**Solvent Yönetim Planı Kılavuzu**

**“Kütle Bilanço Hesaplaması”**

****

**ENTEGRE ÇEVRE İZNİ**

**OTOMOTİV SEKTÖRÜ DEĞERLENDİRME PROJESİ**

**Temmuz, 2016**

**Hazırlayanlar:**

**Tamer ATALAY**

**Yard. Doc. Ahmet AYGÜN**

**GİRİŞ**

Bu kılavuz, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Entegre Çevre İznine tabi otomotiv üretim tesislerinin uyum durumları ve gerekliliklerinin belirlenmesi projesi kapsamında ilgili iş paketi gereğince hazırlanmıştır.

Bu kılavuzun hazırlanmasında sektör uzmanı olarak, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi koordinatörlüğünde, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi Öğretim Üyeleri görev almıştır.

Kılavuzda yer alan formlar, örnek olarak verilmiş olmakla beraber, direk olarak excell programı ile indirilerek kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Ayrıca, bu kılavuzun hazırlanmasında, OSD-Otomotiv Sanayi Derneğine, değerli ve görüş ve katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

**İÇİNDEKİLER Sayfa**

1. Tanımlar…………………………………………………………………………………………………………… 4
2. Kılavuzun Amacı Ve Yasal Dayanağı ……………………………………………………………….. 4
3. Otomotiv Sektöründe Solvent Yönetim Planına Yönelik Temel Prensipler……. 5
4. Solvent Yönetim Planı Modeli …………………………………………………………………… 6
   1. Organik solvent girdileri (I) ……………………………………………………………………. 7
   2. Organik solvent çıktıları (O)……………………………………………………………………. 7
   3. Boyanan Yüzey Alanı ………………………………………………………………………… 7
   4. Atıksu ile Taşınan Solventler (O2) …………………………………………………….. 8
   5. Yakılarak ve bertaraf edilen solventler (O5) ………………………………………….. 8
   6. Atık olarak bertaraf edilen organik solventler (O6 …………………..………... 9
5. Solvent Girdilerinin Hesaplanması …………………………………………………………….… 9
6. Solvent Çıktılarının Hesaplanması …………………………………………………………….… 10
7. Yüzey Alanının Hesaplanması ……………………………………………………………… 13
8. Kütle Bilanço Hesaplamaları Değerlendirme Raporu ………………………………………. 14
9. Yasal Düzenlemelere Göre Değerlendirme ……………………………………………………… 16
10. Kaynaklar ………………………………………………………………………………………………………... 18

**Şekiller**

Şekil 1 : Boya kaplama prosesleri ve VOC emisyonu kaynakları ……………………... 5

Şekil 2 : Otomotiv Sektöründe Solvent Yönetim Planı (Kütle Denge Modeli) … …. 6

Şekil 3 : Binek otomobil ve ticari araç üretim tesisi- VOC paretosu örneği ……… 16

**Tab*l*olar**

Tablo 1 : Tipik VOC bileşikleri TOC / VOC dönüşüm katsayıları ………………………… 9

Tablo 2: Tipik boya prosesleri, TOC/VOC dönüşüm katsayıları ……………………… 9

Tablo 3 : Solvent Girdileri (I) Hesaplama Tablosu ………………………………………… 10

Tablo 4 : Atıksuya geçen Solvent (O2) Hesaplama Tablosu ……………………………… 11

Tablo 5 : Yakılarak bertaraf edilen solvent ( O5) hesaplama Tablosu- TOC metodu 12

Tablo 6 : Yakılarak Bertaraf Edilen Solvent Hesap Tablosu- Taşınma Metodu ….. 12

Tablo 7 : Atık olarak bertaraf edilen Solvent Hesaplama Tablosu …………………… 13

Tablo 8 : Boyanan Yüzey Alanı Hesaplama Tablosu ……………………………………….. 14

Tablo 9 : Solvent Yönetim Planı (Kütle Bilanço Sistemi) Değerlendirme Tablosu ………… 15

Tablo 10 : Araç Boyama Endüstrisi için uyulması gereken sınır değerler………………………….. 16

Tablo 11: STS Solvent BREF- MET’lere Dayalı Emisyon Seviyeleri ………………………………….. 17

**1. Tanımlar**

‘Solvent Yönetim Planı’ VOC emisyonunu, boya prosesinin girdileri ile çıktıları arasındaki farkı tespit ederek belirlemeye çalışan bir analiz yöntemidir.

'organik bileşik' en azından karbon elementini ve hidrojen, halojen, oksijen, sülfür, fosfor, silikon veya nitrojenden birini veya birden fazlasını içeren ama karbon oksitler ile inorganik karbonatlar ve bikarbonatları içermeyen bileşikler anlamındadır,

'uçucu organik bileşik' 293,15 K değerde 0,01 kPa veya daha fazla buhar basıncına ya da belirli kullanım şartlarında benzer uçuculuğa sahip organik bileşikler ve kreozot kesitleri anlamındadır.

'organik solvent' aşağıdaki amaçlarla kullanılan herhangi uçucu organik bileşik anlamındadır:

(a) Ham maddeleri, ürünleri veya atıkları çözündürmek için tek başına veya diğer maddelerle birlikte ve kimyasal değişime uğramaksızın,

(b) Kirletici maddeleri çözündürerek gidermek için,

(c) Çözücü, dağıtıcı, kıvam ayarlayıcı, yüzey gerilimi ayarlayıcı, plastikleştirici, koruyucu madde olarak

‘kataforez alanı’ tamamlanmış bir araç gövdesinin, boya prosesinde yer alan daldırma elektrokaplama tankına giren tüm iç ve dış yüzeyini ifade eder.

‘Katı Madde Girdisi ‘ boya malzemeleri içinde, su, solvent vb buharlaşabilen uçucu maddeler dışında kalan katı maddelerin toplamıdır.

‘Rekuperatif/Rejeneratif RTO’ ısı geri kazanımı da yapabilen termal oksitleyici.

‘ Toplam Solvent Girdisi’ boya kaplama işlemlerinde kullanılan tüm malzemelerin solvent içeriklerinin yıllık kütlesel toplamıdır.

**2. Kılavuzun Amacı ve Yasal Dayanağı**

Solvent yönetim planı;

(a) Endüstriyel Emisyonlar Direktifine ( EED) uygunluğun denetlenmesi,

(b) Firmaların azaltma hedeflerinin tespit edilmesi,

(c) Solvent tüketimi, solvent salımların ve EED- Bölüm V hükümlerine uygunluk konularında resmi otoriteye sunulacak bilgilerin sağlanması.

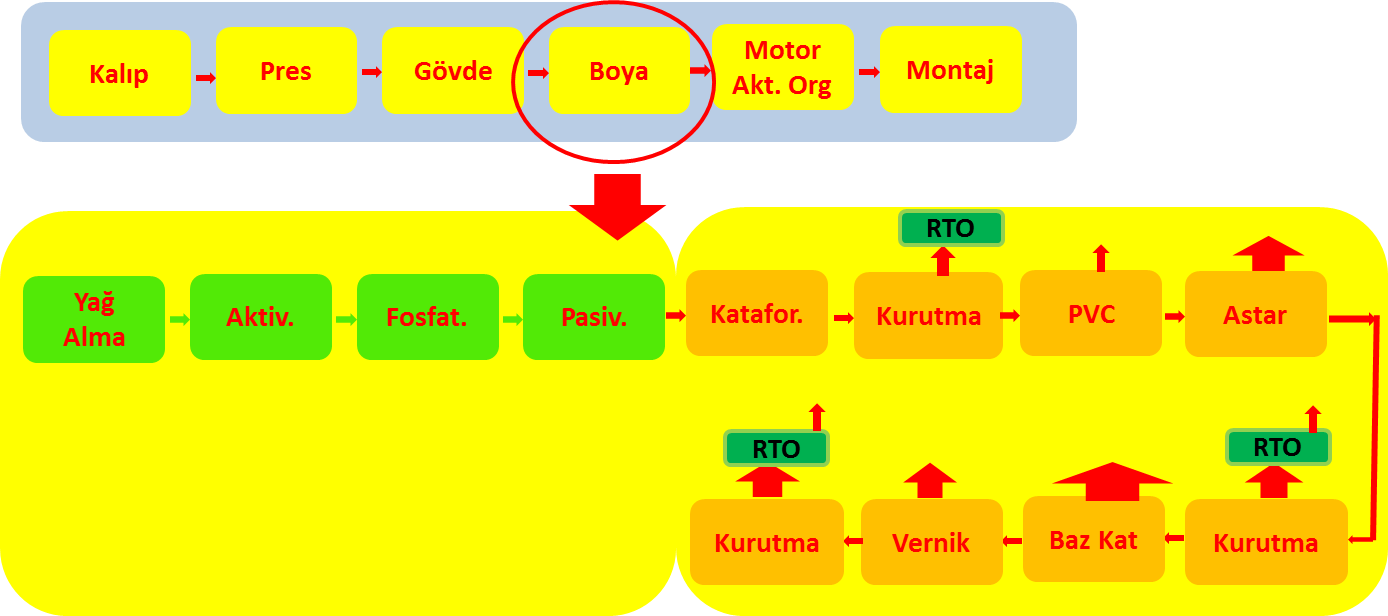
(d) Sanayii Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine uyumun kontrol edilmesi, doğrulanması

Bu kılavuzun hazırlanmasında, aşağıdaki dokümanlar esas alınmıştır.

1. Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (Ek-7, Kısım 7)
2. Solvent BREF (STS-2007, Bölüm 24 )

**3. Otomotiv Sektöründe Solvent Yönetim Planına Yönelik Temel Prensipler**

Tipik bir boya prosesi, doğrudan ölçüm yapılamayacak kadar çok sayıda emisyon kaynağı içerir. Aşağıda tipik bir boya kaplama prosesi akım şeması verilmiştir:



Şekil 1 : Boya kaplama prosesleri ve VOC emisyonu kaynakları

Araç boyahanelerinden kaynaklanan organik maddelere ait limit değerleri (VOC); tesisin, boyanan araların yüzeyleri ile bağlantılı olan toplam uçucu organik bileşen emisyonları tanımlanır.

Bu değerlerin tespit edilmesi, boyahaneden kaynaklanan emisyon kütle akışının ve boyanacak araların yüzey alanlarının eşzamanlı olarak tespit edilmesini sağlar.

Boya proseslerinde, tüketilen boya malzemeleri miktarı ile VOC emisyonu arasında doğru orantı vardır. VOC emisyonlarının tespitinde, doğrudan ölçümlerin doğruluk payı, proses değişkenlikleri, çok sayıda emisyon kaynağı olması ve kaçak emisyonlar nedeniyle, kütle bilanço dengesi yapılarak hesaplanan emisyon değerlerine göre daha düşüktür.

Boyahanelerden kaynaklanan VOC emisyonlarının periyodik ölçümler ile tespit edilmesi, düzenli izleme yapılması için yeterli veri sağlayamamaktadır. Solvent Yönetim planı uygulanması ile firmalar düzenli periyotlarla (örneğin aylık) emisyon seviyelerini her proses için ayrı ayrı belirleyebilmekte, pareto analizi yapabilmekte ve azaltma hedeflerini tespit edebilmektedirler.

VOC emisyonlarının düzenli olarak izlenmesi için, EED Direktifinde yer alan plana dayalı bir kütle denge yöntemi kullanılmalıdır.

VOC girdi verileri (I1-Input 1) doğruluk düzeyi en yüksekte olacak şekilde belirlenmelidir. Bu da aşağıdakilerden birinin uygulanması ile gerçekleştirilebilir:

* Solvent içeren tüm bileşiklerin (boya, tiner, vs.) tüketiminin direkt olarak ölçülmesi,
* Tedarik veri tabanlarının kullanılmasıyla solvent girdisinin hesaplanması.

Solventlere tesis içinde geri kazanım işlemi uygulanması halinde, I2 (Input 2) belirlenmelidir.

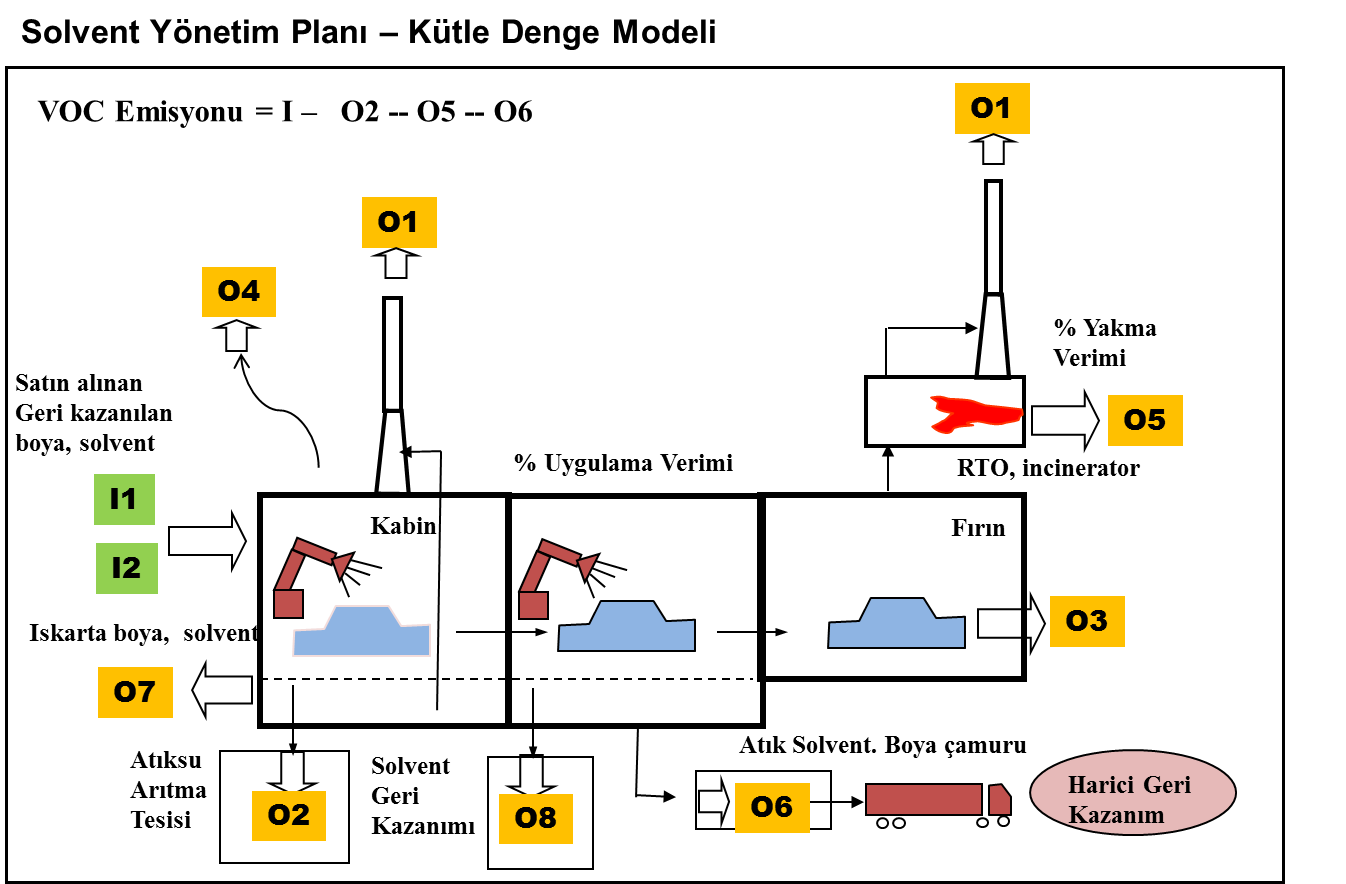
Bertaraf edilen VOC (O5- Output 5) miktarı atık gaz arıtma ünitesine giren ve bu üniteden çıkan kütle akışlarının ölçülmesi ile hesaplanabilir. Bir başka yöntem olarak, yakma ünitesine bağlı kurutma sistemine taşınan solvent miktarı deneysel olarak bulunabilir. Taşıma faktörü boya kabinindeki robotik ve/veya manuel uygulama verimi ile doğru orantılıdır. Bu ölçümler sonucunda:

* Yakma verimliliği ve sıcaklığa ne derece bağlı olduğu tespit edilir.
* Taşıma faktörü belirlenir. Bu katsayı boya kabininde açığa çıkan ve atık gaz arıtma üniteli kurutucu fırına gönderilen VOC miktarını açıklar.
* Bu ölçümler her bir boya kabini ya da fırın atık gaz arıtma sistemi için bir kez yapılmalıdır. Yakma verimliliği ve taşıma katsayısı yalnızca uygulama prosesi, kabin tasarımı ya da atık gaz yakma sistemi değiştirildiğinde yeniden hesaplanmalıdır.

Atık gaz ünitesinin performansı yakma sisteminin sıcaklığının kesintisiz olarak ölçüm ile izlenebilir. Atık gaz arıtma ünitesinin verimliliği bu ölçüm ile doğrulanabilir.

Üretim prosesinin zamanla değişiklik göstermesi nedeniyle, izleme için ayrılan zaman ölçeğinin yeterince uzun olması gerekir. Kütle dengesi hesaplamaları fabrikaların hedef performans takibi ve iç izlemeleri açısından 1 aylık periyodlarla yapılmalı ve yasal yönden ise yılda bir kez yetkili ve yetkin bir kurum/firma tarafından doğrulanmalıdır.

**4. Solvent Yönetim Planı Modeli**



Şekil 2 : Otomotiv Sektöründe Solvent Yönetim Planı (Kütle Denge Modeli)

Aşağıdaki tanımlar kütle dengesi işlemi için çerçeve oluşturmaktadır.

**4.1 Organik solvent girdileri (I)**

**I1:** Kütle dengesinin hesaplandığı dönem boyunca işlemlerde girdi olarak kullanılan satın alınmış organik solventlerin miktarı veya satın alınan karışımlar içinde bu solventlerin miktarı.

**I2:** İşlemlerde girdi olarak yeniden kazanılan ve tekrar kullanılan organik solventlerin miktarı veya karışımlar içinde bu solventlerin miktarı. Geri dönüştürülmüş solventler faaliyet yürütülürken her kullanımlarında hesaba katılacaklardır.

**4.2 Organik solvent çıktıları (O)**

**O1:** Atık gazlardaki salımlar.

**O2:** Suda yok olan organik solventler.

**O3:** İşlemden geçen ürünlerde kirlilik veya artık olarak kalan organik solventlerin miktarı.

**O4:** Organik solventlerden havaya yapılan ve yakalanamayan salımlar. Buna odaların dış ortamlara pencereler, kapılar, havalandırma delikleri veya benzer açıklıklar kanalıyla hava salınması yoluyla genel havalandırılması dâhildir.

**O5:** Kimyasal veya fiziksel reaksiyonlar sonucunda kaybolan organik solventler ve/veya organik bileşikler (yakma veya diğer atık gaz ya da atık su işleme yöntemleriyle yok edilenler veya yakalananlar O6, O7 veya O8 olmadıkları sürece dâhildir).

**O6:** Toplanmış atıklarda var olan organik solventler.

**O7:** Ekonomik değeri olan ürünler sıfatıyla satılan veya satılmak istenen organik solventler veya karışımlar içindeki organik solventler.

**O8:** Tekrar kullanmak üzere yeniden kazanılan ama işleme girdi olarak sokulmamış karışımlardaki organik solventler (O7 tanımında yer almadıkları sürece).

**O9:** Diğer biçimlerde elden çıkan organik solventler.

**4.3 Boyanan Yüzey Alanı**

EED göre ilgili yüzey alanı şu şekilde tanımlanmaktadır:

“Toplam elektroforetik kaplama alanına göre hesaplanan yüzey alanı ve boya kaplama prosesinin daha sonraki aşamalarında eklenen ve söz konusu ürünle aynı kaplama kullanılarak boyanan herhangi bir paranın yüzey alanı ya da tesiste boya kaplaması yapılan ürünün toplam yüzey alanı. “

Elektroforetik (kataforez) kaplama alanı aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

( 2 x ürün kaportasının toplam ağırlığı ) /

(Metal plakanın ortalama kalınlığı \* Metal plakanın yoğunluğu )

Bu yöntem boya kaplama yapılan diğer parçalarda da uygulanabilir. Alternatif yöntemler de (örn. Bilgisayar Destekli Tasarım verileri kullanılarak) uygulanabilir.

Her otomobil/parça modeli için gerekli olan e-kaplama alanının doğru bir şekilde tespit edilmesi çok önemlidir. Buna yönelik veriler gerektiğinde doğrulayıcı kurum yada kuruluşların denetimine açık olmalıdır.

Aynı tesis içerisinde yedek parça üretimi de yapılıyorsa, bu proseslerde kullanılan tüm boya ve solvent miktarı ile yüzey alanları solvent yönetim planına dahil edilmelidir.

**4.4 Atık su ile taşınan solventler (O2)**

Islak venturi yıkayıcı havuzundaki suda yalnızca boya partikülleri değil, aynı zamanda uçucu organik bileşikler de çözünmektedir. Bu sistemden boşaltılan atık suyun solvent konsantrasyonu, çözünebilirlik dengesine ulaşacak düzeydedir. Solvent yönetim planı, bu solventin kanalizasyon sistemi ile atıksu arıtma tesisine ulaştığını ve arıtıldığını varsaymaktadır. O1 veya O5 ile kıyaslandığında O2 ‘nin kütle akışı daha düş0k olduğundan, O2 ye atık su hacminin bir sabiti ya da fonksiyonu gibi işlem yapılması yeterlidir (1) . O2 oranının tespitinde boya malzemeleri içindeki uçucu organik bileşiklerinin sudaki çözünürlüklerinin ortalaması esas alınabilir.

**4.5 Atık gaz arıtma işlemi ile yakalanan ve bertaraf edilen solventler (O5)**

O5 in kütle akışı, herhangi bir atık gaz arıtma ekipmanından havaya salınan solvent artığı ve bu ekipmana giren işlenmemiş gaz akışına gelen solvent girdisidir. Atık gaz arıtma tesislerindeki atık gaz akışında bulunan uçucu organik bileşikler kesintisiz ya da fasılalı yöntemler ile ölçülebilir. EED ‘ne göre, termal son yakma tesisleri çıkışında 50 mg C/m3 limit değerine ulaşılabilir.

Hava arıtma sistemlerinin verimliliği sıcaklığın izlenmesi ile kontrol edilmektedir. Limit değerlerinin tüm operasyonel koşullar altında izlenmesini garantileyen yakma sıcaklığı kalibrasyon ölçümleri tarafından belirlenmektedir.

Her bir uygulama alanından azaltma ekipmanına gönderilen VOC kütle akışı, kabindeki boyama prosesinde tüketilen solvent ile orantılıdır. Bu nedenle

O5 = Solvent Girdisi \* f \* RTO Verimi

Taşınma faktörü f; uygulama alanındaki solvent tüketiminin, kurutma fırınındaki atık gaz arıtma ekipmanına giren VOC miktarına oranını ifade etmektedir. Bu faktör, belli bir boya uygulama prosesi ve kabin şeklinin söz konusu olduğu solvent tüketimleri için sabittir. Yalnızca uygulama prosesi, malzeme teknolojisi ya da kabin tasarımı (veya ilgili ekstraksiyon sistemi, vs.) değiştirildiğinde yeniden hesaplanmalıdır.

O5 hesaplanmasında bir başka yöntem olarak, termal son yakma tesisine giren ve çıkan baca gazında TOC ölçümü yapılmasıdır. Elde edilen ölçümlerin farkı ile baca debisi çarpılarak arıtılan kütlesel debi bulunabilir. Arıtılan kütlesel debi yıllık üretim zamanı ile çarpılarak O5 hesaplanabilir. Baca giriş ve çıkışlarında ölçülen TOC değerinin, solvent konsantrasyonuna dönüştürülmesi gerekir. Bunun için tüketilen boya malzemelerindeki ağırlıklı olarak hangi tür VOC Bileşiklerinin yer aldığının bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgi MGBF’larından veya tedarikçilerden temin edilebilir.

Boya proseslerinde ağırlıklı olarak bulunan VOC bileşiklerinin mg TOC / mg VOC oranları aşağıda verilmiştir:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **VOC Bileşiği** | **mg TOC/ mg VOC** |  | **VOC Bileşiği** | **mg TOC/ mg VOC** |
| Butanol | 0,649 |  | Methoxy Propanol | 0,533 |
| Butyl Acetate | 0,621 |  | Metoxy Propyl Acetate | 0,545 |
| Butyl Glycol | 0,593 |  | Methyl Isobutyl ketone | 0,720 |
| Butyl Ethanol | 0,610 |  | Propanol | 0,600 |
| Butoxy Ethyl Acetate | 0,600 |  | Shellsol R | 0,882 |
| Ethoxy Propanol | 0,577 |  | Solvesso | 0,892 - 0,912 |
| Ethoxy Propyl Acetate | 0,575 |  | Xylene | 0,906 |
| Ethyl Hexanol | 0,739 |  | White Sprit | 0,840 – 0,850 |

Tablo 1 : Tipik VOC bileşikleri TOC / VOC dönüşüm katsayıları (2)

Çeşitli boya malzemesi türlerine göre mg TOC / gr VOC değerleri aşağıda örnek olarak verilmiştir:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Boya Türü** | **mg TOC / mg VOC** | **% Solvent Oranı** |
| Solvent Bazlı Son kat- Silver | 0,700 | % 82 |
| Su Bazlı Son Kat Metalik Mavi | 0,620 | % 15 |
| Su Bazlı Son Kat Beyaz | 0,590 | % 14 |
| Vernik Yüksek katı | 0,820 | % 43 |

Tablo 2: Tipik boya prosesleri, TOC/VOC dönüşüm katsayıları (2)

**4.6 Atık olarak bertaraf edilen organik solventler (O6)**

Bu kategorideki en fazla kütle akışı, arındırma ve temizleme proseslerinden (renk değişikliği, halka boru sisteminin arındırılması, genel temizlik) ayrı ayrı yakalanan solventlerden oluşur. Atık içerisindeki solvent oranı ölçülerek bulunmalıdır. Solvent Yönetim Planına tehlikeli atık bertaraf bilgileri dahil edilerek toplam yıllık atık çıkışı belirlenir.

1. **Girdilerin Hesaplanması**

Solvent Yönetim planının temelini oluşturan kütle bilanço dengesi hesaplamalarında aşağıdaki sıra ile işlemler yapılır:

1. Kütle Bilanço hesaplamalarında boya kaplama prosesinde kullanılan **tüm ana ve yardımcı maddeler (envanter kodu ve ismi ile)** aşağıda örneği verilmiş bir formda listelenir.
2. Envantere giren tüm maddelerin **yıllık tüketimleri (kg)**
3. Envantere giren tüm maddelerin içeriğindeki, tanımlar bölümünde verilen “uçucu organik bileşik” tanımına giren **(%) solvent oranı** belirlenir. Bunun için aşağıdaki yöntemler kullanılabilir:
   * Tedarikçi Firmadan en az bir defaya mahsus; mümkünse her üretim lotu için alınacak analiz sonucu
   * Envanterdeki maddenin Malzeme Güvenlik Bilgi Formunda yazılı oran
   * Laboratuvar analizleri
4. Katı Madde Oranı =( %100- % Solvent Oranı - % Su Oranı) formülü ile hesaplanır.
5. İşletme sahası içinde toplanan atık solventlerin distile ederek geri kazanılması durumunda, distilasyon sonucu üretilen “Geri Kazanılmış Solvent” ; I2 ( Input 2) girdisi olarak envantere dahil edilir. Aynı şekilde yıllık toplam (kg) miktarı kaydedilir. Solvent oranı ise % 100 kabul edilir.
6. Aşağıdaki örnek formda olduğu gibi; Yıllık toplam tüketimler ile Solvent oranları çarpılarak o maddeden kaynaklanan “toplam solvent girdisi” hesaplanır.
7. Tüm maddelerden kaynaklanan solvent girdileri toplanır.
8. Aynı işlem katı madde oranı ile de yapılarak toplam “katı madde girdisi” hesaplanır.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Envanter No | Malzeme Adı | Tüketim Kg/yıl | Solvent Oranı % (kg/kg) | Katı Madde Oranı % (kg/kg) | Katı Madde Girdisi, kg/yıl | Solvent Girdisi, kg/yıl |
| xx | ….Boya | **a** | **b** | **c** | **a x c /100** | **a x b /100** |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| TOPLAM ( Input ) | |  |  |  | 0 | 0 |

Tablo 3 : Solvent Girdileri (I) Hesaplama Tablosu

1. **Çıktıların Hesaplanması**

Kütle bilanço sisteminin çıktılarının hesaplanmasında aşağıdaki yöntemler izlenir:

1. O2 – Suya geçen solvent hesaplanabilmesi için boya boya kaplama prosesi kabin ıslak yıkayıcı havuzlarından atıksu arıtma tesisine gönderilen toplam atıksu miktarı m3 olarak ölçülür yada hesaplanır. Hesaplama toplam havuz hacmi ile bir yılda yapılan toplam boşaltım sayısı çarpılır. Atıksu içerisindeki çözünmüş solvent bileşiklerinin oranı laboratuar testleri ile belirlenir. Ölçüm yapılamayan durumlarda, envanterdeki malzemelerin içeriğinde bulunan uçucu organik bileşiklerin su içindeki çözünürlükleri belirlenerek ortalaması alınabilir. Kabine özel bir çalışma yapılamadığı taktirde, genel kabul olarak çözünürlük oranı 0,5 wt/wt % alınabilir.

O2 = Atıksu Miktarı (m3) x % Solvent Oranı x ( 1000 kg/m3)

Hesaplamalarda aşağıdaki form kullanılabilir:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Islak Yıkayıcı Havuz | Havuz Hacmi, m3 | Boşaltma Sayısı / yıl | Atıksu Solvent Oranı, % | O2- Atıksuya Geçen Solvent, kg /yıl |
| Astar | **a** | **b** | **0,5** | **a \* b \* 0,005** |
| Son Kat |  |  |  |  |
| Vernik |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| TOPLAM | | |  |  |

Tablo 4 : Atıksuya geçen Solvent (O2) Hesaplama Tablosu

1. O5 – Yakılarak arıtılan solvent miktarının hesaplanması için iki yöntem kullanılabilir:
   1. TOC Ölçümü Yöntemi

Termal son yakma öncesi ve sonrasında periyodik TOC ölçümü yapılır ve ortalama son yakma verimi tespit edilir. Arıtılan gaz debisi ile yıllık çalışma zamanı çarpılarak “Arıtılan toplam debi” hesaplanır. Son yakma tesisi girişinde ölçülen TOC değeri ; uçucu organik bileşiklerin içeriğindeki toplam Karbon atom ağırlığı düzeltmesi yapılır.

RTO ünitelerinde literatüre göre yakma verimi % 90-96 arasında olup,( ortalama % 95 alınabilir) bu değerin sağlanması için yakma odası sıcaklığının 720 oC ‘ye çıkarılması gerekir.

O5 = Top. Arıtılan Debi (Nm3/yıl) \* Solvent Kons. (mg/m3) \* Yakma Verimi

Toplam Arıtılan Debi= Ölçülen Debi (Nm3/h) \* Yıllık Üretim Zaman (h/yıl)

Solvent Konsantrasyonu = Giriş TOC (mg/m3) \* (mg TOC /mg VOC)

Yakma (RTO) Verimi = (Giriş TOC - Çıkış TOC ) / (Giriş TOC)

Bu yöntem yılda 1 kez yapılan kütle bilanço hesaplamalarının doğrulanması amacıyla kullanılabilir. Ancak Otomotiv firmalarının iç izlemeleri için VOC emisyonlarını her ay belirlemeleri ve hedefleri ile kontrol etmeleri çok faydalıdır. Bu nedenle TOC ölçümü ihtiyacını ortadan kaldıracak bir yönteme ihtiyaç duyulmuştur.

Hesaplamalarda aşağıdaki form kullanılabilir:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ölçüm Değeri | RTO Giriş mg C/m3 | RTO Çıkış mg C/m3 | Fark mg C /m3 | RTO Verimi % | mg TOC /mg VOC Dönüşüm Faktörü | Arıtılan Solvent mg/m3 |
| TOC | **a** | **b** | **a-b** | **(a-b)/a \*100** | **f** | **(a-b) / f** |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Baca Çapı m2 | Baca Hızı m/h | Debi m3/h | Arıtılan Solvent | Arıtılan Kütlesel Debi kg/h | |  |
|  |  |  | **(a-b) / f** | **(a-b) / f \* Debi** | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Yıllık Üretim Saati, h/yıl | | Arıtılan Kütlesel Debi kg/h | | Arıtılan Kütlesel Debi kg/yıl | |  |
| **h / yıl** | | **(a-b) \* f \* Debi** | | **(a-b) \* f \* Debi \* h /yıl** | |  |

Tablo 5 : Yakılarak bertaraf edilen solvent ( O5) hesaplama Tablosu- TOC metodu

* 1. Taşınma Faktörü Yöntemi

Termal son yakma tesisi giriş ve çıkışında on-line TOC analizi yoksa, bir ölçüm sonucunda bulunacak kütlesel debi gerçeği büyük oranda yansıtmayacaktır. Ayrıca bu kütlesel debinin, yıllık üretim saati ile çarpımı hata oranını artırır. Bir hata payı da ölçülen TOC değerinden Solvent Konsantrasyonu dönüşümü sonucu oluşur. TOC/VOC dönüşüm oranı konusunda güvenilir veriye ulaşılamazsa, hata payı göz önünde bulundurularak sadece TOC ölçümleri dikkate alınabilir.

Bu hatalar göz önüne alınarak taşınma faktörü yöntemi, Alman VDI 3455 standardında (Emission Reduction Voluma-Production Car Body Painting Plants) ve Solvent BREF dökümanında tanımlanmış olup, ACEA üyesi otomotiv ana sanayi tarafından benimsenmiştir.

Otomotiv firmaları VOC emisyonlarını her ay ölçüp hedefleri ile karşılaştırdığından, TOC ölçüm ihtiyacı olmadan tekrarlanabilir bir yönteme ihtiyaç duymaktadır.

Bu yönteme göre termal son yakma tesisinin bağlı olduğu kurutma fırını öncesi, son boya kabininde (genellikle vernik kabini) taşınma faktörünü belirlemek üzere bir test yapılır. Bu kabinden üzeri alüminyum folyo kaplı bir boya test plakası geçirilir. Plaka boyandıktan sonra üzerindeki yaş boya ile birlikte tartılır. Plaka kurutma fırınından sonra tekrar tartılarak aradaki fark hesaplanır. Bu fark, termal son yakma tesisine giden solvent miktarını gösterir. Bu yöntemde ayrıca, son boya prosesinde yapılan robotik veya manuel boya uygulama verimi de dikkate alınmak durumundadır. Bu iki veri dikkate alınarak, son boyama prosesinden kurutma fırınına, dolayısıyla son yakma tesisine taşınan solvent % oran olarak belirlenir. Örnek:

Yıllık Vernik tüketimi: 100000 kg

Solvent oranı : % 50

Yıllık solvent girdisi = 100000 x %50= 50000 kg

Vernik kabini uygulama verimi : % 70

Araç üzerine uygulanan solvent= 50000 x%70= 35000 kg

Vernik kabinde buharlaşan solvent oranı : % 70 (araç üzerine uygulanan miktarın)

Kurutma Fırınına gövde ile taşınan solvent oranı : % 30

Kurutma fırınına giren yıllık solvent miktarı = 35000 x % 30 =10500kg

Termal son yakma tesisi verim: % 95

O5 Yakılarak bertaraf edilen solvent = 10500 kg x %95 = 9975 kg.

Hesaplamalarda aşağıdaki form kullanılabilir:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Boya Kabini | Uygulama Verimi, % | Kabin içi Buharlaşma, % | Kurutma Fırınına Taşınma Faktörü, f | |
| Vernik | **a** | **b** | **a x b** | |
|  |  |  |  |  |
| Boya Kabini | Solvent Girdisi , kg /yıl | Kurutma Fırınına Taşınma Faktörü, f | RTO Verimi | O5- Yakılarak Arıtılan Solvent , kg/yıl |
| Vernik | **SG** | **a x b** | **90%** | **SG x a x b x 0,90** |

Tablo 6 : Yakılarak Bertaraf Edilen Solvent Hesaplama Tablosu- Taşınma Faktörü Metodu

Çeşitli boya kabinlerinde araç/parça üzerine uygulanan boyada, kabindeki bekleme süresi boyunca oluşan buharlaşma miktarları yaklaşık olarak aşağıdaki gibidir:

Kataforez : % 10

PVC Macun : % 10

Astar : % 85

Son Kat : % 85

Vernik : % 70

1. O6 –Atık olarak uzaklaştırılan solvent miktarının hesaplanması
   1. Atık solvent olarak toplanan ve tehlikeli atık olarak bertaraf tesislerine gönderilen atık solvent miktarı belirlenir. Bu atıkların içindeki solvent oranı tesise özel bir ölçüm ile belirlenmemiş ise % 95 kabul edilebilir.
   2. Boya Çamurunun bertarafı sonucu uzaklaştırılan solvent miktarının hesaplanması için, tehlikeli atık olarak bertaraf tesislerine gönderilen boya çamuru miktarı belirlenir. Boya çamuru içindeki solvent oranı tesise özel bir ölçüm ile belirlenememiş ise; Su bazlı boya çamurunda % 1, solvent bazlı boya çamurunda % 2 kabul edilebilir.

Hesaplamalarda aşağıdaki form kullanılabilir

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Atık Türü | Atık Miktarı, kg/yıl | Atık içinde Solvent Oranı, % | 06- Atık olarak arıtılan Solvent, kg/yıl | |
| Atık Solvent | **a** | **~ % 95** | **a x 0,95** | |
| Su Bazlı Boya Çamuru | **b** | **~ % 1** | **b x 0,01** | |
| Solvent Bazlı Boya Çamuru |  | **~ % 2** | **b x 0,02** | |
| Attık Mastik, vb |  |  |  |  |
| TOPLAM | | |  | |

Tablo 7 : Atık olarak bertaraf edilen Solvent Hesaplama Tablosu

1. **Boyanan Yüzey Alanının Hesaplanması**

Hesaplamalarda aşağıdaki form kullanılabilir:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Model | Yıllık Üretim Miktarı Ad. | Birim Yüzey Alanı, m2/ad | Yıllık Yüzey Alanı, m2/yıl |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| TOPLAM | | |  |

Tablo 8 : Boyanan Yüzey Alanı Hesaplama Tablosu

1. **Kütle Bilanço Hesaplamaları Değerlendirme Raporu**

Solvent Yönetim Planı ile aşağıdaki sektörlerde emisyon sınır değerleri belirlenebilir :

* Otomotiv Sektöründe M1, M2, M3, N1, N2, N3 sınıfı araçların üretimi
* Tarım ve İnşaat Makinalarının üretimi
* Plastik parçaların boyanması (Tampon vb.)
* Metal parçaların boyanması (Beyaz eşya gövdesi vb.)

Solvent Yönetim Planı hesaplamaları sonucu aşağıdaki referans belgelere uygunluk belirlenebilir:

* Endüstriyel Emisyonlar direktifi (Ek-7, Kısım 7)
* Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği EK-5
* Solvent BREF-MET’lere Dayalı Emisyon Sınır Değerleri

Yukarıda verilen hesaplamalar sonucu elde edilen veriler ile Otomotiv Sektöründen kaynaklanan VOC emsiyonu aşağıdaki formül ile hesaplanır:

VOC Emisyonu, gr / m2 = ( I1 + I2 - O2 – O5 - O6 ) / Boyanan Yüzey Alanı

Boyanan ürün ile birlikte uzaklaşan solvent, O3= 0 kabul edilmiştir.

Iskarta edilebilen boya malzemeleri ile uzaklaşan solvent (O7) bu formülde yer almamaktadır. Zira genel olarak ıskarta edilen boya malzemeleri envantere dahil edilmemektedir.

Tarım ve inşaat araçları, plastik parça ve diğer metal yüzeylerin boyanmasında, otomotiv sektöründe olduğu gibi birim yüzey alanı başına emisyon değer belirlenmemiştir. Bunun yerine aşağıdaki değerlendirme yapılır:

Değerlendirme Kriteri = Kg VOC / kg Katı Madde Girdisi

Kg VOC= ( I1 + I2 - O2 – O5 - O6 )

Kg Katı Madde Girdisi : Boya malzemeleri içinde, su, solvent vb uçucu ve buharlaşabilen maddelerin dışında kalan kısımların toplamı

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Hesaplamalarda aşağıdaki form kullanılabilir: | | |
| Girdi Kodu | Girdi Prosesi | Yıllık Solvent Girdisi, kg/yıl |
| I1 | Kataforez |  |
| I1 | PVC -Macun |  |
| I1 | Astar |  |
| I1 | Son kat |  |
| I1 | Vernik |  |
| I1 | Rötüş |  |
| I1 | Temizlik Solventleri | **TS** |
| I1 | Diğer |  |
| I2 | Geri Dönüştürülmüş Solvent |  |
| TOPLAM | |  |
|  |  |  |
| Çıktı Kodu - O | Çıktı Tanımı | Yıllık Solvent Çıktısı, kg/yıl |
| O2 | Atıksu ile Arıtılan Solvent |  |
| 03 | Ürünle çıkan Solvent |  |
| 05 | Yakılarak Arıtılan Solvent |  |
| 06 | Atık olarak Bertaraf Edilen Solvent | **O6** |
| 07 | Iskarta Ürün ile çıkan Solvent |  |
| TOPLAM | |  |
|  |  |  |
| **DEĞERLENDİRME** |  |  |
| Toplam Solvent Girdisi ( I ) , kg/yıl | | **a** |
| Toplam Solvent Çıktısı ( O ) , kg/yıl | | **b** |
| Toplam VOC Emisyonu, kg/yıl | | **( a-b )** |
| Temizlik Solventi Emisyonu, kg /yıl | | **TS - O6** |
| Toplam Katı Madde Girdisi, Kg/yıl | | **c** |
| Toplam Boyanan Yüzey Alanı, m2 | | **d** |
| Temizlik Solventi Emisyonu , gr /m2 | | **( TS- 06) / d** |
| kg VOC / kg Katı Madde Oranı | | **( a-b ) / c** |
| Toplam VOC Emisyonu, gr/m2 | | **( a-b ) / d** |

Tablo 9 : Solvent Yönetim Planı (Kütle Bilanço Sistemi) Değerlendirme Tablosu

Solvent Yönetim Planı kütle denge modeli ile aynı zamanda VOC emisyonunun çeşitli boya proseslerine göre dağılım paretosu çıkarılır. Böylece emisyon azaltma hedeflerinin belirlenmesinde çok önemli bir sağlanmış olur. Aşağıda tipik bir boya prosesinde VOC dağılım paretosu örnek olarak verilmiştir:

Şekil 3 : Binek otomobil ve ticari araç üretim tesisi- VOC paretosu örneği

1. **Yasal Düzenlemelere Göre Değerlendirme**

Solvent Yönetim Planı hesaplamaları sonucu tespit edilen VOC emisyonu seviyeleri aşağıdaki yerel ve uluslararası düzenlemelere uyumun değerlendirilmesini sağlar:

* Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
* AB Endüstriyel Emisyonlar Direktifi ( 2010/ 75 /EC )
* Solvent BREF (STS) BAT’lara Dayalı Emisyon Sınır Değerleri (BAT-AEL)

VOC Emisyonları sınır değerleri açısından SKHKKY ile 2010/75/EC sayılı Endüstriyel Emisyonlar Direktifi uyumlu olup aşağıdaki sınır değerler halen geçerlidir:



Tablo 10 : Araç Boyama Endüstrisi için uyulması gereken sınır değerler (SKHKKY Tablo

5.9 ve EED Direktifi EK VII- KISIM III )

Yukarıdaki yasal düzenlemelerin yanı sıra, henüz yasal bağlayıcılığı olmamakla beraber, Solvent BREF (STS 2007) ‘de Mevcut En İyi Tekniklere Dayalı Emisyon Seviyeleri ( BAT-AEL) tanımlanmıştır. Bu değerlerin yasal bağlayıcılığı, 2007 tarihli STS BREF dökümanının revizyonu sonrası, MET Sonuç Belgesinin (BAT Conclusions) AB Resmi Gazetesinde yayınlanması ve bu düzenlemenin, ulusal mevzuat ile uyumlaştırılmasından sonra gerçekleşecektir. Ulusal mevzuatımıza uyum için otomotiv sektörüne geçiş süreleri verilecektir. Bu geçiş süreleri belirlenirken Entegre Çevre İznine Tabi Otomotiv Tesislerinin Uyum Durumlarının belirlenmesi Projesi çıktıları değerlendirilecektir.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **İşlem ( Yıllık Solvent Girdisi 200 ton ve üzeri tesisler)** | **MET'lere Dayalı Emisyon Seviyeleri ( BAT-AEL)** | |
| **Birim** | **Emisyon Seviyesi** |
| M1 Sınıfı Binek Araç Boyama | gr /m2 Toplam VOC | 10 - 35 |
| N1/N2/N3 Sınıfı Van, Kamyonet Kamyon Boyama | gr/m2 Toplam VOC | 10 - 50 |
| N3 Sınıfı Kamyon Kabini Boyama | gr/m2 Toplam VOC | 15 - 55 |
| N1/N2/N3 Sınıfı Van, Kamyonet Kamyon Boyama | gr/m2 Temizlik Solventi | < 20 |
| M2/M3 Sınıfı Minibüs, Otobüs Boyama | gr/m2 Toplam VOC | 92 - 150 |
| M2/M3 Sınıfı Minibüs, Otobüs Boyama | gr/m2 Temizlik Solventi | < 20 |
| Tarım ve Inşaat Araç ve Makinaları Boyama | kg VOC / kg Katı Madde | 0,20 - 0,33 |
| Plastik Barçaların Boyanması (Tampon vb.) | kg VOC / kg Katı Madde | 0,25 - 0,35 |
| Diğer Metal Yüzeylerin Boyanması (Beyaz eşya vb) | kg VOC / kg Katı Madde | 0,10 - 0,33 |

Tablo 10: STS Solvent BREF- MET’lere Dayalı Emisyon Seviyeleri

1. **Kaynaklar**
2. STS BREF -2007- “Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents”, August 2007
3. VDI 3455 “ Emission Reduction Volume-Production Car Body Painting Plants”, April 1996
4. A.C.E.A.(Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles), Sub-Working Group EU Solvent Directive, “Solvent Management Plan 'Mass Balance' Calculation”, R.M.Bray., Ford Motor Co. Ltd.
5. Endüstriyel Emisyonlara ilişkin 2010/75/EU Sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi Yönergesi