

	ULUSLARARASI AKADEMİ DERGİSİ INTERNATIONAL JOURNAL OF ACADEMY (e-ISSN: 2979-9937)	Yıl/Year: 2026 Cilt/Volume: 5 Sayı/Issue: 1
---	---	--

Endüstride Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar İçin İkame Planlaması ¹

Replacement Planning for Hazardous Chemicals Used in Industry

Öğr.Gör. Aslıhan TOYOĞLU ², Prof.Dr. Elif ÇELENK KAYA ³

MAKALE BİLGİSİ	ÖZET
Anahtar Kelimeler: Tehlikeli Kimyasal, İkame Süreçleri, Risk Yönetimi, İş Sağlığı ve Güvenliği. Makale Kategorisi: Derleme Makale Gönderilme Tarihi: 11.03.2026 Revizyon Tarihi: 25.06.2026 Kabul Tarihi: 28.06.2026	Endüstriyel kuruluşlarda insan ve çevre sağlığı için zararlı birçok tehlikeli kimyasal madde kullanılmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği politikalarına göre risk kontrol hiyerarşisinde öncelikli olarak tehlike veya tehlike kaynaklarının ortadan kaldırılması bunun mümkün olmadığı durumda ikame yöntemi önerilmektedir. Tehlikeli olanı tehlikesiz veya daha az tehlikeli olan ile değiştirmek anlamına gelen ikame yöntemi çalışan sağlığı ve güvenliği için risk oluşturan tehlikeli kimyasalların yönetimi için oldukça önemli bir yöntemdir. Ülkemiz mevzuatında ve iş sağlığı ve güvenliği araştırmalarında temel olarak ikame yönteminden söz edilmekte ancak bu ikame planlamasının nasıl yapılacağına ilişkin detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, kimyasallarda uygulanacak ikame yöntemi, kimyasal ikame yönteminin planlanması süreci, ikame planlamasında yaşanan zorluklar ve sınırlılıklar açıklanarak çalışmanın işyerlerine bu konuda yol gösterici bir rehber niteliği taşıması hedeflenmektedir.
ARTICLE INFO	ABSTRACT
Keywords: Hazardous Chemicals, Substitution Processes, Risk Management, Occupational Health and Safety. Article Classification: Review Articles Date Received: 11.03.2026 Date Revised: 25.06.2026	Many hazardous chemicals that are harmful to human and environmental health are used in industrial establishments. According to occupational health and safety policies, the elimination of hazards or hazard sources is recommended as a priority in the risk control hierarchy and when this is not possible, the substitution method is recommended. The substitution method, which means replacing the hazardous with a non-hazardous or less hazardous alternative, is a very important method for the management of hazardous chemicals that pose a risk to employee health and safety. In our country's legislation and occupational health and safety research, the substitution method is basically mentioned, but there is no detailed study on how this substitution planning will be done. This study aims to provide a guide for workplaces by explaining the chemical substitution method to be applied in

¹ Bu çalışma, 29-30 Nisan 2025 tarihinde IV. Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Öğrenci Kongresi'nde sunulan ve kongre bildiri özetleri kitabında yayımlanan bildirinin, genişletilmiş ve geliştirilmiş versiyonu olarak hazırlanmıştır.

² Mersin Üniversitesi, Mersin Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Mersin, aslihantoyoglu@mersin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1304-454X

³ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Havza Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Samsun, elif.celenkkaya@omu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-7811-7669

Atıf için (Cite as): Toyoğlu, A. & Çelenk Kaya, E. (2026). Endüstride Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar İçin İkame Planlaması. *Uluslararası Akademi Dergisi*, 5(1), 1-9.

1. Giriş

Endüstriyel kuruluşlarda binlerce kimyasal madde kullanılmaktadır. Ancak bu kimyasal maddelerin bir kısmı, insan sağlığına zarar verebilmekte veya çevrede kalıcı kirlilik yaratabilmektedir (Ersoy ve Çelenk Kaya, 2024: 163). Sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının sağlanmasında en önemli faktör risk yönetim sürecidir. İş sağlığı ve güvenliği politikalarına göre risk yönetim sürecinde, risklerle ilk olarak kaynağında, sonra ortamda daha sonra ise kişide koruma uygulamaları ile mücadele edilmektedir. Bu noktada risk kontrol hiyerarşisinde en önemli unsur öncelikli olarak tehlike veya tehlike kaynaklarının ortadan kaldırılması, bunun mümkün olmadığı durumda ise ikame yönteminin uygulanmasıdır (Irmak ve Çelenk Kaya, 2023: 155). Bu bağlamda, ikame yöntemi riskler ile kaynağında mücadele edilmesi için uygulamış olduğumuz önemli bir risk yönetim uygulamasıdır. İkame yöntemi sadece kimyasal maddelerin yerine alternatiflerinin belirlenmesi değil, aynı zamanda teknolojik ya da yapısal kökenli değişiklikleri de içerebilmektedir.

Ülkemiz mevzuatında ve iş sağlığı ve güvenliği araştırmalarında temel olarak ikame yönteminden söz edilmekte ancak bu ikame planlamasının nasıl yapılacağına ilişkin detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Doğru planlanmış bir ikame süreci ile işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatından doğan zorunluluklar yerine getirilirken aynı zamanda gelecek nesillere temiz ve sürdürülebilir bir doğa bırakılması da sağlanabilecektir.

2. Kavramsal Çerçeve

Bu çalışmada, kimyasallarda uygulanacak ikame yöntemi, kimyasal ikame yönteminin planlanması süreci, ikame planlamasında yaşanan zorluklar ve sınırlılıklar ele alınmaktadır. Çalışma, endüstride kullanılan tehlikeli kimyasallar için ikame planlaması süreçlerini inceleyen ulusal ve uluslararası literatür taramasına dayalı bir derleme çalışmasıdır. Çalışmanın amacı, tehlikeli kimyasalların ikamesi ile ilgili daha önce yapılmış ulusal ve uluslararası araştırmaları sistematik olarak derlemek ve endüstriyel alanlarda tehlikeli kimyasalların ikame edilmesi sürecinin planlanması için kaynak oluşturmaktır.

2.1. Kimyasal İkame Yönteminin Tanımı ve Kapsamı

Kimyasal ikame yöntemi; tehlikeli olan kimyasal maddenin tehlikesiz veya daha az tehlikeli olan kimyasal madde ile değiştirilmesi anlamına gelmektedir. Bu yöntem, çalışan sağlığı ve güvenliği için risk oluşturan tehlikeli kimyasalların yönetimi için önemli bir korunma uygulamasıdır. Sağlığa zarar veren kimyasalların azaltılması ve ortadan kaldırılması yoluyla birincil önleme, maruziyetle ilişkili hastalıkların önlenmesinde en etkili müdahale olarak kabul edilmesine rağmen, ikamelerin doğru bir şekilde planlanmaması birçok olumsuz duruma neden olabilir. Bilinen toksik kimyasalların yerine ikame edilerek kullanılan daha sonra kendilerinin de toksik olduğu bulunan birçok yeni kimyasal örneği vardır. Örneğin, 1990'ların sonlarında, 1-bromopropan (N-propil bromür) metilen klorür ve trikloroetilen gibi bilinen veya şüphelenilen kanserojen çözücülerin yerine giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. 1-bromopropanı bir yerine koyma olarak benimsemesinden birkaç ay sonra, çalışanlar arasında şiddetli nörotoksikite (zehirli maddenin sinir sisteminin normal çalışmasını olumsuz yönde etkilemesi durumu) vaka çalışmaları hızla ortaya çıkmıştır. 1-bromopropanın son derece nörotoksik olduğu bilinmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde toksik kimyasalların ikamesi önemli bir halk ve çevre sağlığı önleme stratejisi olduğundan, seçilen alternatiflerin insan ve çevre sağlığı risklerini azaltacağından emin olmak çok önemlidir. Ancak bir ikamenin benimsenmesi, teknik ve ekonomik uygulanabilirliğine de bağlıdır (Jacobs vd., 2016: 265). Sanayi ve günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan kimyasal maddelerin çevre ve insan sağlığı

üzerindeki olumsuz etkileri, bu maddelerin daha güvenli ve sürdürülebilir alternatiflerle ikame edilmesi gerekliliğini gündeme getirmiştir. Çok sayıda hükümet ve özel sektör programı, tehlikeli kimyasalların daha güvenli alternatiflerle değiştirilmesini teşvik etmektedir (Geiser vd., 2015: 2154).

2.2. Kimyasal İkame Yönteminin Planlanması Süreci

Bir kimyasalın ikamesi (alternatifi) bulunurken, temel amaç aynı işlevi yerine getirebilecek ancak daha az toksik, daha çevre dostu, daha ekonomik veya daha güvenli bir madde bulmaktır. Avrupa Birliği ülkelerinde kimyasal alternatifler değerlendirmesi sürecini ve adımlarını belirten bir dizi farklı çerçeve geliştirilmiştir ve son yıllarda sayıları giderek artmıştır. Ancak, aynı teknik işlevleri yerine getiren, daha az toksik bir kimyasalla toksik bir kimyasalın değiştirilmesi ilkesi çok daha eskilere dayanmaktadır. Klasik örnekler arasında; erken tunç çağında alaşım metali olarak kullanılan arseniğin kalay ile değiştirilmesi veya çok daha sonra duvar kağıtlarında arsenik pigmentlerinin ve kibritlerde beyaz fosforun değiştirilmesi yer almaktadır (Öberg, 2013: 565).

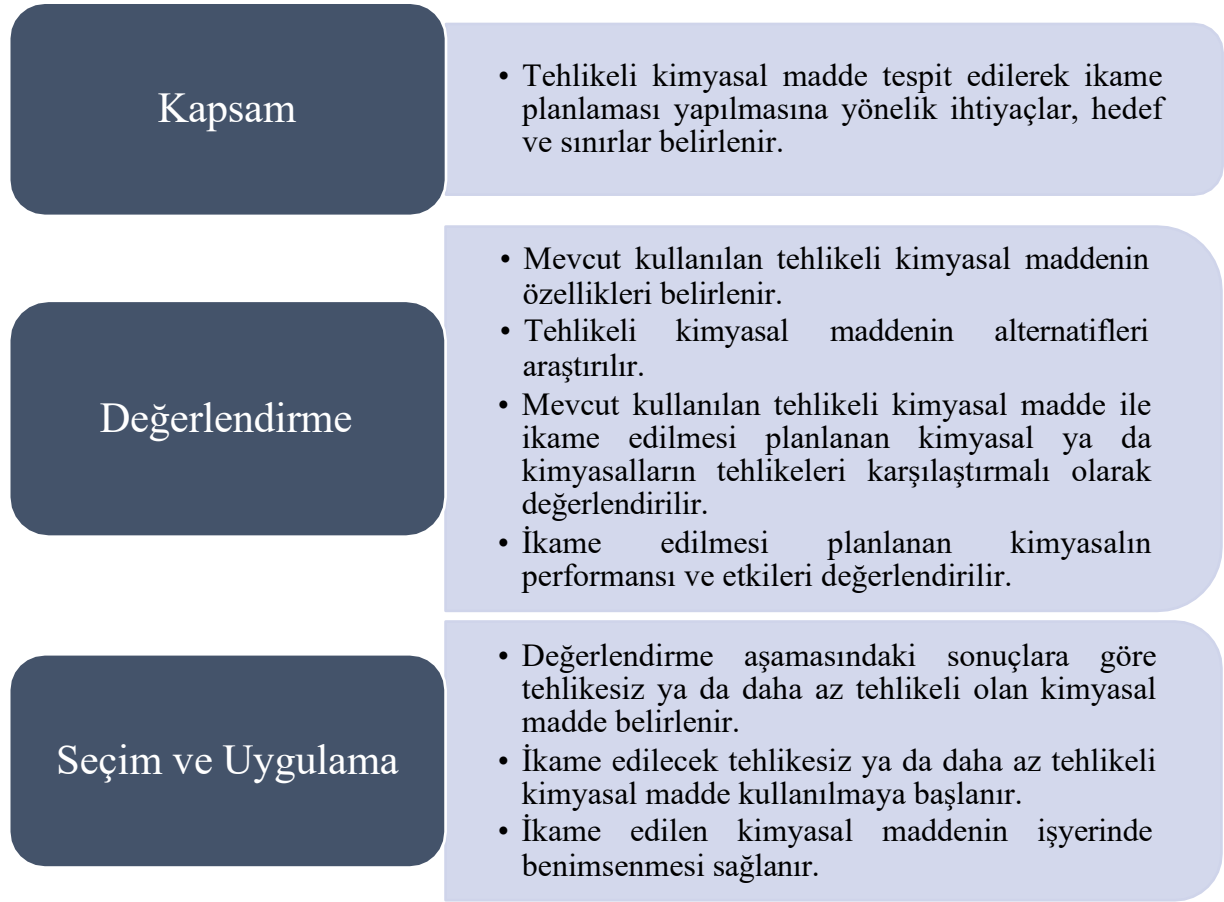
İkame yöntemi geçmişten günümüze kullanılsa da tek bir ikame yöntemi bulunmamaktadır. Farklı sektörler, ürünler ve kimyasal işlevler farklı yaklaşımlar gerektirebilir. Dolayısıyla ikame sürecinin doğru planlanmasında birtakım bilgilere ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemiz mevzuatında kimyasal maddelerle, sağlıklı ve güvenli bir çalışma yapılacağı zaman yararlandığımız İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği; Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etiketlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik; Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması Hakkında Yönetmelik bulunmakta ancak bu yönetmelikler bize bu kimyasal maddelerin nasıl ikame edileceğine dair bir bilgi sağlamamaktadır. Bu hususta Avrupa Birliği normlarına ilişkin REACH gibi çeşitli mevzuat düzenlemeleri tehlikeli kimyasal maddelerin kullanımının sınırlanarak işyerlerini ikame uygulamalarına teşvik ederek yapılacak çalışmalara kaynaklık etmektedir (European Union, 2006). Bunun yanı sıra kimyasalların ikame edilmesinde yararlandığımız en önemli kaynak ise Güvenlik Bilgi Formları (MSDS) ve kimyasal etiketleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kimyasal ikame planlaması, endişe duyulan kimyasallara yönelik daha güvenli alternatiflerin belirlenmesi, karşılaştırılması ve seçilmesi süreci ile gerçekleşmektedir. Bu süreçte kimyasalların tehlikeleri, ikame edilecek kimyasalın performansı ve ekonomik olarak uygulanabilirlik durumları incelenmektedir. Kimyasal ikame planlaması yapılmasındaki temel amaç insanlara ve çevreye yönelik riskleri azaltmaktır (Tickner vd., 2011:1).

Bu bilgiler ışığında, kimyasal ikame yönteminin planlanması süreci en geniş perspektiften kapsam, değerlendirme, seçim ve uygulama olmak üzere üç adımda gerçekleşmektedir. Şekil 1’de kimyasal ikame yönteminin planlanması süreci sunulmaktadır.

Endüstride Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar İçin İkame Planlaması

Şekil 1. Kimyasal İkame Yönteminin Planlanması Süreci



Kaynak: (Geiser vd., 2015: 2153).

2.2.1. Kapsam

Bu adımda, tehlikeli kimyasal maddenin insan, çevre vb. üzerindeki zararlı etkileri tespit edilerek ikame planlaması yapılmasına yönelik ihtiyaçlar, hedef ve sınırlar belirlenir. Burada klasik anlamda iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında kullanmış olduğumuz “Güvenli mi? Risk kabul edilebilir mi? soruları yerine tehlikeli kimyasal madde için ikame uygulamak “Gerekli mi?” sorusuna yanıt aranmaktadır (National Research Council, 2014). Bu sorulara yanıt ararken ikame planlaması yapılmasına yönelik bir ihtiyaç tespit edilmesi durumunda değerlendirme adımındaki süreçlerin incelenmesi gerekmektedir.

2.2.2. Değerlendirme

Değerlendirme adımı, ikame edilmesi planlanan kimyasalı ve o kimyasalın yerine konulacak alternatifleri karşılaştırmak için genel yapıyı sağlamaktadır. Bu adımda ilk olarak mevcut kullanılan tehlikeli kimyasal maddenin özellikleri belirlenir. Endişe verici kimyasalın, tehlikeli özellikleri, çevresel etkisi, fonksiyonel kullanımı, performans gereksinimleri, maliyetleri ve bulunabilirliği açısından yeterince incelenmesi gerekmektedir (Official Journal of the European Union, 2011: 43). İkinci olarak, tehlikeli kimyasal maddenin alternatifi-alternatifleri araştırılır. Alternatif belirlenirken, ikame edilmesi planlanan kimyasalın işlevini doğru analiz etmek çok önemlidir. Bu aşamada bize bilimsel literatür, kimyasal tedarikçileriyle yapılan görüşmeler ile güvenlik bilgi formları, doğru internet kaynakları ve pazar araştırmaları yardımcı olabilecektir. Özellikle sahada uygulanmış ikame uygulamalarını incelemek potansiyel ikameler hakkında bilgi sağlayacaktır. Bu adımda, ikame edilmesi planlanan kimyasal maddelerin daha tehlikeli

olması ya da risk yönetimi bağlamında kabul edilemez olması o alternatifin hızlıca ön elemesinin yapılmasını gerektirmektedir. Bu da bize hem zaman hem de maliyet açısından tasarruf sağlayacaktır. Ancak potansiyel olarak daha güvenli bir kimyasal maddenin belirlenemediği durumlar söz konusu olduğunda, yeni alternatifler bulunması için yatırımlar yapılması veya alternatif bulununcaya kadar çalışanların tehlikeli kimyasala maruziyetlerinin en aza indirilmesi için çalışma metodunda değişiklikler yapılması gerekebilir (Geiser vd., 2015: 2154).

Üçüncü olarak, mevcut kullanılan tehlikeli kimyasal madde ile ikame edilmesi planlanan kimyasal ya da kimyasalların tehlikeleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilir. Bu değerlendirme aşamasında, Avrupa Birliği mevzuatında yer alan REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals- Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması) düzenlenmesi, ABD Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) Tehlike Değerlendirme Kriterleri ve Temiz Üretim Eylemi (Clean Production Action) GreenScreen'i, tüm dünyada yaygın olarak kullanılan araçlar arasındadır. (European Union, 2007 ve U.S. Environmental Protection Agency, 2014). Bu araçlar, tehlikeli kimyasal maddelerin insan sağlığı ve çevresel etkileri üzerine odaklanarak her alternatifi dereceleme ve karşılaştırabilmek için yol gösterici olmaktadır.

Dördüncü olarak, ikame edilmesi planlanan kimyasalın performansı ve etkileri değerlendirilir. Bu aşamada özellikle ikame edilmesi planlanan kimyasal maddenin performans ve maliyet analizlerinin yapılması işlevsiz ikamelerin önüne geçilmesi açısından çok önemlidir. Diğer taraftan ikame edilmesi planlanan kimyasal maddenin bulunabilirliği de göz önünde bulundurulmalıdır. (Lavoie vd., 2010: 9246). Bu adımda isteğe bağlı olarak yaşam döngüsü değerlendirmesi de yapılabilmektedir. Ham maddenin çıkarılması, ürün kullanımı ve oluşan atıkların bertaraf edilmesine kadar kimyasal maddenin çevresel etkileri, enerji ve kaynak tüketimi gibi birçok unsur, sürdürülebilirlik hedefleri açısından incelenmektedir (Geiser vd., 2015: 2154-2155). Bu inceleme gelecek nesillere temiz ve yeşil bir yaşam alanı bırakabilmek açısından da oldukça önemlidir.

2.2.3. Seçim ve Uygulama

Seçim ve uygulama adımı ise tercih edilen alternatif kimyasal maddeyi belirlemeyi ve ikame planının gerçekleşmesi sürecini içermektedir. Bu adımda ilk olarak değerlendirme sonuçlarına göre, tehlikesiz ya da daha az tehlikeli olan kimyasal madde belirlenir. İkinci olarak, ikame edilecek tehlikesiz ya da daha az tehlikeli kimyasal madde kullanılmaya başlanır. Üçüncü olarak da ikame edilen kimyasal maddenin işyerinde benimsenmesi sağlanır.

Her adımda, alternatifleri karşılaştırmak için tehlike değerlendirmesi, maruz kalma değerlendirmesi, maliyet ve performans değerlendirmesi ve yaşam döngüsü değerlendirmesi gibi çeşitli analitik yöntemler kullanılabilir. Bu analitik yöntemler, değerlendiren işyerinin hedeflerine göre alternatif kimyasal değerlendirme sürecinde kullanılır (Geiser vd., 2015: 2154).

İkame planlaması sürecinin doğru şekilde yürütülmesi adımları, tehlikeli kimyasal maddelerin daha sonrasında alternatif olarak seçilecek kimyasal maddeden pişman olunmayacak şekilde daha güvenli alternatiflerle değiştirilmesini sağlamak için rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır. Kimyasal ikame süreci doğru şekilde planlanmadığı takdirde kimyasal maddelerin yapısal olarak benzer tehlikelere sahip alternatiflerle veya farklı/bilinmeyen tehlikelere sahip alternatiflerle değiştirilmesi problemi ortaya çıkmaktadır; bu durum da genellikle alternatiflerin eksik veya tamamlanmamış değerlendirmelerine dayanmaktadır (Peter Fantke ve Phatchari Mankong, 2026: 1597).

Endüstride Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar İçin İkame Planlaması

Tablo 1’de örnek tehlikeli kimyasal ikame uygulamaları yer almaktadır (Tickner vd., 2019: 4-10-11; Thorpe ve Rossi, 2007: 180; Saputra vd., 2026:180).

Tablo 1. Örnek Tehlikeli Kimyasal İkame Uygulamaları

Tehlikeli Kimyasal	Tehlikeli Kimyasal Alternatifi İkame Kimyasal
Solvent bazlı boyalar	Su bazlı boyalar
Bromlu alev geciktiriciler	Fosfor bazlı alev geciktiriciler
Trikloretilen	Su bazlı temizleyiciler
Cıva	Ethanol
Pestisit	Bacillus thuringiensis (Bt) gibi biyolojik ajanlar
Asbest	Fenolik Reçine Matris Kompozitleri

Tablo 1’de yer alan ikame uygulamaları kimyasal ikame sürecindeki adımlar dikkate alınarak yapılan incelemeler ve endüstriyel alanlardaki uygulamalar sonucunda bilimsel literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin tabloda bulunan asbestin kanserojen ve çevre açısından oldukça zararlı olduğu bilinen bir gerçektir. Şu an ülkemizde kullanımı da yasaktır. Ancak yapılan çalışmalar otomotiv sektöründe kullanılan fren balatalarının %60 oranında asbest kullanılarak üretildiğini göstermektedir. Bu nedenle de asbest yerine fenolik reçine matris kompozitleri gibi daha çevre dostu ve yenilikçi yaklaşımlara ihtiyaç bulunmaktadır (Saputra vd., 2026: 180).

2.3. İkame Planlamasında Yaşanan Zorluklar ve Sınırlılıklar

Kimyasal ikame planlamasının yapılması ve uygulanmasında teknik ve ekonomik açıdan önemli zorluklar bulunmaktadır. Alternatif maddelerin aynı işlevi görebilmesi, proseslerle uyumlu olması ve maliyet açısından rekabetçi olması gerekmektedir. Zararlı olan kimyasal maddelerin yanı sıra daha güvenli alternatifleri belirlemek (ikame planlamak) ve değerlendirmek, işyerleri ve yasa düzenleyici otoriteler için önemli uzmanlık ve kaynak gerektirir. Hem zararlı kimyasal maddelerle hem de potansiyel alternatifleriyle ilişkili tehlikeler ve riskler hakkında sınırlı ve eşit olmayan bir şekilde dağıtılmış bilgiler, karar alma sürecini daha da karmaşık hale getirir. Sonuç olarak, kimyasal ikame planlaması süreci genellikle önemli belirsizlik altında gerçekleşmektedir (Sluenge vd., 2023: 2). İkame planlaması ile ilgili nitel ve nicel literatür incelenirken mevcut yapılan çalışmaların derinlik açısından sınırlı bilgiye sahip olduğunu göstermektedir (Rao, 2021: 5).

Diğer taraftan ülkemizdeki mevcut yasal düzenlemeler ile yapılan bilimsel araştırmaların da tehlikeli bir kimyasal maddenin ikame edilmesi süreci ile ilgili olarak oldukça sınırlı kaldığını söylemek mümkündür. Bundan kaynaklı olarak da ikame planlanması sürecinde bir takım zorluk ve sınırlılıklar bulunmaktadır. Genel olarak bunları; alternatiflerin bulunmaması, alternatif bulma konusunda farkındalık eksikliği, kimyasal maddeyi kullanan/tüketenlerden alternatiflere yönelik talep eksikliği, alternatiflerin kullanılmasıyla birlikte rekabet gücünün azalacağı korkusu, alternatiflerin uygulanma maliyetleri olarak ifade edilebilmektedir (Jacobs vd., 2016: 266-267; Geiser vd., 2015: 2156).

Tablo 2’de kimyasal ikame sürecindeki adımlar ve her adımda karşılaşılan yaygın zorluklar yapılan literatür taramasındaki veriler derlenerek özetlenmiştir (European Union, 1907/2006; Tickner vd., 2015: 747-748; Wilson ve Schwarzman, 2009:1207; Geiser vd., 2015: 2156).

Tablo 2. Kimyasal İkame Sürecindeki Adımlar ve Her Adımda Karşılaşılan Yaygın Zorluklar

Kimyasal İkame Sürecindeki Adımlar	Karşılaşılan Yaygın Zorluklar
Tehlikeli kimyasalın belirlenmesi	Veri eksikliği, toksikolojik analiz ihtiyacı
Alternatiflerin araştırılması	Alternatiflerin araştırılmasında teknik veri eksikliği
Uygunluk değerlendirmesi	Fonksiyonel eşdeğerlik sağlanamaması
Maliyet ve fizibilite analizi	Yüksek geçiş maliyetleri
Pilot testler yapılması ve prosesle uyumun değerlendirilmesi	Ekipman uyumsuzluğu, çalışanların eğitimi
Nihai kimyasala karar verme ve izleme	Performans takibi

Bu bağlamda Tablo 2’de yer alan veriler incelendiğinde ilk olarak tehlikeli kimyasalın belirlenmesi ile ilgili veri eksiklikleri, toksikolojik analiz ihtiyacı gibi yaygın zorluklarla karşılaşıldığı görülmektedir. Özellikle bu çalışma içerisinde de vurgu yapmış olduğumuz yasal mevzuatımızda ikame planlama süreci ile ilgili bilgilerin bulunmaması, nicel ve nitel araştırmaların uluslararası literatürde sınırlı sayıda olması gibi durumlar süreçte yaşanan en önemli zorluklar arasındadır. Diğer taraftan tehlikeli kimyasal madde belirlendiğinde, onun yerine geçebilecek özellikte alternatif araştırma yapılabilmesi için de teknik bilgiye ihtiyaç bulunmaktadır. Bu adımda da yasal mevzuat eksiklikleri, bilimsel çalışmaların azlığı vb. nedenler ile sorunlar yaşanmaktadır. Tüm bu süreçler tamamlanıp alternatif ya da alternatifler bulunduğu da uygunluk değerlendirme adımında ikame edilmesi planlanan kimyasalın, tehlikeli kimyasal maddenin yerine geçebilmesi için fonksiyonel olarak eşdeğerlik sağlaması gerekmektedir. Fonksiyonel eş değerklik sağladığı düşünülen kimyasal madde için maliyet ve fizibilite analizi yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu adımda da karşılaşılan yüksek geçiş maliyetleri nedeniyle ikame planlaması uygulanmasında zorluklar yaşanmaktadır. Tüm bu adımlar tamamlandığında ikame edilmesi planlanan kimyasal madde ya da maddeler için pilot testler yapılması ve proses ile uyumun değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu adımda da ekipman uyumsuzlukları ya da çalışanların ikame edilecek kimyasal ile uyum sağlayamamaları ile karşı karşıya kalınmaktadır. Son olarak tüm adımlar takip edilip nihai kimyasala karar verme ve izleme adımında, yeni kullanılmaya başlanan ikame kimyasalın performansının izlenmesi ile ilgili olarak ikame süreci ile ilgili sınırlı bilgiye sahip olunması ve yeni kimyasalın özelliklerinin bilinmemesi kaynaklı birtakım zorluklar yaşanmaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Endüstriyel kuruluşlarda kullanılan kimyasal maddeler; ham madde, yardımcı madde ya da işlemlerde kullanılmaktadır. Bu kimyasallar; ilaç, gıda, tekstil, boya, plastik, enerji ve temizlik ürünleri gibi pek çok endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Ancak endüstriyel kuruluşlarda

Endüstride Kullanılan Tehlikeli Kimyasallar İçin İkame Planlaması

kullanılan bu kimyasalların bazıları insan ve çevre sağlığı açısından değerlendirildiğinde birçok risk barındırmaktadır. Bu nedenle tehlikeli kimyasal olarak nitelendirdiğimiz bu kimyasal maddelerle kaynağında mücadele edilmesi oldukça önemlidir. Kimyasal maddeler için kaynakta koruma olarak uyguladığımız en önemli metotlardan biri ikame yöntemidir.

Tehlikeli kimyasalların ikame edilerek çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri azaltılırken aynı zamanda sürdürülebilir üretim yaklaşımları da desteklenmektedir. Ancak kimyasal ikame sürecinin başarılı olabilmesi için konunun derinlemesine bütüncül bir yaklaşımla incelenmesi, mevzuattaki boşlukların giderilmesi, daha fazla teknik bilgi ve sektörler arasında iş birliğine ihtiyaç bulunmaktadır. Tehlikeli kimyasalların yerine ikame edilen maddelerin kısa ve uzun vadeli etkilerinin sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesi de sürecin başarılı bir şekilde yürütülmesinde oldukça önemli bir etkidir.

İşyerlerinde ikame sürecinin planlanmasından işveren birincil derecede sorumludur. Ancak burada ikame planlaması sürecinde uzman kurum, kuruluş ve kişilerden destek alınarak sürecin doğru bir şekilde yürütülmesi sağlanabilir. Ayrıca ikame yöntemlerinin planlanması sürecinde disiplinler arası; kimya, toksikoloji, proses mühendisliği ve çevre mühendisliği gibi alanlarda iş birliğine ve planlanan ikame süreçlerinin incelenmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışmada, kimyasallarda ikame yönteminin uygulanmasına ilişkin ilkeler, planlama sürecinin aşamaları ve uygulama sürecinde karşılaşılan zorluklar ile sınırlılıklar değerlendirilmiştir. Çalışmanın, işyerlerinde kimyasal risklerin yönetimine yönelik ikame uygulamalarının planlanması ve yürütülmesinde referans niteliğinde bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Ersoy, S. & Çelenk Kaya, E. (2024). *Endüstriyel Afetlerde Kimyasalların Rolü*. Kaya, A. (Ed.), *Afet Yönetimi El Kitabı* (163 -196), Yayın Yeri: Gazi Kitabevi.
- European Union. (1907/2006). REACH Regulation. European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.
- Fantke, P. & Mankong, P. (2026). Insights from life cycle assessment to inform chemical substitution, alternatives assessment and safe and sustainable-by-design. *Environmental Science & Technology*, 60 (2), 1596-1611. DOI: 10.1021/acs.est.5c12521.
- Geiser, K. Tickner, J. Edwards, S. & Rossi, M. (2015). The architecture of chemical alternatives assessment. *Society for Risk Analysis*, 35 (12), 2152-2161. DOI: 10.1111/risa.12507.
- Irmak, İ., & Çelenk Kaya, E. (2023). Risk management processes in occupational safety studies. In B. Parlak & K. C. Doğan (Eds.), *Management of special areas in public administration* (pp. 141–162). Livre de Lyon. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10433454>
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. (2012). Resmî Gazete 29/12/2012, 28512.
- Jacobs, M.M., Malloy, T. F., Tickner, J.A. & Edwards, S. (2016). Alternatives assessment frameworks: research needs for the informed substitution of hazardous chemicals. *Environmental Health Perspectives*, 3, 265. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1409581>.
- Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması Hakkında Yönetmelik. (2017). Resmî Gazete 23.06.2017, 30105 Mükerrer.
- Lavoie, E.T., Heine, L.G. Holder, H. vd. (2010). Chemical alternatives assessment: enabling substitution to safer chemicals. *Environmental Science & Technology Feature*, 44, 9244–9249.

- Maddelerin ve Karışımların Sınıflandırılması, Etikenlenmesi ve Ambalajlanması Hakkında Yönetmelik. (2013). Resmî Gazete 11.12.2013, 28848 Mükerrer.
- National Research Council. (2014). A Framework to Guide the Selection of Chemical Alternatives. Erişim Adresi: <http://www.nap.edu/catalog/18872/a-framework-to-guide-selectionof-chemical-alternatives>, Erişim Tarihi: 15.01.2026.
- Official Journal of the European Union. (2011). Guidance On The Preparation Of An Application For Authorization.
- Öberg,T. (2013). Substitution of chemicals based on assesment of hazard, risk and impact. *Journal of Risk Research*, 17 (5), 565-568. DOI: 10.1080/13669877.2013.841737.
- Rao, V. M. (2021). Investigation of decision process in chemical substitution decision making [Doctor's Thesis]. ABD: Washington University.
- Saputra, D.D., Sukanto. & Suzen, Z.S. (2026). Pengaruh tekanan kompaksi panas satu-arrah terhadap karakteristik komposit phenolic resin diperkuat serbuk logam dan boiler fly-ash. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 4 (1), 180-187. e-ISSN: 3026-0213.
- Slunge,D., Miguel,M., Lindahl,L. & Backhaus,T. (2023). The implementation of the substitutionprinciple in european chemical legislation: A comparative analysis. *Environmental Sciences Europe*, 35, 107. <https://doi.org/10.1186/S12302-023-00817-1>.
- Thorpe, B. & Rossi, M. (2007). Require safer substitutes and solutions: making the substitution principle the cornerstone of sustainable chemical policies. *New Solutions*, 17 (3), 177-192.
- Tickner, J. & Eliason, P. (2011). Alternatives assessment for chemicals:From problem-evaluation to solutions-assessment and implementation:A background paper created expressly for use in the March 31–April1, 2011 Interagency Discussion on Alternatives Assessment, EPA Potomac Yards Conference Facility, Crystal City, VA, March 24, 2011. unpublished.
- Tickner, J., Schifano, J.N., Blake,A. Rudisill, C. & Mulvihill. M.J. (2015). Advancing safer alternatives through functional substitution. *Environmental Science & Technology*, 49, 742-749.
- Tickner,J., Jacobs,M.M. & Mack,N.B. (2019). Alternatives assessment and informed substitution: A global landscape assessment of drivers, methods, policies and needs. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 100161 (13), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100161>.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2014). Design for the Environment Alternatives Assessments.
- Wilson, M. P. & Schwarzman, M. R. (2009). Toward a new U.S. chemicals policy: rebuilding the foundation to advance new science, green chemistry, and environmental health. *Environmental Health Perspectives*, 117 (8), 1202–1209.

Beyan ve Açıklamalar

1. Bu çalışmanın yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedirler.
2. Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.
3. Bu çalışma, intihal tarama programı kullanılarak intihal taramasından geçirilmiştir.