

Tekstil Sanayii için En Uygun Teknikler (BAT) Referans Dokümanı (Kasım 2002)

**European Integrated Pollution Prevention
and Control (IPPC) Bureau**



**TÜRKİYE TEKSTİL TERBİYE
SANAYİCİLERİ DERNEĞİ**

YÖNETİCİ ÖZETİ

Tercüme eden: Arş. Gör. Emrah Bilgin (Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü)

GİRİŞ

Tekstil sanayiinde mevcut en iyi teknikler hakkındaki bu referans doküman, 96/61/EU Komisyon Yönergesi'nin 16(2) Maddesi'ne göre gerçekleştirilen bilgi değişiminin ürünüdür. Doküman, amacını ve kullanımı açıklayan önsözün ışığı altında değerlendirilmelidir.

Bu doküman, 96/61/EU IPPC Yönergesi'nin Ek (Annex) I Bölüm 6.2 kısmında belirtilen “liflerin ve tekstil materyallerinin ön terbiye (yıkama, ağartma ve mersevizasyon gibi işlemler) veya boyama işlemlerinin gerçekleştirildiği ve işlem kapasitesi 10 ton/gün'den daha büyük olan fabrikalara” ait endüstriyel etkinlikleri kapsamaktadır.

Ayrıca bu BREF, tekstil yardımcı maddeleri, boyalar ve pigmentler, tekstil makineleri, tipik reçeteler, vs. gibi konularla ilgili tamamlayıcı bilgiler sağlayan birtakım ekler de içermektedir.

Bu yönetici özetinin amacı, belgeye ait temel bulguların özetlenmesidir. Ancak tüm ayrıntıların bu kısa özet içerisinde yansıtılması mümkün olmadığından, her hangi bir spesifik kurulum için, mevcut en iyi tekniğin belirlenmesinde referans olarak, bir bütünlük içerisinde sadece ana metin kullanılmalıdır.

TEKSTİL SANAYİİ

Tekstil sanayii, imalat sanayii içerisinde yer alan en uzun ve kompleks endüstriyel zincirlerden birisidir. Giyim, ev tekstilleri ve endüstriyel kullanım olmak üzere üç temel nihai kullanım alanından doğan bir talebe sahip olan, KOBİ'lerin hakim olduğu ve alt sektörlerle parçalanmış heterojen bir sektördür.

İtalya Avrupa'nın büyük farkla önde gelen tekstil üreticisidir ve onu sırasıyla Almanya, İngiltere, Fransa ve İspanya takip etmektedir. Bu ülkeler birlikte, AB tekstil üretiminin % 80'ninden fazlasını gerçekleştirmektedirler. Halı sektörü için Avrupa'nın en önemli üreticileri ise Belçika, Fransa, Almanya ve İngiltere'dir.

2000'de Avrupa tekstil ve giyim sanayii, AB imalat sanayii iş hacminin % 3,4'ünü, katma değerinin % 3,8'ini ve endüstriyel istihdamın da % 6,9'unu oluşturmuştur.

Tekstil sanayii, hammaddelerden (kimyasal lifler) yarı işlenmiş ürünlerin (iplik, dokuma ve örme kumaşlar ile bunların terbiye işlemleri) ve nihai ürünlerin (halılar, ev tekstilleri, giyim ve endüstriyel kullanıma sahip tekstiller) üretimine kadar olan üretim halkasının tamamını kapsayan çok sayıdaki alt sektörden oluşmaktadır. Bu dokümanın kapsamı yaş işlemleri içeren aktivitelerle sınırlandırıldığından, üç temel alt sektör tanımlanmıştır: yapak yıkama, tekstil terbiyesi (zemin kaplamaları hariç) ve halı sektörü.

UYGULANAN İŞLEMLER VE TEKNİKLER

Tekstil zinciri ham elyafın üretilmesi ya da hasadı ile başlamaktadır. Bu BREF'de ele alınan işlemlerin ve tekniklerin özünü, “terbiye işlemleri” olarak adlandırılan işlemler (örneğin, yıkama ve kurutma da dahil olmak üzere, ön terbiye, boya, baskı, bitim işlemleri ve kaplamalar) oluşturmaktadır. Daha sora gelen yaş işlemlerin çevresel etkileri üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecekleri için, bu dokümanda sentetik lif üretimi, iplik üretimi, dokuma, örme... gibi üretim akışında tekstil terbiyesinden önce yer alan diğer işlemler de kısaca açıklanmaktadır. Son kullanıcının isteklerine bağlı olarak “terbiye işlemleri”, üretim

zincirinin farklı adımlarında (örneğin, kumaşta, iplikte, serbest haldeki liflerde, vs.) yer alabilmektedir ve işlemlerin sırası da çok değişkendir.

Terbiye işlemleri önce uygulanabilecekleri olası sıraları düşünülmeden temel işlemler olarak anlatılmaktadır. Daha sonra Bölüm 2’de, yapak yıkama, tekstil terbiyesi ve halı sektörü içerisinde bunların tipik bazı kategorileri tanımlanmakta ve işlem sıraları kısaca açıklanmaktadır.

ÇEVRESEL SORUNLAR VE TÜKETİM & EMİSYON SEVİYELERİ

Tekstil sanayiindeki temel çevresel sorunlar, atılan su miktarı ve onun taşıdığı kimyasal yük ile ilgilidir. Diğer önemli sorunlar ise, enerji tüketimi, hava emisyonları, katı atıklar ve bazı işlemlerde ciddi rahatsızlıklara sebep olabilen kokulardır.

Hava emisyonları genellikle oluştukları noktalarda toplanmaktadırlar. Farklı ülkelerde uzun sürelerden beri kontrol edildikleri için, belirli işlemlerden kaynaklanan hava emisyonları ile ilgili olarak iyi tarihi veriler mevcuttur. Suya geçen emisyonlar için böyle bir durum söz konusu değildir. Farklı işlemlerden gelen çeşitli akıntılar birbirleriyle karıştırılmakta ve dolayısıyla, işlenen lif tipleri ve materyal formları, uygulanan yöntemler ve kullanılan kimyasal madde ve yardımcı madde tipleri, vs. gibi faktörlerin karmaşık bir kombinasyonu sonucu oluşan özelliklere sahip olan nihai atık su meydana gelmektedir.

Belirli işlemlerden gelen atık sular ile ilgili çok az veri mevcut olduğu için, tekstil fabrikalarını dar kategoriler halinde tanımlamak ve akıntı kütlelerinin ayrıntılı olarak karşılaştırmasını aynı kategoriye sahip fabrikalar arasında yapmak daha uygun olmaktadır. Bu yaklaşım, aynı kategori içerisindeki fabrikalara ait emisyon düzeylerini ve özgül tüketimleri karşılaştırarak, farklı işlemler arasındaki makro farklılıkları tanımlamanın ve elde edilen verileri teyit etmenin mümkün olduğu, kaba bir ön değerlendirmenin yapılmasına izin vermektedir. Bu nedenle bu BREF’te, benzer kategorilere sahip belirli sayıdaki fabrika için, toplam akıntı kütlesiyle ilgili kaba bir değerlendirmeden başlayan ve veri temini mümkün olduğunda da tek bir işlem ile ilgili daha ayrıntılı analizlerin yapılmasıyla sonuçlanan girdi/çıktı gözlemleri yer almaktadır. Özel bazı işlemler ile ilgili anahtar bulgular da bu özetle sunulmaktadır.

Yapağının su ile yıkanması işlemi, yüksek organik madde içeriğine (yaklaşık 150 – 500 g KOİ/kg yapak) ve koyunlara uygulanan pestisitlerden dolayı da çeşitli miktarlarda mikro kirliliğe sahip bir atık su (2 – 15 l/kg yağlıtılı yapak) oluşumuna neden olmaktadır. En yaygın pestisitler: organik fosforlar (OP), sentetik piretroidler (SP) ve böcek gelişim regülatörleridir (IGR). Belirli yetiştirici ülkelerden gelen yünlerde halâ organik klorlu (OC) pestisitler de bulunmaktadır.

Tekstil sanayiine ait faaliyetlerden kaynaklanan toplam emisyon yükünün büyük bir kısmı, ham materyal terbiye fabrikasına girmeden önce üzerinde bulunun maddelerden (doğal liflerdeki kirlilikler ve polimer olmayan maddeler, preparasyon maddeleri, harman yağları, haşıl maddeleri vs.) ileri gelmektedir. Bütün bu maddeler genellikle boya ve baskı öncesi yapılan ön terbiye işlemleri sırasında liflerden uzaklaştırılmaktadırlar. Harman yağları, örgü yağları ve preparasyon maddeleri... gibi yardımcı maddelerin yaş işlemler ile uzaklaştırılması, sadece madeni yağlar gibi biyolojik olarak zor parçalanan organik maddelerin değil, aynı zamanda poliaromatik hidrokarbonlar, APEO ve biyositler gibi tehlikeli bileşiklerin de atık sulara boşalmasına neden olmaktadır. Tipik KOİ yükleri, yaklaşık 40-80 g/kg lif kadardır. Materyal yıkama öncesinde kuru bir işleme (ısı-fiksaja) tabi tutulduğunda, materyalde bulunan yardımcı maddeler havaya karışmaktadırlar (madeni yağ esaslı bileşiklerde 10-16 g C/kg tekstil’lik emisyon faktörleri normaldir).

Pamuk ve pamuk karışımı kumaşların haşıl sökme işleminden gelen su, nihai atık sudaki toplam KOİ yükünün % 70’ini içerebilmektedir. Emisyon faktörü yaklaşık 95 g KOİ/kg

kumaş civarında olup, KOİ konsantrasyonları da çoğunlukla 20000 mg KOİ/l'nin üzerine çıkmaktadır.

Sodyum hipoklorit ağartması, genellikle AOX olarak ölçülen organik halojen bileşiklerini (oluşan bileşiklerin çoğunluğunu triklorometan oluşturmaktadır) meydana getiren ikincil reaksiyonlara yol açmaktadır. Hipoklorit (1. adım) ve hidrojenperoksidin (2. adım) kombine edilerek uygulandığı durumlarda, işlemin gerçekleştiği NaOCl – ağartma banyosunda 90-100 mg Cl/l'lik AOX değerleri gözlemlenmiştir. Bir önceki banyodan tekstil materyali tarafından taşınmasından dolayı, kullanılmış H₂O₂- ağartma banyosunda da 6 mg Cl/l'ye kadar çıkan konsantrasyonlar bulunabilmektedir.

Klorit ağartması sırasında oluşan AOX miktarı, sodyumhipokloritteki nazaran çok daha düşüktür. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, AOX oluşumunun sodyumkloritin kendisinden değil, kirlilik şeklinde bulunan ya da aktive edici madde olarak kullanılan klor ya da hipokloritten kaynaklandığını göstermiştir. Sodyumkloritin kullanımı ve depolanması, zehirlilik, korozyon ve patlama riskleri nedeniyle özel bir dikkat gerektirmektedir.

Hidrojenperoksit ağartması ile ilgili çevresel problemler, kuvvetli kompleks oluşturu maddelerin (stabilizatörlerin) kullanımından kaynaklanmaktadır.

Merserizasyon sonrasındaki durulama suyu geri kazanılmaz ya da tekrar kullanılmaz ise, kuvvetli bazik bir atık su (40-50 g NaOH/l) oluşmaktadır.

Birkaç istisnai durum (örneğin, termosol boyama, pigment boyama, vs.) hariç, boyama işleminden kaynaklanan emisyonların büyük bir kısmı suya geçen emisyonlardır. Suyu kirlüten maddeler: boyaların kendilerinden (örneğin, sulu ortam zehirliliği, metaller, renk), boya formülasyonlarında bulunan yardımcı maddelerden (örneğin, dispergatörler, köpük kesici maddeler vs.), boyama işleminde kullanılan temel kimyasallardan ve yardımcı maddelerden (örneğin, alkali, tuzlar, indirgen ve yükseltgen maddeler, vs.) ve liflerde bulunan yabancı madde artıklarından (örneğin, yündeki pestisit artıkları, sentetik liflerdeki preparasyon ve avivaj maddeleri) kaynaklanabilmektedir. Tüketim ve emisyon düzeyleri, lifin cinsi, bulunuş formu, kullanılan boyama yöntemi ve makine ile sıkı bir ilişki içerisinde.

Çektirme yöntemine göre gerçekleştirilen kesintili boyamalarda konsantrasyon düzeyleri, işlem adımının işlevine göre büyük oranda değişmektedir. Genellikle kullanılmış boya flotteleri en yüksek konsantrasyon düzeylerine sahiptirler (rahatlıkla 5000 mg KOİ/l'nin üzerine çıkabilen değerler yaygındır). Boya yardımcı maddelerinin (örneğin, dispergatörler ve egaliz maddeleri) KOİ yükü üzerinde yarattığı etki, özellikle küp ve dispersiyon boya ile yapılan boyamalarda kendini belli etmektedir. Sabunlama, indirgen ard işlem ve yumuşatma gibi işlemler de KOİ'nin yüksek düzeylerde olmasına neden olmaktadır. Durulama flotteleri, kullanılmış boya flottelerinden 10-100 kat daha düşük konsantrasyonlara ve boyama işleminde kullanılan su tüketiminden 2-5 kat daha yüksek su tüketimlerine neden olmaktadır.

Yarı-kesintili ve kesintisiz boyamalarda, su tüketimi kesintili boyamalara göre daha azdır, ancak kısa metrajlı materyallerin boyanması durumunda, yüksek konsantrasyondaki artık boya flottelerinin boşaltılması, daha yüksek kirlilik yüklerine neden olabilmektedir (boyarmadde ile ilgili KOİ değerleri yaklaşık olarak 2-200 g/l seviyelerinde olabilmektedir). Emdirme yöntemi, halen uygulanan en yaygın yöntemdir. Emdirme teknesindeki flotte miktarı, modern tasarımlar için 10-15 litreden, klasik tekneler için 100 litreye kadar değişebilmektedir. Hazırlama tankında kalan artık flotte miktarı, optimize edilmiş kontrol koşullarındaki birkaç litreden, 150-200 litreye kadar değişebilmektedir. Artık flottenin toplam miktarı, bir gün içerisinde boyanan parti sayısı arttıkça artmaktadır.

Baskı işlemlerindeki tipik emisyon kaynakları, baskı patı artıklarını, yıkama ve temizleme işlemlerinden gelen atık suları ve kurutma ve fiksajdan gelen uçucu organik bileşikleridir. Baskı patı kayıpları, özellikle rotasyon baskı makinelerinde belirgindir (kumaş baskıcılığında uygulanan renk başına 6,5-8,5 kg'lık kayıplar yaygındır). Kısa (örneğin, 250 m'den daha az) metrajlarda kayıpların miktarı, tekstil materyali üzerine basılan patın miktarından daha fazla olabilmektedir. Her bir partiye ait baskı işleminin ardından makineyi temizlemek için kullanılan su tüketim seviyeleri, yaklaşık 500 l'dir (baskı blanketini temizlemek için kullanılan su hariç). Baskı patları, yüksek hava emisyonu potansiyeline sahip maddeler (örneğin, amonyak, formaldehit, metanol ve diğer alkoller, esterler, alifatik hidrokarbonlar, akrilatlar, vinilasetat, stiren, akrilnitril gibi monomerler, vs.) içermektedirler.

Kesintisiz bitim işlemlerinin büyük çoğunluğu, fiksaj işleminin ardından yıkama işlemleri gerektirmedikleri için, su emisyonları, sistem kayıpları ve makineyi temizlemek için kullanılan su ile sınırlıdır. Artık flottelerin miktarı, hazırlanan bitim işlemi flottesinin toplam miktarının % 0,5'i ile 35'i arasında değişmektedir (daha düşük değerler entegre fabrikalar için, daha yüksek değerler ise küçük partilerle ve farklı tipteki materyallerle çalışan tekstil fabrikaları için söz konusudur). Bir çok durumda bu flotteler diğer atık sularla birlikte boşaltılmakta ve onlara karışmaktadır. KOİ konsantrasyonları kolaylıkla 130-200 g/l civarında olabilmektedir. Genellikle bitim işlemi formülasyonlarındaki maddeler, biyolojik olarak parçalanmayan, biyolojik olarak elimine edilemeyen ve bazen de aynı zamanda zehirli olan (örneğin, biyositler) maddelerdir. Kurutma ve fiksaj işlemlerindeki hava emisyonları, formülasyonlarındaki ve daha önceki işlemlerden taşınabilen (örneğin, daha önce klorlu carrierlar ya da perkloretilen ile işleme tabi tutulmuş tekstiller) maddelerin uçuculukları ile ilgilidir.

Su ile yıkama işlemleri, su ve enerji tüketimlerini etkilemektedirler. Yıkama suyunun kirlenme yükü, su akımı ile taşınan kirliliklere (örneğin kumaştan uzaklaştırılan yabancı maddeler, daha önceki işlemlerden gelen kimyasal maddeler, yıkama sırasında kullanılan deterjanlar ve diğer yardımcı maddeler) bağlıdır. Kuru temizleme için organik halojenli çözügenlerin (persistent maddelerin) kullanımı, yer altı suyunun ve toprağın kirlenmesine yol açan sızıntı emisyonlarına neden olabilmekte ve aynı zamanda yüksek sıcaklıkta uygulanan daha sonraki işlemlerin hava emisyonları üzerinde de olumsuz etkilere sahip olabilmektedir.

EN UYGUN TEKNİKLERİN BELİRLEMESİNDE GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULAN TEKNİKLER

Genel iyi yönetim uygulamaları

Genel iyi yönetim uygulamaları, personelin eğitim ve yetiştirilmesinden başlayıp, makine bakımı, kimyasalların depolanması, kullanımı, dozajlanması ve dağıtımı için iyi-belgelenmiş prosedürlerin tanımlanmasına kadar uzanmaktadır. İşlemin girdi ve çıktılarına ait ayrıntılı bilgi de, iyi yönetimin bir parçasıdır. Bu bilgiler: tekstil ham maddesine, kimyasallara, ısıya, elektrik ve suya ait girdiler ile ürüne, atık suya, hava emisyonlarına, atık su çamuruna, katı atıklara ve yan ürünlere ait çıktıları kapsamaktadır. Çevresel ve ekonomik performansları, iyileştirmeye yönelik seçeneklerin ve önceliklerin belirlenmesi için başlangıç noktası, işlem girdi ve çıktılarının izlenmesidir.

Kullanılan kimyasalların kalite ve miktarını iyileştirmeye yönelik önlemler, reçeteler, optimum üretim programı, yaş işlemlerde yüksek kalitede su kullanımı, vs. gibi parametrelerin düzenli olarak gözden geçirilmesini ve değerlendirilmesini içermektedir. İşlem parametrelerinin (örneğin, sıcaklık, flotte seviyesi, kimyasalların beslenmesi) otomatik kontrolüne yönelik sistemler, kimyasal ve yardımcı madde kullanım fazlalıklarının en aza indirilmesini ve ilk seferde doğru boyama performansının geliştirilmesini sağlamak için, işlemin sıkı bir şekilde kontrolüne izin vermektedirler.

Tekstil işlemlerinde su tüketiminin optimize edilmesi, su tüketim seviyesinin kontrol edilmesiyle başlamaktadır. Bir sonraki adım, bir çok durumda birbirini tamamlayan bir dizi işlem ile su tüketiminin azaltılmasıdır. Bunlar, çalışma uygulamalarının geliştirilmesini, kesintili işlemlerde flotte oranının kısaltılmasını, yıkama etkinliğinin artırılmasını, işlemlerin birleştirilmesini (örneğin, hidrofilleştirme ile haşıl sökmenin) ve suyun tekrar kullanımını / recycling'ini kapsamaktadır. Bu önlemlerin çoğu sadece su tüketiminde değil, enerji tüketiminde de önemli tasarrufların sağlanmasına izin vermektedirler, zira enerji büyük oranda işlem banyolarını ısıtmak için kullanılmaktadır. Diğer teknikler, özellikle enerji kullanımının optimize edilmesi (örneğin, boruların, vanaların, tankların ve makinelerin ısı izolasyonu, sıcak ve soğuk atık su akıntılarının ayrılması ve sıcak akıntıdan ısı geri kazanımı) üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Fabrikaya gelen elyafın kalite yönetimi

Daha önceki işlemlerden taşınan kirlilik problemini çözmeye yönelik ilk adım, tekstil ham maddeleri hakkında bilgi edinmektir. Tedarikçiden sağlanacak bilgiler, sadece tekstil materyaline ait teknik özellikleri değil, aynı zamanda lif üzerinde bulunan preparasyon ve haşıl maddelerinin, monomer artıklarının, metallerin, biyositlerin (örneğin, yün için ektoparazitisitlerin) tipleri ve miktarlarını da içermelidir. Daha önceki işlemlerden kaynaklanan çevresel etkileri azaltabilecek çeşitli yöntemler mevcuttur.

Ham yün elyafındaki pestisit kalıntıları konusuna gelince, birtakım kuruluşlar yağlı ve yıkanmış yapakların pestisit içerikleri hakkında bilgi sağlamaktadırlar. Analitik bir sertifikanın verilmediği durumlarda, üreticiler bu bilgiyi, OP ve SP ektoparazitisitler gibi yasal olarak kullanılan pestisitleri kaynağında en aza indirmek ve OC pestisitleri gibi daha zehirli kimyasallar ile kirlenmiş yünü işleme almaktan kaçınmak amacıyla kullanabilmektedirler. Böyle bir bilgi sağlanmadığında, örneklerin pestisit içeriklerinin teyit edilmesi için analiz ettirilmesi gerekmektedir, ancak bu işlem üreticiler için daha yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Son zamanlarda ticari birlikler ile lider konumdaki yapak üreticisi ülkeler arasındaki işbirliği, düşük-artık sertifikasyon projelerinin geliştirilmesi ile birlikte, yün üzerindeki ortalama OP ve SP kalıntılarının artan bir oranda düşmesi sonucunu doğurmuştur.

Preparasyon maddeleri, harman yağları ve örme yağları gibi yardımcı maddelerde de iyileştirmeler yapmak mümkündür. Bir çok uygulama için madeni yağların yerine kullanılabilecek ürünler mevcuttur. Alternatif bileşikler, yüksek seviyede biyolojik olarak parçalanabilirliğe ya da en azından biyolojik olarak elimine edilebilirliğe sahiptirler ve aynı zamanda madeni yağlara nazaran daha az uçucu ve sıcaklığa daha dayanıklı maddelerdir. Bu da, materyalin termofiksaj gibi yüksek sıcaklıkta yapılan bir işleme tabi tutulması durumunda oluşabilecek hava emisyonlarının ve rahatsız edici kokuların azalmasına yardımcı olmaktadır.

Cözgü ipliklerinin önceden ıslatılması ya da kompakt eğirme gibi az madde aplikasyonu gerektiren yöntemler ile amaca uygun haşıl maddelerinin seçimi, haşıl sökme işlemlerinin çevresel etkisinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Halen tüm ihtiyaçları karşılayan ve biyolojik olarak kolayca parçalanabilen veya elimine edilebilen bileşiklerin bulunduğu kabul edilmektedir. Ayrıca son jenerasyon poliakrilatlar daha az madde aplikasyonu ile oldukça etkilidirler ve kumaştan kolaylıkla ve tamamen uzaklaştırılabilmektedirler.

Genellikle entegre fabrikalar ham maddelerinin ve liflere uygulanmış olan kimyasalların kaynağını kontrol etme imkanına sahiptirler. Entegre olmayan firmalar (özellikle fason işletmeler) için, daha önceki tedarikçileri etkilemek daha zordur. Klasik formülasyonlar genellikle daha ucuzdurlar. Ham madde tedarikçileri (örneğin, iplikçiler, örmeciler), daha sonra uygulanacak işlemlerde (terbiye işlemlerinde) meydana gelecek çevresel problemlere bakmak yerine, öncelikle kullanılacak maddenin kendi işlemlerindeki performansına ve ekonomikliğine bakmaktadırlar. Böyle durumlarda bu maddeleri tedarik zincirinden dışlamak amacıyla müşteriler ile işbirliği yapmak gerekmektedir.

Kullanılan kimyasalların seçimi ve ikamesi

BAT'ın belirlenmesinde göz önüne alınmak üzere TWG tarafından, kimyasalların ekolojik toksisitesinin değerlendirilmesi ve sınıflandırılması amacıyla bir takım projeler önerilmiştir. Bu araçlara dayanarak, bir işlemin çevresel açıdan negatif etkisini azaltmak için çoğunlukla mümkün olan bir seçenek, zararlı maddelerin yerine başka maddelerin kullanılmasıdır.

Yüzeyaktif maddeler tekstil sanayiinde çok farklı amaçlarla (örneğin, deterjanlar, lubrikantlar, vs.) kullanılmaktadırlar. Bazı yüzeyaktif maddeler, biyolojik olarak az parçalanmaları ve sudaki canlılar için zehirli olmaları nedeniyle problemli sayılmaktadırlar. Son zamanlarda endişeler APEO ve özellikle NPE üzerinde yoğunlaşmaktadır. APEO için başlıca alternatifler yağ alkolü etoksilatlarıdır, fakat diğer yüzeyaktif maddelerin yerine de kullanılabilecek olan ve atık su arıtma tesislerinde biyolojik olarak kolayca parçalanabilen veya elimine edilebilen ve zehirli metabolitler oluşturmayan maddeler de mevcuttur.

Çoğu zaman kompleks oluşturuucu madde kullanımından da kaçınılabilmektedir. Yine de kullanılmaları gerektiğinde ise, klasik iyon tutucu maddelere bir alternatif olarak, biyolojik olarak kolayca parçalanabilen ya da en azından elimine edilebilen ve molekülünde N veya P içermeyen bileşikler (örneğin, polikarbonatlar, poliakrilatlar, glikonatlar, sitratlar ve bazı şeker-akrilik asit kopolimerleri) mevcuttur. Bazı durumlarda daha yüksek miktarların kullanılmasının gerekli olabilmesine rağmen, maliyetler karşılaştırılabilir düzeydedir.

Köpük kesici maddeler çoğunlukla madeni yağ esaslıdır. Madeni yağ içermeyen ürünlerdeki tipik aktif bileşikler: silikonlar, fosforik esterler, yüksek moleküllü alkol, flor türevleri ve bu bileşiklerin karışımlarıdır. Silikonlar atık sudan sadece biyolojik olmayan (abiyotik) işlemler ile elimine edilmektedirler ve belirli konsantrasyonların üzerinde bulunduklarında oksijenin aktif çamura transferini/difüzyonunu engellemektedirler. Tribütilfosfatlar yoğun bir kokuya sahip olan kuvvetli tahriş edici maddelerdir. Yüksek molekül ağırlığına sahip alkol ise, yoğun bir kokuya sahiptir ve sıcak flotelerde kullanılamazlar.

Yapak yıkaması

Kir uzaklaştırma / yağ geri kazanımı devrelerinin kullanılması, su ve enerji tasarrufu sağlamaktadır (1 kg yağlı yapak için 2-4 l'lik net özgül su tüketim değerinin, kalın ve ince yün için elde edilebilir bir değer olduğu ispatlanmıştır). Ayrıca atık su arıtma tesisine gönderilen organik yükte önemli bir azalma ile birlikte, değerli bir yan ürün (tahminen yıkanan yapakta bulunan yağın % 25-30'u) kazanılmaktadır. Eğer kir uzaklaştırma/ yağ geri kazanımı devresi, atık suyun buharlaştırılması ve çamurun yakılıp kül haline getirilmesiyle kombine edilirse, su ve enerjinin tam recycling'i sayesinde, su tasarrufu ve yok edecek katı atık miktarı açısından ek çevresel yararlar sağlanmaktadır. Yine de bu teknoloji karmaşıktır ve çok yüksek yatırım ve işletme maliyetleri gerektirdiği belirtilmektedir.

Yünün organik çözgenler ile yıkanması sayesinde asıl temizleme işleminde su kullanımından kaçınılmaktadır. Su emisyonu için tek kaynak, yün ile gelen nem, vakum enjektörlerinde kullanılan buhar ve makineye giren havadan geri kazanılan nemdir. Bu su perkloretilen (PER) ile kirlenmiştir. Sızıntı emisyonlarına yönelik herhangi bir riskten kaçınmak amacıyla, bu su (akımı), bir çözgen hava sıyırma ünitesi ile bir artık çözgen yok etme ünitesinde iki adımda arıtılmaktadır. Pestisitler kuvvetli bir şekilde çözgene geçtikleri ve yağ ile uzaklaştıkları için, temiz yapagının pestisit içermediği belirtilmektedir. Bu da yünün terbiye edileceği daha sonraki işlemlerde fayda sağlamaktadır. Bu yöntemin diğer bir avantajı da, organik çözgenin suya nazaran daha düşük olan gizli ısısından dolayı, azalan enerji tüketimidir.

Ön terbiye

PVA, poliakrilatlar ve CMC gibi suda çözülebilen sentetik haşıl maddeleri, UF ile yıkama flottesinden geri kazanılabilmekte ve haşılama tekrar kullanılabilmektedirler. Son

zamanlarda karboksimetilnişasta gibi modifiye nişastaların da geri kazanılabildikleri teyit edilmiştir. Ancak dokuma işletmelerinde tekrar kullanım, her zaman problemsiz değildir. Şu ana kadar dokumacıların geri kazanılan haşıl maddelerini kabullenmesi halâ sınırlı kalmaktadır. Ayrıca uzun mesafeli nakliyeler, söz konusu ekolojik avantajları da ortadan kaldırmaktadır, çünkü flottenin izole edilmiş tanklarda uygun koşullarda taşınması gerekmektedir. Bu nedenlerle haşıl maddeleri genellikle, sadece aynı yerde dokuma ve terbiye dairelerine sahip olan entegre fabrikalarda geri kazanılmaktadırlar.

Çok farklı tiplerde kumaşlar ile çalışan ve ham kumaş kaynağı üzerinde direkt kontrolün daha zor olduğu entegre olmayan fabrikalar için uygulanabilir bir seçenek, oksidatif işlemli yoldur. Belirli koşullar altında (örneğin, pH 13'ün üzerinde) H_2O_2 , bütün haşıl maddelerini etkili ve homojen bir şekilde parçalayarak, kumaştan uzaklaştıracak serbest radikaller oluşturmaktadır. İşlem, yıkama ile uzaklaştırılması ve atık su arıtma tesisinde parçalanması daha kolay olan, daha kısa ve daha az dallanmaya sahip ön-okside olmuş moleküller oluşturmaktadır. Su, enerji ve kimyasal madde tasarrufu sağlamak amacıyla, bazik işlem ile alkali peroksit ağartmasının kombine edilmesi ve alkali ile peroksidin farklı ön terbiye adımındaki akışının ters akım prensibine göre ayarlanması arzu edilmektedir.

Hassas ve kolaylıkla depolimerize olabilecek kumaşlar ile yüksek beyazlık derecelerinin elde edilmesi için sodyumhipokloritin halâ kaçınılmaz olduğunun iddia edilmesine rağmen, pamuk ve pamuk karışımları için hidrojenperoksit şu anda, sodyumhipokloritin yerine tercih edilen ağartma maddesidir. Sodyumhipoklorit kullanılması gereken durumlarda, AOX emisyonlarını azaltmak amacıyla, önce hidrojenperoksidin (liflerdeki kirlilikler – ki bunlar haloform reaksiyonlarının öncülleri olarak davranmaktadırlar–ilk adımda uzaklaştırılmaktadırlar), ardından da sodyumhipokloritin kullanıldığı iki adımlı bir işlem uygulanabilmektedir. Bugün, hiç hipoklorit kullanmadan ve sadece hidrojenperoksidin kullanıldığı iki adımlı bir ağartma işlemi de mümkündür. Ancak bu seçeneğin iki ila altı kat daha pahalı olduğu belirtilmektedir.

Katalizörlerin indirgeme/ekstraksiyon tekniği ile uzaklaştırılmasının ardından, yüksek derecede bir beyazlık elde edilebilen peroksit ağartmasının kuvvetli bazik koşullar altında yapılması da artan bir destek bulmaktadır. İddia edilen diğer bir avantaj da, bazik işlem ve ağartma işlemi kombinasyonun mümkün olmasıdır. İndirgeme/ekstraksiyon işleminin ardından yapılan kuvvetli bir oksidatif ağartma/bazik işlem kombinasyonu adımı, yüksek derecede kirlilik içeren her türlü bulunuş formundaki tekstil materyalinin ağartılmasında ve bütün makine tiplerinde (kesintili/kesintisiz) uygulanabilmektedir.

Klordioksit (sodyumklorit ya da klorattan elde edilen) sentetik lifler ile sadece peroksit kullanılarak ağartılamayan keten ve diğer sak lifleri için mükemmel bir ağartma maddesidir. Günümüzde ClO_2 'in, AOX oluşumuna neden olmadan (elementel klor içermeyen ağartma) üretilbildiği yeni teknolojiler de (sodyumklorat için indirgen madde olarak hidrojenperoksidin kullanıldığı) mevcuttur.

Merserizasyon işleminde kullanılan durulama suyu (“zayıf kostik” olarak adlandırılmaktadır) buharlaştırılarak derişikleştirildikten sonra, tekrar merserizasyonda kullanılabilmektedir.

Boyama

Meşhur PES boyama carrierlarından, yüksek sıcaklıklarda boyama yaparak kaçınılabilmektedir (PES/WO ve elastan/WO karışımları hariç). Cazip diğer bir seçenek, politrimetiletentereftalat (PTT) poliester lifleri gibi, carriersız boyanabilen PES liflerinin kullanılmasıdır. Ancak bu lifler fiziksel ve mekanik özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle, PET-esaslı poliester lifleri ile aynı ürün pazarını tam olarak kapsamamakta ve bunlara PET-esaslı poliester liflerini “ikame edecek” lifler gözüyle bakılamamaktadır. Carrier kullanımından kaçınılmadığı durumlarda, klasik aktif maddeler – klorlu aromatik bileşik,

o-fenilfenol, bifenil ve diğer hidrokarbonlar esaslı – yerine, benzilbenzoat ve N-alkilftalimid gibi daha az zararlı olan bileşikler kullanılabilmektedir.

PES ard işlemlerinde sodyumhidrosülfidin kullanımından kaçınmak amacıyla iki farklı yaklaşım önerilmektedir: özel kısa zincirli sülfirik asit türevi esaslı indirgen maddelerin kullanımı ya da indirgenme yerine bazik ortamda hidrolitik solubilizasyon ile çözülerek uzaklaştırılabilen dispers boyaların kullanımı. Kısa zincirli sülfirik asit türevleri, biyolojik olarak parçalanabilen, korozif olmayan, çok düşük toksik özelliğe sahip maddelerdir ve sodyumhidrosülfidin aksine, sürekli pH ve banyo değişimlerine ihtiyaç kalmadan (su ve enerji tasarrufu) asidik koşullarda uygulanabilmektedirler. Alkali ile uzaklaşabilen boyaların kullanılmasıyla ise, hidrosülfid ya da diğer indirgen maddelerin kullanımından tamamen kaçınılabilmektedir.

Dispersiyon, küp ve kükürt boyalarının formülasyonlarında bulunan dispergatorlerde şu gelişmeler meydana gelmiştir: 1) bunların yağ asidi esteri esaslı optimize edilmiş ürünler ile kısmen yer değiştirmesi ya da 2) modifiye edilmiş aromatik sülfirik asit karışımlarının kullanımı. Birinci seçenek sadece sıvı haldeki dispersiyon boyaları için uygundur (boyarmadde paleti halen sınırlıdır). Bu dispergatorler biyolojik olarak elimine edilebilirler ve formülasyondaki miktarları, klasik formülasyonlardakine nazaran önemli miktarda düşürülebilmektedir. İkinci seçenekte belirtilen dispergatorler, klasik naftalin-sülfirik asidin formaldehit ile kondenzasyon ürünlerine nazaran, biyolojik olarak daha yüksek derecede elimine edilebilmektedirler. Bunlar hem dispersiyon hem de küp boyaları (katı ve sıvı formülasyonlar) için kullanılabilmektedirler.

Önceden indirgenmiş kükürt boyarmaddeleri (% 1'den daha az sülfür içeren sıvı formülasyonlar) ya da önceden indirgenmemiş sülfür içermeyen boyarmaddeler farklı şekillerde bulunmaktadır (okside olmuş, toz, sıvı formda suda çözülebilir halde ya da dayanıklı süspansiyon halinde). Tüm bu boyarmaddeler hiç sodyumsülfür kullanmadan, yalnızca glikoz (sadece bir durumda) ya da glikozun ditiyonit, hidroksiaseton veya formamidin sülfirik asit ile kombinasyonlarını kullanarak indirgenebilmektedirler. Stabilize edilmiş, önceden indirgenmemiş ve sülfür içermeyen boyarmaddelerin, kükürt boyalarının diğer tiplerinden daha pahalı oldukları bildirilmektedir.

Yetersiz boya fiksajı, selüloz liflerinin reaktif boyalarla, özellikle de çektirme yöntemine göre boyanmasında, uzun zamandan beri karşılaşılan bir problemdir ve genellikle boya alımını arttırmak amacıyla önemli miktarda tuz ilave edilmektedir. İleri düzeydeki moleküler mühendislik tekniklerinin kullanımı sayesinde, selülozik liflerde bile % 95'in üstünde fiksaj oranları sağlayan ve klasik reaktif boyalara göre çok daha yüksek bir performansa (tekrar edilebilirlik ve düzgün boyama) sahip bifonksiyonel ve az miktarda tuz gerektiren reaktif boyaların geliştirilmesi mümkün olmuştur. Sıcak durulama ile boyamadan sonra yapılan durulama ve nötralizasyon adımlarında deterjan ve kompleks oluşturuıcı kullanımından kaçınılmaktadır. Soğuk durulama yerine sıcak durulama yapılması, ısı enerjisinin geri kazanılmadığı durumlarda, daha yüksek enerji tüketimine sebep olmaktadır.

Selüloz esaslı kumaşların pad-batch yöntemine göre boyanmasında, sodyumsilikat kullanımından, modern dozajlama sistemleri ile kolaylıkla uygulanabilen yüksek konsantrasyondaki silikatsız sulu çözelti halindeki hazır ürünler sayesinde kaçınılabilmektedir. Ayrıca boyaların fiksajı için üre, sodyumsilikat ve tuz gibi maddelerin ilavesini ve uzun işlem sürelerini gerektirmeyen alternatif bir yöntem de açıklanmaktadır. Yöntem, kendi başına basit ve oldukça çok yönlü bir yöntemdir ve parti büyüklüğünden bağımsız olarak çok çeşitli kumaşlara uygulanabilmektedir. Yüksek verimlilik, azalmış kimyasal madde ve enerji tüketimi ile azalmış atılacak atık su kirliliği sayesinde önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. Yine de bu teknik, başlangıçtaki sermaye yatırımının yüksek olmasından dolayı, yeni kurulan veya makinelerini değiştirmeyi amaçlayan fabrikalar için daha uygundur.

Çok yakın bir zamanda yünlülerde koyu tonlar için bile, krom boyalarınıninkine eşit düzeyde, çok yüksek haslık değerleri sağlayan yeni reaktif boyarmaddeler piyasaya çıkmıştır. Ancak reaktif boyaların önemi, boyacıların oturmuş bir prosedürde radikal değişiklikleri kabullenmesindeki zorlukları da içeren birkaç nedenden dolayı, yalnızca yavaş bir şekilde artmaktadır. Ayrıca halâ bazı terbiyeciler, krom boyalarının üstüne boyama (overdyeing) için gerekli haslık derecelerini garanti eden tek boyarmadde grubu olduğunu düşünmektedirler. Krom boyaları kullanıldığında, nihai atık sudaki krom kalıntısı miktarını en aza indirmek amacıyla, düşük-krom ve ultra-düşük stokiyometrik krom boyama yöntemleri uygulanabilmektedir. Ultra-düşük kromlama yönteminde, boyanan bir kg yün için 50 mg krom'luk bir emisyon faktörü elde edilebilmektedir ki, bu 1:10 flotte oranında çalışıldığında atık kromlama flottesinde 5 mg/l'lik bir krom konsantrasyonuna karşılık gelmektedir.

Genel olarak, pH-kontrollü boyalar (örneğin, asidik ve bazik boyalar) ile kontrollü pH ayarı uygulayarak izotermal koşullarda boyama yapmak avantajlıdır. Bunların sıcaklık kontrollü boyama yöntemlerine göre avantajlarından birisi de, boya ve haşerelere karşı koruyucu maddelerin maksimum miktarda alınmasının, sadece az miktarda organik egaliz maddesi kullanımı ile gerçekleştirilebilmesidir. Yünün metal-kompleks boyaları ile boyanmasında, pH kontrolü uygulayarak ve hem liflere, hem de boyarmaddelere karşı yüksek afiniteye sahip özel yardımcı maddeler kullanarak, daha yüksek düzeylerde alınma ve fiksaj oranları elde edilebilmektedir. Daha yüksek alınma oranları, kullanılmış boyama flottelerindeki krom kalıntısı düzeylerinin azalmasını doğrudan etkilemektedir (işlem görmüş bir kg yünde için 15 – 20 mg krom, bu da F:O 1:10 olduğunda kullanılmış boya flottesinde 1 – 2 mg/l kroma karşılık gelmektedir). Söz konusu teknik, yapak halindeki yün liflerinin ve taranmış topoların boyanması için tasarlanmıştır, ancak aynı performanslar, boyama banyosunda kalan boyarmadde miktarını en aza indirmek için pH-kontrollü yöntemlerin kullanımı ile diğer yünlü ürünlerde de elde edilebilmektedir.

BREF'te kesintili ve kesintisiz boyama işlemlerinin çevresel performansını arttırmayı amaçlayan çeşitli yöntemler genel olarak açıklanmaktadır. Çektirme yöntemi için boyama makinesi üreticileri arasında, flotte oranının kısaltılması yönünde belirgin bir eğilim oluşmuştur. Üstelik modern makinelerin göze çarpan bir özelliği de, normal kapasitelerinin çok daha altında yüklü olsalar dahi, hep aynı flotte oranında çalıştırılabilmesidir. Bu özellik, daha ziyade karakteristik olarak yüksek üretim esnekliği gerektiren fason işletmeler için avantajlıdır. Ayrıca kesintisiz işlemlere özgü çeşitli fonksiyonlar çektirme yöntemine göre çalışan makinelere aktararak, farklı flotteler arasında maksimum ayırım sağlanmış ve dolayısıyla da boya flottelerinin tekrar kullanımı ve konsantre atıkların daha iyi arıtılması için ilave seçenekler oluşturulmuştur.

Kesintisiz boyama işlemlerinde, sistem kayıplarının azaltılması, aktarma yöntemiyle aplikasyon yaparak veya emdirme teknesinin kapasitesini en aza indirerek (örneğin, fleksibil-tekne, U-tekne) sağlanabilmektedir. Ek iyileştirmeler, boyarmadde ve yardımcı maddeleri ayrı hatlardan dağıtarak ve emdirme flottesini, alınan flottenin ölçümü esasına göre dozajlayarak sağlanmaktadır. Tüketilen boya flottesini miktarı, boyanan kumaş miktarı referans alınarak ölçülmektedir. Elde edilen sonuçlar otomatik olarak işlenmekte ve boyama sonrasında kullanılmamış boya flottesini kalmasını en aza indirmek amacıyla, bir sonraki benzer partinin hazırlanması için kullanılmaktadır. Ancak bu sistem, besleme tankında boya flottesini kalmasını tamamen önleyememektedir. Hızlı parti boyama tekniği daha da gelişmiş bir tekniktir, çünkü boyarmadde çözeltisini, partinin boyanmasına başlamadan önce tek bir adımda (tüm parti için) hazırlamak yerine, çözelti alınan flottenin on-line ölçümüne dayanarak, birkaç adımda ve tam zamanında hazırlanmaktadır.

Baskı

Rotasyon baskı makinelerinde baskı patı besleme sistemlerinin hacminin (örneğin, boruların ve raklelerin çaplarının) küçültülmesi, baskı patı kayıplarının azaltılması üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Daha yüksek bir tasarruf, tedarik sistemindeki patın geri

kazanımının artırılmasıyla sağlanabilmektedir. Son bir teknik, sistemi doldurmadan önce rakleye bir bilyenin sokulmasına dayanmaktadır. Baskı işlemi bittiğinde, bilye geriye doğru bastırılmakta ve böylece besleme sistemi içerisindeki baskı patı tekrar kullanılmak üzere varillere geri pompalanmaktadır. Günümüzdeki bilgisayar destekli sistemler, baskı patlarının recycling'i için daha fazla olanak sunmaktadırlar. Baskı patlarının geri kazanım ve recycling sistemleri, tekstil terbiye fabrikalarında düz kumaşlar için yaygın bir şekilde kullanılırlarken, halılar için kullanılmamaktadırlar. Bunun asıl nedeni, guar-gum'ın (halılar için kullanımı en yaygın olan kıvamlaştırıcı) sınırlı bir depolama ömrüne sahip olması ve bu nedenle de tekrar kullanılmadan önce uzun bir süre için bekletilmemesidir.

Şablonların, kovaların ve baskı patı besleme sistemlerinin yeni renkler için kullanılmadan önce dikkatli bir şekilde temizlenmeleri gerekmektedir. Su tüketiminin azaltılması için pahalı olmayan çeşitli yollar mevcuttur (örneğin, baskı blanketinin temizlenmesinde başlatma/durdurma kontrolü, baskı blanketinin temizlenmesinden gelen durulama suyunun tekrar kullanımı, vs.).

Klasik analog baskıya bir alternatif, tekstil ve halı sektöründe önem kazanmakta olan dijital tekniklerin kullanımıdır. Dijital baskıda, seçilmiş boyalar, bilgi işlemle hesaplanmış ihtiyaçlar esas alınmak suretiyle, isteğe bağlı olarak dozajlanmaktadırlar. Bu da, her varyasyonun sonunda baskı patı kalıntısı oluşumunu ortadan kaldırmaktadır.

Dijital ink-jet baskısı düz kumaşlar için uygundur. Fakat üretim hızları, bu tekniğin klasik analog baskı tekniklerinin yerine geçmesine izin vermek için çok düşüktür. Yine de ink-jet baskısı, kısa metrajların üretiminde klasik analog baskılara nazaran şimdiden önemli avantajlar sağlayabilmektedir.

Halı ve hacimli kumaşlar için jet baskı makinelerindeki en son yenilik, boyanın, makinenin herhangi bir parçası materyale temas etmeden, kumaş yüzeyinin derinliklerine cerrahi hassasiyet ile enjekte edildiği makinelerin geliştirilmesidir. Burada materyale (hafif ürünlerden ağır kumaşlara doğru çok farklı olabilir) uygulanan flotte miktarının kontrolü sadece “enjeksiyon süresi” ile, değil aynı zamanda pompalama basıncı ile de sağlanabilmektedir.

Reaktif baskı patlarının üre içeriği, 150 g/kg pat'a kadar çıkabilmektedir. Tek adımlı işlemlerde üre yerine, ya köpük tekniği ile ya da belirli miktarda su zerrecikleri püskürtülerek, kontrollü nem ilavesi yapılabilmektedir. Ancak yün ve viskoz kumaşlar için, püskürtme sistemi ile üre kullanımından kaçınmak mümkün olmamaktadır. Teknik, bu lifler için istenilen düşük düzeylerdeki nem ilavesinin homojen bir şekilde yapılmasını sağlanmada yeterince güvenilir değildir.

Diğer taraftan köpük tekniği, viskon için ürenin tamamen elimine edilmesinde başarısını kanıtlamıştır. Bu teknik, henüz kanıtlanmamış olmakla beraber, prensip olarak ipek için de uygulanabilir olmalıdır. İpek, viskondan daha az problem yaratan bir lif olarak bilinmektedir. fakat genellikle küçük partiler halinde işlenmektedir. Köpük tekniği kullanılmadığında, tüketilen üre miktarı, ipek için yaklaşık 50 g/kg baskı patına ve viskon için de 80 g/kg baskı patı'na düşürülebilmektedir.

Daha kompleks ve yavaş olmasına rağmen, üre kullanımından kaçınabilmek için diğer bir seçenek de iki adımlı baskı yöntemidir.

Artık Avrupa'da yağda-su kıvamlaştırıcılarının uygulanmamasının ve yarı emülsiyon baskı patlarının da (suda-yag) sadece arada sırada kullanılmasına rağmen, atık havada halâ (ağırlıklı olarak alifatik) hidrokarbonlara rastlanmaktadır. Bunlar daha ziyade sentetik kıvamlaştırıcılar içerisinde bulunan madeni yağlardan kaynaklanmaktadır. Bunların emisyon potansiyelleri 10 g Org.-C/kg tekstil'e kadar çıkabilmektedir. Yeni jenerasyon kıvamlaştırıcılar, eğer ki varsa, minimum miktarlarda uçucu organik çözgen

içermektedirler. Ayrıca optimize edilmiş baskı patları, APEO içermeyen, daha az amonyak ve formaldehitçe fakir binderler içermektedirler.

Bitim işlemleri

Alınan flotte miktarını azaltmak amacıyla, emdirme sistemleri yerine minimum aplikasyon teknikleri olarak adlandırılan teknikler (örneğin, aktarma, püskürtme ve köpük ile aplikasyon yöntemleri) önem kazanmaktadır. Ek olarak, ramözlerin enerji tüketimini azaltmak için de çeşitli teknikler (örneğin, gelen kumaşın su içeriğini azaltmak amacıyla mekanik olarak su uzaklaştırma ekipmanları, atık hava kontrolünün ve ayarlanmasının optimizasyonu, ısı geri kazanım sistemlerinin kurulması) mevcuttur.

Her bir bitim işleminde, kullanılan özel maddelerin çevresel etkilerinin azaltılması için çeşitli teknikler mevcuttur. BREF sadece birkaç bitim işlemi üzerinde odaklanmaktadır. Buruşmazlık bitim işlemlerinde, formaldehit (kanserojen olma şüphesi var) emisyonları, az formaldehit içeren ya da hiç formaldehit içermeyen ürünler sayesinde önemli ölçüde azaltılabilmektedir (<75 mg/kg tekstil veya hatta tüketici talep ettiğinde 30 ppm'in bile altında).

Güve yemezlik maddesine ait emisyonları en aza indirmeye yönelik genel teknikler, konsantre güve yemezlik maddelerinin boyahanede dağıtımı ve taşınması sırasında etrafa dökülüp sıçramasını en aza indirmeyi amaçlayan hazırlama işlemlerini ve kullanılmış boya flotteleri ve durulama sularındaki aktif madde kalıntılarını en aza indirmeyi amaçlayan özel çalışma tekniklerini içermektedir. Uygulanan iki etkili önlem 1) boyama işlemi sonunda pH'ın 4,5'in altına ulaşmasını sağlamak (eğer bu mümkün olmuyorsa, aynı flotte tekrar kullanılabilmekten önce hasarlı maddelerle karşı koruyucu maddeler ayrı bir adımda uygulanmalıdır) ve 2) hasarlı maddelere karşı koruyucu maddelerin alımında yavaşlatma etkisi sağlayan boya yardımcı maddelerinin (örneğin, egaliz maddeleri, PA bloke maddeleri) kullanımından kaçınılmaktır.

Diğer teknikler, proporsiyonel fazla aplikasyonu, güve yemezlik maddesinin iplik hidrofilleştirme hattının sonunda düşük hacimli bir tekneden aplikasyonunu, hasarlı maddelere karşı koruyucu (IR) maddenin sırt kaplama ya da lateks işlemleri sırasında direk olarak halı hav tabakasına uygulanmasını içermektedir. Bu tekniklerin uygulanma şekli, iplik üretimi için söz konusu olan üç yöntemden – “kuru iplik üretim hattı”, “boyamanın elyaf halinde/ hidrofilleştirmenin iplik halinde yapıldığı üretim” ve “boyamanın iplik halinde yapıldığı üretim” – her birisi için kendine özgüdür.

Yumuşatıcıların emdirme, püskürtme ya da köpük ile aplikasyon sistemleri uygulanarak aplikasyonu, bunların boyamanın ardından boyama işleminin yapıldığı makinede direkt olarak kesintili şekilde aplice edilmelerine nazaran, çevresel açıdan daha iyi bir performans sağlamaktadır. Katyonik yumuşatıcı maddelerin kullanımından kaçınılabilmekte ve herhangi bir kimyasal madde kaybı yüzde bir iki gibi küçük değerlere düşürülebilmektedir. Diğer bir avantaj da, boyama ya da durulama banyolarının tekrar kullanımının mümkün olmasıdır. Çünkü bu durumda, flottede daha sonraki boyama işleminde boyanın absorpsiyonunu sınırlayacak katyonik yumuşatıcı artıklarının bulunmasıyla ilgili bir problem söz konusu olmamaktadır.

Yıkama

“Doldurma ve boşaltma” ve “akıllı durulama” tekniklerinin her ikisi de, klasik taşıyarak durulamalara nazaran daha etkili kesintili yıkama teknikleridir. Üstelik modern makineler klasik “doldurup boşaltma” yöntemine özgü kısıtlamaları (örneğin, uzun doldurma, boşaltma, ısıtma süreleri gibi) ortadan kaldırmak amacıyla, zaman tasarrufu sağlayan cihazlar ve diğer özel sistemlerle donatılmaktadırlar. Hem “akıllı durulama”, hem de “doldurma & boşaltma” tekniği ile çalışıldığında konsantre boya flotteleri ile durulama sularını ayrı hatlarda tutmak mümkün olmaktadır (atık su hatlarının ayrılması ve su ve enerji geri kazanımı).

Kesintisiz yıkamalarda su ve enerji tasarrufu, basit idari önlemlerin uygulanmasıyla başlamalıdır. Bu önlemler, yıkama teknelerinde akım kontrol cihazları ile optimum akımın belirlenmesinden başlayıp, kumaş geçişinde duruş meydana gelir gelmez su akışını kesen otomatik vanaların kullanılmasına kadar uzanmaktadır. Diğer iyileştirmeler, esas olarak ters akım prensibine göre yıkama yaparak ve tekneden tekneye taşıma etkisini (carry-over'ı) azaltarak (örneğin, vakumla emme) yıkama etkinliğini arttırmak suretiyle sağlanabilmektedir. Kesintisiz yıkama makinelerine ısı geri kazanım sistemlerinin bağlanması çoğunlukla basit ve etkili bir önlemdir.

Halojenlenmiş organik çözümler ile yıkama için geliştirilen yeni makineler, herhangi bir hava akımının dış çevreye geçmesini önleyen kapalı devre aktif kömür filtreleri ile donatılmaktadırlar. PER ile kirlenmiş su emisyonlarını en aza indirmek amacıyla, suda çözülmüş PER'in büyük bir kısmı havayla sıyırma ve aktif kömür absorpsiyonunu içeren iki adımlı bir işlem sayesinde ayrılmakta ve geri kazanılmaktadır (nihai atık sudaki PER miktarı 1 mg/l'den daha az). Su akımı oldukça yavaş olduğu için ($\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{saat}$), bu atık suların gelişmiş oksidasyon yöntemleriyle (örneğin, Fenton prosesi) işletmede arıtılmaları uygun olmaktadır. Ayrıca asıl damıtma donatımının baştan aşağı yeniden tasarlanması, arıtma işleminde oluşan çamur içerisindeki çözümler artığını büyük oranda azaltmıştır (klasik düzeneklerdeki ağırlıkça % 5'den daha yüksek olan değerlere karşılık, sadece % 1).

Atık suların arıtılması

Biyolojik arıtma tesislerinde biyolojik olarak zor parçalanabilen bileşikler bile, düşük besin-kütle oranı (F/M) koşullarında parçalanabilmekte, fakat biyolojik olarak parçalanamayan maddeler kesinlikle parçalanmamaktadırlar. Bu şekildeki bileşikler içeren derişik atık su akımları, kaynağında arıtılmalıdırlar. Fenton-benzeri bir reaksiyon ile gerçekleşen ileri oksidasyon, tekstil terbiye sanayii için pratik bir ön arıtma tekniği olarak önerilmektedir (atık suyun tipine bağlı olarak uzaklaşan KOİ % 70 – 85'e ulaşabilmekte ve bileşiklerin modifikasyonundan dolayı büyük oranda biyolojik olarak parçalanabilen KOİ kalıntıları da biyolojik arıtma için uygun olmaktadır). Ancak baskı patı ve emdirmeye flottesesi artıkları gibi çok derişik kalıntıların, kullanılan bütün atık su hatları ve diğer yok etme yöntemleri dışında tutulmaları daha uygun olabilmektedir.

Pigment baskı patı ya da halıların sırt kaplamasından gelen lateks içeren atık suların çöktürülmesi/flokülasyonu ve sonuçta oluşan çamurun da yakılarak imha edilmesi, kimyasal oksidasyon yerine uygulanabilen iyi bir alternatiftir. Ayrıca azo boyaları için, emdirmeye flottesesi ve baskı patlarına, aerobik arıtma öncesinde uygulanacak olan anaerobik arıtma, rengin giderilmesi için etkilidir.

Karışık atık sular arıtılırken eşdeğer performansların sağlanabilmesi için, aşağıdaki teknikler önerilmektedir:

- aktif karbonda adsorbsiyon ve aktif karbonun, aktif çamur sistemine recycling'i ve adsorbe edilmiş biyolojik olarak parçalanamayan bileşiklerin yakılarak yok edilmesi ya da çamur fazlasının radikal işlem yoluyla parçalanması gibi, biyolojik arıtma işlemini takip eden üçüncül işlemler
- toz halindeki aktif karbon ve demir tuzunu aktif çamura ilave ederek uygulanan kombine biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemler ve çamur fazlasının "yaş oksidasyon" veya "yaş peroksidasyon" (eğer hidrojenperoksit kullanılıyorsa) yolu ile reaktivasyonu
- inatçı bileşiklerin aktif çamur sistemi öncesinde ozonlanması.

Yapak yıkamasından gelen atık su için farklı bir takım senaryolar tartışılmaktadır. Bir buharlaştırma tesisinin çevresel performansı, flokülasyon tesisininkine nazaran çok daha yüksektir. Ancak küçük işletmeler (3500 ton yapı/yıl) için buharlaştırma tesisinin başlangıç maliyeti çok daha yüksek görünmekte ve geri ödeme süresi (kanalizasyona boşaltma ile karşılaştırılınca) 4 – 5 yılı bulmaktadır. Orta büyüklükteki işletmeler (15000 ton yapı/yıl) için buharlaştırma, 10 sene sonunda flokülasyondan biraz daha ucuz olmaktadır. Buharlaştırma ile kombinasyon halinde kir uzaklaştırma/yağ geri kazanımı

devresinin kullanımı, buharlaştırmayı daha da çekici yapmaktadır, çünkü bu durumda daha küçük bir buharlaştırıcı kullanılabileceğinden, başlangıçtaki yatırım harcamaları azalmaktadır. Bir geri kazanım devresinin kullanımı, yağ satışından elde edilecek gelir nedeniyle, işletme maliyetlerinin düşmesini de sağlamaktadır (bu etki ince yapıyı yıkama işletmelerinde daha belirgindir).

Çevresel açıdan en iyi seçenek, bir kir uzaklaştırma / yağ geri kazanım devresini, atık su buharlaştırma ve çamuru kül haline getirme ile kombine ederek su ve enerjinin tam olarak geri dönüştürülmesidir. Ancak tekniğin karmaşıklığı ve başlangıçtaki yüksek yatırım maliyetleri, bu tekniği daha ziyade 1) yeni yatırımlar, 2) işletme içerisinde atık su arıtma tesisine sahip olmayan mevcut işletmeler ve 3) ömrünü tamamlamış biyolojik atık su arıtma tesislerini değiştirmeyi amaçlayan işletmeler için uygun yapmaktadır.

Atık suyun biyolojik işlemler ile arıtılması hususu söz konusu olduğunda, Avrupa'da (özellikle İtalya'da) atık suyun arıtılmasında başlıca yöntem olarak biyolojik işlemleri kullanan yapak yıkama işletmelerinin mevcut olduğu bilinmektedir. Ancak bunlar hakkında kesin bir bilgi sağlanamamıştır.

Yapak yıkama çamuru, kil ile karıştırıldığında, tuğla imalatı için mükemmel teknik özelliklere sahip olmaktadır. Bu uygulamanın ekonomik oluş durumu büyük oranda yıkama işletmesi ile tuğla-imalatçısı arasındaki anlaşmanın şartlarına bağlıdır. Verilen bilgilere göre, bu teknik, toprağa gömmekten, gübre olarak kullanmaktan ya da yakıp yok etmekten daha ucuz olmaktadır. BREF'te, mümkün olan diğer geri kazanım seçenekleri ile ilgili herhangi bir bilgi sunulmamıştır.

GENEL OLARAK BAT - EN UYGUN TEKNİKLER - (TÜM TEKSTİL SANAYİİ)

Yönetim

Teknolojik gelişmelerin, çevresel yönetim ve iyi idare ile birlikte yürütülmesi gerektiği anlaşılmıştır. Kirliliğe sebep olan işlemleri kullanan bir tesisin yönetimi, Çevresel Yönetim Sistemi (EMS) elementlerinden bir çoğunun uygulanmasını gerektirmektedir. Çevresel performansın iyileştirilmesi için öncelikli alanların ve seçeneklerin tanımlanmasında ön şart, proses girdi ve çıktıları için bir izleme sisteminin oluşturulmasıdır.

Kimyasalların (boyalar dışındaki) dozajlanması ve dağıtımı

BAT, gerekli kimyasal ve yardımcı madde miktarlarını tam olarak ölçen ve bunları insan eli değmeden boru hatları yardımıyla çeşitli makinelere direkt olarak dağıtan otomatik dozajlama ve dağıtım sistemlerini kurmaktadır.

Kimyasalların seçimi ve kullanımı

BAT, kimyasalların seçiminde ve kullanımlarının düzenlenmesinde belirli genel ilkeleri izlemektedir:

- istenilen işlem sonucunun kimyasallar kullanılmadan elde edilebildiği durumlarda, kimyasal kullanımından tamamen kaçının
- bunun mümkün olmadığı durumlarda, en düşük toplam riskle çalışabilmek için, kimyasalların seçiminde ve kullanım şekillerinde risk esaslı yaklaşımı benimseyin.

Kimyasallar için birtakım listeler ve sınıflandırma araçları mevcuttur. En düşük toplam riski sağlayan çalışma şekilleri, kapalı-devreler ya da kirliliklerin devre-içinde parçalanması gibi teknikleri içermektedirler. Tabii ki bunun ilgili yerel hukuki düzenlemelere, hakkettikleri dikkatin gösterilmesi gerekmektedir.

Bu ilkeler esas alınarak, özellikle yüzeyaktif, kompleks oluşturu ve köpük kesici maddeler için bir takım detaylı BAT sonuçları ortaya çıkmaktadır. Daha ayrıntılı bilgi Bölüm 5'de bulunmaktadır.

Fabrikaya gelen lif ham maddesinin seçimi

Life daha önceki işlemler sırasında applike edilen maddelerin (preparasyon maddeleri, pestisitler, örgü yağları) nitelik ve niceliğinin bilinmesinin, üreticinin bu maddelerden kaynaklanan çevresel problemleri önlemesi ve kontrol etmesi için gerekli olduğu anlaşılmaktadır. BAT, tekstiller için bir çevresel sorumluluk zinciri yaratmak amacıyla, tekstil üretim zincirinin daha önceki adımlarında yer alan partnerlerle işbirliği yapmaktır. Ürün yaşam döngüsünün her aşamasında life ilave edilen ya da lif üzerinde kalan kimyasalların cins ve miktarları ile ilgili bilgilerin paylaşımı arzulanmaktadır. Farklı ham maddeler için bir takım BAT belirlenmiştir:

- sentetik lifler: BAT, düşük emisyonlu ve biyolojik olarak parçalanabilir/elimine edilebilir preparasyon maddeleri ile işlem görmüş materyallerin seçimidir
- pamuk: temel sorunlar, PCP gibi tehlikeli maddelerin mevcudiyeti ve kullanılan haşıl maddelerinin nitelik ve niceliğidir (minimum aplikasyon teknikleri ve yüksek-etkinlikte biyolojik olarak elimine edilebilir haşıl maddeleriyle haşılanmış materyallerin seçilmesi). Pazar koşulları izin verdiği taktirde öncelik, organik olarak yetiştirilen pamuğa verilmelidir
- yün: OC pestisitleriyle kirlenmiş yapak işlemekten kaçınmak ve yasal olarak kullanılmış koyun ektoparazitisi ilaçlarını kaynağında en aza indirmek amacıyla, yetkili kuruluşlar arasındaki işbirliği girişimlerinin teşvik edilmesine ve mevcut bilgilerin kullanılmasına önem verilmektedir. Madeni yağ esaslı ve /veya APEO içeren formülasyonlar yerine, biyolojik olarak parçalanabilir harman yağlarıyla eğrilmiş yün ipliklerinin seçimi de BAT'ın bir parçasıdır.

Tüm önlemler, tekstil üretimi için kullanılan lif ham maddelerinin, bazı kalite güvence sistemleri çerçevesinde üretildikleri ve böylece terbiyecinin, kirliliklerin cinsi ve miktarı hakkında yeterli bilgiyi edinebileceği kabulüne dayanmaktadır.

Su ve enerji yönetimi

Tekstil sanayiinde çoğu kez su ve enerji tasarrufu birbirleri ile ilişkilidir, zira enerjinin ana kullanım yeri, işlem banyolarının ısıtılmasıdır. BAT, işlem parametrelerinin gelişmiş bir şekilde kontrolüyle birlikte çeşitli işlemlerdeki su ve enerji tüketimlerinin izlenmesi ile başlamaktadır. BAT, kesintili işlemlerde düşük flotte oranı ile, kontinü işlemlerde minimum aplikasyon teknikleri ile çalışan makinelerin kullanımını ve yıkama etkinliğini arttıran en son tekniklerin uygulanmasını içermektedir. BAT ayrıca, çeşitli işlem atık su hatlarındaki suyun kalitesinin ve hacminin sistematik bir şekilde karakterize edilmesi ile tekrar kullanım ya da recycling olanaklarını araştırmaktır.

YAPAK YIKAMASI

Su ile yapak yıkaması

BAT, yün yağı ve kirlilik için geri kazanım devreleri kullanmaktadır. BAT'a göre su tüketim değerleri, orta ve büyük işletmeler (15000 ton/yıl yağlıtılı yapak) için 2-41 l/kg ve küçük işletmeler için de 6 l/kg yağlıtılı yapak'tır. Yağ geri kazanımı için ilgili değerler, yıkanmış yapakta bulunduğu tahmin edilen yün yağının % 20-30'u arasında değişmektedir. Benzer şekilde BAT'a göre enerji tüketim değerleri, işlenen yağlıtılı yapığın bir kg'ı için 4-4,5 MJ'dür ve bunun 3,5 MJ/kg'ı ısı enerjisi, 1 MJ/kg'ı ise elektrik enerjisidir. Ancak veri yetersizliğinden dolayı, yukarıda belirtilen su ve enerji tüketimi değerlerinin, ekstra-ince yapaklar (genellikle lif çapı 20 µm ya da daha düşük) için de geçerli olup olmadığını belirleyebilmek mümkün değildir.

Organik çözgen ile yapak yıkaması

Organik çözgen ile yıkama, kaçaklar nedeniyle oluşan kayıpları en aza indirmek ve yeraltı sularının sızıntı yoluyla veya kazalar nedeniyle herhangi bir şekilde kirlenmesini önlemek için tüm önlemler alındığı taktirde, BAT olarak kabul edilmektedir. Bu önlemler ile ilgili daha ayrıntılı bilgi Bölüm 2.3.1.3'te verilmektedir.