

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İLAÇ ENDÜSTRİSİNDE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN
TEHLİKELİ MADDELERİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. Çiğdem ARPAT**

Anabilim Dalı: ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı: ÇEVRE BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2007

**İLAÇ ENDÜSTRİSİNDE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN
TEHLİKELİ MADDELERİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çev. Müh. Çiğdem ARPAT
(501041704)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ocak 2007

Tez Danışmanı: Prof.Dr. İlhan TALINLI
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Birgül TANTEKİN ERSOLMAZ (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Kadir ALP (İ.T.Ü.)

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Sanayileşmenin artması ile birlikte üreticinin fabrikasında çevre yönetim sistemi ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Çevre yönetim sistemi altında bulunan risk yönetimi uygulanırken, mesleki maruziyetler ve iç ortam hava kalitesini sağlamak adına insan sağlığı açısından tehlikeli maddeler risk değerlendirmeleri kaçınılmaz olmaktadır. Tehlikeli maddelerin sanayi için vazgeçilmez hammaddeler olduğu günümüzde kabul edilmekte ve çalışılan ortamlarda güvenliğin sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında; desteklerini, mesleki ve hayata dair değerli bilgilerini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. İlhan TALINLI 'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında bana Pharmavision San. ve Tic. A.Ş.'nin imkânlarını açan Genel Müdür Dr. Ünsal HEKİMAN'a, Çevre Müdürü Neşe ERİŞ'e ve yardımı dokunan Pharmavision San. ve Tic. A.Ş. çalışanlarına teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca manevi destekleri ile her zaman yanımda olduklarını bildiğim, beni yalnız bırakmayan anneme, babama, ağabeyime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ocak, 2007

Çiğdem ARPAT

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	VI
TABLO LİSTESİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
ÖZET	X
SUMMARY	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	1
2. ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ	3
2.1. Kaynak Yönetimi	5
2.2. Atık Yönetimi	6
2.3. Risk Yönetimi	7
3. ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRME	9
3.1. Giriş	9
3.2. Tanımlar	9
3.2.1. Risk	9
3.2.2. Tehlike	10
3.2.3. Zarar	11
3.3. İnsan Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesi	11
3.3.1. Veri toplanması ve değerlendirilmesi	12
3.3.2. Maruz kalma değerlendirilmesi	14
3.3.3. Zehirlilik değerlendirilmesi	16
3.3.4. Risk karakterizasyonu	16
3.4. Tehlikeli Maddeler	18
3.4.1. Tehlikeli maddeler hakkında tanımlar	18
3.4.2. Tehlikeli maddelerin malzeme güvenlik bilgi formları	20
3.4.3. Tehlikeli maddelerin özellikleri	21
3.4.3.1. Çözünürlük	22
3.4.3.2. Yoğunluk	22
3.4.3.3. Parlayıcılık	23
3.4.3.4. Reaktiflik	23
3.4.3.5. Korozyon	24
3.4.4. Zehirlilik/Toksisite	26

3.4.4.1. Akut ve kronik etkiler	29
3.4.4.2. Deneysel toksikoloji	35
3.4.4.3. Kabul edilebilir maruz kalma konsantrasyonları ve limitleri	38
3.5. İç Ortam Hava Kalitesi	39
3.5.1. Sağlık üzerindeki etkileri	40
3.5.2. VOC düzeylerinin düşürülmesi	40
3.5.2.1. Kaynakta kontrol	40
3.5.2.2. Kaynak ve çalışan arasında kontrol	41
3.5.2.3. Çalışanda kontrol	41
3.6. Numuneleme ve Analiz	43
3.6.1. Numuneleme	43
3.6.2. Analiz	46
3.7. Türkiye'deki Tehlikeli Maddeler İle İlgili Yasal İlgili Mevzuatlar	48
3.7.1. Çevre kanunu	48
3.7.2. Parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı maddelerle çalışılan işyerlerinde ve işlerde alınacak tedbirler hakkında tüzük	48
3.7.3. İş sağlığı ve iş güvenliği yönetmeliği	48
3.7.4. Kanserojen ve mutajen maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelik	49
3.7.5. Kimyasal maddelerle çalışmalarda sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmelik	49
3.7.6. Tehlikeli kimyasallar yönetmeliği	49
3.7.7. Endüstri tesislerinden kaynaklanan hava kirliliği kontrol yönetmeliği	50
4. YÖNTEM VE UYGULAMA	52
4.1. İlaç Endüstrisi	52
4.1.1. Formülasyon	53
4.2. Tehlikeli Maddeler İçin İnsan Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesi Modeli	56
4.2.1. Model yaklaşımı	56
4.2.2. Model fonksiyonları	57
4.2.2.1. INAQRA ₁	58
4.2.2.2. INAQRA ₂	61
4.2.3. Değerlendirme	62
4.3. Uygulama Örnekleri	64
4.3.1. Risk değerlendirme	80
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	86
KAYNAKLAR	89

EKLER

92

ÖZGEÇMİŞ

100

KISALTMALAR

ÇYS	: Çevre Yönetim Sistemi
RCRA	: Kaynak ve Geri Kazanım Yasası
ARARs	: Uygulanabilir veya İlgili ve Uygun Talepler
USDOT	: Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Teşkilatı
USEPA	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
FSHA	: Federal Tehlikeli Madde Yasası
CERCLA	: Kapsamlı Çevresel Müdahale ve İyileştirme İçin Sorumlulukları Düzenleyen Yasa
CAA	: Temiz Hava Yasası
MSDS	: Malzeme Güvenlik Bilgi Formu
NFPA	: Ulusal Yangın Koruma Birliği
LD	: Ölümcül Doz
LC	: Ölümcül Konsantrasyon
OSHA	: İş ve İşçi Güvenliği ve Sağlığı Teşkilatı
ACGIH	: Amerika Devlet Endüstriyel Hıfzısıhha Konferansı
NIOSH	: Ulusal İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı Enstitüsü
PEL	: İzin Verilebilir Maruz Kalma Limiti
TLV	: Eşik Sınır Değer
TWA	: Zaman Ağırlıklı Ortalama
STEL	: Kısa Süreli Maruz Kalma Limiti
IDLH	: Yaşam ve Sağlık İçin Ani Tehlike Yaratıcı Konsantrasyon
CEL	: Tavan Maruz Kalma Limiti
REL	: Tavsiye Edilen Maruz Kalma Limiti
VOC	: Uçucu Organik Bileşik
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
FDA	: Gıda ve İlaç İdaresi
EC	: Avrupa Birliği Komisyon Yönetmeliği
TSCA	: Kimyasal Maddeler Kontrol Yasası

DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
INAQRA	: İç Ortam Hava Kalitesi Değeri
IR	: Soluma Hızı
I	: Vücuda Alınan Dozaj
ET	: Maruz Kalma Süresi
EF	: Maruz Kalma Sıklığı
ED	: Maruz Kalma Uzunluğu
BW	: Vücut Ağırlığı
OEL	: Mesleki Maruz Kalma Limiti

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1 Akut etkilere göre zehirlilik sınıfları (Spector, 1956).....	39
Tablo 3.2 Akut ve kronik etkiler arasındaki farklar.....	31
Tablo 3.3 Toksisite derecelendirmesi (Manahan, 1993).....	37
Tablo 3.4 İnhalasyon ile alınan VOC'lere ait toksik etkiler (Rafson, 1998)...	42
Tablo 3.5 Seçilmiş maddeler için charcoal tüp kullanım rehberi (Carson ve Mumford, 1994).....	44
Tablo 3.6 Hava kirleticileri için numuneleme tekniklerinin seçilmiş örnekleri (Carson ve Mumford, 1994).....	45
Tablo 4.1 İlaçların sınıflandırılması (dpt, 2001).....	53
Tablo 4.2 İlaç dozaj formları (akgün, 2001).....	55
Tablo 4.3 İNAQRA ₂ 'ye göre tavsiye edilen LC ₅₀ / PEL değerleri.....	62
Tablo 4.4 İnaqra ₁ için derecelendirme sınıfları.....	63
Tablo 4.5 Kimyasallar listesi.....	64
Tablo 4.6 Kimyasallara ait maruziyet limitleri.....	65
Tablo 4.7 Farklı sıcaklıklarda asetik asit için İNAQRA değerleri.....	66
Tablo 4.8 Farklı sıcaklıklarda aseton için İNAQRA değerleri.....	67
Tablo 4.9 Farklı sıcaklıklarda asetonitril için İNAQRA değerleri.....	68
Tablo 4.10 Farklı sıcaklıklarda diklorometan için İNAQRA değerleri.....	69
Tablo 4.11 Farklı sıcaklıklarda etanol için İNAQRA değerleri.....	70
Tablo 4.12 Farklı sıcaklıklarda izopropil alkol için İNAQRA değerleri.....	71
Tablo 4.13 Farklı sıcaklıklarda kloroform için İNAQRA değerleri.....	72
Tablo 4.14 Farklı sıcaklıklarda metanol için İNAQRA değerleri.....	73
Tablo 4.15 Farklı sıcaklıklarda n-hekzan için İNAQRA değerleri.....	74
Tablo 4.16 Farklı sıcaklıklarda nitrik asit için İNAQRA değerleri.....	75
Tablo 4.17 Filtre derecelendirme.....	80
Tablo 4.18 Risk değerlendirme.....	81
Tablo 4.19 Tehlikeli kimyasalların buhar basıncı-konsantrasyon-İNAQRA ₁ ilişkisi.....	85
Tablo 4.20 İNAQRA ₂ – LC ₅₀ / PEL karşılaştırmaları.....	85
Tablo A.1 Mesleki maruziyet sınır değerleri Ek – 1 / A.....	92
Tablo A.2 Mesleki maruziyet sınır değerleri Ek – 1 / B.....	92
Tablo A.3 Mesleki maruziyet sınır değerleri Ek – 1 / C.....	94
Tablo A.4 Mesleki maruziyet sınır değerleri Ek – 3.....	95
Tablo A.5 Organik buhar ve gazlar.....	95
Tablo A.6 Kanserojen kimyasallar.....	96

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Çevre sisteminin girdileri ve çıktıları (Talınlı, 1996).....	4
Şekil 2.2 : Kalite yönetimi sistem döngüsü.....	4
Şekil 2.3 : Atık, kaynak ve risk yönetimi arasındaki ilişki.....	5
Şekil 3.1 : İnsan sağlığı açısından risk değerlendirmesinin ana hatları (EPA,1998).....	11
Şekil 3.2 : Maruz kalma değerlendirme prosesi (Epa,1989).....	15
Şekil 3.3 : Risk değerlendirme yaklaşımı (Talınlı ve Karataşlı, 2001)	18
Şekil 3.4 : Toksik maddelerin vücuttaki önemli absorpsiyon, metabolik aktivite, bağlanma ve dışarı atılma yolları ve bölgeleri (Manahan, 1993).....	28
Şekil 3.5 : Doz-tepki eğrisi.....	35
Şekil 3.6 : İki maddenin doz-tepki eğrilerinin karşılaştırılması(Talınlı,1999)	37
Şekil 3.7 : Tepki seviyeleri (Sacarello, 1993).....	38
Şekil 3.8 : Seyreltme yapmadan numune alma (Artek, 2006).....	43
Şekil 4.1 : Karşılaştırmalı buhar basınçları- sıcaklık grafiği.....	75
Şekil 4.2 : Karşılaştırmalı konsantrasyon-sıcaklık grafiği.....	76
Şekil 4.3 : Karşılaştırmalı konsantrasyon-buhar basıncı grafiği.....	76
Şekil 4.4 : Asetik asit CA-P _{va} grafiği.....	77
Şekil 4.5 : Aseton CA-P _{va} grafiği.....	77
Şekil 4.6 : Asetonitril CA-P _{va} grafiği.....	77
Şekil 4.7 : Diklorometan CA-P _{va} grafiği.....	77
Şekil 4.8 : Etanol CA-P _{va} grafiği.....	77
Şekil 4.9 : İzopropil alkol CA-P _{va} grafiği.....	77
Şekil 4.10 : Cloroform CA-P _{va} grafiği.....	78
Şekil 4.11 : Metanol CA-P _{va} grafiği.....	78
Şekil 4.12 : N-hekzan CA-P _{va} grafiği.....	78
Şekil 4.13 : Nitrik asit CA-P _{va} grafiği.....	78
Şekil 4.14 : Karşılaştırmalı vücuda alınan dozaj-sıcaklık grafiği.....	79
Şekil 4.15 : Karşılaştırmalı vücuda alınan dozaj-buhar basıncı grafiği.....	79
Şekil 4.16 : Karşılaştırmalı INAQRA ₁ -sıcaklık grafiği.....	79
Şekil 4.17 : Karşılaştırmalı INAQRA ₂ -sıcaklık grafiği.....	80
Şekil B.1 : Katı preparatlar proses akım şemaları.....	97
Şekil B.2 : Sıvı preparatlar proses akım şemaları.....	98
Şekil B.3 : Yarı- katı ve sefalosporin preparatlar proses akım şemaları	99

İLAÇ ENDÜSTRİSİNDE İNSAN SAĞLIĞI AÇISINDAN TEHLİKELİ MADDELERİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Uçucu tehlikeli maddelerin endüstri alanlarında kullanılmaya başlanması; iç ortam hava kalitesini bozan ortam emisyonlarının oluşumunu beraberinde getirmektedir. Bu konu ile ilgili insan sağlığı açısından yaptırımları belirleyen uluslar arası ve ulusal standartlar, gelişen teknoloji ve yapılan araştırmalar doğrultusunda yenilenerek geliştirilmektedir.

Bu çalışmada iç ortam hava kalitesinde, ilaç endüstrisinde kullanılan uçucu tehlikeli maddelerin insan sağlığı açısından risk değerlendirilmesi için uygulamalı bir model kullanılıp, çıkan risklerin nasıl yönetilmesi gerektiği ve nasıl yönetildiği vurgulanmış, öneriler getirilmiştir. Risk değerlendirilmesinde kullanılan iki indeksten biri, uçucu tehlikeli maddelerin risk sınıflarını tespit ederek geliştirilmiş olan bir skala yardımıyla risklere karşı alınabilecek önlemleri; ikinci indeks ise bireysel uçucu tehlikeli maddenin % 50 ölümcül konsantrasyonu ile izin verilebilir maruz kalma limiti (PEL) arasında bir korelasyon aralığı belirleyip, literatürde bulunamayan ve yönetim politikasına bağlı olarak değişen PEL değerleri için kıyaslama şansı vermektedir. Bu çalışmayla aynı zamanda mevcut durumda kullanılan risk değerlendirmelerine kantitatif bir yaklaşım getirilerek insan sağlığı açısından risk yönetiminin ayrıntıları vurgulanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde; tezin kapsamı, anlam ve önemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde; çevre yönetim sistemi ana başlığı altında kaynak, atık ve risk yönetimleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; insan sağlığı açısından risk değerlendirmesinin ana kalemleri, tehlikeli maddelerin özellikleri, iç ortam hava kalitesi ve ülkemizdeki konu ile ilgili yasal mevzulardaki bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde; uygulamanın yapıldığı ilaç endüstrisi ve kullanılan model hakkında bilgiler verilip, seçilmiş olan bireysel uçucu tehlikeli maddeler için üretilen senaryolar üzerinde model kullanıp risk değerlendirmesi yapılmış, alınması gereken ve alınmış olan önlemlerin kıyaslanması gösterilmiştir.

Beşinci bölümde; elde edilen model çıktılarına göre yapılan risk değerlendirme sonuçları verilip, öneriler getirilmiştir.

HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT FOR HAZARDOUS SUBSTANCES IN PHARMCEUTICAL INDUSTRY

SUMMARY

The usage of volatile hazardous substances in industrial areas causes indoor air pollution. Relevant to this subject, the structure of the national and international standards and the management systems are developed and changed according to research and development in the technology and science.

In this study; a model, which assess the risk of the volatile hazardous substances in indoor areas in pharmaceutical industry for the human health, is used. The results are compared with the applied and suggested precautions. The model has two risk rates. One of the rates estimates risk degree of the volatile hazardous substance and classify the risk precautions of the substances. The second rate determines a correlation range between lethal concentration 50% and permissible exposure limits of the individual volatile hazardous substances. So that it brings a new approach to the lethal concentrations which is uncertain for humans and PEL values depended on the management policies. At the same time a new approach has been done quantitatively for the human health risk assessment in risk management systems.

First section of this study includes scope and importance of the study.

Waste, source and risk management methodologies are given under the headline of environmental management systems in the second section.

Third section of this study includes literature research results of human health risk assessment, properties of hazardous substances, indoor air quality and national regulations about the subject.

In forth section; technical information and modern approach about the applied model and the pharmaceutical industry is given. Scenarios are generated for the widely used volatile hazardous substances in pharmaceutical industry, risk assessments are made and the results are compared with the applied and suggested precautions.

In the final section, the results evaluated and suggestions are discussed.

1. GİRİŞ

Sanayileşmenin gelişmesi ile birlikte artan tehlikeli madde kullanımı ihtiyacı, çevre ve insan sağlığına zarar vermektedir. Tehlikeli maddelerin kullanımı, endüstri dışı taşınımlarında yaşanan riskler ve kazaların yanı sıra, endüstri içi kullanımlarında yaşanan riskler ve bu risklerin iyi yönetilmemesinden dolayı ortaya çıkan olumsuzlukları ve zararları beraberinde getirmektedir.

Bu anlamda tehlikeli maddelerin endüstrilerde kullanımı değerlendirilirken, iç ortam hava kalitesi açısından Türkiye'deki yasal mevzuatların bu konudaki eksiklikleri ile karşılaşılmaktadır. Hava kirliliği konusundaki yasal mevzuatlar dış ortam emisyonlarına ağırlık verilmiş olup, kimyasalın iç ortamda bulunması gereken konsantrasyon aralıkları insan sağlığı açısından izin verilebilir maruziyet limitleri olarak hepsi için ayrı ayrı verilmemiştir. İş yerlerinde maruziyet açısından tek risk tehlikeli kimyasalın dökülmesi değildir. Normal çalışma ortamında, çalışanlar kimyasallara çeşitli yollar ile maddeye ait akut ya da kronik etkilerine çok düşük derecelerde maruz kalabilirler.

İnsan sağlığı açısından risk değerlendirmelerinde maruziyet sınırlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Dünyada insan sağlığını korumak için uygulanan pek çok standart vardır. Zehirlilik açısından LC_{50} (% 50 ölümcül konsantrasyon) ve LD_{50} (% 50 ölümcül doz) değerlerine bakılırken maruziyet sınır değerlerinde çeşitli enstitülerinin yaklaşım metotları ve kabullerle belirlenen PEL (İzin verilebilir maruz kalma limiti) ve TLV (Eşik Sınır Değer) değerleri, teknolojinin gelişimine bağlı olarak geliştirilmeye devam edilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Çevre yönetim sistemi içerisinde yapılan kalitatif risk değerlendirmelerinde tehlikeli maddelerin maruziyet risklerinin önemi yeteri kadar vurgulanmamaktadır. Risk yönetimindeki bu eksiklik üzerinden yola çıkılarak tehlikeli maddelerin insan sağlığı

açısından risk değerlendirmesi için yapılmış olan model kullanılarak **(Yamantürk, 2001)** ortaya çıkan risklerin nasıl yönetilmesinin gerekliliği amaçlanmıştır.

İnsan sağlığı açısından risk değerlendirmesi yapılırken, insanlar için maruziyet limit değerleri, maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanılmıştır. Belirlenen risk ve istenilmeyen etkilere göre risk yönetim politikaları belirlenebileceği amaçlanmıştır.

Bu alışma kapsamında evre yönetim sisteminin genel özelliklerine değinilerek, risk yönetimi altında insan sağlığı açısından risk değerlendirmesinin nasıl olması gerektiği vurgulanmıştır. İlaç endüstrisinde kullanılan uçucu tehlikeli kimyasal maddelerin iç ortam havasında insan sağlığı açısından risk değerlendirmesi için kullanılan modelin açıklamaları verilip, risk tablolarında çıkan sonuçlar gereği alınması gereken önlemler ve uygulamanın yapıldığı ilaç fabrikasındaki alınmış olan risk önlemleri kıyaslanmış, öneriler getirilmiştir.

2. ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ

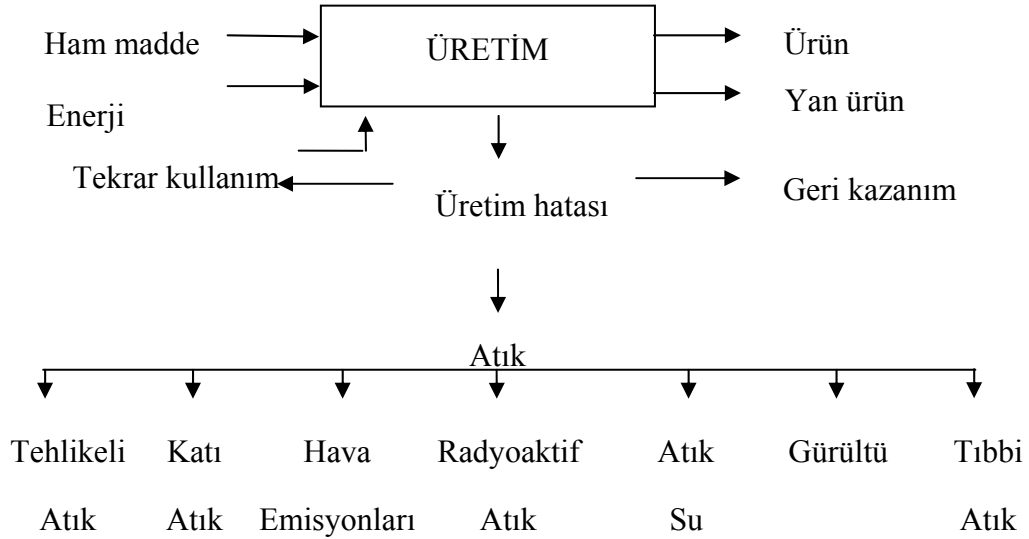
Çevre kirliliği, 50'li yıllara kadar sanayileşmenin önlenemez bir sonucu olarak kabul edilmekteydi. Bu yılları takiben botanikçi ve biyologlar sanayilerin çevre üzerindeki bu olumsuz etkilerini eleştirmeye başlamışlardır. Giderek artan büyük çevre felaketlerine neden olan kazalar, ülkelerin çevreyi kurtarmak adına yasa ve standartlar çıkarmasına neden olmuştur. Bu koruma gayretleri sadece bir etki-tepki biçiminde gelişmiş ve bir yönetim stratejisi olarak koordineli bir şekilde yaklaşılmamıştır. Sorunlar çıktıkça çözülmüştür.

Hızlı nüfus artışı ve sanayileşme; doğal kaynakların tükenmesini, atıkların artmasını, ozon tabakasının incelmesini, sera etkisi nedeniyle küresel ısınmayı, iklim dengesizliğini, doğal ortamların yok olmasını, zehirli atıkları, insan sağlığına olan etkileri beraberinde getirmektedir.

Çevre sorunlarının ortaya çıkmasında veya kirliliklerin kökeninde doğada var olan kaynakların verimli kullanılmayışı yatmaktadır. Daha yüksek bir refah düzeyine ulaşılması için bilinçsizce kullanılan kaynaklar dinamik süreç içerisinde hızla yok olmaktadır. Sözü edilen dinamik süreç, sanayi ürünleri için hammadde aranması, çıkarılması, tüketiciler tarafından bu ürünlerin kullanılması veya atılması boyunca devam etmektedir.

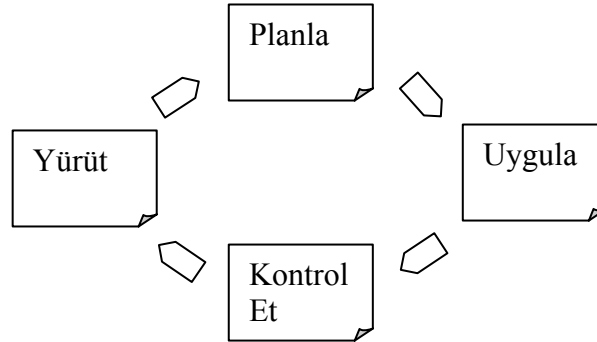
Bu anlamda geliştirilen kalite kavramı sadece aktivitelerin yönetimi değil aynı zamanda çevre sistemlerine olan ters etkileri kontrol etmeyi de amaçlar. Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS); sistemin tüm bileşenlerini değerlendirerek çevre sistemlere ters etkileri azaltmayı amaçlayan bir yönetim şeklidir. Sistemin amacı; kaynakların daha iyi kullanılması, atık oluşumunun tesis içinde azaltılması, insan sağlığı ve çevrenin korunması amacıyla faaliyetlerin çevresel etkilerini en aza indireyecek teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanmasını sağlamaktır.

ÇYS; kuruluşların faaliyet, ürün ve hizmetlerinin doğasına, büyüklüğüne ve karmaşıklığına bağlı olarak farklılıklar gösterir. Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi girdileri ve çıktılarıyla, prosesi tamamıyla dikkate alarak yönetir.



Şekil 2.1: Çevre sisteminin girdileri ve çıktıları (Talınlı, 1996)

Çoğu yönetim sistemi sürekli bir döngü içerisinde proses ve faaliyetleri meslek ve çevresel amaçların organizasyonu için planlar, uygulamalar, yeniden gözden geçirir ve iyileştirir. Şekil 2.2’ de bu döngü görülmektedir.

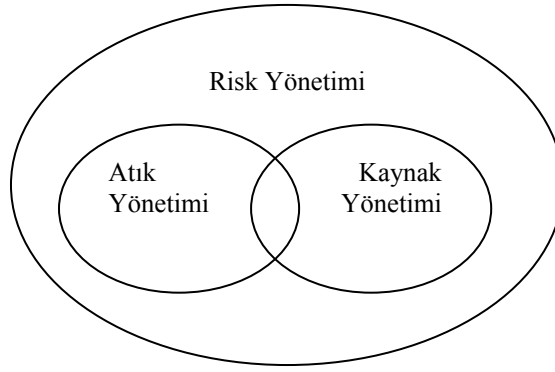


Şekil 2.2: Kalite yönetimi sistem döngüsü

Planlama; sistem açısından amaçların belirlenmesi, mevcut durumların analiz edilmesi, hedeflerin belirlenmesi, değerlendirme metotlarının belirlenmesi ve detaylı uygulama planının hazırlanması öğelerini içerir. Uygulama aşamasında; uygulama planına göre kontrol önlemleri seçilir ve uygulanır ve sonrasında faaliyet planları izlenir ve gerçekleştirilir. Kontrol mekanizmasında; uygulamaların hedeflere ulaşp ulaşmadığı ve olası sapmaların tespiti yapılır. Son olarak yürütme kısmında ise

kalıcı bir denetleme sistemiyle, etkili önlemlerin standartlaşmasıyla, gerekli eğitim ve yönlendirmelerin sağlanmasıyla önlemler alınır, yürütme işlemi gerçekleştirilir.

Tüm bu adımları gerçekleştirirken ÇYS; 3 ana başlık altında toplanır: atık yönetimi, kaynak yönetimi ve risk yönetimi. Yönetim türlerinin birbirleri arasındaki ilişkisi Şekil 2.3’ de belirtilmiştir. Temelde kaynakta yapılan önlemler atıkları da etkileyeceğinden, atık ve kaynak yönetimi önemli bir bağlantı içindedir. Riskler; hem kaynaklarda hem de atıklarda olduğundan risk yönetimi kaynak ve atık yönetimini de kapsamaktır.



Şekil 2.3: Atık, kaynak ve risk yönetimi arasındaki ilişki

2.1 Kaynak Yönetimi

Kaynakların yönetimiyle atıkların yönetimi arasında önemli bir ilişki vardır. Çevre kaynaklarının iyi yönetimi ve korunması kaynağın üründen atığa dönüşen miktarını azaltır. Kaynak ekolojik sistemin canlı ve cansız bileşenleridir ve bunun başında insan kaynağı gelir. Amerika Birleşik Devletleri’nde kaynak ve geri kazanım yasası (RCRA) adı altında bir yönetim biçimi vardır ve bu çevre mevzuatında en önde gelen yasalardan biridir (Talınlı, 1996). Endüstri için toplu yönetim kavramında belirtildiği gibi esas girdiler hammadde ve enerjidir. Cansız olan bu kaynaklar;

- Yenilenebilir kaynaklar; miktarı ile kullanım sonrası bir döngü ile tekrar kaynak haline gelebilen kaynaklardır.
- Yenilemez kaynaklar; ekosistemin kullanımdan sonra yerine koyamadığı kaynaklardır (maden, petrol, fosil yakıtlar, kömür vb.)

Canlı kaynağın en önemli ögesi insandır ve doğal olarak insan gücü de bir kaynaktır. Çevre yönetiminde kaynakları yönetmek atık yönetiminden önce gelmektedir ve

endüstriler için ekonomik ve uygun yönetim şekli kaynakların yönetimi ile başlamaktadır (Talınlı, 1996).

Kaynakların yönetimi ile çevre koruma arasındaki mekanizmalar şöyledir;

- Hammadde kullanımında atık kirlenme yükü azaltan önlemler
- Enerji tasarrufu-atıksız enerji kullanımı
- Atık azaltan, yan ürün oluşturmeyen teknoloji seçimi
- Tesis içi proses düzenlenmesi ile atık minimizasyonu
- Ürün dağılımı ve üretim sonrası sorumluluk
- Çevre dostu ürün üretimi
- Kazalar, işçi sağlığı ve iş güvenliği
- Çevre eğitimi
- Estetik, ergonomik ve reaktif çevre
- Çevre izleme ve denetim sistemi

2.2 Atık Yönetimi

Atık yönetimi; ürün ambalajının tasarımından, üretim proseslerinde oluşan atıklara, hatta tüketiciye ulaşmış olan ürünlerin kullanım sırasında ve sonrasında oluşturabileceği çevre kirliliğine dek pek çok aşamayı kapsamaktadır.

Şekil 2.1' de görüldüğü gibi imalat sonrası ürün ve yan ürün dışı üretim hatası çıktılarından bir bölümü tekrar kullanılır, bir bölümü geri kazanılır. Hiçbir işe yaramayan çıktılar, sistemden tamamen uzaklaştırmak istediğimiz çıktılar ise atıklardır. Bunlar;

- Atık su
- Katı atık
- Emisyonlar
- Tehlikeli atıklar
- Gürültü
- Tıbbi atıklar
- Radyoaktif atıklardır.

Atık yönetiminde genel olarak şu prensipler uygulanır:

Azaltma: Atık yönetiminin ilk olarak ele alınması gereken en önemli konu, atık miktarının ve çevreye verilen zararların en aza indirilmesidir. Atık azaltma, ürün ve ambalajın tasarımı aşamasından başlamalıdır. Ürünün şekilsel tasarımı ve malzeme seçimi konularında gösterilecek özen, atıkların oluşturacağı kirliliğin tehdit edici boyutlara ulaşmasını engelleyecektir.

Yeniden Kullanım: Atık yönetimin ikinci adımı, ürün kullanıldıktan sonra herhangi bir yapısal dönüştürme işlemine tabi tutulmaksızın, aynı veya farklı amaçlarla yeniden kullanımıdır. Bu ilke hem atıkların azaltılması hem de üretim girdilerinin tasarrufu hedeflerini karşılamaktadır.

Geri Dönüşüm: Ürünün kullanıldıktan sonra kimyasal veya fiziksel dönüştürme işlemlerine tabi tutularak yeni bir ürün haline getirilmesidir. Böylece atıklar azaltılırken, yeni üretim prosesi için önemli bir hammadde kaynağı sağlanmış olur. Örneğin, kırık cam şişelerinin eritilerek hammadde haline getirilmesi bir geri dönüşüm işlemidir.

Geri Kazanım: yeniden kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsamakta olup, katı atıklardan yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir. Örneğin yakma, piroliz, kompostlaştırma gibi işlemler geri kazanım prosesleridir (Banar, 2003).

Atık Bertarafı: Yukarıdaki ilkelerle çözülemeyen atık için uygulanacak bir yöntemdir. Atıkların yakılarak ya da bir takım kimyasal veya biyolojik arıtma işlemlerine tabi tutularak çevreye tamamıyla zararsız veya en az zarar verecek hale getirilmesidir. Bu yöneme son çare olarak başvurulmalıdır.

2.3 Risk Yönetimi

ÇYS' nin en geniş alt birimi risk yönetimidir. Risk yönetimi, tüm tehlikeler ve riskler tanımlandığında kaynakları ve atıkları da kapsadığı görülmektedir. Sistemdeki tüm tehlikeler, riskler için risk analizi ve akabinde risk değerlendirmesi yapılır. Bu değerlendirme yapılırken çeşitli metotlar kullanılabilir, değerlendirme

sonucu ortaya çıkan anlamlı riskler bir önem sırasına konur ve yapılan aksiyon planları ile gerekli önlemler alınarak, riskler yönetilmiş olur.

Risk yönetiminde potansiyel tehlikeleri göz önüne alan ve tehlikenin zarara dönüşmesi halinde zarar minimizasyonu sağlayacak önlemler vardır. Endüstride madde, enerji ve insan kaynağı i içedir ve tehlikeli madde, enerjinin kontrolsüz kalması gibi nedenlerle canlı ve cansız evre zarar görebilir. Endüstride bu potansiyel tehlikeyi hem dışa karşı hem de içinde tamponlayacak önlem planları olmalıdır. İş ve işçi güvenliği bunlardan ilkidir. İşçi sağlığı ve iş kazaları konusunda düzenli istatistikler ve önlemler hazır tutulmalıdır. Yangın tehlikeleri, patlama, zehirli gaz yayılması, mekanik kazalar potansiyel tehlike iken tespit edilmeli ve çevreyi uyaracak bilinçlendirme yapılmalıdır. Acil nlem planları ve uzmanları bulundurulmalıdır.

Risk yönetimi içerisinde var olan risk analizleri ve risk değerlendirmeleri ile ilgili bilgilere Bölüm 3’de genişçe yer verilmiştir.

3. ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ

3.1 Giriş

Risk her zaman ölçülebilir olmayabilir, nümerik bir değer ile ifadesi de çoğu zaman zordur. Ancak riskin değerlendirilmesi mümkündür ve bazı ölçümler ile olasılıklar ortaya konulabilir. Risk insan sağlığı açısından değerlendirilecek ise iki noktadan yaklaşılması gerekmektedir. Zehirlilik ve maruz kalma değerlendirmelerinin bir araya getirilmesi ile risk değerlendirmesine ulaşılmış olur. Konu Bölüm 3.3 içerisinde ayrıntılı olarak aktarılmaktadır.

3.2 Tanımlar

3.2.1 Risk

Bir madde, bir olayın veya bir yapının belirli koşullar altında ortaya çıkarabileceği olumsuzluğun olasılığıdır. Riskin iki bileşeni vardır; olumsuz bir olayın meydana gelme olasılığı ve olumsuz olayın sonuçları (Talınlı, 1999).

Risk çevrede veya insan sağlığı üzerindeki etkileri kapsar ve korunmasız olma ve işi şansa bırakma ile ortaya çıkar. Eğer bir istenmeyen madde veya duruma maruz kalınmaz ise risk oluşmaz veya riskten söz edilmez. Tehlike ise kötü veya karmaşık bir etki potansiyeline sahip madde veya durum ile saptanır. Çevre mühendisliği açısından bakıldığında risk insan yaşamına, sağlığına veya çevreye istenmeyen, olumsuz etkilerin gerçekleşme potansiyelidir.

Risk analizi: Risk değerlendirme, risk takdiri ve risk yönetim seçeneklerini içeren detaylı bir incelemedir. Bu inceleme insan sağlığı, yaşamı ve çevreye olan istenmeyen sonuçları ortaya çıkarmak için yapılır. İstenmeyen etkilerle karşılaşıldığında bilgi sağlamaya yarayan analitik bir procestir ve bu proceste

tanımlanmış riskler için olasılıklar ve beklenmeyen sonuçların sayısal değerlendirmesi yapılır.

Risk değerlendirme: Birey, grup, toplum veya çevre için kabul edilebilir bir risk seviyesini ortaya koyan bilgi oluşturma sürecidir.

Risk takdiri: Riskin kabul edilebilirlik ve önemi hakkındaki kararın verildiği risk değerlendirme bileşenidir.

Risk belirleme: Var olan bir tehlikeyi ve tehlikenin özelliklerini saptamaya çalışmasını ortaya koymaktır. İstenmeyen sonuçların göz önüne alınmasından önce bile sıklıkla karşılaşılan ve hatta ölçülebilen belirli risklerdir. Aksi durumlarda ise, beklenen, mümkün tehlikeleri dikkatli gözden geçirmeyi gerektiren bir işlemdir.

Karşılaştırmalı risk: Aynı amaca yönelik iki veya daha fazla eylemin risklerinin sayısal bir oranla veya nitel olarak (büyüktür, küçüktür gibi) belirtilmesidir. Ortak bir skala üzerinde iki veya daha fazla risk arasında mukayese yapılır.

Maruz kalma: Bir organizmanın fiziksel veya kimyasal bir madde ile temas etmesidir.

3.2.2 Tehlike

Mevcut bir organizma veya yapıya zarar vermek gibi istenmeyen sonuç doğuracak potansiyele sahip durumdur.

Tehlike değerlendirmesi: Tehlikenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin analiz ile yorumlanması ve takdiridir.

Tehlike belirlenmesi: Sağlık koşullarında bozulmaya neden olabilen bir maddeye maruz kalınıp kalınmadığının saptanma sürecidir.

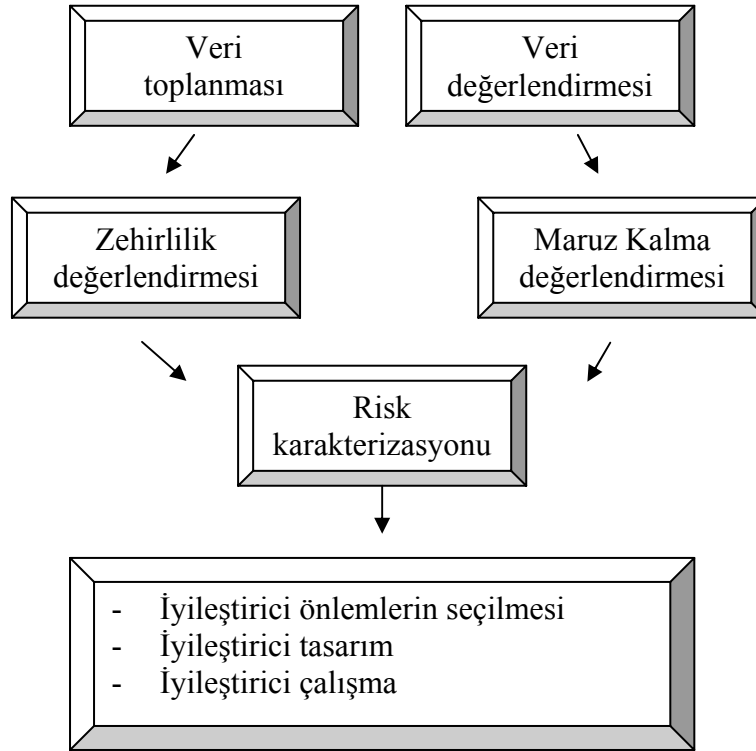
Rölatif tehlike: Tehlikeye maruz kalmanın göreceliği olup, alınan önlemlere bağlı olarak büyük veya küçük olabilir.

3.2.3 Zarar

Tehlikenin kontrol edilememesi durumunda ortaya çıkan fiziksel, fonksiyonel veya maddi ziyan durumudur.

3.3 İnsan Sağlığı Açısından Risk Değerlendirmesinin Ana Hatları

Risk değerlendirme maddelerin kullanım alanlarına özeldir bu yüzden yapılacak olan kantitatif ve kalitatif analizlerin detay ve kapsamı sahanın karmaşıklığına ve özel şartlara olduğu kadar uygulanabilir veya ilgili ve uygun talepler ve diğer kriterler (ARARs) ve rehberlerin mevcudiyetine bağlı olarak çok çeşitlilik gösterebilir. Başlangıç planlaması yapıldıktan sonra risk değerlendirme prosesi 4 adımdan oluşur: veri toplanması, analiz ve değerlendirme; maruz kalma değerlendirme; zehirlilik değerlendirme; risk değerlendirme (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: İnsan sağlığı açısından risk değerlendirmesinin ana hatları (EPA,1989)

3.3.1 Veri Toplaması ve Değerlendirmesi

Risk değerlendirme yapmak için odaklanılan alanda bulunan maddelerin tanımlanması ve insan sağlığı değerlendirme ile ilişkili alan verilerinin derlenmesi ve analizini içeren adımdır.

Veri toplanması içinde yapılması gerekenler 6 kısımdan oluşur.

1. Mevcut verilerin gözden geçirilmesi: Maruz kalınan noktalar ve maruz kalma yolları gibi bilgilerin derlenmesidir. Bu bilgiler alanın tam olarak karakterize edilmesini sağlamaz.
2. İhtiyaç duyulan modelleme parametrelerinin belirlenmesi: Kirlenici açığa çıkması, taşımacılık ve ortaya çıkacak sonuç (kader) modellerinden herhangi birinin geliştirilebilmesi için öncelikle modelin gerekli girdi verilerini belirleyecek ve böylece gerekli veri toplanmasını sağlayacak bir modelleme stratejisi belirlenmelidir.
3. Arka plan verilerinin toplanması: Arka plana ait veriler çalışma alanıyla ilgili kirlilikle, doğal olarak ortamda bulunan veya çalışma sahasından kaynaklanmayan kimyasalların seviyelerinin ayırt edilmesini sağlar.
4. İnsanın maruz kalabilme potansiyelinin ilk tanımı: Ortamın, ortamda bulunması beklenen kimyasalların çeşidinin, kirlenicinin çevreye potansiyel giriş yollarının (besin zinciri gibi) tanımlanması ile gerçekleşir. Numuneleme ve analiz planının oluşturulmasında büyük rol oynar.
5. Numune alımı ile ilgili genel stratejisinin geliştirilmesi: Yetersiz numuneleme sayısal bir risk değerlendirmesinde elde edilen analiz değerlerini tamamen kullanılmaz kılar. Dolayısıyla numunenin ölçüsüne, numunenin türüne (grab veya kompozit) karar verilmesi; numune alınacak yerin belirlenmesi; zamansal ve meteorolojik faktörlerin, numuneleme için gereken zaman ve yapılacak masrafin göz önüne alınması gerekmektedir.
6. Kalite garantisi/kalite kontrolü ölçülerinin denetlenmesi: Yapılan veri toplama çalışmasının bu açıdan denetlenebilmesi için öncelikle çalışmanın amacını, numune alma prosedürünü ve analitik stratejileri içeren numuneleme protokolü hazırlanmalıdır. Numune alma taşıma, koruma ve transfer aygıtları herhangi bir nedenle herhangi bir aşamada numunenin özelliklerinin bozulmasına neden olmayacak şekilde seçilmelidir. Saha ve yol için şahit numuneler gibi kalite

kontrol numuneleri alınmalıdır. Numunelenen ortamın özelliklerinin bozunmayacağı numune alma prosedürleri belirlenmelidir ve son olarak her numunenin laboratuara ulaşınca kadar aynı karakterde kalması sağlanmalıdır.

Derlenen verilerin değerlendirilmesi veri toplanmasından bağımsız tartışılmaz. Veri değerlendirmesi içinde yapılması gerekenler 7 kısımda özetlenebilir.

1. Saha araştırmalarından toplanan verilerin birleştirilmesi: Farklı numune alma periyotlarından ve alanda varsa alınmış olan iyileştirici önlemlerden gelen değişik analitik metotlara dayalı olabilen verilerin bir araya getirilmesidir. Veriler hava, su, toprak ortamlarından gelmiş olmalarına göre ayrılırlar. Örneğin farklı zaman periyotlarından veriler konsantrasyonların aynı olup olmadığı veya zamana bağlı olarak değişim gösterip göstermediğine dair değerlendirilirler. Eğer konsantrasyonlar arasında büyük farklar var ise verinin ayrı tutulması ve riskin ayrı değerlendirilmesi yerinde olabilir.
2. Analitik metotların değerlendirilmesi: Hangi analitik metot sonuçlarının nümerik risk değerlendirmesinde kullanılmasının uygun olduğunun tespitine rehberlik eden analiz türlerine göre veri gruplarıdır. Bu karar çoğunlukla yerel veya yönetici kadro tarafından varılmış olur.
3. Miktar ve tespit limitlerinin değerlendirilmesi: Tespit etme limiti bir maddenin bir analitik enstrüman veya metot tarafından belirlenebileceği en düşük miktardır. Bu limitin altında bulunan maddeler güvenilir olarak veya hiç tespit edilemez. Miktar limiti ise güvenilir ölçüm yapılabilecek en düşük numune miktarıdır. Bu değerlendirme ortamda bulunan kimyasallar için belirlenen limitlerdir, bazı numunelerin yeniden analiz edilmesine, önceden tahmin edilen konsantrasyonların kullanılmasına ve/veya önceden tespit edilmiş belirli kimyasalların ileride değerlendirmelerden hariç tutulmasına yönlendirebilir.
4. Tanımlanmış ve kodlanmış verilerin değerlendirmesi: Tüm maddeler risk değerlendirmesinde kullanılmadan önce çeşitli simgelerle kodlanmalıdır. Bu kodlar maddenin kimliğini ve/veya kimyasalın konsantrasyonunu belirtmesini ve böylece kalite güvenliği/kalite kontrolü problemlerinin engellenmesini sağlar.
5. Şahitlerin değerlendirilmesi: Şahit numunelerden elde edilen sonuçlar bir numune setine ya çalışma sahasında numune alınırken veya laboratuara taşınım sırasında giren veya laboratuarda numune hazırlanırken kontamine olan maddelerin miktarının tespitini sağlar. Bu sonuçlar numunelerden elde edilen

sonuçlarla kıyaslanmalı ve girişimlerin risk değerlendirmesine getirecekleri hata engellenmelidir.

6. Arka plan ile alan verilerinin kıyaslanması: Arka plan kaynaklanan konsantrasyonlar ile numunelerde tespit edilen konsantrasyonların kıyaslanması (iki veri setinin geometrik ortalamasının kıyaslanması gibi) çalışma alanıyla ilişkisi olmayan konsantrasyonların tespiti için tanımlanması için kullanışlıdır. Eğer arka planın yarattığı riski dikkate değer görülüyorsa ayrıca hesaplama yapılmalıdır. Çoğunlukla böyle bir risk söz konusu olmaz.
7. Risk değerlendirmesinde kullanılacak bir kimyasal veri ve bilgi seti geliştirilmesi: Verilerin değerlendirmesi tamamlandıktan sonra alındıkları kaynağa göre (hava, su, toprak) maruz kalma konsantrasyonlarının tahmin edilmesinde kullanılabilecek numunelerin bir listesi hazırlanmalı; ayrıca risk değerlendirmesinde potansiyel olarak göz önüne alınması gereken kimyasalların bir listesi hazırlanmalıdır. Bu liste şahit numunelerde belirlenen seviyelerin üzerindeki seviyelerde olan, doğal olarak bulundukları seviyenin üzerinde bulunan, mevcut olduğu kanıtlanmış kimyasalların transformasyon ürünleri olan maddeleri içermelidir. Numunelerde tespit edilmediği halde ortamda bulunma olasılığı olan maddelerden eğer tespit limitinde risk gösterme olasılığı var ise risk değerlendirmesine dâhil edilebilir.

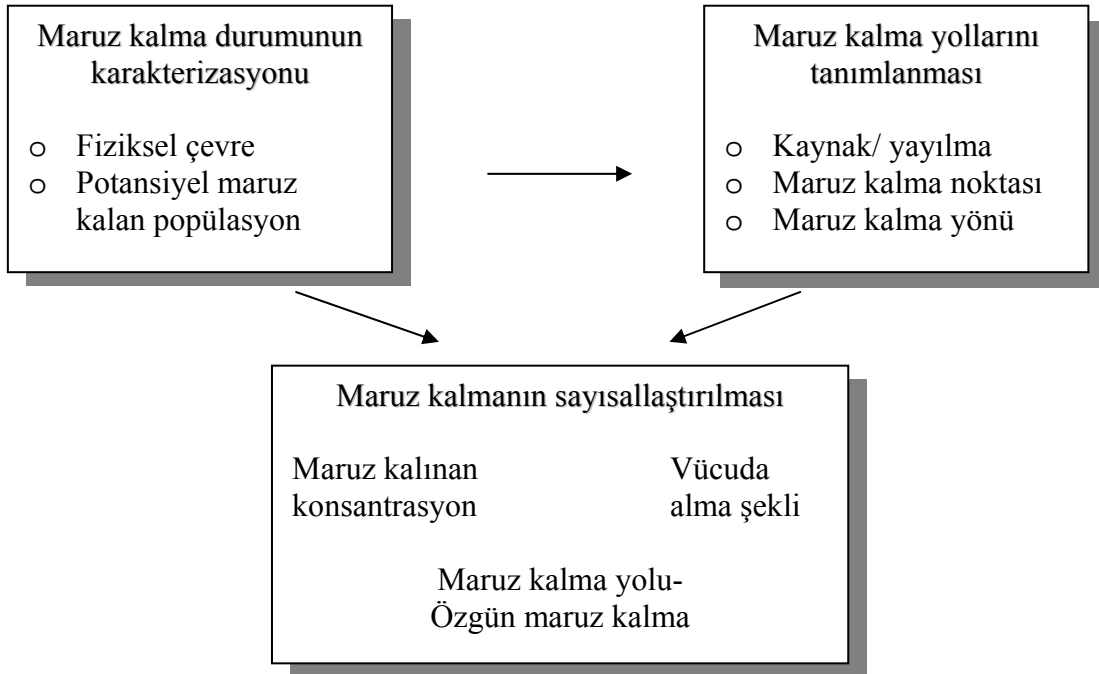
Tüm bu aşamalardan sonra hala yüksek sayıda değerlendirmeye alınması gereken maddeye ulaşılmışsa geçmişe ait bilgilere, maddenin konsantrasyonuna, taşınım şekli, zehirlilik, dirençliliği, biyoakümülyasyon, artılabilirlik özelliklerine, maruz kalınma yollarına başvurularak sayı azaltılmaya çalışılabilir.

3.3.2 Maruz Kalma Değerlendirmesi

Maruz kalma değerlendirmesi ile insanın potansiyel olarak veya gerçekten maruz kaldığı durumun şiddeti ve seviyesi, maruz kalmanın sıklığı ve süresi ve insanın potansiyel olarak maruz kalma yollarının tahmin edilmesi amaçlanır. Değerlendirme sonucunda hem bugün, hem de ilerideki maruz kalma durumunu için maruz kalma yoluna özel vücuda alınan dozlar her bireysel madde için tahmin etmelidir. Böylece karar verici kimseler hem bugün, hem de gelecek için gerekli önlemleri tespit edebilirler. Maruz kalma değerlendirmesi adımları aşağıdaki akım şeması ile verilebilir (Şekil 3.2).

Maruz Kalma durumunun karakterizasyonu çalışma alanının genel fiziksel özellikleri göz önüne alınarak ortaya konmalı; klima, meteoroloji, bitki örtüsü, toprak yapısı, yeraltı suyu hidrolojisi, yüzeysel suların konumlarına ait detaylar bu adım içerisinde belirtilmelidir. Potansiyel olarak maruz kalabilecek popülasyon tespit edilmesi de bu adımın bir parçasıdır. Bunun için alan kullanımlarına da (yerleşim, endüstriyel v.s.) dikkat edilmesi gerekir.

Maruz kalma yolu bir kimyasal veya fiziksel maddenin kaynağından maruz kalan bireye ulaşırken takip ettiği seyirdir. **Maruz kalma yollarının tanımlanması** kaynak, konum ve popülasyonun bulunduğu yere bağlı olarak çevreye bırakılanların türü arasındaki bağlantıyı kurar. Öncelikle kirletici kaynağı tanımlanmalı ve alıcı



Şekil 3.2: Maruz kalma değerlendirme prosesi (EPA,1989)

ortam belirlenmelidir. Buna göre maddenin alıcı ortamdaki kaderi ve taşınım şekli tespit edilebilir. Difüzyon, maddenin yarı ömrü, çözünürlük, Henry sabiti, akümülayon büyüklüğünü tespit eden biyokonsantrasyon faktörü, buhar basıncı maddenin çevresel kaderini belirleyen önemli fiziksel ve kimyasal parametrelerdir. Alıcı ortam ile kurulan temas sonucu hangi noktalarda tehlikeli maddeye maruz kalındığı belirlenmeli ve tüm bu bilgiler beraber değerlendirilmelidir.

Maruz kalmanın sayısallaştırılması adımı belirlenen maruz kalma yolları ve popülasyon için maruz kalma süresi, sıklığı ve şiddeti nümerik olarak ifade edilir.

Öncelikle maruz kalınan konsantrasyonlar tahmin edilir, sonrasında bu konsantrasyonlara bağlı olarak maruz kalma yollarının her birinden vücuda alınan miktar belirlenir. Tahmin edilen konsantrasyonların kesinliği olmamasından dolayı aritmetik ortalamanın güvenli limitler (örneğin ortalamanın %95'i) içerisinde kalan kısmı maruz kalınan konsantrasyon olarak kabul edilir ve bu değerin hesaplanması için istatistiksel metotlar kullanılır. Eğer tehlikeli maddeye doğrudan maruz kalınıyorsa tüm bu işlemlere gerek kalmadan izleme verileri konsantrasyonun belirlenmesinde kullanılabilir.

3.3.3 Zehirlilik Değerlendirmesi

Zehirlilik değerlendirmesinde maruz kalma ile ortaya çıkan istenmeyen sağlık etkilerinin türü, istenmeyen etkiler ile maruz kalmanın şiddeti arasındaki ilişki, bireysel tehlikeli maddenin insan vücudunda kanserojen etki gösterdiği miktar gibi ilgili belirsizlikler göz önüne alınır. Öncelikle tehlikenin tanımlanması, yani maruz kalınacak maddenin istenmeyen sağlık etkilerini ortaya çıkmasına veya artmasına neden olup olamayacağına karar verilmesi gerekir. Daha sonra doz-tepki değerlendirilmesi yapılmalıdır. Bu değerlendirme zehirlilik bilgilerinin sayısal olarak değerlendirilmesi ve maruz kalan popülasyon üzerinde oluşabilecek istenmeyen sağlık etkileri ile alınan kirlenici dozunun arasındaki ilişkinin belirlenmesinden oluşan prosestir. Doz-tepki ilişkisinin tespit edilmesi ile farklı maruz kalma seviyelerinde insanda ortaya çıkabilecek istenmeyen sağlık etkilerinin yaratacağı zararın tahmin edilebileceği zehirlilik değerleri türetilir.

3.3.4 Risk Karakterizasyonu

Risk karakterizasyonu riski hem nümerik ifadelerle ve hem de nicel beyanlarla karakterize etmek için maruz kalma ve zehirlilik değerlendirmesi sonuçlarını birleştirir. Karakterizasyon esnasında bireysel maddenin zehirlilik bilgileri hem ölçülen maruz kalma seviyeleri hem de taşıyım ve maddenin çevresel kaderi ile bulunma potansiyel olduğu tahmin edilen seviyeler kıyaslanır.

Riski sayısallaştırılırken öncelikle bireysel maddelerin kanserojen ve kanserojen olmayan etkileri için risk değerleri hesaplanmalıdır. Bir sonraki adımda birden fazla maddenin bir arada göstereceği kanserojen ve kanserojen olmayan etkilerin yarattığı

risk hesaplanmalıdır. Tehlikeli maddeler bölümünde anlatıldığı üzere bireysel maddenin başka madde veya maddeler ile yaratacağı etki tek başına yaratacağı etkiden daha yüksek veya daha alçak olabilir.

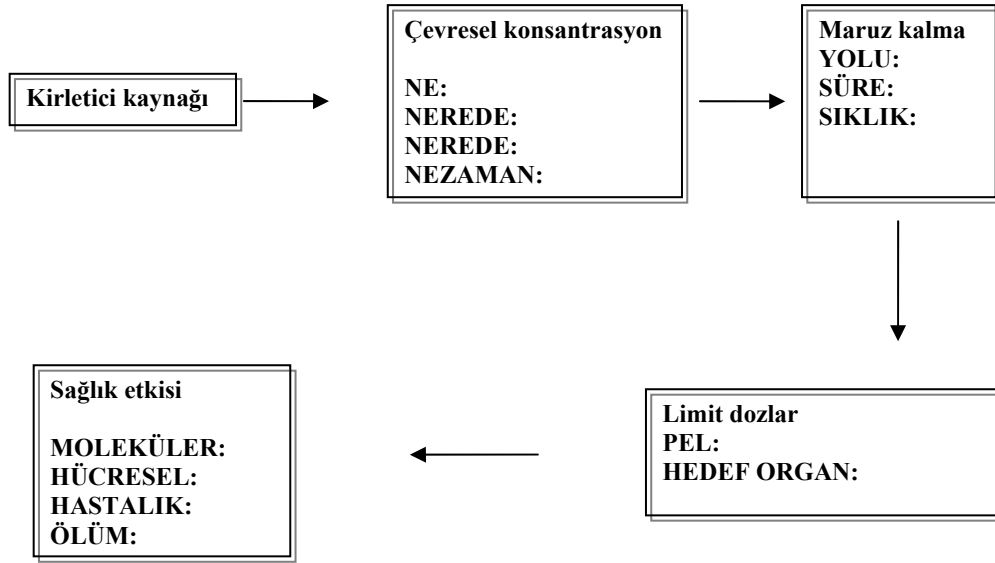
Tehlikeli maddelerin için riskler sayısallaştırıldıktan sonra maruz kalma yollarına göre gelen riskleri birleştirilmelidir.

Belirsizliği değerlendirilmesi ve tanıtılması sonuca doğru atılan bir diğer adımdır. Veri eksiklikleri veya riskin ihmal edilmesi gibi sebeplerle sayısal riske dâhil edilmeyen maddeler, değerlendirmeye katılmayan maruz kalma yolları, bugün ve gelecek için alan kullanımları hakkında neden değerlendirmeye alınmadıklarına dair kısa açıklamalarda bulunulması gerekir. Risk değerlendirmesini etkileyen anahtar parametrelerin tanımlanabilmesi için de belirsiz parametre değerlerinin karakterize edilmesi gerekmektedir.

Risk değerlendirmesi çalışması sonucunda belirlenen riske göre gerekli iyileştirici önlemler belirlenebilir. Verilen karar çerçevesinde iyileştirici çalışma ve tasarımlara yönelinir.

Etki değerlendirmesi çalışmalarında da belirlenen risk değerinin önemi büyüktür. Fayda-maliyet analizi olmayan etki değerlendirmesinin sonucu ancak bir faaliyetin bir ekosistem içerisinde belirli bir sürede kabul edilebilir bir etki ile işlevini tamamlayacak ise olumlu olmalıdır. Kurulma aşamasında mevcut veriler ve benzer çalışmalara dayanarak tahmin edilecek risk değeri karar aşamasında önemli bir rol üstlenecektir.

Yukarıda anlatılan insan sağlığı açısından risk değerlendirmesini adımları Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Risk değerlendirme yaklaşımı (Talınlı ve Karataşlı, 2001)

3.4 Tehlikeli Maddeler

ABD’de gerçekleştirilen federal araştırmalara göre 5–6 milyon kimyasal madde ve formülasyon olduğu ve bunların 33000–66000 kadarının tehlikeli olarak nitelendirildiği saptanmıştır (Meyer, 1989). Risk değerlendirmesinin yapılabilmesi için öncelikle tehlikeli maddelerin tanınması gerekmektedir. Bu nedenle uçucu özellik gösteren tehlikeli maddelerin için detaylı olmak üzere, tehlikeli maddeler için bu bölüm kapsamında tanımları ve özellikleri aktarılmıştır.

3.4.1 Tehlikeli Maddeler Hakkındaki Tanımlar

Zararlı Madde: Ülkemizde 7 Ekim 1993 de çıkarılan Zararlı Kimyasal madde ve Ürünlerin Kontrolü Yönetmeliği’nde “Ek II deki özelliklerden herhangi birine sahip olmak kaydıyla Ek I de verilen ve çevre korunmasını amacıyla yayınlanan tebliğlerde yer alan, her cinsten kimyasal element, bunların bileşikleri ve karışımlarını” ifade eder. (Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerin Kontrolü Yönetmeliği, 1993).

Tehlikeli Madde (Hazardous Material) : Yangın kuruluşları tarafından uygun bir işlem görmediği zaman insan sağlığına ve refahına veya çevreye zarar verebilecek herhangi bir madde veya karışım olarak tanımlanmaktadır (Meyer, 1989).

Amerika Birleşik devletleri Ulaştırma teşkilatı (USDOT) ise “taşındığı zaman sağlık, güvenlik ve mülkiyet yönünden çok fazla risk oluşturduğu tespit edilmiş herhangi bir madde” olarak tanımlamıştır.

Tehlikeli Hava Kirleticileri (Hazardous Air Pollutants) : USEPA, solunum veya absorpsiyonla vücuda alındıklarında solunum yolları hastalıkları gibi olumsuz sağlık etkilerine neden olacak kirleticiler olarak tanımlamaktadırlar (Worobec, 1986).

Tehlikeli Madde (Hazardous Substance) : Federal tehlikeli madde yasası (FSHA), “özellikle çok zehirli, zehirli, tahriş edici, yüksek derecede parlayıcı, parlayıcı yanıcı veya basınç oluşturabilen” maddeleri “geleneksel veya uygun bir şekilde işlenmeleri veya kullanımları sırasında ciddi yaralanma veya hastalıklara neden olabilecek ise” tehlikeli madde olarak tanımlamaktadır (Worobec, 1986).

Kapsamlı çevresel müdahale ve iyileştirme için sorumlulukları düzenleyen yasa (CERCLA) da tehlikeli madde tanımı, çevre konusundaki yasal tüm tanımlamaları içine alarak en geniş tehlikelilik tanımını ortaya koymaktadır. Bu yasaya göre tehlikeli maddeler:

- Federal Su Kirliliği Kontrolü Yasası’nda (The Federal Water Pollution Act) tehlikeli madde olarak tayin edilmiş herhangi bir madde
- CERCLA’da özellikle tehlikeli madde olarak tayin edilmiş herhangi bir madde
- Kaynakların Korunması ve Geri Kazanımı Yasası’nda (RCRA) listelenmiş herhangi bir zararlı atık veya RCRA’de tanımlanmış özelliklere sahip herhangi bir madde
- Federal Su Kirliliği Kontrolü Yasası’nda zehirli kirletici olarak tayin edilmiş herhangi bir madde
- Temiz Hava Yasası (CAA)’da tehlikeli hava kirleticisi olarak tanımlanmış herhangi bir madde
- Zehirli Maddelerin Kontrolü Yasası’nda muhtemelen tehlikeli madde olarak tayin edilmiş herhangi bir madde”dir (Worobec, 1986).

Tehlike Oranı Yüksek Maddeler (Highly Hazardous Substances) : Tehlike Oranı Hayli Yüksek Maddeler yaşayan organizmalara, malzemelere, yapılara veya çevreye zarar verebilecek yüksek bir potansiyele sahip maddelerdir. Söz konusu zararların patlama, yangın, korozyon, zehirlilik gibi etkiler olabilir.

USEPA tarafından 275 adet kirletici öncelikli kirletici adı altında bir listede toplanmıştır. Bu kirleticiler aşağıdaki kriterlere göre seçilmişlerdir.

- Kanserojen, mutajen veya teratojen olduklarına dair sağlam kanıtlar bulunan maddeler
- Yukarıda bahsedilen bileşikler ile benzer yapıya sahip veya Kanserojen, mutajen veya teratojen olduklarına dair sağlam kanıtlar bulunan maddeler
- Endüstri çıkış sularında bulunan ve canlı yaşamına yüksek konsantrasyonlarda zehirli etkisinin olduğu bilinen maddeler (Anthony ve Breimhurst)

Zehirli Kirleticiler (Toxic Pollutants) : Federal Temiz Hava ve Temiz Su yasası, (U.S. Federal Clean Air and Clean Water Act) “deşarj sonrası maruz kalma ile ya doğrudan çevreden ya da dolaylı olarak besin zinciri yoluyla sindirim, solunum veya asimilasyon ile organizma tarafından alınan ve bu organizma veya organizmanın gelecek nesillerinde – idarenin sahip olduğu bilgiler ışığında - ölüm, hastalık, davranış bozuklukları, kanser, genetik mutasyon, psikolojik bozukluklar veya fiziksel deformasyonlara neden olan, hastalık yapıcı maddeleri içeren kirleticiler ve kirletici karışımları” olarak tanımlanmaktadır (Worobec, 1986).

Zehirli Maddeler (Toxic Materials) : USDOT tarafından insanlar için toksik etkiye sahip olduğu bilinen veya insana olan zehirliliği hakkında yeterli bilgi bulunmaması halinde hayvanlara uygulanan testler sonucunda insana toksik etkisi olacağı tahmin edilen gaz formu dışındaki formlarda bulunan madde olarak tanımlanmaktadır (Worobec, 1986).

Zehirli Maddeler (Toxic Substances) : Zehirli Maddelerin Kontrolü Yasası’nda üretimi, dağıtımı, kullanımı veya uzaklaştırılması sırasında bir yaralanma veya çevreye zarar verme özelliği taşıyan pestisitler ve ilaçlar dışındaki ticari kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır (Worobec,1986).

3.4.2 Tehlikeli Maddelerin Güvenlik Bilgi Formları

91/155/EC ve 11.03.2002 tarih ve 24692 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Güvenlik Bilgi Formu Hazırlama Usul ve Esasları Tebliği 'ne göre uygun hazırlanan MSDS (material safety data sheet) 16 bölümden oluşmaktadır. (Güvenlik Bilgi Formu Hazırlama Usul ve Esasları Tebliği, 2002). Bu bölümler;

- 1 – Madde / Müstahzar ve Şirket / İş Sahibinin Tanıtımı,
- 2 - Bileşimi / İçindekiler Hakkında Bilgi
- 3 – Tehlikelerin Tanıtımı
- 4 - İlk Yardım Tedbirleri
- 5 - Yangınla Mücadele Tedbirleri
- 6 - Kaza Sonucu Yayılmaya Karşı Tedbirler
- 7 - Kullanma ve Depolama
- 8 - Maruz Kalma Kontrolleri / Kişisel Korunma
- 9 - Fiziksel ve Kimyasal Özellikler
- 10 - Kararlılık ve Tepkime
- 11 - Toksikolojik Bilgi
- 12 - Ekolojik Bilgi
- 13 - Bertaraf Bilgileri
- 14 - Taşımacılık Bilgisi
- 15 - Mevzuat Bilgisi
- 16 - Diğer Bilgileri'dir.

MSDS'ler kullanılan kimyasalı tanımak açısından geniş bilgilerinin bulunabileceği bir kaynaktır. Bu anlamda modelde kullanılan kimyasalların özellikleri için MSDS'lerinin 1., 2., 3., 8., 9., 11., 12. bölümlerinden yararlanılmıştır.

3.4.3 Tehlikeli Maddelerin Özellikleri

Tehlikeli maddelerin MSDS'lerinde (malzeme güvenlik bilgi formu) özellikleri 3 ana bölümde incelenmektedir. Bunlar;

- Fiziksel özellikler ve tehlikeler,
- Kimyasal özellikler ve tehlikeler
- Yaşama tehlikeli özellikler

Uçucu olma özelliği taşıyan tehlikeli maddelerin uçuculuğunun derecesi fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişmekte ve risk değerlendirmesi açısından yaşama tehlikeli özellikleri ön plana çıkmaktadır.

3.4.3.1 Çözünürlük

Çözünürlük için yapılan farklı tanımlar içerisinde en anlamlı olanı “%10’luk bir çözeltiyi hızla oluşturabilen madde” tanımıdır. Bu tanım, en az 10 gr maddenin suyun yaklaşık 250 ml’den daha az bir hacimde çözülmesini ifade etmektedir.

Çözünürlük sıcaklığa bağlıdır. Bir katı veya sıvının çözünürlüğü genellikle artan sıcaklıkla artar. Eğer bir katı madde suda çözünüyorsa bu onun sudaki çözünürlüğünü ifade eder.

Gazların çözünürlükleri katı ve sıvılardan farklı davranış gösterir. Gazların çözünürlükleri artan sıcaklıkla düşer.

Bu özellikler maddenin kontrolünün sağlanmasında göz önüne alınması gereken özelliklerdir. Tehlikeli maddeler çözünürlük özelliği göstermesi halinde, bu maddeler yangın veya patlama tehlikesine karşı tedbir olarak su ile seyreltilirler. Temizleme uygulamalarında yıkama işlemi çözünürlük oranı ile ilgili olarak kirletici maddeyi ancak kabul edilebilir bir konsantrasyona düşürebilir. Hiçbir kimyasal yıkama işlemi ile çözünmüş madde %100 giderilemez (Talınlı, 1999).

3.4.3.2 Yoğunluk

Yoğunluk en basit tanımı ile birim hacim başına düşen madde miktarıdır. Bu hacimdeki kütle anlamına gelir. Katı ve sıvılar için spesifik graviteden bahsederken sıvı veya katının yoğunluğunun su yoğunluğuna oranı kastedilmektedir (Talınlı, 1999). Ancak gazlar için durum biraz farklılık ve zorluk göstermektedir, çünkü gazın birim hacim içerisindeki madde miktarı değişken olmakla beraber bu tanım konsantrasyonla karıştırılmaya müsaittir. Model içerisinde kullanılan buhar yoğunluğu parametresi ideal gaz şartları için tespit edilmiştir.

Gaz buharları için kullanılan buhar yoğunluğunun havanın yoğunluğuna (1.29 gr/lit) oranı ile elde edilen boyutsuz parametre birden büyükse buhar çöker ve eğer küçükse buhar havada yükselir. Örneğin yayılan gaz klor gazı ise söz konusu oran 2.49 olduğu için klor gazı çökecektir. Amonyak için bu değer 0.59 dur ancak amonyakın %51 oranında çözünür ve higroskopik (nem tutucu) olmasından dolayı havada hızla su ile birleşerek amonyum hidroksit (NH_4OH) oluşturması söz konusudur. Bu yeni

oluşumun moleköl ağırlığı 35 gr/mol ve havadan ağır olduğu için sonuçta amonyak çökelecektir. Bu örneğin de gösterdiği gibi tehlikeli maddelerin özellikleri birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmemelidir.

3.4.3.3 Parlayıcılık

Tehlikeli maddeler için bir diğer özellik, yanma sonucu gaz veya buharlar oluşturmastır. Bu sonuç için tehlikeli maddenin özelliğı parlayıcılık, tutuşabilirlik ve yanabilirlik olarak verilmektedir.

Tehlikeli maddenin potansiyel parlayıcılık limitleri yangın oluşturma tehlikelerine karşı aşağıdaki gibi verilmiştir (Talınlı, 1999).

- **Alt parlama limiti:** Kıvılcım kaynağına maruz kaldığında yanmayı oluşturan bir gaz veya buharın havadaki minimum konsantrasyonudur. Bu değeri hacimce havadaki buharın yüzdesi olarak gösterilir.
- **Üst parlama limiti:** Kıvılcım kaynağına maruz kaldığında yanmayı oluşturan bir gaz veya buharın havadaki maksimum konsantrasyonudur. Bu değeri hacimce havadaki buharın yüzdesi olarak gösterilir.
- **Parlama noktası:** Kıvılcımlandığında yüzeyinde parlama ve yeterli buhar çıkışı görülen bir sıvının o andaki sıcaklığıdır.
- **Kendiliğinden tutuşma noktası:** Bir kıvılcım kaynağı olmaksızın alevlenebilen bir gaz veya buharın sıcaklığıdır.
- **Buhar basıncı:** Verilen bir sıcaklıkta sıvı ile dengede olan buharın basıncıdır. Sıcaklıkla artar.
- **Kaynama noktası:** Bir sıvının buhar hâbecikleri oluşturup, atmosfere doğru verdiği andaki sıcaklığıdır. Açık bir kapta kaynama noktasındaki buhar basıncı atmosfer basıncına eşitlenmiş demektir.

Yangın hızlı bir şekilde ısı veya ışığa dönüşen bir oksidasyon ve redüksiyon olayı olarak tanımlanır. Bu reaksiyon egzotermik ve çevresine ısı yayan bir reaksiyondur. Oksidasyon yangın olmadan da gerçekleşebilir. Yangınların çoğunda oksitleyici oksijendir.

Her parlayıcı madde yukarıda tanımı verilen alt ve üst parlama limitleri arasında bir parlayıcı alana sahiptir. Alt limitin altındaki konsantrasyonlarda oksitleyici yeterli

olmasına rağmen yeterli yakıt yoktur. Üst limitin altındaki konsantrasyonlarda yeterli yakıt var iken yeterli oksitleyici yoktur. Bu iki limit arasında eğer aktivasyon enerjisi sağlanırsa yanma gerçekleşebilir. Genel bir kural olarak üst parlama limiti arttıkça ve alt parlama limiti azaldıkça parlayıcı madde daha tehlikeli olur.

3.4.3.5 Reaktiflik

Reaktifliğin sözlük anlamının pek çok karşılığı olmakla beraber tehlikeli maddeler göz önüne alındığında maddenin reaksiyon verebilme yetisi ile ilgilidir. Tehlikeli maddeler için bu özellik bir çok saf maddenin kararsızlığı nedeni ile genel olarak spesifik bir madde grubu için verilmektedir. Reaktifliğe örnek vermek için peroksitleri ele alırsak, genel formülü $R-O-O-R'$ olan bu grubun iki oksijen arasındaki zayıf bağ koparıldığında, bir yakıt ve bir oksijenin ortaya çıktığı reaksiyon gerçekleşir.

Saf madde halindeki bu bileşikler, ısı ve darbelere karşı çok hassastır. Kararlı ve emniyetli olmaları için çok seyreltik formlarda taşınırlar. Bileşiklerin molekül yapılarında oksijen taşımaları ortamda yeterli oksijen olmasa bile yangın ve patlamaya yol açmalarını destekler.

Wsembölü NFPA 704M plakalama sisteminde söz konusu maddenin su ile temasında şiddetli ve tehlikeli bir kimyasal reaksiyon verebileceği uyarısını verir. Piroforik maddeler ise hava ile temas etmeleri halinde tutuşurlar. Çalışma kapsamında dikkate alınması gereken en önemli özelliği ise uyumsuz (incompatible) maddeler gösterirler. Bu maddeler temas ettikleri diğer madde ile istenmeyen reaksiyonlar verir ve zehirli gaz çıkışına, tutuşma ve/veya bozunmaya neden olurlar (Talınlı,1999).

3.4.3.5 Korozyiflik

Korozif maddeler, temas noktasında metalleri aşındıran ve/veya insan derisi dokusunda değişim ve tahribata yol açan maddeler olarak tanımlanmaktadır. Katı, sıvı ve gaz formunda bulunabilen maddeler asitler ve bazlar olmak üzere iki ana grupta ele alınırlar (Talınlı, 1999).

Asitler: Çözöldüğü zaman suya hidronyum iyonu veren maddeler asit olarak tanımlanırlar. Fakat hidronyum iyonu her zaman suda bu halde bulunmayabilir. Hidrat halinde veya su molekülüne tutunmuş olarak tanımlanması daha doğru bir yaklaşım olarak kabul edilir.

Bir asidin kuvveti, çözeltide hidronyum iyonları üretebilme kabiliyeti ile ölçölür ve kuvvetli bir asit hidrojeninin tümünü veya büyük kısmını hızlı bir şekilde hidronyum iyonu olarak çözeltiye verirken, zayıf asitler ancak küçük bir kısmını verebilir. Bu farklılık, zayıf asitlerin kuvvetli asitlerden daha düşük bir koroziyfliğe sahip olacağını göstermez. Kuvvetli asitlerde reaksiyon hızlı cereyan ederken, uzun zaman periyodu içinde zayıf asitlerde aynı koroziyfliğı gösterebilirler.

Bunun yanı sıra inorganik ve organik olarak iki ana gruba ayrılan asitlerin aralarındaki en önemli fark organik olanların parlayıcı olmasına karşılık inorganik olanların parlayıcı olmamasıdır.

Asitlerin ortak koroziyflik özellikleri den üçü çok önemlidir; Metallerle reaksiyonları, Bazlar ile reaksiyonları ve çözünme ısıları.

Asitler, metaller ile metal tuzları ve hidrojen oluşturan bir reaksiyon verirler. Hidrojen çok parlayıcı bir gazdır ve reaksiyonu egzotermiktir. Eğer yeterli ısı açığa çıkarsa, hidrojen ve diğer yanıcı maddeler tutuşabilir. Bir asit ile baz reaksiyona girse tuz oluşur. Bu reaksiyon, asit nötralizasyonu olduğu zaman gerçekleşir ve yüksek bir ısı açığa çıkabilir. Bazı kuvvetli bazlar ise su ile reaksiyona girdiklerinde yüksek ısı açığa çıkaran egzotermik bir reaksiyon gerçekleştirirler. Seyrelme ile ortaya çıkan bu ısıya çözünme ısısı denir. Bu nedenle, suya asit veya aside su ilavelerinde ısının tüm kütleyle yayılması için zaman tanınması gerekir.

Bazlar: pH skalasında nötr noktasından itibaren hidroksil iyonu üretiminin hakim olmaya başladığı ve serbest hidroksil iyonlarının çözeltiye geçtiğı alkalilik veya bazlık alanı olarak bilinir. Bu hidroksil iyonlarının varlığı bazın kuvvetine bağlıdır. Zayıf asitler gibi zayıf bazlarda suda kısmen iyonize olurlar ve bu bazlar da uzun süreli etki ile kuvvetli bazların gösterdiği koroziyfliğe ulaşabilirler. Bazlar asitlerin gösterdiği reaksiyonların özellikleriyle metallerle olan reaksiyonlarında ortaya çıkan metal tuzu ve hidrojenin metallerin asitlerle olan reaksiyonlarındaki gibi yüksek verimle ortaya çıkmaması dışında aynı özellikleri gösterirler.

3.4.4 Toksikoloji

Tehlikeli maddelerin zehirlilik özelliği alt yerine toksikoloji ana başlığı altında incelenmiştir. Toksikoloji kimyasalların yaşam sistemleri üzerindeki etkilerini, doğalarını ve özelliklerini araştıran farmakoloji bilim dalının bir alt dalıdır. Bir maddenin insan hayatına olan doğrudan etkilerinin öncelikle ölümcül, sonrasında vücut fonksiyonlarına kalıcı veya geçici zarar vermesi, istenmeyen bir durum veya bir etki oluşması olduğu söylenebilir. Bu olumsuz etkiler tahriş, hassaslaşma, organlarda tahribat, kanser, alerji olabilir. Toksikoloji bilimi epidemiolojik çalışmalar gibi diğer çalışmalar ile ortak platformlarda değerlendirilmesi ile bu etkilerin belirlenmesinde büyük rol oynar. Toksikoloji'nin belirlemeye çalıştığı zehirlilik tanımlanacak olursa; tüm maddelerin yeterli miktarda alındığında ve uygun sürelerde maruz kalındığında zehirli oldukları söylenebilir. Bir başka deyişle zehirlilik maruz kalınan maddenin miktarına, kan akışına absorpsiyonunun hız ve derecesine, yan ürünlere metabolizasyonunun hızı ve derecesine, vücuttan atılma hızı ve ölçüsüne bağlıdır. Su bile uzun süre ve yüksek miktarlarda alındığında insan vücudunda zehirlenme etkileri gösterir.

Toksisite bir maddenin zarara sebep olabilme potansiyelidir ve bir zararın oluşup oluşmadığını belirleyen faktörlerden biridir. Bir kimyasalın ise zararlı olması aşağıdaki faktörlere bağlıdır;

- Toksisite: zararın oluşması için ne kadar madde gerektiği
- Maruz kalma şekli: maddenin vücuda ne şekilde alındığı
- Doz: ne kadar maddenin vücuda alındığı
- Süre: maruz kalınan süre
- Reaksiyon ve etkileşim: maruz kalınan diğer maddeler
- Hassasiyet: vücudun diğerlerine oranla maddeye ne kadar tepki gösterdiği

Doz: Vücuda giren madde miktarı ile vücudun etkilenme derecesi arasındaki ilişkiye doz-tepki ilişkisi denir. Bir kimyasalın etkisi toplam doz kadar maruz kalma süresine bağlıdır. Bir toksik kimyasal solunduğunda alınan doz 4 faktöre bağlıdır;

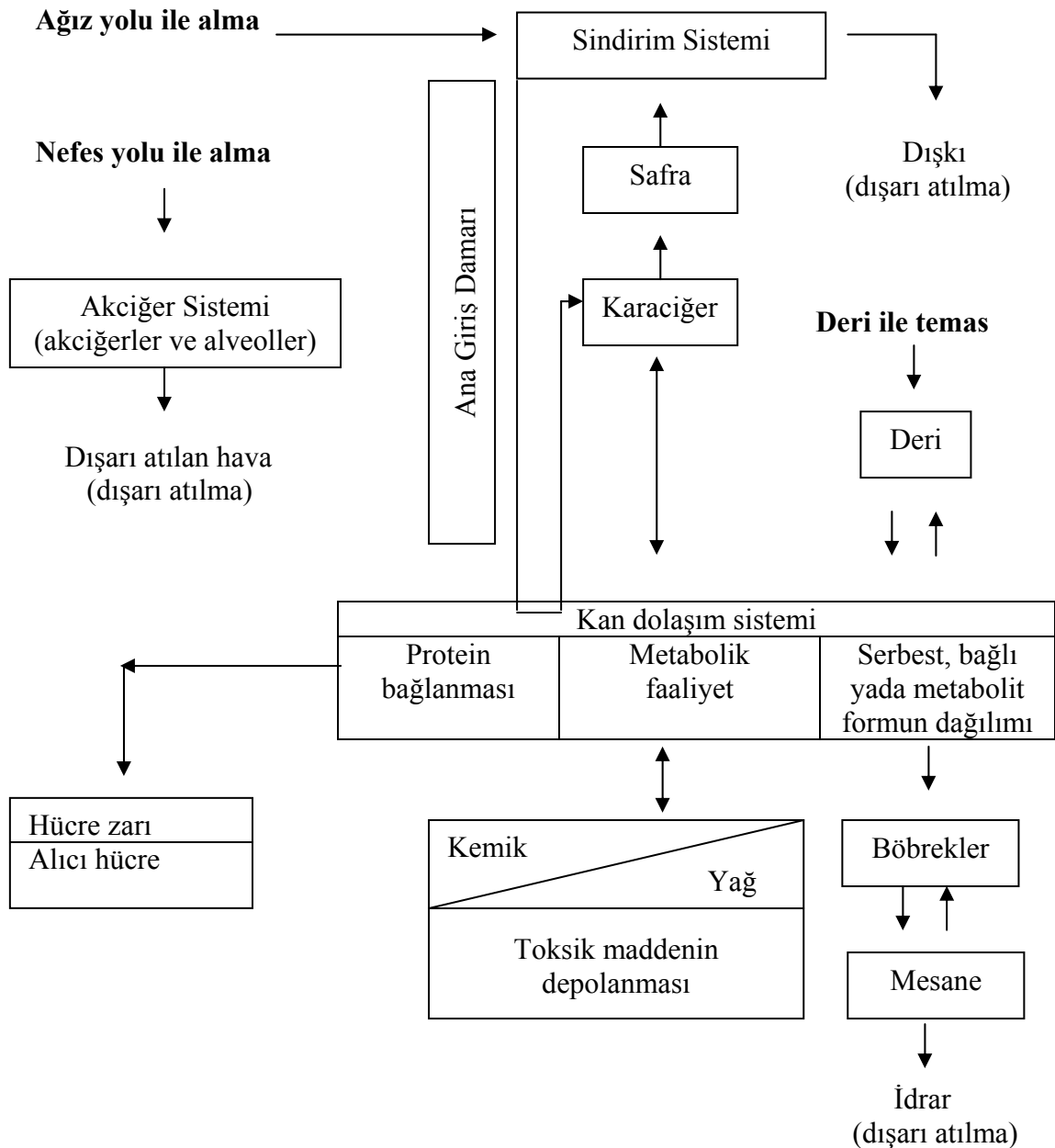
Kimyasalın havadaki konsantrasyonu

- Ne kadar hızlı ya da derin nefes alındığı
- Solunan kimyasalın ne kadarının akciğerlerde kaldığı, ne kadarının kan akımına geçtiği
- Maruz kalma süresi

Maruz kalma süresi: bir kimyasal ne kadar uzun süre maruz kalınırsa etkilenme olasılığı ve derecesi o kadar artar. Yüksek konsantrasyonlara kısa süreli maruz kalmalarda etki görülmeyebilir, fakat takip eden maruz kalmalarda zarar etkisi oluşabilir. Bir kimyasala uzun süre maruz kalmak genellikle tehlikelidir. Çünkü bazı kimyasallar vücutta birikebilir ya da oluşan zararın giderilme şansı olmayabilir. Doz miktarının ve maruz kalma süresinin bileşimi maruz kalma oranı olarak adlandırılır.

Toksik maddelerin vücuttaki önemli absorpsiyon, metabolik aktivite, bağlanma ve dışarı atılma yolları ve bölgeleri Şekil 3.4’ de gösterilmiştir.

Maruz kalma, bir madde solunum, deri veya ağız yolu ile absorbe edildiğinde gerçekleşir. Solunum sistemi potansiyel olarak bir maddenin vücuda girebileceği en tehlikeli yoldur, çünkü gazlar kan akışına neredeyse derhal absorbe edilirler. Gazların yarattıkları tehlikeler üç kategoride ele alınabilir. *Anestezik*, kas gücünün dikkat çekici oranda kaybedilmesine neden olabilen maddeler; *Asfiksiyant*, solunumu engelleyici özellik gösteren maddeler; *Tahriş edici*, lokal tahriş veya gözlerin, derinin veya solunum membranlarının iltihaplanmasına neden olan maddelerdir (Sacarello, 1993).



Reaksiyon ve Etkileşim: birden fazla kimyasala maruz kalma durumunda bunlar arasındaki reaksiyon ve etkileşimleri bilmek gerekir. İki kimyasalın reaksiyon sonucu oluşan yeni madde daha zararlı olabilir. Bu konu bölüm 3.4.4.1’de kimyasal etkileşimler başlığıyla daha ayrıntılı verilemektedir.

alışkanlıkları gibi faktörlere bağlıdır. Ayrıca insanların kimyasallara karşı alerjileri de olabilir. Alerjik olarak bilinen kimyasallara alerjenler ya da sensitizerler denir.

3.4.4.1 Akut ve Kronik Etkiler

Zehirlilik etkileri geçici veya kalıcı, zehirlilik ise lokal veya sistemik olabilir. Lokal zehirlilik maruz kalan veya uygulanan bölgede toksik madde ile biyolojik sistem arasında görülür. Deride döküntü, leke ve su toplama ile oluşan veya dermatitis gibi etkiler gözlemlenebilir. Sistemik zehirlilik toksik maddenin bir veya birkaç noktadan vücuda alınmasıyla beraber dolaşım sistemi aracılığı ile etkinin baş göstereceği hedef organlara taşınması ile baş gösterir. Bu etki türünde tiroid, karaciğer veya böbrek gibi bir hedef organ sistem bütünü içinde seçilebilir.

Zehirlilik etkileri ortaya çıktıkları süreye ve tehlikeli maddeye maruz kalma sürelerine bağlı olarak iki çeşittir. 24 saatlik bir maruz kalma süresinde belirtiler ortaya çıktığı takdirde bunlar akut etkiler olarak tanımlanır. Genellikle kısa sürelerde maruz kalınan orta ve üzeri dozlarda gözlemlenirler. Akut etkilerin çoğu geçicidir. Akut etkilere bağlı olarak hazırlanmış olan zehirlilik sınıfları Tablo 3.1’ de verilmiştir (Spector, 1956).

Tablo 3.1: Akut etkilere göre zehirlilik sınıfları (Spector, 1956)

Çoğunlukla kullanılan terimler	LD Fareler için tekil ağız yoluyla alınan doz (gr/kg)	6 fareden oluşan gruplarda 2-4 Tavsınların derisi için maruz kalan miktarı	LD 2-4 Tavsınların derisi için maruz (gr/kg)	İnsan için muhtemel lethal doz
Aşırı zehirli	derecede ≤ 0.001	<10	≤ 0.0005	Tat (1 gr)
Yüksek derecede zehirli	0.001–0.05	10–100	0.005–0.043	1 tsp (4 cc)
Orta zehirli	ölçekte 0.05–0.5	100–1000	0.044–0.340	1 oz (30 gr)
Az zehirli	0.5–5.0	1000–10000	0.35–2.81	1 pint (250 gr)
Pratikte değil	zehirli 5.0–15.0	10000–100000	2.82–22.6	1 qt
Göreceli zararsız	olarak 15.0	100000	22.6	1 qt

Tehlikeli bir maddeye uzun maruz kalma sürelerinde, düşük konsantrasyon veya dozlarda maruz kalınma ile oluşan etkiler kronik etkilerdir (Talınlı, 1999). Söz konusu etkiler genellikle kalıcıdır. Maruz kalma ve etkinin ortaya çıkması yıllar sürebilir. Kanserojen maddeler bu etkilerin en iyi örneğidir. Kimi zaman etkileri 20–30 yıl sonra görülmektedir.

Kanserojen: kanser, bazı kimyasalların neden olduğu, vücutta kontrolsüz büyüyen ve yayılan anormal hücrelerdir. Birçok madde ne miktarda alınırsa alınsın kansere neden olmaz. Binlerce kimyasalın arasında az bir miktarı bu özelliğe sahiptir. Kansere sebep olan maddelere kanserojen, kansere neden olan kabiliyetine de kanserojenisiti (cancerogenesis) denir.

Mutajen: toksik kimyasallar genetik zararlara neden olabilir. Bir hücrenin genetik materyali kromozomlardan oluşan genleri içerir. Bazı kimyasallar genleri ya da kromozomları değiştirebilir, bu olaya mutasyon denir. Mutasyon hücrenin fonksiyonlarını ve üreme kabiliyetini etkileyebilir. Kansere neden olan tüm kimyasallar aynı zamanda mutasyona da sebep olur, tersi ise her zaman geçerli değildir.

Teratejon: doğrudan anne karnındaki ceninin dokularına zara veren ve şekil bozukluğu, doğum anormallikleri gibi sorunlara yol açan kimyasallardır. Cenin için zararlı olan diğer kimyasallara fetotoksinler denmektedir.

Maruz kalmanın başlamasıyla etkinin görülmesi arasındaki gecikme “gizlilik periyodu” (latency period) olarak adlandırılır. Tablo 3.2’ de akut ve kronik etkiler arasındaki farklar belirtilmiştir.

Tablo 3.2: Akut ve kronik etkiler arasındaki farklar

Akut	Kronik
Maruz kalmadan hemen sonra ya da bir süre sonra gözükür (kısa gizlilik periyodu).	Maruz kalmadan uzun süre sonra gözükür (uzun gizlilik periyodu).
Sıklıkla kısa sürede yüksek dozlara maruz kalmayı içerir.	Sıklıkla uzun sürelerde düşük dozlara maruz kalmayı içerir.
Maruz kalma durduktan sonra etkiler giderilebilir.	Birçok etki giderilemez.
Etki az yada çok şiddetli olabilir.	Birçok kimyasal için kronik etkiler hala bilinmemektedir.
Kimyasala maruz kalma ve septomlar arasındaki ilişki genelde açıktır.	İlişkiyi uzun gizlilik periyotları nedeni ile doğrulamak zordur.
Konu hakkındaki bilgiler genelde insan verilerine dayanır.	Bilgiler genellikle hayvan testlerine dayanır.

Tüm maddeler toksik olmasına rağmen tüm insanlar aynı maddeye aynı reaksiyonu göstermezler. Bu farklılıkları yaratan faktörler;

- Genetik özellikler
- Vücuda alınma şekli
- Cinsiyet
- Yaş
- Doz oranı
- Kimyasal etkileşimler

olarak sıralanmaktadır.

Vücuda alınma şekli: Tehlikeli maddenin vücuda alınması doğrudan temas, inhalasyon (solunum), ağız yolu ile ve enjeksiyon ile olmaktadır. Tehlikeli madde müdahale ekipleri açısından doğrudan temas ve inhalasyon diğer ikisine oranla daha fazla dikkat edilmesi gerekenlerdir.

Doğrudan temas: İnsan derisi, kimyasalların vücuda penetrasyonunu engellemek için yağlar ve ölü hücrelerden oluşan bir koruma mekanizmasına sahipse de kesikler, yaralar vb. durumlar bu direnci zayıflatır. Su, sabun gibi yıkama ajanlarına veya organik solventlere maruz kalma sonucu deride ciddi hasarlar meydana gelebilir. Diğer bir doğrudan temas yolu ise kimyasal buhar veya mistlerin immersiye olmasından kaynaklanır. Deri yolu ile absorpsiyon da solunum tehlikesi kadar ciddiye alınmalıdır.

İnhalasyon (Solunum): Burun, ağız, ciğerler ve bunlar arasındaki bağlantıları sağlayan kanalları içeren solunum sistemi ile ilgilidir. Burun veya ağız yolu ile hava alındığında bu hava solunum sisteminde geniş ve mukoza içeren bronşlardan geçerek kılcal damarlara kadar ulaşan bir sistem içinde yayılacaktır. En küçük kılcal damarlar, taşınan gazı kan ile değiştirecek bir düzene sahiptir. Bu nedenle tehlikeli madde ile kirlenmiş gazlar veya buharlar doğrudan doğruya bu tüpler ile kan akımına transfer edilirler. Bu proses, çok hızlı cereyan eder ve kan akımına doğrudan enjeksiyon ile aynı hızda gerçekleşir. Solunum sisteminde bu gazların hareketi sırasında, her madde aynı hızda ciğerlere kadar ulaşmaz ve genellikle büyük partiküller mukoza alanlarında tutulurlar. Örneğin 5–10 mikrondan büyük olan partiküller, boğaz yollarında mukoza ile yakalanır, biriktirilir veya başka sistemler ile dışarı atılırlar. 0.05–0.1 mikron aralığındaki daha küçük partiküller akciğerin derinliklerine 30 kadar taşınırlar. Bunlar çözünmez partiküller halinde akciğerde kalabilir, çözünerek diğer kirlleticiler ile kan akımına transfer edilebilirler veya makrofaj hücreler ile yakalandıktan sonra giderilebilirler. İnert madde olarak depolanabilen bir partiküler madde akciğerde girişimlere neden olabilir ve bu maddenin aşırı yüklenmesi ile solunum yolları hastalıkları ortaya çıkar (Talınlı, 1999).

Gazlar ise çok küçük kütleli olduklarından doğrudan ve çok hızla solunum sistemine (penetre olurlar) girerler. Gazların suda çözünebilen düşük gaz konsantrasyonları gerek solunum yolları gerekse akciğerde absorbe edilirler. Yüksek konsantrasyondaki gazlar ise bu sistem içerisinde tam olarak giderilemezler. Öksürük, baş ağrısı, burun ve gözlerde tahriş ve koku gibi göstergeler yüksek konsantrasyonlu gazların solunumla alındığını ortaya koyar. Bu semptomlar spesifik bir gaz veya buharın o anda orada bulunduğunu gösterir. Daha düşük konsantrasyonlu veya düşük çözünürlüklü tahriş ediciler, mukoza tarafından absorblanıp akciğer derinliklerine indiğinde kronik olarak ciddi akciğer hastalıkları nedeni olduklarından yaşam tehlikesi potansiyeline sahiptir ve bu potansiyel akut etkilenebilirliğe göre daha ciddiye alınmalıdır.

Ağız: Ağız yolu ile alma doğrudan yeme ve içme ile ilgilidir. Bu nedenle kirlenmiş alanlarda ve atık alanlarında yeme ve içmeye izin verilmez. Sigara içme ve yemek yeme kirli bir alan söz konusu olmasa bile ağız yolu ile bazı kirliliklerin transferi

anlamına gelir. Tehlikeli maddeler yukarıdaki diğer maruz kalma şekillerinden farklı olarak belirli koşullarda alınırlar. Madde ağız ve boğaz yolundan geçerken tükürük ve salya ile birleşerek enzimler ile şeker ve nişastaya dönüşmek üzere hazmedilir. Boğazdan geçtikten sonra hidroklorik asit içeren mideye gelir ve mideyi terk ettiğinde ise madde alkali ortam içeren intestinal sisteme girer. Bu koşullar, kirleticinin zehirliliğini değiştirebilir, orijinal halindeki daha düşük veya daha yüksek hale getirebilir.

Enjeksiyon: Bir tehlikeli madde enjeksiyon ile deri yüzeyinin altına verildiğinde kas dokusunda veya doğrudan kanda birikir. Kan sistemine (damara) yapılan enjeksiyon anlık bir doz içerirken kas sistemine yapılan enjeksiyonda genellikle materyalin sızarak dağılması nedeni ile anlık dozdan daha düşük dozlar oluşur. Enjeksiyon, genellikle açık yaralardan veya yüksek baskılı hatlardan sızma sonucu olduğundan koruyucu, delik kapatıcı, kabuk yapıcı önlemler bu tür maruz kalma ve yaralanmalar için enjeksiyon potansiyelini minimize etmek için kullanılırlar. Örneğin; vücuttaki bir yaranın kabuk bağlaması enjeksiyona karşı bir korunma mekanizmasıdır.

Cinsiyet: Maddenin vücuda alınması ve atılması üzerinde cinsiyetin etkisi vardır. Örneğin kadın vücudu yağ dokusu hücresi daha fazla olduğu için yağda çözünen tehlikeli maddeler kadın vücudunda daha fazla absorbe edilir. Bazı kanserler ve hastalık aşamaları cinsiyet ile ilişkilidir. Bu konu ile ilgili veriler hayvan verilerinde de mevcuttur.

Yaş: Yaşlı kimselerin vücutlarında kimyasalların bozunmasına kas yapıları ve metabolizmalarında değişiklikler olması, zehirliliğe neden olan seviyelerde de değişiklik olmasına neden olurlar. Öte yandan çocuklar daha hızlı solunum yapmaları, farklı hedef organlar, metabolizmalarındaki farklılıklar nedeniyle yetişkinlerden farklı kimyasal tehlikelere maruz kalır ve farklı risk değerlendirmesi gerektirirler. Zehirlilik çalışmalarının değerlendirmeleri çoğunlukla çalışma çağındaki sağlıklı erkeklere göre yapılmıştır.

Doz oranı: Bir kimyasalın ani etkisi, toplam doz kadar maruz kalma oranına da bağlıdır. Doz oranının etkisi şu örnekle açıklanabilir; sağlıklı bir insan bir maddeye uzun bir aralıkta sabah ve öğlen mesela maruz kaldığında hafif baş ağrısı yada daha farklı az miktarda bir semptomla karşılaşırken, aynı miktar bu kişi tarafından 1

saatlik periyotta alınmış olsaydı büyük bir olasılıkla ölüm gerçekleşebilirdi. Etkideki bu fark, biyolojik tolerans denilen bir proses ile açıklanabilir. Bu proses toksik maddenin vücuttan giderilme, atılma oranıdır. Eğer, doz oranı biyolojik tolerans oranından küçük ise toksik maddenin etkisi vücutta en düşük boyutta gerçekleşir. Ancak doz oranı biyolojik giderim oranından büyük olduğunda zehirlilik gerçekleşir ve etki ilave hasarlar ile ortaya çıkar. Bazı kimyasallar, uygun bir hız ile vücuttan giderilemezler ve bunların etkileri kümülatif etkiler olarak bilinir. Örneğin; belirli radyoaktif maddeler kemik yapısında konuşlanmaya meyillidir ve her maruz kalma ile radyoaktif doz artar. Bu bir kümülatif etkidir. Bir diğer kümülatif etki tipi ise zehirli madde vücuttan atılmadan önce kalıcı bir biyolojik hasar bıraktığında ortaya çıkar. Zehirli madde, vücuda girebilir ve kısa sürede giderilebilir oysa cıva bileşikleri genellikle beyinde hasar bıraktıktan sonra atılabilirler. Cıva gibi bileşikler belirli organları etkileyebilir fakat en büyük etkinin görüldüğü organ, hedef organ olarak bilinir. Bir kaç hedef organ çoğu kimyasallardan etkilenir. Karaciğer ve böbrekler, maruz kalma şekil ve koşulları altında vücuttan zehirli maddeleri gidermek üzere yapılanmış organlar olduklarından hedef organ durumundadır. Bu dozlara maruz kalma şekilleri kimyasal madde üretim alanlarında çalışanlar arasında koruyucu bilgileri hızla sağlamayı gerektirmektedir. OSHA (İş ve işçi güvenliği ve sağlığı teşkilatı) ve ACGIH (Amerika Devlet Endüstriyel Hıfzısıhha Konferansı), işçiler arasında ters etkileri yaratan havadaki konsantrasyonları, bunların dozlarını ve korunma koşullarını genç, yaşlı, hasta ve hamile kadınlar için ayrı ayrı oluşturmuştur.

Kimyasal Etkileşimler: İki veya daha fazla kimyasal maddenin bir araya gelmesi ile ortaya çıkan etkiler dört çeşittir.

- *Toplamsal etkileşim:* Biri birinden bağımsız olarak etki eden iki bileşiğin etkisi her birinin tek başlarına etki ettiklerinde ortaya çıkacak etkinin toplamına eşit olacaktır.
- *Sinerjistik etkileşim:* İki veya daha fazla zehirli madde bir arada gösterdikleri etki tek başlarına gösterdikleri etkinin tamamından daha büyük bir etki yaratırlar.
- *Potansiyel etkileşim:* Biri zehirli diğeri zehirli olmayan iki madde bir araya geldiğinde zehirli olan maddenin tek başına gösterdiği etkinin üzerinde etki gösterirler.

- *Antagonistik etkileşim:* Bir maddenin etkisinin diğer bir madde tarafından azaltılması ile ortaya çıkar.

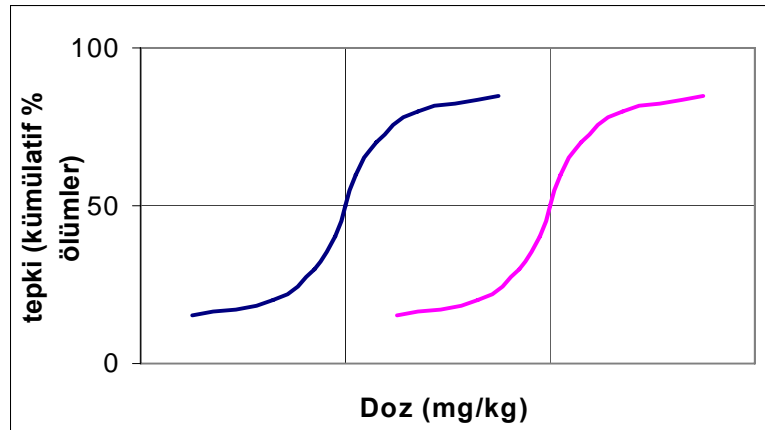
İş ortamında maruz kalınan tehlikeli maddenin tek başına göstereceği etki dışında çalışan kişinin sosyal hayatında karşılaşacağı ve maruz kalacağı diğer maddelerle göstereceği etkiler de göz önüne alınabilmelidir.

3.4.4.2 Deneysel Toksikoloji

Deneysel toksikolojinin temelinde yatan üç kabul bulunmaktadır (Sacarello, 1993).

- Vücuda temas eden veya alınan herhangi bir madde bir maruz kalma derecesinde hasar verici olacaktır ve düşük bir maruz kalma miktarında herhangi bir etki yaratmadan tolere edilebilecektir.
- İnsanlar üzerinde oluşan zararların doğası deney hayvanlarının reaksiyonları üzerine yapılan çalışmalarla tespit edilebilir.
- Hayvan deneylerinden insanlara etki etmeyecek maruz kalma dereceleri tespit edilebilir.
- Zehirliliğin tespit edilmesi için öncelikle hayvanlar üzerinde yapılan deneylerden yararlanılır. Bu deneylerden elde edilen veriler ölümcül doz LD (lethal dose), test popülasyonunun yarısının öldüğü doz olarak adlandırılır ve deney hayvanının kilosuna düşen miligram madde miktarını verir.

Hayvan deneylerinde verilen belirli dozlarla ortaya çıkan etki grafikleştirilecek olursa oluşan eğri doz-tepki eğrisi olarak bilinir. Bu grafik ile arttırılan doza karşı test hayvanlarının verdiği reaksiyon saptanır. Tipik doz-tepki eğrisi Şekil 3.5’de verilmiştir (Talınlı,1999).



Şekil 3.5: Doz-tepki eğrisi

Bu eğrilere göre genellikle gözlemlenemeyen tepkinin altında kalan dozlar tespit edilebilir. Bu dozun etkisinin gözlemlendiği nokta eşik değer dozu olarak tanımlanır ve bu durumda tepki ölümdür. En düşük dozda ise ölüm hali yoktur. Doz arttıkça daha büyük tepkiler gözlemlenir. Gözlemlerin sonucunda elde edilen verilere dayanılarak tespit edilip sıklıkla kullanılan terimler şunlardır.

LD₅₀: %50 için ölümcül doz, bir grup test hayvanının (genellikle 10 ve üzeri) % 50'sini öldüren doz

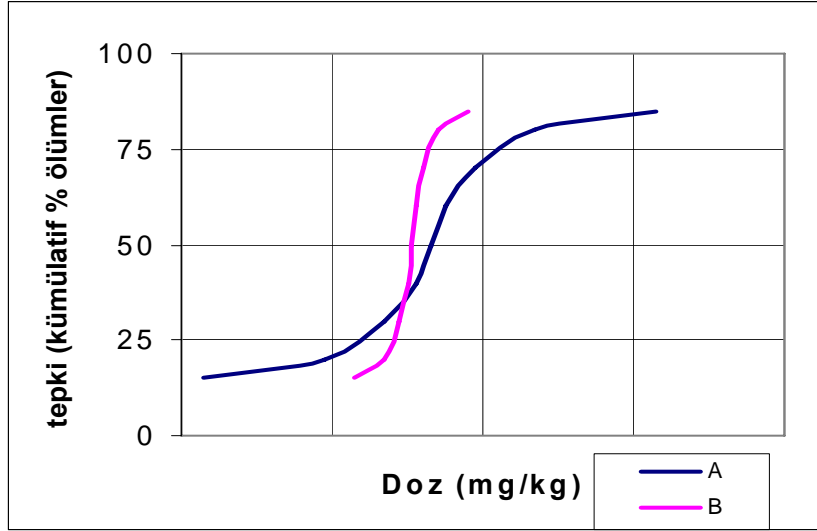
LD₁₀: %10 için ölümcül doz, bir grup test hayvanının (genellikle 10 ve üzeri) % 10'unu öldüren doz

LD₁₀₀: %100 için ölümcül doz, bir grup test hayvanının (genellikle 10 ve üzeri) tamamını öldüren doz

LDLo: ölüme yol açan en düşük doz, bir grup test hayvanı (genellikle 10 ve üzeri) üzerinde yapılan deneyde ölüme yol açan en düşük doz

TDLo: zehirlilik etkisi gösterilmesine yol açan en düşük konsantrasyon, bir grup test hayvanı veya gönüllü insanlar üzerinde yapılan testlerde zehirlilik etkisi gösterilmesine yol açan en düşük doz (NIOSH, 1999)

Farklı kimyasalların eşdeğer doz-etki eğrilerinden LD₅₀ değerleri bulunarak rölatif zehirlilikleri tespit edilebilir. Yüksek LD₅₀ değerine sahip bir madde düşük LD₅₀ değerine sahip bir maddeden daha düşük zehirlilik etkisine sahiptir. Elbette bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için maddelerin her ikisinin de ölümcül etkileri dışında öldürücü olmayan yan etkileri hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Daha az ölümcül olan madde diğer maddeden çok daha düşük bir dozda ölümcül olmayan bir etki yaratabilir (Talınlı,1999).



Şekil 3.6: İki maddenin doz-tepki eğrilerinin karşılaştırılması (Talınlı,1999)

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi iki eğri çakışmıştır. B bileşiği A bileşiğinden daha düşük bir LD_{50} değerine sahiptir. Buna rağmen LD_{20} değeri daha düşük olan A maddesi düşük dozlarda daha zehirlidir. Bu nedenle B maddesinden önce ölüme neden olacaktır. Bu grafikten görüldüğü gibi doz-tepki eğrileri biri birilerinden büyük farklılıklar gösterebilirler. Bir maddenin zehirliliği çeşitli derecelendirme yolları ile belirlenebilir. Bunlardan biri Tablo 3.3' de verilmiştir.

Tablo 3.3: Toksisite derecelendirmesi (Manahan, 1993)

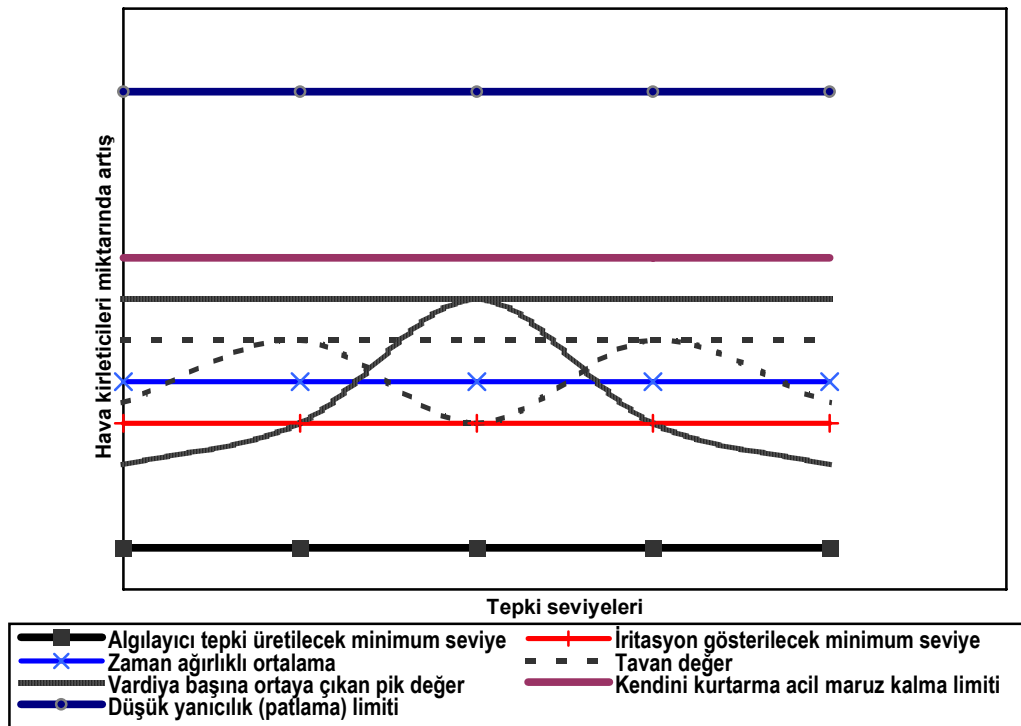
	LD_{50}	Zehirlilik Derecesi
1	> 15 g/kg	Pratik olarak zehirsiz
2	5-15 g/kg	Az zehirli
3	0,5-5 g/kg	Orta derecede zehirli
4	50-500 mg/kg	Zehirli
5	5-50 mg/kg	Aşırı derecede zehirli
6	< 5 mg/kg	Süpertoksik

Ölümcül konsantrasyonlar (LC) tehlikeli hava kirleticileri ve suda ve toprakta bulunan tehlikeli maddeler için kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan yola çıkılarak bir insan için kabul edilebilir maruz kalma konsantrasyonları şekillendirilir.

3.4.4.3 Kabul Edilebilir Maruz Kalma Konsantrasyonları ve Limitleri

Genel olarak tehlikeli maddelerin bir insana hastalık yaratıcı bir etki ve rahatsızlık vermeyeceği konsantrasyonlar olduğu fark edilmiştir. Bu standartlar günümüzün bilgi birikimi ışığında bu konsantrasyonları tanımlamaktadır. Bu değerlerin doğru şekilde uygulanabilmesi için tanımlarının tam olarak bilinmesi ve zarar verici etkilerin çeşitleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Bu etkilerle ilgili bir grafik Şekil 3.7’de (Sacarello, 1993) verilmekte, sıklıkla kullanılan terimler ise aşağıda tanımlanmaktadır.

İzin Verilebilir Maruz Kalma Limiti (PEL) : OSHA (İş ve işçi güvenliği ve sağlığı teşkilatı) tarafından kullanılan bir tanımdır. PEL değerleri çalışma atmosferinde bulunabilecek maksimum konsantrasyonu gösterir, bu değerin üzerindeki değerlere maruz kalınması istenmez. Buna rağmen PEL, hamile, yaşlı ve hasta kimseler için koruyucu olma özelliği göstermez. PEL aynı zamanda zaman faktörüne bağlıdır.



PEL denildiğinde çoğunlukla 8 saatlik ortalama bir değer kastedilse de, yanı sıra 15 dakika içerisinde geçilmemesi gereken değerler ve 2 saat içerisinde maruz kalılabilecek pik konsantrasyonlar gibi zamana bağlı başka şekilleri de vardır. Toksikolojik çalışmalar 8 saatlik vardiyalar için PEL değerinin belirlenmesine

yöneliktir, diğer zaman ağırlıklı değerler çalışmaları ikinci planda kalmakta ve gerek görüldükçe belirlenmektedir. OSHA 1992’de son değişiklikleri yapmadan önce mevcut olan PEL sayısal değeri TLV-TWA değerine çok yakın değerler gösterir ancak aynı değildir, revize edilmiş PEL değerleri ise TLV değerlerinin daha altına çekilmiştir.

Eşik Sınır Değerler (TLV) : TLV değerleri ACGIH (Amerikan Devlet Endüstriyel Hıfzısıhha Endüstrileri) tarafından üretilmiş olan “gidilebilir” veya “gidilemez” değerler arasındaki eşik değerlerdir. **TLV-TWA** Zaman ağırlıklı ortalama eşik sınır değer haftada 5 gün ve günde 8 saatlik maruz kalma sürelerini aşmayan işçinin zarar görmeyeceği eşik değer olarak görülür. Aynı organ sistemi üzerinde etkili olan kimyasal karışımlar için TLV-TWA değeri genellikle bileşen materyallerinin toplam değeri olarak kabul edilir. **TLV-Tavan** çalışma zamanının herhangi bir anında aşılmaması gereken konsantrasyon üst limitidir. TLV-Tavan değerleri belirlenmiş olan maddelerde bu değerler kısa maruz kalmalar dışında aşıldığında ani tahriş nedeni olarak ortaya çıkarlar. **TLV-STEEL** kısa süreli maruz kalma limitidir ve istenmeyen etkiler yaşamadan kısa süreli olarak maruz kalınabilecek konsantrasyonu temsil eder. Bu konsantrasyona maruz kalma durumunda günde en az 15 dakikadan 4 mola verilmelidir. İki mola arası 60 dakikadan az olmamalıdır. **IDLH** ise yaşam ve sağlık için ani tehlike yaratan konsantrasyon değeridir. IDLH 30 dakika içerisinde kalıcı sağlık etkileri bırakabilen ve bir soluma olayı hatasında ortaya çıkan maksimum konsantrasyon olarak tanımlanır.

Tavsiye Edilen Maruz Kalma Limitleri (REL) : NIOSH (İş ve İşçi Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü) tarafından geliştirilmiş değerlerdir. 10 saatlik çalışma süreleri için ortalama ve 15 dakikalık sürelerde aşılmaması tavsiye edilen bu konsantrasyonların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

3.5 İç Ortam Hava Kalitesi

İnsanların zamanlarının % 90 kadarını iç ortamda geçirdiklerinden ve iç bölgelerdeki hava kirletici derişikleri, dışarıdaki derişik seviyesinden çoğunlukla daha yüksek olduğundan, iç bölgelerdeki hava kirleticilere maruz kalmak, dış ortamdakiler kadar

önemlidir (Ashrae, 1997). İç ortam havasındaki gaz ve parçacıklar içeren maddeler, bir mahaldeki insanlarla bu insanların etkilerinden kaynaklanır.

Çalışma ortamlarında hava kirleticisi oluşturma potansiyeline sahip maddeler üç kategoriye ayrılabilir: uçucu organik buharlar, İnorganik gazlar ve aerosoller.

Uçucu organik bileşikler (VOC), buhar basınçları 13-130 mPa değerinden büyük olan organik bileşikler olarak tanımlanır. Bunlar 4-16 karbonlu alkenleri, klorlu hidrokarbonları, alkoller, aldehytleri, keton, ester, aromatik hidrokarbonlar (benzen ve toluen gibi) ve heterosiklik bileşikler içermektedir.

3.5.1 Sağlık Üzerindeki Etkileri

VOC' ların (1) akut, kaza maruziyetleri, (2) deneysel kontrollu maruziyetler, (3) çalışma şartlarında ölçülmüş ya da tahmin edilmiş konsantrasyonlarına ait toksik etkiler Tablo 3.4' de gösterilmiştir.

3.5.2 VOC Düzeylerinin Düşürülmesi

İç ortamdaki VOC' lerin düzeylerinin düşürülmesi aşağıdaki hususlarından yararlanabilir;

3.5.2.1 Kaynakta Kontrol

Kaynakta kontrol işlemleri aşağıdaki şekilde üçe ayrılır:

- Yerine koyma: maruziyet potansiyelini azaltmak için toksik maddeler, ekipmanlar yada proses zaman zaman değiştirilebilir. Tehlikeli maddeler yerine daha az toksik, az uçucu, alevlenmeyenler seçilebilir. Ekipman ve proses değişiklikleri ile daha güvenli bir şekilde maruziyetler kontrol edilebilir
- İzolasyon: malzemenin, prosesin veya işlemin fiziksel olarak izolasyonudur. İzolasyon; kaynakta yada çalışanda olacağı gibi kaynakla çalışan arasında da olabilir.
- Bölgesel egzoz havalandırma: havalandırma sayesinde üretimdeki kirleticiler yakalanarak kontrol edilir. Havalandırma sistemleri alanın tamamı dikkate alınarak kirleticinin çalışanın soluma yaptığı alandan uzaklaştıracak şekilde yerleştirilmelidir.

Tablo 3.4: İnhalasyon ile alınan VOC'lere ait toksik etkiler (Rafson, 1998)

VOC	Inhalasyon Konsantrasyonu (ppm)	Maruz kalma Süresi	Sağlık etkileri	Maruz kalma Kaynağı
Aseton	500	Dakikalar	Göz, burun, boğaz tahrişi	2
	500	Dakikalar	Koku farkındalığı, etki yok	2
	1000	Dakikalar	Göz tahrişi	2
	>12000	Dakikalar	Baş dönmesi, zafiyet, bilinç kaybı	1
Metilen klorür	75-100	Seneler	Öznel nörolojik semptomlar,	3
	250	7.5 saat	Normal nöropsi tests	2
	300-800	40 dakika	Abnormal nöropsi tests	2
	500-1000	1-2 saat	Hafif baş ağrısı	2
	500-3600	Seneler	Toksik ensefalopati.	3
	50000	Saniyeler	Ölüm	3
	“yüksek”	Akut	Bitkinlik, zafiyet, kusma, akciğer ödemi	1
	“yüksek” ölçülemez	1-3 saat	Solunum sistemi tahrişi, hemoglobinin azalması, koma, ölüm	1
N- hekzan	54-200	1 sene	Polinöropati	3
	<500		Semptom yok	2
	400-600	Seneler	Polinöropati	3
	420-1280	> 5 sene	Renk görme ve retina pigmentasyonunda değişiklik	3
	>1000	Sürekli	Narkoz semptomları	2
	1500	Sürekli	Göz, boğaz tahrişi, bulantı	2
	2000	10 dakika	Etki yok	2
	5000	10 dakika	Baş dönmesi, kafa karışıklığı	2

3.5.2.2 Kaynak ve Çalışan Arasında Kontrol

Kaynak ve çalışan arasındaki kontrol işlemleri aşağıdaki şekilde ikiye ayrılır:

- izolasyon: çalışanların maruziyetlerini azaltmak amacı ile malzemede, prosesinde ve işlemlerde fiziksel izolasyonlar yapılabilir.
- seyreltici havalandırma: seyreltici havalandırma, hava kalitesini yükseltmek amacıyla alandaki gazların sıcak veya soğuk olan temiz hava ile seyreltilmesi işlemidir. Toksik kirleticiler temiz hava karışımı ile seyreltilebilirler. Bu yöntem düşük toksikliğe sahip küçük miktarda gaz ya da buharların uygun bir şekilde salınmaları söz konusu olduğunda en iyi yöntemdir.

3.5.2.3 Çalışanda Kontrol

Diğer kontrol metodlarının uygun olmadığı zamanlarda çalışanlar için kişisel korucu ekipmanlarının kullanılması önerilir. Bu yöntem; acil durumlarda (baret, güvenlik ayakkabısı, emniyet kemeri) ve sürekli izin verilebilir maruziyet seviyelerinde (solunum sistemi koruyucuları, kulak koruyucuları) olmak üzere ikiye ayrılır.

3.6 Numuneleme ve Analiz

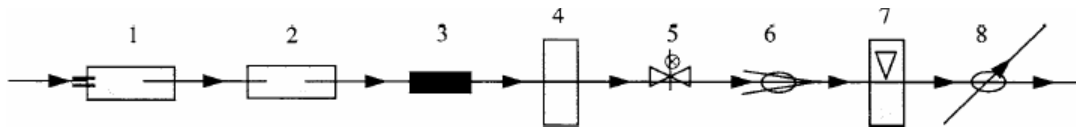
İç ortamlarda hava kalitesinin tespit edilebilmesi için mevcut izleme prosedürlerindeki numuneleme ve analiz yöntemleri, bu yöntemlerin gerektirdiği ekipmanların ve genel prensipleri bu bölümde aktarılmaktadır. İç ortam hava kalitesi ölçümlerinde numuneleme ve analiz yöntemlerinin zor, zahmetli ve zaman alıcı olması kullanılan modelin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

3.6.1 Numuneleme

Numuneleme ortamın temsil edici kısmının fiziksel olarak derlenmesidir. Analiz edilecek materyalin konsantrasyonunda değişikliği veya materyalin herhangi bir kontaminasyonu engelleyecek ve materyalin fiziksel ve kimyasal kompozisyonunu koruyacak temsil edici bir numune alınmalı ve söz konusu şartlar sağlanacak şekilde korunmalıdır.

Numune alınırken tehlikeli maddenin fiziksel özellikleri mutlaka göz önüne alınmalıdır, detaylı bilgi için “Technical Assistance Document for Sampling and Analysis of Toxic Organic Compounds in Ambient Air” (EPA, 1983) referans verilebilir.

Ortam havasının numunesi ortamda bulunması mümkün olan maddelerden zarar görmeyecek bir pompa yardımıyla alınır. Pompanın boyutları geniş, yüksek hacimli türlerden cep boyunda olanlara kadar çeşitlilik gösterir. Kirleticilerin çeşitlerine bağlı olarak numune alımı sırasında kullanılması gerekebilecek özel ekipmanlar ve güvenlik araçlarına gerek duyulur. Numuneler hava geçirmez torbalara, cam veya plastik konteynerlere, absorpsiyonla kömürlü absorpsiyon (charcoal) tüplerine ve katı veya sıvı absorbanlara absorblanarak alınabilir. Uygun numune alma hattı Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8: Seyreltme yapmadan numune alma (Artek, 2006) (1. Ön filtre/numune alma probu, 2. Numune hattı, 3. Sorbent borusu, 4. Kurutma birimi, 5. Ayar vanası, 6. Pompa, 7. Akış ölçer, 8. Gazometre)

Numune alımı ile ilgili seçilmiş bazı teknikler ise Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’ da verilmektedir.

Tablo 3.5: Seçilmiş maddeler için charcoal tüp kullanım rehberi (Carson ve Mumford, 1994)

Madde	Beklenen konsantrasyon aralığı		Tavsiye edilen numune miktarı (ml/dak)			Tavsiye edilen maksimum tüp yükü (mg)	Yaklaşık desorpsiyon verimi (%)	Eluent (yoğunlaştırıcı)
	(ppm)	(mg/m ³)	2 saat	4 saat	8 saat			
Aseton	5-200 200-2000	12-480 480-4800	100 10	50 5	25 1	9	86+-10	CS ₂
Akrilonitril	0.2-2 2-40	0.45-4.5 4.5-90	200 100	200 50	100 25	>2	<80	Metanol
Benzen	0.1-1 1-20	0.31-3.1 3.1-62.6	- 100	200 100	200 50		96	CS ₂
Karbon tetraklorür	0.2-2 2-20	1.3-13 13-130	200 200	200 100	100 50	7.5	97± 5	CS ₂
1-1 Dikloroetan	1-15 1-2015-200	4-60 60-300	100 50	100 25	50 10	7.5	100+	CS ₂
Furfural	0.1-2 1-10	0.4-8 4-40	200 200	200 100	100 50		>80	CS ₂
Isobütil alkol	1-15 15-200	3-46 46-610	200 50	100 25	50 10	10.5	84± 10	CS ₂ +%1 2-propanol
Metilklorür	1-15 15-200	2.1-31.5 31.5-420	200 25	100 10	50 5	1		CS ₂
Fenol	0.1-2 1-10	0.38-7.6 3.8-38	- 200	200 100	100 50			
1,1,1-trikloroetan	0.1-2 2-20	0.6-11 11-110	200 100	100 50	50 25	5	96± 5	CS ₂
Vinil klorür	0.05-1 0.5-2	0.13-2.5 1.3-5.2	- 200	- 200	200 100		85± 5	CS ₂

Tablo 3.6: Hava kirleticileri için numuneleme tekniklerinin seçilmiş örnekleri (Carson ve Mumford, 1994)

Kirletici	Prensip	Araç	Numune Alım yardımcısı	Numune hızı (l/dak.)	alma Numune verimi (%)	Açıklama
Suda çözünebilen veya sadece diğer yardımcılarda çözünebilen veya sadece reaktif özellik gösteren gaz ve buharlar	Basit yıkama ile absorbsiyon	Petri şişesi Yıkama şişesi Drechsel şişesi Etkileyici (Impinger)	Su, asit, baz, veya organik solvent	1-5	90-100	Diğer çözücülerde yüksek reaktif gazlar için serilerde iki ünite kullanılabilir
Her çeşit gaz ve buharlar Mist ve isler (fumelar)	Gazları ince baloncuklara veya geniş yüzeylere dağıtarak çoklu temas yıkaması ile absorbsiyon	Az az harcanan veya sinterlenen (katılaştırılan) cam, alundum, paslanmaz çelik veya plastik	Su, asit, baz, veya organik solvent	1-15 (flask ve katılaştırılmış yüzeyin boyutlarına bağlı olarak)	95-100	Büyük partiküller var ise tıkanabilir veya çökelticiler reaksiyon yaratabilir. Isler (Fumelar) çok düşük hız gerektirirler.
Her çeşit gaz ve buharlar Mistler	Islatılmış yüzeyler tarafından çoklu temas yıkaması sağlanması ile absorbsiyon	Cam bilyeli, cam spiralli veya cam elyaflı paketlenmiş kolonlar Plastik paketlenme ayrıca başka durumlar içinde kullanışlıdır. Geniş yüzeyli duvar alan üniteleri	Su, asit, baz, veya organik solvent	1-5	90-100	Aygtı sürekli ıslatıcı kolonlar için içerebilir Partiküllerin yüksek yükü paketli birimi tıkayabilir
Suda çözünebilen veya sadece diğer yardımcılarda çözünebilen veya sadece reaktif özellik gösteren gaz ve buharlar	Sprey nozzleleri veya jet bozulma ile sıvı atomizasyonu sayesinde çoklu yüzey teması ile absorbsiyon	Crabtree ozon analiz cihazı veya küçük venturi borusu	Su, asit veya baz	5-25	60-100	Venturi borusu toz varsa yeterlidir Atomik absorbsiyon makinesi tıkanabilir
Suda çözünmeyen ancak yavaşça absorbsiyon yardımcılar ile girişim yapan tutuşabilir gazlar veya buharlar	Yanma ve absorbsiyon	Kuarz veya seramik ocaklarda absorbantlarla	Su, asit veya baz	1-5	90-100	Organik halojenmiş isler (fumelar) için de kullanılabilir
Suda çözünmeyen ancak yavaşça absorbsiyon yardımcılar ile girişim yapan gazlar veya buharlar	Kondensatör	Donmayı engelleyiciler tuzaklar veya düşük sıcaklıklı yoğunlaştırıcılar Cam veya metal	Kuru	1-5	90-100 (azaltılan sıcaklıktaki buhar basıncına bağlı)	Cam bilye ile veya diğer genişletilmiş yüzeylerle paketlenabilir

3.6.2 Analiz

İç ortam havasına bulaşmış olan kirleticilerin kantitatif tahminleri için çeşitli fiziksel enstrümanlardan yararlanılarak sağlanmaktadır. Bunun ötesinde izleme teknikleri sofistike işitsel/görsel alarmlar, çalışma günü boyunca çalışan plan izleme monitörleri, grab numuneleme ve kişisel dosimetreleri içerir. Bu ekipmanlardan işyeri havasındaki zehirli gaz ve buharların doğrudan tespiti ve doğrudan konsantrasyonlarının ölçülmesinde kullanılan elektrikli cihazlar ile ilgili standart çalışmaları orijinallerinden birebir çeviri yapmak suretiyle TSE tarafından sürdürmektedir. Alınan numunelerin analizi için kullanılan bu enstrümanların bazıları aşağıda kısaca tanıtılmaktadır.

Yanma (Combustion): Tutuşabilir gaz veya buhar karışımları, tespit edilmek istenen maddenin tutuşma sıcaklığına ısıtılmış tel üzerinden geçirilir. Metot spesifik olmamakla beraber uygun tel sıcaklığı seçilerek daha seçici ve duyarlı kılınabilir. Tutuşabilir gaz indikatörleri Benzen, karbonmonoksit, aseton gibi önceden tahmin edilen bireysel gaz ve buharlara karşı olan tepkileri için kalibre edilmelidir. Ancak, endüstriyel atmosferin çok nadir olarak tek başına bir kirletici gaz ihtiva ettikleri ve bu indikatörlerin mevcut tüm tutuşabilir gazlara tepki vereceğinin farkına varılması çok önemlidir.

Elektrik İletkenliği: Bir gaz-hava karışımı akuatik bir solüsyondan geçirilerek çekilir. İyonize olabilen bu gazlar elektrokondüktivitede değişiklik yaratırlar. Ancak iyonize olabilen diğer tüm gazların konsantrasyonlarının sabit veya ihmal edilebilir olması gerekmektedir. Sıcaklık kontrolü iletkenlik ölçümünde çok kritiktir. Termostat üniteleri kullanılmadığı takdirde hataları tazmin etmek için %2 iletkenlik sıcaklığı düzeltme faktörü ile her derece başına ayarlama yapılması gerekir. SO ve SO₂ ölçümlerinde başarı ile kullanılmaktadır.

Termal İletkenlik: Gaz veya buhar iletkenliğinin spesifik ısısı hava, argon, helyum, hidrojen veya nitrojen gibi taşıyıcı gazlardaki konsantrasyonlarının bir ölçüsüdür. Spesifik olmayan bir metot olup, en büyük başarısını gaz kromatografadan ayrılmış olarak basılan bileşiklerin konsantrasyonlarını tahmin etmekte göstermiştir. Metot,

sıcaklığın kızmış telden gaz akışının tekil bileşiğine kaybedilmesi esasına dayanmaktadır.

Infrared Spektroskopi: Bu tekniğin temeli, karakteristik bir “parmak izi” veren dalga boylarının uzun spektrumu üzerinden radyoaktif olmayan kısımların moleküller tarafından absorblanması ile kalitatif ve kantitatif veri sağlanmasına dayanır. İşyeri hijyenine ait tespitlerde başarı kazanmıştır.

Kolorimetri (Fotometri): Kolorimetri elektromagnetik spektrumun görünür, ultraviyole veya infrared bölgesindeki radyant enerji ışınlarının gücünü ölçümüdür. Reaksiyon solüsyonda, katı ile desteklenen tüplerde veya kağıt şeritlerde gerçekleşebilir. Çoğunlukla renk indikatörlü tüpleri esas alan taşınabilir gaz tespit sistemleri kullanılmaktadır. Tüp kullanımı ise 200’ün üzerinde farklı gaz tespit edilebilmektedir. Çalışma esası, elle çalıştırılan veya sabit bir hava hacmini aspire eden pistonların spesifik bir kirletici veya kirletici grubu ile renk değiştiren reaktif madde ile doyurulmuş kristaller (silikajel veya alumina) içeren cam tüpten geçirilmesine dayanır. Çok az sayıda tüp uzun süreli izleme yapmaya müsaittir. Ayrıca pompanın yanlış yerleştirilmesi, yanlış pompa seçimi; tüpün basıncı, sıcaklık, nem aralıkları dışında kullanılması, havada bulunan tozlar nedeniyle tüp blokajı gibi sebeplerle ölçüm hataları oluşmaktadır. Kullanımı yaygın olan Drager tüpleri kolorimetrik ölçüm esaslarına dayanır.

Gaz Kromotograf: Gaz kromotograf bileşikleri kompleks karışımlardan fiziksel işlemlerle ayırır. Bu teknikle maddeler kantitatif ve kalitatif olmak üzere tespit edilirler. Bir gaz kromotograf bir akım ölçer ve basınç regülatörü ile tamamlanmış bir gaz taşıyıcı desteğinden; bir paslanmaz çelik, bakır veya cam ayırma kolonundan, ayırma kolonunun ön kısmına denk gelen ucundaki porta gaz girişi için bir enjeksiyon sisteminden; bir ısıtıcıdan; bir dedektörden ve bir kayıt cihazından oluşur. Tespit sistemleri alev iyonizasyonu, termal iletkenliği ve elektron yakalamayı içerir. Gazın kolonda kalma süresine bağlı olarak ve destekleyici analitik tekniklerle (infrared spektrofotometri gibi) bir kromotogramın bireysel piklerinin saptanması sağlanır. Metot ekstrem derecede net ayırım sağlayabilmektedir ve organik madde analizleri için idealdir.

3.7 Türkiye’deki Tehlikeli Maddeler İle İlgili Yasal Mevzuat

Bu bölüm kapsamında Türkiye’deki tehlikeli maddelerle ilgili iç ortam ve maruziyet limitleri açısından yasal düzenlemeler aktarılmış ve yurtiçindeki yapı vurgulanmak istenmiştir.

3.7.1 Çevre Kanunu

11 Ağustos 1983 tarihli 2672 sayılı resmi gazetede yayınlanan Çevre Kanunu 13. Maddesinde Zararlı Kimyasal maddeler için “Havada, suda veya toprakta kalıcı özellik gösteren ve ekolojik dengeyi bozan kimyasal maddelerin üretim, taşıma, depolama ve kullanımında çevre korunması esasları dikkate alınır. Bu tür maddelerin üretim, ithal, taşıma, depolama ve kullanımına ilişkin sınırlamalar yönetmelikle belirlenir “ ifadesini kullanılmaktadır. Bölüm içerisinde incelenecek ve irdelenecek olan yönetmelikler bu madde gereğince çıkartılmıştır.

3.7.2 Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük

Yönetmelik kapsamında 1475 sayılı İş Kanunu gereğince giren ve parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı, katı, sıvı, gaz halindeki maddelerle çalışılan işyerlerinde ve işlerde, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü’nde öngörülen tedbirlerden başka alınacak sağlık ve güvenlik tedbirleri gösterilmiştir.

Yönetmeliğin 15. maddesi gereğince; parlayıcı, patlayıcı, tehlikeli ve zararlı özellikteki çeşitli kimyasal maddelerin işyeri havasında bulunan miktarları, belli ve gerekli zaman aralıkları içinde ölçülerek bu miktarların, maddelerin işyeri havasında bulunmasına müsaade edilen ve orada çalışanların sağlıklarını bozmayacak olan en çok miktardan fazla olup olmadığı ölçülerek saptanacak ve işyeri havalandırma tesisatı yeterlik bakımından yetkili elemanlarca kontrol edilecektir.

3.7.3 İş Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetmeliği

Yönetmelik kapsamında 4857 sayılı İş Kanunu gereğince mesleki risklerin önlenmesi, sağlık ve güvenliğin korunması, risk ve kaza faktörlerinin ortadan

kaldırılması, iş sağlığı ve güvenliği konusunda işçi ve temsilcilerinin eğitimi, bilgilendirilmesi, görüşlerinin alınması ve dengeli katılımlarının sağlanması, yaş, cinsiyet ve özel durumları sebebi ile özel olarak korunması gereken kişilerin çalışma şartları, ile ilgili genel prensipler ve diğer hususlar düzenlenmiştir.

3.7.4 Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik

Yönetmelik kapsamında 4857 sayılı İş Kanunu gereğince işçilerin, kanserojen ve mutajen maddelere maruziyetinden kaynaklanan risklerden korunması için bu maddelere maruziyetin önlenmesi de dahil olmak üzere gerekli sağlık ve güvenlik önlemlerini belirtmiştir.

Yönetmeliğin 5. maddesinde risk değerlendirmenin gerekliliği belirtilmiş, 7. madde de ise maruziyetlerin önlenmesi ve azaltılması adına gerekli tedbirler verilerek Ek 3'deki sınır değerlerin sağlanması zorunlu kılmıştır. Yönetmeliğin ilgili eki Tablo A.1' de verilmiştir.

3.7.5 Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik

Yönetmelik kapsamında 4857 sayılı İş Kanunu gereğince işyerinde bulunan, kullanılan veya herhangi bir şekilde işlem gören kimyasal maddelerin tehlikelerinden ve zararlı etkilerinden işçilerin sağlığını korumak ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için asgari şartları belirlemektedir.

Yönetmeliğin 6. maddesinde risk değerlendirmenin gerekliliği belirtilmiş, 11 ve 12. madde ile mesleki maruziyetler için Ek 1, 2 ve 3'deki sınır değerlerin sağlanması zorunlu kılmıştır. Yönetmeliğin ilgili ekleri Tablo A.2., A.3., A.4.' de verilmiştir.

3.7.6 Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği

Bu Yönetmelik 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 13 üncü maddesi ve 443 sayılı Çevre Bakanlığı'nın Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'nin 2. maddesinin (j) ve (k) bendleri ve 9. maddesinin (d) bendi gereğince hazırlanmıştır.

Bu Yönetmeliğin amacı, tehlikeli kimyasalların kontrol altına alınarak olumsuz etkilerinden çevre ve insanın korunmasına yönelik idari ve teknik usul ve esasları düzenlemektir.

Yönetmelikte zararlı maddelerin listesi Ek 1’de, kanser yapıcı maddelerin listesi Ek 6’da verilmiştir.

3.7.7 Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği

Bu yönetmelik 2872 sayılı Çevre Kanununun 1 ve 3’ üncü maddelerinde öngörülen amaç ve ilkeler doğrultusunda 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 üncü maddelerine dayanarak hazırlanmıştır ve 26236 sayılı Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yönetmeliğin amacı her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak, insanı ve çevresini hava alıcı ortamdaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır.

Yönetmelik bu amaca ulaşmak için tesislerin kurulması ve işletilmesini; tesislerin, yakıtların, hammaddelerin ve ürünlerin üretilmesi, kullanılması, depolanması, taşınması ve ithalini; motorlu vasıtaların donanımları, çalıştırılmaları ve uygulanmaları gereken keyfiyetleri kapsamaktadır.

Yönetmelik kapsamında Ek 1 Emisyon İznine Tabi Tesisler İçin Esaslar ve Sınır Değerler i bendinde organik buhar ve gaz emisyonları, j bendinde kanser yapıcı maddelerin emisyon sınırları, k bendinde ise aşırı derecede tehlikeli maddeler limit değerler verilmiştir. Limit değerlerin uygulanacağı maddeler Ek A.1 ‘de verilmiştir.

İ.3.)-Organik Buhar ve Gaz Emisyonları:

Tablo A.5.’de I-II-III olarak sınıflandırılan, atık gazlarda bulunan organik bileşiklerin buhar ve gaz biçimindeki emisyonları, aynı sınıftan birden fazla bileşik bulursa dahi bunların toplam emisyonları, aşağıdaki değerleri aşamaz.

I.inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (0.1 kg/s üzerinde emisyon debileri için)	20 mg/m ³
II.ci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (3 kg/s üzerinde emisyon debileri için)	150 mg/m ³

III.cü sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu 300 mg/m³
(6 kg/s üzerinde emisyon debileri için)

Birden fazla sınıfa ait organik bileşiklerin birlikte atılması durumunda, bu maddede yukarıda verilen değerlerin aşılmaması kaydıyla, toplam emisyon konsantrasyonu 300 mg/m³ü geçemez.”

J) Kanser yapıcı maddelerin emisyon sınırları:

Tablo A.6.’da I, II ve III olarak sınıflandırılan maddelerin, aynı sınıftan birden fazla madde bulunması durumunda bunların toplam konsantrasyonları aşağıdaki değerleri aşamaz.

I’inci sınıfa giren maddeler

(0,5 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için) 0,1 mg/Nm³

II’nci sınıfa giren maddeler

(5 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için) 1 mg/Nm³

III’üncü sınıfa giren maddeler

(25 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için) 5 mg/Nm³

Yukarıda verilen konsantrasyon sınırları aşılmaması kaydıyla, I inci ve II nci sınıflara giren kanser yapıcı maddelerin bir arada bulunması durumunda toplam emisyon konsantrasyonu 1 mg/Nm³, I inci ve III üncü veya II nci ve III üncü sınıflara giren kanser yapıcı maddeler bir arada bulunması durumunda ve I inci, II nci ve III üncü sınıflara giren kanser yapıcı maddeler bir arada bulunması durumunda toplam emisyon konsantrasyonu 5 mg/Nm³’ü sınırını aşamaz.

Yönetmeliğin istisnalar ile ilgili maddesi uyarınca İş Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzükleri kapsamına giren işyeri atmosferleri bir istisna teşkil etmekte ve bu yönetmelik uygulanmamaktadır. Bu referansla yola çıkılıp İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü incelendiğinde Umumi Hıfzısıhha Kanununu hükümlerine ve mevzuatına göre hareket edileceği söylendiği görülmektedir. Söz konusu tüzüğün işyerleri için kanserojen özellik gösteren maddelere ait bir eki bulunmakla beraber bu ek herhangi bir bireysel madde bazında limit değer belirtmemekte, yapılan ölçümler sonucu maddenin miktarı değil mevcut olduğunun tespiti hedeflenmektedir. Bunun dışında bahsi geçen 1950’lerden kalan liste bulunmaktadır.

4. YÖNTEM ve UYGULAMA

Bu bölümde, ilaç endüstrisi alt kategorilerden ve ilaç endüstrisi iç ortam hava kalitesinde tehlikeli maddeler için oluşturulmuş olan insan sağlığı risk değerlendirmesi modelinin fonksiyonları **Yamantürk (2001)** ve değerlendirme şekilleri anlatılmıştır.

4.1 İlaç Endüstrisi

İlaç sanayi beşeri ve veteriner hekimlikte tedavi edici, koruyucu ve besleyici olarak kullanılan sentetik, bitkisel, hayvansal ve biyolojik kaynaklı kimyasal maddeleri farmasötik teknolojiye uygun olarak, bilimsel standartlara göre belirli dozlarda basit veya bileşik farmasötik şekiller haline getiren ve seri olarak üreterek tedaviye sunan bir sanayi dalıdır.

İlaç sektöründe; 134 (85'i ilaç üreticisi, 11'i hammadde üreticisi, 38'i ithalatçı) Bu kuruluşlardan Sosyal Sigortalar Kurumu İlaç ve Tıbbi Malzeme Müessesesi ile Milli Savunma Bakanlığı Ordu İlaç Fabrikası kamu sektörüne, diğerleri özel sektöre aittir.

35 adet yabancı sermayeli firma (8'i üretici). Diğerleri ilaçlarını fason üretimle, ya da ithal ederek piyasaya vermektedir. İlaç hammaddesi üreten 11 adet firma Bunlardan 10 'nu özel sektör, 1'i kamuya aittir. Özel sektördeki firmalardan 1 tanesi yabancı sermayelidir (DPT, 2001).

İlacın tanımına bakıldığında, **İlaç** (Tıbbi Farmasötik Ürün) insanlarda hastalıklardan korunma, tanı, tedavi veya bir fonksiyonun düzeltilmesi ya da insan yararına değiştirilmesi için kullanılan genellikle bir veya birden fazla yardımcı madde ile formüle edilmiş etkin madde veya maddeleri içeren bitmiş dozaj şeklidir.

İlaçların çeşitli üretimler sonucunda sınıflandırılması Tablo 4.1 'de görülebilir.

Tablo 4.1: İlaçların sınıflandırılması (DPT, 2001)

Farmasötik Şekillere Göre	Tedavi Edici Niteliklerine Göre
Katı ilaç şekilleri	Antibiyotikler ve diğer kemoterapötikler
Sıvı ilaç şekilleri	Kalp-damar sistemi ilaçları
İki fazlı sistemler	Su-tuz ve asit-baz dengesini etkileyen ilaçlar ve diüretikler
Yarı katı ilaç şekilleri	Solunum sistemi ilaçları
Aerosoller	Santral Sinir Sistemini Etkileyen İlaçlar
Parenteral preparatlar	Endokrin sistemi etkileyen ilaçlar
Radyofarmasötikler	Otakoidler ve antihistaminikler
Kontrollü salım sistemleri	Vitaminler, mineraller ve kombinasyonları
Diğer preparatlar	Antianemik ilaçlar
Pansuman ve cerrahi malzemeler	Sindirim sistemi ilaçları
	Dermatolojik İlaçlar

İlaç endüstrisi beş alt kategoride sınıflandırılmaktadır. Bu alt kategoriler oluşturulurken üretim prosesi, kullanılan hammadde, oluşan ürün, atık su karakterizasyonu ve arıtılabilirliği göz önüne alınmaktadır.

Bu alt kategoriler:

- Fermantasyon
- Biyolojik ve tabii ekstraksiyon
- Kimyasal sentez
- İlaç Araştırma ve Geliştirme
- **Formulasyon**

Tez çalışmasında incelenen Formulasyon alt kategorisi farklı bir alt başlık altında anlatılacaktır.

4.1.1 Formulasyon

İlaçların etkim maddeleri kimyasal sentez ile üretilmektedir. Üretilen hammaddelerin belirli oranda katkı maddeleri ile karıştırılarak, bunların tüketicinin kullanmasına uygun dozlarda olacak şekilde hazırlanmalıdır. Kullanılan bu ilaç formları yarı katı

preparatlar (pomad, merhem), katı preparatlar (tablet, kapsül, draje, film tablet) ve sıvı preparatlar (şurup, damla, ampul, emülsiyon, süspansiyon) şeklinde hazırlanmaktadır. Katı, sıvı ve yarı katı preparatların proses akım şemalarını Şekil B.1-B.3’ de verilmiştir.

Kapsül üretimi: hammaddelerin homojen karışımlarını elde etmek üzere karıştırma makinalarında karıştırmaları ile başlar. Elde edilen karışımın gerekirse, bir vakum etüvünde rutubeti alınır. Daha sonra karışımlar boş jelâtin kapsüllere özel dolum makinalarında doldurulur. Kapsül olarak çeşitli müstahzarlar üretilmekte olup, bunların hepsinin üretiminde aynı prosedür uygulanmaktadır.

Tablet üretimi: tablet hazırlama, tablet baskı ve ambalaj kısımlarından oluşur. Hammaddeler karıştırıldıktan sonra hamur yapma makinasına verilir. Daha sonra granül hale getirilir ve kurutulur, sonra gerekirse kırma makinalarında kırılır ve elde edilen ürün tablet baskı kısmına verilir. Bu makinalarda istenen ağırlık ve şekilde basılan tabletler ambalaj kısmına gönderilir. Ambalaj kısmında tablet doldurma makinaları ve diğer ambalaj makinaları yer almaktadır. Tablet olarak çeşitli müstahzarlar üretilmekte olup, her üretimde aynı prosedür uygulanmaktadır.

Draje üretimi: draje üretimi tablet kısmında hazırlanan draje çekirdeklerinin kaplama kazanlarında kaplanması şeklinde yürütülür.

Şurup üretimi: süspansiyon elde edilmesi ile başlar. Bu amaçla ısıtma ve karıştırma tertibatı olan kazana hammaddeler ve su alınarak karıştırma ile süspansiyon elde edilir. Elde edilen süspansiyon borular vasıtasıyla bekletme kazanlarına alınır. Daha sonra bekletme kazanlarından, şurup doldurma makinalarına verilerek burada şişelenir.

Merhem üretimi: hammaddelerin bir kısmı kazanda eritilerek karıştırılması ile yapılır. Hazırlanan merhem dolgu makinasına alınır.

Toz antibiyotik üretimi: toz antibiyotik doldurulacak şişeler şişe yıkama kısmından yıkanır. Temiz şişelere toz antibiyotik steril, sahada yer alan toz doldurma makinasında doldurulur.

Tablo 4.2.’ de katı, likit ve yarı katı ilaç formlarının içerik özellikleri ve kullanım yerleri belirtilmiştir.

Tablo 4.2: İlaç dozaj formları (Akgün, 2001)

Dozaj Formları	İçerik ve Özellikler	Kullanım
Likid		
Aromatik sular	Uçucu yağ veya katılar, su	Tatlandırıcı ajanlar
Şuruplar	Tatlandırıcı solvent, ilaç hammaddesi	Tatlandırıcı ajanlar, tedavi amaçlı
Alkol esans	Alkol, su, uçucu maddeler	Tatlandırıcı veya tedavi
Sıvı veya solüsyonlar	Su, kimyasallar	İç veya dış formulasyon amaçlı
Parantral solüsyonlar	Steril, serbest pirojen, izotonik, kanın pH'sına yakın pH, yağlı veya sulu süspansiyon	Enjeksiyon amaçlı
Oftalmik	Steril, gözyaşının pH'sına yakın	Göz tedavisi
Nasal	Sulu burun mukozasına yakın pH; sprey veya damla	Burun tedavisi
Otik	Gliserol bazlı	Kulak tedavisi
Gargara	Sulu, antiseptik	Kısa süreli bakteri kontrolü
Emülsiyon, losyon	Su bazlı veya yağ bazlı	Oral, dış veya enjeksiyon
Süspansiyon	Su, alkol, glikol veya yağ içerisinde toz süspansiyon	Oral doz veya deri uygulamalarında süspansiyon
Yarı katı ve plastik		
Merhem	HC (yağlı), suda çözülebilir, emülsifiye ajanlar, glikol, ila hammadde	Dış uygulama
Suppozituar	Theobrama, yağ, gliserinli jelatin, ilaç hammaddesi	Vücut boşluğuna uygulanır
Katı		
Effersan toz	CO ₂ açığa çıkartan içeriğe sahip	Dış ve iç kullanım
Kapsül	Az dozda tozun jelatin kapa konulması; aktif madde	İç kullanım
Pastil	Kaplama veya şeker diskin glisero-jelatin ile kaplanması ile oluşturulur.	Ağızda yavaş eritilerek kullanılır
Tablet	Çabuk eriyen (nitrogliserin)	Oral
Granül	tozdan saha büyük partikül yapısına sahip	Oral
Komprese(sıkıştırılmış) tabletler	Suda çözülmüş veya suyla karışık değişik şekilde	Oral veya dış kullanım
Kaplama tablet	Yavaş etki için	Oral

4.2 Tehlikeli Maddeler İçin İç Ortam Hava Kalitesi ve İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi Modeli

Bu bölümde; tehlikeli maddelerin tanımları, özellikleri, yasal çerçevedeki durumu ve risk değerlendirmesi hakkındaki literatür araştırmasından yola çıkarak oluşturulmuş, uçucu ve toksik özelliklere sahip tehlikeli maddelerin iç ortamlarda insan sağlığı açısından risk değerlendirmesini yapmak için geliştirilen model anlatılmıştır.

4.2.1 Model Yaklaşımı

Hava kalitesi ile ilgili ve özellikle uçucu özellikteki tehlikeli maddelerin iç ortamlarda insan sağlığı etkilerini bir model çerçevesinde değerlendirilmesinde ilk yaklaşım olarak bu maddelerin uçuculuk özelliklerinde etkin olan buhar basınçları esas alınmıştır. Modelleme yaklaşımında özellikle endüstriyel proses alanlarında kullanılan tehlikeli maddelerin gerek kapalı reaktörlerde ve gerekse depo ve tanklarda olsun iş ve işçi çalışma koşulları gibi insan sağlığını solunum yolu ile etkileyebilecek bir iç ortamdaki hacim esas alınarak, bu hacim içinde havadaki doymunluk konsantrasyonu hesabı ile solunum sonucu muhtemel maruz kalma periyotlarında vücuda alınacak dozların literatürde ve yönetmeliklerde belirtilen PEL değerlerine göre karşılaştırılması esas alınmıştır. Buna göre modelin yaklaşımı bir risk değerlendirmesi insan sağlığı ile ilgili standartların eşik değerlerini iç ortamdaki risk boyutlarını çevre mühendisliği açısından değerlendirme, izleme ve denetim boyutlarında kolay anlaşılabilir, uygulanabilir bir skalada sayısal değerlerle değerlendirmektir. Modelin fonksiyonları bu yaklaşım çerçevesinde;

$$INAQRA_{1,2} = f (V_{PA}, m_a, V, T, K_e, K_s, PEL, TLV, LD_{50}, IR, I)$$

INAQRA₁: Modelin 1. Hava kalitesi değer

INAQRA₂: Modelin 2. Hava kalitesi değeri

m_a: Maddenin molekül ağırlığı

V: İç ortam hacmi

T: Sıcaklık

K_e: Buhar boşluğu genişleme faktörü

K_s: Çıkan buharın doymunluk faktörü

PEL: İzin verilebilir maruz kalma limiti

LD₅₀: Lethal doz %50

IR: Solunum hızı

I: Vücuda alınan dozajı ifade eder.

Modeli etkileyen fonksiyonlar içinde uçucu tehlikeli maddelerin depolanmaları sırasında uçuculuk kayıplarına ait hesaplama yöntemi buhar basınçları esas alınarak tank geometrisi ile iç ortam geometrisi özdeşleştirilerek yapılmıştır. Buhar basıncı yüksek olan tehlikeli maddenin bireysel etkisi göz önüne alınmış, buna karşılık buhar basıncı düşük olan tehlikeli maddenin buhar basıncı yüksek olan tehlikeli madde ile sinerjistik etkisi göz önüne alınmamış; özetle model için bireysel madde baz alınmıştır. İç ortam konsantrasyonunun elde edilmesi ile vücuda alınan dozajın hesaplanma yöntemi ise solunum ile maruz kalma periyodundaki alınmayı veren bir formül ile değerlendirilmiştir (Yamantürk, 2001).

4.2.2 Modelin Fonksiyonları

Önerilen değerlendirme sisteminde 1. hava kalitesi değeri, INAQRA₁ aşağıda belirtilen maddelerin bir fonksiyonudur:

- **Q**: Uçucu tehlikeli maddenin buharlaşarak iç ortama çıkan miktarı (kg)
(API Publication, 1990)
- **d_v**: Uçucu tehlikeli maddenin buhar yoğunluğu (gr/lit)
- **m_a**: Uçucu tehlikeli maddenin molekül ağırlığı (gr/mol)
- **R**: İdeal gaz sabiti: 0.082 atm. lit/ mol. K
- **T_{LX}**: Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı (R, C, F, K)
- **T_{LA}**: Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı (⁰ C)
- **T_{LN}**: Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı (R, C, F, K)
- **T_{aa}**: Ortalama çevre sıcaklığı (⁰ C)
- **T_L**: Sıvı kütle sıcaklığı (⁰ C)
- **A**: Antoine sabiti (birimsiz)
- **B**: Antoine sabiti (R, C, F, K)
- **C**: Antoine sabiti (R, C, F, K)
- **K_e**: Buhar boşluğu genleşme faktörü (birimsiz)
- **ΔT_v**: Buhar sıcaklığı değişim aralığı (⁰ C)
- **ΔT_a**: Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı

- ΔP_v : Buhar basıncı değişim aralığı (atm)
- P_{vX} : Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığında buhar basıncı (atm)
- P_{vA} : Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığında buhar basıncı (atm)
- P_{vN} : Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığında buhar basıncı (atm)
- P_{atm} : Atmosfer basıncı (atm)
- K_s : Çıkan buharın doygunluk faktörü (birimsiz)
- h : Uçucu tehlikeli maddenin bulunduğu reaktörün üzerindeki boşluk hacminin yüksekliği (m)
- V : İç ortam hacmi (m^3)
- PEL : İzin verilebilir maruz kalma limiti (mg/m^3)

Önerilen değerlendirme sisteminde 2. hava kalitesi değeri $INAQRA_2$ aşağıda belirtilen maddelerin bir fonksiyonudur:

- I : Vücuda alınan dozaj (mg/kg)
- CA : Maddenin iç ortam havasında bulunan konsantrasyonu (mg/m^3)
- IR : Solunum hızı ($m^3/saat$)
- ET : Maruz kalma süresi ($saat/gün$)
- EF : Maruz kalma sıklığı ($gün/yıl$)
- ED : Maruz kalma uzunluğu (yıl)
- BW : Vücut ağırlığı (kg)
- LD_{50} : Lethal doz %50 (mg/kg)

4.2.2.1 $INAQRA_1$

İç ortam hava kalitesi değeri, $INAQRA_1$, ortamda bulunma potansiyeline sahip konsantrasyon ile PEL değeri arasındaki orandır. Modelde iç ortam hava kalitesini belirleyen parametre aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir:

$$INAQRA_1 = \log [(Q/V) / PEL] \quad (4.1)$$

Uçucu tehlikeli maddenin buharlaşarak iç ortama çıkan miktarı: Q

Uçucu özelliği dolayısıyla iç ortama buharlaşarak çıkmasıyla tehlikeli hava kirleticisi olan maddenin, bu şekilde iç ortam emisyonuna dönüşen miktarı aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanabilir:

$$Q = V \times d_v \times K_e \times K_s \quad (4.2)$$

Uçucu tehlikeli maddenin buhar yoğunluğu: d_v

Uçucu tehlikeli maddenin iç ortamda gaz formunda bulunan kirletici konsantrasyonudur. Yaklaşım bölümünde bahsedilen kabuller çerçevesinde aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$d_v = (m_a \times P_{VA}) / (R \times T_{LA}) \quad (4.3)$$

İdeal gaz sabiti, R, ise 0.082 atm . lt/ mol . K dir.

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA} ise şu bağıntı ile bulunur:

$$T_{LA} = 0.44 T_{aa} + 0.56 T_L \quad (4.4)$$

Günlük maksimum, ortalama, minimum sıvı yüzey sıcaklığında buhar basınçları: P_{VX} , P_{VA} , P_{VN} (Robert C. Reid, 1987)

Bir maddenin buhar basıncı ne kadar yüksek ise o maddenin havadaki konsantrasyonu o kadar yüksektir. Benzer şekilde solunacak olan miktar da yüksek olacaktır. Buhar basıncı bir maddenin yüzeyinden ne kadar hızlı şekilde hava ile karıştığının bir ölçüsüdür (NIOSH, 1999). Buhar basıncı değeri ile uçuculuk doğru orantılıdır.

Uçucu tehlikeli maddenin proses içindeki maksimum, ortalama ve minimum sıvı yüzey sıcaklığındaki buhar basınçları sırasıyla 4.5, 4.6 ve 4.7 eşitlikleri kullanılarak bulunabilir:

$$P_{VX} = \exp [A-B/(T_{LX}-C)] \quad (4.5)$$

$$P_{VA} = \exp [A-B/(T_{LA}-C)] \quad (4.6)$$

$$P_{VN} = \exp [A-B/(T_{LN}-C)] \quad (4.7)$$

A, B ve C sabitleri Antoine sabitleri olarak anılmakta olup literatürde çeşitli maddeleri için belli sıcaklık aralıklarında geçerli olan ve her madde için değişen değerlerdir. Farklı sıcaklık birimleri ve farklı basınç birimleri için geçerli çok sayıda sabit bulunabileceği için modelde sabitlerin birimlerine bir sınırlama getirilmemiş, sonuçta elde edilen buhar basıncı değerinin atmosfer cinsine çevrilmesi uygun görülmüştür.

Buhar boşluğu genleşme faktörü: K_e

Söz konusu faktör düzeltme faktörü aşağıda verilen formülden hesaplanır:

$$K_e = \Delta T_v / T_{LA} + \Delta P_v / (P_{atm} - P_{VA}) \quad (4.8)$$

Buhar sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_v , günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a ile orantılı olup aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$\Delta T_v = 0.72 \times \Delta T_a \quad (4.9)$$

Buhar basıncı değişim aralığı ise 4.5, 4.6, 4.7. bağıntıları verilen maksimum ve minimum sıvı yüzey sıcaklığındaki buhar basınçlarının farkına eşittir:

$$\Delta P_v = P_{vX} - P_{vN} \quad (4.10)$$

Atmosfer basıncı, P_{atm} , çalışma ortamının bulunduğu yükseklikteki atmosfer basıncına karşılık gelmektedir.

Çıkan buharın doygunluk faktörü: K_s

Çıkan Buharın Doygunluk Faktörü, K_s , çıkan buhardaki tehlikeli madde buhar doygunluğunun derecesini belirleyen faktördür. Çıkan Buharın Doygunluk Faktörü 4.11 nolu eşitlikten tahmin edilebilir:

$$K_s = 1 / (1 + 2.557 \times P_{VA} \times h) \quad (4.11)$$

4.11 eşitliğindeki sabit, 2.557, $(atm \times m)^{-1}$ birimine sahiptir.

Uçucu maddenin bulunduğu reaktörün üzerindeki boşluk hacmi, h , ise formülde (m) biriminde kullanılmaktadır.

Hacim: V

İç ortam hacmi, h , uçucu tehlikeli maddenin buharlaşarak yayıldığı çalışma ortamının hacmine eşittir. Çalışılan kapalı alanın geometrisinden yararlanılarak, kapalı bir kap farz edilen ortamın hacmi hesaplanmalıdır.

İzin verilebilir maruz kalma limiti: PEL

Söz konusu tehlikeli madde için literatürden veya maddenin emniyet veri tablosu (MSDS) tablolarından 8 saatlik müsaade edilebilir maruz kalma limiti, PEL, değeri bulunmalı ve formülde mg/m^3 biriminde kullanılmalıdır.

Çoğunlukla ppm cinsinden verilen PEL değerleri mg/m^3 birimine çevirmek için aşağıdaki eşitlik (Tünay ve Alp, 1996) kullanılabilir:

$$PEL (mg/m^3) = PEL (ppm) \times m_a / [22.4 \times ((T_{LA} + 273) / 273)] \quad (4.12)$$

4.2.2.2 INAQRA₂

İç ortam hava kalitesi değeri, INAQRA₂, buharlaşan uçucu tehlikeli maddeye maruz kalan bir kişinin vücudunun maruz kalabileceği madde miktarı ile ölümcül doz olan LD₅₀ değeri arasındaki orandır. Modelde iç ortam hava kalitesini belirleyen parametre aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir:

$$\text{INAQRA}_2 = \log (I / \text{LD}_{50}) \quad (4.13)$$

Vücuda alınan dozaj: I (EPA, 1989)

Vücuda alınan dozaj, I, Çalışma ortamındaki buharlaşan uçucu tehlikeli maddeye maruz kalan bir kişinin solunum yolu ile vücuduna alabileceği madde miktarıdır. Söz konusu dozaj eşitlik 4.14 ile verilmektedir:

$$I = (CA \times IR \times ET \times EF \times ED) / (BW) \quad (4.14)$$

Maddenin iç ortam havasında bulunan konsantrasyonu, CA, mg/m³ cinsindendir. Bir başka deyiş ile solunum yolu ile vücuda alınacak havanın konsantrasyonudur. Formül 4.15’de hesaplanır.

$$CA = Q / V \quad (4.15)$$

Solunum hızı, IR, yetişkinler için tavsiye edilen sınır üzeri değer 30 m³/gün (EPA 1989), yetişkinler için ortalama değer 20 m³/gün (EPA 1989) dür. Solunum hızı formülde m³/saat biriminde kullanılmalıdır.

Maruz kalma süresi, ET, buharlaşan uçucu tehlikeli maddeye maruz kalan kişinin proses alanında saat bazında bulunduğu toplam süredir.

Maruz kalma sıklığı, EF, maruz kalan kişinin buharlaşan uçucu tehlikeli maddenin bulunan ortamda sene içerisinde çalıştığı gün sayısıdır.

Maruz kalma uzunluğu, maruz kalan kişinin buharlaşan uçucu tehlikeli maddenin bulunan proses alanında çalıştığı sene sayısıdır.

Vücut ağırlığı, BW, buharlaşan uçucu tehlikeli maddeye maruz kalan kişinin vücut ağırlığıdır.

Lethal doz %50: LD₅₀

Söz konusu tehlikeli madde için literatürden veya maddenin emniyet verileri (MSDS) tablolarından %50 ölümcül doz değeri, LD₅₀ değeri bulunur ve formülde mg/kg biriminde kullanılır.

4.2.3 Değerlendirme

INAQRA₁ değerinin tespiti sonrasında Tablo 4.3’de verilen derecelendirme grafiği ile uçucu tehlikeli maddenin tehlike sınıfı tespit edilip, alınması tavsiye olunan önlemler belirlenebilir.

INAQRA₂ kullanılarak, LC₅₀ değeri ile PEL değerinin tavsiye edilen oran aralığının belirlenmesine yardımcı olacak grafik Tablo 4.4’ de gösterilmektedir. Elbette PEL ve TLV değerleri her madde için spesifik ve benzersizdir; maddenin ölüme varan etkileri dışında biyoakümülyasyon, kanserojenlik, akut ve kronik etkiler gibi pek çok özelliği göz önüne alınması gerektirdiği için bu oran aralığının başlangıç noktası ve yol gösterici özelliktedir. ABD Zehirli Maddelerin kontrolü yasası (TSCA) uyarınca envanteri yapılmış ticari ürün ve süreçlerde kullanılan kimyasal maddelerin yaklaşık %80’ ni için toksisite verileri yoktur (Yamantürk, 2001).

Tablo 4.3: INAQRA₁ için derecelendirme sınıfları (Yamantürk, 2001)

INAQRA 1	Tehlike sınıfı	Önlemler
8 ve üzeri	8. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Gerekli görüldüğü takdirde kullanımının yasaklanması -Vardiya süresince 10 dakika sıklıkla ara verilmesi -Maddenin kapalı reaktörde işlem görmesi -Robotların kullanılması -İşçilerin gaz maskesi ve koruyucu elbise kullanmaları -Yüksek performanslı havalandırma -Difüzyon veya emici cihazlı gaz algılayıcıları ve alarm cihazları montajı ile doğrudan tespit ve doğrudan konsantrasyon ölçülmesi, sürekli izleme -Yüksek risk potansiyeli nedeniyle yönetim şeklinde değişiklik ve maddenin kullanımına yasaklama getirilmesi mümkündür
7	7. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Vardiya süresince 15 dakika sıklıkla ara verilmesi -Maddenin kapalı reaktörde işlem görmesi -Robotların kullanılması -İşçilerin gaz maskesi ve koruyucu elbise kullanmaları -Yüksek performanslı havalandırma -Difüzyon veya emici cihazlı gaz algılayıcıları ve alarm cihazları montajı ile doğrudan tespit ve doğrudan konsantrasyon ölçülmesi, sürekli izleme -Yüksek risk potansiyeli nedeniyle yönetim şeklinde değişiklik ve maddenin kullanımına sınırlama getirilmesi mümkündür
6	6. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Vardiya süresince 30 dakika sıklıkla ara verilmesi -Maddenin kapalı reaktörde işlem görmesi -İşçilerin gaz maskesi ve koruyucu elbise kullanmaları -Difüzyon veya emici cihazlı gaz algılayıcıları ve alarm cihazları montajı ile doğrudan tespit ve doğrudan konsantrasyon ölçülmesi, sürekli izleme -Yüksek performanslı havalandırma
5	5. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Vardiya süresince 1 saat sıklıkla ara verilmesi -Maddenin kapalı reaktörde işlem görmesi -İşçilerin gaz maskesi veya solunum aparatı kullanmaları -Difüzyon veya emici cihazlı gaz algılayıcıları ve alarm cihazları montajı ile doğrudan tespit ve doğrudan konsantrasyon ölçülmesi, sürekli izleme -Havalandırma
4	4. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Vardiya süresince 2 saat sıklıkla ara verilmesi -Maddenin kapalı reaktörde işlem görmesi -İşçilerin gaz maskesi veya kimyasal kartuşlu respiratörler kullanması -Havalandırma
3	3. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Vardiya süresince 4 saat sıklıkla ara verilmesi -İşçilerin kimyasal kartuşlu respiratörler kullanması -Havalandırma
2	2. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Vardiya süresince 6 saat içerisinde ara verilmesi -Havalandırma
1	1. sınıf	<ul style="list-style-type: none"> -Havalandırma

Tablo 4.4: INAQRA₂' ye göre tavsiye edilen LC₅₀ / PEL değerleri (Yamantürk, 2001)

INAQRA ₂	Tehlike Sınıfı	LC ₅₀ / PEL
4 ve üzeri	7.-8. sınıf	100–500
3	5.-6. sınıf	50–300
2	3.-4. sınıf	5–100
1	1.-2. sınıf	5–30

4.3. Uygulama Örnekleri

Bu bölümde, ilaç endüstrisinde kullanılan uçuculuk özelliklerine göre seçilmiş olan tehlikeli maddelerin, 4. bölümde anlatılmış olan model yardımıyla insan sağlığı açısından riskleri çıkartılmıştır. Bu riskler için değerlendirme yapıp, fabrikada bu anlamda alınmış önemlerden bahsedilmiştir.

Uygulama için seçilmiş olan tehlikeli kimyasal maddelerin Tablo 4.5' de MSDS'lerinden alınan çeşitli özellikleri sıralanmıştır. Modelde kullanılacak parametrelerin yanında önemli diğer özellikleri de belirtilmiştir. Tablo 4.6' da ise maddelere ait maruziyet limitleri verilmiştir. Her bir kimyasala ait tehlike tanımı, yapılan risk değerlendirmesinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 4.5: Kimyasallar listesi (NIOSH, 1999)

Kimyasal Adı	Buhar Basıncı (atm@20°C)	LD ₅₀ (mg/kg)	LC ₅₀ (ppm)	M _w (gr/mol)	Tehlike Tanımı
Asetik Asit	0,015	3310	300	60,1	C
Aseton	0,23	5800	18000	58,1	F
Asetonitril	0,09	3800	7551	41,0	F, T
Diklorometan	0,47	2388	88000	84,9	X _N
Etanol	0,057	6200	20000	46,04	F, X _N
İzopropil Alkol	0,041	5045	16000	60,1	X _i , F
Kloroform	0,21	908	15550	119,4	X _N
Metanol	0,13	5628	64000	32,04	T, F
N-Hekzan	0,158	28700	48000	86,2	F, X _N , N
Nitrik Asit	0,06	430	244	63	C, O

Tablo 4.6: Kimyasallara ait maruziyet limitleri (Carson, 1994)

Kimyasal Adı	TLV ppm (USA)		OEL ppm (UK)	
	TWA	STEL	TWA	STEL
Asetik Asit	10	15	10	15
Aseton	750	1000	750	1000
Asetonitril	40	60	40	60
Diklorometan	50	100	50	100
Etanol	1000	-	1000	-
İzopropil Alkol	400	500	400	500
Kloroform	10	-	10	50
Metanol	50	100	50	100
N-Hekzan	50	-	20	-
Nitrik Asit	2	4	2	4

Asetik Asit

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA} : 17-23 °C

İç ortam hacmi, V: 120 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a : 60,01 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_X : 30 °C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_N : 0 °C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a : 3 °C

PEL: 10 ppm= 28,50 mg/m³

LD₅₀: 3310 mg/kg

LC₅₀: 300 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: Farklı sıcaklıklarda asetik asit için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,0128	5018	1577	176	476	2,25	2,68
18	0,0136	5068	1593	177	481	2,25	2,68
19	0,0145	5130	1612	179	487	2,25	2,69
20	0,0154	5201	1635	181	494	2,26	2,69
21	0,0163	5282	1660	182	502	2,26	2,70
22	0,0173	5372	1688	185	510	2,27	2,71
23	0,0184	5469	1719	188	519	2,27	2,72

Aseton

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ⁰ C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 58.08 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_X: 30⁰ C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_N: 0⁰ C

Günlük evre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3⁰ C

PEL: 1000 ppm= 2788,462 mg/m³

LD₅₀: 5800 mg/kg

LC₅₀: 50,100 mg/m³

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8: Farklı sıcaklıklarda aseton için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,192	123362	38771	44	6685	1,64	3,83
18	0,201	124961	39273	45	6771	1,65	3,83
19	0,210	126721	39826	45	6867	1,65	3,84
20	0,220	128634	40428	46	6970	1,66	3,84
21	0,230	130696	41076	46	7082	1,67	3,85
22	0,240	132906	41771	47	7202	1,67	3,86
23	0,251	135266	42512	48	7330	1,68	3,87

Asetonitril

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 41,0 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LX}: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LN}: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 40 ppm= 77,73 mg/m³

LD₅₀: 3800 mg/kg

LC₅₀: 7551 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9: Farklı sıcaklıklarda asetonitril için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,0650	22511	7075	289	1862	2,46	3,27
18	0,0746	24113	7579	308	1994	2,49	3,30
19	0,0799	24638	7743	314	2038	2,49	3,31
20	0,0856	25104	7922	320	2085	2,51	3,32
21	0,0879	25205	7890	318	2076	2,50	3,32
22	0,0932	25562	8034	322	2114	2,51	3,33
23	0,0961	25585	8041	322	2116	2,51	3,33

Diklorometan

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 84,9 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_X: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_N: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 25 ppm= 100,655 mg/m³

LD₅₀: 2388 mg/kg

LC₅₀: 88000 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10: Farklı sıcaklıklarda diklorometan için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,4112	530500	166729	5270	69819	3,72	4,84
18	0,4288	547020	171927	5416	71996	3,73	4,86
19	0,4470	564852	177525	5573	74340	3,75	4,87
20	0,4658	584669	183752	5749	76948	3,76	4,89
21	0,4853	606751	190693	5946	79855	3,78	4,90
22	0,5055	631460	198458	6167	83107	3,79	4,92
23	0,5263	659225	207185	6417	86761	3,81	4,94

Etanol

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 120 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 46,04 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LX}: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LN}: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 1000 ppm= 2183,346 mg/m³

LD₅₀: 6200 mg/kg

LC₅₀: 20000 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11: Farklı sıcaklıklarda etanol için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,0486	20374	6403	9	1033	0,97	3,01
18	0,0517	20758	6524	9	1052	0,98	3,02
19	0,0549	21173	6654	10	1073	0,98	3,03
20	0,0583	21615	6793	10	1096	1,00	3,04
21	0,0619	22082	6940	10	1119	1,00	3,05
22	0,0657	22572	7094	10	1144	1,01	3,06
23	0,0697	23082	7254	10	1170	1,02	3,07

İzopropil Alkol

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 120 m³

h: 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 60,1 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LX}: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LN}: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 400 ppm= 1140,04 mg/m³

LD₅₀: 5045 mg/kg

LC₅₀: 16000 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12: Farklı sıcaklıklarda izopropil alkol için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,0344	17878	5619	16	1114	1,20	3,05
18	0,0367	18321	5758	16	1141	1,21	3,06
19	0,0392	18760	5896	16	1169	1,21	3,07
20	0,0418	19227	6043	17	1198	1,22	3,08
21	0,0446	19721	6198	17	1229	1,23	3,09
22	0,0476	20239	6361	17	1261	1,24	3,10
23	0,0507	20778	6530	18	1294	1,25	3,11

Kloroform

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 119,4 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_X: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, TL_N: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 50 ppm= 283,114 mg/m³

LD₅₀: 908 mg/kg

LC₅₀: 88000 mg/m³

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13: Farklı sıcaklıklarda kloroform için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,1831	234879	73819	830	81298	2,92	4,91
18	0,1916	237719	74711	837	8222	2,92	4,92
19	0,2005	240862	75699	845	83369	2,93	4,92
20	0,2096	244281	76774	854	84553	2,93	4,93
21	0,2191	247964	77932	864	85828	2,94	4,93
22	0,2290	251907	79171	875	87193	2,94	4,94
23	0,2392	256108	80491	886	88647	2,95	4,95

Metanol

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 32,04 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LX}: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LN}: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 200 ppm= 1140,0,44 mg/m³

LD₅₀: 5628 mg/kg

LC₅₀: 64000 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14: Farklı sıcaklıklarda metanol için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,1097	38356	12055	126	2142	2,10	3,33
18	0,1159	39060	12276	128	2181	2,11	3,34
19	0,1224	39739	124990	130	2219	2,11	3,35
20	0,1293	40460	12716	132	2259	2,12	3,35
21	0,1364	41218	12954	134	2302	2,13	3,36
22	0,1439	42012	13204	136	2346	2,13	3,37
23	0,1517	42839	13464	138	2392	2,14	3,38

N-Hekzan

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 86,2 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LX}: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LN}: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 500 ppm= 2043,923 mg/m³

LD₅₀: 28700 mg/kg

LC₅₀: 48000 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.15: Farklı sıcaklıklarda n-hekzan için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,1399	119372	37517	58	1307	1,77	3,12
18	0,1465	120407	37842	59	1319	1,77	3,12
19	0,1534	121724	38256	59	1333	1,77	3,13
20	0,1605	123171	38711	60	1349	1,78	3,13
21	0,1679	124737	39203	60	1366	1,78	3,14
22	0,1756	126413	39730	61	138	1,78	3,14
23	0,1835	128195	40290	61	1404	1,79	3,15

Nitrik asit

Günlük ortalama sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LA}: 17-23 ° C

İç ortam hacmi, V: 100 m³

h : 3 m

Madde molekül ağırlığı, m_a: 63 gr.

Günlük maksimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LX}: 30° C

Günlük minimum sıvı yüzey sıcaklığı, T_{LN}: 0° C

Günlük çevre sıcaklığı değişim aralığı, ΔT_a: 3° C

PEL: 2 ppm= 5,975 mg/m³

LD₅₀: 430 mg/kg

LC₅₀: 244 ppm

Solunum hızı, IR: 30 m³/gün= 1,25 m³/saat

Maruz kalma süresi, ET: 8 saat/gün

Maruz kalma sıklığı, EF: 220 gün/yıl

Maruz kalma uzunluğu, ED: 10 yıl

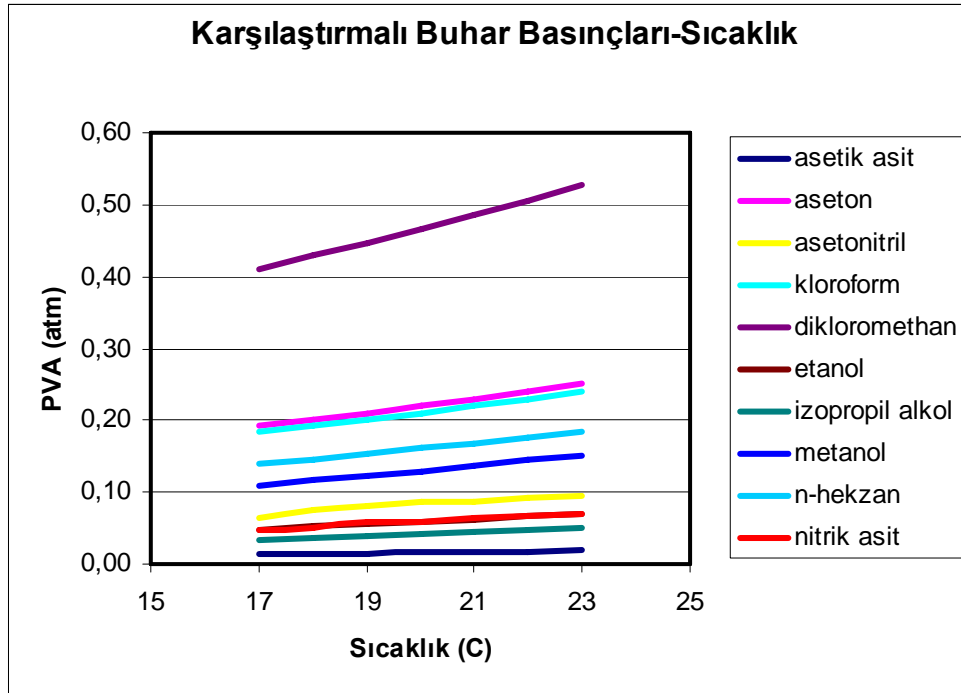
Vücut ağırlığı, BW: 70 kg

Bu değerler kullanılarak hesaplanan modeldeki parametreler tablo 4.16’da verilmiştir.

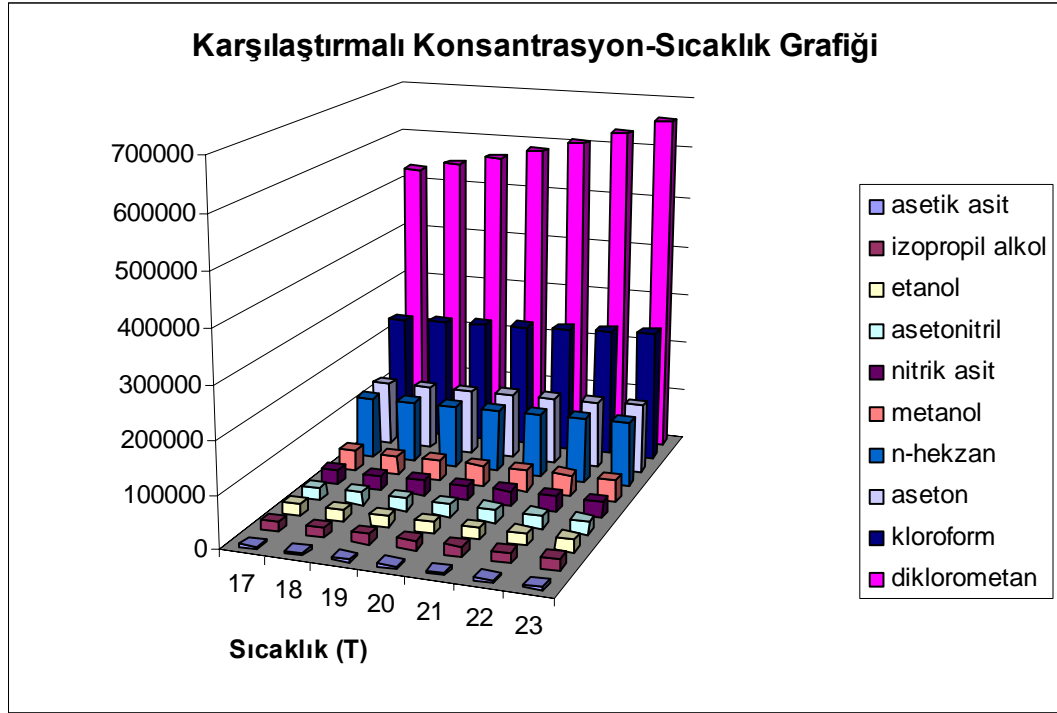
Tablo 4.16: Farklı sıcaklıklarda nitrik asit için INAQRA değerleri

SICAKLIK	P _{VA} (atm)	CA (mg/m ³)	I (gr/kg)	CA/PEL	I/LD ₅₀	INAQRA ₁	INAQRA ₂
17	0,0486	27879	8762	4666	20377	3,67	4,31
18	0,0495	28405	8927	4737	20761	3,68	4,32
19	0,0575	28972	9106	4815	21176	3,68	4,33
20	0,0583	29577	9296	4899	21618	3,69	4,34
21	0,0645	30217	9497	4988	22085	3,70	4,34
22	0,0678	30887	9707	5082	22575	3,71	4,35
23	0,0697	31585	9927	5179	23085	3,71	4,36

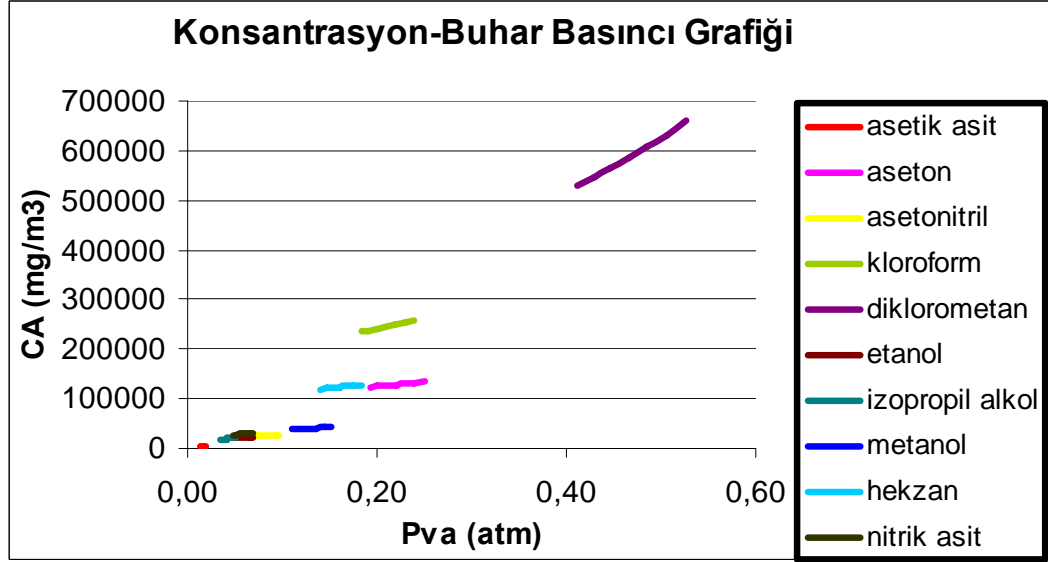
Elde edilen değerlerin toplu halde değerlendirilebilmesi için aşağıdaki grafiklerden yararlanılabilir. (Şekil 4.3- 4.20)



Şekil 4.1: Karşılaştırmalı Buhar Basınçları- Sıcaklık Grafiği

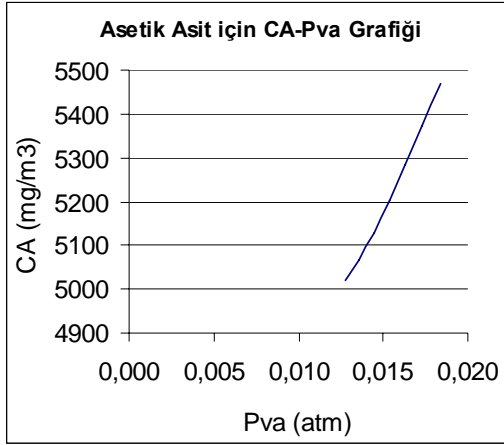


Şekil 4.2: Karşılaştırmalı Konsantrasyon-Sıcaklık Grafiği

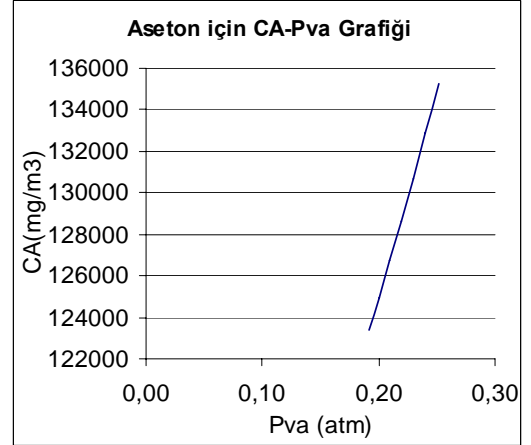


Şekil 4.3: Karşılaştırmalı Konsantrasyon-Buhar Basıncı Grafiği

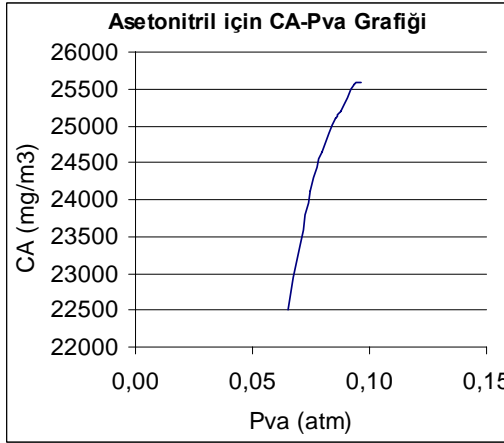
Maddelerin bireysel özelliklerindeki farklarından dolayı buhar basınçları arasında ortaya çıkan farklara Şekil 4.3'deki grafiğin değerlendirilmesinde zorluk çıkaracağından tehlikeli maddelerin bireysel olarak buhar basınçları ve sıcaklık arasındaki grafikler Şekil 4.4-4.11 arasında gösterilmiştir.



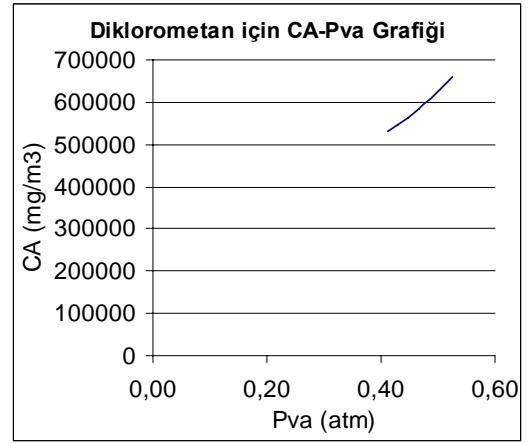
Şekil 4.4: Asetik Asit CA-Pva Grafiği



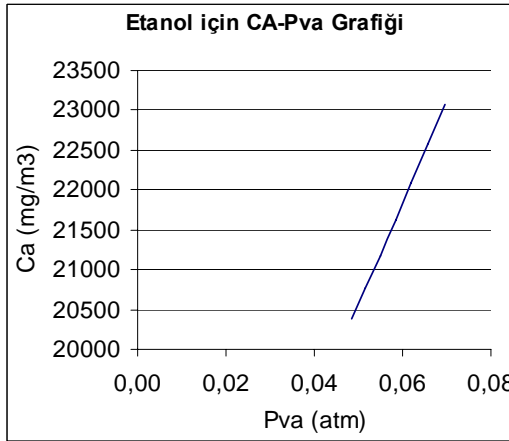
Şekil 4.5: Aseton CA-Pva Grafiği



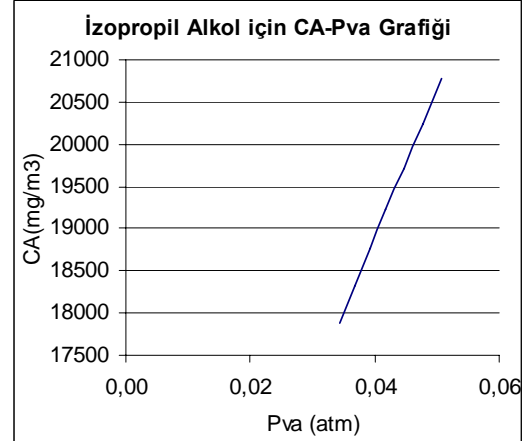
Şekil 4.6: Asetonitril CA-Pva Grafiği



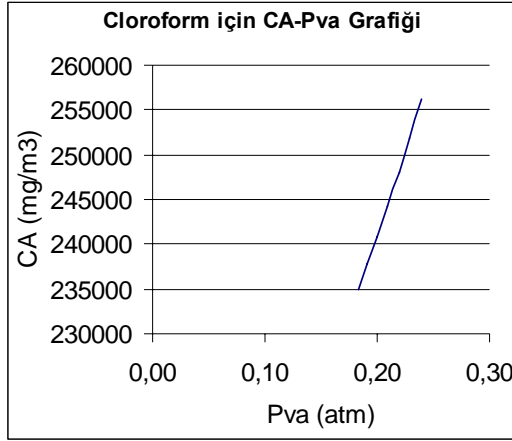
Şekil 4.7: Diklorometan CA-Pva Grafiği



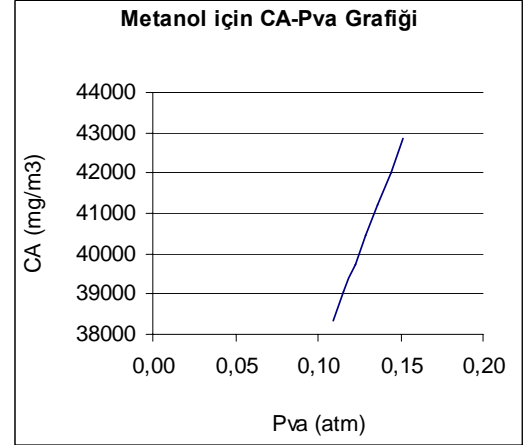
Şekil 4.8: Etanol CA-Pva Grafiği



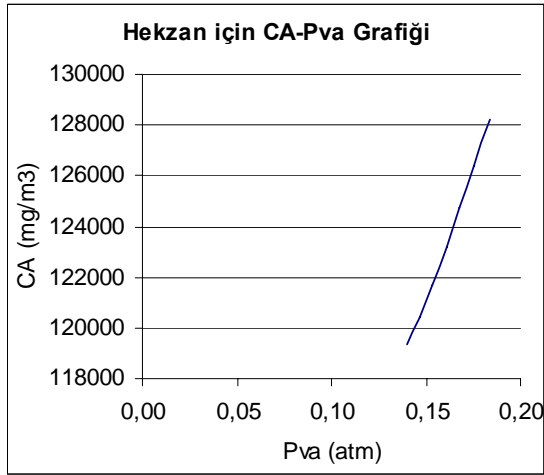
Şekil 4.9: İzopropil alkol CA-Pva Grafiği



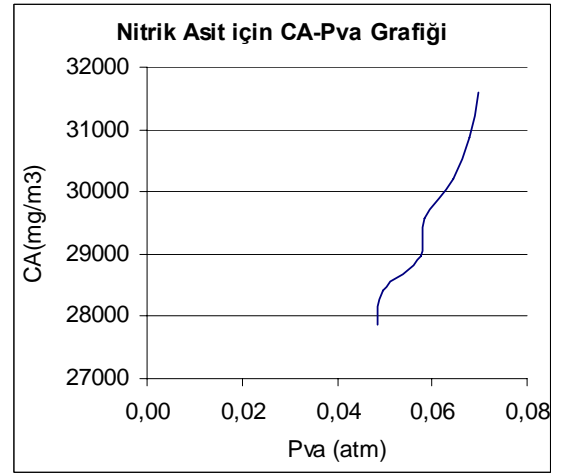
Şekil 4.10: Cloroform CA-Pva Grafiği



Şekil 4.11: Metanol CA-Pva Grafiği

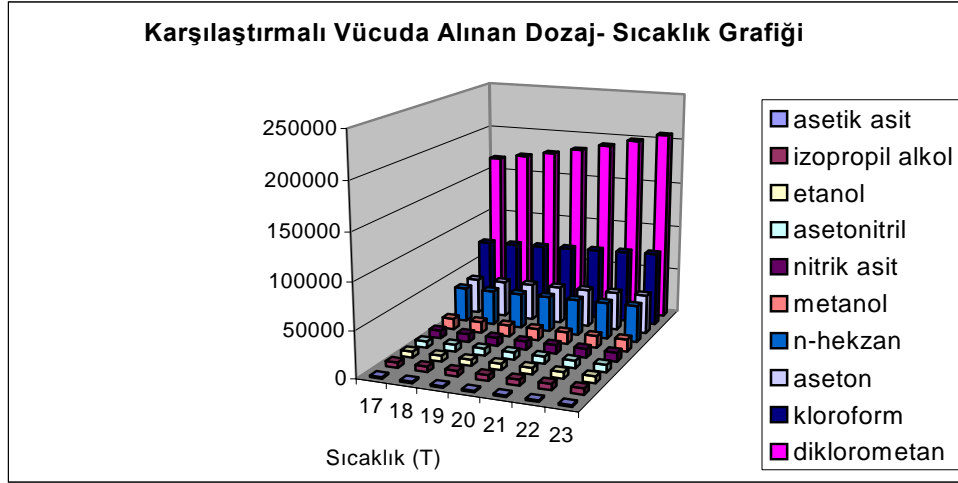


Şekil 4.12: N- Hekzan CA-Pva Grafiği

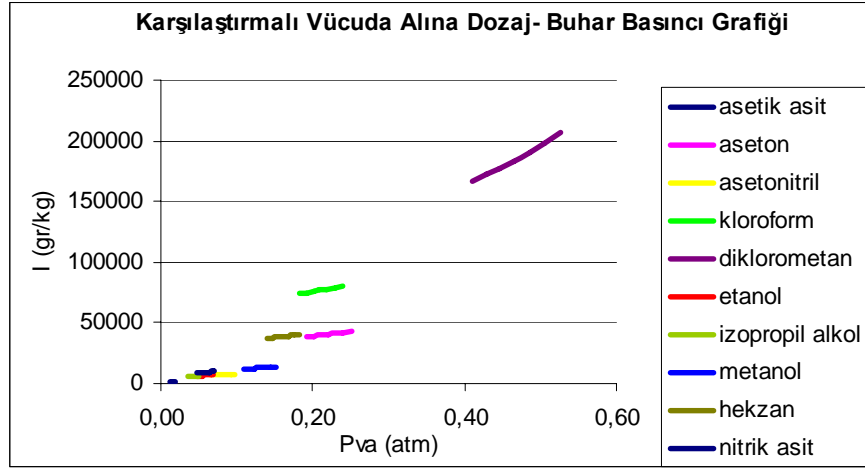


Şekil 4.13: Nitrik Asit CA-Pva Grafiği

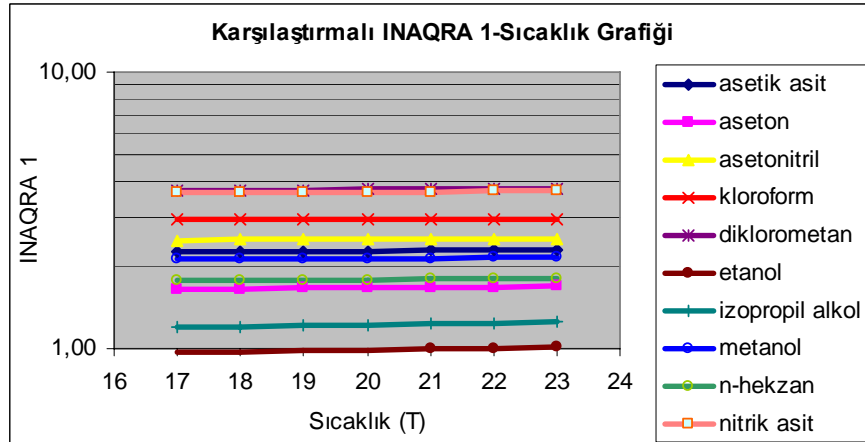
Vücuda alınan dozajın sıcaklık ve buhar basınçları arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 4.12 ve 4.13’de gösterilmiştir. INAQRA’ların sıcaklık ile arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler Şekil 4.14 ve 4.15’de gösterilmiştir.



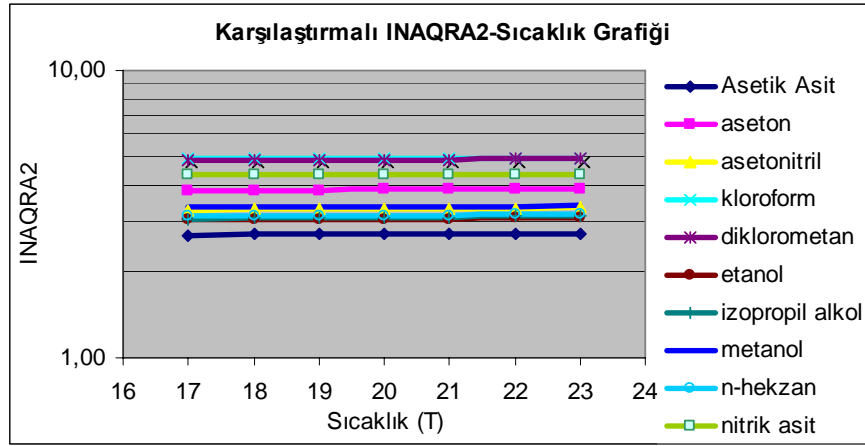
Şekil 4.14: Karşılaştırmalı Vücuda Alınan Dozaj-Sıcaklık Grafiği



Şekil 4.15: Karşılaştırmalı Vücuda Alınan Dozaj-Buhar Basıncı Grafiği



Şekil 4.16: Karşılaştırmalı INAQRA₁-Sıcaklık Grafiği



Şekil 4.17: Karşılaştırmalı INAQRA₂-Sıcaklık Grafiği

4.3.1 Risk Değerlendirme

Kullanılan 10 adet kimyasal madde için INAQRA modeli gereğinde yapılan risk değerlendirmesi Tablo 4.18’de verilmiştir.

Yapılan risk değerlendirmede, her bir kimyasal için insan sağlığı açısından tehlike tanımı yapılmış, soluma şeklindeki maruz kalma yolu için hedef organlar belirtilmiştir. INAQRA modelinde denklemler incelendiğinde maddenin uçuculuk özeliğinden yararlanılarak iç ortam hava kalitesinde maddenin; işletme sıcaklık aralığında doygunluk konsantrasyonuna ulaştığında ortaya çıkan konsantrasyonun, izin verilebilir maruz kalma limitlerinin ne kadar üzerinde olduğuna göre risk sınıflarına sokulmuştur. Tablonun ikinci kısmında ise; Tablo 4.4.’de verilen INAQRA değerleri için verilen risk sınıflarına karşılık gelen alınabilecek önlemler belirtilmiştir. Alınabilecek önlemler, uygulamanın yapıldığı ilaç fabrikasındaki ÇYS içerisinde iç ortam hava kalitesi açısından mevcut önlemlerle kıyaslanmıştır.

Genel anlamda fabrikada bölümler; yapılan faaliyet sınıfı, maruziyet limitleri, FDA (Food and Drug Administration), EC (European Union- Commission Regulation) mevzuatları gereğince sınıflara ayrılmıştır. Proses alanları A, B, C, D, E₁, E₂, koridorlar, laboratuvarlar, ofisler, depolar ve fabrika odalar olmak üzere sınıflara bölünmüştür. Filtre derecelendirmeleri Tablo 4.17’de verilmiştir. Sınıflar arasında; hava akımı şekli, hava değişim aralığı, filtre derecesi, hava basıncı, sıcaklığı ve nem miktarı açısından farklılıklar bulunmaktadır. Tablo 4.18’de ilgili kimyasalın bulunduğu bölüm ile ilgili alınmış önlemler gösterilmiştir.

Tablo 4.17: Filtre derecelendirme

Filtre Derecesi	G3	F9	H13	H 14
Geçirgenlik	% 65	% 90	> % 99,950	> % 99,995

Tablo 4.18.'de gösterilen uygulama yapılan fabrikadaki önlemlere göre hava değişimi saatte 10-30 kez, hava değişiminin toplamının %10-15 in taze hava olduğu görülmektedir. Bu veriler ve PEL değerleri ile ulaşılan sınır iç ortam hacmine göre gereken hava değişim verimleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Örneğin, aseton için 17° C'deki hesaplanan CA (ortamdaki doygunluk konsantrasyonu) 123362 mg/m³ ve ortam hacmi 100 m³ ise, hiçbir önlem alınmadığında PEL değerine göre maksimum çalışılabilecek hacim;

$$CA \cdot V = \frac{123362 \text{ mg}}{\text{m}^3} \cdot 100 \text{ m}^3 = 4427 \text{ m}^3 \text{ tür.}$$

$$\text{PEL} \quad 2788 \text{ mg/ m}^3$$

Hava değişimi 1 saatte 10 kez ve vardiya süresince,

$$10 \text{ kez/saat} \cdot 8 \text{ saat} = 80 \text{ kez havalandırma gerektirir.}$$

Burada % 15 lik taze hava değişimi uygulamasıyla,

$$\frac{4427 \text{ m}^3}{15} = 369 \text{ m}^3$$

$$80 \cdot 0,15$$

369 m³ lük hacme sahip bir iç ortamda filtreleme yapılmamış hava ile çalışabilir.

Uygulamada ortam hacmi 100 m³ olduğu bir durum için;

$369 \text{ m}^3 / 100 \text{ m}^3 = \% 3,69$ lik bir filtre geçirgenliği hesaplanabilir. Uygulamadaki filtrenin filtre geçirgenliği ise %65 olarak tespit edilmiştir. Buna göre yaklaşık 20 katı filtreleme verimi ile güvenli bir uygulama yapıldığı görülmektedir.

Tablo 4.18: Risk değerlendirme

Ne	Nerede	Nasıl	Tehlike Tanımı	Hedef Organ	INAQUR ₁
Diklorometan	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Baş dönmesi, uyku hali, kusma, baş ağrısı, baygınlık, halsizlik, ölüm, buharı; gözlere, deriye ve solunum sistemine tahriş edici etki	Kanda metamoglobin ve karboksihaemoglobin (akut etki)	3,76
				Merkezi sinir sistemi, karaciğer genişlemesi, beyin rahatsızlıkları, kanser olasılığı (kronik etki)	
Nitrik Asit	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Yanma duygusu, baş dönmesi, nefes darlığı, baygınlık, buharı; gözlere, deriye ve solunum sistemine korozif etki	Akciğer ödemi (akut etki)	3,69
Kloroform	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Öksürme, uyku hali, baş ağrısı, mide bulantısı, gözlere tahriş edici etki	Kalp, karaciğer, böbrek, merkezi sinir sistemi (akut etki)	2,93
				Kanser olasılığı (kronik etki)	
Asetonitril	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Karın ağrısı, sarsılma, nefes darlığı, boğaz ağrısı, baygınlık, kusma, halsizlik, buharı; gözlere, deriye ve solunum sistemine tahriş edici etki	Solunum sistemi (akut etki) Ölüm (yüksek doz)	2,50
Asetik Asit	Katı preparat Solüsyon	İnhalasyon	Boğaz ağrısı, öksürük, yanma, baş ağrısı, baş dönmesi, nefes darlığı, buharı; gözlere, deriye ve solunum sistemine korozif etki	Akciğer ödemi (akut etki)	2,25
				Sindirim sistemi bozuklukları (kronik etki)	
Metanol	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Baş dönmesi, kusma, baş ağrısı, uyku hali, buharı; gözlere, deriye ve solunum sistemine korozif etki	Merkezi sinir sistemi, bilinç kaybı (akut etki)	2,12
				Sürekli ve kalıcı baş ağrısı, görme bozukluğu (kronik etki)	
N-Hekzan	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Baş dönmesi, uyku hali, baş ağrısı, halsizlik, nefes darlığı, kusma, baygınlık, buharı; gözlere tahriş edici etki	Merkezi sinir sistemi (akut etki)	1,77
				Polinöropati (kronik etki)	
Aseton	Kalite Kontrol	İnhalasyon	Boğaz ağrısı, öksürük, baş ağrısı, baş dönmesi, uyku hali, baygınlık, buharı; gözlere ve solunum sistemine tahriş edici etki	Merkezi sinir sistemi, karaciğer, böbrek, mide ve bağırsak istemleri (akut etki)	1,66
				Kanda ve kemik iliğinde zarar (kronik etki)	
İzopropil Alkol	Katı-Sıvı Preparat	İnhalasyon	Baş dönmesi, kusma, baş ağrısı, uyku hali, buharı; gözlere, deriye ve solunum sistemine korozif etki	Merkezi sinir sistemi, depresyon (akut etki)	1,22
Etanol	Katı preparat Steril solüsyon Sefalosporin	İnhalasyon	Bitkinlik, baş dönmesi, baş ağrısı, uyku hali, buharı; gözlere ve solunum sistemine tahriş edici etki	Merkezi sinir sistemi (akut etki)	0,99
				Konsantrasyon bozukluğu, siroz (kronik etki)	

Tablo 4.18. Risk değerlendirme (devamı)

Ne	INAQUR ₁	Alınması Gereken Önlemler	Alınan Önlemler	Risk Kontrolü
Diklorometan	3,76	-Vardiya süresince 4 saat sıklıkla ara verilmesi -İşçilerin kimyasal kartuşlu respiratörler kullanması -Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez/saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
Nitrik Asit	3,69	-Vardiya süresince 4 saat sıklıkla ara verilmesi -İşçilerin kimyasal kartuşlu respiratörler kullanması -Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez /saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
Kloroform	2,93	-Vardiya süresince 6 saat içerisinde ara verilmesi -Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez /saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
Asetonitril	2,50	-Vardiya süresince 6 saat içerisinde ara verilmesi -Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez /saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
Asetik Asit	2,25	-Vardiya süresince 6 saat içerisinde ara verilmesi -Havalandırma	-Düşük dereceli geri dönüşlü turbilanslı hava akımı rejimi -Hava değişimi 20-30 kez /saat -Taze hava değişimi % 10-15 -Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 üçüncül: H11 veya F9 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
Metanol	2,12	-Vardiya süresince 6 saat içerisinde ara verilmesi -Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez /saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
N-Hekzan	1,77	-Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez /saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış

Tablo 4.18. Risk değerlendirme (devamı)

Ne	INAQURA ₁	Alınması Gereken Önlemler	Alınan Önlemler	Risk Kontrolü
Aseton	1,66	-Havalandırma	- Uygulamaya uygun hava akımı rejimi - Hava değişimi 10 kez /saat - Taze hava değişimi 1 kez /saat - Filtre derecelendirme birincil: G3 i ikincil: F7 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
İzopropil Alkol	1,22	-Havalandırma	-Düşük dereceli geri dönüşlü turbilanslı hava akımı rejimi - Hava değişimi 20-30 kez /saat -Taze hava değişimi % 10-15 -Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 üçüncül: H11 veya F9 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış
Etanol	0,99	-Havalandırma	-Düşük dereceli geri dönüşlü turbilanslı hava akımı rejimi - Hava değişimi 25-40 kez /saat -Taze hava değişimi % 10-15 -Filtre derecelendirme birincil: G3 ikincil: F7 üçüncül: H11 veya F9 -Kişisel koruyucular: tam yüz karışık gazlara karşı ABEK filtre	Önlem alınmış

Modelde kullanılmış olan tehlikeli kimyasallara ait buhar basınçları, ortamda bulundukları konsantrasyonları ve INAQRA₁ değerlerinin sayısal büyüklük sıralaması gösterimi Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19: Tehlikeli kimyasalların buhar basıncı-konsantrasyon-INAQRA₁ ilişkisi

Sıralama	Buhar Basıncı (ppm)		Konsantrasyon(mg/m ³)		INAQRA ₁	
	Madde	Değer	Madde	Değer	Madde	Değer
1	Diklorometan	0,4658	Diklorometan	584669	Diklorometan	3,76
2	Aseton	0,2200	Kloroform	244281	Nitrik asit	3,69
3	Kloroform	0,2026	Aseton	128634	Kloroform	2,93
4	N-hekzan	0,1605	N-hekzan	123171	Asetonitril	2,51
5	Metanol	0,1293	Metanol	40460	Asetik asit	2,26
6	Asetonitril	0,0856	Nitrik asit	29577	Metanol	2,12
7	Nitrik asit	0,0583	Asetonitril	25104	N-hekzan	1,78
8	İzopropil alkol	0,0418	Etanol	21615	Aseton	1,66
9	Etanol	0,0583	İzopropil alkol	19227	İzopropil alkol	1,22
10	Asetik asit	0,0154	Asetik asit	5201	Etanol	1,00

INAQRA₂ değerlerine karşılık gelen LC₅₀/ PEL korelasyon aralığı ve literatürdeki LC₅₀/PEL değerleri karşılaştırılması Tablo 4.20’de verilmiştir

Tablo 4. 20: INAQRA₂ – LC₅₀ / PEL karşılaştırmaları

Kimyasal Adı	INAQRA ₂	LC ₅₀ / PEL*	LC ₅₀ / PEL**
Kloroform	4,92	100–500	168
Diklorometan	4,88	100–500	310
Nitrik asit	4,33	100–500	122
<i>Aseton</i>	3,84	50–300	18
<i>Metanol</i>	3,35	50–300	320
Asetonitril	3,31	50–300	189
N-hekzan	3,13	50–300	96
<i>İzopropil alkol</i>	3,07	50–300	40
<i>Etanol</i>	3,04	50–300	20
Asetik Asit	2,69	5–100	30

* : INAQRA₂ değerlendirme tablosu (Yamantürk, 2001)

** : Literatür ~ LC₅₀/PEL oranı

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çevre yönetim sistemi içinde insan sağlığı risklerinin yönetimi tehlikeli maddelere maruz kalma ile değerlendirilerek bu risklere göre güvenli bir iç ortam havası sağlayan uygulamalara ulaşılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada kullanılan İNAQRA modeline göre, ilaç endüstrisinden seçilmiş tehlikeli kimyasallar için bulunan sonuçlar doğrultusunda oluşturulan risk değerlendirmesinin yorumlanması ve değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

- ❖ Kullanılan modelde İNAQRA₁ değeri ile bireysel bir uçucu tehlikeli maddenin iç ortam havasında bulunma olasılığı olan maksimum (doygunluk) konsantrasyonu ile insan sağlığı için izin verilebilecek konsantrasyonun oranı hesaplanarak tehlikeli maddelere karşı gelen 1’den 8’e kadar bir skalada risk sınıflandırması oluşturulmuştur. Bu skala yardımı ile ilaç endüstrisindeki 10 adet yaygın olarak kullanılan tehlikeli kimyasalın insan sağlığı risk değeri derecelenmiştir.
- ❖ Bir maddenin buhar basıncının yüksek olması o maddenin uçuculuk özelliğinde yüksekliğini göstermektedir. Aynı işletme sıcaklığında buhar basıncı yüksek olan maddenin iç ortam havasında bulunmasını ve dolayısıyla konsantrasyonu arttırmaktadır. Adı geçen 10 adet kimyasalın ilaç endüstrisinde çalışma koşulları altında iç ortam içerisinde bulunabilme olasılığı olan konsantrasyonun izin verilebilir konsantrasyonun ne kadar üzerinde olduğu tespit edilmiş ve çalışanların o maddeye maruz kalma riski değerlendirilmiştir. Burada buhar basıncı ile iç ortam olası konsantrasyonundaki sıralama örtüşmesine rağmen İNAQRA₁ değerlerindeki farklılaşma maddelerin verilen PEL değerlerindeki etki farklılıkları ile açıklanabilir.
- ❖ Seçilen kimyasallar için bulunan İNAQRA₁ değerlerine karşılık gelen alınması gereken önlemler risk değerlendirmeye esas alınmaktadır. En düşük riskin önlemi havalandırma iken en yüksek riskte havalandırma ve/veya 10 dakika sıklıkla teneffüs arası verilmesi veya maddenin kullanımının yasaklanmasına varan önlemler vardır. Alınması gereken önlemler risk değerlendirmesinde güvenliğin maksimize edilmesi amacı ile verildiği için bir bütündür ve biri veya diğerinin

uygulanması yönetim şeklini oluşturur. Uygulamada ilgili maddelerin kullanıldığı iç ortamların hava değişimi veya aspirasyon oranının 10–20/saat olduğu tespit edilmiştir. Buna göre maruz kalınan dozaj ile oluşacak kısa ve uzun süreli etkilerin verilen sınır değerlerin çok altında kaldığı sonucuna varılmıştır. Aspirasyon oranı maruz kalınan dozajın altını sağladığı için teneffüs arası veya vardiya sıklığı gereksinimi duyulmamaktadır.

- ❖ Buhar basınçları maddenin işlem gördüğü sıcaklığın artmasıyla artar. Her bireysel maddenin kullanılacağı alanda tabi tutulacağı işlem farklılıkları maddenin yaratacağı riski farklılaştırabilir. Aynı sıcaklıkta işlem gördüklerinde A maddesi B maddesinden daha yüksek risk yaratıyor gözükse de A maddesi B maddesinden daha düşük sıcaklıkta işlem gördüğü için daha düşük risk yaratabilir. Dolayısıyla sıcaklığın optimum olarak ayarlanmasının kimyasal madde için başlı başına bir kontrol aracı olabileceği düşünülmelidir. Bu çalışmada 17-23 °C lik iç ortam hava sıcaklıklarının INAQRA₂ değerlerindeki farklılıkları ihmal edilebilir düzeyde olup bu aralıkta sıcaklık değişiminin bir kontrol yöntemi olamayacağı sonucuna varılmıştır. Sıcaklık değişimlerinin en az 10 derecelik farklar ile madde için kontrol yöntemi olabileceği düşünülmektedir.
- ❖ Modelin INAQRA₂ değeri, seçilen bireysel tehlikeli maddeler için işyeri havasını soluyarak maruz kalma ile bir çalışanın vücuduna alabileceği hesaplanan dozun LD₅₀ değerine oranı olarak verilmektedir. Bu değerlerin dercelendirilmesinde maddelerin PEL değerleri ile LC₅₀ değerleri tehlikeli maddelerin geneli için hazırlanan 1-4 korelasyon aralığı kullanılmaktadır. Bu çalışmada 10 madde için uygulama sonuçlarına göre Aseton, Metanol, İzopropil alkol ve Etanol bu korelasyon aralığı dışında kalmaktadır. Söz konusu skalada 1 ve 2 için bireysel maddelerin LC₅₀ ve PEL oranı birbirine çok yakın ve düşük değerler göstermektedir. Çünkü bu maddeler için LD₅₀ değerleri göreceli yüksektir, yani zehirlilik etkisi düşüktür. Oysa INAQRA₂'nin 3 ve 4'e karşı geldiği değerlerde LC₅₀ ve PEL oranları arasındaki fark açılmakta ve korelasyon aralığı genişlemektedir. PEL değeri zehirlilik dışındaki diğer ölümcül etkilere de bağlı olduğu için, bu farklılık ortaya çıkmaktadır. Bu durum düşük zehirlilik gösteren maddelerde diğer istenmeyen etkilerin meydana gelmesi için gereken konsantrasyon aralığının geniş olmasından, yüksek zehirlilik gösteren maddelerde ise zehirlilik konsantrasyonu ile diğer istenmeyen etkilerin konsantrasyon aralığının biri birine çok yakın olmasıyla açıklanabilir.

- ❖ Tehlikeli maddelerin risk değerlendirmesinde uygulanan yöntemlerin içinde en çok bahsedilmesi gereken risk boyutu solunum ile insan sağlığına olabilecek uçucu tehlikeli maddelere dayalı iç ortam hava kalitesidir. Türkiye’deki yönetmelikler çerçevesinde koruma önlemleri alınarak riski indirgenmiş yönetim tarzı insan sağlığı açısından iç ortam hava kalitesinin bir standarda oturtulması önerilmektedir. Bu standartlar PEL, TWA, TLV gibi genel standartların geliştirilmesi ile yapılabilir.
- ❖ İnsan sağlığı açısından risklerin indirgenmesi için alınacak önlemler bütününde maddenin önerilen özel bir sıcaklıkta kullanılması gerekmiyorsa modelde belirlenen doygunluk konsantrasyonlarına hiçbir zaman ulaşmayacak sıcaklıklarda prosesin modifiye edilmesi de YS içinde uygun bir kontrol yöntemi olarak önerilebilir.
- ❖ LC₅₀ ve LD₅₀ değerleri üzerinden insan sağlığı için basit ve anlaşılır risk değerleri oluşturan yeni çalışmalar yapılmalıdır.
- ❖ YS içinde risk ve kaynak yönetimi için uygulaması yapılan maddeler üzerinde tam bir sağlık güvenliği sağlamak üzere, uçuculukları yüksek olanlar için uçuculuk kayıplarını düşürecek atmosfer ile ilişkiyi kaldıran köpük veya yüzey örtücü battanierlerin kullanımı, yakın maruz kalanlar için gaz adsorbsiyonu sağlayan ancak teneffüsü engellemeyen gaz maskeleri kullanımı, her maddeye ait ilk yardım rehberlerinin hazırlatılması, vardiya ve teneffüs aralıklarının programlanması ile maruz kalmaların azaltılması ve çaresizlik halinde maddenin tehlikesiz olan ile değişimi ve hatta yasaklanması gibi önlemlerin bir bütün halinde bulundurulması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Akgün G.**, 2001. İlaç Endüstrisi Formülasyon Alt Kategorisi için Kaynak Bazında Atıksu Karakterizasyonu ve Arıtılabilirliği, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- American Petroleum Institute API**, 1991. Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 19- Evaporative Loss Measurement, Section 1- Evaporative Loss from Fixed-Roof Tanks. Publication 2518, 2nd Edition, Washington.
- Artek**, 2006. İç Ortam VOC Örnekleme Metodları, İstanbul
- Ashrae**, 1997. Air conditioning systems design manual / prepared by the ASHRAE 581-RP Project Team; Harold G. Lorsch, principal investigator, Atlanta
- Banar, M.**, 2003. Geri Kazanım ve Geri Dönüşüm Prosesleri, *Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi*, Eskişehir
- Carson, P.A. and Mumford, C.S.**, 1994. Hazardous Chemicals Handbook U.S.A.
- DPT**, 2001., 8. 5 Yıllık Kalkınma Planı, İlaç Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu Ankara
- Çevre Kanunu**, 1983, 11 Ağustos. T.C. Resmi Gazete. Sayı: 2672
- Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği**, 2006, 22 Temmuz. T.C. Resmi Gazete. Sayı: 26236
- EPA**, 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A), Interim Final. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C.
- Gorber, D.M., Monteith, J.R.**, 1974. A Rating of Various Chemical as Specific Hazard in the Great Lakes, Proc. 1974. National Conference Control of Hazardous Materials Spills, San Francisco, August 25-28
- Güvenlik Bilgi Formu Hazırlama Usul ve Esasları Tebliği**, 2002, 11 Mart. T.C. Resmi Gazete. Sayı: 24692
- İş Sağlığı ve İş Güvenliği Yönetmeliği**, 2003, 9 Aralık. T.C. Resmi Gazete. Sayı: 25311

Kanserojen ve Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 2003, 26 Aralık. T.C. Resmi Gazete. Sayı 25328

Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 2003, 26 Aralık. T.C. Resmi Gazete. Sayı 25328

Manahan, S. E., 1993. Fundamentals of Environmental Chemistry. Boca Raton: Lewis Publishers, USA

Meyer, E., 1989. Chemistry of Hazardous Materials, A Brady Book. 2nd Edition. ISBN 0-89303-133-X, New Jersey, U.S.A.

NIOSH, 1999. Pocket Guide to Chemical Hazard and Other Databases. U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Centers for Disease Control and Prevention, DHHS (NIOSH) Publication No.2000-130

OECD, 1982. Control Policies for Specific Water Pollutants. Paris, France

Parlayıcı, Patlayıcı, Tehlikeli ve Zararlı Maddelerle Çalışılan İşyerlerinde ve İşlerde Alınacak Tedbirler Hakkında Tüzük, 1973, 24 Aralık. T.C. Resmi Gazete. Sayı:14752

Rafson, H. J., 1998. Odor and VOC Control Handbook. Mc-Graw Hill, Inc.

Reid, R.C., Prausnitz, J.M., Poling, B.E., 1987. The Properties of Gases and Liquids. 4th Edition, Mc-Graw Hill, Inc. ISBN 0-07-051799-1

Sacarello, H.L.A., 1993. The Comprehensive Handbook of Hazardous Materials-Regulations, Handling, Monitoring and Safety. Lewis Publishers, U.S.A., ISBN 0-87371-247-1

Spector, W.S., 1956. "Handbook of Toxicology" Vol.I, Saunders Co.,Philadelphia

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Suda Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği, 1989, 12 Mart. T.C. Resmi Gazete. Sayı: 20106

Talınlı, İ., 1996. Endüstriyel Çevre Ödülü için Değerlendirme Modeli Raporu, İstanbul Sanayi Odası, İstanbul, Türkiye

Talınlı, İ., 1999. Tehlikeli Maddeler ve Çevresel Risk Değerlendimesi Projesi, Proje Sonuç Raporu ", İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü , İstanbul

Talınlı, İ., Karataşlı İ., 2001. Risk Assessment of Micropollutants in Contact with Clean Water Presentation, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü , İstanbul

Tünay, O. ve Alp, K., 1996. Hava Kirlenmesi Kontrolü ,S.38, İstanbul Ticaret Odası Yayını. Yayın No: **1996-36**, İstanbul

U.S. House Document 92-70, 1971. Control of Hazardous Polluting Substances, A Report on Control of Hazardous Polluting Substances. Pursuant to

Section 12(g) ff The Federal Water Pollution Control Act as amended,
Washington

Worobec, N.D., 1986. Toxic Substances Controls Primer. The Bureau of National
Affairs, Inc. Washington, D.C.ISBN 0–87179–517–5

Yamantürk R., 2001. Tehlikeli Maddeler için İç Ortam Hava Kalitesi ve İnsan
Sağlığı Risk Değerlendirmesi Modeli, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen
Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünleri Kontrolü Yönetmeliği, 1993, 7 Ekim. T.C.
Resmi Gazete. Sayı: 21634

EK A: Tablolar**Tablo A.1:** Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Ek – I / A (*)

Madde Adı	Sınır Değer			
	TWA (8 Saat)		STEL (15 dak.)	
	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
İnorganik kurşun ve bileşikleri	0,15			

(*) 1998 / 24 / EC sayılı Direktifin ekidir.

Tablo A.2: Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Ek – I / B (*)

EINECS (1)	CAS (2)	Maddenin Adı	Sınır Değer				Özel İşaret (3)
			TWA (4)		STEL (5)		
			(8 Saat)		(15 Dak.)		
			mg/m ³ (6)	ppm (7)	mg/m ³	ppm	
200-467-2	60-29-7	Dietileter	308	100	616	200	-
200-662-2	67-64-1	Aseton	1210	500	-	-	-
200-663-8	67-66-3	Kloroform	10	2	-	-	Deri
200-756-3	71-55-6	1,1,1-Trikloroetan	555	100	1110	200	-
200-834-7	75-04-7	Etilamin	9,4	5	-	-	-
200-863-5	75-34-3	1,1-Dikloroetan	412	100	-	-	Deri
200-870-3	75-44-5	Fosgen	0,08	0,02	0,4	0,1	-
200-871-9	75-45-6	Klorodiflorometan	3600	1000	-	-	-
201-159-0	78-93-3	Butanon	600	200	900	300	-
201-176-3	79-09-4	Propionikasıit	31	10	62	20	-
202-422-2	95-47-6	o-Ksilen	221	50	442	100	Deri
202-425-9	95-50-1	1,2-Diklorobenzen	122	20	306	50	Deri
202-436-9	95-63-6	1,2,4-Trimetilbenzen	100	20	-	-	-
202-704-5	98-82-8	Kümen	100	20	250	50	Deri

202-705-0	98-83-9	2-Fenilpropen	246	50	492	100	-
202-849-4	100-41-4	Etilbenzen	442	100	884	200	Deri
203-313-2	105-60-2	e-Kaprolaktam (toz veya Buharı)	10	-	40	-	-
203-388-1	106-35-4	Heptan-3-on	95	20	-	-	-
203-396-5	106-42-3	p-Ksilen	221	50	442	100	Deri
203-400-5	106-46-7	1,4-Diklorobenzen	122	20	306	50	-
203-470-7	107-18-6	Allil alkol	4,8	2	12,1	5	Deri
203-473-3	107-21-1	Etilen glikol	52	20	104	40	Deri
203-539-1	107-98-2	1-Metoksipropanol-2	375	100	568	150	Deri
203-550-1	108-10-1	4-Metilpentan-2-on	83	20	208	50	-
203-576-3	108-38-3	m-Ksilen	221	50	442	100	Deri
203-603-9	108-65-6	2-Metoksi-1-metiletilasetat	275	50	550	100	Deri
203-604-4	108-67-8	Mesitilen (Trimetilbenzen'ler)	100	20	-	-	-
203-628-5	108-90-7	Klorobenzen	47	10	94	20	-
203-631-1	108-94-1	Siklohegzanon	40,8	10	81,6	20	Deri
203-632-7	108-95-2	Fenol	7,8	2	-	-	Deri
203-726-8	109-99-9	Tetrahidrofuran	150	50	300	100	Deri
203-737-8	110-12-3	5-Metilhegzan-2-on	95	20	-	-	-
203-767-1	110-43-0	Heptan-2-on	238	50	475	100	Deri
203-808-3	110-85-0	Piperazin	0,1	-	0,3	-	-
203-905-0	111-76-2	2-Butoksietanol	98	20	246	50	Deri
203-933-3	112-07-2	2-Butoksietil asetat	133	20	333	50	Deri
204-065-8	115-10-6	Dimetileter	1920	1000	-	-	-
204-428-0	120-82-1	1,2,4-Triklorobenzen	15,1	2	37,8	5	Deri
204-469-4	121-44-8	Trietilamin	8,4	2	12,6	3	Deri
204-662-3	123-92-2	İzopentilasetat	270	50	540	100	-
204-697-4	124-40-3	Dimetilamin	3,8	2	9,4	5	-
204-826-4	127-19-5	N,N-Dimetilasetamid	36	10	72	20	Deri
205-480-7	141-32-2	n-Butilakrilat	11	2	53	10	-
205-563-8	142-82-5	n-Heptan	2085	500	-	-	-
208-394-8	526-73-8	1,2,3-Trimetilbenzen	100	20	-	-	-
208-793-7	541-85-5	5-Metilheptan-3-on	53	10	107	20	-
210-946-8	626-38-0	1-Metilbutilasetat	270	50	540	100	-
211-047-3	628-63-7	Pentilasetat	270	50	540	100	-
	620-11-1	3-Pentilasetat	270	50	540	100	-

	625-16-1	Amilasetat, tert	270	50	540	100	-
215-535-7	1330-20-7	Ksilen, (karışım izomerleri, saf)	221	50	442	100	Deri
222-995-2	3689-24-5	Sulfotep	0,1	-	-	-	Deri
231-634-8	7664-39-3	Hidrojen florür	1,5	1,8	2,5	3	-
231-131-3	7440-22-4	Gümüş (Metalik)	0,1	-	-	-	-
231-595-7	7647-01-0	Hidrojen klorür	8	5	15	10	-
231-633-2	7664-38-2	Ortofosforik asit	1	-	2	-	-
231-635-3	7664-41-7	Amonyak (Anhydrous)	14	20	36	50	-
231-954-8	7782-41-4	Flor	1,58	1	3,16	2	-
231-978-9	7783-07-5	Dihidrojen selenür	0,07	0,02	0,17	0,05	-
233-113-0	10035-10-6	Hidrojen bromür	-	-	6,7	2	-
247-852-1	26628-22-8	Sodyum azid	0,1	-	0,3	-	Deri
252-104-2	34590-94-8	(2-Metoksimetiletoksi)-propanol	308	50	-	-	Deri
		Florürler, inorganik	2,5	-	-	-	-

(*) 2000 / 39 / EC sayılı Direktifin ekidir.

Tablo A.3: Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Ek – I / C (*)

EINECS ⁽¹⁾	CAS ⁽²⁾	Maddenin Adı	Sınır Değer ⁽³⁾	
			mg/m ³ ⁽⁴⁾	ppm ⁽⁵⁾
2 001 933	54-11-5	Nikotin ⁽⁶⁾	0.5	-
2 005 791	64-18-6	Formik asit	9	5
2 005 807	64-19-7	Asetik asit	25	10
2 006 596	67-56-1	Metenol (metil alkol)	260	200
2 008 352	75-05-8	Asetonitril	70	40
2 018 659	88-89-1	Pikrik asit ⁽⁶⁾	0.1	-
2 020 495	91-20-3	Naftalin	50	10
2 027 160	98-95-3	Nitrobenzen	5	1
2 035 852	108-46-3	Resorsinol ⁽⁶⁾	45	10
2 037 163	109-89-7	Dietilamin	30	10
2 038 099	110-86-1	Piridin ⁽⁶⁾	15	5
2 046 969	124-38-9	Karbondioksit	9000	5000
2 056 343	144-62-7	Oksalik asit ⁽⁶⁾	1	-
2 069 923	420-04-2	Siyanamid ⁽⁶⁾	2	-
2 151 373	1305-62-0	Kalsiyumdihidroksit ⁽⁶⁾	5	-

2 152 361	1314-56-3	Difosforpentaoksit ⁽⁶⁾	1	-
2 152 424	1314-80-3	Difosforpentasülfür ⁽⁶⁾	1	-
2 152 932	1319-77-3	Krezoller (Tüm izomerleri) ⁽⁶⁾	22	5
2 311 161	7440-06-4	Platin (Metalik) ⁽⁶⁾	1	-
2 314 843	7580-67-8	Lityumhidrür ⁽⁶⁾	0.025	-
2 317 781	7726-95-6	Brom ⁽⁶⁾	0.7	0.1
2 330 603	10026-13-8	Fosforpentaklorür ⁽⁶⁾	1	-
2 332 710	10102-43-9	Azotmonoksit	30	25
	8003-34-7	Piretrum	5	-
		Baryum (Baryum olarak çözünür bileşikleri) ⁽⁶⁾	0.5	-
		Gümüş (Gümüş olarak çözünür bileşikleri) ⁽⁶⁾	0.01	-
		Kalay (Kalay olarak inorganik bileşikleri) ⁽⁶⁾	2	-

(*) 1991 / 322 / EC sayılı Direktifin ekidir.

Tablo A.4: Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri Ek 3

Maddenin adı	EINECS	CAS	Sınır Değerler		Açıklama
			mg / m ³ (3)	ppm (4)	
Benzen	200-753 -7	71-43-2	3.25	1	Deri
Vinilklorür monomeri	200-831	75-01-4	7.77	3	----
Sert ağaç tozları	-----	-----	5.0	----	----

Tablo A.5. Organik Buhar ve Gazlar

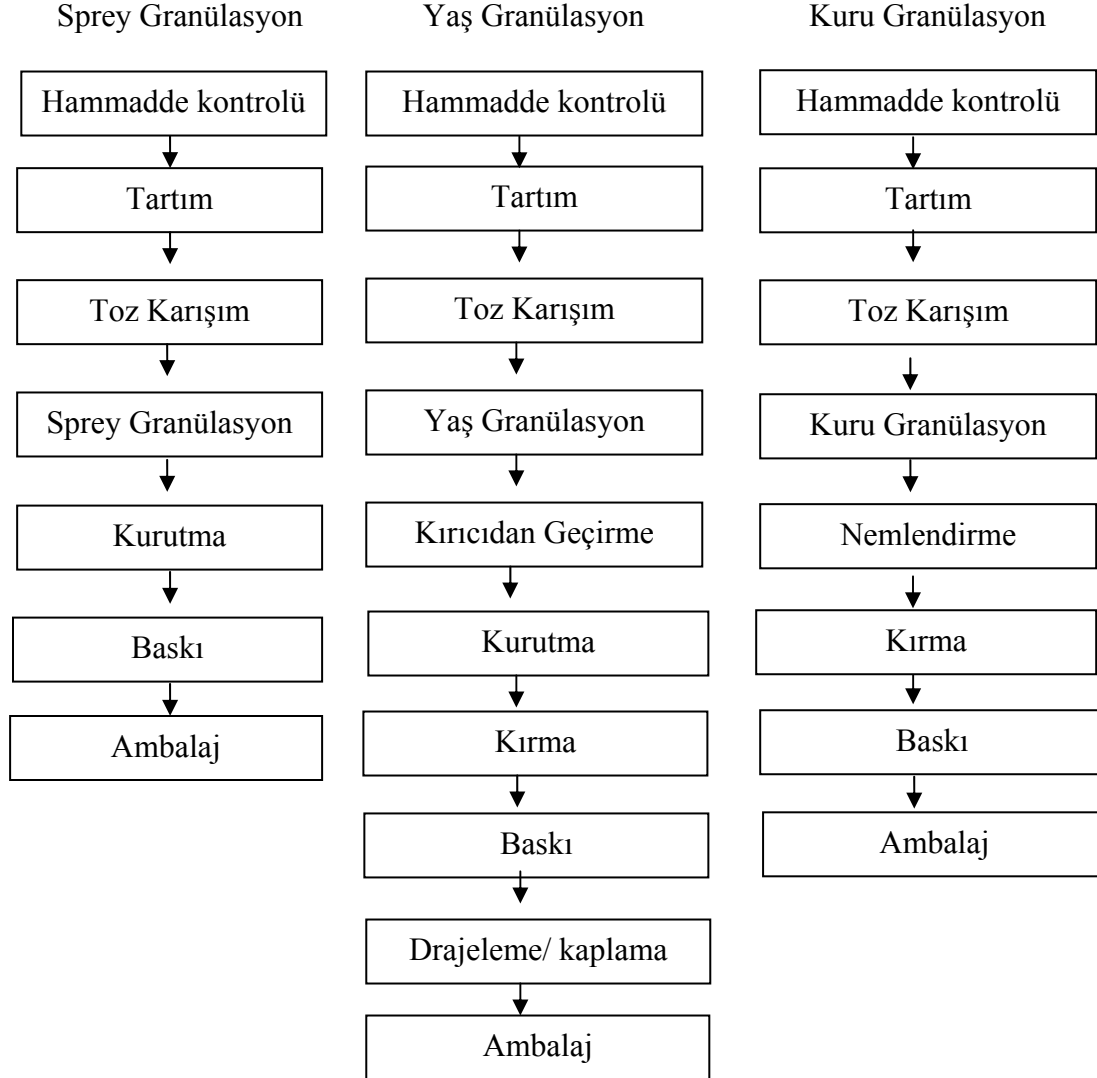
I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf
-Akrilaldehit	-Amilasetat	-Aseton
-Akrilikasit	- Asetaldehit	- Asetikasit Etilesteri
-Akrilikasit etilesteri	- Asetik asit	-Asetikasit n-butil esteri
-Akrilikasit metilesteri	- Asetikasit n-metil esteri	-n-bütül alkol
-Anilin	-Asetik metil esteri	-n-bütülasetat
-Butirilasit = Bütanoikasit	- Vinil Asetat	-Dietil eter
-Dietilamin	- Benzin) (Kütle yüzdesi olarak %25 den fazla C ₇ ve C ₈ aromatik ihtiva eden)	-1,2-Dikloretilen
-1,2 - Dikloretan	-Bütadien (1,3)	-Diklorometan
- Diklorofenol	-Diasetonalkol	- Dimetilsülfoksit
- Dimetilamin	- Dietanolamin	-Diizopropileter
- Dimetilanilin	-1,1-Dibrometan	-Etanol (Etil alkol)
-Dimetiletilamin	-1, 1 - Dikloretan (Etilenklörür)	- Etil Klorür
- Dimetilsülfür	- p- Diklorbenzen ve o-Diklorbenzen	-Etilenglikol
- Dinitrobenzen	- Dimetilformamid	-Etilglükol
-Difenil	-1,4-dioksan	-n-Heptan
- Etilenoksit	-Etilbenzen	-4-Hidroksi-4-metil-2-pentanon
- Fenol	- Etilendiamin	-n-Hekzan
- Formaldehit	-Etilenglikol monometileter (Metilglükol)	-İzo butil alkol
- Formik Asit		

<ul style="list-style-type: none"> - Fosgen - Furfurol - Hekzametilendiizosiyanat - Hekzanoik asit =Kaproik asit - Kurşun tetraetil - Karbonsülfür -Krezol =Hidroksi toluen - Keten - Kloropropionik asit -Merkaptanlar -Monoklorasetik asit -Metilamin - Metilizosiyanat -Monoetilamin - Nitrobenzen - Nitrokrezol (2 - Nitro p-hidroksitoluen - Nitrofenol - Poliklorlu Difeniller - Piridin - Tetrakloretan - Tiyoeter - Tiyofenol - Tiyokrezon - Toluendizosiyanat - Trietilamin - Trimetilamin - 1, 1, 2-Trikloretan - Triklorfenol - Valerikasit = Pentanoik asit 	<ul style="list-style-type: none"> -2-Etil -1-hekzanol -2 Klor-1,3bütadien -Kloroform=Triklormetan - Ksilen -Metakrilik asit metil ester -Metilsikloheksanon -Metilnaftalin -Morfolin-Dietilen İmidoksit -Monoetenolamin -Monoklorbenzen -Naftalin -Nitrotoluen -Propilen oksit -Propionik asit -Sikloheksanon -Stiren – Feniletilen = Vinil benzen -Tetrahidrofuran -Tetrahidronaftalin -Toluen -Trietanolamin -1,1,1-trikloretan -Trikloretilen -Trioksan metaformaldehit 	<ul style="list-style-type: none"> -İzopropileter -Metanol-Metil alkol -Metilsikloheksan -Metiletilketon -Metilbütiketon -Metilizobütiketon -n-Pentan -1-pentanol - i-propanol - İzopropil alkol -Sikloheksan -Sikloheksanol -Tetrakloroetilen -Trietilenglikol -1, 1, 1-Trikloretan
---	--	--

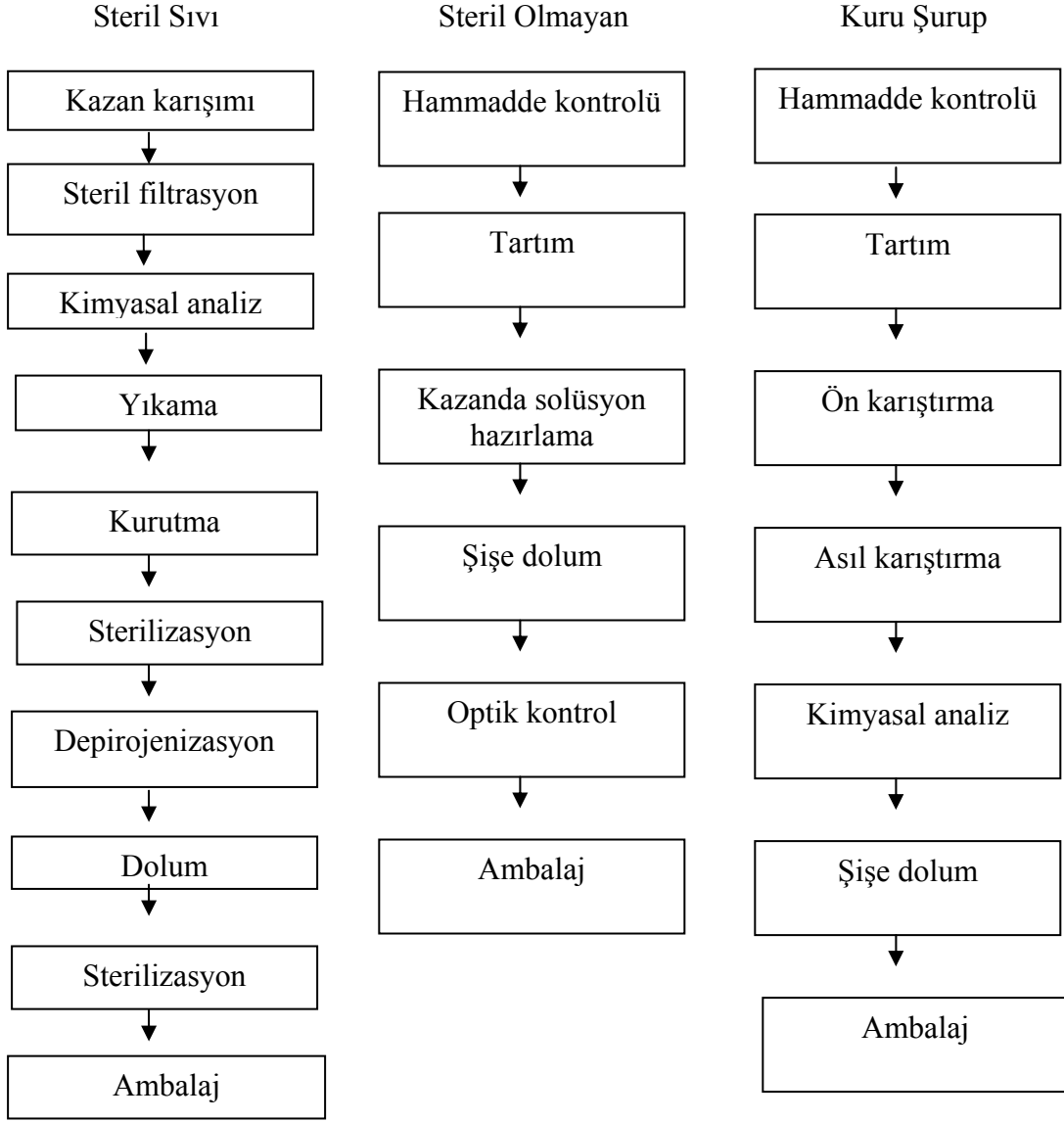
Tablo A.6: Kanseri Yapıcı Maddeler

I.sınıf	II.sınıf	III.sınıf
<ul style="list-style-type: none"> - Asbest (İnce toz halinde Krisotil, Krosidolit, amosit, antopilit, Aksiyonolit, trmolit) -Benzopiren -Berilyum ve bileşikleri -Dibenzoantrasen -2-Naftilamin ve tuzları 	<ul style="list-style-type: none"> -Arseniktrioksit ve arsenikpentaoksit Arsenikli asitler, arsenik ve tuzları (As olarak verilmiştir.) -3,3-Diklorbenzidin -Dimetil sülfat - Etilenimin -Krom VI bileşikleri (Kalsiyum kromat, Krom III kromat, Stronsiyum Kromat ve Çinkokromat, Cr olarak verilmiştir.) - Kobalt (Nefesle alınabilir toz ve aerosoller içinde Kobalt metali ve zor çözünen kobalt tuzları, Co olarak verilmiştir.) -Nikel (Nikel metalinin nefesle alınabilentozları ve aerosolleri, Nikel sülfür ve sülfütlü mineralleri, Nikeloksit ve Nikel karbonil; Ni olarak verilmiştir.) 	<ul style="list-style-type: none"> -1,2-Dibrommetan -Hidrazin -1-Klor-2,3-epoksipropan (Epiklorhidrin)

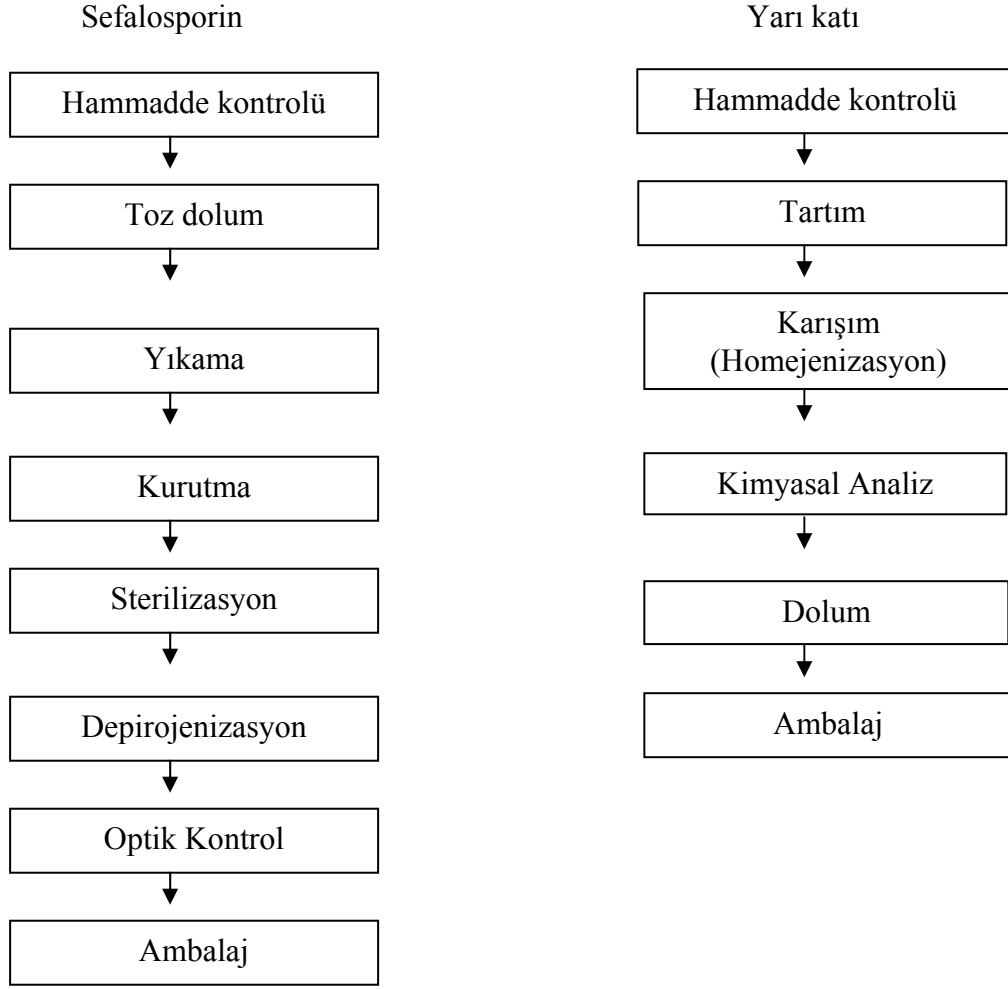
Ekler B: Şekiller



Şekil B.1: Katı Preparatlar Proses Akım Şemaları



Şekil B.2: Sıvı Preparatlar Proses Akım Şemaları



Şekil B.3: Yarı- Katı ve Sefalosporin Preparatlar Proses Akım Şemaları

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İstanbul’ da doğdu. Orta okul ve lise öğrenimini 1992-1999 yılları arasında Kartal Anadolu Lisesi’ nde tamamladı. 1999 yılında Y.T.Ü. Çevre Mühendisliğini kazandı ve 2004’ de mezun oldu. 2004 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimi ve Mühendisliği yüksek lisans programına başladı. Halen aynı programda tez aşamasında öğretime devam etmektedir. 2004 senesinden itibaren özel sektörde çalışmaktadır.