörde kullanılmaktadır. Şekillendirme işlemleri otomatik, elle yapılan veya yarı-otomatik işlemleri ve üretimi takiben temel maddeler soğuk finisaj işlemlerine (örneğin kristal genelde kesilir ve cilalanır) tabi olabilir.

**Özel cam** da, kompozisyon, üretim ve kullanım yöntemleri açısından büyük farklılıklar gösterebilen çok değişik ürünleri kapsayan oldukça farklı bir sektördür. En sık görülen teknikler ilk ısıtmalı fırınlar, oksijen-gaz fırınları, reaktif fırınlar, elektrikli kazanlar ve günlük tanklardır. Geniş ürün gamı, sektörde bir çok şekillendirme tekniğinin kullanılması anlamına gelmektedir. En önemlilerinden bazıları şunlardır: basınç uygulama ve üfleme üfleme üretim, merdaneleme, basınç uygulama, tüplü kalıp, haddemeleme işlemi, ve erime (su camı).

**Cam elyafı** fırınları genelde ya elektrikli kazanlar ya gaz ateşlemeli ilk ısıtmalı ya da oksijen-yakıtlı fırınlardır. Ergimiş cam bir ön ocak boyunca ve tek ağızlı yatak içinden geçerek ilerler ve döner santrifüj büküm makinesine varır. Elyafı santrifüj yoluyla, sıcak alev gazların inceltmesiyle yapılır. Sulu bir fenollü reçine solüsyonu elyafın üzerine spreyleyilir. Reçine kaplı elyaf, yürüyen bant üzerine emilerek haddelenir ve daha sonra ürünü kurutmak ve vulkanize etmek üzere bir fırından geçer.

**Taş elyafı**, genelde kömür ateşli yüksek dökme ocaklarında üretilmektedir. Eriyen maddeler fırının tabanında toplanmakta ve kısa bir tekeden geçerek büküm makinesine akmaktadır. Hava elyafları inceltmek ve toplama kayışlarına yöneltmek için kullanılmaktadır. Elyafın üzerine sulu bir fenollü reçine solüsyonu bir dizi sprey memesi aracılığıyla spreyleyilir. İşlemin geri kalanı cam elyafı ile aynıdır.

**Seramik elyafı**, sadece elektrikli fırınlar kullanılarak üretilir. Eriyik madde, ya yüksek hızlı çarklarla ya da yüksek basınçlı bir hava püskürtücü kullanılarak elyaflar ve elyaflar toplayıcı bir kayış üzerine haddelenir. Ürün bu aşamada balyalanabilir veya ürün veya iğne keçelendiğinden bir örtü üzerine balyalanmak üzere işlenebilir. Daha ileriki hammadde işleme de gerçekleştirilebilir.

**Cam hamuru** ürünleri, hem sürekli fırınları hem de fasıllı fırınları kullanır. Küçük parçaların bir çok farklı formülasyonlarda üretilmesine sık rastlanmaktadır. Cam hamuru fırınları genelde doğal gaz veya petrole çalışır; bir çok cam hamuru tesisi de oksijen-yakıtlı yanma kullanır. Sürekli fırınlar çapraz ateşlemeli veya son ateşlemeli tek brülörle çalışabilir. Fasıllı fırınlar ise, bir dönme açısı oluşturacak şekilde monte edilmiş, kutu şeklinde veya silindirik ateşe dayanıklı kazanlar olabilir. Eriyik madde, doğrudan bir su banyosuna verilebilir veya tabaka halinde bir ürün oluşturmak üzere su ile soğutulan merdaneler arasında soğutulabilir.

#### 4) Tüketim ve Salım Seviyeleri

3. Bölüm, 2. Bölümde tanımlanan işlemlerin ve tekniklerin kapsamında karşılaşılan tüketim ve salım seviyeleriyle ilgili bilgi sağlamaktadır. Bir bütün olarak sanayiinin girdi ve çıktıları tartışılmakta ve daha sonra her bir sektör için daha özel bir değerlendirme yapılmaktadır. Belli başlı salım özellikleri, salım kaynakları ve enerji konuları bu bölümde tanımlanmıştır. Bilgi, bir izin için değerlendirilen herhangi bir tesisin tüketim ve salım rakamlarının, aynı sektördeki diğer işlemlere veya tüm cam sanayii kapsamı içinde görülmesine izin vermeyi amaçlamaktadır.

Temel işlem girdileri dört ana sınıfa ayrılabilir: hammaddeler (ürünün bir parçasını oluşturan maddeler), enerji (yakıt veya elektrik), su ve yardımcı maddeler (işlem yardımcıları, temizlik malzemeleri, su işleme kimyasalları vb). Cam sanayii hammaddeleri çoğunlukla ya doğada oluşan mineraller veya insan yapımı ürünler olan katı inorganik bileşenlerdir. Çok kaba ürünlerden ince bölünmüş tozlara kadar değişmektedir. Yardımcı madde ve yakıt olarak sıvılar ve gazlar da geniş olarak kullanılmaktadır.

Ana belgedeki Tablo 3.1, cam üretiminde en sık rastlanılan hammaddeleri listelemektedir. Ürün şekillendirmede kullanılan hammaddeler ve diğer hammadde işleme faaliyetleri (örneğin kaplama ve yapıştırıcılar) daha çok sektöre özeldir ve ilerleyen bölümlerde incelenmektedir. Bir bütün olarak cam sanayii fazla su tüketen bir sanayi değildir; kullanım alanları soğutma, temizleme ve kümelenmiş malzemenin nemlendirilmesidir. Cam yapımı, enerji-yoğun bir işlemdir ve bu nedenle yakıtlar işlemden önemli bir girdi oluşturabilir. Cam sanayiinde kullanılan ana enerji kaynakları akaryakıt, doğal gaz ve elektriktir. Enerji ve yakıt konuları 3.2.3. no.'lu bölümde ve sektöre özel bölümlerde ele alınmıştır.

Temel işlem çıktıları beş ana sınıfa bölünebilir: ürün, havaya yapılan salım, sıvı atık akıntıları, katı işlem kalıntıları ve enerji.

Cam sanayiindeki tüm sektörler öğütülmüş, taneli veya toz halinde hammadde kullanımını içermektedir. Bu maddelerin saklanması ve işlenmesi toz salımı için önemli bir potansiyeli temsil etmektedir.

Cam sanayii için belli başlı çevre sorunları havaya yapılan salımlar ve enerji tüketimidir. Cam yapımı; yüksek sıcaklıklı, enerji-yoğun bir aktivitedir ve bunların sonucu yanma ürünlerinin ve kükürtdioksit, karbondioksit ve azot oksit gibi atmosferik nitrojenin yüksek sıcaklık oksidasyonununun salımıdır. Fırın salımları da ayrıca toz ve düşük seviyelerde metal içermektedir. 1997 yılı için, cam sanayiinde havaya yapılan salımın şunlardan oluştuğu tahmin edilmektedir: 9000 ton toz, 103500 ton NO<sub>x</sub>, 91500 ton SO<sub>x</sub> ve 22 milyon ton CO<sub>2</sub> (elektrik üretimini içeren). Bu, bu maddelerin AB salımının yaklaşık % 0,7'sine denk gelmektedir. Cam sanayiindeki eritme aktivitelerinden kaynaklanan belli başlı salımların bir özeti aşağıda verilmiştir.

Salım	Kaynak / Yorumlar
Parçacıklar	Değişken malzeme bileşenlerinin yoğunlaşması. Kümelenmiş malzemedeki ince maddelerin taşınması. Bazı fosil yakıtlarının yanma ürünleri.
Azot oksitler	Yüksek sıcaklıklar nedeniyle termal NO <sub>x</sub> . Kümelenmiş malzemedeki kükürt bileşenlerinin ayrışması. Yakıtta yer alan azotun oksitlenmesi.
Kükürt oksitler	Yakıtta kükürt. Kümelenmiş malzemedeki kükürt bileşenlerinin ayrışması. Yüksek dökme ocaklarındaki işlemlerde kükürlü hidrojenin oksitlenmesi.
Kloritler /HCl	Bazı hammaddelerde, özellikle insan yapımı sodyum karbonatta yabancı madde olarak bulunur. Bazı özel camlarda hammadde olarak NaCl kullanılır.
Flüorürler /HF	Bazı hammaddelerde önemsiz bir yabancı madde olarak bulunur. Son ürüne bazı özellikler sağlamak için hammadde olarak porselen cama katılır. Hammadde olarak sonsuz filament cam elyafına ve erimeyi iyileştirmek veya camda bazı özellikler oluşturmak için bazı cam kümelerine (örn. buzlu cam) katılır. Malzeme kümesine flüorürler katıldığı zaman, tipik olarak kalsiyum florür şeklinde, denetlenemeyen salımlar yüksek olabilir.
Ağır metaller (örn. V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)	Bazı hammaddelerde, geri dönüşüm sonrası elde edilen camda ve yakıtlarda önemsiz yabancı maddeler olarak bulunur. Cam hamuru sanayiinde renk ajanları ve eritkenlerde kullanılır (baskın olarak kurşun ve kadmiyum). Bazı özel cam formülasyonlarında kullanılır (örneğin kurşun kristal ve bazı renkli camlar). Selenyum renk verici bir madde (bronz cam) veya bazı şeffaf camlarda renk giderici madde olarak kullanılır.
Karbon dioksit	Yanma ürünü. Kümelenmiş malzemedeki karbonatların ayrılmasından sonra yayılır (örneğin soda külü, kireç).
Karbon monoksit	Özellikle yüksek dökme ocaklarındaki tamamlanmamış yanma ürünü.
Kükürlü hidrojen	Yüksek dökme ocaklarda fırının parçalarında bulunan azalan koşullar nedeniyle ham maddeden veya yakıt kükürttten oluşur.

### Eritme faaliyetlerinden kaynaklanan atmosfere yapılan salımların özeti

Hammadde işleme faaliyetlerinden kaynaklanan salımlar, farklı sektörler arasında büyük bir şekilde değişebilmektedir ve bu konu sektöre özel bölümlerde tartışılmıştır. Bir çok sektörde kullanılan eritme tekniklerinde benzer özellikler bulunsa da, hammadde işleme faaliyetleri sektöre özel olma eğilimi göstermektedir. Havaya yapılan salımlar şunlardan kaynaklanabilir: kaplama uygulamaları ve/veya kurutma; ikincil işleme (örneğin kesme, cilalama, vb.) ve bazı ürün şekillendirme işlemleri (örn madeni elyaf, porselen elyafı).

Genelde, sulara yapılan salımlar göreceli olarak düşüktür ve cam sanayiine has bir kaç tane önemli konu vardır. Ancak, daha fazla ilgi gerektiren bazı sektörlerde gerçekleştirilen bazı aktiviteler bulunmaktadır ve bunlar özellikle cam ev ürünleri, özel cam ve sonsuz filament cam elyafı gibi sektöre özel bölümlerde tartışılmıştır.

Bir çok sektörün bir özelliği, dahili olarak ortaya çıkan cam atığının büyük bir kısmının fırına geri dönüyor olmasıdır. Buna ana istisnalar sonsuz filament sektörü, seramik elyaf sektörü ve özel cam ve cam ev ürünleri sektörlerinde çok hassas ürün üreticileridir. Madeni yün ve cam hamuru sektörleri, fırına tekrar geri çevrilen atık miktarı konusunda %0'dan, bazı taş yün tesislerinde % 100'e kadar çok geniş farklılıklar göstermektedir.

### 5) BAT'ın Kararlaştırılmasında Dikkate Alınacak Teknikler



Cam sanayiindeki bir çok sektör, oniki yıla kadar kullanılmaları mümkün olan büyük sonsuz fırınlar kullanmaktadır. Bu fırınlar, büyük bir yatırıma ve fırının sürekli kullanımına işaret etmektedir ve düzenli olarak yapılan tekrar yapılandırılmalar işleme doğal bir şekilde sürekli olarak yatırım yapılmasını sağlamaktadır. Eritme teknolojisinde büyük değişiklikler, eğer fırının tekrar yapılandırılması sürecine denk geldiğinde en ekonomik şekilde uygulanmaktadır ve bu karmaşık ikincil maliyeti azaltma önlemleri için de geçerli olabilmektedir. Ancak, ikincil teknikler de dahil olmak üzere fırının çalışması üzerinde yapılan birçok iyileştirmelerin işletme kampanyası sırasında yapılması mümkündür.

Bu özet, eritme işlemlerinden ve bazı hammaddenin işlemlerinden kaynaklanan maddelerin denetlenmesi için kullanılan ana teknikleri kısaca anlatmaktadır. Cam işlemlerindeki en önemli salımlar havaya yapılan salımlar olduğundan, daha çok bu salımların üzerinde durmaktadır. 4. Bölüm her bir tekniğin ayrıntılı bir tanımını vermekte ve ulaşılan salım seviyelerini, tekniğin uygulanabilirliğini, mali konuları ve diğer ilgili konuları açıklamaktadır.

### **Parçacıklar**

Parçacık salımını denetleme teknikleri ikincil önlemleri, genellikle elektrostatik çöktürücü veya torba filtrelerini ve birincil önlemleri içermektedir.

Elektrostatik çöktürücü (EP), bir dizi yüksek gerilimli boşaltım elektrotundan ve karşılık gelen toplayıcı elektrotlardan oluşmaktadır. Parçacıklar yüklenir ve ardından elektriksel alanın etkisi altında gaz akımından ayrılır. EP'ler 0.1 µm ile 10 µm aralığındaki tozları toplama konusunda çok etkilidir ve genel toplama verimliliği % 95-99 olabilmektedir. Gerçek performanstaki değişiklikler daha çok atık gaz özelliklerine ve EP'nin tasarımına dayanmaktadır. Prensip, bu teknik tüm sektörlerdeki (patlama tehlikesi nedeniyle taş elyafı yüksek dökme fırınlar hariç) tüm yeni ve mevcut tesislere uygulanabilir. Mevcut tesisler için, özellikle yer ile ilgili sınırlamalar olması durumunda, maliyetlerin yüksek olma olasılığı fazladır.

Bir çok uygulamada, modern, iyi tasarlanmış, iki veya üç aşamalı bir EP'nin 20 mg/m<sup>3</sup>'a ulaşması beklenebilir. Yüksek verimliliğe sahip tasarımların kullanıldığı veya koşulların lehte olduğu yerlerde daha düşük salım seviyeleri genelde mümkün olmaktadır. Maliyetler, ağırlıkla istenen performansa ve atık gaz hacmine göre çok değişmektedir. Yatırım maliyetleri (asit gazı yıkama da dahil) genelde 0.5 ile 2.75 milyon Euro arasında değişmekte, işletim maliyeti ise yıllık 0,03 ila 0,2 milyon Euro olmaktadır.

Torba filtre sistemleri, gazı geçiren ancak tozları tutan dokuma bir zar kullanır. Toz zarın üstünde ve içinde birikir ve yüzey katmanı arttıkça, baskın filtreleme aracı haline gelir. Gazın akış yönü torbanın içinden dışarı veya dışından içeri olabilir. Dokuma filtreler çok etkilidir ve % 95-99 arası toplama verimliliği beklenebilir. 0.1 mg/m<sup>3</sup> ile 5 mg/m<sup>3</sup> arasında parçacık salımı elde edilebilir ve bir çok uygulamada sürekli olarak 10 mg/m<sup>3</sup> altındaki seviyeler beklenebilir. Tozun önemli oranlarda metal içerdiği ve düşük metal salımları sağlanması gerektiği durumlarda bu kadar düşük seviyelere ulaşma yetisi çok önemli olabilir.

Prensip, tüm sektörlerdeki torba filtreleri tüm yeni ve mevcut uygulamalara uygulanabilmektedir. Ancak, bazı durumlarda tıkanma olasılıkları nedeniyle, tüm uygulamalar için tercih edilmezler. Bir çok olayda, bu zorluklara karşı teknik çözümler bulunmaktadır ancak bunun bir de maliyeti oluşmaktadır. Yatırım ve işletme maliyetleri, genel olarak EP ile karşılaştırılabilir ölçekte.

Birincil denetim teknikleri, asıl olarak hammadde değişikliklerine ve fırın/yakma değişikliklerine bağlıdır. Bir çok uygulamada, birincil teknikler torba filtreleriyle ve EP'lerle karşılaştırılabilir salım seviyelerine ulaşamazlar.

### **Azot oksitler (NOx)**

NO<sub>x</sub> salımın denetlenmesinde kullanılan en uygun teknikler genelde şunlardır: birincil önlemler, oksijen-yakıtlı eritme, yakıtla kimyasal indirgeme, seçici katalitik indirgeme ve seçici katalitik-olmayan indirgeme.

Birincil önlemler iki ana sınıfa ayrılabilir; “klasik” yanma değişiklikleri ve sonra özel fırın tasarımları veya optimize edilmiş yanma tasarımı paketleri. Oksijenli-yanma da birincil bir tekniktir ancak özel doğası nedeniyle ayrı olarak işlenir. Klasik yanma değişiklikleri genelde şunlara dayanmaktadır: indirgenmiş hava/yakıt oranı, indirgenmiş ön ısıtma sıcaklığı, kademeli yanma ve düşük No<sub>x</sub> brülörler; ya da bu tekniklerin bir kombinasyonu. Yatırım maliyetleri bu alanda genelde oldukça düşüktür ve daha az yakıt kullanımı ve iyileştirilmiş yanma nedeniyle işletim maliyetleri de çoğunlukla azaltılmaktadır. Bu alanda oldukça ilerleme kaydedilmiş ancak ulaşılabilir salım indirgemeleri açıkça başlangıç noktasına dayanmaktadır. NO<sub>x</sub>'in % 40-60 oranında indirgenmesi az rastlanmaz ve bazı uygulamalarda 650 - 1100 mg/Nm<sup>3</sup>'ten az salım seviyelerine ulaşılmıştır.

Örneğin LoNO<sub>x</sub> gibi NO<sub>x</sub> salımlarını azaltan özel fırın tasarımları geliştirilmiştir. Bu tasarımlar çok başarılı olmuştur ancak uygulanabilirliklerini kısıtlayan bazı işlem engelleri bulunmaktadır. FENIX işleminin, birincil önlemlere dayanan ve belirli bir fırın için özel olarak tasarlanmış bir yanma optimizasyonu paketidir. 510 mg/Nm<sup>3</sup> ve yaklaşık 1,1 kg/tonluk erime sonuçları rapor edilmiştir ancak bu yazının yazıldığı sıradaki örnek sayısı fazla değildir.

Oksijen-yakıtlı yanma, yanma havasının oksijenle değiştirilmesini içermektedir. Yanma atmosferinden azotun büyük bir kısmının alınması, atık gaz hacmini yaklaşık üçte iki oranında azaltmaktadır. Bu nedenle, atmosfer azotunu alevlerin sıcaklığına kadar ısıtmak gerekmediğinden enerji tasarrufu mümkündür. Termal NO<sub>2</sub>'in oluşumu büyük ölçüde azalır çünkü yanma atmosferinde bulunan tek azot, oksijen/yakıttan kalan artık, nitrat ateşlemesinden ve herhangi bir parazitli havadan gelen azottur.

Oksijen-yakıtlı yanmanın prensibi iyi tanınmaktadır ve genel olarak bu sanayide uygulanabilir olarak kabul edilmektedir. Ancak, bu teknik bazı sektörler (özellikle düz cam ve cam ev eşyaları) tarafından potansiyel olarak yüksek mali riski olan, gelişmekte olan bir teknoloji olarak düşünülmektedir. Dikkate değer oranda iyileştirme çabaları halen devam etmektedir ve tesis sayısı fazlalastıkça teknik daha fazla kabul edilmektedir. Bu tekniği çevreleyen konular çok karmaşıktır ve ayrıntılı olarak 4. Bölümde tartışılmıştır. Tekniğin ekonomik açıdan rekabetçiliği büyük oranda enerji tasarrufu ölçeğine (ve alternatif maliyet düşürme tekniklerinin göreceli maliyetlerine) bağlıdır. Tekniğin, hem teknik hem de ekonomik uygulanabilirliği büyük oranda tesisin bulunduğu yerle ilgili konulara dayanmaktadır.

Yakıtla kimyasal indirgeme, bir dizi reaksiyonla kimyasal olarak NO<sub>x</sub>'i N<sub>2</sub>'ye indirgemek için atık gaz akımına yakıt eklenen teknikleri tarif etmektedir. Yakıt yanmaz ancak, atık gaz bileşenleri ile reaksiyona girecek radikalleri oluşturmak için ısıl bozulmaya uğrar. Cam sanayiinde kullanılmak üzere geliştirilen iki ana teknik 3R işlemi ve Tekrar Yanma işlemidir. Bu her iki teknik de şu anda reaktif fırınlarla sınırlı kalmaktadır. 3R işlemi sanayiindeki uygulamalarda kullanılmak üzere tamamen geliştirilmiş, Tekrar Yanma işlemi ise tüm tesis ölçeğinde çalışmaktadır ve umut verici sonuçlar vermiştir. 3R işlemi, yakıt kullanımında % 6-10 arası bir artışa karşılık gelen 500 mg/Nm<sup>3</sup>'ten daha az salım seviyelerine ulaşabilmektedir. Her iki teknik için de artan enerji kullanımı, enerji koruma sistemlerinin kullanılmasıyla ve teknikleri birincil önlemlerle birleştirilerek azaltılabilir.

Seçici katalitik indirgeme (SCR), genelde yaklaşık 400°C'de NO<sub>x</sub>'in bir katalitik yataktaki amonyak ile reaksiyonunu içermektedir. Cam sanayiindeki bir çok uygulama, tozun azaltılmasını ve asit gazının yıkanmasını içeren 3 aşamalı bir sistemi gerektirecektir. Sistemler normalde % 75-95 oranında azalma sağlayacak şekilde tasarlanmışlardır ve genelde 500 mg/Nm<sup>3</sup> değerinden az salım seviyeleri ulaşılabilir olabilmektedir. SCR'nin maliyeti asıl olarak atık gaz hacmine ve istenilen NO<sub>x</sub> indirgemesine dayanmaktadır. Genelde, yatırım maliyetleri (EP ve yıkama da dahil) 1 milyon ile 4,5 milyon Euro aralığında olmakta, işletme maliyetleri ise yıllık olarak 0,075 ile 0,5 milyon arasında gerçekleşmektedir. Prensipinde SCR, cam sanayiindeki yeni veya mevcut bir çok işleme uygulanabilir. Ancak, bazı durumlarda tekniğin

uygulanabilirliğini sınırlayan bazı konular vardır. Bu teknik örneğin, ağır akaryakıtla yanan cam fırınlarında, cam yünü veya sonsuz filament cam elyafında henüz kanıtlanmamıştır.

Seçici katalitik-olmayan indirgeme (SNCR), SCR ile aynı temelde çalışır ancak reaksiyonlar daha yüksek sıcaklıklarda (800 - 1100°C) bir tezgene gereksinim duymadan gerçekleşir. SNCR toz azaltılmasını veya asit gazının yıkanmasını gerektirmez. % 30-70 arasındaki indirgeme verimliliği genelde ulaşılabilir, buradaki önemli etmen doğru sıcaklık penceresinde amonyakın bulunabilirliğidir. Yatırım maliyetleri 0,2 ile 1,35 milyon Euro arasında değişmekte; işletme maliyetleri ise fırının boyutlarına bağlı olarak yıllık 23000 ile 225000 Euro arasında gerçekleşmektedir. Prensip, bu teknik yeni veya mevcut tesisler de dahil olmak üzere tüm cam işlemlerine uygulanabilir. SNCR'nin uygulanabilirliğine karşı asıl sınırlama, atık gaz sisteminde yeterli reaksiyon süresi boyunca doğru sıcaklığın korunabileceği bir noktada reaktifin verilip verilemeyeceği konusudur. Bu özellikle mevcut tesisler ve reaktif fırınlar için önemlidir.

### **Kükürt Oksitler (SO<sub>x</sub>)**

SO<sub>x</sub> salımlarını denetlemek için kullanılan ana teknikler şunlardır: yakıt seçimi, kümelenmiş malzeme formülasyonu ve asit gazının yıkanması.

Akaryakıt yanmalı süreçlerde, ana SO<sub>x</sub> kaynağı yakıttaki kükürtün oksitlenmesidir. Kümelenmiş malzemeden kaynaklanan SO<sub>x</sub> miktarı, cam türüne göre değişir ancak genelde hangi tür akaryakıt yakılırsa yakılsın, yakıttan gelen SO<sub>x</sub> salımları kümelenmiş malzemeden gelenden daha fazla olacaktır. SO<sub>x</sub> salımlarını azaltmanın en bariz yöntemi, yakıttaki kükürt içeriğini azaltmaktır. Akaryakıt bir çok kükürt değeriyle (<%1 , <%2 , <%3 ve >%3 ) beraber gelebilir, doğal gazda ise kükürt bulunmamaktadır. Daha az kükürt içeren yakıtın dönmenin genelde yakıtı daha fazla para ödemek dışında bir maliyeti olmamaktadır. Farklı akaryakıtların fiyatları, zamana ve Üye Ülkelere göre çok değişmektedir ancak genelde daha düşük kükürt içeren yakıtlar daha pahalıdır. 5. Bölümde açıklandığı gibi, petrolün fiyatlandırılması ve bulunabilirliği ile ilgili mali ve politik konuların içeriği nedeniyle yakıt seçimi bu belgenin kapsamı dışında tutulmuştur. Ancak, doğal gaz yakıldığı durumlarda SO<sub>x</sub> salımı genelde daha düşük olacaktır; petrol yakıldığı durumlarda ise % 1 veya daha az bir kükürt seviyesi BAT olarak kabul edilmektedir. Yüksek kükürt içeren yakıt kullanmak da, eğer benzer salım seviyelerine ulaşmak üzere azaltma yapılmışsa, BAT olarak düşünülebilir.

Sülfatlar, klasik cam yapımında harç maddelerinden kaynaklanan SO<sub>x</sub> salımlarının ana kaynağıdır. Sülfatlar en yaygın kullanılan inceltme ajanları olduğu kadar ayrıca önemli oksitleme ajanlarıdır. Bir çok modern cam fırınında, kümelenmiş malzeme sülfatlarının seviyesi, cam türüne göre değişen uygulanabilir asgari seviyelere indirilmiştir. Kümelenmiş malzeme sülfatlarının azaltılması çerçevesindeki konular 4.4.1.1. no.'lu bölümde, filtrenin/EP tozunun geri dönüşümü konuları ise 4.4.3.3. no.'lu bölümde tartışılmıştır.

Taş elyaf üretimindeki (kok kömürüne ilave olarak) önemli SO<sub>x</sub> salımı kaynakları yüksek fırın cürufu ve kümelenmiş malzemedeki beton briketidir. Düşük kükürtlü kok kömürünün ve cürufun bulunabilirliği ekonomik açıdan taşınabilir uzaklıktaki çok sınırlı kaynaklar nedeniyle engellenmektedir. Cüruf genelde bazı özel uygulamalarda kullanılan sınırlı miktarlardaki beyaz elyaf üretimi haricinde bir çok malzeme kümesinden çıkarılabilir. Çimento atık briketlerinin kullanımı atık minimizasyonu ile SO<sub>x</sub> salımının azaltılması arasında bir dengeyi içermektedir, bu da çoğunlukla spesifik önceliklere dayanacaktır ve asit gazının yıkanması ile beraber düşünülmelidir. Bu konu daha kapsamlı olarak ana belgenin 4. ve 5. bölümlerinde ele alınmıştır.

Kuru ve yarı-kuru yıkamanın işletme prensipleri aynıdır. Reaktif madde (absorban), atık gaz akımına sunulur ve burada dağılır. Eklektostatik çökeltici veya torba filtre kullanılarak atık gaz akımından atılması gereken bu madde, katı bir madde oluşturmak üzere SO<sub>x</sub> türleri ile reaksiyona girer. SO<sub>x</sub>'i çıkartmak için seçilen absorbanlar diğer asidik gazları uzaklaştırmada da etkilidir. Kuru işlemde, absorban kuru bir tozdur (genelde Ca(OH)<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub> veya Na<sub>2</sub>(CO)<sub>3</sub>). Yarı-kuru işlemde, absorban bir süspansiyon veya solüsyon olarak eklenir ve suyun buharlaşması gaz akışını soğutur. Bu tekniklerle erişilen azaltmalar; atık gazın sıcaklığı, eklenen

absorbanın tipi ve miktarı (veya daha kesin olarak reaktanlarla kirletici maddeler arasındaki moleküler oran) ve absorbanın dağılımıdır. 4.4.3.3 no.'lu bölüm farklı absorban ve işlemlerle elde edilen verimliliği özetlemektedir.

Filtre tozunun sülfat atığı da dahil olmak üzere tam geri dönüşümü, teknik olarak uygulanabilir olduğu durumlarda çoğunlukla mantıklı bir çevresel ve ekonomik seçenek olarak düşünülmektedir. SO<sub>x</sub> salımlarının toplam indirgenmesi, filtre tozu ile hammaddelerdeki kükürtün yerine geçmesiyle elde edilen kaynaktaki indirgemeye (kütle dengesi dikkate alınarak) sınırlanmaktadır. (Bu açıkça, genel kükürt girdisini azaltmak için uygulanan uygun birincil önlemlere ilave olarak yapılır.) Bu nedenle, asidik gaz salımlarını azaltmak için, toplanan maddenin bir kısmı için harici bir boşaltım yolunun düşünülmesi gerekli olabilir. Bir bütün olarak çevreyi korumayı en iyi neyin temsil ettiğinin saptanması, çoğunlukla tesisin bulunduğu yere has olabilir ve çelişkili olabilecek atık minimizasyonu ile SO<sub>x</sub> salımının azaltılması arasında bir denge kurulmasını gerektirebilir. Durumun bu şekilde olduğu yerlerde, BAT 'a uygun salım seviyelerinin saptanmasında işlem kükürt dengesi gerekli olacaktır.

Kapalı devre filtre tozunun geri dönüşümünde bugün izlenen SO<sub>x</sub> salım seviyeleri, genelde doğal gaz ateşlemesi için 200 - 800 mg/Nm<sup>3</sup>, % 1 S akaryakıt içinse 800 - 1600 mg/ Nm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Takılı SO<sub>x</sub> yıkama sistemlerinin çoğu, verimli bir reaktif tip fırından elde edilen atık gaz sıcaklığı olan 400°C civarında bir sıcaklıkta kuru kireç yıkama ile çalışmaktadır. Bu sıcaklıklarda, bir SO<sub>x</sub> salımında % 50 civarında bir azalma elde edilebilir. 200°C civarındaki sıcaklıklarda, nemli bir atmosferde, daha gelişmiş bir SO<sub>x</sub> azaltma oranı elde edilebilir ancak bu konunun daha fazla incelenmesi gerekmektedir.

SO<sub>x</sub> yıkama, teknik çalışma grubu içinde çok tartışma yaratan, son derece karmaşık bir alandır. Bu nedenle, 4. ve 5. bölümde sunulan tartışma ve açıklamaların tam olarak dikkate alınması gerekmektedir.

### **Flüoridler (HF) ve Kloritler (HCl)**

HF ve HCl salımları genelde, kümelenmiş malzemede yabancı madde olarak ya da cama spesifik bir ürün veya işleme özelliği katmak üzere özellikle katılan flüorid ve kloritlerin buharlaşmasından kaynaklanır. Bu salımların azaltılmasında kullanılan ana teknikler harcın değiştirilmesi veya yıkamadır. Her ne kadar hammadde seçiminin yeterli olmadığı ya da yıkamanın diğer maddeleri denetlemek için kullanıldığı yerlerde çoğunlukla yıkama kullanılsa da, halojenürlerin yabancı madde olarak bulunduğu yerlerde salım genelde hammaddenin seçimi ile denetlenebilir. Halojenürlerin spesifik özellikleri vermek için kullanıldıkları yerlerde, başka yollardan aynı özelliklere ulaşmak için iki ana yaklaşım vardır: yıkama ve malzeme kümesinin tekrar formülasyonu. Sonsuz filament cam elyafında tekrar formülasyon ile dikkate değer başarılarla ulaşılmıştır.

### **Eritme Dışı Faaliyetlerden Doğan Salımlar**

Hammaddenin işlemlerinden doğan salımlar sektöre özeldir ve ana belgenin 4.5 bölümünde ayrıntılı olarak betimlenmiştir. Madeni elyaf sektörü haricinde salımlar genelde eritme faaliyetlerinden çok daha düşüktür. Azaltma teknikleri genelde klasik toz toplama ve bazı termal oksidasyonlu ıslak yıkama tekniklerine dayanmaktadır.

Madeni elyaf işlemlerinde, uygulamadan ve organik reçine bazlı bağlama sistemlerinden kaynaklanan ciddi bir salım olasılığı bulunmaktadır. Bu salımları denetlemekte kullanılan teknikler ayrıntılı olarak ana belgenin 4.5.6 no.'lu bölümünde incelenmiştir.

### **Suya Yapılan Salımlar**

Genelde, su ortamına yapılan salımlar göreceli olarak düşüktür ve cam sanayiine has bir kaç belli başlı konu bulunmaktadır. Su asıl olarak temizleme ve soğutmada kullanılır ve standart teknikler kullanılarak tekrar kullanılabilir veya işlem görebilir. Organik kirlenmenin spesifik

konuları, madeni elyaf ve sonsuz filament cam elyafı işlemlerinden kaynaklanabilir. Ağır metal konuları (özellikle kurşun); özel cam, cam hamuru ve cam ev ürünleri işlemlerinden kaynaklanabilir. Aşağıdaki tablo, suya yapılan salımları denetlemek için kullanılan başlıca olası teknikleri tanımlamaktadır.

<b><u>Fiziksel/Kimyasal İşleme</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Elekleme</li><li>• Köpüğünü alma</li><li>• Çökeltme</li><li>• Santrifüj</li><li>• Filtreleme</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nötralize etme</li><li>• Havalandırma</li><li>• Çökeltme</li><li>• Pıhtılaşma</li></ul>
<b><u>Biyolojik İşleme</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Aktifleştirilmiş tortu</li><li>• Biyo-filtreleme</li></ul>	

### **Cam Sanayiinde kullanılan potansiyel atık su işleme teknikleri listesi**

#### **Katı Atıklar**

Cam sanayiinin bir özelliği de faaliyetlerin çoğunun göreceli olarak düşük seviyede katı atık üretmesidir. İşlemlerin çoğunda doğasından gelen önemli yan ürün akımları yoktur. Ana işlem kalıntıları kullanılmamış ham maddeler, ürün haline dönüştürülmemiş atık cam ve atık üründür. Diğer katı atıklar, ateşe dayanıklı atık maddeler ve azaltma donanımında toplanan toz veya elyaf tozlarıdır. Elyaf dışı atıklar genelde sürece geri kazandırılır ve diğer atıkların geri kazanımında kullanılacak teknikler geliştirilmektedir. Atıkların geri dönüşümünün kapsamı mali inisiyatifler geliştikçe, özellikle artan atık maliyetleri nedeniyle artmaktadır. Cam sanayiinde karşılaşılan ana süreç kalıntıları ve onları denetlemede kullanılan teknikler ana belgenin 4.7 no.'lu bölümünde ele alınmıştır.

#### **Enerji**

Cam yapımı çok enerji yoğun bir işlemdir ve enerji kaynağı seçimleri, ısıtma tekniği ve ısı geri kazanım yöntemi fırının tasarımı ve işlemin ekonomik performansı için merkezi önem taşımaktadır. Aynı seçimler, çevrenin korunması ile ilgili performansı ve eritme işleminin enerji verimini de etkileyen en önemli etkenlerdir. Genelde, camı eritmek için gereken enerji, cam üretiminin enerji gereksiniminin % 75'inden fazlasına karşılık gelmektedir. Eritmek için gereken enerjinin maliyeti, cam tesisleri için en büyük işletim maliyetlerinden biridir ve enerji kullanımını azaltmak için işleticiler önemli inisiyatiflere sahiptir.

Enerji kullanımını azaltacak belli başlı teknikler aşağıda listelenmiş ve ayrıntılı olarak ana belgede tartışılmıştır:

- Eritme tekniği ve fırın tasarımı (örneğin, reaktif fırınlar, ilk yanmalı fırınlar, elektrikli eritme, oksijen-yakıtlı yanma ve elektrikli ateşleme).
- Yanma denetimi ve yakıt seçimi (örneğin, düşük NOx brülörleri, orantılar hesabına dayalı yanma, akaryakıt/gaz ateşlemesi).
- Cam kırıcı toz kullanımı
- Atık ısı kazanları
- Cam kırıcı toz/kümelenmiş malzemenin ön ısıtması

#### **6) BAT Sonuçlarının Özeti**

5.Bölüm, cam sanayiindeki kirlenmenin önlenmesi ve denetimini sağlamak için kullanılabilir en iyi teknikler hakkında sonuçlar sunmaktadır. Bölüm, giriş ve genel bölümü takip eden sektöre



has sonuçlardan oluşmaktadır. 5. Bölümdeki “genel BAT”ın mevcut bir tesisatın güncel performansını veya yeni bir tesis için verilen teklifi değerlendirme ve böylelikle uygun “BAT”ın saptanmasında yardımcı olmada kullanılması amaçlanmıştır. Sunulan değerler salım sınır değerleri **değildir** ve bu şekilde anlaşılmalıdır. Herhangi bir spesifik olay için uygun salım değerlerinin, IPPC Yönergesinin amaçları ve yerel konular dikkate alınarak saptanması gerekmektedir.

5. Bölüm, Teknik Çalışma Grubu içindeki büyük tartışmalardan ve taslak değişikliklerinden sonra yazılmıştır. Sonuçların içerik ve üslubu çok önemlidir ve bu konulardan fedakarlık etmeden bölümü ve bu duruma gelmek için gereken çabayı ve tartışmaları özetlemek zordur. Bu özet, 5. Bölümün ana sonuçlarını genel olarak anlatmaktadır ancak tam olarak anlamak için tüm belgeye ve özellikle de 5. Bölümün tamamına danışmak gereklidir.

Bu özet, sanayiinin bazı geniş konularını özetlemekte ve sonra öze dayalı bir yaklaşım kullanarak ana genel sonuçları özetlemektedir. Bu çalışmadan çıkan önemli bir sonuç ise cam sanayiinin çok değişken olduğu ve bu nedenle belli bazı teknikleri öne çıkarmanın uygun olmayacağıdır. 5. Bölümde kullanılan genel yaklaşım ise, kullanılabilir en iyi teknikleri ortaya çıkaran performans seviyelerini tanımlarken aynı zamanda bu seviyede performansa ulaşmanın en iyi yolunun işlemden işleme farklılık gösterdiğini kabul etmektir.

## Genel

Cam sanayiindeki bir çok tesisin önemli bir özelliği, her ne kadar kapsamı değişebilse de, fırınların düzenli aralıklarla revizyonudur. Bazı tekniklerin uygulanmasını bir revizyona kadar koordine etmenin teknik ve ekonomik avantajları olabilese de, bu her zaman geçerli değildir. Revizyon çevrimi ayrıca, genel BAT anlamında uygun hareket planının saptanmasında fırının yaşının önemli olması anlamına da gelmektedir.

5. Bölüm için verilen referans koşulları aşağıdaki gibidir:

- Yanıcı gazlar için: kuru, sıcaklık 0°C (273K), basınç 101,3 kPa, % 8 hacimsel oksijen (sürekli eritme kazanları), % 13 hacimsel oksijen (fasıllı eritme kazanları). Oksijen-yakıtlı sistemlerde, salımların % 8 oksijen düzeltilmesi ibaresinin pek değeri yoktur ve bu sistemlerden kaynaklanan salımlar kütleli içerikte tartışılmalıdır.
- Diğer gazlar için (son gaz yakmasız vulkanize eden ve kurutan ocaklardan kaynaklanan salımlar dahil olmak üzere): sıcaklık 0°C (273 K), oksijen veya su buharı konsantrasyonu düzeltilmesi olmadan basınç 101,3 kPa.

Ana belgede BAT ile ilgili salım seviyeleri, fırın teknikleri arasında karşılaştırmaya izin vermek ve göreceli çevre etkisinin bir belirtisini sağlamak için hem salım konsantrasyonu (mg/m<sup>3</sup>) hem de kütle salımı (erimiş camın kg/tonu) aralıkları olarak sunulmuştur. Fosil yakıtı kullanılan fırınlar için kütle ve konsantrasyon arasındaki ilişki, ağırlıklı olarak eritme için gereken spesifik enerji tüketimine dayanmaktadır ancak bu, eritme tekniği, fırının boyutu ve cam türünü içeren çok farklı etmenler nedeniyle oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Bu kadar değişken bir sanayi için, sayısal sonuçların değerlerini azaltacak kadar geniş aralıklar sunmadan doğrudan konsantrasyonları ve kütleyi ilişkilendirmek çok zordur. Bu nedenle, kullanılan yaklaşım konsantrasyon rakamlarını BAT’a temel olarak vermek ve bu konsantrasyon seviyelerine “genelde denk sayılan” kütle salım rakamlarını saptamak üzere modern enerji verimi yüksek fırınlara dayalı temsili çevirme faktörleri kullanmaktır.

Bu idari özeti amacında dahilinde BAT ile ilgili salım seviyeleri sadece konsantrasyon olarak verilmiştir. Buna istisna, oksijenli-yanmanın incelendiği ve kütle salımlarının performans seviyesini tanımlamak için en anlamlı yol olduğu yerlerdir. Eritilen camın tonu başına kütle için, 5.2 no.’lu bölümdeki çevirme faktörleri hakkındaki tartışmalarda ve 5. bölümdeki sektöre has bölümlerde referans verilmelidir.

## Parçacık/Toz

Toz salımları ile ilgili sonuç, genel anlamda tüm sektörlerde karşılaştırılabilir ve aşağıdaki paragrafta özetlenmiştir. Bu sonuçla ilgili iki küçük istisna vardır. Seramik elyaf için, BAT ilişkili salım seviyesinin, parçacıkların doğası nedeniyle  $10 \text{ mg/Nm}^3$ 'ten daha az olması düşünülmüştür. Cam hamuru işlemleri ile ilgili genel sonuç aşağıda verildiği gibidir ancak bazı tesisler için bu seviyelere ulaşmak üzere bazı iyileştirmelerin yapılması gerektiği kabul edilmiştir.

Cam sanayiindeki fırınlardan kaynaklanan toz salımını denetleme BAT'ı genelde, kuru veya yarı-kuru asit gazı yıkama sistemiyle beraber elektrostatik çöktürücü veya torba filtre sistemlerinden birinin kullanımı olarak kabul edilmiştir. Bu tekniklerle ilgili BAT salım seviyesi, genelde  $0,1 \text{ kg/ton}$  eritilmiş cama denk gelen  $5 - 30 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür. Verilen aralığın alt kısımlarındaki değerler torba filtre sistemi için beklenecektir. Bu değerler, 30 dakikadan az 24 saatten fazla olmayan tipik ortalama sürelerle dayanmaktadır. Bazı durumlarda, metal salımları için BAT'ın uygulanması, daha düşük toz salım seviyeleri ile sonuçlanabilir.

Teknik Çalışma Grubundaki bazı fikirler, tozun ikincil indirgemesinin yararlarının her durumda yüksek maliyetleri haklı çıkarıp çıkarmadığı konusunda farklılıklar göstermiştir. Ancak sonuç, aynı sonuçlar birincil önlemlerle alınamadığı sürece bir çok cam fırını için ikincil toz indirgemenin BAT'ı temsil ettiği bir durumdur. Birincil ve ikincil tekniklerin avantaj ve dezavantajları kapsamlı olarak 4.4.1.7 ve 5.2.2 no.'lu bölümlerde tartışılmıştır.

## Azot Oksitler

Bu maddenin kesin BAT sonuçlarına ulaşmak konusunda en zorlarından biri olduğu kanıtlanmıştır. Birden fazla sektöre uygulanan genel salım seviyelerini atfetmek özellikle zordur. Bu nedenle, bu bölümde verilen rakamlar sadece 5. bölümde sunulan sonuçların temsili bir özeti olarak görülmelidir. Ana belgeye bakmadan BAT izin koşullarını bu özetteki bilgiye dayamak, rakamları tamamen içerik dışına taşımak olacaktır. Bu da gereksiz şaşırtıcı veya hafif örneklerin karşılaştırma için kullanılmasına neden olabilir.

Azot oksitleri için, BAT'ı temsil eden tekniklerin seçimi ağırlıklı, özellikle kullanılan eritme tekniği ve fırının yaşı olmak üzere tesise has konulara dayanacaktır. Belli teknikler, farklı uygulamalarda farklı sonuçlara ulaşabilir ve tesise özel koşullara dayanarak farklı maliyetler yaratabilir.

Cam ambalaj, düz cam, özel cam (su camı dahil), madeni yün ve cam hamuru işlemleri için genelde BAT'ı oluşturacak tekniklerle ilgili azot oksitlerin ( $\text{NO}_2$  olarak ifade edilir) salım seviyesinin  $500 - 700 \text{ mg/Nm}^3$  olduğu düşünülmektedir. BAT ilişkili salım seviyeleri genelde aynı olsa da, bu seviyelere ulaşmak için kullanılacak teknikler, bunların maliyetleri ve bunları uygulamadaki göreceli zorluklar sektörler arasında değişiklik gösterir.

Daha fazla araştırmanın gerekli olduğu değişik durumlar vardır ve yukarıda gösterilen salım seviyeleri uygun olmayabilir. Örneğin, nitratların gerektiği yerlerde, bazı geri dönüşümlü malzemelerin kullanıldığı veya bir fırının işletim süresinin sonuna yaklaştığı durumlarda. Bu araştırmalar çok önemlidir ve 5. bölümün sektöre has kısımlarında tartışılmıştır.

Bu belgenin yazıldığı anda, sonsuz filament sektörü,  $\text{NO}_x$  denetimi konusunda bir değişimden geçmekteydi, bu da BAT ile ilgili kesin sonuçların oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. Her ne kadar birincil önlemlerle bazı iyi sonuçlar alınmış ve SNCR'nin kullanılmasını geçersiz kılan teknik engeller olmasa da, en öne çıkan teknik, oksijen-yakıtlı eritme olarak gözükmektedir. Genelde bu sektörde, azot oksitler ( $\text{NO}_2$  olarak ifade edilir) için BAT oksijen-yakıtlı eritme olma ihtimali yüksek olarak düşünülmektedir ve BAT ilişkili salım seviyesi  $0,5 - 1,5 \text{ kg/ton}$  eritilen cam olarak düşünülmektedir. Bu ifade kesin bir sonuç değildir, daha çok yazının

yazıldığı zamanda var olan bilgiye dayalı dengeli bir değerlendirmedir. Tekniğin hala mali risk unsuru taşıdığı kabul edilmiştir, ancak orta vadede bu tekniğin daha geniş olarak kabul görmesi beklenmektedir. Diğer tekniklerin uygulanabilir olduğu yerlerde, hava/yakıt yanmalı fırınlar için karşılaştırma amaçlı BAT salım seviyesi 500 - 700 mg/Nm<sup>3</sup> olarak düşünülmüştür.

Benzer şekilde, cam ev ürünleri sektöründeki NOx seviyeleri için kesin sonuçlar oluşturmak zordur. NOx denetimi seçeneklerini etkileyen sektöre has belli hususlar vardır. Bunlardan bazıları, örneğin potansiyel olarak yüksek kalite engelleri, düşük üretim hacimleri, cam tozu sınırlamaları, yüksek sıcaklıklar ve uzun süreler, cam ambalajla yapılacak bir karşılaştırma ile anlatılabilir. Tüm bu etmenler, yüksek spesifik enerji tüketimine yol açar ve NOx oluşumu potansiyelini yükseltir. Genelde, elektrikli eritmenin ( % 100 veya baskın olarak elektrikli) ekonomik olarak uygulanabilir olduğu yerlerde, ve özellikle kurşun kristal, kirstal cam ve buzlu cam üretiminde, bu teknik BAT olarak düşünülmektedir. Bu durumda, BAT ilişkili salım seviyesi genelde 0,2-1,0 kg/ton eritilmiş cam olacaktır.

Elektrikli eritmenin ekonomik olarak uygulanabilir olmadığı yerlerde, bazı diğer teknikler kullanılabilir. Cam ev ürünleri sektörü, bir çok farklı fırın tipi kullanmaktadır ve en uygun teknik genelde tesise özgü olacaktır. Tekniklerin geliştirilmesi ve uygulanması için yeterli zaman verildiği durumda, BAT ilişkili azot oksitlerinin (NOx olarak belirtilir) salım seviyesinin 500 - 700 mg/Nm<sup>3</sup> (veya oksijen-yakıtlı eritme için 0,5 – 1,5 kg/ton erimiş cam) olacağı düşünülmüştür. Bu, birincil önlemlerin (yanma modifikasyonları) kullanılmasına (veya kombinasyonuna), oksijen-yakıtlı yanmaya, SNCR, SCR veya 3R/Tekrar yanmaya (sadece reaktif fırınlar) bağlıdır.

Taş elyaf dökme fırınları genelde belirgin oranda NOx salımı ortaya çıkarmazlar ve spesifik denetimler olmadan 0,5 kg/ton eriyikten az salıma ulaşılabilir. Hazneli fırınlar kullanıldığında, BAT ilişkili salım seviyesi cam elyafı üretimine eşit olduğu düşünülmektedir. Seramik elyafı sadece elektrikli fırınlarda yapılır ve NOx salımları genelde bariz olarak 0,5 kg/ton eriyik altındadır.

### **Kükürt Oksitler**

Her bir sektör için BAT ilişkili salım seviyelerinin saptanması, bir çok birbiriyle alakalı ve bazı durumlarda çelişkili değerler içeren karmaşık bir konudur. Bu konular, burada verilen bilgi sadece örnek olacak şekilde, ayrıntılı olarak 5. ve 4. bölümlerde açıklanmıştır.

Büyük etken, yakıtın ve onun kükürt seviyesinin seçimidir. Bu nedenle, akaryakıt ve gaz yanma koşulları ayrı olarak incelenmiştir. Ayrıca, bazı formülasyonlar, özellikle kireç kaymağı camları, kümelmiş malzemede sülfatların kullanımını gerektirmektedir ve açıkça bu tür formülasyonlar daha yüksek indirgenmemiş SO<sub>2</sub> salımları gösterme eğilimi gösterecektir.

Bir çok koşulda toz salımları BAT'ının, çoğunlukla asit gazı yıkamasının da dahil olduğu toz indirgeme sistemi kullanımını içereceği tahmin edilmektedir. Bu da 5. Bölümdeki BAT ilişkili önerilen salım seviyelerinde dikkate alınmıştır. Sülfatlanmış atık, katı atık akımının oluşumunu önlemek için genelde fırın hammaddeleriyle beraber geri dönüştürülebilir. Ancak, camın kükürt için bir mecra olarak hareket etme kapasitesinin bir sınırı vardır ve sistem, geri dönüştürülmüş sülfürün dikkate değer oranda tekrar emilimi denkliliğine ulaşabilir. Bu nedenle, tam toz geri dönüşümü için, yıkamanın kükürtsüzleştirme etkisi camın kükürtü emme kapasitesi ile sınırlı olabilir.

SO<sub>2</sub> salımlarını daha fazla azaltmak için, harici bir atık boşaltma yolunu veya uygulanabilirse yakıt kükürt seviyelerini azaltmayı düşünmek gerekli olabilir. Ekonomik olarak uygulanabilir malzemeyi tesis dışında geri dönüştürme seçeneklerini son derecede sınırlıdır ve en muhtemel atık boşaltma yolu, bir katı akımıyla sonuçlanan toprak doldurmaktır. Bütünleyici bir çevresel yaklaşımda, SO<sub>2</sub> salımlarının azaltılmasıyla ilgili göreceli öncelikleri ve olası bir katı atık akımının oluşumunu göz önünde bulundurmak gerekliliği vardır. En uygun yaklaşım, işlemden işleme geçişebilir ve bu nedenle salım seviyeleri SO<sub>2</sub>'nin azaltılmasının öncelikli olduğu yerler



ve atık azaltılmasının öncelikli olduğu yerler için ayrı olarak sunulmuştur. Uygulamada, tam toz geri dönüşümü ile daha düşük salım seviyesine ulaşılabileceği bir çok durum bulunmaktadır.

Aşağıdaki tablo her bir sektör ve farklı durumlar için BAT ile ilgili salım seviyelerini özetlemektedir. Bu yine sadece örnek teşkil etmek amaçlı bir özettir ve içerdiği karmaşıklığın dikkate alınmasını sağlamak için 5. bölüme referans yapılmalıdır.

Sektör	BAT Salım seviyeleri (mgSO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> )		Yorumlar
	gaz-yanmalı	Petrol - yanmalı	
SO <sub>2</sub> azaltılmasının öncelik olduğu cam ambalaj	200 – 500	500 – 1200	
Atık minimizasyonunun öncelik olduğu cam ambalaj	< 800	< 1500	Kütle dengesinin yukarıdaki rakamlara ulaşmayı mümkün kılmadığı yerlerde.
SO <sub>2</sub> azaltılmasının öncelik olduğu düz cam	200 – 500	500 - 1200	
Atık minimizasyonunun öncelik olduğu düz cam	< 800	< 1500	Kütle dengesinin yukarıdaki rakamlara ulaşmayı mümkün kılmadığı yerlerde.
Sonsuz filament cam elyafı	< 200	500 - 1000	Kümelenmiş malzemede sülfat varsa, gaz yanması 800'e kadar olabilir. Petrol yanmalı sistemde, aralığın üst kısmı tozun geri dönüşümüyle ilgilidir.
Cam ev ürünleri	200 – 500	500 - 1300	Kümelenmiş malzemede sülfat düşükse, gazlı yanma için < 200. Aralığın üst kısmındaki değerler tozun geri dönüşümü ile ilgilidir.
Su camı da dahil özel cam	200 – 500	500 - 1200	Aralığın üst kısmındaki değerler tozun geri dönüşümü ile ilgilidir.
Cam elyafı	genelde <50	300 - 1000	Genelde düşük sülfatlı cam.
Atık minimizasyonunun ve geri dönüşümün öncelik olduğu taş elyaf (kok kömürlü yanma).	(a) < 600 (b) < 1100 (c) < 1400		(a) Taş şarjı (b) % 45 çimento briketleri (c) filtre tozu dahil olmak üzere çimento briketleri
SO <sub>2</sub> azaltılmasının öncelik olduğu taş elyaf (kok kömürlü yanma).	(a) < 200 (b) < 350 (c) < 420		(a) Taş şarjı (b) % 45 çimento briketleri (c) filtre tozu dahil olmak üzere çimento briketleri
Seramik elyaf (elektrikli eritme)	< 0.5 kg/ton eriyik		Sadece elektrikli fırınlar, konsantrasyon olaya özel olacaktır.
Cam hamurları	< 200	500 - 1000	Yağ yanmaya az rastlanır

#### BAT ilişkili kükürt oksitlerin (SO<sub>2</sub> olarak gösterilir) salım seviyelerinin temsili bir özeti

#### Eritmeden Kaynaklanan Diğer Salımlar

5. bölümdeki sektöre has bölümlerin her birinin toz, NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> dışındaki eritme işlemlerinden kaynaklanan diğer salımlarını konu edinen alt bölümleri vardır. Bu “diğer salımlardan” en önemli olanı genelde kloritler (HCl olarak gösterilir), flüorürler (HF olarak gösterilir) ve diğer metaller ve onların bileşikleridir. Bazı metaller beraber gruplanırlar ve Grup 1 veya Grup 2 olarak adlandırılırlar. Bu gruplamanın dışında kalan diğer metaller, ya yüksek toksik değerleri nedeniyle münferit olarak tanımlanırlar ya da düşük toksik özellikleri ayrı özel olarak düşünülmediklerinden sadece bir toz sınıfı dahilinde ele alınırlar. Her iki Grup da aşağıdaki tabloda verilmiştir.

1. Grup metaller ve onların bileşikleri	1. Grup metaller ve onların bileşikleri
Arsenik	Antimuan
Kobalt	Kurşun
Nikel	Krom III
Selenyum	Bakır
Krom VI	Manganez
	Vanadyum
	Kalay

### Metallerin ve bileşiklerinin sınıflandırılması

Bir çok sektör için bu maddelerle ilgili BAT sonuçları, genelde eşitti. Bu salımları denetleme amaçlı BAT, salımları asgariye indirmek için uygun olduğu durumda asit gazı yıkaması ile beraber hammaddenin seçimi olarak düşünülmektedir. Azaltma donanımını korumak veya SOx için verilen rakamlara ulaşmak için asit gazı yıkaması her zaman gerekli olmayabilir. Böyle olduğu durumda, aşağıda belirtilen seviyelere birincil önlemlerle ulaşamıyorsa, asit gazı yıkaması BAT olarak düşünülmektedir. BAT ilişkili aşağıda belirtilen kirletici madde salım seviyeleri:

- Kloritler (HCl olarak gösterilir) <30 mg/Nm<sup>3</sup>
- Flüorürler (HF olarak gösterilir) <5 mg/Nm<sup>3</sup>
- Metaller (gaz + katı hali) (Grup 1 + Grup 2) <5 mg/Nm<sup>3</sup>
- Metaller (gaz + katı hali) (Grup 1) <1 mg/Nm<sup>3</sup>

Cam hamuru ve özel cam sektörlerinde, kadmiyum ve talyumun salımının olası olduğu bazı olaylar vardır. Bu metaller ve bileşikleri için BAT ilişkili salım seviyesi <0.2 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. Sonsuz filament cam elyafının üretimi için, BAT ilişkili flüorür salım seviyesi 5-15 mg/Nm<sup>3</sup>'tür. Bu aralığın alt kısmı, flüorür dışı ilave kompozisyonlarla ilişkiliyken, üst kısımları ise ilave flüorür kompozisyonları ile ilişkilidir.

Karbon monoksit ve kükürtlü hidrojen için de BAT ilişkili taş elyafı sektörü salım seviyeleri verilmiştir. Bunlar sırasıyla 200 mg/Nm<sup>3</sup> ve < 5 mg/Nm<sup>3</sup>'tür.

### Hammadde İşleme İşlemleri

Hammadde işleme işlemleri, sektöre, kullanılan tesislere bağlı olarak büyük oranda değişmektedir ve 5. bölümdeki sektöre özel kısımlara referans yapılmalıdır. Ancak, madeni elyaf istisna olmak üzere, BAT ilişkili bazı temsili salım seviyeleri aşağıda verilmiştir. Tüm tesislerde veya sektörlerde aşağıdakilerin hepsine rastlanmayacaktır ve burada bulunmayan bazı maddelerden sadece bir sektörde uygulandıkları için sektöre özel bölümlerde bahsedilmiştir. Bu konulara rağmen, ikincil azaltmanın uygun olması durumunda kullanılacak tekniklerin türlerinde bazı ortaklıklar söz konusudur.

- Kloritler (HCl olarak gösterilir) <30 mg/Nm<sup>3</sup>
- Flüorürler (HF olarak gösterilir) <5 mg/Nm<sup>3</sup>
- Parçacıklar <20 mg/Nm<sup>3</sup>
- Metaller (gaz + katı hali) (Grup 1 + Grup 2) <5 mg/Nm<sup>3</sup>
- Metaller (gaz + katı hali) (Grup 1) <1 mg/Nm<sup>3</sup>

### Suya Yapılan Salımlar

Cam sanayiindeki faaliyetlerden kaynaklanan suya yapılan salımlar genelde düşüktür ve sanayiye özel değildir. Ancak, bir takım faaliyetler suya yapılan salımların daha önemli seviyelere yükselmesine neden olabilir. Aşağıda verilen salım seviyeleri, su ortamını korumak

için genelde uygun olarak düşünülmektedir ve BAT'ı temsil ettiği düşünülen tekniklerle ulaşılabilecek salım seviyelerine örnektir. Mutlaka güncel olarak sanayide erişilen salım seviyelerine işaret etmezler ancak TWG'nin uzman değerlendirmesini temel alırlar.

• Asılı parçacıklar	<30 mg/l
• Kimyasal oksijen talebi (Not1)	100 - 130 mg/l
• Amonyak (Kjeldahl)	<10 mg/l
• Sülfat	<1000 mg/l
• Flüorür	15 - 25 mg/l
• Arsenik	<0.3 mg/l
• Antimuan	<0.3 mg/l
• Baryum	<3.0 mg/l
• Kadmiyum	<0.05 mg/l
• Krom (Toplam)	<0.5 mg/l
• Bakır	<0.5 mg/l
• Kurşun (Not 2)	<0.5 mg/l
• Nikel	<0.5 mg/l
• Kalay (Not 3)	<0.5 mg/l
• Çinko	<0.5 mg/l
• Fenol	<1.0 mg/l
• Asit borik	2 - 4 mg/l
• pH	6.5 - 9
• Madeni yağ	<20 mg/l

(Not 1) – Sonsuz filament cam elyafı sektörü için bu rakam 200 mg/l olarak düşünülmektedir. Genelde, kimyasal oksijen talebi oldukça düşüktür ve BAT ilişkili gerçek seviye alıcı suya bağlı olabilir. Eğer alıcı su özellikle hassas ise, bu rakamın altındaki seviyelere gerek duyulabilir.

(Not 2) – Büyük oranlarda kurşun bileşiklerini kullanan cam ev ürünleri işlemleri için, 1,0 mg/l halihazırda daha uygun olarak düşünülmektedir. 0,5 mg/l'ye ulaşmayı imkansız kılan teknik engeller yoktur ve uygun tekniklerin geliştirilmesi ve uygulanması için gerekli zaman verildiğinde bu rakam ulaşılabilir olacaktır.

(Not 3) – Hammadde işleme salımlarını işlemek için sulu yıkama kullanan cam ambalaj işlemlerinde, 3 mg/l'den küçük salım seviyesi daha uygundur.

Bazı belirli koşullarda, kanalizasyon işleme sistemine veya diğer tesis dışı işleme yerlerine boşaltım da BAT oluşturabilir. Bu yaklaşımın teklif edildiği yerlerde, alıcı tesisin uygunluğu dikkate alınmalıdır.

## 7) Proje Sonuçları ve Öneriler

Bu bölüm; bilgi değişimi, genel sonuçlar ve daha ileriki çalışmalar için öneriler olarak üçe ayrılmıştır. İlk bölüm bilgi değişimi için zaman skalasını ve mekanizmaları genel olarak açıklamaktadır. Bilgilerin büyük bir kısmı sanayiden ve Üye Ülkelerden gelmiştir ve genelde çok yüksek kalitededir. Mevcut bilgi, danışma süreçleri sırasında tasfiye edilmiş ve onaylanmıştır. Bu belgenin önümüzdeki 4 veya 5 yıl içinde gözden geçirilmesi tavsiye edilmektedir.

Başlıca genel sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Bilgi değişimi başarılı olmuştur ve teknik çalışma grubunun ikinci toplantısını takiben yüksek oranda fikir birliğine varılmıştır.
- Sanayi çok fazla değişkendir ve birçok olayda bir tek tekniği BAT olarak belirlemek genelde uygun olmamaktadır.
- Son yıllarda sanayiinin çevre koruması ile ilgili performansını iyileştirme konusunda çok şeyler başarılmıştır. Ancak, daha fazla geliştirme/iyileştirmeler özellikle birincil tekniklerde

beklenmekle beraber ayrıca diğer sektörlerde daha genel olarak uygulanan ikincil tekniklerde de beklenmektedir.

Gelecek çalışmalar ile ilgili başlıca öneriler řu şekilde özetlenmektedir:

- Ortamlar arası konuların daha derin (tercihen yarı-nicel) bir değerlendirilmesi yararlı olacaktır. BAT'ın saptanmasında tekniklerin maliyetlerinin daha ayrıntılı incelenmesi yararlı olacaktır.
- Çalışma gözden geçirildiğinde, enerji verimini geliştirmekte kullanılan tekniklerin, yakın zamanda ortaya çıkan bilgiler dikkate alınarak daha derin bir değerlendirilmesi yararlı olacaktır.
- Çalışma gözden geçirildiğinde, birincil salım denetim yöntemleri tekrar değerlendirilmelidir.
- Çalışma gözden geçirildiğinde, ya cam sanayiinin tümü ya da bazı uygulamalar için, řu anda bazı yönleri kanıtlanmamış veya denenmemiş tekniklerin tekrar değerlendirilmesi yapılmalıdır. Özellikle kükürt dioksitin çıkarılması, oksijen yakıtlı yanma ve SCR.
-